



Statens haverikommission
Swedish Accident Investigation Board

ISSN 1400-5751

Rapport RO 2004:01

**Olycka med långfärdsbuss, reg. nr. GKS 987,
vid Ängelsberg, U län, den 24 januari 2003**

Dnr O-01/03

SHK undersöker olyckor och tillbud från säkerhetssynpunkt. Syftet med undersökningarna är att liknande händelser ska undvikas i framtiden. SHK:s undersökningar syftar däremot inte till att fördela skuld eller ansvar.

Det står var och en fritt att, med angivande av källan, för publicering eller annat ändamål använda allt material i denna rapport.

Rapporten finns även på vår webbplats: www.havkom.se

2004-02-27

O-01/03

Vägverket

781 87 BORLÄNGE

Rapport RO 2004: 01

Statens haverikommission har undersökt en olycka som inträffade den 24 januari 2003 vid Ängelsberg, U län, med en ersättningsbuss för ett inställt tåg.

Statens haverikommission överlämnar härmed enligt 14 § förordningen (1990:717) om undersökning av olyckor en rapport över undersökningen.

Statens haverikommission emotser tacksamt besked senast den 1 september 2004 om hur de i rapporten intagna rekommendationerna följs upp.

Göran Rosvall

Dan Åkerman

Urban Kjellberg

Likalydande till

Statens räddningsverk

INNEHÅLL

SAMMANFATTNING	6
REKOMMENDATIONER.....	8
1 FAKTAREDOVISNING.....	10
1.1 Händelseförloppet.....	10
1.2 Personskador	10
1.2.1 Allmänt	10
1.2.2 Djupstudie utförd av universitetssjukhuset i Umeå.....	11
1.3 Skador på bussen.....	11
1.4 Andra skador.....	11
1.5 Räddningsinsatsen	11
1.6 Ambulans och sjukvårdsinsatser	12
1.7 Föraren	12
1.8 Bussen	13
1.8.1 Tekniska data	13
1.8.2 Teknisk undersökning	13
1.8.3 Färdskrivaren och färdskrivardata.....	13
1.8.4 Säkerhetsbälten	13
1.9 Däcken.....	14
1.9.1 Rapport från Väg- och transportforskningsinstitutet (VTI) ..	14
1.9.2 Vinterdäck på tunga fordon.....	15
1.10 Vägen.....	15
1.10.1 Vägdata och bestämmelser	15
1.10.2 Halkbekämpning	15
1.11 Meteorologisk information.....	16
1.12 Olycksplats och fordonsvrak.....	17
1.12.1 Olycksplatsen	17
1.12.2 Fordonsvrak.....	17
1.13 Särskilda prov och undersökningar.....	17
1.13.1 Högsta säkra hastighet	17
1.13.2 Passagerarenkät.....	19
1.14 Aktuella trafikbestämmelser	19
1.14.1 Buss.....	19
1.14.2 Vissa krav för yrkesmässig trafik.....	20
1.14.3 Behörighetskrav m.m. för förare.	20
1.14.4 Säkerhetsbälten	20
1.15 Upphandling av trafik.....	21
1.16 Linjebuss Sverige AB (numera Connex Sverige AB).....	21
1.16.1 Allmänt	21
1.16.2 Trafiksäkerhetsarbete	22
1.17 Andra utredningar.....	24
1.17.1 Buss-OLA	24
1.17.2 OAG-rapport nr 116	24
1.17.3 SHK-utredningar	24

2	ANALYS	25
2.1	Allmänna utgångspunkter	25
2.2	Avåkningen	25
2.3	Föraren	25
2.4	Bussen	26
	2.4.1 Teknisk status	26
	2.4.2 Faktorer av betydelse för skadebilden.....	26
	2.4.3 Karossen	26
	2.4.4 Säkerhetsbälten	26
2.5	Däcken	27
2.6	Vägen	28
2.7	Trafiksäkerhetsarbetet	28
	2.7.1 Linjebuss.....	28
	2.7.2 SJ.....	29
	2.7.3 Jämförelse med säkerhetsstyrningssystem inom flygsektorn	29
	2.7.4 Slutsats.....	29
3	UTLÅTANDE	30
3.1	Undersökningsresultat	30
3.2	Orsaker till olyckan	30
4.	REKOMMENDATIONER	30

BILAGOR

- Bilaga 1** Redovisning av personskador, medicinskt omhändertagande och räddningsinsats vid olycka med buss, reg. nr. GKS 987, vid Ängelsberg, U län, den 24 januari 2003.
- Bilaga 2** Busskraschen vid Ängelsberg 24 januari 2003 – en djupstudie
*Akut- och katastrofmedicinskt centrum, Norrlands universitets-
sjukhus, Umeå*
- Bilaga 3** Mät- och analysuppdrag. SHK O-01/03. Bussolycka väg 664, Fagersta–Ängelsberg. Slutrapport
Väg- och transportforskningsinstitutet

Rapport RO 2004:01 O-01/03

Rapporten färdigställd 2004-02-20

<i>Fordon:</i>	
<i>registrering, typ</i>	GKS 987, Volvo B12 Carrus turistbuss
<i>Ägare/innehavare:</i>	Linjebuss Sverige AB (numera Connex Sverige AB)
<i>Tidpunkt för händelsen:</i>	2003-01-24, ca kl. 16.23 under mörker <i>Anm.:</i> All tidsangivelse avser svensk normaltid (UTC + 1 timme)
<i>Plats:</i>	Väg 664 ca 1 km norr Ängelsberg, U län, (pos. 5958N 01559E)
<i>Hastighetsbegränsning på platsen</i>	70 km/h
<i>Typ av fordon/Verksamhet</i>	Ersättningsbuss för inställt tåg
<i>Väder:</i>	Enligt SMHI: s analys: ökande sydvindar ca 6 m/s, måttlig till god sikt, mulet och lätt snöfall, temp./daggpunkt -2 °C/ -4 °C. Enligt Vägverkets automatstation v.66 norr Virsbo kl. 16.06: Vägtemperatur -2,8 °C, lufttemperatur -3.4 °C, daggpunkt -5,6 °C, snöfall.
<i>Väglag på väg 664</i>	Snö- och isbeläggning
<i>Antal drabbade:</i>	
<i>besättning</i>	2
<i>passagerare</i>	47
<i>Personskador:</i>	6 omkomna, övriga skadade
<i>Skador på fordonet:</i>	Betydande
<i>Andra skador (miljö):</i>	Elledning nedriven, skador på slyvegetation
<i>Förare: kön, ålder, behörighetsbevis:</i>	Man, 68 år, A, BE, CE, DE körkort giltigt till och med den 9 september 2011

Statens haverikommission (SHK) underrättades den 24 januari 2003 om att en olycka med en ersättningsbuss för ett inställt tåg inträffat på länsväg 664 i Västmanlands, U län, samma dag kl. 16.23.

Olyckan har undersökts av SHK som företräts av Göran Rosvall, ordförande, Dan Åkerman, teknisk utredningschef och Urban Kjellberg, utredningschef rörande brand och räddning. SHK har biträts av Henry Lorin, Ulf Björnstig och Pontus Albertsson som medicinska experter samt av Per Nybom, expert på trafiksäkerhet rörande yrkesmässig tung trafik.

På uppdrag av SHK har Väg- och transportforskningsinstitutet (VTI) genomfört jämförande prov med olycksbussens däck och ett antal alternativa däck samt beräkningar av den högsta säkra fart bussen kunnat ha i den kurva där avåkningen ägde rum under de förhållanden som rådde vid olyckstillfället.

Undersökningen har följts dels av Räddningsverket genom Lars Ekberg, dels av Vägverket genom Lars Carlhäll.

SAMMANFATTNING

Den 24 januari 2003 ställdes ordinarie tåget från Ludvika mot Västerås med avgångstid kl. 15.14 in på grund av tekniskt fel. SJ AB (SJ), som bedriver den aktuella järnvägstrafiken, rekvirerade en buss från Linjebuss Sverige AB – numera Connex Sverige AB (i fortsättningen kallat Linjebuss) – enligt avtal mellan parterna för att som ersättning för det inställda tåget transportera tågpassagerarna till Västerås.

Strax efter kl. 16.20, under färd på väg 664, ca 1 km väster om Ängelsberg, körde bussen av vägen och välte. Vid olyckan omkom sex passagerare. De övriga 41 passagerarna skadades i olika grad.

Bussen, en Volvo B 12 Carrus, avsedd för 50 passagerare, var försedd med odubbade vinterdäck av en typ (M+S) som normalt används på bussar vintertid. Några tekniska fel på bussen avseende styrning och bromsar m.m. har inte kunnat hittas. Bussen var försedd med säkerhetsbälten (tvåpunkts höftbälten), men endast två passagerare använde dessa.

Bussens förare var 68 år och pensionerad, men brukade anlitas av bussbolaget för extraturer. Han hade mycket stor erfarenhet av körning med tunga fordon, bl.a. hade han kört sådana fordon sedan 1950-talet. I utredningen har inget framkommit som tyder på att förarens psykiska eller fysiska kondition varit nedsatt före eller under färden eller att han av andra skäl inte skulle vara lämpad att köra bussen. Inget har heller framkommit som tyder på att han kört ovarsamt eller brustit i omsorg under körningen.

Väg 664, som är hastighetsbegränsad till 70 km/h, är smal och kurvig med relativt stora höjdskillnader. Vägen var snö- och isbelagd men var inte halkbekämpad under dagen för olyckan. Vid olyckan rådde snöfall och temperaturen var $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$ till $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$.

På sträckan närmast olycksplatsen är vägen ca sex m bred. Själva olycksplatsen ligger i en vänsterkurva med en minsta radie av 56 m. På höger sida av vägen saknas väggen och vägbanken sluttar direkt från asfaltkanten ca 30° till marknivån ca 1,5 m längre ned.

På uppdrag av SHK har Väg- och transportforskningsinstitutet (VTI) genomfört jämförande prov med olycksbussens däck och ett antal alternativa däck. Resultaten av de jämförande proven på slät is vid $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ visar att olycksbussens halvslitna framdäck har bäst bromsprestanda efter det dubbade provdäcket. När det gäller styrförmåga på slät is är det från bussen hämtade framdäcket inte bäst men bland de bättre av de provade däcken. Friktionen är dock farligt låg för alla provade däck, inkl. det dubbade provdäcket.

Vid $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ och på slät is är alla de odubbade däcken i princip okörbara om vägen inte är helt rak och plan. Dubbade däck hade med största sannolikhet varit bättre än de odubbade, men med ledning av resultaten från prov vid $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ med ett dubbat däck bedömer VTI att friktionen ändå skulle ha varit otillfredsställande låg.

På skrovlig is vid $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ har samtliga däck, enligt VTI, fullt godtagbara styregenskaper vid normalt försiktig körning. De flesta nya vinterdäcken är dock påtagligt bättre än det begagnade bussdäcket. Dubbdäcket hade väsentligt bättre resultat än de odubbade vid låst hjul och 20 graders avdriftsvinkel.

Sammanfattningsvis gör VTI dock bedömningen att varken bättre däckval eller laglig dubbing säkert skulle ha avvärvat olyckan om inte isen på vägbanan varit mycket skrovlig.

Beräkningar, som gjorts av VTI efter provkörning med en likadan buss som olycksbussen på den aktuella vägen, visar att säker fart genom

olyckskurvan med de förhållanden som torde ha rått vid olyckstillfället var ca 25 km/h.

Mot bakgrund av VTI-undersökningens resultat kan ifrågasättas om bussar i passagerartrafik över huvud taget bör trafikera vägar som inte är tillförlitliga halkbekämpade – i vart fall inte utan anordningar med betydande friktionshöjande effekt.

Enligt SJ:s anvisningar för ersättningstransporten gällde att bussen bl.a. skulle gå längs väg 664 och passera Ängelsberg och järnvägsstationen där för att passagerare skulle kunna stiga av och på. Utöver färdvägen och krav på bekvämligheter i bussen hade SJ, såvitt SHK kunnat finna, inte lämnat några särskilda krav på transporten och hur den skulle bedrivas, t.ex. i fråga om trafiksäkerhet eller annat.

Någon enskild direkt orsak till olyckan har inte kunnat identifieras. Det var i stället en kombination av omständigheter som tillsammans ledde till händelsen.

Vägen var inte halkbekämpad och de däck som användes gav för lite friktion i det rådande väglaget med is- och snöbelagd körbana. Vägen hade vid olycksplatsen en brant slänt utan skyddsräcken alldeles i kanten av körbanan. Detta ledde till att bussen omedelbart välte när den kom ut i slänten utanför vägbanan.

Trafiksäkerhetsarbetet inom Linjebuss var fokuserat på det fordons-tekniska området. Det fanns inget sammanhållet, planmässigt och effektivt arbete för att identifiera och motverka olika riskfaktorer med inriktning på passagerarnas säkerhet. Det fanns inget säkerhetsstyrningssystem som kunde fånga upp de trafiksäkerhetsproblem som förelåg vid den aktuella resan.

Olyckan orsakades – trots att inga avsteg från gällande bestämmelser torde ha förelegat – av att det saknades förutsättningar att på ett säkert sätt genomföra den planerade färden under de förhållanden som rådde med avseende på väglag, vägstandard, fordon och däcksutrustning.

Räddningsinsats och medicinskt omhändertagande

Det första samtalet kom in via nödnumret 112 till SOS-centralen i Västerås kl. 16.24. Räddningstjänsten i Fagersta och ett stort antal ambulanser från såväl Västmanlands län som Dalarnas län larmades ut.

De två första ambulanserna, från Fagersta, anlände till olycksplatsen kl. 16.40, dvs. ca 15 min efter olyckan. Ungefär 20 minuter därefter började ambulanser från Västerås, Köping och Sala anlända. Efter en timme fanns elva ambulanser på olycksplatsen.

Räddningstjänstens insatsstyrka från Fagersta anlände till olycksplatsen kl. 16.43. Därefter anlände efterhand begärda förstärkningsresurser från Virsbo, Fagersta och Skinnskatteberg. Kl. 17.06. fanns det sammanlagt tjugofem man från räddningstjänsten på plats.

Av den medicinska utredningen framgår att de dominerande skademekanismerna var dels att passagerarna kastades runt i bussen vid avåkning, dels att vissa kastades eller drogs ut ur bussen helt eller delvis när bussen välte. Det sistnämnda orsakade de allvarligaste skadefallen och samtliga dödsfall.

Alla som var vid liv vid tidpunkten då sjukvård och räddningsstyrkor nådde skadeplatsen överlevde olyckan. Ingen av de omkomna bedöms ha avlidit på grund av brist på tidig medicinsk hjälp.

Utredningen visar att räddningsoperationen, det medicinska omhändertagandet på platsen och ambulanssjukvården fungerade mycket väl.

REKOMMENDATIONER

SHK rekommenderar Vägverket

- att verka för att det, som förutsättning för beviljande och upprätthållande av trafikillstånd för bussföretag som bedriver passagerartrafik, införs krav på sådana säkerhetsstyrningssystem som långsiktigt säkerställer att trafiksäkerhetshöjande rutiner tillämpas i verksamheten och att trafiksäkerhetsrisker fortlöpande identifieras och motverkas. *(RO 2004:01 R1)*
- att verka för att det införs bestämmelser som innebär att en buss i passagerartrafik vintertid inte får trafikera en väg som inte tillförlitligen halkbekämpats utan att vara utrustad med däck, eller däck med särskilda friktionshöjande anordningar, som har ett lägsta angivet friktionsvärde på snö- resp. isbelagd väg. *(RO 2004:01 R2)*
- att verka för att det i samtliga bussar utom för bussar i stadstrafik införs krav på trepunktsbälten på samtliga platser. *(RO 2004:01 R3)*
- att se över bestämmelserna rörande information till busspassagerare så att information alltid lämnas om förekomsten av säkerhetsbälten och, om sådana finns, hur de fungerar, hur man ska ta sig ur bussen om en olycka skulle inträffa samt var brandsläckare och förbandsutrustning är placerade. *(RO 2004:01 R4)*
- att verka för att det i bussar införs sådana säkerhetsdetaljer som motverkar att passagerare kastas eller dras ut ur en buss vid en olycka. *(RO 2004:01 R5)*
- att verka för att busstillverkare installerar stabila och på bussar väl utmärkta strukturer där kraft kan ansättas för lyft av en buss utan att strukturen ger efter eller karossen viker sig. *(RO 2004:01 R6).*
- att undersöka huruvida de rekommendationer som i detta ärende gäller bussar också bör gälla för andra tunga fordon. *(RO 2004:01 R7)*
- att överväga sådana ändringar i reglerna för varningsskyltning och andra trafikordningar och trafikvisningar så att tillräcklig förvarning i den aktuella och liknande kurvor erhålles. *(RO 2004:01 R8)*
- att överväga sådana ändringar i bestämmelserna om vägslänter och räcken så att sådana riskabla förhållanden som på olycksplatsen åtgärdas genom antingen utplaning av slänten eller anbringande av ett räcke. *(RO 2004:01 R9)*
- att verka för att passagerartrafik med bussar på en väg ges större tyngd som faktor vid prioritering av vinterväghållningsstandard på vägen. *(RO 2004:01 R10)*
- att i den aktuella olyckskurvan genomföra de åtgärder som behövs för att en liknande olycka ska förhindras. *(RO 2004:01 R11)*

SHK rekommenderar Räddningsverket

- att verka för utvecklandet av bättre metoder och redskap för nödvändiga tunga lyft av veka strukturer, t.ex. vid trafikolyckor. (RO 2004:01 R12).
- att fortlöpande informera kommunal räddningstjänst om olika nya eller utvecklade metoder och redskap för att genomföra tunga lyft. (RO 2004:01 R13).
- att utveckla befintlig nationell sammanställning i RIB (Integrerat beslutsstöd för skydd mot olyckor) av resurser vad gäller tunga lyft vid räddningstjänst. (RO 2004:01 R14)
- att överväga införandet av regionala depåer, alternativt komplettering av befintliga förråd, med utrustning för tunga lyft vid räddningstjänst. (RO 2004:01 R15)

1 FAKTAREDOVISNING

1.1 Händelseförloppet

Fredagen den 24 januari 2003 ställdes ordinarie tåget från Ludvika mot Västerås med avgångstid kl. 15.14 in på grund av tekniskt fel. SJ AB (SJ), som på uppdrag från Tåg i Bergslagen bedriver den aktuella järnvägstrafiken, rekvirerade en buss från Linjebuss Sverige AB – numera Connex Sverige AB (i fortsättningen kallat Linjebuss) – enligt avtal mellan parterna för att som ersättning för det inställda tåget transportera tågpassagerarna till Västerås.

Bussens förare, som var 68 år och pensionär sedan några år men som var anställd för att köra vissa extraturer – före pensioneringen var han fast anställd vid Linjebuss i Ludvika – fick förfrågan om körningen kl. 12.30–13.00. Han hade tid att hämta ut bussen och förbereda sig för körningen utan att behöva jäkta.

Färden gick i princip parallellt med järnvägen så att passagerare skulle kunna stiga av och på vid stationerna längs linjen.

Föraren, som hade kört den aktuella vägen några gånger tidigare, har berättat att färden kändes lugn. Han kände sig inte pressad att hålla någon tidtabell eftersom det var helt klart att det inte var möjligt att genomföra resan på samma tid som tåget skulle ha gjort – även om det naturligtvis låg i sakens natur att passagerarna var angelägna om att komma fram i sådan tid att de hann med anslutningar i Västerås. Eftersom det fanns en tågvärd med i bussen behövde han heller inte störas av samtal med passagerarna, utan han kunde koncentrera sig på körningen.

Han hade kört den aktuella bussen många hundra mil och den uppförde sig helt normalt. Han märkte inga tecken på att det skulle finnas några fel på bussen under färden.

Väg 664, som är hastighetsbegränsad till 70 km/h, var snö- och isbelagd och det var halt, men han tyckte ändå att det fanns ett acceptabelt väggrepp. Han körde lugnt och gjorde försiktiga provbromsningar då och då längs vägen för att känna på väggreppet och få en uppfattning om väglaget. Vid provbromsningarna kände han varje gång att det fanns fäste.

På väg 664 körde han ca 60 km/h. Strax väster om Ängelsberg körde han över ett krön mot en vänsterkurva. Han saktade in, men när bussen kommit in i kurvan kände han att framhjulen plötsligt släppte sitt grepp helt och hållet så att bussen gled rakt fram i kurvan. Han försökte hålla bussen kvar på vägen men lyckades inte utan bussen körde av vägen nedför vägslänten och välte.

1.2 Personskador

1.2.1 Allmänt

I bussen färdades 49 personer inklusive bussens chaufför och tågmästaren på det tåg som ställdes in.

På grund av den rotation som uppstod när bussen körde av vägen och över kanten till vägslänten, och de därpå följande stötarna när bussen landade på marken nedanför, kastades människorna runt i bussen och vissa av dem kastades ut genom rutorna på bussens högra sida.

Sex personer omkom. De rättsmedicinska undersökningarna visade att de inre skadorna var både utbredda och allvarliga, vilket innebar att skadorna till fullo kunde förklara dödsfallen.

De dominerande skademekanismerna var dels att passagerarna kastades runt i bussen vid avåkningen, dels att vissa kastades ut ur bussen helt eller delvis när bussen välte eller drogs ut genom de krossade fönstren när bussen efter själva vältningen gled på marken bredvid vägen. Att passagerare kastades eller drogs ut ur bussen orsakade de allvarligaste skadefallen och samtliga dödsfall.

De vanligaste skadetyperna var dock lindrigare skador i form av ytliga kontusioner och sårskador

En mera noggrann redogörelse för skadeutfallet och det medicinska omhändertagandet m.m. finns i bilaga 1.

1.2.2 *Djupstudie utförd av universitetssjukhuset i Umeå*

På uppdrag av SHK har Akut- och katastrofmedicinskt centrum vid Norrlands universitetssjukhus i Umeå (AKMC) medverkat i utredningen när det gäller skadegraderingen och analysen av skademekanismerna samt skadeutfallet i samband med händelsen. Centret har vid sidan av arbetet med SHK:s uppdrag också gjort en egen djupstudie av skadehändelsen. (Bilaga 2).

Djupstudien ger en mera utförlig beskrivning av skademekanismerna, skadeutfallet samt förslag på skadeförebyggande åtgärder.

1.3 **Skador på bussen**

Samtliga fönster på höger sida krossades och karossen fick intryckningar och repor på högra sidan.

1.4 **Andra skador**

En elledning revs ned och skador uppkom på slyvegetation.

1.5 **Räddningsinsatsen**

Larm om olyckan från en passagerare kom in via nödnumret 112 till SOS-centralen i Västerås kl. 16.24. Av samtalet framgick att en buss vält på vägen från Fagersta mot Ängelsberg. I omedelbar anslutning till det första samtalet kom ytterligare ett samtal från en annan passagerare i bussen. Av det senare samtalet framgick att det var en bussolycka norr om Ängelsberg och att bussen var full med passagerare, 30–40 st. Uppgift lämnades om att det låg många personer kvar i bussen.

Två brandfordon ryckte ut från brandstationen i Fagersta med sammanlagt fyra brandmän och ett befäl. Befälet, som också var räddningsledare (RL) för insatsen, fick i samband med larmet och första kontakten med larmcentralen en relativt klar bild av olyckans omfattning. Han kontrollerade först att ambulans och polis var larmade varefter han gav direktiv till larmoperatören att larma all ledig brandpersonal vid brandstationen i Fagersta. Samtidigt begärdes larm av förstärkningsstyrkor från Skinnskattebergs och Virsbos deltidskårer i angränsande kommuner. Räddningsledaren begärde också att en av Landstingets sjukvårdsgrupper skulle larmas.

Insatsstyrkan från Fagersta anlände till olycksplatsen kl. 16.43, vilket var tre minuter efter första ambulans och 19 minuter efter första 112 samtalet till SOS Alarm.

Deltidsstyrkan från Virsbo anlände kl. 16.54 med fem man som förstärkning, dvs. elva minuter efter första brandfordon på plats. Ungefär samtidigt anlände också fem man från Fagerstas andra utryckningsstyrka bestående av ledig personal som kallats in. Styrkan från Skinnskatteberg anlände kl. 17.06. Vid denna tidpunkt fanns sammanlagt 25 man inkl. befäl från olika räddningstjänster på plats.

Särskilda lyftkuddar användes för att lyfta bussen och loss göra de fastklämda passagerarna. Metoden innebär att några centimeter höga lyftkuddar fördes in mellan marken och bussens kaross. När kuddarna fylldes med tryckluft lyftes bussen. Pallning med trävirke utfördes mellan bussen och marken och nya lyft kunde successivt öka lyfthöjden. Pallningsvirke rekvirerades och kapades i lämpliga längder på olycksplatsen.

Metoden med lyftkuddar valdes för att få kontrollerade lyft i höjdled utan större risk för simultana oväntade rörelser i sidled som kunnat skada fastklämda passagerare.

Vartefter de fastklämda och skadade togs loss transporterades de till sjukhus med väntande ambulanser. En rekvirerad lokalbuss fungerade också som en form av uppsamlingsplats och värmestuga för de lindrigt skadade.

En mera detaljerad redogörelse över räddningsinsatsen finns i bilaga 1.

1.6 Ambulans och sjukvårdsinsatser

Ett stort antal ambulanser från Västmanlands län (U-län) och Dalarna (W-län) larmades ut.

Hjälpinsatsen startade utan fördröjning. Två ambulanser från Fagersta kom till olycksplatsen redan en kvart efter det larm inkommit till SOS Alarm och personalen kunde påbörja det medicinska omhändertagande av de skadade.

Tjugo minuter senare började också ambulanser att komma från Västerås, Köping och Sala. Ungefär en timme efter larmet fanns elva ambulanser på plats. Efterhand anlände ytterligare ambulanser från andra orter.

Någon egentlig brist på ambulanser upplevdes aldrig efter att de två första ambulanserna (U943 och U942) fått förstärkning av ytterligare ambulanser. Inte heller i övrigt rådde brist på sjukvårdspersonal eller andra medicinska resurser.

Alla som var vid liv vid tidpunkten då räddningsstyrkor och sjukvård nådde skadeplatsen överlevde olyckan. Ingen av de omkomna bedöms ha avlidit på grund av brist på tidig medicinsk hjälp.

En mera detaljerad redogörelse över ambulans- och sjukvårdsinsatserna finns i bilaga 1.

1.7 Föraren

Föraren, man, var vid tillfället 68 år och pensionär. Han hade A, BE, CE, DE¹ körkort giltigt till och med den 9 september 2011. Han hade stor erfarenhet av körning med tunga fordon sedan 1950-talet. Den aktuella bussen hade han kört ca 1000 mil.

¹ Bokstäverna anger behörighet att föra motorfordon och därtill koplade släpfordon enligt följande: A Motorcykel, B Personbil och lätt lastbil, C Tung lastbil, D Buss och taxi, E Släpfordon oavsett antal och vikt.

Föraren var vid det aktuella tillfället anställd av Linjebuss med arbetsplats i Ludvika för tillfälliga körningar. Han hade före pensioneringen varit heltidsanställd i företaget. Anställningsavtalet avsåg visstidsanställning för perioden från och med den 1 januari 2002 till och med den 28 februari 2003. Vid anställningsavtalets tecknande den 30 december 2002 kontrollerades förarens körkort.

Föraren hade genomgått läkarkontroll som visade att de medicinska kraven för D-behörighet var uppfyllda.

1.8 Bussen

1.8.1 Tekniska data

<i>Chassi, tillverkare, typ:</i>	Volvo, B12
<i>Kaross, tillverkare, typ:</i>	Carrus Delta OY, Star 602
<i>Serienummer:</i>	R2A314WA006349
<i>Tillverkningsår:</i>	1998
<i>Total körsträcka:</i>	433 959 km

1.8.2 Teknisk undersökning

Bussen bärgades till buss- och lastbilsverkstaden Hans Persson Bil AB i Västerås där den undersöktes dels med avseende på funktion hos bromsar, styrning etc., dels med avseende på inredningens betydelse för uppkomna personskador. Även färdskrivarens funktion provades.

Undersökningen visade inte på några fel på styrning, bromsar eller andra system.

1.8.3 Färdskrivaren och färdskrivardata

Färdskrivaren, av fabrikat Kienzle typ 1318, arbetar med cirkulära diagramblad och har en upplösning på 1 s.

Färdskrivarens driftsnoggrannhet uppmättes efter olyckan till +1 km/h, vilket är väl inom den tillåtna toleransen ± 6 km/h. Noggrannheten vad gäller sträcka var +2 %, inom tillåtna ± 4 %. Tidsregistreringen hade en uppmätt avvikelse på 0 min/dygn.

Färdskrivarbladet omhändertogs efter olyckan och har undersökts av tillverkaren av färdskrivarutrustningen. Den analyserade sträckan utgör de sista ca 325 m av färden. På grund av skakningar m.m. under olycksförloppet är en exakt korrelation mellan bussens position utefter vägsträckan och momentan hastighet inte möjlig att göra. VTI: s antagande om hastighetsfördelningen utefter vägsträckan redovisas på s. 32.

1.8.4 Säkerhetsbälten

Bussen var utrustad med eftermonterade tvåpunktsbälten av typ PSG, märkta E4 Br3, vilket betyder att rulldelen har automatlåsand utrullningsspärr. Bältet består av en fast del med monterat lås fäst mellan sitsarna i dubbelsätena. Rulldelen är fäst på höger resp. vänster sida av sitsen. Rullfunktionen är sådan att bandet endast kan dras ut från helt inrullat läge. Är bältet partiellt utrullat kan det endast rullas in, inte ut.

Någon uppmaning att använda säkerhetsbälte gavs inte före eller under färden. Flertalet passagerare visste inte att det fanns bälten eller

tänkte inte på att använda dem trots gällande bestämmelse om skyldighet att använda bälte om sådant fanns i bussen.

1.9 Däcken

1.9.1 Rapport från Väg- och transportforskningsinstitutet (VTI)

Tre däck, ett från varje axel i högerposition, har provats i VTI: s däckprovningsanläggning. Proven har utförts på slät resp. skrovlig is vid temperaturerna -2 °C och -5 °C , vilket troligen motsvarar temperaturintervallet vid olyckstillfället. För referens har dessutom däck av andra fabrikat provats på samma sätt och i samma provserie. Samtliga däck är märkta M+S eller motsvarande, dvs. godkända för vinterbruk. Dessa prov har utförts så att de olika däcken körts i provmaskinen under upp-mätning av:

1. Maximal bromsfriktion
2. Friktion vid låst hjul
3. Maximal sidfriktion
4. Sidfriktion vid 20° avdriftsvinkel

Den kompletta rapporten återfinns som bilaga 3. Sammanfattningsvis kan sägas att egenskaperna hos bussens framdäck i fall 1 är genomsnittliga vid -2 °C (μ medel = 0,05), och vid -5 °C (μ medel = 0,12) på slät is och är jämförbara med motsvarande dubbade däck. Det bör påpekas att lagenligt dubbade buss- och lastbilsdäck inte har samma prestanda som ett dubbat personbilsdäck. Vägslitageskäl innebär att dubbar med tillräckligt utstick för att ge motsvarande förbättringar av friktionsvärdena inte tillåts.

I fall 2 har det aktuella däckets friktionsvärden under genomsnittet vid -2 °C (μ medel < 0,04) på slät is och över genomsnittet vid -5 °C på slät is (μ medel = 0,05).

Motsvarande prov på skrovlig is vid -2 °C visar att däckets egenskaper något under genomsnittet i fall 1 och 2 (μ medel < 0,15 resp. = 0,06).

I fall 3, som indikerar styrförmågan, har däckets vid -2 °C på slät is (μ medel = 0,05) egenskaper något över genomsnittet, liksom vid -5 °C på slät is (μ medel = 0,1).

Vid -2 °C på skrovlig is har däckets maximala friktionsvärden som är påtagligt under genomsnittet (μ medel fall 3 = 0,23 resp. μ medel fall 4 0,15).

Fall 4 motsvarar fall 2, (bromsning med låsta hjul), och indikerar däckets förmåga att fortsätta generera tvär- (styr-) krafter även efter att det förlorat väggreppet. De uppnåbara friktionskrafterna på slät is vid -2 °C och -5 °C visar små skillnader mellan de odubbade däcken. På skrovlig is vid -2 °C är det aktuella däckets friktionsvärden under genomsnittet (μ medel = 0,15), men ändå nästan tredubblade jämfört med slät is.

I samtliga fall gäller att maximala friktionsvärdena för samtliga däck på slät is är mycket små, detta gäller även dubbdäcken. Dessa har dock ungefärligen dubbelt så höga friktionsvärden vid låsta hjul jämfört med de odubbade däcken. Skillnaderna i friktionsvärden mellan de odubbade däcken är genomgående små.

Värdena för maximal friktion kan i praktiken vara svåra att uppnå i fordon utan låsningsfria bromsar och med åtföljande fast bromskraft-

fördelning mellan fram och bakhjul. Den aktuella bussen var dock utrustad med låsningsfria bromsar.

1.9.2 Vinterdäck på tunga fordon

Till skillnad från personbilar och lätta lastbilar ställer lagstiftaren inga krav på särskilda vinterdäck för tunga lastbilar och bussar. Det är dock praxis inom branschen att på hösten montera nya M+S-märkta däck, vilka sedan i normalfallet används till nästa höst då nya däck återigen monteras. Däcken är ofta regummerade, men används dock sällan på framaxeln.

Märkningen M+S står för ”Mud and Snow” och innebär att däcken har ett grövre mönster än omärkta däck och att gummiblandningen är avpassad för lägre temperaturer.

M+S-klassningen av däck utförs av tillverkaren. SHK har inte kunnat finna några lagfästa krav på minsta friktion mot vägbanan.

1.10 Vägen

1.10.1 Vägdata och bestämmelser

Den aktuella vägen, länsväg 664, går mellan Fagersta och Ängelsberg via Ombenning och Ennora. På sträckan närmast olycksplatsen är vägen ca sex m bred, bitvis krokig och med relativt stora höjdskillnader. Vägen är hastighetsbegränsad till 70 km/h. Själva olycksplatsen är en vänsterkurva som med en minsta radie av 56 m rundar en bergklack. På höger sida av vägen saknas väggen och vägbanken sluttar direkt från asfaltkanten ca 1:1.9 (30°) till marknivån ca 1,5 m längre ned. Skyddsräcke saknas. Markytan nedanför vägbanken utgörs av ett igenfyllt kabeldike med relativt ojämn yta bestående av jord och stenar samt slyvegetation.

Vägen lutar nedåt från ca 100 m före olycksplatsen med ca 33 ‰, dock planar vägen ut till ca 15 ‰ de sista 25 m.

Det styrande dokumentet för utformningen av vägar med omgivning är VU 94 S-2. Del 5–8. Bestämmelserna gäller dock endast för nyproduktion och förbättringsåtgärder. Vägbankens lutning får då vara högst 1:3 (20°).

Uppsättning av skyddsräcken regleras också i del 5–8. Insättande av värden gällande för väg 664 (ÅDT²= 540; VR³ 70, radie i ytterkurva = 56+3 = 59 m) ger vid handen att det inte krävs att räcke sätts upp på platsen vare sig det är fråga om nyproduktion eller förbättringsarbeten.

1.10.2 Halkbekämpning

Vid tiden för olyckan gällde Vägverkets styrdokument Drift 96 (Vägverket Publ. 1996:016). Bestämmelserna låg till grund för vinterväghållningsstandarden och utförandet av vinterväghållningen. Vinterväghållningsstandarden avgjordes i första hand av trafikflödet på vägen. Med ledning av trafikflödet indelades vägar i vinterstandardklasserna A1–A4 samt B1–B2 där standardklass A1 var högsta klass med mer än 16 000 ÅDT. För klass B1 gäller ett ÅDT om 500 eller lägre.

Speciella förhållanden, t.ex. hög andel tunga fordon, omfattande kollektivtrafik eller näringslivstransporter m.m. kunde innebära att en

² ÅDT = Årsmedelnygnstrafik

³ VR = Referenshastighet

väg hänfördes till en högre vinterväghållningsstandardklass än som motiverades av det rena trafikflödet.

Länsväg 664 hade hänförts till vinterstandardklass B1.

Vägen plogades den 23 januari mellan kl. 04.00 och 08.30. Därefter gjordes inga halkbekämpningsinsatser före olyckstillfället. Väglaget besiktigades den 24 januari mellan kl. 03.30 och 07.00 utan att föranleda ytterligare åtgärder.

När det gäller bestämmelser för vinterväghållningen införs nu successivt det nya styrdokumentet *Vinter 2003* för vinterväghållningsstandarden på det statliga vägnätet. Beräkningsgrunder m.m. är ungefärligen desamma som i Drift 96. *Vinter 2003* består av ett dokument som styr själva vinterväghållningsstandarden (VV Publ. 2002:147), en allmän teknisk beskrivning, ATB VINTER 2003 (VV Publ. 2002:148) och en metodbeskrivning 110:2000 (VV Publ. 2002:149).



Bild 1. Vägen vid olycksplatsen sedd mot bussens färdriktning (foto SHK)

1.11 Meteorologisk information

Under dagarna före den 24 januari rådde ett väderläge med milda syd- och sydvästvindar som förde med sig en del fronter med regn och snö. Natten till fredagen den 24 januari passerade ett högtryck med klart väder som innebar åtskilliga minusgrader.

Minusgraderna bestod under dagen, men temperaturen närmade sig återigen noll när en ny front närmade sig under eftermiddagen och kvällen. När olyckan inträffade låg framkanten av snöområdet över Fagerstatrakten.

Detaljerade väderdata för olycksvägen saknas, men en uppfattning om typiska väg- och väderförhållanden i trakten kan fås ur avläsningarna från Vägverkets automatstationer. Mätvärden tagna från sex stationer runt olycksplatsen har en medellufttemperatur av $-2,6$ °C med ett hög-

sta värde av $-2,3$ °C och ett lägsta värde av $-3,9$ °C. Temperaturen i väg-
ytorna har ett medelvärde av $-3,4$ °C med ett högsta värde av $-2,3$ °C
och ett lägsta värde av $-5,0$ °C. Snöfall rådde tidvis vid fyra av mätstat-
ionerna strax före olyckstillfället

1.12 Olycksplats och fordonsvrak

1.12.1 Olycksplatsen

Olycksplatsen är belägen på länsväg 664 ca 1 km väster om Ängelsberg,
U län. En översiktsritning finns på sid. 32. En varningsskylt "flera kur-
vor, den första till höger" finns uppsatt ca 485 m före olycksplatsen.
Ingen ytterligare skyltning före eller i kurvan finns. Enligt vad SHK fun-
nit är detta inte i strid med gällande bestämmelser.

1.12.2 Fordonsvrak

Sedan höger sidas hjul gått över kanten till vägbanken välte bussen
under färden nedför denna och träffade marken med höger sida nedåt.
Samtliga fönster på höger sida krossades under förloppet. Efter vält-
ningen gled bussen ett stycke på marken, träffade en elstolpe och stan-
nade med fronten mot en sten varvid vindrutan föll ut.

Vid kontakten med marken fick karossens högra sida intryckningar
och repor. Repornas längd var ca 3 m och hade en vinkel mot bussens
längdaxel på ca 20° .

1.13 Särskilda prov och undersökningar

För att kunna bedöma hur vägen, föraren och bussen interagerat före
och under olycksförloppet har SHK sökt utröna den högsta säkra fart
som bussen under de rådande förhållandena kunde ha haft genom
olyckskurvan.

Beräkningarna har utförts av VTI. Faktaunderlaget har utgjorts av
data från bussens färdskrivare, vägdata såsom kurvradi, sido- och
längslutning, vägtemperatur och friktionsegenskaper, samt mätdata från
provkörningar av bussens däck i VTI:s testanläggning.

1.13.1 Högsta säkra hastighet

Med hjälp av mätresultaten från kurvkörningarna, vägverkets uppmät-
ningar av kurvradi, tvärlutning och längslutning samt uppgifter om
bussens axelbelastningar, axelavstånd och styruväxling har samband
mellan kurvhastighet och sidacceleration i vägplanets riktning kunnat
beräknas.

Denna sidacceleration är ett direkt mått på erforderlig effektiv friktion
som krävs för att bussen ska kunna följa kurvan. Sektionen med den
minsta kurvradien är avgörande för den erforderliga effektiva friktionen.
Den hjulaxel som har sämst friktion i förhållande till det som krävs för
att hålla fordonet i balans och den friktion som finns tillgänglig för dessa
däck är avgörande för bussens effektiva friktion.

Resultaten av däkmätningarna visar att man på slät is vid $-3,5$ °C
och aktuella hjulbelastningar och linjärt beroende av dessa faktorer i
medeltal kan räkna med en maximalt uttagbar friktionskoefficient på
cirka 0,09. På skrovlig is är motsvarande siffra cirka 0,28. Ur diagram
42 i bilaga 3 kan utläsas att dessa värden motsvarar en maximalt möjlig
kurvhastighet av 31 resp. 48,5 km/h.



Bild 2. Olycksplatsen sedd i bussens färdriktning

(foto SHK)



Bild 3. Olycksbussen

(foto SHK)

Eftersom skrovlighetsgraden varierar och är svår att bedöma måste den lägsta hastigheten ur säkerhetssynpunkt bli utslagsgivande. För att ha rimlig säkerhetsmarginal för avvikelser från optimal styrteknik genom kurvan måste hastigheten vara lägre.

Högsta säkra hastighet bedöms ligga på cirka 25 km/h vilket motsvarar ett friktionsutnyttjande på cirka 0,05.

I VTI:s rapport, (bilaga 3) punkt 6.1, sid. 23, sammanfattas de förhållanden föraren hade att bemästra vid olyckstillfället:

”Efter att ha kört sträckan är följande uppenbart. En med vägen obekant förare närmar sig kurvan på ett vägavsnitt med relativt stor kurvradie över ett backkrön. När föraren passerar detta övergår vägen i en för vinterförhållanden brant backe med endast cirka 50 m till ingången av en tvär kurva som vid svår halka endast tillåter en hastighet av 25–30 km/h. Under dessa förhållanden gör väglutningen att någon hastighetsanpassning att tala om inte är möjlig. Hastigheten måste således anpassas redan i föregående uppførsbacke eller friktionsbetingelser om minst 0,3 vara garanterade. Friktionen är beroende av väghållningens effektivitet och däckens friktionsegenskaper på is.”

Den kompletta redovisningen av beräkningarna återfinns i bilaga 3.

1.13.2 Passagerarenkät

För att kunna analysera skadeutfallet och skademekaniken vid olyckan har intervjuer med samtliga överlevande personer (43) genomförts.

Med kunskap om var samtliga passagerare satt i bussen som utgångspunkt kan en analys av skadeutfallet samt skademekaniken göras. Under intervjuerna kartlades därför samtliga passagerares placering i bussen när kraschen ägde rum. De intervjuade kunde i samtliga fall säkert uppge på vilken sida i bussen de suttit och om platsen var närmast sidorutan eller ut mot gången. En viss osäkerhet fanns i en del fall rörande vilken rad man suttit på, men även denna placering har i samtliga fall kunnat kartläggas med betydande säkerhet.

Inom ramen för enkäten har samtliga passagerare ombetts att också berätta om hur de upplevde händelseförloppet, dvs. sista delen av färden och själva olycksförloppet.

1.14 Aktuella trafikbestämmelser

1.14.1 Buss

Definitionen av begreppet buss återfinns i 2 § lagen (2001:559) om vägtrafikdefinitioner. Buss är en bil som är inrättad huvudsakligen för personbefordran och är försedd med fler än åtta sittplatser utöver förarplatsen.

Bussar ska uppfylla de tekniska krav som anges i Vägverkets föreskrifter 2003:22. Föreskrifterna innehåller krav på inredning, nödutrymningsvägar, bromsar och hjulsystem m. m. Kraven baseras på direktiv som antagits av EU.

1.14.2 Vissa krav för yrkesmässig trafik

Förutsättningen för att få bedriva yrkestrafik regleras i yrkestrafiklagen (1998:490) och yrkestrafikförordningen (1998:779).

För att få utöva yrkesmässig trafik krävs att företaget har ett trafiktillstånd.

Företaget ska ha en eller flera personer som är trafikansvariga med särskilt ansvar för att verksamheten utövas i enlighet med gällande regler och god branschsed samt på ett trafiksäkert sätt.

För att få använda fordon i yrkesmässig persontrafik, som i detta fall beställningstrafik, krävdes enligt fordonsförordningen att fordonet hade genomgått godkänd lämplighetsbesiktning. (Den 1 maj 2003 ersattes fordonskungörelsen (1972:595) av fordonsförordningen (2002:925)).

Varje yrkesmässigt fordon som används i personbefordran ska medföra ett lämplighetsbevis.

Innan ett fordon får användas i yrkesmässig trafik ska tillståndshavaren lämna en skriftlig anmälan om fordonet till prövningsmyndigheten. Fordon som används i yrkesmässig beställningstrafik ska ha ett giltigt yrkestrafikmärke som visar att tillstånd har meddelats för trafik.

En registrerad buss ska kontrollbesiktigas årligen, med en första gång ett år efter det att bussen första gången tagits i bruk.

1.14.3 Behörighetskrav m.m. för förare.

De förare som kör i yrkesmässig trafik ska ha erforderliga behörighetsbevis. För att få köra buss fordras enligt körkortslagen (1998:488) minst B och D-behörighet. Det finns också en nedre åldersgräns på 21 år för att få inneha D-behörighet. D-behörigheten gäller tills körkortsinnehavaren fyller 45 år och därefter för perioder om högst 10 år om körkortsinnehavaren visat att de medicinska kraven för att ha sådan behörighet är uppfyllda. Det finns också i vissa fall krav på särskild yrkeskompetens för den som kör passagerare i yrkesmässig trafik.

Av 2 kap. 8 § trafikförordningen (1998:1276) framgår att fordon inte får föras av den som på grund av sjukdom, uttröttning, påverkan av alkohol, andra stimulerande eller bedövande ämnen eller av andra skäl inte kan framföra fordonet på ett betryggande sätt.

I 3 kap. 14 § trafikförordningen föreskrivs att anpassning av hastighet ska göras utifrån vad trafiksäkerheten kräver. Där framgår bl.a. att hänsyn ska tas till väg-, väderleks- och siktförhållanden. Hastigheten ska aldrig vara högre än att föraren behåller kontrollen över fordonet och kan stanna det på den del av framförvarande vägen som han eller hon kan överblicka och framför varje hinder som går att förutse. Vid färd på väg får buss med en totalvikt överstigande 3,5 ton inte föras med högre hastighet än 90 km/h.

1.14.4 Säkerhetsbälten

För passagerare gäller och gällde vid tiden för olyckan att den som färdas i en buss på en sådan sittplats som är utrustad med bilbälte ska använda bältet. Föraren ska tillse att passagerare som är under femton år använder bilbälte eller annan särskild skyddsanordning.

Från och med den 1 januari 2004 har bälteskrav införts för alla nytillverkade bussar. Kravet omfattar samtliga bussar, utom de som tillverkas för stadstrafik. För bussar över 3,5 ton gäller att de ska ha minst höftbälten samt trepunktsbälten på utsatta, icke skyddade platser.

För bussar som förses med bälten efter det att bussen tagits i bruk gäller särskilda krav om installationen av bältena ägt rum efter den 1 maj

2003. Bälten, säten och infästningar för säten och bälten ska då uppfylla kraven i Vägverkets föreskrifter 2003:22. Kraven baseras på direktiv som antagits av EU.

1.15 Upphandling av trafik

Den tågtrafik som ersattes olycksdagen den 24 januari 2003 utfördes av SJ på uppdrag av Tåg i Bergslagen. Tåg i Bergslagen är ett samarbete mellan länstrafikbolagen Dalatrafik, X-Trafik, Länstrafiken Örebro och Västmanlands Lokaltrafik samt intresseföreningen Bergslaget och statliga Rikstrafiken. Trafiken omfattar sträckorna Gävle–Borlänge, Falun–Hallsberg, Mora–Borlänge, Malung–Borlänge och Västerås–Ludvika. I de större knutpunkterna är tågen anpassade till andra tågssystem för att underlätta resandet.

Tåg i Bergslagen har efter upphandling i konkurrens med andra aktörer uppdragit utförandet av tågtrafiken till SJ. I avtalet mellan parterna ingår att SJ också ansvarar för att den ersättningstrafik som sätts in i samband med att tågen inte kan utföra avtalade transporter. SJ hade i detta sammanhang slutit avtal om ersättningstrafik med Linjebuss.

Det avtal som gällde mellan SJ Resedivision (202100-0787) och Linjebuss Sverige AB (556042-4391), vid tiden för olyckan trädde i kraft den 1 juli 2000 och gällde till och med den 30 juni 2002 med möjlighet till ett års förlängning. Avtalet undertecknades av parterna den 21 och den 22 september 2000. Parterna hade en gemensam uppsägningstid på tre månader. Avtalet förlängdes den 18 juni 2002 på begäran av SJ och kom att omfatta tiden fram till och med den 30 juni 2003.

Senare har ett avtal om ersättningstrafik tecknats mellan SJ och FAC, Flygbussarna Airport Coaches AB, BussAkuten. Detta avtal trädde i kraft den 1 maj 2003.

1.16 Linjebuss Sverige AB (numera Connex Sverige AB)

1.16.1 Allmänt

Länsstyrelsen i Stockholm utfärdade den 30 januari 1991 tillstånd för Linjebuss att bedriva beställningstrafik med buss, taxitrafik, godstrafik samt tillstånd till uthyrningsrörelse enligt lagen om biluthyrning. Beslutet innebär att företaget fick utföra beställningstrafik i hela landet. Tillståndet gäller tills vidare.

Företaget hade vid tiden för olyckan och, såvitt SHK har sig bekant, alltjämt sin verksamhet indelad i sex regioner, från Skåne till Norrland samt ett huvudkontor i Stockholm. Inom varje region finns ett antal platskontor. Regionkontoren företräds av en regionchef med biträdande regionchef som ställföreträdare.

Inom region Svealand, som har sitt kontor i Stockholm, finns platskontor i Borlänge, Eskilstuna, Kallhäll, Ludvika och Råsta. Därtill finns en verksamhet som utför transfer till Birka-Linefärjan som utgår från Stockholm.

Totalt finns inom de sex regionerna 26 platskontor med totalt ca 4800 anställda. På varje arbetsplats finns en platschef.

I Ludvika finns 55 tillsvidareanställda förare och 18 vikarierande förare, varav 7 är schemalagda. Flera av platskontoren, däribland Ludvika, har egna serviceanläggningar.

Huvudkontoret är organiserat som en stabsfunktion inom företaget med fyra avdelningar, Information och marknad, Ekonomi, Driftstöd och Affärsutveckling.

Företaget är ett av tre stora bussföretag som har sin verksamhet lokaliserad i hela landet.

Vid tillsyn den 8 januari 2001 fann Länsstyrelsen att Linjebuss uppfyllde kraven på gott anseende och ekonomiska resurser enligt yrkestrafiklagen.

1.16.2 Trafiksäkerhetsarbete

Krav från SJ

I avtal med en entreprenör eller i en anbudsförfrågan anger beställaren de krav som anses vara väsentliga för utförandet av tjänsten – i detta fall de aktuella persontransporterna

I avtalet om ersättningstrafik som gällde mellan parterna vid olyckstillfället finns inga konkreta trafiksäkerhetskrav. De krav som ställts från SJ har omfattat bussarnas bekvämlighet, kommunikationsutrustning samt skyltning.

Avtalet hade följande rubricerade innehåll: Omfattning, Definitioner, Bussar, Utrustning, Administrativa rutiner, Instruktioner, Beställningsrutiner, Ersättning, Fakturering, Adresser, Ansvarsfrågor, Hävning, Avtalets giltighetstid, Överlåtelse av avtal och Tvist.

Bussarna skulle enligt avtalet ha följande utrustning: Mobiltelefon och toalett (om färden var längre än 50 km) samt biljettmaskin och skyltar enligt överenskommelse med SJ. Under rubriken "Instruktioner" framgår att Linjebuss till resp. förare skulle tillhandahålla en handbok som bl.a. skulle innehålla kontaktpersoner, adresser, telefonnummer, beställningsrutiner, avrapportering till beställaren efter slutfört uppdrag samt generella körinstruktioner, vilka skulle omfatta vägval, anslutningsvägar till stationer m. m.

Det var inte reglerat i avtalet vem av parterna som skulle avgöra färdväg. Det framgick dock i det praktiska utövandet att det var beställaren som avgjorde färdväg.

SJ skulle enligt avtalet normalt göra avrop av trafik (beställning) via telefon. Det fanns i övrigt inte beskrivet hur avropet skulle genomföras, vad avropet skulle innehålla eller vem som hade befogenheter att utfärda en beställning.

Under rubriken "Ansvarsfrågor" framgick i andra stycket, att Linjebuss ansvarade för passagerarna enligt trafikskadelagen, i de fall skada uppstått.

SHK har i övrigt inte kunnat finna några konkreta krav avseende trafiksäkerhetsfrågor eller säkerheten i övrigt för passagerarna.

SJ har, såvitt SHK kunnat finna, utgått från att Linjebuss följer gällande lagar på trafiksäkerhetsområdet och har inte ställt några andra krav.

Huruvida SJ har utformat krav rörande trafiksäkerhetsfrågor i anbudsförfrågan som inte kommit med i avtalet har inte kunnat kontrolleras, eftersom SJ inte lyckats förete detta dokument.

Det avtal som reglerar SJ:s ersättningstrafik fr.o.m. den 1 maj 2003 innehåller inte heller några konkreta krav avseende säkerheten för passagerarna eller andra trafiksäkerhetsfrågor.

Trafiksäkerhetsarbetet i Linjebuss

Vid tiden för olyckan gällde följande.

Inom den fordonstekniska delen av Linjebuss fanns flera rutiner/dokument som direkt eller indirekt berörde trafiksäkerheten. Förutom vid den årliga kontrollbesiktningen genomfördes extra bromskontroller på samtliga bussar som var i trafik. Kontinuerlig service genomfördes på samtliga fordon utifrån fastlagda planer. Servicen av resp. fordon dokumenterades väl med hjälp av serviceprotokoll. Tydliga och klara arbetsinstruktioner och checklistor omgärdade serviceprogrammen. Under september/oktober genomfördes omläggning av vinterdäck (ej dubbdäck) på samtliga bussar. Bussarna genomgick också en kontinuerlig brandskyddsbesiktning utöver den som genomfördes av Svensk Bilprovning.

SHK har dock inte kunnat finna några övergripande riktlinjer, policydokument eller andra styrande dokument som behandlade den operativa trafiksäkerheten.

I förekommande befattningsbeskrivningar eller i andra styrande och beskrivande dokument fanns inte klarlagt hur ansvaret för trafiksäkerheten var fördelat inom företaget. Konkreta anvisningar eller krav på någon form av trafiksäkerhet utöver vad som avser den fordonstekniska delen fanns, såvitt SHK kunnat finna, inte beskrivna i några riktlinjer, rutiner eller arbetsbeskrivningar.

Informationer och genomgångar med förare, där bland annat säkerhetsfrågor togs upp, genomfördes två gånger per år. Mötena var inte obligatoriska och ingen närvarolista förekom. Det var upp till varje enskild förare att ta del av förekommande säkerhetsfrågor.

Utbildningar i syfte att öka kompetensen och säkerheten bland förarna genomfördes en gång per år. Utbildningsinsatserna, som var inriktade på säkerhetsaspekter såsom utrymningsövningar och halkkörning, omfattade endast ordinarie chaufförer. Utbildningarna var i övrigt obligatoriska och schemalagda för att alla skulle kunna delta. Utbildning i halkkörning genomfördes inom företaget hösten 2002. Extrapersonal deltog dock inte i sådan utbildning och föraren av olycksbussen deltog således inte.

Linjebuss hade inte upprättat några nödläges-/handlingsplaner som beskriver hur en chaufför ska handla i olycksfallssituationer. Rutiner för att förebygga olycksfall genom en aktiv tillbudsrapportering förekom inte inom företaget. Inga rutiner fanns för att informera passagerarna om säkerhetsfrågor eller säkerhetsutrustning.

Några specifika och dokumenterade krav på vilka kvalifikationer utöver körkortskrav och behörighet att få köra utanför femmilgräns som chaufförerna ska uppfylla för att få genomföra den aktuella ersättningstrafiken, har inte kunnat preciseras. För de chaufförer som är över 65 år krävde företaget årliga läkarintyg.

Säkerhetskontroll av fordonet före körning genomfördes av chaufförerna. Någon checklista eller rutin för vad som ska kontrolleras fanns inte. Inte heller något som verifierade att säkerhetskontroll genomförts.

Alla chaufförer hade en så kallad inställelsetid, innan körningen påbörjades, där utrymme gavs för att genomföra säkerhetskontrollen. Fel som uppkommer under körning anmäldes till trafikledning eller servicepersonal. Det fanns inte någon beskrivning på hur avrapportering av fel som kan påverka trafiksäkerheten skulle ske vid förarbyten.

Det har inte framkommit att företaget hade inhämtat information om vägslag eller andra förekommande trafikförhållanden från den aktuella vägsträckan.

1.17 Andra utredningar

1.17.1 Buss-OLA

Vägverket har utvecklat ett aktörs- och åtgärdsinriktat arbetssätt som kallas OLA (Objektiva fynd, Lösningar och Avsikter). Arbetssättet går ut på att mot bakgrund av objektiva fynd, t.ex. vid djupstudier av dödso-lyckor, identifiera händelsekedjor och berörda systemutformare. Systemutformarna inbjuds till möten där man identifierar lösningar med avsikt att förhindra ett upprepande. Systemutformarnas avsikter för lösning av problemen ska deklarerars och synliggöras.

Den aktuella olyckan har varit föremål för en OLA-process där delta-gande systemutformares avsikter har redovisats. Dokumentet kan nå via Vägverkets webbplats.

http://www.vv.se/aktuellt/pressmed/2003/bild/vagverket_ola_angelsberg.pdf

1.17.2 OAG-rapport nr 116

Akut- och katastrofmedicinskt centrum vid Norrlands universitetssjuk-hus Umeå har genomfört en djupstudie av en busskrasch med 34 ska-dade som inträffade i november 2001. I studien konstateras att sidvind i kombination med vänsterkurva och isig vägbana med stor sannolikhet var orsaken till att föraren inte lyckades hålla fordonet kvar på vägen. Majoriteten av de skadade (61 %) hade "icke-lindriga" skador och var tredje hade mycket omfattande skador (MAIS=3-4). Ett tvåpunktshöft-bälte i bussen skulle, enligt centret, ha reducerat skadorna för 80 % av de med allvarliga eller svåra skador (MAIS=3-4) (Albertsson & Björn-stig, 2003).

1.17.3 SHK-utredningar

I rapporten RO 2001:04 redovisas undersökningen av en olycka med en tvåvåningsbuss i Fjärdhundra. Bussen körde av vägen och började brinna. Vid olyckan skadades 42 människor. SHK fann att den sannolika orsaken till olyckan var att bussen under körning i kraftig och byig sid-vind momentant blev manöveroduglig när framhjulen förlorade väg-greppet på grund av de stora aerodynamiska lyft- och sidkrafter som vinden alstrade på bussen.

I rapporten rekommenderades Vägverket bl.a. att verka för att lämp-liga hjälpmedel tas fram för att av bussförare användas för att fastställa t.ex. högsta tillåtna fart och lämpligaste lastfördelning i bussen baserat på rådande väglag och vindstyrka.

I rapporten RO 2003:01 behandlar SHK en olycka med en ledbuss i Stockholm/Huddinge. I en fart av 70–80 km/h började bussens bakvagn kasta kraftigt pga. ett fel i det system som ska stabilisera leden. Föraren lyckades inte förhindra att bussen åkte av vägen och ner i diket. Turliga omständigheter ledde till att ingen av de 50 ombordvarande skadades allvarligt.

I utredningen fann SHK bl.a. att fördelning och regleringen av ansvar och befogenheter på trafiksäkerhetsområdet inom det aktuella trafik-företaget inte var helt klar och rekommenderade därför Vägverket bl.a. att verka för att rutiner infördes för hur information om bussars trafiksäkerhetsstatus ska förmedlas från avgående förare till pågående förare i samband med bussbyten (RO 2003: R4) och att verka för att det i företag som bedriver busstrafik skapas klara regleringar för ansvar och befogenheter i fråga om trafiksäkerhet (RO 2003: R5).

2 ANALYS

2.1 Allmänna utgångspunkter

Det är inte säkert att en olycka inträffar även om alla förutsättningar för den föreligger. Olika tillfälliga omständigheter leder ofta till att en hotande olycka undviks. Att olyckor inte sker är således på intet sätt någon garanti för att en verksamhet är säker.

SHK:s utgångspunkt för analysen av den aktuella olyckan är mot den bakgrunden att människor som köpt biljett för resa med ett kommersiellt trafikföretag måste kunna utgå från att företaget fortlöpande aktivt arbetar för att identifiera och undanröja olika riskfaktorer så att den bedrivna verksamheten så långt det är möjligt är säker.

Om en avåkning trots allt ändå äger rum måste utgångspunkten vara att fordonets och trafikmiljöns passiva säkerhet ska vara sådan att en passagerare i normalfallet inte ska allvarligt skadas eller omkomma.

2.2 Avåkningen

SHK:s undersökningar pekar inte på att någon enskild faktor varit avgörande för olyckans uppkomst eller utgång.

Bussen var i gott tekniskt skick, och utan defekter av betydelse för avåkningen. Däcken har provats mycket grundligt och har egenskaper som är jämförbara med andra vanligen förekommande däck. Vägens utformning strider inte mot några bestämmelser och halkbekämpningen har utförts enligt gällande regler och praxis.

Företaget har bedrivit trafikverksamheten i linje med gällande lagstiftning.

Föraren var mycket erfaren och höll en fart som väl understeg gällande hastighetsbegränsning. Inget har framkommit som tyder på att han kört ovarsamt eller brustit i omsorg under körningen.

VTI:s beräknade högsta säkra fart genom kurvan vid rådande väglag är så låg att man kan befara att knappast någon yrkesförare med en tidtabell att passa inte skulle överskrida den.

Det finns således inget i faktamaterialet som tyder på att olyckan skulle vara ett resultat av några exceptionella omständigheter. Den slutsats man måste dra av detta är att risken för en liknande händelse vintertid under liknande förhållanden är uppenbar.

Det ovan förda resonemanget leder till en fråga om huruvida det behövs en omvärdering av vilken risknivå det innebär att bedriva buss- trafik vintertid på andra typer av vägar än huvudvägar.

2.3 Föraren

Bussens förare var 68 år och pensionerad, men brukade anlitas av bussbolaget för extraturer. Han hade mycket stor erfarenhet av körning med tunga fordon, bl.a. hade han kört sådana fordon sedan 1950-talet. Han var utvilad och utan påverkan av några detekterbara droger. Han hade inga sjukdomar av betydelse för händelseförloppet.

I utredningen har inget framkommit som tyder på att förarens psykiska eller fysiska kondition varit nedsatt före eller under färden eller att han av andra skäl inte skulle vara lämpad att köra bussen.

2.4 Bussen

2.4.1 Teknisk status

Ingenting har framkommit som tyder på att bussen varit behäftad med någon teknisk brist av betydelse för avåkning.

2.4.2 Faktorer av betydelse för skadebilden

När bussen gått av vägen och börjat välta utför slänten var fordonets passiva säkerhet, t.ex. karossens förmåga att skydda passagerarna mot att kastas ut ur bussen och mot skador från föremål utanför, säkerhetsbälten och inredningens utformning utan skarpa kanter m.m., det enda som kunde skydda passagerarna

2.4.3 Karossen

Karossen hade lågt placerade stora glasytor. Dessa krossades när bussen lade sig på sidan. Detta ledde i sin tur till att flera personer kastades ut, alternativt helt eller delvis drogs in under bussen när denna gled på sidan. Detta orsakade de allvarligaste skadefallen och samtliga dödsfall. Det är alltså av största betydelse att passagerare skyddas mot att kastas ut ur en buss vid en olycka. Detta kan åstadkommas på olika sätt, t.ex. genom att fönstren görs mindre eller förses med utkastningsskydd i form av en list. Laminerade glasrutor kan vara ett annat alternativ.

2.4.4 Säkerhetsbälten

Av alla 49 ombord på bussen var det endast två som använde säkerhetsbälte. De aktuella säkerhetsbältenas rullfunktion är annorlunda än den de flesta är vana vid från rullbälten i bilar, där bandet kan rullas in eller ut fritt så länge rörelsen inte sker för hastigt eller mekanismens g-kännare har låst rullen. Det är möjligt att bältesanvändningen i bussar generellt skulle öka om bältets funktion var mera lik den man förväntar sig. Den oväntade funktionen – att man måste släppa in bältet helt innan det åter kan dras ut – kan tolkas som att bältet är defekt och har fastnat, varvid passageraren ger upp försöket.

Den djupanalys som Akut- och katastrofmedicinskt centrum vid Norrlands universitetssjukhus i Umeå har genomfört (bil. 2) visar att en reducering av skadorna sannolikt skulle ha skett hos 7/15 (47 %) av dem med moderata skador, samt 4/5 (80 %) av dem med allvarliga och svåra skador om ett tvåpunkts höftbälte hade använts av samtliga passagerare. Alla sex personer med maximala skador skulle sannolikt ha haft reducerade skador. Två av dessa personer skulle med stor sannolikhet ha varit i livet om de hade använt säkerhetsbälte. Dessa två personer som satt på höger sida i bussen närmast mittgången hade dock sannolikt inte undgått skador då ett tvåpunkts höftbälte inte fixerar en person helt i sätet vid en vältning.

För de resterande fyra personerna med maximala skador som satt på platserna närmast fönstren kan varken svåra eller dödliga skador utslutas om ett tvåpunkts höftbälte hade använts. Den som sitter på en plats intill ett krossat fönster exponeras för en stor klämrisk då överkroppen lätt hamnar mellan bussen och marken vid en vältning. Härtill kommer även att den underliggande vegetationen i form av exempelvis buskar och stenar med stor sannolikhet kan tillfoga skada.

Ett trepunktsbälte fixerar överkroppen bättre mot ryggstödet jämfört med ett tvåpunkts höftbälte. Av den anledningen är det viktigt att kunna

jämföra vilket av de båda systemen som ger det bästa skyddet för passagerarna.

Om ett trepunktsbälte hade använts av samtliga passagerare skulle, enligt Akut- och katastrofmedicinskt centrum, en reducering av skadorna sannolikt ha skett hos 12/15 (80 %) av dem med moderata skador. För dem med allvarliga eller svåra skador skulle ingen ytterligare reduktion av skadorna ske jämfört med ett tvåpunkts höftbälte, utan 4/5 (75 %) skulle ha haft reducerade skador.

Av de sex personerna med maximala skador skulle, i likhet med vad som gäller för användning av tvåpunktsbälte, de två som satt på sätet intill mittgången sannolikt ha varit i livet om ett trepunktsbälte använts.

För de resterande fyra personerna med maximala skador som satt på platserna närmast fönstret kan, i likhet med vad som gäller om ett tvåpunkts höftbälte använts, varken svåra eller dödliga skador uteslutas. Skillnaden är att sannolikheten för en reducering av skadorna ökar om ett trepunktsbälte används eftersom överkroppen i mindre utsträckning då riskerar att hamna utanför bussen. Risken att skadas av föremål på utsidan blir även den mindre av samma anledning.

De slutsatser som kan dras av dessa beräkningar visar att det vid en olycka är av största betydelse att busspassagerare använder bälte, helst av trepunktstyp.

Krav som måste ställas på ett bältes konstruktion och låsanordning är dock att det bl.a. måste medge komfort under resan och vara lätt att öppna även om man hänger kvar i det efter en olycka. Bälten får inte försena en utrymning av bussen vid t.ex. brand eller hindra undsättning utifrån.

Som nämnts i avsnitt 1.14.4 gäller fr.o.m. den 1 januari 2004 bälteskrav för alla nytillverkade bussar. Kravet omfattar samtliga bussar, utom de som tillverkats för stadstrafik. För bussar över 3,5 ton gäller att de ska ha minst höftbälten samt trepunktsbälten på utsatta, icke skyddade platser.

2.5 Däcken

Den av VTI på uppdrag av SHK genomförda undersökningen rörande olycksbussens däck visar att såväl den använda däcktypen som ett antal odubbade jämförelsedäck har relativt dåliga friktionsvärden för trafik på isbelagda vägar inom temperaturintervallet mellan $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ och $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$; ett temperaturintervall som tillsammans med is- och snöbelagda vägar torde vara ytterst vanligt vintertid i större delen av landet.

Dubbade däck är bättre, men dubbning som uppfyller nuvarande lagkrav ger inte någon högre grad av säkerhet – i vart fall inte när det rör sig om körning på slät is.

På skrovlig is vid $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ har samtliga däck fullt godtagbara styreegenskaper vid normalt försiktig vinterkörning. De flesta nya vinterdäck är dock påtagligt bättre än olycksbussens begagnade däck.

Dubbdäck hade också påtagligt bättre resultat än de odubbade vid låst hjul och 20 graders avdriftsvinkel.

Resultaten från däckundersökningen visar också att godtagbar sidfriktion på is utan kraftigare och fler dubbar eller kedjor endast kan åstadkommas med hjälp av förbättrad istextur.

Mot bakgrund av VTI:s testresultat framstår det som mycket tveksamt om tunga bussar i passagerartrafik överhuvudtaget bör köras på vägar som inte har halkbekämpats så att friktionen överstiger ett gränsvärde, t.ex. 0,3 som VTI föreslår. I vart fall bör trafik på vägar som inte tillförlitligen halkbekämpats endast få bedrivas med bussar som är försedda

med däck eller friktionshöjande anordningar som ger sådana friktionsvärden på snö och is att en acceptabel säkerhet uppnås.

Med tanke på att de däck som provats av VTI inte i något fall helt uppfyller ett sådant krav torde det finnas ett betydande utrymme för utveckling på området.

Sammanfattningsvis kan, i ljuset av gjorda undersökningar, konstateras att en buss med den typ av däck som var monterade på olycksbussen inte bör trafikera den aktuella vägen och liknande vägar under sådana förhållanden som rådde vid olyckstillfället.

2.6 Vägen

Vägens utformning på olycksplatsen vad gäller kurvradie, släntens lutning och höjd samt frånvaron av ett skyddsräcke skapar en trafikmiljö som inte medger några som helst misstag. Den branta slänten alldeles i vägkanten innebär, som SHK ser saken, en uppenbar risk för en svår olycka så snart ett fordon kommer utanför vägbanan. Risken för att en olycka ska få allvarliga konsekvenser förstärks ytterligare av att kurvan saknar räcke. Enligt SHK:s uppfattning finns det ett uppenbart behov av ett räcke på den aktuella platsen.

Enligt VTI:s studie var högsta säkra hastighet i kurvan under rådande förhållanden ca 25 km/h. Denna hastighet kunde endast erhållas vid anpassning av hastigheten i den föregående uppförsbacken. När bussen väl passerat backkrönet och föraren kunde se kurvan var någon ytterligare hastighetsanpassning av betydelse inte möjlig. Någon varningsskylt som före backkrönet varnade för den aktuella påtagligt riskabla kurvan fanns inte. Förarens förutsättningar att på det aktuella vägavsnittet genomföra transporten på ett säkert sätt var således mycket begränsade.

En anledning till att inte fler olyckor har inträffat på platsen kan vara att vägen till största delen trafikeras av lokalbefolkningen som är väl bekant med dess riskabla passager.

Gällande regelverk rörande varningsskyltning, släntningar och räcken bör ses över så att trafikmiljöer som den aktuella i görligaste mån kan åtgärdas.

2.7 Trafiksäkerhetsarbetet

2.7.1 Linjebuss

Det fordonstekniska trafiksäkerhetsarbetet rörande företagens bussar var väl utarbetat och tillfredsställande.

Däremot var ansvarsfrågorna beträffande trafiksäkerheten i övrigt inom företaget oklara. Någon praxis, några riktlinjer eller rutiner som gällde för arbete med sådana frågor fanns inte. De dokument som fanns och som styrde verksamheten tog dock inte upp passagerarnas säkerhet.

Någon prioritering mellan tidshållning, passagerarnas komfort och säkerhet fanns inte uttalad eller dokumenterad, även om både företagsledning och intervjuade chaufförer hade uppfattningen att säkerheten ska prioriteras före tidshållningen.

Någon definition av företagens trafiksäkerhetsåtagande fanns inte.

Det fanns ingen planmässighet i det trafiksäkerhetsarbete som genomfördes i form av information och utbildning. Icke ordinarie chaufförer stod utanför de utbildningsinsatser som genomfördes, trots

att dessa, som i det aktuella fallet, fick köruppsdrag som måste anses vara avancerade.

Ansvar för trafiksäkerheten överläts i stor omfattning på resp. chaufför, vilket medförde att bedömningar och insatser inte följde något enhetligt eller beprövat mönster. Detta förstärktes också av det faktum att det saknades ett incidentrapporteringssystem som skulle ha kunnat fånga upp generella problem i trafiksäkerhetshänseende.

2.7.2 SJ

Säkerheten för de resande torde generellt sett vara högre vid resa med tåg än med landsvägsbuss. Man kan därför anta att det i vart fall i viss omfattning är säkerhetsskäl som motiverar att resenärer väljer att resa med tåg istället för vägtransport – i synnerhet vintertid. En del av biljettpriset för en tågresor torde också vara direkt hänförlig till den högre säkerhetsnivån som gäller för en järnvägstransport. Mot denna bakgrund är det anmärkningsvärt att SJ inte har framfört några andra krav på Linjebuss beträffande sina passagerares säkerhet än de minimikrav som följer av gällande vägtrafiklagstiftning.

2.7.3 Jämförelse med säkerhetsstyrningssystem inom flygsektorn

SHK:s arbete avser i mycket stor omfattning flygsäkerhetsfrågor. Vid utredningar på andra områden än flygsektorn kan SHK inte underlåta att göra jämförelser i fråga om säkerhetstänkande och säkerhetsstyrningssystem mellan de olika sektorerna. Även när jämförelsen görs med andra delar inom flygsektorn än den kommersiella passagerartrafiken med sin mycket höga grad av säkerhet, är skillnaderna påtagliga. Flygverksamheten ska utföras i enlighet med styrande dokument vari detaljerat anges hur verksamheten ska bedrivas, vilken kompetens samtliga ansvariga för verksamheten ska ha och vilka behörighetskrav som ska gälla. Dokumenten innehåller även uppgifter om organisation och ansvarsförhållanden, detaljerade föreskrifter om utrustning och flygverksamhet.

För att bibehålla behörigheten som flygare krävs viss dokumenterad flygerfarenhet de senaste 12 månaderna eller en flygträning med en lärare. Dessutom krävs en omfattande läkarundersökning med 1–5 års intervall beroende på förarens ålder.

All verksamhet ska styras med stöd av ett kvalitetsledningssystem. Säkerhetsmål för verksamheten ska fastställas och följas upp. Alla onormala händelser ska rapporteras skriftligen. Minst en gång årligen ska en säkerhetsanalys av verksamheten utföras med sikte på att se vilka förändringar i verksamheten som kan leda till högre säkerhet.

Verksamhetskontroller utförs regelbundet. Vid en sådan revideras verksamheten för att säkerställa att den sker i enlighet med de styrande dokumenten och i övrigt på ett säkert sätt. Konsekvensen av brister är anmärkning, krav på åtgärder med återrapporteringsskyldighet eller stopp för verksamheten tills problemen är lösta.

2.7.4 Slutsats

Av jämförelsen ovan framgår att det i lagstiftning och övrigt regelverk samt i verksamhetskulturen finns ett högre säkerhetstänkande och större krav på säkerhetsstyrningssystem m.m. när exempelvis en eller två personer nöjesflyger privat med ett segelflygplan än vad som gäller när ett trafikföretag bedriver kommersiell passagerartrafik med buss.

SHK kan inte finna annat än det bör ställas krav på framför allt tillförlitliga säkerhetsstyrningssystem inom de företag som bedriver kom-

mersiell busstrafik så att olika risker i trafikverksamheten fortlöpande kan identifieras och motverkas.

3 UTLÅTANDE

3.1 Undersökningsresultat

- a) Föraren var behörig att genomföra körningen.
- b) Föraren var inte påverkad av alkohol eller andra droger
- c) Företaget hade gällande trafiktillstånd.
- d) Bussen uppfyllde gällande bestämmelser.
- e) Bussens däck uppfyllde gällande bestämmelser.
- f) Vägen uppfyllde gällande bestämmelser.
- g) Vägbanan var is- och snöbelagd och inte halkbekämpad under dygnet före olyckan.
- h) Bussens hastighet understeg gällande hastighetsbegränsning vid olyckstillfället.
- i) Bussens framhjul förlorade väggreppet på det isiga underlaget.
- j) Vid olyckan omkom sex passagerare. Övriga tillfogades måttliga till lindriga skador.

3.2 Orsaker till olyckan

Olyckan orsakades – trots att inga avsteg från gällande bestämmelser torde ha förelegat – av att det saknades förutsättningar att på ett säkert sätt genomföra den planerade färden under de förhållanden som rådde med avseende på väglag, vägstandard, fordon och däcksutrustning.

4. REKOMMENDATIONER

SHK rekommenderar Vägverket

- att verka för att det, som förutsättning för beviljande och upprätthållande av trafiktillstånd för bussföretag som bedriver passagerartrafik, införs krav på sådana säkerhetsstyrningssystem som långsiktigt säkerställer att trafiksäkerhetskänsliga rutiner tillämpas i verksamheten och att trafiksäkerhetsrisker fortlöpande identifieras och motverkas. (RO 2004:01 R1)
- att verka för att det införs bestämmelser som innebär att en buss i passagerartrafik vintertid inte får trafikera en väg som inte tillförlitligen halkbekämpats utan att vara utrustad med däck, eller däck med särskilda friktionshöjande anordningar, som har ett lägsta angivet friktionsvärde på snö- resp. isbelagd väg. (RO 2004:01 R2)
- att verka för att det i samtliga bussar utom för bussar i stadstrafik införs krav på trepunktsbälten på samtliga platser. (RO 2004:01 R3)
- att se över bestämmelserna rörande information till busspassagerare så att information alltid lämnas om förekomsten av säkerhetsbälten och, om sådana finns, hur de fungerar, hur man ska ta sig ur bussen om en olycka skulle inträffa samt var brandsläckare och förbandsutrustning är placerade. (RO 2004:01 R4)

- att verka för att det i bussar införs sådana säkerhetsdetaljer som motverkar att passagerare kastas eller dras ut ur en buss vid en olycka. *(RO 2004:01 R5)*
- att verka för att busstillverkare installerar stabila och på bussar väl utmärkta strukturer där kraft kan ansättas för lyft av en buss utan att strukturen ger efter eller karossen viker sig. *(RO 2004:01 R6).*
- att undersöka huruvida de rekommendationer som i detta ärende gäller bussar också bör gälla för andra tunga fordon. *(RO 2004:01 R7)*
- att överväga sådana ändringar i reglerna för varningsskyltning och andra trafikordningar och trafikankvisningar så att tillräcklig förvarning i den aktuella och liknande kurvor erhålles. *(RO 2004:01 R8)*
- att överväga sådana ändringar i bestämmelserna om vägslänter och räcken så att sådana riskabla förhållanden som på olycksplatsen åtgärdas genom antingen utplaning av slänten eller anbringande av ett räcke. *(RO 2004:01 R9)*
- att verka för att passagerartrafik med bussar på en väg ges större tyngd som faktor vid prioritering av vinterväghållningsstandard på vägen. *(RO 2004:01 R10)*
- att i den aktuella olyckskurvan genomföra de åtgärder som behövs för att en liknande olycka ska förhindras. *(RO 2004:010 R11)*

SHK rekommenderar Räddningsverket

- att verka för utvecklandet av bättre metoder och redskap för nödvändiga tunga lyft av veka strukturer, t.ex. vid trafikolyckor. *(RO 2004:01 R12).*
- att fortlöpande informera kommunal räddningstjänst om olika nya eller utvecklade metoder och redskap för att genomföra tunga lyft. *(RO 2004:01 R13).*
- att utveckla befintlig nationell sammanställning i RIB (Integrerat beslutsstöd för skydd mot olyckor) av resurser vad gäller tunga lyft vid räddningstjänst. *(RO 2004:01 R14)*
- att överväga införandet av regionala depåer, alternativt komplettering av befintliga förråd, med utrustning för tunga lyft vid räddningstjänst. *(RO 2004:01 R15)*

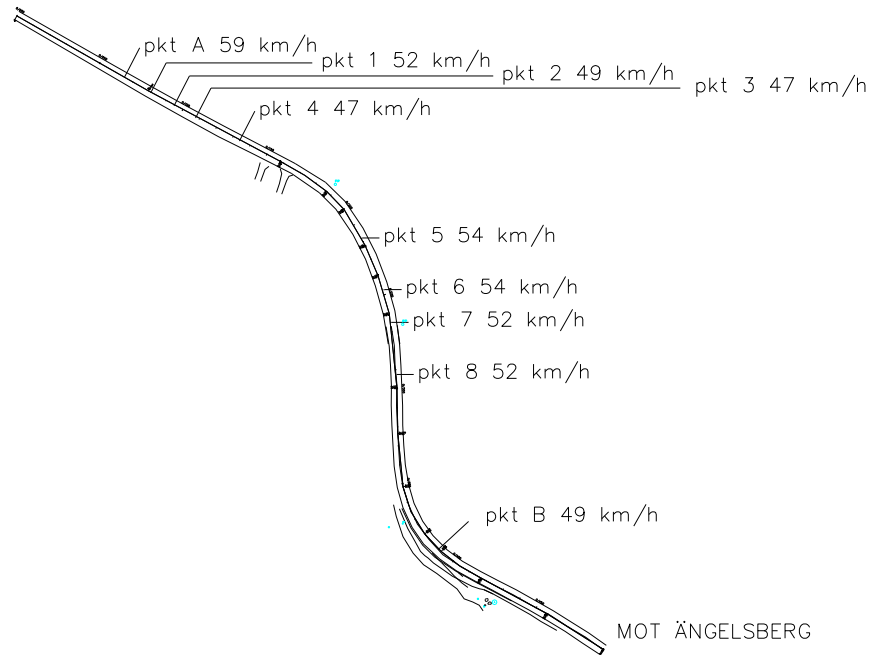


Bild 4. VII: s antagande om hastighetsfördelningen utefter vägsträckan.

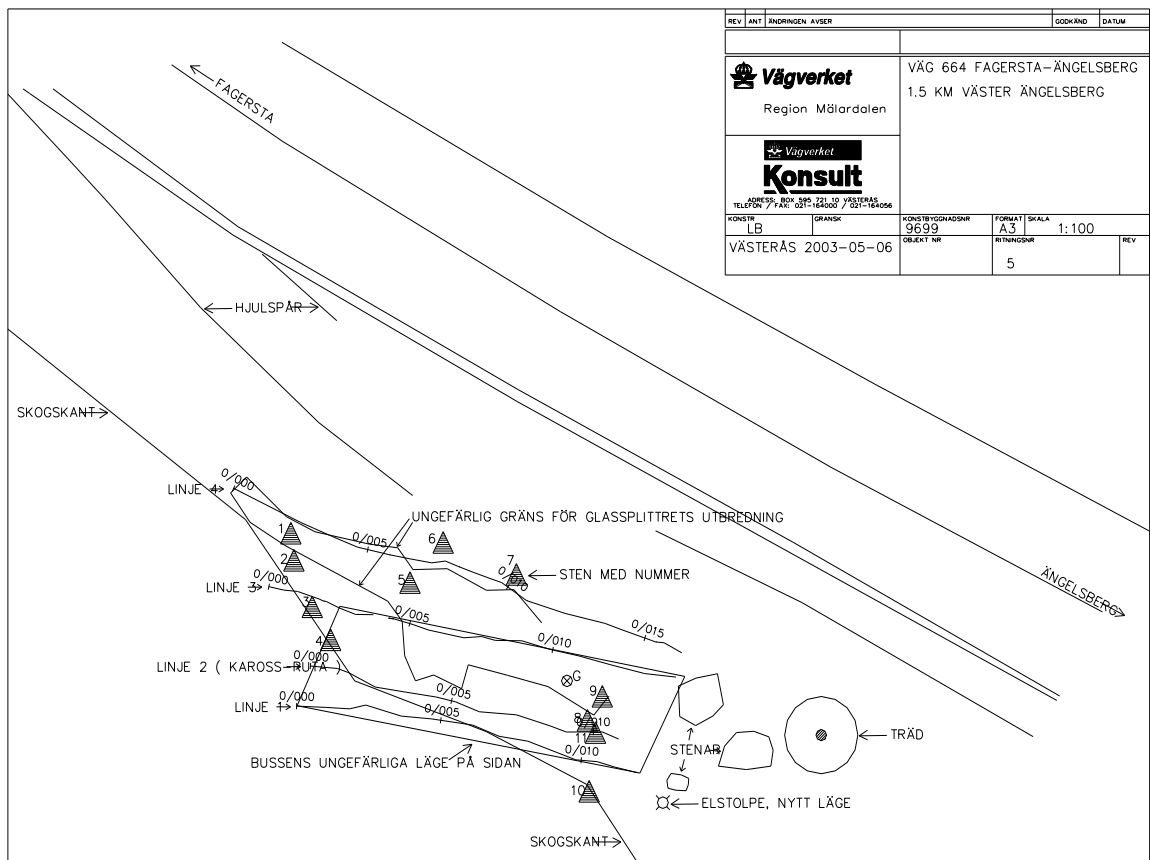


Bild 5. Översiktsritning av olycksplatsen, punkt B i bild 4.

Redovisning av personskador, medicinskt omhändertagande och räddningsinsats vid olycka med buss, reg. nr. GKS 987, vid Ängelsberg, U län, den 24 januari 2003.

1. Inledning

Det är SHK:s uppgift att granska de räddningsinsatser som görs av det allmännas räddningstjänst på en olycksplats. De medicinska vårdåtgärder som därefter vidtas ingår dock inte omedelbart i SHK:s föreskrivna granskningsuppdrag. I detta fall har SHK dock funnit det angeläget att något redovisa även denna del av omhändertagandet för att belysa vilka resurser som kan krävas efter en olycka av denna dignitet.

2. Personskador

2.1 Medicinsk skadegradering

Inom trafikmedicinsk forskning används vanligen mera fingraderade skadeklassificeringar än den officiella statistiken som anses något trubbig vid utförligare analyser av skador. En av mest använda skadegraderingarna är Abbreviated Injury Scale (AIS) (Association for the Advancement of Automotive Medicine, 1998) som baseras på skadornas svårighetsgrad och lokalisation där varje individuell skada klassificeras. MAIS betecknar Maximum AIS, det vill säga den svåraste skadans AIS-värde.

Exempel:

- AIS = 1 Lindrig skada (exempelvis småsår, stukning, finger- eller näsfraktur).
- AIS = 2 Moderat skada (exempelvis hjärnskakning med medvetslöshet < 1 tim, okomplicerad fraktur).
- AIS = 3 Allvarlig skada (exempelvis hjärnskakning med medvetslöshet 1–6 timmar, lårbensfraktur, amputation av fot).
- AIS = 4 Svår skada (exempelvis blödning i hjärnan, amputation av ben).
- AIS = 5 Kritisk skada (exempelvis skada på kroppspulsådern).
- AIS = 6 Maximal skada (nästan alltid dödlig).

2.2 Omhändertagna personer

I bussen färdades 49 personer inklusive bussens chaufför och tågmästaren på det tåg som ställdes in. Tågmästaren satt längst fram i bussen närmast föraren. Av passagerarna var 19 barn och ungdomar under 20 år. De övriga var åldersmässigt tämligen jämt fördelade, den äldsta 71 år. Också könsfördelningen var ganska jämn, dock med en liten övervikt för kvinnor.

Tabell 1.

Ålder och könsfördelning.

Ålder (år)	Antal män	Antal kvinnor	Totalt
60–	3	1	4
50–59	1	6	7
40–49	4	2	6
30–39	3	4	7
20–29	3	3	6
10–19	8	10	18
0–9		1	1
Totalt	22	27	49

2.3 Fördelning av skadornas svårighet

Tabell 2

Svårighet	Män	Kvinnor	Totalt
MAIS 1	13	10	23
MAIS 2	6	9	15
MAIS 3	0	2	2
MAIS 4	1	2	3
MAIS 5	0	0	0
MAIS 6	2	4	6*
Summa	22	27	49

* Samtliga avled

2.4 Medicinskt skadepanorama

På grund av den rotation som uppstod när bussen körde av vägen och över kanten till vägslänten, och de därpå följande stötarna när bussen landade på marken nedanför, kastades passagerarna runt i bussen och vissa av dem kastades ut genom rutorna på bussens högra sida.

Sex personer omkom. De rättsmedicinska undersökningarna visade att de inre skadorna var både utbredda och allvarliga, vilket innebar att skadorna till fullo kunde förklara dödsfallen.

De dominerande skademekanismerna var dels att passagerarna kastades runt i bussen vid avåkningen, dels att vissa kastades ut ur bussen helt eller delvis när bussen välte eller drogs ut genom de krossade fönstren när bussen efter själva vältningen gled på marken bredvid vägen. Att passagerare kastades eller drogs ut ur bussen orsakade de allvarligaste skadefallen och samtliga dödsfall.

Av de överlevande ådrog sig tio hjärnskakning och åtta frakturer på bröstorg/rygggrad. De vanligaste skadetyperna var dock lindriga skador i form av kontusioner och sårskador, vilka kunde ses i 108/155 (70%) fall av alla skador.

Redan samma kväll/natt kunde 32 av de skadade sändas hem från resp. sjukhus. Fyra dagar efter olyckan hade ytterligare fyra skadade kunnat lämna sjukhuset. Resterande sju skadade fick kvarligga på sjukhus med totala vårdtider varierande mellan fem och 24 dygn.

I tabell 3 nedan redovisas fördelning av skadetyper och skadelokalisation där en person kan ha mer än en skada - samtliga överlevande personer (n=43).

Tabell 3

	<i>Huvud/ ansikte</i>	<i>Hals- rygg</i>	<i>Bröst- korg</i>	<i>Rygg- rad</i>	<i>Buk/ bäck- en</i>	<i>Övre extre- mitet</i>	<i>Nedre extre- mitet</i>	<i>S:a</i>
Distorsion ¹	–	7	–	5	–	2	2	16
Fraktur	1	–	5	3	–	3	1	13
Hjärnskak- ning	10	–	–		–	–	–	10
Intrakraniella blödningar ²	1	–	–		–	–	–	1
Ytliga kontusions- skador ³	12	7	11	7	8	9	16	70
Sår	20	1	1	–	–	12	5	39
Övriga skador	1	–	2 ⁴	–	1	2	–	6
Totalt	45	15	19	15	9	28	24	155

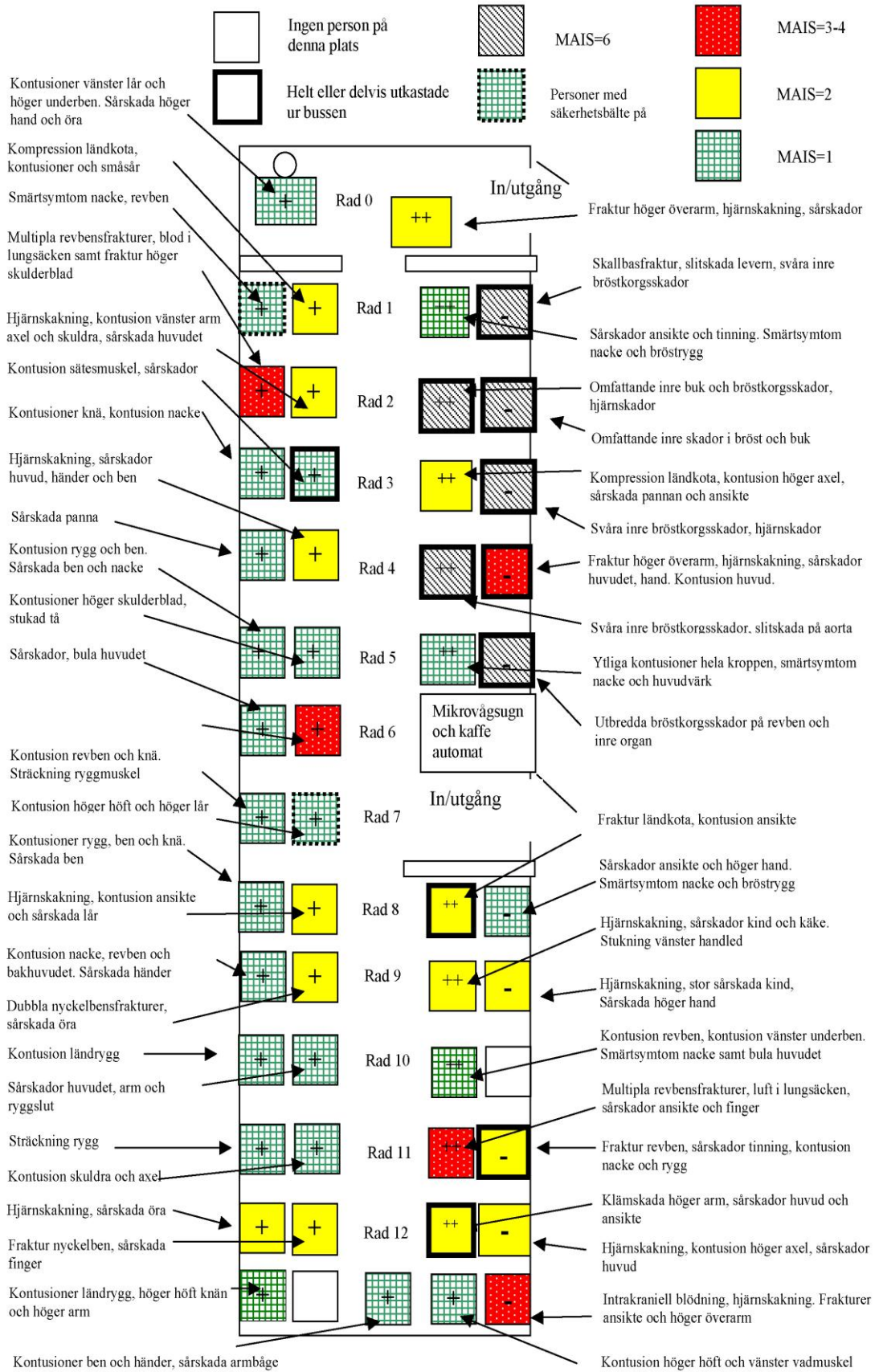
Figur 4 på nästa sida visar en schematisk bild av bussens säten, de skadades placering, skadorna och dess svårighetsgrad enligt MAIS-skalan. Syftet med figuren är att ge en översikt och bättre åskådliggöra skadeutfallet i den kraschade bussen.

¹ Stukning/sträckning

² Blödningar inom skallen

³ Ytlig stöt- eller krosskada

⁴ Luft i lungsäcken (pneumothorax) och blod i lungsäcken (hemothorax)



Figur 4.

3. Räddningstjänstinsatsen

3.1 *Räddningstjänstens organisation och ledning*

Fagersta kommun ligger i norra Västmanland och har ca 12 500 invånare. Kommunen, som är en till ytan relativt liten kommun, gränsar mot kommuner i Västmanland och Dalarna. Över 90 % av befolkningen bor i själva tätorten Fagersta.

För styrning av bl.a. den operativa verksamheten vid Fagersta räddningstjänst finns en räddningstjänstplan som antagits av fullmäktige 1997 och reviderats 1999. Här anges att räddningstjänsten har en brandstation i centrala Fagersta med en heltidsanställd utryckningsstyrka på fem brandmän inkl. befäl. Dessutom finns ett särskilt befäl i beredskap för att träda in när det vid en olycka uppstår ett utökat ledningsbehov.

Räddningstjänsten i Skinnskattebergs kommun svarar enligt avtal mellan kommunerna för en del av den särskilda befälsberedskapen. Med Skinnskattebergs kommun finns också avtal om ömsesidig reservstyrka för hjälp vid större händelser.

Det saknas en mer detaljerad instruktion som beskriver ledningsnivåer och uppbyggnad av den operativa ledningsorganisationen vid räddningsinsatser.

Larmcentral för kommunen är SOS Alarms larmcentral i Västerås. Vilken larmning som ska utföras vid olika nödlägen finns angivet i särskilda larmplaner för olika händelsetyper. Planerna har reviderats under hösten 2002.

3.2 *Inkommande larm och utryckning*

Ett förvirrat samtal från en av passagerarna kom in via nödnumret 112 till SOS-centralen i Västerås kl. 16.24. Av samtalet framgick dock att en buss vält på vägen från Fagersta mot Ängelsberg. I omedelbar anslutning till det första samtalet kom ytterligare ett samtal från en annan passagerare i bussen. Av det senare samtalet framgick att det var en bussolycka norr om Ängelsberg och att bussen hade 30–40 passagerare. Uppgift lämnades om att det var många personer kvar i bussen.

En av larmoperatörerna vid SOS-centralen i Västerås började kl. 16.26 att larma brandstationen i Fagersta enligt gällande larmplan. I larmet meddelades att en buss vält med upp till 30 skadade. De två första ambulanserna från Fagersta larmades av den andra larmoperatören kl. 16.27.

Två brandfordon ryckte ut från brandstationen i Fagersta med sammanlagt fyra brandmän och ett befäl. Befälet, som också var räddningsledare (RL) för insatsen, fick i samband med larmet och första kontakten med larmcentralen en relativt klar bild av olyckans omfattning. Han kontrollerade först att ambulans och polis var larmade varefter han gav direktiv till larmoperatören att larma all ledig brandpersonal vid brandstationen i Fagersta. Samtidigt begärdes larm av förstärkningsstyrkor från Skinnskattebergs och Virsbo deltidskårer i angränsande kommuner. Dessutom begärde räddningsledaren att en av Landstingets sjukvårdsgrupper skulle larmas.

Under framkörningen begärde räddningsledaren också att en buss skulle dirigeras till platsen. Bussen skulle användas för uppsamling av oskadade och lätt skadade passagerare.

Larmoperatören meddelade att en sjukvårdscontainer var på väg från Ludvika. Den larmas med automatik när olyckan bedöms omfatta fler än fem skadade. I övrigt framkom inga nya uppgifter om olyckan under framkörningen till olycksplatsen.

3.3 *Framkomsten till skadeplatsen*

Insatsstyrkan från Fagersta anlände till olycksplatsen kl. 16.43, vilket är tre minuter efter första ambulans och 19 minuter efter första 112 samtalet till SOS Alarm. Räddningsledaren konstaterade att en stor turistbuss låg på höger sida nedanför vägslänten. Bussen var relativt intakt men framrutan på bussen fanns inte på plats. Passagerare hade tagit sig ut genom fronten under den spontana utrymningen av bussen.

Räddningsledaren gjorde en bedömning av läget med en så kallad "OBBO" (Orientering, Bedömning, Beslut och Order). Skadade och oskadade passagerare fanns i, under och utanför bussen. Fem–sex personer var fastklämda mellan marken och bussen. Ett antal av de personer som låg delvis i och under bussen visade inga livstecken. Beslut i stort (BIS) från räddningsledaren innebar att ta loss fastklämda genom att lyfta bussen med lyftkuddar och hydrauliska räddningsverktyg.

Vid avåkningen träffade bussen en stolpe till en 10 kV elledning. Efter träffen lutade stolpen kraftigt och de tre fasledningarna hängde ner från sitt normala läge men ovanför bussen. En ledning hängde ned och låg på bussens front och vidare förbi öppningen där framrutan funnits. Under räddningsarbetet var det oklart vilken funktion den hängande ledningen hade. Passagerare hade passerat ledningen när de utrymde bussen spontant innan hjälp anlände. Räddnings- och sjukvårdspersonalen passerade också ledningen för att komma in i och ut ur bussen. Närboende privatpersoner som kommit till olycksplatsen meddelade också att det var strömlöst i området.

Någon brytpunkt upprättades aldrig för att samla ankommande fordonsenheter som t.ex. ambulans-, räddnings- och polisfordon samt mobilkran och bärgningsbilar. Fordonen togs fram till olycksplatsen med direktiv från räddningsledaren att stanna så långt till höger på vägbanan som möjligt. Utfart från olycksplatsen fick sedan ske i samma färdriktning som resp. fordon anlant så att man inte behövde vända på vägen.

Räddningsledaren lämnade kl. 16.51 en lägesrapport till SOS Alarm. Beskrivningen av läget på olycksplatsen angav att bussen låg på sidan och att det var många fastklämda under den.

Bussen som rekvirerats behövdes inte då det redan fanns en lokalbuss på plats. En bärgningsbil rekvirerades via larmoperatören.

Räddningsledaren begärde ut personal från energibolaget för fränkopping och jordning av den nedhängande elledningen. En mobilkran beställdes också ut till olycksplatsen.

Deltidsstyrkan från Virsbo anlände kl. 16.54 med fem man som förstärkning, dvs. elva minuter efter första brandfordon på plats. Ungefär samtidigt anlände också fem man från Fagerstas andra utryckningsstyrka bestående av ledig personal som kallats in. Styrkan från Skinnskatteberg anlände kl. 17.06. Vid denna tidpunkt fanns sammanlagt 25 man inkl befäl från olika räddningstjänster på plats.

3.4 *Räddningsarbetet på skadeplatsen*

Ledningsfunktionen bestod av en för insatsen sammanhållande räddningsledare, en sjukvårdsledare i ledningsambulansen, en ledningsläkare (LL) och polisinsatschefen (PIC).

Sjukvårdsledaren, och i ett senare skede ledningsläkaren, svarade för ledningen av det medicinska omhändertagandet på olycksplatsen. Polisinsatschefen svarade bl. a. för avspärrningar, trafikdirigering, registrering och kontroll av terrängen runt olycksplatsen.

Det upprättades ingen fast ledningsplats. Ledningsfunktionen utfördes utomhus och tidvis från den högre belägna vägbanan med möjlighet till

överblick av olycksplatsen. Kontakterna inom ledningsfunktionen genomfördes genom direkt samtal mellan dem som var berörda.

Polisen stängde av trafiken in till olycksplatsen på Ängelsbergsvägen strax utanför Fagersta samt i trevägskorset i Ängelsberg. Någon avspärrning av den direkta olycksplatsen utfördes däremot inte.

Det direkta räddningsarbetet organiserades genom att bussen delades in i två sektorer med var sin sektorchef. En skadeplatschef under räddningsledaren samordnade insatsen på skadeplatsen. En särskild materieldepå med en avdelad brandman svarade för samordningen av behovet och tilldelningen av räddningsutrustning på olycksplatsen.

För att underlätta arbetet på olycksplatsen anordnade räddningstjänsten belysning såväl utanför som inne i bussen.

Särskilda lyftkuddar användes för att lyfta bussen och loss göra de fastklämda passagerarna. Metoden innebär att några centimeter höga lyftkuddar fördes in mellan marken och bussens kaross där karossen var mest stabil. Med hjälp av tryckluft fylldes kuddarna som därvid svällde och lyfte bussen. Pallning med trävirke utfördes mellan bussen och marken och nya lyft kunde successivt öka lyfthöjden. Pallningsvirke rekvirerades och kapades i lämpliga längder på olycksplatsen.

Metoden med lyftkuddar valdes för att få kontrollerade lyft i höjdlid utan större risk för samtidigt oväntade rörelser i sidled som kunnat skada fastklämda passagerare. Lyften samordnades med direktkontakt via radio mellan personalen som arbetade inne i och utanför bussen. Arbetet utfördes i nära samarbete mellan sjukvårds- och räddningspersonal för att lyften av bussen inte på något sätt skulle medföra någon ytterligare skada av de fastklämda passagerarna.



Arbete med lyftning och pallning av bussen

(Foto Fagerstaposten)

Vartefter de fastklämda och skadade togs loss transporterades de med väntande ambulanser. Någon särskild uppsamlingsplats för skadade upprättades aldrig. Lokalbussen fungerade dock som en form av uppsamlingsplats och värmestuga för de lindrigt skadade.

Polisens utförde endast i viss begränsad omfattning en registrering av de personer som hade åkt med bussen.

3.5 Avslutningen av räddningsarbetet

I ett senare skede under räddningsarbetet lämnades möjlighet för media att komma fram till olycksplatsen.

Själva räddningsarbetet med att ta loss de fastklämda personerna avslutades ca kl. 18.40, vilket är ca två timmar efter att det första räddningsfordonet kom till olycksplatsen.

Sedan bussen rests upp av bärgningspersonalen och de kvarvarande döda patienterna avtransporterats till Bergslagssjukhuset i Fagersta, avslutades insatsen på olycksplatsen kl. 21.41.

4. Ambulans- och sjukvårdsinsatser

4.1 Larm till ambulansstationer

Ett stort antal ambulanser från Västmanlands län (U-län) och Dalarna (W-län) larmades ut. I tabell 5 redovisas ambulansernas larmtider och tider för bekräftande/uttryckning. Uppgifterna har hämtats från resp. larmcentralers ärenderapporter.

Tabell 5. Redovisning av ambulanser från U-län i ordningsföljd med avseende på larmtid. (Andrasiffran i enhetsbeteckningen anger stationeringsort: 1=Västerås, 2=Köping, 3=Sala, 4=Fagersta)

Enhet	Larm	Ut (U)
U943	16.27	16.29
U942	16.27	16.29
U913	16.29	16.30
U922	16.33	16.48
U932	16.37	16.40
U924	16.37	16.40
U933	16.37	16.40
U915	16.38	16.44
U901	16.38	16.44
U912	16.38	16.44
U902	16.47	16.47
U903	16.49	(Katastroffordon med sjukvårdsgrupp från Västerås)
U916	16.59	(Bröt kl.17.13)
U918	17.03	17.08
U941	17.04	(Medförde sjukvårdsgrupp från Fagersta)
U923	17.18	(Återkallad)

Tabell 6. Ambulanser från W-län. I ordningsföljd med avseende på larmtid. (Andrasiffran i enhetsbeteckningen anger stationeringsort: 1= Borlänge, 2 = Falun, 4 = Ludvika)

Enhet	Larm	Ut (U)
W941	16.52	16.54
W942	16.52	16.55
W943	16.52	16.55
W913	17.03	17.06
W923	17.08	17.09
W914	17.08	17.15
W915	17.14	17.23

Utöver de ovan angivna ambulanserna m.m. larmades Ludvika sjukvårdscontainer ut från räddningstjänsten Västerbergslagen.

Utlarmning av ambulanser från ambulansstationen i Fagersta, som ligger närmast skadeplatsen, skedde således ca tre minuter efter olyckan. Ambu-

lanserna U943 och U942 ryckte ut med vardera en ambulanssjukvårdare och en ambulanssjuksköterska som besättning. Egentligen skulle besättningen i U942 ha ryckt ut med ”liten bil”, men för att få kapacitet för fler skadefall föredrogs U942.

Tabell 7. Ambulansernas ankomsttider till skadeplatsen och antal minuter som förflutit sedan meddelande om olyckan inkom till SOS Alarm.

(Första nödanropet inkom visserligen kl.16.24.29. men har i tabellen nedan beräknats till 16.25 eftersom en viss fördröjning sker innan meddelandet är uppfattat.)

Enhet	Tidpunkt	Minuter
U943	16.40	15
U942	16.41	16 (Ledningsambulans)
U913	17.01	36
U912	17.03	38
U915	17.05	40
U901	17.08	43
U932	17.08	43
U924	17.09	44
U922	17.18	53
U902	17.22	57
U933	17.25	60
U941	17.30	65 (Sjukvårdsgrupp från Fagersta)
W942	17.30	65
W941	17.31	66
W943	17.31	66
U918	17.35	70
W913	17.52	87
W914	18.02	97
W923	18.12	107
W915	18.22	117
W915 (2)	19.38	193

Som framgår av tabellen anlände ambulanserna U943 och U942 från Fagersta redan ungefär en kvart efter olyckan till skadeplatsen. Vid framkomsten bestämdes att U942 skulle vara ledningsambulans. Tjugo minuter senare började också ambulanser att komma från Västerås, Köping och Sala. Ungefär en timme efter larmet fanns elva ambulanser på plats. Något senare började också ambulanser att komma från W-län.

4.2 Initialt medicinskt omhändertagande

Vid ankomsten till skadeplatsen fann ambulanspersonalen bussen liggande på sidan nedanför vägen. Många av passagerarna hade trots sina kroppsskador lyckats att ta sig ut genom den krossade framrutan eller genom takluckorna. Man hjälpte varandra efter bästa förmåga utanför och inne i bussen.

Flera av de passagerare som lyckats ta sig ut skyndade fram mot de två anländande ambulanserna. De bedömdes dock inte ha allvarliga skador, varför de gavs låg prioritet till medicinsk hjälp. Vid dikeskanten låg skadade som ambulanspersonalen snabbt undersökte. Det fanns också människor kvar i bussen varav flera var fastklämda.

Ambulanssjukvårdaren i ledningsambulansen ledde den medicinska verksamheten på skadeplatsen i väntan på att en ledningsläkare skulle anlända.

Ambulanssjuksköterskan i ambulansen U942 och besättningen i U943 tog sig in genom bussens front för att undsätta de skadade.

Under färden ut till skadeplatsen hade de två ambulanserna från Fagersta kört förbi en lokalbuss från Västmanlands lokaltrafik (VL) utan passagerare som man beslutade att rekvirera för att kunna nyttja som samlingsplats och "värmebuss" på olycksplatsen. Ett antal personer med relativt lindriga skador, som kunde förflytta sig själva eller med stöd, hänvisades till den rekvirerade lokalbussen.

Några privatbilar hade stannat vid olycksplatsen. En sjuksköterska som arbetade i Fagersta fanns med bland bilisterna. Hon fick till uppgift att övervaka fyra skadade som placerats i ledningsambulansen. En annan bilist, som ambulanspersonalen var bekant med, fick i sin bil transportera tre lindrigt skadade till Bergslagssjukhuset i Fagersta.

Genom att bussen låg på sidan med flera passagerare fastklämda och med bagage och andra lösa föremål i en röra var det svårt för ambulanspersonalen att ta sig fram inne i denna. Ambulanspersonalen hade dock lyckats börja med att få ut skadade passagerare när räddningstjänstens fordon anlände kl.16.43.

Räddningsledaren hade under framkörningen begärt utlarmning av sjukvårdsgrupp. Begäran om läkarmedverkan hade även framförts av andra.

Räddningsledaren kunde konstatera att fem eller sex personer som verkade vara vid liv fanns i och under bussen. Ett antal människor som inte visade några livstecken låg delvis i och delvis under bussen. Räddningsstyrkan och ambulanspersonalen inriktade sig till en början på att få ut kvarvarande överlevande passagerare ur bussen.

Efter ett tjugotal minuter började ytterligare ambulanser anlända. Besättningarna i dessa behövde i huvudsak inte ta sig in i bussen. De kunde ta sig an de patienter som fanns utanför denna och medverka vid arbetet i den lokalbuss som fungerade som värmestuga för registrering och undersökning av lättare skadefall.

Det upplevdes aldrig finnas någon egentlig brist på ambulanser efter det att de två första ambulanserna (U943 och U942) fått förstärkning av ytterligare ambulanser.

De medicinska åtgärderna inne i den havererade bussen inskränktes till att så skonsamt som möjligt få loss och hjälpa ut passagerarna. Någon medicinsk behandling, som t.ex. smärtlindring eller vätskeinfusion, gavs inte. Inte heller användes skadekort. Man förutsatte att ambulansjournaler vid behov skulle föras i samband med transporten till sjukhus.

Prioritering vid uttagandet av de skadade kunde ofta inte byggas på vanliga principer eftersom det till en början inte gick att ta sig fram till bakre delen av bussen. På grund av oredan i bussen och eftersom den låg på sida var det inte heller möjligt att använda bårar och ryggbrädor (spine-boards) inne i den. Däremot användes i flera fall ryggbrädor vid transporten till sjukhus.

4.3 *Läkarmedverkan på skadeplatsen*

Sjukvårdsgruppen från Fagersta anlände till skadeplatsen kl. 17.30. Många av de passagerare som hade ådragit sig svårare skador var redan omhändertagna och i några fall sända till sjukhus. Ledningsläkaren kunde konstatera att tillgången på ambulanser var god. Ledningsambulansen svarade för samordningen av ambulanstransporterna. Sorteringen av de skadade innebar i stort endast att man kunde fatta beslut om till vilket sjukhus den skadade skulle föras. I samråd med räddningsledaren gjorde ledningsläkaren ett första försök att bedöma antalet omkomna. Dessa befann sig i och under bussen.

Från räddningsledaren och polisinsatschefen ställdes frågan om ev. helikopterbehov. Ledningsläkaren fann att det sannolikt fanns behov för heli-

koptertransport. Något senare framkom det dock att det inte förelåg något sådant behov, vilket meddelades till helikopterteamet.

Ledningsläkaren stod i radiokontakt med larmcentralen som önskade uppgift om skadeläget och till vilka sjukhus de skadade fördes. Han höll även telefonkontakt med ambulansöverläkaren vid katastrofkansliet i Västerås, ansvarig överläkare vid akutmottagningen i Fagersta och kirurgbakjouren vid Falu lasarett, dit några skadade fördes.

Kl. 18.25 bestämdes att den rekvirerade lokalbussen kunde lämna olycksplatsen och transportera sju lindrigt skadade till Bergslagssjukhuset i Fagersta. Ledningsläkaren kvarstannade på skadeplatsen medan den andre läkaren och de två sjuksköterskorna i sjukvårdsgruppen medföljde bussen. Sjukvårdsgruppen från Västerås hade då ännu inte anlänt, men kom strax därefter. Det bedömdes dock att sjukvårdsbehovet på skadeplatsen nu var sådant att Västeråsgruppen kunde återvända.

När samtliga överlevande från olyckan lämnat olycksplatsen började arbetet med att lyfta bussen bort från de omkomna. Ledningsläkarens uppgift blev nu att konstatera dödsfall hos dessa. Efter kontakt med ansvarig läkare vid Bergslagssjukhuset bestämdes att de avlidna skulle föras dit. Härigenom blev transportsträckan kort. Katastrofkansliet i Västerås meddelades detta. Lyftningen av bussen genomfördes utan att ytterligare skador drabbade de omkomna. De lades på bårar och täcktes med filt före avtransporten.

Tabell 8. Tidpunkt för lastning/transport av skadade. Antal minuter efter larm till SOS

Enhet	Tidpunkt	Minuter
U912	17.15	50
U915	17.23	58
U901	17.23	58
U933	17.25	60
U924	17.33	68
W943	17.50	85
U943	17.53	88
U918	17.58	93
W941	17.59	94
W942	18.00	95
W915	18.23	118
W923	18.29	24
U913	18.35	130
W943 (2)	18.41	136
U943 (2)	18.53	148
U942	20.39	254
U932	20.43	258
W914	20.46	261

Uppgift om U902 lastning/transport saknas men uppgift finns om rapport UA (uppdrag avlämnat) kl. 18.23

I flera fall lastades mer än en skadad i ambulanserna (max fyra). Detta gällde dock inte de omkomna som var och en fördes i egen ambulans till Fagersta. Därutöver transporterades ett antal personer med relativt lätta skador med värmebussen och privatbilar. Dessa tider finns inte redovisade här. Ambulans U912 kunde som första ambulans lämna skadeplatsen omkring kl.17.15 med en av de allvarligast skadade för transport till Västerås.

4.4 Verksamheten vid Centrallasarettet i Västerås

Händelsealarm från SOS Alarm inkom kl. 16.38, dvs. 15 minuter efter olyckan, till akutmottagningen vid Centrallasarettet i Västerås med följande information: "Bussolycka vid Ängelsberg, 20–30 barn. 10–15 av dessa lättare skadade. 5–6 svårt skadade. Några döda som är fastklämda". Sjukvårdsgrupp begärdes. Larmet inkom på ett annat telefonnummer än den direkta linje som fanns mellan akutmottagningen och SOS Alarm. Inget händelsealarm inkom på IS Swede⁵.

En sjukvårdsgrupp förbereddes bestående av en kirurg, en narkosläkare, en akutmottagningsjuksköterska och en anestesijuksköterska. Akutmottagningen vid Bergslagssjukhuset i Fagersta larmades om olyckan.

Beredskapen höjdes till "förstärkningsläge" vid Centrallasarettet och detta meddelades SOS Alarm och akutmottagningen i Fagersta. Förstärkningsläge ska utlösas då konstaterad obalans föreligger mellan aktuellt och förväntat sjukvårdsbehov.

Sjukvårdsgruppen var klar för avfärd från Västerås kl. 16.50, men transporten dröjde. Efter kontakt med SOS Alarm hämtades gruppen av katastroffordon U903 och transporterades till skadeplatsen. Vid framkomsten bedömdes att behovet av deras insatser inte längre var nödvändigt där och gruppen återsändes därför kl. 18.25. till Centrallasarettet.

Ambulansöverläkaren inom Västmanlands län hade kallats till Centrallasarettet kl. 17.30 för att fungera som extra narkosläkare, men istället medverkat till att öppna katastroffledningen vid sjukhuset. Ansvarig för denna var chefen för kirurgkliniken. Någon ledning av verksamheter med hjälp av IS Swede hade inte varit möjlig då systemet ännu inte var färdigt för detta. Ambulansöverläkaren höll med hjälp av mobiltelefon kontakt med ledningsläkaren på skadeplatsen.

Kl. 17.45 kom den första patienten från skadeplatsen till Västerås. Tre skadade anlände kl. 18.05 och fem minuter senare ytterligare tre. Flera följde.

Sista patienten från olycksplatsen anlände kl. 19.28. med privatbil. Kl. 20.13 meddelade akutmottagningen normalläge.

4.5 Verksamheten vid Bergslagssjukhuset i Fagersta

Vid Bergslagssjukhusets akutmottagning hade personalen, som avlyssnat ambulansradion, uppfattat att en bussolycka hade inträffat mellan Fagersta och Ängelsberg med många skadade. Man hade tagit fram en kartbild på IS Swede. Något händelsealarm via IS Swede kom dock inte. Man stoppade ändå den sjukhuspersonal som efter dagens arbete förberedde sig för att gå hem.

Larm om olyckan kom kl. 16.45 (22 minuter efter olyckan) från Centrallasarettet i Västerås, som är sammanhållande och svarar för larmning av sjukvården inom regionen. Det meddelades att en buss med 20–30 barn hade förolyckats och att flera eventuellt var fastklämda. En sjukvårdsgrupp från Fagersta begärdes. En grupp från Västerås skulle också utsändas.

Larmning enligt larmlistan påbörjades och personal ringdes in till Bergslagssjukhuset. En sjukvårdsgrupp, bestående av två läkare och två sjuksköterskor förbereddes. En av de två läkarna, som hade genomgått ledningsläkarutbildning, befann sig i sin bostad, men kunde infinna sig inom fem minuter.

Fagersta, som normalt har två ambulanser i dygnsberedskap, lyckades rycka ut också med en tredje ambulans, U 941, bemannad med en ordinarie

⁵ IS Swede: Informationssystem som ingår i ett ledningssystem för akuta sjukvårdsinsatser inom landstingen

avlösare till en av de ambulanssjukvårdare som tidigare ryckt ut och ambulansstationens avdelningsföreståndare. I denna ambulans medföljde också Bergslagssjukhusets sjukvårdsgrupp. Avfärden skedde kl. 17.15 .

Innan sjukvårdsgruppen utgått inkom tre skadefall till sjukhuset i en privatbil.

5. ANALYS

5.1 Räddningstjänstinsatsen

5.1.1 Larm och ledning

Den första anmälan om bussolyckan till SOS Alarm var mycket ofullständig och osammanhängande. Trots svårigheterna lyckades larmoperatörerna utan onödigt dröjsmål larma både räddningstjänsten och ambulanserna i Fagersta.

Hur Fagersta räddningstjänst ska larmas vid olika nödlägen anges i larmplaner som används av SOS Alarm. Uppgifterna är mycket generella för ett begränsat antal händelsetyper. Fördelen med detta är att det inte blir några större valmöjligheter eller oklarheter om hur larmoperatören ska larma. Nackdelen är att larmplanerna inte blir anpassade efter olika behov som uppstår. Det är t.ex. självklart en väsentlig skillnad mellan behovet av räddningsresurser vid en bussolycka än när det är fråga om en motorcykelolycka. I larmplanerna för Fagersta räddningstjänst saknas t.ex. en särskild larmplan för en ”större trafikolycka”. Vid bussolyckan kompletterades dock larmningen med nödvändiga och tillräckliga resurser på ett yrkesskickligt sätt tack vare räddningsledarens förmåga att snabbt inse behovet. Ett utökad antal händelsetyper för larmplanerna kan dock hjälpa till att snabbt få larm till olika räddningsresurser som i förväg bedöms nödvändiga. Förseningar och större personrelaterade skillnader i utlarmningen kan undvikas med larmplaner för lämpliga händelsetyper.

Ett bra exempel på effekten av i förväg beslutade larmnivåer är larmningen av sjukvårdscontainern från Fagersta. Räddningsledaren fick besked från larmcentralen att en sjukvårdscontainer var på väg. Räddningsledaren beslutade också att enheten skulle fortsätta fram till olycksplatsen. En enkel rutin finns för larmningen – automatiskt larm vid en olycka med fler än fem skadade – vilket minimerar risken för tidsfördröjning eller att enheten inledningsvis helt enkelt glöms bort i samband med en olycka.

Vid tillfället för bussolyckan saknades räddningstjänstens särskilda befäl som enligt räddningstjänstplanen ska finnas i beredskap för ett utökad ledningsbehov. Befälet som ingick i ordinarie minimistyrka på brandstationen i Fagersta blev istället räddningsledare vid insatsen. Avsaknaden av den särskilda befälsberedskapen har inte medfört några tydliga konsekvenser för ledningen av insatsen. Ledningsfunktionen på själva olycksplatsen utfördes utomhus från den högre belägna vägen. Någon särskild ledningsplats upprättades inte. I ledningsorganisationen på en större olycksplats är det väsentligt att polisens polisinsatschef, sjukvårdens ledningsläkare och räddningstjänstens räddningsledare har som rutin att tillsammans upprätta en ledningsplats för samordning av insatsen.

Ledningsarbetet och organisationen på skadeplatsen fungerade trots avsaknaden av en särskild ledningsplats vid detta tillfälle på ett effektivt och ändamålsenligt sätt. Sjukvårdsledaren i ledningsambulansen, ledningsläkaren, polisinsatschefen och räddningsledaren själv anser alla att ledning och samverkan fungerade väl vid insatsen. Det flesta av personerna som ingick i ledningen på olycksplatsen kände också varandra sedan tidigare. Den goda

personkännedomen och en till ytan högst begränsad olycksplats har sannolikt bidragit till det effektiva samarbetet på olycksplatsen.

Det var tydligt vem som var räddningsledare under insatsen. Han var också särskilt utmärkt enligt vedertagen praxis. Räddningstjänstens befälsförhållanden och ledningsfunktion var också tydliga under insatsen. Räddningstjänsten i Fagersta saknar dock en intern anvisning eller instruktion om principer för ledning av räddningsinsatser. Sådana dokumenterade uppgifter kan på ett tydligt sätt beskriva och ge förståelse för behovet av olika ledningskomponenter och ledningsnivåer som vanligen brukar beskrivas i termer som normativ, strategisk och operativ ledning (central, regional och lokal nivå).

Det utsågs aldrig någon brytpunkt för att samla upp ankommande ambulanser, räddningsfordon, polisbilar och övriga enheter. Orsaken var att enheter kom till olycksplatsen både från norr och söder. Samtidigt saknades det också en naturlig tillräckligt stor plats inte alltför långt ifrån olycksplatsen. Istället valde räddningsledningen att ta in fordonen från båda hållen på Ängelsbergsvägen. Fordonen körde fram till olycksplatsen och placerades på rad i resp. körriktning efter vägkanten. Avtransporter kunde sedan ske förbi själva olycksplatsen i båda riktningarna utan att man behövde vända några fordon. Trafiksituationen på olycksplatsen fungerade på detta sätt utan begränsande hinder.

För att hindra allmänhet och obehöriga att störa det direkta räddningsarbetet på skadeplatsen utförs enligt normal rutin en avspärrning av den direkta olycksplatsen. Trafikavspärrningarna i båda ändar av Ängelsbergsvägen hindrade fordon att ta sig fram till olycksplatsen. Någon avspärrning av själva olycksplatsen utfördes dock inte. En sådan avspärrning hade bl.a. tydligt visat lämpligt område för allmänheten på platsen och de representanter från massmedia som i ett senare skede släpptes in till olycksplatsen.

5.1.2 Resurser och lyftmetod

Fagersta räddningstjänst har en begränsad beredskapsstyrka med ett befäl och fyra brandmän på brandstationen i Fagersta. Genom avtal finns tillgång till en lika stor reservstyrka från Skinnskatteberg med 20 min inställselstid, vilket innebär att styrkan avses vara framme på olycksplatsen inom 20 min efter larm.

Vid den nu aktuella olyckan tog det 34 min från larm tills styrkan var framme på olycksplatsen. Räddningsledaren begärde också räddningshjälp med ett befäl och fyra brandmän från Virsbo deltidskår i Surahammars kommun.

Vid större insatser kan också all ledig och tillgänglig operativ personal vid brandstationen i Fagersta kallas in via SMS. Räddningsledaren utnyttjade denna möjlighet via SOS Alarm. Tillsammans med den ordinarie beredskapsstyrkan i tjänst var 18 av 20 man i den operativa organisationen vid brandstationen i Fagersta engagerade på olika sätt under tiden räddningsarbetet pågick. I direkt arbete på olycksplatsen fanns en tillräckligt stor styrka på sammanlagt 28 man från olika räddningstjänster.

När bussen körde av vägen träffade den bl. a. en stolpe till en 10 kV elledning. De tre fasledningarna blev strömlösa och hängde ner från sitt normala läge men ovanför bussen. En ledning låg ner på bussens front och vidare förbi öppningen där framrutan funnits. En del av passagerarna tog sig ur bussen förbi ledningen innan ambulans och räddningsenheter anlät till olycksplatsen. Räddningsledaren uppmärksammade risken med den nedhängande ledningen på bussen. Under räddningsarbetet passerade räddnings- och sjukvårdspersonalen ledningen för att komma in i och ut ur bussen. Räddningsledaren beslutade fortsätta räddningsarbetet och

rekvirerade personal från nätbolaget för fränkoppling och jordning av ledningen. Vid en nedhängande kraftledning som ligger på marken är den normala åtgärden att spärra av det aktuella riskområdet. Kraftledningen ska inte anses ofarlig förrän den är fränkopplad och jordad. Det har senare visat sig att ledningen endast var en jordlina som inte kunnat orsaka några personskador. Kraftledningen var av äldre modell och saknade automatisk återinkoppling av strömmen, vilket är en allt vanligare funktion på liknande anläggningar. Vid den aktuella anläggningen krävdes alltså en manuell återställning för återinkoppling av spänningen på ledningen.

Räddningsledarens beslut att i detta fall frångå normala rutiner med avspärrning runt elledningen motiverades av att det gällde livräddning och att inget hänt passagerarna under de ca tjugo minuter som förflutit från olyckstillfället till dess att räddningstjänsten kom till olycksplatsen. Bidragande till beslutet var också att boende i närheten meddelade att det var strömlöst i området.

Lyftkuddar användes för att lyfta bussen och på så sätt möjliggöra loss- tagning av de fastklämda passagerarna i och under bussen. De lyftkuddar som användes och som är vanliga inom svensk räddningstjänst har en relativt begränsad lyfthöjd. Det var ett tidsödande arbete att genomföra lyften med lyftkuddarna. Bussens kaross gav också efter lite vid lyften. Mellan varje lyft utfördes nödvändig pallning med löst trävirke för att säkra bussen i det nya läget. Det stora behovet av pallningsvirke medförde att man tvingades rekvirera extra virke som sågades i lämpliga längder på plats. Metoden innebar dock att lyften gjordes relativt säkra och kontrollerade. Losstagningen kunde göras utan att förvärra skadorna för de fastklämda personerna.

Losstagningen samordnades också mellan den sjukvårds- och räddnings- personal som var inne i bussen och de brandmän som utifrån utförde själva lyften. Metoden får anses som ändamålsenlig och lämplig i sammanhanget med hänsyn till den utrustning som disponerades. Det har dock framkommit att själva räddningsarbetet med att ta loss de fastklämda pågick fram till ca kl. 18.40. Det är ungefär två timmar efter att arbetet påbörjades vid räddningstjänstens framkomst till olycksplatsen kl. 16.43. Det har inte framkommit att den relativt långa tiden har förvärrat de fastklämda passagerarnas skador. Vid en annan väderlek med t.ex. sträng kyla hade dock risken för nedkylning och förfrysning varit större. Den relativt långa tid som det tog att få loss de fastklämda personerna hade alltså under sämre väderleksförhållanden kunnat vara mycket negativt för patienterna ur medicinsk synpunkt. Tillgång till lyftkuddar med en högre lyfthöjd hade väsentligt kunnat reducera tiden för losstagningen av de fastklämda passagerarna.

Det kan också påpekas att olyckor med fastklämda personer kan inträffa där omständigheterna är betydligt svårare än när en enstaka buss ligger på sidan i direkt anslutning till en väg. Det kan vara frågan om en mycket större skadeplats med ett större antal fordon och människor. Det kan t.ex. vara olyckor med spåbunden trafik som inträffar i väglös terräng eller i tunnlar, trafikolyckor där last- eller tankbilar är inblandade, flygplansolyckor på eller utanför flygplatser eller vid ras och skred. Det är väsentligt att nödvändig planläggning skett innan en sådan olycka inträffar om man skall klara uppgiften. Behovet av utrustning för olika fall ska så långt det är möjligt också vara inventerat i förväg. Upptäckta behov av nödvändig räddningsutrustning behöver inte automatiskt innebära inköp av ny utrustning. Utökad lokal och regional samverkan kan i större utsträckning än vad som sker idag ge möjligheter att tillgodose olika behov av särskild utrustning vid t.ex. tunga lyft för att lossöra fastklämda människor.

I detta sammanhang bör också framhållas betydelsen av att bussar konstrueras så att det finns stabila, väl utmärkta lyftpunkter där en buss kan lyftas utan att karossen ger efter eller viker sig.

5.2 Ambulans- och sjukvårdsinsatser

5.2.1 Medicinsk katastrof?

Med en medicinsk katastrof avses en situation då tillgängliga resurser är otillräckliga i förhållande till det akuta vårdbehovet och belastningen är så hög att normala kvalitetskrav på den medicinska behandlingen inte kan upprätthållas. Med denna definition kan bussolyckan vid Ängelsberg inte betecknas som en medicinsk katastrof utan som en "stor olycka". Genom att förstärka och omfördela resurserna och i viss mån förändra tekniken var det möjligt att upprätthålla normala kvalitetskrav vid omhändertagandet av de skadade.

Ingen brist rådde på ambulanser, sjukvårdspersonal eller andra medicinska resurser

Alla som var vid liv vid tidpunkten då räddningsstyrkor och sjukvård nådde skadeplatsen överlevde olyckan. Ingen av de omkomna bedöms ha avlidit på grund av brist på tidig medicinsk hjälp.

5.2.2 Regional medicinsk ledning.

I Stockholms och Uppsala län förstärks verksamheten vid SOS Alarm vid mer omfattande olyckor med hjälp av en tjänsteman i beredskap (läkare eller annan sjukvårdskompetent person). Denne fungerar som stabsläkare (inre ledningsläkare) och svarar tillsammans med ledningsläkaren på skadeplatsen för att sjukvårdsresurser som behövs tillförs och transporterarna av skadade till olika sjukhus koordineras med hänsyn till tillgängliga resurser, medicinsk kompetens, trafik m.m. Dessutom öppnas vid berörda sjukhus katastrofkanslier för att möta den stora belastningen av skadefall, anhöriga och massmedia.

Någon ordning med "inre ledningsläkare" gäller inte för SOS Alarm i Västmanlands län. Där öppnas vid Centrallasarettet i Västerås en ledningscentral som håller kontakt med SOS Alarm, involverade sjukhus, ledningsläkaren på skadeplatsen och ledningsambulansen m.fl. Allt är beroende på den beredskapsnivå enligt larmplanen som utlöses vid sjukhuset.

Sammanfattningsvis kan konstateras att det finns en väl förberedd organisationsplan för att möta mer omfattande händelser med många skadefall. Planen tillämpades vid denna olycka. Beredskapsgrad "förstärkningsläge" utöstes vid Centrallasarettet och besked härom meddelades även Bergslags-sjukhuset i Fagersta.

5.2.3 Ambulansresurser

Hjälpinsatsen startade utan fördröjning. Två ambulanser kom till olycksplatsen redan en kvart efter det larm inkommit till SOS Alarm U och personalen kunde påbörja det medicinska omhändertagande av skadefallen. Räddningstjänstens fordon anlände några minuter senare och förstärkte insatsen. Ytterligare ambulanser anlände efterhand, även ambulanser från Dalarna.

Sammanfattningsvis var, med hänsyn till antalet skadefall och skadornas svårighetsgrad, tillgängliga ambulansresurser tillräckliga efter cirka 40 minuter, särskilt som privatfordon och den rekvirerade lokalbussen fanns på plats och kunde utnyttjas för transport. Ingen av ambulanserna behövde

återvända för ytterligare avtransporter efter det de lämnat skadeplatsen. Det stod alltid ambulanser färdiga att vid behov föra skadade till sjukhus. I flera fall färdades mer än ett skadefall i varje ambulans vilket var möjligt eftersom alla inte behövde bårtransport.

Ser man till insatstiden, dvs. tiden för hur snabbt ambulansresurserna fanns på plats, måste den bedömas som kort för de två första ambulanserna. Sedan tog det dock ytterligare tjugo minuter innan fler ambulanser började anlända, vilket berodde på det relativt långa sträckan mellan deras stationer och skadeplatsen. Att det fanns behov av förstärkning i det tidiga skedet framgår av en förfrågan kl.16.55 till SOS Alarm från ledningsambulansen på radio om var utlarmade ambulanser då befann sig.

Hur mycket sjukvårdsinsatsen vunnit på att ett större antal ambulanser hade kunna komma tidigt till skadeplatsen är osäkert, men det måste antas att sjukvårdsinsatsen hade underlättats om fler ambulanssjukvårdare och ambulanssjuksköterskor funnits på platsen.

Sammanfattningsvis kan dock konstateras att inget framkommit som talar för att någon av dem som skadades vid olyckan fått ett alltför sent och otillräckligt medicinskt omhändertagande eller en alltför sen transport till sjukhus som medfört att vederbörandes tillstånd försämrats.

Slutligen kan nämnas att ett allvarligt förbiseende gjordes då räddnings- och sjukvårdspersonalen glömde att kontrollera om det fanns någon på bussens toalett. Först då polisen började sin verksamhet i bussen kontrollerades toaletten. Lyckligtvis var den tom.

5.2.4 Läkarmedverkan

Det kan konstateras att det ofta tar betydande tid innan en sjukvårdsgrupp med läkare kan vara på plats. Det tar en viss tid innan man får uppgift om behovet av en sjukvårdsgrupp. Det tar också tid att på sjukhuset sätta samman gruppen eftersom läkarna och sjuksköterskorna måste frigöras från de arbetsuppgifter de har vid tiden för larmet. De måste klä om och hämta utrustning och transportresurser måste ordnas. Till detta kommer sedan färden ut till skadeplatsen. Rutinerna vid utsändandet av sjukvårdsgrupp måste vara klara, övade och ingå i en larmplan. Det är också viktigt att de som sänds ut har kunskaper, kropps-konstitution och erfarenhet lämpad för arbete på en skadeplats.

Sjukvårdsgruppen från sjukhuset i Fagersta, som ligger närmast Ängelsberg, var klar att börja sin verksamhet på skadeplatsen drygt en timme efter olyckan. En av läkarna hade ledningsläkarutbildning. Med hänsyn till sjukhusets resurser och avståndet till skadeplatsen samt att begäran om sjukvårdsgrupp inkom till Bergslagssjukhuset först kl. 16.45 (21 minuter efter olyckan) bedöms insatstiden som godtagbar. Enligt de uppgifter som SHK inhämtat har såväl ledningsläkaren som övriga i gruppen fungerat mycket bra.

Ytterligare en timme senare anlände sjukvårdsgruppen från Västerås. Larm om olyckan hade inkommit till sjukhusets växel kl.16.35 och till akut-mottagningen kl.16.38, d.v.s. cirka 14 minuter efter det att olyckan inträffat. Sjukvårdsgruppen var klar för avfärd kl.16.50 men transportmedel dröjde. Detta i kombination med den betydande körsträckan medförde att gruppen inte nådde skadeplatsen förrän omkring kl.18.25. Det mesta av det medicinska omhändertagandet av de överlevande var då avslutat, varför gruppen kunde återvända. Under optimala förhållande torde gruppen ha kunnat vara på plats tidigare. Några medicinska konsekvenser för dem som färdats i bussen fick fördröjningen inte eftersom de skadade redan var väl omhändertagna.

Den mycket snabba medicinska hjälpen på en skadeplats står således normalt ambulansbesättningarna för.

Ambulanspersonal finns i regel i hög beredskap och larmas tidigt. Besättningarna är också förtrogna med arbete på skadeplatser och har utbildning i akutsjukvård. Det är viktigt att den medicinska kompetensen hålls hög och utrustningen väl anpassad för verksamheten. Nuvarande princip med en besättning bestående av en väl utbildad ambulanssjukvårdare och en sjuksköterska fungerade vid denna händelse bra. För mycket snabb läkarmedverkan, om sådan anses nödvändig, måste en läkare finnas i beredskap för att omedelbart kunna rycka ut.

5.2.5 *Köldpåverkan*

Några problem med allvarlig förfrysning eller allmän nedkylning uppstod aldrig. Det rådde inte sträng kyla och de som färdats i olycksbussen hjälptes i viss mån med värmande klädesplagg och filtar. Exponeringen för köld blev också för flertalet relativt kort eftersom de skadade kunde få skydd i fordon och blev i regel inte kvar så länge på skadeplatsen. Möjlighet att sätta upp värmetält fanns men behövde inte utnyttjas. De överlevande som var fastklämda hotades inte av allvarlig nedkylning under den tid de exponerades för kylan. Två av de fastklämda hade en arm under bussen. Armarna blev kalla men förfrös inte.

Ett bra initiativ var rekvisitionen av lokalbussen. Den var till stor nytta som värmestuga och uppsamlingsplats för lättare skadefall som kunde undersökas och hållas under medicinsk tillsyn i den. Dessutom utnyttjades den för persontransport.

Hade det istället denna eftermiddag/kväll rått sträng kyla eller hård vind hade risken för nedkylning och förfrysning varit större. Den tid det nu tog att få loss de fastklämda hade i sådant fall varit alltför lång för flera av dem.

Busskraschen vid Ängelsberg
24 januari 2003
-en djupstudie



Akut- och katastrofmedicinskt centrum
Norrlands universitetssjukhus, Umeå



Pontus Albertsson
Mats Lindquist
Ulf Björnstig

Umeå 2003

Ett stort tack till...

-alla intervjupersoner som ställt upp och bidragit med skarpsynta iakttagelser och känslor från denna händelse.

-kollegor vid Akut- och katastrofmedicinskt centrum, som bidragit med värdefulla kommentarer och diskussioner.

-alla inom ambulanssjukvård, polis, räddningstjänst, och övriga som bidragit med viktig information och fakta med ett speciellt tack till Sven-Olov Wahlgren vid polisen i Fagersta.

-Vägverket och Statens väg- och transportforskningsinstitut (VTI) för stöd och kunskapsgenomgång inom området.

-Jan Petzäll, Vägverket, samt Bertil Forslund, Volvo buss för viktiga bidrag och synpunkter kring föreskrifter och reglementen.

-Silva Pettersson, beredskapshandläggare Västmanlands Läns Landsting för viktiga bidrag till faktainsamlingen.

Sammanfattning

Föreliggande rapport omfattar en djupstudie av Statens Haverikommission (SHK) av en buskrasch utanför Ängelsberg den 24 januari 2003. Grundmaterialet i denna studie utgörs av intervjuer med samtliga överlevande personer (43) som var ombord på bussen. Vid insamlandet och struktureringen av materialet har Haddon's matris använts. Totalt fanns 49 personer ombord på bussen av vilka sex omkom. Passagerarna ombord utgjordes huvudsakligen av ett antal skolungdomar och pendlare. Studien ger en beskrivning av kraschfasen när bussen lämnar vägen med exempel på hur enskilda passagerare inne i bussen påverkats av de rotationsrörelser som bussen utsattes för. Mer än hälften, 26/49 (53 %) hade "icke lindriga" skador (MAIS \geq 2) och 5/49 (10 %) hade allvarliga eller svåra skador (MAIS=3-4) och 6/49 (12 %) personer hade maximala skador (MAIS=6) vilket ledde till att de avled.

Två personer av 49 hade tvåpunkts höftbälte påtaget vid kraschen. Studien redovisar även en modell och analys av hur stor andel av de ombordvarande som sannolikt skulle ha haft reducerade skador om ett säkerhetsbälte använts. Modellen är byggd utifrån position i bussen, skador, skadeorsak samt kinematik. Resultaten visade att om ett tvåpunkts höftbälte använts av samtliga passagerare skulle en reduktion av skadorna sannolikt ha skett hos 7/15 (47 %) av de med moderata skador (MAIS=2), samt 2/5 (40 %) av de med allvarliga och svåra skador. En avsevärd förbättring skulle ha skett om ett trepunktsbälte använts med en reduktion av skadorna hos 12/15 (80 %) av de med moderata skador samt för 3/5 (60 %) av de med allvarliga eller svåra skador (MAIS=3-4).

Två av de sex omkomna som båda satt på ett säte mot gången skulle sannolikt ha varit i livet om de använt antingen tvåpunkts höftbälte eller trepunktsbälte. För de resterande fyra personerna med kritiska och maximala skador som satt på platserna närmast fönstret kan varken svåra eller dödliga skador uteslutas om tvåpunkts eller trepunktsbälte använts. Anledningen till detta är att alla sidorutor på höger sida kraschades, vilket medförde att de som satt på fönsterplats exponerades för stor klämrisk då överkroppen riskerade att hamna i kläm mellan bussen och marken. Skillnaden är att sannolikheten för en reduktion av skadorna ökar med ett trepunktsbälte då överkroppen i mindre utsträckning riskerar att hamna utanför bussen. Risken att skadas av föremål på utsidan blir även den mindre av samma anledning.

På frågan om personerna ombord visste om lagkravet att ha säkerhetsbälte i buss svarade 32/39 (82 %) att de visste om lagkravet. Endast 7/39 (18 %) svarade att de inte visste om lagkravet. Den vanligaste anledningen till att de ombordvarande inte hade säkerhetsbälte påtaget var att de "inte visste att det fanns", vilket 12/37 (31 %) svarade. "Tänkte inte på att det fanns", och "hittade inte bältet" var andra vanliga orsaker.

Den dominerande skademekanismen var att man kastades runt i bussen, vilket skedde i 37 av 49 fall (76 %). Utkastad helt eller delvis stod för skadeorsaken i 11/49 (22 %) av fallen och var även den skadeorsak där alla kritiska och maximala skadefallen återfanns.

Vid tidpunkten för intervjuerna i slutet av mars 2003 hade 18 personer (42 % av de överlevande) varit inlagda sammanlagt 132 dygn på sjukhus, vilket gör i medeltal 7,3 dygn per person. Tjugosju personer (63 % av de överlevande) hade varit sjukskrivna sammanlagt i två år och 3 månader vilket gör 30 dagar i snitt per person.

En besiktning av samtliga säkerhetsbälten i bussen har genomförts som visade att befintliga bälten var eftermonterade och av typen "Automatic Locking Retractor" (ALR). Svårigheter uppstod då bältade passagerare skulle lösgöra sig efter kraschen då de utan hjälp av medpassagerare riskerade de att falla ner mot andra liggande passagerare.

INLEDNING	5
MATERIAL OCH METOD	5
MEDICINSK SKADEGRADERING	6
PRE KRASCHFASEN.....	7
ÅLDER OCH KÖNSFÖRDELNING BLAND DE OMBORDVARANDE	7
DE OMBORDVARANDES PLACERING I BUSSEN.....	8
KRASCHFASEN.....	10
KRASCHFÖRLOPPET	10
<i>Fas 1</i>	10
<i>Fas 2</i>	10
<i>Fas 3</i>	10
<i>Beräkningar</i>	11
SKADEUTFALLET BLAND ALLA PERSONER OMBORD PÅ BUSSEN.....	13
SKADORNAS FÖRDELNING PÅ SAMTLIGA ÖVERLEVANDE OMBORD PÅ BUSSEN (N=43)	13
DE DÖDA PASSAGERARNAS SKADOR.....	14
SKADEMEKANISMER FÖR SAMTLIGA PERSONER OMBORD (N=49)	14
SÄKERHETSÅLTEN OCH SÄKERHETSÅLTESANVÄNDNINGEN.....	18
<i>Kännedom om lagkrav på säkerhetsbälte i bussar</i>	21
POST KRASCHFASEN	21
VÅRDDYGN OCH SJUKSKRIVNINGAR.....	21
PSYKOSOCIALA EFFEKTER	21
DET PSYKOSOCIALA OMHÄNDERTAGANDET	23
DISKUSSION	24
SLUTSATSER.....	25
REFERENSER.....	26
BILAGA 1	28

INLEDNING

I Sverige har ett antal svåra busskrascher inträffat de senaste åren av vilka en del utretts av Akut- och katastrofmedicinskt centrum (AKMC) vid Umeå Universitet, Statens Haverikommission (SHK) och Vägverket (SHK, 2001; Vägverket, 2002a; Albertsson & Björnstig, 2002, 2003). Att färdas i buss anses allmänt vara ett av de säkrare transportsätten på land, där endast tåg är säkrare (Albertsson et al., 2003). Detta till trots inträffar svåra busskrascher som den nu aktuella där skadeutfallet i många fall är både stort i antal och i skadegrad (Rasenack et al., 1996). Det är därför av stor vikt att utreda dessa. Syftet med utredningsarbetet kan då vara att finna områden lämpliga för skadereducerande insatser, samt att utveckla omhändertagandet av skadade.

MATERIAL OCH METOD

Grundmaterialet i denna studie utgörs av intervjuer med samtliga överlevande personer (43) som var ombord på bussen. Totalt fanns 49 personer ombord på bussen av vilka sex omkom. Fyrtio av de överlevande intervjuades per telefon under vecka 9-11 2003, alltså 5-7 veckor efter händelsen. Tre personer intervjuades av polisen i Fagersta, av vilka två var fransktalande (mor med litet barn) och intervjuades med hjälp av tolk. Telefonintervjuerna var upplagda med dels ett antal öppna svarsalternativ men även med fasta svarsalternativ (bilaga 1). Frågeställningarna har i huvudsak gällt händelseförloppet inne i bussen, men även hur de har upplevt det fysiska och det psykiska omhändertagandet. Intervjutiden har varit cirka 30 minuter per intervju.

Som underlag vid insamlandet och struktureringen av materialet används den modell som utgör grunden i Haddon's matris, Figur 1. Den innehåller faserna pre-krasch, krasch och post-krasch och de faktorer som verkar i skadehändelsen indelas i människa, fordon och fysisk/socioekonomisk omgivning. Denna matris används i trafikskadesammanhang för att strukturera analysarbetet varvid skadegenererande och skadereducerande faktorer kan belysas tydligt och systematiskt (Haddon, 1972). Rubriker skrivna med *kursiv stil* är faktorer som är behandlade i denna djupstudie.

Haddon's matris	<i>Människa</i>	<i>Fordon</i>	<i>Fysisk omgivning</i>	<i>Socioekonomisk omgivning</i>
Pre krasch fasen	<i>Ålder och kön</i> Förarens körmönster Alkohol	Bussens egenskaper -högbyggd -medstyrande bakaxel -motorns placering -däcksstandard -ABS-bromsar	Vägens utformning -väglag Väder -temperatur -vind	Företagspolicy avseende trafik-säkerhet -formell -informell Tidtabell Lagstiftning Fordonskontroll
Krasch fasen	<i>Skadeutfallet</i> <i>Kinematik</i>	<i>Säkerhetsbälte</i> <i>Bussens inredning</i> Glasetts hållfasthet	Vägräcke Sidoutrymmet <i>-släntlutning</i>	Lagstiftning gällande bälteskrav Upphandlingskrav avseende trafiksäkerhet Företagspolicy avseende trafik-säkerhet
Post krasch fasen	Första hjälpen av andra trafikanter <i>Psykosociala effekter</i> Hypotermi -kläder -habitus	Utrymningsvägar Miljön för räddningsarbetet inne i bussen Brand	Miljön för räddningsarbetet utanför bussen	Samhällets räddningsinsats -SOS Alarm -ambulans/akutsjukvård -polis -räddningstjänst <i>Sjukvård/rehabilitering</i> Organisation för psykosocialt omhändertagande

Figur 1. Haddon's matris med exempel på analyserade faktorer

Medicinsk skadegradering

Inom trafikmedicinsk forskning, såväl svensk som internationell, används vanligen utförligare skadeklassificeringar än den officiella statistiken som anses något trubbig vid utförligare analyser av skador. En av mest frekvent använda skadegraderingarna är Abbreviated Injury Scale (AIS) (Association for the Advancement of Automotive Medicine, 1998) som baseras på skadornas svårighetsgrad och lokalisation där varje individuell skada klassificeras. **MAIS** betecknar **Maximum AIS**, det vill säga den svåraste skadans AIS-värde.

Exempel:

- AIS = 1 Lindrig skada (exempelvis småsår, stukning, finger- eller näsfraktur).
- AIS = 2 Moderat skada (exempelvis hjärnskakning med medvetslöshet < 1 tim, okomplicerad fraktur).
- AIS = 3 Allvarlig skada (exempelvis hjärnskakning med medvetslöshet 1-6 timmar, lårbensfraktur, amputation av fot).
- AIS = 4 Svår skada (exempelvis blödning i hjärnan, amputation av ben).
- AIS = 5 Kritisk skada (exempelvis skada på kroppspulsådern).
- AIS = 6 Maximal skada (nästan alltid dödlig).

PRE KRASCHFASEN

Ålder och könsfördelning bland de ombordvarande

Antalet personer ombord på bussen var 49, varav en chaufför en tågvärd och resten passagerare; 27 var kvinnor och 22 män. Åldersfördelningen på dessa personer var jämn med undantag för ett större antal i gruppen 10-19 år (tabell 1). Passagerarna ombord utgjordes huvudsakligen av ett antal skolungdomar och pendlare. Med undantag av ett mindre antal var samtliga boendes i Ludvika, Fagersta samt Västerås med omnejd.

Tabell 1. Ålders och könsfördelning bland de ombordvarande.

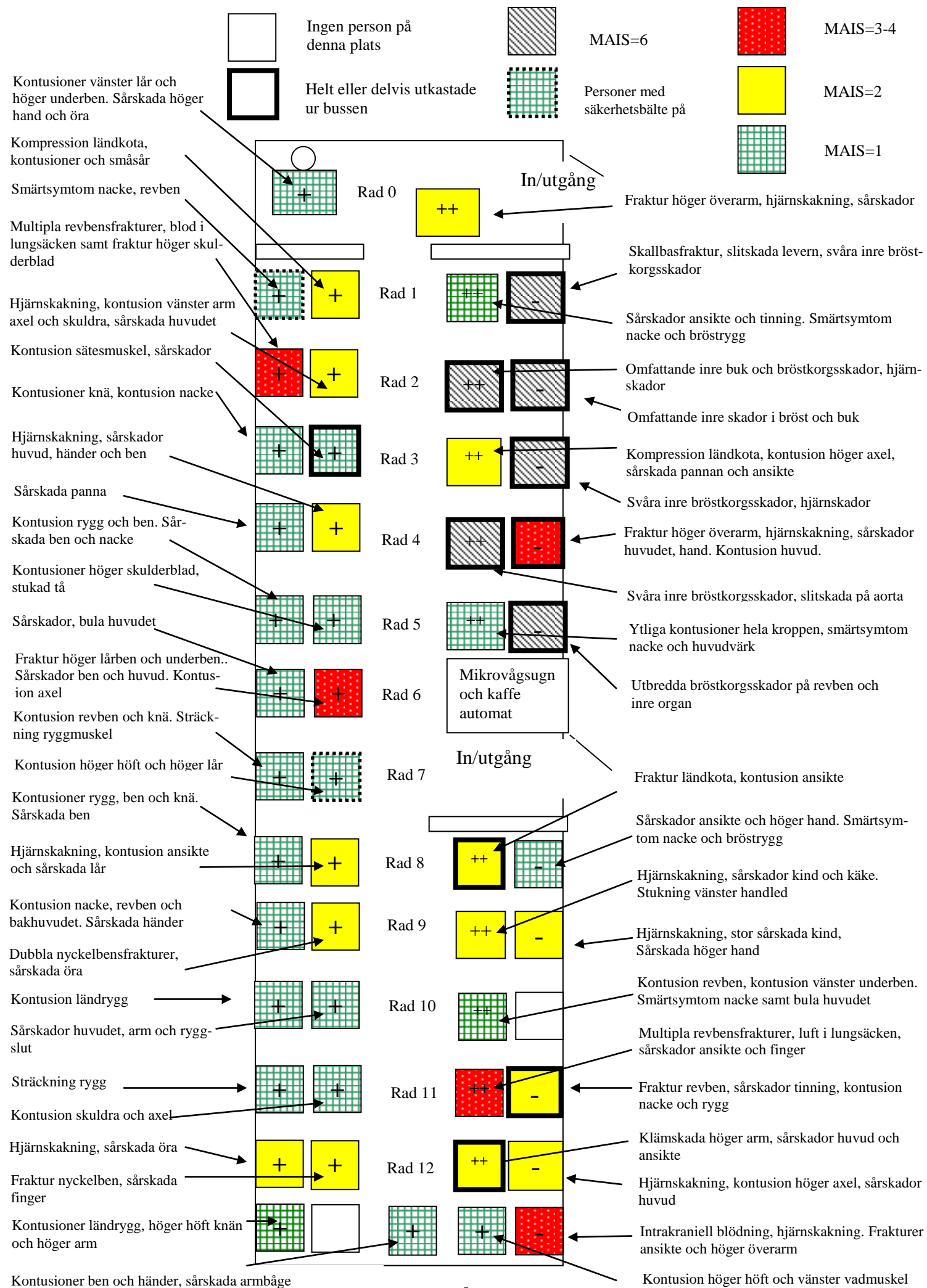
Ålder (år)	Män	Kvinnor	Totalt	
60-	3	1	4	
50-59	1	6	7	
40-49	4	2	6	
30-39	3	4	7	
20-29	3	3	6	
10-19	8	10	18	
0-9		1	1	
Totalt	22	27	49	Antal

De ombordvarandes placering i bussen

Vid en analys av de ombordvarandes skador är det viktigt att veta var i bussen de satt när kraschen inträffade. Med denna information som utgångspunkt kan sedan en fortsatt analys av skadeutfallet samt skademekaniken göras. Under intervjuerna kartlades därför deras placering i bussen när kraschen ägde rum. De intervjuade kunde i samtliga fall säkert uppge på vilken sida i bussen de suttit, samt om platsen var närmast sidorutan eller ut mot gången. En viss osäkerhet fanns i en del fall rörande vilken rad man suttit på, dock har även denna placering i samtliga fall kunnat kartläggas med betydande säkerhet efter sammanjämkning av alla intervjudata. I denna fråga har även en tät kontakt funnits med polisens utredning och en verifiering har därför kunnat ske vilket ytterligare styrkt resultatet.

Figur 2 visar en schematisk bild av bussens säten, de skadades placering, skadorna och dess svårighetsgrad enligt MAIS-skalan. Syftet med figuren är att ge en översikt och bättre åskådliggöra skadeutfallet i den kraschade bussen. Figuren ger även ett underlag för en grundligare genomgång av skadeutfallet. Varje säte har en färg som representerar den skadegrad som passageraren på det aktuella sätet haft. Även passagerarnas skador finns utskrivna vid respektive plats.

Ett plustecken anger att skadereducering med tvåpunktshöftbälte skett, medan två plustecken anger att ytterligare skadereducering sker med trepunktsbälte. Ett minustecken innebär att ett säkerhetsbälte oavsett modell sannolikt inte skulle ha förändrat skadeutfallet. I de fall där en person innehar mer än en skada har en skadereducering skett om någon av skadorna reduceras med ett säkerhetsbälte.



Figur 2. Skadegradering, placering samt bedömning om säkerhetsbältet reducerat skadorna

KRASCHFASEN

Kraschförloppet

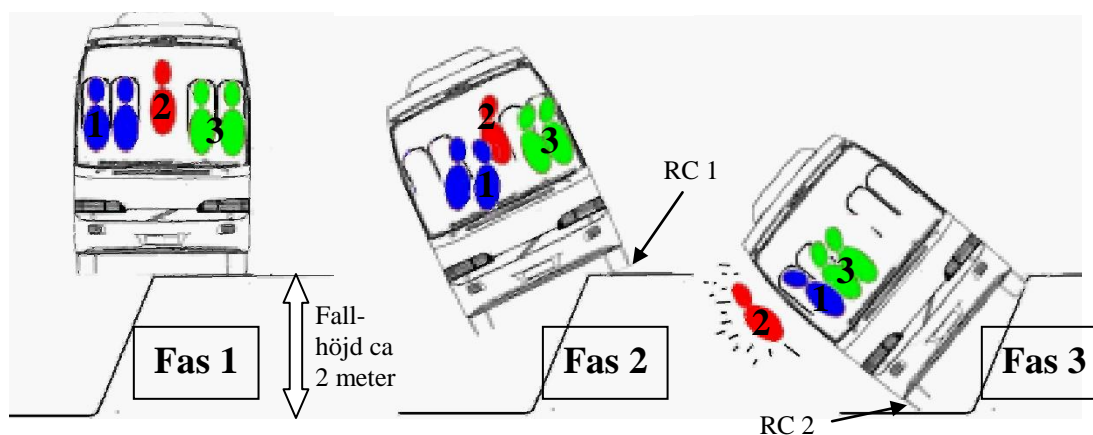
För att illustrera förloppet när bussen kör av vägen har en indelning i tre faser gjorts vilket visas i Figur 3. I figuren finns även passagerare sittandes på höger sida i bussen (1) en stående passagerare (2) samt passagerare sittandes på vänster sida i bussen (3). Bussen kör rakt mot betraktaren.

Fas 1

Under fas ett kommer högra framhjulet att hänga i luften ett ögonblick tills en punkt nås då tyngdkraften medverkar till att det högra framhjulet börjar falla rakt ner.

Fas 2

Under fas två börjar bussen rotera med vänstra framhjulet som rotationscentrum (RC 1). Bussen fortsätter samtidigt med denna rotation att röra sig ut i terrängen (translation), vilket innebär att det vänstra hjulet (RC 1) fortsätter rulla mot dikets lägsta punkt.



Figur 3. Kraschförloppet när bussen kör ut över dikeskanten med passagerarnas position inne i bussen.

Fas 3

När det högra framhjulet når botten av diket uppstår en kraft mellan marken och högra framhjulet som snabbt stoppar rotationen. Denna kraft stabiliserar alltså bussens rotation några ögonblick samtidigt som bussen fortsätter rulla framåt med den vinkel den hade när högra framhjulet träffade dikesbotten. Så småningom börjar tyngdkraften rotera bussen igen nu med det högra hjulet som rotationscentrum (RC 2) varefter bussen välter helt på sidan. Denna förflyttning av rotationscentrum stabiliserar alltså rotationen ett tag och bussen kan köra en viss sträcka med ca 45 graders vinkel.

De personer som sitter till vänster i bussen (3) kommer nu på grund av rotationen att tryckas mot den högra sidan. Anledningen till detta är att sidan rör sig mot dem då bussen roterar. De sveps med i rotationen med en hastighet som motsvarar vinkelhastigheten i rotationen. När högra hjulet når dikesbotten fortsätter personerna på grund av rotationen att röra sig mot högra sidan med denna hastighet. Detta gäller även den person som står upp (2). Personen fångas upp av stolsryggen och slungas i sidled mot höger sida av samma anledning. Eftersom personen står upp får denne kontakt med bussen på ett större avstånd från rotationscentrum (högre upp i bussen), vilket medför att personen får en större hastighet än de passagerare (3) som sitter ner. (Periferihastigheten i en rotationsrörelse blir större med ökat avstånd från rotat-

ionscentrum.) När bussen upphör att rotera slungas personen iväg mot högra sidan och går rätt igenom sidorutan.

De passagerare som sitter till höger (1) kommer inte att påverkas av rotationsrörelsen eftersom de inte träffas av några ytor i bussen. De kommer istället att falla rakt ner eftersom rotationen medför att sittdynorna faller ner. Om de faller rakt ner kommer bussen att rotera samt fortsätta röra sig åt höger. Detta innebär att när de faller rakt ner så kommer de röra sig till vänster relativt till bussen. Den person som satt längst ut, närmast högra fönstret, kommer på detta sätt att landa i sittdynan till vänster. Personen som satt i denna sittdyna kommer att landa på golvet i mittgången. När personen som satt i ytterplats närmast fönstret landar i sittdynan sker detta alltså efter en fallhöjd på ca två meter vilket innebär att fallet blir tämligen våldsamt. Denna person "studsar" i sittdynan, och eftersom sittdynan är vinklad 45 grader kommer studsens att vinkla personen åt höger mot fönstret. Att personerna inne i bussen "studsar" på sina säten kan vara en förklaring till att nästan samtliga sittdynor närmast mittgången på höger sida hade lossnat.

När personerna sittandes på höger sida närmast fönstret är så långt ner som möjligt i "studsens" passerar den stående (2) passageraren ovanför dem. Samtidigt "försvinner" den passagerare som satt närmast mittgången på höger sida ner på golvet. När passagerarna sittandes på höger sida närmast fönstret (1) studsar upp träffas de av de passagerare sittandes på vänster sida (3) som kommer från vänster. Passagerarna vid fönstret (1) har ingen större hastighet åt höger, men när de träffas av passagerarna från vänster (3) kommer de att rotera ut eftersom underkroppen får stöd av strukturen nedanför fönstret. När dessa passagerare roterar utåt välter bussen helt på sidan. Detta kan vara en förklaring till att alla de sittandes längst fram till höger hamnade helt eller delvis under bussen, varvid fyra av dessa omkom.

Beräkningar

Dessa beräkningar är överslagskaraktär för att grovt kontrollera om det analyserade händelseförloppet har fysikaliska förutsättningar. Beräkningsmodellen är därför starkt förenklad. För att exakt beräkna islagshastigheter m.m. måste en mer omfattande simulering utföras.

Bussens vinkelhastighet (ω) när hjulet når botten av diket beräknas med approximationen att högra framhjulet faller fritt genom påverkan av tyngdaccelerationen.

$$V = \sqrt{2gh} = \sqrt{(2 \times 9,81 \times 2)} = 6,2 \text{ m/s (fallhastigheten när dikesbotten nås)}, \omega \text{ (vinkelhastighet när dikesbotten nås)} = V/r = 6,2/2,55 = 2,43 \text{ rad/s.}$$

Om man räknar att den stående passageraren (2) hade ett avstånd från rotationscentrum på 2,7 m samt de sittande (3) ett avstånd från rotationscentrum på 2,3 m blir dessas periferihastigheter (person nr 2) $V = \omega \times r = 2,43 \times 2,7 = 6,6 \text{ m/s (24 km/h)}$ (person nr 3) $V = 2,43 \times 2,3 = 5,6 \text{ m/s (20 km/h)}$.

Det innebär att den stående (2) tillryggalägger halva bussens bredd efter $1,3/5,6 = 0,23 \text{ sek}$. Om man antar att bussens hastighet då högra framhjulet slår i dikesbotten är 50 km/h (13,9 m/s) tillryggaläggs den sträckan $13,9 \times 0,23 = 3,2 \text{ m}$ innan den stående passageraren passerar rutan. Alltså 3,2 m efter framhjulets nedslagsplats passerade passageraren rutan. De vänstra (3) nådde den högra sidan efter (om man antar fallhöjd 2 m) $2/5,6 = 0,36 \text{ sek}$. Om man antar att bussen kontinuerligt minskar hastigheten och antar att hastigheten i då reducerats till 40 km/h (11 m/s) så har bussen då rört sig sträckan $11 \times 0,36 = 4 \text{ m}$.

Vid denna tidpunkt börjar alltså de vänstra passagerarna (3) att trycka ut sittande på höger sida (1) så att de roterar och hänger ut genom den krossade rutan.

Skadefallet bland alla personer ombord på bussen

Tabell 2 visar skadornas svårighetsgrad enligt MAIS hos de 49 ombordvarande. Mer än hälften, 26/49 (53 %) hade ”icke lindriga” skador (MAIS \geq 2) och 5/49 (10 %) hade allvarliga eller svåra skador (MAIS=3-4) och 6/49 (12 %) personer hade maximala skador (MAIS=6) vilka ledde till att de avled.

Tabell 2. Skadefördelning enligt MAIS (avrundning uppåt till närmaste heltal av % har gjorts).

	Antal män n=22	Antal kvinnor n=27	Totalt n=49
MAIS=1	13 (27 %)	10 (21 %)	23 (47 %)
MAIS=2	6 (12 %)	9 (18 %)	15 (31 %)
MAIS=3	0	2 (4 %)	2 (4 %)
MAIS=4	1 (2 %)	2 (4 %)	3 (6 %)
MAIS=5	0	0	0
MAIS=6	2 (4 %)	4 (8 %)	6 (12 %)
Summa	22 (45 %)	27 (55%)	49 (100 %)

Skadornas fördelning på samtliga överlevande ombord på bussen (n=43)

En sammanställning av de 43 överlevandes skador fördelade över kroppen (tabell 3). Den vanligaste skadetyper var lindriga skador i form av ytliga kontusioner och sårskador, vilket kunde ses i 108/155 (70 %) fall av alla skador. Hjärnskakning återfanns hos 10/43 (23 %) personer, medan frakturer på bröstorg/rygggrad återfanns hos 8/43 (19 %) personer.

Tabell 3. Fördelning av skadetyper och skadelokalisation där en person kan ha mer än en skada - samtliga överlevande personer (n=43).

	Huvud/ ansikte	Halsrygg	Bröst- korg	Rygg- rad	Buk/ bäcken	Övre extremitet	Nedre extremitet	S:a
Distorsion ¹	-	7	-	5	-	2	2	16
Fraktur	1	-	5	3	-	3	1	13
Hjärnskakning	10	-	-	-	-	-	-	10
Intrakraniella- blödningar ²	1	-	-	-	-	-	-	1
Ytliga kontusionsskador ³	12	7	11	7	8	9	16	70
Sår	20	1	1	-	-	12	5	39
Övriga skador	1	-	2 ⁴	-	1	2	-	6
Totalt	45	15	19	15	9	28	24	155

¹ Stukning/sträckning

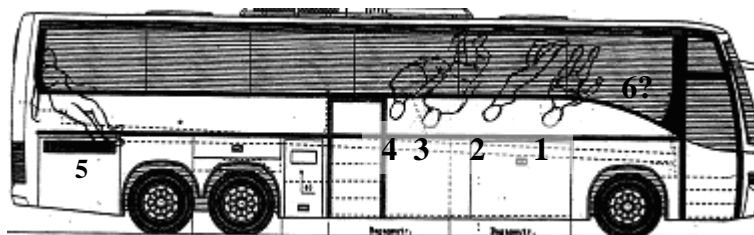
² Blödning inom skallen

³ Ytlig stöt- eller krosskada

⁴ Luft i lungsjäcken (pneumothorax) och blod i lungsjäcken (hemothorax).

De döda passagerarnas skador

Sex personer omkom omedelbart. Den rättsmedicinska undersökningen visade att de inre skadorna var både utbredda och allvarliga vilket visar att skadorna tillfullo kunde förklara dödsfallen. Alla sex torde även ha omkommit omedelbart. Fem av de omkomna togs loss först efter att bussen blivit lyft. Detta gjordes efter att alla överlevande hade tagits om hand. Placeringen av de döda som hittades fastklämda kan ses i figur 4. De är inritade i figuren i den position som de hittades.



Figur 4. De dödas position under bussen sett från bussens högra sida som befanns sig nedåt mot marken innan den lyftes.

Personerna numrerade med 1-4 är hittade i höjd med den position de hade i bussen i det ögonblick då bussen kraschade. Person 1 hade penetrerande skador i buken orsakade av den underliggande vegetationen. Person 5 som hittades längst bak satt på rad två enligt figur 2. Denna person har enligt samstämmiga uppgifter stått upp för att släcka sin takbelysning i det ögonblick då bussen körde av vägen. Starka indikationer finns om att denna person åkt ut genom rutan i ett tidigt skede av kraschen då bussen fortfarande rörde sig framåt (se avsnittet rörande kraschförloppet för en mer detaljerad beskrivning). Exakt vad som kraschat rutan går inte att fastställa men alternativen kan vara att personen själv eller att något löst föremål hamnat mot rutan och kraschat densamma. Enligt tillverkare av glasrutor är det möjligt att en person som faller mot en sidoruta kan krascha densamma om någon kroppsdel som exempelvis ett knä eller armbåge träffar sidorutan först. Personen har sedan klämts mellan bussen och marken och hamnat i sin slutliga position längst bak.

Den exakta positionen för person nr 6 har inte gått att fastställa men personen hittades sannolikt långt fram i bussen och blev utlyft i ett tidigt skede av räddningsarbetet. Personen var i det läget inte fastklämd under bussen. Om personen blivit klämd av bussens kaross eller säten går inte att fastställa exakt men personen har av skadorna att döma blivit utsatt för trubbigt och skrapande våld över hela kroppen

Skademekanismer för samtliga personer ombord (n=49)

Orsaken till skadorna på personerna ombord på bussen kan i huvudsak indelas under fem rubriker enligt Botto et al., (1994).

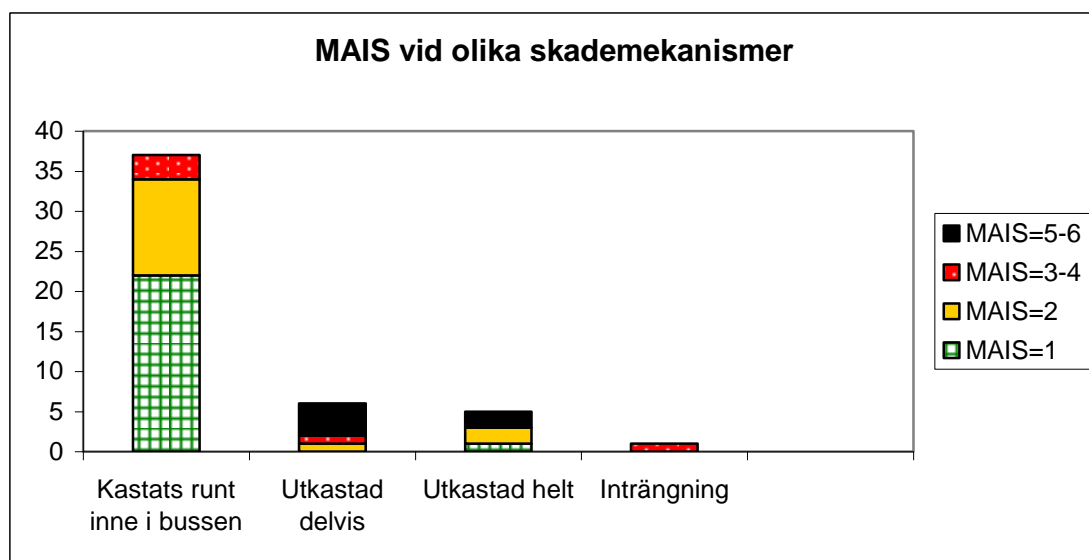
1. Kastas runt i bussen. Skador uppstår då personer kastas runt inne i fordonet och skadar sig på varandra eller på inredningen.
2. Helt utkastad. De åkande skadas utanför fordonet eller under att de kastas ut och kläms under fordonet.
3. Delvis utkastning. Del av den åkandes kropp, exempelvis en arm eller ett ben hamnar utanför bussen och skadas.
4. Inträngning. Personer skadas inne i bussen av att bussens struktur deformeras av något annat fordon eller av omgivningen utanför, exempelvis en sten.
5. Skador av rök eller av brand.

I tabell 4 visas en sammanställning av skademekanismerna indelade enligt ovanstående klassifikation. Tillvägagångssättet vid analysen har varit att studera den kraschade bussen med utgångspunkt från varje enskild passagerares placering i bussen, utifrån vad de själva uppgivit som skadeorsak, samt studier av sjukjournaler och skadediagnoser.

Tabell 4. Skademekanismer på samtliga ombordvarande fördelade över kön.

Skademekanism	Antal män n=22	Antal kvinnor n=27	Totalt n=49
Kastas runt i bussen	16 (33 %)	21 (43 %)	37 (76 %)
Delvis utkastad	3 (6 %)	3 (6 %)	6 (12 %)
Helt utkastad	2 (4 %)	3 (6 %)	5 (10 %)
Inträngning	1 (2 %)	0	1 (2 %)
Totalt	22 (45 %)	27 (55 %)	49 (100 %)

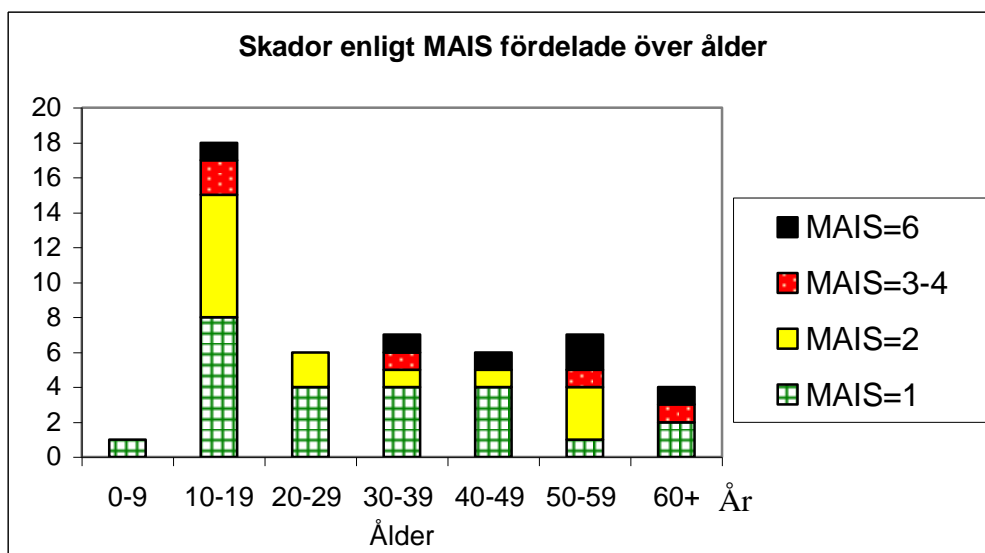
Den dominerande skademekanismen var att man kastades runt i bussen, vilket skedde i 37 av 49 fall (76 %). Utkastad helt eller delvis var skadeorsaken i 11/49 (22 %) av fallen. Skadornas svårighetsgrad i relation till skademekanismen visas i figur 5.



Figur 5. Skadegradering enligt MAIS vid olika skademekanismer.

Alla med dödliga skador hade kastats ut ur bussen, helt eller delvis, plus ytterligare fem personer med MAIS 1-4 skador.

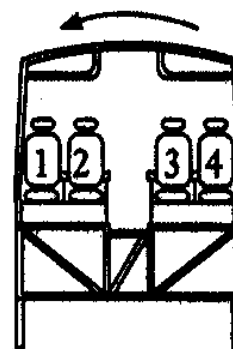
I figur 6 visas hur skadefallet är fördelat över de olika åldersgrupperna. I gruppen 10-19 år drabbades 15/18 (83 %) av lindriga eller moderata skador. I grupperna 40 år och äldre återfanns 6/11 (55 %) av alla med allvarliga, svåra och maximala skador.



Figur 6. Skador enligt MAIS fördelade över ålder.

För att påvisa kinematiken i bussen har en indelning gjorts av bussens säten i fyra kolumner som tidigare använts av ECBOS (2002) och Martínez et al., (2003) (Figur 7). Anledningen till denna indelning är att passagerarna på de angivna positionerna har jämförlig kinematik. Längst bak i bussen fanns enligt figur 2 fem säten, det mittersta sätet på den raden har exkluderats ur denna jämförelse då det innehöll endast ett säte med en lindrigt skadad person.

Rotations riktning



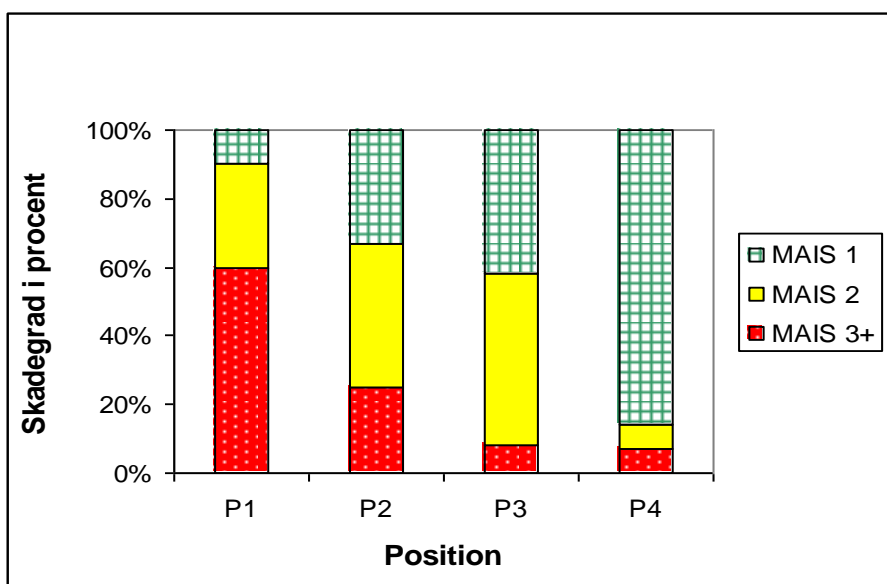
Sätets position	Identifikation
Vältande sida fönster	P1
Vältande sida mittgång	P2
Motsatt sida mittgång	P3
Motsatt sida fönster	P4

Figur 7. Passagerarnas positioner i bussen (Martinez et al., 2003).

I tabell 5 och figur 8 redovisas alla ombordvarande personernas skador graderade enligt MAIS samt inplacering på respektive position. Resultat visar att positionen vid fönstret närmast den vältande sidan (P1) har den högsta andelen (60 %) med allvarliga och svårare skador (MAIS= ≥ 3) följd av positionen (P2) (25 %). Positionen på motsatt sida närmast fönstret (P4) hade den högsta andelen (86 %) lindrigt skadade (MAIS=1).

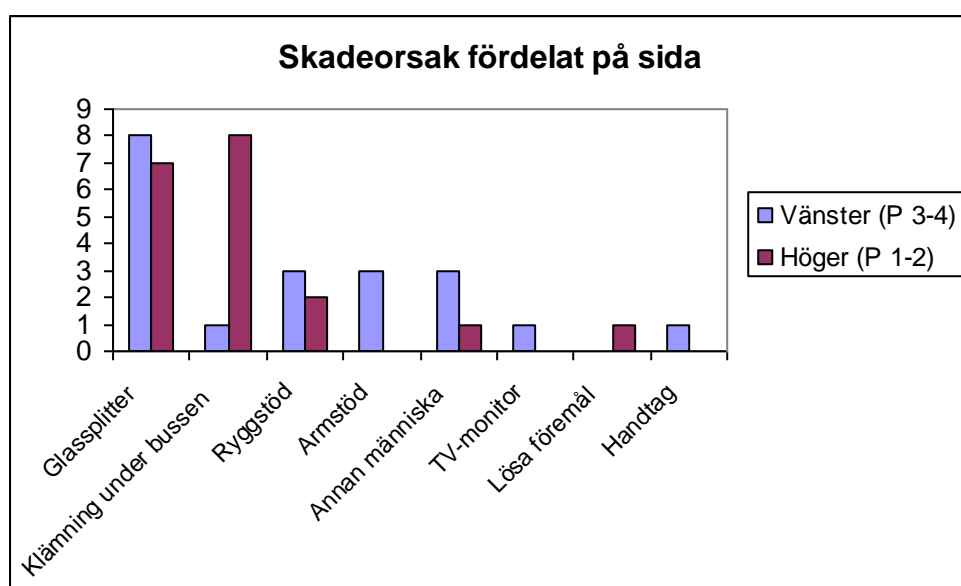
Tabell 5. Skadegradering beroende på position i bussen.

Position	P1	P2	P3	P4	Summa
MAIS 3-6	6 (60 %)	3 (25 %)	1 (8 %)	1 (7 %)	11 (23 %)
MAIS 2	3 (30 %)	5 (42 %)	6 (50 %)	1 (7 %)	15 (31 %)
MAIS 1	1 (10 %)	4 (33 %)	5 (42 %)	12 (86 %)	22 (46 %)
Totalt	10 (100 %)	12 (100)	12 (100 %)	14 (100 %)	48 (100 %)



Figur 8. Position i bussen relaterat till skadegrad.

Skadefallet har även analyserats utifrån skadeorsak samt på vilken sida i bussen passagerarna har suttit. Resultatet visas i figur 9 där klämning under bussen samt skador av glassplitter var den dominerade skadeorsaken på höger sida (P 1-2). På vänster sida (P 3-4) dominerade glassplitter följt av skador vid islag mot ryggstöd och armstöd samt att man fått annan människa över eller på sig.



Figur 9. Skadeorsak fördelat på sida i bussen.

Säkerhetsbälten och säkerhetsbältesanvändningen

Besiktning av bussens säkerhetsbälten

På bussens samtliga platser fanns bälten av typen tvåpunkts höftbälte förutom på förarplatsen som saknade bälte. Kraschen kan egentligen klassas som en ”non-collision”, med vilket menas att bussen inte kolliderade med ett fast föremål så att det uppstod ett häftigt stopp. Den kollision med stolpe/träd som skedde gav inte upphov till några större skador på bussens bärande strukturer varför denna delkollision kan försummas. Detta medförde att ett eventuellt använt bälte inte belastades som exempelvis vid en frontalkollision där den åkande slungas framåt och fångas upp i bältet. Bältet skulle i detta fall hållit kvar busspassageraren i sätet när bussen välte. I fallet frontalkollision är krafterna mångdubbelt större varför kraftiga friktionsmärken i bältesbandet uppstår. I detta fall var det därför svårt att hitta entydiga fysiska bevis för att bältet använts.

Vissa spår av fysisk påverkan på en del bältesband fanns dock. På många bältesband fanns långa ”repor” ungefär mitt på bandet. Dessa sträckte sig längs hela bältesbandet. Dessa uppfattades först som friktionsmärken till följd av belastning men har sannolikt inte uppkommit till följd av den anledningen då de sträckte sig längs efter hela bältets längd. Friktionsmärken från belastning kan istället ses som tvärgående märken. Dessa repor återfanns uteslutande på bälten på platser närmast mittgången. Dessutom var det vanligt med skador på låstungen på dessa platser.

Klassificering av bussbältet

Bältessystemen i bussen bestod av en bältesrulle med bälte och låstunga samt ett bälteslås. Det är uppenbart att bältena eftermonterats i sitsarna, det vill säga stolsramarna är inte ursprungligen byggda för bälten. Eftermontering av bälten fordrar typgodkända bilbälten, godkända infästningspunkter för bilbältena, typgodkända säten och godkänd fastsättning av sätena. Bussen ska registreringsbesiktigas efter att monteringen gjorts och det skall styrkas att installationen uppfyller kraven. Ett antal EG-direktiv anger tekniska krav på bälten, bältesinfästningar och säten är införda i de svenska föreskrifterna VVFS 2003:22 (Vägverket, 2002b) om fordons beskaffenhet och utrustning (Directive & 74/408/EEC, 1974; Directive & 76/115/EEC, 1976; Directive & 77/541/EEG, 1977).

Bältet i bussen innehade märkningen E4 Br3 vilket innebär:

E=Europa, 4=Sverige.

B=lap belt, r=with retractor, 3=automatic locking.

Låsmekanismen i rullen var av typen ”automatic locking retractor” (ALR) som låser genom att en fjäderbelastad klack trycks mot ett kugghjul med effekten att efter bältet dragits ut, kan det inte dras ut mer, utan endast rulla in igen. Denna konstruktion innebär i praktiken att bältet inte släpper efter om det skulle sitta för hårt. Ska detta justeras måste bältet knäppas upp eller rullas in för att kunna dras ut till önskad längd. Om det av någon anledning inträffar en större sträckning kan låset vara svårt att få upp. Denna situation skulle kunna uppstå som i det aktuella fallet med en buss liggandes på sidan med bältade passagerare hängandes i sina bälten. Svårigheter kan då uppstå för dessa personer att själva ta sig ur sitt bälte. Just detta scenario har styrkts under intervjuerna av de två personerna som hade säkerhetsbältet påtaget.

En annan variant av säkerhetsbälten som finns på marknaden är ”emergency locking retractor” (ELR) vilken har två separata bromsmekanismer, dels bandacceleration som slår till om bältet dras ut för fort och dels en ”tilt-broms” som låses om fordonets lutning överstiger ett visst kritiskt läge. Detta medför att i normalt läge är komforten mycket högre jämfört med ALR då de inte sitter åt för hårt.

Bedömning av skadefallet om säkerhetsbälte hade använts av samtliga ombordvarande personer

Endast 2/49 (4 %) personer ombord hade säkerhetsbältet på. Skadefallet på de två bältade passagerarna var endast smärre kontusionsskador i midjan samt smärtor i nacke och revben.

För övriga passagerare, som inte var bältade, har en bedömning gjorts om ett säkerhetsbälte kunnat reducera skadorna. Bedömningen är baserad på uppgifter om personernas placering i bussen (figur 2), skadorna de ådragit sig, samt vad de skadade själva uppgett om kinematiken⁵ i skadeförloppet. I tabell 6 redovisas den modell som tillämpats vilken har utgått från de skademekanismer som redovisas av Botto et al. (1994) samt de experimentella data som redovisas i ECBOS (2002) avseende vältning åt höger sida i 90 grader. Positionerna är de som redovisats i figur 7. Mot bakgrund av dessa data har säkerhetsbältets potentiellt skadereducerande effekt estimerats vilket redovisas i tabell 6. Ett plustecken anger att skadereducering med tvåpunktshöftbälte, medan två plustecken anger att ytterligare skadereducering sker med trepunktsbälte. Ett minustecken innebär att ett säkerhetsbälte oavsett modell sannolikt inte skulle ha förändrat skadefallet. I de fall där en person innehar mer än en skada har en skadereducering skett om någon av skadorna reduceras med ett säkerhetsbälte.

Tabell 6. Analys av säkerhetsbältets potentiellt skadereducerande effekt i olika position vid högersidig vältning i 90°.

	Position i bussen**							
	Position 1		Position 2		Position 3		Position 4	
Typ av säkerhetsbälte	2- punkt	3- punkt	2- punkt	3- punkt	2- punkt	3- punkt	2- punkt	3- punkt
Kastas runt i bussen								
-islag i sidoruta	—	—	—/+*	++	+	++	+	++
-islag armstöd	Ej rel.	Ej rel.	—/+*	++	—	++	—	++
-islag ryggstöd eller handtag	Ej rel.	Ej rel.	Ej rel.	Ej rel.	+	++	+	++
-islag annan passagerare	+	++	+	++	+	++	+	++
Helt utkastad	+	++	+	++	+	++	+	++
Delvis utkastad	—	—	+	++	+	++	+	++
Inträngning på höger sida	—	—	—/+*	++	+	++	+	++

*Ingen effekt för skullskador, men effekt för övriga skador, ** se även figur 2.

I tabell 7 visas en sammanfattning av resultaten från analysen vilket visar att ett trepunkts bälte avsevärt förbättrar säkerheten för passagerare vid en vältning åt höger i 90° och då rutorna krossas. En utförligare förklaring redovisas i efterföljande avsnitt.

Tabell 7. Jämförelse skadereducering två punkts och trepunktsbälte.

Skadegrad	Tvåpunkts höftbälte	Trepunktsbälte
MAIS=1	19/23 (83 %)	22/23 (96 %)
MAIS=2	7/15 (47 %)	12/15 (80 %)
MAIS=3-4	2/5 (40 %)	3/5 (60 %)
MAIS=6	2/6 (33 %)	2/6 (33 %)
Alla skadade	32/49 (65 %)	40/49 (82 %)

⁵ Uttryck som används för att beskriva rörelseenergi hos kroppar vid en krasch

Skadereduktion vid användning av tvåpunkts höftbälte

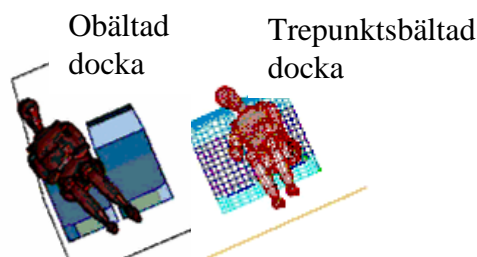
Om ett tvåpunkts höftbälte använts av samtliga passagerare skulle en reducering av skadorna ha skett för 7/15 (47 %) av de med moderata skador (MAIS=2), samt 2/5 (40 %) av de med allvarliga och svåra skador (MAIS=3-4). Två av personerna med maximala skador (MAIS=6) skulle med stor sannolikhet ha överlevt. Anledningen är att om de använt säkerhetsbälte skulle de ha hållits fast på sin plats inne i bussen, och inte som nu kastats ut, och klämts fast under bussen. Ett förbehåll är att de två personer som satt på höger sida i bussen närmast mittgången, sannolikt inte undgått skador då ett tvåpunkts höftbälte inte fixerar en person helt i sätet vid en vältning. Då bussen i det aktuella fallet välte åt höger medför detta att överkroppen sannolikt gör en pendlingsrörelse åt höger med den effekten att huvudet riskerade att slå i den högra sidan av bussen och/eller den person som sitter till höger. Detta scenario har tydligt påvisats vid simuleringar med vältningar (ECBOS, 2002).

För de resterande fyra personerna med maximala skador som satt på platserna närmast fönstret kan varken svåra eller dödliga skador uteslutas om ett tvåpunkts höftbälte använts. Anledningen till detta är att alla sidorutor på höger sida kraschades, vilket medförde att de som satt på fönsterplats exponerades för stor klämrisk då överkroppen lätt hamnat i kläm mellan bussen och marken. Tillkommer gör även att den underliggande vegetationen i form av exempelvis buskar och stenar med stor sannolikhet kan tillfoga skada. Även detta scenario då bältade passagerare hamnar med överkroppen utanför bussen vid en vältning är påvisat vid simuleringar (Rasenack et al., 1996). Den skadereducering som sannolikt kan påvisas för de fyra närmast fönstret är att massiva klämskador i buk, bäcken och nedre extremiteter kunnat undvikas om de varit bältade.

Skadereduktion vid användning av trepunktsbälte

Ett trepunktsbälte fixerar överkroppen bättre mot ryggstödet jämfört med ett tvåpunkts höftbälte. Av den anledningen är det viktigt att kunna jämföra vilket av de båda systemen som ger det bästa skyddet för passagerarna.

Om ett trepunktsbälte använts av samtliga ombordvarande skulle en skadereducering ha skett för 12/15 (80 %) av de med moderata skador (MAIS=2). För de med allvarliga eller svåra skador (MAIS=3-4) skulle en reduktion av skadorna ha skett för 3/5 (60 %). Av de sex personer med maximala skador skulle i likhet med tvåpunktsbälte de två personerna sittandes på sätet intill mittgången (Position 2) ha varit i livet om ett trepunktsbälte använts. En skillnad till det bättre jämfört med ett tvåpunkts höftbälte är att trepunktsbältet fixerar överkroppen bättre i sätet (Figur 10) vilket kan förhindra att huvudet slår i den högra sidan. Även detta scenario har påvisats vid simuleringar med vältningar (ECBOS, 2002; Martínez et al., 2003).



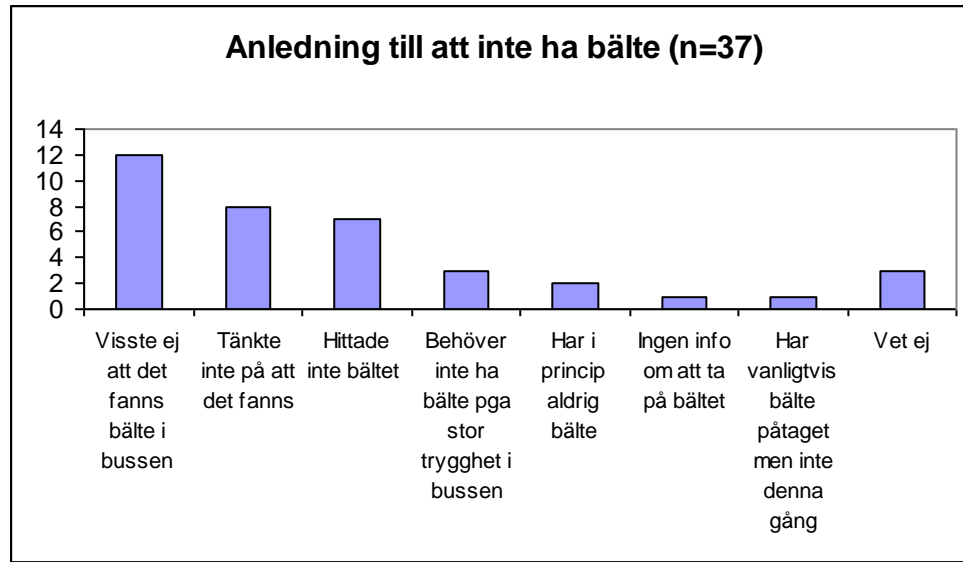
Figur 10. Simulering av vältning med obältad och trepunktsbältad docka (ECBOS, 2002).

För de resterande fyra personerna med maximala skador som satt på platserna närmast fönstret kan i likhet med om ett tvåpunkts höftbälte använts, varken svåra eller dödliga skador uteslutas. Skillnaden är att sannolikheten för en reducering av skadorna ökar med ett trepunkts-

bälte då överkroppen i mindre utsträckning riskerar att hamna utanför bussen. Risken att skadas av föremål på utsidan blir även den mindre av samma anledning.

Kännedom om lagkrav på säkerhetsbälte i bussar

Under intervjuerna med passagerarna och föraren frågade vi om de visste att det är lag på bältesanvändning i bussar där det finns säkerhetsbälte. På den frågan svarade 32/39 (82 %) att de visste om lagkravet. Endast 7/39 18 % svarade att de inte visste om lagkravet. Vi frågade även alla som inte hade haft sitt säkerhetsbälte påtaget (n=37) om anledningen till varför de inte hade haft bältet påtaget. Resultat visas i figur 11.



Figur 11. Anledning till att inte använda säkerhetsbälte.

Den vanligaste anledningen var att passagerarna inte visste att det fanns, vilket 12/37 (31 %) svarade. ”Tänkte inte på att det fanns”, och ”hittade inte bältet” var andra vanliga orsaker.

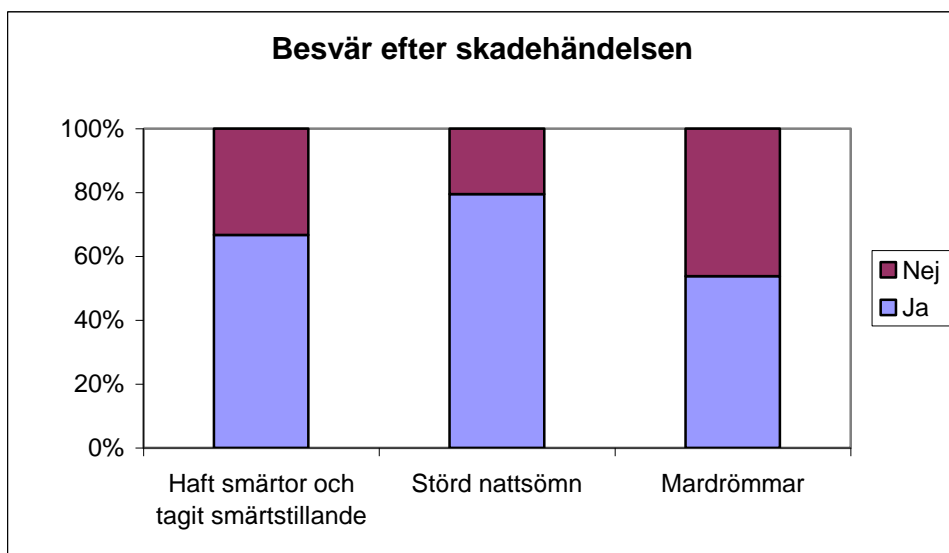
POST KRASCHFASEN

Vårddygn och sjukskrivningar

Vid tidpunkten för intervjuerna i slutet av mars 2003 hade 18 personer (42 % av de överlevande) varit inlagda sammanlagt 132 dygn på sjukhus vilket gör i medeltal 7,3 dygn per person. Tjugosju personer (63 % av de överlevande) hade varit sjukskrivna sammanlagt i två år och 3 månader vilket utgör 30 dagar i snitt per person. Två personer var vid tidpunkten för intervjuerna, två månader efter händelsen fortfarande sjukskrivna.

Psykosociala effekter

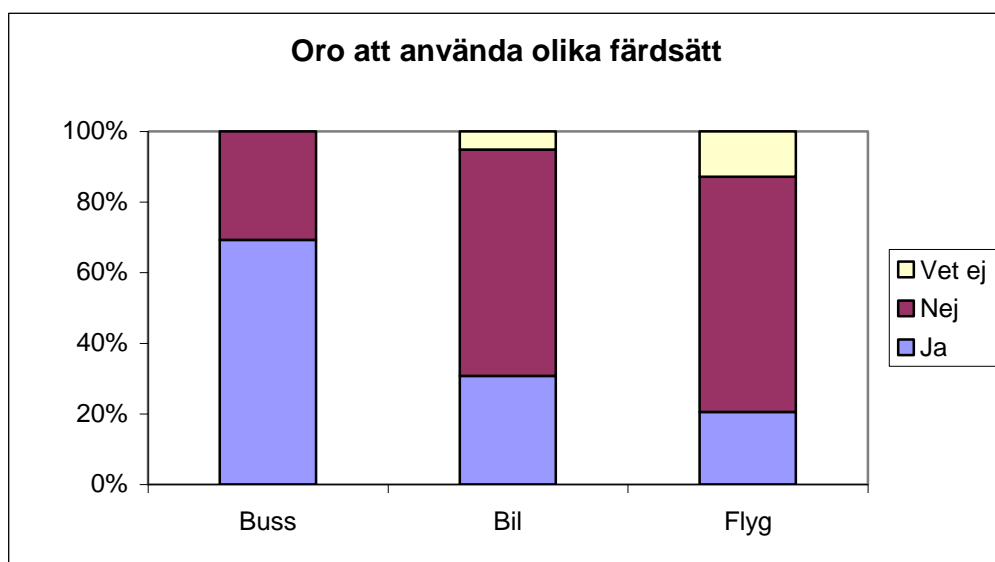
Under intervjuerna av passagerarna och föraren (n=39) ställdes frågor om de psykosociala effekterna samt det psykosociala omhändertagandet. Syftet med frågorna var att finna tendenser till akuta stressreaktioner eller posttraumatiska stressyndrom (Ottosson, 2000). Första frågan var om passagerarna efter skadehändelsen haft besvär av smärtor så att de tagit smärtstillande läkemedel, haft störd nattsömn eller mardrömmar. Passagerarna hade alternativen ja, nej som svarsalternativ. Figur 12 redovisar resultatet.



Figur 12. Besvär efter skadehändelsen.

Resultaten i figur 12 visar att en majoritet (66 %) av passagerarna haft smärtor så att de varit tvungen att äta smärtstillande. Det kan ses som en naturlig följd då skadeutfallet var både utbrett och allvarligt. Beträffande störd nattsömn svarade 31 personer (79 %) ja, och om de haft mardrömmar svarade 21 personer (54 %) ja.

Vi frågade även efter deras oro för att använda sig av olika färdssätt efter skadehändelsen, vilket visas i figur 13.

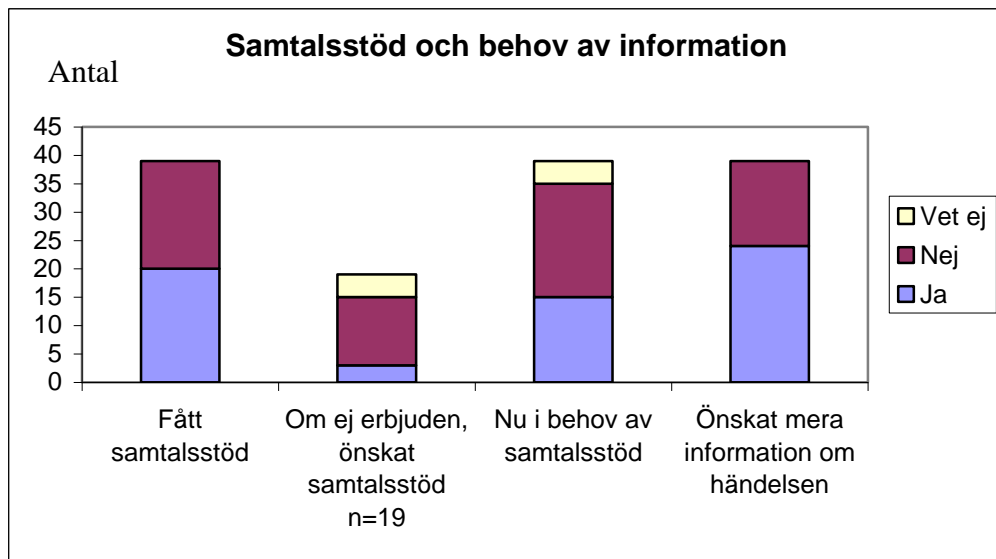


Figur13. Oro för att efter skadehändelsen använda sig av olika färdssätt.

Som kan ses i figur 13 kände 27/39 (69 %) oro inför att använda sig av buss som färdssätt i framtiden.

Det psykosociala omhändertagandet

Vi frågade även om personerna efter skadehändelsen på sjukhuset blivit erbjudna samtalsstöd.



Figur 14. Personer erbjudna samtalsstöd och i behov av information.

Enligt figur 14 blev 20 personer erbjudna samtalsstöd hos kurator eller sjukhuspräst. Tre personer av dem som inte blev erbjudna samtalsstöd hade önskat att få samtalsstöd. Då intervjuerna genomfördes 5-7 veckor efter skadehändelsen ansåg 15/39 (38 %) att de var i behov av samtalsstöd. Mera information önskades av 62 %.

DISKUSSION

Busskraschen i Ängelsberg karaktäriseras av att bussen välte på sin högra sida i 90° vilket gör att den tillhör kategorin vältning 90° (eng. rollover). I Storbritanniens del av ECBOS-projektet (Enhanced Bus and Coach Occupant Safety) ges en bild av hur vanligt det är att stads- och långfärdsbussar välter eller rullar, samt andelen skadade. Det rapporteras att vältning eller rullning förekom i 0,2 % av alla krascher med skadade, samt att de skadade i vältningar eller rullningar uppgick till 1,2 % av alla skadefall (ECBOS, 2001), alltså en indikering om att vältningar är ovanliga händelser, men när det händer är det ofta ett stort antal skadade. Det bör även nämnas att dessa siffror härrör från alla busstyper, vilket innebär både bussar i stadstrafik och långfärdsbussar, vilket gör att om långfärdsbussar kunde selekteras skulle frekvensen sannolikt bli högre då det är mycket ovanligt att stadsbussar välter (Wählberg, 2002).

Skadefallet i denna busskrasch var att mer än hälften hade "icke lindriga" skador (MAIS \geq 2) eller att mer än var femte (22 %) hade allvarliga, svåra, eller maximala skador (MAIS \geq 3) vilket sammantaget indikerar att denna busskrasch tillhör en av de svårare i Sverige i modern tid. Den mest frekventa skadeorsaken i denna busskrasch var att personerna ombord kastades runt inne i bussen vilket gav de lindrigaste skadorna medan den skadeorsak som gav de svåraste skadorna var utkastning. Detta sammanfaller med tidigare forskning inom området (Botto & Got, 1996; Rasenack et al., 1996; Albertsson & Björnstig, 2002). Positionen vid fönstret på den vältande sidan innehade den högsta andelen allvarliga och svårare skador, vilket korrelerar bra med kinematik och kraschförlopp och även detta överensstämmer bra med tidigare forskning (Martínez et al., 2003).

Resultaten visar entydigt att under en krasch gäller det att behålla alla passagerare kvar inne i bussen för att undvika de riktigt svåra skadorna. Ett sätt är att se till att de är fastspända i sina säten med hjälp av säkerhetsbälten. Om säkerhetsbältet använts av samtliga ombord skulle minst två av de nu avlidna sannolikt varit i livet samt ett stort antal av de skadade skulle ha haft reducerade skador. Tyvärr hade endast två av de ombordvarande säkerhetsbältena påtagna vid kraschen. På detta område måste arbetet med att öka bältesanvändningen fortsätta, dels inom bussbranchen, men även i samhället för att på sikt komma upp i nivåer (ca 90 %) (Vägverket, 2003) som användningen av bilbälte i personbilar innehar.

Vid nymontering av säkerhetsbälten är ett trepunktsbälte att föredra då det ger ett bättre skydd jämfört med ett tvåpunktsbälte vilket resultaten från denna djupstudie visar med en ökad skadereducering av de moderata skadorna (MAIS 2) från 47 till 80 %. Annan forskning inom området ger stöd åt dessa resultat (Khasnabis et al., 1991; Botto & Got, 1996; Kecman et al., 1997; ECBOS, 2002).

Vid en nymontering av säkerhetsbälten kan även tillverkare ta hänsyn till den extra belastning som detta innebär och anpassa säten, fästpunkter och infästning därefter. Som i det aktuella fallet med en eftermontering av säkerhetsbälte blir lösningen oftast ett tvåpunktsbälte, dels av ekonomiska skäl, men även på grund av praktiska problem med infästningen. Vid undersökningen av aktuella bussens bälten visade de sig vara av en visserligen godkänd men med betydande hanteringstekniska och komfortmässiga brister, i jämförelse med säkerhetsbälten i dagens personbilar. Möjligen kan detta problem härledas till eftermonteringen då det är av stor vikt att detta utförs på ett korrekt sätt. Vägverket har i sin publikation 2003:125 "Eftermontering av bälten i bussar" beskrivit hur en korrekt eftermontering ska utföras.

Ett antal problem med dessa bälten har här lyfts fram kring komforten under resa men även säkerhetsaspekter vid losstagning efter en krasch. Ett rimligt krav kunde vara att ha liknande kvalitet på säkerhetsbälten i bussar som i dagens personbilar.

Ett annat sätt att hålla kvar bältade och obältade passagerare inne i bussen kan vara att se till att sidorutorna är intakta under hela kraschfasen. Som nu var fallet kraschades alla sidorutor på den högra sidan av bussen vilket i kombination med att bussen gled på marken efter vältningen utgjorde en enorm risk för personer att hamna under bussen, vilket elva personer gjorde, varav sex avled av sina skador. Detta är sedan länge ett känt problem och påtalat i andra studier (Botto et al., 1994; Rasenack et al., 1996; Transport Canada, 2002). Sidorutorna i det aktuella fallet var av typen ”härdat” glas som vid kraschtillfället smulades sönder till mindre skärvor. Av dessa skärvor skadades mer än en tredjedel av alla personer ombord. Att byta till ”ej krossbara” laminerade glasrutor innebär dock att ett helt nytt tänkande måste till vad gäller utrymningsvägar. I dagsläget utgör sidorutorna normalt sett en tänkbar utrymningsväg vid exempelvis ett brandtillbud, vilket gör att nya utrymningsvägar måste utformas om ett byte sker från härdat till laminerat glas. En tänkbar lösning kunde vara någon variant av öppningsbara sidorutor eller större och/eller fler takluckor utformade som utrymningsvägar. Storleken på sidorutorna är även det något som bör diskuteras inom branschen då dessa idag tenderar att bli allt större. Detta innebär att passagerare sittande på en del säten närmast sidorutorna sitter med sidorutans nedre kant i höjd med höftregionen. Detta innebär att vid en vältning fortsätter överkroppens pendlingsrörelse mot rutan utan att stoppas upp av sidoväggen. För att fånga upp denna pendlingsrörelse kunde alternativt rutan göras mindre eller att en tvärgående list monterades.

Slutsatser

- En av de svårare busskrascherna som inträffat i Sverige i modern tid.
- Ett säkerhetsbälte skulle ha gett ett avsevärt reducerat skadeutfall.
- Ett trepunktbälte ger avsevärt bättre skadereducering jämfört med ett tvåpunkts höftbälte.
- Adekvat information från förare eller bussvärd om hur passagerare ska använda säkerhetsbälten borde utformas centralt inom bussbranchen för distribution till entreprenörer.
- Krafttag måste till för att öka användningen av säkerhetsbälten i långfärdsbussar.
- Med laminerade sidorutor eller annat fullgott skydd mot utkastning skulle sannolikt ingen person ha omkommit.

REFERENSER

- Albertsson, P., & Björnstig, U. (2002). *Busskraschen vid Råneå med 16 skadade- en djupstudie*. Opubliserat manuskript, Umeå: Olycksanalysgruppen, Akut- och katastrofmedicinskt centrum, Norrlands universitetssjukhus.
- Albertsson, P., & Björnstig, U. (2003). *Busskraschen vid Granån med 34 skadade- en djupstudie* (No. 116). Umeå: Olycksanalysgruppen, Akut- och katastrofmedicinskt centrum, Norrlands universitetssjukhus.
- Albertsson, P., Falkmer, T., Björnstig, U., & Turbell, T. (2003). *Litteraturöversikt Skadehändelser relaterade till busstrafik : Buss-OLA - en trafiksäker bussfärd*. Linköping: Väg- och transportforskningsinstitutet.
- Association for the Advancement of Automotive Medicine (Ed.). (1998). *The Abbreviated Injury Scale 1990 revision*. Des Plaines, IL: AAAM.
- Botto, P., Caillieret, M., TARRIER C, Got, C., & Patel, A. (1994). *Evaluation of restraint system for coach passengers*. Paper presented at the The fourteenth international technical conference on enhanced safety of vehicles, Munich, Germany.
- Botto, P., & Got, C. (1996). *Vehicle rollover and occupant retention*. Paper presented at the Fifteenth International Technical Conference on the Enhanced Safety of Vehicles, Melbourne.
- Directive, & 74/408/EEC. (1974). Directive 74/408/EEC of 22 July 1974 on the approximation of the laws of the Member States relating to the interior fittings of motor vehicles (strength of seats and of their anchorages). *Official Journal of the European Communities, L221 12/08/1974, 0001 - 0009*.
- Directive, & 76/115/EEC. (1976). Directive 76/115/EEC of 18 December 1975 on the approximation of the laws of the Member States relating to anchorages for motor-vehicle safety belts. *Official Journal of the European Communities, L024 30/01/1976(76/115/EEC), 0006 - 0020*.
- Directive, & 77/541/EEG. (1977). Directive 77/541/EEC of 28 June 1977 on the approximation of the laws of the Member States relating to safety belts and restraint systems of motor vehicles. *Official Journal of the European Communities, L 220 29/08/1977, 0095 - 0143*.
- ECBOS. (2002). *Task 2.5 Cause of injury summary. Concept report (Annex)* (No. 2:5). Graz: Graz: Technical University Graz.
- Haddon, W. (1972). A logical framework for categorizing highway safety phenomena and activity. *Journal of Trauma, 12*, 193-207.
- Kecman, D., Randell, N., Popely, P., Dutton, A., & Jones, C. (1997). *The universal coach safety seat* (No. 971521): SAE.
- Khasnabis, S., Dusseau, R., & Dombrowski, T. (1991). Safety implications of seat belts on transit buses. *Transportation Research Record, 1322*, 9-16.
- Martínez, L., Aparicio, F., García, A., Páez, J., & Ferichola, G. (2003). Improving occupant safety in coach rollovers. *International Journal of Crashworthiness, Vol. 8 No. 2*, pp. 121-132.
- Ottosson, J.-O. (2000). *Psykiatri* (5., uppdaterade uppl. ed.). Stockholm: Liber.
- Rasenack, W., Appel, H., Rau, H., & Rietz, C. (1996). *Belt systems in passenger coaches*. Paper presented at the Fifteenth international technical conference on the enhanced safety of vehicles, Melbourne.
- SHK, Statens haverikommission (2001). *Rapport RO 2001:04. Brand i tvåvånings turistbuss efter trafikolycka på riksväg 70, Fjärdhundra, C län, den 21/11 1998* (No. Rapport RO 2001:04). Stockholm.
- Transport Canada. (2002). *Evaluation of Occupant Protection in Buses* (No. TP 14006E). Ottawa: Road Safety and Motor Vehicle Regulation (ASFBE),.

- Wåhlberg, A. E., af. (2002). Characteristics of low speed accidents with buses in public transport. *Accident Analysis and Prevention*, 34 (2002), 637-647.
- Vägverket. (2002a). *Djupstudie av en skadehändelse som medfört dödsfall* (No. Y 010917): Vägverket Region Mitt.
- Vägverkets föreskrifter om bilar och släpvagnar som dras av bilar, Kapitel 30 (2002b).
- Vägverket. (2003). *Bilbältet kan rädda ytterligare minst 80 liv per år*. Retrieved 1 oktober, 2003, from <http://www.vv.se/aktuellt/pressmed/2003/hkpress66.htm>

Bilaga 1

Intervjuformulär busskraschen Fagersta

1. Kraschförloppet i stort

1.1. Hur upplevde du, beskriv kraschförloppet strax innan och då bussen gick av vägen?

2. Kraschförloppet inne i bussen

2.1. Var satt du i bussen vid kraschen.? Säker, osäker eller vet ej. Hade du någon bredvid dig? Vem?

2.2. Kände du någon av de andra passagerarna? Hade du sällskap med någon? Var satt han/hon?

2.3. Hade du säkerhetsbälte på dig? (om nej, gå till fråga 2.4)

2.3.1. Hur upplevde du att bältet fungerade?

2.3.2. Gled du ur bältet?

2.3.3. Spolade bältet ur?

2.3.4. Slog du i något fast du hade bälte på?

2.3.5. Hur tog du dig loss ur bältet?

2.4. Slog du i några föremål inne i bussen? (klädkrokar, TV, mikrovågsugn, handtag etc.)

2.5. Skadades du av glassplitter?

2.6. Fick du något löst föremål på dig?

2.7. Hade du något bagage med dig in i bussen?

2.8. Fick du någon annan människa på dig? I så fall vem var det?

2.9. Blev du utkastad, fastklämd?

2.9.1. Om ja, vilken del av kroppen? Fastklämd inne eller utanför bussen? Helt under delvis?

2.9.2. Hur länge låg du fastklämd?

2.9.3. Hur blev du hjälpt? Hur kom du loss?

2.9.4. Blev du nedkyld?

2.9.5. Gjordes det nåt för att hjälpa dig hålla värmen?

2.9.6. Hur upplevde du situationen?

2.9.7. Blev du informerad om vad som gjordes runt dig?

2.10. Vad är din längd och vikt?

2.11. Hur var du klädd? Varmt klädd, tunt klädd?

3. Skador/sjukskrivning

3.1. Till vilken vårdinrättning blev du förd?

3.2. Hur blev du transporterad dit?

3.3. Hur många skadade fanns i det fordon du transporterades i?

3.4. Blev du inlagd mer än 12 tim?

3.5. Vårdtid?

3.6. Vårdtyp? (IVA, Kirugi, ortoped..)

3.7. Fortsatt vård? (annat sjukhus)

3.8. Färdigbehandlad?

3.9. Var du medvetslös direkt efter kraschen? (hur länge?)

3.10. Vilka skador ådrog du dig?

3.11. När tror du att du fick skadan/smärtan?

3.12. Har du något återbesök inplanerat, i så fall var?

3.13. Blev du sjukskriven efter kraschen? ja nej vet ej

3.13.1. Om ja hur länge? Fortfarande sjukskriven?

3.14. Hade du några besvär, smärtor eller funktionsnedsättningar före skadehändelsen?

4. Omhändertagandet

- 4.1. Blev du omhändertagen efter kraschen? Ja (efter hur lång tid?) nej
4.2. Vilken behandling fick du på skadeplatsen? (splintar, smärtstillande, vätska etc)
4.3. Av vem? Sjukvårdspersonal, räddningstjänst eller annan?
4.4. Kunde du hjälpa någon annan?
4.5. Hur lång tid blev du kvar på skadeplatsen?
4.6.
4.7. Tog du dig ut själv eller med hjälp av någon annan? själv annan
4.8. Vem hjälpte dig ut?
4.9. Blev du nedkyld, vindskydd?
4.10. Är du nöjd på det sätt du blev omhändertagen?
ja nej vet ej
4.11. Har du senare sökt för någon skada som inte upptäcktes av räddningspersonalen el på sjukhus?
ja nej vet ej

5. Efter skadehändelsen

- 5.1. Har du efter skadehändelsen haft:
5.1.1. Smärtor så att du varit tvungen att äta smärtstillande?
ja nej
5.1.2. Störd nattsömn ja nej
5.1.3. Mardrömmar ja nej
5.2. Är du efter kraschen rädd för att:
5.3. Åka buss ja nej vet ej
5.4. Åka bil ja nej vet ej
5.5. Flyga ja nej vet ej
5.6. Fick du efter kraschen prata ut med någon sjukvårdspersonal:
ja om ja vem? nej
om nej: hade du önskat att få prata ut med någon?
ja nej vet ej
5.7. Känner du behov av att träffa andra passagerare i grupp tillsammans med någon från sjukvården för att dela erfarenheter från kraschen:
ja nej vet ej
5.8. Känner du nu behov att få träffa någon från sjukvården (läk, ssk, psykolog el kurator)
ja nej vet ej
5.9. Känner du behov av mera information om vad som hände
ja nej

Om ej använt bälte:

Varför hade du inte bälte på?

Hade du några tekniska problem med att ta på bältet?

Uppmanade föraren dig att ta på bältet?

Övriga frågor, annat att tillägga?

**Mät- och analysuppdrag. SHK O-01/03
Bussolycka väg 664, Fagersta-Ängelsberg.**

Slutrapport.

**Författare: Olle Nordström
FoUenhet: TUV
Projektnummer: 60755
VTI Dnr : 2003/0159-202
Projektamn: Bussolycka
Uppdragsgivare: Statens Haverikommission
Distribution: Begränsad**

Förord

Undersökningen har genomförts på uppdrag av Statens Haverikommission. Projektledare har varit Olle Nordström som planerat projektet, medverkat vid proven, filmat, utfört dataanalysen och skrivit rapporten. Romuald Banek har utfört huvuddelen av däckproven, Sven-Åke Lindén har medverkat vid körproven med bussen som provförare och vid instrumenteringen av bussen. Harry Sörensen har iordningställt instrumenteringen och datainsamlingsprogrammet för bussproven. För beräkningarna nödvändig teknisk information har erhållits från Dan Åkerman SHK, Volvo och Vägverket. Bussen hyrdes av Interbus till självkostnadspris.

Innehållsförteckning

	sida
Uppdrag	1
Uppmätning av däckkaraktistika på is för de tre däcktyper som fanns på bussen samt jämförande mätningar på alternativa vinterdäck.	1
2.1 Metod	3
2.2 Resultat	3
2.2.1 Däckkaraktistika för olycksbussens däck	
2.2.2 Jämförelse mellan olika däckalternativ.	12
Praktisk körning på aktuell väg med likvärdig instrumenterad buss.	15
3.1 Metod	15
3.2 Resultat	17
Beräkning av maximal säker hastighet genom kurvan för aktuell buss vid rådande friktionsvärden och last.	20
4.1 Metod	20
4.2 Resultat	20
5 Inverkan av stelboggi, tyngdpunktsläge och tröghetsmoment på kurvtagningsförmåga och manövrerbarhet och stabilitet	21
5.1 Inverkan av stel boggi på kurvtagningsförmågan	21
5.2 Inverkan av tyngdpunktens läge för rotationströghetsmomentets storlek	22
5.3 Inverkan av förändringar tyngdpunktens läge på den i framhjulen uttagbara sidkraften samt på på boggins vridningsmotstånd	22
6 Synpunkter på åtgärder för att minska sannolikheten för nya olyckor.	23
6.1 Analys och möjliga åtgärder med dagens teknik	23
6.2 Framtidsvision	23
6.2.1 Utfällbara dubbar	23
6.2.2 Istexturering med fordonsmonterad utrustning.	24
6.3 Åtgärder på kort sikt	24
Bilaga 1	25
B1 Beräkning av inverkan av ej styrbar boggi på bussens styrförmåga.	25
B2 Exempel på uppmätta däckkaraktistika	30
B3 Analys av olycksförlopp baserad på väggeometri och avkörningsspår	31
B4 Beräkning av friktionsutnyttjande som funktion av kurv hastigheten med hjälp av vid körprov uppmätta data.	35
B5 Beräkning av tröghetsmomentets inverkan på framhjulens friktionsutnyttjande för att uppnå nödvändig girhastighet	39

Bilaga 2 Däckdata Protokoll och diagram i separat pärm

Bilaga 3 Data CD Däck och kurvkörningsdata samt slutrapport

Bilaga 4 VHSkassetten med film från kurvkörning

Mät- och analysuppdrag. Bussolycka väg 664, Fagersta-Ängelsberg. SHK O-01/03 Slutrapport.

1 Uppdrag

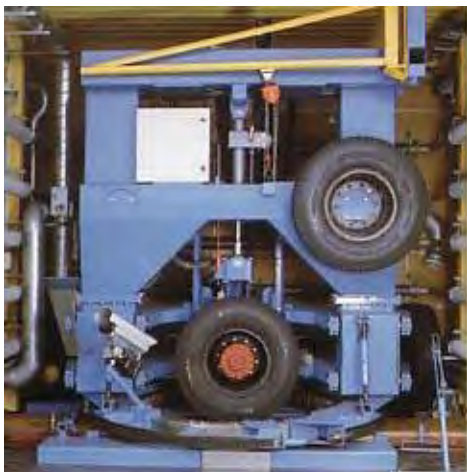
Uppdraget består enligt beställningsskrivelsen från Statens Haverikommission med diariernr SHK O –01/03 av följande delmoment:

1. Uppmätning av däckkaraktistika på is för de tre däcktyper som fanns på bussen samt jämförande mätningar på alternativa vinterdäck.
2. Praktisk körning på aktuell väg med likvärdig instrumenterad buss.
3. Beräkning av maximal säker hastighet genom kurvan för aktuell buss vid rådande friktionsvärden och last enligt riktlinjer i SHK dokument ” .
4. Utredning av ett antal frågor rörande stabilitet och styrning hos bussar med stel boggi.

2 Uppmätning av däckkaraktistika på is för de tre däcktyper som fanns på bussen samt jämförande mätningar på alternativa vinterdäck.

2.1 Metod

Proven utfördes i VTIs däckprovsningsanläggning på slät och skrovlig is vid temperaturerna -2°C och -5°C som ligger nära den vid olyckstillfället uppskattade temperaturen mellan -4°C och -3°C . Provhastigheten var 30 km/h. Däckprovsningsanläggningen vars mätrigg visas i figur 1 har en 55 m lång, rörlig plan vägbana. Närmare beskrivning av banan finns i VTI särtryck nr 220 1994. Olle Nordström. ”The VTI flat bed tyre test facility - A new tool for testing Commercial Tyre Characteristics.”



Figur 1. Provrigg i VTIs däckprovsningsanläggning med lastbilsdäck monterat.

Olycksbussens högerplacerade däck användes vilket ger rätt rotationsriktning i provmaskinen. Däcken som hade dimensionen 295/80-22.5 var av följande fabrikat och typ.

Höger framhjul (HF): Dunlop SP341 tillverkat vecka 38 2001 med mönsterdjup 10,1 mm och ringtryck 880 kPa

Höger drivhjul (HD): Regummerat av BOSS på stomme Dunlop SP341 med mönsterdjup 16,4 mm och ringtryck 860 kPa

Höger boggihjul (HB): Regummerat av BOSS på stomme Dunlop SP341 med mönsterdjup 10,5 mm och ringtryck 700 kPa

Bokstavskombinationerna inom parentes är de däckkoder som används resultatredovisningens diagram.

Ringtrycken var de som däcken hade vid leverans till VTI och förutsätts vara de som användes vid olyckstillfället.

Två till tre hjullaster användes för att täcka in för däcken aktuell lastvariation.

Proven utgjordes av rena broms- och styrprov samt kombinerade broms- och styrprov vid avdriftsvinklarna 2, 5 och 10 grader som repeterades två gånger utom vid de jämförande proven med alternativa däck där mätningarna endast repeterades en gång. Varje försöksdag provades alla aktuella däck i en symmetrisk provserie för att kompensera för eventuell under dagen fortlöpande inverkan av polering och texturering.

Vid de jämförande proven med alternativa däck användes förutom olycksbussens högra framdäck följande 6 speciellt för vinterbruk framtagna däck av de i Sverige mest sålda fabrikaten. Ett av dessa är ett dubbat däck med lagenligt antal (126) godkända lastbilsdubbar med dubbutstick cirka 2 mm.

1. Michelin X FN+(MIFN2) med fullt mönsterdjup 16,8 mm tillverkat vecka 02 2001.
2. Michelin X JW4 Snow Radial (MIJW4) med fullt mönsterdjup 15,5 mm tillverkat vecka 30 2002.
3. Good Year Ultra Grip WTS (GO) med fullt mönsterdjup, 17,1 mm tillverkat vecka 02 2003.
4. Bridgestone M758 (BR) med fullt mönsterdjup 19,0 mm tillverkat vecka 29 2002.
5. Yokohama Super Steel TY 287 (YO) med fullt mönsterdjup 16,0 mm tillverkat vecka 16 2002.
6. Dubbat Michelin X ZA (MIDU) med 126 lagenliga dubbar med cirka 2 mm utstick och med fullt mönsterdjup 18,5 mm tillverkat vecka 13 1992.

För samtliga däck skulle ringtrycket det för bussens framdäck använda 880 kPa ha använts men genom ett förbiseende användes 780 kPa för jämförelsedäcken. Skillnaden bedöms dock ha försumbar betydelse för resultatet. Hjullasten 30 kN, som ligger nära den för bussen aktuella, användes.

2.2 Resultat

2.2.1 Däckkaraktistika för olycksbussens däck

I diagram 1 till 4 visas medelvärdet av uppmätt maximal bromsfriktion för slät resp. skrovlig is som funktion av hjullast. Motsvarande resultat för maximal sidfriktion visas i diagram 5 till 8.

Den statiska hjullasten på olycksbussen var cirka 28 kN på framhjulen och cirka 20 kN på övriga hjul. Bromsfriktionen på slät is var sämst för drivhjulsdäcket. På skrovlig is var det däremot bäst. Sidfriktionen var genomgående bäst för däcket från boggiaxeln med likvärdig eller bättre sidfriktion vid aktuell hjullast än de två övriga däcken. Framhjulsdäcket är något bättre än drivhjulsdäcket på slät is, likvärdigt på den skrovliga isen vid -5°C men sämst på den skrovliga ytan vid -2°C .

Både broms- och sidfriktion minskar i de flesta fall med ökande hjulbelastning och när temperaturen närmar sig noll och ökar med ökande skrovlighet. På slät polerad is är friktionen oacceptabelt låg vid båda de provade temperaturerna. Styrbarheten går i praktiken helt förlorad vid -2°C .

Den skrovliga isen är kraftigt texturerad med dominans för längs körriktningen orienterad struktur vilket också vanligen är fallet på verklig väg. Detta gör att sidfriktionen som ju avgör bromsförmågan ökar mer än bromsfriktionen. Ökningen av styrbarheten jämfört med slät is är stor och ger för vinterförhållanden helt acceptabla värden även vid temperaturen -2°C . Vid låst hjul resp. stora avdriftsvinklar minskar friktionen drastiskt till omkring 0.05 vilket i praktiken gör fordonet helt ostyrbart.

I diagram 9 till 21 visas sidfriktionen som funktion av avdriftsvinkeln baserad på medelvärdena från mätningarna vid 2, 5, 10 och 20 graders avdriftsvinkel på slät och skrovlig is vid temperaturerna -5°C och -2°C . Av diagrammen framgår att sidfriktionsuttaget per avdriftsvinkelenhet är mycket lika för de tre däcken samt att inverkan av belastningen är liten men tendensen är att kurvornas lutning är något större vid lägre last. Däremot är lutningen i stort sett proportionell mot friktionsmaximum. Friktionsmaximum tenderar att sjunka vid ökande hjullast. Avdriftsvinkeln för friktionsmaximum ligger på slät is i samtliga fall i området 2 till 3 grader. På skrovlig is är kurvorna flackare och friktionen är likartad i området 2 till 6 grader. Friktionsmaximum ligger inom detta område och oftast vid mellan 3 och fyra grader. Resultat från enskilda mätningar med kontinuerlig mätning av sidfriktionsförloppet vid ökande avdriftsvinkel visas i diagram B1-B9 i Appendix 1. Kurvorna illustrerar bl. a. den spridning som erhålles på grund av att skrovligheten ökar något under en mättag som en följd av att ytan bearbetas mellan varje körning för att motverka poleringseffekter. Försöksprogrammet har därför också gjorts symmetriskt (HD, HF, HB, HB, HF, HD) för de tre däcken för att medelvärdet så långt möjligt skall ge en rättvisande jämförelse.

I diagrammen 22 till 30 visas exempel på resultat från kombinerade broms- och styrprov där man kan se vilken kraftig nedsättning av styrförmågan som erhålls redan långt innan hjullåsning. Även med ABS-system på bromsarna blir styrförmågan speciellt på halt underlag lätt otillräcklig vid försök till bromsning under kurvtagning.

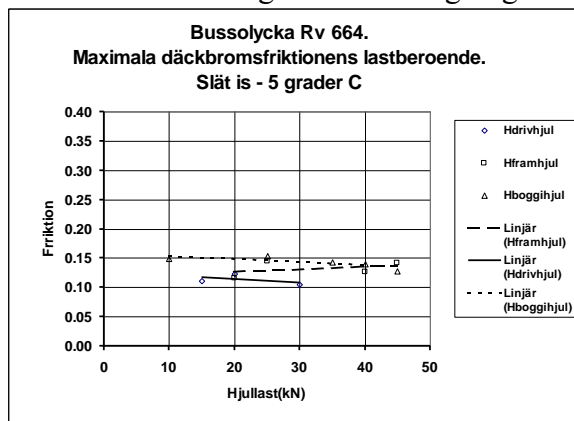


Diagram 1.

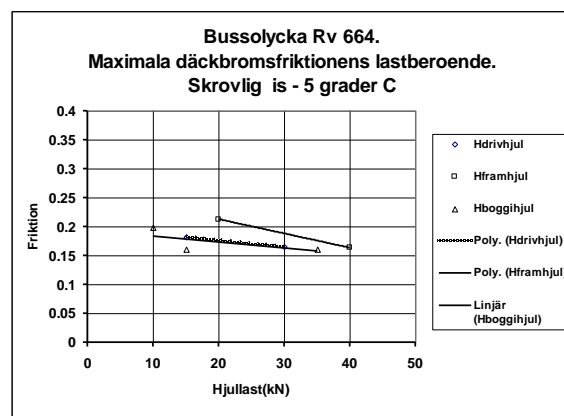


Diagram 2.

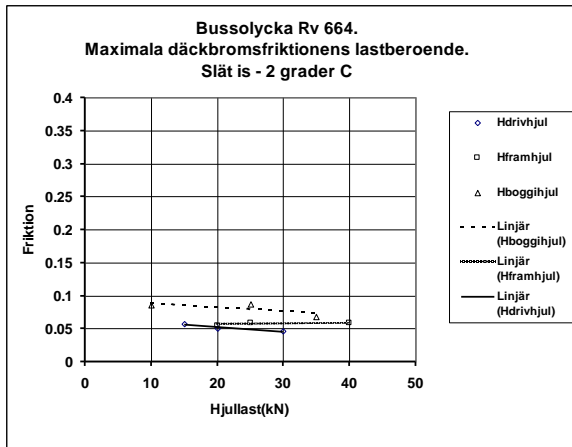


Diagram 3.

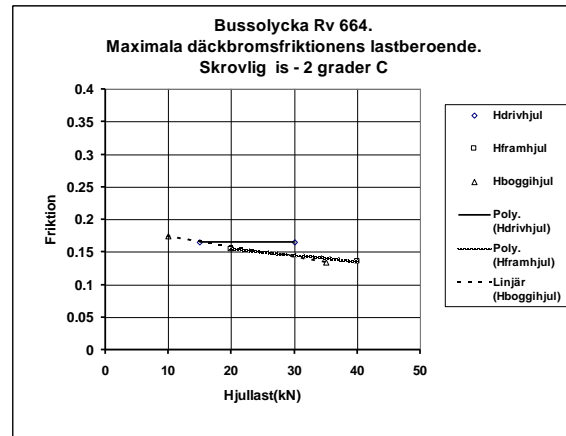


Diagram 4.

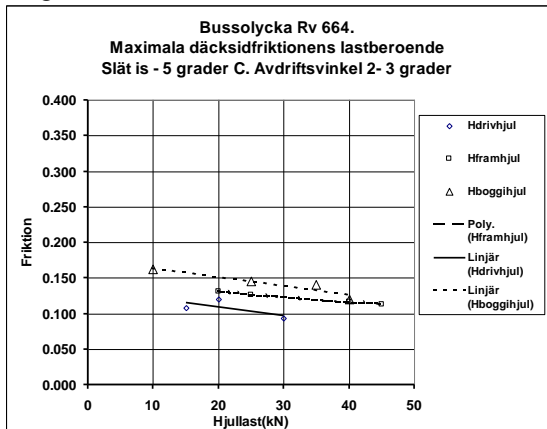


Diagram 5.

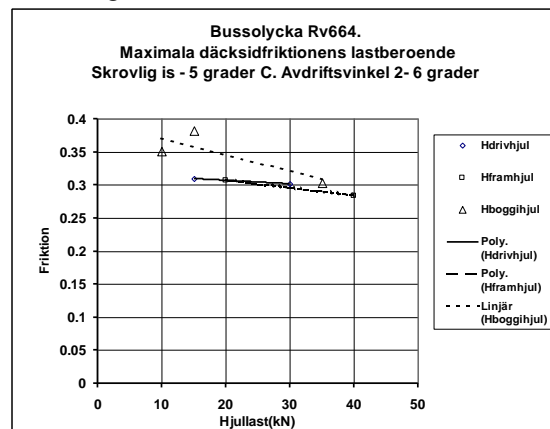


Diagram 6.

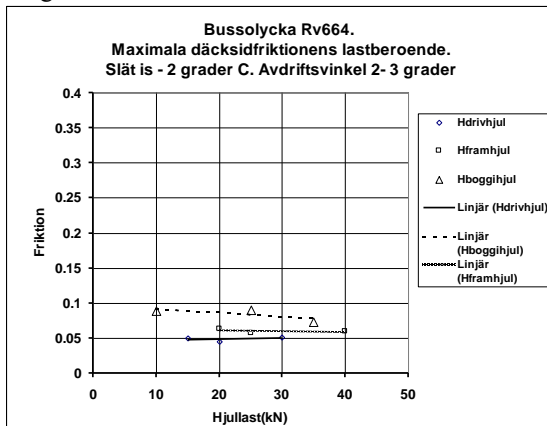


Diagram 7.

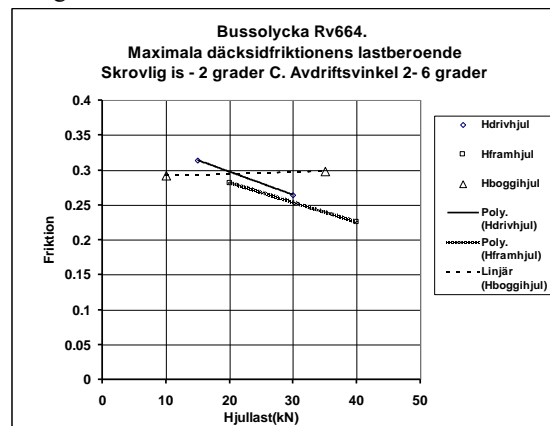


Diagram 8.

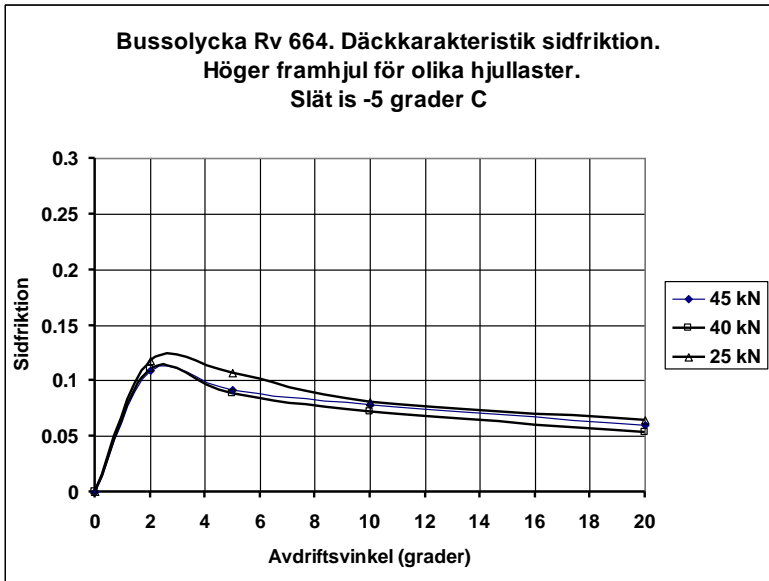


Diagram 9.

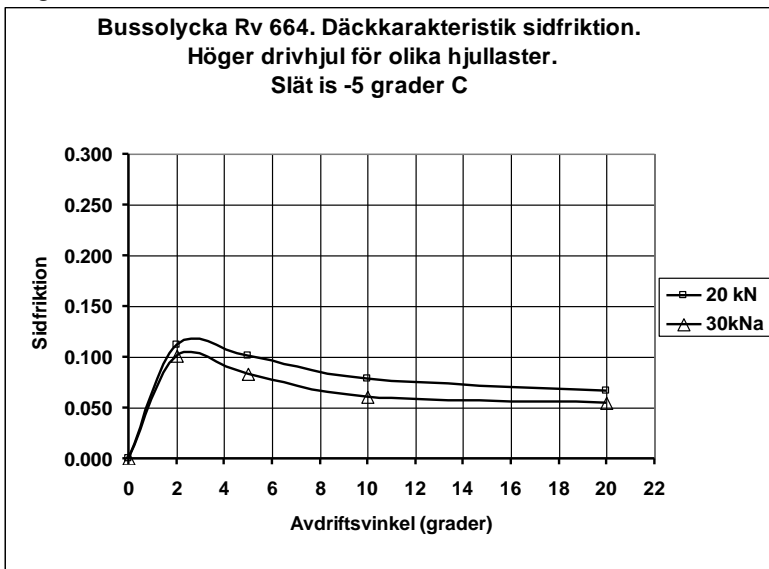


Diagram 10.

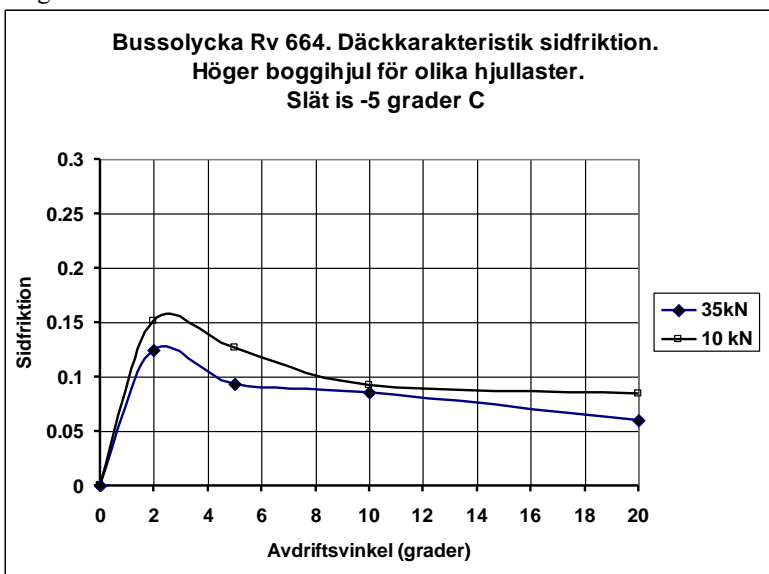


Diagram 11.

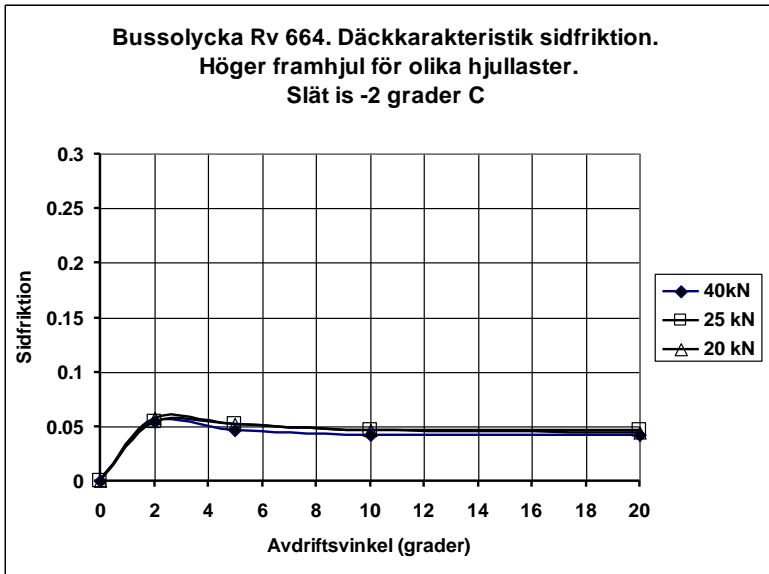


Diagram 12.

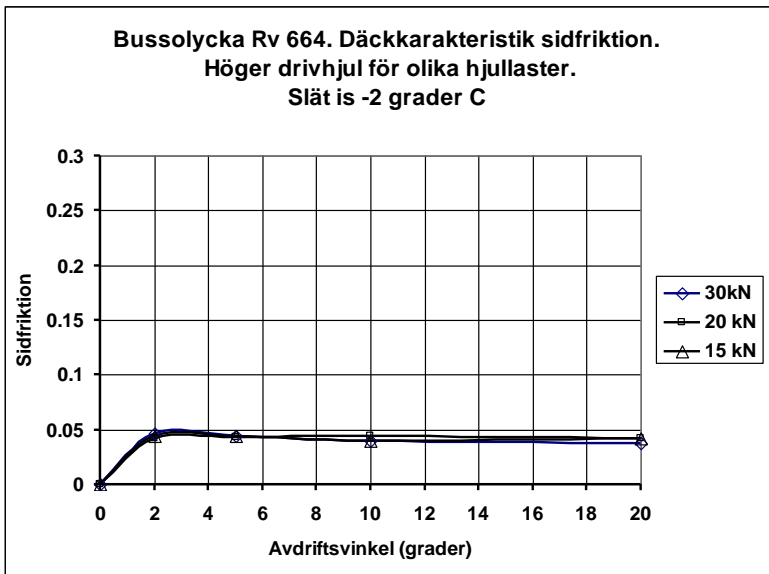


Diagram 13.

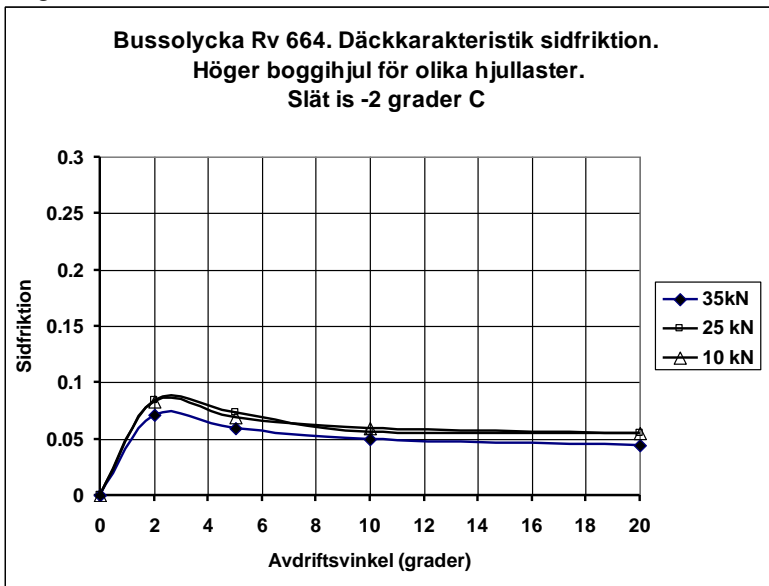


Diagram 14.

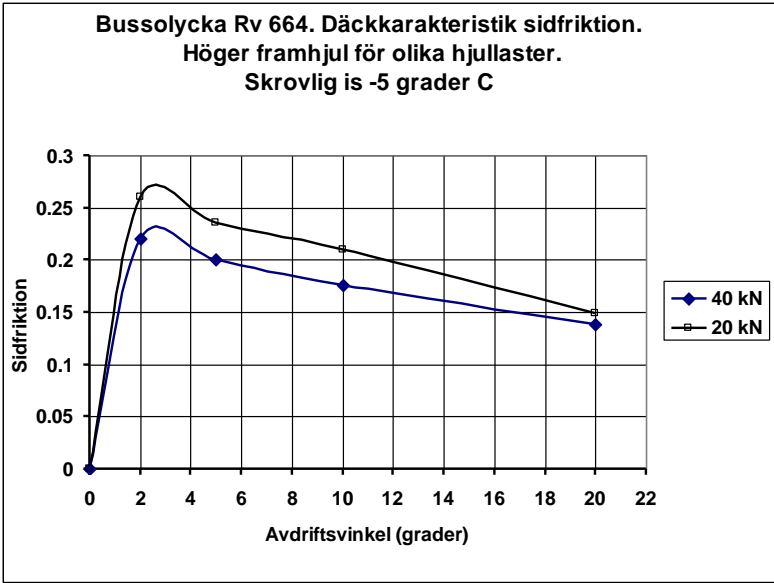


Diagram 15.

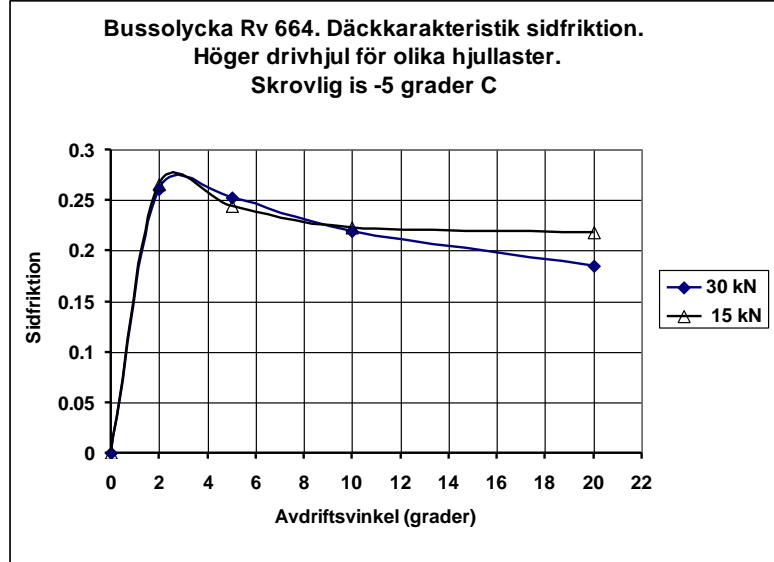


Diagram 16

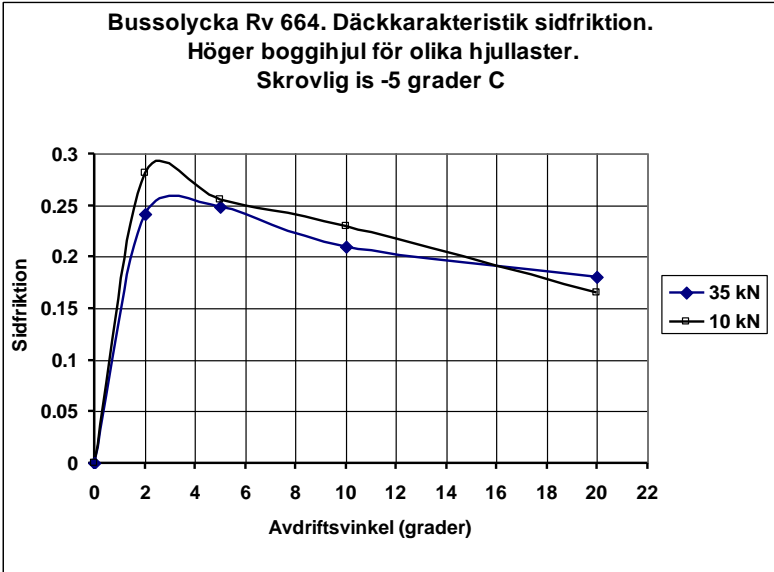


Diagram 17.

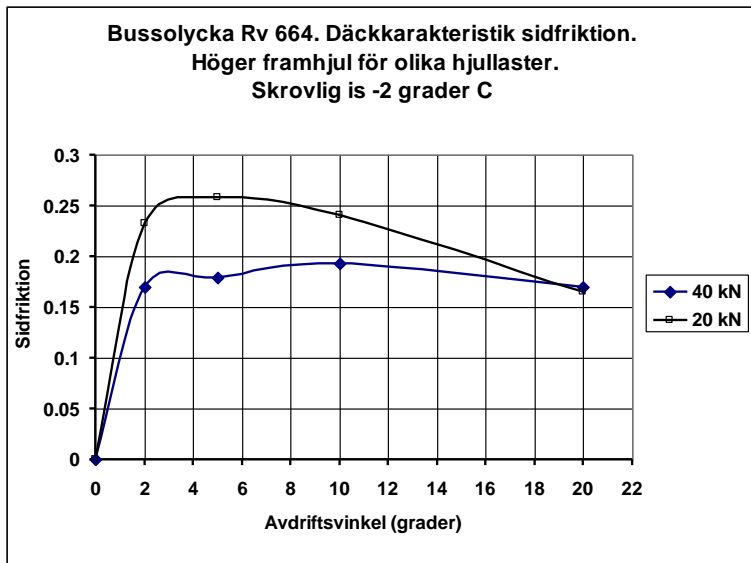


Diagram 18.

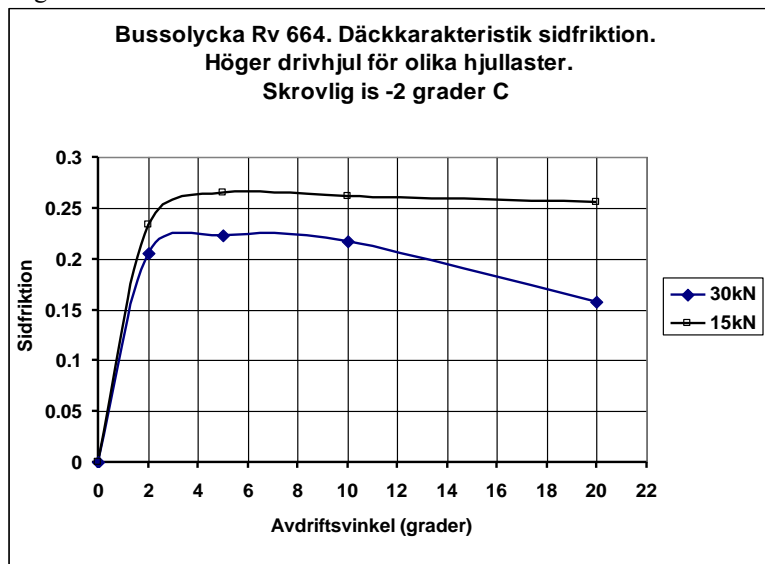


Diagram 19

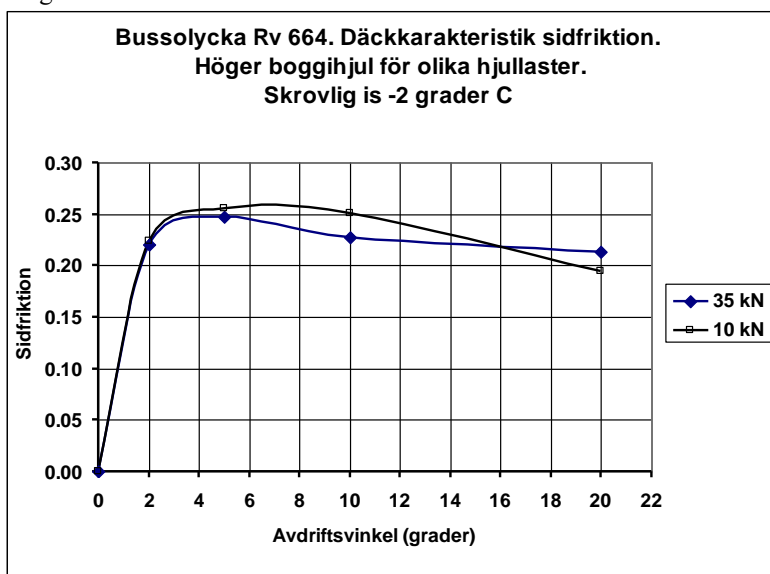


Diagram 20.

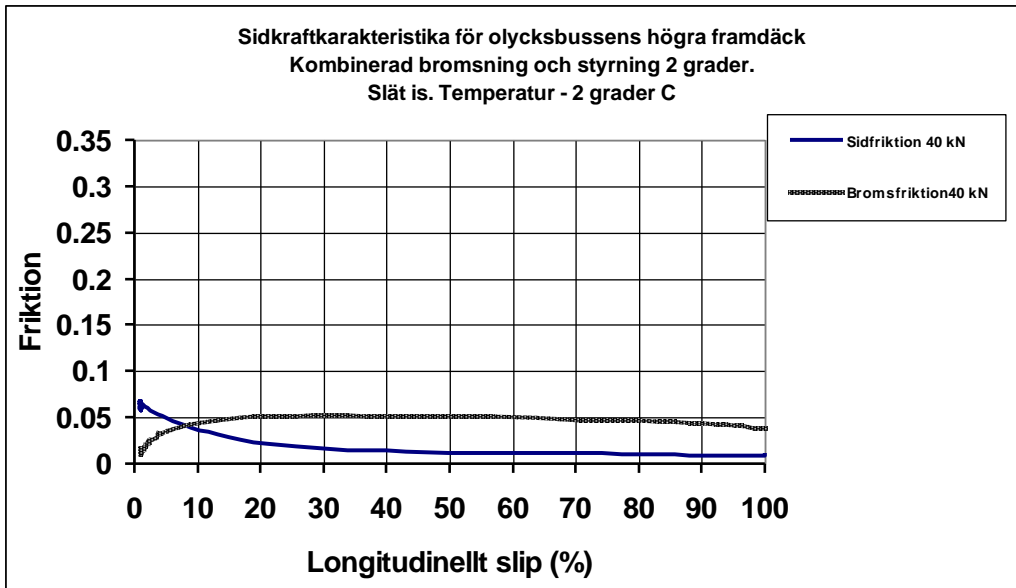


Diagram 21

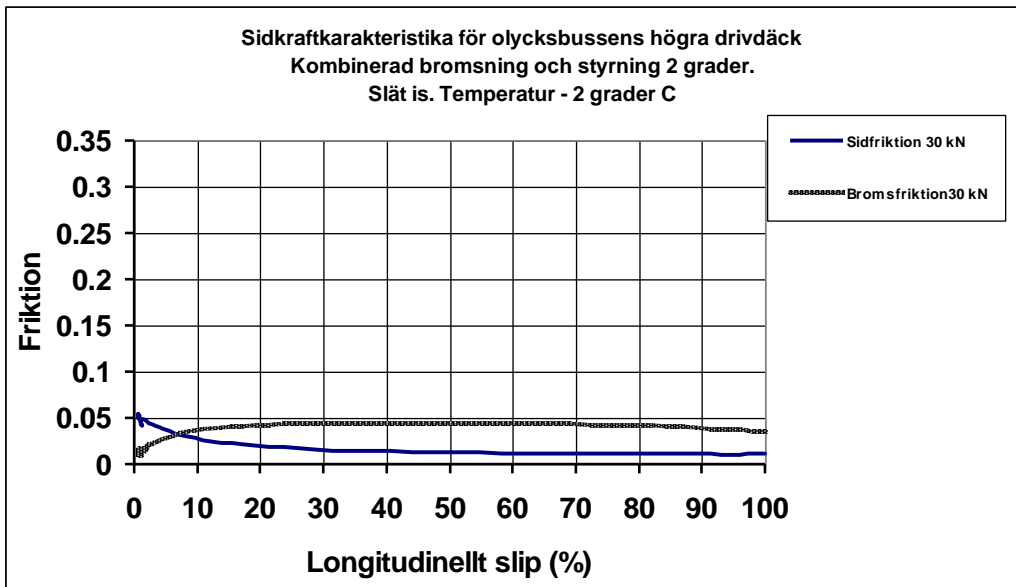


Diagram 22.

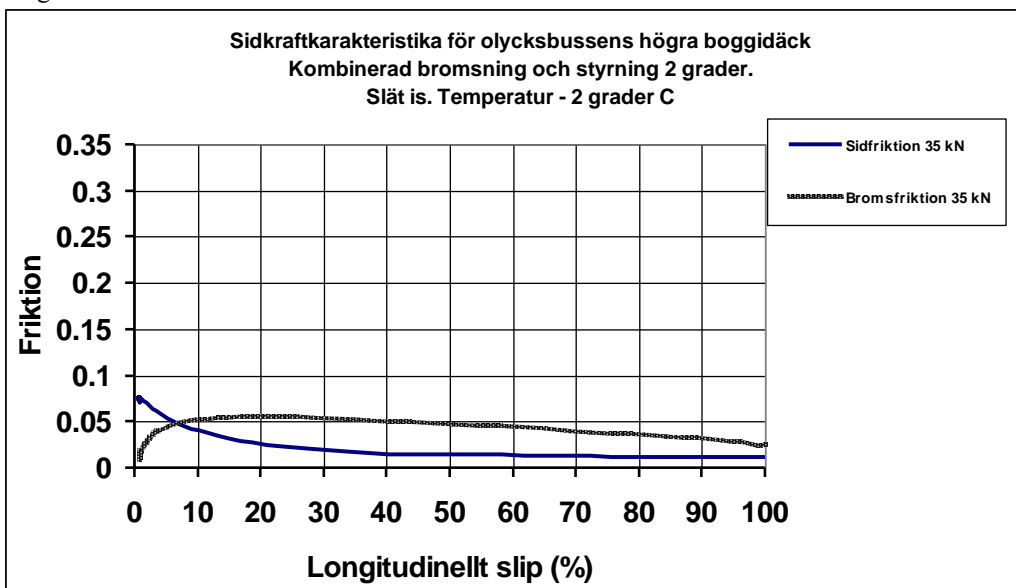


Diagram 23.

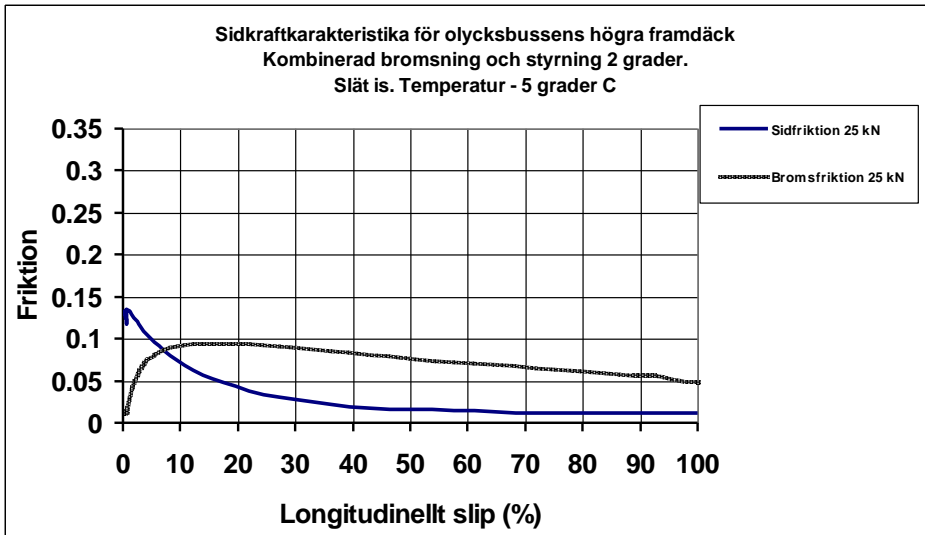


Diagram 24

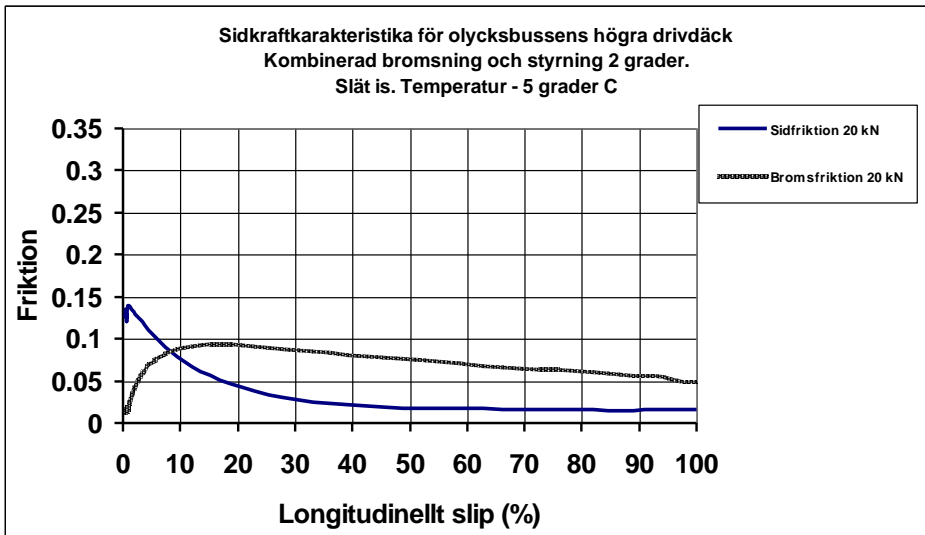


Diagram 25.

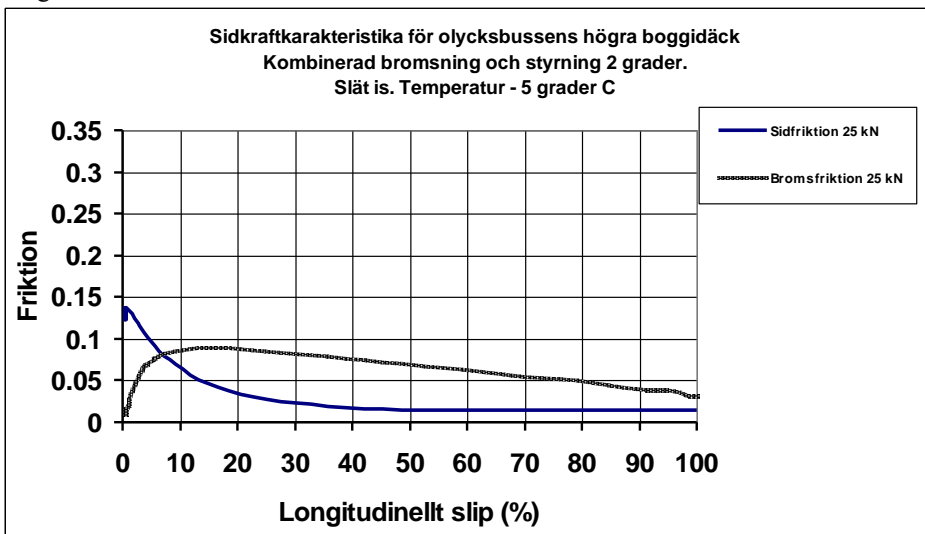


Diagram 26.

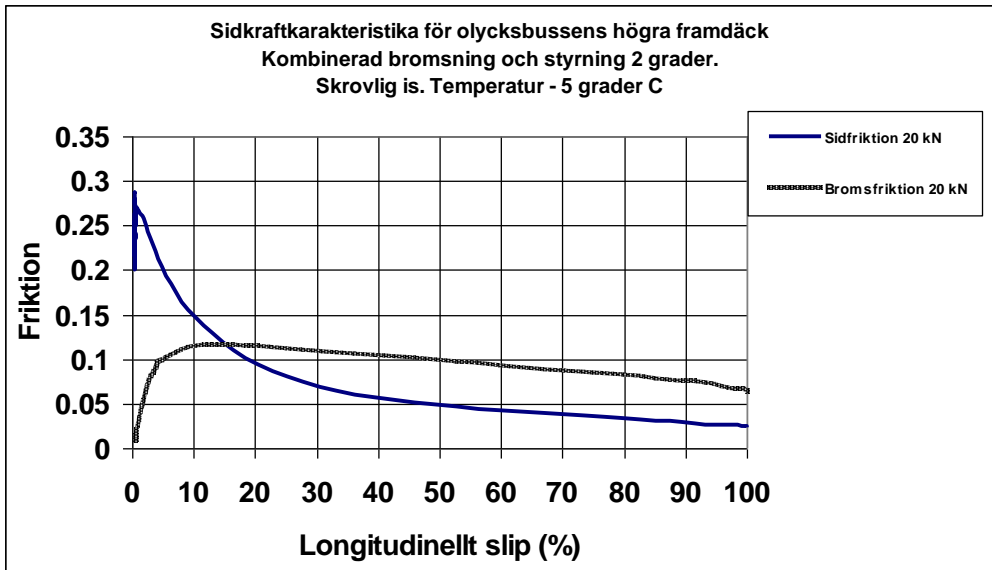


Diagram 27.

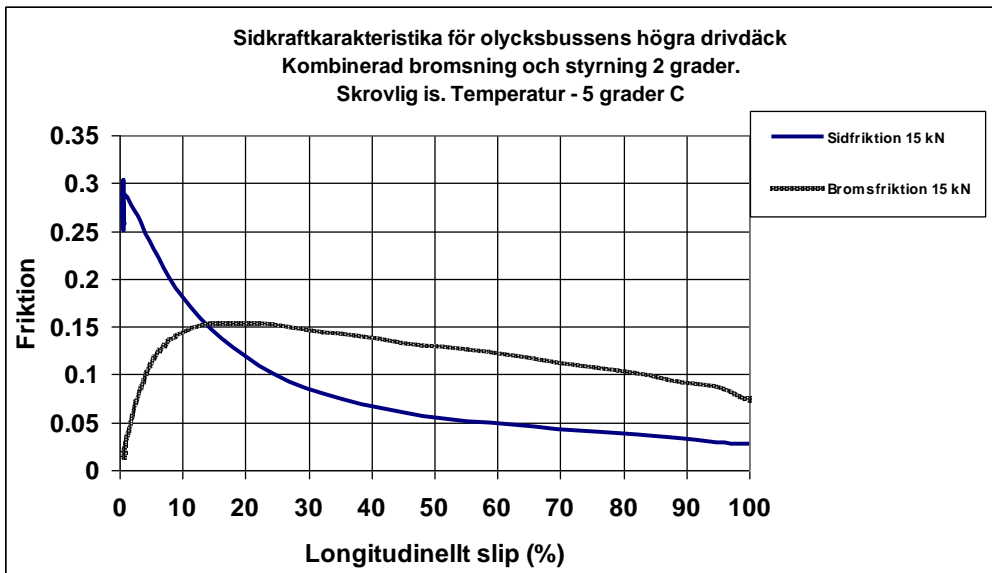


Diagram 28

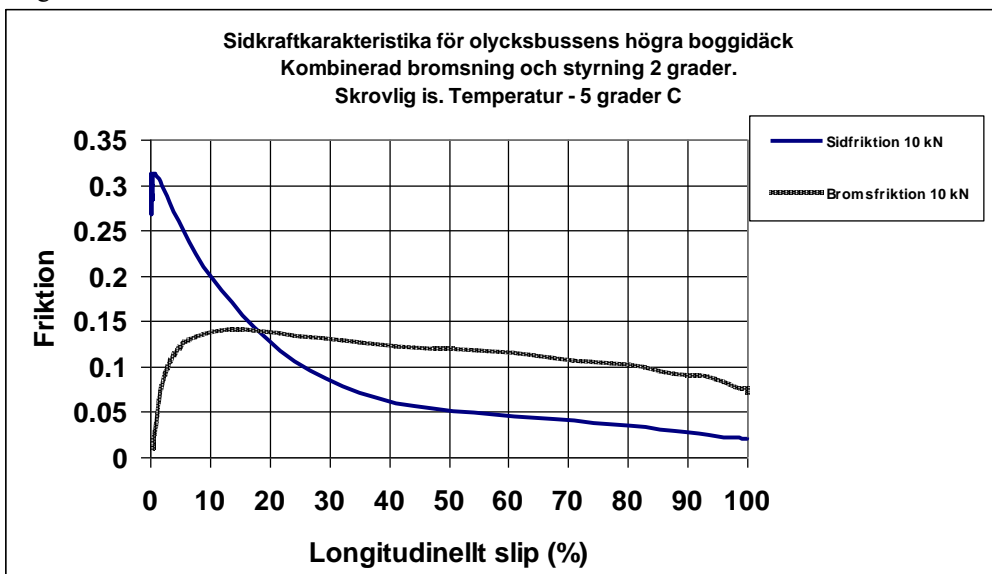


Diagram 29.

2.2.2 Jämförelse mellan olika däckalternativ.

Resultaten av de jämförande proven med alternativa däck, som framgår av diagram 30 till 35, visar att olycksbussens halvslitna framdäck har bäst bromsprestanda efter det dubbade däcket på slät is vid $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$. När det gäller styrförmåga på slät is är det inte bäst men bland de bättre av de provade däcken. Friktionen är dock farligt låg även för det dubbade däcket.

Även här har samtliga däck provats under en försöksdag med en symmetrisk serie för att kompensera för effekter av polering och texturering under provens gång. Serien kördes en gång per temperatur och istextur. Varje provtyp kördes således två gånger per däck utom för det dubbade däcket som endast kördes en gång i slutet av serien för att inte påverka isytan för de andra däcken. Båda resultaten samt medelvärdet redovisas i diagrammen.

Vid -2°C och slät is är alla de odubbade däcken okörbara annat än rakt fram på plan väg med mycket stor försiktighet. På grund av tvärlutningen är det i praktiken inte möjligt att hålla sig på vägen även om den är rak. Prov med dubbat däck ingår inte i denna serie som var den inledande. Beslut om dubbdäck gjordes efter denna och kostnaden för en repetition ansågs inte befogad då redan -5°C gav information om att dubbarna visserligen gav en förbättring men med den använda dubbningen som uppfyller nuvarande lagkrav inte ger acceptabel säkerhet. Vid -2°C skulle den procentuella förbättringen jämfört med de odubbade med största sannolikhet varit större men friktionen ändå otillfredsställande låg.

På skrovlig is vid -2°C har samtliga däck fullt godtagbara styregenskaper vid normalt försiktig körning på vinterväglag. Här är dock de flesta nya vinterdäcken påtagligt bättre än det slitna bussdäcket. Huruvida skillnaden enbart beror på slitaget eller också på bättre mönster och gummiblandning går inte att säga på grundval av denna jämförelse. De i förhållande till de andra däcken bra bromsresultaten på slät is tyder dock på att gummiblandningen på det slitna däcket är bra. På slät is har tidigare prov visat att ett slitet däck kan vara väl så bra ifråga om maximal friktion. Vid låsning brukar de dock vara sämre. Dubbdäcket hade påtagligt bättre resultat än de odubbade vid låst hjul och 20 graders avdriftsvinkel.

Resultaten pekar på att varken bättre däckval eller laglig dubbning säkert skulle avvärjt olyckan om inte isen varit mycket skrovlig. Uttalanden om att vägbanan känns hal att gå på tyder dock på att vägbanan var ganska slät och polerad av trafiken. Rekonstruktionen av olyckan i bilaga 1 avsnitt B3 gav en utnyttjad friktion mellan $0,1$ och $0,2$ för kurvtagning vilket styrker dessa uppgifter.

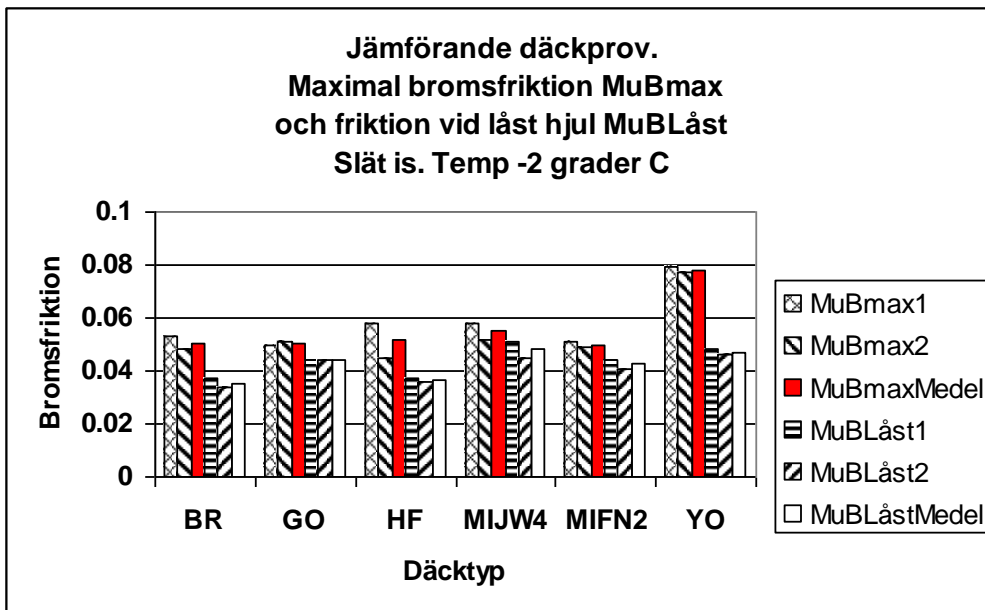


Diagram 30.

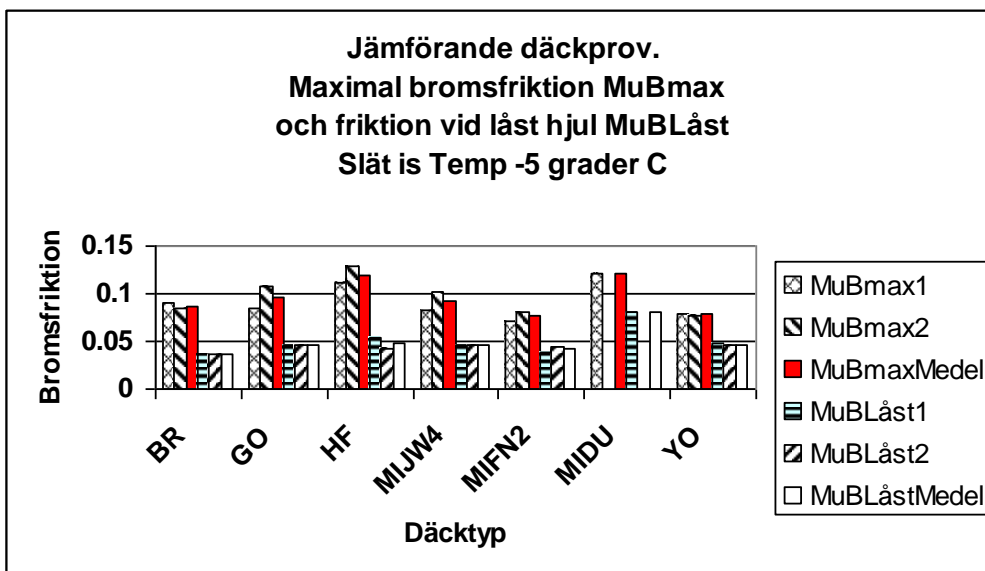


Diagram 31.

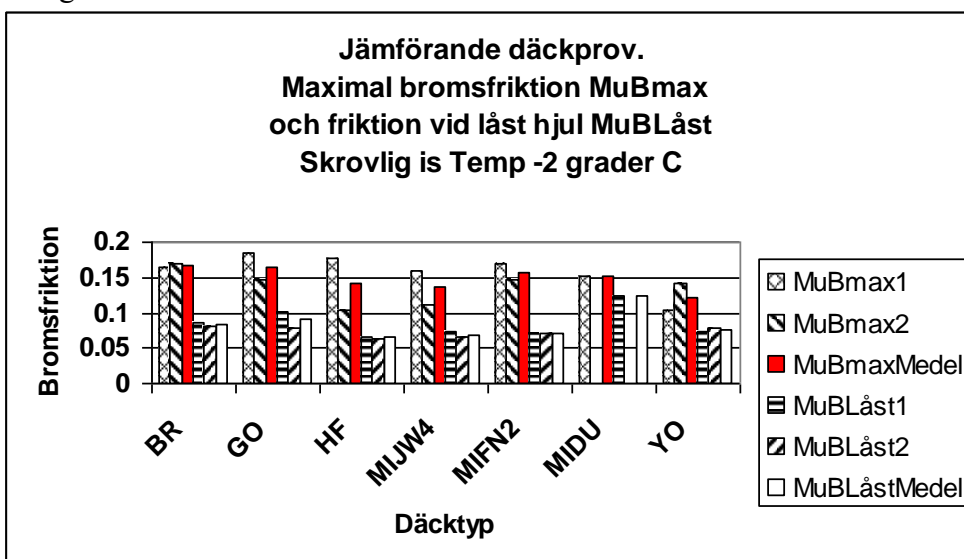


Diagram 32.

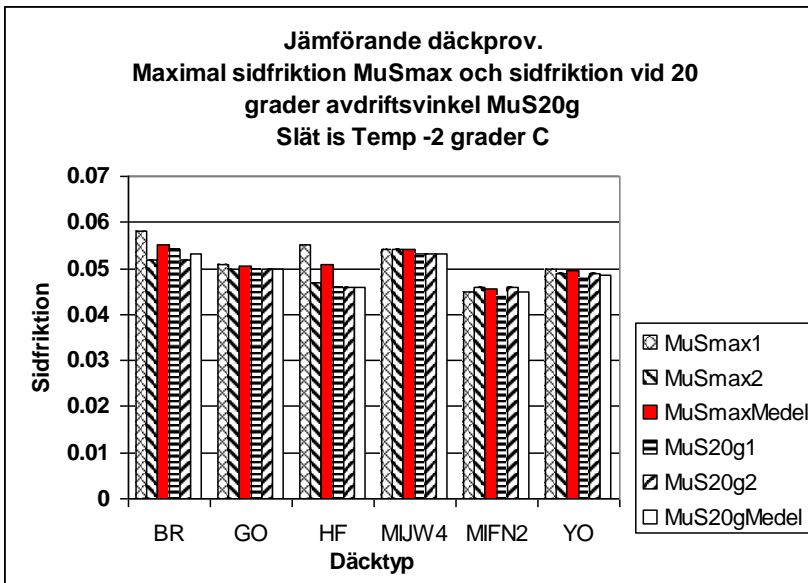


Diagram 33.

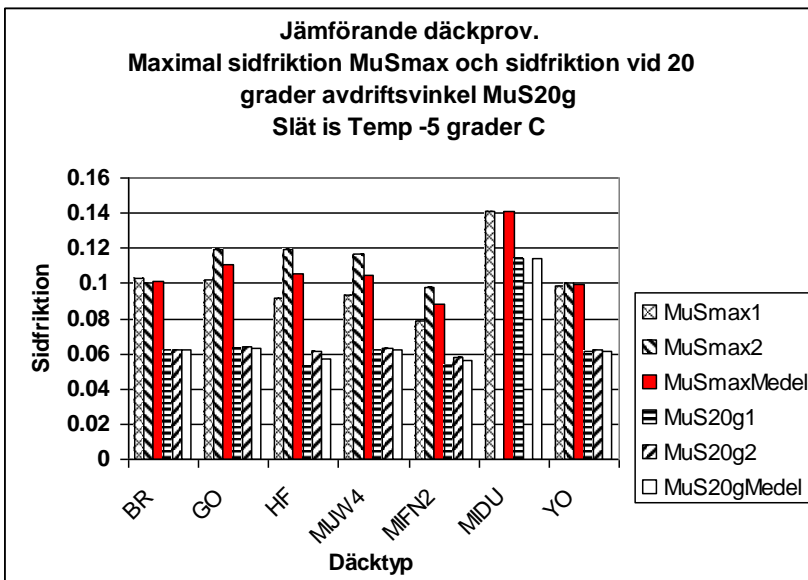


Diagram 34.

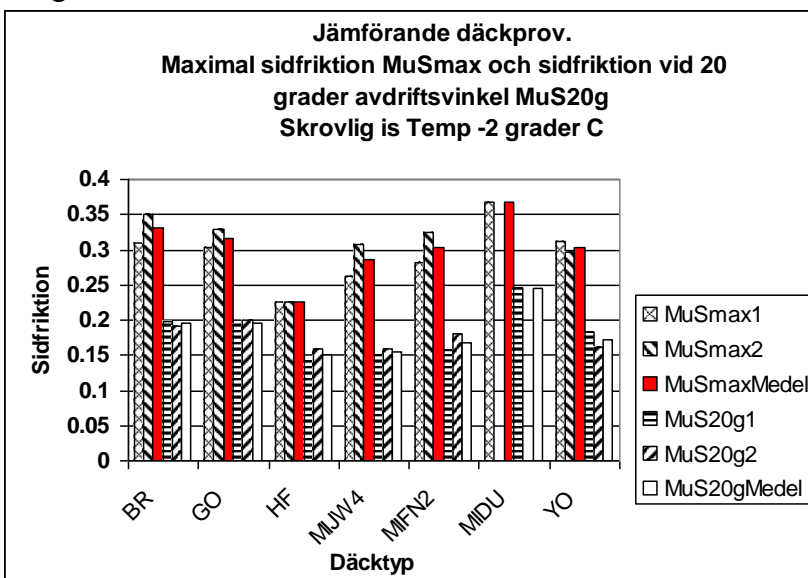


Diagram 35.

3 Praktisk körning på aktuell väg med likvärdig instrumenterad buss.

3.1 Metod

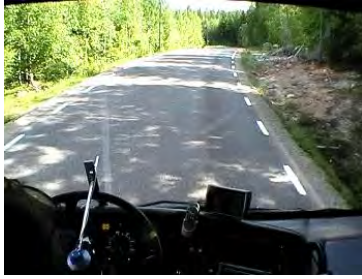
En buss av samma fabrikat och utförande som olycksbussen inhyrdes och försågs med instrument för mätning av körtid, körd distans, körhastighet, karossrelaterad sidacceleration och längsacceleration samt girhastighet och rattvinkel. Dessutom användes en optisk trigg som registrerade passage av en reflex i väggkanten för att få en referenspunkt mot väggeometrin. Körningarna dokumenterades också med videofilmning inifrån bussen från en punkt strax bakom föraren. En filmning från väggkanten utfördes också vid hastigheten 50 km/h. Med hjälp av ett digitalt vinkelmätdon uppmättes vägens tvärlutning och längslutning var tionde meter över 110 m som omfattar själva kurvan som en komplettering till vägverkets uppmätning.

Bussen kördes olastad då det inte ansågs motiverat med de extra kostnader en lastning skulle innebära och eftersom bussens viktfordelning är i stort sett densamma i fullastad och olastad tillstånd och bussen vid olyckstillfället var fullastad. Körningar gjordes vid hastigheterna 8, 20, 30, 40 och 50 km/h. Tre körningar utfördes vid varje hastighet med något olika körstrategi. Dessa var följning av högerkant, följning av vägmitt samt skärning av kurvan. I praktiken blev skillnaderna i mätresultat små.

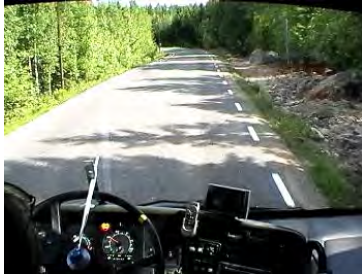
Figur 2 visar provbussen i kurvan. Figureerna 3 till 13 visar filmbilder inifrån bussen från backkrönet före kurvan till utgången ur kurvan. Reflexen för triggutrustningen syns på bild 7. Avåkning har skett mellan bild 12 och 13. Bild 14 visar bussen ungefär vid avåkningspunkten. Figureerna 15 till 18 visar bilder av beläggningen på olycksplatsen som har normal textur.



Figur 2 Provbussen i 50km/h genom olyckskurvan



Figur 3. Hastighet 50 km/h. Tidpunkt T



Figur 4. Hastighet 50 km/h. Tidpunkt T + 2 sek



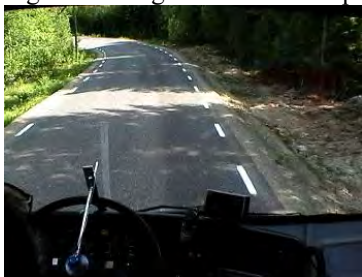
Figur 5. Hastighet 50 km/h. Tidpunkt T + 3sek



Figur 6. Hastighet 50 km/h. Tidpunkt T + 4 sek



Figur 7. Hastighet 50 km/h. Tidpunkt T + 5 sek



Figur 8. Hastighet 50 km/h. Tidpunkt T + 6 sek



Figur 9. Hastighet 50 km/h. Tidpunkt T + 7 sek



Figur 10. Hastighet 50 km/h. Tidpunkt T + 8 sek



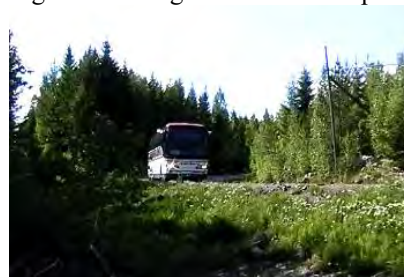
Figur 11. Hastighet 50 km/h. Tidpunkt T + 9 sek



Figur 12. Hastighet 50 km/h. Tidpunkt T + 10 sek



Figur 13. Hastighet 50 km/h. Tidpunkt T + 11 sek



Figur 14. Provbussen i 50km/h genom olyckskurvan



Figur 15. Beläggningstextur i kurvan



Figur 16. Beläggningstextur i kurvan



Figur 17. Beläggningstextur i kurvan

3.2 Resultat

Typiska resultat från de fem provhastigheterna redovisas i diagrammen 37 till 41 som visar sidacceleration, hastighet, girhastighet och rattvinkel som funktion av körsträcka. I bilaga 1, avsnitt B4, som redovisar dataanalysen av resultaten, redovisas data från utvärdering av samtliga prov i tabell B1 samt resultaten av mätningarna av vägens tvär- och längslutning i tabell B2. Resultaten av utvärderingen i bilaga 1 utnyttjas i avsnitt 4 för beräkning av högsta säkra kurvhastighet.

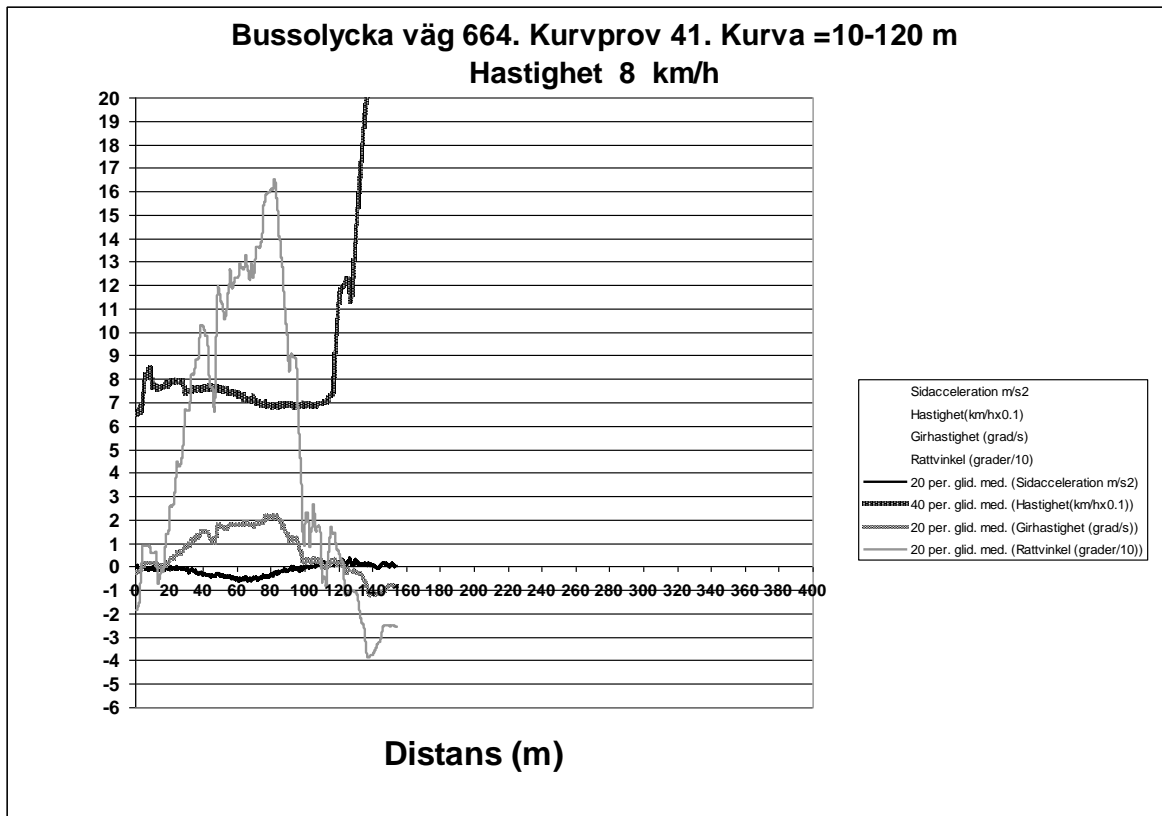


Diagram 36.

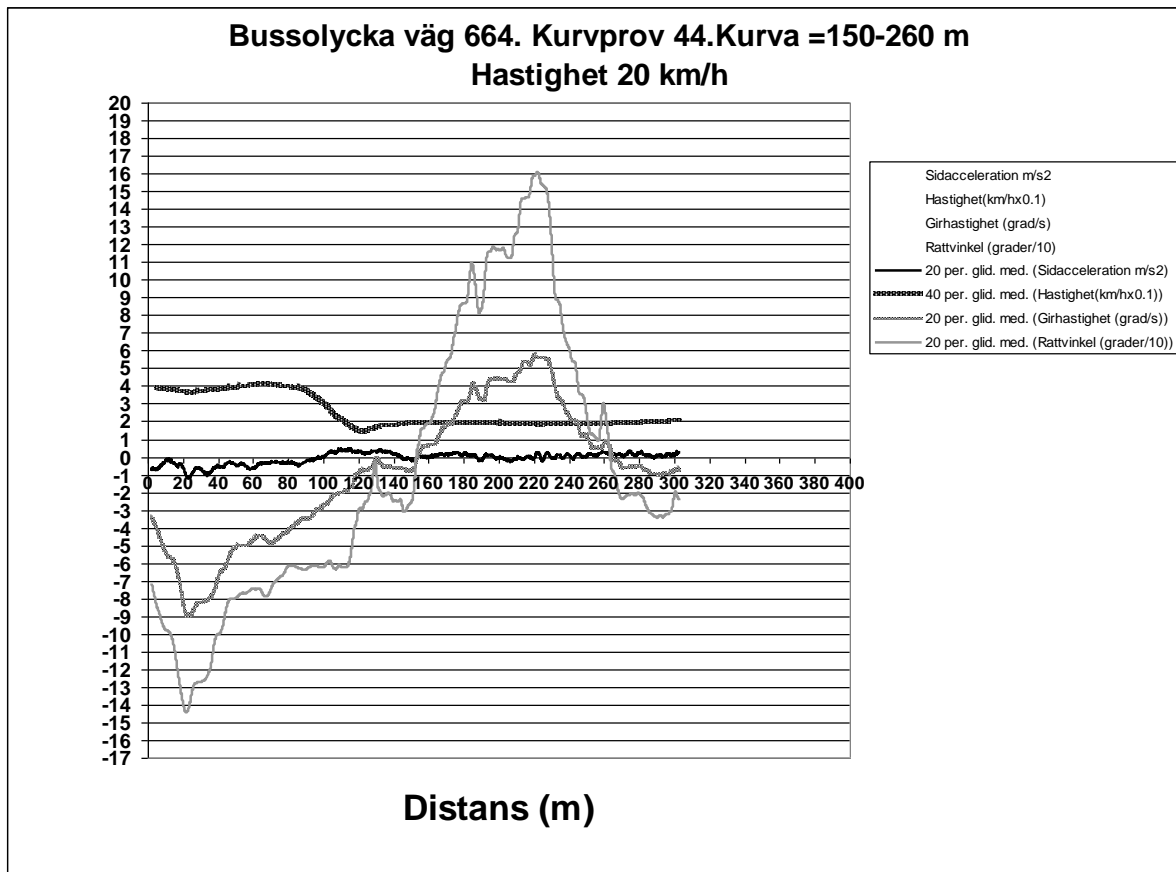


Diagram 37.

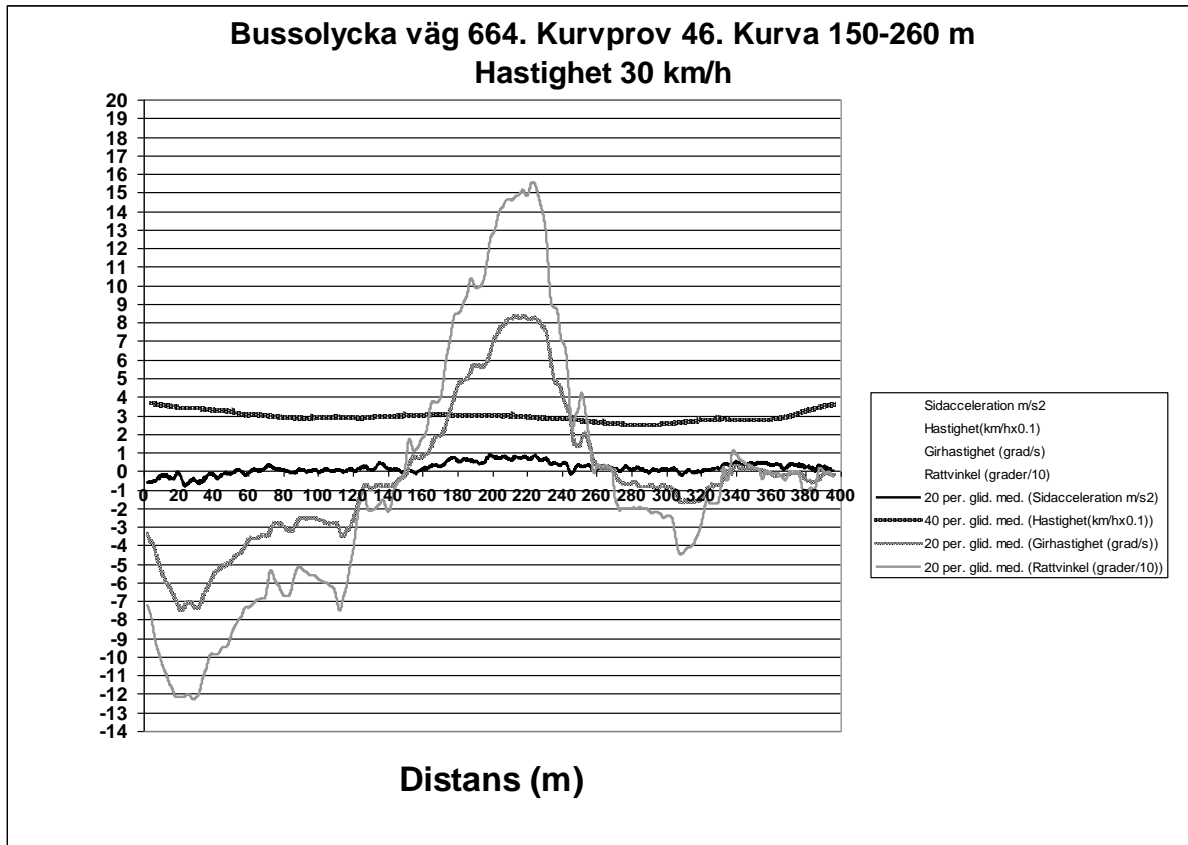


Diagram 38.

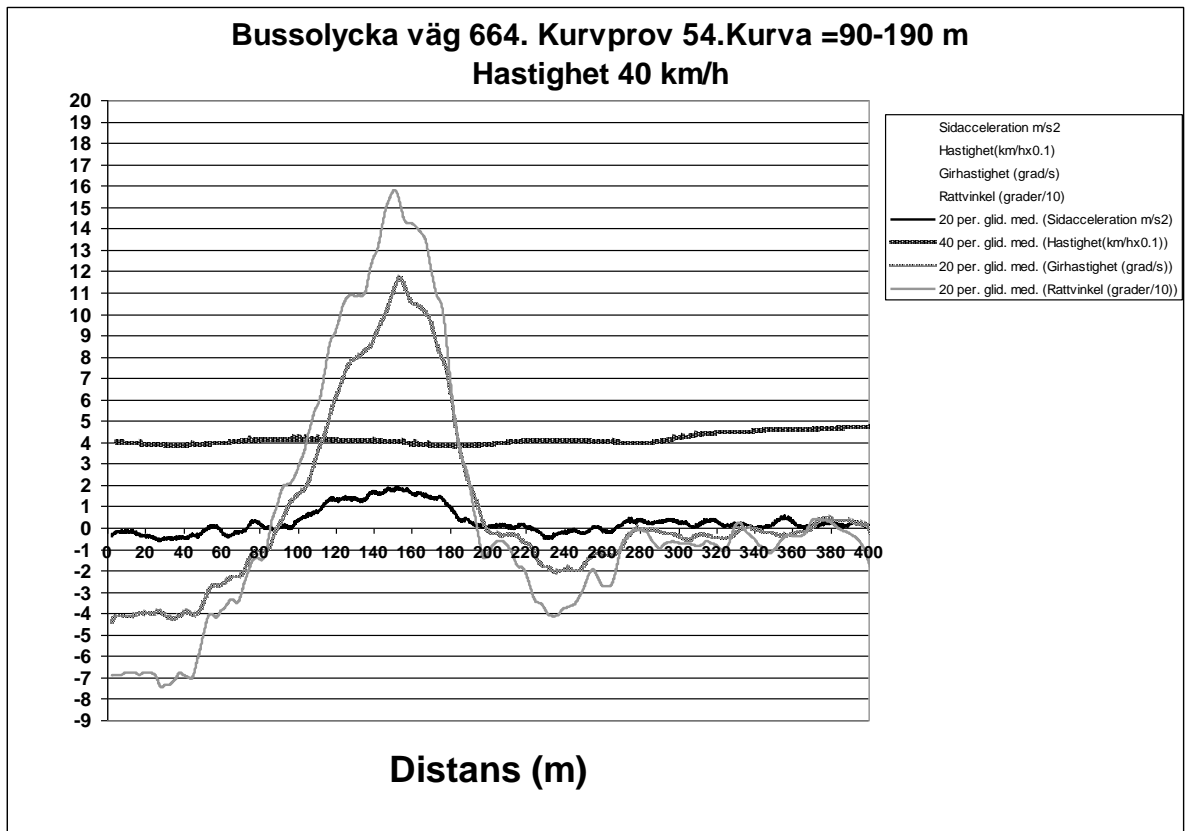


Diagram 39.

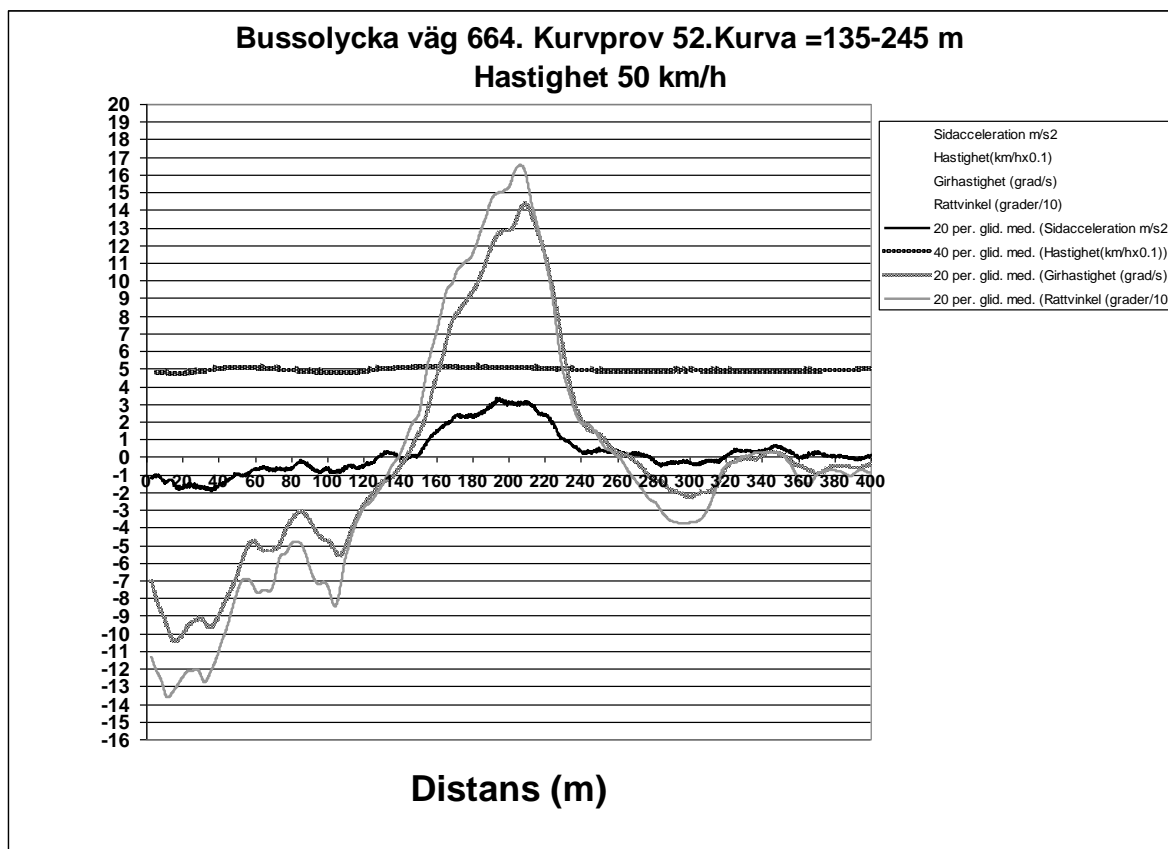


Diagram 40.

4 Beräkning av maximal säker hastighet genom kurvan för aktuell buss vid rådande friktionsvärden och last.

4.1 Metod

Med hjälp av mätresultaten från kurvkörningarna, vägverkets uppmätningar av kurvradier, tvärlutning och längslutning samt uppgifter om bussens axelbelastningar, axelavstånd och styrutväxling har samband mellan kurvhastighet och sidacceleration i vägplanets riktning kunnat beräknas. Denna sidacceleration är ett direkt mått på erforderlig effektiv friktion som krävs för att bussen skall kunna följa kurvan. Sektionen med den minsta kurvradien är avgörande för den erforderliga effektiva friktionen. Den hjulaxel som har sämst friktion i förhållande till det som krävs för att hålla fordonet i balans och den friktion som finns tillgänglig för dessa däck är avgörande för bussens effektiva friktion.

4.2 Resultat

Resultaten av däkmätningarna visar på att man vid slät is vid $-3,5$ och aktuella hjulbelastningar och linjärt beroende av dessa faktorer i medeltal kan räkna med en maximalt uttagbar friktionskoefficient på cirka 0,09. På skrovlig is är motsvarande siffra cirka 0,28. Ur diagram 42 kan utläsas att dessa värden motsvarar en maximalt möjlig kurvhastighet av 31 resp. 48,5 km/h. Eftersom skrovlighetsgraden varierar och är svår att bedöma måste den lägsta hastigheten ur säkerhetssynpunkt bli utslagsgivande. För att ha rimlig säkerhetsmarginal för avvikelser från optimal styrteknik genom kurvan måste hastigheten vara lägre. Högsta säkra hastighet bedöms ligga på cirka 25 km/h vilket motsvarar ett friktionsutnyttjande på cirka 0,05.

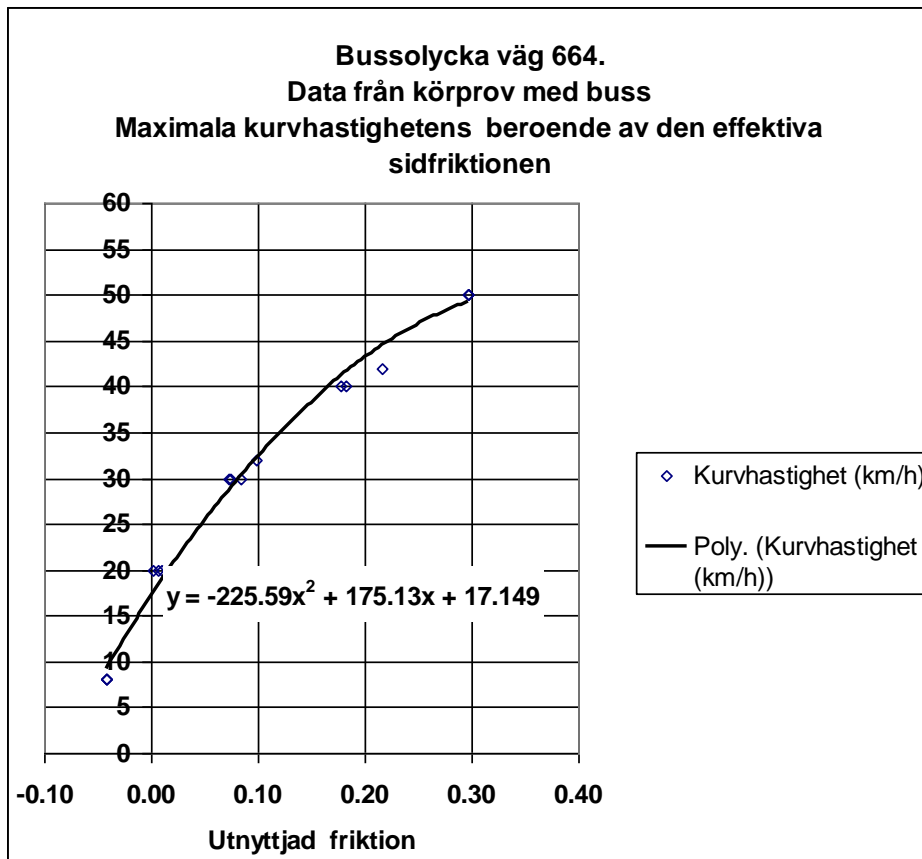


Diagram 42.

5 Inverkan av stel boggi, tyngdpunktsläge och tröghetsmoment på kurvtagningsförmåga, manövrerbarhet och stabilitet

Följande frågor har ställts av SHK:

1. Hur påverkas fordonets kurvtagningsförmåga av den stela boggin (den sista axeln är inte styrd utan parallell med den framföriggande drivaxeln)?
2. Hur påverkas fordonets rotationströghetsmoment av förändringar i tyngdpunktens läge ?
3. Hur påverkas den i framhjulen uttagbara sidkraften av förändringar i tyngdpunktens läge?
4. Hur påverkas bogginns vridningsmotstånd av förändringar i tyngdpunktens läge?

5.1 Inverkan av stel boggi på kurvtagningsförmågan

Problemet har behandlats mera ingående i bilaga 1 avsnitt B1. Resultatet av denna analys sammanfattas i det följande.

Konstruktionen med stel boggi kräver mer friktionsutnyttjande av framhjulen för att sätta igång erforderlig vinkelhastighet vid initiering av kurvtagning än för ett motsvarande tvåaxligt fordon. Huruvida den maximala kurvhastigheten minskas av boggin beror på sista axelns däckkaraktistik. Eftersom avdriftsvinkeln av geometriskäl är störst på denna axel kommer resultatet att bero av om sidfriktionen minskar, eller är konstant när vinkeln för friktionsmaximum passerats.

Om den är konstant påverkas maximihastigheten inte av boggikonstruktionen om den maximala friktionen är lika stor på båda bakaxlarna. Om friktionen minskar efter passage av vinkeln för maximal friktion, vilket större delen av VTI:s mätresultat visar, kommer bakaxlarnas resulterande friktion att bli sämre än för en motsvarande konstruktion med en bakaxel eller med en boggikonstruktion där den bakre axeln styrs optimalt så att friktionsmaximum uppnås samtidigt för båda bakaxlarna.

I ett exempel med införda mätdata minskar möjlig kurvhastighet med drygt 8 % vid en maxfriktionsnivå på 0.14 vilket är i närheten av vad som har kunnat utnyttjas vid olyckstillfället.

Under vissa betingelser kan dock friktion betraktas som konstant inom det avdriftsvinkelområde som är aktuellt. Det kan därför inte entydigt sägas att den stela boggin försämrat fordonets kurvtagningsförmåga. Någon förbättring innebär det dock inte. I Bilaga 1 avsnitt B1 behandlas frågeställningen mera ingående.

5.2 Inverkan av tyngdpunktens läge för rotationströghetsmomentets storlek

Något entydigt samband mellan bussens rotationströghetsmoment och tyngdpunktens läge finns inte. Rotationströghetsmomenten ökar om lasten koncentreras mot fordonets ytterändar. Eftersom axelpaketet är relativt tunga ger långt axelavstånd inom en given längd ökat rotationströghetsmoment. Samtidigt ökar dock normalt också styrhjulens momentarm till tyngdpunkten vilket i motsats till rotationströghetsmomentet är gynnsamt för manövrerbarheten. Tungaxlar kan dock ge en totalt sämre manövrerbarhet. En av Volvo utförd studie visar att detta kan vara fallet för bussar. (Ö. Lindqvist och K. Andersson. Paper C211/86 ImechE 1986)

I Bilaga 1 avsnitt B5 behandlas frågeställningen mera ingående med avseende på erforderligt friktionsuttag från framhjulen för att vid kurvingång få erforderlig vinkelacceleration i det aktuella fallet. Enligt dessa beräkningar skulle det krävas en friktion av 0.085 inklusive boggieffekten för att få upp erforderlig vinkelacceleration vilket är lägre än den enligt analysen av olycksförloppet i bilaga 1, avsnitt B3 utnyttjade friktionen för fortfarig kurvtagning.

5.3 Inverkan av förändringar tyngdpunktens läge på den i framhjulen uttagbara sidkraften samt på boggens vridningsmotstånd

Den för framhjulen uttagbara sidkraften ökar när tyngdpunkten förskjuts framåt. Samtidigt ökar emellertid den erforderliga sidkraften vid kurvtagning något mer på grund av att friktionen vanligen minskar något på grund av friktionens lastberoende. Manövrerbarhet och kurvtagningsförmåga minskar därför i princip på ett tvåaxligt fordon om tyngdpunkten flyttas framåt och framhjulen kommer att börja glida först.

På ett fordon med stel boggi minskar boggens upprätande moment minskar när tyngdpunkten flyttas framåt. I kombination med den ökade totalt möjliga sidkraften kan totaleffekten blir något bättre manövrerbarhet om inte tröghetsmomentet ökas.

Framhjulens möjliga sidkraft minskar om tyngdpunkten förskjuts bakåt men eftersom friktionen oftast ökar med minskande belastning kommer den för kurvtagning erforderliga kraften minskar proportionellt mot belastningsminskningen kommer manövrerbarheten att öka något för ett tvåaxligt fordon. Eftersom bakhjulsbelastningen samtidigt ökar blir friktionen något sämre och kurvtagningsförmågan minskar jämfört med om axelbelastningarna är lika fram och bak.

På ett boggifordon ökar boggens vridningsmotstånd proportionellt mot ökad boggibelastning och gör fordonet mindre manövrerbart med minskande framaxellast. På ett fordon med stel boggi bör således framaxellasten inte vara för låg. Av framkomlighetsskäl får å andra sidan drivaxelbelastningen inte

vara för liten. För kurvtagningsförmågan är som tidigare nämnts lika last på fordonets hjul att föredra på grund av friktionens lastberoende.

7 Synpunkter på åtgärder för att minska sannolikheten för nya olyckor.

6.1 Analys och möjliga åtgärder med dagens teknik

De avgörande faktorerna är i detta fall vägutformning, hastighetsanpassning och däck/väg friktion. Jämfört med dessa har förbättring av busskonstruktionen i form av minskning av tröghetsmoment och förbättrad boggikonstruktion marginell betydelse.

Efter att ha kört sträckan är följande uppenbart. En med vägen obekant förare närmar sig kurvan på ett vägvagn med relativt stor kurvradie över ett backkrön. När föraren passerar detta övergår vägen i en för vinterförhållanden brant backe med endast cirka 50 m till ingången av en tvär kurva som vid svår halka endast tillåter en hastighet av 25-30 km/h. Under dessa förhållanden gör väglutningen att någon hastighetsanpassning att tala om inte är möjlig.

Hastigheten måste således anpassas redan i föregående uppförsbacke eller friktionsbetingelser om minst 0,3 vara garanterade. Friktionen är beroende av väghållningens effektivitet och däckens friktionsegenskaper på is. Väghållarens största problem är att vara ute i tid och att kunna vidta varaktiga åtgärder. Speciellt det första är av ekonomiska skäl näst intill omöjligt att lösa. Den effektivaste tekniken för snabb friktionsförbättring vid köldgrader är vattensandning med rikligt med sand som VTI använder för att åstadkomma högfriktionsbanor på is.

Huvudproblemet i det aktuella fallet tycks dock ha varit att göra insats i tid och det är generellt för väghållaren. Det är inte ekonomiskt möjligt att hålla tillräcklig beredskap i samband med snöfall på mindre vägar och i praktiken inte ens på de större för att garantera kontinuerligt godtagbar friktion.

På fordonssidan är det bara snökedjor som kan ge tillräcklig friktion och dessa kan inte köras på barmark någon längre sträcka och är tidskrävande och besvärliga att montera av och på varför detta sällan görs om det inte uppenbart krävs av framkomlighets skäl eller krävs av väghållaren med lagstöd.

Inbyggda sandningsaggregat som lägger ut sand framför hjulen är en existerande teknik för tunga fordon som dock endast är verksam en kortare sträcka och veterligen bara används för att komma igång efter stopp i backar på isunderlag. En utveckling för bruk vid högre hastighet bedöms inte som realistisk.

En typ av roterande kedjor som kastas in under däcket och drivs genom anläggning av en trissa i vilken kedjornas ena ände är infästa mot däcket möjliggör en påtaglig friktionsförbättring under gång. Uppfinningen är svensk och benämnes "On Spot" och har funnits på marknaden sedan länge. Anordningen har främst använts vid drivhjulen på lastbilar.

6.2 Framtidsvision

6.2.1 Utfällbara dubbar

Däckdubbar är den friktionshöjande teknik som kanske har den största potentialen och används ju inom rallysporten med friktionstillskott som ger friktion av barmarkskvalitet. Slitage av såväl vägbanor som däckdubbar speciellt när det gäller tunga fordon gör att man måste utveckla kommersiellt acceptabla in- och utfällbara dubbar för att lösningen med dubbar skall vara framkomlig. Åtminstone en funktionsduglig prototyp har utvecklats för personbilsdäck av islänningen Einar Einarsson för många år sedan. Tillverkningskostnad och kanske även livslängd och känslighet för sand mm bidrog säkert till att konstruktionen stannade på prototypstadiet.

Materialteknik och produktionsteknik går dock hela tiden framåt så om garanterad efterfrågan skapas genom krav på användning vintertid inom en tillräckligt stor marknad t.ex. Sverige Norge och Finland den dag konstruktioner till rimlig extra kostnad finns tillgängliga borde konstruktioner kunna tas fram inom däckindustrin i samarbete med dubbtillverkare, forskningsinstitut och tekniska högskolor, uppfinnare m.fl. I kombination med automatisk väglagsavkänning skulle användningen kunna optimeras.

En kravnivå på minst 0,3 i friktion på is borde kunna sättas. Vilken maximal extra kostnad som är acceptabel är en politisk fråga då det handlar om värdering av säkerhet. I dag krävs i Norge att man har snökedjor i beredskap på tunga fordon och i Schweiz finns krav på snökedjor även för personbilar på vissa vägar. Ett kostnadstillskott motsvarande snökedjor är en utgångspunkt men troligen måste man acceptera mer än så och kraven måste gälla samtliga hjul.

6.2.2 Istexturering med fordonsmonterad utrustning.

Resultaten från däckundersökningen visar att godtagbar sidfriktion på is utan kraftigare och fler dubbar eller kedjor endast kan åstadkommas enbart med hjälp av förbättrad istextur.

Bromsfriktionsförbättringen som uppnåddes var påtaglig men långt ifrån önskvärd nivå på 0,3 eventuellt berodde detta på att textureringen var övervägande longitudinell. Däckens längsgående spår kan också tänkas vara effektivare för utnyttjande av textur än den tvärgående. Resultaten visar dock att en fordonsmonterad nedfällbar textureringsutrustning skulle kunna vara ett potentiellt utvecklingsområde. VTI utnyttjade vid proven en elmotor driven rotor med ledade radiella ”ekrar” av rostfritt fjäderstål som fungerar som slagor en teknik som tidigare använts för färgborttagning mm. En annan teknik som utnyttjat av VTI är snedställda dubbade luftgummihjul. Erforderlig hjullast för effekt är låg relativt hjullasten för ett tungt fordon och med inåttällda hjul bidrar de till såväl styreffekt som bromseffekt utöver textureringseffekten. Utvecklingsinsatsen för denna typ av utrustning är troligen mindre än för utfällbara dubbar.

6.3 Åtgärder på kort sikt

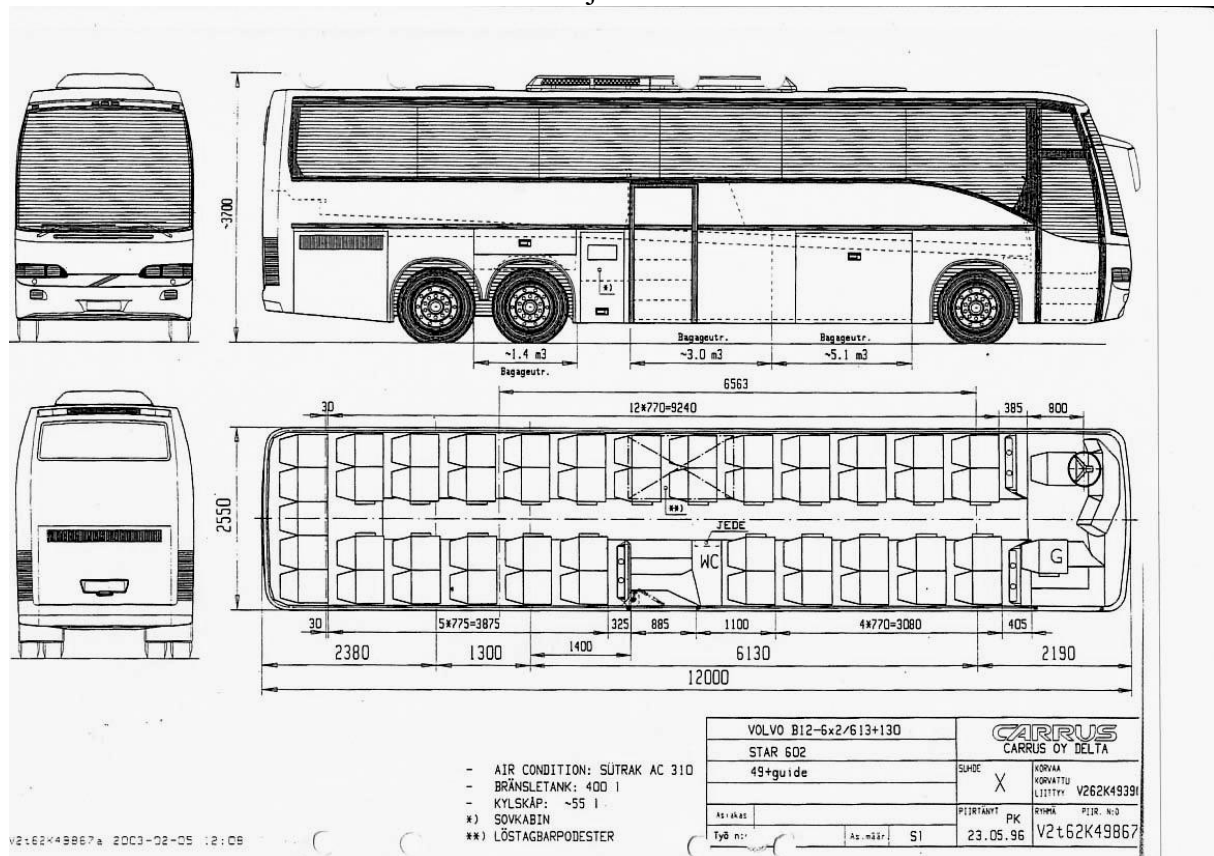
Den omedelbar effektivaste åtgärden bedöms ligga på informationssidan i form av skyltning som informerar om lutning och skarp kurva samt hastighetsbegränsning vid vinterväglag till i detta fall 30 km/h gärna med blinkljus som startar automatiskt när vägbanan blir vit eller kombination av temperatur och nederbörd ger risk för isbildning p.g.a. underkylt regn.

Information via radio är också en möjlighet som dock kräver att fordonen har utrustning som alltid är i funktion och har prioritet över underhållning. För den aktuella vägsträckan kanske förbud för tung trafik under vinterperioden borde övervägas åtminstone i den aktuella körriktningen.

Bilaga 1

B1 Beräkning av inverkan av ej styrbar boggi på bussens styrförmåga.

Vid körning i kurva krävs, innan friktionsgränsen för bakersta axeln nås, något större styrkrafter på framhjulen för ett fordon med dubbla ej styrbara bakaxlar (boggi). Anledningen till detta är att den bakersta axeln får en större avdriftsvinkel vid kurvtagning än den främre. Eftersom sidkrafterna som styr fordonet genom kurvan vid små avdriftsvinklar är proportionella mot hjullasten och avdriftsvinkeln betyder detta att den bakersta axeln ger större styrkrafter än vad som motsvarar axellasten. Den resulterande bakaxelsidkraften kommer därför att angripa längre bak än den resulterande bakaxellasten. Vid fortfarig kurvtagning måste sidkrafternas summa vara lika med $m \times a$ där m är fordonets massa och a är sidaccelerationen. Vidare måste framhjulets sidkrafter utöva ett lika stort moment kring tyngdpunkten som bakhjulets. Om samtliga hjuls avdriftsvinklar vore lika stora och utnyttjad friktion per avdriftsvinkel lik stor skulle erforderlig friktion för varje hjul vara lika stor. Genom att den bakersta axeln i boggin har större avdriftsvinkel än den främre kommer de bakre sidkrafternas resultant att få en större momentarm än om det varit en axel med samma axellast som de två boggiaxlarna. För att kompensera detta måste framhjulen ge en större sidkraft än vad som motsvarar dess andel av den totala hjullasten.



Figur B1 Ritning av olycksbussen.

En boggi är normalt konstruerad så att axellasterna fördelas mellan axlarna så att hjullasterna blir lika stora. Den främre axeln är vanligen drivaxel och för att få bästa drivkraft ges den normalt två tredjedelar av den totala boggilasten. Därför behöver oftast endast denna förses med tvillinghjul medan den bakre, om kravet på erforderlig lastförmåga uppfylls, endast förses med enkelhjul. Detta är fallet på den aktuella bussen.

Axellasten på den främre axeln blir då dubbelt så stor som på den bakre. Den resulterande axellasten för en tänkt ersättningsaxel blir då lika med summan av de två axellasterna och ersättningsaxelns geometriska läge blir $1/3$ av avståndet mellan axlarna bakom den främre bakaxeln.

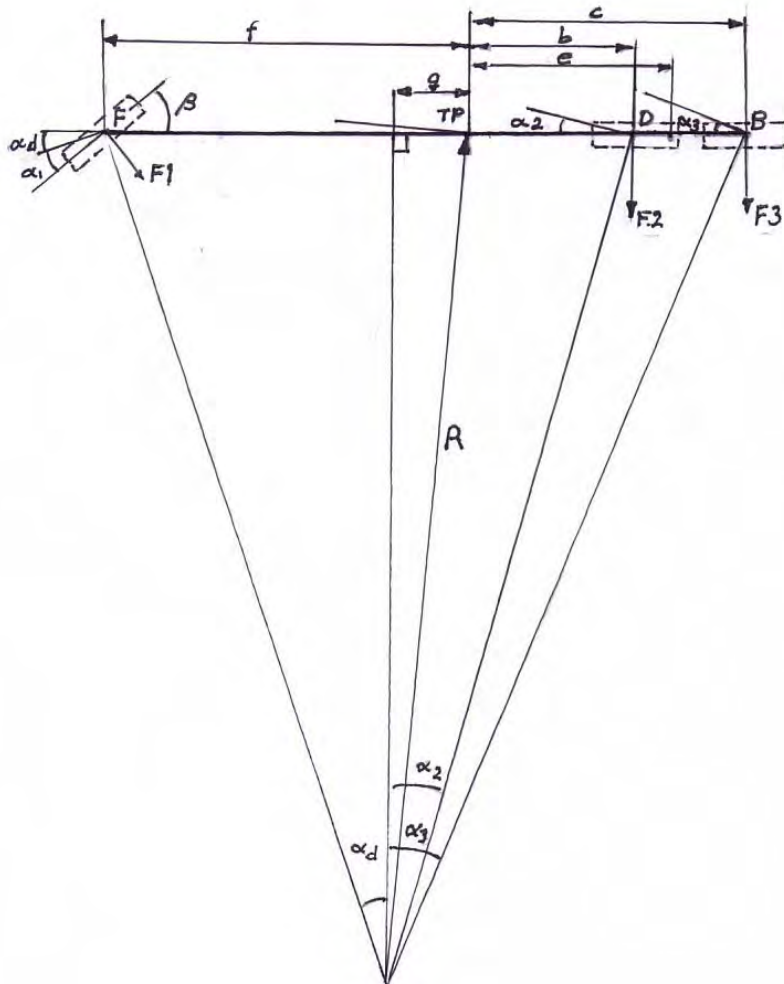
Om resultanten för bakaxlarnas sidkrafter angriper på ett avstånd från tyngdpunkten motsvarande ersättningsaxelns läge blir friktionsutnyttjandet lika stort för framhjulen som om fordonet varit tvåaxligt med samma tyngdpunktsläge. Om angreppspunkten ligger bakom krävs mer friktion av framhjulen vid kurvtagning vilket minskar kurvtagningsförmågan.

Hur mycket kan beräknas ur följande samband mellan krafter och moment.

För ett fordon med boggi gäller med beteckningar enligt tabell B1 samt figur B2

Tabell B1.

Beteckning	Förklaring	Storhet
m	Fordonets massa	kg
F_1	Framhjulets resulterande sidkraft på framaxeln (axel 1)	N
F_2	Drivhjulets resulterande sidkraft på drivaxeln (axel 2)	N
F_3	Boggihjulets resulterande sidkraft på boggiaxeln (axel 3)	N
F_{z1}	Framaxellast	N
F_{z2}	Drivaxellast	N
F_{z3}	Boggiaxellast	N
a	Acceleration	m/s^2
b	Avstånd mellan fordonets tyngdpunkt TP och drivaxeln	m
c	Avstånd mellan fordonets tyngdpunkt och andra bakaxeln	m
d	Avståndet mellan tyngdpunkten och resultanten av F_2 och F_3	m
e	Avståndet mellan tyngdpunkten och ersättningsbakaxeln (resultanten av F_{z2} och F_{z3})	m
f	Avståndet mellan fordonets tyngdpunkt och framaxeln	m
g	Gravitationsaccelerationen (9.81)	m/s^2
K	Sidkraftkoefficient	
q	Avståndet mellan fordonets tyngdpunkt och normalen mot fordonets längdaxel genom kurvcentrum för fordonets rörelse	m
R	Kurvradie för fordonets tyngdpunkt TP	m
α_1	Framhjulets avdriftsvinkel	rad
α_2	Drivhjulets avdriftsvinkel	rad
α_3	Boggihjulets avdriftsvinkel	rad
μ_{max}	Maximal friktion	
μ_1	Utnyttjad friktion på framhjulen (funktion av α_1)	
μ_2	Utnyttjad friktion på drivhjulen (funktion av α_2)	
μ_3	Utnyttjad friktion på boggihjulen (funktion av α_3)	



Figur B2. Kurvkörningsanalys för olycksbuss

Fordonet har förenklats till en s. k. "cykelmodell" där varje axels hjul representeras av ett hjul vilket bedömts vara acceptabelt för denna analys.

Kraftjämvikt ger

$$m \times a = F_1 + F_2 + F_3. \quad 1)$$

Momentjämvikt ger

$$F_1 \times f = F_2 \times b + F_3 \times c = (F_2 + F_3) \times d \text{ som ger} \quad 2)$$

$$F_1 = (F_2 + F_3) \times d / f \quad 3)$$

$$F_2 = \alpha_2 \times K \times F_{z2} \quad 4)$$

$$F_3 = \alpha_3 \times K \times F_{z3} \quad 5)$$

För små vinklar gäller med tillräcklig precision

$$\alpha_2 = (b+q)/R \quad 6)$$

$$\alpha_3 = (c+q)/R \quad 7)$$

$$F_{z2} = 2 \times F_{z3} \quad 8)$$

$$F_2 = (b+q)/R \times K \times F_{z2} = (b+q)/R \times K \times 2 \times F_{z3} \quad 9)$$

$$F_3 = (c+q)/R \times K \times F_{z3} \quad 10)$$

$$F_2/F_3 = 2 \times (b+q)/(c+q) \quad 11)$$

$$d = b + (c-b)/(F_2/F_3 + 1) \quad 12)$$

$$F_1 = (F_2+F_3) \times d/f \quad 13)$$

Ersättningsbakaxelns läge bakom tyngdpunkten är

$$e = b + (c-b)/3 \quad 14)$$

Den aktuella bussen som visas i måttsett ritning i figur B1 var fullastad. Följande data har använts i beräkningarna:

$$F_{z1} = 5770 \times g \text{ (N)}$$

$$F_{z2} = 8300 \times g \text{ (N)}$$

$$F_{z3} = 4150 \times g \text{ (N)}$$

$$f+e = 6.130 + 1.3/3 = 6.574 \text{ m}$$

$$f/e = (8300g + 4150g)/5770g = 2.158$$

$$e = (f+e)/(1+f/e) = 6574/3.158 = 2.082 \text{ m}$$

$$f = 6.574 - 2.082 = 4.492 \text{ m}$$

$$b = e - 1.3/3 = 1.649 \text{ m}$$

$$c = b + 1.3 = 2.949$$

Enligt ekvation

$$d = 1.649 + (2.949 - 1.649)/(2 \times 1.649/2.949 + 1) = 2.263$$

$$F_1 = (F_2+F_3) \times d/f = (F_2+F_3) \times 0.504$$

$$\alpha_3 / \alpha_2 = c/b = 1.79$$

Med $d = e = 2.082$ erhålles

$$F_{1e} = (F_2+F_3) \times 0.463$$

$F_1/F_{1e} = 1.089$ d.v.s. cirka 9% större sidkraft vid oförändrad hjullast vilket innebär 9% högre friktionsutnyttjande för en given kurvastighet jämfört med en tvåaxlig buss.

Det betyder att om den tvåaxliga bussen kör med kurvastigheten v_e kan boggibussen endast köra med hastigheten v_d med samma friktionsutnyttjande på framhjulen.

$$v_d = v_e / (F_1/F_{1e})^{0.5} = 0.96 \times v_e$$

Detta gäller dock inte vid utnyttjande av maximal friktion. Denna uppnås först på bastersta axeln varefter vid ökat friktionsutnyttjande på drivaxeln skillnaden i utnyttjad friktion för framaxel och ersättningsbakaxel successivt minskar för att vara noll vid fullt utnyttjad friktion på samtliga axlar. Detta under förutsättning att maximal friktion för samtliga axlar är lika och att friktionen inte ändras när avdriftsvinkeln ökar efter det att maximal friktion μ_{\max} uppnåtts. Maximal friktion antages lika för alla hjul.

Om vi antar att friktionskraften F_3 är konstant oberoende av avdriftsvinkeln när värdet $F_{3\max} = \mu_{\max} \times F_{z3}$ uppnåtts erhålles i det aktuella fallet:

$$F_2/F_3 = \mu_2(\alpha_2) \times 2 \times F_{z3} / (\mu_{\max} \times F_{z3}) =$$

För $\mu_2(\alpha_2) = 0.8 \mu_{\max}$ får vi $F_2/F_3 = 1.6$ och $d = 1.649 + 1.3/2.6 = 2.149$ och $d/f = 0.478$

$$(2 \times \mu_2 + \mu_3)/3 = 2.6 \times \mu_{\max}/3 = \mu_e = 0.87 \mu_{\max}$$

$$\mu_1 = \mu_{\max} \times (0.478/0.463) = 0.895 \mu_{\max}$$

För $\mu_2(\alpha_2) = 0.9 \mu_{\max}$ får vi $F_2/F_3 = 1.8$ och $d = 1.649 + 1.3/2.8 = 2.113$ och $d/f = 0.470$

$$(2 \times \mu_2 + \mu_3)/3 = 2.8 \mu_{\max}/3 = \mu_e = 0.933 \mu_{\max}$$

$$\mu_1 = \mu_{\max} \times (0.470/0.463) = 0.947 \mu_{\max}$$

För $\mu_2(\alpha_2) = 1.0 \mu_{\max}$ får vi $F_2/F_3 = 2$ och $d = 1.649 + 1.3/3 = 2.082 = e$ och $d/f = 0.463$

$$(2 \times \mu_2 + \mu_3)/3 = 3 \times \mu_{\max}/3 = \mu_e = \mu_{\max}$$

$$\mu_1 = \mu_{\max} \times (0.463/0.463) = \mu_{\max}$$

Om friktionsmaximum är lika för samtliga hjul och friktionen efter uppnått maximum är konstant vid ökande avdriftsvinkel påverkas således inte möjlig kurvhastighet av om fordonet har boggi eller inte.

Drivhjulen på bussen hade i det aktuella fallet större mönsterdjup än den bakre boggiaxelns däck. Större mönsterdjup ger ofta ger mindre utnyttjad friktion per avdriftsvinkelenhet. Vidare ger ribbmönster som vanligen används både på framhjul och boggi hjul ofta något större friktionsutnyttjande per avdriftsvinkelenhet än mönster för drivhjul. Om så varit fallet hade hastighetsskillnaden blivit större Uppmätningarna av däckkaraktistika gav dock samma utnyttjad friktion per avdriftsvinkelenhet

När det gäller maximal kurvhastighet med aktuella däckdata på slät is vid -5°C är dock situationen annorlunda. Dels är sambandet mellan sidfriktion och avdriftsvinkel inte linjärt upp till friktionsmaximum, dels avtar friktionen vid ytterligare ökning av avdriftsvinkeln. I följande räkneexempel används däckdata från diagram B2, 20 kN. och diagram B3 Den bakersta axelns däck uppnår maximum 0.145 först, vilket sker vid cirka 2.5 graders avdriftsvinkel för denna axel. Drivhjulen har då endast 1,4 grader viken ger friktionstalet cirka 0.12. På grund av att friktionsutnyttjandet per avdriftsvinkelenhet avtar när man närmar sig friktionsmaximum är kraftrelationen inte längre linjär (då skulle F_2/F_3 vara $2 \times \alpha_2 / \alpha_3 = 2 \times b/c = 2 \times 0.56 = 1.12$ nu är i stället $F_2/F_3 = 2.4/1.4 = 1.655$ d.v.s. har närmast sig idealvärdet $F_{z2}/F_{z3} = 2$).

Vid ytterligare ökning av avdriftsvinkeln till 2 grader för drivaxeln som då uppnår maximum 0.14 ökar avdriftsvinkeln för boggiaxeln till 3.6 grader. För den uppmätta däckkaraktistiken vid -5°C har då friktionstalet för boggidäcken minskat till 0.12 F_2/F_3 blir då $0.28/0.12 = 2.33$ d.v.s. mer än optimala 2 och medelfriktionstalet blir 0.133.

Eftersom möjligt friktionsuttag för bakaxlarna nu är mindre än för framaxeln och kraftresultanten angräper närmare tyngdpunkten än vad som motsvarar ersättningsaxelns läge

Är det nu bakaxeln som begränsar kurvhastigheten.

Kraftresultantens momentarm d blir nu

$$d = 1.649 + (2.949 - 1.649)/(2.33 + 1) = 2.039$$

$$d/f = 2.039/4.492 = 0.454$$

$F_1/F_1e = 0.454/0.463 = 0.98$ d.v.s. friktionsuttaget vid en viss hastighet är 2% lägre än vid optimal kraftfördelning. På bakaxeln gäller $F_2 + F_3/F_{2e} + F_{3e} = e/d = 2.082/2.039 = 1.02$ d.v.s. 2% högre friktionsuttag än optimalt. Eftersom möjligt friktionsuttag minskat från 0.14 till 0.12 kommer detta att motsvara ett möjligt balanserat friktionsuttag för hela fordonet på $0.98 \times 0.12 = 0.1176$.

Minskning från den optimala friktionen är $0.1176/0.14 = 0.84$ d.v.s. 14%.

Fordonet kommer vid ökat styrutslag att sladda ut med bakhjulen om inte styrutslaget ökar så snabbt att friktionen på grund av ökad avdriftsvinkel blir lägre än för bakhjulen innan fordonet hunnit vrida

sig nämnvärt. I detta fall är boggikonstruktionen till nackdel för kurvtagningsförmågan. Den möjliga kurv hastigheten minskar med $(1 - (0.84)^{0.5}) \times 100 = 8.3 \%$ i detta exempel.

B2 Exempel på uppmätta däckkaraktersistika

Diagram och datatabeller från samtliga mätningar med finns i bilaga 2 i en separat pärm som också innehåller försöksprotokoll för de körda mätserierna. I diagrammen B1 till B9 nedan visas exempel på diagram med överlagrade kurvor från enskilda mätningar vid olika hjullaster med maximal avdriftsvinkel 20 grader och i några fall 10 grader och 5 grader. Data finns också tillgängliga i ASCII format på en CD.

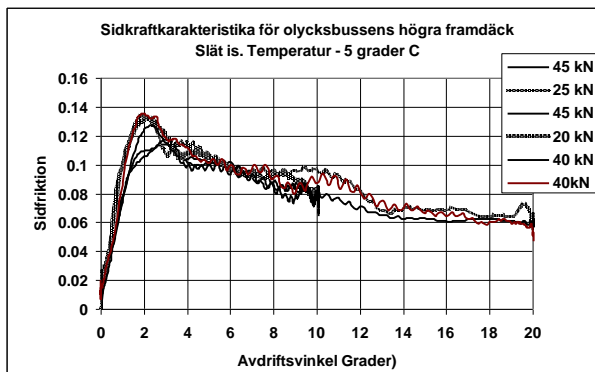


Diagram B1

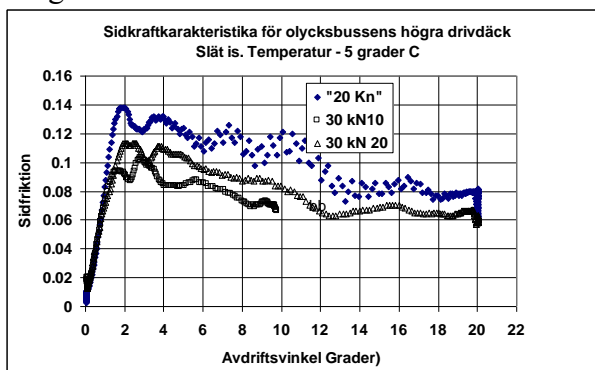


Diagram B2.

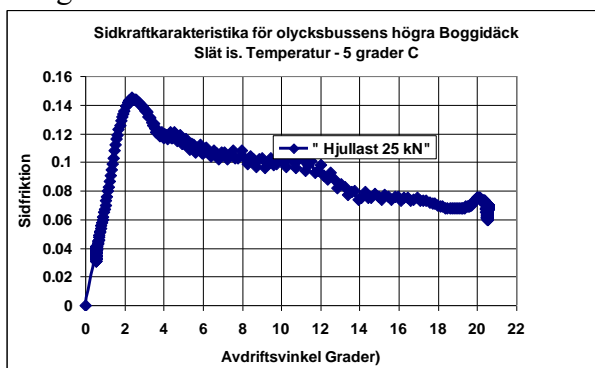


Diagram B3

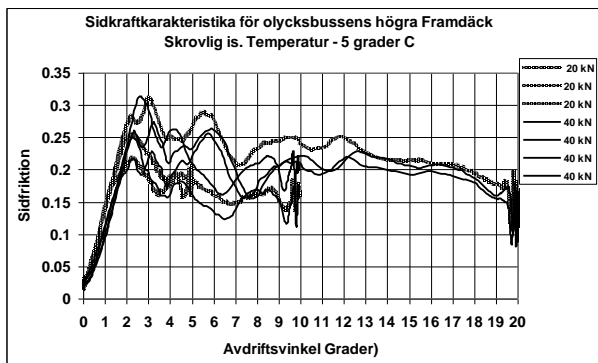


Diagram B4.

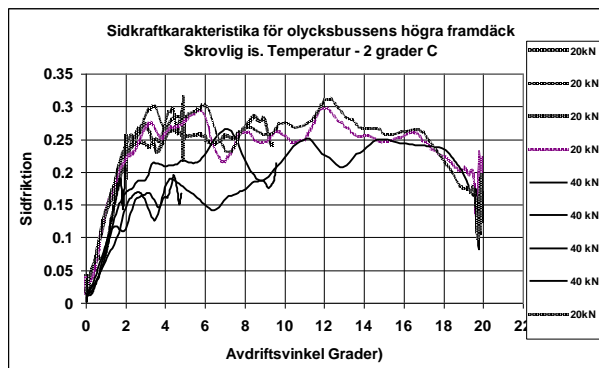


Diagram B5.

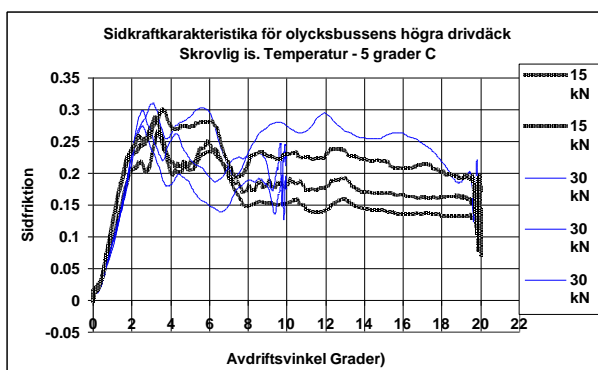


Diagram B6.

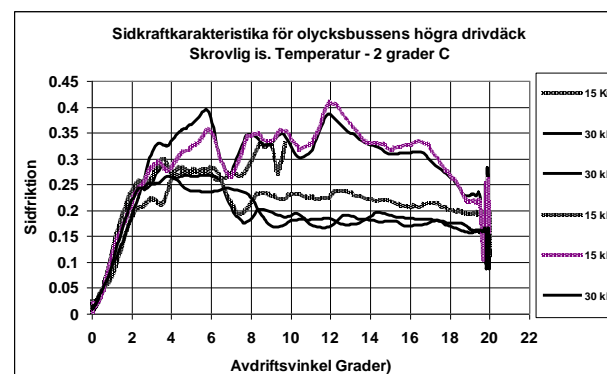


Diagram B7.

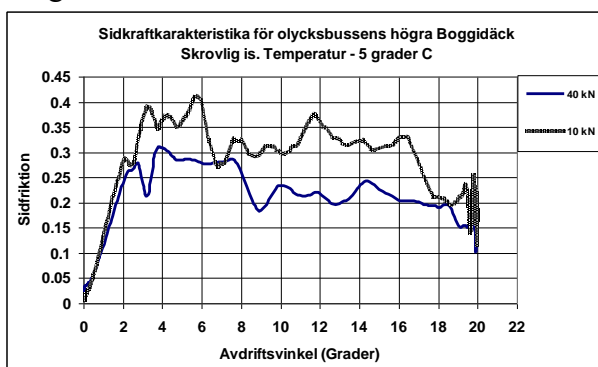


Diagram B8.

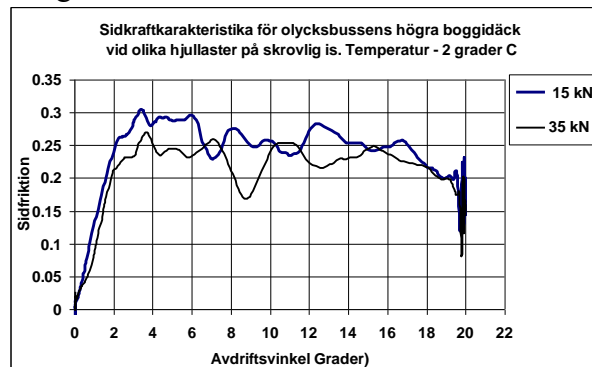


Diagram B9.

B3 Analys av olycksförlopp baserad på väggeometri och avkörningsspår

För rekonstruktionen av olycksförloppet är det viktigt att samordna hastighetsdata från färdskrivaren med positionen på vägen. Med hypotesen att grafiskt redovisade hastighetsdata slutar när bussens drivhjul når avåkningspunkten har bussens hastighet och vägens kurvatur i form av radier ritats in i Diagram B10. Av diagrammet framgår att bussens hastighet minskat till 47 km/h inför kurvan före olyckskurvan som har radien 100 m vilket ger en utnyttjad friktion av cirka 0,14 om tvär lutningen var 5%. Bussens hastighet har sedan ökat till 52 km/h för att sedan minska till 50 km vid backkrönet och sedan minska farten obetydligt till 49 km/h vid av åkningen. Enligt min uppfattning stämmer hastighet och vägkurvatur mycket bra med hänsyn till hastighetsanpassning bortsett från den otillräckliga retardationen i utförsbacken. Osäkerheten i hastigheten är enligt Siemens VDO +/- 3 km/h. Dessa hastigheter har också inritats i diagrammet. Vägens tvärlutning enligt VTIs och

vägverkets mätningar finns också inlagda. Vägverkets data är sträcker sig inte så långt som VTIs och data förefaller vara 10 m förskjutna mellan VTI och VV. Vid korrigering av utnyttjad friktionskoefficient har VTIs data använts.

I figur B3 har kurvradien 100m varit det värde som stämt bäst med avåkningsläge och påbörjad kurvtagning.

Med utnyttjande av formeln $\mu = v^2 / (R \times 9.81)$, där μ är utnyttjad friktion, v är hastigheten i m/s och R är kurvradien, har utnyttjad friktion på plan väg beräknats till 0,204 vid 50 km/h och 0,19 vid 49 km/h efter korrigering för väglutning blir värdena 0,208 i början av kurvan och 0,14 i slutet. Mitt i blir värdet 0,17 om tvärlutningen antages vara 3,5%. Om den lägsta hastigheten i toleransområdet användes blir det lägsta korrigerade värdet 0,12 och det högsta 0,194.

Dessa värden är förenliga med toleransområdet för uppmätta däckdata i VTIs däckprovingsanläggning.

De variabler som påverkar värdena är temperatur och isskrovlighet. Det använda styrutslaget har också betydelse om föraren styr för mycket när han märker att fordonet inte följer önskad kurva minskar friktionen vilket utöver variabel skrovlighet kan förklara det avtagande friktionsutnyttjandet. Bromsfriktionen som kan utnyttjas beror utöver däcken av bromskraftfördelningen mellan hjul och axlar. Vanligtvis uppstår låsningstendenser på halt underlag först på framhjulen då bromskraftfördelningen är avstämd för högre retardationer. Vid försök till bromsning kan låsningstendens på framhjulen därför inträffa långt innan bakhjulen uppnått full effekt. Retardationen är då låg och föraren har som det verkar valt att släppa bromsen och behålla full styrbarhet och endast utnyttja motorbromsen. En indikation på detta är en kortvarig något högre retardation vid backkrönet.

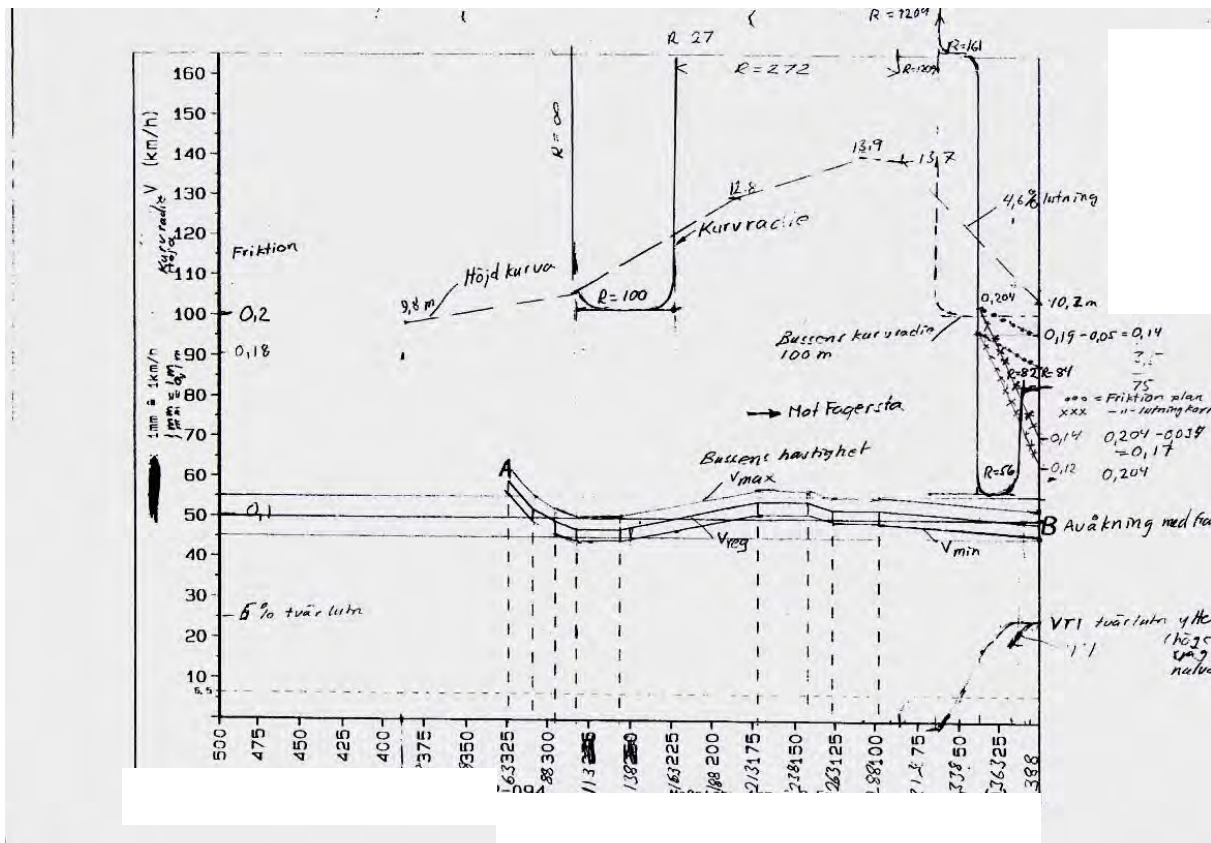
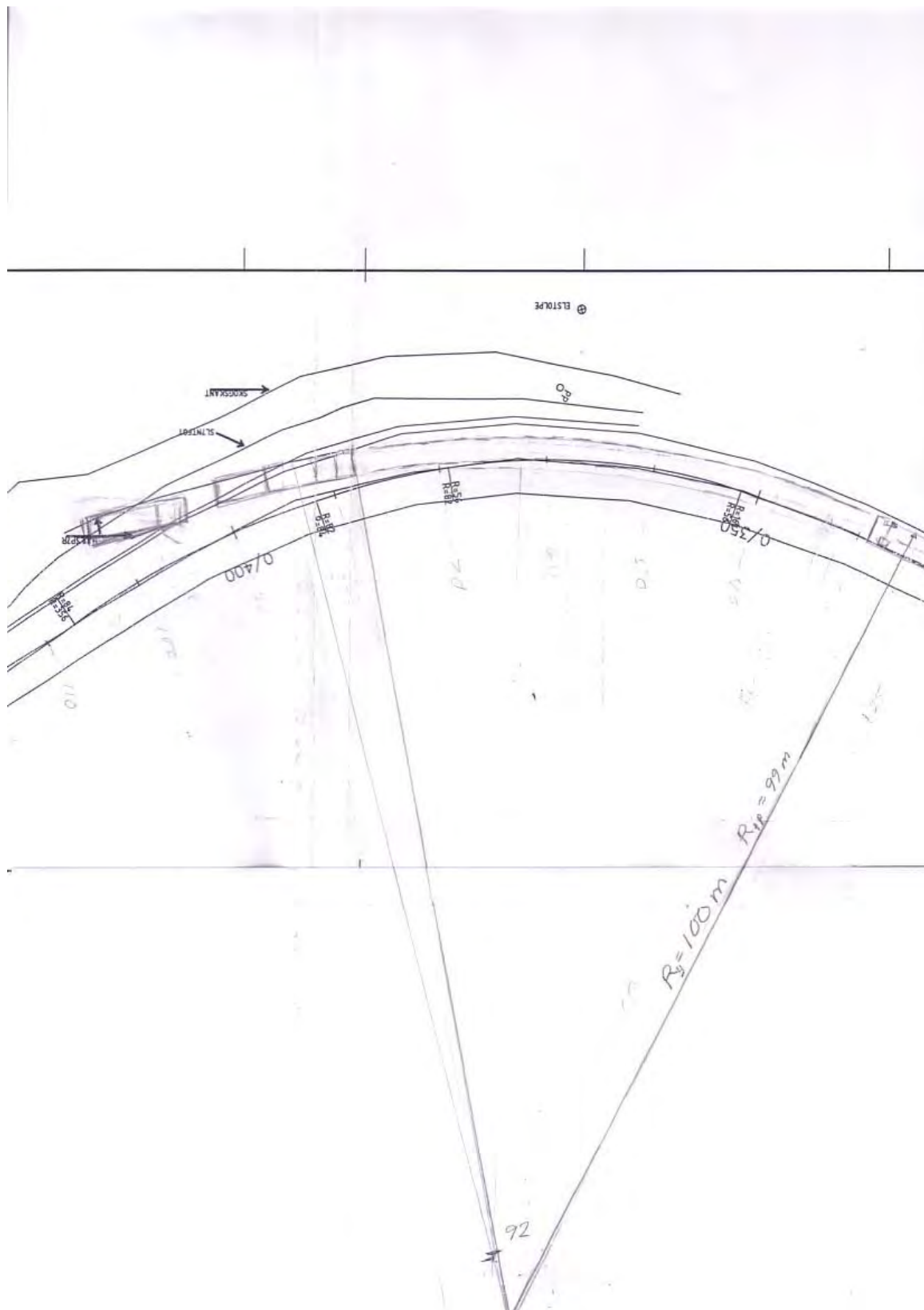


Diagram B10. Färdskrivarhastighet, kurvradier, höjdkurva, tvärlutning, rekonstruerad kurvradi för olycksbuss, beräknade utnyttjade friktionskoefficienter med och utan kompensation för tvärlutning som funktion av vägsträcka.



Figur B3. Rekonstruktion av bussens kurvföljning inlagd i vägverkets vägbild med inritade spår vid avkörningen.

För att från 50 km/h komma ned till 30 km/h i ett nedförslut som i det aktuella fallet före kurvan på 4.6% med utnyttjningsbar friktion på 0.1 blir retardationen 0.53 m/s^2 vilket ger cirka 116 m erforderlig bromssträcka.

Tillgänglig sträcka har dock endast varit cirka 50 m. På denna sträcka reduceras hastigheten endast till cirka 43 km/h under de antagna förhållandena. Vid olyckstillfället var dock enligt färdskrivaren (se bilaga 1 avsnitt B3). retardationen endast cirka 0.12 m/s^2 vilket motsvarar en utnyttjad friktion av 0.058 om luftmotståndet försummas. Detta tyder på att endast motorbroms utnyttjats.

B 4. Beräkning av friktionsutnyttjande som funktion av kurv Hastigheten med hjälp av vid körprov uppmätta data.

Vid körproven uppmättes fordonets hastighet och vägsträcka med en vid vänster framhjul infäst pulsgivare. Dessutom mättes längsacceleration, sidacceleration och girvinkelhastighet med en på fordonsgolvet fastspänd mätenhet med fasta mätdon ungefär i fordonets tyngdpunktsläge i längsled. Dessutom mättes rattvinkeln.

Vid körproven passerades olyckskurvan med fem olika konstant hastigheter mellan 8 och 50 km/h.

För att kunna beräkna medelfriktionsutnyttjandet för fordonets hjul (μ_v) måste sidaccelerationen i vägbaneplanet (a_v) vara känd. Den uppmätta sidaccelerationen (a_f) är resultanten av den horisontella sidaccelerationen (a_h) och tyngdaccelerationen (g) i fordonsgolvets plan. Den horisontella sidaccelerationen (a_h) bestäms av fordonets hastighet v (m/s) och fordonets girvinkelhastighet w (rad/s). Fordonsgolvets lutning relativt horisontalplanet bestäms av vägens tvärlutning (β) och fordonets krängvinkel (φ) relativt vägbanan. Krängvinkeln bestäms av sidaccelerationen i golvplanet och fordonets krängstyvhet ($Q \text{ m/s}^2/\text{rad krängvinkel}$). Fortfarighetstillstånd antas råda. Följande samband gäller då:

$g = 9.81 =$ tyngdaccelerationen

$$a_f = v \times w \times \cos(\beta + \varphi) - g \times \sin(\beta + \varphi) \quad 1)$$

$$a_v = v \times w \times \cos(\beta) - g \times \sin(\beta) \quad 2)$$

$$(\mu_v) = a_v / g \quad 3)$$

$$a_h = v \times w \quad 4)$$

För små vinklar som i det aktuella fallet kan \cos för vinkeln sättas lika med 1 och \sin för vinkeln sättas lika med vinkeln i radianer. Vi får då

$$a_f = v \times w - g \times (\beta + \varphi) \quad 5)$$

$$a_v = v \times w - g \times \beta \quad 6)$$

$$a_h = v \times w \quad 7)$$

$$Q \times a_f = \varphi \quad 8)$$

Okända storheter är β och φ och Q

Med hjälp av sambandet 8) och mätvärden från två olika körningar och kan dock dessa beräknas ur uppmätta värden

$$a_{f1} = v_1 \times w_1 - g \times (\beta + \varphi_1) \quad 9)$$

$$a_{f2} = v_2 \times w_2 - g \times (\beta + \varphi_2) \quad 10)$$

$$a_{f1} = v_1 \times w_1 - g \times (\beta + Q \times a_{f1}) \quad 11)$$

$$a_{f2} = v_2 \times w_2 - g \times (\beta + Q \times a_{f2}) \quad 12)$$

Ur 10 och 11 erhålles

$$K = (a_{f1} - a_{f2} + v_2 \times w_2 - v_1 \times w_1) / (g(a_{f2} - a_{f1})) \quad 13)$$

Därmed är också φ_1 och φ_2 kända och β kan beräknas ur 9) eller 10)

$$\beta = (v_1 \times w_1 - a_{f1} \times (1 + g \times Q)) / g \quad 14)$$

När β är känd kan a_v beräknas ur ekvation 6

I diagram B11 illustreras hastighetsberoendet för maximal rattvinkel och maximal girvinkelhastighet, beräknad maximal effektiv friktionskoefficient samt minsta kurvradie baserad på maximal girvinkelhastighet och körhastighet. Man ser att rattvinkeln ökar obetydligt med hastigheten och att minimikurvradien med undantag för värdet 70 m vid en låghastighetsmätning legat mellan 52 och 61 m med ett medelvärde på 56.9 m. Detta ligger mycket nära det av vägverket uppmätta värdet 56 m och är en indikation på god mätprecision. Samma gäller ur mätdata från bussen beräknade tvärlutningen i aktuell sektion till 4.9% vilket stämmer väl med av VTI och vägverket statistiskt uppmätta värden på 4.9-5%.

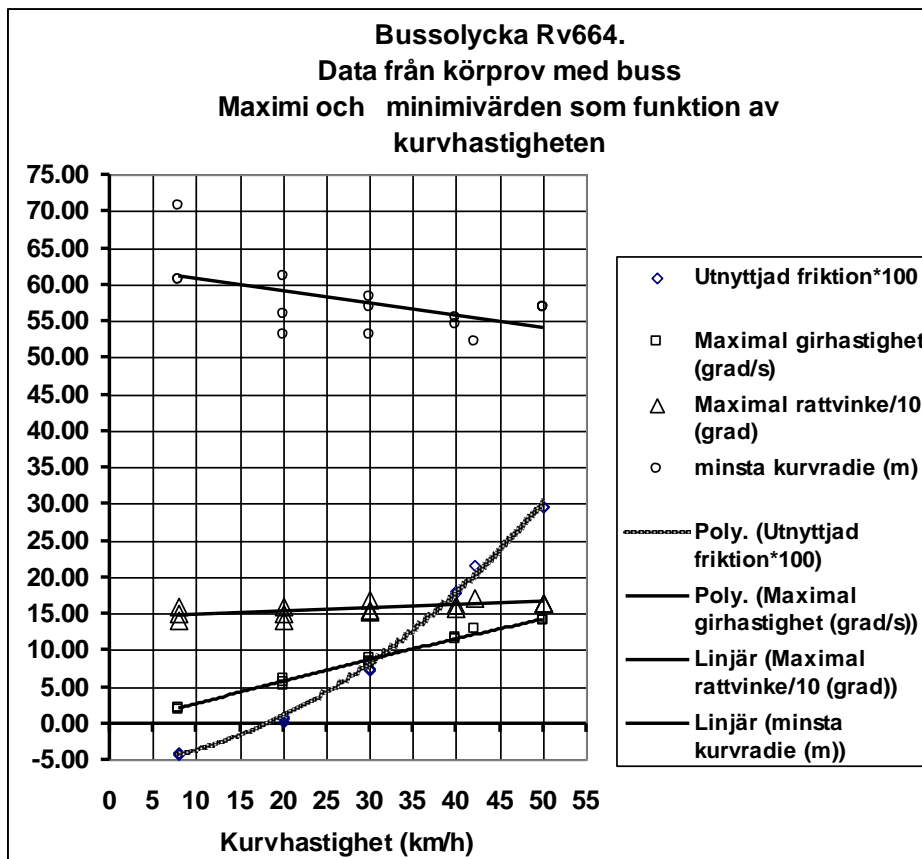


Diagram B11.

Vid mätningarna erhållna maximi- resp. minimivärden vid de olika hastigheterna visas i tabell B1

Ur data från Buss 44 (1) och Buss 50(2) erhålles $Q = -0.00376$ och $\beta = 0.0512$

Ur data från Buss 44 (1) och Buss 52(2) erhålles $Q = -0.00692$ och $\beta = 0.0512$

Ur data från Buss 44 (1) och Buss 56(2) erhålles $Q = -0.01079$ och $\beta = 0.0512$

Av vägverket och VTI (se tabell B2) statistiskt uppmätt värde på β är 0.05 vid position 370-380 där kurvradien också är minst.

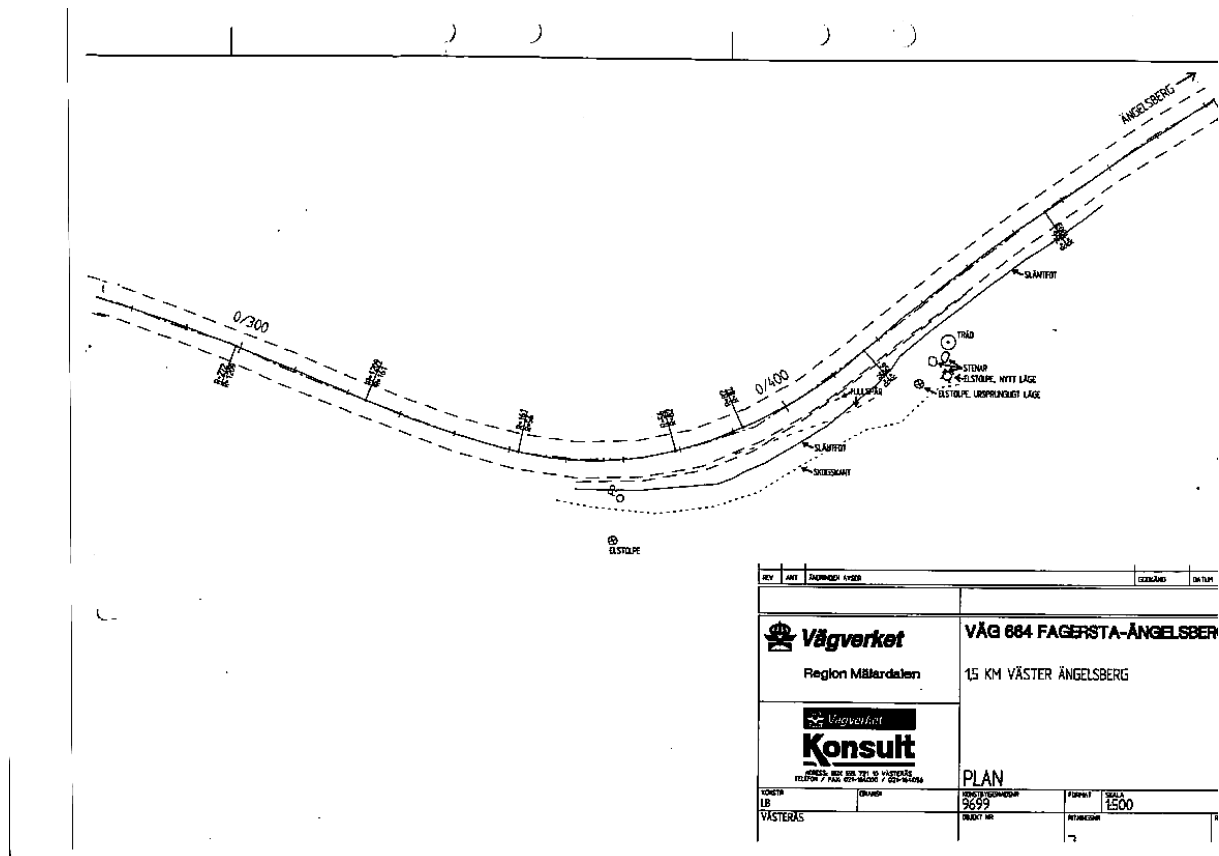
Krängvinkeln vid 20 km/h är noll eftersom $a_f = 0$. Vid 50 km/h ger de två Q -värdena krängvinklarna 0,6 resp. 1,2 grader utåt i kurvan. Eftersom differensen mellan a_h och a_f är liten betyder små differenser i a_f mycket för Q . Inverkan på β är dock försumbar.

Tabell B1

	V (km/h)	V (m/s)	w (rad/s)	R _{min} (m)	a _{f max} (m/s ²)	a _{hmax} (m/s ²)	a _{vmax} (m/s ²)	μ _v
Buss40	8	2.22	0.031	70.74	-1	0.07	-0.42	-0.04
Buss41	8	2.22	0.037	60.63	-0.5	0.08	-0.40	-0.04
Buss42	8	2.22	0.037	60.63	-0.8	0.08	-0.40	-0.04
Buss43	20	5.56	0.091	61.22	0	0.50	0.02	0.00
Buss44	20	5.56	0.105	53.05	0	0.58	0.10	0.01
Buss45	20	5.56	0.099	55.85	0	0.55	0.07	0.01
Buss46	30	8.33	0.143	58.23	0.9	1.19	0.71	0.07
Buss47	30	8.33	0.147	56.84	0.9	1.22	0.74	0.07
Buss48	30	8.33	0.157	53.05	0.9	1.31	0.82	0.08
Buss53	40	11.11	0.201	56.84	2	2.23	1.74	0.18
Buss54	40	11.11	0.204	56.84	1.9	2.27	1.78	0.18
Buss55	42	11.67	0.223	56.84	2.3	2.61	2.12	0.22
Buss49	50	13.89	0.244	55.36	3	3.39	2.91	0.30
Buss50	50	13.89	0.244	54.41	3.1	3.39	2.91	0.30
Buss52	50	13.89	0.244	52.22	3.1	3.39	2.91	0.30

Tabell B2.

Position enl VVMätn	Position Från trigg	Tvärlutning β höger väghalva %	Tvärlutning β vänster väghalva %	Längslutning utför %
310	00	-0.8 åt höger	2.6 åt vänster	4.1
320	10	-0.4 åt höger	5.0 åt vänster	4.9
330	20	-0.4 åt höger	4.1 åt vänster	4.0
340	30	1.4 åt vänster	7.1 åt vänster	3.1
350	40	3.5 åt vänster	8.1 åt vänster	2.9
360	50	3.7 åt vänster	8.4 åt vänster	3.5
370	60	5.0 åt vänster	9.4 åt vänster	3.4
380	70	4.9 åt vänster	8.7 åt vänster	2.6
390	80	3.4 åt vänster	9.3 åt vänster	2.5
400	90	-1.2 åt höger	6.1 åt vänster	1.1
410	100	-0.4 åt höger	4.5 åt vänster	1.3
420	110	-1.9 åt höger	1.4 åt vänster	0.5



Figur B4. Olyckskurvan



Figur B5. Olyckskurvan

B 5 Beräkning av tröghetsmomentets inverkan på framhjulets friktionsutnyttjande för att uppnå nödvändig girhastighet

Följande samband gäller för sambandet mellan styrkraft F_1 (N) på framhjulen och girvinkelaccelerationen w' (rad/s^2) vid ett givet girvinkeltröghetsmoment J (kgm^2) kring ett tvåaxligt fordons tyngdpunkt om styrkraftens momentarm kring tyngdpunkten är f (m) :

$$F_1 \times f = w' \times J$$

Om det är fråga om ett fordon med boggi som i det aktuella fallet tillkommer ett avdriftsvinkelberoende moment för att motverka boggimotståndet mot vridning Enligt avsnitt B1 krävs en framhjulsstyrkraft F_{1b} som är 8.9 % större än för ett tvåaxligt fordon för att hålla fordonet i balans

$$F_{1b} = 1.089F_1$$

Vid kurvtagning i 50 km/h krävs enligt körproven en girvinkelhastighet av 8 grader/s på 20 meter vilket tar 1.5 sek att köra.

$$w' = (w) / t = (8 \times 3.14 / 180) / 1.5 = 0.093 \text{ rad/s}^2$$

$$J = 210\,000 \text{ (kgm}^2\text{)} \text{ (maxvärde enligt Volvo)}$$

$$f = 4.492 \text{ m}$$

$$F_1 = 210000 \times 0.093 / 4.492 = 4348 \text{ N}$$

Friktionsutnyttjande för att uppnå erforderlig vinkelhastighet för ett tvåaxligt fordon är F_1/F_{z1}
 $4348/56000 = 0.08$

Boggimomentet enligt avsnitt B1 ökar detta friktionsvärde till $F_{1b}/F_{z1} = 1.089 \times 0.08 = 0.085$.

Vid olyckstillfället har utnyttjad friktion beräknats till mellan 0.12 och 0.2. Friktionen räcker således till för att ge erforderlig girvinkelacceleration för kurvtagning vid 50 km/h men inte till erforderlig sidacceleration a_v på 2.9 m/s^2 vilket kräver friktionen 0.3.