

TEKNISK RAPPORT



FÖRSTUDIE

Fullskalig testtrigg

PER-OLOF LARSSON

Luleå universitetsbibliotek
971 87 Luleå



707 0252 112 B0

JÄRNVÄGSTEKNIKT CENTRUM

rapp Luleå

1999:08 • ISSN: 1402 - 1536 • ISRN: LTU - TR - - 99/8 - - SE

2989448

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

SAMMANFATTNING	1
1 BAKGRUND	3
1.1 Arbetsgruppens uppdrag	3
2 GENOMFÖRANDE	4
2.1 Utformning av kravspecifikation	4
2.1.1 Enkät - Testrigg	4
2.1.2 Litteraturstudie - Testrigg.....	5
2.1.3 Studiebesök - Testrigg.....	5
2.2 Konceptframtagning av Testrigg	6
2.2.1 Rörlig räl	7
2.2.2 Styrd hjulaxel	8
2.2.3 Befintlig Testrigg i Polen	8
2.2.4 Befintlig Testrigg i Kanada	9
2.3 Sammanställning av tänkbara Testriggar	9
2.4 Arbetsgruppens rekommendationer	12
3 RUNDSPÅR/PARALLELLSPÅR	14
REFERENSER	15

BILAGEFÖRTECKNING

Bilaga	1.	Enkät - Kravspecifikation för provrigg
	2.	Enkät svar
	3.	Kravspecifikation Testrigg
	4.	Litteraturstudie - Testrigg
	5.	Reserapport Nordamerika 4-10 februari 1998
	6.	Reserapport Ryssland 22-29 december 1997
	7.	Översikt av järnvägsrelaterad fullskaletestning i England
	8.	Översikt av järnvägsrelaterad fullskaletestning i Ukraina
	9.	Testparameterbeskrivning
	10.	Verksamhetsplan för Järnvägstekniskt centrum vid LTU

SAMMANFATTNING

Intressenternas krav på en testrigg med hänsyn till de fenomen som ska studeras har fastställts. Detta gäller exempelvis om både slitage och ytutmattnings skall kunna studeras, eftersom detta eventuellt ställer delvis olika krav på testriggen. Detta arbetet genomfördes med hjälp av en enkät som sändes ut i mitten av November 1997.

En omfattande litteraturstudie har genomförts i samarbete med Universitetsbiblioteket i Luleå för att uppdatera var teknikfronten står idag när det gäller testmaskiner för slitage och kontaktutmattnings.

Studiebesök har genomförts. Besöken prioriterades till de forskningscentrum som anses vara i världsklass. Vidare har ett antal olika forskningsavdelningar från utlandet besökt LTU för att informera om sina aktiviteter. Konstruktion och erfarenhet från existerande testriggar har dokumenterats vid studiebesöken.

En kravspecifikation har med utgångspunkt från enkätsvar, litteraturstudie och studiebesök arbetats fram. Kravspecifikationen som styr utformningen av testriggen är svår att uppfylla i alla avseenden. Det som framförallt vållar problem är testfrekvensen 2 Hz i kombination med att accelererat test ska ske för både hjul och räl samtidigt. Det ger att antingen hjulaxeln eller rälen ska förflyttas en teststräcka motsvarande hjulets omkrets 2 gånger per sekund. De stora massorna i hjulaxeln och rälen tillsammans med den stora accelerationen som blir följd av frekvensen och sträckan leder till att krafter och effektbehov blir stora och livslängden hos testriggen blir begränsad.

För att hitta lämpliga koncept till testriggen används en metodik som går ut på att dela in konstruktionen i ett antal enkla delfunktioner och hitta funktionslösningar till dessa.

Konceptframtagningsfasen har delats in i fem steg.

1. Identifiering av ett antal enkla delfunktioner som testriggen ska utföra.
2. Framtagning av ett antal funktionslösningar för varje delfunktion, samt beskrivning av deras för- och nackdelar.
3. Utvärdering av funktionslösningarna baserat på hur väl kravspecifikationen kan uppfyllas och respektive funktionslösningars för- och nackdelar.
4. Sammanställning av de mest lämpliga funktionslösningarna, från punkt 3, till ett antal konceptförslag samt utvärdering av dessa förslag.
5. Val av de mest lämpliga konceptförslagen från punkt 4. Dessa studeras närmare vad gäller uppfyllelse av kravspecifikation, realiserbarhet och kostnad.

De koncept som har framarbetats bygger på två olika principer.

Det ena konceptet - Rörlig räl - har en rörlig räl och en kort teststräcka. Därigenom minskas den rörliga massan (rälen har mindre massa än hjulaxeln) och genom att minska teststräckans längd minskar accelerationerna vid bibehållen testfrekvens hos rälen.

Omsvarningsintervall för Malmvangshjul är idag ca 140 000 km vilket ger att vagnen går med full last ca 70 000 km. Hjulets omkrets är ca 3 m och med en lastfrekvens av 1 Hz ger detta en rotationshastighet av 3 m/s (10.8 km/h). Det skulle då ta en månad att köra ca 8 000 km vilket ger en total testtid av 9 månader för att uppnå 70 000 km.

Det andra konceptet - Styrd hjulaxel - har en rörlig hjulaxel och en lång accelerations- och teststräcka. Genom den långa accelerationssträckan kan accelerationen hållas ner och genom den långa teststräckan kan testfrekvensen på hjulet bibehållas.

Konceptet ger ett accelererat test av hjulen med en maximal testfrekvens på drygt 2 Hz vid enkelriktad last. Att fullborda ett test med 15 milj cykler tar därmed ca 3 månader för hjulen. Testfrekvensen för rälen är ca 0.7 Hz vid dubbelriktad last, då teststräckan är ca 3 gånger hjulets omkrets.

Med utgångspunkt från denna rapport är det svårt att hitta en optimal lösning till testningsproblematiken som uppfyller kraven för både hjul- och rältestning i en och samma testmaskin. Kravet på fullskalig testning av färdiga komponenter, ur produktion och fält, gör att det blir en kompromiss mellan grundläggande FoU-testning och ren komponentprovning. Skador på hjul och räl uppkommer från bl a bromsning men även från slirning, dålig kurvtagning - sinusgång på rakspår.

Sammantaget rekommenderas att två olika typer av testapparater studeras mer ingående. En apparat som tar hänsyn till hjulens problematik och en testapparat som tar hänsyn till rälsens och underbyggnadens problematik. En lämplig testapparat som kan användas som förebild för testning av hjulaxlar är den som finns i Kanada, Ottawa. En lämplig testanläggning för spårtestning är LTU testapparat 1&2 eller att fälttestning i spår utvecklas med ny mätteknik.

Det bör dock påpekas att en försöksserie bör genomföras på den testmaskin som finns i Polen för att se vilka fenomen som kan studeras och om skadorna liknar de som uppkommer på Malmbanan. Det anses som viktigt att detta genomförs innan projektering och konstruktion påbörjas av en fullskalig testutrustning i Luleå för att erhålla viktig lärdom om fullskaliga tester.

Länsstyrelsen i Norrbotten som varit med och finansierat denna förstudie ställde som ett krav att en studie av etablering av ett parallellspår och rundspår skulle utföras av LTU. En kravspecifikation framarbetades med utgångspunkt från de internationella studiebesöken, erfarenheter från tidigare utredningar samt litteraturstudier. En sammanställning av arbetet med rundspår och parallellspår finns redovisade i rapporten, "Parallellspår. Rundspår. Järnvägsteknisk försöksanläggning".

1 BAKGRUND

Banverket, Luleå tekniska universitet (LTU) och MTAB har genomfört en studie av vilka konsekvenser en ökning av axellasten från 25 till 30 ton skulle medföra för Malmbanan¹. I slutfasen av denna studie fick LTU tillsammans med Banverkets norra regionkontor till uppgift att undersöka möjligheterna att starta forskning inom området tunga järnvägstransporter i kallt klimat². Ett fyrtiotal potentiella intressenter tillfrågades och svaren visade ett mycket starkt intresse. Projekt T²K², **Tunga Transporter i Kallt Klimat** startades och en första avrapportering skedde hösten 1997³. Fyra stycken potentiella projekt arbetades fram av arbetsgruppen:

1. Reduktion av räl- och hjulslitage genom smörjning
2. Förstudie fullskalig testrigg
3. Dynamisk samverkan mellan en malmvagn och infrastrukturen på Malmbanan
4. Förstudie materialtekniska aspekter för räl, baintisk struktur.

Nr 1 och 3 är etablerade projekt som påbörjades i samband med utredningen om höjning av axellasten på malmbanan från 25 till 30 ton, nr 2 och 4 utgjorde förslag till nya forskningsprojekt varav nr 2 är av så komplex art att en arbetsgrupp tillsattes för utföra en fördjupad förstudie.

”Fullskalig testrigg” fanns endast på idéstadiet hösten 1997. Syftet med testriggen är att kunna utföra accelererade livslängdstester av järnvägskomponenter, t ex hjul och räl under kontrollerade förhållanden som ger svar inom någon månad mot för ute i fält där svar erhålles först efter 15-20 år.

1.1 Arbetsgruppens uppdrag

Arbetsgruppens uppdrag från 1997-09-01 - 1998-09-01 var att:

- Genom litteraturstudier/sökning kartlägga befintliga testriggar, i vilka länder, hur dessa är konstruerade samt vilken typ av prov som utförs i dessa samt om möjlighet finns att ev hyra tid i dessa.
- Studiebesök eller telefonintervjuer
- Kartlägga vilken typ av accelererad provning som är av intresse av att köras i en ev rigg.
- Framarbete en kravspecifikation för en testrigg med utgångspunkt från intressenternas krav.
- Genomföra en konceptframtagning för en testrigg där realiserbarhet och konceptutvärdering utförs med hjälp av litteraturstudier och internationella studiebesök.
- Föreslå fortsatt arbete.

2 GENOMFÖRANDE

Projektet genomfördes till största delen vid LTU med hjälp av en projektarbetsgrupp bestående av personer från Avdelningarna maskinelement och datorstödd maskinkonstruktion bestående av följande personer:

Per-Olof Larsson	LTU (Projektledare)
Dan Larsson	LTU
Annika Stensson	LTU
Thomas Marklund	Conex AB

Referensgrupp till arbetsgruppen vid LTU.

Per-Olof Larsson	LTU (Projektledare)
Dan Larsson	LTU
Ulla Espling	Banverket
Thomas Ramstedt	INEXA Profil AB
Ove Salomonsson	MTAB
Ulf Bergstedt	DUROC
Björn Larsen	Jernbaneverket

2.1 Utformning av kravspecifikation

Intressenternas krav på en testrigg med hänsyn till de fenomen som ska studeras fastställs. Detta gäller exempelvis om både slitage och ytutmattnings skall kunna studeras, eftersom detta eventuellt ställer delvis olika krav på testriggen. Detta arbetet genomfördes med hjälp av en enkät som sändes ut i mitten av November 1997.

2.1.1 Enkät - Testrigg

Enkäten skulle ge svar på vilka problemområden som var viktiga att utprova i en eventuell framtida testrigg. Enkäten indelades så att svar skulle lämnas för dels vilka huvudfunktioner som kunde tänkas vara av intresse, dels för vilka 6 huvudområden som var av intresse (se nedan). Viktning av både huvudfunktion och huvudområden skedde genom att ange, 1= Ej intressant, 2= Önskvärt, 3= Ett krav, i de angivna svarsrutorna. Exempelvis kan ett huvudområde vara livslängdstestning av räls med avseende på utmattnings och slitage med underfunktioner såsom profilens betydelse, smörjningens betydelse etc, se Bilaga 1 och 2.

Enkäten gav följande svar:

- 1) Provning av hjul och räl anses vara viktigast.
- 2) Det är ett krav (50% av antalet svarande anser att det är ett krav) att riggen skall kunna prova:
 - Olika materialval för hjul
 - Olika hjulprofiler
 - Testning av hjulkondition
 - Testning av olika rälsprofiler
 - Olika materialval för räl
 - Smörjningens inverkan på rälen

3) Det är ett önskemål (50% av antalet svarande anser att det är ett önskemål) att riggen skall kunna prova:

- Traktion och rullmotstånd på räl
- Traktion och bromskrafter på hjul
- Lastriktning på räl
- Klimat

Ett första utkast till kravspecifikation presenterades för referensgruppen, den har sedan reviderats ett antal gånger. Den slutliga kravspecifikationen presenteras i Bilaga 3.

Resultatet av enkäten skall användas vid utformningen av kravspecifikationen för testriggen.

2.1.2 Litteraturstudie - Testrigg

En omfattande litteraturstudie har genomförts i samarbete med Universitetsbiblioteket i Luleå för att uppdatera var teknikfronten står idag när det gäller testmaskiner för slitage och kontaktutmattning. Syftet med litteraturstudien var att erhålla en generell beskrivning av vilka testapparater som används vid internationella arbeten samt att kartlägga var forskningsfronten står idag.

Forskningsaktiviteter pågår främst i Ryssland, Nordamerika, Japan, Kina, Australien och vissa länder i forna Östeuropa. Det förekommer dock en mycket begränsad aktivitet när det gäller kontaktutmattning, smörjning av räl kombinerat med arktiskt klimat. Kunskapen om varför och hur dessa faktorer fungerar är idag mycket rudimentär. Arbetet omfattar ett underlag på 89 st internationellt publicerade artiklar. Utifrån dessa 89 artiklar har 50 st ansetts vara av stort intresse för att erhålla en vetenskaplig täckning av de olika testriggar som använts vid provning av hjul/räl-kontakten och har sålunda sammanfattats i denna studie.

Sammanfattningsvis kan sägas att den fullskaliga provningsverksamheten sker främst i befintliga spår och en mindre del på testbanor. Provningsen oftast är indelad i kontaktutmattning, slitage och smörjning samt gångdynamiska mätningar. Vidare förekommer även friktionsmätningar och bromsprovning. Den provning och testning som sker i laboratoriemiljö sker oftast i form av renodlad och grundläggande förståelse för enskilda fysikaliska mekanismer. Kopplingar mellan dessa renodlade försök till verkliga driftfall ute längs bandelarna har ej påträffats i denna undersökning. De arbeten som har genomförts på slitagestudier från 1950- talet har inte resulterat i någon generell modell som har en praktisk tillämpning i fält. De slitagemodeller som finns är enkla och används för simulering av fordonsdynamik. De modeller som fungerar bra i praktiken är de modeller som simulerar vissa specifika fenomen i laboratorier och inte i fält. Detta tros bero på att fundamentala slitagestudier endast har förekommit sedan 1970- talet och är sålunda en ung vetenskap. Rapporten finns redovisad i Bilaga 4.

2.1.3 Studiebesök - Testrigg

Studiebesök genomfördes där forskning med olika typer av test utrustningar utförs. Besöken prioriterades till de forskningscentrum som anses vara i världsklass. Vidare har ett antal olika forskningsavdelningar från utlandet besökt LTU för att informera om sina aktiviteter. Konstruktion och erfarenhet från existerande testriggar har dokumenterats vid

studiebesöken. Följande länder har besökts eller kartlagts då det gäller försöksutrustningar, FoU av tunga transporter.

USA/Nordamerika Kanada	Rapport redovisas i Bilaga 5.
Ryssland	Rapport redovisas i Bilaga 6.
Storbritannien	Rapport redovisas i Bilaga 7.
Ukraina	Rapport redovisas i Bilaga 8.
Rumänien	Separat reserapport Rumänien.
Polen	Separat reserapport Polen.
Kina	Separat reserapport Kina.

Aktiviteterna i Frankrike har kartlags via telefonsamtal. De aktiviteter som pågår är starkt förknippade med höghastighetsproblematik och är sålunda starkt kopplade till TGV. I Tyskland genomförs nu en förstudie att etablera ett testcentrum för höghastighetståg i närheten av Berlin. 20 miljoner DM är avsatt för denna utredning. De kontakter som har tagits i Brasilien låter meddela att alla tester utförs av AAR i USA. Spoornet är ett Sydafrikanskt företag som har besökt LTU för att presentera aktiviteterna i sitt bolag samt ge en bild av FoU i Sydafrika. Forskning och utveckling sker i en tillämpad form både på infrastrukturen och på rullande material. Den tillämpade kunskapen i landet kan anses vara hög då man har uppnått långa livslängder både för hjul och räl.

Utifrån litteraturstudierna, de internationella studiebesöken, intressentkraven samt kraven från de tre forskargrupperna i Sverige (LTU, KTH, CTH) har den slutliga kravspecifikation arbetats fram och godkänts av referensgruppen (T2K2-arbetsgruppen) till arbetsgruppen vid LTU. Den slutliga kravspecifikationen presenteras i Bilaga 3.

Det finns inte någon testtrigg i världen som kan genomföra de fullskaliga tester som intressenterna har givit som krav i enkätundersökningen. Det finns dock liknade fullskaliga testtriggar som till vissa delar uppfyller kravspecifikationen i Kanada och i Polen. Dessa testtriggar redovisas i kapitlet 2.2.

Kartläggning av utländska kontakter för etablering av samarbetspartners har fallit väl ut. Samtliga besökta testcentrum ställer sig mycket positiva till att etablera ett framtida samarbete med järnvägsrelaterad forskning vid LTU. Den typ av samarbete som har diskuterats är utbyte av doktorander och forskare samt att genomföra uppdragstestning vid respektive testanläggning.

2.2 Konceptframtagning av Testtrigg

Kravspecifikationen som styr utformningen av testtriggen är svår att uppfylla i alla avseenden. Det som framförallt vållar problem är testfrekvensen 2 Hz i kombination med att accelererat test ska ske för både hjul och räl samtidigt. Det ger att antingen hjulaxeln eller rälen ska förflyttas en teststräcka motsvarande hjulets omkrets 2 gånger per sekund. De stora massorna i hjulaxeln och rälen tillsammans med den stora accelerationen som blir följden av frekvensen och sträckan leder till att krafter och effektbehov blir stora och livslängden hos testtriggen blir begränsad.

För att hitta lämpliga koncept till testtriggen används en metodik som går ut på att dela in konstruktionen i ett antal enkla delfunktioner och hitta funktionslösningar till dessa. Man

får därmed en idématris med delfunktioner och funktionslösningar. Genom att kombinera en funktionslösning från varje delfunktion får man ett komplett konceptförslag.

Antalet möjliga koncept blir därmed väldigt stort, varför man utvärdera vilka av funktionslösningarna som är lämpligast och uppfyller kravspecifikationen bäst. Från dessa sätter man sedan samman ett antal konceptförslag som utvärderas. De konceptförslag som bäst uppfyller kravspecifikationen och som anses vara realiserbara väljs ut och studeras mer ingående. Dessa konceptförslag blir de koncept som föreslås i slutändan.

Konceptframtagningsfasen har delats in i fem steg.

1. Identifiering av ett antal enkla delfunktioner som testriggen ska utföra.
2. Framtagning av ett antal funktionslösningar för varje delfunktion, samt beskrivning av deras för- och nackdelar.
3. Utvärdering av funktionslösningarna baserat på hur väl kravspecifikationen kan uppfyllas och respektive funktionslösningars för- och nackdelar.
4. Sammanställning av de mest lämpliga funktionslösningarna, från punkt 3, till ett antal konceptförslag samt utvärdering av dessa förslag.
5. Val av de mest lämpliga konceptförslagen från punkt 4. Dessa studeras närmare vad gäller uppfyllelse av kravspecifikation, realiserbarhet och kostnad.

De koncept som har framarbetats bygger på två olika principer.

Det ena konceptet - Rörlig räl - har en rörlig räl och en kort teststräcka. Därigenom minskas den rörliga massan (rälen har mindre massa än hjulaxeln) och genom att minska teststräckans längd minskar accelerationerna vid bibehållen testfrekvens hos rälen.

Omsvarvningsintervall för Malmvangshjul är idag ca 140 000 km vilket ger att vagnen går med full last ca 70 000 km. Hjulets omkrets är ca 3 m och med en lastfrekvens av 1 Hz ger detta en rotationshastighet av 3 m/s (10.8 km/h). Det skulle då ta en månad att köra ca 8 000 km vilket ger en total testtid av 9 månader för att uppnå 70 000 km.

2.2.1 Rörlig räl

Konceptet Rörlig räl bygger på en rörlig räl som drivs av ett svänghjul. Hjulaxeln är stillastående. Lastpåläggning och positionering av hjulaxeln sköts av hydraulik. Hjulaxeln lyfts i ena åkriktningen och därigenom erhålls enkelriktad last. Konceptet ger ett accelererat test av rälen med en maximal testfrekvens på 1.4 Hz vid enkelriktad last. Att fullborda ett test med 15 milj cykler tar därmed ca 4 månader för rälen. Testfrekvensen för hjulet är ca 0.5 Hz då teststräckan är mindre än hjulets omkrets. Svänghjulet ger en sinusformad hastighetsprofil med maximal hastighet ca 7 m/s. Maximal teststräcka är ca 1 m. Hastigheten varierar i det fallet mellan 4 och 7 m/s, och accelerationen mellan ca -40 till 40 m/s².

Den rörliga rälen massan måste hållas ned. Det innebär att inverkan av slipers, mellanlägg, befästingar, ballast och underbyggnad ej kan studeras i testriggen.

Realiserbarheten för konceptet beror framförallt av hur noggrant styrningen av hydrauliken kan göras. Dessutom ger svänghjulet en varierande hastighet och acceleration under testförloppet vilket kan leda till icke önskad glidning under testet.

Investeringskostnaden för testriggen Rörlig räl är ca 7.5 milj kr.

2.2.2 Styrd hjulaxel

Det andra konceptet - Styrd hjulaxel - har en rörlig hjulaxel och en lång accelerations- och teststräcka. Genom den långa accelerationssträckan kan accelerationen hållas nere och genom den långa teststräckan kan testfrekvensen på hjulet bibehållas.

Konceptet Styrd hjulaxel bygger på en hjulaxel som skjuts iväg med hydraulik i ena änden och bromsas upp med hydraulik i andra änden av teststräckan. Positionering sker via en åkvagn som är lagrad i ett stativ. Lastpåläggning sker via hydraulik. För att öka testfrekvensen på hjulen roteras hjulaxeln i ändlägena. Det innebär att hjulen utsätts för enkelriktad last och rälen för dubbelriktad last i normalfallet.

Konceptet ger ett accelererat test av hjulen med en maximal testfrekvens på drygt 2 Hz vid enkelriktad last. Att fullborda ett test med 15 milj cykler tar därmed ca 3 månader för hjulen. Testfrekvensen för rälen är ca 0.7 Hz vid dubbelriktad last, då teststräckan är ca 3 gånger hjulets omkrets.

Maximal hastighet är 12-15 m/s och hastigheten är relativt konstant under hela teststräckan. Teststräckan är 9 till 11 m lång.

Realiserbarheten för konceptet beror framförallt av om hydraulsystemet klarar av de höga flödes hastigheterna och de snabba förlopp som uppstår vid accelerationen.

Investeringskostnaden för testriggen Styrd hjulaxel är uppskattningsvis 11.8 milj kr.

2.2.3 Befintlig Testrigg i Polen

Testriggen för räls mot hjul, betecknad EMS-60 finns i CNTK:s lokaler, Warszawa. Det är en maskin som köpts från Tyskland för ca 30 år sedan. De känner inte till om motsvarande finns uppförd på annat håll i världen. Funktionen är att ett 2.5 m långt bord, ca 0,5 m brett, löper fram och tillbaka på gejdrar. Det drivs av en vevstake och ett svänghjul. Slaglängden är 1 m och oscillationsfrekvensen 1 Hz. Den elektriska motorn på ca 50-100 kW går med konstant varvtal och driver vevpartiet över en reduktionsväxellåda. På bordet monteras en alternativt två räler som sedan utsätts för vertikal last från ett ovanliggande järnvägshjul. Hjulet kan lastas men 600 kN statiskt och 400 kN dynamiskt med sinusformad last. Hjulet kan därmed avlastas vid returslaget men ligger i konstant ingrepp. En önskvärd förbättring enligt chefen för dynamiklaboratoriet skulle vara att göra belastningsvariationen mer flexibel genom datastyrning. Sidkrafter kan genereras genom att provhjulen svarvas till önskad profil även på "flänssidan" och sedan monteras mellan två parallellmonterade räler på bordet. Maskinen betecknade som en perfekt räls- och hjulförstörare. Underhållsmässigt tycks den vara enkel att sköta.

Inga speciella problem med den vertikala hydraullastcylindern och inte heller med smörjningen av det fram och återgående bordet. Det smörjs manuellt vid försökets början och slut. Typisk provtid kan vara upp till ca 2 månader med konstant körning. En nackdel sades dock vara att maskinen bullrar och vibrerar avsevärt. Hjulet förflyttas rotationsmässigt relativt rälen utan behov av yttre styrning, 0,5 m i mitten av rälen ansågs möjligt att studera. 0,25 m i vardera änden var alltför påverkat av krafterna från hjulacceleration och retardation. Det nämndes att bland andra British Rail låtit testa sina produkter här.

Vid CNTK:s testcentrum finns även en utrustning för testning av bromsar. Bromstestriggen är toppmodern och har köpts från ZF i Tyskland. I den kan såväl block- som skivbroms testas under kontrollerade former med styrning av bromsmoment eller bromstryck. Hjulen eller bromsskivorna kan köras i hastigheter upp till drygt 400 km/h och sedan bromsas med stora hjul inkopplade som ger ansevärt masströghetsmoment. Som alternativ kan motorn leverera ca 250 kW för test av kontinuerlig bromsning. Maskinens datasystem lagrar mätdata såsom temperatur, moment och hastighet under bromsförloppet. Provobjektet övervakas också med hjälp av videokamera. Maskinen har ett eget ventilationssystem för att transportera bort överskottsvärmen. Enligt presentatören är detta den enda bromstestrigg i världen som i dagsläget uppfyller UIC:s krav.

2.2.4 Befintlig Testrigg i Kanada

Detta försökscentrum byggdes upp för statliga pengar i Kanada med syftet att studera järnvägsproblematik samt att stödja militären när det gäller att testa och bygga om olika fordon. Anläggningen är uppdelad i en experimentell del och en mera beräkning och småskalig del. Den stora experimentella delen samt den del som har stora kopplingar mellan beräkningsmodeller och fullskaliga tester finns i anslutning till Ottawas internationella flygplats. Den andra delen är belägen i Vancouver på västkusten. Anläggningens utformning med sina testmaskiner har fokuserat på några enstaka områden i stället för att försöka täcka hela järnvägsområdet. I Vancouver arbetar man med att studera kontaktmekaniska problem samt utformning av geometrier mellan hjul/räl. I Ottawa arbetar man med chassi-provning, växlingsramper, klimatanläggning, boggiesimuleringar med fullskaliga mätningar, tribologiska problem, instrumenterade axlar samt att viss utveckling av militära och civila säkerhetskopplingar för lastbilar/trailer transporter förekommer.

Testapparat finns för att utprova axel/hjulpar mot rälgeometri. Apparaten fungerar som en tvåskivemaskin där hjulaxeln med hjul roterar mot två andra hjul som utgör rälen. Hjulen som driver axeln kan snedställas och drivas individuellt vilket ger att alla förekommande typer av driftfall kan simuleras i skala 1:1. Apparaten ger även möjlighet till att utföra bromsprovning. Olika bromssystem monteras då i riggen så att provning av olika slag kopplade till broms/hjul/räl/klimat kan genomföras. Testapparat ger ett accelererat test av hjulen. Att fullborda ett test med 15 milj cykler tar ca en månad.

Maximal hastighet är 12-15 m/s och hastigheten kan varieras under hela testtiden. Driftkostnaden för att testa en hjulaxel i Kanada är ca 1500 kr/h. Investeringskostnaden för deras testapparat uppskattades till ca 8 milj kr.

2.3 Sammanställning av tänkbara Testriggar

I nedanstående tabell, Tabell 1, presenteras en sammanställning av olika testriggar/testmetoder som klarar kontaktutmattningsmetoder. I Tabell 2 presenteras en sammanställning av de testriggar som anses uppfylla kravspecifikationen som är framarbetad i bilaga 3. Syftet med denna sammanställning är att på ett överskådligt sätt visa testparameter samt funktion för de testriggar som finns tillgängliga för olika typer av undersökningar. Beskrivning av de olika testparametrarna i Tabell 1, 2 och 3 finns i Bilaga 9.

Tabell 1. Sammanställning av testriggar, kontaktutmattning ⁴.

Test Parameter	Två-skive-maskin			Oscillerande, rullning	
	Amsler typ	Berlin Testapparat	Tokyo Testapparat	AAR	Polen EMS-60
Tryckspänning	√	√	√	√	Farbanekant
Friktionskraft:					
Tvärs rullrikt.	√	√	√	Nej	Nej
Längs rullrikt.	√	√	-	Nej	Delvis
Spänningar:					
Längs rullrikt. +	Nej	Nej	Nej	√	Nej ?
Längs rullrikt. -	Nej	Nej	Nej	Nej	Nej ?
Termiska spänningar	Nej	Nej	Nej	Nej	Nej
Rullhastighet	√	√	√	Mycket långsam	1 Hz
Enkel/Dubbel trafik	Enkel	Enkel	Enkel	Dubbel	Enkel eller dubbel
Klimat, smörjning.	√	√	√	Nej	Nej
Mikrostruktur	Nära	Nära	Nära	√	√
Inneslutningar	Nära	Nära	Nära	√	√
Tillverkningsdefekter	Nej	Nej	Nej	√	√
Restspänningar	Nej	Nej	Nej	√	√
Rikt. tillverkningssegenskaper	Nej	Nej	Nej	√	√
Skala	1/10	1/5	1/2	1	1
Relativ kostnad	Låg	Medel	Medel	Medel	Medel
Testtid	Snabb	Snabb	Medel	Långsam	Långsam
Trovärdighet:					
Shelling	Låg	Låg	Låg	Bra	Bra
Squats	Låg	Låg	Låg	Obefintlig	Obefintlig
Trans. sprickor	Obefintlig	Obefintlig	Obefintlig	Bra	√
Slitage	Bra	Bra	Bra	Låg	Låg
Head checks	Obefintlig	?	?	?	Bra

√ = Ganska bra simulering

I Tabell 2 presenteras en sammanställning av testriggar som anses till vissa delar uppfylla kontaktutmattning/slitage i kravspecifikationen.

Tabell 2. Testriggar som anses delvis uppfylla kontaktutmattning/slitage i kravspecifikationen.

Oscillerande rörelser				
Test Parameter	Kanada	Polen EMS-60	LTU:s Testapparat 1	LTU:s Testapparat 2
Tryckspänning	√	Farbanekant	Ja	Ja
Friktionskraft:				
Tvårs rullrikt.	Nej	Nej	Ja	Ja
Längs rullrikt.	√	Delvis	Delvis	Delvis
Böjspänningar:				
Längs rullrikt. +	Nej	Nej ?	Ja ?	Ja ?
Längs rullrikt. -	Nej	Nej ?	Ja ?	Ja ?
Laterala	Nej	Nej ?	Ja ?	Ja ?
Termiska spänningar	Nej	Nej	Ja	Ja
Rullhastighet	√	1 Hz	√ 1 Hz	√ 2 Hz
Enkel/Dubbel trafik	Enkel	Enkel eller dubbel	Enkel eller dubbel	Enkel eller dubbel
Klimat, smörjning.	Ja	Nej	Ja, tillägg	Ja, tillägg
Mikrostruktur	Nära	√	Ja ?	Ja ?
Inneslutningar	Nära	√	Ja	Ja
Tillverkningsdefekter	Nej/Hjul Ja	√	Ja	Ja
Restspänningar	Nej	√	Ja	Ja
Rikt. tillverknings-egenskaper	Nej	√	Ja	Ja
Skala	1	1	1	1
Relativ kostnad	Medel	Medel	Medel	Kostsam
Testtid	Snabb	Långsam	Långsam	Långsam
Trovärdighet:				
Shelling	Låg ?	Bra	Bra	Bra
Squats	Låg ?	Obefintlig	Bra ?	Bra ?
Trans. sprickor	Obefintlig	√	√	√
Slitage	Bra	Låg	Bra	Bra
Head checks	?	Bra	Bra	Bra
Korrelation mot erfarenhet i fält:				
Hjul-sträcka	Bra	Obefintlig	Låg	Bra
Hjul-hastighet	Bra	Låg	Medel	Bra
Räl-sträcka	Obefintlig	Bra	Medel	Bra
Möjlighet till broms	Ja	Nej	Nej	Nej

√ = Ganska bra simulering

I Tabell 3 redovisas en sammanställning av tänkbara testapparater och hur väl de uppfyller huvuddelarna i kravspecifikationen.

Tabell 3. Testriggar som anses uppfylla kravspecifikationen.

Oscillerande rörelser				
Test Parameter	Kanada Ottawa	Polen EMS-60	LTU:s Testapparat 1	LTU:s Testapparat 2
Räls från fält/tillverkning	Nej	Ja	Ja	Ja
Hjulpar från fält/tillverkning	Ja	Nej	Ja	Ja
Underbyggnad	Nej	Nej	Nej	Ja
Ballast	Nej	Nej	Nej	Ja
Slipers	Nej	Nej	Nej	Ja
Mellanlägg	Nej	Nej	Nej	Ja
Befästningar	Nej	Nej	Nej	Ja
Axellast på 40 ton	Nej	Ja	Ja	Ja
Geometri, styrd axelposition	Nej	Nej	Ja	Ja

2.4 Arbetsgruppens rekommendationer

Med utgångspunkt från denna sammanställning är det svårt att hitta en optimal lösning till testningsproblematiken som uppfyller kraven för både hjul- och rältestning i en och samma testmaskin. Kravet på fullskalig testning av färdiga komponenter, ur produktion och fält, gör att det blir en kompromiss mellan grundläggande FoU-testning och ren komponentprovning. Vidare uppvisar skadorna på hjulen att de uppkommer från bromsning, skadorna på rälen uppkommer av andra typer av fenomen.

Sammantaget rekommenderas att två olika typer av testapparater studeras mer ingående. En apparat som tar hänsyn till hjulens problematik och en testapparat som tar hänsyn till rälsens och underbyggnadens problematik. En lämplig testapparat som kan användas som förebild för testning av hjulaxlar är den som finns i Kanada, Ottawa. En lämplig testanläggning för spårtestning är LTU testapparat 1&2 eller att fälttestning i spår utvecklas med ny mätteknik. Arbetet har även visat på att kunskapen om vad som påverkar t ex slitaget av hjul borde utvärderas innan arbetet med att bygga en testanläggning genomförs. Varför slits t ex 22,5 tons hjul mycket mera än 20 tons, lasten är ju bara 10% högre?

Det bör dock påpekas att en försöksserie bör genomföras på den testmaskin som finns i Polen för att se vilka fenomen som kan studeras och om skadorna liknar de som uppkommer på Malmbanan. Det anses som viktigt att detta genomförs innan projektering och konstruktion påbörjas av en fullskalig testutrustning i Luleå för att erhålla viktig lärdom om fullskaliga tester.

Man kan utläsa att LTU:s riggar är betydligt bättre än de befintliga som man jämför mot. Om nu detta är det en riktig tolkning av förstudiearbetet eller om arbetsgruppen gör en överreklamering borde framtida testkörningar i Polen och eventuellt i Kanada utvärderas.

3 RUNDSPÅR/PARALLELLSPÅR

Utveckling och nytänkande när det gäller samverkan mellan infrastrukturägare/trafikant ger stora möjligheter till samordningsvinster för det totala transportsystemet i landet. Ett parallellspår och rundspår i anslutning till Malmbanan kan skapa förståelse för hur olika faktorer som körsätt, hastighetsprofil hos olika tågsätt, jämn hastighet kontra täta accelerationer, bromsningar, olika vagnstyper m.m. påverkar transportsystemet.

Länsstyrelsen i Norrbotten som varit med och finansierat denna förstudie ställde som krav att en studie av etablering av ett parallellspår och rundspår skulle utföras av LTU. En kravspecifikation framarbetades med utgångspunkt från de internationella studiebesöken, erfarenheter från tidigare utredningar⁵ samt litteraturstudier.

En sammanställning av arbetet med rundspår och parallellspår finns redovisade i rapporten, "Parallellspår. Rundspår. Järnvägsteknisk försöksanläggning". I samband med studiebesöket i Polen gavs även möjlighet att studera det polska rundspåret. För allmän information lämnas här en kort presentation av anläggningen.

Zmigrod är beläget ca 40 mil sydväst om Warszawa där ett rundspår färdigställdes 1996 till en uppskattad kostnad av ca 160 miljoner kronor. 25% av pengarna erfordrades för kringfunktioner såsom väganlutning, viadukter m.m. Rundspåret har en längd av 7,7 km och det har byggts med UIC60-räl på såväl betong- som träslipers. Banan är elektrifierad med 3 kV likspänning men det planeras att även införa 16 respektive 50 Hz matning i framtiden. Kurvradierna varierar mellan 600 - 900 m och maximalt tillåten fart är 120 km/h. Kontaktledningen är typad för 140 km/h. Intill banan är en testbro uppmonterad och tanken är man ska kunna växla in trafik på den. Vid besöket där var denna anslutning inte färdigställd. Banans bärighet är typad för maximalt 25 tons axellast. Planskilda korsningar för såväl bilar som gående möjliggör kontinuerlig trafik trots närheten till en by men man har kritiserats hårt för bullret som trafiken alstrar. Vid pågående tester körs tåg 24 timmar per dygn med varvtider på ca 5 minuter. Rundspåret ansluter till övriga järnvägsnätet via Zmigrod station.

För provning nyttjas ett provtåg på ca 5000 ton med maximalt 22,5 tons axellast. Tågtrafiken registreras från en mätkur i vilken utrustning mäter antal tågpassager och ackumulerad last per axel.

Anläggningen nyttjas i huvudsak för provning av räls och befästningar, men även växeltester, loktester och kraschtesten utförs. Fördelningen hos kunderna är ca 50% PKP och 50% övrig industri.

REFERENSER

- ¹ "30 ton på Malmbanan", Banverket internrapport, November 1996, Sverige, (1996).
- ² **Espling, U., Larsson, D. Larsson, P.O.**, "*Forskningsenhet för tunga transporter i kallt klimat*", Rapport från förstudie 97-01-22, Banverket internrapport norra regionen, Luleå, Sverige, (1997).
- ³ **Espling, U. Hammarlund, S., Salomonsson, O., Larsson, D. Larsson, P.O.**, "*Forskningsenhet för tunga transporter i kallt klimat*", Rapport från arbetsgruppen 97-09-16, Banverket internrapport norra regionen, Luleå, Sverige, (1997).
- ⁴ **Woring group ORE**, "QUESTION D 173, Rolling Contact Fatigue", Report No. 1 (D 173/RP 1), Review of rolling contact fatigue in rails, UTRECHT, April, (1990).
- ⁵ **Fredén, S., Hylén, B.**, "*Track and Vehicle Test Circuit TVTC*", Förslag till utformning av en provanläggning för tunga järnvägstransporter, Rapport 1997-06-16, Banverket, Gällivare kommun, Länsstyrelsen i Norrbottens län, VTI Dnr 656/95-43, Sverige, (1997).



Institutionen för Maskinteknik
Besöksadress: Universitetsområdet, Porsön, Luleå
Postadress: 971 87 Luleå
Tel: 0920-910 00. Fax: 0920-910 47
Hemsida: <http://www.luth.se/depts/mt/>

Datum: 1997-11-17

Till: Potentiella intressenter inom järnvägsteknisk forskning i provrigg

Enkät - Kravspecifikation för Provrigg

I slutfasen på utredningsprojektet "Höjning av axellasterna från 25 ton till 30 ton på Malmbanan" framkom ett behov av en fördjupad forskning inom området tunga järnvägstransporter i kallt klimat. En förstudie med en första enkät utfördes som visade på ett intresse för en fördjupad forskning inom området såväl hos anläggningsägare, trafikutövare, leverantörer som forskningsenheter. Ett fortsatt arbete har bla genererat 2 st FoU projekt samt en förstudie av en provrigg.

Syftet med denna andra enkät är att belysa och vikta de olika problemområden, samt inte minst, överblicka den forskning och utveckling som varje intressent anser vara viktigt att utprova i en eventuellt framtida provrigg.

Enkäten är indelad i 6 st huvudfunktioner som i sin tur är indelad i huvudområden vilka kan tänkas vara av intresse. Viktning av både huvudfunktion och huvudområden sker genom att ange, 1= Ej intressant, 2= Önskvärt, 3= Ett krav, i de angivna rutorna. Exempelvis kan ett huvudområde vara livslängdstestning av räls med avseende på utmattnings och slitage med underfunktioner såsom profilens betydelse, smörjningens betydelse etc.

Ni får, *utgående från Ert perspektiv*, värdera och rangordna svaren så att grunden för en kravspecifikation kan erhållas. Om Ni känner att någon/några frågor är lämpligare att besvaras av Era kollegor så kopiera gärna enkäten och be dem fylla i den. De svar som lämnas i denna enkät kommer att ligga till grund för den kravspecifikation som kommer att upprättas för en provrigg. Det är sålunda viktigt att varje intressent ger sin åsikt om vad en provrigg skall kunna utföra för testning.

Kravspecifikationen kommer att sammanväga företagens krav och forskningsenheters krav på nationell nivå. Konstruktion och erfarenhet från existerande provriggar nationellt och internationellt skall vägas in i kravspecifikationen. Utifrån dessa erfarenheter

skall sedan den svenska strategin för testning i en provrigg arbetas fram. Detta kommer sålunda att ske i samråd mellan Luleå tekniska Universitet, KTH Järnvägsteknik, CHARMEC samt de deltagande industrierna.

Utifrån kravspecifikationen undersöks om det går att utföra experimenten på existerande provriggar som motsvarar kraven, och om dessa riggar är tillgängliga för försök. Om existerande provriggar ej bedöms möjliga att utnyttja, utformas konstruktionsförslag för ny provrigg att uppföras i Sverige.

Vi ombeder Er att svara inom de närmaste dagarna, dock senast måndag den 8/12-97. Svara med bifogad svarskuvert alt. på fax ställt till P-O Larsson eller Dan Larsson. Eventuella frågor kan likaså ställas till någon av oss på nedanstående telefonnummer.

Med vänlig hälsning,

Arbetsgruppen

Per-Olof Larsson, LTU	tel: 0920-720 05	fax: 0920-910 47
Dan Larsson, LTU	tel: 0920-910 90	fax: 0920-996 92
Ulla Espling, Banverket	tel: 0920-352 95	fax: 0920-351 08
Thomas Ramstedt, INEXA Profil AB	tel: 0920-736 61	fax: 0920-735 99
Ove Salomonsson, MTAB	tel: 0980-742 56	fax: 0980-740 60
Björn Larsen, Jernbaneverket		
Ulf Bergstedt, DUROC		

Introduktion

Finansiering för 2 st relevanta projekt "Reduktion av räl- och hjulslitage genom smörjning", "Dynamisk samverkan mellan en malmvagn och infrastrukturen på Malmbanan" samt en förstudie av en fullskalig provrigg är klar. Projekten är uppstartade och förstudien har påbörjats med att ta fram en kravspecifikation för en provrigg. Syftet är att på sikt bilda ett forskningscentra för tunga transporter i kallt klimat med lokal anknytning till Norrbotten och LTU, där anläggningsägare, trafikutövare, komponentleverantörer och forskningsenheter samarbetar för att uppnå optimala lösningar för tunga järnvägstransporter.

Med utökad finansiering från Länsstyrelsen så kommer en del i förstudien även att innefatta en utredning om parallellspår och rundspår. Dessa kommer att få beröring med T2K2 projekten. Arbetet kommer att startas upp under december -97.

Arbetet vid forskningscentrat har det övergripande syftet att reducera investerings, drift- och underhållskostnader för såväl rullande material som infrastruktur, så att tunga järnvägstransporter i kallt klimat får ökad konkurrenskraft både nationellt och internationellt.

Provrigg

Forskningsarbete som syftar till att förstå mekanismerna vid utmattning och att optimera olika parametrar kräver någon form av verifiering. Utmattning är då normalt ett så långsamt fenomen att den blir svår att följa kontrollerat i fält. Därför kan uppförandet av en fullskalig provrigg vara motiverad för att erhålla accelererad provning. En fullskalig provrigg för att utprova standardkomponenter och genomföra materialval kommer i sin förlängning att ge upphov till underhållsoptimering och sänkta transportkostnader på järnväg.

Provriggen skulle kunna utgöras av några meter komplett spår, ett standard hjulpar och en fram- återgående drivenhet, belastning vertikalt med minst 40 ton liksom lateralt är ett måste liksom möjlighet till enkel/dubbelriktad last. Oscilleringsfrekvens på upp till 2Hz kan ge sådana hjulhastigheter att det motsvarar verklig drift. Placering utomhus eller i klimatrums ordnar möjlighet till kyla. Typiska områden att studera med denna utrustning är ex räls- och hjulmaterials utmattningstålighet, deformationshårdnande, smörjning, dynamiska krafttillskott vid skador i hjul och räl, svetsar, isolskarvar, sliprar, befästningar, betydelse av restspänningar i material mm.

Accelererad testning i en provrigg skulle kunna ge snabbt svar på frågor av typen:

Hur ska rälsslitage (vågbildning, ytskador, utmattning, nötning, rälsbrott) undvikas?

Hur skall val av nya rälsmaterial (materialval och tillverkningsprocesser, härdning, inkörning av räl) samt spåväxlar ske?

Vilken är den optimala rälsgeometrin (lutningsvinkel, rälsprofil)?

Vilken typ av mätmetod skall anv. för rälsitage (nötning, rälsprofil, vågbildning, inre sprickor, ytskador, färdigmorda räler när de läggs in i fält)?

Vilken typ av mätmetod för makadamdjup, makadamkvalitet och föroreningsgrad i befintligt spår, underhåll av räls (slipning, smörjning, påläggssvetsning) skall anv.?

Hur påverkar valet av slipers (trä, betong, slipersavstånd, rep av urspårningsskador) dynamiken i fordon och underbyggnad?

Vilken är den optimala hjul- rälskontakten som ger optimalt underhåll i form av slipning, smörjning och härdning av räl och hjul?

Hur påverkar klimatet underhållet vid tunga transporter?

Testning av automatisk övervakning och monitorering av banöverbyggnader såsom räl, rälskarvar, rälgeometri, befästningar, sliprar etc. är mycket viktiga för att i ett tidigt stadium detektera och uppfölja hur olika underhållsarbeten utfaller. Med hjälp av en rätt utformad provrigg ges förutsättningen för att minska transportkostnaderna på järnväg.

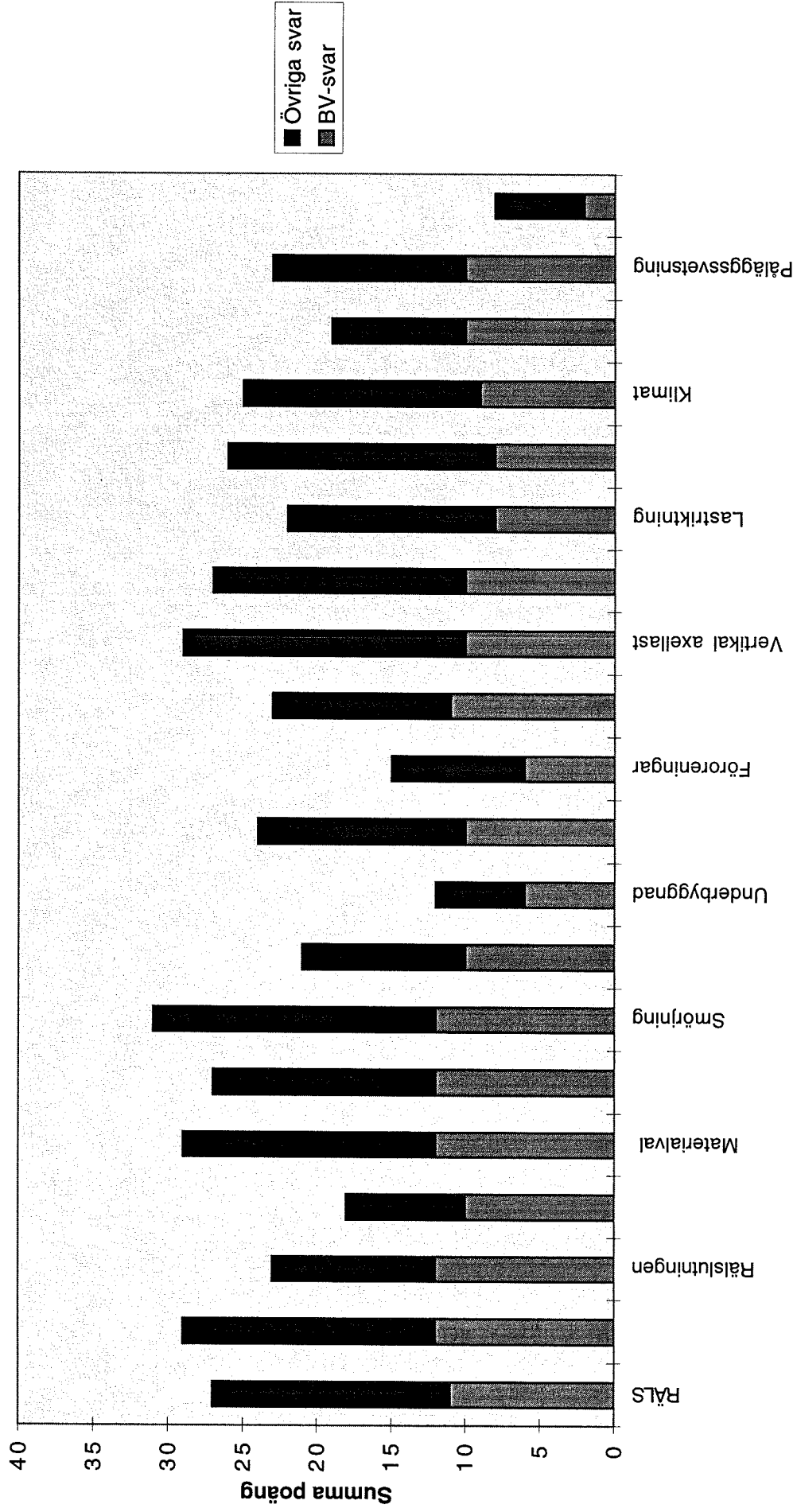
Distributionslista

Namn/adress	Titel	Telefon	Fax	E-mail/mobil
Sten Hammarlund Banverket HK 781 85 Borlänge	C. FoU, HK	0243-456 25	0243-456 17	070- 724 56 25
Ulla Espling Banverket NR Box 43 971 02 Luleå	C. FoU, NR	0920-352 95	0920-351 08	
Evert Andersson Inst. för Farkostteknik 100 44 Stockholm	KTH Professor	08-790 7628	08-7907 629	
Ragnar Hellstadius SJ, Maskin div. 105 50 Stockholm	C.Maskindiv	08-762 5200	08-762 3205	
Roger Lundén Inst. för Hållfasthetslära 412 97 Göteborg	CTH Tekn. Doktor	031-772 1511	031-772 3827	
Thomas Nordmark MTAB 981 86 Kiruna	Teknik C.	0980-714 30	0980-717 24	070- 636 80 42
Lennart Olofsson Duroc AB Box 4019 904 02 Umeå	VD	090-12 47 00	090-13 30 04	070- 537 16 42
Lennart Karlsson Luleå Tekn. Univ. 971 87 Luleå	Professor	0920-91279	0920-99692	070- 590 32 42
Öyvind Brustad Jernbaneverket Region nord N-7005 Trondheim	Teknik C.	+47 725 725 40	+47 725 726 00	

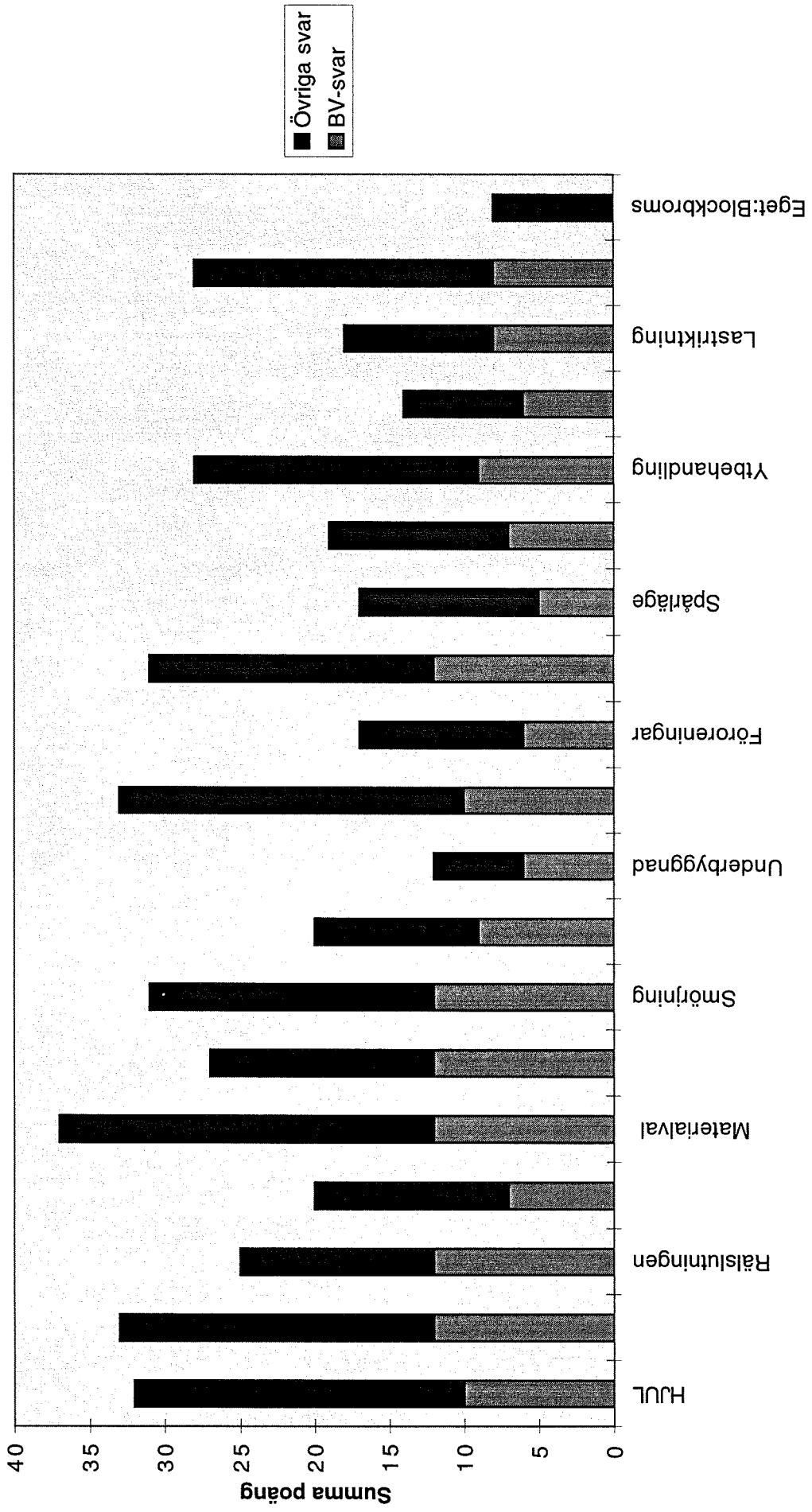
Distributionslista

Namn/adress	Titel	Telefon	Fax	E-mail/mobil
Birger Cederholm Cardo BSI Rail AB Box 193 201 21 Malmö		040-35 04 60	040-30 38 03	
Olle Ek Adtranz 721 73 Västerås	Marknads div.		021-12 35 43	
Esa Vuorinen Luleå Tekn. Univ. 971 87 Luleå	Mtrl. tekn.	0920- 993 09	0920- 911 49	
Annika Stensson Luleå Tekn. Univ. 971 87 Luleå	DMK	0920-91734	0920-99692	
Ove Salomonsson MTAB 981 86 Kiruna		0980-742 56	0980-740 60	070- 699 85 15
Thomas Ramstedt INEXA Profil AB Box 927 971 28 Luleå		0920-736 61	0920-735 99	
Kjell Sundvall INEXA Profil AB Box 927 971 28 Luleå	Teknik C.	0920-736 42	0920-735 99	

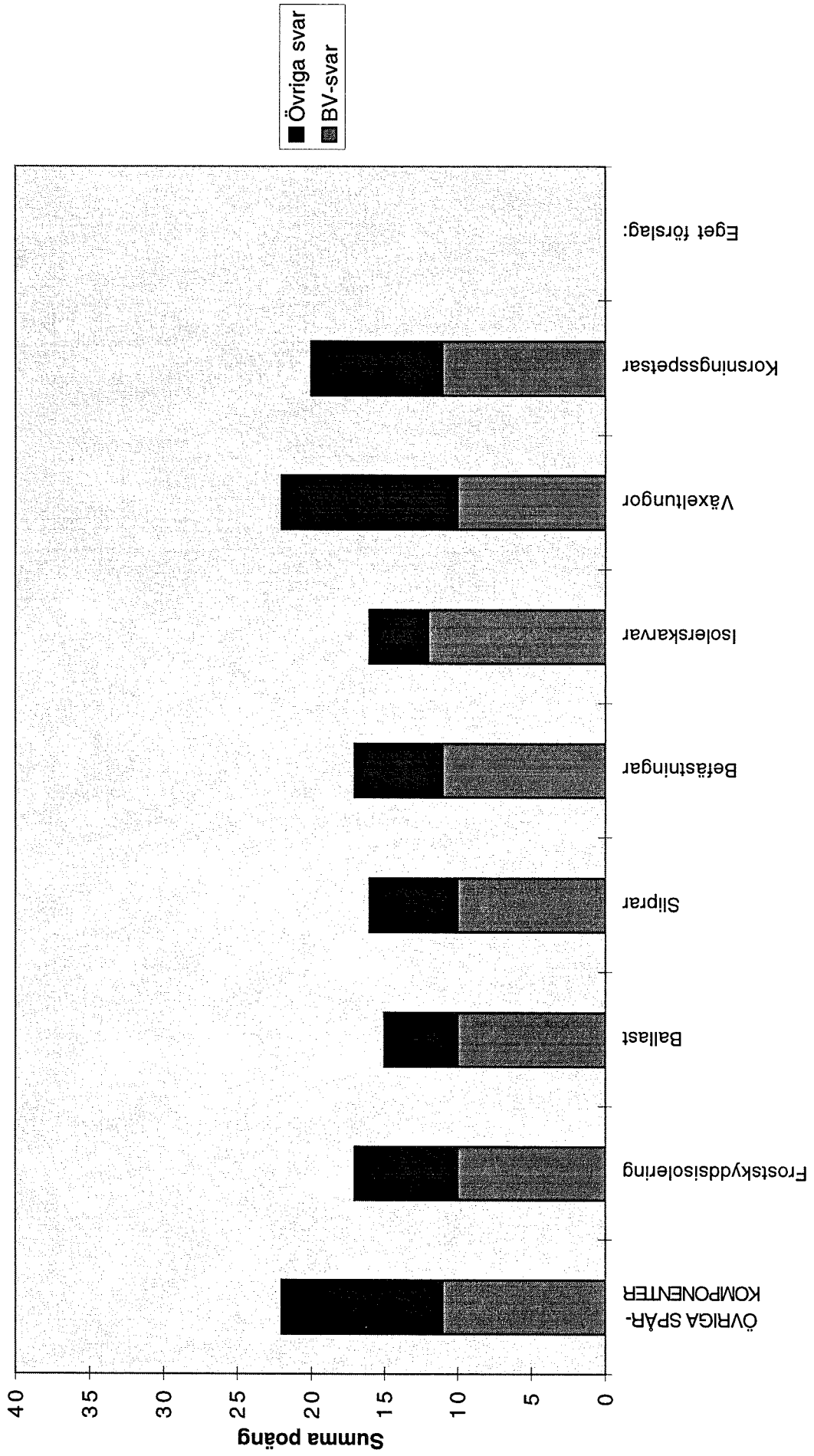
PROVNING AV RÄLS



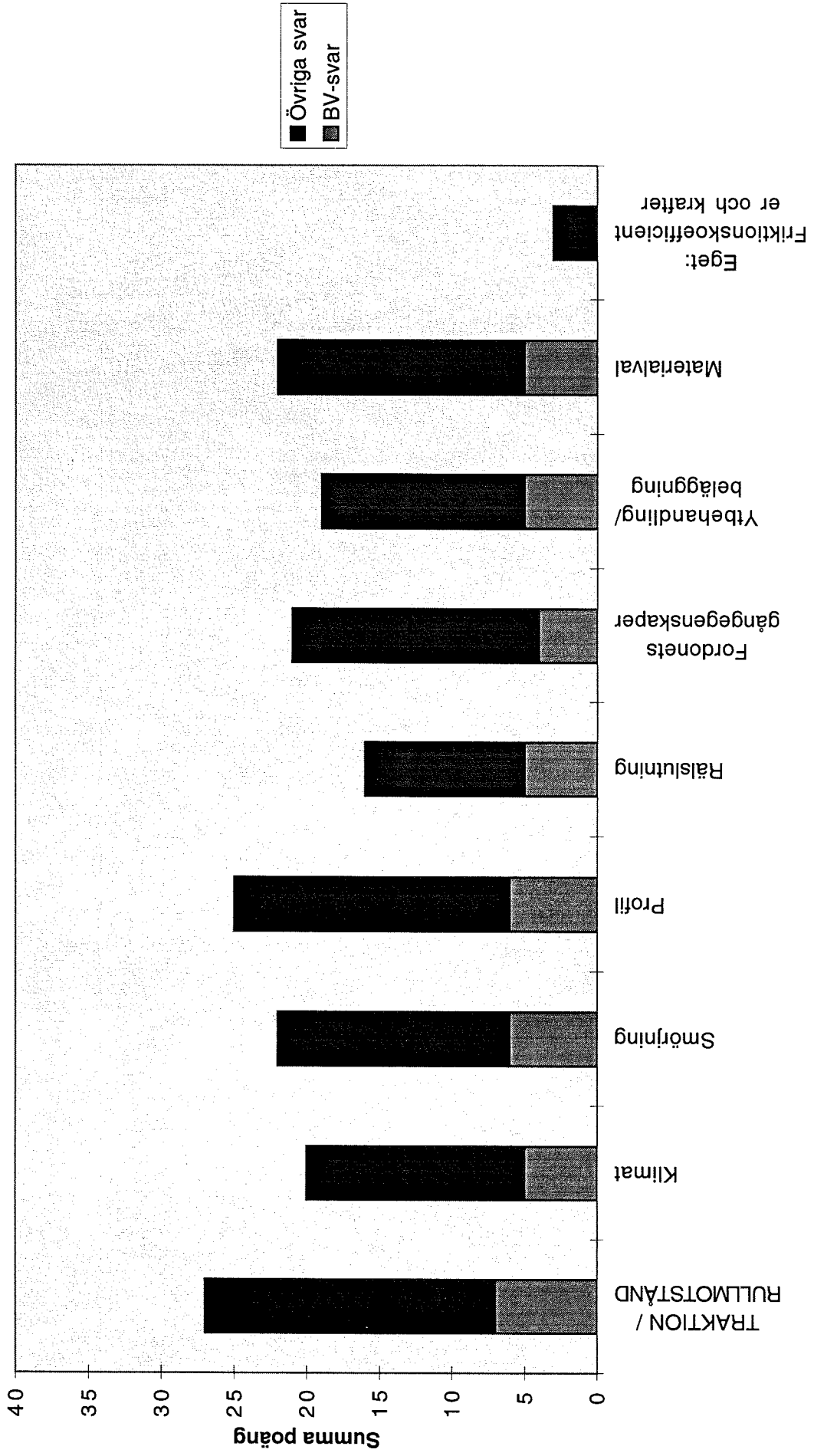
PROVNING AV HJUL



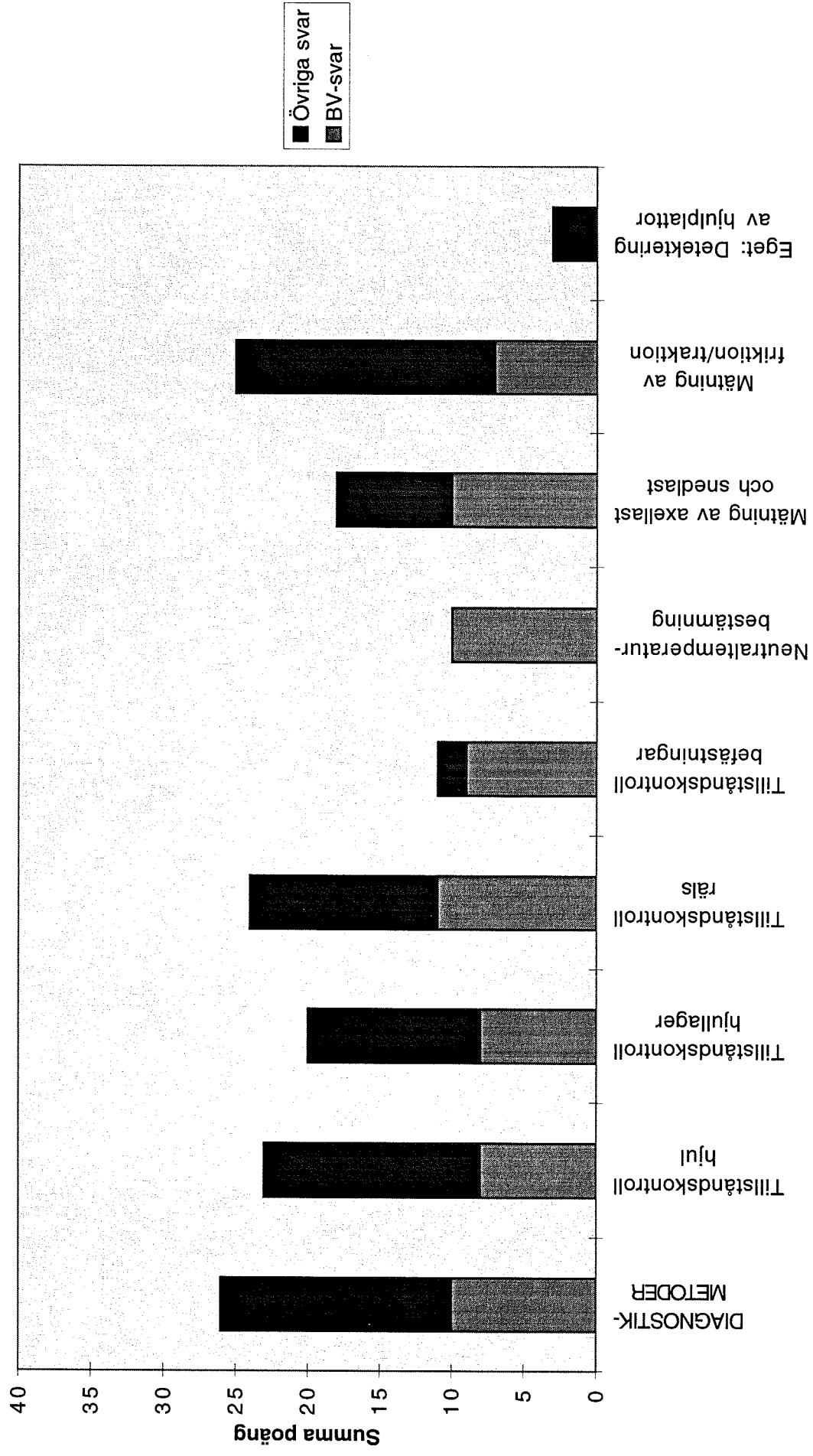
PROVNING AV ÖVRIGA SPÅRKOMPONENTER



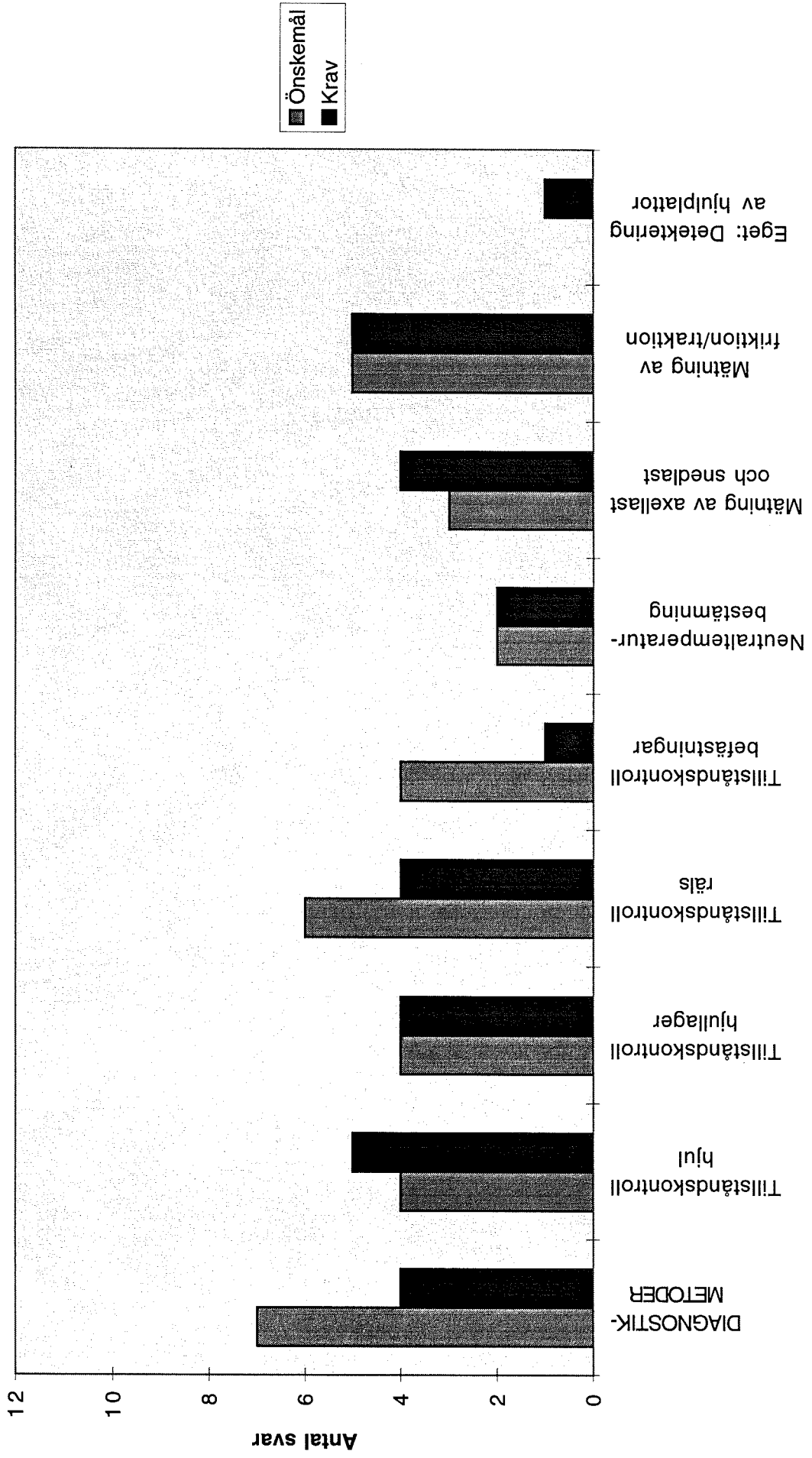
PROVNING AV TRAKTION OCH RULLMOTSTÅND



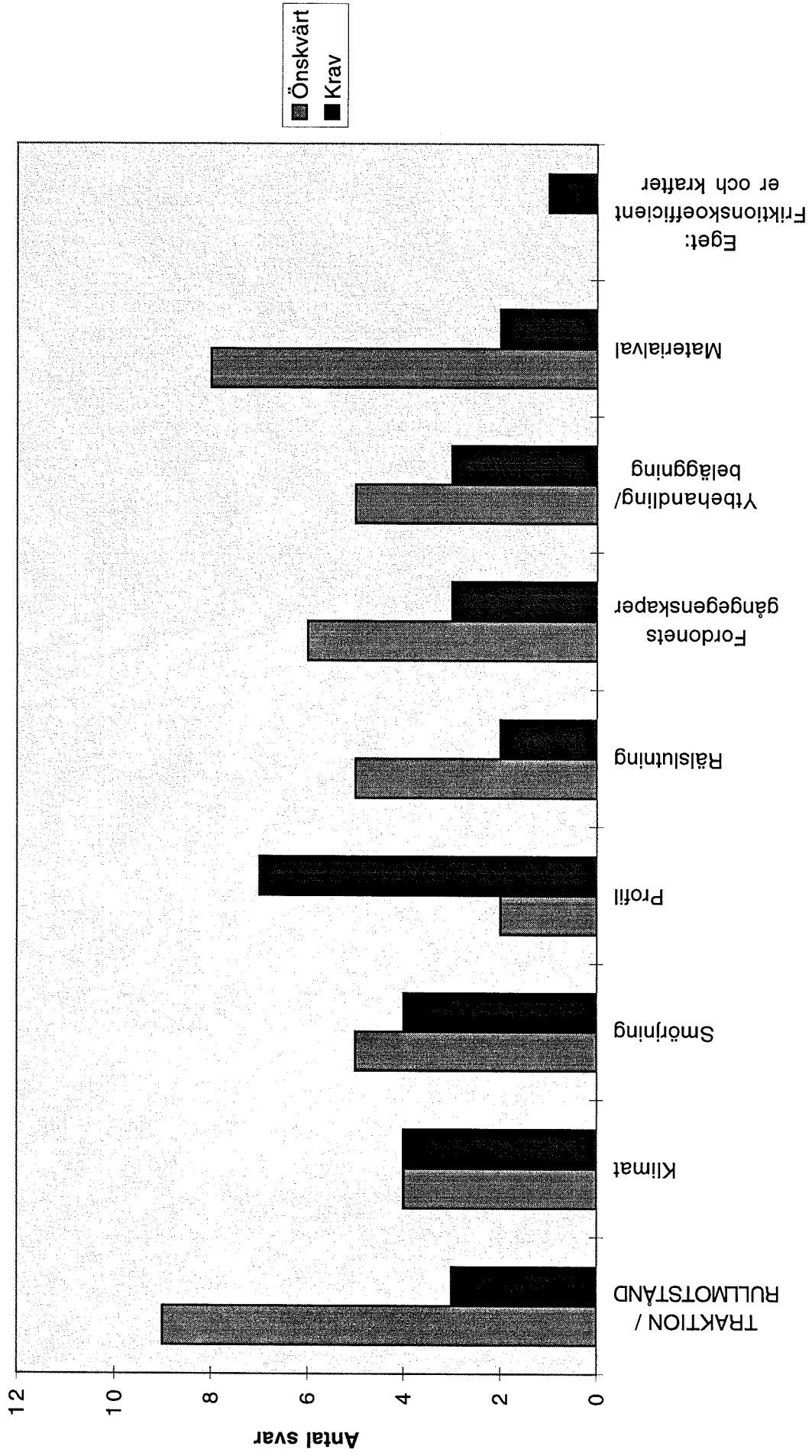
PROVNING AV DIAGNOSTIKMETODER



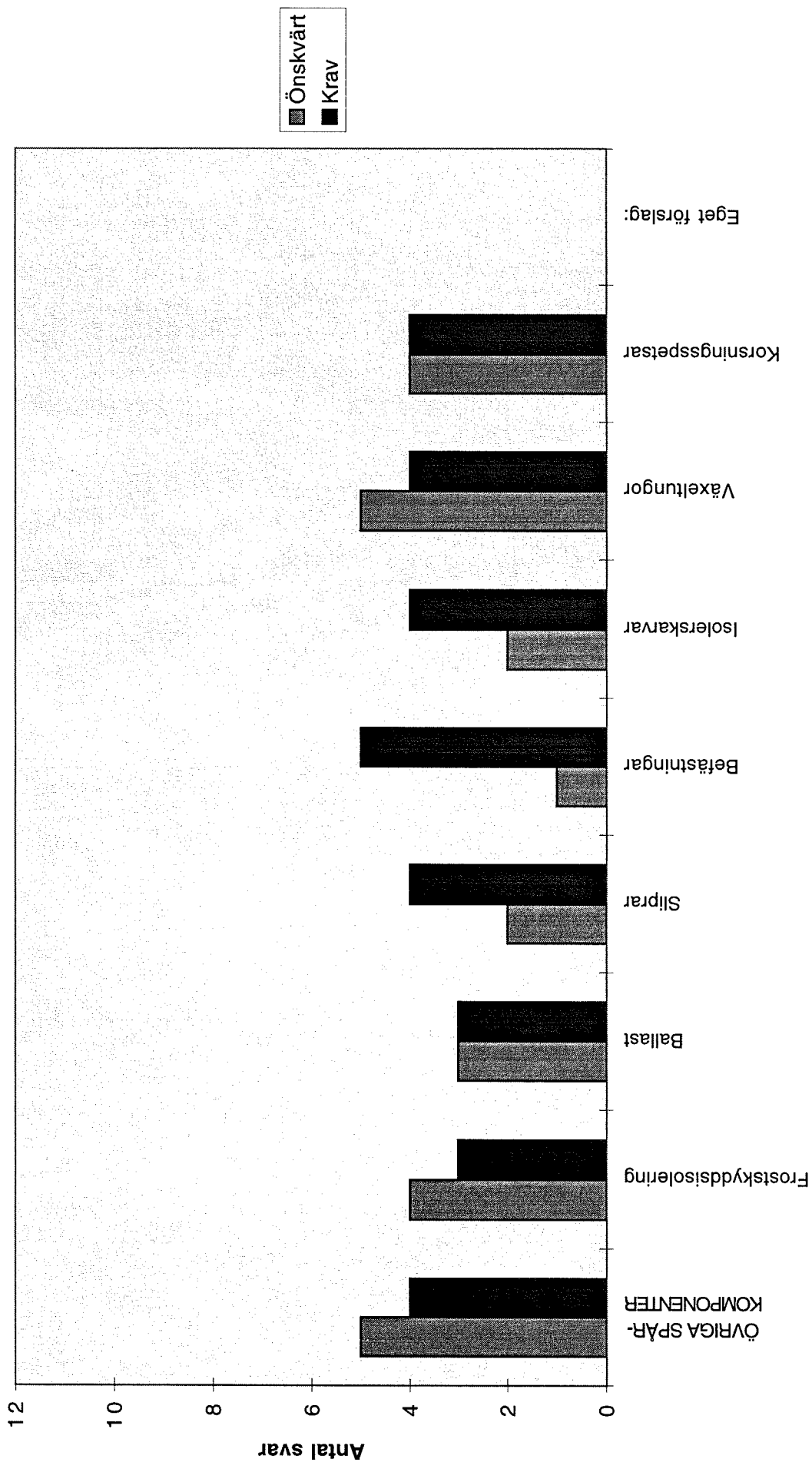
PROVNING AV DIAGNOSTIKMETODER



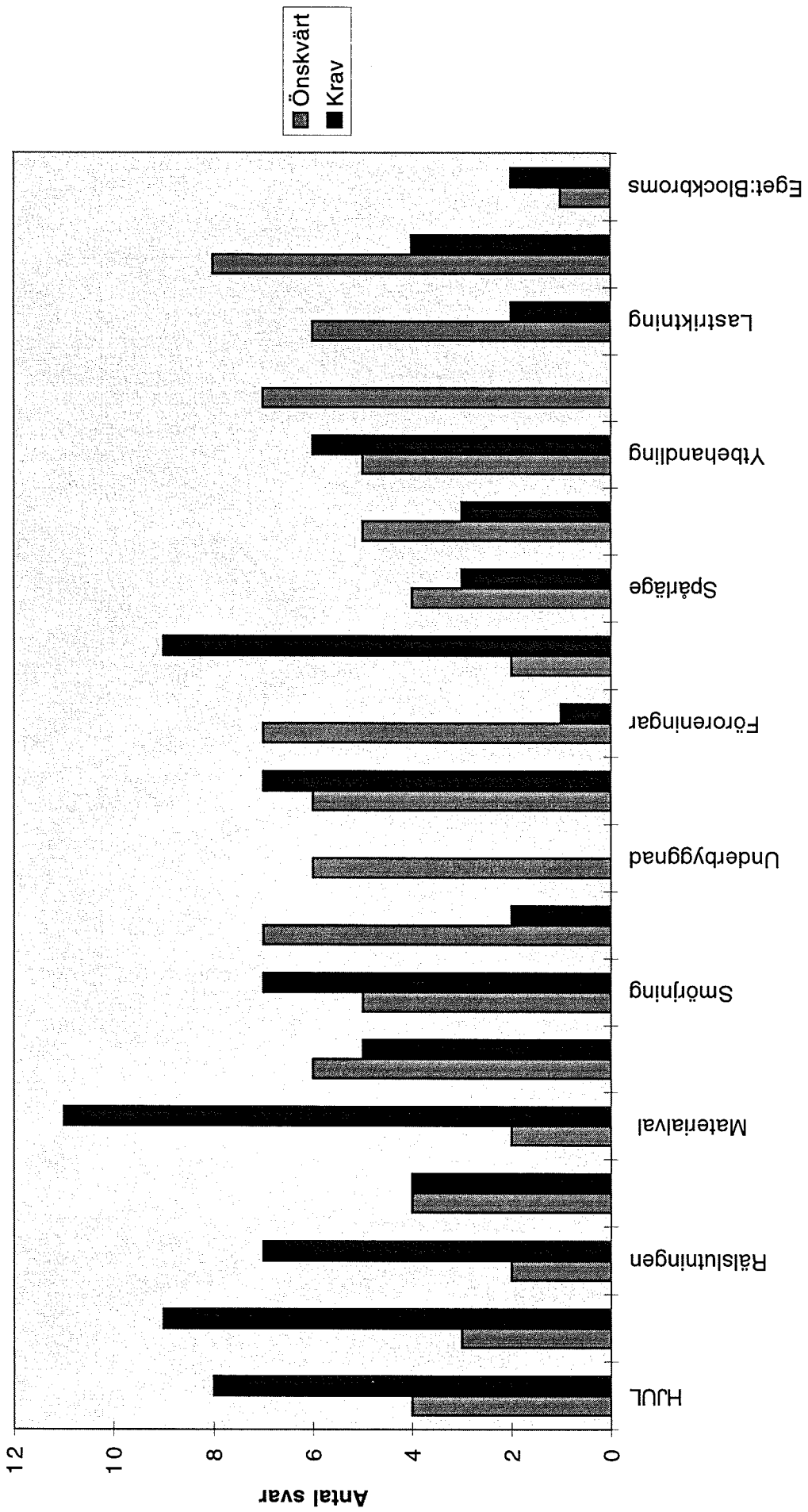
PROVNING AV TRAKTION OCH RULLMOTSTÅND



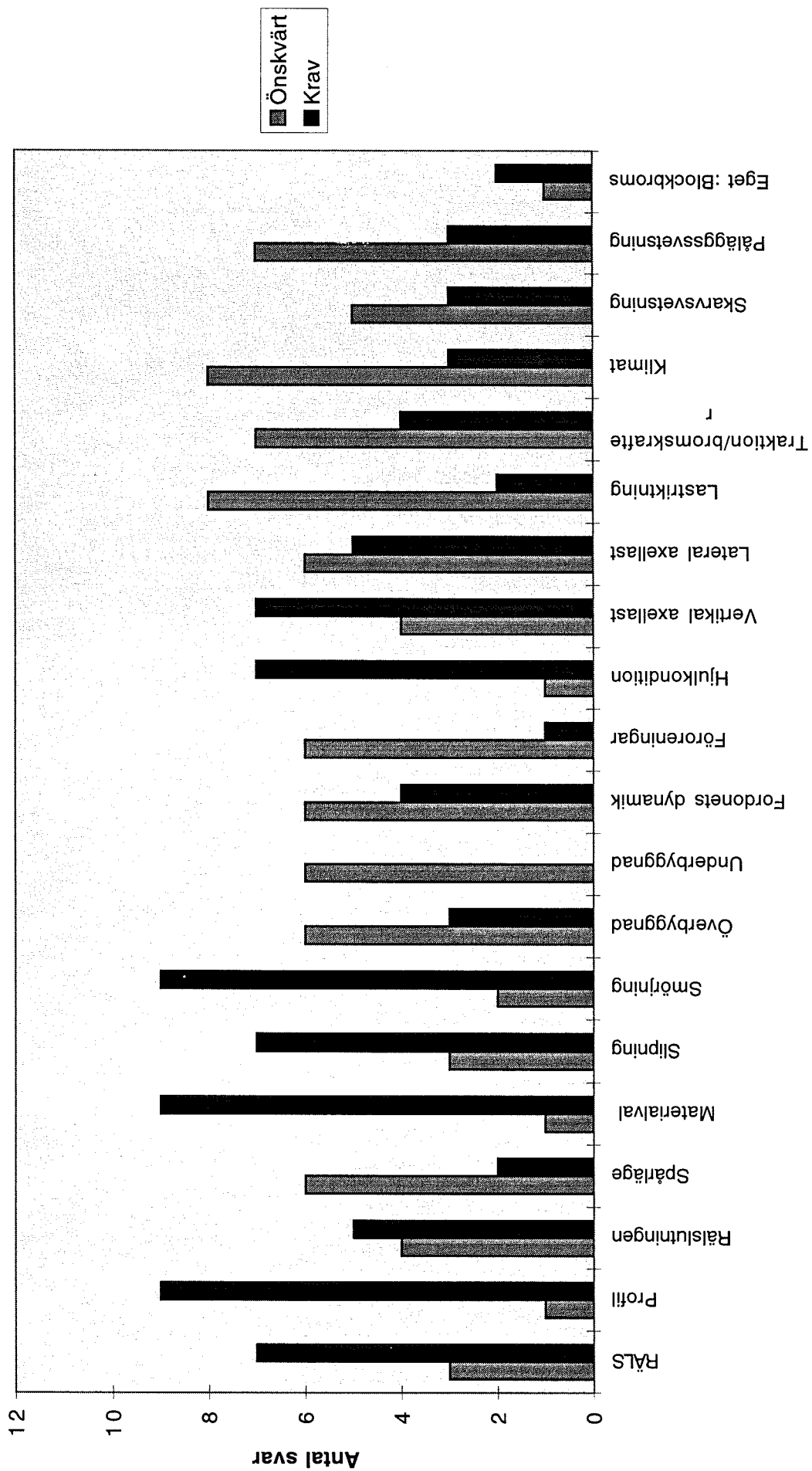
PROVNING AV ÖVRIGA SPÅRKOMPONENTER



PROVNING AV HJUL



PROVNING AV RÄLS



Kravspecifikation

Testrigg

Innehållsförteckning:

1	Subfunktioner.....	3
2	Rörelsegenerering	4
2.1	Vevsläng med konstant radie.....	4
2.2	Vevsläng med variabel radie.....	4
2.3	Svänghjul med spår	4
2.4	Kuggstång, rak	4
2.5	Kuggstång, slutna bana.....	4
2.6	Kedja med vevstake mellan två kedjehjul.....	4
2.7	Kedja med hjulaxel mellan två kedjehjul.....	5
2.8	Hydraulcylinder.....	5
2.9	Skruv med höger- och vänstergänga.....	5
2.10	Pendelmekanism	5
2.11	Använda tyngdkraften för att starta och stoppa axeln i lutande plan	5
3	Kraftgenerering	6
3.1	Fysisk egenvikt på axeln.....	6
3.2	Fysisk vikt som belastar axel utan translation.....	6
3.3	Fjäderelement på axeln.....	6
3.4	Fjäderelement som belastar axel utan translation.....	6
3.5	Hydraulisk last på axeln	6
3.6	Hydraulisk last som belastar axel utan translation	6
3.7	Last via skruvtvingsprincipen.....	6
3.8	Elektromagnetisk last.....	6
3.9	Last via kamprofil	7
4	Slirningshämning.....	8
4.1	Rotationsdämpare,.....	8
4.2	Styrd rotation.....	8
4.3	Ökad glidfriktion (kemiskt).....	8
4.4	Lagra respektive avge masströghetsenergin med fjäderelement.....	8
4.5	Lagra respektive avge masströghetsenergin hydrauliskt.....	8
4.6	Lyfta axeln i en riktning.....	8
5	Positionering av hjul och räl.....	9
5.1	Mekanisk styrning mellan ett hjul och en räl	9
5.2	Mekanisk styrning av axeln	9
5.3	Rörelsemekanismen styr hjulaxeln	9
6	Styvhet och dämpning	10
6.1	Mekaniska fjädrar och dämpare simulerar underbyggnad.	10
6.2	Hydraulisk fjädring och dämpning	10
6.3	Underbyggnaden simuleras med lämpliga material i en grav.....	10

1 Subfunktioner

För att testtriggen ska uppfylla de krav och önskemål som framställs i kravspecifikationen bryts den ner i olika funktioner för att minska komplexiteten hos konstruktionen. Dessa funktioner är:

- Rörelsegenerering
- Kraftgenerering
- Slirningshämning
- Positionering av hjul/räl
- Styvhet och dämpning

För varje funktion tas ett antal lösningar/koncept fram.

2 Rörelsegenerering

Rörelsegenereringens funktion är att skapa en rörelse mellan hjul och räl. De olika funktionerna är:

1. Vevsläng med konstant radie
2. Vevsläng med variabel radie
3. Svänghjul med spår
4. Kuggstång, rak
5. Kuggstång, sluten bana
6. Kedja med vevstake mellan två kedjehjul
7. Kedja med hjulaxel mellan två kedjehjul
8. Hydraulcylinder
9. Skruv med höger- och vänstergänga
10. Pendelmekanism
11. Använda tyngdkraften för att starta och stoppa axeln i lutande plan

Koncepten beskrivs i kortform nedan.

2.1 Vevsläng med konstant radie

Vevsläng med konstant radie består av ett svänghjul, vars rotationsrörelse omvandlas till en linjär rörelse med hjälp av en vevstake.

2.2 Vevsläng med variabel radie

Fungerar som föregående koncept, men med den skillnaden att det radiella avståndet till vevstakens infästning på svänghjulet kan varieras för att få ett område med konstant hastighet på vevstaken.

2.3 Svänghjul med spår

Består av en linjärt lagrad axel vars ena ände är lagrat i ett spår i ett svänghjul. Spårets form bestämmer axelns linjära rörelse.

2.4 Kuggstång, rak

En linjär fram och återgående rörelse på kuggstången fås av ett roterande kughjul.

2.5 Kuggstång, sluten bana

Består av ett cirkulärt kughjul som driver en kuggstång med invändiga kuggar som bildar en sluten bana.

2.6 Kedja med vevstake mellan två kedjehjul

Består av en kedja som löper mellan två kedjehjul. Med hjälp av en vevstake som sitter monterad på kedjan fås en linjär rörelse.

2.7 Kedja med hjulaxel mellan två kedjehjul

Består av en kedja som löper mellan två kedjehjul. På kedjan monteras en hjulaxel.

2.8 Hydraulcylinder

Rörelsen skapas med en linjär hydraulcylinder.

2.9 Skruv med höger- och vänstergänga

En linjär rörelse skapas med en skruv som har både höger- och vänstergänga. "Muttern" som sitter på skruven får en fram och återgående rörelse när skruven roterar.

2.10 Pendelmekanism

Av en pendels svängningar fås en linjär rörelse med en vevstake eller annan mekanism.

2.11 Använda tyngdkraften för att starta och stoppa axeln i lutande plan

Med hjälp av lutande plan på bägge sidor om rälens teststräckor utnyttjas tyngdkraften för att få hjulaxeln att starta och stanna.

3 Kraftgenerering

För att belasta axeln under test, har följande koncept tagits fram:

1. Fysisk egenvikt på axeln
2. Fysisk vikt som belastar axel utan translation
3. Fjäderelement på axeln
4. Fjäderelement som belastar axel utan translation
5. Hydraulisk last på axeln
6. Hydraulisk last som belastar axel utan translation
7. Last via skruvtvingsprincipen
8. Elektromagnetisk last
9. Last via kamprofil

Koncepten beskrivs i kortform nedan.

3.1 Fysisk egenvikt på axeln

En massa som motsvarar lasten placeras på axeln.

3.2 Fysisk vikt som belastar axel utan translation

En tyngd som placeras ovanför rälen pressar ner axeln då den passerar teststräckan.

3.3 Fjäderelement på axeln

Ett fjäderelement placerat på hjulaxeln pressar ner hjulaxeln.

3.4 Fjäderelement som belastar axel utan translation

Ett fjäderelement som placeras ovanför rälen pressar ner axeln då den passerar teststräckan.

3.5 Hydraulisk last på axeln

En hydraulcylinder placerad på hjulaxeln pressar ner hjulaxeln mot rälen.

3.6 Hydraulisk last som belastar axel utan translation

En hydraulcylinder som placeras ovanför rälen pressar ner axeln då den passerar teststräckan.

3.7 Last via skruvtvingsprincipen

Någon form av skruvdomkraft som placeras ovanför rälen pressar ner axeln då den passerar teststräckan.

3.8 Elektromagnetisk last

En elektromagnet som placeras ovanför rälen pressar ner axeln då den passerar teststräckan.

3.9 Last via kamprofil

Kamprofil eller annan mekanism som styrs av rörelsemekanismen pressar ner axeln då den passerar teststräckan.

4 Slirningshämning

För att undvika att hjulen slirar mot rälen under test, har följande koncept tagits fram:

1. Rotationsdämpare
2. Styr rotation
3. Ökad glidfriktion (kemiskt)
4. Lagra respektive avge masströghetsenergin med fjäderelement
5. Lagra respektive avge masströghetsenergi hydrauliskt
6. Lyfta axeln i en riktning

Koncepten beskrivs i kortform nedan.

4.1 Rotationsdämpare,

Hjulet bromsas under retardation. Kan kompletteras med ABS-teknik

4.2 Styr rotation

Kan åstadkommas med ett kugg- eller kedjehjul med samma diameter som hjulen som följer en kedja eller kuggstång.

4.3 Ökad glidfriktion (kemiskt)

Minska risken för slirning genom att öka friktionen mellan hjul och räl med någon typ av beläggning.

4.4 Lagra respektive avge masströghetsenergin med fjäderelement

Med hjälp av fjädrar minskas risken för slirning genom att ta upp energi under inbromsning och avge den under acceleration.

4.5 Lagra respektive avge masströghetsenergin hydrauliskt

Med hjälp av hydraulik minskas risken för slirning genom att ta upp energi under inbromsning och avge den under acceleration.

4.6 Lyfta axeln i en riktning

Genom att lyfta hjulen från rälen i en riktning undviks problemet med att ändra rotationsriktning på hjulen.

5 Positionering av hjul och räl

För att positionera hjulen mot rälen under test, har följande koncept tagits fram:

1. Mekanisk styrning mellan ett hjul och en räl
2. Mekanisk styrning av axeln - lägesregistrering - gränsvärde för manuell/kontinuerlig justering
3. Rörelsemekanismen styr hjulaxeln

Koncepten beskrivs i kortform nedan.

5.1 Mekanisk styrning mellan ett hjul och en räl

Ett av hjulen tvingas mekaniskt att följa ett räl.

5.2 Mekanisk styrning av axeln

Axeln styrs mekaniskt för att följa ett spår. Med optisk eller mekanisk lägesregistrering kontrolleras gränsvärdet för att manuell eller kontinuerlig justering ska kunna ske.

5.3 Rörelsemekanismen styr hjulaxeln

Styrning sker genom att hjulaxeln är låst vid rörelsegenereringens drivaxel, som är låst så att den endast kan följa en bestämd linje.

6 Styvhet och dämpning

För att positionera hjulen mot rälen under test, har följande koncept tagits fram:

1. Fjädrar och dämpare simulerar underbyggnad, rörelsen delvis styrd
2. Hydraulisk fjädring och dämpning
3. Underbyggnaden simuleras med lämpliga material i en grav.

Koncepten beskrivs i kortform nedan.

6.1 Mekaniska fjädrar och dämpare simulerar underbyggnad.

Underbyggnaden simuleras med hjälp av fjädrar och dämpare. Fjädrarna kan bestå av fjäderelement, balkar eller gummimaterial. Överbyggnaden med ballast, slipers och räl kan tex placeras i en låda på den simulerade underbyggnaden.

6.2 Hydraulisk fjädring och dämpning

Underbyggnaden simuleras med hjälp av innesluten vätska. Överbyggnaden med ballast, slipers och räl kan tex placeras i en låda på den simulerade underbyggnaden.

6.3 Underbyggnaden simuleras med lämpliga material i en grav

Underbyggnaden simuleras genom att bygga upp denna med olika massor i en gjuten grav. Överbyggnaden med ballast, slipers och räl kan tex placeras direkt på underbyggnaden.

Litteraturstudie

Testrigg

Avdelningen för Maskinelement
Luleå tekniska universitet
971 87 Luleå

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

	SID
1. BAKGRUND	1
1.1. Smörjning, nötning och friktion på järnvägsräls.....	1
1.2. Smörjning vid låga temperaturer	2
1.2.1. Smörjning med fett.....	2
1.2.2. Pågående rälsmörtprojekt nationellt.....	3
2. LITTERATURSTUDIE	3
2.1 Strategi och sökprofil.....	4
2.2 Fullskalig provning	5
2.2.1 Fullskalig smörjning, nötning, friktion och slitage	5
2.2.2 Fullskalig kontaktutmattnings.....	8
2.2.3 Övrig fullskalig provning samt vissa simuleringar	8
2.3 Provning i laboratoriemiljö	10
2.3.1 Laboratoriemiljö för smörjning, nötning, friktion och slitage.....	10
2.3.2 Laboratoriemiljö för kontaktutmattnings.....	11
2.3.3 Övrig laboratorieprovning.....	12
2.4 Övrig provning och beräkningsrelaterad provning.....	12
REFERENSER	14

SAMMANFATTNING

En omfattande litteraturstudie har genomförts i samarbete med Universitetsbiblioteket i Luleå för att uppdatera vart teknikfronten står idag när det gäller provningsmaskiner för rälssmörjning och kontaktutmattning. Syftet med litteraturstudien var att erhålla en generell beskrivning av vilka testapparater som används vid internationella arbeten som är utförda för smörjteknikområdet samt kontaktutmattning av hjul/räl kontakten. Målet med litteraturstudien var att kartlägga var forskningsfronten står idag och vilka testcentrum som arbetar med olika typer av försöksriggar.

Det har visat sig under arbetets gång att det förekommer forskningsaktiviteter främst i Ryssland, Nordamerika, Japan, Kina, Australien och vissa länder i forna Östeuropa. Det förekommer dock en mycket begränsad aktivitet när det gäller kontaktutmattning, smörjning av räl kombinerat med arktiskt klimat. Kunskapen om varför och hur dessa faktorer fungerar är idag mycket rudimentär. Arbetet omfattar ett underlag på 89 st internationellt publicerade artiklar. Utifrån dessa 89 artiklar har 50 st ansetts vara av stort intresse för att erhålla en vetenskaplig täckning av de olika testriggar som använts vid provning av hjul/räl- kontakten och har sålunda sammanfattats i denna studie.

Sammanfattningsvis kan sägas att den fullskaliga provningsverksamheten sker främst i ordinarie spår samt viss provning förekommer även på testbanor. Provningsen oftast är indelad i kontaktutmattning, slitage och smörjning samt gångdynamiska mätningar. Vidare förekommer även friktionsmätningar och bromsprovning. Den provning och testning som sker i laboratoriemiljö sker oftast i form av renodlad och grundläggande förståelse för enskilda fysikaliska mekanismer. Kopplingar mellan dessa renodlade försök till verkliga driftfall ute längs bandelarna har ej påträffats i denna undersökning. En sammanfattning av de arbeten som har genomförts på slitagestudier från 1950- talet ger att, en generell modell för slitagemekanismer ej har utvecklats som har en praktisk tillämpning i fält. De slitagemodeller som finns är enkla och används för simulering av fordonsdynamik. De modeller som fungerar bra i praktiken är de modeller som simulerar vissa specifika fenomen i laboratorier och inte i fält. Detta tros bero på att fundamentala slitagestudier endast har förekommit sedan 1970- talet och är sålunda en ung vetenskap.

1. BAKGRUND

Ökad efterfrågan av transporter i Sverige, och framförallt i norra Sverige, kommer att ge upphov till en utveckling inom en rad olika områden, främst kommer det att krävas kvalificerade tjänster inom handel, distribution av varor mm. De stora industrierna som t ex verkar i norra delarna av landet är internationellt konkurrensutsatta vilket medför att utvecklingen inom transportområdet är en viktig del för att hålla transportkostnaderna nere för dessa företag. Inom en snar framtid kommer det att ställas krav på att ökad trafiklast, ökade hastigheter samt tätare trafikintensitet för att sänka kostnaderna för transporter. Det har framkommit i fyra undersökningar^{1, 2, 3, 4} att det finns brister i det befintliga transportsystemet. Ett nytt system för järnvägstransporter måste framarbetas som motsvarar framtidens transportkrav och behov.

Ökade axellaster, högre hastigheter och tätare trafik medför en större påfrestningar på transportsystemet jämfört med idag. Kombinationen av tung långsamtgående trafik med lätta och höghastighetsgående trafik på samma bana medför att det kommer att ställas andra typer av "kombinationskrav" på underhållet jämfört med om endast en typ av trafik trafikerar järnvägssystemet.

1.1. Smörjning, nötning och friktion på järnvägsräls

Smörjning av järnvägsräls används främst för att minska friktionen mellan hjul och räl och som en följd av detta minska slitaget samt även minska den energi som åtgår för att transportera last på järnväg (rullmotstånd). Smörjning av räl kan ske på ett flertal olika sätt och kombinationer. Det sätt som vanligast förekommer i Sverige är att man använder sig av stationära smörjapparater som är placerade längs rälsen och vid tyngre trafik förekommer även att loken har en smörjapparat som används för att smörja kontakten mellan hjul och räl⁵.

Den typ av utrustning, för stationär räl/hjul smörjning, som är vanligast i Sverige är Clicomatic. Denna utrustning är framtagen av SRS (Swedish Rail System AB) och har använts sedan slutet av 1970- talet. Clicomatic är tågstyrd och aktiveras av vibrationer i rälsen när tåget passerar smörjstället.

Utomlands så använder man sig av ytterligare en metod för att smörja kontakten mellan räl- hjul. Denna metod kallas för ambulerad smörjning och detta innebär att ett fordon applicerar fett på rälsens farkant istället för på hjulens fläns som används vid t ex

loksmörjning. Ambulerad smörjning används främst vid lätt trafikerade järnvägar (< 15-20 MBT) samt som komplement till annan form av smörjmetod ⁶.

Rälsmörjningens ekonomiska effekter är av betydande storlek. Det har visat sig i en undersökning gjord av Banverket ¹ att man i princip kan minska underhållskostnaderna med 50% när det gäller byte och underhåll av räl i kurvor. De antaganden som ligger till grund för detta är en jämförelse mellan att effektivt smörja rälsen kontra bristfällig och till vissa delar osmord räl. För hela landets järnvägsnät betyder detta att man kan spara ca 35 milj. kr/år genom att smörja rätt.

Den undersökning som gjordes av Banverket Regionkontoret Norra under sommaren 1996 ⁵ visade att det förekommer vissa brister när det gäller smörjning av räl. Dessa brister är dels underhålls- och planeringsanknutna och dels smörjningsanknutna.

1.2. Smörjning vid låga temperaturer

Smörjning av maskiner under låga temperaturer är ett stort problem. Smörjmedlets viskositet ökar kraftigt vilket begränsar tillförsel av smörjmedel till aktuella smörjställen. Otillräcklig smörjning och hög friktion medför kraftigt slitage, och i värsta fall haveri, som följd.

Experimentell bestämning av smörjmedlets fysikaliska och mekaniska egenskaper vid temperaturer mellan +20 och -60°C tillsammans med teoretiska beräkningsmodeller ger friktionen i enskilda maskinelement. Totala friktionen vid kallstart av en mer komplex maskin kan beräknas utifrån bidrag från lager, tätningar, kugghjul, och smörjmedel. Denna kunskap kan då sedan användas vid design av maskiner för att förbättra egenskaper vid kallstart och höja verkningsgraden, se Wikström ⁷.

1.2.1. Smörjning med fett

När smörjfett används som smörjmedel, i bland annat rullningslager, inverkar flera parametrar på smörjförmågan. Dessa parametrar är; fettets egenskaper, ytornas egenskaper, ytornas geometri samt olika yttre driftsfaktorer. En teoretisk modell för att beskriva denna komplexitet saknas idag. Vilka mekanismer styr återflödet av fett till smörjstället, eller måste det alltid tillföras nytt fett? Hur påverkar förtjockningsmedlet i fettet smörjegenenskaperna? Detta är exempel på frågor som har studerats ingående med hjälp av medel från NUTEK och SKF vid Luleå tekniska universitet (LTU).

Under de senaste tio åren har fettforskning bedrivits vid Avdelningen för maskinelement (LTU) och detta har resulterat i två doktorsavhandlingar ^{8, 9} som har behandlat fettsmörjningsproblematik och grundläggande förståelse för hur smörjfetter fungerar. Arbetet har utförts i nära samarbete med SKF:s centrala försökscentra i Holland samt med nordens enda smörjfettstillverkare, Axel Christiernsson AB, i Nol.

Under de senaste fem åren har arbetet med smörjfetter fokuserats på att kartlägga vilka egenskaper som påverkar transporter av smörjfett i en applikation. Detta arbete syftade till att skapa en modell för hur man kan optimera transporten av fett i ett kullager ^{10, 11} eller i en kuggväxel ¹².

1.2.2. Pågående räls-smörjprojekt nationellt

Maskinelement vid Kungliga Tekniska Högskolan (KTH) i Stockholm bedriver sedan några år tillbaka ett projekt där man studerar hur olika faktorer påverkar ytors förslitning. Man har arbetat med olika maskinelement, och för närvarande driver man ett projekt tillsammans med NUTEK där man studerar hur Stockholms Lokaltrafiks spårbundna fordon sliter på räl. Man har funnit att för pendeltågstrafik är varje kurva individuell när det gäller slitagemekanismer. Detta tros bero på vilken typ av körsätt som föraren använder sig av när vagnarna går in i kurvan, t ex om utgången av en kurva alltid följs av en inbromsning så kommer slitaget att se ut på ett visst sätt. Samma kurvradie kan ha en annan typ av förslitning om trafikhastigheten är konstant genom kurvan. Projektet på KTH syftar till framtagning av olika slitagemodeller för spårbunden trafik.

2. LITTERATURSTUDIE

En omfattande litteratur studie har genomförts i samarbete med Universitetsbiblioteket i Luleå för att uppdatera vart teknikfronten står idag när det gäller provningsmaskiner för dels räls-smörjning och kontaktutmattning. Syftet med litteraturstudien var att erhålla en generell beskrivning av vilka testapparater som används vid internationella arbeten som är utförda för smörjteknikområdet samt kontaktutmattning av hjul/räl kontakten. Målet med litteraturstudien var att kartlägga var forskningsfronten står idag och vilka testcentrum som arbetar med olika typer av försöksriggar.

Litteraturstudien som ligger till grund för detta arbete är en utvidgad studie på det internationella planet samt en utvidgning av den litteraturstudie som genomfördes av Hellström ⁵.

Denna studie omfattar ett tjugotal olika arbeten som har beröringspunkter med ämnesområdet, rälsförjningsproblematik.

Det finns ingen dokumentation på vilka krav som man ställer på ett smörjfett som skall vara applicerat för rälsförjning. Det enda som man kan konstatera är att fettet skall verka under låga skjuvhastigheter vilket betyder att det bör ha en hög basoljeviskositet samt att smörjfallet är en form av blandfilmskaraktär. För att klara blandfilmssmörjning, vilket är driftfallet vid rälsförjning, bör ett fast smörjmedel väljas. Detta medför att molybden eller grafitbundet fett borde vara väl lämpade för denna applikation. Båda dessa ämnen löser uppgiften med att separera ytorna vid låga hastigheter samt bygga upp någon form av friktionsnedsättande smörjfilm.

Set har visat sig under arbetets gång att det förekommer forskningsaktiviteter främst i Ryssland, Nordamerika, Japan, Kina, Australien och vissa länder i forna Östeuropa. Det förekommer dock en mycket begränsad aktivitet när det gäller kontaktutmattnings, smörjning av räl kombinerat med arktiskt klimat. Kunskapen om varför och hur dessa faktorer fungerar är idag mycket rudimentär.

2.1 Strategi och sökprofil

Följande strategi kommer att användas för att erhålla ett så stort underlag som möjligt. Utgående ifrån studien ⁵, som genomfördes lokalt på den litteratur som finns tillgänglig på alla högskolor och universitet i Sverige, har de mest frekventa sökorden använts för att vidga studien till att omfatta alla publicerade artiklar som är gjorda på området. Detta betyder att allt från och med 1945 som finns publicerat är undersökt om det passar in i sökprofilen.

Följande sökord har använts som gav 89 st artiklar som passar in på profilen.

Allmänt om rälsförjning:

Weel, Contact, Geometry, Rail, Profile, Velocity, Lubrication, Grease, Grafit, Field, Transportation, Railroad, Energy, Transportation, Friction.

Applikationer:

Subway, Machine, Cold, Rolling, Materials, Testing, Laboratories

Efter det att samtliga sammanfattningar till dessa 89 artiklar genomlästs så bedömdes 50 st av dessa att vara av intresse för att erhålla en vetenskaplig täckning av järnvägstestning.

Följande indelning har gjorts för litteraturstudien: fullskalig provning, provning i laboratoriemiljö samt övrig provning och tester.

2.2 Fullskalig provning

Den fullskaliga provningsverksamheten sker främst i ordinarie spår samt viss provning förekommer även på testbanor. Provningen oftast är indelad i kontaktutmattnings, slitage och smörjning samt gångdynamiska mätningar. Vidare förekommer även friktionsmätningar och bromsprovning.

Det finns dock en aspekt på fullskalig provning som Borrington¹³ har arbetat med, och det är att skydda olika typer av stålytor mot korrosion. I sin artikel skriver han att det är möjligt att idag skydda ytor med ett tunt antikorrosionslager som kan uppvisa bra smörjningsegenskaper samtidigt som de är tåliga mot mekanisk åverkan. Denna typ av skydd skulle kunna användas för att spara oxidering av räl som är utlagd i korrosiva miljöer.

2.2.1 Fullskalig smörjning, nötning, friktion och slitage

Sänkning av friktionen mellan räl och hjul kan ske på olika sätt. Kumar¹⁴ har undersökt hur den totala friktionen kan sänkas för kontakten mellan hjul och räl om man kan smörja, inte bara rälflanken, utan även rälhuvudet. Genom att smörja även rälhuvudet kan man minska friktionen och då även slitaget. Vidare har Mace¹⁵ funnit att gångegenskaperna hos vagnar påverkar slitaget av räl.

I en annan undersökning gjord av Kumar m fl¹⁶ visade de att kurvradie, vidhäftningskrafter och axiallasten påverkar slitaget. I denna undersökning framgår det att kurvradien har högst inverkan på slitaget, sedan kommer vidhäftningskrafterna och lägst inverkan har axiallasten. För att optimera smörjningen har Alp m fl¹⁷ undersökt och utvecklat så kallade ”tribometers”. Dessa instrument mäter friktionskoefficienten på rälen. Idag finns det utvecklat en tribometer som kan mäta friktionskoefficienten mellan räl och hjul under körning av ett spårbundet fordon. Det finns även utvecklade metoder för att mäta smörjtillståndet på insidan av rälen¹⁸. Denna metod tar hänsyn till hur stabil smörjfilmen är samt hur den påverkar energiåtgången.

Det finns även undersökningar som visar på att det finns ett samband mellan rälets ytbeskaffenhet och friktionen. Under 1996 har Thelen och Lovette¹⁹ undersökt hur smörjningen förändras med olika ytfinheter, friktionskoefficienter, hjulflanksgeometrier, smörjsystem (fasta alt. spårbundna), temperaturer och till sist olika viskositeter samt fettyper.

Reiff²⁰ har funnit att en ny räl med grov yta uppvisar en högre friktion jämfört med en räl som har varit i drift ett tag, detta gäller oavsett om rälen varit smord. Detta tyder på att en nytlagd räl behöver en högre grad av smörjning för att den ska bli ”inkörd och fettmättad” samtidigt som friktionen då minskar. Vidare konstaterar Reiff²⁰ att för optimal smörjning bör ytorna vara släta. Detta är inget specifikt för räls smörjning utan samma fenomen finns även i kullager och kuggväxlar där ytorna bör vara släta och ojämnheter bör undvikas. Det har även visat sig att man kan manipulera smörjfilmens egenskaper genom att använda olika slipmetoder för att uppnå optimal smörjning.

I ett annat arbete har Reiff²¹ studerat vilka egenskaper man bör ställa på smörjfetter som skall användas vid smörjapparater som ligger ute i fält. Arbetet är utfört på AAR:s testbana i USA. Han har visat med sina mätningar att det är möjligt att minska räls slitaget med 20% om man smörjer rälen. Vidare har han funnit att även slitaget på hjulen minskar, ingen storlek på detta slitage anges dock. Det har visat sig att mäta temperaturhöjningen på rälen vid en passage ger en god indikation på friktionen. Skillnaden mellan smord och osmord kontakt var bara 50% skillnad i temperatur. Temperaturökningen för torrkontakt mättes till 22°C. Det visade sig att grafitbundet smörjfett rangordnades högst, fast andra typer av smörjfetter minskade friktionen mer än grafitfettet. Dessa lågfriktionsfetter klarade dock inte miljön ute på spåret lika bra som de grafitfetter som användes vid försöken 1986. Vidare detekterades att spridningen längs rälsen varierade med årstiderna vilket medför att hänsyn till detta måste tas om man vill erhålla en jämn fördelning av smörjmedel genom hela kurvan över hela året.

Eftersom smörjmedlet släpps ut i naturen vid förbrukning har en del arbete skett på att utveckla miljövänliga smörjmedel. Goyan med flera²² har sammanställt ett antal applikationer där man bör använda miljövänliga smörjmedel. I Kanada förbrukar varje större järnvägsbolag 275 ton fett per år. Detta betyder att 1.5 miljoner ton smörjmedel sprids ut längs järnvägen i Kanada årligen. Försök har genomförts där man ersätter ett mineralolja-baserat fett (molybden + grafit) med en syntetisk ester som har låg hållpunkt (pour point). Det nya miljövänliga fettet har bra EP- (extreme pressure), bra AW- (anti wear), bra lågtemperatur-, bra pumpabilitet-, tillräcklig droppunkt- och spridningsegenskaper längs rälsen. Fälttester har visat på att detta fett har halverat slitaget och minskat friktionen från

0.329 till 0.259 jämfört med de mineralbaserade fettene. Det nya fettene har en spridning på minst 1.5 km längs banan.

Legisa et al ²³ har genomfört ett antal tester med miljövänliga smörjmedel där de jämför mineralbaserade smörjfetter och oljor med miljövänliga fetter och oljor. Resultatet från deras undersökning är att ett smörjfett som bygger på en syntetisk ester och Li-12-OH med en tillsats av EP (extreme pressure) skulle kunna var lämplig att använda för räls-smörjning. Detta fett uppvisar goda temperatur- och mekaniska egenskaper. Det som skulle tala emot att använda detta fett är användandet i en Clicomatic.

En annan typ av studie är att studera hur slitaget förändras om man tillsätter olika mjuka polymerer till smörjfett som är förorenade med hårda partiklar, typ damm från slippers och underbyggnaden. Ali et al ²⁴ har genomfört en studie inom detta område. Det visade sig att slitaget och friktionen minskade för de fetter som hade polymertillsatser. Detta skulle kunna användas för att minska inverkan av den trekropps-nötning (hjul, räl, damm från slippers) som sker vid smörjning av räl i fält. Man bör beakta att de partiklar som tillsätts ökar spänningarna lokalt i materialen och sålunda ökar även inverkan av utmattning. Dembosky et al ²⁵ genomförde en studie av hur räls-smörjningen inverkar på lokets adhesionskrafter, rullmotstånd, energiförbrukning, stoppsträcka och lossningskraft hos bromsklots. Syftet med undersökningen var att öka tågvikten på en sträcka i USA. Detta kan endast ske om rullmotståndet minskas, dragkraften samt att bromsningsförmågan bibehålls. Resultaten visade på att det är möjligt att minska dragkraften med 6% genom att smörja på ett optimalt sätt. Vid denna undersökning användes ambulerad smörjning som ett optimalt sätt att smörja på. Welty ²⁶ konstaterar att man kan spara upp till 7% av energin vid tågtransporter om man väljer att smörja räl/hjulkontakten. Laboratorie- och testbaneförsöken som visar på detta måste omsättas i fält vilket medför att andra egenskaper kommer att ställas på smörjmedlet. Han tror att "extreme pressure" EP- tillsatser kommer att krävas samt att fetterna måste fungera i olika fettapparater och väderlekar.

Steele ²⁷ har konstaterat att man kan reducera slitaget och kontaktutmattningen genom att smörja på rätt sätt. Författaren har skapat en tredimensionell utmattningsmodell för att beräkna hur slipning och renhetsgrad på rälstålet påverkar kontaktutmattningsprocessen. Slitaget på både inner- och ytterräl minskar med ökande hårdhet på rälen. Om hårdheten ökas med 46% kommer slitaget att minska med en faktor 5. Inverkan av smörjning på slitaget minskar med ökande hårdhet på rälen, 46% hårdhetsökning minskar inverkan av smörjning med en faktor 10. Vid 270 HB minskar slitaget av rälen genom smörjning med 100 ggr och vid 360 HB minskar slitaget med 30 ggr. Genom att smörja rälen kunde man öka totala lasten från 80-100 miljoner ton till 1000 miljoner ton. Vid konstant axellast

betyder detta att antalet lastcykler ökar och då blir kontaktutmattningen ev avgörande faktor. Det finns nu tre sätt att förlänga livslängden; 1) bättre utmattningsegenskaper (metallurgiskt eller renhet) hos stålet, 2) tillåt en kontrollerad förslitning, 3) påverka förslitningen genom att slipa.

Nagase ²⁸ har installerat en friktionsmätutrustning på en befintlig boggie till en vagn. Med hjälp av denna vagn kan friktionskoefficienten bestämmas längs olika delar av en testbana. Nagase ²⁵ visar på att det är mycket svårt att mäta friktionen längs spåret på grund av att små variationer av kontaktförhållandena ger ändrade friktionskoefficienter. Följande slutsatser kan dras från försöken: Vid 70 kN axelkraft och 5 till 15% glidning så ökar friktionen när rälen blir mera blankpolerad, torra förhållanden. Vatten på rälen minskar glidfriktionskoefficienten med ca: 0.1 enheter. Hastigheten ligger i området 0 till 60 km/h. Detta borde ge att sidoslitaget ökar vid torra förhållanden samt att vatten på rälen minskar slitaget.

Slutligen, inom området för smörjning, nötning och friktion, har Greenfield ²⁹ intervjuat ett antal personer vid AAR (The Association of American Railroads) och Canadian National Railway Co. och funnit att det pågår en intensiv forskning och utveckling av att kontrollera friktionen mellan hjul och räl. Man genomför utveckling av friktionsmätutrustningar som kan monteras på tågen för att de skall optimera friktionen. Tester har skett där man laserbehandlar rälen i fält för att öka hårdheten. Vidare sprutas farbane och fläns med olika beläggning för att öka dragkraften (friktionen) resp. behålla smörjmedlet längre i form av en porös reservoar längs flänsen. Försök har genomförts där man sprejar en högfriktionsvätska framför loken och bakom dessa sprejar man lågfriktionsvätska för att minska rullmotståndet. Efter det att tåget har passerat dunstar de pålagda friktionsmedlen för nästa tåg som kommer.

2.2.2 Fullskalig kontaktutmattning

Tester där man utför fullskaliga studier av kontakutmattning mellan hjul/räl är mycket svåra att finna i litteraturen. Muster et al ³⁰ är den enda artikel som har påträffats inom detta område med den valda sökprofilen. De har studerat fyra stycken bandelar i Europa i sin undersökning. Dessa sträckor är belägna i Tyskland, Schweiz, Polen och i Ungern. De har funnit att kontinuerlig smörjning minskar slitaget men ökar risken för kontaktutmattning. Det är att föredra hårdheter som är större än 370 HB för att erhålla lågt slitage och liten risk för utmattning. De har använt 900 A räl för denna studie. Denna studie ingår i det Europeiska samarbetet när det gäller järnvägsforskning.

2.2.3 Övrig fullskalig provning samt vissa simuleringar

Inom området för övrig fullskalesimulering och kopplingar mellan teoretiska beräkningar och fullskaliga mätningar kan nämnas att Cannon och Pradier³¹ har sammanställt ett papper som behandlar de försök som bedrivs vid ERRI (European Rail Research Institute) i Utrecht. Arbetet har varit fokuserat på kontaktutmattning och snabbtågsproblematik.

Vidare har man påbörjat ett arbetet med att studera räl/hjul profiler för att uppnå optimal spänningsfördelning. Fält- och laborietester har visat att kontaktutmattningen ökar när ett smörjmedel tillförs.

Anderson och Jackson³² har utvecklat ett mätsystem som kan mäta bromseffekten hos en bromsklots. Systemet har använts för att detektera huruvida rälsörjning kan påverka friktionen mellan klots och hjul. Anledningen till undersökningen var att utreda vilka konsekvenser ökad axellast och tyngre tåg kombinerat med smörjning kan påverka bromsförmågan. Resultaten visar att smörjning av räl ej påverkar bromsförmågan nämnvärt. Lättflytliga smörjfetter påverkar bromsförmågan mer än trögflytliga fetter. Laborietester bekräftar resultaten från fältkörningarna.

Irani och Peters³³ har arbetat med att ta fram en mätteknik för klassificering av järnvägsagnar. Denna klassificering grundar sig på "Manual of Standards and Recommended Practices, Chapter XI of M1001" som är framtagen av AAR, The Association of American Railroads. Genom att mäta kraftspelet mellan hjul/räl kan man certifiera vagnar för olika typer av trafik. Ett instrumenterat hjulpar används för att erhålla kraftspelet mellan hjul/räl för de olika typer av vagnskonstruktioner. I certifieringen ingår uppskattning av hjulklättring, hjullyft, rälöverrullning samt hur vagnen uppför sig i en växel.

Matsumoto et al³⁴ har använt en fullskalig testrigg för boggiesimulering. Provriggen har fyra stycken drivhjul som utgör rälen. Boggien ställs sedan på dessa fyra hjul och belastas. Drivhjulen kan sedan snedställas och förskjutas inbördes så att olika kontaktgeometrier kan erhållas. Slutsatsen är att krypning (glidning) i kontaktpunkten påverkar dynamiken hos boggiekonstruktionen. Vågbildning på räl och hjul kan sålunda skapas. Bakken och Fay³⁵ har även de arbetat med boggies och de har utvecklat en testapparat för AAR:s testcentrum i Pueblo, Colorado. Papperet beskriver en testanläggning där tester av hur olika boggiekonstruktioner reagerar på vertikala lastförändringar. Man kan sålunda ut prova olika typer av boggiekonstruktioner för att sedan genomföra datorsimuleringar.

Leedham och Glass³⁶ har studerat om det är möjligt att ett hjulpar kan glida längs rälsen på grund av att smörjmedlet i lagret, som håller axeln, har för hög viskositet. Det visade sig att igen glidning förekom mellan hjul/räl men att lagret hade roterat i lagerboxen på grund av den höga rullfriktionen i lagret. Försöken genomfördes både som laboratorieförsök och fullskaleförsök.

Shust och Elkins³⁷ har genomfört fullskaletester för att erhålla data så att fenomenet hjulklättring kan predikteras och vilka parametrar som styr detta. Attackvinkeln, smörjning av hjulfläns och kombinationen av friktion mellan fläns/hjul och i rullningspunkten har en betydande inverkan på hjulklättring. Stor kontaktvinkel (hjul/räl vid fläns), liten eller negativ attackvinkel samt låga friktionsvärden hämmar hjulklättring. Empiriska samband är framtagna och verifierade i fälttester.

Yan et al³⁸ har genomfört numeriska experiment med en ny boggie för höghastighetståg. De har funnit bra överensstämmelse mellan beräkningar och fullskaleexperiment på boggien. Experimenten finns ej redovisade men de refererar till tester. Av texten kan man utrona att det rör sig om en tvåskivemaskin som de kan tänkas ha använt. Slutsatsen är att man kan använda numeriska simuleringar för att utprova nya boggiekoncept.

Slutligen kan nämnas att Tuten och Ahlbeck³⁹ har genomfört en statistisk studie av hur man bör mäta i fält för att erhålla mätdata. I denna rapport har de undersökt hur lasten påverkar resultaten i deras utvecklade databas.

2.3 Provning i laboratoriemiljö

Den provning och testning som sker i laboratoriemiljö sker oftast i form av renodlad och grundläggande förståelse för enskilda fysikaliska mekanismer. Dessa mekanismer kan vara att studera hur fem procent glidning påverkar slitaget för tio stycken olika härdningsmetoder för hjulmaterial. Kopplingar mellan dessa renodlade försök till verkliga driftfall ute längs bandelarna har ej påträffats i denna undersökning. Clayton⁴⁰ har gjort en sammanfattning av de arbeten som har genomförts på slitagestudier från 1950-talet och framåt. Han har funnit att, en generell modell för slitagemekanismer, ej har utvecklats som har en praktisk tillämpning i fält. De slitagemodeller som finns är enkla och används för simulering av fordonsdynamik. De modeller som fungerar bra i praktiken är de modeller som simulerar vissa specifika fenomen i laboratorier och inte i fält. Detta tror han beror på att fundamentala slitagestudier endast har förekommit sedan 1970-talet och är sålunda en ung vetenskap.

2.3.1 Laboratoriemiljö för smörjning, nötning, friktion och slitage

I laboratoriemiljö för smörjning, nötning, friktion och slitage har Obara et al ⁴¹ studerat hur friktion och glidning mellan ytorna hos en elliptisk kontakt mellan två skivor beror av vattensmörjning. Resultaten från laboratorietesterna jämfördes med beräkningsmetoden "Boundary Element Method", BEM. Vid låga hastigheter stämmer beräkningarna med testerna, vilket stämmer med tidigare utförda linjekontaktberäkningar i två dimensioner. Experimenten genomfördes vid 13.89 m/s (50 km/h) och kontaktrycket var 588 MPa med hjälp av en två-skivemaskin där den ena skivan kan bromsas och samtidigt förflyttas i sidled. Resultaten visar att ökande sidofriktion minskar friktionskraften i rullriktningen. Ökande glidning ger ökande friktionskoefficient.

Denna typ av undersökning genomfördes för oljesmorda applikationer vid Luleå tekniska universitet redan för 20 år sedan, ^{42,43,44,45}. Dessa resultat visade på att en kontakt mellan två ytor endast kan uppta ett absolutbelopp av friktion. Om detta absoluta belopp överskrider kommer kontakten att börja glida.

Kumar et al ⁴⁶ har genomfört en laboratorieundersökning där man studerade hur slitaget av hjul och räl beror av last och friktionskoefficient i en Hertz kontakt. Slitagehastigheten ökar markant vid en viss kritisk last. En friktionskoefficient mindre än 0.25 ger litet slitage. Om friktionskoefficienten är större än 0.3 erhålls en markant slitageökning. Kumar m fl har delat in slitaget i fem olika områden, spänningar under sträckgränsen med smörjning, spänningar under sträckgränsen utan smörjning, spänningar nära sträckgränsen utan smörjning, spänningar över sträckgränsen utan smörjning och spänningar över sträckgränsen med smörjning. Testerna är genomförda i en tvåskivemaskin. Om Hertz tryckfördelning överskrider 200 ksi så kommer slitagehastigheten att öka markant. Författarna tror att det är möjligt att öka lasten på vagnarna med 42% (70- ton till 100- ton U.S) om rätt kontaktgeometri mellan hjul och räl utnyttjas. I ett annat arbete har Kumar et al ⁴⁷ genomfört experiment i en två-skive-apparat där båda hjulen kan drivas, snedställas och exiteras med en oscillerande snedställning. Detta är för att simulera vågbildning på rälsen. Slutsatsen är att ytstrukturen på hjulen har en stor inverkan på friktionskoefficienten. Vidare så ökade friktionen med oscillationen. Detta förklarades med att ytasperiteternas elasticitet påverkar adhesionen mellan hjulen.

Singh et al ⁴⁸ har undersökt hur slitaget beror av glidförhållandet mellan hjul/räl i laboratorieförsök. De använde en pinne-skiva apparat och en tvåskive-apparat för att genomföra experimenten. Resultaten visade på att perlitiska stål har goda egenskaper då det gäller

slitage. Vidare såg de i sina experiment att den testskiva som hade högst hårdhet hade lägst nötning medan den skiva som var mjukast hade högst nötning. Detta betyder att kombinationen av hårdhet mellan hjul/räl ger den optimala, lägsta nötningshastigheten, för hjul och räl. Kumar⁴⁹ har försökt att hitta en optimal geometri hjul/räl för att minska slitaget. Genom att använda en tvåskivemaskin har han lyckats att optimera hjul/rälprofilen med hänsyn till både lok och vagnar. Det visade sig att detta kan ske genom att ändra rälprofilen och hjulprofilerna. Detta bör ske med stor vetskap om kontaktmekanik och samspel mellan hjul/räl då detta påverkar gångegenskaperna hos lok och vagnar. Ökande kontaktarea ger lägre spänningar i materialet men samtidigt ökar inverkan av friktionen då den glidande ytan blir större. Det verkar som det finns ett tröskelvärde på 0.25 i friktionskoefficient för dessa kontakter. Över detta värde ökar slitaget markant och under detta värde är det mer stabilt.

2.3.2 Laboratoriemiljö för kontaktutmattning

De arbetet som har publicerats internationellt som berör provning och testning av kontaktutmattning och sprickbildning i material har skett i laboratoriemiljö. Sata et al⁵⁰ har bland annat undersökt hur slitage och sprickbildning beror av vatten, vatten med inhibitor, silikonolja samt kombinationer av dessa, i en två-skive-maskin. Resultaten visade på att slitaget minskat med ökande hårdhet och att perlitisk struktur verkar vara bättre än martensitisk struktur när det gäller slitage.

Ishida och Satoh⁵¹ har studerat "shelling" på Shinkansens tåglinjer. De har använt sig av en testutrustning av typen, två-skive-apparat som kan simulera hastigheter upp till 310 km/h, axelkraft 90 kN (last på 9 ton), radialkraft 50 kN (last på 5 ton), glidhastighet -10 till 100% glidning, attackvinkel -3° till +3° kontaktvinkel 0° till 3°. Apparaten kan köras vid torra förhållanden samt smorda förhållanden, med antingen vatten eller en olja som smörjmedel. Följande slutsatser kan dras från deras undersökning; vid konstant last beror friktionskoefficienten av både glidning och hastighet vid vattensmörjning. Ökande axellast minskar friktionen vid konstant glidning och hastighet (200 km/h). Ökande hastighet minskar friktionen vid konstant axellast (15 kN) och glidning.

Detta betyder att lägre hastighet ger högre friktion om man samtidigt har glidning i kontakten, gäller vid konstant last. Detta kan förklara ökat flänsslitage under "våta" driftförhållanden. Vidare så minskar friktionen vid ökande last om hastigheten hålls konstant. Observera att med låg hastighet menas 100 km/h och normal konstant hastighet 200 km/h.

Slutsatsen är att det finns ett optimum mellan last/glidning/hastighet när det gäller friktionskoefficient i en två-skive-apparat som kan simulera hastigheter upp till 310 km/h. Kaneta et al ⁵² har studerat hur rälen påverkas av olika effekter vid snabbtågstrafik. De har funnit att skadorna på rälen har olika utseende beroende på hastigheten hos trafiken. En typ av kontaktutmattning som hör till gruppen "shelling" har studerats. Sprickan som har upptäckts och propagerar ned i materialet har vissa egenskaper som skiljer den åt från andra typer av "shelling". På rälen syns bara ett mörkt parti, "dark spot crack", och den karakteriseras av en huvudspricka i rälen som propagerar i trafikriktningen samt en andra spricka som propagerar i den motsatta riktningen. Genom att använda en testutrustning av typen, två-skive-apparat, har de lyckats att simulera dessa sprickor. Sprickorna erhålls genom att köra testen med omväxlande våta och torra förhållanden samt att friktionskrafterna på ytan (friktionskoefficienten) spelar en stor roll för förekomsten av dessa sprickor. Den första initierande sprickan startar vid en defekt hos rälen, den andra sprickan uppkommer sedan i motsatt riktning. Vatten har hittats i botten av de sekundära sprickorna och tros ha hjälpt till med att öka tillväxthastigheten hos dessa sprickor.

2.3.3 Övrig laboratorieprovning

Provning av övriga mekaniska komponenter i laboratoriemiljö kan nämnas arbetet som är utfört av Ohyama et al ⁵³. De har genomfört tester i en två-skive-maskin där man provade hur en modifierad bromsklots kunde skapa ytstrukturförändringar på hjulets slitbana. De genererade ytasperiteterna medförde att adhesionsförmågan hos bromsklotsen ökade med 1.4 gånger, fast hjulet var smort med vatten. Detta betyder att det är möjligt att påverka friktionen mellan hjul och bromsklots under vattensmörjning genom att välja rätt egenskaper hos klotsen.

2.4 Övrig provning och beräkningsrelaterad provning

Kumar et al ⁵⁴ har genomfört en studie där de har studerat plastisk deformation av räl. De har funnit att den plastiska deformationen (flytning) är störst när rälsen är ny och innan deformationshårdnandeprocessen har utvecklats. Höga axellaster ger högre flythastigheter. En kurva ger 2 - 3 gånger större flythastighet jämfört med en raksträcka. Ökad attackvinkel ger ökad flytningshastighet. Attackvinkeln påverkar flytningen i högre grad än ökad last, detta betyder att gångegenskaperna har en större inverkan på plasticering än ökad last. Experimenten är utförda i en tvåskivemaskin med skalningsfaktor 4.5.

Savkoo och Ouwerkerk⁵⁵ har försökt att numeriskt beräkna temperaturökningen på ett hjul som funktion av glidningen mellan ett hjul och en bromsklots. En sådan beräkning kan förklara friktionskurvans utseende, friktionskoefficient som funktion av glidning, tror de. Nu visade det sig att temperaturökningen i beräkningarna ej stämde överens med de experimentella resultaten som de hade genomfört i sin testrigg. Slutsatsen är att man kanske kan göra en termodynamisk ansats för att lösa friktionskurvans utseende som funktion av glidning.

Kumar och Rajkumar⁵⁶ har studerar hur en ökning av axellasten kan påverka kontakttrycket och slitaget på hjul/räl. För att uppnå "profilstabilitet", det vill säga, att nya hjul och räler kan bibehålla samma geometri utan att slitas in så mycket, måste hänsyn tas till elastiska deformationer för hela chassystemet. Vidare kan man ej utnyttja profilegenskaper från andra länder då dessa bygger på andra typer av vagnar, lok, rälmateriel samt underbyggnadsprinciper. För att erhålla en bra profilstabilitet bör noggranna studier genomföras så att dynamiken och gångegenskaperna ej påverkas av vald profiländring.

Bogdanski et al⁵⁷ har genomfört numeriska beräkningar på spricktillväxt med hjälp av att använda finit-element metod. De har funnit att tryckfördelningen i kontaktpunkten skiljer sig från en tryckfördelning beräknat enligt Hertz. Vidare har beräkningar genomförts med ett smörjmedel som är beläget i botten av en spricka.

REFERENSER

- ¹ **Espling, U., Hammarlund, S., Salomonsson, O., Larsson, D. Larsson, P.O.,** "*Forskningsenhet för tunga transporter i kallt klimat*", Rapport från arbetsgruppen 97-09-16, Banverket internrapport norra regionen, Luleå, Sverige, (1997).
- ² **Espling, U., Larsson, D. Larsson, P.O.,** "*Forskningsenhet för tunga transporter i kallt klimat*", Rapport från förstudie 97-01-22, Banverket internrapport norra regionen, Luleå, Sverige, (1997).
- ³ "*30 ton på Malmbanan*", Banverket internrapport, November 1996, Sverige, (1996).
- ⁴ **Fredén, S., Hylén, B.,** "*Track and Vehicle Test Circuit TVTC*", Förslag till utformning av en provanläggning för tunga järnvägstransporter, Rapport 1997-06-16, Banverket, Gällivare kommun, Länsstyrelsen i Norrbottens län, VTI Dnr 656/95-43, Sverige, (1997).
- ⁵ **Hellsrtöm, O., Hedlund, M.,** "*Rälsmörjning på Malmbanan*" Teknisk rapport, Banverket Regionkontoret Norra, (1996).
- ⁶ **Thelen, G., Lovette, M.,** "*A parametric study of the lubrication transport mechanism at the rail-wheel interface*", WEAR, Vol. 191, pp. 113-120, (1996).
- ⁷ **Wikström, V.,** "*Rolling Bearing Lubrication at Low Temperature*", Doctoral Thesis, 1996:186D, ISSN 0348-8373, (1996).
- ⁸ **Åström, H.,** "*Grease in Elastohydrodynamic Lubrication*", Doctoral Thesis, 1993:132D, ISSN 0348-8373, (1993).
- ⁹ **Larsson, P.O.,** "*Lubricant Replenishment in the Vicinity of an EHD Contact*", Doctoral Thesis, 1996:201D, ISSN 0348-8373, (1996).
- ¹⁰ **Larsson, P.O., Jacobson, B.,** "*Grease Drop Formation at the Outlet of an EHD Contact*", International Tribology Conference in Yokohama, October 29- November 2, (1995).
- ¹¹ **Larsson, P.O.,** "*Lift-Off-Speed in a Deep Groove Ball Bearing Due to Ball Spin*", Submitted for publication, (1996).

-
- ¹² **Larsson, P.O.**, "*Grease Filament Formation with Circular Contact Geometry*", Submitted for publication, (1996).
- ¹³ **Borrington, P.J.**, "*Corrosion Continues to Present Multi-Million Pound Losses to UK Industry - But Answers are Available.*", Mining Technology, Vol. 79, No. 908, ISSN 0026-5276, (1997).
- ¹⁴ **Kumar, S., Yu, G., Witte, A.C.**, "*Wheel-rail resistance and energy consumption analysis of cars on tangent track with different lubrication strategies*", Proceedings of the 1995 IEEE/ASME Joint Railroad Conference, Baltimore, MD, USA, 19950404-19950406, (1995).
- ¹⁵ **Mace, S.E., DiBrito, D.A., Blank, R.W., Keegan, L. S., Allran, M.G.**, "*Effect of wheel and rail profiles on gage widening behavior*", Proceedings of the 1994 ASME/IEEE Joint Railroad Conference, Chicago, IL, USA, 19940322-19940324, (1994).
- ¹⁶ **Kumar, S., Alzoubi, M.F., Allsayyed, N.A.**, "*Wheel/rail adhesion wear investigation using a quarter scale laboratory testing facility*", Proceedings of the 1996 ASME/IEEE Joint Railroad Conference, Oakbrook, IL, USA, 19960430-19960502, (1996).
- ¹⁷ **Sims, R.D., Miller, K.A., Schepmann, G.F. Jr.**, "*Rail lubrication measurement*", WEAR, Vol. 191, No. 1-2, pp. 261-264, (1996).
- ¹⁸ **Alp, A., Erdemir, A., Kumar, S.**, "*Energy and wear analysis in lubricated sliding contact*", Proceedings of the 1994 4th International Conference on Contact Mechanics of Rail-Wheel Systems, Vancouver, Can Conference, 19940724-19940728, (1994).
- ¹⁹ **Thelen, G., Lovette, M.**, "*Parametric study of the lubrication transport mechanism at the rail-wheel interface*", WEAR, Vol. 191, No. 1-2, pp. 113-120, (1996).
- ²⁰ **Reiff, R.P.**, "*Rail-wheel lubrication, a strategy for improving wear and energy efficiency*", Proc. 3rd International Heavy Haul Railway Conference, Vancouver, B.C., October 13-17, (1986).
- ²¹ **Reiff, R. P.**, "*Rail/Wheel Lubrication Studies at FAST[®]*", Presented at the 40th Annual Meeting in Las Vegas, Nevada, May 6-9, 1985. Published in Lubr. Eng., Vol. 42, No. 6, pp. 340-349, ISSN: 0024-7154, (1986).

-
- 22 **Goyan, R.L., Melly, R.E., Wisser, P.A., Ong, W.C.**, "*Biodegradable Lubricants.*", Preprint STLE No. 97-WTC-20, (1997).
- 23 **Legisa, I., Picek, M., Nahal, K.**, "*Some Experience with Biodegradable Lubricants.*", Journal of Synthetic Lubrication, Vol. 13, No. 4, pp. 347 - 360, ISSN 0256-6582, (1997).
- 24 **Ali, W.Y., Mousa, M.O., Khashaba, M.I.**, "*Reducing the Effect of Three-Body Abrasive Wear by Adding Polymeric Powder to Lubricating Grease.*", Lubrication Science, Vol. 8, No. 4, pp. 359-368, ISSN 0954-0075, (1996).
- 25 **Dembosky, M. A., Rownd, K. C., Mims, W. E.**, "*Train Energy Consumption and Braking Performance With Track Lubrication on Ruling Grades.*", Winter Annual Meeting - American Society of Mechanical Engineers, Miami Beach, FL, USA, 85-WA/RT-18 ISSN: 0402-1215 CODEN: ASMSA4, (1985).
- 26 **Welty, G.**, "*Rail Lubrication: The Search for Solutions.*", Railw Age, Vol. 189, No. 5, pp. 32-33. ISSN: 0033-8826, (1988).
- 27 **Steele, R.K.**, "*Rail Lubrication: The Relationship Of Wear And Fatigue.*", Transp. Res. Rec. No. 1042, pp. 24-32, ISSN: 0361-1981, (1985).
- 28 **Nagase, K.**, "*An Investigation Into the State of Adhesion Between Rails and Wheels by Slipping Adhesion Test Truck.*", Q Rep RTRI (Jpn) Vol. 29 No. 2, pp. 80-85, (1988).
- 29 **Greenfield, M.J.**, "*AAR Puts Focus on Fighting Friction.*", Progressive Railroading, September, pp. 59 - 62, (1997).
- 30 **Muster, H., Schmedders, H., Wick, K., Pradier, H.**, "*Rail Rolling Contact Fatigue. The Performance of Naturally Hard and Head-Hardened Rails in Track.*", WEAR, Vol. 191, pp. 54-64, (1996).
- 31 **Cannon, D.F., Pradier, H.**, "*Rail Rolling Contact Fatigue. Research by the European Rail Research Institute.*", WEAR, Vol. 191, pp. 11-13, (1996).
- 32 **Anderson, G. B. Jackson, R. L.**, "*Testing the Effects of Rail Lubrication on Train Braking with a Personal Computer*", Am. Sco. Mech. Eng. Pap. Winter Annual

- Meeting - American Society of Mechanical Engineers, Miami Beach, FL, USA, 85-WA/RT-14, pp. 1-9, ISSN: 0402-1215, (1985).
- 33 **Irani, F.D., Peters, A.J.**, "*Wheel Rail Force Measurements for the Car Certification Process.*", Tenth International Wheelset Congress, Sydney, 09/27-10/01/92, No. 92 pt 10, pp. 189-194, IE AUST, BARTON (AUST), (1992).
- 34 **Matsumoto, A., Sato, Y., Nakata, M., Tanimoto, M., Qi, K.**, "*Wheel-Rail Contact Mechanics at Full Dcale on the Test Stand.*", WEAR, Vol. 191, pp. 101-106, (1996).
- 35 **Bakken, G. B., Fay, G. R.**, "*Laboratory Techniques for Quantifying the Performance of Rail Vehicles Utilizing Servo-Controlled Hydraulic Vertical Actuators.*", ASME Pap Dec 5, No. 76-WA/RT-5, (1976).
- 36 **Leedham, R. C., Glass, J. L.**, "*Cold Chamber Testing of Roller Bearings.*", Winter Annual Meeting of the American Society of Mechanical Engineers, ASME, Vol. 5, pp. 77-81, ISBN 0-7918-1123-9, (1992).
- 37 **Shust, W. C., Elkins, J.A.**, "*Wheel Forces During Flange Climb Part I - Track Loading Vehicle Tests.*", The 1997 IEEE/ASME Joint Railroad Conference, 03/18-20/97, pp. 137-147, (1997).
- 38 **Yan, J.M., Wang, K.W., Dai, H.Y., Fu, M.H., Shen, L.R.**, "Study of the High Speed Passenger Bogie Utilizing the Full Scale Roller Testing Rig.", Proceedings of the 13th IAVSD Symposium on the Dynamics of Vehicles on Roads and on Tracks Aug 23-27 1993, Vol. 23, pp. 554-565, ISSN: 0042-3114, ISBN: 90-265-1380-1, (1994).
- 39 **Tuten, J. M., Ahlbeck, D. R.**, "*Characterization and Analysis of the Wheel/Rail Load Environment at the Facility for Accelerated Service Testing (FAST).*", ASME Pap. Nov. 15-20, No. 81-WA/RT-13 1981, ISSN 0402-1215, (1981).
- 40 **Clayton, P.**, "*Predicting the Wear of Rails on Curves from Laboratory Data.*", WEAR, Vol. 181 - 183, pp. 11 - 19, (1995).
- 41 **Obara, T., Ohyama, T., Kakoi, K.**, "*Behavior of Traction Force at Elliptic Contact Between Wheel and Rail (Some experimental results using a special rolling contact testing machine under water lubrication)*", Nippon Kikai Gakkai Ronbunshu C. Hen., Vol. 60, No. 575, pp. 2396-2401, ISSN 0387-5024, (1994)

-
- 42 **Jacobson, B. O.**, *Rheology and Elastohydrodynamic Lubrication*, Elsevier Tribology Series, 19, Elsevier, Amsterdam, ISBN 0-444-88146-8, (1991).
- 43 **Jacobson, B. O.**, "On the Lubrication of Heavily Loaded Spherical Surfaces Considering Surface Deformation and Solidification of the Lubricant", *Acta Polytechnica Scandinavica, Mech. Eng. Series No. 54*, (1970).
- 44 **Jacobson, B. O.**, "A High Pressure-Short Time Shear Strength Analyzer for Lubricants at High pressure", *ASME Journal of Tribology*, Vol. 107, pp. 221-223, (1985).
- 45 **Höglund, E.**, "Subsurface Stresses in a Lubricated Rolling/Sliding Elastohydrodynamic Line Contact Considering Limited Shear Strength of the Lubricant", in: *Proceedings of the 12th Leeds-Lyon Symp. on Tribology*, pp. 163-170, (1985).
- 46 **Kumar, S., Krishnamoorthy, P. K., Prasanna Rao, D. L.**, "Influence of Car Tonnage and Wheel Adhesion on Rail and Wheel Wear: A Laboratory Study.", Winter Annual Meeting - American Society of Mechanical Engineers, Miami Beach, FL, USA, 85-WA/RT-1 ISSN: 0402-1215 CODEN: ASMSA4, (1985).
- 47 **Kumar, S., Kim, J.S., Prasanna Rao, D.L., Qian, L.**, "Effect of Kinematic Oscillation on Tractive Characteristics of Steel Wheel on Rail", *Journal of Engineering for Industry*, Vol. 105, pp. 61 - 63, (1983).
- 48 **Singh, U.P., Singh, R.K., Mangal, R.K.**, "Investigation of Wheel and Rail Wear Under Conditions of Sliding and Rolling-Sliding Contact.", Australia Tenth International Wheelset Congress, Sep 27-Oct 1 1992, No. 92 pt 10, pp. 107-113, ISSN: 0313-6922, (1992).
- 49 **Kumar, S., Adenwala, Y.S., Rajkumar, B.R.**, "Experimental Investigation of Contact Stresses Between a U.S. Locomotive Wheel and Rail.", *Transaction of the ASME*, Vol. 105, pp. 64 - 70, (1983).
- 50 **Sato, M., Anderson, P.M., Rigney, D.A.**, "Rolling-Sliding Behavior of Rail Steels.", *Conference Proceedings of the 9th International Conference on Wear of Materials*, 04/13-16/93, WEAR, Vol. 162-164, pp. 159-172, (1993).

-
- 51 **Ishida, M., Satoh, Y.**, "*Development of Rail/Wheel High Speed Contact Fatigue Testing Machine and Experimental Results.*", Q Rep of RTRI (Jpn), Vol. 29, No. 2, pp. 67-71, (1988).
- 52 **Kaneta, M., Matsuda, K., Murakami, K., Nishikawa, H.**, "*A Possible Mechanism for Rail Dark Spot Defects*", Proceedings from World Tribology Congress, London, (1997).
- 53 **Ohyama, T., Natsui, Y., Nakano, S., Sugimoto, Y., Nakamura, K., Imai, K.**, "*Improvement of Adhesion Force Between Wheel and Rail Under Water Lubrication (Application of a Composite Type of Conditioning Block to a Wheel-Tread).*", Nippon Kikai Gakkai Ronbunshu C Hen, Vol. 51, No. 469, pp. 2408-2413, ISSN: 0387-5024, (1985).
- 54 **Kumar, S., Aronov, V., Rajkumar, B. R., Margasahayam, R.**, "*Experimental Investigation of Plastic Flow in Rails for a Laboratory Wheel Rail Simulation.*", Can Metall & Int Symp on Rail Steel Aug 24-28, Vol. 21 pp. 59-66, ISSN: 0008-4433, (1980).
- 55 **Savkoor, A.R., Ouwerkerk, H.**, "*Tribological Transitions due to Heat Dissipation During Braking on Contaminated Rails.*", WEAR, Vol. 181 - 183, pp. 391 - 396, (1995).
- 56 **Kumar, S., Rajkumar, B.R.**, "*Laboratory Investigation of Wheel Rail Contact Stresses for U.S. Freight Cars*", Transaction of the ASME, Vol. 103, pp. 246 - 255, (1981).
- 57 **Bogdanski, S., Olzak, M., Stupnicki, J.**, "*Numerical Stress Analysis of Rail Rolling Contact Fatigue Cracks.*", WEAR, Vol. 191, pp. 14-24, (1996).

Reserapport

Nordamerika

4 - 10 Februari 1998

Per-Olof Larsson

Avdelningen för maskinelement
Luleå tekniska universitet
971 87 Luleå

Transport Technology Centre

Detta testcentrum bildades med syftet att utprova framtidens transportsystem i USA under kalla krigets tid. Centrumet är beläget i Pueblo, Colorado, USA. Detta centrum består av ett antal olika testanläggningar kombinerat med rundspår samt utbildningsanläggningar för räddningsinsatser när det gäller transporter av farligt gods. Vidare utbildas även lokförare vid centrumet i den befintliga simuleringsanläggningen för lokförare.

Mycket av uppdragen sker i USA men även i Australien, Sydafrika och i Kanada. De söker för närvarande efter olika samarbetspartners i Europa för att kunna etablera en liknande verksamhet som i USA.

Vid centrumet har man möjligheter att genomföra fullskaliga tester av hela chassit för såväl lastbilar med släp som lok och vagnar. Detta har till syfte att skapa indata för att förbättra gångegenskaperna hos fordonen. Syftet är att arbeta med teorier och småskaliga försök för att sedan kunna tillämpa dessa delar i fält på rundspår och parallellspår.

Det finns lite gjort när det gäller förståelse samt FoU av problem som uppstår av kombinerad trafik. Experterna vid TTC tror inte att det skulle påverka slitage och kontaktutmattning om en viss sträckning utgjordes av både snabbgående persontrafik och tungt lastade godsvagnar. Samtidigt medger de att det är olika slitagemekanismer mellan höghastighetståg och tunga godståg. Höghastighetstågen har en sprickbildning på rälen som kan liknas med finkorninga sprickor i ytan medan den tunga trafiken har en mer grovkornig sprickstruktur som går mycket djupare ned i materialet. Det visade sig vid den fortsatta diskussionen att de inte visste vilka mekanismer som kan tänkas aktiveras när man använder kombinerad trafik.

Kontaktutmattning på hjul/räl vid kallt klimat ansågs vara av intresse endast för Kanada, varför de föreslog att kontakter borde tas med Kanada för att studera den problematiken. De hade dock en förklaring till varför spricktillväxten ökar under vissa årstider. Den torra och finkorniga snö som bildas och yr runt vagnarna har den egenskapen att den tinar mycket lätt på grund av att snökornen är mycket små. Energin som genereras vid bromsning samt deformationsarbetet i rullningspunkten mellan hjul/räl, är tillräcklig för att smälta dessa små snökristaller.

Den vätskefas som då bildas tränger med hjälp av kapillärverkan ned i roten på sprickan och när sedan sprickan sluts vid nästa överullning kommer vätskan som är relativt inkompressibel att "pumpa" ut sprickroten och på så sätt ökar sprickhastigheten.

Normaltemperaturen i rälen kan mätas med hjälp av att studera akustisk emission. Det har pågått ett arbete vid TTC där man har studerat detta fenomen för att finna en metod där man kan bestämma normaltemperaturen i rälen.

När det gäller kontaktutmattning så är det Storbritannien som anses vara världsledande enligt TTC. Teorin för kontaktspänningar grundlades i Storbritannien samt stora experimentella arbeten har genomförs vid Sheffield universitetet. Man hade sett vid TTC att kontaktutmattningen vid tunga transporter hade olika tillväxt beroende på trafikriktningen. Sprickans "årsringar" kunde spåras som funktion av belastningsriktning (trafikriktning). Vidare kunde man tala om hur bred varje "årsring" var som funktion av antalet belastningar och axellast.

För kurvor som har en snävare radie än 1000 m (2°) så är det en tumregel att använda huvudhårdad räl. Snävare kurvor än 2° har sålunda en hårdhet som är större än 360 HB. Vid TTC kommer man att utprova räler på hårdheter som är större än 410 HB inom en snar framtid för att ge svar på hur slitaget och kontaktutmattningen påverkas av en ökande hårdhet hos rälen. Det finns en uppfattning på TTC om att hårdheten på rälen inte påverkar slitaget på hjulen. Det finns dock ett antal olika rapporter om att det är just kombinationen av hårdhet mellan hjul/räl som har varit avgörande för hur slitaget och kontaktutmattningen har fortskridit. Vid TTC ser man däremot att renligheten hos materialen har en stor betydelse för hur kontaktutmattningen sker. Rälstål som har en hög föroreningsgrad uppvisar en större benägenhet till utmattning. Detta faktum har varit känt för tillverkning av kullagerstål under ett tiotal år.

Under våren 1998 kommer TTC att utprova nya material så som bainitiska stål när det gäller räl. Man hade beställt in ett antal olika räler från ett flertal olika tillverkare av räl. Det var både amerikanska och europeiska tillverkare av bainitiska räler som deltog i denna utvärdering.

För närvarande pågår ett stort projekt som syftar till att bestämma vilken optimal hjul/räl geometri som man skall använda i det amerikanska järnvägssystemet. Man vill med denna studie uppnå ett litet rullmotstånd och samtidigt erhålla litet slitage och liten risk för kontaktutmattning. Dessa geometriförändringar på hjul/rälkontakten medför även att hänsyn måste tas till gångegenskaperna hos fordonen så att hjulklämning minimeras och att man erhåller en bra boggiestyrning.

När det gäller testriggar så skall det finnas en testrigg i Kanada som har byggts för att studera fullskalig testning. Det visade sig dock att denna mycket dyra utrustning inte kunde

producera några tillförlitliga resultat då denna testapparat inte kunde renodla de olika parametrarna som styr kontaktutmattning och slitage mellan hjul/räl.

När det gäller smörjningsproblematiken anser de att den måste lösas antingen helt automatisk eller att åtgärder genomförs för att underlätta för personalen som arbetar med underhållet av smörjsystemen. FoU i den riktningen sker med hjälp av att man studerar centralsmörjssystem för vagnar och att man installerar ett slags "Deo stick" i anslutning till bromsklotsarna för att smörja hjulflänsen.

Ekonomi och organisation

Syftet med besöket var att få en uppfattning om hur dessa försöksanläggningar är organiserade samt hur de finansieras. Det kan också vara intressant att veta hur stora anläggningskostnader (i initialskedet) det kan röra sig om när det gäller t ex testriggar.

TTCI (Pueblo, USA) ingår i AAR (Association of American Railroads). Detta företag var tidigare statligt finansierat men har rätt nyligen omorganiserats och blivit en affärsdrivande verksamhet. Det arbetar ca 200 anställda på olika avdelningar. På t ex forsknings- och utvecklingsavdelningen arbetar ca 60 ingenjörer, man har även en speciell avdelning som tittar på de ekonomiska vinster de olika projekten kan ge. TTCI har en omsättning på 35 milj USD per år.

På TTCI arbetar man inom en mängd olika områden. Bl a tar man fram statliga regler inom järnvägstekniken, en mängd olika projekt/uppdrag både inom landet men naturligtvis också utomlands, t ex Sydamerika. Man är också engagerade i en del utvecklingsprojekt (tekniköverföring). En annan verksamhet är att testa olika produkter, komponenter inom järnvägstekniken. Man har också en egen tillverkning av vissa verktyg.

Man samarbetar också bl a med MIT, University of Illinois.

National Research Council Canada

Detta försökscentrum byggdes upp för statliga pengar i Kanada med syftet att studera järnvägsproblematik samt att stödja militären när det gäller att testa och bygga om olika fordon. Anläggningen är uppdelad i tre delar; en experimentell del, en småskalig del samt en del för beräkningar. Den stora experimentella delen samt den del som har stora kopplingar mellan beräkningsmodeller och fullskaliga tester finns i anslutning till Ottawas internationella flygplats. Den andra delen är belägen i Vancouver på västkusten. Anläggningens utformning med sina testmaskiner har fokuserat på några enstaka fokusområden i stället för att försöka täcka hela järnvägsområdet. I Vancouver arbetar man med att studera kontaktmekaniska problem samt utformning av geometrier mellan hjul/räl. I Ottawa arbetar man med chassiprovning, växlingsramper, klimatanläggning, boggiesimuleringar med fullskaliga mätningar, tribologiska problem, instrumenterade axlar samt att viss utveckling av militära och civila säkerhetskopplingar för lastbilar/trailer transporter förekommer.

Generellt har de valt att vara duktiga på att bygga upp ett väl fungerade och flexibelt mät-system som kan användas på olika typer av fordon och i laboratoriemiljö eller fältmiljö. De har kunskapen att kunna mäta både dynamiska och statiska lastfall för komplexa konstruktioner för att sedan simulera detta med korrigerade datormodeller.

Testapparat finns för att utprova axel/hjulpar mot rälgeometri. Apparaten fungerar som en tvåskivemaskin där hjulaxeln med hjul roterar mot två andra hjul som utgör rälen. Hjulen som driver axeln kan snedställas och drivas individuellt vilket ger att alla förekommande typer av driftfall kan simuleras i skala 1:1. Apparaten ger även möjlighet till att utföra bromsprovning. Olika bromssystem monteras då i riggen så att provning av olika slag kopplade till broms/hjul/räl/klimat kan genomföras.

Den kontaktutmattning och slitage av hjul som sker i samband med årstidsvariationerna har forskarlaget i Kanada lyckats att lösa. De har genomfört tester i klimatrums på hjulpar i ovannämnda testrigg och lyckats att upprepa de skador som förekommer i fält. Den kontaktutmattning på hjul/räl vid kallt klimat som ansågs vara av intresse endast för Kanada visade sig även förekomma på varmare ställen. Den gemensamma nämnaren visade sig vara hög luftfuktighet eller finkorning snö. Förklaringen som lämnades till varför spricktillväxten ökar under vissa årstider var att den torra och finkorniga snö som bildas och yr runt vagnarna har den egenskapen att den tinar mycket lätt på grund av att snökornen är mycket små. Energin som genereras vid bromsning samt deformationsarbetet i rullningspunkten mellan hjul/räl, är tillräcklig för att smälta dessa små snökristaller. Den vätskefas som då bildas tränger med hjälp av kapillärverkan ned i roten på sprickan och när sedan sprickan

sluts vid nästa överrullning kommer vätskan som är relativt inkompressibel att "pumpa" ut sprickroten och på så sätt ökar sprickhastigheten. Samma förklaring ges vid höga luftfuktigheter då de anser att vatten kan ges förutsättning till att tränga ned i sprickorna.

Ekonomi och organisation

NRC (National Research Council) är beläget i Ottawa, Kanada, men har även ett antal personer som är lokaliserade till Vancouver. Detta företag var också tidigare statligt men som TTCI har detta också blivit en affärsdrivande verksamhet. På denna del av NRC arbetar ca 40 personer, med en omsättning på 5 milj CAD.

NRC är involverade i 15-20 olika projekt, i första hand tillämpad forskning, inte grundforskning. Man har specialiserat sig på några få områden som man är bra på. De har bl a en klimatanläggning (väldigt kostsam) samt en rigg som kan vara av intresse för LTU:s del, kostnad ca 1 milj CAD (motsv 6 milj SEK).

De arbetar med olika projekt i bl a Australien, Storbritannien, Indien, Sydamerika. När det gäller övrigt samarbete t ex med universitet är det väldigt litet.



Reserapport

Ryssland

22-29 December 1997

Sergei Glavatskikh

Avdelningen för maskinelement
Luleå tekniska universitet
971 87 Luleå

Investigations of testapparatus: Rail-wheel contact in Russia.

- I** There are a lot of small institutes in Russia in the system of the ministry of railway transportation which deal with investigations in different areas of railway transportation (such as locomotives, vans, etc.). The biggest one is Russian scientific research institute of railway transportation (RSRIRT). They have their own monthly journal "Vestnik RSRIRT" (ISSN 70116). I was in contact with the following persons:

Poopya N.N. (division of railway equipment);
phones: 180-4577; 180-4973; 180-3000; *

Shinkarev B.S. (division of wheels testing);
phones: 180-7020; *

Bogdanov V.M. (assistant director of RSRIRT);
phones: 287-2161; *

Shur E.A. (division of materials and constructions testing, laboratory of thermal treatment and improvement of the main elements of rails);
phones: 287-9485;*

Komarovski I.A. (division of materials and constructions testing, laboratory of thermal treatment and improvement of the main elements of rails);
phones: 287-0010, add. 3-36; *

Zakharov V.M. (division of materials and constructions testing, laboratory of thermal treatment and improvement of the main elements of rails);
phones: 287-0010, add. 4-53; *

Nesterov A.V. (division of lubrication);
phones: 287-9402; *

*To call from Sweden you should dial 0097-095-(phone number).

They do some research of rail-wheel contact. They referred to publications in "Vestnik RSRIRT", "Journal of friction and wear"(Trenie i Iznos). It was difficult to get information from them because they didn't personally know me.

- II** I was also in contact with a person from the scientific research institute of railway reconditioning and machine building:

Lebedev A.Y.
phones: 262-05-58; 262-7117; 262-4891.
According to him they do not make any research of rail-wheel contact.

- III** There is also Moscow state institute of railway transportation in Moscow. In contrast to previously mentioned institutes it is an educational one. I tried to find people connecting to the discussing problem but it was a nearly dead season in the institute due to the Christmass holidays. Nobody was available.

IV In my university (Moscow state technical university) there are some activities in this area. But the person responsible for them was not available at that time because he was sick.

V Working in libraries I found some interesting references:

Method for determination of a parameter, describing the condition of wheel-rail system and a devise for its execution. Patent 2061610 Russia /Kashnikov, Ruban/ Invention Bulletin N16 1996.

Method for determination of a parameter, describing the condition of wheel-rail system while moving on a curvilinear part of the railway . Patent 2061611 Russia /Kashnikov, Ruban/ Invention Bulletin N16 1996.

Vilke, V.G. Theory of rolling of a hard wheel on a deformed rail. Vestnik of Moscow state university, Serie 1-1997-N1, p.48-55,79-80.

Proceedings of the international conference "Dynamics, reliability and safety of railway transport", Dnepropetrovsk, May, 1996:

- results of experimental investigation of movement of wheel pair having independent wheels rotation;
- investigation of the reasons why empty cargo vans derail;
- influence of the gaps in the wheel on the force interaction of wheel pairs and rails on a curvilinear part of the railway;
- interconnecting model of van's dynamics and tribological processes in a wheel-rail contact.
- analysis of the wheel rail pair system;
- investigation of a contact interaction of van's wheel and rail by means of photoelasticity method.

Vestnik RSRIRT:

- Markov D.P. Tribological characteristics of the wheel rail friction pair, p138, vol.16, N1, 1995;
- Kogan A.Y. Evaluation of rail wear and tyres of wheel pairs on a curvilinear part of the railway p36, vol.11, N2, 1990;
- Shur E.A. et al. Wear resistance of rail and wheel steels, p80, vol.11, N2, 1990;
- Pasholok I.L., Haritonov B.V. About possible raising of wear resistance of railway wheels, p32, vol.18, N1, 1997;
- Markov D.P. Hardening of wheel flanges of railway rolling stock up to high hardness for decrease of side wear, p36, vol.18, N1, 1997;
- Zharov I.A., Komarovski V.L. Evaluation of values of slip in contact of wheel flange with side face of rails.
- Markov D.P. Tribological parameters of rail wheel surfaces (laboratory estimation);
- Kudravtsev N.N. Analysis of methods of measurement of forces acting on the wheel pairs of vans, p31, vol.14, N8, 1993;

Journal of friction and wear (Trenie i Iznos):

Bogdanov V.M. et al. A study of wheel rail contact. wear and cumulative damage, p12, vol.17, N1, 1996

Zaharov S.M. et al. Modelling of wheel wear, p24, vol.15, N2, 1997.

Översikt av järnvägsrelaterad fullskaletestning i England

Avdelningen för datorstödd maskinkonstruktion
Luleå tekniska universitet
971 87 Luleå

SAMMANFATTNING

Inom ramen för förstudien av en testtrigg så ingår en kartläggning av järnvägsrelaterad fullskaletestning i andra länder. Denna rapport ger en översikt av sådan verksamhet i England.

Vi deltog i konferensen "Computer Simulations of Rail Vehicle Dynamics" 23-24 juni 1997 i Manchester, England. Där samlades forskare från hela världen som är verksamma inom järnvägsfordonsdynamik. Dessutom besökte vi Manchester Metropolitan University i december 1997 för att delta i arbetet med "the Manchester Benchmark" som går ut på att jämföra olika simuleringsprogram inom järnvägsfordonsdynamik. I samband med dessa möten så togs frågan upp om vilka testanläggningar som finns i England. De personer som har hjälpt till med att ta fram informationen är främst Jeremy Evans från AEA Technology Rail samt Dr. Simon Iwnicki från Manchester Metropolitan University.

Det testcentrum för järnvägsrelaterad testning som finns i England är AEA Technology (tidigare British Rail Research) i Derby. De har en fullskalig testtrigg som används för att undersöka problem med hjul och rälsitage, smörjning och effekter av olika profiler. Testtriggen består av ett hjul och en rälssektion som rör sig under hjulet. AEA Technology Rail har även många andra järnvägsrelaterade testmöjligheter.

Det finns ett testspår i Old Dalby, nära Derby. Det är 21 km långt och är en fd. nedlagd linje. Den ägs nu av Serco Railtest som är ett privat företag som också har skapats av delar av fd. BRR. De större tillverkarna har också anläggningar för testning, men de är främst relaterade till fordonstestning. Exempelvis ADtranz i Derby har ganska omfattande fordonstestningsutrustning med ett kort nyinvigt testspår.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

	SIDA
1. INTRODUKTION.....	1
2. KONFERENS I MANCHESTER.....	2
3. TESTRIGG VID AEA TECHNOLOGY RAIL	2
4. TESTBANOR	6
4.1 Serco Railtest i Derby	6
4.2 ADtranz UK i Derby	6

	SIDOR
BILAGA 7A. SIMULATION OF RAIL VEHICLE DYNAMICS	9
BILAGA 7B. VERKSAMHET VID AEA TECHNOLOGY RAIL.....	21
BILAGA 7C. BESKRIVNING AV TESTRIGGEN.....	11
BILAGA 7D. BROSCHYRMATERIAL TESTBANOR	6

1. INTRODUKTION

Inom ramen för förstudien av en testtrigg så ingår en kartläggning av järnvägsrelaterad fullskaletestning i andra länder. Denna rapport ger en översikt över sådan verksamhet i England.

Vi deltog i konferensen "Computer Simulations of Rail Vehicle Dynamics" 23-24 juni 1997 i Manchester, England. Där samlades forskare från hela världen som är verksamma inom järnvägsfordonsdynamik. Dessutom besökte vi Manchester Metropolitan University i december 1997 för att delta i arbetet med "the Manchester Benchmark" som går ut på att jämföra olika simuleringsprogram inom järnvägsfordonsdynamik. I samband med dessa möten så togs frågan upp om vilka testanläggningar som finns i England. De personer som har hjälpt till med att ta fram informationen är främst Jeremy Evans från AEA Technology Rail samt Dr. Simon Iwnicki från Manchester Metropolitan University.

Det testcentrum för järnvägsrelaterad testning som finns i England är AEA Technology (tidigare British Rail Research) i Derby, se Appendix 7B. De har minskat i storlek under de senaste tio åren, men har fortfarande imponerande lab. De har en fullskalig testtrigg som används för att undersöka problem med hjul och rälsitage, smörjning och effekter av olika profiler. Testtriggen består av ett hjul och en rälssektion som rör sig under hjulet. AEA Technology Rail har även många andra järnvägsrelaterade testmöjligheter. De har utrustningar för att utmattningstesta allt från en liten bult till ett helt lokomotiv, de gör resonanstester på hela fordon och mäter upp egenskaper av komponenter i fordonen. De har även högspänningsutrustning för test av elektriska komponenter. De har också specialister på spår och signalsystem.

Det finns ett testspår i Old Dalby, nära Derby. Det är 21 km långt och är en fd. nedlagd linje. Den ägs nu av Serco Railtest som är ett privat företag som också har skapats av delar av fd. BRR.

De större tillverkarna har också anläggningar för testning, men de är främst relaterade till fordonstestning. Exempelvis ADtranz i Derby har ganska omfattande fordonstestningsutrustning med ett kort testspår.

2. KONFERENS I MANCHESTER

I juni 1997 deltog vi i konferensen "Computer Simulation of Rail Vehicle Dynamics" vid Manchester Metropolitan University i England. Mer än 60 deltagare från 15 länder deltog och 28 artiklar presenterades, se Bilaga 7A. Konferensen anordnades efter diskussioner på Institute of Technical Mechanics i Ukraina samt vid världskongressen om järnvägsforskning i Colorado Springs, USA sommaren 1996. Järnvägsbolagen och forskningsinstitutioner använder en mängd olika datorhjälpmedel för analys av det dynamiska beteendet hos järnvägsfordon, men information om dessa datorprogram ges inte i litteraturen och publicerade resultat av benchmark tester har inte varit fullständiga. Detta var bakgrunden till konferensens innehåll samt de benchmark som har följt efter konferensen.

Målet med att ta fram "the Manchester Benchmark" var att tillåta ingenjörer som arbetar med konstruktion av järnvägsfordon samt forskare som arbetar med järnvägsfordonsdynamik att kunna använda sig av de olika datorprogram som finns utvecklade. Målet är inte att validera de olika koderna, även om en jämförelse av de olika resultaten kommer att vara användbara vid diskussioner om valet av olika approximationer, antaganden och tekniker. En beskrivning av innehållet i dessa benchmark ses i Bilaga 7A.

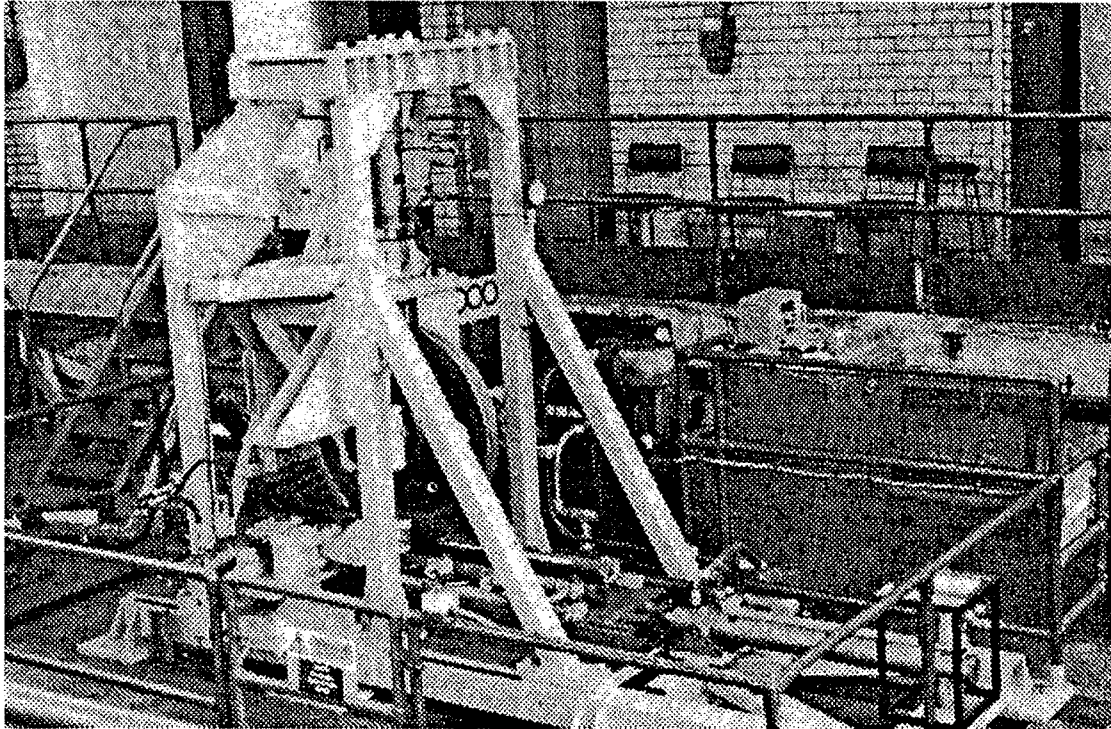
3. TESTRIGG VID AEA TECHNOLOGY RAIL

Vid AEA Technology Rail i Derby, England så använder de sig av en testrigg för att testa slitage mellan hjul och räl, de kallar den "Wheel-on-rail Wear Test Rig". En mer fullständig beskrivning av riggen finns i referensen "Full-Scale Wheel-on-Rail Wear Testing: Comparisons with Service Wear and a Developing Predictive Method", from Lubrication Engineering, Vol 41, 2 (February 1985) pp. 80-88, se Bilaga 7C. Notera att den slitagehypotes som beskrivs i artikeln numera är föråldrad. Slitagenumret $T\gamma/A$ som används i artikeln används sällan idag, istället föredras parametern $T\gamma$.

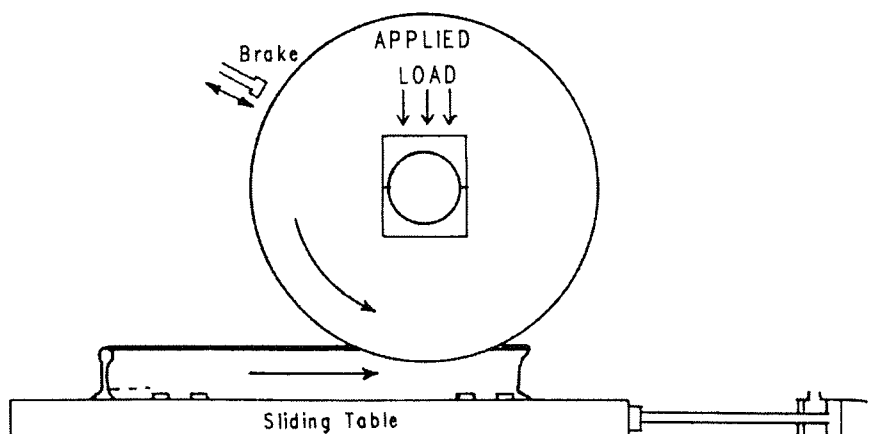
Testriggen används för att undersöka problem med hjul och rälsnitage, smörjning och effekter av olika profiler. Det är en fullskalig testrigg som består av ett hjul och en rälssektion som rör sig under hjulet. Informationen om testriggen har erhållits från Jeremy Evans, BRR, PO Box 2, rtc Business Park, London Road, Derby, DE24 8YB, UK, email: jerry.evans@aeat.co.uk.

Testriggens funktion beskrivs bäst om man studerar fotografiet i Figur 1 samt den schematiska bilden i Figur 2. Ett vanligt järnvägshjul (med nominell diameter på 920 mm) lastas mot och rullas längs en 1.2 m lång standardräl. Rälens sitter på ett glidande bord och hålls i lutningen 1:20 mellan två basplattor som mäter lasten. Detta tillåter mätning av de vertikala och longitudinella krafterna på rälens. Hydrauliksystemet är programmerat för att kunna köra automatiskt med följande sekvens i varje belastningscykel:

1. Hjulet sänks ned och belastar rälen med hjälp av en vertikal ram, bromsen släpps och (om den används) aktiverar sidobelastningsramen.
2. Bordet med rälen dras av huvudcylindern så att hjulet rullar längs rälen i motsatt riktning.
3. Vid slutet på varvet avlastas sidolasterna och de vertikala lasterna, bromsen läggs på, och hjulet lyfts bort från rälen.
4. Bordet återvänder till startpositionen.



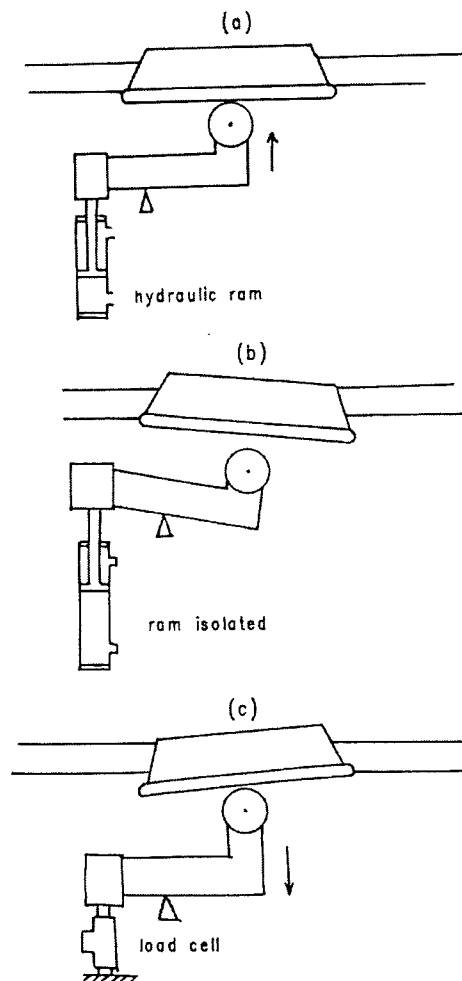
Figur 1. Fullskalig testrigg vid AEA Technology Rail (fd. British Rail Research) i Derby, England.



Figur 2. Schematisk skiss över testriggen.

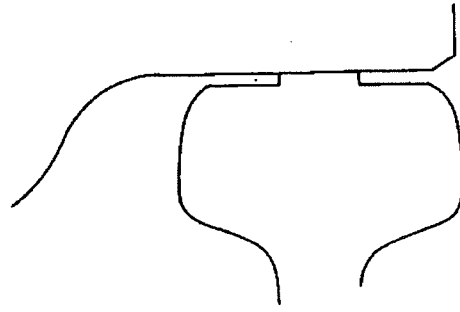
Det blir kontakt mellan hjul och räl endast i en riktning och hjulet roterar endast 1/3 av ett varv per belastningscykel.

En mängd olika testmetoder tillåter flänskontakt eller löpbanekontakt. Flänskontakt åstadkomes antingen genom den metod som illustreras i Figur 3(a) eller 3(b). Metoden som beskrivs i Figur 3(a) åstadkoms genom att en känd lateralkraft läggs på via en rulle mot baksidan av flänsen av en hydraulisk ram som agerar genom en hävarm. Metoden som beskrivs i Figur 3(b) åstadkoms genom att luta hjulet. Detta ger en positiv attackvinkel så att flänsen rullar i kontakt. I detta fall utvecklas ingen nettokraft i lateralled, eftersom hjulet på sin axel tillåts fri lateral rörelse inom sin lagring och jämvikt erhålls mellan det laterala krypkraften och vertikalkraftens komponent som agerar genom kontaktvinkeln. För testning av löpbanekontakt, lutas hjulet i motsatt riktning för att ge en negativ attackvinkel och rullen på baksidan av flänsen förhindrar hjulet att röra sig av rälen i lateralled. Genom att ersätta ramen på baksidan av flänsen med en lastcell så kan de genererade krypkrafterna mätas längs hela kontaktcykeln, se Figur 3(c). Denna situation liknar situationen med innerrätkontakt vid kurvtagning. En ytterligare provuppställning som används innebär att rälen monteras vertikalt och ett cylindriskt löpbanekontaktshjul som endast ger lateralt kryp används.



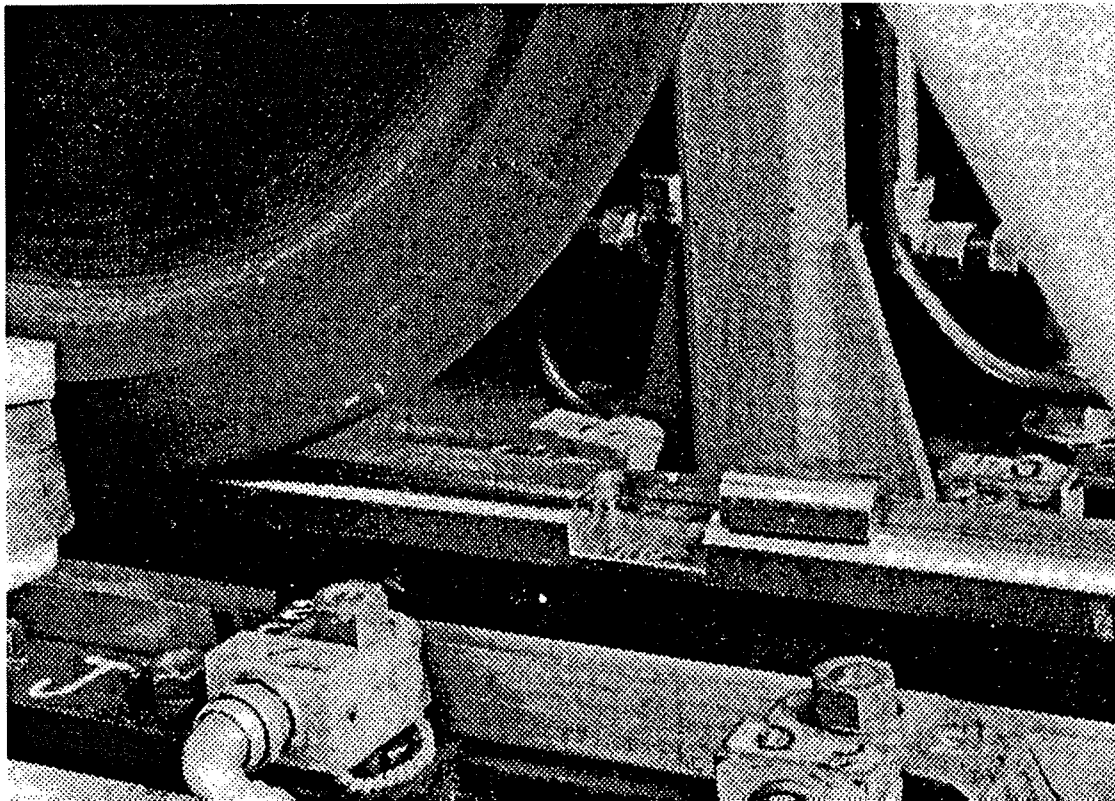
Figur 3. Olika konfigurationer för hjul/rätkontakten.

Dessutom, för att få en situation som direkt motsvarar testerna i en liten testrigg så har även försök genomförts med ett plan slitageyta på toppen på rälen, se Figur 4. Dessa tester ger rektangulära kontaktytor med annorlunda längd/breddförhållanden jämfört med testen gjorda i liten skala.



Figur 4. Rektangulär kontaktyta med bearbetad räl.

För att mäta slitaget har de bearbetat bort en bit av rälen och ersatt den med ett löstagbart block av samma material som rälen, se Figur 5. Blocket belastas under hela slitagecykeln, men det är lätt att ta loss för att mäta viktsförändringen inom olika intervall. Noggrannheten är 0.01 g. En beskrivning av viktsförlust som funktion av belastningscykeln tas fram för att bestämma slitagehastigheten.



Figur 5. Testräl och löstagbart slitageblock.

Vid samtal med Jeremy Evans så har följande kompletterande information om riggen erhållits:

- Maximala axellasten är 100kN.
- Riggen har en nominell hastighet vid kontinuerlig drift på cirka 0.5m/s.
- Maximala lateralkraften är ungefär 50kN.
- De har ingen utrustning för att ändra klimatvillkoren.
- De har inte använt riggen för att studera utmattning, eftersom den inte är konstruerad för att köras under ett så stort antal cykler.
- De har studerat effekter av olika typer av produkter för smörjning av hjul/rälkontakten.

AEA Technology Rail är nu ett kommersiellt konsultbolag. De har ingen finansiering för tillfället för forskning eller experiment inom detta område. Detta betyder att jobb som de gör skall finansieras enligt deras normala kommersiella taxa. Om vi har finansiering för detta är de naturligtvis intresserade av att diskutera ett samarbete.

4. TESTBANOR

4.1 Serco Railtest

Det finns en 21 km lång testbana av den tidigare huvudlinjen vid Old Dalby, Nottinghamshire. Den maximala hastigheten på banan är 145 km/h. Banan drivs av Serco Railtest, PO Box 243, RTC Business Park, London Road, Derby DE24 8ZZ sedan 1997.

4.2 ADtranz i Derby

Testspåret vid Adtranz i Derby är nyligen öppnat. Avsikten är att testa nya, ombyggda eller reparerade fordon. Spåret är 1120km långt och den maximala hastigheten är 60km/h. Spåret är utrustat för att kunna verifiera prestanda hos automatiska varningssystem (AWS) samt tågstoppsystem för London Underground (LUL). Hjulvikter kan mätas individuellt och det är förberett för en isolerad spårsektion för signalrelaterade experiment. Ytterligare information finns i Bilaga D.

Information om detta har erhållits av Kathryn Lancaster, Adtranz, Lithcurch Lane, Derby DE24 8AD England, Tel. +44 (0)1332 266470, Fax. +44 (0)1332 266472.

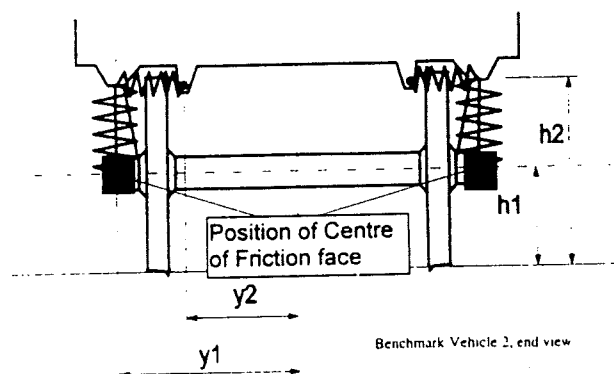
BILAGA 7A

Computer Simulation of Rail Vehicle Dynamics

23-24 Juni 1997

Manchester Metropolitan University

UK



Computer Simulation of Rail Vehicle Dynamics

CONTENTS

Session 1

Aims of the Workshop

Simon Iwnicki

Keynote address

Alan Wickens

The Organisers

Boronenko J.P. et al
St Petersburg State University of the Means of Communication

Computer simulation of the dynamic behaviour of the Russian High Speed Train "SOKOL"

Kochak R
Lucknow, India

Modelling and computer simulation of Indian Railway vehicles

Berghuvud A and Stensson A
Lulea University of Technology, Sweden

Dynamic behaviour of ore wagons in curves at Malmbanan

de los Santos M A
Barcelona, Spain

Ground vibrations generated by a moving train

Session 2

Wallrapp O
Fachhochschule Munchen, Germany

Flexible bodies in multibody system codes

Berg M
Division of Railway Technology, KTH, Stockholm, Sweden

A non-linear rubber spring model for rail vehicle dynamic analysis

Romen Y S - Boronenko Y P - Tretiakov A V and Iwnicki S D
All Russia Research Institute, Moscow, Russia

The influence of technical condition of 18-100 bogies on the flange wear

Bitvutsky A A - Zverev M V and Shumilov N E
St Petersburg State University of the Means of Comm., Russia

Annika Stensson, Avdelningen för datorstödd maskinkonstruktion
Luleå tekniska universitet

The development of passenger safety concepts in accident situations for the Russian High Speed Train "SOKOL"

Bogomaz G - Markova O and Chernomashetzeva Yu
Institute of Technical Mechanics of Ukraine

Mathematical modelling of vibrations and loading of railway tankers taking into account the mobility of the liquid cargo

Vinnik L V et. al.
Moscow Electric Vehicle Repairing Plant, Russia

Research on the design of independently rotating wheel sets in underground vehicles

Wu W X - Smith J H and Brickle B V
South Bank University, UK

An investigation into stick-slip vibrations on track systems

----- **Session 3** -----

Chudzikiewicz A
Warsaw University of Technology, Poland

Simulation of rail dynamics in MATLAB environment

Dupal J
University of West Bohemia, Czech Republic

Matrix formulation of railway vehicle equations of motion and parameter optimisation

Iwnicki S D and Wickens A H
Manchester Metropolitan University, UK and Loughborough University, UK

Validation of MATLAB railway vehicle simulation using a scale roller ring

Cherkashin Yu M and Kochnov A D
Central Research Institute, Moscow, Russia

Modelling of interaction processes between separate train vehicles and between vehicles and track

Bitutsky A A and Sokolov A M
St Petersburg State University of the Means of Communication

The design of cast-welded construction of bumpstops in automatic coupler devices in Russian freight cars.

----- **Session 4** -----

The Manchester Benchmarks

----- **Session 5** -----

Kondreshov V
All Russian Railway Research Institute, Moscow

Developments in the field of rolling stock dynamics

Germann S
ABB Corporate Research, Germany

Annika Stensson, Avdelningen för datorstödd maskinkonstruktion
Luleå tekniska universitet

The wheel-rail modelling library "MEMPHIS"

Ushkalov V F - Mokriy T F and Sherstyuk A K
Institute of Technical Mechanics of Ukraine

The program packages SIGMA and INTEG for study of rail vehicle dynamics and wheel/rail interaction.

Datoussaid S - Wenderloot L - Verlinden O and Conti C
Faculte Polytechnique de Mons, Belgium

Computer aided simulation for urban railway vehicles

Romen Y S - Levinzon M and Belououssou A
All Russia Research Institute, Moscow, Russia

Systems of modelling of processes of interaction between wheel and rail in Russia

Gugliotta A. Guizio R. Et al
Politecnico Torino / Fiat Ferroviara

Stability analysis of high speed trains with Adams/Rail numerical simulation

Session 6

I. Persson
Desolver, Sweden

GENSYS in railway vehicle modelling, a summary

Schupp G. Netter H. and Mauer L.
DLR Institute for Robotics and System Dynamics, Germany

Multibody system simulation of railway vehicles with SIMPACK

Evans J.R.
BR Research, UK

Validation of Rail Vehicle Dynamic Predictions using VAMPIRE

Elkins J. and Dembosky M.
American Association of Railroads, Transportation Test Centre, Pueblo, USA

Analysing specific problems using the package NUCARS

Kik W.
ArgeCare, Berlin, Germany

Simulation of railway vehicles using MEDYNA and ADAMS Rail

Computer Simulation of Rail Vehicle Dynamics

AIMS OF THE WORKSHOP

This Workshop was proposed partly as a result of discussions at the Institute of Technical Mechanics of the Ukraine in Dnepropetrovsk and also at the World Congress of Railway Research in Colorado Springs last summer. Railway organisations and research teams were using a variety of computer software and simulation packages for analysis of the dynamic behaviour of railway vehicles, but clear information on the relative merits and suitabilities of these packages are not given in the literature and the published results of benchmarking tests are not conclusive. This is obviously not a satisfactory state of affairs.

The main aim of the Workshop is to bring together people who have an interest in simulating the dynamic behaviour of railway vehicles using computer models. Participants will be able to share experiences relating to setting up models, carrying out simulations and interpreting the results. A number of different computer packages are now widely used and the workshop will provide a forum for discussion of the merits of the different packages and also of any difficulties encountered and possible solutions. There are presentations from most of the authors and suppliers of these software packages and this will allow an informed discussion of the current experience and future direction of activity in this interesting and important field.

To further the aims of the Workshop a small group of participants have designed two simple vehicle models and a set of track cases to use as benchmarks for demonstrating some of the features of current simulation packages. These benchmarks will be discussed at the workshop and will be published together with the simulation results prepared using the various packages.

The fact that more than 60 delegates from 15 countries are attending the workshop and that 28 papers of a high standard will be presented demonstrates that we are at a key stage in the field of railway vehicle modelling. The theoretical basis of the mathematical modelling is now mature and reliable. Many programs have been developed into the powerful, robust and user friendly packages that we see here at the workshop. Others have not been commercially marketed but are also useful to their authors and include novel techniques which may be of great value.

The time may be near when some form of standardisation has to take place and an internationally accepted standard of simulation developed. When that happens it must be based on a cooperative and unbiased analysis of the available techniques and software. This workshop aims to assist any future developments by offering an open, informed and independent forum for demonstration of the state of the art and discussion of future directions.

Simon Iwnicki June 1997

Computer Simulation of Rail Vehicle Dynamics

THE ORGANISERS

The Vehicle Dynamics Group at Manchester Metropolitan University which is hosting the workshop is currently investigating novel suspension designs in rail and road vehicles. We have built up a number of locomotive and coach models and sets of data describing track of various qualities. Together with colleagues in The UK, Germany, Russia, China and the Czech Republic the group has set up procedures assessing behaviour in terms of safety, wheel and rail wear and passenger comfort. We use the computer package MEDYNA for analysis of multibody systems and are developing similar routines with the package MATLAB. We have also used ADAMS for some suspension simulations and recently started to use SIMPACK.

In our vehicle dynamics laboratory we have set up a 1/5 scale roller rig to examine the behaviour of railway vehicle suspensions in response to realistic track excitations at high speeds. The roller rig is being used to validate our computer models and to examine a number of ideas for improving suspension components and layout. It is also used for demonstrating the dynamic behaviour of rail vehicles. Practical tests on dampers are currently being carried out to establish realistic parameters for the models.

A SHORT SUMMARY ON THE MANCHESTER BENCHMARKS

Annika Stensson, February 1998

The aim of producing the Manchester Benchmarks was to allow railway vehicle suspension designers and researchers investigating vehicle dynamic behaviour to assess the suitability of the various software packages that now exist for simulation of such behaviour. The objective is not to provide accurate validation of the software packages although comparison of the results should prove useful in assessing the effect of various techniques and approximations made. There are several existing benchmarks, but these have generally been relatively complex with the aim of proving the validity of the various software routines.

It is hoped that simulations using the Manchester Benchmarks will be carried out with most of the major packages now in use. The final version of the benchmarks will be published in a special edition of the journal *Vehicle System Dynamics*. Statement of the procedures carried out, approximations made in the modelling, methods of inputting the required data, possibilities for output of results and typical computation times will be presented for each package.

The benchmarks were agreed at the International Workshop on Computer Simulation of Rail Vehicle Dynamics at Manchester Metropolitan University on June 23rd and 24th 1997. A pre-meeting was held at April 11, 1997 and another meeting was held at December 15, 1997. The work is planned to finish during the spring 1998.

The package GENSYS, that is used in Sweden, is one of the packages that participate in the benchmark. Ingemar Persson, DEsolver, is doing the benchmark. Ansel Berghuvud, LTU, participated the Workshop in Manchester in June -97 while Annika Stensson and Lars Drugge, LTU, participated the meeting in December -97.

The Vehicle ModelsBenchmark vehicle 1 is a general passenger coach with two bogies and a simple primary suspension. Benchmark vehicle 2 is a two axle freight vehicle with load dependent friction damping. Four track cases represent typical real situations and allow common dynamic behaviour to be seen in the simulation.

The wheel and rail profiles are the common S1002 wheel profile and UIC60 rail section. Measured profiles are provided. The coefficient of friction is assumed to be 0.4. Track gauge is 1435 mm and the rails should be taken as having an inward inclination of 1:40. The track should be treated as a uniform structure under each wheelset with stiffness and damping between rail-slieper and slieper-ground. A track mass of 500 kg may be taken for the section under a wheelset, this corresponds to two rails, two sleepers and ballast.

The eigen values and simulation results will be presented for each package. Also a statement of the methods used in setting up the two vehicle models is required. This statement should illustrate the steps required for creating the model and the track cases, for running the simulation and for presenting the results in the required format. Reference should be made to any approximations made during the modelling and the chosen numerical simulation routines should be stated. The aim of the statement is to show the prospective modeller how to set up a model using the particular package and how to obtain the desired results. Some indication of the time taken to carry out the various setting up stages and also the simulation itself would also be useful.

BILAGA 7B

Verksamhet vid AEA Technology Rail

Denna bilaga innehåller allmän information samt specifika exempel på verksamheten vid:

AEA Technology Rail
P.O. Box 2
Rtc Business Park
London Road
Derby DE24 8YB
Telephone: +44 (0) 1332264646
Facsimile: +44 (0) 1332 264994

Informationen är hämtad från deras websidor under www.aeat.co.uk i augusti 1998.

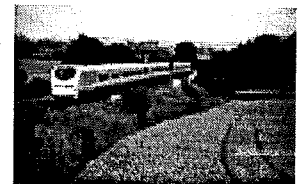
Introducing AEA Technology Rail

AEA Technology Rail brings together 30 years of railway expertise in Derby with one of the worlds largest independent international science and engineering businesses, to form a unique force in the railway industry.

- We inherit a unique pedigree from BRR, a company that has become acknowledged and respected as a world leader in many railway engineering and scientific disciplines
- We inherit an enhanced set of skills, experiences and resources from AEA Technology, which are now directly available to railway markets
- We understand the business needs of railway customers and focus on delivering them by reducing risk and improving performance
- We are a company that uses our wide technological capabilities to add value and to deliver innovative solutions Worldwide

AEA Technology Rail is a world leader in delivering innovative rail solutions to customers in the rail industry around the globe.

① ② ③ ④ next



© AEA Technology plc 1998

Latest News

LAUNCH OF AEA TECHNOLOGY RAIL

BR Research was privatised in December 1996 and bought by AEA Technology plc. Since then, our business has traded as one of AEA Technology's operating groups.

From 1st April 1998, the 21 operating groups of AEA Technology will be focused into 11 distinct businesses, each with their own particular market or product focus. As part of this process AEA Technology's business in the rail sector, which consists of BR Research plus risk management and project management skills from other AEA Technology groups, will be consolidated as one of the new 11 businesses within the company.

To mark this new beginning, the business is being relaunched as AEA Technology Rail, a company "delivering innovative solutions worldwide".

This change builds on the research and leading-edge technical expertise that have always been associated with Derby, together with the additional risk and project management skills introduced from AEA Technology, to enable us to deliver innovative and effective solutions to the problems of today's railway businesses.

AEA Technology Rail looks forward to working with you in the future.

© AEA Technology plc 1998

Last Updated - 24/04/1998

Introducing AEA Technology Rail

AEA Technology Rail's breadth of knowledge and experience across all areas of railway engineering and operation enables the wider implications of competing strategies to be rapidly evaluated in a true system-wide approach. Our capability covers all aspects of a railway system:

- Trains
- Rolling Stock
- Track
- Civil engineering
- Signalling
- Operational needs
- Safety



Our unique expertise enables us to assemble multi disciplinary project teams containing the right balance and mix of skills to ensure that appropriate solutions are delivered.

Our independence and credibility within the industry further allows us to give impartial advice on both technical and commercial issues across traditional functional boundaries.

We apply our expertise to all stages of the product life cycle from concept identification through development, testing and application to maintenance and life extension. In delivering solutions in all these areas we are able to manage whole projects on behalf of customers, or provide products, advice, support, and guidance on specific issues to suit your demands at the time.

Innovation in Progress

AEA Technology Rail is continually applying its breadth and depth of expertise to assist rail businesses commercially and technically, both now and in the future. In particular, we are developing partnerships with major businesses in the rail industry. These partnerships will enable customers to:

- Reduce their costs
- Minimise project timescales
- Share risk



These objectives will be achieved by actively combining our expertise and technology with customers' knowledge and demands. These partnerships demonstrate the high level of trust that many organisations in the rail industry have in AEA Technology Rail. They also ensure that we continue to enhance our capability and expertise in the future to customers' benefit. Our aim is to continue to deliver innovative solutions that meet the needs of rail businesses Worldwide both now and into the next millennium.



Product Data

The following pages have been created with Adobe Acrobat, to view these you need to download the free Adobe® Acrobat® Reader, from the Adobe Website.

It allows you to view, navigate, and print PDF files across all major computing platforms.



- INFRASTRUCTURE OWNERS
- INFRASTRUCTURE MAINTENANCE
- TRAIN MANUFACTURERS
- TRAIN OPERATORS
- TRAIN OWNERS
- TRAIN MAINTENANCE
- LIGHT RAIL
- RAILWAY OPERATIONS

INFRASTRUCTURE OWNERS

- Aerodynamics
- Automatic Track Top and Alignment - ATTA®
- Bridge Bashing Detector
- Bridge Noise
- Bridge Testing
- Building Acoustics
- Derailment Investigation
- Electrical Incident and Dewirement Investigation
- Electrical Testing and Investigation
- Electromagnetic Compatibility
- Groundborne Noise and Vibration
- Light Rail
- Masonry Arch Analysis - MAFEA
- Overhead Line Monitoring
- Pantograph Condition Monitoring
- People Movement Modelling (EGRESS)
- Radio Surveys
- Railway Environmental Noise
- Raven - Route Availability Software
- Reliability and Maintainability
- Ride Monitoring System
- Stress free temperature measurement - VERSE®
- Track Master®
- Track Testing
- Tunnel Integrity Monitoring - TIMS
- WheelChex - Wheel flat and load detector
- Wheel/Rail Interaction

Back to the top...

INFRASTRUCTURE MAINTENANCE

- Automatic Track Top and Alignment - ATTA[®]
- Bridge Bashing Detector
- Bridge Testing
- Derailment Investigation
- Design Overlift
- Electrical Incident and Dewirement Investigation
- Electrical Testing and Investigation
- Electromagnetic Compatibility
- Low Adhesion Warning System
- MAFEA
- Overhead Line Monitoring
- Pantograph Condition Monitoring
- People Movement Modelling (EGRESS)
- Radio Surveys
- Reliability and Maintainability
- Ride Monitoring System
- Track Master[®]
- Track Testing
- Tunnel Integrity Monitoring - TIMS
- WheelChex - Wheel flat and load detector
- Wheel/Rail Interaction
- Stress free temperature measurement - VERSE[®]

TRAIN MANUFACTURERS

- Aerodynamics
- Electrical Testing and Investigation
- Electromagnetic Compatibility
- Radio Surveys
- Railway Vehicle Interior Noise
- Reliability and Maintainability
- Structural Analysis
- Structural Development for Crashworthiness
- Track Circuit Assister
- Wheel/Rail Interaction
- Rail Vehicle Behaviour modelling - VAMPIRE[®]

TRAIN OPERATORS

- Automatic Wheel Profile Measurement
- Derailment Investigation
- Groundborne Noise and Vibration
- Electrical Incident and Dewirement Investigation
- Electrical Testing and Investigation
- Electromagnetic Compatibility
- Low Adhesion Warning System
- Overhead Line Monitoring
- Passenger Load Determination
- People Movement Modelling (EGRESS)
- Radio Surveys
- Railway Environmental Noise
- Railway Vehicle Interior Noise

- Raven - Route Availability Software
- Reliability and Maintainability
- Ride Monitoring System
- Track Circuit Assister
- Rail Vehicle Behaviour modelling - VAMPIRE[®]
- WheelChex - Wheel flat and load detector
- Wheel/Rail Interaction

TRAIN OWNERS

- Automatic Wheel Profile Measurement
- Automatic brake pad wear monitoring using PadVIEW[®]
- Derailment Investigation
- Electrical Incident and Dewirement Investigation
- Electrical Testing and Investigation
- Electromagnetic Compatibility
- Radio Surveys
- Railway Vehicle Interior Noise
- Reliability and Maintainability
- Ride Monitoring System
- Structural Analysis
- Track Circuit Assister
- Rail Vehicle Behaviour modelling - VAMPIRE[®]
- WheelChex - Wheel flat and load detector
- Wheel/Rail Interaction

TRAIN MAINTENANCE

- Automatic Wheel Profile Measurement
- Automatic brake pad wear monitoring using PadVIEW[®]
- Derailment Investigation
- Electrical Incident and Dewirement Investigation
- Electrical Testing and Investigation
- Electromagnetic Compatibility
- Pantograph Condition Monitoring
- Radio Surveys
- Reliability and Maintainability
- Track Circuit Assister
- WheelChex - Wheel flat and load detector
- Wheel/Rail Interaction

LIGHT RAIL

- Automatic Wheel Profile Measurement
- Groundborne Noise and Vibration
- Environmental Consultancy for light rail
- Electrical Testing and Investigation
- Electromagnetic Compatibility
- Light Rail
- Radio Surveys
- Railway Environmental Noise
- Railway Vehicle Interior Noise
- Reliability and Maintainability

- Light Rail Shared Track
- Ultra Light Rail
- Virtual Reality for light rail
- Wheel/Rail Interaction

RAILWAY OPERATIONS

- Aerodynamics
- Automatic Track Top and Alignment - ATTA[®]
- Building Acoustics
- Bridge Bashing Detector
- Bridge Noise
- Derailment Investigation
- Groundborne Noise and Vibration
- Electrical Incident and Dewirement Investigation
- Electrical Testing and Investigation
- Electromagnetic Compatibility
- Light Rail
- Light Rail Shared Track
- Low Adhesion Warning System
- Overhead Line Monitoring
- Pantograph Condition Monitoring
- Passenger Load Determination
- People Movement Modelling (EGRESS)
- Radio Surveys
- Railway Environmental Noise
- Reliability and Maintainability
- Track Circuit Assister
- Track Master[®]
- Tunnel Integrity Monitoring - TIMS
- Wheel/Rail Interaction

ATTA, PadVIEW, Track Master, VAMPIRE and VERSE are United Kingdom Registered Trade Marks of AEA Technology plc.



Track Testing



photograph reproduced with
the kind permission of the
Kumagai-Maeda-Yokogawa-
Hitachi Joint Venture

AEA Technology Rail has substantial, internationally recognised experience in the analysis and testing of track for all applications. Recent work has included track for suspension and cable-stayed bridges and for tunnels.

The specification for testing in combinations with specialised assessment gives the end-user the assurance that a design is going to be made fit for its purpose and that it will perform satisfactorily.

Testing can be a thorough and cost effective way to prove a design, and the

construction of trial installations can also provide opportunities for both design details and construction methods to be refined.

The range of trackform testing, measurement and analysis services available include:

- Noise and Vibration Modelling, Prediction, Measurement and Evaluation
- Laboratory Component Testing
- Full-Scale Laboratory Testing for Performance and Fatigue

- Bridge and Track Dynamic Modelling
Analysis and Assessment, including Vehicle/Track interaction
- Full-Scale Testing of Trackforms in Existing Track
- Procurement, Management & Supervisory Capability for the Construction of Trial Installations

The capabilities and experience within AEA Technology Rail in the field of testing allow both laboratory and field testing on operational or test tracks to be performed. Items as large as concrete trackslabs and bridge beams can be accommodated in our Test Hall and tested to determine their performance or fatigue behaviour.

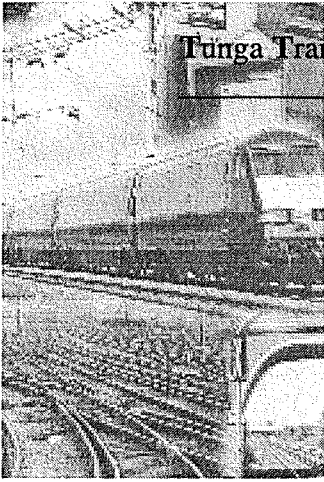
Comprehensive analysis and assessment capabilities are available to complement testing work, allowing both theoretical evaluation of designs and comparison with test data. Sophisticated computer techniques include advanced finite element analysis and VAMPIRE[®] for vehicle-track interaction.

Work can be undertaken ranging from small component testing, to major combined full-scale testing and analysis projects. Recent clients include Railtrack plc, Union Railways Ltd. London Underground Limited, Mott MacDonald, Balfour Beatty and Kumagai-Maeda-Yokogawa-Hitachi Joint Venture.

Many other areas of in-house expertise allow AEA Technology Rail to take into account the context of wider engineering concerns covering all areas of railway technology.

For further information
please contact:

Clive Lemmon
AEA Technology Rail
P.O. Box 2
rtc Business Park
London Road
Derby DE24 8YB
Telephone: +44 (0) 1332 262156
Facsimile: +44 (0) 1332 264994
E-mail: clive.lemmon@aeat.co.uk



Wheel/Rail Interaction



Introduction

The understanding of the interaction between wheel and rail is critical to many aspects of railway operations and to the design and development of safe and reliable rolling stock. The area of contact between wheel and rail is roughly the size of a fingernail and all of the forces needed to support the train's weight, accelerate, brake and steer a vehicle have to be transferred through this small area.

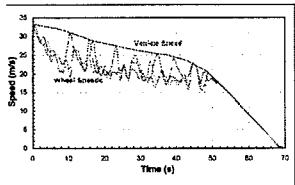
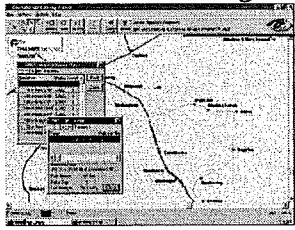
AEA Technology Rail have considerable experience and expertise in all aspects of wheel/rail interaction and, in particular, those which directly affect train performance including:

- vehicle stability and safety
- vehicle ride and noise
- wheel damage and wear
- traction and braking performance

Getting this interface right is crucial to the effective and efficient running of today's railway; getting it wrong can lead to severe operational difficulties, high levels of wear, wheel flats, and delays to services. AEA Technology can offer advice on all aspects of wheel/rail adhesion and undertake investigative work into the causes of low adhesion, wheel damage, excessive wheel wear, and work with customers to provide effective solution to wheel/rail interaction problems.

Adhesion

Wheel rail adhesion is becoming an increasingly important area of work for AEA Technology Rail. The extent of problems encountered by railway vehicles has been steadily increasing due to the higher demands placed on wheel/rail adhesion, largely as a result of the ever increasing operating speeds, higher braking rates and levels of installed power on modern rolling



stock. There has also been a general increase in the amount and density of lineside vegetation, contributing to more severe operational difficulties and an increased safety risk during the Autumn season.

Low adhesion impacts on both the reliability and punctuality of services as trains are unable to apply tractive effort and, unless properly controlled, braking in such conditions can cause costly damage to wheelsets if they are allowed to lock. There is also an increased risk of station overruns, Signals Passed At Danger (SPADs) and risk of an adhesion related incident. AEA Technology is at the forefront of developments to combat this increased risk through the development of on-board sanding equipment and the Low Adhesion Warning System which provides invaluable information on the location and severity of low adhesion sites.

Another important contribution has been made by the Wheel Slide Protection Evaluation Rig (WSPER[®]), which enables WSP manufacturers to considerably improve the performance of their WSP equipment and achieve:

- shorter stopping distances
- higher level of protection from wheel damage
- significantly reduced overall air consumption

This hybrid computer simulation/hardware model allows WSP to be tested and optimised on a wide range of repeatable, natural low and very low adhesion conditions using an accurate model of the vehicle to which the WSP is to be fitted.

The value of WSPER[®] testing and optimisation has been recognised by many train operators in the UK, several of whom now specify testing on such a test facility for all new WSP equipment.

Wheel and Rail Profiles

AEA Technology Rail has developed an in-depth understanding of the complex interaction between wheel and rail profiles. A profile measuring and analysis system has also been developed which allies a commercially available profile measurement machine with a suite of in-house software

which is capable of analysing wheel and rail profiles to determine:

- optimum conicities
- contact patch dimensions and associated stresses
- detailed wear predictions
- the geometric relationship between wheel and rail under particular conditions such as check rail guidance and switch blade climbing
- suitable switch and crossing dimensions

These techniques can then be used in a number of ways to solve a wide range of problems and allow the railway engineer to:

- optimise the performance of wheel/rail design for a particular traffic type
- find cost effective solutions to particular problems such as a new wheel profile to prevent wheelset hunting
- achieve the optimum wheel/rail profile combination for high speed running
- realise the maximum maintenance interval or speed Potential for existing stock
- improve rail life, particularly on curves
- minimise the risk of flange climbing and the associated derailment risk

This expertise is equally applicable all types of railway operation from high speed passenger services to heavy haul freight, but in recent times, has been of particular interest to the light rail industry. A variety of projects have recently been undertaken to solve various wheel/rail interaction problems on Docklands Light Railway, Sheffield Supertram and Manchester Metrolink.

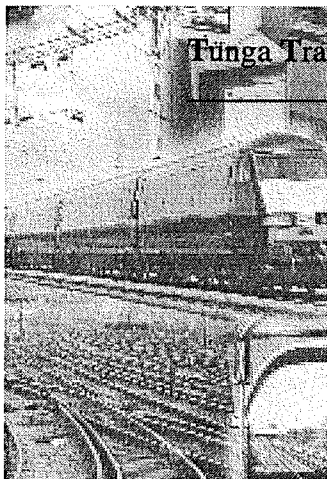
For further information please contact:

AEA Technology Rail
 P.O. Box 2
 rtc Business Park
 London Road
 Derby DE24 8YB
 Telephone: +44 (0) 1332 263294
 Facsimile: +44 (0) 1332 263178

AEA Technology is a business name of AEA Technology plc.

WSPER is a United Kingdom Registered Trademark of AEA Technology plc





WheelChex™



Introduction

Damage to the infrastructure caused by wheel flats and overloaded wagons is a major cost to railways. In recent years AEA Technology Rail has developed a system called WheelChex™ which is designed to help identify faulty vehicles and prevent the extent of such damage, saving substantial costs.

WheelChex™ uses strain gauges attached to the rail to measure vertical wheel loads of passing trains. WheelChex™

operates at full line speed, so every passing train is monitored. The data is processed and passed by telephone link to a display computer at a manned control room.

Software on the control room computer provides a user friendly PC compatible interface for the display of measured data on passing trains. If a high wheel load is detected, an alarm is sounded in the control room and a message is displayed advising on a relevant course of action.

The measured wheel loads, once collected and processed, provide information on the following:

- Mean (quasi-static) wheel loads
- Dynamic wheel loads
- Peak or maximum wheel loads.

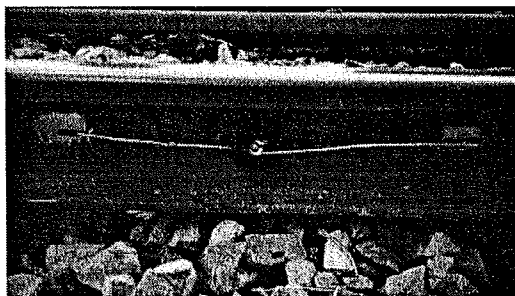
This information can be used in the assessment of:

- Total number of axles
- Frequency and size of damaging wheel forces
- Total traffic tonnage
- Track damage
- Track component and rail life prediction
- Vehicle ride
- Health monitoring histories of vehicles
- Cost benefit analysis for screening of wheel defective vehicles.

WheelChex™ Reports.

The reporting of information from WheelChex™ occurs at three different levels as described below. All reports sent to the display computer are stored in a database.

Emergency wheel load exceedence reporting
Emergency exceedence reports are generated when the peak wheel load exceeds a threshold value. This information is immediately sent to the control room which will issue a warning or alarm message as appropriate. These reports give records of all wheel impacts and their position within the train. They include a graphical output showing the time history of mean wheel loads from the train with the wheel defect shown



AEA Technology is a business name of AEA Technology plc.

Wheel and axle load exceedence reporting
The WheelChex™ computer will transmit reports on individual trains following the identification of a wheel load exceedence and/or an overloaded axle within a train consist. These reports are immediately sent to the control room which will issue a warning or alarm message as appropriate.

Wheel load/weighbridge data (daily download)

WheelChex™ will transmit daily records of all trains covering a 24 hour period.

Performance Specification

Train Speed and Headway

WheelChex™ monitors vehicles travelling at speeds of up to 240 km/h to an accuracy of ± 4 km/h. The speed measurement is performed by on-track sensors. Wheel defects cannot be reliably detected below a speed of 25 km/h. WheelChex™ is able to cater for a minimum headway period of 120 seconds between trains.

Wheel Load Measurement

The wheel load is measured in the rail web between sleeper supports. Strain gauges measure the change in resistance with load in a complex shear bridge arrangement. The input/output voltage is screened and filtered. The post processed signal is then calibrated to vehicle loading. The effective range of wheel loads that can be measured is 10 to 500kN. The measurement accuracy within this range is 4% and will be valid for six months following a correct calibration of the site. This calibration is based on the vehicle weights of known types of vehicle.

For further information please contact:

AEA Technology Rail

P.O. Box 2

rtc Business Park

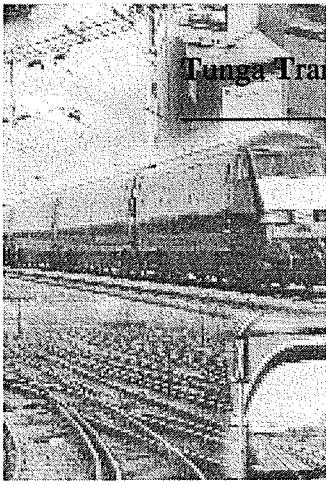
London Road

Derby DE24 8YB

Telephone: +44 (0) 1332 262519

Facsimile: +44 (0) 1332 264985

AEATRD/231(3/98)



Automatic Wheel Profile Measurement



TreadVIEW Installation

The Problem

Maintenance schedules for rail vehicles call for frequent visual inspections of wheels, often using hand held gauges. Results can be subjective and collating data across a whole fleet is extremely difficult. Much useful information is lost which would aid maintenance planning, the optimal use of consumables and the early identification of vehicle and fleet problems.

The Solution

Machine vision systems offer a number of possibilities for automating regular maintenance inspection activities, improving

the reliability and consistency of measurement activities, and providing opportunities to optimise the use of consumable materials. AEA Technology Rail has developed a system called TreadVIEW which will automatically measure wheel profiles as a train passes by. This allows automated, reliable and consistent measurement of wheel profile characteristics critical for the safe running of the vehicle, and will also allow tread wear rates to be determined so that wheel profiling can be planned more proactively, and vehicle and fleet problems can be highlighted automatically before they become serious.

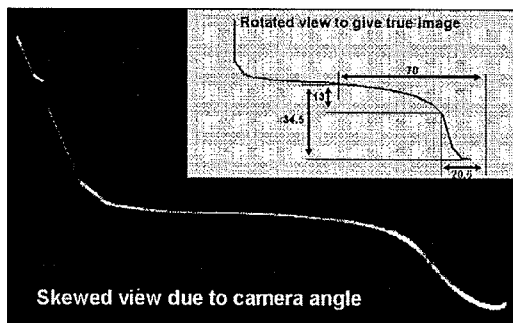
TreadVIEW

TreadVIEW consists of a trackside measurement system which automatically collects profile data from passing trains, and an office based Information Display System which allows the user to view the collected data and to analyse axle, vehicle and fleet wide variations.

The trackside installation consists of a cameras and laser mounted below rail level within a protective trough, and wheel sensors clamped directly to the rail. Two such troughs are required, one each side of the track. This hardware is connected via an interface box to a trackside computer containing a frame grabber and running the image analysis software.

Trackside Software

The TreadVIEW trackside computer collects images of each wheel profile as a train passes. Each image is grabbed at the exact point that the wheel profile cuts a laser generated line. Image acquisition is controlled by the computer and wheel sensors.



TreadView Profile

These images are analysed to extract the wheel profile and additional profile parameters such as flange height, flange thickness and conicity. This information is then downloaded to a database on the Information Display System where they are used to build up a wear history for each wheel.

AEA Technology is a business name of AEA Technology plc.

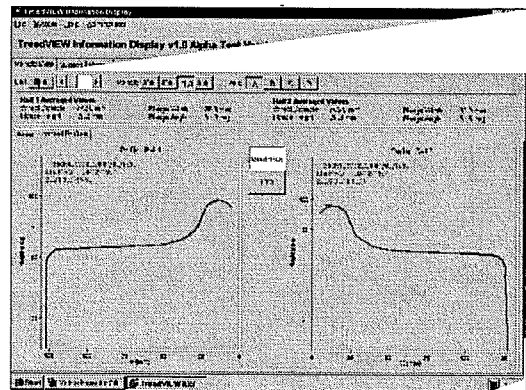
This information provides an indication

of wheel wear rates and present condition and should allow a predictive approach to be used in the management of maintenance.

Information Display

The Information Display is a running a suite of software which allows the user to:

- View individual wheel profiles.
- View the time history of individual parameters.
- Identify axles in need of maintenance action.
- Search the database for particular types of problem.

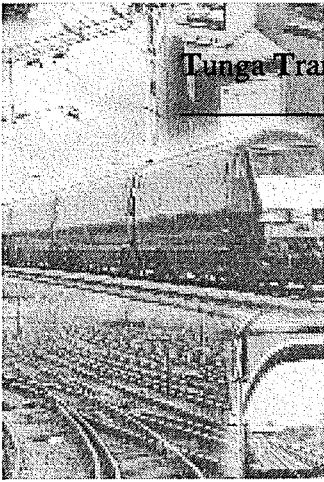


TreadVIEW Information Display

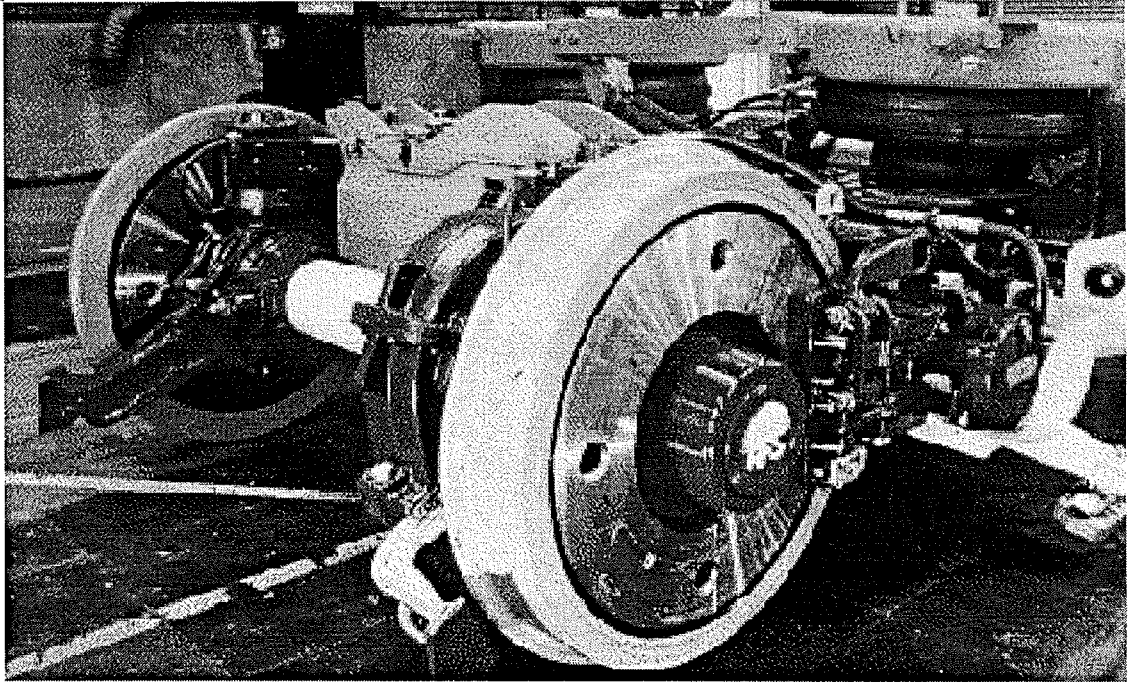
For further information please contact:

AEA Technology Rail
P.O. Box 2
rtc Business Park
London Road
Derby DE24 8YB
Telephone: +44 (0) 1332 263294
Facsimile: +44 (0) 1332 263178

AEATRD/221(3/98)



VAMPIRE®



Introduction

For over 30 years the Dynamics team at AEA Technology Rail have been world leaders in the field of railway vehicle dynamics. Our unrivalled understanding of wheel/rail contact and vehicle track interaction has been incorporated in VAMPIRE®, a suite of computer simulation programs which allow the dynamic behaviour of rail vehicles to be accurately modelled.

With its emphasis on ease of use and efficient algorithms, VAMPIRE® is being used by vehicle manufacturers, railway operators and research organisations in 11 countries world-wide to solve a wide range of problems including:

- vehicle stability
- ride and passenger comfort
- curving ability
- wheel wear
- track forces
- derailment investigation

Its applications range from locomotives and high axle load freight vehicles, through high speed passenger trains to rapid transit and light rail systems. VAMPIRE® allows real railway problems to be solved quickly and cost effectively and the package is available under licence or as part of our consultancy service.

The package consists of five analysis programs which perform:

- linear eigenvalue analysis
- linear frequency response analysis
- non-linear static analysis
- non-linear transient response analysis
- non-linear steady state curving analysis

A multi-body model consisting of masses, wheelsets and flexible body modes connected by a wide range of suspension elements is

constructed. The model can then be excited in a number of different ways, either by a particular excitation or by real recorded track geometry. There is also a choice of wheel/rail interaction models including a full non-linear representation. A range of preprocessors allow input data such as vehicle models and track profiles to be constructed interactively, checked and plotted.

The post processors provide a comprehensive set of options for further analysis and output of results including easily understood graphical and animated representation and the package comes complete with libraries of standard wheel and rail profiles and sections of measured track geometry.

Support

Railway vehicle dynamics is a complex subject and there is rarely a straightforward or published solution to a problem. Not only is a high quality analysis package such as VAMPIRE[®] required, but a high level of judgement,

experience and expertise are required to obtain reliable results. VAMPIRE[®] is provided with a comprehensive support service which VAMPIRE[®] customers can draw upon and installation and training in the use of VAMPIRE[®] is included in the license fee.

The VAMPIRE[®] user manual also provides invaluable information on not only the operation of the software, but also detailed worked examples and advice on the best way of analysing particular railway dynamic problems.

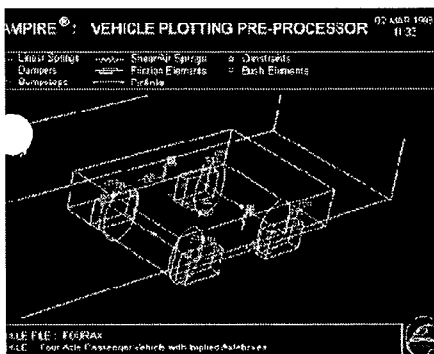
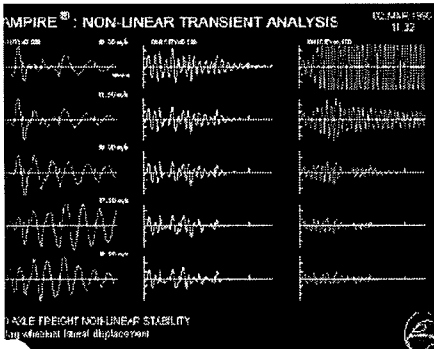
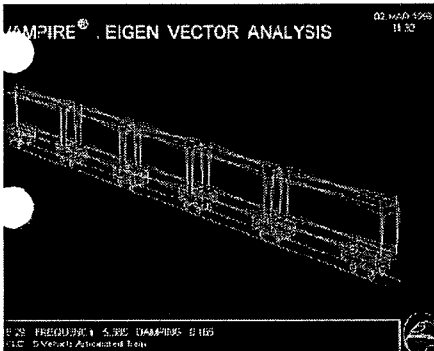
VAMPIRE[®] is continually being updated to take account of new developments in both railway and computing technology. Revisions and updates are issued at regular intervals.

Consultancy

AEA Technology Rail also offers a consultancy service based on our considerable knowledge and experience in the field of vehicle suspension design, development and performance evaluation. The size and scope of projects undertaken ranges from the investigation of specific problems to a complete package for vehicle procurement. AEA Technology Rail can also offer expertise in many associated areas such as track and infrastructure engineering and has extensive laboratory testing facilities to evaluate individual components, sub-systems or whole vehicles.

For further information please contact:

AEA Technology Rail
 P.O. Box 2
 rtc Business Park
 London Road
 Derby DE24 8YB
 Telephone: +44 (0) 1332 264690
 Facsimile: +44 (0) 1332 262319
 E-mail: vampire@aeat.co.uk

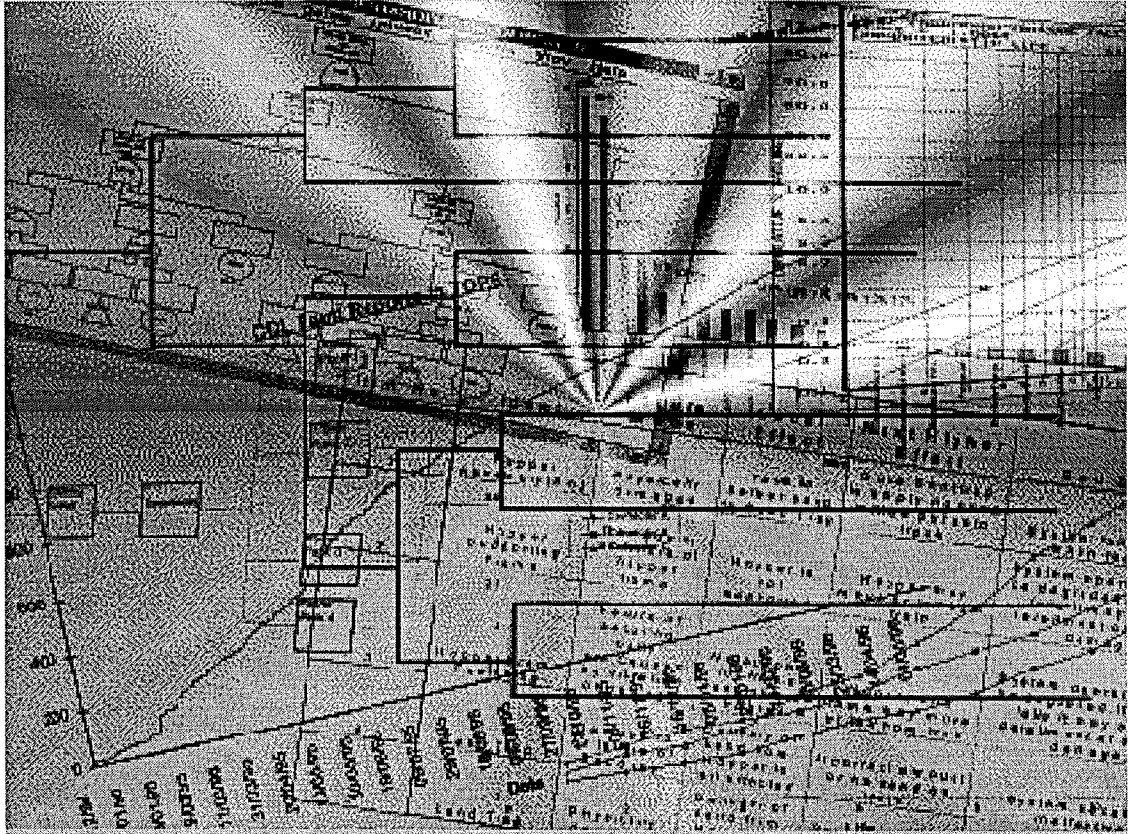
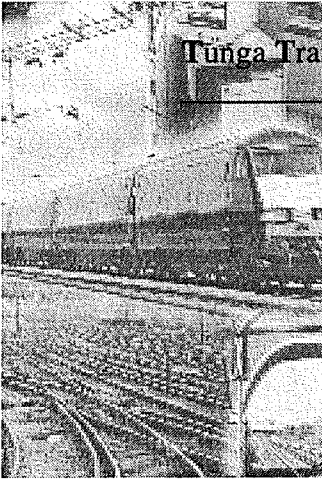


AEA Technology is a business name of AEA Technology plc.

VAMPIRE is a United Kingdom Registered Trademark of AEA Technology plc.



Reliability, Availability, Maintainability, Safety and System Assurance



The AEA Technology Rail Reliability Team has over 22 years of practical experience within all areas of the Railway Industry. We work closely with the Technical Experts, within and outside AEA Technology Rail, to ensure that the Customer is provided with the most competent and cost effective solutions to their problems.

Our ultimate aim is to minimise risk, both Safety and Financial.

The work we undertake cover the areas of :-

- Safety
- Operational Reliability
- Costs of Ownership

We cover all aspects of Reliability, Availability, Maintainability & Safety (RAMS) Engineering and Management throughout a products life. The products we address range from single

Traction & Rolling Stock fleets and
Infrastructure Systems.

For New Equipment we have extensive
experience in managing and undertaking
RAMS work from the initial Concept
stage, right through to when the product
enters service operation with its customer.

The activities undertaken include :-

- concept study trade-offs
- reliability, availability, maintainability
and safety performance specifications
- management of reliability programmes
- systems integration
- reliability predictions
- HAZOPs
- Fault Tree Analyses
- Event Tree
- Failure Mode, Effect and
Criticality Analyses
- Life Cycle/Support Costing
- Spares ranging

The projects range from relatively minor
fleet modification programmes right
through to the introduction of complete
Traction & Rolling Stock fleets.

It is at this stage of a project life cycle
that the maximum impact can be made on
the RAMS performance and the total costs
of ownership of any equipment.

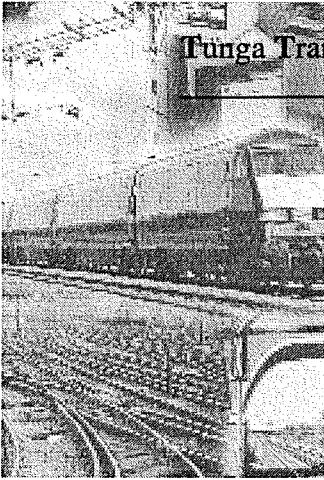
undertake aims to improve Reliability,
Availability and Safety in the most cost
effective way.

- Detailed analyses of existing
equipment's safety, maintenance and
repair data can identify opportunities for
improving existing maintenance policies
and minimising life support costs.
- Similar analyses have been undertaken
to support technical investigations into
service problems. These have
highlighted factors which have a
significant impact on the safety,
reliability and availability performance
of the equipment being studied.
- Reliability modelling tools are used to
supplement complex incident/failure
investigations where the "evidence" has
been destroyed during the
incident/failure.

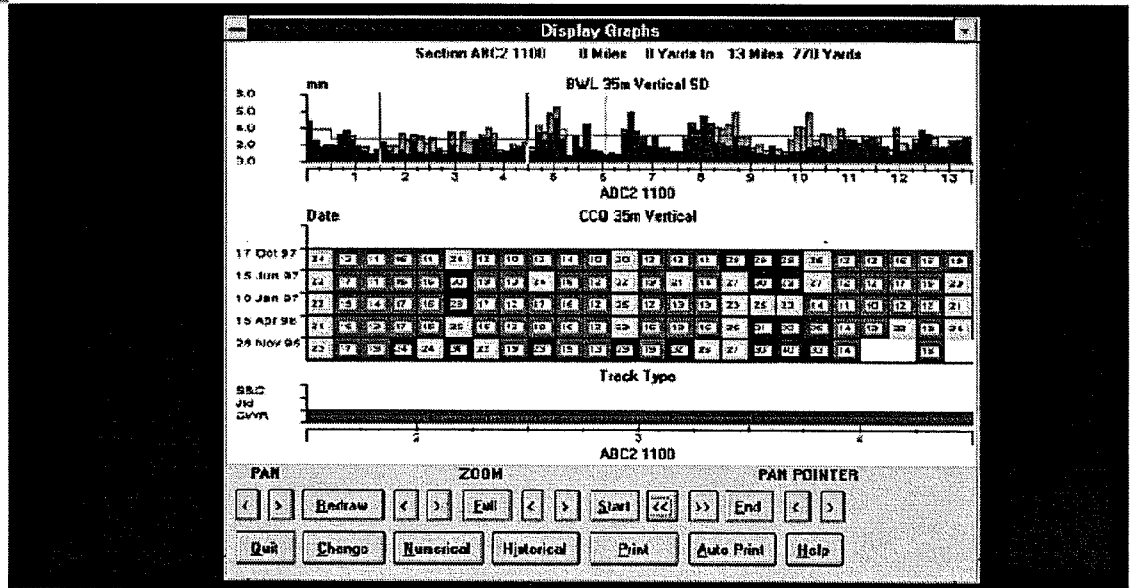
Work has been undertaken for a wide
range of railway equipments and systems
ranging from single equipments and
modules to complete track maintenance
machines, railway infrastructure systems,
and traction & Rolling Stock fleets.

For further information
please contact:

D. M. Walley
Head of Reliability
AEA Technology Rail
P.O. Box 2
rtc Business Park
London Road
Derby DE24 8YB
Telephone: +44 (0) 1332 264646
Facsimile: +44 (0) 1332 264994



TrackMaster®



What is TrackMaster®?

TrackMaster® is a computer package designed for the Permanent Way Engineer responsible for planning track maintenance. The program has been developed by the Track & Civil Engineering Departments at AEA Technology Rail, who have studied the fundamental behaviour of track and track deterioration for many years.

TrackMaster® is aimed at helping the engineer to:

- Save costs by effective utilisation of tamping machines;
- Improve track geometry by directing tamping machines where they will be most effective;
- Monitor the condition of track, through easy visualisation of the track assets and the track geometrical condition.

TrackMaster® can give the benefits of cheaper track maintenance and an improved ride for the users of the railway. TrackMaster® is compact and will operate on a modest portable PC, allowing the engineer to use it at the trackside.

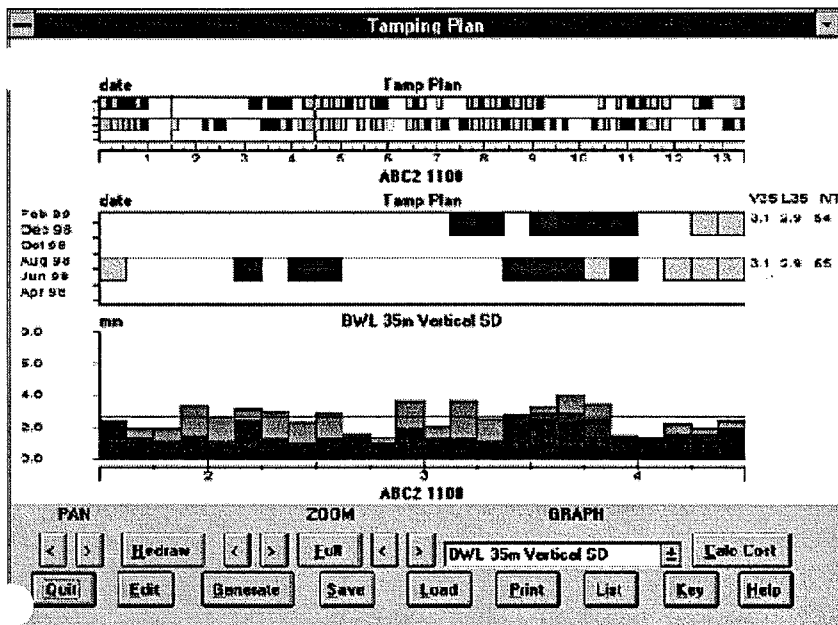
What does TrackMaster® do?

TrackMaster® provides the following three key facilities:

- Presentation of track and track recording car data in an easy-to-assimilate graphical form.
- Planning the use of tamping machines to optimise their ability to improve track geometry.
- * auditing of track quality data.

The graphical presentation facilities in TrackMaster® have been designed to give a high level of versatility. The mouse driven cursor selects the items and locations for display. Data types can be selected and mixed on the screen as required by the individual user or displays can be constructed to predetermined formats.

Comprehensive auditing facilities can automatically identify poor track sections and can display the overall track quality statistics against target levels. Work records can be entered, allowing the effect of maintenance on track quality to be assessed.



AEA Technology is a business name of AEA Technology plc.

tamping planner with the facility to use several different planning methods. It is possible to plan:

- A quality to be achieved and the total resources required;
- What quality can be achieved with a pre-specified level of resources;
- The quality achieved by different levels of periodic maintenance.
- An overall specified quality at minimum cost.

A comprehensive screen editor is included. This allows the engineer to modify the tamping plan produced by the computer to take into account local knowledge of special conditions.

For further information please contact:

Geoff Hunt or Catherine Grimes
AEA Technology Rail
P.O. Box 2
rtc Business Park
London Road
Derby DE24 8YB
Telephone: +44 (0) 1332 264658 or 262279
Facsimile: +44 (0) 1332 264058
E-mail: geoff.hunt@aeat.co.uk

TrackMaster is a United Kingdom Registered Trademark of AEA Technology plc

AEATRD/236(3/98)

BILAGA 7C

Beskrivning av testriggen

Denna bilaga innehåller en kopia på artikeln "Full-Scale Wheel-on-Rail Wear Testing: Comparisons with Service Wear and a Developing Theoretical Predictive Method" by I.J. McEWEN och R.F. HARVEY. Lubrication Engineering, Vol 41, 2 pp 80-88, 1985.



**AEA Technology
Rail**

Dr Annika Stensson
Division of Computer Aided Design
Department of Mechanical Engineering
Luleå University of Technology
Se-971 87 Luleå
Sweden

PO Box 2
rtc Business Park
London Road
Derby, DE24 8YB
United Kingdom
www.aeat.co.uk

7 August 1998

Direct line
+44 1332 264690
Direct facsimile
+44 1332 262319
e-mail
jerry.evans@aeat.co.uk

Dear Annika

WHEEL-ON-RAIL WEAR TEST RIG

As promised in my e-mail please find enclosed a copy a paper entitled "Full-Scale Wheel-on-Rail Wear Testing: Comparisons with Service Wear and a Developing Predictive Method", from Lubrication Engineering, vol 41,2,(February 1985) pp 80-88.

Please note that the wear hypothesis described in the paper is rather dated. In particular the wear number $T\gamma/A$ is used whereas our current favoured hypothesis uses the parameter $T\gamma$.

Nevertheless, I hope that the paper is useful to you for the description of the test rig and its capabilities.

Yours sincerely

A handwritten signature in black ink that reads "J.R. Evans".

Jeremy Evans
VAMPIRE® Project Manager

Annika Stensson, Avdelningen för datorstödd maskinkonstruktion
Luleå tekniska universitet

Full-Scale Wheel-on-Rail Wear Testing: Comparisons with Service Wear and a Developing Theoretical Predictive Method[©]

I. J. McEWEN and R. F. HARVEY
British Railway Board
Derby DE3 8UP England



VOLUME 41, 2, 80-88

ASLE LUBRICATION ENGINEERING

Wear of wheel flanges and rails is a major problem on many railways with sharply curved tracks. This paper describes a series of experiments using a full-scale test rig to explore the relationship between wear rate and the tangential forces and creepages in the wheel/rail contact. Wear, measured by weight loss and profile change, is shown to be linearly related to the work done expressed as a "wear number," being the product of creep force and creepage divided by the contact area, $\frac{T\gamma}{A}$.

The relationship found in the laboratory has been used, in conjunction with force/creepage predictions from our system's steady-state curving program, to predict wear rates for curves on a service route chosen for its constancy of traffic type. These results are compared with actual measured rail wear on the track. The influence of friction on wear is demonstrated and flange/rail lubrication is discussed.

INTRODUCTION

In the design of suspension systems for railway vehicles, a conflict exists between good curving performance and lateral stability at higher speeds. Historically, attention has been focused on lateral stability with the consequence that conventional vehicles all give some degree of wheel flange contact with the rail in negotiating sharp curves. Because of the high stresses and creepages associated with such contact, the wear of both components is much greater than for normal running.

The problem is costly both in terms of rail replacement and reprofiling of flange-worn wheels. In general, rails are either turned or transposed when side worn or may be used in lower grade track. Wheels with thin flanges need a deeper cut than tread-worn wheels to restore their original profile, thus reducing the number of times returning is possible before the minimum diameter is met.

An ability to predict the wear of wheels and rails for a

given set of conditions is, therefore, highly desirable. The best wear-reduction strategy for any situation can then be chosen from the alternatives available; rail or flange lubrication, use of premium grade steels or novel bogie designs such as cross-bracing. One universal answer to the problem is unlikely, but cost benefit analysis, taking into account the number and degree of curves and traffic density for the chosen route, should point to the best method or combination.

Apart from reducing materials and handling costs by extended life of wheels and rails, substantial benefit would arise from better planning of track renewal and longer intershopping periods for vehicles. Most importantly for the vehicle suspension designer, the prediction of curving performance of new designs is of great advantage.

WEAR HYPOTHESIS

This wear prediction method is based on the simple hypothesis that each unit of energy expended through creepage in the wheel/rail contact removes a given quantity of material. For each small element of the contact area, it is proposed that

$$\begin{aligned} \text{Material removed per unit area per distance rolled} \\ = k \times \text{energy expended per unit area per distance rolled.} \end{aligned}$$

However, small-scale Amsler test results already published (1), (2) have shown that under conditions representative of wheel/rail contact, two distinct wear mechanisms, mild and severe, can exist. Of these, the severe wear mode is the more pertinent to the flange contact situation. One conclusion was that a minimum specific-energy-dissipation situation exists below which severe wear does not occur, but above which there is a linear increase in rate of material removed with energy consumed.

Thus, a relationship between rate of severe wear and energy consumed is proposed of the form

$$\begin{aligned} \text{Wear rate (wt loss/unit area/unit distance rolled), } W \\ = k \times \text{energy expended/unit area/unit distance rolled} + \\ \text{constant} \end{aligned}$$

But from Ref. (3),

Energy expended = tangential creep force (T)
 × creepage (γ)
 × distance rolled

Therefore, for each element of contact

$$W = k \cdot \frac{\Delta T \cdot \gamma}{\Delta A} + \text{constant}$$

In most practical cases, the creepage conditions giving rise to severe wear are such that the whole of the contact area is in full slip. Thus, in this case

$$W = k \frac{T\gamma}{A} + K \quad [1]$$

The parameter $\frac{T\gamma}{A}$ is known as the "wear number." The constant of proportionality, k , may be expected to be dependent on the properties of the steel in question and, to some extent, on the steel with which it is paired in the wear system. The constant K may only be determined by extrapolation since, as the energy expended approaches zero, the wear mechanism changes from severe to mild and the above relationship no longer holds.

In practice, all the terms in the wear number may be evaluated for a chosen vehicle on a curve with true wheel and rail profiles from the nonlinear curving theory and associated computer program of Elkins and Gostling (4). The total wear number for any wheel/rail contact is compounded from the individual terms due to longitudinal, lateral, and spin creepage. This in itself, if the hypothesis is correct, offers the designer a relative wear prediction technique for new suspension types and is already used as such (5).

This paper describes the second phase of our approach to the wear problem set out in Ref. (6) with experimental validation of the wear equation at full scale and determination of the constant of proportionality. Wear data collected in the field are presented for comparison.

FULL-SCALE TEST RIG

Wear measurements on running track are, by necessity, long term in nature and, although some experimental control is often possible, changes in weather leading to friction variation can strongly influence the wear pattern. For these reasons, a full-scale wheel-on-rail laboratory wear rig has been developed to produce stresses and creepages representative of service wheel/rail contact under carefully controlled conditions.

The operation of the rig is best described with reference to the photograph in Fig. 1 and the schematic diagram in Fig. 2. A full-sized railway wheel (nominal diameter 920 mm) is loaded against and rolled along a 4-ft (1200-mm) length of standard rail. The rail sits on a sliding table and is held at an inclination of 1 in 20 within two load-measuring baseplates (7) which allow measurement of the vertical and longitudinal forces acting on the rail. The hydraulic controls for the system are programmed to run automatically with the following sequence of events in each cycle:

1. The wheel is lowered and loaded against the rail by a vertical ram, the brake is released and, if used, the side loading ram is actuated.
2. The table with the rail is pulled by the main cylinder such that the wheel rolls along the rail in the opposite direction.
3. At the end of the stroke, the side and the vertical loads are released, the brake is applied, and the wheel lifted clear of the rail.
4. The table returns to the start position.

There is contact between the wheel and rail in one direction only and the wheel itself turns through only $\sim \frac{1}{3}$ of a revolution per cycle. A variety of test methods allows flange or tread contact tests to be set up. Flange contact may be brought about by either one of two methods. In the first method, a known lateral force is applied via a roller to the flange-back by a hydraulic ram acting through a pivot. See Fig. 3(a). In the second, the wheel is yawed to provide a positive angle of attack such that the flange rolls into contact. See Fig. 3(b). In this latter case, no net lateral force is developed since the wheel on its axle is allowed free lateral movement within its bearings and equilibrium is achieved between the lateral creep force and the component of vertical load acting through the contact angle.

For tread contact testing, the wheel is yawed in the opposite sense to give a negative attack angle and the flange-back roller prevents the wheel moving laterally off the rail. By replacing the flange-back ram with a load cell, the lateral creep force generated may be monitored along the full stroke of the contact cycle [Fig. 3(c)]. This situation is similar to the low rail contact in curving. A further simplification,

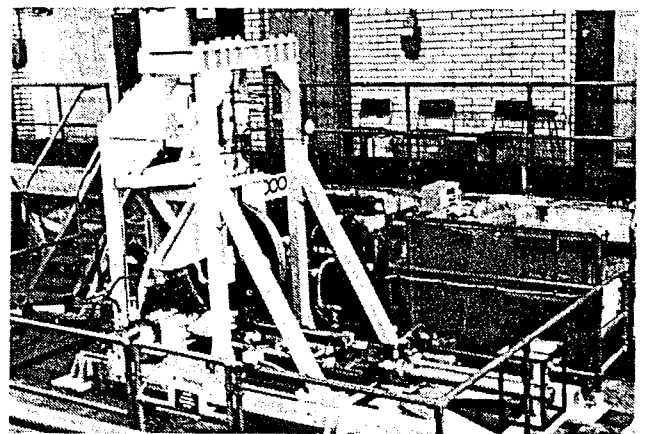


Fig. 1—Full-scale test rig

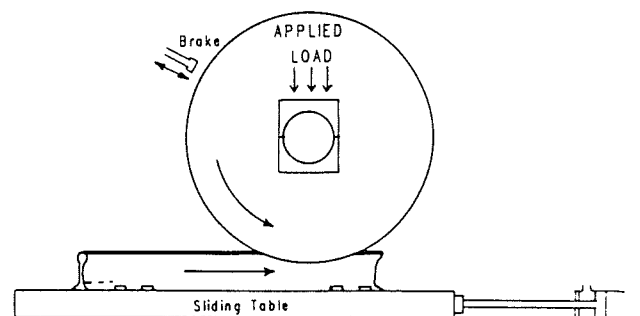


Fig. 2—Test rig—schematic

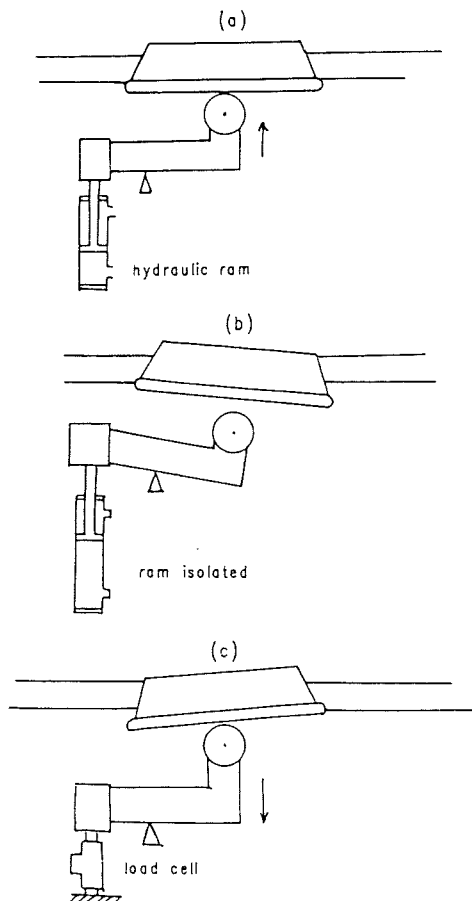


Fig. 3—Wheel/rail test configuration

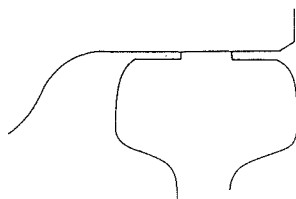


Fig. 4—Rectangular contact with machined rails

proved useful in this test mode, mounts the rail vertically and uses a cylindrical tread profile wheel to give pure lateral creepage. Also, in order to give a condition directly analogous to the small roller rig tests already carried out, rails have been machined with a flat-topped wear track. The test configuration, shown in Fig. 4, gives rectangular contact of different length/width ratios to the small-scale tests.

The static yaw angle is measured using a sighting telescope across the flange-back and referenced to the rail to give an accuracy of better than 1 milliradian (mrad).

WEAR DETERMINATION

In the early stages of testing with the rig, several methods of wear determination were tried. The most successful of these was the machining of a pocket in the rail into which a removable block of the same parent metal can be fitted. See photograph, Fig. 5. This insert is designed to extend across the rail head and down the gauge face of the rail and cover the full width of the wear path when in tread or

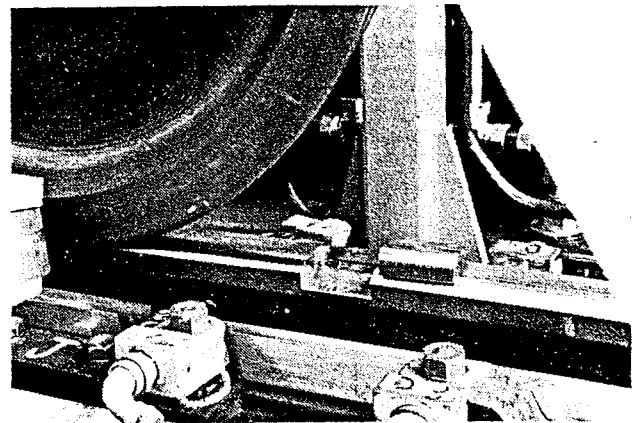


Fig. 5—Test rail and removable wear block

flange contact. The forces acting on the block push it into its seating, yet it is easily removed for weighing at intervals to an accuracy of 0.01 g. A weight loss versus number-of-cycles plot can be constructed and the steady-state wear rate determined. These measurements are supplemented by less frequent monitoring of the accurate wheel and rail profiles using machines specially developed for the task and described in Ref. (3). Together with allowing a check on the rail wear results, the profiles provide the only method of following wheel wear, although much less accurate than weighing. A 1-mm² loss of cross section is equivalent to ~1.6-g loss in weight of the wear block.

In order to test the wear hypothesis, evaluation of the wear number $\frac{T\gamma}{A}$ pertaining to each test condition is necessary. For flange contact conditions, the individual values of T , γ , and A can be calculated using a computer model of the rig based on the nonlinear curving theory of Elkins and Gostling adapted for a single wheel only. The true wheel and rail profiles, recorded as wear proceeds, are used as input for the contact patch segment of the program. For tread contact experiments, T is measured directly, γ is simply related to the yaw angle, and A is calculated from Hertzian theory (8).

LABORATORY RESULTS

The initial work carried out on the rig with the wheel-in-flange contact caused certain difficulties in interpretation of the results. These will be discussed later. The most meaningful results to date collected from the simpler tread contact situation are taken out of strict chronological order of experimentation and considered first.

TREAD CONTACT

Experience was gained initially by carrying out wear runs with a normal profile rail (305-mm radius crown) with a vertical load of 50 kN and yaw angles of 15 and 20 mrad. Following this, several flat-topped rails were used, as in Fig. 4, with wear path widths of 20, 15, and 12 mm. Wheel loads within the range 50–100 kN and yaw angles up to 50 mrad were used to produce a range of wear numbers. In all cases, the rail was mounted vertically and cylindrical tread wheels

TABLE 1—CHEMICAL COMPOSITION OF STEELS USED (Wt%)						
STEEL		C	Si	Mn	S	P
BS 11 (Oxygen)	– Rail	0.45/0.60	0.05/0.35	0.95/1.25	<0.05	<0.05
Class D	– Tire	0.60/0.66	—	0.60/0.90	<0.05	<0.05

were used to produce pure lateral creepage. Class D tire steel and BS 11 (basic oxygen process) rail steel were used in all the tests reported here. These two materials, the most common in usage on our system, have chemical analyses as shown in Table 1.

Presented in Fig. 6 are plots of weight loss versus number of cycles for rails with a 20-mm-wide wear path at a loading of 50 kN. These are typical and show that wear rate was constant after an initial run-in period. The steady-state wear rates were obtained from a minimum of 6×10^3 contact cycles, although, at higher wear numbers, somewhat fewer cycles were used to preserve wear path life.

The results from all these pure lateral creepage tests are collected together in Fig. 7 as a plot of measured wear rate versus wear number. The experimental points, covering elliptical and rectangular contact, a wide range of creepage, and a range of vertical loads (and hence T), show a linear relationship between the two parameters plotted. Below a wear number of approximately 3 Nmm^{-2} , mild wear was produced as evidenced by the reddish coloration of the rolled-in oxide film on both wear bands. These points are denoted by "m" on Fig. 7. Extended running in two such cases produced a transition to severe wear, marked by a change to mat metallic wear surfaces and produced an increase in wear rate of an order of magnitude. Above a creepage level of approximately 1 percent, a yaw angle of

10 mrad, the lateral force was sensibly constant for a given vertical load corresponding to a friction level between the two surfaces of ~ 0.5 . At high wear numbers for rectangular contact, whether produced by high creepages or high loads, the system tended to be self-limiting at $\frac{T\gamma}{A} \sim 10 \text{ Nmm}^{-2}$ since mushrooming of the wear path led to larger contact areas and more constant wear numbers.

Wheel wear, as measured by a loss in cross-sectional area from profile traces, was slightly less than rail wear when corrections were applied to account for rolling diameter. The wear rate is expressed as g lost/m rolled/mm² area of contact. Area losses, often as low as only 1 or 2 mm² for several thousand cycles of the rig, were measured from graph-plotter profiles magnified $\times 20$ vertically and $\times 2$ horizontally. This assessment is in disagreement with small-scale wear tests with BS11 and Class D steels (6).

An explanation lies in the fact that the system relaxes at the end of each wear stroke such that the buildup of lateral force and the slight movement needed to reach an equilibrium position takes a finite distance at the start of each new stroke. On the rail, this effect shows as an increase in wear over the first part of the contact band. Around the circumference of the wheel, the wear is even. The wear insert, located approximately half way along the rail, is in a position of equilibrium wear, as confirmed with rails with more than one insert and, therefore, produces a true wear rate.

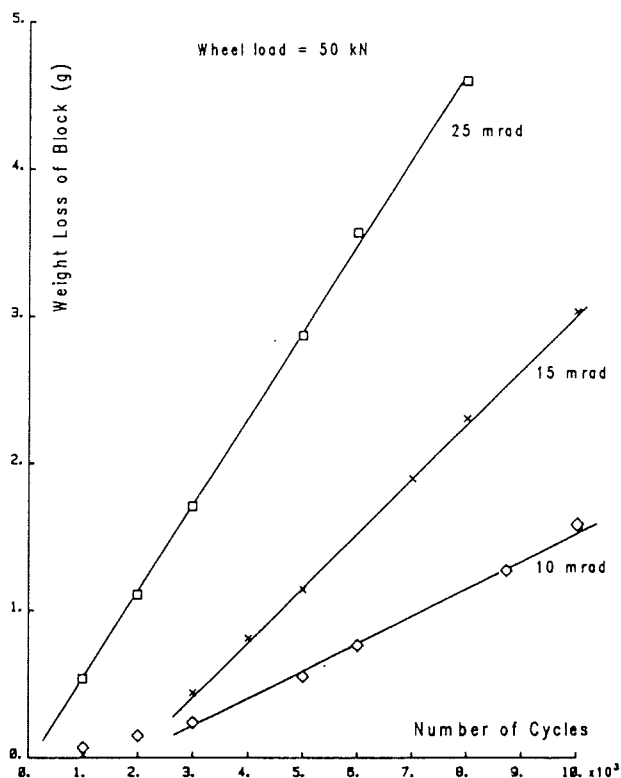


Fig. 6—Wear vs test cycles plot—tread contact

FLANGE CONTACT

A series of flange contact wear tests was carried out with the wheel yawed to a variety of angles but without applied side loading [see Fig. 3(b)]. The wheel was fresh turned to a Standard P8 profile which is a "worn" profile. The rail had a new 113 A profile and was inclined at 1 in 20 as in service track. A vertical load of 80 kN was used throughout

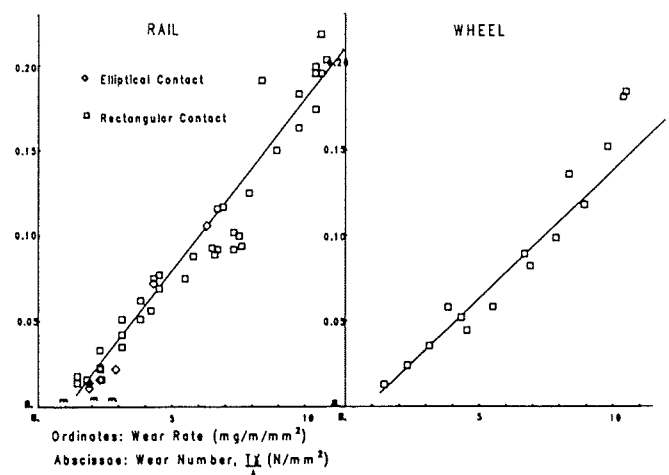


Fig. 7—Measured wear rate vs wear number, tread contact

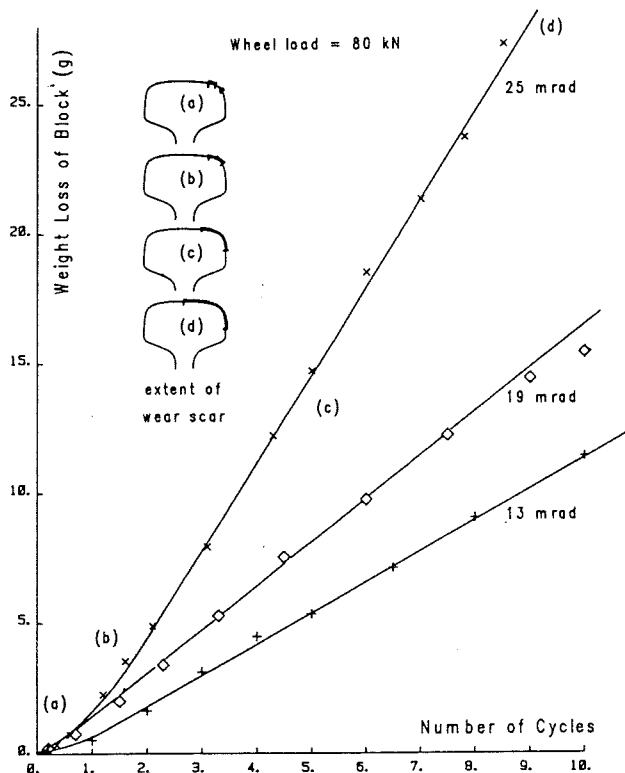


Fig. 8—Wear vs test cycles plot—flange contact

and wear rates were determined for yaw angles of 25, 19, and 13 mrad on the same wheel and rail. These angles were somewhat high compared to the attitude a wheel in service might assume on a curve. Without lateral loading, the stresses were, in contrast, low.

In the early stages of testing, at the highest yaw angle, two-point contact was obvious but, as the components wore, the two wear bands spread and became closer. After 1200 contact cycles, there was a single wide wear band showing conformal contact of the two surfaces. From this point on, the wear rate was sensibly constant over 10×10^3 cycles despite the change in contact conditions as the wear band spread slowly wide. See Fig. 8.

At the lower two yaw angles, the wear rates rapidly steadied as the wheel and rail profiles again reached conformality. As also shown in Fig. 8, the wear rate was then constant over 8×10^3 cycles in each case.

At the end of the useful life of the wear block, a new rail was fitted and the wheel was turned to a new P8 profile. The 80 kN/13 mrad condition was kept the same and a new experiment started to assess the repeatability of the test procedure. The wear rate was high over the first 8×10^3 cycles and gradually fell as the wear band width rose to ~ 30 mm around the gauge corner of the rail. At this stage, the rate steadied and was constant for the next 10×10^3 cycles at a value equal to that on the first rail. This is shown in Fig. 9. The longer time taken to reach equilibrium and conformality with this second rail was presumably a result of the less arduous conditions of the small yaw angle.

Figure 10 shows a plot of wear rate versus wear number, $\frac{T\gamma}{A}$, for the rail in flange contact. In the tests shown, insufficient wheel profiles were taken to determine adequate wear data. In computing the wear number, there are two points

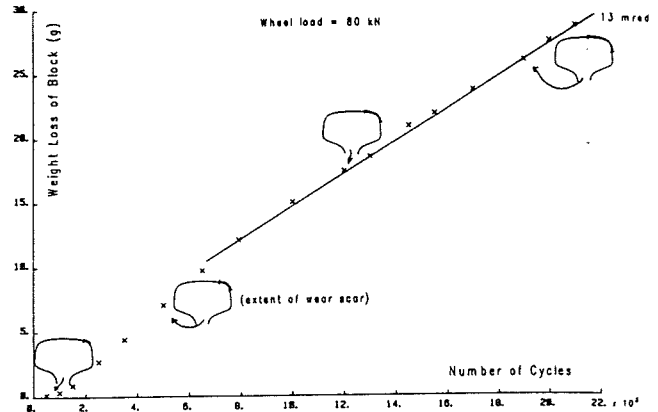


Fig. 9—Wear vs test cycles plot—flange contact, new rail

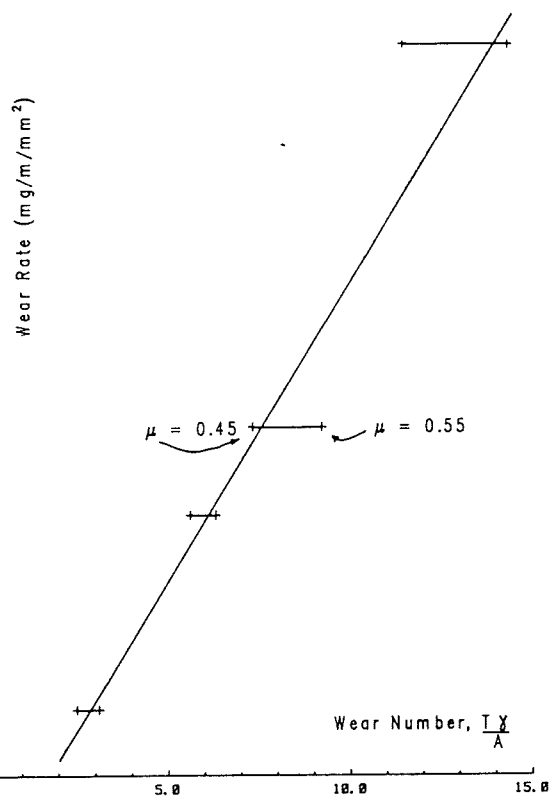


Fig. 10—Measured wear rate vs wear number, flange contact

of key importance. First is the value of the coefficient of friction, μ , used in the model program. In this configuration, it was not possible to obtain an experimental value of μ apart from on the crown of the rail where conditions were quite different from the highly worn gauge face. Consequently a range of $\mu = 0.45 - 0.55$ was used, being typical of clean steel on clean steel and later confirmed to be realistic in the tread contact test mode when lateral creep force and normal force were measured directly. Second, the contact patch program used does not, at present, include the effect of wheel yaw angle and does not predict patches extending across the rail head and down the gauge face as seen in the conformal situation in question. While the value of A computed is in some doubt, the slope of the relationship is not altered since this term appears in both parameters plotted and the scale is constant. However, because the predicted contact patch is not as it should be, the creepage values,

particularly longitudinal effects, are also incorrect and the wear numbers are probably underestimated. This point is raised later in the discussion section.

The wear features developed on the wheel and rail in this test configuration were very similar to those found on worn components in service. Figure 11 shows the surface roughness pattern across the wear scars of both wheel and rail together with the corresponding hardness profile taken from the sectioned wear block. The roughened gauge face of the rail along which the highest wear takes place is the area of highest creepage, a result of longitudinal effects caused by rolling radius difference across the wear band. Closer metallographic examination of the sectioned block showed subsurface flow patterns of the type described in Ref. (6) for worn rails from service. X-ray diffraction analysis of the wear products showed typically 95 percent metallic Fe with the balance mainly Fe_3O_4 and a trace of Fe_2O_3 . The particles were platelike in appearance with a very wide size spread, from over $500\ \mu\text{m}$ across to just a few μm across. At an early stage in using the rig, a loosely adherent film of wear particles built up on the crown of the rail and the tire tread. This buildup was untypical of field conditions and was easily prevented by pressing a hair brush lightly on to the wheel surface. While this was successful in keeping

both components "clean," there was an accompanying slight decrease in wear rate, presumably a result of removal of particles which repeatedly reentered the contact and introduced an abrasive component to the wear process. For all results presented here, the brush was used.

The flange contact test mode gives a very close simulation of the wear process in service. However, refinement of the contact parameter prediction method is needed to realize its full potential.

FIELD WEAR TESTS

Rail wear has been monitored in curves on various locations on our rail system for several years. Sites have been established on curves where high rates were known to exist, on curves where traction or braking were thought to influence wear, and on curves where premium grade steels such as 1 percent Cr steel and austenitic manganese steel were used. Isolating the effects of the variable of interest has not always been possible but tests continue in these areas. Effort has been concentrated on rail wear since, in most cases, wheels see a great variety of track condition.

The most useful field wear data so far have been collected on a branch line leading to and from an electricity generating station. The branch is approximately 5 miles long, partly single track, and has many curves between 172-m radius (10.2°) and 1600-m radius (1.1°). The most important feature is that the traffic consists almost exclusively of HAA hopper coal wagons. These wagons, of 32.5-ton capacity, run in one direction laden and in the opposite direction empty. Wear sites were set up on a range of curves up to 830-m radius (2.1°) and accurate rail profiles at three or more locations in each were obtained at regular intervals. The rail profile measuring machine used for this work allowed dial gauge readings to 0.01 mm to be taken at 53 set positions around the rail head (3). These dial gauge readings were processed by computer to produce the true profiles. Profiles taken at different time periods were then fitted over an unworn segment of the outer corner and the sectional area loss (mm^2) computed from the envelope between the two. The profile data were also used as input to the nonlinear curving program for calculation of contact parameters and prediction of wear number. Specimen wheel profiles were taken for curving program input only.

The use of this particular route, therefore, ensured constancy of vehicle type and traffic density for all curves. However, the effect of variation of friction level over the long-term testing has to be considered. The effect of friction can be argued as being twofold. First, the friction level governs the maximum creep force available between wheel and rail and thus influences the attitude taken up by each wheelset and hence the overall curving behavior of the vehicle. Second, on a smaller scale, the friction coefficient may affect the wear mechanism within the contact patch itself. The effect of μ on the curving performance of HAA wagons is shown in the theoretically derived curves of Fig. 12.

The wear number takes into account longitudinal, lateral, and spin creepages and relative creep forces and moments for wheels on the high rail with the leading outside wheel dominating. The figure demonstrates that, in moderate

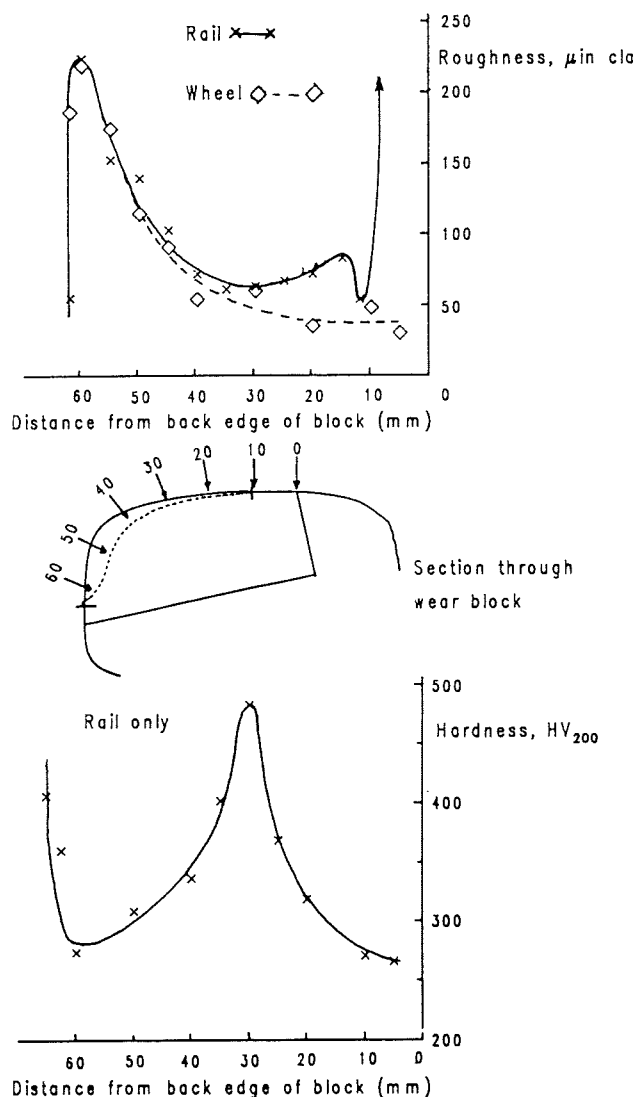


Fig. 11—Surface roughness and hardness variation across wear track

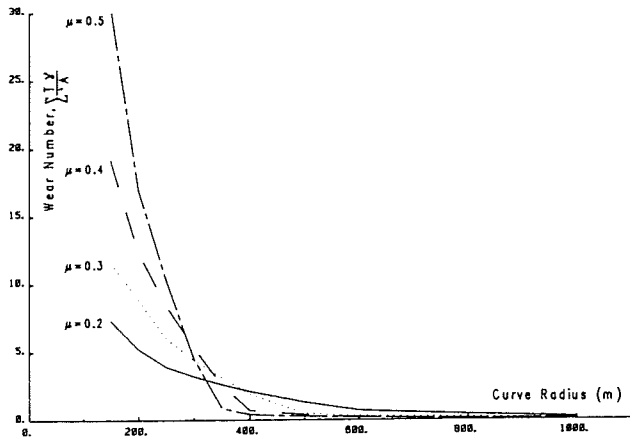


Fig. 12—Variation of wear number with track radius and coefficient of friction—theoretical.

curves, a high value of μ is beneficial since this provides the longitudinal creep forces needed to steer the wheelsets and reduce wear number. However, in a sharper curve, the vehicles cannot steer and the wheelset takes up a naturally higher angle of attack, with the available friction used almost entirely in developing high lateral creep forces. The high creep forces and creepages result in very high wear numbers.

As a guide to the value of μ to be used in wear number predictions, an adhesion survey of the branch was done using our Tribometer Train. While this was a single check, the survey did spotlight a distinct difference between adhesion of the road leading into the plant and the exit road. The contact band of the approach road rails was very clean, a result of high creepages and heavy braking, whereas the exit road was heavily contaminated with coal dust fallen from the discharged wagons. For the measurements recorded here, μ was assumed to vary within the range 0.25 to 0.35.

FIELD RESULTS

The results of rail wear measurements on several curves of the branch line made during a number of years are present in Fig. 13. The volume of traffic carried is used for the abscissa scale rather than time, so that the lives of two subsequent rails, denoted rail A and rail B, may be shown for the sharpest curve. On this particular curve, the wear rate was reduced to a very low value just prior to rail replacement and is attributed to conformality between the wheel and rail profiles being reached. The 196-m radius (9°) curve also showed a distinct fall-off in wear rate, but, for curves of larger radius, the wear rate was constant over the period that measurements were made. The initial steady wear rates determined from Fig. 13 for each site are plotted against curvature in Fig. 14. Although data are limited, the curve fitted to the points bears a very close resemblance to the theoretical curve of Fig. 12 and confirms the relationship between $\frac{T\gamma}{A}$ and rail wear. These results are compared with the laboratory full-scale results in the next section.

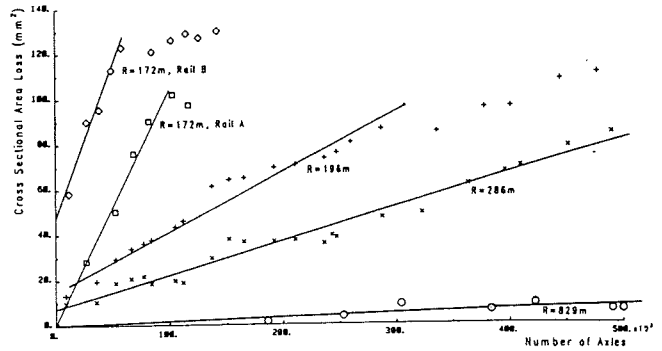


Fig. 13—Wear plots for different curves on the same track route

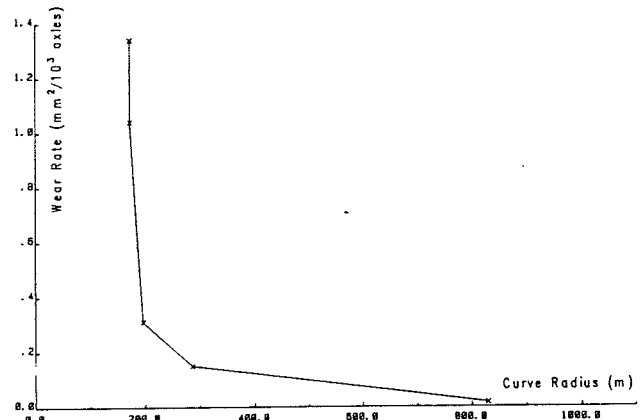


Fig. 14—Measured rail wear rate vs curve radius

DISCUSSION

Because of the complex geometry of worn wheels and rails in flange/rail contact, the dimensions and shape of the contact patch and the associated stress distribution are difficult to predict theoretically. This is a subject of wide interest in railway circles and effort is being applied to the problem at several centers (10), (11). The nonlinear curving theory of Elkins and Gostling used in the present work to compute creepages and creep forces at the wheel/rail interface gives excellent prediction of overall vehicle curving performance, but is, perhaps, not detailed enough for adequate wear prediction. The theory predicts single representative values of longitudinal, lateral, and spin creepage for each wheel contact. However, in flange contact with conformal wheel and rail profiles, we know the creepage to vary widely across the patch. As wear proceeds down the gauge face of the rail, longitudinal creepage effects come more into play, even in the conditions produced on the single-wheel wear rig described. The contact-patch program uses true wheel and rail profiles but does not, as yet, include the effect of wheelset yaw. Therefore, the patch shape drawn is seen to be wrong and its area is in some doubt. Once a true contact-patch shape can be predicted, an analysis of the slip vectors within the patch along the lines of Kalousek et al (12) should lead to more meaningful creepage terms for wear number estimation. This is an obvious topic for further study and effort is being channelled in this direction.

Having regard for these limitations, the single-wheel wear rig described has been shown to be a most useful tool in

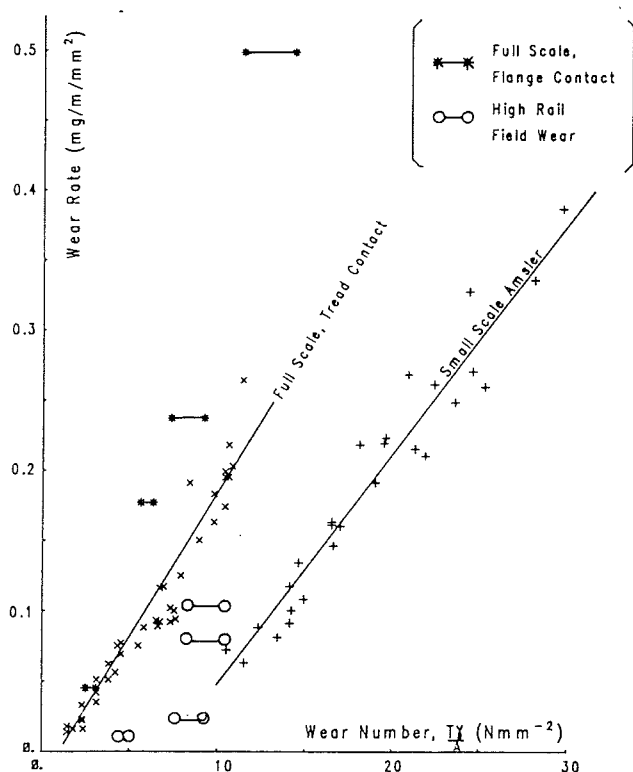


Fig. 15—Measured wear rate vs wear number for the various systems investigated.

achieving realistic flange contact conditions in the laboratory. The wear patterns and surface conditions of wheel and rail in flange contact have been shown to be representative of worn service rails examined. However, the most significant result thus far is the straight-line relationship shown between measured wear and wear number for rail top contact.

Figure 15 is an attempt to bring together all the data from the various areas of investigation and includes small-scale Amsler results for comparison. The full-scale rig results, for flange and tread contact tests, are in reasonable agreement. Both show linear plots with a small difference in slope. The wear numbers for the flange contact case are, for the reasons already discussed, most likely low due to underestimated creepage values. The spread in wear number shown for each experimental point represents a variation in friction coefficient μ of 0.45 to 0.55. As might be expected, results from the field show some scatter due to variations in and the complexity of the contact. The spread in wear numbers plotted corresponds to $\mu = 0.25$ to 0.35 in this particular case. Unlike in the laboratory, service rails see a random distribution of wheel profiles and any one train will give a significant spread in wear number for its wheel population. Specimen profiles recorded from a train of HAA wagons for curving program input confirmed this. Because of the great number of uncontrolled variables, the intention was not to produce a definitive wear versus wear-number plot for field results alone. However, the fact that the figures are of the same order as in the laboratory tests is, in itself, encouraging. Recent work at FAST (13), under more controlled conditions than possible in the present study, has shown that large variations in wear rate may overshadow the effect of different material types. These facts only emphasize the value of a realistic laboratory test facility.

The immediate observation, when comparing full- and small-scale wear, is the wear number shift in the results. Amsler testing was used in our research program because of the speed in gathering data, the simple specimens, and easy change of experimental conditions. The Amsler rig results in Fig. 15 are for BS11 rail steel pairs with longitudinal creepage. Recent unpublished work with lateral creepage suggests the same wear rates to hold. Below a wear number of $\sim 10 \text{ Nmm}^{-2}$, only mild wear is obtained at small scale. Above this point, wear is severe and the wear-rate versus wear-number relationships at small- and full-scale have very similar slopes; although outside the scope of this paper, there are several possible reasons for the shift in results at these two extremes of scale. The great difference between the two methods is the ratio of size of debris to area of contact which could have some bearing. Also, there is some doubt that the use of the contact area term, A , in the wear number is correct. However, at Amsler scale, to change A sufficiently to test fully its significance is not possible. Finally, an explanation may lie in the continuous contact situation of two rollers running together and the energy taken up in tribo-oxidation at the surface (14).

Looking to the future, the single-wheel rig offers the best facility for investigating the correctness of the area term in the wear number. It is also hoped to improve the contact patch prediction method for conformal flange contact taking into account wheel yaw. This, together with a strip-analysis approach to the slip variation within the patch, should enable the calculation of a wear distribution across the flange and tread. By this route, it is hoped to pull results from flange contact tests more into line with the tread contact results. It is also intended to carry out full-scale ranking tests for certain grades of premium steel, using for guidance the results of Amsler tests already completed. Finally, experiments will be designed to investigate the effect of lubrication.

Figure 12 shows clearly the advantages of reducing friction in the high rail contact for curves below 300-m radius (6°). Various proprietary devices are available and are used by railway administrations throughout the world for applying lubricants to the gauge face of the rail or to the wheel flanges. Although the practice of curve lubrication dates back to the last century, there is still no single device nor method which is universally accepted as producing the best results. The lubricant, usually grease in the case of track-mounted devices and oil in the case of vehicle-mounted devices, needs to be applied in a controlled manner to the rail side or flange. While lubricant finding its way onto the head of the rail, including lubricant on the low railhead, will give a reduction in wear, the adverse effect on driving-wheel traction is obvious. When sanding devices are used to overcome excessive lubrication, the resulting sand-in-grease mixture is like a grinding paste which increases head wear (12). Our experience, almost solely with track-mounted devices, indicates the reliability of the hardware to be poor. Because of the high maintenance level needed and the often inaccessible locations, the quality of lubrication leaves something to be desired. In a recent paper, our Director of Civil Engineering stated that there is still scope for extension of efficient lubrication (15). While noting recent evidence (16)

that normal grade steels are likely to benefit most from lubrication, the method selected must still offer, on a cost-saving basis, one of the best means of reducing side wear in high-traffic-density track.

CONCLUSIONS

An outline has been given of a developing predictive method for the wear determination of wheels and rails in curves. This method is based on the hypothesis that wear is a function of the energy expended due to creepage within the individual wheel/rail contacts while negotiating the curve.

A full-scale wheel-on-rail-wear rig has been commissioned which can produce contact conditions closely representative of the track situation. When used with simple tread contact, the theoretical wear number, $\frac{T\gamma}{A}$, has a linear relationship

with measured wear rate and is dependent on the steel pair in question. The theoretical prediction of contact parameters for the more complex flange contact case lags behind but the limited laboratory results show the method to have promise.

Wear measurements carried out on a service route show some scatter but are of the same order as the controlled laboratory results.

Pending refinement of the contact parameter prediction method for real wheel and rail profiles, the use of the wear number is helpful in comparative wear studies. In particular, the theory points to the reduction in wear to be gained from an efficient lubrication method which can be used as a basis for cost benefit studies for a chosen situation.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors would like to thank R. E. Colebourne and J. B. Feeney for help with wear data collection and the British Railways Board for permission to publish this paper.

REFERENCES

- (1) Beagley, T. M., "Severe Wear of Rolling/Sliding Contacts," *Wear*, **36**, pp 317-335 (1976).
- (2) Bolton, P. J., Clayton, P., and McEwen, I. J., "Wear of Rail and Tire Steels Under Rolling/Sliding Conditions," *ASLE Trans.*, **25**, 1, pp 17-24 (1982).
- (3) Elkins, J. A. and Eickhoff, B. M., "Advances in Non-Linear Wheel/Rail Force Prediction Methods and Their Validation," *Proc. ASME Winter Conf.*, New York, 1979.
- (4) Elkins, J. A. and Gostling, R. J., "General Quasi-Static Curving Theory of Railway Vehicles," *Proc. 2nd IUTAM Symp. The Dynamics of Vehicles on Roads and on Track*, Vienna, September pp 388-406, (1977), published by Swets and Zeitlinger, B. U., Amsterdam. Ed. by A. Slibar and H. Springer.
- (5) Lyon, D. and Weeks, R. J., "The Design of Bogies for Low Wear of Wheel and Rail in Rapid Transit Applications," Paper presented at International Symp. on Contact Mechanics and Wear of Wheel/Rail Systems, Vancouver, 6-9 July, 1982.
- (6) Clayton, P., Allery, M. B. P., and Bolton, P. J., "Surface Damage Phenomena in Rails," *Ibid*.
- (7) Brown, T. P. and Loach, J. C., "Measurement of Dynamic Forces on Track," *The Railway Gazette*, **120**, 22, pp 938-940 (1964).
- (8) Timoshenko, S. and Goodier, J. N., *Theory of Elasticity*, 2nd Edition, pp 377 et seq., McGraw-Hill (1951).
- (9) Harvey, R. F., "A Summary of Rail Wear Measurements Made by the Research and Development Division Between 1977 and 1981," British Rail Research Technical Memorandum TM WRI 3, November 1981.
- (10) Paul, B., "Contact Geometry Associated with Arbitrary Rail and Wheel Profiles," in *The General Problem of Rolling Contact*, ASME publication AMD-40, pp 93-105 (1980).
- (11) Duffek, W., "Contact Geometry in Wheel Rail Vehicles," Paper presented at International Symp. on Contact Mechanics and Wear of Rail/Wheel Systems, Vancouver, 6-9 July, 1982.
- (12) Kalousek, J., Rosval, G., and Ghonem, H., "Lateral Creepage and its Effect on Wear in Rail Wheel Interface," *Ibid*.
- (13) Devine, T. G., and Alber, R. H., "Wheel Flange Wear Test Results in Heavy Haul Service." Paper presented at 2nd International Heavy Haul Conf., Colorado Springs, September 1982.
- (14) Krause, H., "Tribological Reactions in the Friction and Wearing Process of Iron," *Wear*, **18**, pp 403-412 (1971).
- (15) Purbrick, M. C., "The Use of Rails on British Railways." Paper presented at 2nd International Heavy Haul Conf., Colorado Springs, September 1982.
- (16) Steele, R. K. and Devine, T., "Wear of Rail/Wheel Systems." Paper presented at International Symp on Contact Mechanics and Wear of Wheel/Rail Systems, Vancouver, 6-9 July, 1982.

BILAGA 7D

Broschyrmaterial testbanor

Facsimile



ABB Daimler-Benz Transportation

Litchurch Lane
Derby DE24 8AD England
Tel. + 44 (0)1332 344666
Fax + 44 (0)1332 266472

To Annika Stensson
Department of Mechanical Engineering
Luleå University of Technology

00 46 920 99692

From Kathryn Lancaster
Public Relations Manager

Telephone + 44 (0)1332 266470

Facsimile + 44 (0)1332 266472

Date 12/08/98

No. of pages incl. 5

Copies

Dear Annika,

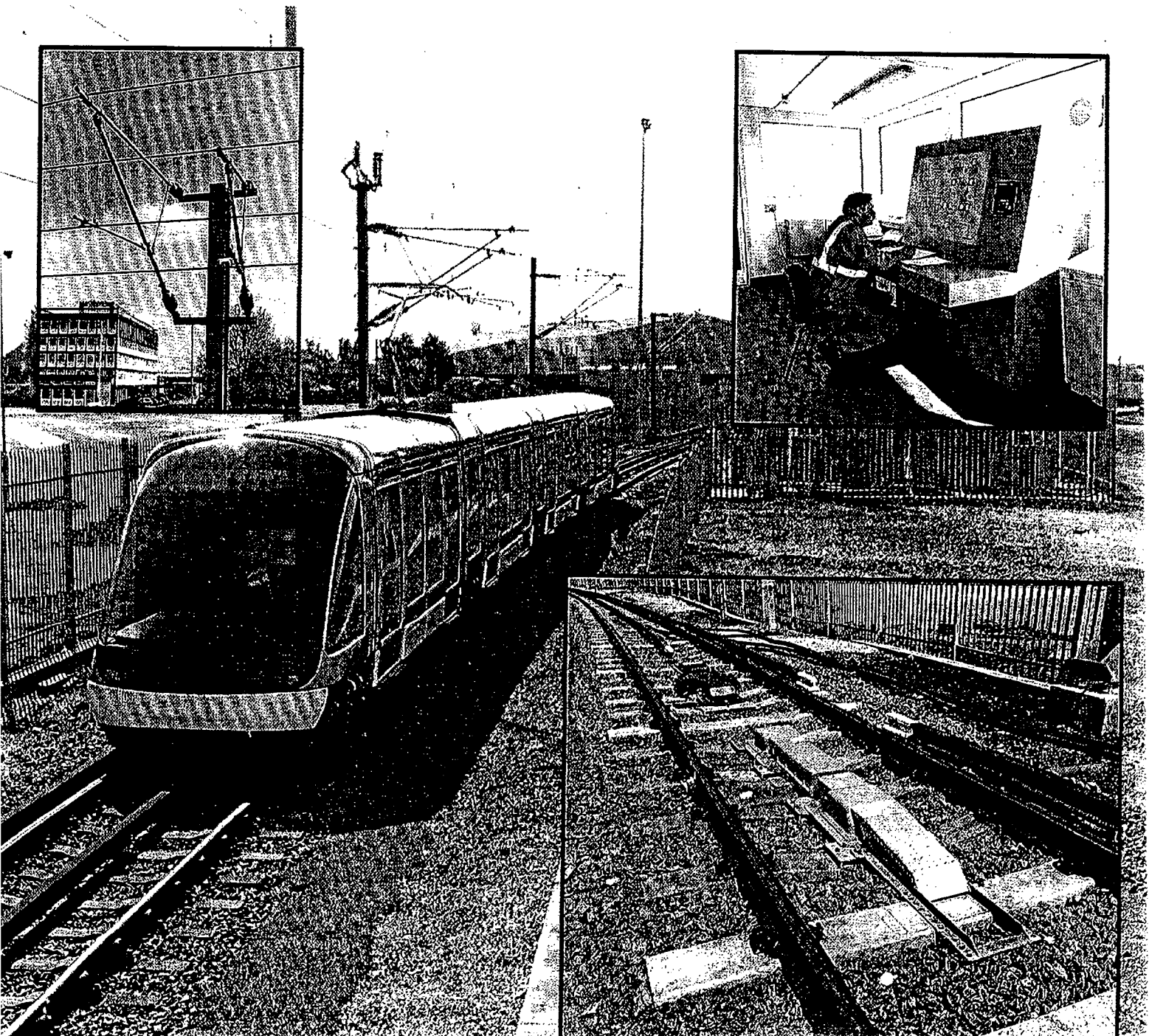
Testing facility

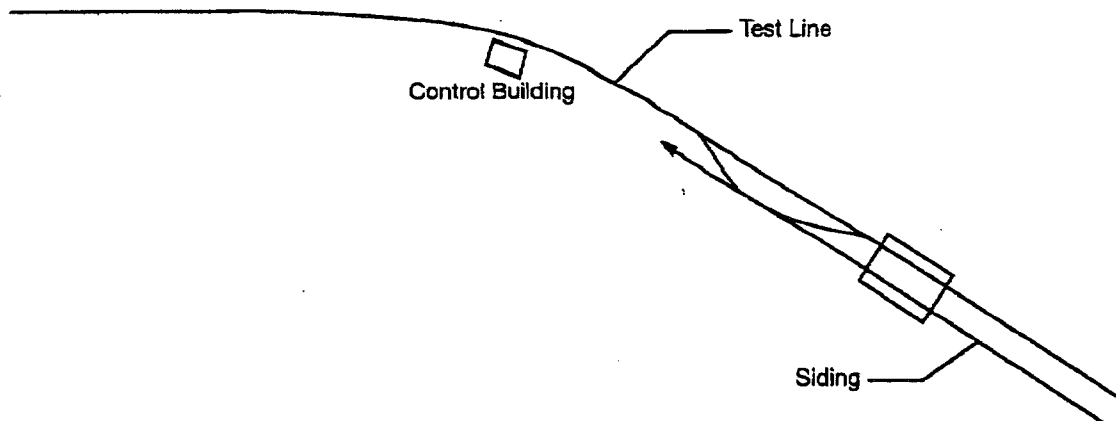
Further to your fax of yesterday, I have pleasure in attaching a datasheet detailing our new test track facility located here in Derby. Also attached is the accompanying press release which we issued when the test track was officially opened in May earlier this year.

I hope the information is interesting and helpful.

*Best regards ~
K Lancaster*

Test Track





The provision of a dedicated test track on the Derby site is a major benefit to Adtranz and its customers. Newly built, refurbished and repaired vehicles can now be dynamically tested prior to departure from the works. This not only reduces costs and timescales but also increases the scope of testing that is possible without being reliant on others.

The test track is equipped with 3rd and 4th rail conductors for the testing of 750v DC electric rolling stock, and Adtranz' own standard 25kv overhead line equipment (OHLE) has been provided for AC rolling stock. The traction power supply equipment provides for 1500 v and 750 v DC via the OHLE. The selection of the traction voltage takes place in the control building situated adjacent to the test track, the access gates to the facility being suitably interlocked with this system.

The test track is just over 1100m long with a maximum speed of 60km/h. This allows the vast majority of type testing to be carried out to confirm that the rolling stock traction and auxiliary

Main Data	
Length of line	1120m
Maximum speed	60km/h
Track on OHLE	25kV AC
OHLE	1500V DC
3rd and 4th rail system	750V DC
Other equipment	450V DC
AWS	Standard and high strength
Rolling stock	LUL trip cock systems
Rolling stock	Individual wheel weights
Insulated joints	Signalling experiments

systems meet their respective specifications under dynamic conditions. The track is floodlit allowing tests and 24hr mileage accumulation running safely at night.

The test track is comprehensively equipped to enable the

verification of the performance of Automatic Warning System (AWS) and the London Underground (LUL) train stop systems. Wheel weights can be recorded individually and there is also provision for an insulated section of track for signalling related experiments.

ABB Daimler-Benz Transportation
 Rolling Stock
 Advanced Engineering
 Litchurch Lane
 Derby DE24 8AD
 England
 Tel: +44 1332 266243
 Fax: +44 1332 266258
 e-mail: dave.robson@adtranz.co.uk

Press release



we speak railways

ABB Daimler-Benz Transportation (UK) Ltd
Corporate Communications
Litchurch Lane
Derby DE24 8AD
Tel: 01332 266471/0
Fax: 01332 266472
Internet: <http://www.adtranz.com>

Adtranz unveils new £2 million test track - signalling confidence in the future

22nd May 1998, Derby UK. International railway group Adtranz today unveiled a new £2 million test track at its factory in Derby. The multi-functional facility was opened by Professor Brian Mellitt, Engineering and Production Director, Railtrack PLC. It is 1200m long and will enable testing of all Adtranz trains whether they are new or refurbished.

At the ceremony around 30 Adtranz Graduates and Modern Apprentices joined in the celebrations as a signal of the Company's belief in the future of the business and the growing railway industry in Britain.

Per Staehr, Chief Executive Officer, Adtranz UK said "Today marks an important step for the future of the Company - it demonstrates our commitment to the railway business, to our own people and our determination to have products and services which are always right first time and are reliable and safe.

I am particularly proud that for the first time in many years we are recruiting young people who will be the life blood of our company in the future.

- continued -

We are also delighted to reveal today the first of the new tranche of Eurotrams we are building for the City of Strasbourg. This tram is the type we will build for our neighbouring City Nottingham, when their scheme gets the go-ahead from Government." (Ends).

Note to Editors:-

The 1200m Test track has been designed and installed by Adtranz own Fixed Installations business based in Reading. Trains can run in safety up to a maximum speed of 60kph. The track is floodlit allowing tests and 24 hour mileage accumulation running safely at night. The track is equipped with 3rd and 4th rail conductors for the testing of 750v DC electric rolling stock as well as 25 kV overhead line system. The traction power supply equipment provides for 1500v and 750v DC via the OHLE. The test track is also equipped to enable verification of the performance of Automatic Warning System (AWS) and London Underground limited (LUL) train stop systems. Wheel weights can also be recorded individually. There is also provision for an insulated section of track for signalling related experiments.

Adtranz (ABB Daimler-Benz Transportation) is the world's most complete provider of railway systems. The international railway group was formed on 1st January 1996 by merging the respective railway activities of ABB Asea Brown Boveri Ltd, Zurich/Switzerland, and Daimler-Benz, Stuttgart/Germany. The group's product portfolio ranges from electric and diesel locomotives, ICE and X 2000 high speed trains to inter-city and regional trains, trams and underground trains, people movers, signal and traffic control systems, fixed installations, infrastructure as well as servicing and maintenance. In 1996 the group achieved revenues of approximately 3,2 billion ECU. Adtranz employs 25,000 people worldwide with around 4,400 people in the UK at locations in Derby, Crewe, Manchester, Doncaster, Ilford, Chart Leacon (Ashford), Aylesbury, Swindon, Dartford, Reading, Birmingham, Plymouth, Glasgow, York and Dublin.

For further information please contact:

Karen Wilds
Communications Director

Tel: 01332 266471/0
Fax: 01332 266472

Översikt av järnvägsrelaterad fullskaletestning i Ukraina

Avdelningen för datorstödd maskinkonstruktion
Luleå tekniska universitet
971 87 Luleå

SAMMANFATTNING

Inom ramen för förstudien av en testrigg så ingår en kartläggning av järnvägsrelaterad fullskaletestning i andra länder, speciellt med avseende på testriggar och testbanor. Denna rapport innehåller en översikt över sådan verksamhet i Ukraina.

I Februari 1998 bjöd vi in Professor Victor Uschkalov, Institute of Technical Mechanics of the NAS, Ukraina till Sverige. Han besökte både KTH och LTU under en vecka. Vi beskrev vår verksamhet inom järnvägsteknikområdet och han berättade om verksamheten i Ukraina. Programmet för hans vistelse i Luleå bifogas i Bilaga 8A.

Sammanfattningsvis så har de inte något testcentrum för järnväg i Ukraina. I Sovjetunionen så var forskningen inom järnvägsteknikområdet uppdelad på olika orter. Dniepropetrovsk i Ukraina var centrum för beräkning och testcentrat låg i Moskva (station Scherbinka). Verksamheten vid testcentrat i Moskva drivs fortfarande och tillhör nu Ryssland. Testcentrat har rundspår, men inte någon rigg lämplig för att studera hjul-räl samverkansprocessen i full skala. Information om verksamheten i Ryssland redovisas i en separat rapport.

I Ukraina har de stora problem med hjulslitage. De har en omfattande verksamhet inom beräkning av järnvägsrelaterade problem, exempel se Bilaga 8B. De arbetar med att minska krafterna och slitaget mellan hjul och räl genom att ändra på fordonskonstruktioner och spårunderhållsvillkor. De använder sig till stor del av simuleringsteknik. Istället för testning i riggar och på speciella testbanor så bedriver de en omfattande testning ute i fält. Exempelvis så har de tillverkat 40 hjulpar med en nyutvecklade hjulprofil. Dessa hjulpar går just nu i ordinarie drift och slitaget mäts och utvärderas med jämna mellanrum.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

	SIDOR
BILAGA 1. PROFESSOR USHKALOV'S BESÖK I LULEÅ.....	4
BILAGA 2. REFERENSER.....	5

BILAGA 8A

PROFESSOR USHKALOV'S BESÖK I LULEÅ

	Sid
Inbjudan	2
Program	3
Gästföreläsning	4

Luleå tekniska universitet/Luleå University of Technology
Besöksadress/Visiting address: Universitetsområdet, Porsön, Luleå
Postadress/Postal address: SE-971 87 Luleå, Sweden
Telefon/Phone: +46 920-910 00, Telefax/Fax: +46 920-910 47
Hemsida/Homepage: <http://www.luth.se>
Postgiro: 76 08 15-1

Luleå 1998-02-09

Prof. Victor Ushkalov
Institute of Technical Mechanics of
National Academy of Sciences of
Ukraine
Lashko-Popelya str., 15
Dnipropetrovsk
320005 Ukraine

Dear Professor Ushkalov,

I hereby invite you to come to Sweden to discuss the latest results on the "wheel-rail" problem including wheel wear of route trains.

I suggest a two-day visit in the end of February 1998 at the Department of Railway Engineering at Royal Institute of Technology in Stockholm, one day to travel between Stockholm and Luleå and a two-day visit at the Department of Mechanical Engineering at Luleå University of Technology. A suitable date for us is February 21-27 1998.

Please, let us know if this date is suitable for you, and I will come back with a more detailed program for your visit.

We are looking forward to meeting you.

Sincerely yours,



Annika Stensson, Ph.D. Assistant Professor
Division of Computer Aided Design
Department of Mechanical Engineering
Luleå University of Technology
SE-971 87 Luleå
SWEDEN
Phone: +46 920 91734
Fax: +46 920 99692

PROGRAM FOR YOUR VISIT TO SWEDEN, February 1998

Tuesday 24 February

- 9.00-10.00 KTH Railway Technology and KTH Railway Group
(presentation by Mats Berg and Prof. Evert Andersson)
- 10.15-12.00 Wear on wheels and rails (prel. title)
(seminar given by Prof. Ushkalov)
- 12.00-13.15 Lunch
- 13.30-16.30 Visit to KTH Machine Elements
(Prof Sören Andersson, Ulf Olofsson)
Presentation of research work and laboratories
- 17.00- Short trip by Swedish high-speed train X2000
Dinner

Wednesday 25 February

- 9.00-12.00 Wear on wheels and rails
(presentation by Mats Berg and Rickard Nilsson)
- 12.00-13.15 Lunch
- 13.15-14.30 General discussion
- 14.45-16.15 Running gear for freight traffic
(presentation by Sebastian Stichel)

Thursday 26 February

- 9.00-10.00 LTU Railway research
(presentation by Annika Stensson)
- 10.15-12.00 Wear on wheels and rails
(seminar given by Prof. Ushkalov)
- 12.00-13.15 Lunch
- 13.15-14.30 Consequences of increased axle load on Malmbanan
(presentation by Dan Larsson)
- 14.45-15.00 Wear in a narrow curve at Malmhamnen
(presentation by P-O Larsson)
- 15.15-16.00 Tribology research at LTU
(presentation by P-O Larsson)
- 16.00-16.30 Plans of a Railway Research Centre in Luleå
(presentation of P-O Larsson)
- 17.00- Dinner

Friday 27 February

- 9.00-10.30 Testing of bridges for heavy axle load
(Presentation by Ulf Ohlsson, Structural engineering)
- 10.45-11.30 Dynamic behaviour of ore wagons at Malmbanan
(presentation of Ansel Berghuvud)
- 11.30-12.00 General discussion
- 12.00-13.15 Lunch
- 13.15-14.30 Visit at Malmhamnen
- 14.45-15.15 Catenary/pantograph dynamics
(presentation by Lars Drugge, Tobias Larsson)
- 15.15-16.15 Concluding discussions

Gästföreläsning 26/2

Av Professor Victor Ushkalov från Institute of Technical Mechanics of National Academy of Sciences of Ukraine.

Theoretical and experimental studies of the railway wheel wear

Tid: kl. 10.15 - 12.00

Plats: Polhemslaboratoriet E206

Du som är intresserad av att lyssna är hjärtligt välkommen!!

Annika Stensson

Datorstödd maskinkonstruktion

BILAGA 8B
REFERENSER

LIST

of main scientific publications by
Professor USHKALOV V.F.
in the field of rail vehicle dynamics

MONOGRAPHS

1. Mathematical Modeling of the Railway Vehicle Systems / V.F.Ushkalov, L.M.Reznikov, V.S.Ikkol, Ye.Yu.Trubitskaya, S.F.Red'ko and A.I.Zalesky. - Kiev: Nauk. Dumka, 1989, 240 p.
2. Red'ko S.F., Ushkalov V.F. and Yakovlev V.P. Identification of Mechanical Systems. Determination of Dynamic Performances and Parameters. - Kiev: Nauk. Dumka, 1985, 216 p.
3. Ushkalov V.F., Reznikov L.M. and Red'ko S.F. Statistical Dynamics of Railway Vehicles. - Kiev: Nauk. Dumka, 1982, 360 p.

PAPERS AND REPORTS AT INTERNATIONAL CONFERENCES

4. Ushkalov V.F., Malysheva I.Yu. Simulation of the Wheel – Rail Contact. - J. "Technicheskaya Mehanika", issue 6, Institute of Technical Mechanics of NASU, Dnipropetrovsk, 1997, pp. 99 - 104.
5. Ushkalov V.F., Kovtun Ye.N. and Markova O.M. The influence of Locomotive State on their Wheelsets Wear under Operation Conditions. 15th IAVSD Symposium on Dynamics of Vehicles on Roads and Tracks. Budapest, Hungary, August 25-29, 1997, pp. 163-165.
6. Ushkalov V.F., Mokrij T.F. and Sherstyuk A.K. The Program Packages INTEG and SIGMA for Study of Railway Vehicles Dynamics. Proceedings of Workshop at Manchester Metropolitan University. Manchester, UK, June 23-24, 1997.
7. Ushkalov V.F. Wheelset and Rail Wear on Ukrainian Railways. Proceedings of the 2nd Mini Conference on Contact Mechanics and Wear of Rail / Wheel Systems. Budapest, 1996, pp. 250-258.
8. Ushkalov V.F., Red'ko S.F., Serebryanyi I.A. Identification of Creep Forces in Point of Wheel-Rail Contact. - J. "Applied Mechanics", Kiev, 1995, 31, 10, pp.87-92.
9. Ushkalov V.F. and Malysheva I.Yu. On a Vehicle Wheel-Rail Interaction // Ninth World Congress of the Theory of Machine and Mechanisms. - Milano, Italy, 1995. Proceedings, vol.2, pp. 941-945.
10. Ushkalov V.F. and Malysheva I.Yu. Railway Vehicle Vibrations Taken into Account Three Phases of Wheel/Rail Contact Interaction. 13th IAVSD Symposium on Dynamics of Vehicles on Roads and Tracks, Chengdu, China, 1993, pp.124 - 127.
11. Ushkalov V.F. Solution of Some Direct and Inverse Problems of Railway Vehicle Dynamics. Proc. 12th IAVSD Symposium, Lyon, France, 1991, pp.638-652.
12. Ushkalov V.F., Trubitskaya Ye. Yu., Mokrij T.F. Analysis of Efficiency of Damper with Quasizero Rigidity for Vibration Protection of the Objects Being Transported. - Col. book: Dynamics and Control of Mechanical Systems Motion, Kiev: Nauk.Dumka, 1992, pp. 57 - 64.
13. Ushkalov V.F., Red'ko S.F. and Lapina L.G. Evaluation of Vibration Load of Cars with Allowance for Scatter of Statistical Characteristics of Disturbances. - J. "Vestnik VNIIZhT", Moscow, 1990, 2, pp. 30-33.
14. Ushkalov V.F., Red'ko S.F., Korotenko G.M. and Boyarintseva L.P. Identification of Parameters of Symmetrical and Skew-symmetrical Components of Railway Vehicle Disturbance Model. - In book: Vibrations of Complicated Mechanical Systems, Kiev: Nauk. Dumka, 1990, pp. 39 - 44.

15. Ushkalov V.F. and Malysheva I.Yu. Determination of the Creep Parameters when Solving the Wheel-Rail Interaction Problem. - In book: Vibrations of Complicated Mechanical Systems, Kiev: Nauk. Dumka, 1990, pp.48 - 58.
16. Ushkalov V.F. and Samarets N.N. Dinamica in curva ed in rettilineo di veicoli ferroviari multiassiali. J. "Ingegneria Ferroviaria", 5, 1989, Roma, Italia, pp.215-224.
17. Ushkalov V.F. and Malysheva I.Yu. Effect of the Creep Model Choice on the Coupled Three-Dimensional Vibrations of a Railway Vehicle and Elastic Dissipative Inertial Track. - In book: Vibrations and Dynamic Performances of the Railway Rolling Stock, Dnipropetrovsk: DIIT, 1989, pp.10 - 22.
18. Ushkalov V.F. and Alexandrov A.I. The Creep Force Model for Different Conditions of Wheel-Rail Rolling Contact. - Rail Transportation: Winter. Annu - Meet., ASME, San Francisco, California, 1989, December 10-15. - New York, 1989, pp.189 - 196.
19. Ushkalov V.F., Danovich V.D., Malysheva I. Yu. Selection of Optimal Parameters of Elastofrictional Slippers. - Col. book: Vibrations and Strength of Mechanical Systems, Kiev: Nauk. Dumka, 1986, pp. 62 - 70.
20. Ushkalov V.F., Red'ko S.F. and Boyarintseva L.P. Mathematical Model of Random Vertical Disturbances of Rail Vehicles.- J."Vestnik VNIIZhT" , Moscow, 1986, 6, pp. 21-25.
21. Ushkalov V.F. Random Vibrations of Railway Vehicles. Random Vibration-Status and Recent Developments. The S.H. Crandall Festschrift. Elsevier, Amsterdam - Oxford - New York - Tokyo, 1986, pp.475-496.
22. Red'ko S.F., Ushkalov V.F. On Formation of Preset Vibration State of Railway Vehicles in Laboratory Conditions. - Joint High-School Col. book: Dynamics and Strength of Heavy Machines, Dnipropetrovsk: DSU, 1985, pp. 16 - 21.
23. Ushkalov V.F. and Malysheva I.Yu. On the Use of Different Hypotheses when Determining Creep Forces. - In book: Dynamic Performances of Mechanical Systems, Kiev: Nauk. Dumka, 1984, pp.95 - 101.
24. Ushkalov V.F., Shabelsky V.P. Identification of Elements of Complicated System Using Frequency Response of its Subsystems. - J. "Applied Mechanics", Kiev, vol. 20, 8, 1984, pp. 122 - 124.
25. Ushkalov V.F. Random Vibrations of Mechanical Systems under Dry and Viscous Frictions. - Col. book: Loading, Vibrations and Strength of Complicated Mechanical Systems, Kiev: Nauk. Dumka, 1977, pp. 16 - 23.
26. Ushkalov V.F. Identification of Parameters of Railway Car on the basis of Experimental Data. - J. "Vestnik VNIIZhT", Moscow, 8, 1976, pp. 31 - 36.
27. Ushkalov V.F. Random Vibrations of Mechanical Systems Made up of Subsystems with Different Internal Resistance. - J. "Mashinovedenie of AS of USSR: Nauka, Moscow, 4, 1974, pp. 31 - 38.
28. Ushkalov V.F., Red'ko S.F., Shabelsky V.P. Identification of Rigidity and Damping Characteristics of Railway Vehicle Systems on the Basis of Incomplete Experimental Data. - Proceedings of VNII of Car Building, issue 23, Moscow, 1974, pp. 57 - 67.
29. Ushkalov V.F., Pinsky M.A. On Application of Asymptotic Method in Study of Vibrations of Railway Vehicle with Dry-Friction Dampers.-In book: Increase of Operational Reliability of Locomotives under conditions of Ural and Siberia, Omsk, 1973, pp. 29 - 32.
30. Lazaryan V.A., Ushkalov V.F., Red'ko S.F. On the Problem of Identification of Some Linear Mechanical Systems. - DIIT Proceedings, Dnipropetrovsk, issue 143, 1973, pp. 103 - 111.

31. Ushkalov V.F., Sherstyuk A.K. Study of Vibrations of a Railway Vehicle Moving along the Deformable Track with Random Irregularities. - "Vestnik VNIIZhT", Moscow, 3, 1973, pp. 20 - 23.
32. Ushkalov V.F. Random Vibrations of Complex Mechanical Systems Having High Resistance. - J. "Applied Mechanics", Department of Mathematics, Mechanics and Cybernetics of AS of UkrSSR, Kiev, vol. VII, issue 12, 1971, pp. 103 - 106.
33. Lazaryan V.A., Ushkalov V.F. Random Vibrations of Complex Discrete Mechanical Systems. - J. "Applied Mechanics", Department of Mathematics, Mechanics and Cybernetics of AS of UkrSSR, Kiev, vol. VI, issue 4, 1970, pp. 105 - 110.
34. Lazaryan V.A., Ushkalov V.F., Lovinsky L.D. Study of Forced Vibrations of Open Wagon under Vibration Discharge. - J. "Applied Mechanics", Department of Mathematics, Mechanics and Cybernetics of AS of UkrSSR, Kiev, vol. V, issue 4, 1969, pp. 39 - 45.
35. Ushkalov V.F., Red'ko S.F. and Serebryanyi I.A. Creep Forces Identification in a "Car Wheel-Rail" Contact Point. J. "Ingegneria Ferroviaria", 1998, Roma, Italy - in publication.

AUTHORS CERTIFICATES

36. A.c. 1381023 USSR, IPC B 61 F 5/16. A Pivot Unit of a Railway Car / V.F.Ushkalov, V.S.Ikkol, V.F.Grachov et al. (USSR). - 4123119/25-11; Applied on 22.09.86; Published on 15.03.88, Bul. 10 - 3 p.: with figures.
37. A.c. 1364517 USSR, IPC B 61 F 5/12. A Secondary Suspension of a Car Bogie / V.S.Ikkol, V.F.Ushkalov and O.V.Ushkalov (USSR). - 4061230/27-11; Applied on 28.04.86; Published on 07.01.88, Bul. 1 - 3 p.: with figures.
38. A.c. 1245478 USSR, IPC B 61 F 5/06. A Device for Improving Ride Performance of Rail Vehicles / V.S.Ikkol, V.F.Ushkalov and A.I. Zalessky (USSR).- 3857671/27-11; Applied on 14.02.85; Published on 23.07.86, Bul. 27 - 4 p.: with figures.
39. A.c. 1229106 USSR, IPC B 61 F 5/12 F 16 F 7/08. A Friction Shock Absorber of a Railway Vehicle System / V.F.Grachov, V.S.Ikkol, V.F.Ushkalov and O.V.Ushkalov (USSR). - 3720409/27-11; Applied on 04.04.84; Published on 07.05.86, Bul. 17 - 2 p.: with figures.
40. A.c. 1019131 USSR, IPC F 16 F 7/04; B 61 F 5/00. A Friction Shock Absorber / V.F.Grachov, V.S.Ikkol, V.F. Ushkalov et al. (USSR). - 3347972/27-11; Applied on 12.10.81; Published on 23.05.83, Bul.19 - 4 p.: with figures.
41. A.c. 911192 USSR, IPC G 01 M 7/00 // G 01 M 17/00. A Bench for Vibration Tests of Railway Vehicle Systems / G.D.Zhovtobryuch, V.F. Ushkalov, D.D.Mekhov and A.P.Pogrebnoy (USSR). - 2794145/25-28; Applied on 29.06.79; Published on 07.03.82, Bul.9-2 p.: with figures.
42. A.c. 816830 USSR, IPC B 61 D 3/10. A Connected Railway Vehicle System / V.F.Grachov, V.S.Ikkol, V.F. Ushkalov et al. (USSR). - 2705931/27-11; Applied on 26.12.78; Published on 30.03.81, Bul. 12-3 p.: with figures.
43. A.c. 599183 USSR, IPC G 01 M 17/00. A Test Bench / V.A.Lazaryan, V.F. Ushkalov, D.D.Mekhov et al. (USSR); Applied on 25.05.76; Published on 25.03.78, Bul. 11.

-
44. A.c. 592648 USSR, IPC B 61 F 5/12. A Secondary Suspension of a Freight Car Bogie / V.A.Lazaryan, V.F. Ushkalov, D.D.Mekhov et al. (USSR). -2149240/27-11; Applied on 27.06.75; Published on 15.02.78, Bul. 6 - 2 p.: with figures.
45. A.c. 542671 USSR, IPC B 61 F 5/12. Friction Shock Absorber of the Freight Car Bogie / V.A.Lazaryan, V.F. Ushkalov, D.D.Mekhov et al. (USSR). - 1985427/11; Applied on 03.01.74; Published on 15.01.77, Bul. 2 - 3 p.: with figures.

Ref. 1-4,8,12-15,17,19,20,22-34,36-45

in Russian

Ref. 5-7,9-11,18,21

in English

Ref. 16, 35

in Italian

Test Parameter	Testparameterbeskrivning
Tryckspänning	Summan av de spänningar som finns i kontaktpunkten mellan hjul och räl som kommer från axellasten.
Friktionskraft: Tvärs rullrikt. Längs rullrikt.	Friktionskraften som verkar mellan hjul och räl. Den friktion som behövs för att broms och driva ett hjul mot rälsen är den friktion som verkar i rullriktningen. Tvärs rullriktningen är den friktion som påverkar t.ex. förmågan hos hjulet att styra i en kurva.
Spänningar: Längs rullrikt. + Längs rullrikt. -	Tryckspänningen ovan ger tillsammans med friktionskraften spänningar som verkar längs rullriktningen och tvärs rullriktningen.
Termiska spänningar	Termiska spänningar uppkommer då rälen är fast inspänd och är riktade längs rälsens längdriktning. Det är dessa spänningar som ger upphov till t.ex. solkurvor.
Rullhastighet	Hastigheten mellan hjul och räl i rullningspunkten.
Enkel/Dubbel trafik	Trafiken går oftast lastad i en riktning och har tom last i den andra riktningen.
Klimat, smörjning.	Denna parameter ger möjlighet att testa vid olika typer av klimat. T.ex. varmt, kallt, fuktigt, smutsigt samt med smörjning.
Mikrostruktur	Inverkan på metallens mikrostruktur kan studeras. Storleksordningen av testområdet kan vara t.ex. 0.1x0.1 mm stora områden.
Inneslutningar	Visar om stålmaterialen i hjul och räl har olika typer av tillverkningsdefekter t.ex. inneslutningar kan dessa lokala defekter studeras.
Tillverkningsdefekter	Stålmaterialen i hjul och räl har olika typer av tillverkningsdefekter kan dessa lokala defekter studeras.
Restspänningar	Stålmaterialen i hjul och räl har olika typer av tillverkningsdefekter så som restspänningar i materialet kan dessa defekter studeras.
Rikt. tillverkningssegenskaper	Stålmaterialen i hjul och räl har olika typer av tillverkningsdefekter så som riktningensberoende tillverkningssegenskaper i materialet kan dessa effekter studeras.
Skala	Testapparatens storlek i förhållande till en fullskalig testning.
Relativ kostnad	Ger ett mått på hur dyr denna aktuella testapparaten är.
Testtid	Ger en relativ uppskattning av hur lång tid det tar att erhålla relevanta testdata.
Trovärdighet: Shelling Squats Trans. sprickor Slitage Head checks	Med trovärdighet menas om testapparaten kan simulera de vanligaste förekommande skadorna på hjul och räl som man kan se i fält.

Verksamhetsplan för Järnvägstekniskt centrum vid LTU

**LENNART KARLSSON
PER-OLOF LARSSON**

Avdelningen för maskinelement
Luleå tekniska universitet
971 87 Luleå

april 16, 1999

1. BAKGRUND OCH FÖRUTSÄTTNINGAR

Järnvägen har en stark framtid i Europa. Många kommunikationsexperter och starka branschföreträdare förutspår att transportvolymen på järnväg kommer att fördubblas fram till år 2010. Ett system med trafikkorridorer som förbinder Norden med övriga Europa¹ tillhör EU:s prioriteringsgrupp 1.

Genom att gränserna till Ryssland och de baltiska länderna har öppnats anser Nordiska ministerrådet att en utökning av nätet med nya korridorer², bl a det Euroarktiska nätet, bör ske snarast. Det omfattar bl a det omfattande nätet i Barentsregionen där järnvägen är och kommer att bli transportlänken för exploateringen av de stora naturresurserna i nordvästra Ryssland. Utbyggnaden av Narvik- Murmansk- och Archangelskstråken skapar förutsättning för en kraftigt ökad öst-västlig handel i framtiden.

När Botniabanan färdigställs i början av 2000-talet, skapar även den helt nya möjligheter för en utveckling av järnvägstransporter inom Sverige och via Öresundsförbindelsen ut i övriga Europa.

Järnvägen har således framtiden för sig. Men det behövs kvalificerad forskning för att järnvägen skall bli ett naturligt och kostnadseffektivt alternativ till andra transportformer. Järnvägens fördelar måste tas tillvara vad avser miljökrav, energiförbrukning, framkomlighet och trafiksäkerhet³. Med stigande förädlingsgrad och krav på bättre avkastning på insatt kapital i infrastrukturen och hos transportörerna kommer transportstrukturen att förändras. Transportkostnaderna måste sänkas genom tyngre transporter, högre hastighet, större trafikintensitet, kombinerad gods- och persontrafik, lägre underhållskostnader och utveckling av företagens logistik⁴.

2. LULEÅ, ETT KOMMUNIKATIONSCENTRUM I BARENTSREGIONEN

Luleå är redan idag ett fraktcentrum i Norrland och kommunikationsnav i Barentsregionen, dvs norra Sverige, Finland, Norge och nordvästra Ryssland. Kallax flygplats är Sveriges fjärde största vad gäller persontrafik. Nu planeras även en utbyggnad av Kallax flygplats till ett internationellt flygfraktcentrum och en helt ny godsterminal för järnvägs- och vägtransporter strax utanför Luleå där Malmbanan och Europaväg 4 korsar varandra.

MTAB, ett dotterbolag till LKAB, transporterar ca 25 miljoner ton malm från gruvorna i Kiruna och Gällivare till hamnarna i Narvik och Luleå. Nuvarande malmtåg, som är Europas tyngsta tåg (5 200 ton) och har en axellast på 25 ton, kommer inom de närmaste 5 åren att förändras så att tågvikterna ökar till 8 300 ton och axellasten höjs till 30 ton.

SSAB, som har sin råvaruproduktion i Luleå, transporterar ca 1,5 miljoner ton råstål till sin anläggning i Borlänge. Till detta kan läggas att genom Malmbanan förbinds två stora hamnar - Narvik och Luleå. Sammantaget har Luleåregionen stor erfarenhet av tunga transporter och dessutom i ett arktiskt klimat som kännetecknar norra delen av Europa och Nordvästra Ryssland.

3. JÄRNVÄGSTEKNIKT CENTRUM I LULEÅ

Banverket, Luleå tekniska universitet (LTU) och MTAB har genomfört en studie av vilka konsekvenser en ökning av axellasten från 25 till 30 ton skulle medföra för Malmbanan⁵. I slutfasen av denna studie fick LTU tillsammans med Banverkets norra regionkontor till uppgift att undersöka vilka möjliga intressenter som ville delta i en forskningsenhet för tunga järnvägstransporter⁶. Ett fyrtiotal olika industrier tillfrågades i denna undersökning. I rapporten framkom att det finns ett mycket starkt intresse från svensk industri att delta i forskning och utveckling inom det järnvägstekniska området. Projekt T²K², Tunga Transporter i Kallt Klimat startades och en första avrapportering skedde hösten 1997⁷. Luleå tekniska universitet är en strategisk och naturligt plats i Europa att etablera ett forsknings- och utvecklingscentrum för järnvägsteknik. Regionen har nära till järnvägsrelaterad industri.

3.1. Mål

Målen med att bilda ett Järnvägstekniskt Centrum (JVTC) är följande:

Ett järnvägstekniskt centrum ska lägga grunden för en **samordnad** uppbyggnad av kompetens, forskning och utveckling inom järnvägsteknikområdet så att tunga transporter på järnväg kan genomföras på ett optimalt sätt och bidra till ekonomiska besparingar.

Genom **tvärvetenskaplig och överbryggande** teknik ska järnvägsrelaterad forskning vid LTU, KTH och CHARMEC knytas samman. Därigenom skapas en plattform för ett effektivare och miljövänligare järnvägstransportsystem.

Genom satsning på den **samlade kompetensen** i statliga och industriella organisationer och vid universitet/högskolor ska ett järnvägstekniskt centrum verka som utvecklingsmotor för det järnvägstekniska området. Utvecklingskostnaderna ska minimeras och nyttjandet optimeras. Genom samverkan kan små och medelstora företag medverka i den framtida utvecklingen av järnvägstransporter.

Ett järnvägstekniskt centrum i anslutning till Malmbanan och Luleå tekniska universitet ska bli det **ledande centret** för tunga transporter, kombinerad trafik och järnvägstransporter i kallt klimat i Europa. Genom att hålla högsta nivå på kompetens, utbildning och teknik nås snabbt nya landvinningar inom järnvägstransporter.

Luleå tekniska universitet ska tillsammans med svensk industri genom satsning på järnvägsteknik **överbrygga** det traditionella avståndshandikappet i Sverige och vända det till en fördel.

3.2. Pågående järnvägsrelaterad forskning vid LTU

Den undersökning som gjordes om intresset av järnvägstekniska frågor hos svensk industri har utmynnat i att tre forskningsprojekt har startat i området. Projekten bedrivs med finansiering från industrin och har fått arbetsnamnet T²K², Tunga Transporter i Kallt Klimat.

Dessa projekt kan ses som ett embryo till ett forskningscentrum inom järnvägsteknikområdet.

Följande forskningsprojekt pågår och kan ses som en kärnverksamhet vid JVTC under 1998:

Reduktion av räl- och hjulslitage genom smörjning. Projektets syfte är att kartlägga vilka parametrar som påverkar slitaget mellan hjul och räl vid smörjning i arktiskt klimat.

Förstudie av fullskalig provrigg. Projektet syftar till att ta fram ett beslutsunderlag för att uppföra en testrigg för accelererad provning av hjul och räl.

Dynamisk samverkan mellan en malmvagn och infrastrukturen på Malmbanan. Syftet med forskningen är att kartlägga vilka parametrar som påverkar kontaktkrafterna mellan hjul och räl vid malmtransport.

Ett fjärde projekt är under utredning:

Förstudie av Bainitiska material för räl. Projektet lägger grunden för uppbyggnaden av materialkompetensen inom JVTC.

4. FORSKNINGSPROGRAM FÖR JVTC

Forskningsprogrammen syftar till att sänka kostnaderna att transportera gods på järnväg. Forskningen bedrivs som efterfrågade projekt med utgångspunkt från intressenternas behovsområden.

4.1 Efterfrågade områden

De ovan nämnda förstudierna som genomförts inom järnvägsteknikområdet visar framför allt på behovet av forskning och utveckling inom följande områden:

Banunderbyggnader såsom trummor, broar samt tunnlar påverkas av olika yttre faktorer i olika delar av landet. Norra Sverige har andra problem som är förknippade med tung trafik och kallt klimat jämfört med södra delarna där lasten är lägre och hastigheten högre.

Vid ökad last och hastighet ändras de dynamiska lasterna som påverkar underbyggnader av olika slag. Idag saknas modeller för att kunna prediktera vilka konsekvenser en kombination av ökad last och hastighet kommer att få i form av underhållskostnader.

Automatisk övervakning och monitorering av **banöverbyggnader** såsom räl, rälskarvar, rälgeometri, befästningar, sliprar etc är mycket viktiga för att i ett tidigt stadium detektera och följa upp resultatet av olika underhållsarbeten. Dessa problem är gemensamma för hela det rikstäckande järnvägsnätet, med vissa geografiska skillnader såsom i klimat, kurvfrekvens och trafikintensitet. Forskning och utveckling inom detta område finns idag tillgänglig dels nationellt och internationellt. Det saknas dock en tvärvetenskaplig organisation som tar hänsyn till övergripande problematik som belyser de gränsöverträdande områdena som kan optimera helheten.

Klimatets inverkan på el- och signalanläggningar är också påtaglig. Klimatvariationerna påverkar även underhållsåtgärderna vad gäller banunderbyggnad/banöverbyggnad samt trafikantens underhållsbehov.

Inom området **tåg och vagnar** finns de största beröringspunkterna mellan trafikant och infrastrukturägare. Inriktning på forskning och utveckling ligger inom olika områden som mekanik, dynamik, tribologi, materialteknik samt underhållsteknik. En rad olika infallsvinklar finns på de olika problem uppstår i samband med kombinerad trafik, tunga laster och kallt klimat.

Samverkan trafikant/infrastruktur ger helt nya möjligheter att lösa olika problemområden. Trafikstörningar som uppkommer på järnvägsnätet beror av mycket komplicerade samband. Genom att nyttja olika lastnings- och lossningscentraler för systemtransporter på järnväg i kombination med effektivare trafikledningssystem ger det möjlighet att dirigera godsflödet mellan lastbil/flyg/järnväg.

4.2 Forskningsområden

Potentiella forskningsområden vid JVTC:

- Banunderbyggnad
- Banöverbyggnad
- Klimatpåverkan
- Tåg/vagnar
- Samverkan infrastruktur/trafikant

Banunderbyggnad

Genom att kartlägga ingående parametrar samt undersöka hur dessa parametrar samspelar med varandra kan en helhetssyn på området **banunderbyggnaden** genomföras. Följande områden är av intresse för forskning:

- den ökade axellastens inverkan på banunderbyggnad
- dimensionering och materialval för banunderbyggnad
- mätteknik för bedömning av underbyggnadens styvhet och tjäldjup
- åtgärder vid uppfrysning (tjälskott) och åtgärder som motverkar detta
- tunneltätning samt isbildning i tunnlar

Banöverbyggnad

Målet är att utarbeta ett nytt underhållstänkande inom området banöverbyggnad. Följande frågeställningar är av intresse:

- hur ska räslitage undvikas (minimeras)?
- vilka metoder finns för att mäta räslitage och kontaktutmattning/sprickbildning?
- hur påverkar olika materiaval underhållet av spårkomponenter?
- vilka mätmetoder finns för makadamdjup, makadamkvalitet och föroreningsgrad i befintligt spår
- vilken är den optimala rälsgeometrin för att minimera slitage och kontaktutmattning?

Klimatpåverkan

Forskningen i området klimatpåverkan syftar bland annat till att studera det kalla klimatets inverkan på spårkomponenter och fordon. Andra intressanta frågeställningar och tänkbara frågeställningar är:

- hur inverkar ökade laster och kallt klimat på stolpar/bryggor och kontaktledning?
- hur förhindras nedisning av fordon?
- hur kan vindavvisare (skärmar) användas för att minska snöansamlingar i vissa terrängpartier?

Tåg/vagnar

Inom området tåg och vagnar bör en tvärvetenskaplig undersökning genomföras. Forskning inom detta område ska täcka frågeställningar som belyser helheten av problematiken tåg, vagnar, hjul och räl, såsom:

- optimal hjul-/ rälskontakt för att minimera underhåll
- interaktion mellan vagnarna, mellan vagn och boggie samt mellan hjul och räl vid kallt klimat och ökade laster
- val av hjulprofil samt material i hjul och vagnar utifrån nya tillverkningsprocesser och optimerat underhåll.
- val av boggityp och vagnar för optimal gångegenskap
- smörjning av hjullager, val av smörjmedel samt tillståndskontroll av hjul och hjullager

Samverkan infrastruktur/trafikant

Utveckling och nytänkande när det gäller samverkan mellan infrastrukturägare/trafikant ger stora möjligheter till samordningsvinster. Målet med forskningen är att skapa förståelse för hur olika faktorer påverkar transportsystemet. Exempel på en frågeställning anges nedan.

är det möjligt att skapa ett säkert och flexibelt trafikledningssystem där man tar hänsyn till tågsättens individuella köregenskaper såsom bromssträcka, accelerationsförmåga, lokets dragkraft, väderlek?

5. INTRESSENTER I JVTC

De **företagsintressenter** som ingår JVTC är följande:

Banverket
 Duroc
 Inexa Profil AB
 MTAB
 SJ

I tabell 1 presenteras de olika intressenternas huvudområden.

Tabell 1. Forskningsområden/företagsintressent

Intressent	Banunder.	Banöver.	Klimat.	Tåg/vagnar	Infrastr./trafikant
Banverket	X	X	X		X
Duroc			X	X	
Inexa		X	X		
MTAB			X	X	X
SJ			X	X	X

Från LTU medverkar följande avdelningar i forskningen vid centret:

- Bergteknik
- Datorstödd Maskinkonstruktion
- Geoteknik
- Konstruktionsteknik
- Maskinelement
- Materialteknik
- Trafikteknik
- Vattenteknik

Samarbetspartners:

- Järnvägsteknik vid KTH
- CHARMEC vid Chalmers tekniska högskola

6. ORGANISATION

JVTC är en egen organisatorisk enhet och en egen resultatenhet inom Luleå tekniska universitet. Verksamheten leds av en **VD (föreståndare)** som inför centrets styrelse ansvarar för den totala verksamheten vid JVTC. Centrets administration sköts av en ekonom. Detta utgör centrets fasta organisation. Den forskande personalen i verksamheten utgörs av personal från olika institutioner/avdelningar vid LTU, beroende på den kunskap och kompetens som efterfrågas för respektive projekt. Detta innebär att JVTC har en liten men effektiv fast organisation och en flexibel och dynamisk sammansättning av forskande personal med specialkompetens för av beställarna efterfrågat specialområde. Vid behov kan kompletterande kompetens hämtas från annan järnvägsteknisk forskning, huvudsakligen CHARMEC och KTH.

JVTC:s **styrelse** utgörs av representanter från intressentföretagen och från LTU. Styrelsen utses av intressentföretagen och LTU i samråd.

Forskningsverksamheten i respektive projekt leds av en **projektledare**. Projektledarens huvudsakliga uppgift är att vetenskapligt driva och leda projektet. Denne ska vidare samordna informationsutbytet inom projektet med övrig järnvägsteknisk forskning vid LTU, CTH och KTH.

Styrgruppen består av projektledare och företagsrepresentanter från deltagande företag i projektet. Projektledaren ingår tillsammans med VD och ekonom i JVTC:s **ledningsgrupp**. Ledningsgruppen svarar för att med utgångspunkt från styrelsens direktiv driva och utveckla forskningen i centret.

7. EKONOMI

Verksamheten vid JVTC finansieras helt av uppdragsgivarna, intressentföretagen. Start av nya forskningsprojekt beslutas av Styrelsen. För varje projekt upprättas en budget där finansieringen från respektive företag fastställs. Respektive projekt bidrar till finansiering av den fasta organisationen för centret.

8. REFERENSER

- ¹ **EuroFuture**, "*Järnvägsrelaterad verksamhet i Norrbotten*", Länsstyrelsen i Norrbotten internrapport, December, Sverige, (1997).
- ² **Hertting, J. Lundberg, T., Sundström, L., Dahlgren, L., Dunder, H., Wåhlberg, K.**, *Utveckla Norra Sverige- Strategiska investeringar, underhåll och bättre användning av infrastrukturen erfodras för att stärka konkurrenskraften*, Länsstyrelsen i Norrbotten, 1996-05-30, (1996).
- ³ **Fredén, S., Hylén, B.**, "*Track and Vehicle Test Circuit TVTC*", Förslag till utformning av en provanläggning för tunga järnvägstransporter, Rapport 1997-06-16, Banverket, Gällivare kommun, Länsstyrelsen i Norrbottens län, VTI Dnr 656/95-43, Sverige, (1997).
- ⁴ **Cordi, I., Hertting, J.**, *Transportation Analysys of the Barents Region*, The Communications Group of the Barents Regional Council, Länsstyrelsen i Norrbotten, (1997).
- ⁵ "*30 ton på Malmbanan*", Banverket internrapport, November 1996, Sverige, (1996).
- ⁶ **Espling, U., Larsson, D. Larsson, P.O.**, "*Forskningsenhet för tunga transporter i kallt klimat*", Rapport från förstudie 97-01-22, Banverket internrapport norra regionen, Luleå, Sverige, (1997).

- ⁷ **Espling, U. Hammarlund, S., Salomonsson, O., Larsson, D. Larsson, P.O.,**
"Forskningsenhet för tunga transporter i kallt klimat", Rapport från arbetsgruppen
97-09-16, Banverket internrapport norra regionen, Luleå, Sverige, (1997).