

Title

Förstudie: Felmoder hos spår och fordon

Author

Ingemar Persson

Date

161207

Innehållsförteckning

- 1 Bakgrund
- 2 Tänkbara felmoder
- 3 Preliminära beräkningsstudier för studier av några felmoder
- 4 Resultat
- 5 Slutsatser

Appendix A Spårfel

Appendix B Hjul/räl-kombinationer

1 Bakgrund

För att kunna detektera fel i fordon, bana och/eller en kombination av fordon mot bana.

Förhoppningen är att accelerometrar i korg och boggier, skall kunna användas för att underlätta felsökning när åkkomforten för en vagn är dålig.

I denna analys har vagnen varit bestyckad med fyra accelerometrar: en accelerometer mitt i varje boggi och två accelerometrar i korgen mitt över varje boggi.

2 Tänkbara felmoder

Det finns många saker som kan gå fel och orsaka problem och dålig gång. Vi har här endast listat de vanligaste felmoderna. I framtiden kan denna lista kompletteras.

2.1 Felmoder bana

2.1.1 För stora spårfel

För stora spårfel kan vara en orsak till höga accelerationsvärden och dålig åkkomfort. Det borde kunna upptäckas genom att beräkna överföringsfunktionen från spår upp till korg, samt att analysera spårkvaliteten enligt EN14363. Är fordonets överföringsfunktionen oförändrad och banans QN-tal är högt kan man säga att felmoden är för stora spårfel.

2.1.2 Trångt spårvidd

Trångt spårvidd ger upphov till högt frekvensinnehåll i boggins laterala acceleration. Boggin tvingas att följa de laterala spårfele högt upp i frekvens. Trång spårvidd kan även upptäckas i en spårmatvagnsregistrering. Överföringsfunktionen från spår upp till korg påverkas.

2.2 Felmoder fordon

2.2.1 Snöpackning alternativt gång på nödfjäder

Styva sekundärfjädrar påverkar korgens och boggins egenskaper. Fordonets gång blir stötig. Överföringsfunktionen från spår upp till korg påverkas.

2.2.2 Försämrade sekundär- och primärdämpare

Fordonets egenfrekvenser dämpas sämre. Överföringsfunktionen från spår upp till korg påverkas.

2.2.3 Försämrade girdämpare

Fordonets sinusgångsmod dämpas sämre. Överföringsfunktionen från spår upp till korg påverkas.

2.2.4 Försämrade koppeldämpare

Har inte analyserats i denna rapport eftersom endast ett fordon har modellerats.

2.3 Felmoder kombination fordon/bana

För samverkan fordon-bana är det främst sinusgång som ger upphov till dålig gång. Det är alltså hjulens och rälerernas profiler i kombination som inte är bra. Om ingen av felmoderna under 2.1 och 2.2 ger svaret, får man gå vidare och mäta upp hjul- och räl-profilerna. Studera dessa i ett program av typ KPF¹, för att avgöra om det finns felaktiga räl- eller hjulprofiler.

3 Preliminära beräkningsstudier för studier av några felmoder

En modell utgående från KTHs projektuppgift har tagits fram. Några modifieringar har gjorts i modellen för att den ska efterlikna en vagn från X2.

Data som inte har varierats:

| | |
|---------------------|------------|
| Fordons hastigheten | 200 [km/h] |
| Hjul/räl-friktion | 0.5 [-] |
| Simuleringssträcka | 1750[m] |
| Rälprofil | UIC60i30 |

Data som har varierats

| | |
|------------|--|
| Hjulprofil | ENS1002t32.5 S1002worn4 |
| Spårläge | track_V200a track_V160a track_V120b |
| Spårvidd | 1435 [mm] 1427 [mm] |
| Fordon | Fel 0 Fordon med nominella fordonsdata |
| | Fel #1a Snöpackning/nödfjäder. Styvhet mellan korg och boggi är en faktor 10 ggr normalt. Alla fjädrar. |
| | Fel #2a Försämrade laterala sekundärdämpare. Alla dämpare ur funktion |
| | Fel #2b Försämrade laterala sekundärdämpare. En dämpare i bakre boggin, ur funktion |
| | Fel #3a Försämrade vertikala sekundärdämpare. Alla dämpare ur funktion |
| | Fel #3b Försämrade vertikala sekundärdämpare. En dämpare i bakre boggin, ur funktion |
| | Fel #4a Försämrade girdämpare. Alla dämpare ur funktion |
| | Fel #4b Försämrade girdämpare. En dämpare i bakre boggin, ur funktion |
| | Fel #5a Försämrade primärdämpare. Alla dämpare ur funktion |
| | Fel #5b Försämrade primärdämpare. En dämpare i bakre boggin, ur funktion |

Modellen bestod endast av en vagn så effekten av försämrade koppeldämpare kunde inte studeras.

¹ En pre-processor i Gensys

4 Beräkningar

Följande beräkningar har gjorts:

| Fall | Rälprof | Spårfel | Spårvidd | Hjulprof | Fordon | |
|--------------|---------|-------------|----------|------------|---------|---|
| 0 | — | — | — | — | — | |
| B_1427 | — | — | 1427 | — | — | |
| B_V160a | — | track_V160a | — | — | — | |
| B_V120b | — | track_V120b | — | — | — | |
| B_worn4 | — | — | — | S1002worn4 | — | |
| B_worn4_1427 | — | — | 1427 | S1002worn4 | — | |
| F_1a | — | — | — | — | Fel #1a | Alla sekundärfjädrar snöpackade alt. Vilar på nödfjädrar. |
| F_2a | — | — | — | — | Fel #2a | Försämrade laterala sekundärdämpare. Alla dämpare ur funktion. |
| F_2b | — | — | — | — | Fel #2b | Försämrade laterala sekundärdämpare. En dämpare i bakre boggin, ur funktion. |
| F_3a | — | — | — | — | Fel #3a | Försämrade vertikala sekundärdämpare. Alla dämpare ur funktion. |
| F_3b | — | — | — | — | Fel #3b | Försämrade vertikala sekundärdämpare. En dämpare i bakre boggin, ur funktion. |
| F_4a | — | — | — | — | Fel #4a | Försämrade girdämpare. Alla dämpare ur funktion. |
| F_4b | — | — | — | — | Fel #4b | Försämrade girdämpare. En dämpare i bakre boggin, ur funktion. |
| F_4c | — | — | — | — | Fel #4c | Försämrade girdämpare. En dämpare i främre boggin, ur funktion. |
| F_5a | — | — | — | — | Fel #5a | Försämrade primärdämpare. Alla dämpare ur funktion. |
| F_5b | — | — | — | — | Fel #5b | Försämrade primärdämpare. En dämpare i bakre boggin, ur funktion. |

Ett horisontellt streck i tabellen indikerar defaultvärde(referensvärde).

Fall 0) är referensfallet som vi använder för jämförelse mot andra fall. I det fallet anses både fordon och bana vara acceptabla.

Fall B_*) är beräkningsfall med olika fel på banan.

Fall F_*) är beräkningsfall med olika fel på fordonet.

4.0 Referensfallet

Beräkningarna har gjorts med nominella fordondata på ett spåråläggande som är anpassad till hastigheten 200 km/h.



Fig. 1) Korgaccelerationer i tidsplanet

Korgaccelerationerna i figur 1 är uppmätta i korgen mitt över boggi 1, mitt i vagnen och mitt över boggi 2. Accelerationerna är mätta i alla tre riktningarna X (longitudinellt), Y(lateralt) och Z(vertikalt).

Komforttal enligt Wz och EN12299 är inskriva i diagrammet. Värdena är i dessa beräkningar något höga p.g.a. att endast en vagn har simulerats. Modellen saknar koppeldämpare p.g.a. att endast en vagn har modellerats.

Värdet Nmv_x är accelerationens RMS-värde efter det att den longitudinella accelerationen har filterats genom filter Wd enligt EN12299. Värdet Nmv_y är accelerationens RMS-värde efter det att den laterala accelerationen har filterats genom filter Wd enligt EN12299. Värdet Nmv_z är accelerationens RMS-värde efter det att den vertikala accelerationen har filterats genom filter Wb enligt EN12299.

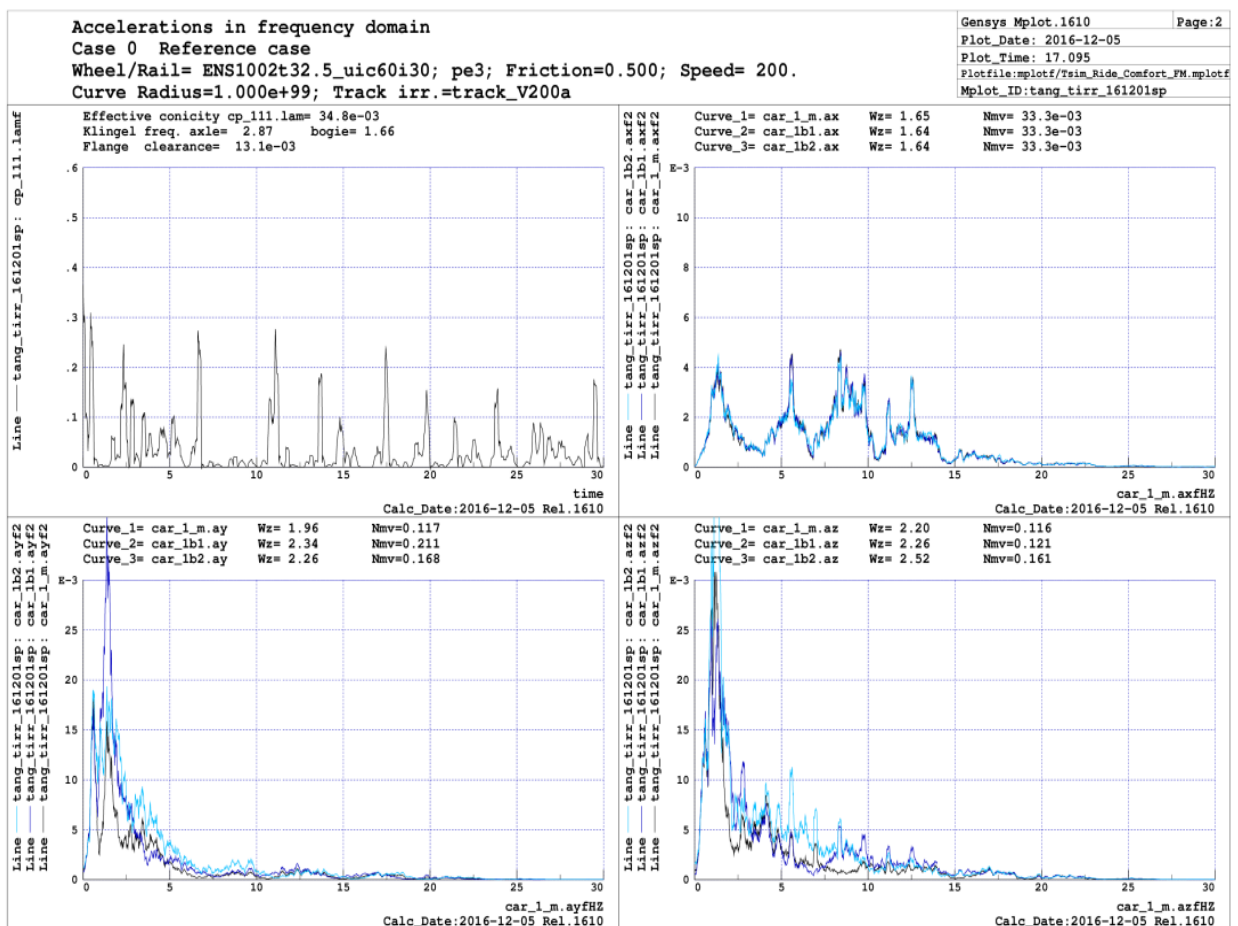


Fig 2) Korgaccelerationer i frekvensplanet

Diagram 11 i figur 2 visar den momentana koniciteten mellan hjul och räil. Koniciteten går upp och ned beroende på hjulparets position i spåret. Headerrad #1 visar konicitetens medelvärde för hela simuleringen. Headerrad #2 anger frekvensen enligt Klingel's ekvation. Det finns två frekvenser angivna: egenfrekvensen för en ensam hjulaxel samt egenfrekvensen för två hjulaxlar inspända i en styv boggi med axelavståndet 1.5[m]. Headerrad #3 anger spårspellet enligt "0.013 - cp_111l.eta - cp_111r.eta". Där cp_111l.eta är den relativa positionen mellan hjul och räil vänster sida. Och cp_111r.eta är den relativa positionen mellan hjul och räil höger sida.

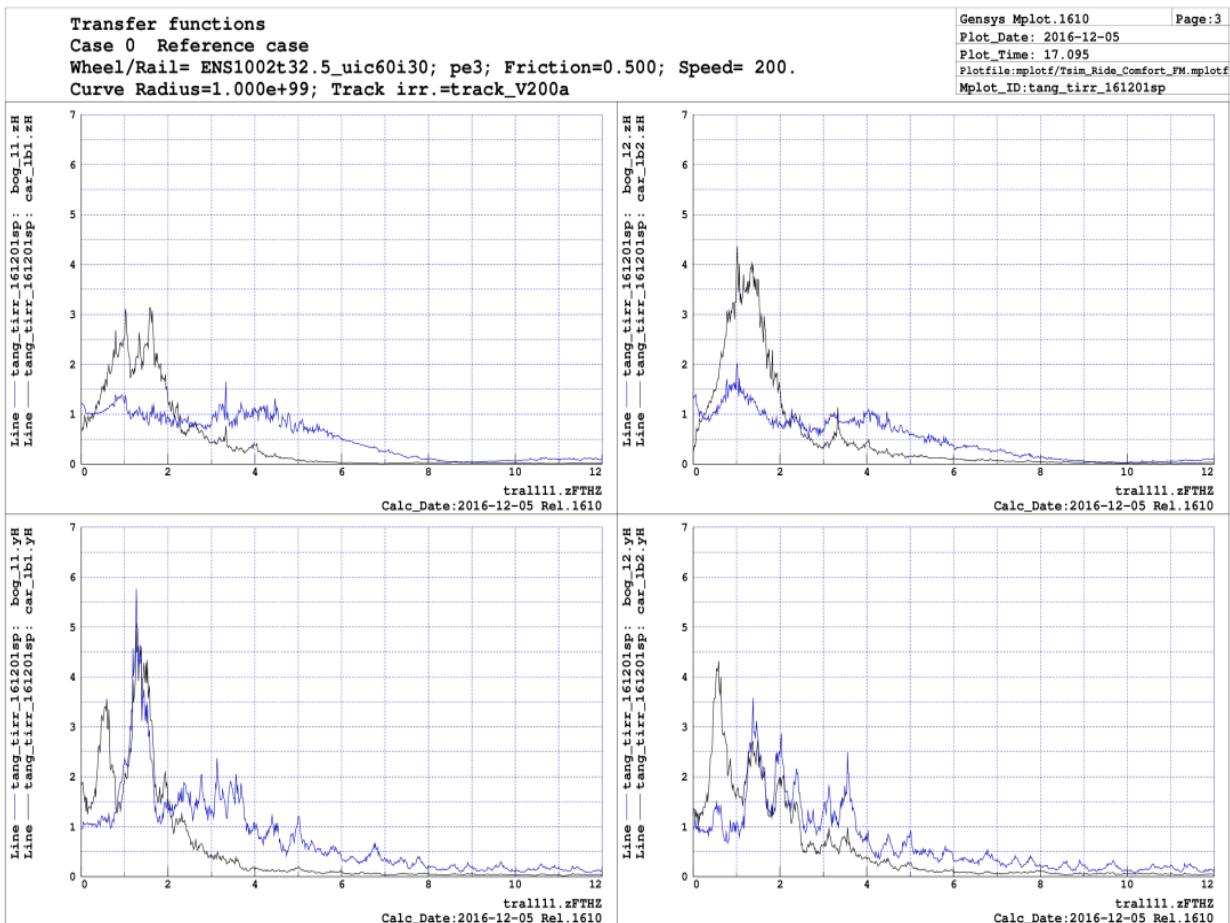


Fig 3) Överföringsfunktion från spår till boggier och korg

Figur 3 visar hur spårfelens olika våglängder förstärks upp till boggier och korg. De två övre diagrammen visar förstärkningen i vertikal led, och de två nedre diagrammen visar förstärkningen i lateral led. De blå linjerna visar boggiernas respons och de svarta linjerna visar korgens respons.

Kommentarer:

- Boggier vertikal riktning.
Här ser man att boggierna följer spårfelelen ganska väl upp till ca: 4.5[Hz]. Förstärkningsfaktorn i detta område är ~1, d.v.s. boggin följer spårfelelen. I frekvenser ovanför 4.5[Hz] börjar det gå lite för fort och boggierna klarar inte längre att hänga med spårfelelen, därför avtar responsen vid ökande frekvens. Vid frekvenser fr.o.m. 9[Hz] och däröver är boggiernas responser i princip lika med noll, excitationfrekvensen blir alldeles för hög för boggierna.
- Korg vertikal riktning.
Korgen följer med boggiernas rörelser upp t.o.m. ~2.2[Hz]. Över denna frekvens avtar korgens amplitud. Mellan 1.-1.5 [Hz] har korgen en ganska bred resonans. Förmodligen består denna peak av två egenmoder ”body bouce” och ”body pitch”. Se moderna #16 och #22, figur 4 och 5.
- Boggier lateral riktning.
Bakre boggin följer laterala spårfel ganska väl upp till ca: 3.7[Hz], sedan avtar boggiernas amplitud p.g.a. att excitationfrekvensen blir för hög. Vid frekvensen ~1.5[Hz] har den bakre boggin en ganska kraftig peak i sin överföringsfunktion. Tittar man i figur 2) ser man att peaken stämmer ganska väl överens med Klingelfrekvensen. Se även mod #20 från modalanalysen figur 7.
- Korg lateral riktning.
Korgen följer boggierna ganska väl upp t.o.m. ca:2.2[Hz]. Över denna frekvens avtar korgens amplitud. Korgens bakände följer även med i boggiens Klingelfrekvens. Korgen har

även en peak vid ~ 0.6 [Hz]. Det är förmodligen svängningsformen "lower sway" som syns här. Se modalanalys mod #10 figur 6.

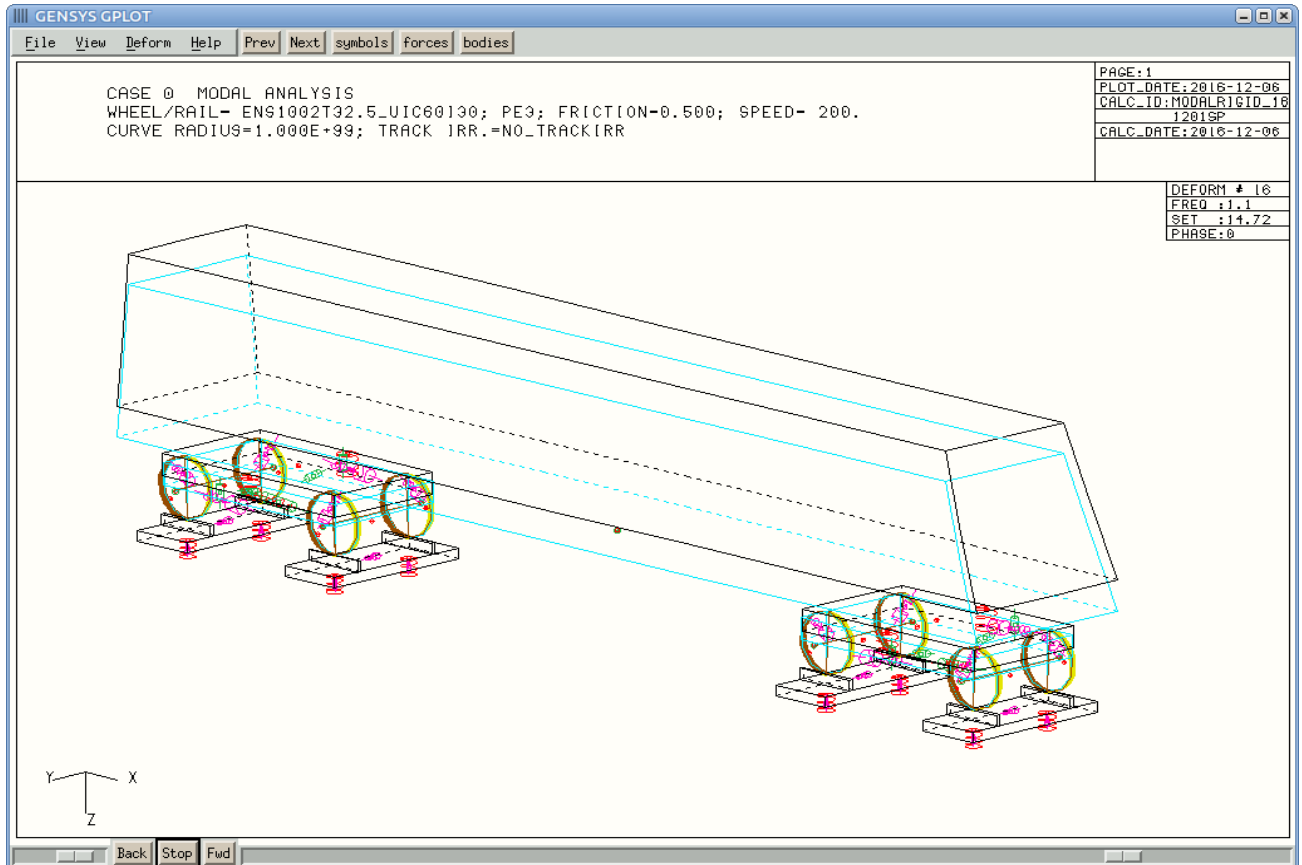


Fig 4) Mod #16 Body bounce. Egenfrekvens 1.1[Hz]. Relativdämpning 14.7 %.

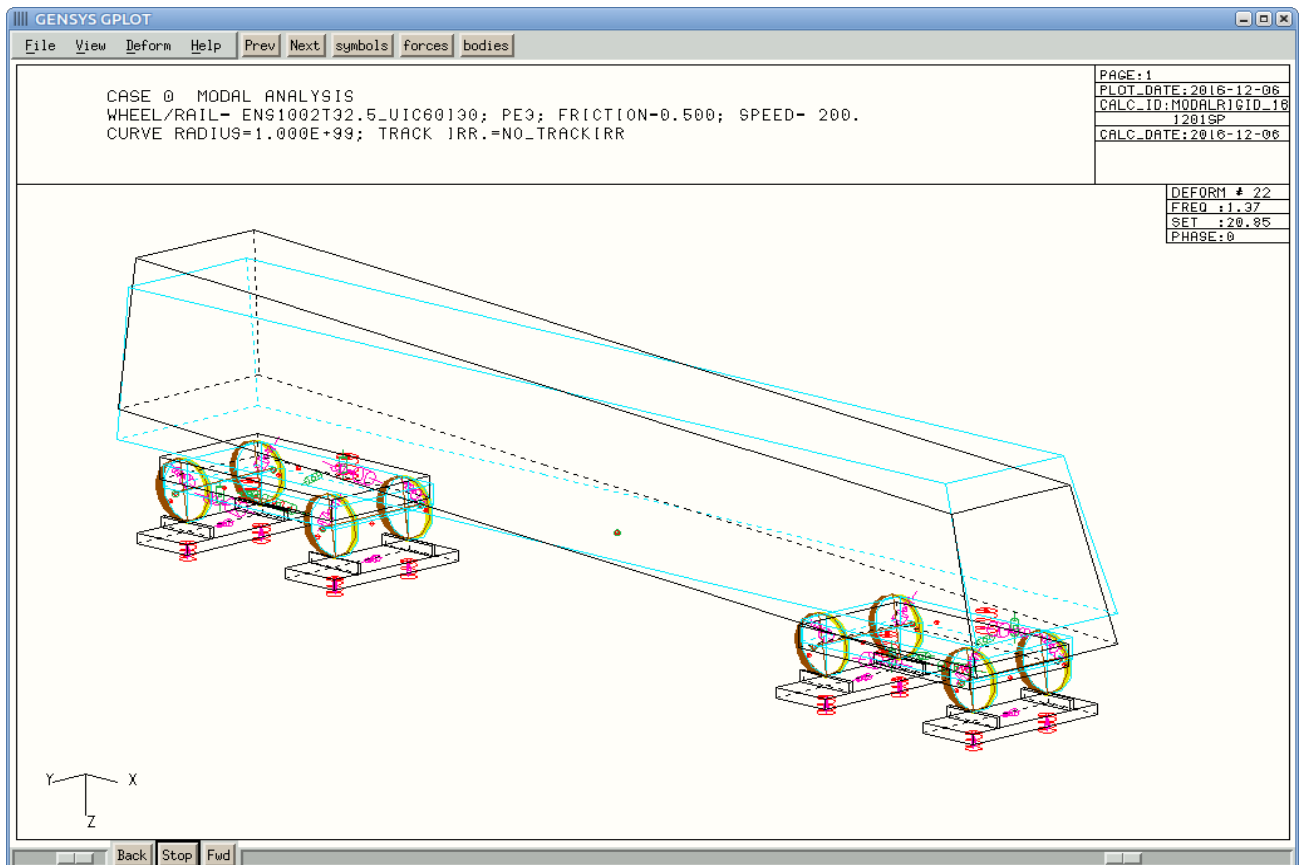


Fig 5) Mod #22 Body pitch. Egenfrekvens 1.37[Hz]. Relativdämpning 21 %.

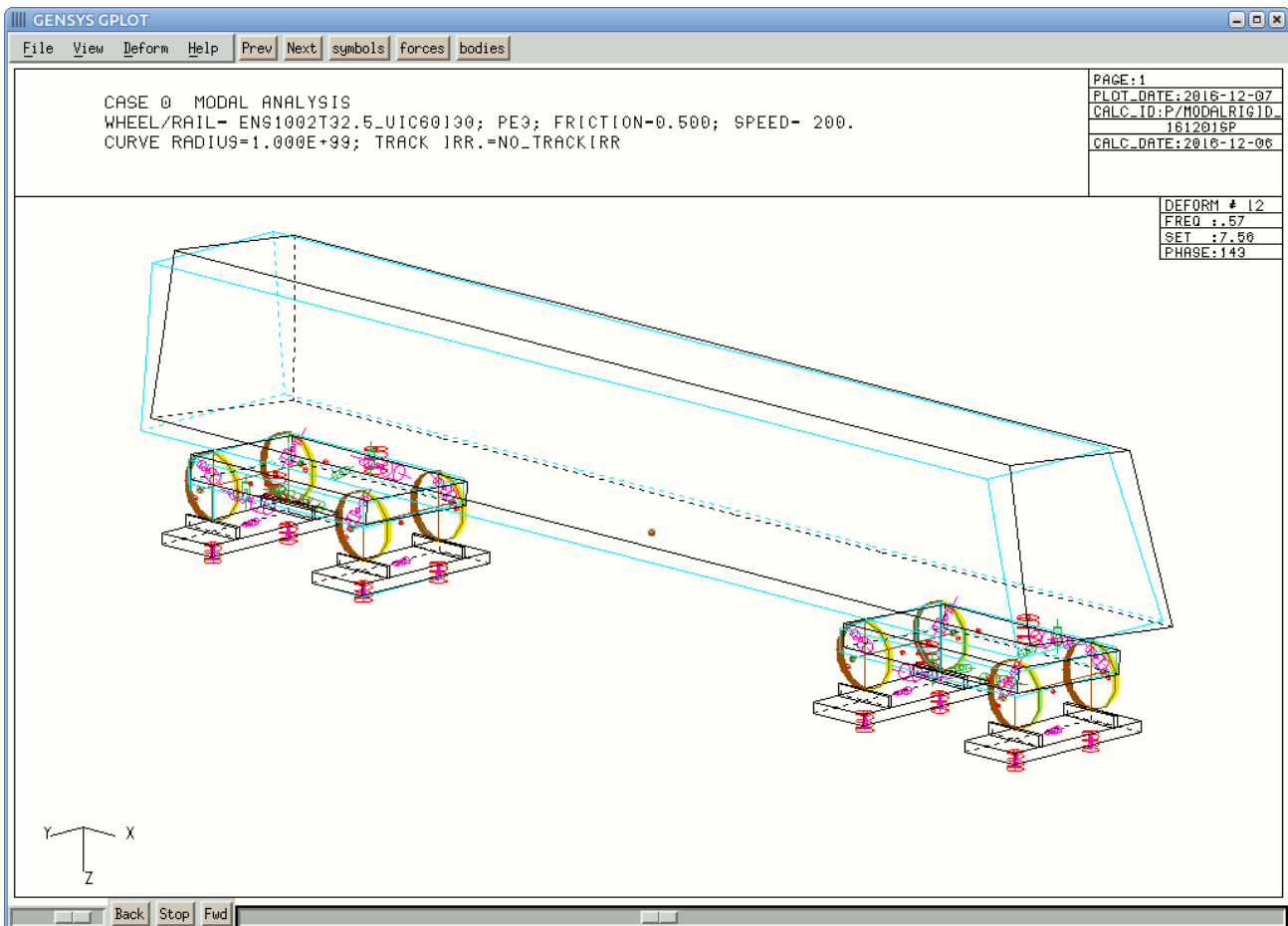


Fig 6) Mod #12 Lower sway. Egenfrekvens 0.57[Hz]. Relativdämpning 7.5 %.

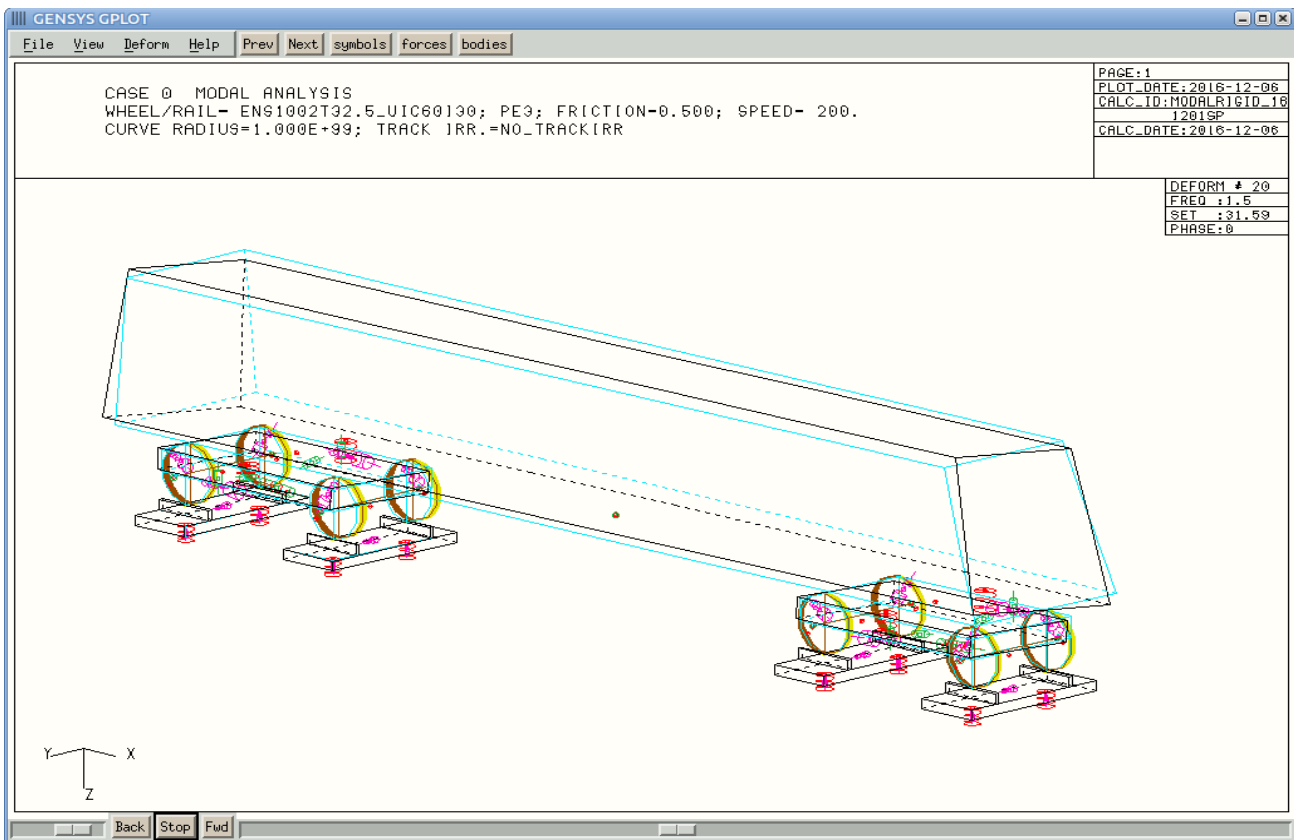


Fig 7) Mod #20 Upper sway. Egenfrekvens 1.5[Hz]. Relativdämpning 31 %.

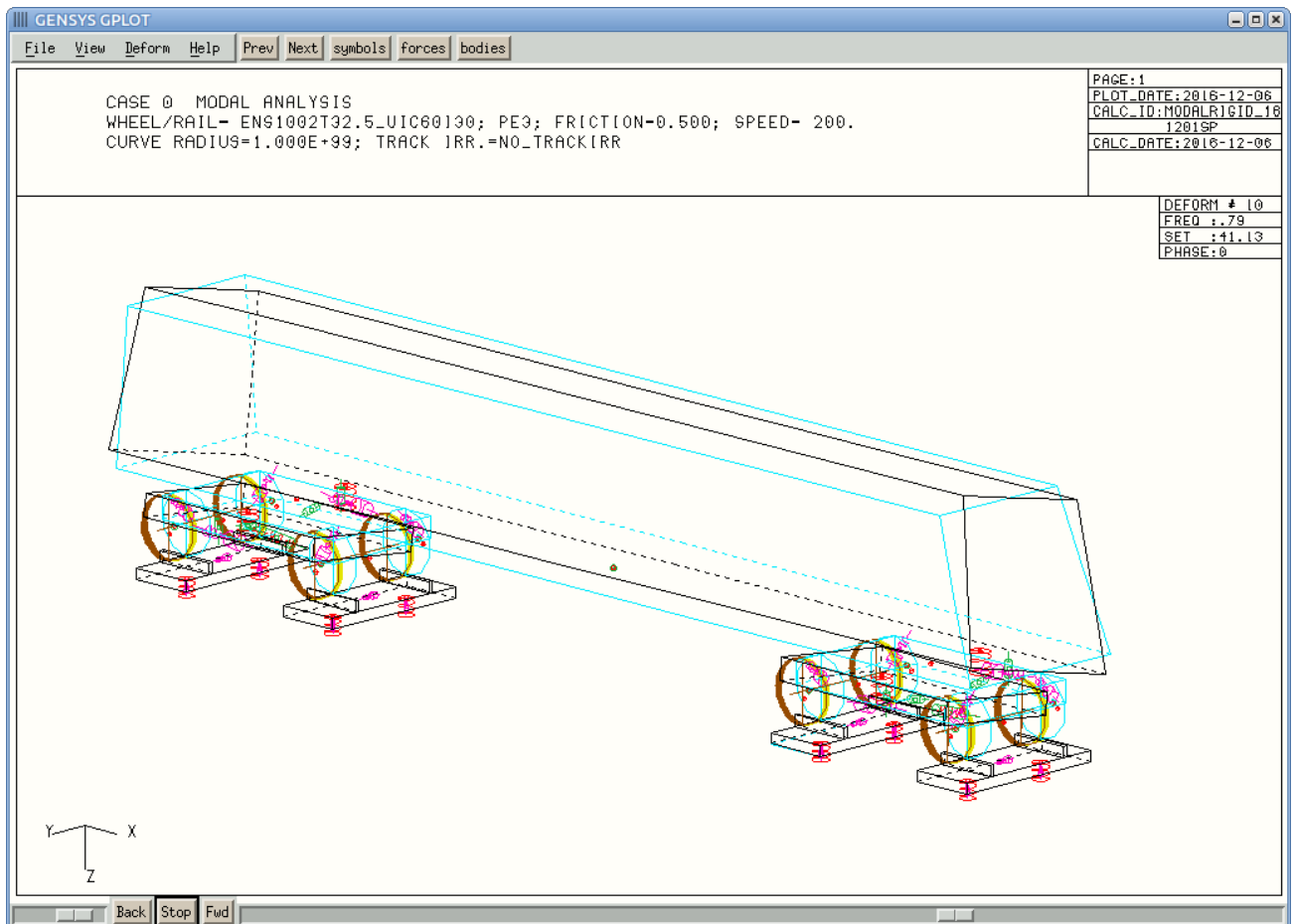


Fig 8) Mod #10 Bogie kinematic mode 1. Egenfrekvens 0.79[Hz]. Relativdämpning 41 %.

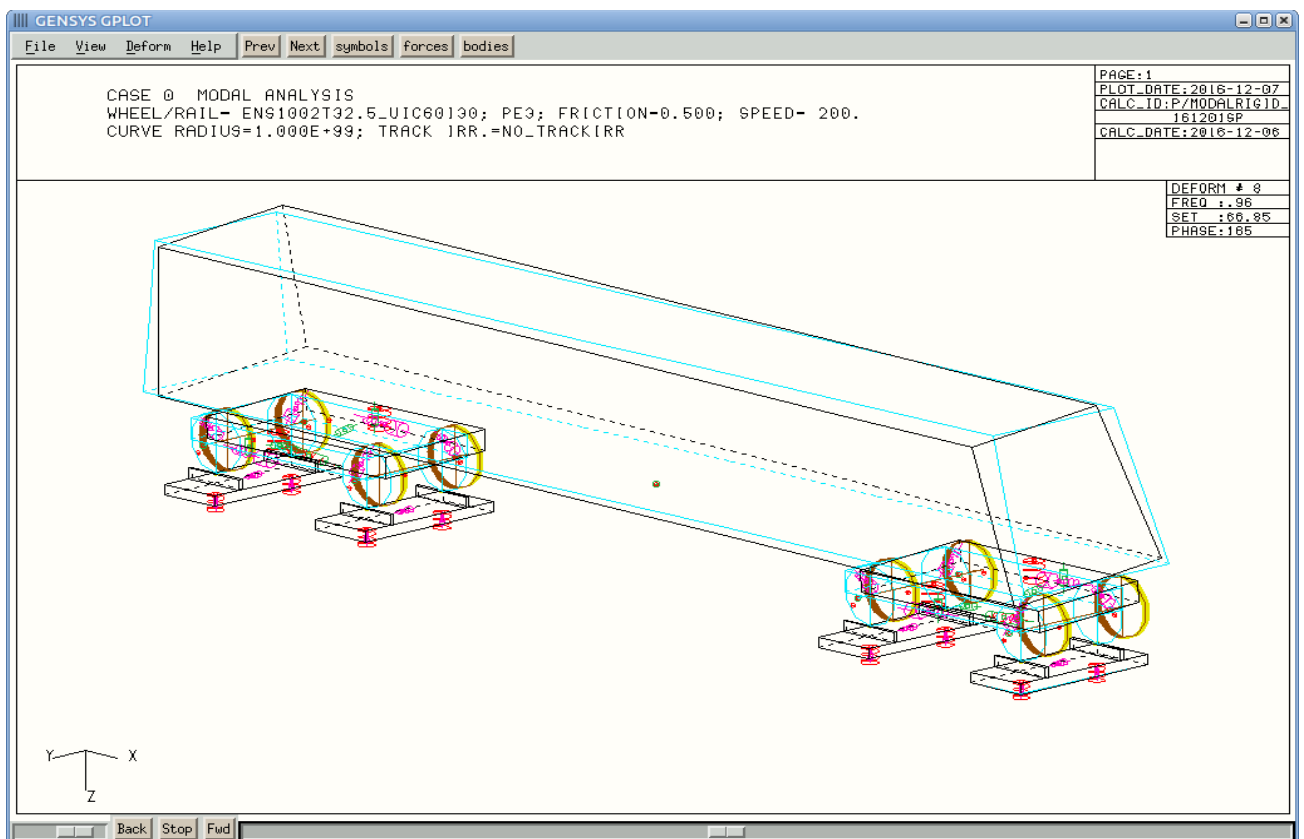


Fig 9) Mod #8 Bogie kinematic mode 2. Egenfrekvens 0.96[Hz]. Relativdämpning 67 %.

De två sista svängningsformerna beror av fordonshastighet och konicitet. Dessa två svängningsformer kommer att ändras mycket när fordonshastigheten och/eller koniciteten ändras.

4.B_1427 Trång spårvidd 1427

När spårvidden blir trång minskar spårspellet mellan hjulpar och spår. Hjulpåret kan inte röra sig lika fritt i lateral led som normalt. Dessutom ökar koniciteten med minskat spårspel, så Klingel-frekvensen ökar och boggierna får allt svårare att ge tillräcklig dämpning till ”bogie kinematic mode”.

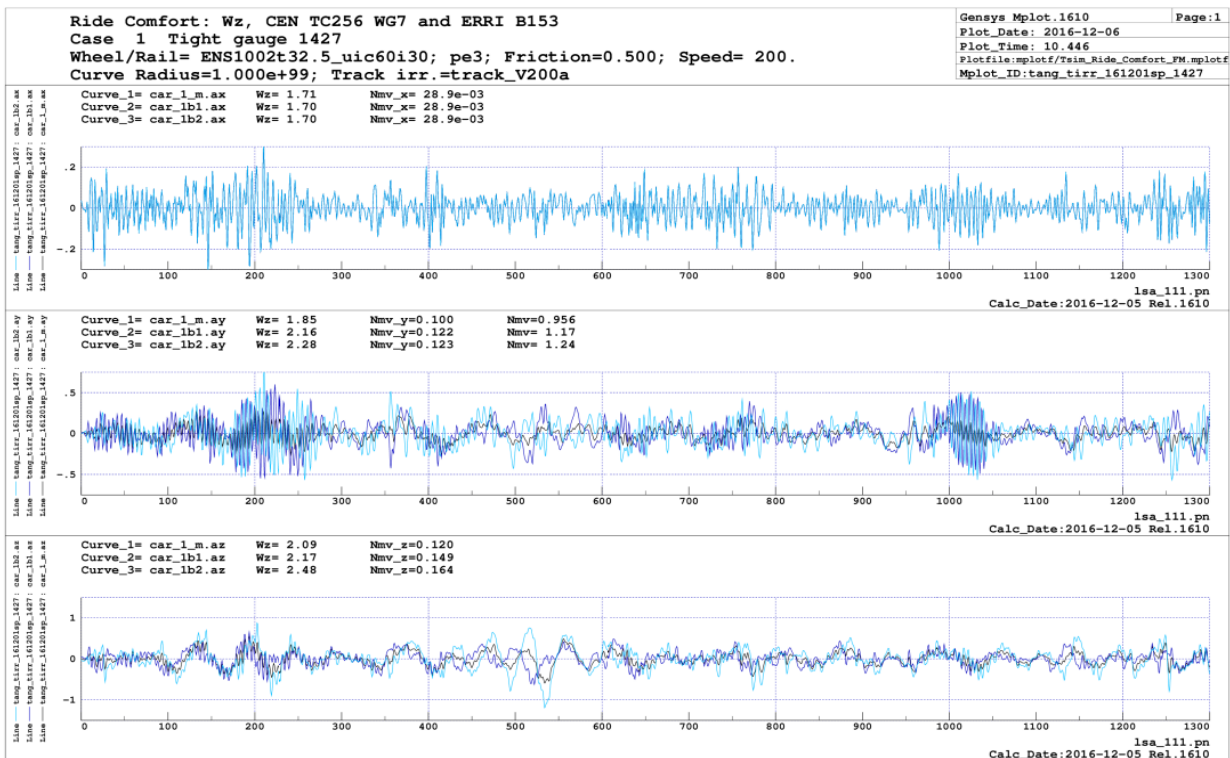


Fig. 10) Korgaccelerationer i tidsplanet

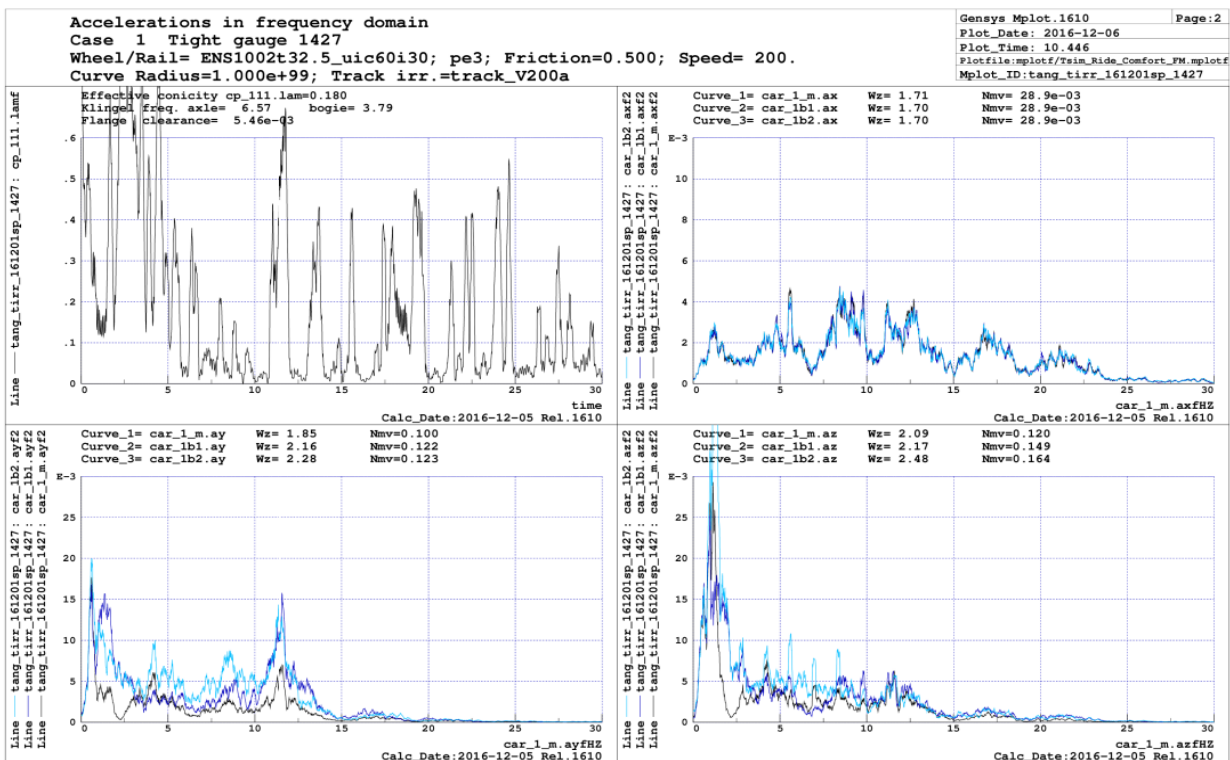


Fig. 11) Korgaccelerationer i frekvensplanet

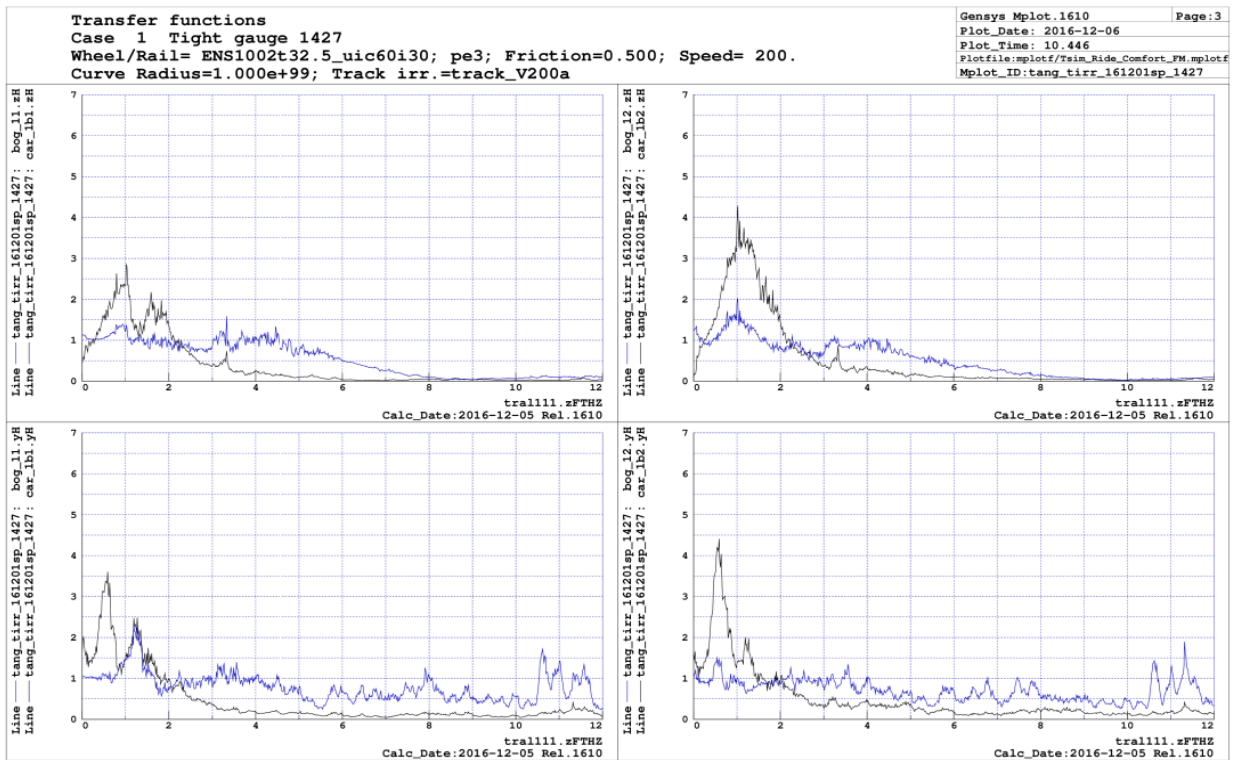


Fig. 12) Överföringsfunktion från spår till boggier och korg

Kommentarer:

- Boggier vertikal riktning.
Beter sig ungefär som i referensfallet. Följer spårets rörelser upp till 4.5[Hz] ungefär. Över ca: 9[Hz] står boggierna stilla.
- Korg vertikal riktning.
Beter sig också ungefär som referensfallet. Följer med boggiernas rörelser upp t.o.m. ~2.2[Hz].
- Boggier lateral riktning.
Här har stor förändring skett. Överföringsfunktionen klingar nu inte av över 3.7[Hz] utan följer med spårstörningarna upp i höga frekvenser, åtminstone upp till 12[Hz]. Det finns t.o.m. en peak i överföringsfunktionen vid 10.5-11.5 [Hz].
- Korg lateral riktning.
Man ser att överföringsfunktionen inte avtar lika mycket som i referensfallet. Vid 11.5[Hz] så är överföringsfunktionen fortfarande ganska stor.
- I Figur 8 kan man se att vibrationsnivån ökat mycket. Men vibrationerna syns tyvärr inte efter att de har filterats genom komfortfilter Wd enligt EN12299. Enligt filter Wd i EN12299 viktas accelerationer mellan 0.5-2.0 [Hz] högt, men frekvenser uppåt 10-12 [Hz] dämpas mycket hårt. Enligt normen EN12299 så går faktiskt vagnen ”bättre” vid trångt spårläge. Men i praktiken för passagerarna upplevs även höga frekvenserna som obehagliga, p.g.a. att allting inne i vagnen skakar och vibrerar.
Även om komfortfilteret i EN12299 inte säger att det är dålig gång, är det ändå önskvärt att rätta till det trånga spårläget. Det trånga spårläget kan ses i en uppmätning av spåret med ett spårsmåtfordon.

4.B_V160a Större spårfel

Simulering på annat spår med större spårfel.

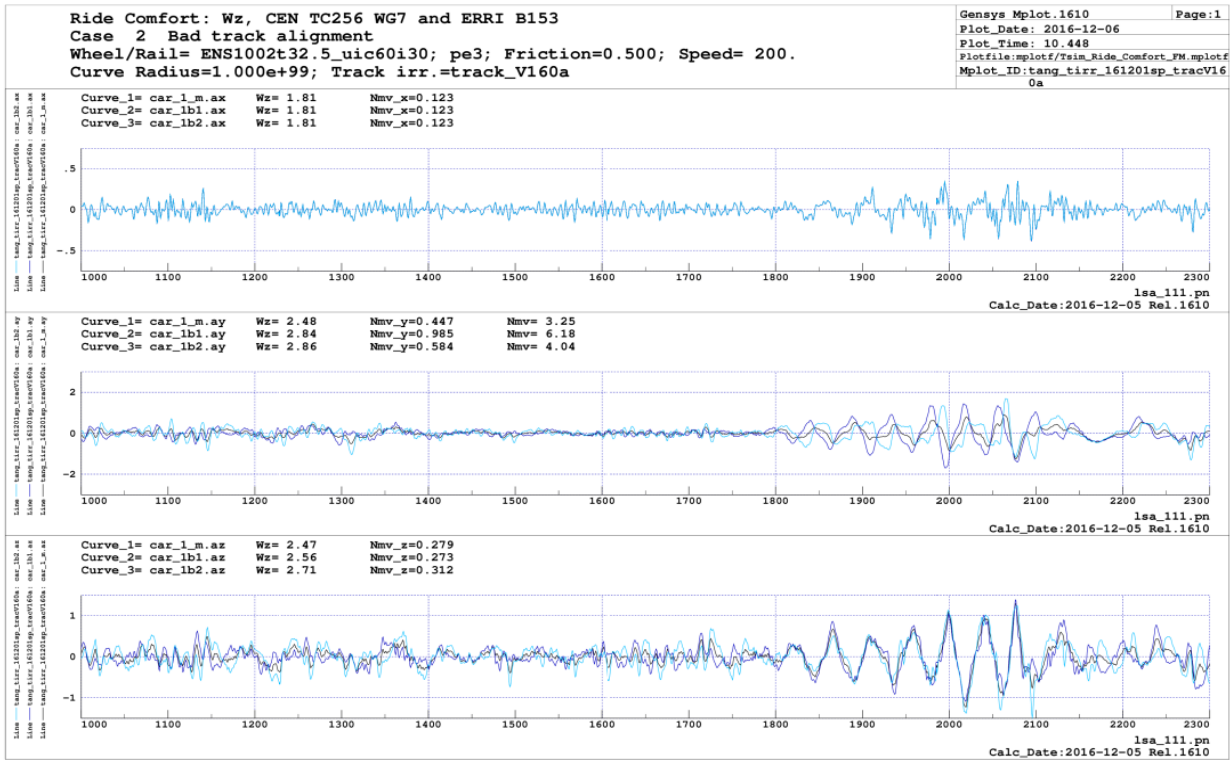


Fig. 13) Korgaccelerationer i tidsplanet

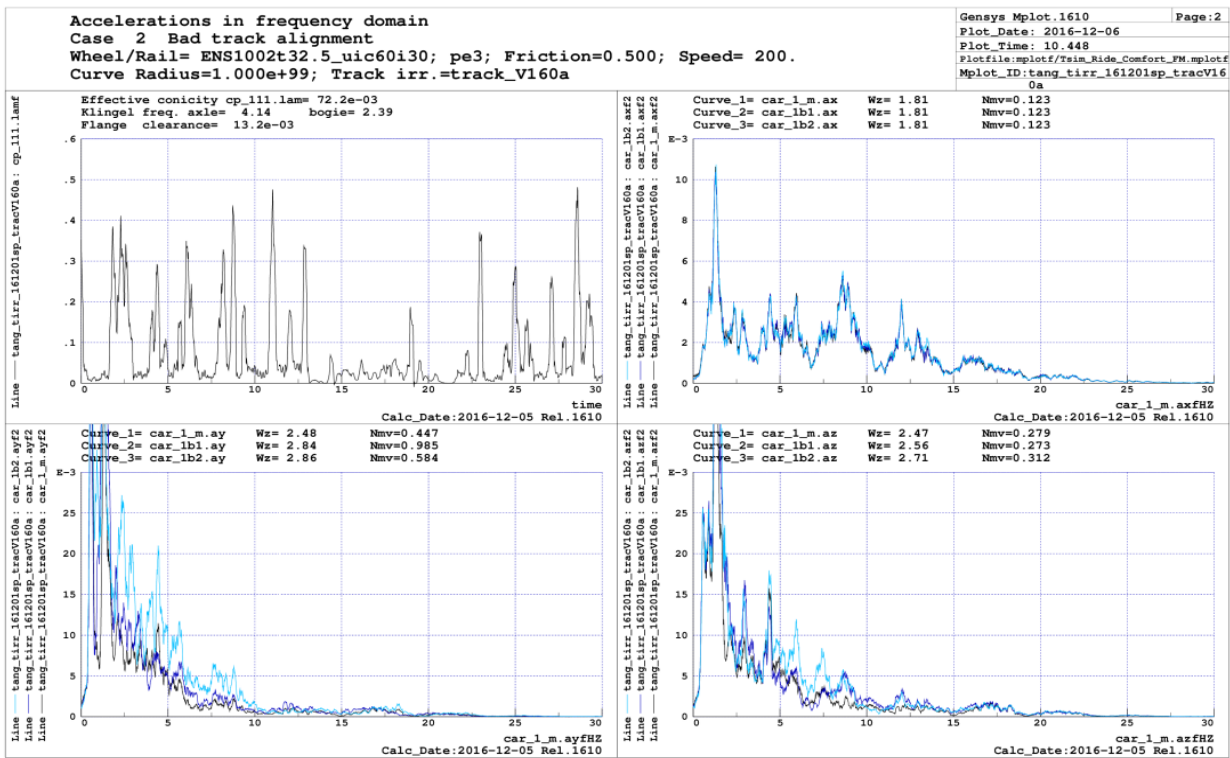


Fig. 14) Korgaccelerationer i frekvensplanet

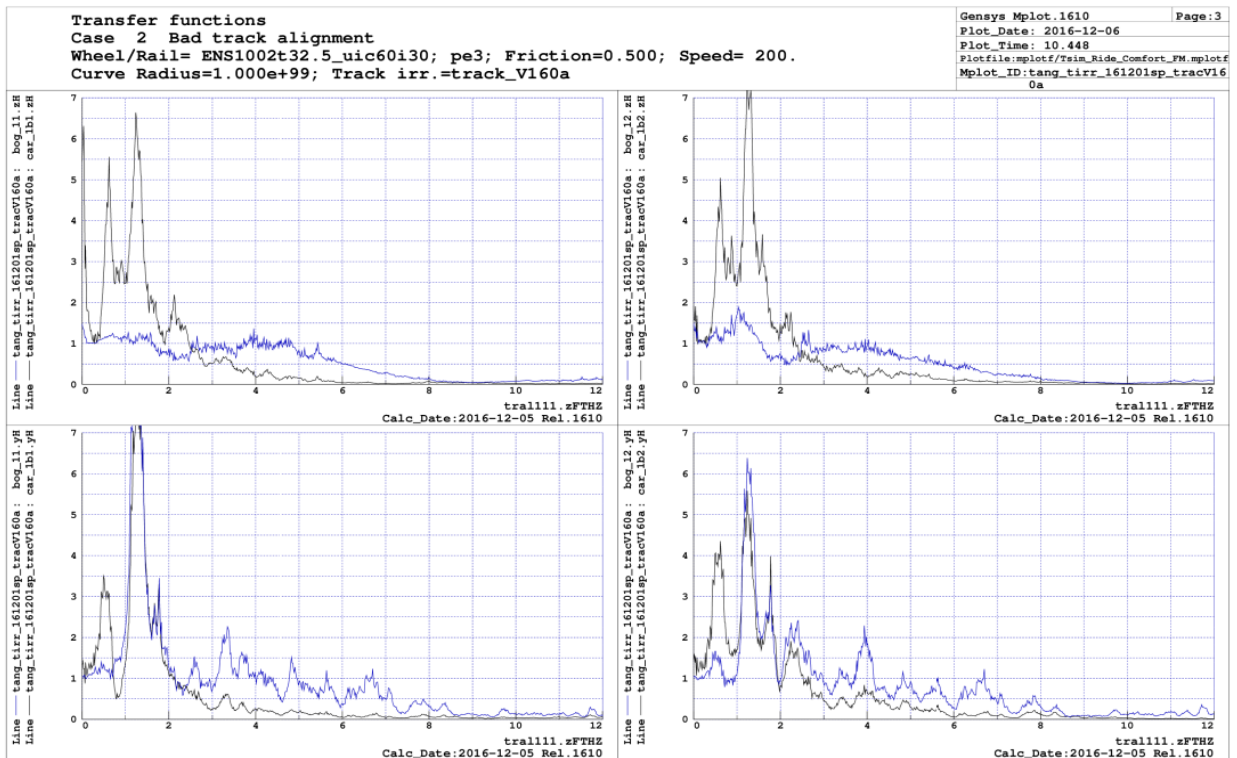


Fig. 15) Överföringsfunktion från spår till boggier och korg

Kommentarer:

- Boggier vertikal riktning.
Beter sig ungefär som i referensfallet. Följer spårets rörelser upp till 4.5[Hz] ungefär. Över ca: 9[Hz] står boggierna stilla.
- Korg vertikal riktning.
Vid frekvenser över ~2.5[Hz] betar sig fordonet ungefär som i referensfallet. Vid lägre frekvenser är dock överföringsfunktionen större än referensfallet. Det är oklart varför vagnens betar sig så. Kanske beror det på olinjäriteter i fordonets fjädrar och dämpare?
- Boggier lateral riktning.
Vid frekvenser över ~2.5[Hz] betar sig boggierna ungefär som i referensfallet. Vid lägre frekvenser är dock överföringsfunktionen större än referensfallet. Kanske beror det på att hjulen klättrar högre på flänsarna p.g.a. att spårfelsamplituderna är större och/eller om det beror på olinjäriteter i fjädrar och dämpare?
- Korg lateral riktning.
Beter sig ungefär som i referensfallet. Varje korgände följer respektive boggi. Dock är amplituderna större men det beror nog på att boggin amplituder är större.
- Både Wz och komfortfilter enligt EN12299 visar att komforten är sämre än referensfallet.
- Detta fall kan lätt misstolkas som att någon eller några sekundärdämpare har försämrade egenskaper. Men om spårkvalitén utvärderas enligt EN14363, borde man kunna dra slutsatsen att det är spårsläget som är dåligt.

4.B_V120b Större spårfel

Simulering på annat spår med större spårfel.

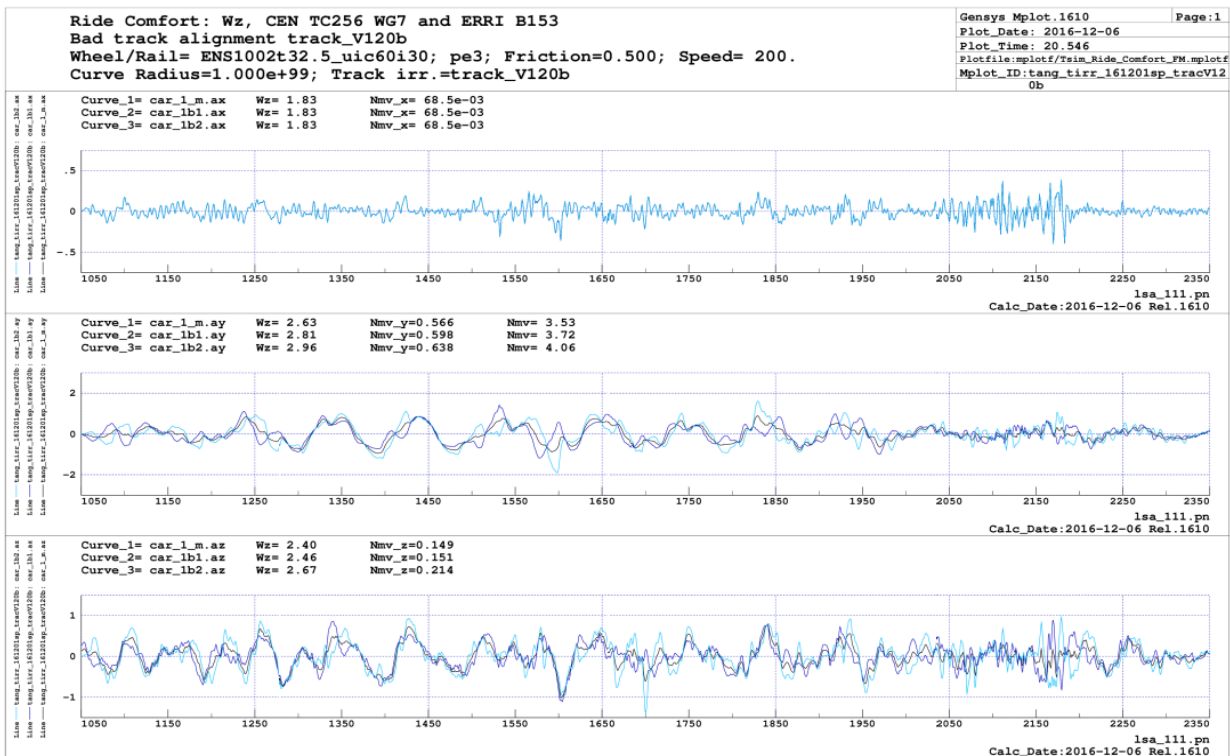


Fig. 16) Korgaccelerationer i tidsplanet

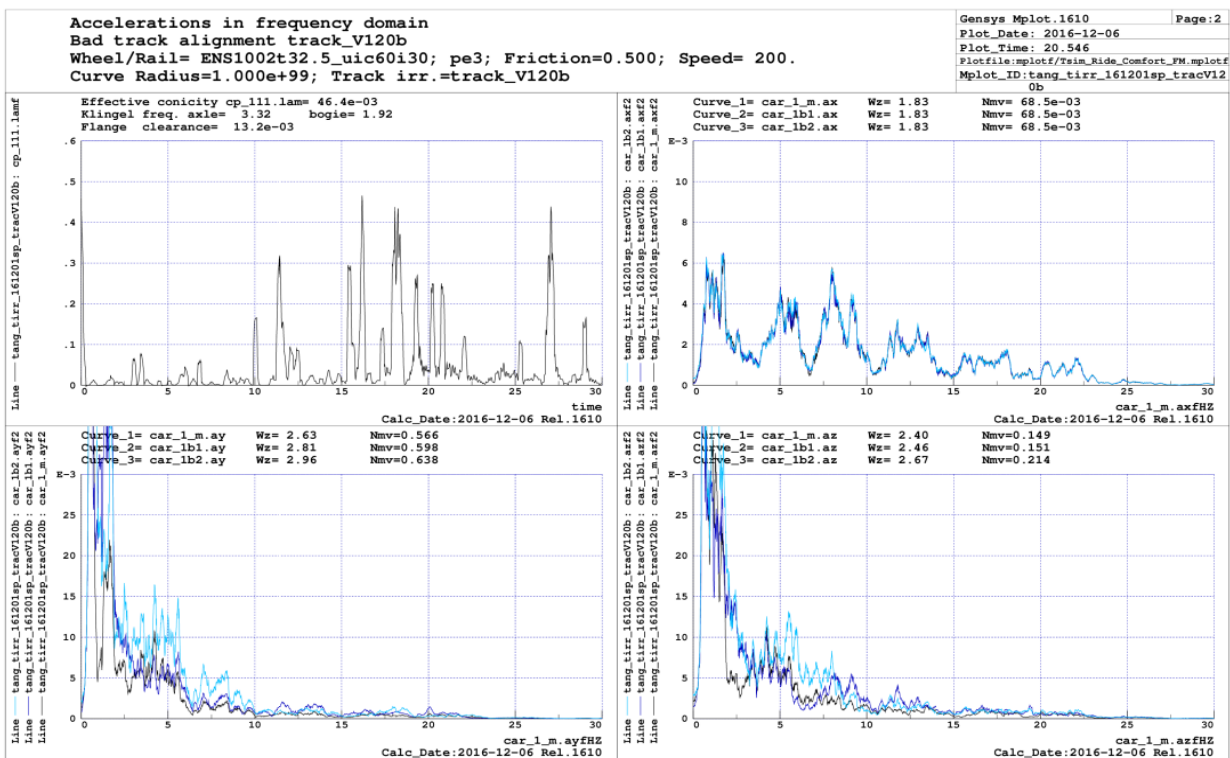


Fig. 17) Korgaccelerationer i frekvensplanet

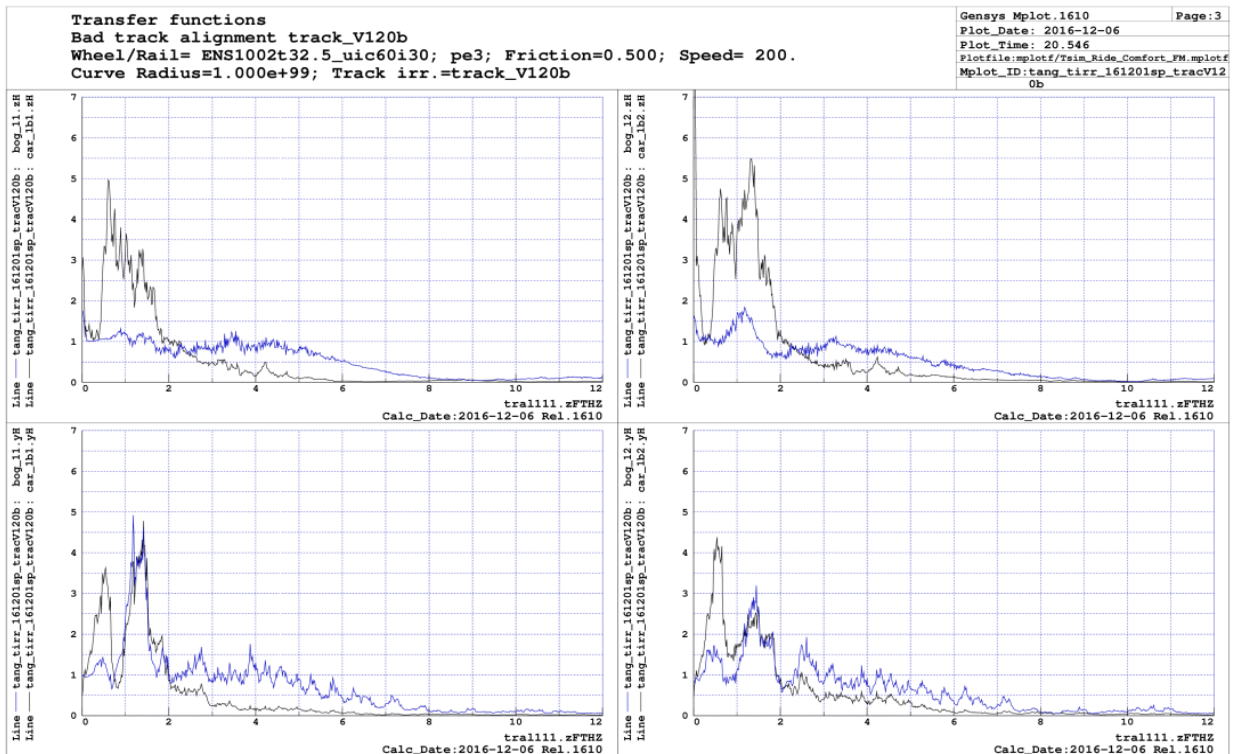


Fig. 18) Överföringsfunktion från spår till boggier och korg

Kommentarer:

- Boggier vertikal riktning.
Beter sig ungefär som i referensfallet.
- Korg vertikal riktning.
Beter sig ungefär som i referensfallet. Något förhöjda värden under ~ 2.5 [Hz]
Vid frekvenser över ~ 2.5 [Hz] betar sig fordonet ungefär som i referensfallet. Vid lägre frekvenser är dock överföringsfunktionen större än referensfallet. Det är oklart varför vagnens betar sig så. Kanske beror det på olinjäriteter i fordonets fjädrar och dämpare?
- Boggier lateral riktning.
Beter sig ungefär som i referensfallet.
- Korg lateral riktning.
Beter sig ungefär som i referensfallet.
- Både Wz och komfortfilter enligt EN12299 visar att komforten är sämre än referensfallet. Men eftersom fordonets överföringsfunktioner ser bra ut. Bör man kunna dra slutsatsen att det är spårfeleken som är för stora.

4.B_worn4 Sliten hjulprofil S1002worn4

Det finns många olika typer av slitna hjul. Hjulprofilen S1002worn4 som har använts vid dessa beräkningar har en urgröpt löpbana, vilket har medfört en hög konicitet vid normal spårvidd 1435[mm].

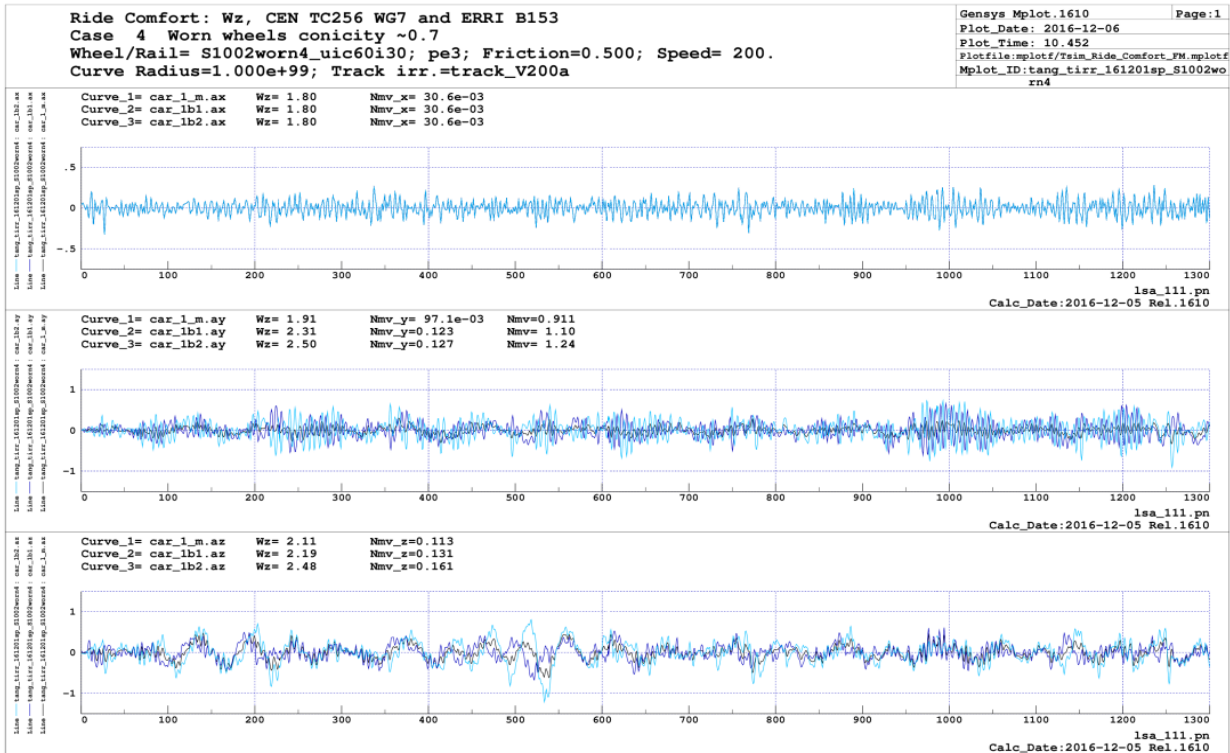


Fig. 19) Korgaccelerationer i tidsplanet

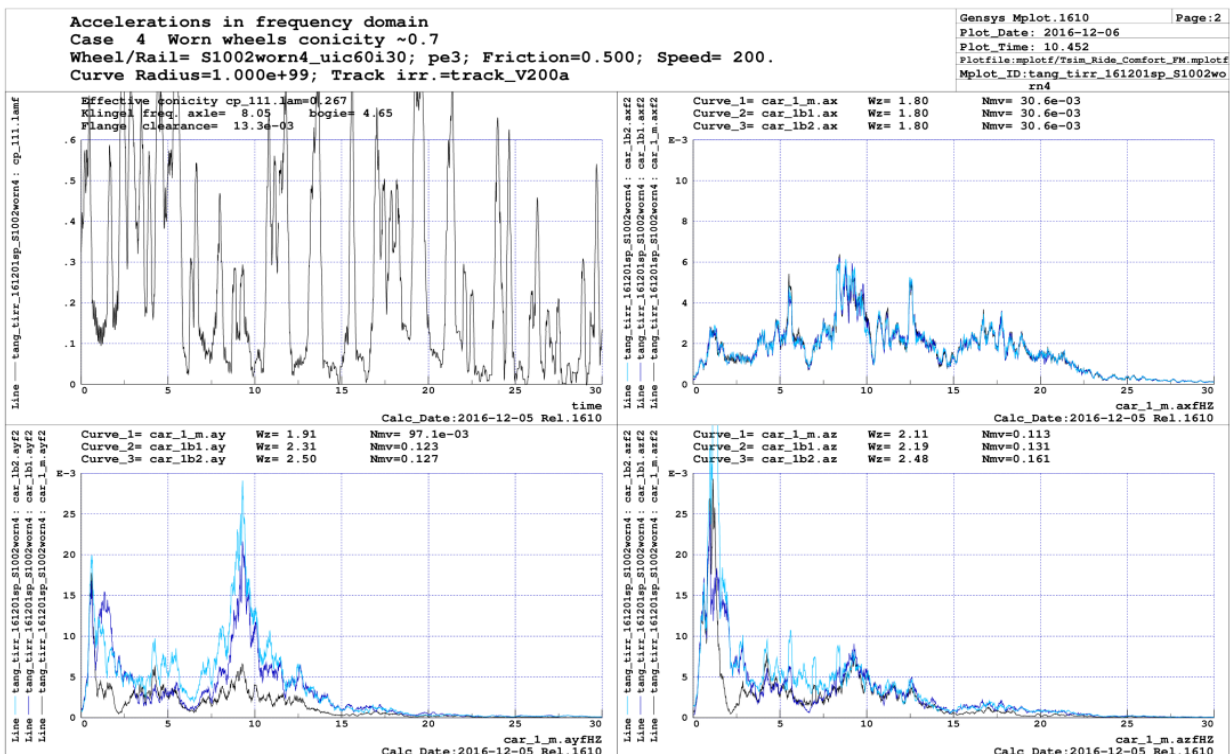


Fig. 20) Korgaccelerationer i frekvensplanet

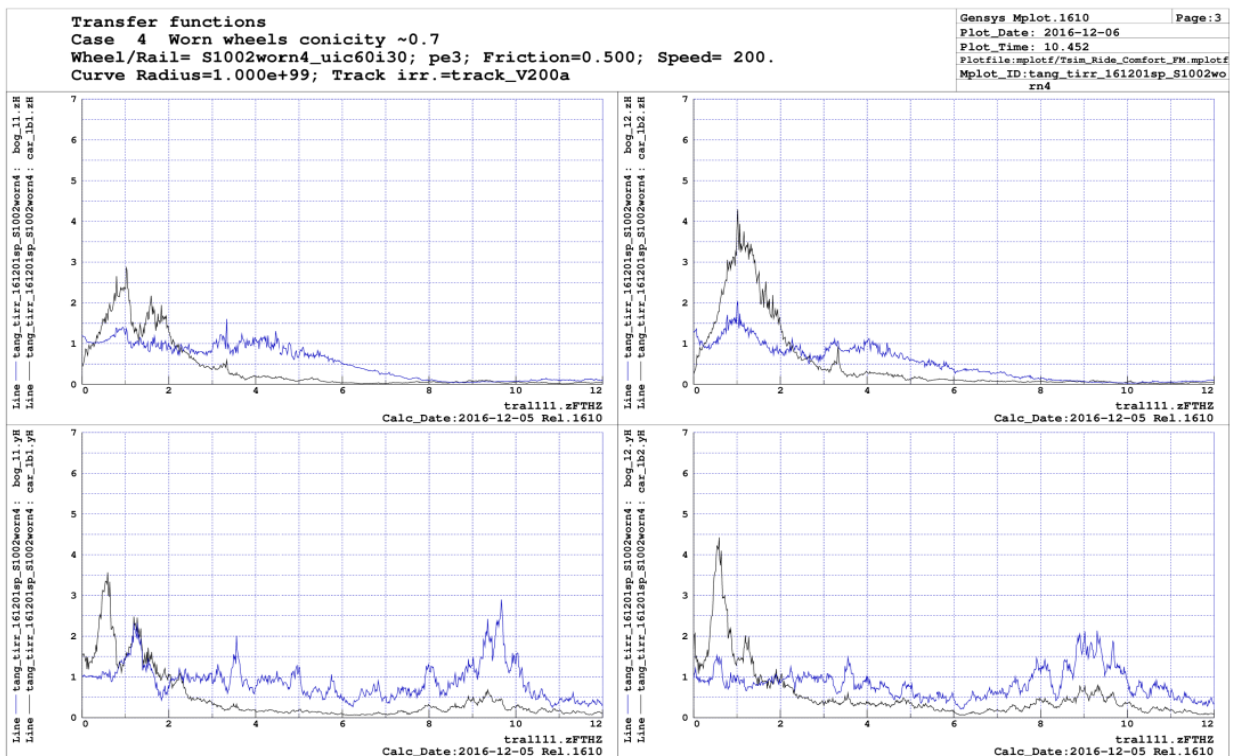


Fig. 21) Överföringsfunktion från spår till boggier och korg

Kommentarer:

- Boggier vertikal riktning.
Beter sig ungefär som i referensfallet.
- Korg vertikal riktning.
Beter sig också ungefär som referensfallet.
- Boggier lateral riktning.
Här har stor förändring skett. Överföringsfunktionen klingar nu inte av över 3.7[Hz] utan följer med spårstörningarna upp i höga frekvenser. Det finns en peak i överföringsfunktionen vid ca: 9.5 [Hz].
- Korg lateral riktning.
Man ser att överföringsfunktionen inte avtar lika mycket som i referensfallet. Korgändarna följer sina respektive boggier, skakar mycket upp i höga frekvenser.
- Man ser att vibrationsnivåerna har ökat mycket, men de syns tyvärr inte när de filtrerats genom komfortfilter Wd enligt EN12299.
- Detta fall påminner mycket om fallet trångt spår, se beräkningsfall B_1427. För att kunna skilja mellan trångt spår och sliten hjulprofil, måste man titta i en registrering gjord av en spårmatvagn, och/eller göra en analys i ett program av typ KPF see Appendix B..

4.B_worn4_1427 Sliten hjulprofil S1002worn4 samt trångt spår

Kombinationen hjulprofil S1002worn4 samt trångt spår ger en mycket dålig gång.

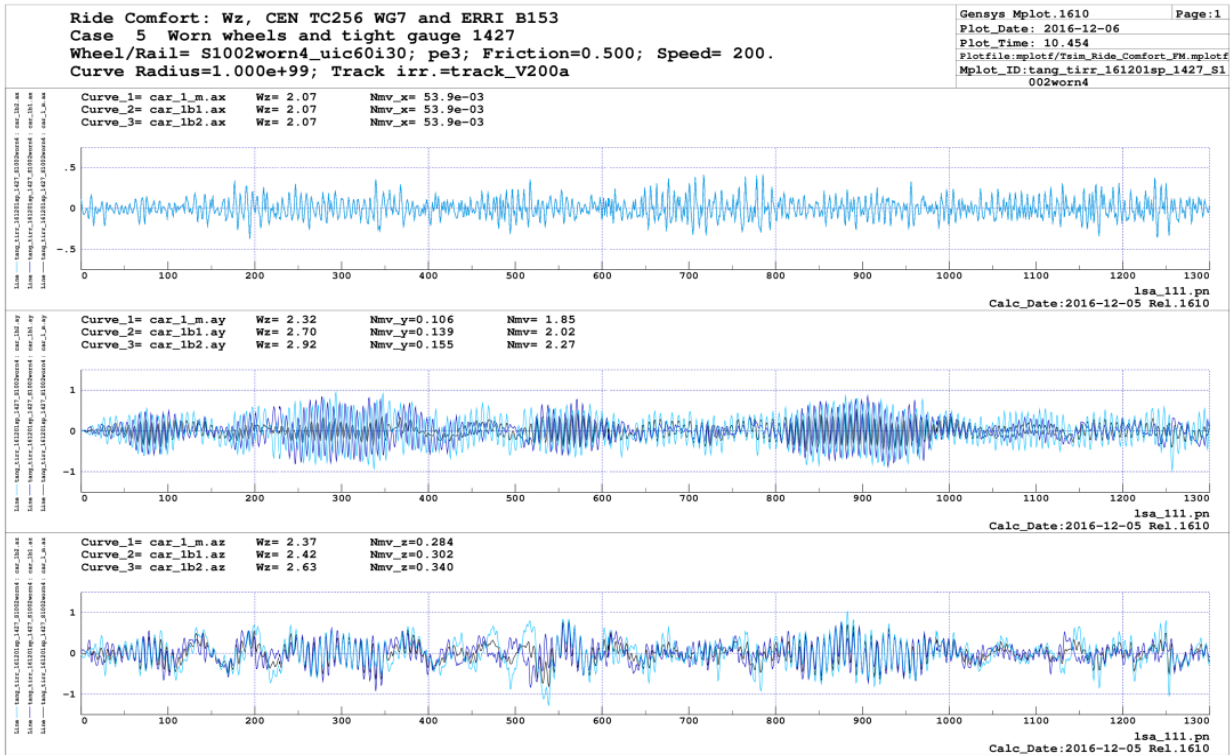


Fig. 22) Korgaccelerationer i tidsplanet

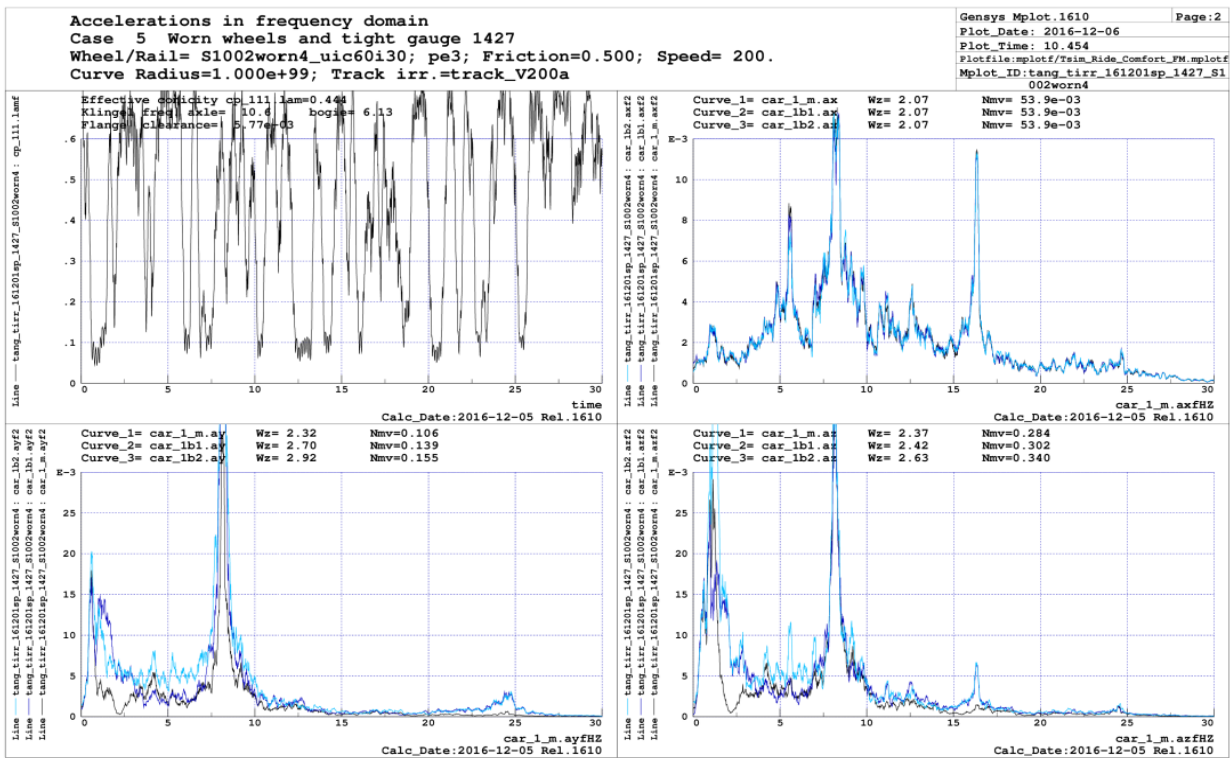


Fig. 23) Korgaccelerationer i frekvensplanet

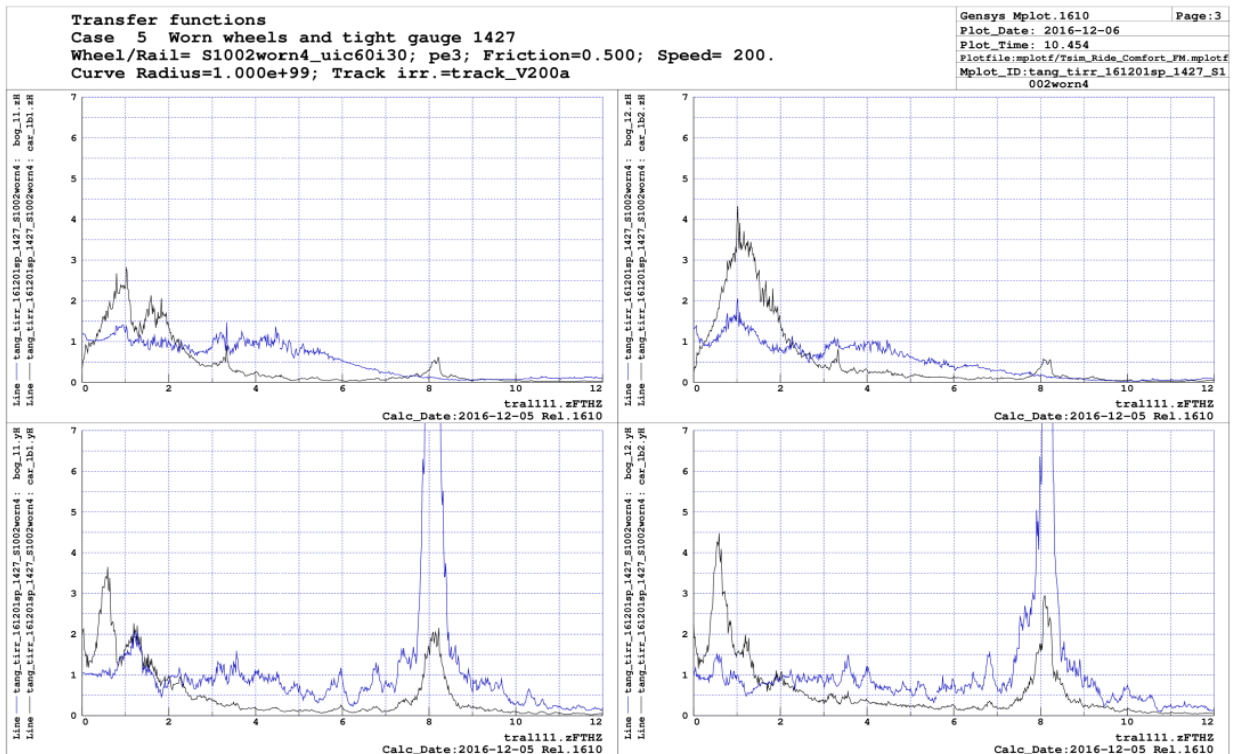


Fig. 24) Överföringsfunktion från spår till boggier och korg

Kommentarer:

- Boggier vertikal riktning.
Beter sig ungefär som i referensfallet.
- Korg vertikal riktning.
Beter sig ungefär som i referensfallet.
- Boggier lateral riktning.
Kraftig peak vid 8 [Hz] p.g.a. instabilitet sinusgång.
- Korg lateral riktning.
Boggins instabilitet slår även igenom till korgen.

Genom att trängt spårläge och urgröpt löpbana på hjulet har ungefär samma beteende är det svårt att avgöra om det är spåret, fordonet eller en kombination av spår och fordon som är problemet. För att gå vidare och utreda vad som orsakar problemet. Måste hjul- och räl-profil och en analys i preprocessor KPF göras, see Appendix B.

4.F_1a Snöpackning i boggi alt. korgen vilar på nödfjädrarna

Dessa två felmoder ger båda en mycket hög vertikalstyvhet mellan korg och boggi.

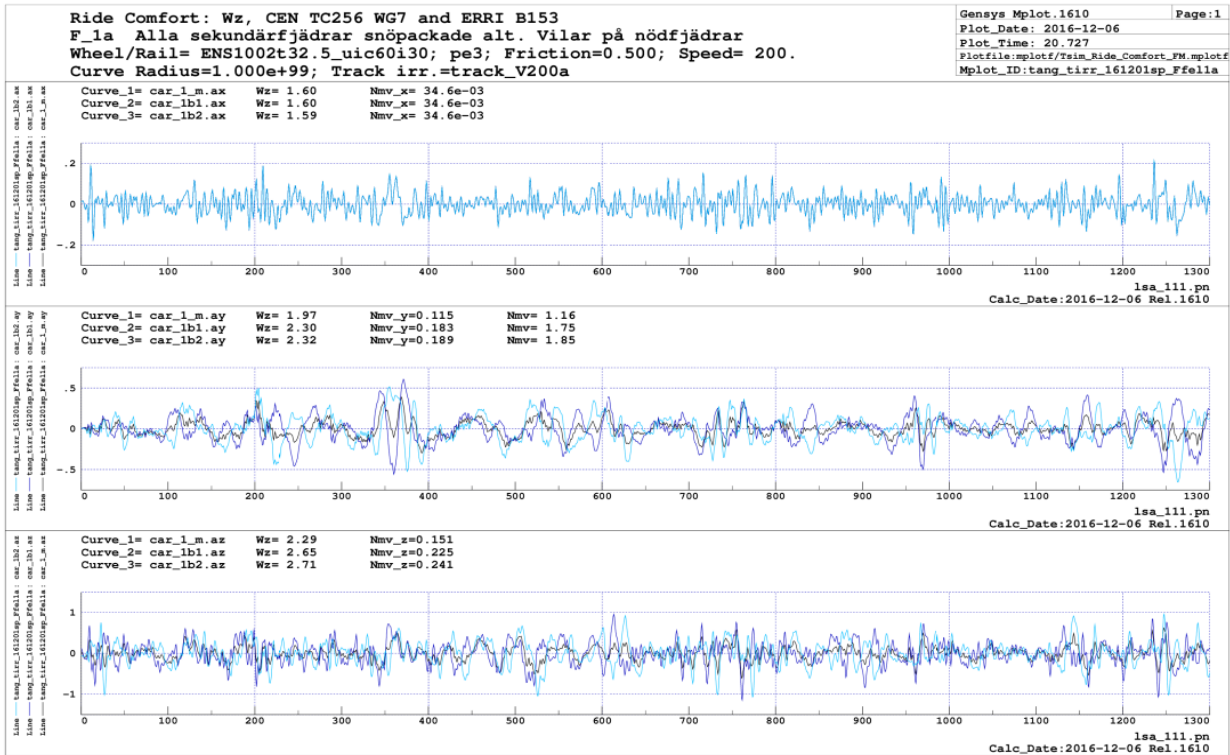


Fig. 25) Korgaccelerationer i tidsplanet

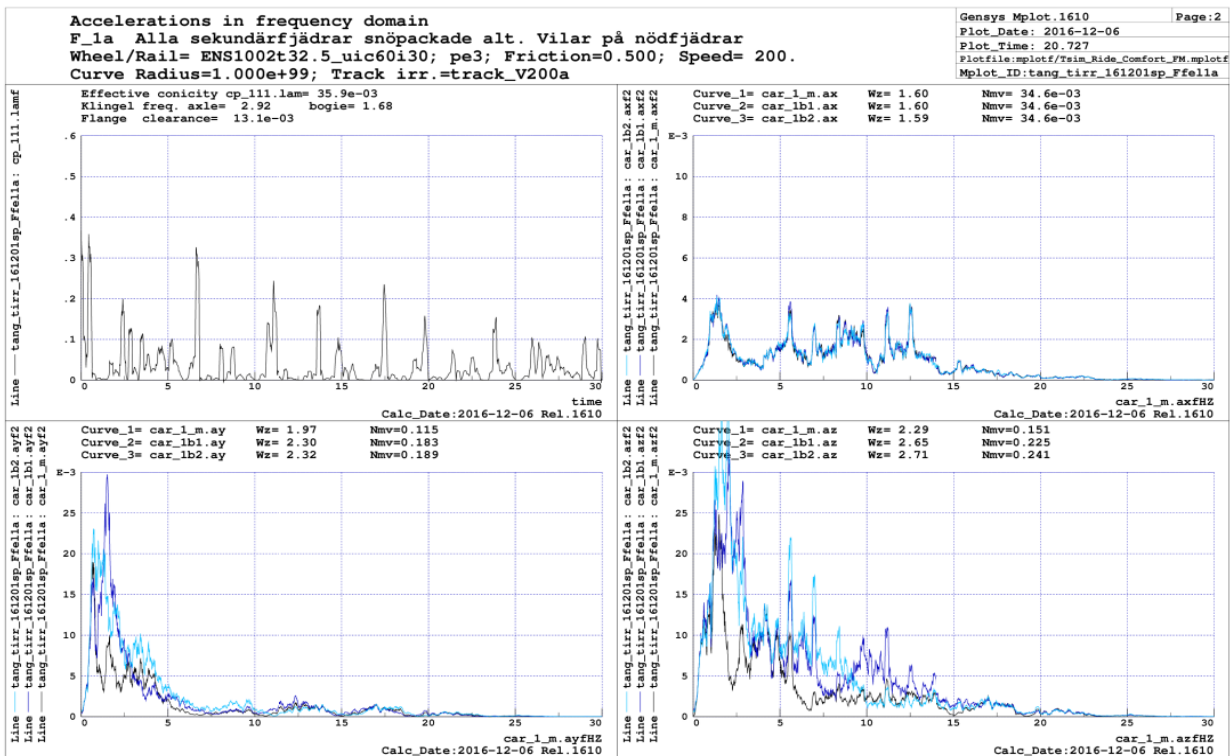


Fig. 26) Korgaccelerationer i frekvensplanet

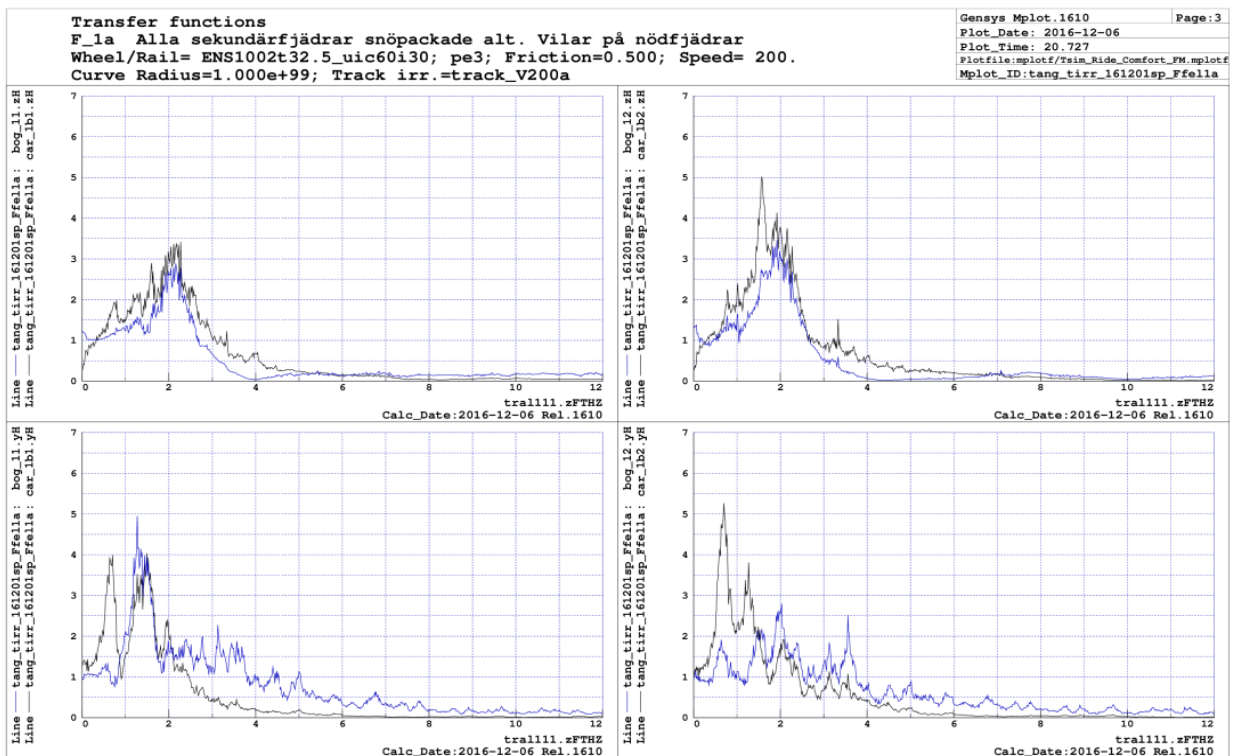


Fig. 27) Överföringsfunktion från spår till boggiar och korg

Kommentarer:

- Boggiar vertikal riktning.
Peaken vid 1-1.5[Hz] body bounce och body pitch syns mycket tydligare än vad den gjorde i referensfallet. P.g.a. de styva sekundärfjädrarna tvingas boggierna följa med korgen i vertikallrörelserna.
- Korg vertikal riktning.
Beter sig nästan som i referensfallet. Men frekvensen hos peaken har ökat något i frekvens. Ligger nu kring 2[Hz]
- Boggiar lateral riktning.
Ungefär som referensfallet.
- Korg lateral riktning.
Ungefär som referensfallet.

Felmoden ger en försämrade komfort i vertikal riktning.

Denna felmod borde gå bra att upptäcka genom att studera överföringsfunktionernas form.

4.F_2a Försämrade laterala sekundärdämpare. Alla dämpare ur funktion.

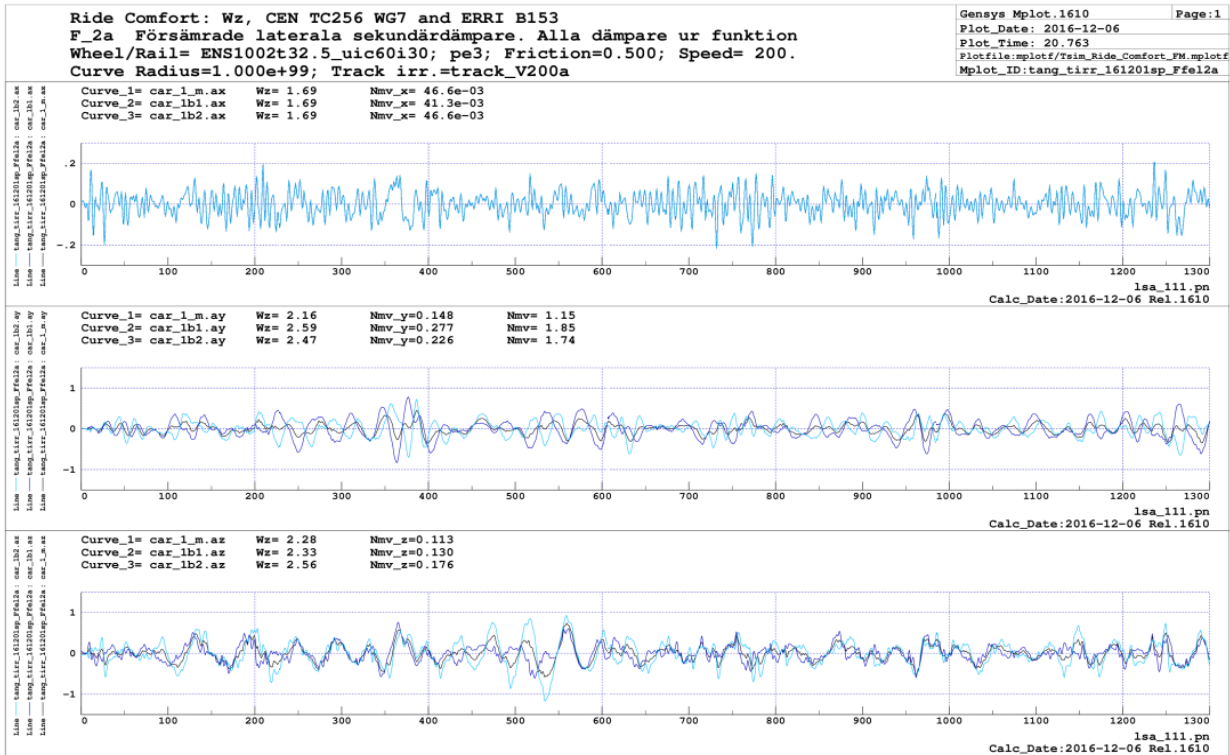


Fig. 28) Korgaccelerationer i tidsplanet

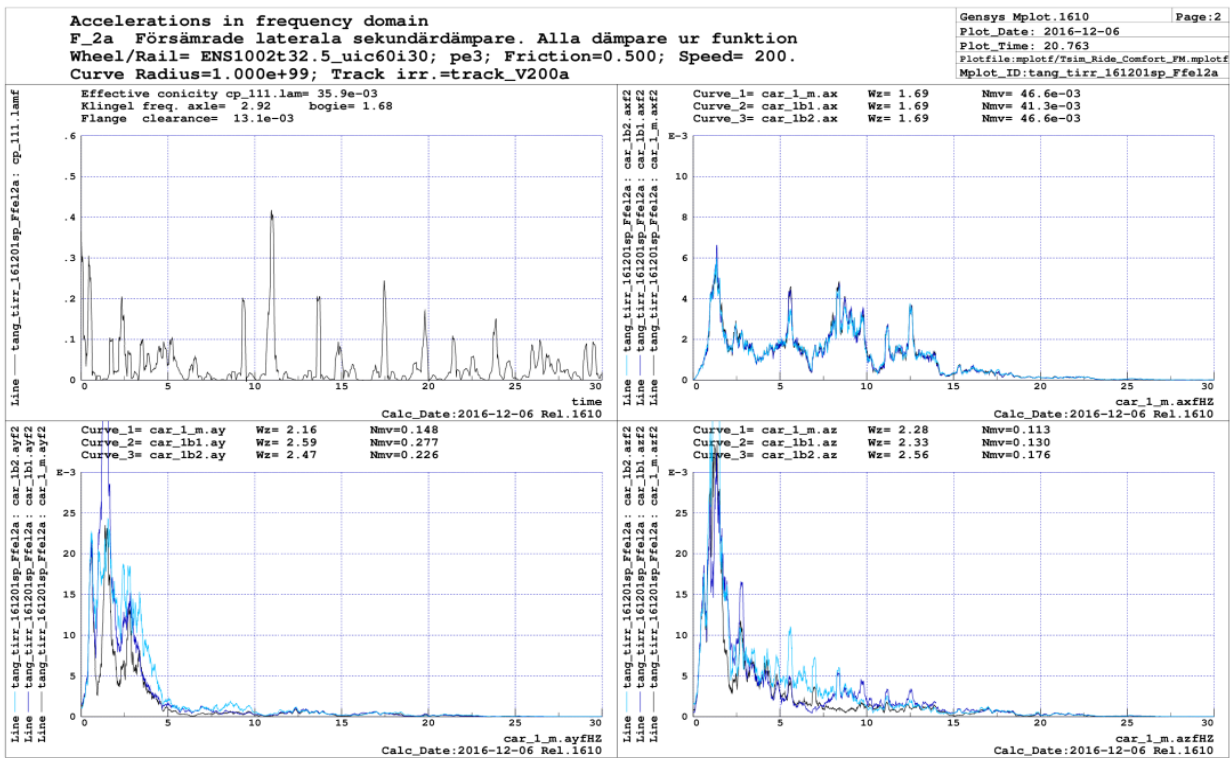


Fig. 29) Korgaccelerationer i frekvensplanet

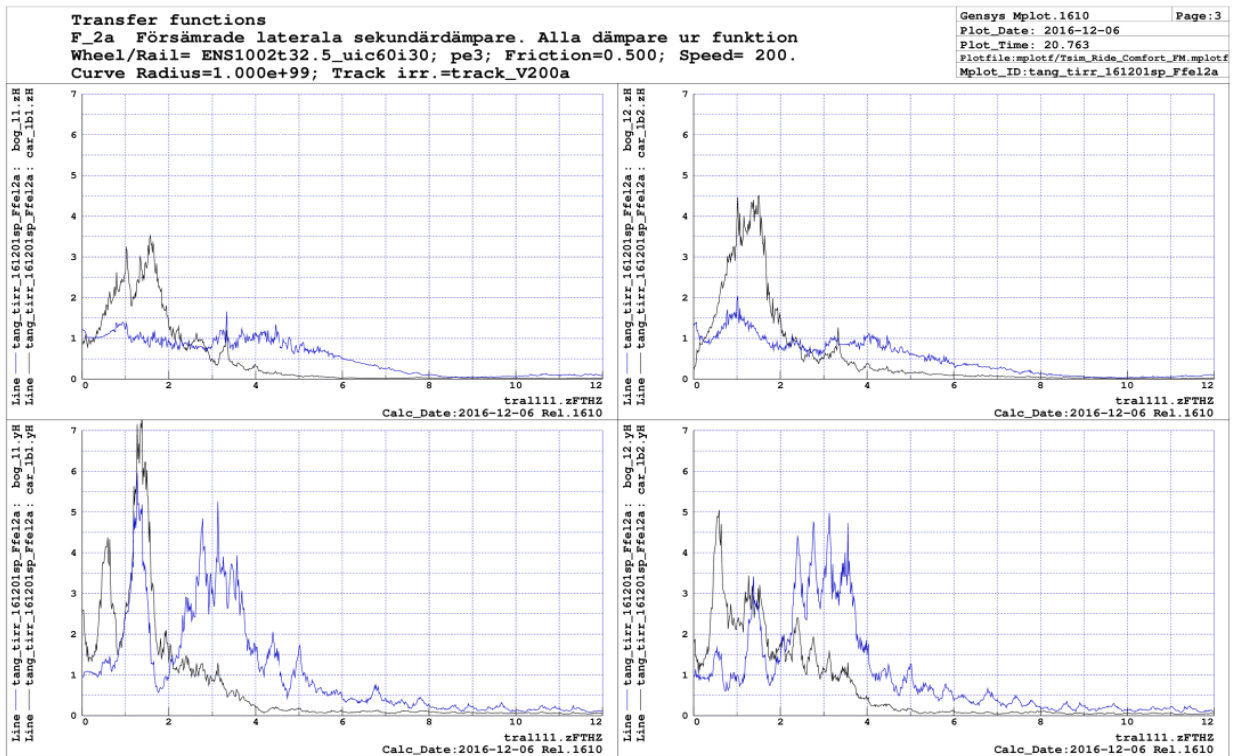


Fig. 30) Överföringsfunktion från spår till boggier och korg

Kommentarer:

- Boggier vertikal riktning.
Ungefär som referensfallet.
- Korg vertikal riktning.
Ungefär som referensfallet.
- Boggier lateral riktning.
Höga amplituder i frekvensområdet 2.4-3.6 [Hz].
- Korg lateral riktning.
Peakarna vid ”bogie kinematic mode” och ”lower sway” är högre än referensfallet.

Denna felmod borde gå bra att upptäcka genom att studera överföringsfunktionernas form.

4.F_2b Försämrade laterala sekundärdämpare. En dämpare i bakre boggin, ur funktion.

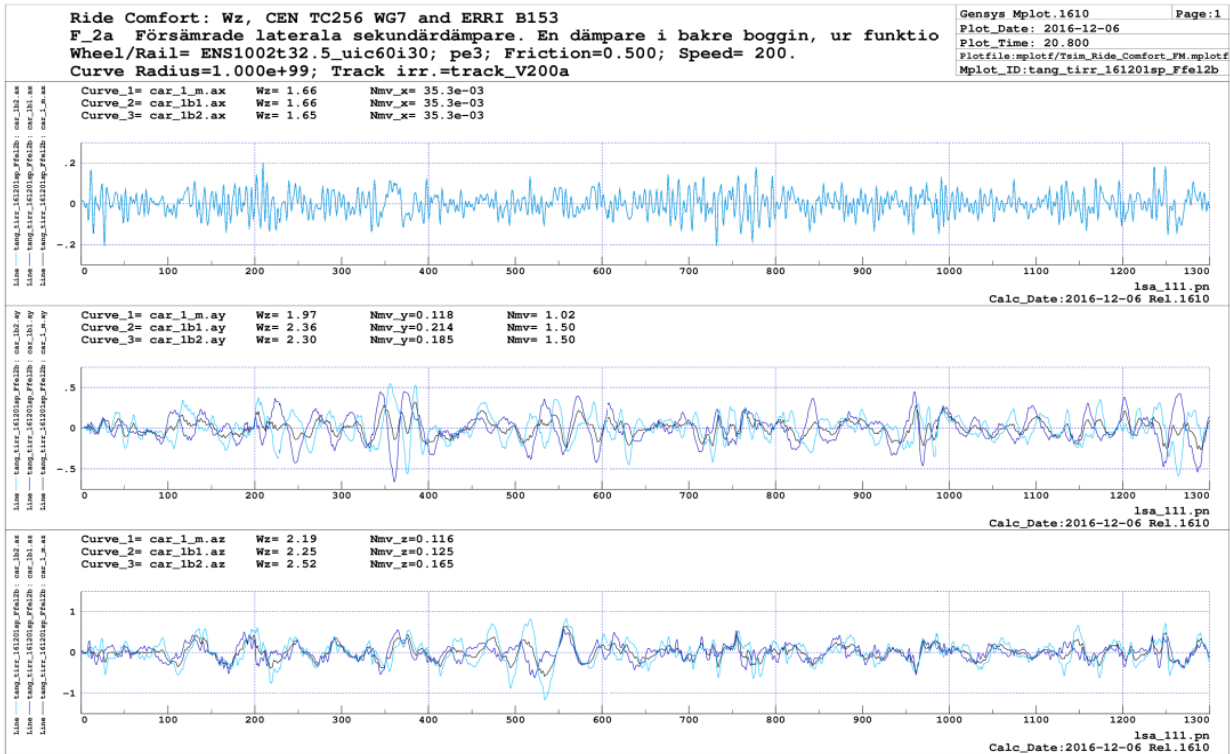


Fig. 31) Korgaccelerationer i tidsplanet

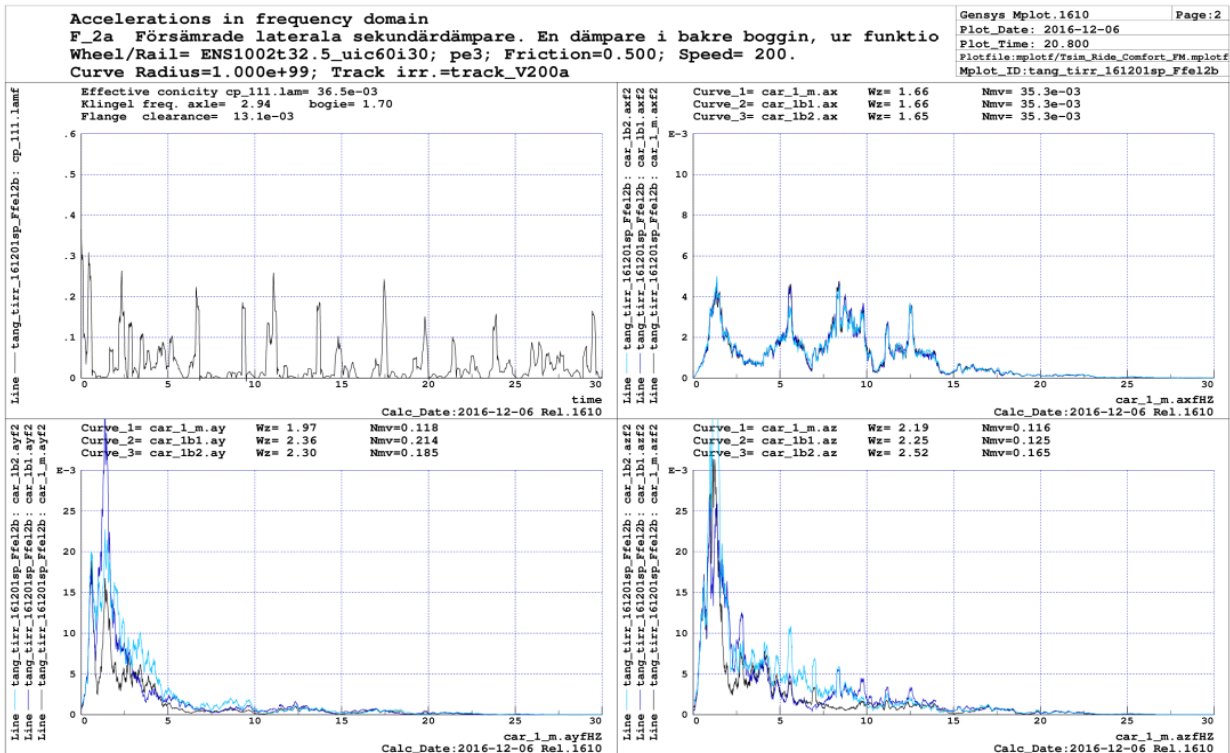


Fig. 32) Korgaccelerationer i frekvensplanet

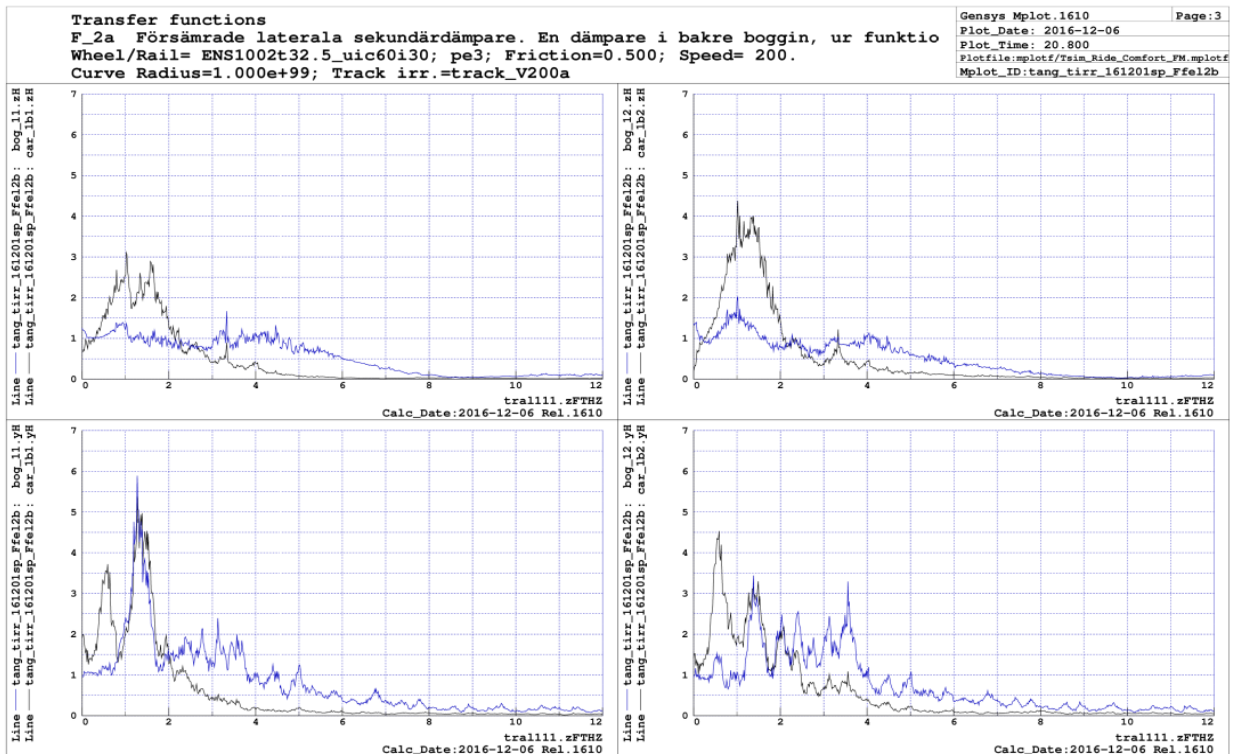


Fig. 33) Överföringsfunktion från spår till boggier och korg

Kommentarer:

- Boggier vertikal riktning.
Ungefär som referensfallet.
- Korg vertikal riktning.
Ungefär som referensfallet.
- Boggier lateral riktning.
Sämre än referensfallet i frekvensområdet 2.2-3.2[Hz].
- Korg lateral riktning.
Ungefär som referensfallet.

Skillnaden mellan detta fall och referensfallet är ganska liten. Det är förmodligen inte möjligt att upptäcka den här felmoden.

4.F_3a Försämrade vertikala sekundärdämpare. Alla dämpare ur funktion.

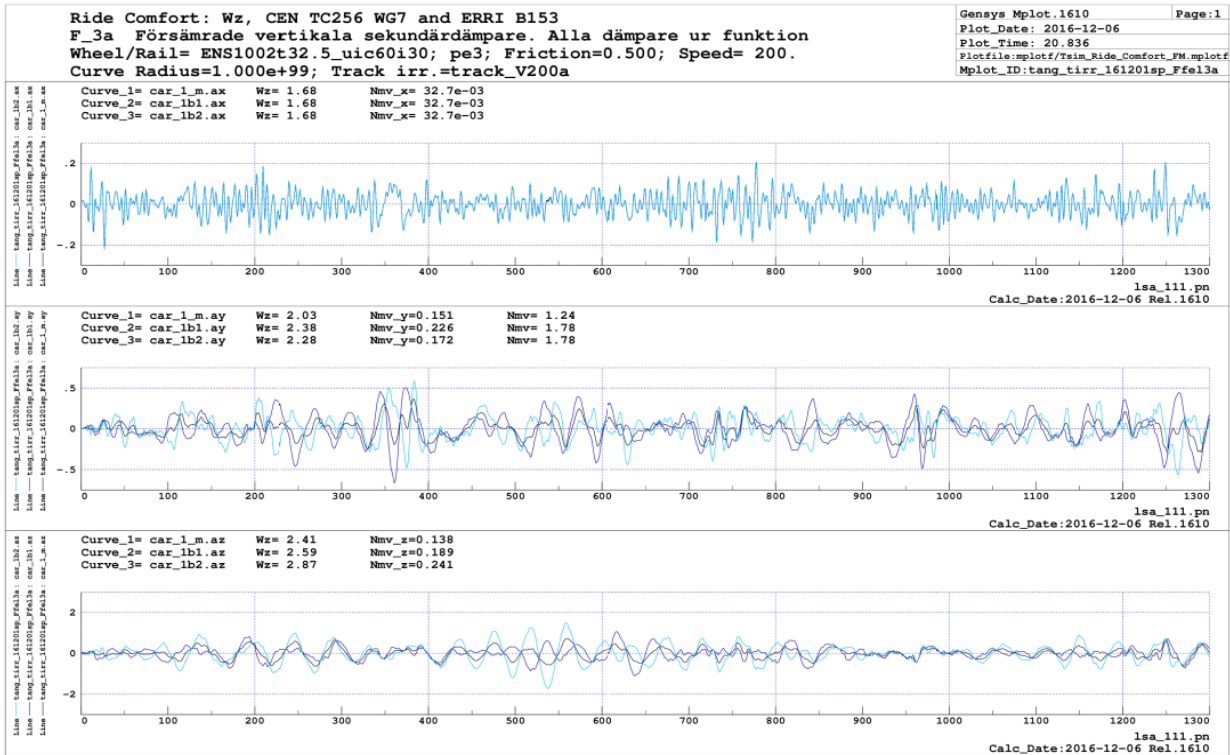


Fig. 34) Korgaccelerationer i tidsplanet

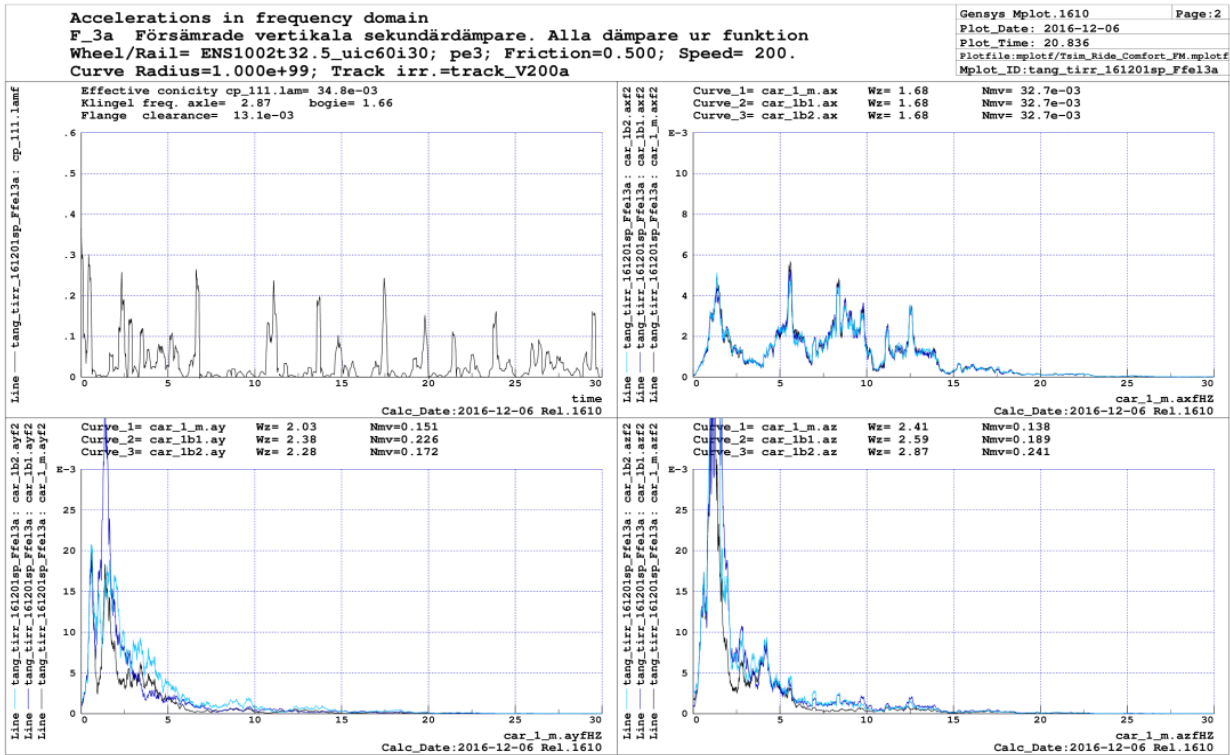


Fig. 35) Korgaccelerationer i frekvensplanet

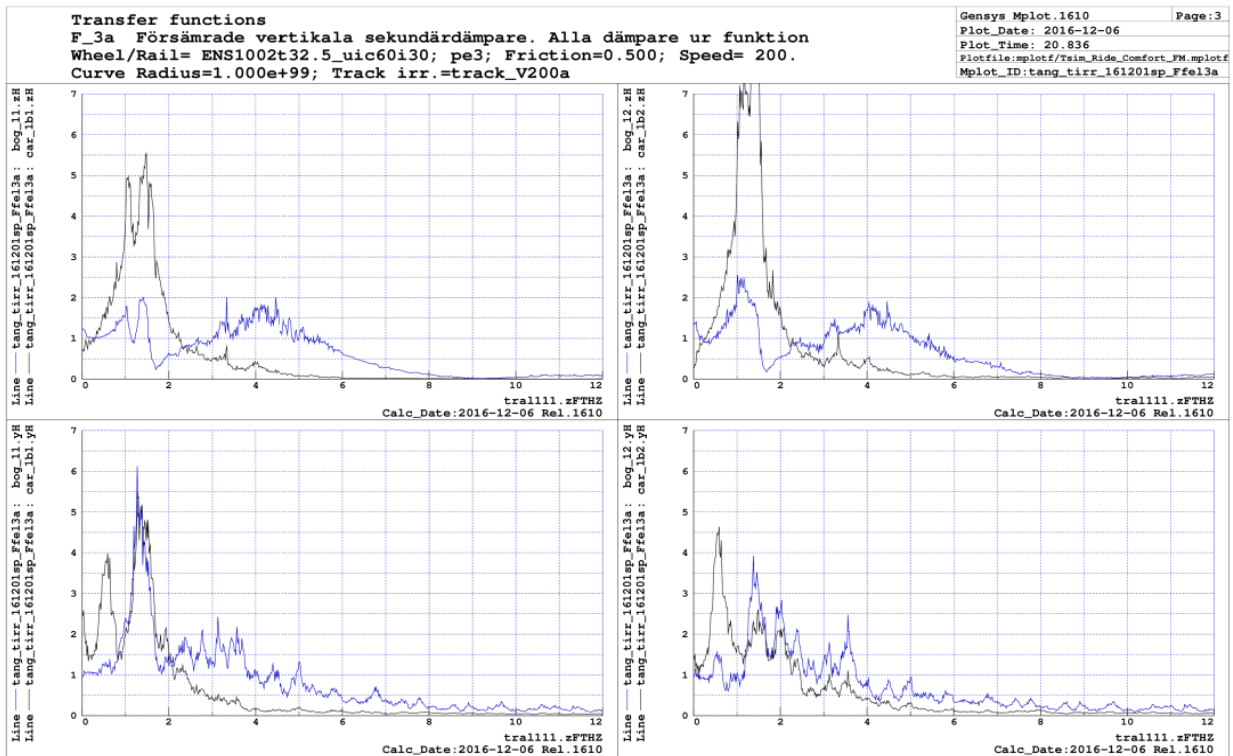


Fig. 36) Överföringsfunktion från spår till boggier och korg

Kommentarer:

- Boggier vertikal riktning.
Sämre än referensfallet vid ~1.1[Hz] och vid ~4.1[Hz].
- Korg vertikal riktning.
Mycket sämre än referensfallet vid ~1.1[Hz].
- Boggier lateral riktning.
Ungefär som referensfallet.
- Korg lateral riktning.
Ungefär som referensfallet.

Denna felmod bör gå bra att upptäcka genom att studera överföringsfunktionernas form.

4.F_3b Försämrade vertikala sekundärdämpare. En dämpare i bakre boggin, ur funktion.

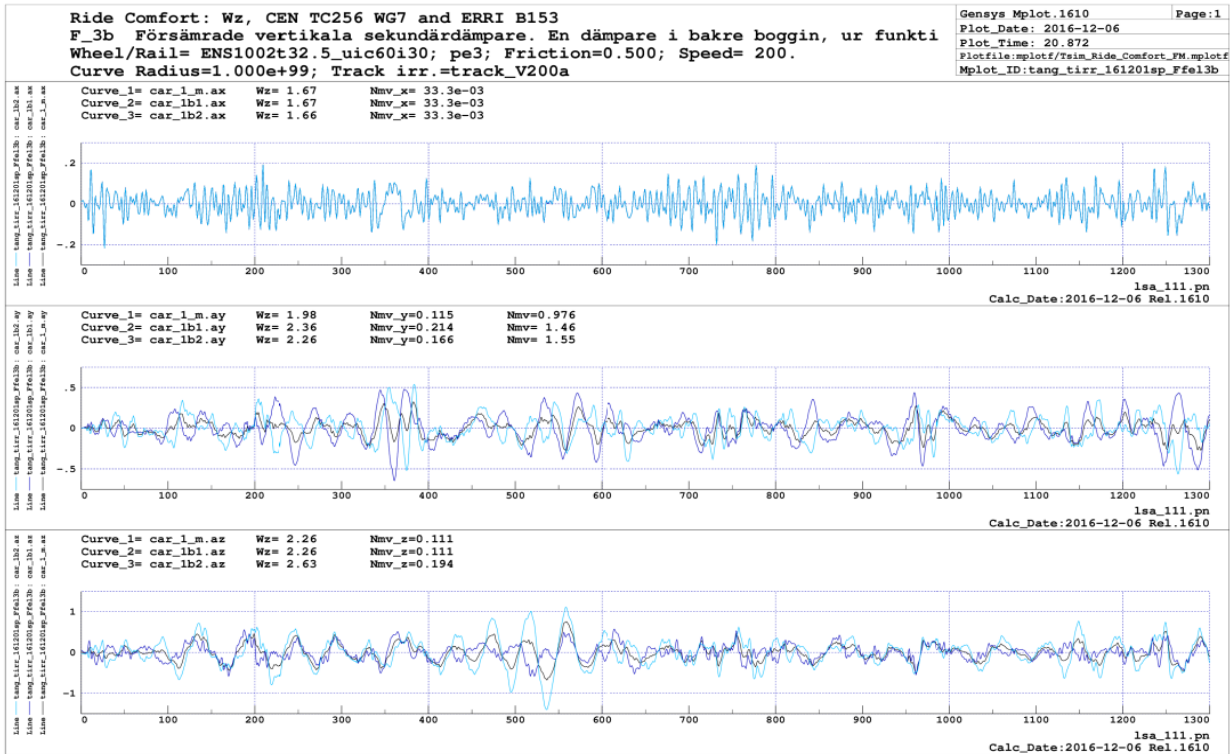


Fig. 37) Korgaccelerationer i tidsplanet

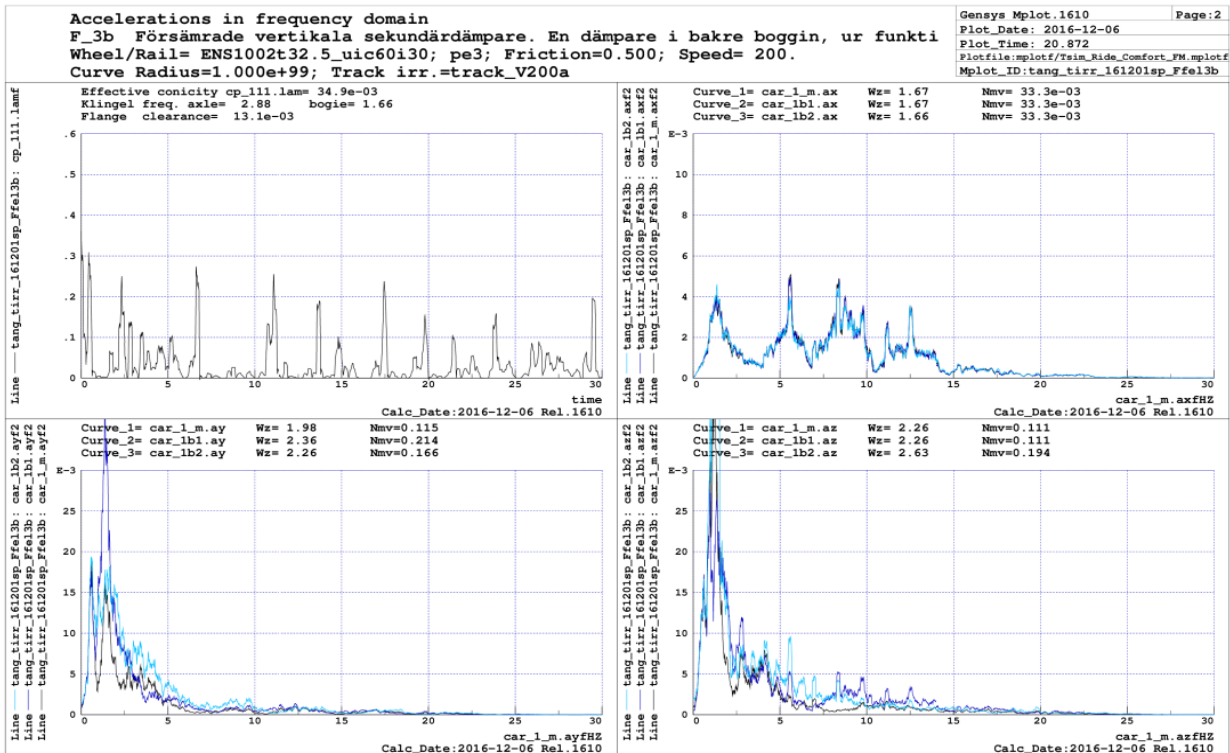


Fig. 38) Korgaccelerationer i frekvensplanet

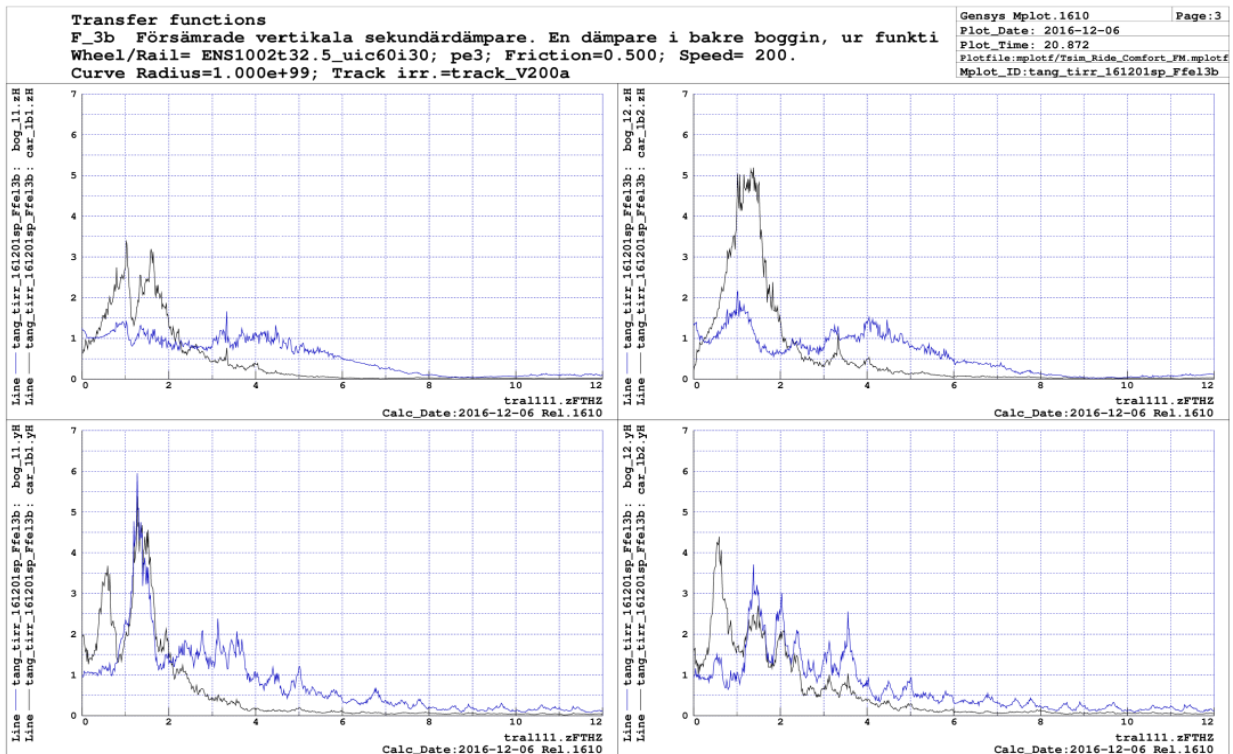


Fig. 39) Överföringsfunktion från spår till boggier och korg

Kommentarer:

- Boggier, Vertikal riktning.
Sämre än referensfallet vid ~1.1[Hz] och vid ~4.1[Hz].
- Korg, Vertikal riktning.
Sämre än referensfallet vid ~1.1[Hz].
- Boggier, Lateral riktning.
Ungefär som referensfallet.
- Korg, Lateral riktning.
Ungefär som referensfallet.

Genom att studera överföringsfunktionerna bör denna felmod vara möjlig att upptäcka.

4.F_4a Försämrade girdämpare. Alla dämpare ur funktion.

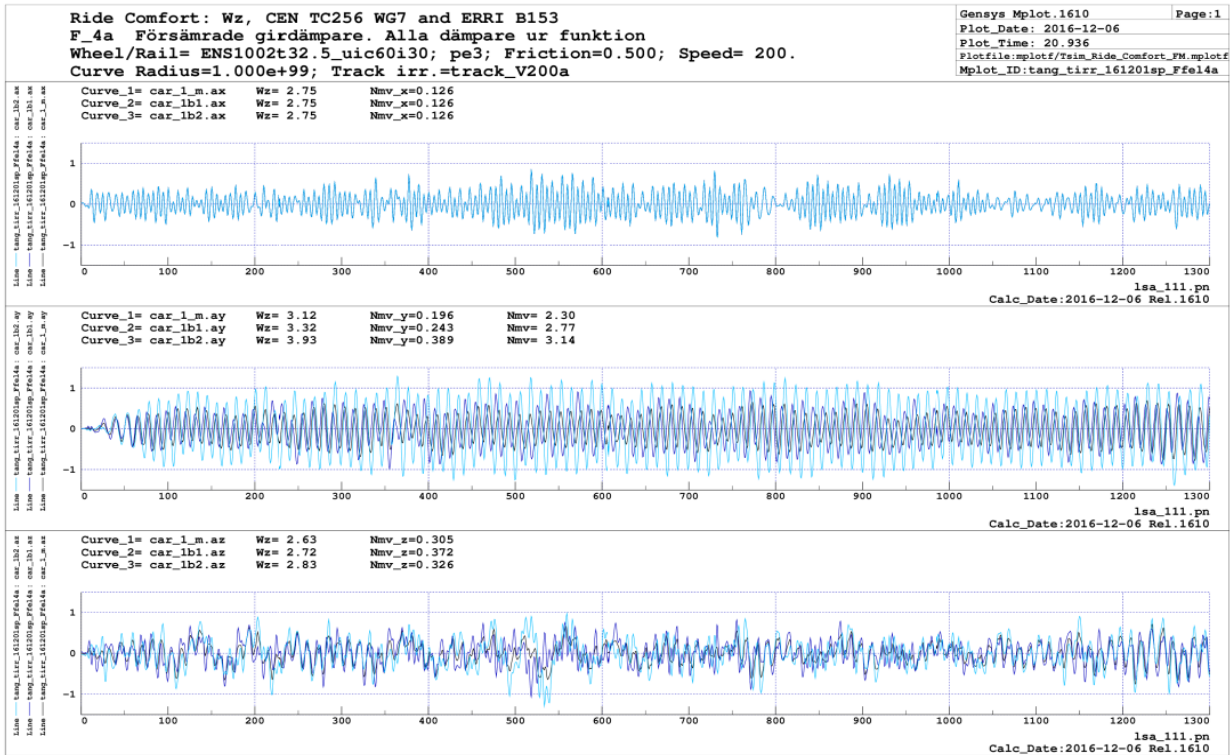


Fig. 40) Korgaccelerationer i tidsplanet

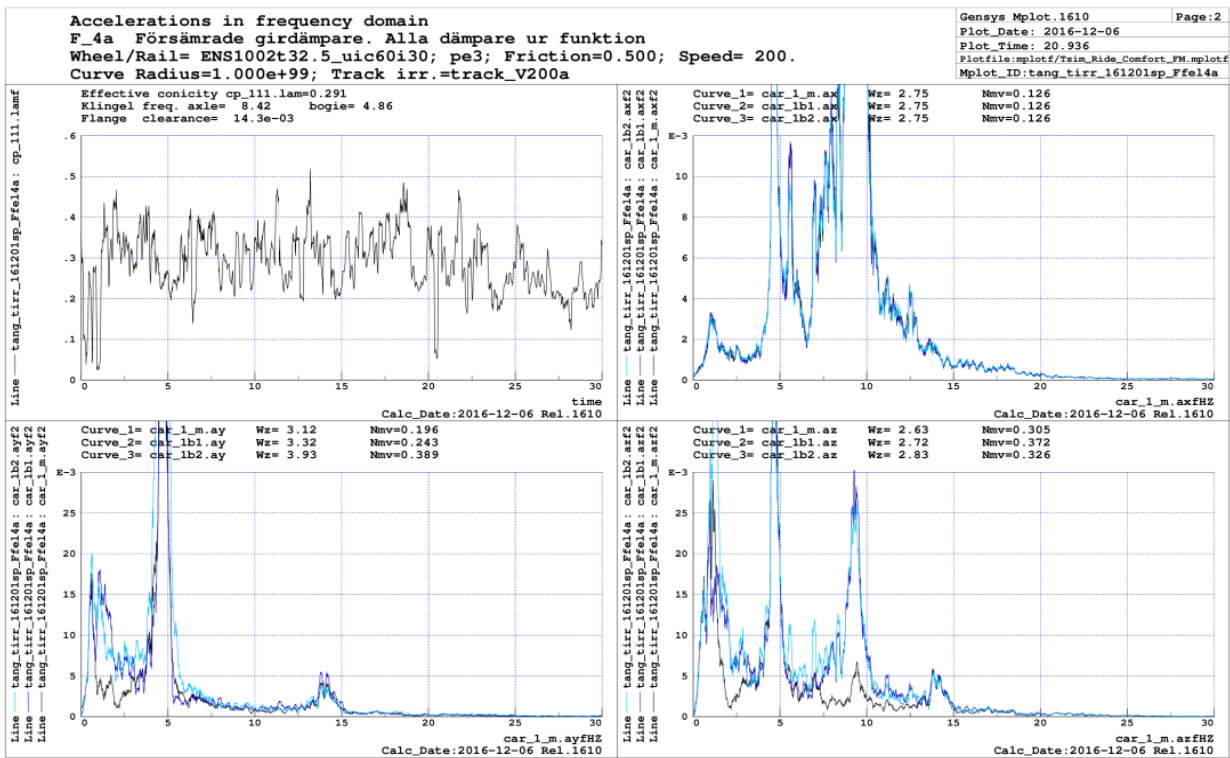


Fig. 41) Korgaccelerationer i frekvensplanet

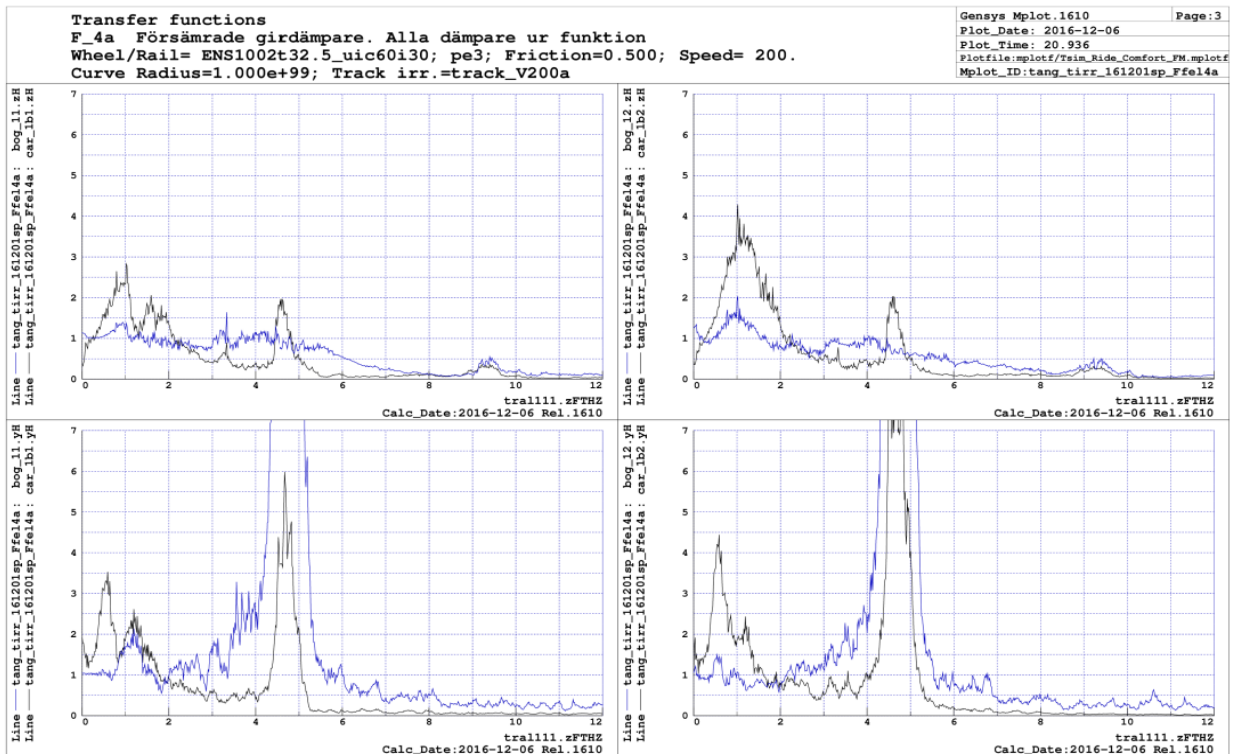


Fig. 42) Överföringsfunktion från spår till boggier och korg

Kommentarer:

- Boggier vertikal riktning.
Ungefär som referensfallet.
- Korg vertikal riktning.
Man ser att lite av sinusgångsrörelserna även slår igenom vertikalt vid 4.7[Hz].
- Boggier lateral riktning.
En tydlig topp vid sinusgångsfrekvensen.
- Korg lateral riktning.
En tydlig topp vid sinusgångsfrekvensen.

Denna felmod syns mycket tydligt i överföringsfunktionerna.

4.F_4b Försämrade girdämpare. En dämpare i bakre boggin, ur funktion.

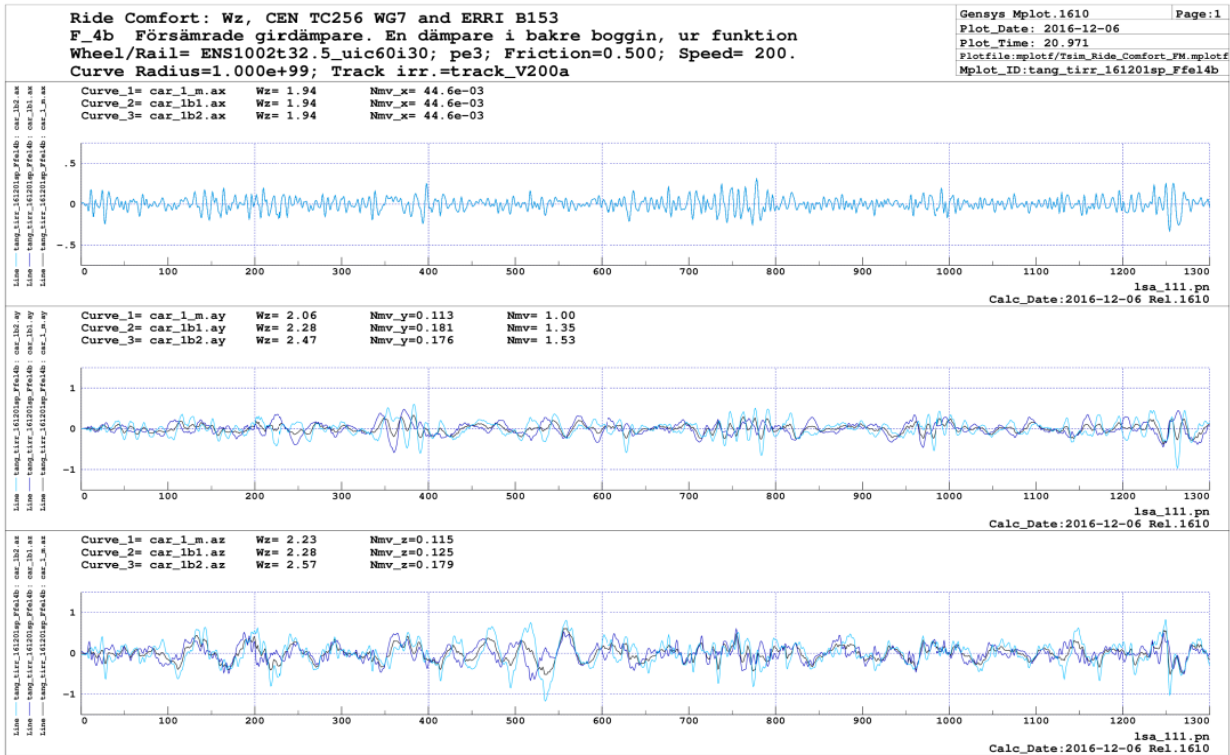


Fig. 43) Korgaccelerationer i tidsplanet

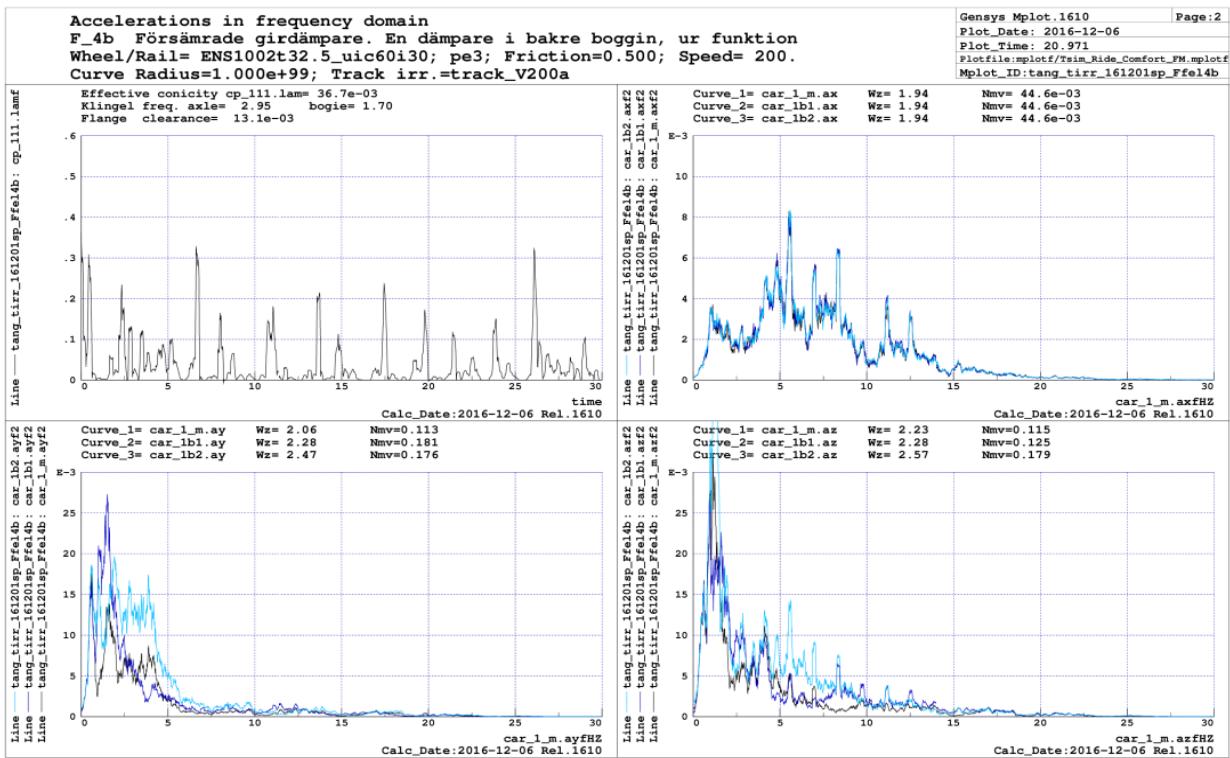


Fig. 44) Korgaccelerationer i frekvensplanet

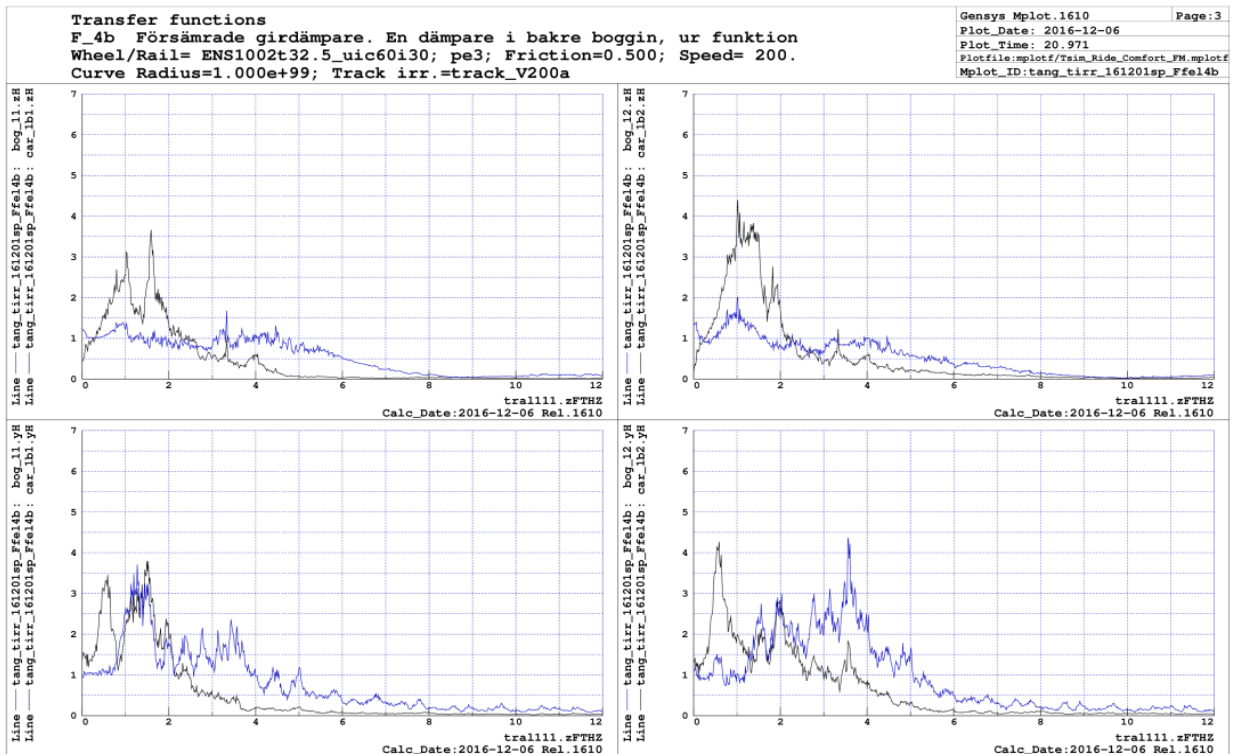


Fig. 45) Överföringsfunktion från spår till boggier och korg

Kommentarer:

- Boggier vertikal riktning.
Ungefär som referensfallet.
- Korg vertikal riktning.
Ungefär som referensfallet.
- Boggier lateral riktning.
Framre boggin ungefär som referensfallet.
Bakre boggin har förhöjda värden i frekvensområdet 2.6-3.6[Hz]
- Korg lateral riktning.
Korgens bakände har förhöjda värden i frekvensområdet 2.5-4.5[Hz]

Denna felmod ger inte så dramatiska försämringar i åkkomfort. Men om någon upplever dålig gång p.g.a. av denna felmod, så är den kanske möjlig att upptäcka i överföringsfunktionerna.

4.F_4c Försämrade girdämpare. En dämpare i främre boggin, ur funktion.

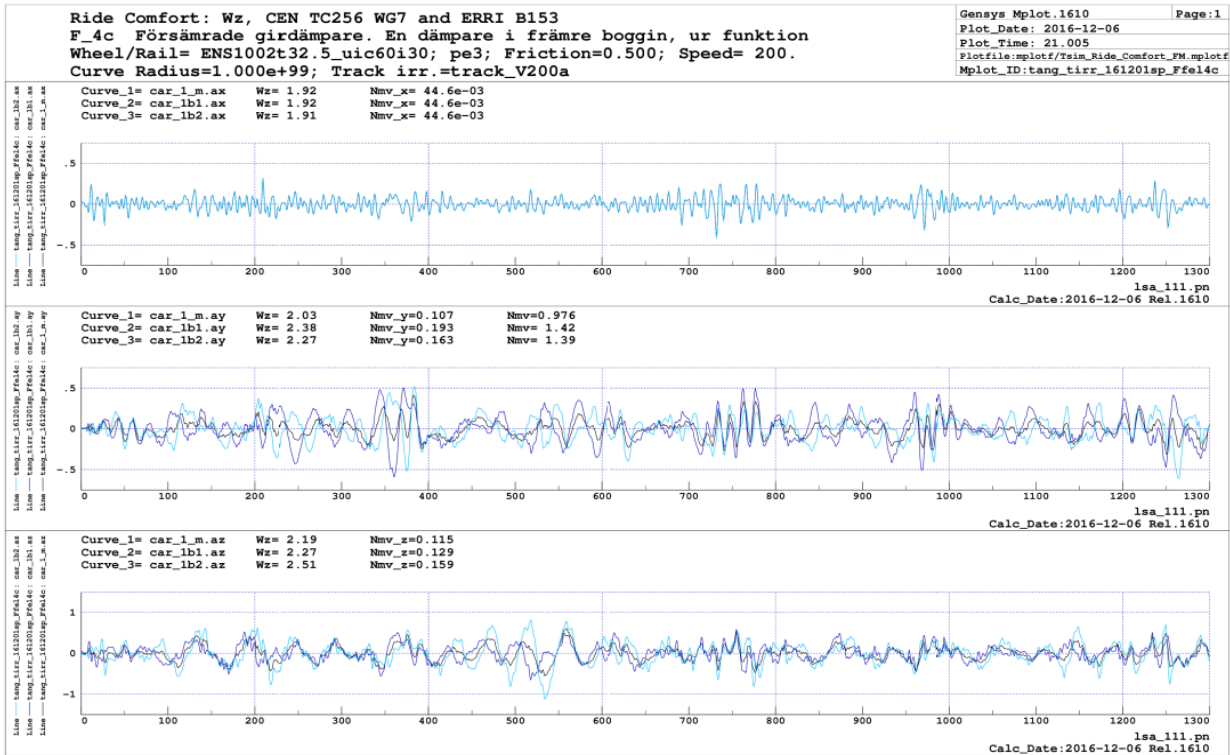


Fig. 46) Korgaccelerationer i tidsplanet

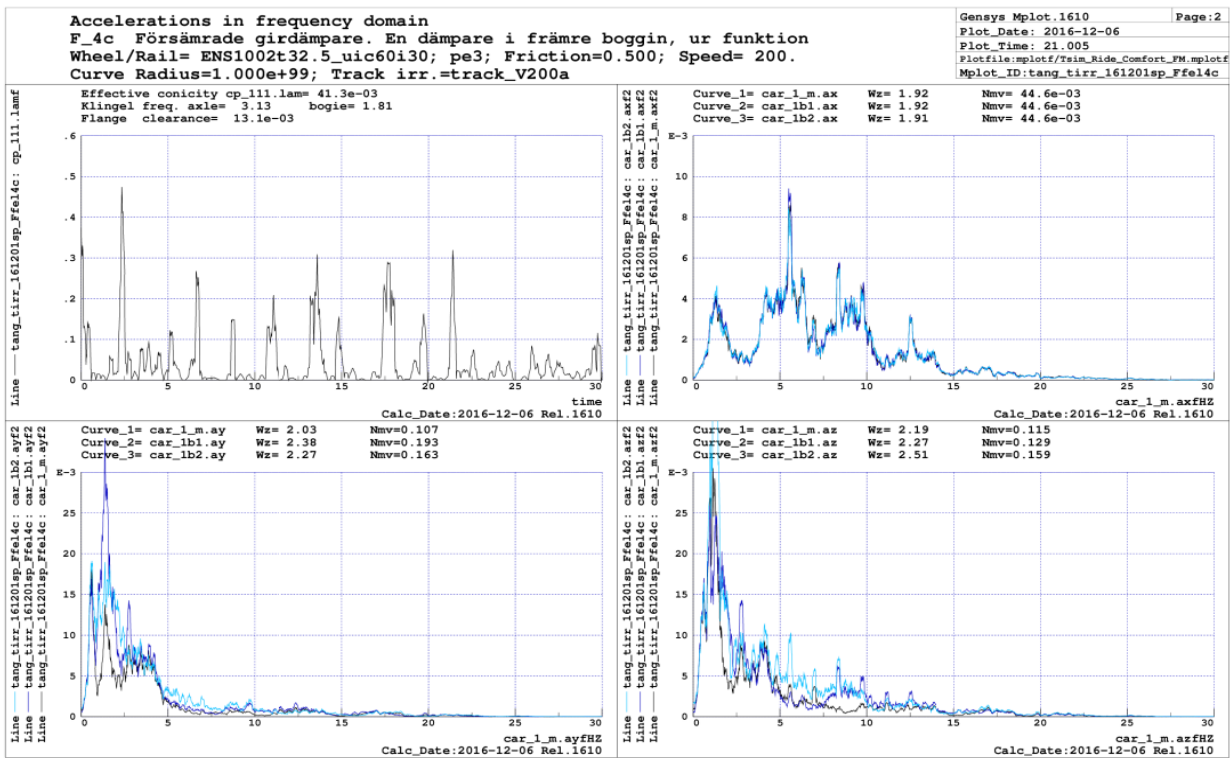


Fig. 47) Korgaccelerationer i frekvensplanet

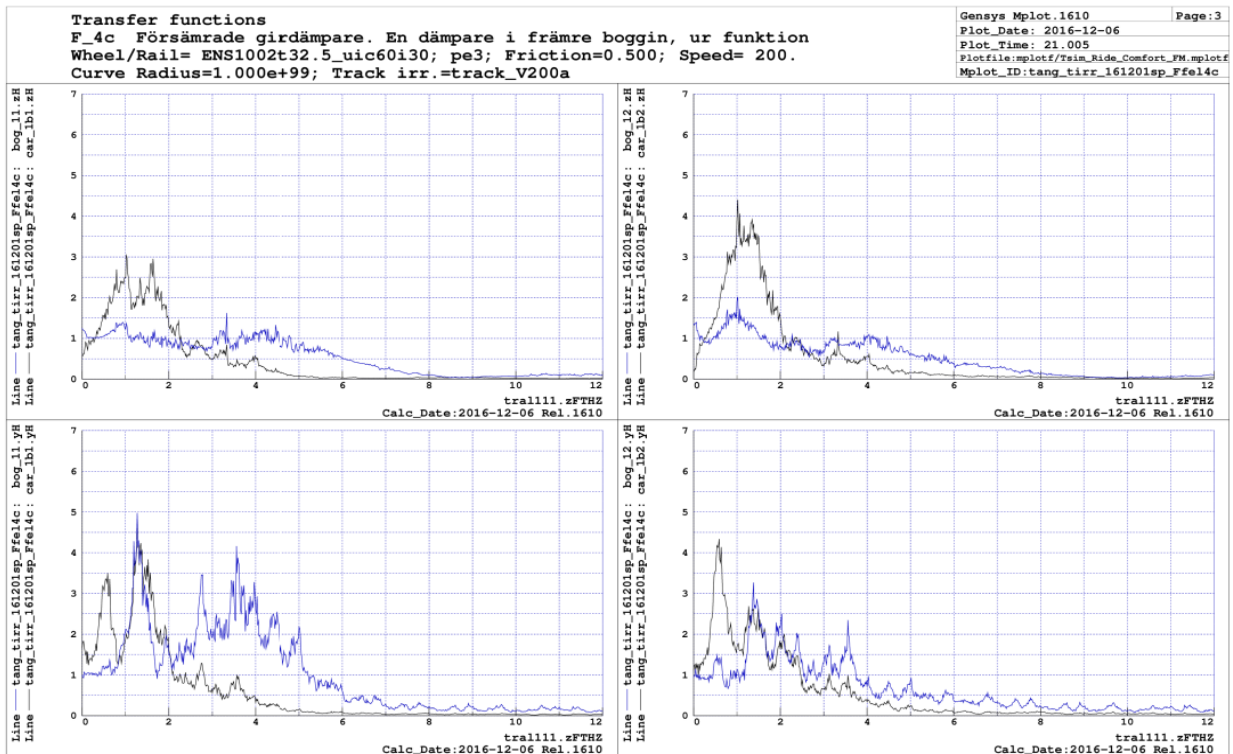


Fig. 48) Överföringsfunktion från spår till boggier och korg

Kommentarer:

- Boggier vertikal riktning.
Ungefär som referensfallet.
- Korg vertikal riktning.
Ungefär som referensfallet.
- Boggier lateral riktning.
Bakre boggin ungefär som referensfallet.
Främre boggin har förhöjda värden i frekvensområdet 2.6-5 [Hz]
- Korg lateral riktning.
Korgens framände har förhöjda värden i frekvensområdet 2.5-4.5[Hz]

Denna felmod ger t.o.m. en förbättring av åkkomfort enligt EN12299. Men det beror nog på att nya hjulprofiler och en ny rälprofil inte ger så hög konicitet. Vid högre koniciteter kan denna felmod ge försämrade åkkomfort.

4.F_5a Försämrade primärdämpare. Alla dämpare ur funktion.

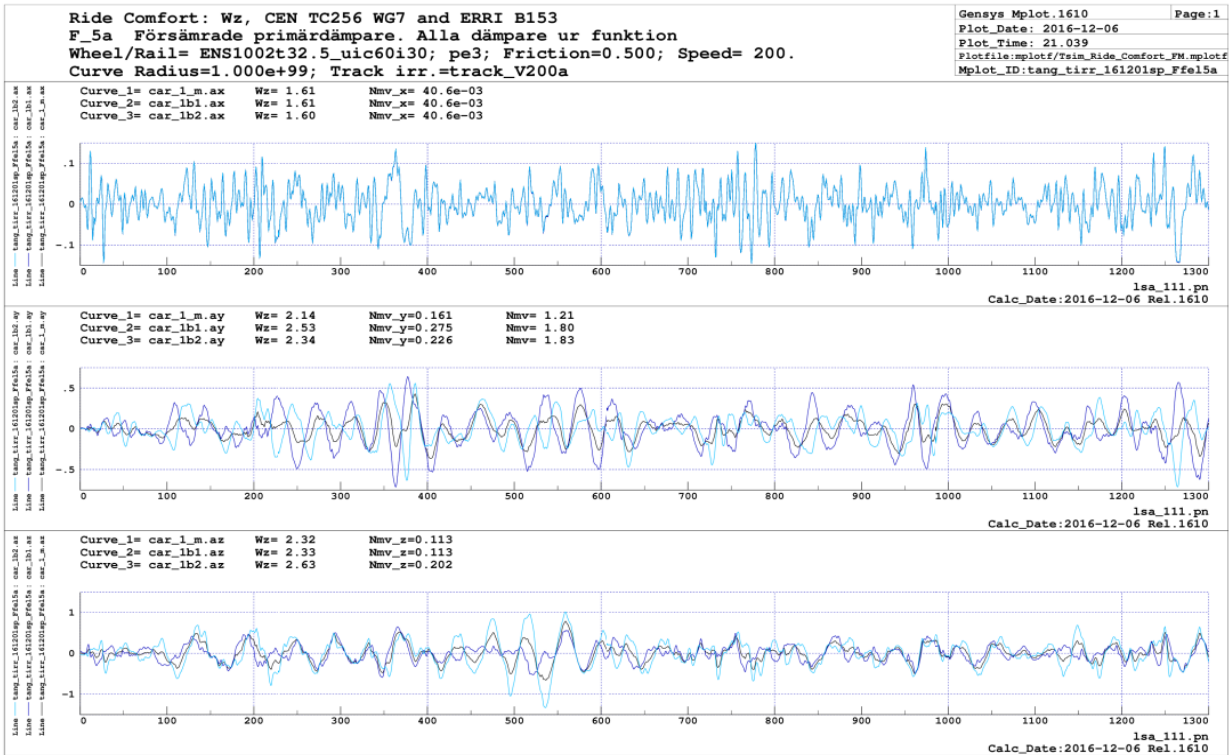


Fig. 49) Korgaccelerationer i tidsplanet

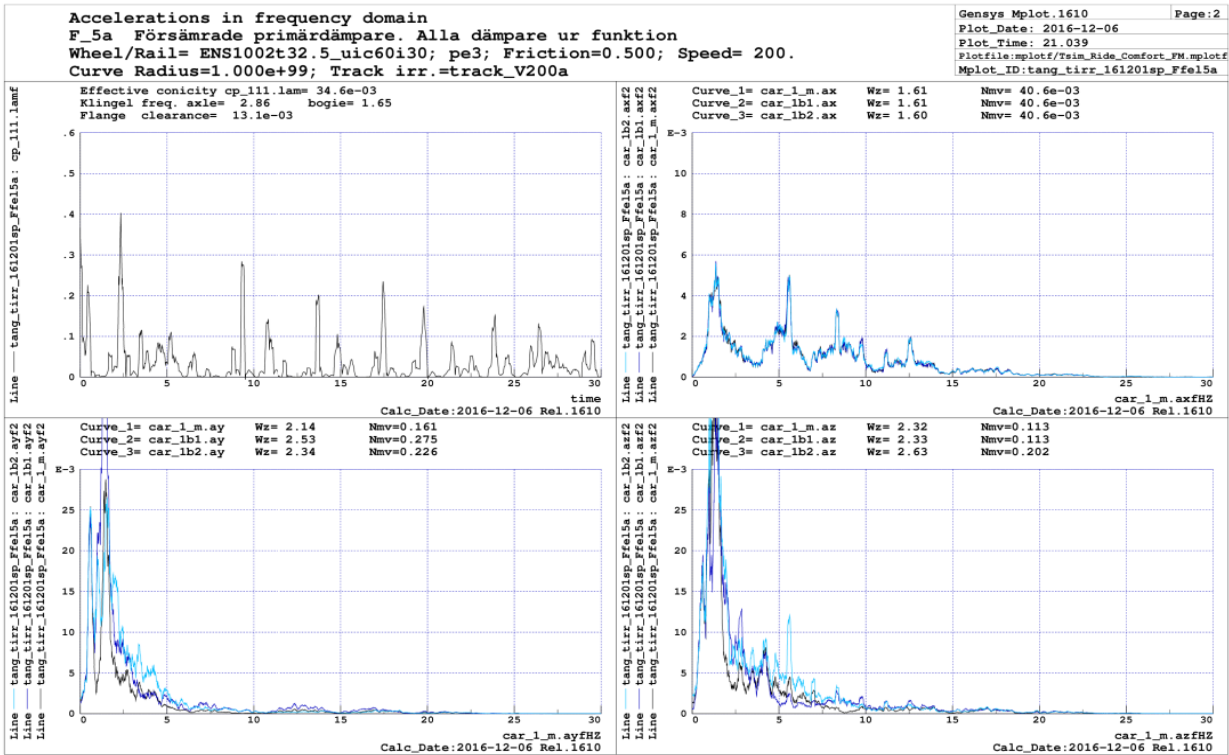


Fig. 50) Korgaccelerationer i frekvensplanet

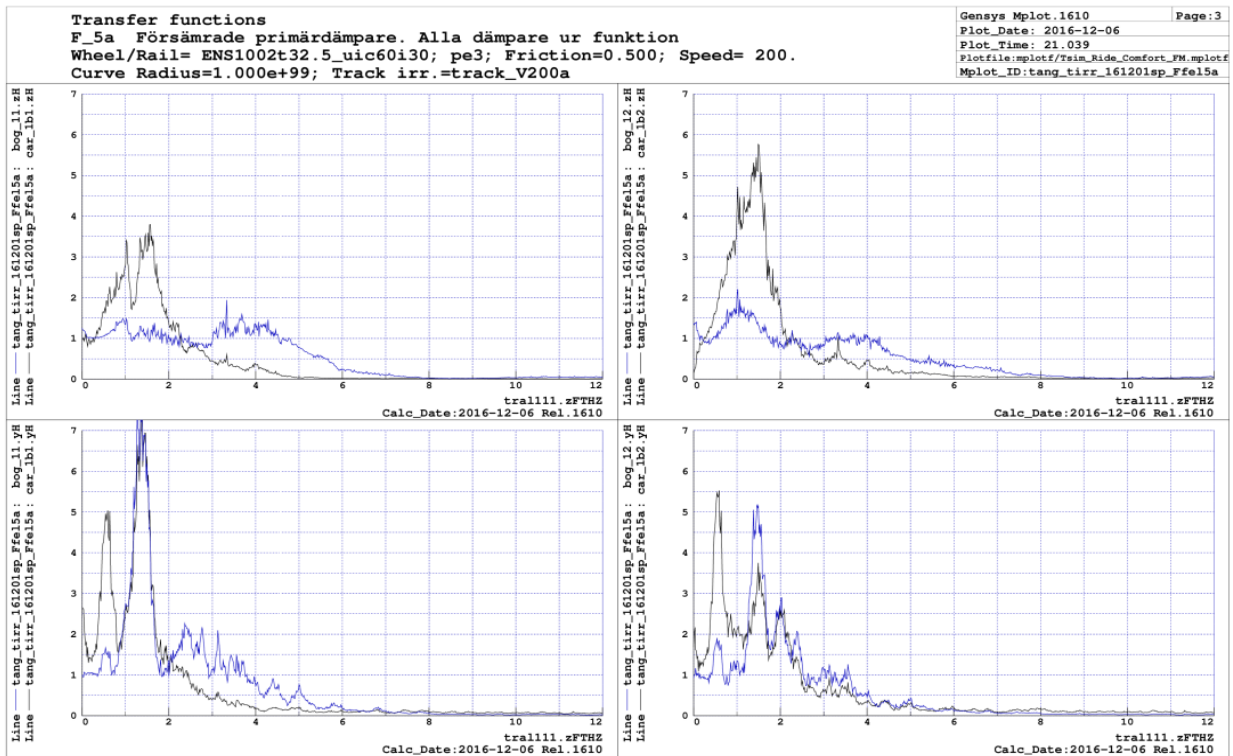


Fig. 51) Överföringsfunktion från spår till boggier och korg

Kommentarer:

- Boggier vertikal riktning.
Ungefär som referensfallet.
- Korg vertikal riktning.
Sämre i frekvensområdet 1-2 [Hz]
- Boggier lateral riktning.
Sämre vid egenfrekvensen ”bogie kinematic mode”
- Korg lateral riktning.
Sämre vid egenfrekvenserna ”bogie kinematic mode” och ”lower sway”

Denna felmod borde gå bra att upptäcka genom att studera överföringsfunktionerna.

4.F_5b Försämrade primärdämpare. En dämpare i bakre boggin, ur funktion.

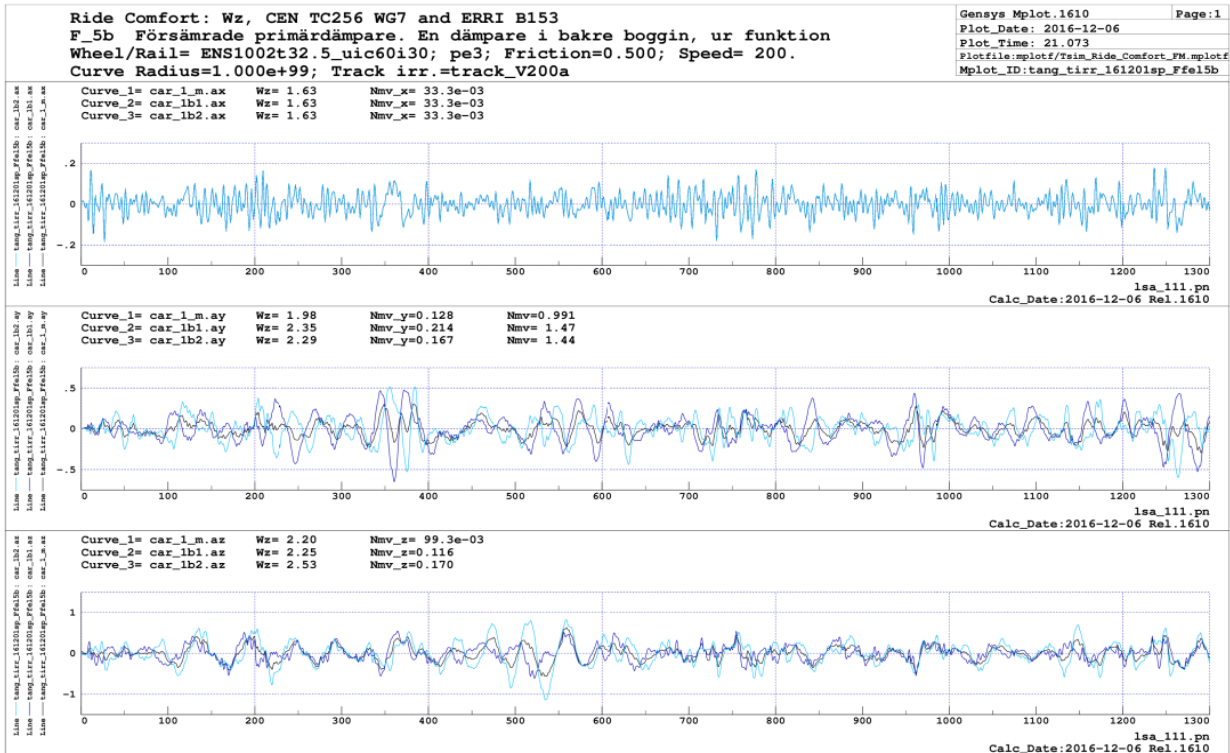


Fig. 52) Korgaccelerationer i tidsplanet

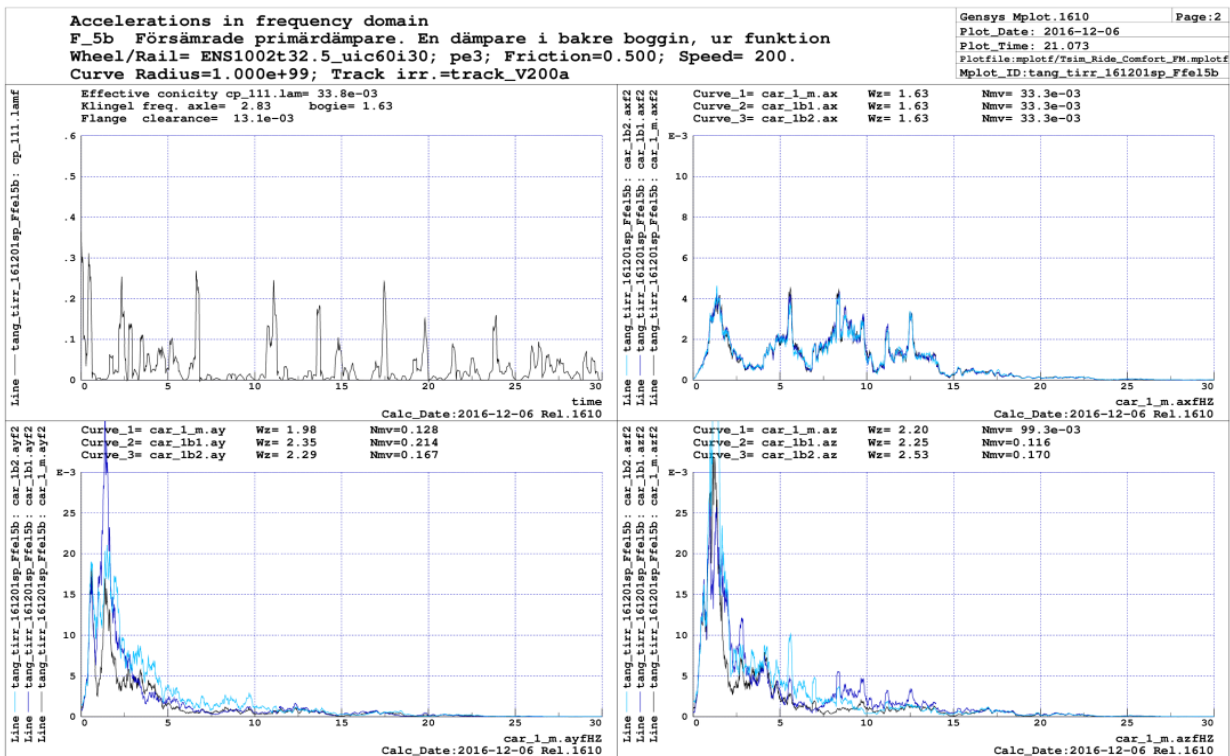


Fig. 53) Korgaccelerationer i frekvensplanet

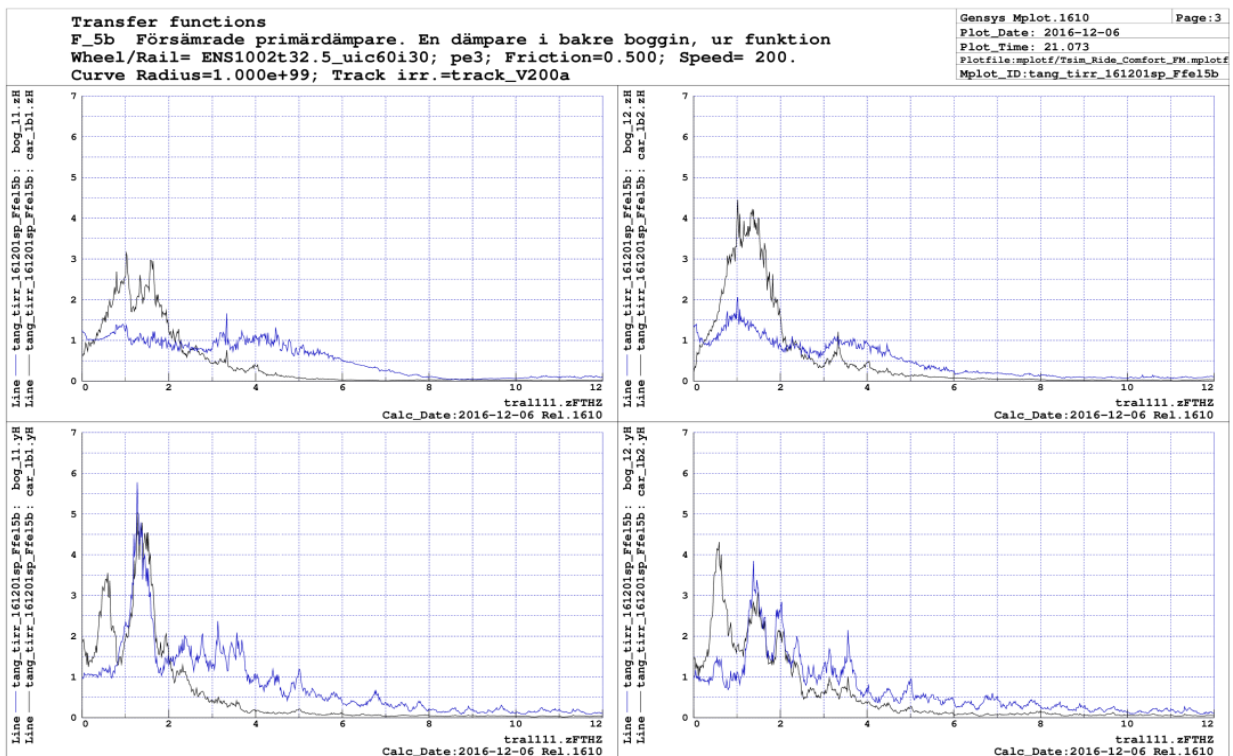


Fig. 54) Överföringsfunktion från spår till boggier och korg

Kommentarer:

- Boggier vertikal riktning.
Ungefär som referensfallet.
- Korg vertikal riktning.
Ungefär som referensfallet.
- Boggier lateral riktning.
Ungefär som referensfallet.
- Korg lateral riktning.
Ungefär som referensfallet.

Denna felmod är nog svår att upptäcka genom att studera överföringsfunktionerna. Men så påverkas inte heller åkkomforten så mycket av att en dämpare är ur funktion.

5 Slutsatser

Denna rapport är endast en preliminär förstudie, fordonmodellen är inte komplett och flera indata behöver ses över. Men beräkningarna har ändå visat att det bör finnas goda chanser att i framtiden på ett enkelt kunna detektera olika typer av felmoder med hjälp av accelerometrar monterade i fordonen. Följande fördelar kan ses med systemet:

- Genom att snabbt bestämma rätt felmod, kan även felmoden tidigt åtgärdas. Vilket minskar antalet verkstadsbesök och stilleståndstid för vagnen. Därmed minskar fordonets underhållskostnad.
- Genom att tidigt åtgärda problemen ökas passagerarnas komfort, genom att tiden när vagnen går dåligt minskas.
- Genom att endast åtgärda spåret där mätningar visar dålig gång. Effektiviseras spårets underhåll.

Appendix A Spårfel

Följande tre spårstörningsfiler har använts i beräkningarna:

Spår 1) track_V200a Bra spårläge

Results according to UIC518 and CEN/TC 256 WG 10:

| Distance | Alignment | | Level | | Mean Gauge | Speed 200. | Threshold Level |
|--------------|-----------|------|-------|------|------------|------------|-----------------|
| | Sigma | MAX | Sigma | MAX | | | |
| 0.- 250. | 0.49 | 1.16 | 0.97 | 3.35 | 1432.36 | QN<1 | |
| 250.- 500. | 0.85 | 2.54 | 0.95 | 3.46 | 1434.53 | 1<QN<2 | Ys |
| 500.- 750. | 0.72 | 1.75 | 1.00 | 3.49 | 1433.92 | QN<1 | |
| 750.- 1000. | 0.54 | 2.31 | 1.15 | 4.61 | 1434.20 | QN<1 | |
| 1000.- 1250. | 0.36 | 2.61 | 1.07 | 5.77 | 1434.03 | 1<QN<2 | Zm |
| 1250.- 1500. | 0.31 | 1.96 | 1.09 | 5.16 | 1435.45 | 1<QN<2 | Zm |
| 1500.- 1750. | 0.30 | 2.15 | 0.92 | 3.27 | 1435.03 | QN<1 | |

In Total:

0.- 1750. 0.55 2.61 1.03 5.77 1434.22

QN<1 Sections with good track standard = 57.1 % Should be > 50%
 1<QN<2 Regularly planned maintenance operations = 42.9 % Should be < 40%
 2<QN<3 Short term maintenance action = 0.0 % Should be < 10%
 3<QN Sections to be excluded from the analysis = 0.0 % Should be = 0%

Spår 2) track_V160a Dåligt spårläge 1

Results according to UIC518 and CEN/TC 256 WG 10:

| Distance | Alignment | | Level | | Mean Gauge | Speed 200. | Threshold Level |
|--------------|-----------|------|-------|------|------------|------------|-----------------|
| | Sigma | MAX | Sigma | MAX | | | |
| 1000.- 1250. | 0.97 | 2.81 | 0.90 | 3.12 | 1432.59 | 1<QN<2 | Ys |
| 1250.- 1500. | 1.03 | 3.88 | 0.94 | 3.67 | 1432.34 | 1<QN<2 | Ys |
| 1500.- 1750. | 0.77 | 2.42 | 1.09 | 3.30 | 1432.34 | QN<1 | |
| 1750.- 2000. | 0.80 | 4.46 | 0.98 | 4.42 | 1450.17 | 1<QN<2 | Ys |
| 2000.- 2250. | 1.03 | 6.79 | 1.47 | 6.52 | 1447.07 | 1<QN<2 | Ys Ym Zs Zm |
| 2250.- 2500. | 0.45 | 2.91 | 1.04 | 3.70 | 1432.41 | QN<1 | |
| 2500.- 2750. | 0.37 | 2.00 | 1.09 | 4.04 | 1432.22 | QN<1 | |

In Total:

1000.- 2750. 0.82 6.79 1.09 6.52 1437.02

QN<1 Sections with good track standard = 42.9 % Should be > 50%
 1<QN<2 Regularly planned maintenance operations = 57.1 % Should be < 40%
 2<QN<3 Short term maintenance action = 0.0 % Should be < 10%
 3<QN Sections to be excluded from the analysis = 0.0 % Should be = 0%

Spår 3) track_V120b Dåligt spårläge 2

Results according to UIC518 and CEN/TC 256 WG 10:

| Distance | Alignment | | Level | | Mean Gauge | Speed 200. | Threshold Level |
|--------------|-----------|------|-------|------|------------|------------|-----------------|
| | Sigma | MAX | Sigma | MAX | | | |
| 1050.- 1300. | 1.30 | 4.91 | 0.80 | 2.00 | 1443.35 | 2<QN<3 | Ys |
| 1300.- 1550. | 1.40 | 6.09 | 1.08 | 4.54 | 1443.96 | 2<QN<3 | Ys |
| 1550.- 1800. | 1.13 | 2.66 | 1.37 | 7.21 | 1440.47 | 2<QN<3 | Ys |
| 1800.- 2050. | 0.96 | 3.18 | 1.12 | 3.40 | 1435.42 | 1<QN<2 | Ys |
| 2050.- 2300. | 1.03 | 7.47 | 1.67 | 7.50 | 1433.57 | 2<QN<3 | Ym Zs |
| 2300.- 2550. | 0.45 | 1.94 | 0.76 | 2.78 | 1434.41 | QN<1 | |
| 2550.- 2800. | 0.50 | 2.47 | 0.88 | 4.52 | 1434.61 | QN<1 | |

In Total:

1050.- 2800. 1.03 7.47 1.14 7.50 1437.97

QN<1 Sections with good track standard = 28.6 % Should be > 50%
1<QN<2 Regularly planned maintenance operations = 14.3 % Should be < 40%
2<QN<3 Short term maintenance action = 57.1 % Should be < 10%
3<QN Sections to be excluded from the analysis= 0.0 % Should be = 0%

Längst till höger i tabellerna står det "Threshold Level". De betyder:

Ys= Lateral Standard deviation

Ym= Lateral Max value

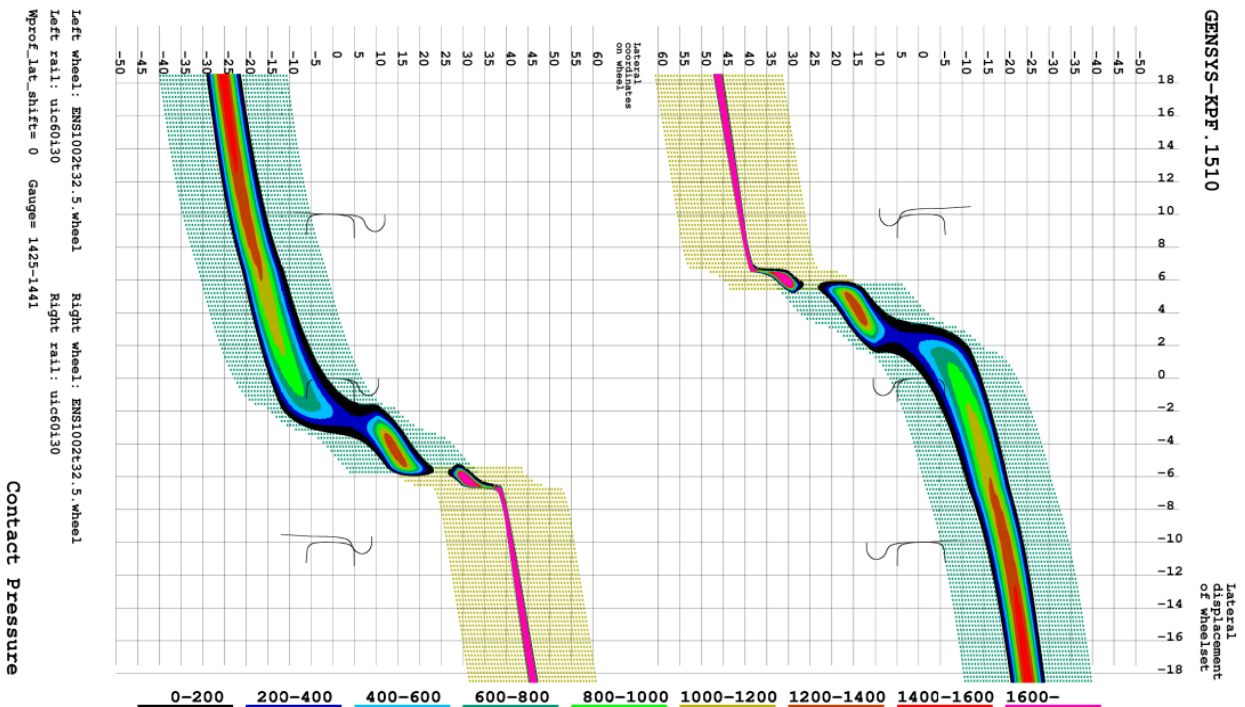
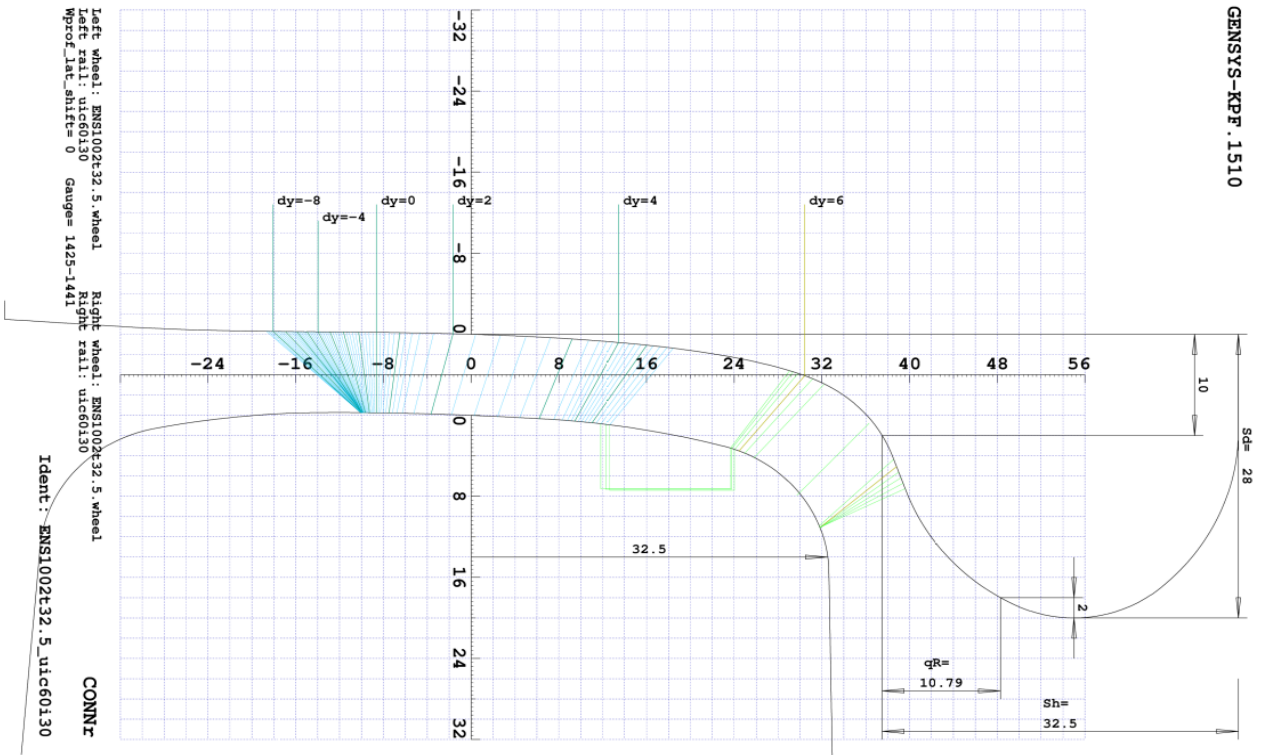
Zs= Vertical Standard deviation

Zm= Vertical Max value

Appendix B Hjul/räl-kombinationer.

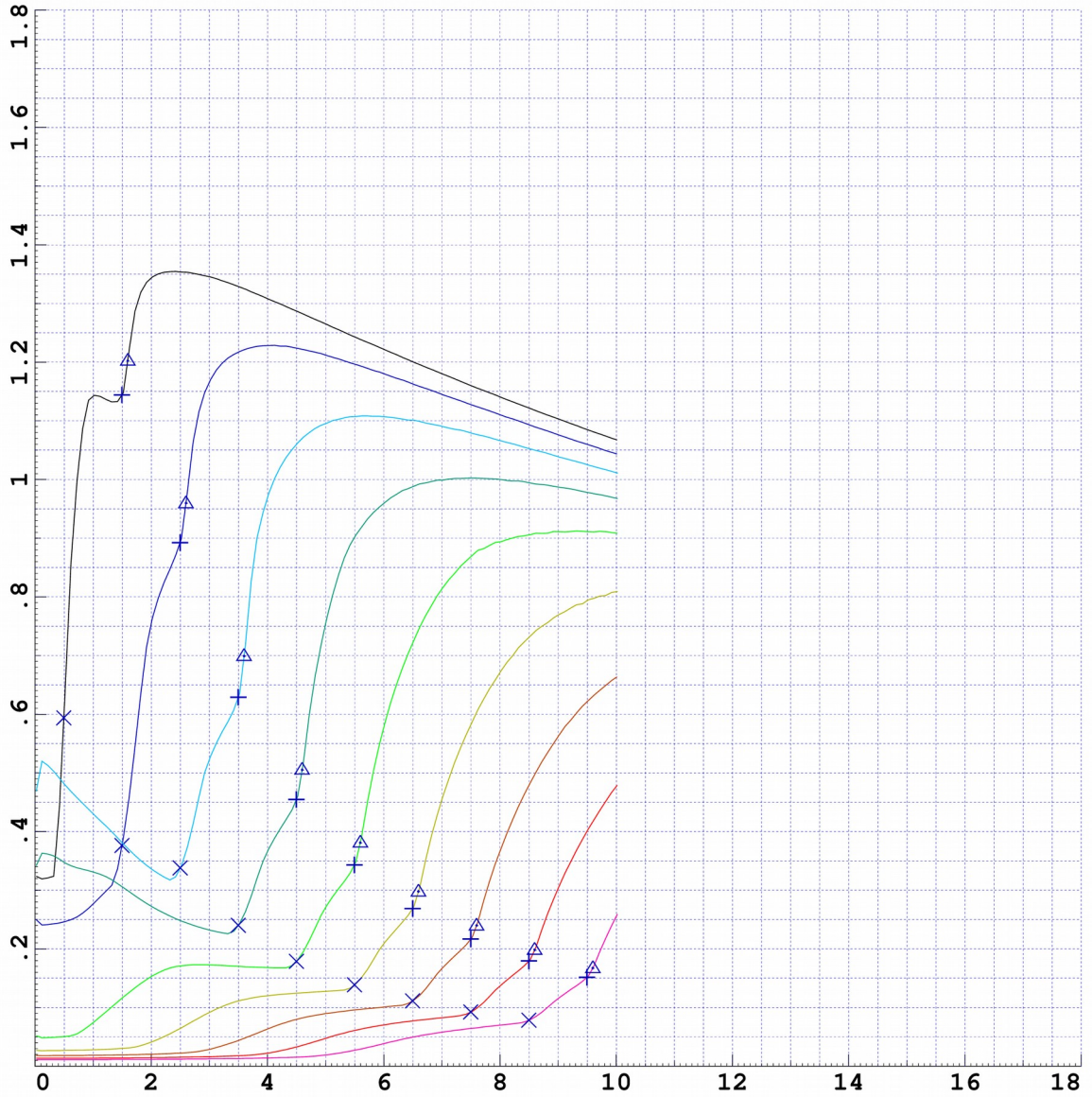
Följande två hjul/räl-kombinationer har använts i beräkningarna:

ENS1002t32.5_uic60i30



GENSYS-KPF.1510

| Delta_Y= | | .1 | .5 | 2 | 3 | 4 | 6 |
|-------------|---|------|------|-------|-------|-------|-------|
| Gauge= 1425 | — | .319 | .604 | 1.343 | 1.346 | 1.308 | 1.222 |
| 1427 | — | .241 | .246 | .754 | 1.166 | 1.228 | 1.180 |
| 1429 | — | .521 | .482 | .337 | .523 | .969 | 1.107 |
| 1431 | — | .363 | .348 | .273 | .232 | .366 | .959 |
| 1433 | — | .048 | .050 | .153 | .173 | .168 | .577 |
| 1435 | — | .027 | .027 | .041 | .092 | .120 | .209 |
| 1437 | — | .018 | .018 | .020 | .029 | .063 | .101 |
| 1439 | — | .014 | .014 | .015 | .016 | .022 | .071 |
| 1441 | — | .011 | .011 | .012 | .013 | .014 | .038 |

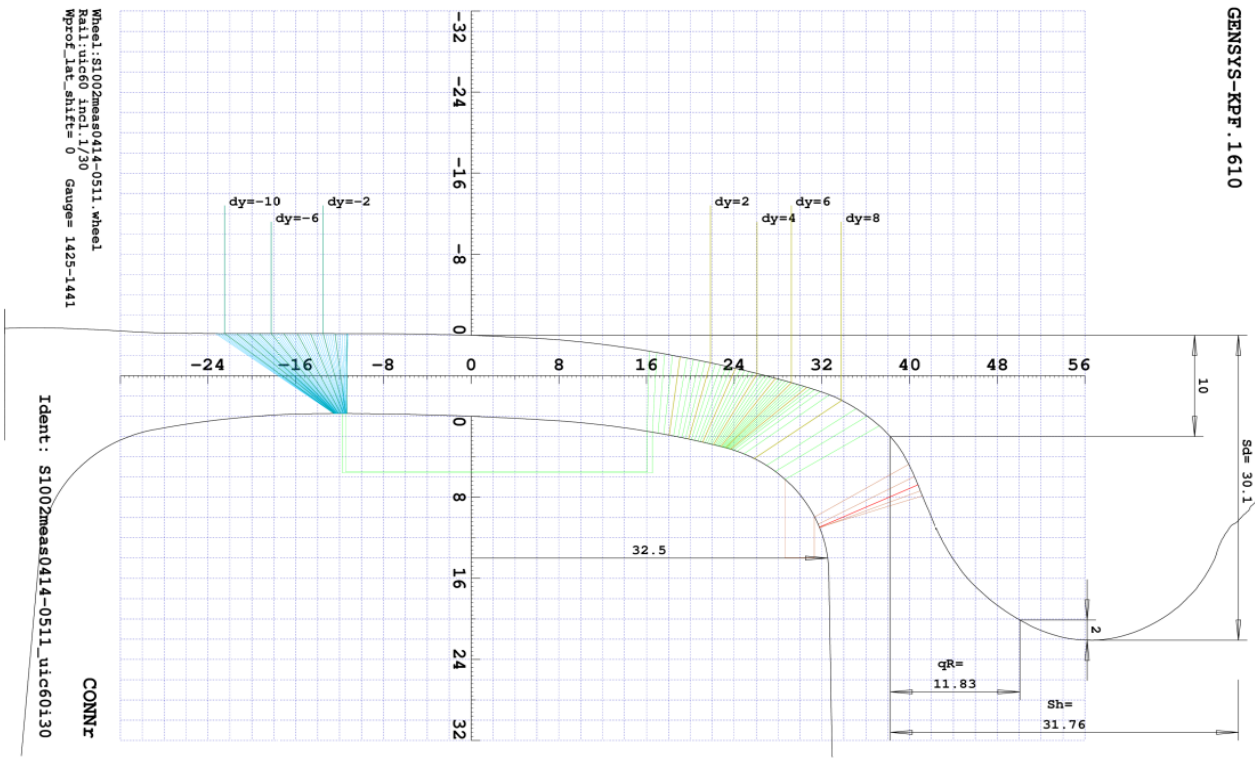


Left wheel: ENS1002t32.5.wheel Right wheel: ENS1002t32.5.wheel
 Left rail: uic60i30 Right rail: uic60i30
 Wprof_lat_shift= 0 Gauge= 1425-1441

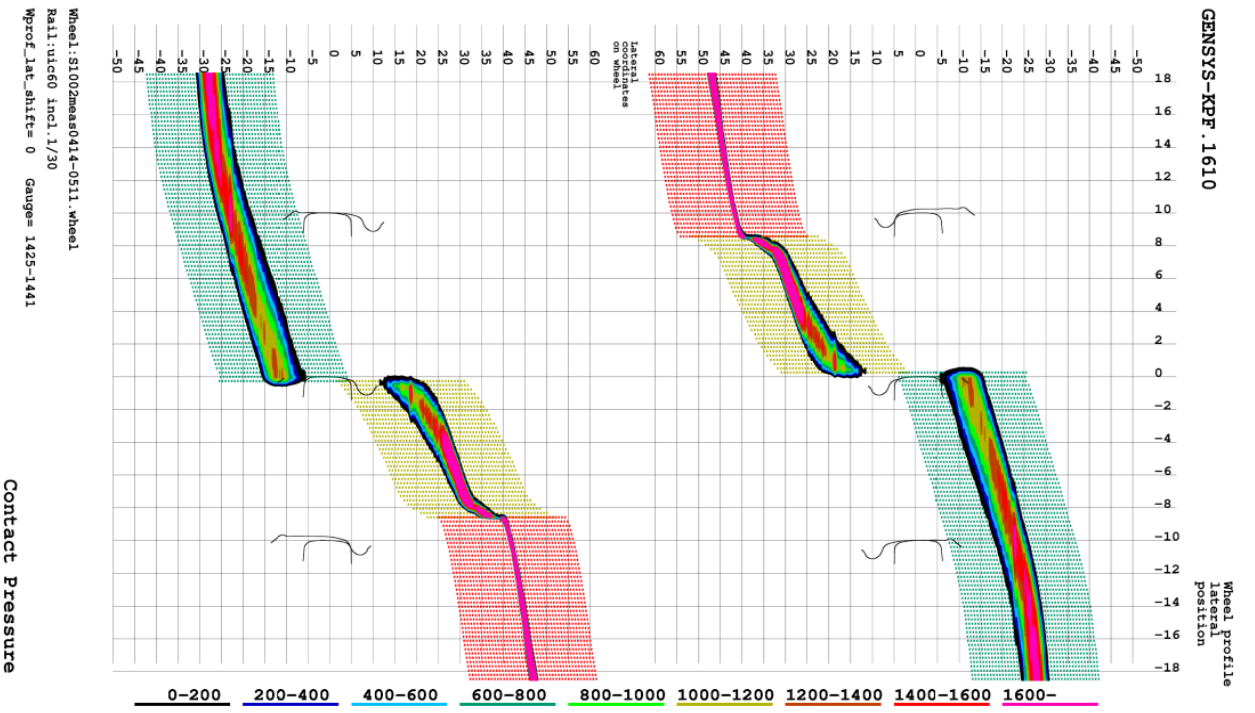
UIC519

Ident: ENS1002t32.5_uic60i30

GENSYS-KPF.1610

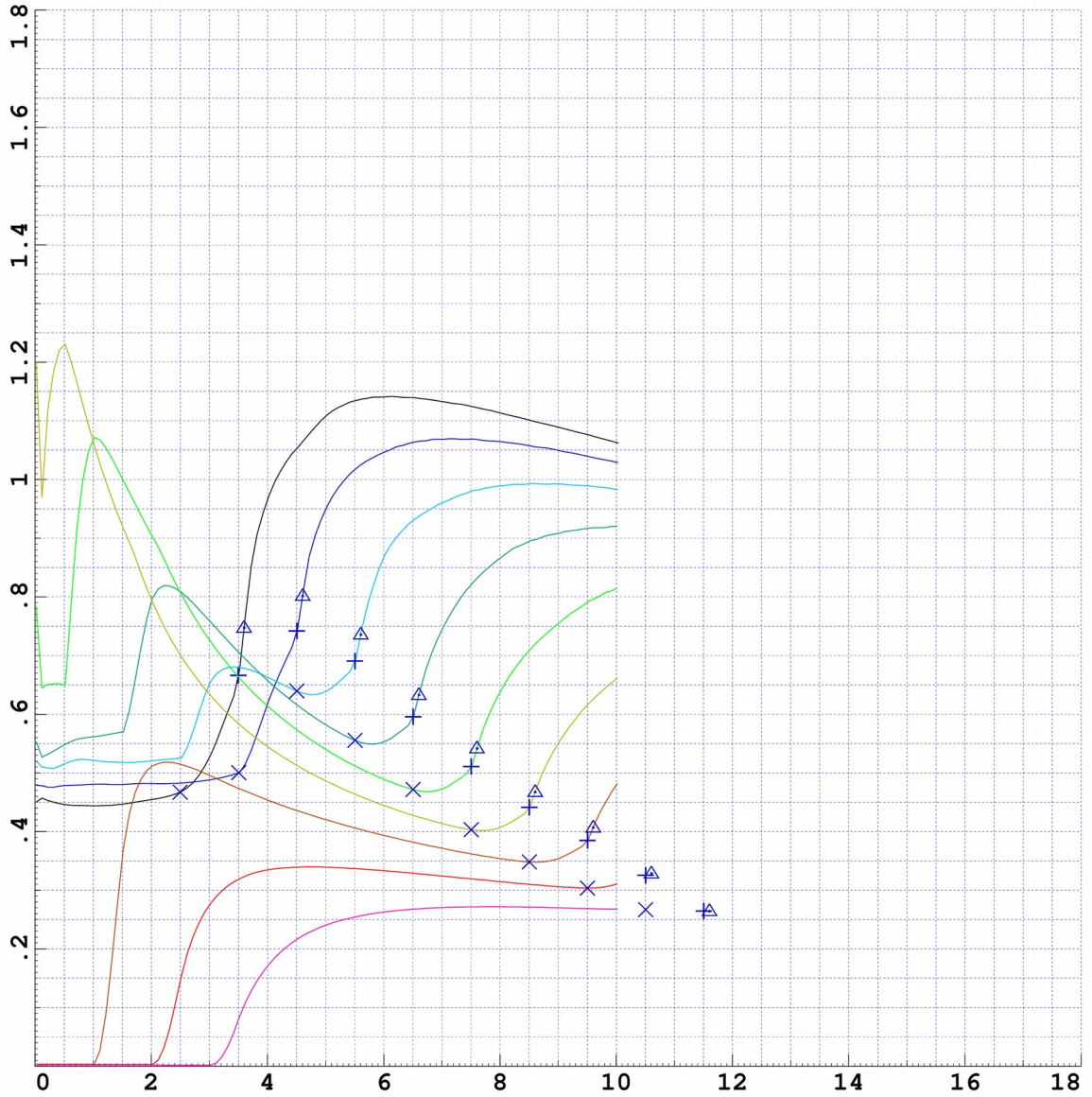


GENSYS-KPF.1610



GENSYS-KPF.1610

| Delta_Y= | | .1 | .5 | 2 | 3 | 4 | 6 |
|-------------|---|------|-------|------|------|------|-------|
| Gauge= 1425 | — | .457 | .446 | .454 | .526 | .966 | 1.140 |
| 1427 | — | .479 | .478 | .482 | .488 | .618 | 1.046 |
| 1429 | — | .510 | .515 | .520 | .651 | .663 | .867 |
| 1431 | — | .526 | .548 | .790 | .759 | .658 | .553 |
| 1433 | — | .641 | .650 | .906 | .726 | .614 | .489 |
| 1435 | — | .777 | 1.228 | .796 | .634 | .545 | .444 |
| 1437 | — | .003 | .003 | .510 | .496 | .454 | .393 |
| 1439 | — | .003 | .003 | .003 | .275 | .335 | .333 |
| 1441 | — | .002 | .002 | .002 | .002 | .171 | .263 |



Wheel: S1002meas0414-0511.wheel
 Rail: uic60 incl.1/30
 Wprof_lat_shift= 0 Gauge= 1425-1441

UIC519

Ident: S1002meas0414-0511_uic60i30