

Simulering av tåg–spår interaktion: Jämförelse av olika spårtyper

Emil Aggestam

Olika spårkonstruktioner

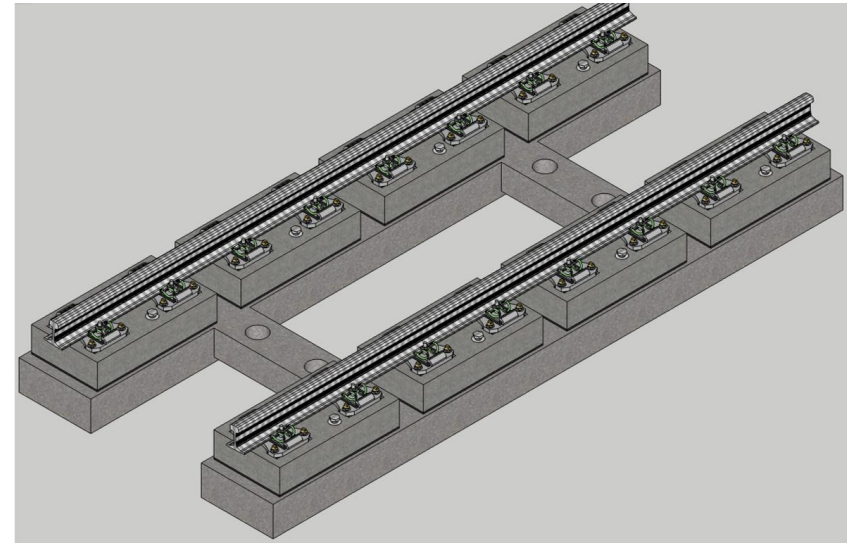
- Krav på järnvägen ökar
- Hur ska framtidens spår konstrueras?



Från UIC



Från Slab Track Austria



Från Acciona

Studerade spårtyper

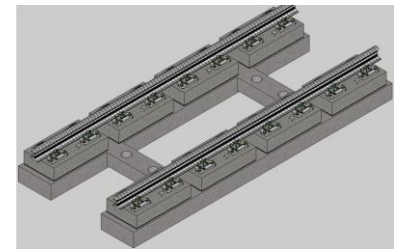
1. Ballasterat spår
2. Ballastfritt spår (STA)
3. Optimerat ballastfritt spår baserat på Europastandarden 16432-2
4. Moulded multi-modular block (3MB) systemet



Från UIC

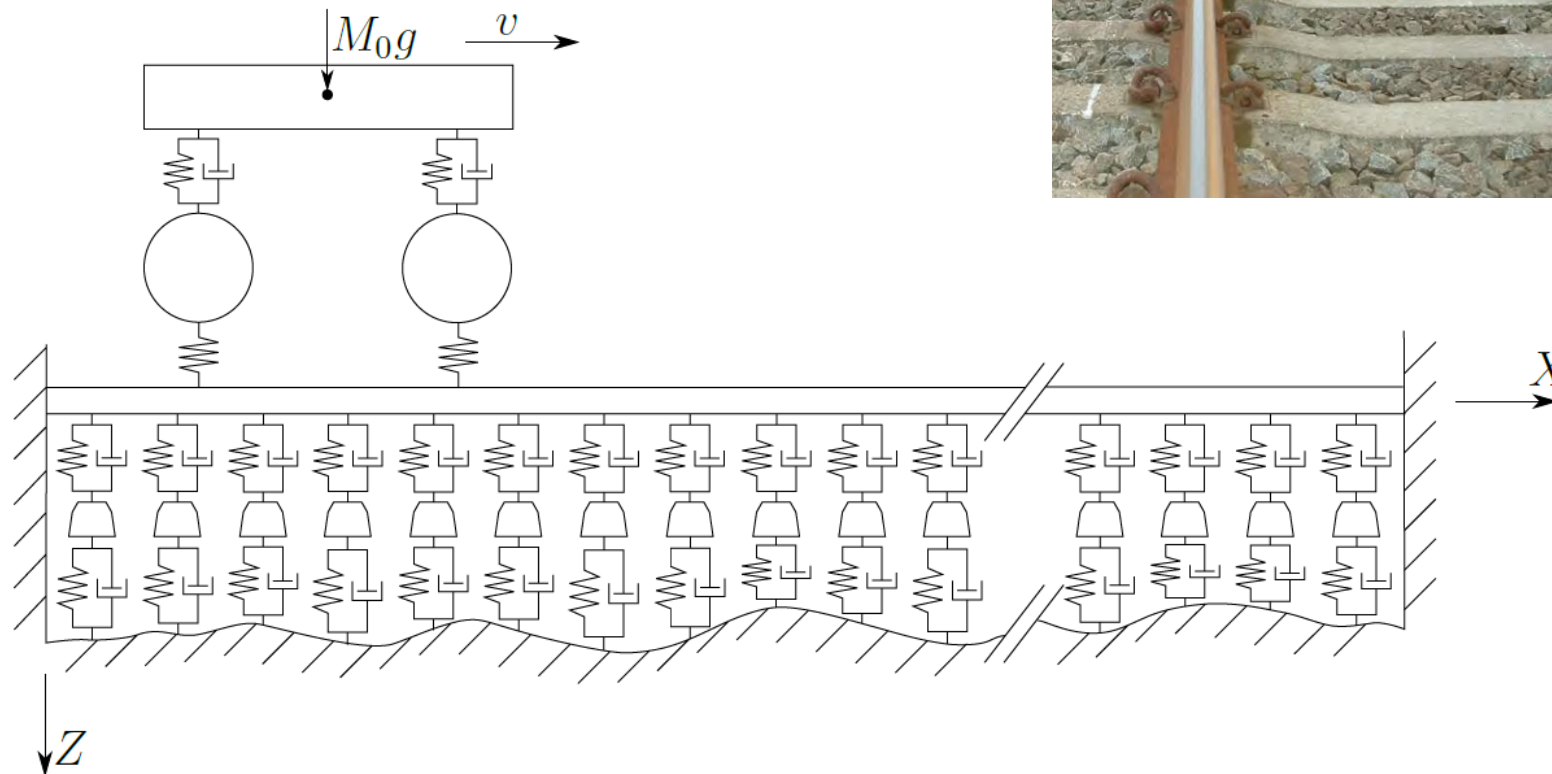
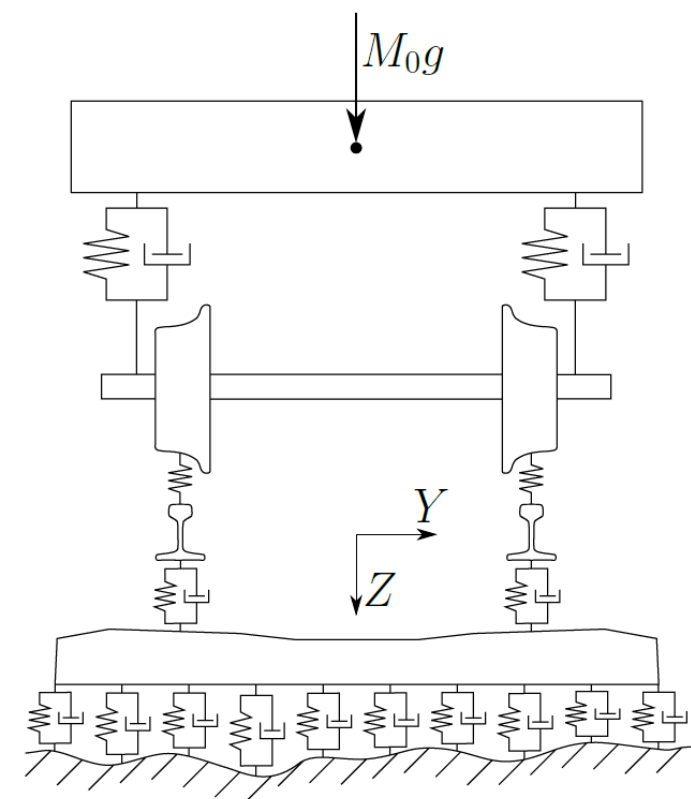


Från Slab Track Austria



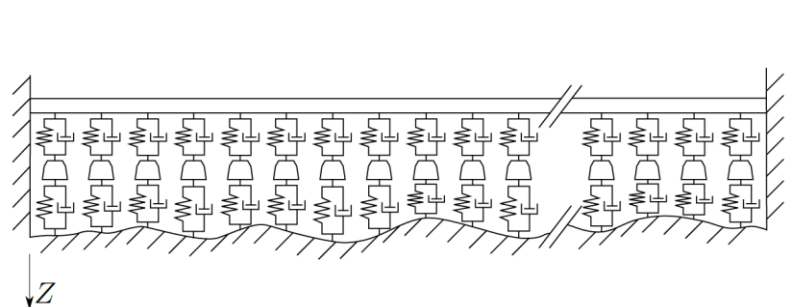
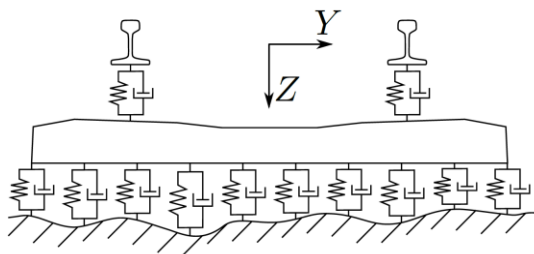
Från Acciona

FEM-modell av ballasterat spår

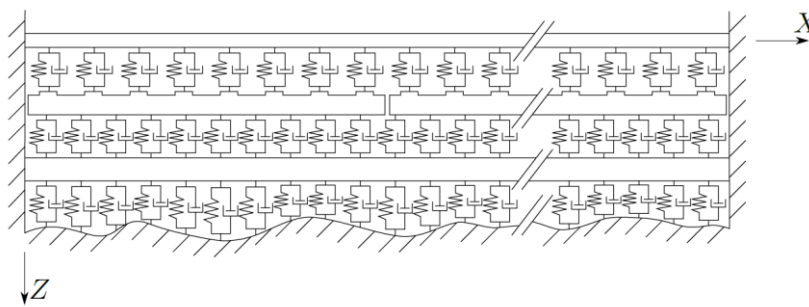
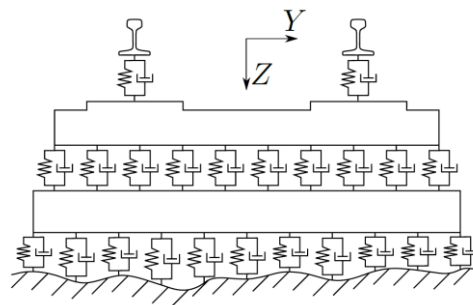


Jämförelse FEM-modeller

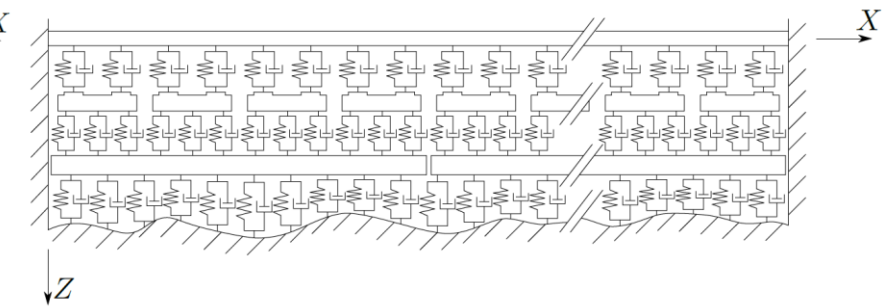
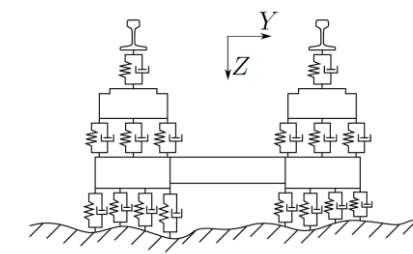
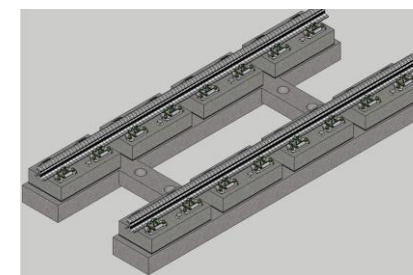
Ballasterat



STA och EN



3MB



Simuleringsmetodik

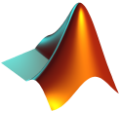
- **Simulering av dynamisk samverkan mellan tåg och spår i tidsdomänen**
- **Tåget modelleras som ett flerkroppssystem**



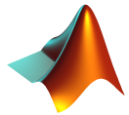
Generera 3D spårmodell (Abaqus och Python)



Utför vertikal dynamisk tåg-spår simulering (Matlab)



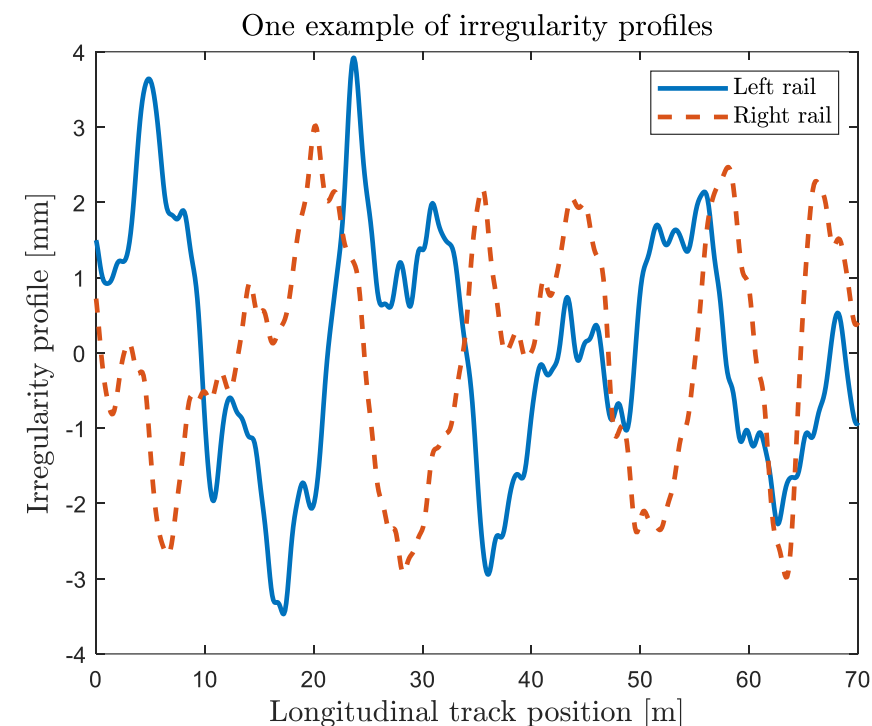
Hjul-räl kontaktkraft som indata till spårmodellen (Abaqus och Python)



Bearbeta data och figurgenerering (Matlab)

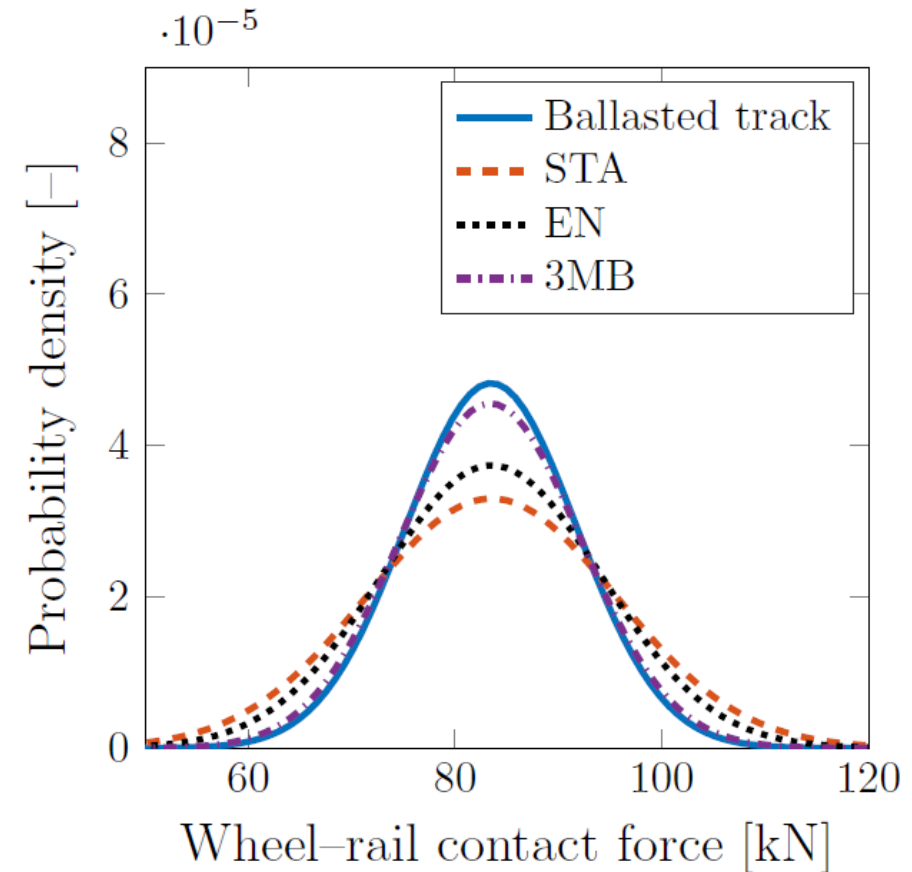
Vertikala spårlägesfel

- **Osymmetriska spårlägesfel genererade från en PSD**
- **Amplituden av spårlägesfelen är skalad så att standardavvikelsen sammanfaller med gränsvärde presenterat i standarden 13848-6**



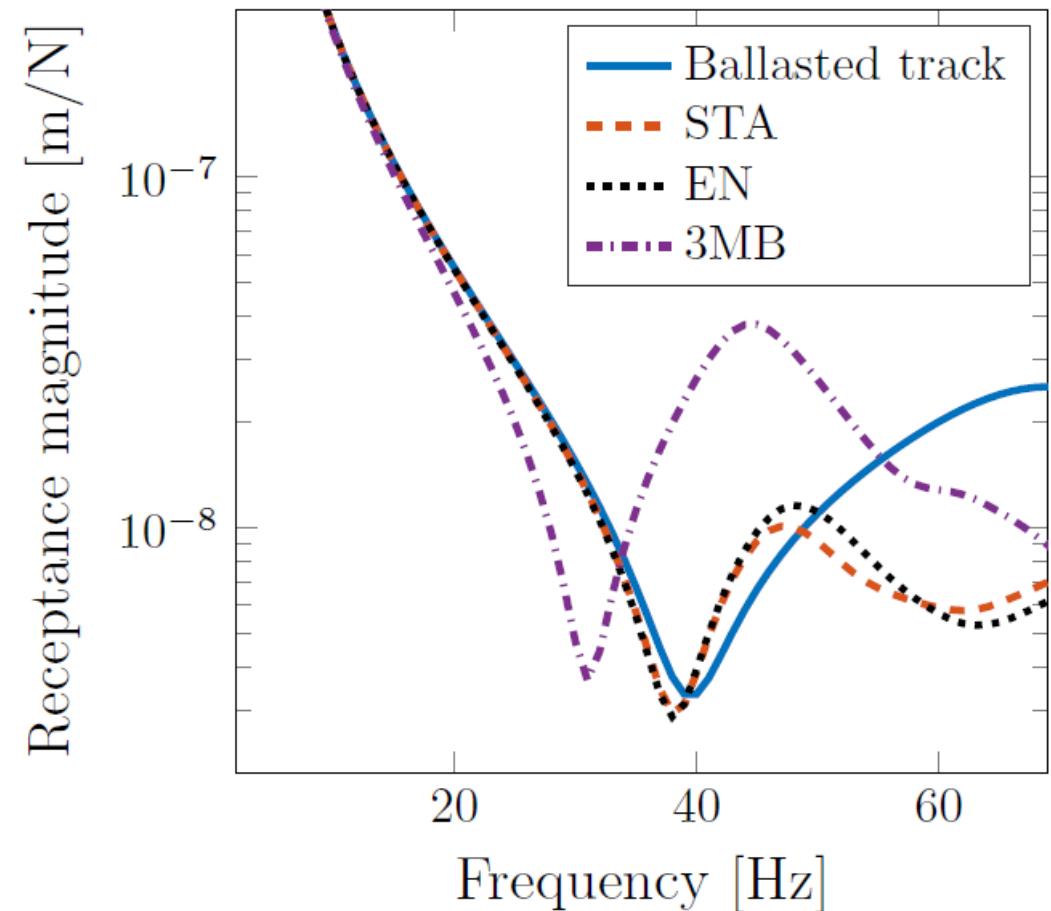
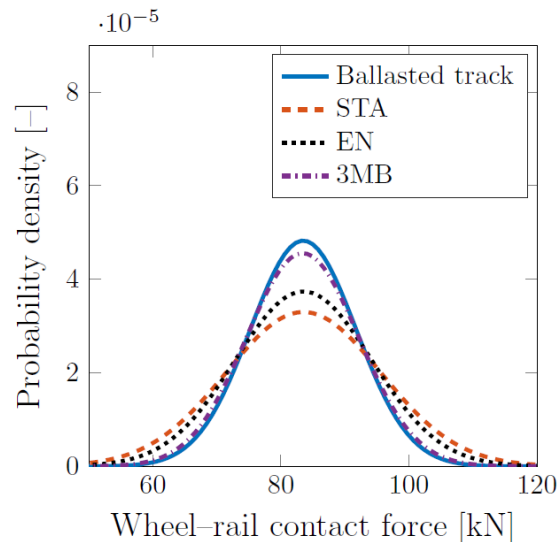
Hjul-räl kontaktkrafter

- Normalfördelning av hjul-räl kontaktkraften baserat på 30 simuleringar med olika realiseringar av spårlägesfel
- Frekvenser runt 30–45 Hz dominerar responsen

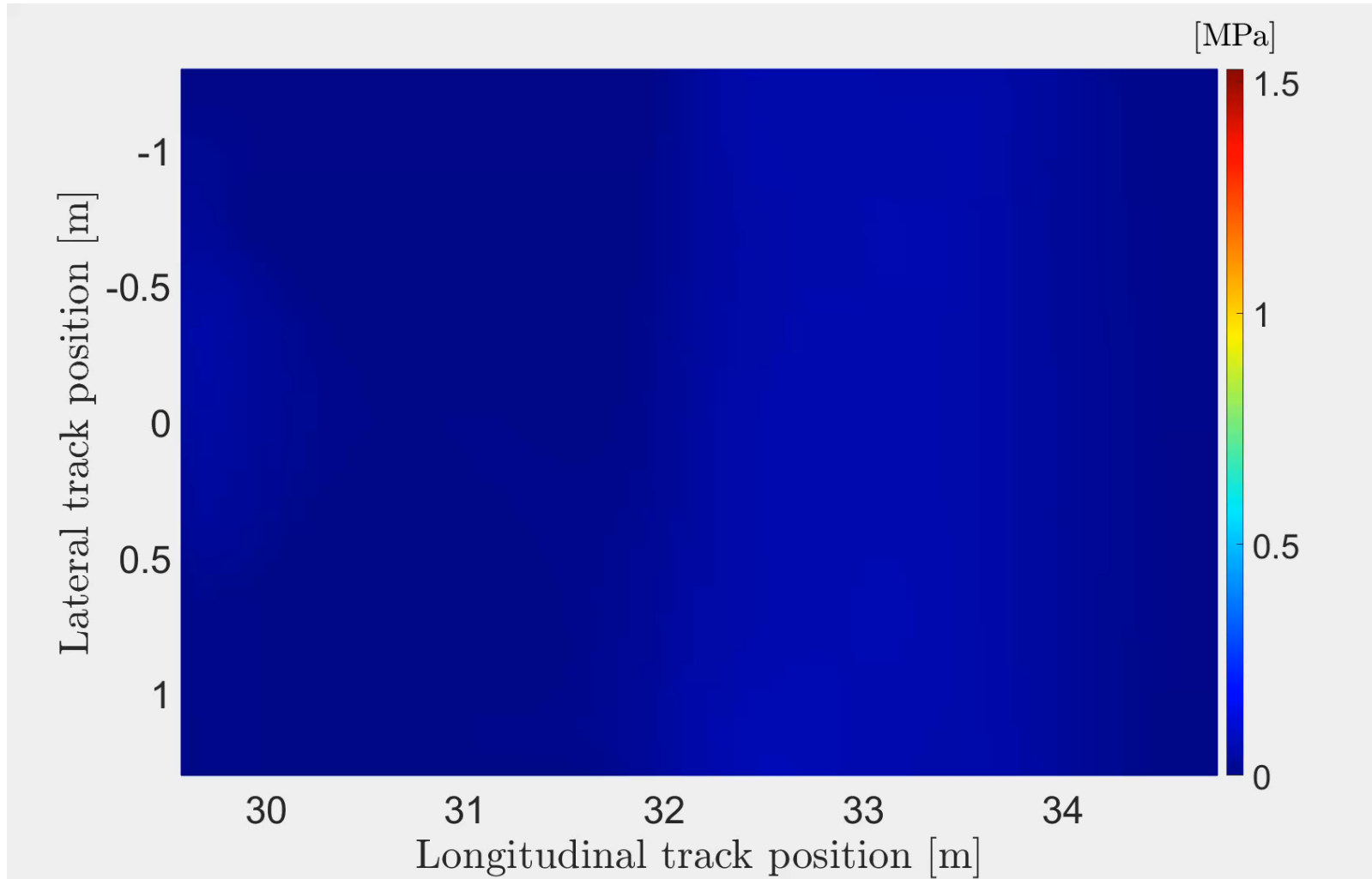


Hjul-räl kontaktkrafter

- För en stationär harmonisk excitation, amplituden av hjul-räl kontaktkraften är proportionell mot inversen av systemreceptansen



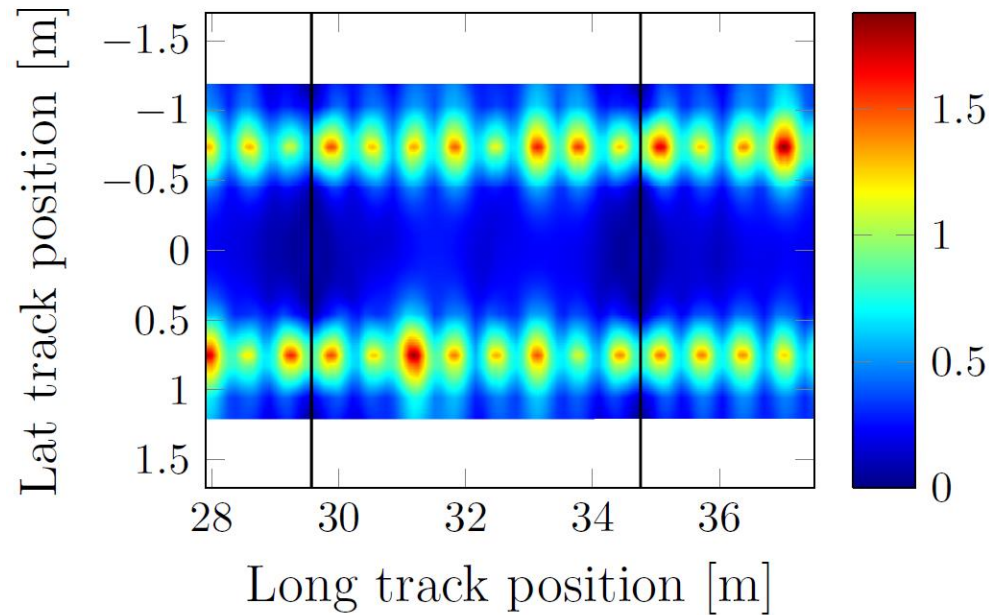
Spänningsfördelning i betongplattan



Största spänning i olika delar av strukturerna

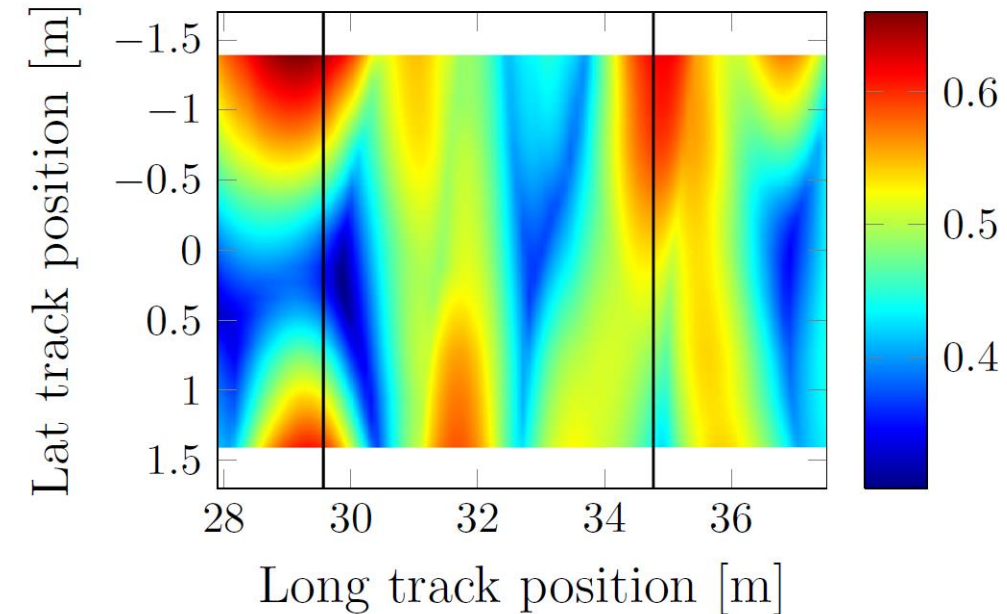
Övre betonglager

[MPa]



Undre betonglager

[MPa]



STA

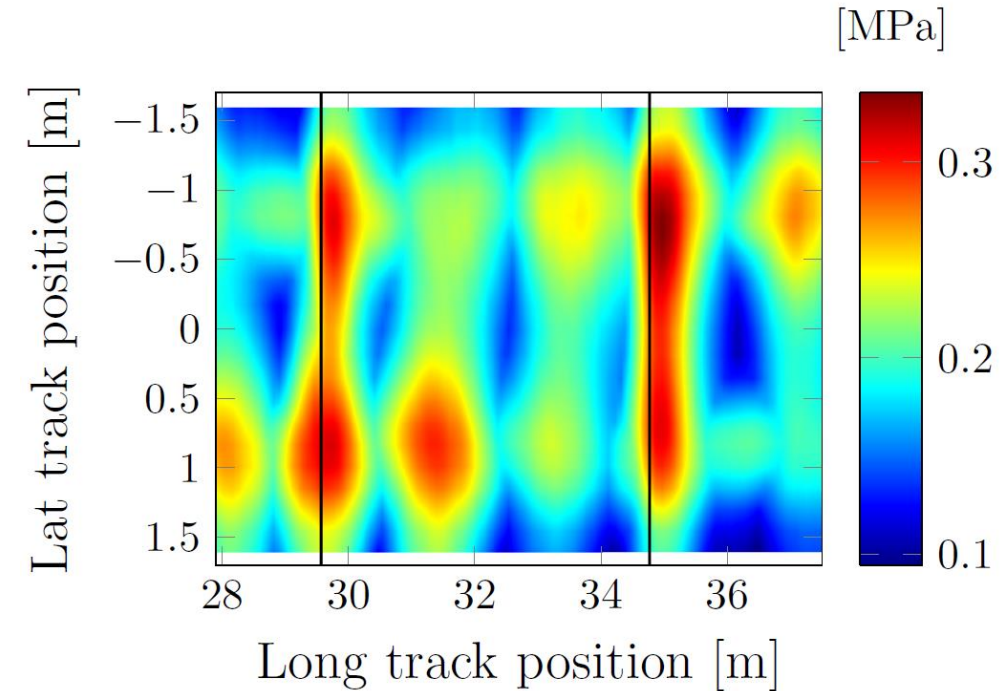
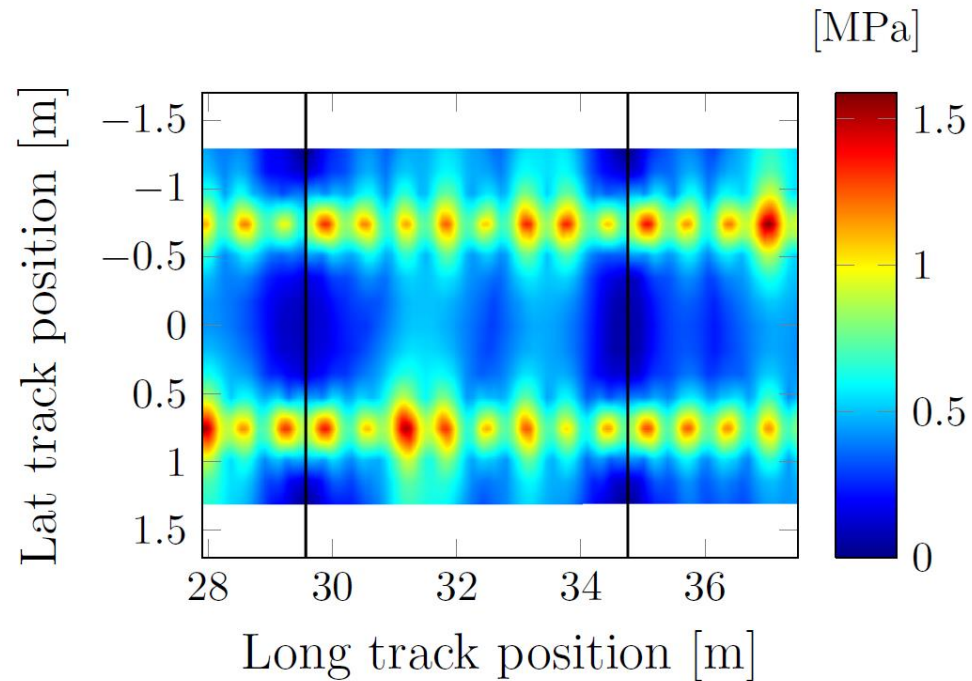


Största spänning i olika delar av strukturerna

Övre betonglager

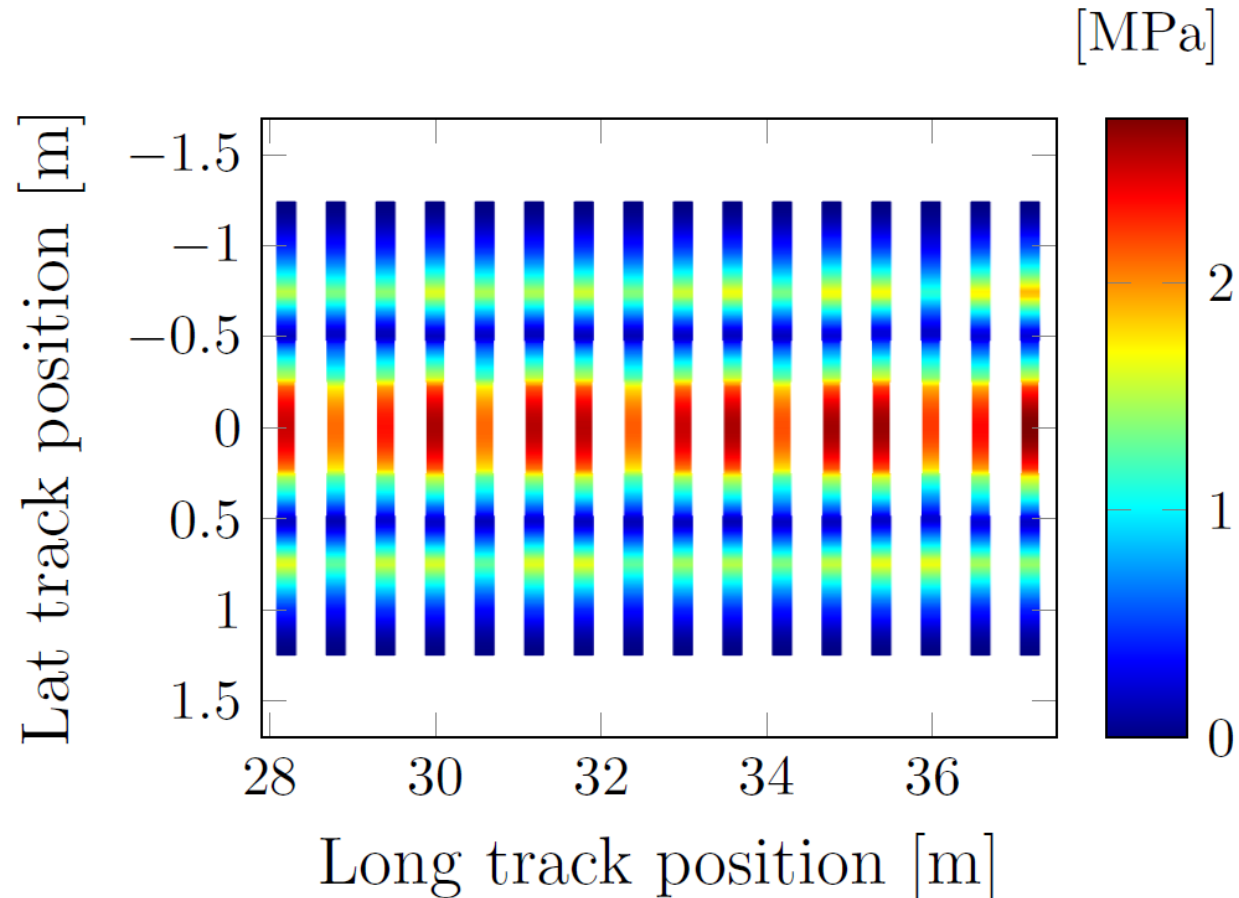
Undre betonglager

EN

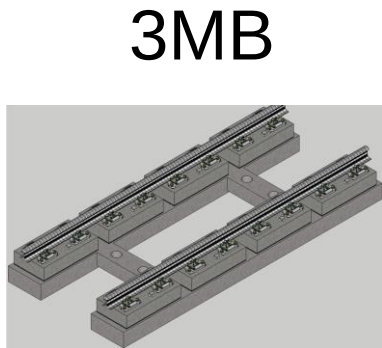


Största spänning i olika delar av strukturerna

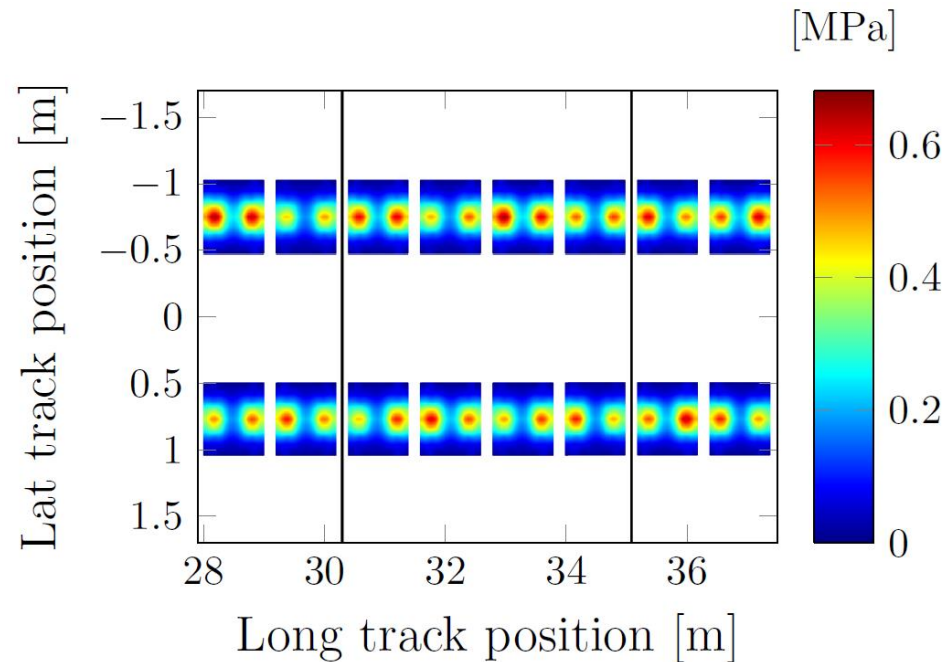
Ballasterat



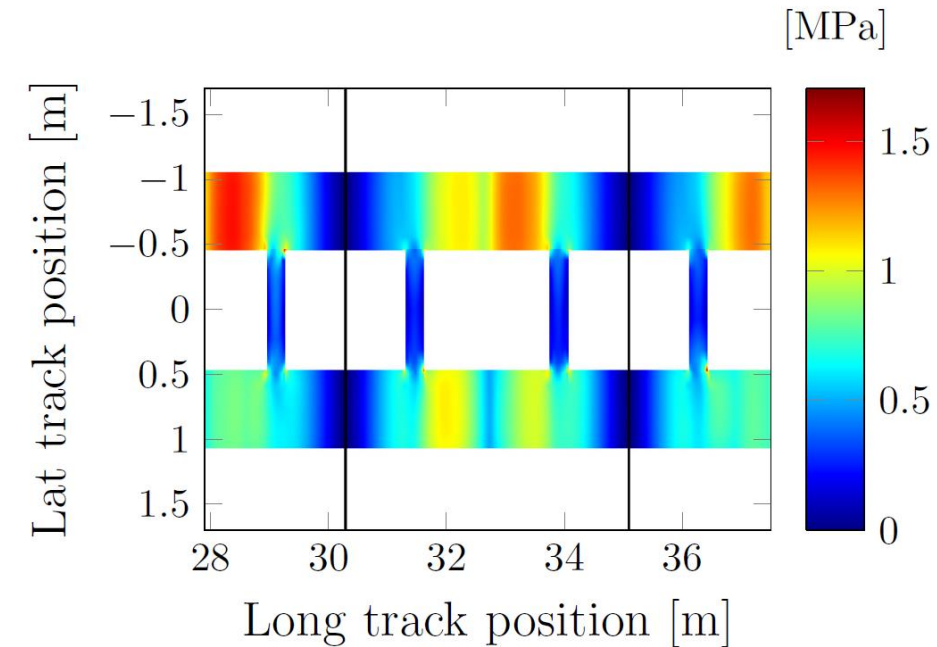
Största spänning i olika delar av strukturerna



Övre betonglager



Undre betonglager



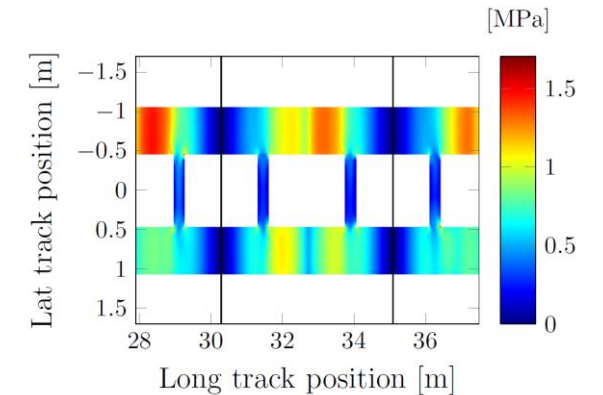
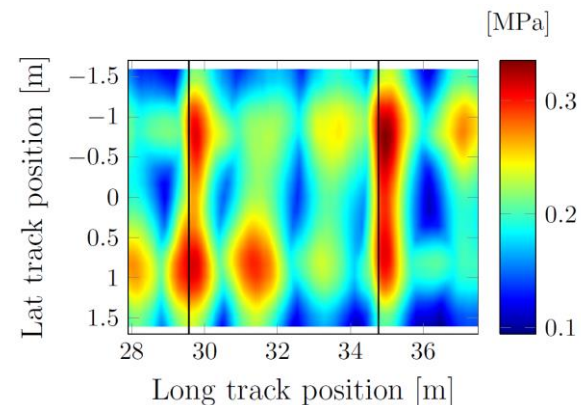
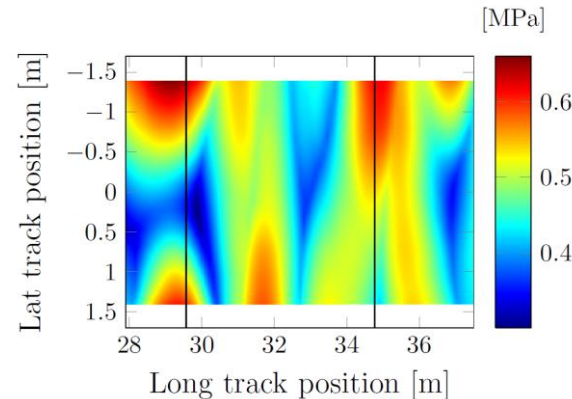
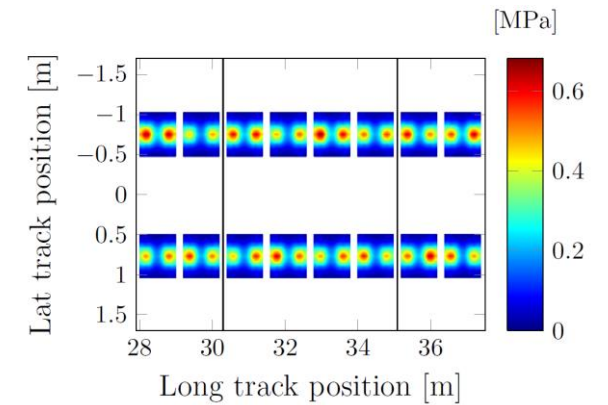
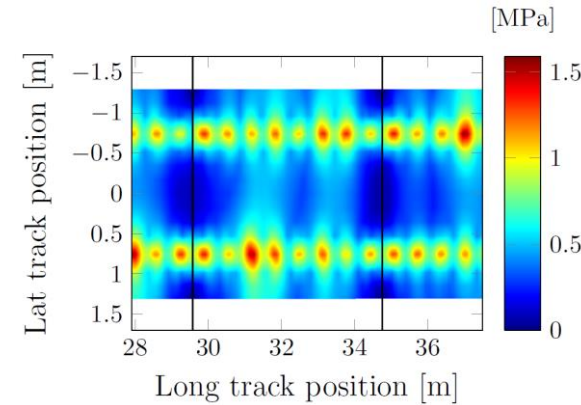
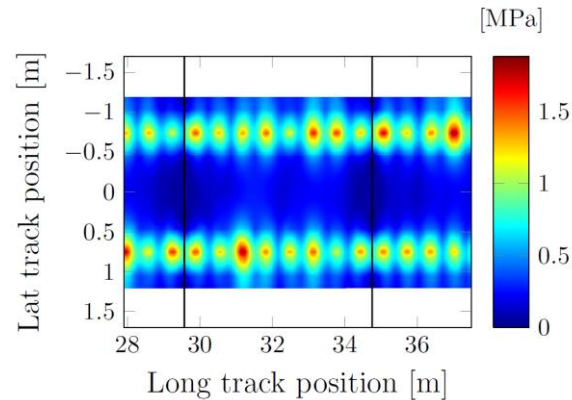
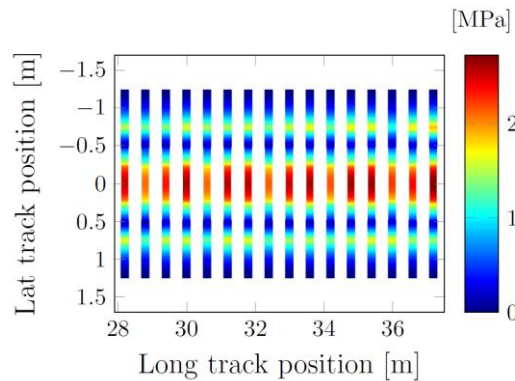
Största spänning i olika delar av strukturerna

Ballasterat (47%)

STA (45%)

EN (44%)

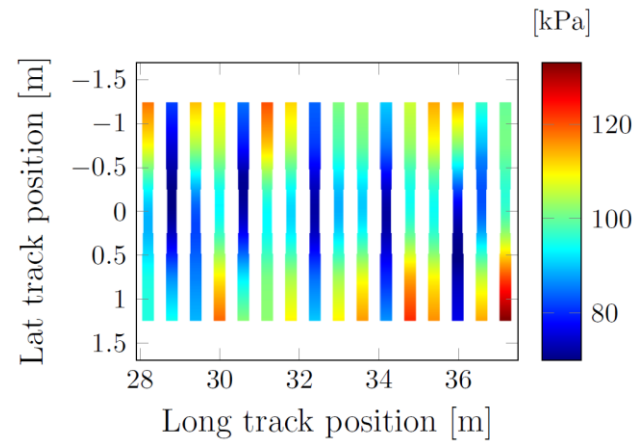
3MB (36%)



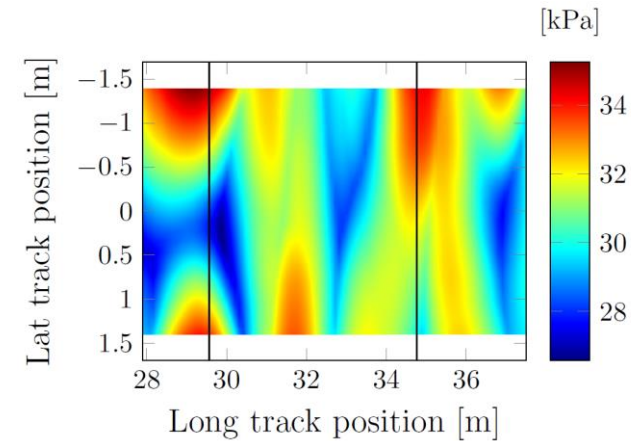
Procentsatserna avger kvoten mellan största spänning och böjhållfastheten.

Största tryck på marken

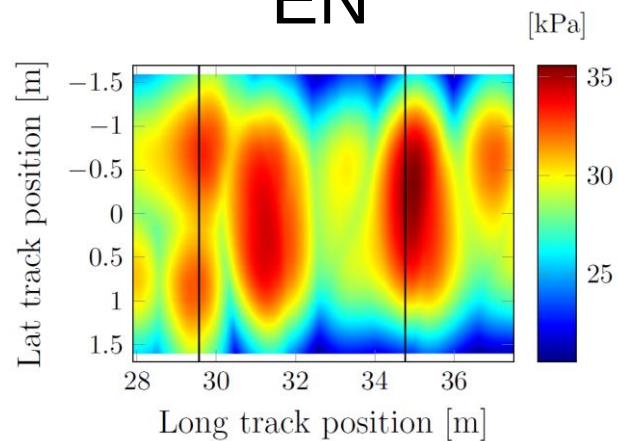
Ballasterat



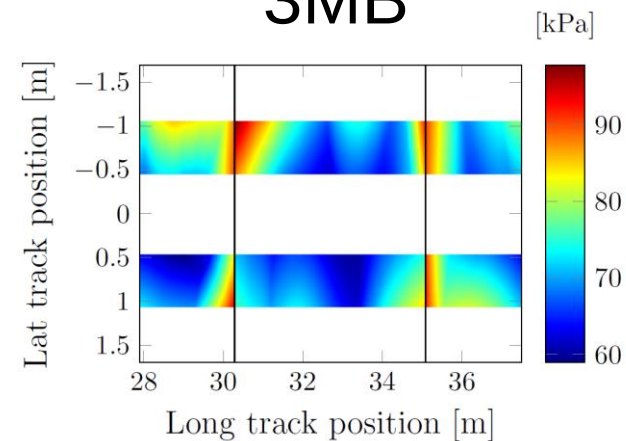
STA



EN



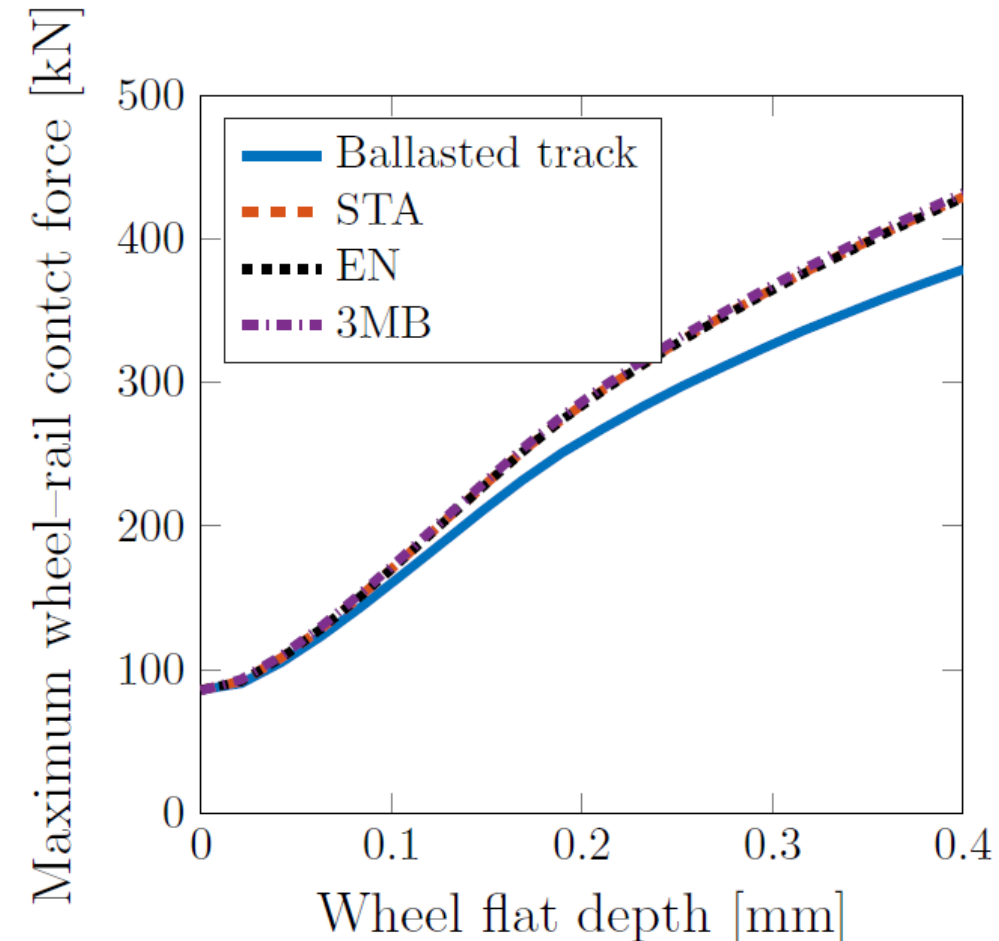
3MB



Dynamisk last inducerad av hjulplatta

- Högfrekvent excitering
- Stor påverkan på kontaktkraften
- Liten påverkan på tryck på mark pga dynamisk särkoppling mellan räl och betongdel

	Ballasted	STA	EN	3MB
Max pressure [kPa] $d_{wf} = 0.1 \text{ mm}$	99	26	26	82
Max pressure [kPa] $d_{wf} = 0.3 \text{ mm}$	106	26	26	82



Sammanfattning

- **Fyra olika system har jämfört med avseende på**
 - 1. Receptans**
 - 2. Statisk styvhet**
 - 3. Hjul–räl kontakt kraft**
 - 4. Spänning i betongdelar**
 - 5. Tryck på mark**
- **Betydande skillnad i både största tryck på mark och maximal spänning i betongdelarna mellan de olika systemen**

Slutsatser

- **För alla studerade lastfall är största spänning i betongdelarna lägre än böjhållfastheten. Detta innebär att det kan finnas en möjlighet att minska mängden material och därmed minska utgifter och miljöpåverkan**
- **Risken för sättningar är större för det ballasterade spåret och 3MB designen jämfört med övriga ballastfria designer**
- **Högfrekventa exciteringar (>100 Hz) påverkar inte betongdelarna i någon stor utsträckning**