

Bijdrage Rollend Materieel aan Degradatie Spoorgeometrie

Dr. ir. Michaël J.M.M. Steenbergen

Delft University of Technology

Railway Engineering Group

Ir. Edward de Jong

Lloyd's Register Rail Europe



Context

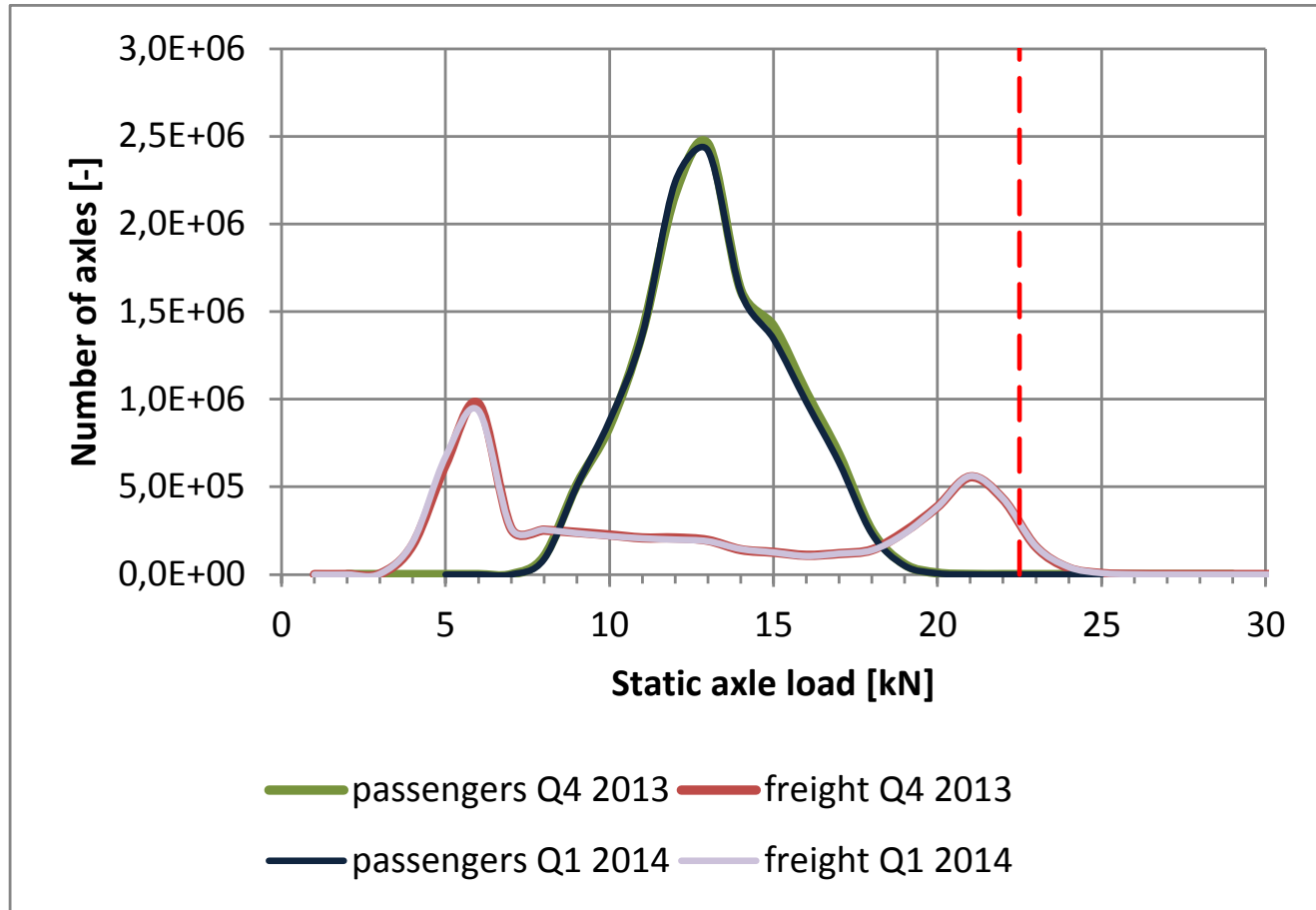
- Vervoerders maken gebruik van infra; betalen gebruikersvergoeding per ton per km
- Geen differentiatie naar treintype en toestand trein
- ProRail zorgt voor onderhoud/instandhouding infra
- Idee: 'vervuiler betaalt' → verhalen schade op verantwoordelijke
- Prijsprikkel naar vervoerder: bonus malus regeling
- Daarvoor nodig: metingen + vertaling naar schade infra

Input & randvoorwaarden

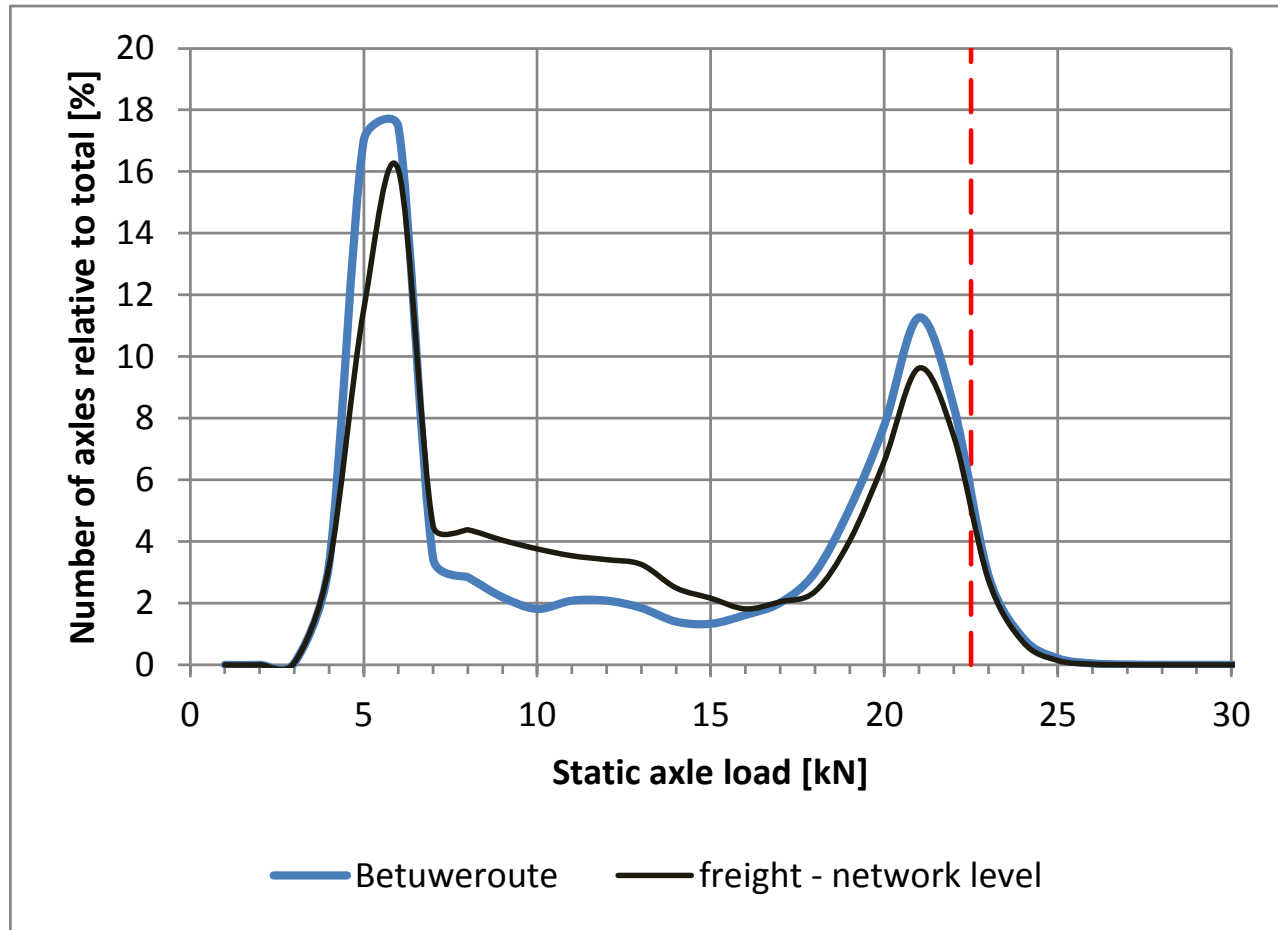
- Aslasten gemeten met Gotcha / Quo Vadis systemen (landelijke dekking)
- Ook wieldefecten gemeten → dynamische aslasten
- Alle informatie over belastingen in **verticale vlak** beschikbaar
- Dataset halfjaarlijkse periode gebruikt: Q4-2013 en Q1-2014



Statische aslasten - netwerkniveau



Statische aslasten - Betuweroute



Dynamische aslasten in Gotcha

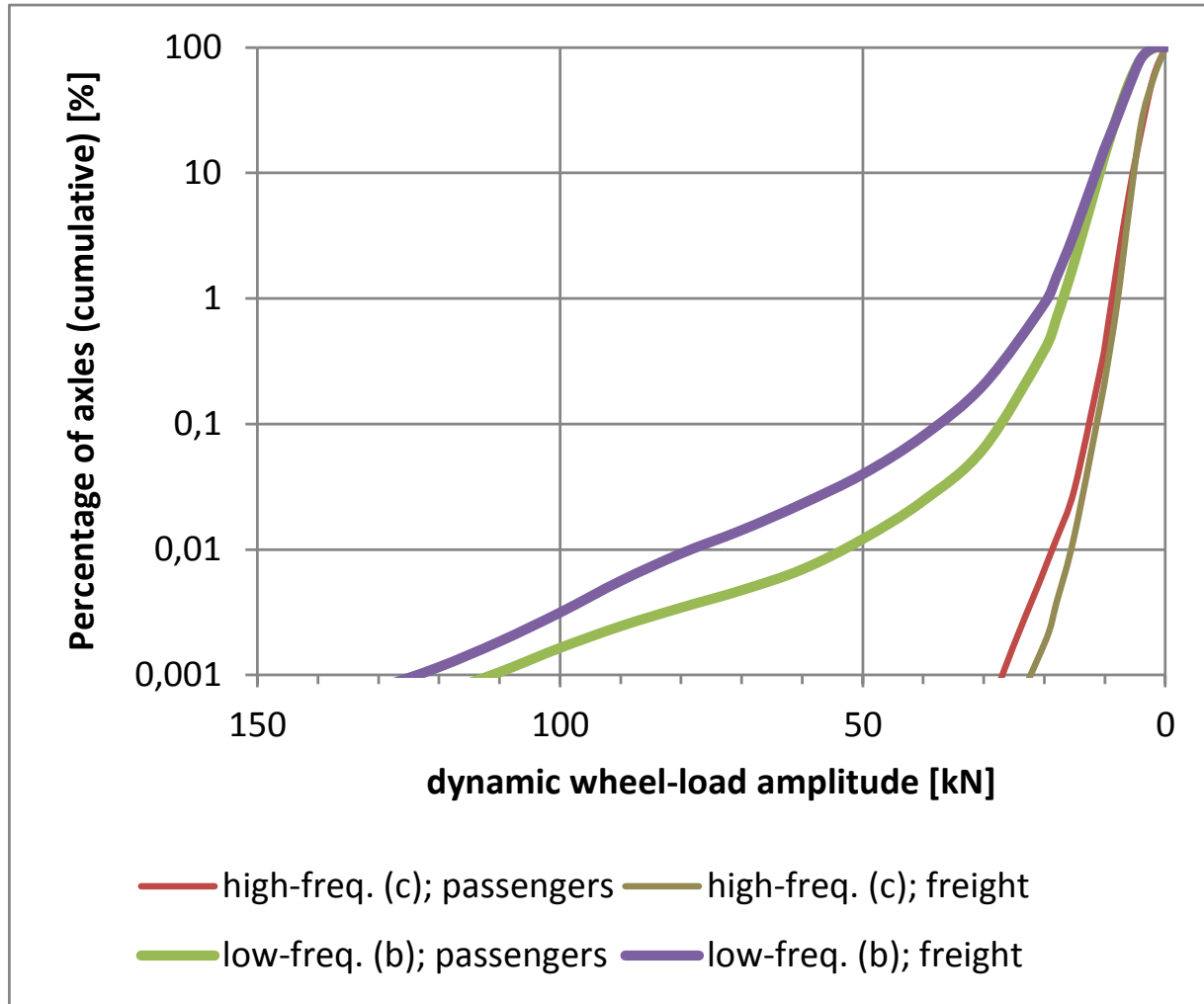
- GOTCHA maakt onderscheid tussen:

Laagfrequente dynamische krachten – filtering in [20 – 220 Hz] (onrondheid, excentriciteit)

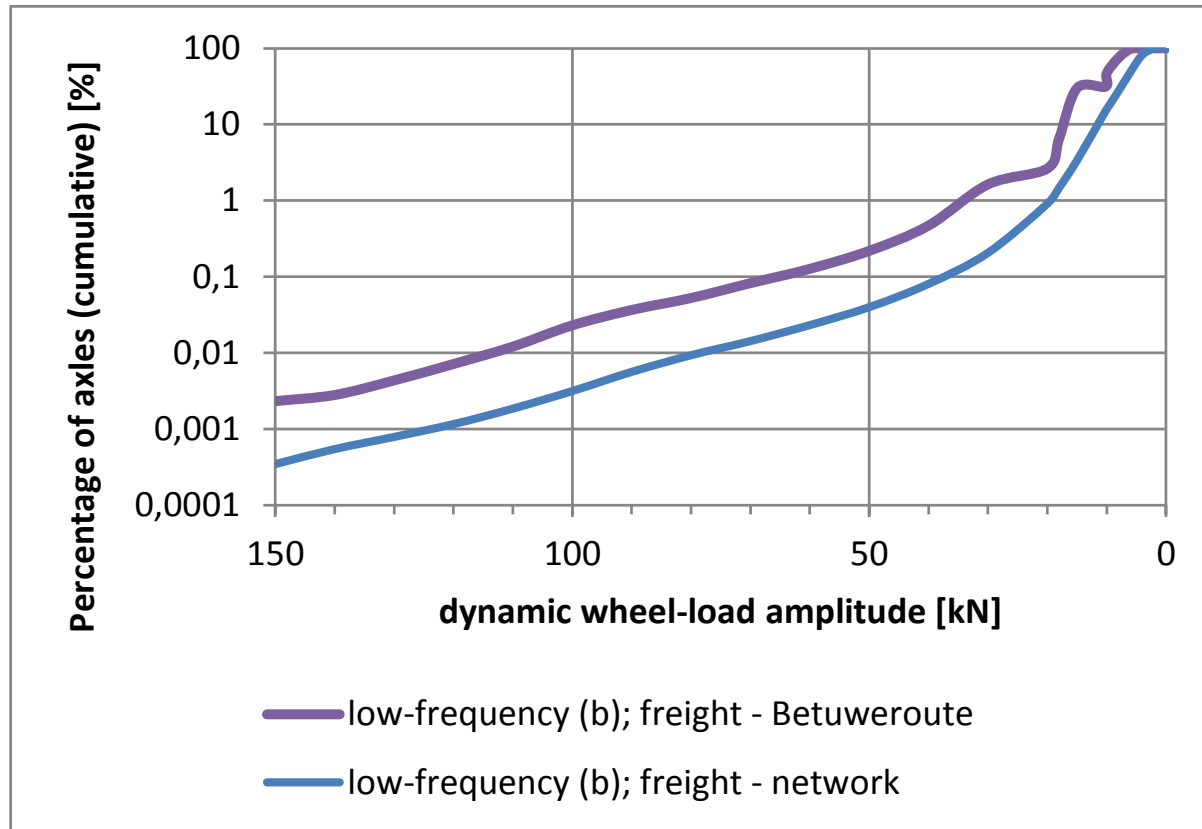
Hoogfrequente dynamische krachten – filtering in [180 – 1200 Hz] (vlakke plaatsen)

- Voor infradegradatie domein onvoldoende laagfrequent, maar geeft goede indicatie

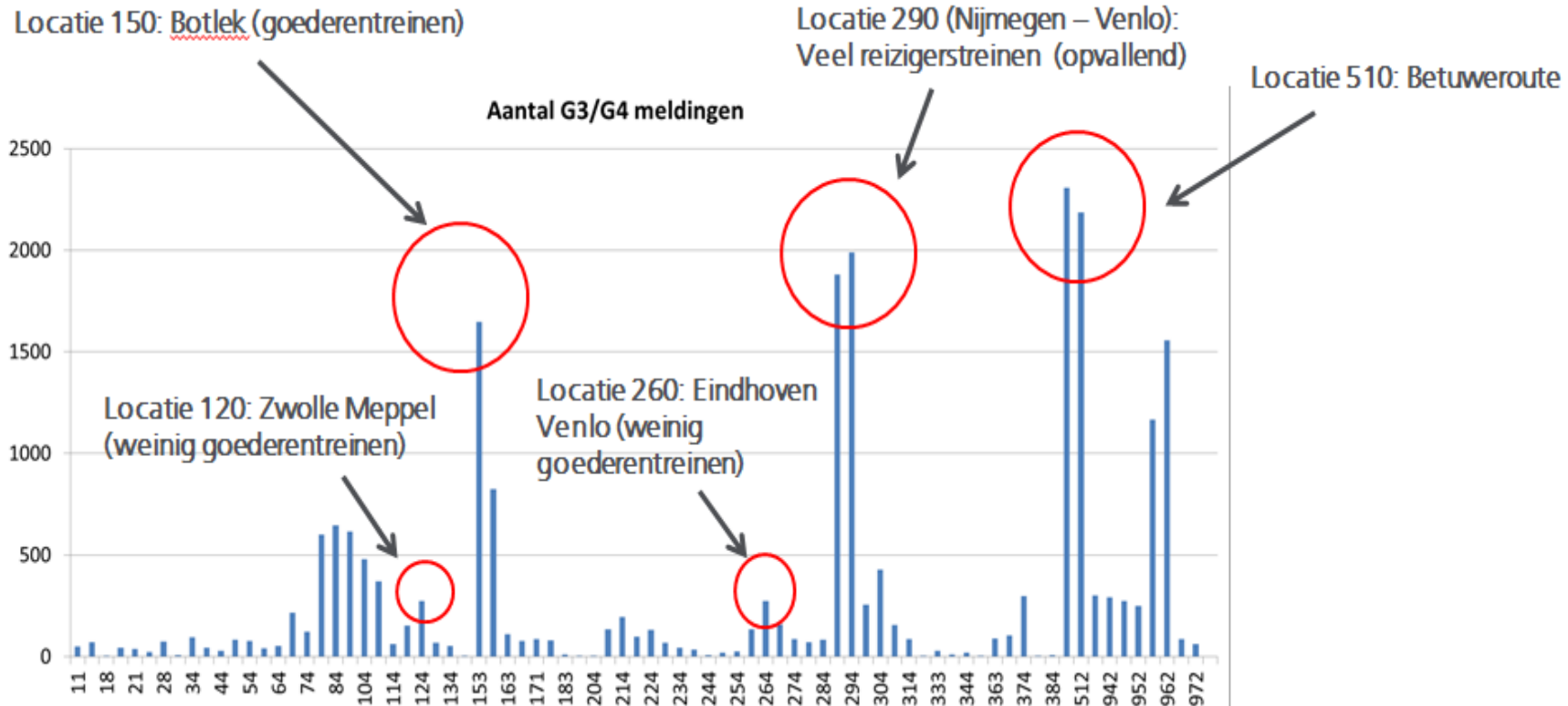
Dynamische aslasten - netwerk



Dynamische aslasten - Betuweroute



Dynamische aslasten - lokaal



Geometrie degradatie

Laag-frequente krachten

- Relatief lange golflengtes
- Bereiken ondergrond – relatie met zettingen

Hoogfrequente krachten:

- Bijdrage heeft maximale golflengte 0,2 m – dwarsliggerafstand 0,6 m
- Bijdrage verder niet meegenomen

Geometrie-degradatie

- ORE-model zetting:

$$e = e_0 + hT^\alpha (2Q)^\beta v^\gamma$$

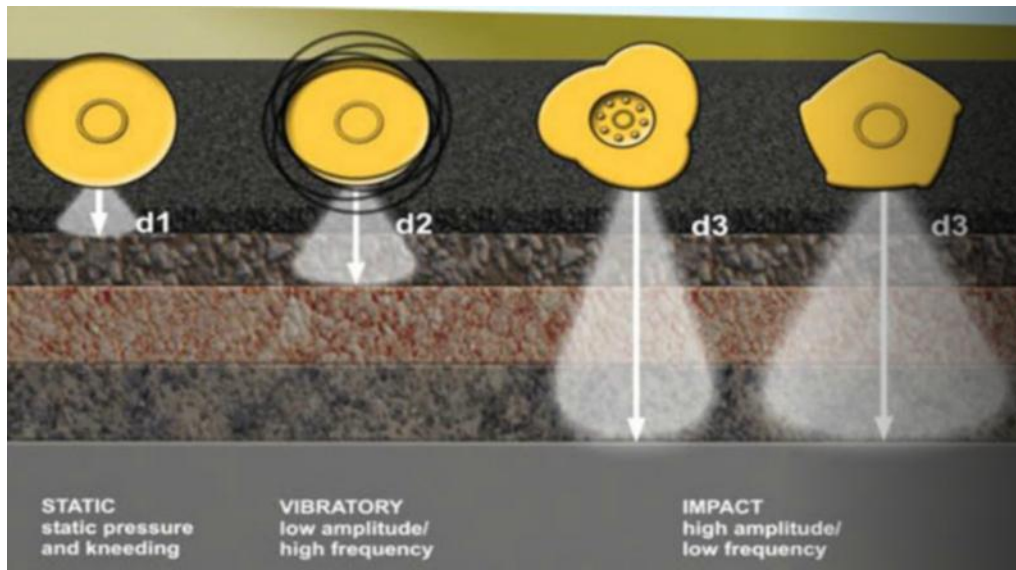
- Belangrijkste conclusie lange-termijn gedrag:

$$e_{\text{stat}} \sim T$$

$$e_{\text{dyn}} \sim Q^3$$

Dynamische compactie

- Dynamische component aslast zorgt voor dynamische consolidatie van de baan/ondergrond
- Zeer effectieve verdichtingsmethode



Degradatie-bijdrage statische aslasten

- Relatieve bijdrage vanuit overbelading:

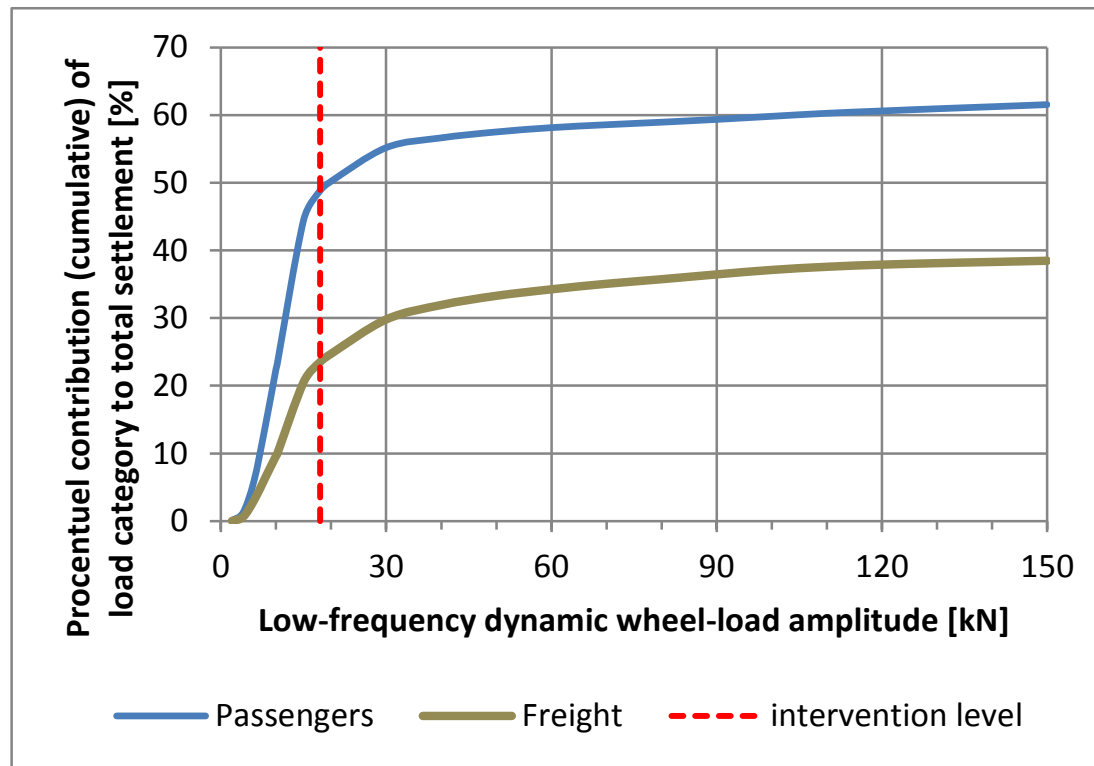
Table 1. Relative settlement increase due to static overloading of axles (network level)

axle load [ton]	# axles	% of total # axles	Δe_{stat} [%]	weighted Δe_{stat} [%]
22 – 23	863877	2.36	0.0 – 4.4	0.0 – 0.1
23 – 24	320343	0.88	4.4 – 8.9	0.04 – 0.08
24 – 25	79934	0.22	8.9 – 13.3	0.02 – 0.03
25 – 26	14616	0.04	13.3 – 17.8	0.005 – 0.007
				Σ 0.1%

- Huidige regulering en handhaving werken

Degradatie-bijdrage dynamische aslasten

- Relatieve zettingstoename bij wieldefect:
$$\delta = \frac{e_{\text{total}}}{e_{\text{stat}}} = 1 + \frac{e_{\text{dyn}}}{e_{\text{stat}}} = 1 + \frac{Q_{\text{dyn}}^3}{Q_{\text{stat}}}$$

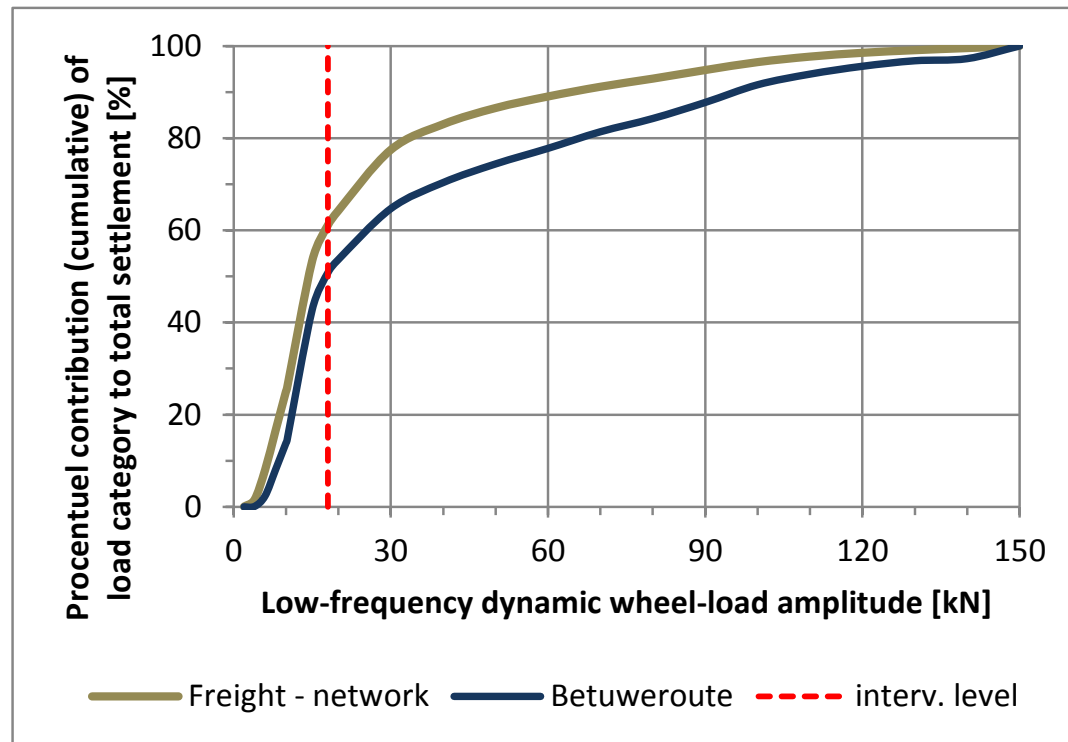


Degradatie-winst bij normeren dyn. aslast

- Uitrekenen wat de consequentie is van alle wieldefecten > 18 kN terugbrengen naar 18 kN (interventieniveau):
- Zettingsreductie met 23% t.o.v. huidige waarden op netwerkniveau
- Gevoelig voor interventiewaarde

Degradatie-winst bij normeren dyn. aslast

- Op lokaal niveau/Betuweroute:



- Zettingsreductie met 52% t.o.v. huidige waarden op zwaarst beladen spoor

Vragen

?