



UNIVERZITA
PARDUBICE
DOPRAVNÍ
FAKULTA
JANA PERNERA

Vehicle/track Interaction under the Conditions of High Speed Railway Operation

Ing. Jiří Šlapák, Ing. Tomáš Michálek, Ph.D.

Katedra dopravních prostředků a diagnostiky, Oddělení kolejových vozidel

Představení a cíle

- Vliv jízdy kolejového vozidla vysokou rychlostí na vybrané charakteristiky reprezentující interakci vozidla s tratí
 - Jízda v přímé kolejí
 - Jízda obloukem
- Tvorba multi-body modelu vysokorychlostního vozidla a příslušných traťových úseků
- Simulace jízdy vozidla vysokou rychlostí
- Vyhodnocení charakteristických veličin z hlediska poškozujících účinků jízdy vozidla na trať

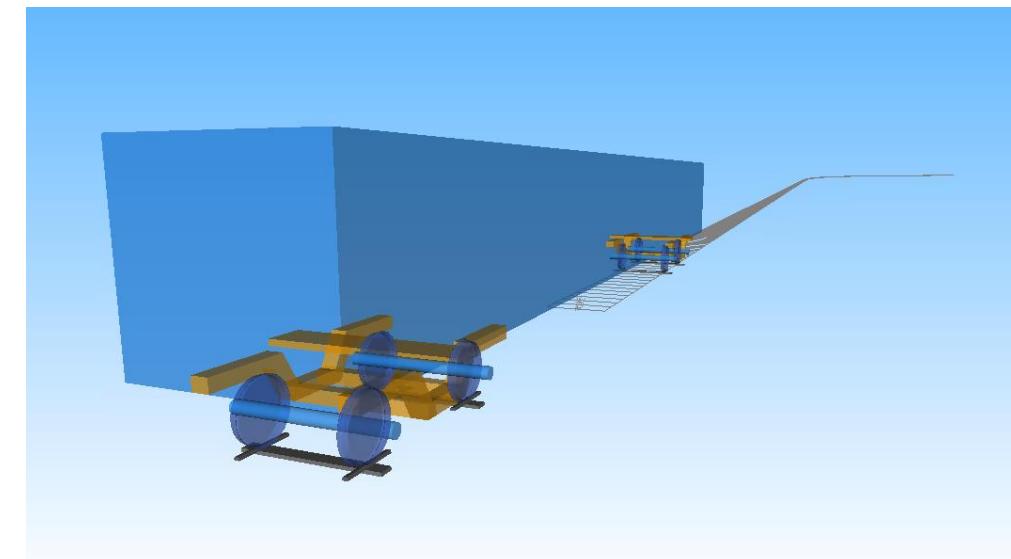
Interakce vozidlo/dopravní cesta

- Jízda v přímé kolej
 - Dynamické svislá kolová síla Q_{dyn}
 - Degradace štěrkového lože; ztráta geometrické polohy kolejí
 - Jízdní stabilita
- Jízda obloukem
 - Měrná třecí práce v kontaktu kolo-kolejnice tzv. Wear Number (skluzy a skluzové síly) $WN = |T_x\gamma_x| + |T_y\gamma_y|$
 - Opotřebení hlav kolejnic; kontaktně únavové trhliny
- Podmínky TSI
 - Omezení maximálního nápravového zatížení (17 t; 250 km/h)
 - Omezení maximálního nedostatku převýšení (100 mm; 300 km/h)

Multi-body simulace

- Model vysokorychlostního vozidla
 - CRH (Chinese Railway High-speed)
- Kontakt kolo kolejnice
 - Obrys kola ORE S1002
 - Profil kolejnice 60E1
 - Model výpočtu skluzových sil FASTSIM

Hmotnost skříně vozidla	35 880 kg
Hmotnost rámu podvozku	3 300 kg
Hmotnost dvojkolí	1 751,8 kg
Vzdálenost středů podvozků	17,5 m
Rozvor podvozku	2,5 m
Svislá tuhost primárního vypružení na jedno kolo	1,176 kN/mm
Svislá tuhost sekundárního vypružení na jednu stranu podvozku	0,190 kN/mm



Scénáře simulací

- Traťové úseky
 - délka 2200 m; nerovnosti trati
- Jízda vozidla v přímé trati
 - $V = (160 \div 350)$ km/h
- Jízda vozidla obloukem
 - Vliv nedostatku převýšení
 - $I = (-110 \div 155)$ mm; $R = 4230$ m; $V = (160 \div 350)$ km/h
 - Vliv poloměru oblouku
 - $I = 100$ mm; $R = (3800 - 5000)$ m; $V = (300 \div 345)$ km/h
 - Vliv specifických podmínek kolem rychlosti jízdy 300 km/h
 - $I = [153; 100]$ mm

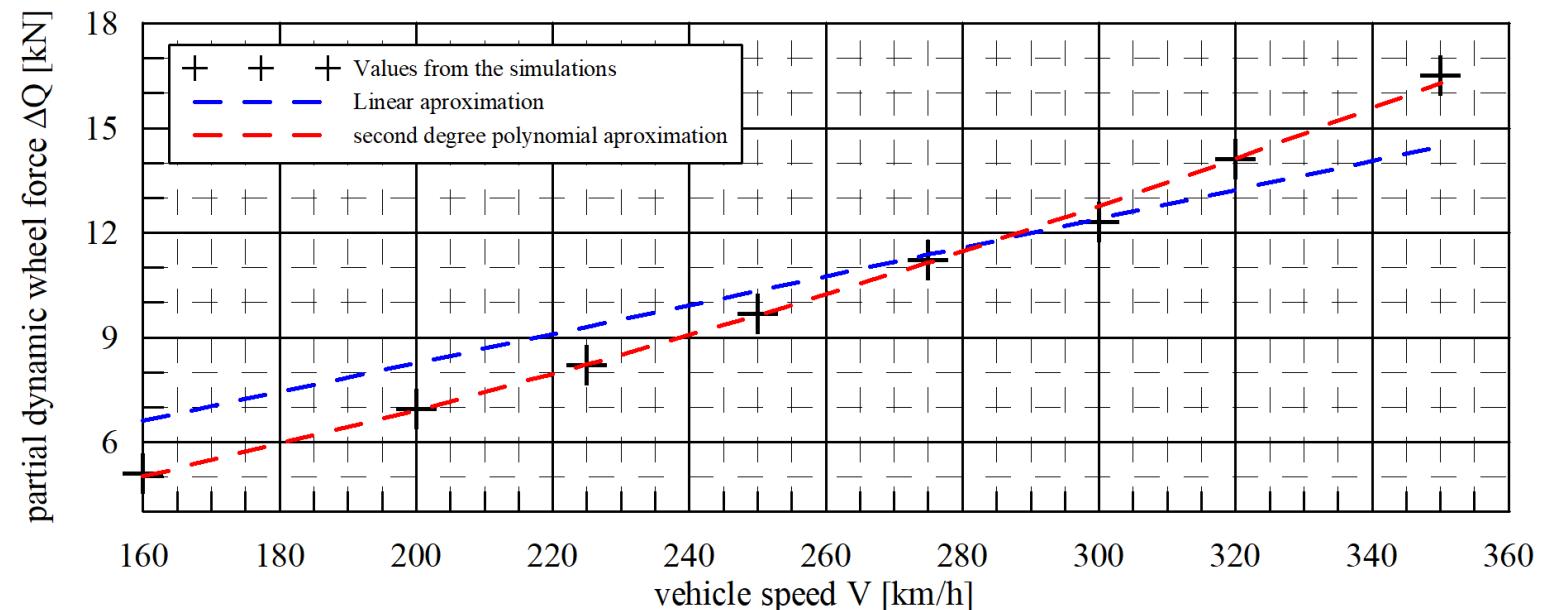
Vliv jízdy vozidla na přímé trati

- Dynamická kolová síla – $Q_{dyn} = Q_{stat} + \Delta Q$
- Používané hodnocení – $P2 = Q_{stat} + a \cdot V$
 - [British Railway Board. Permissible track forces for railway vehicles. GM/TT0088]

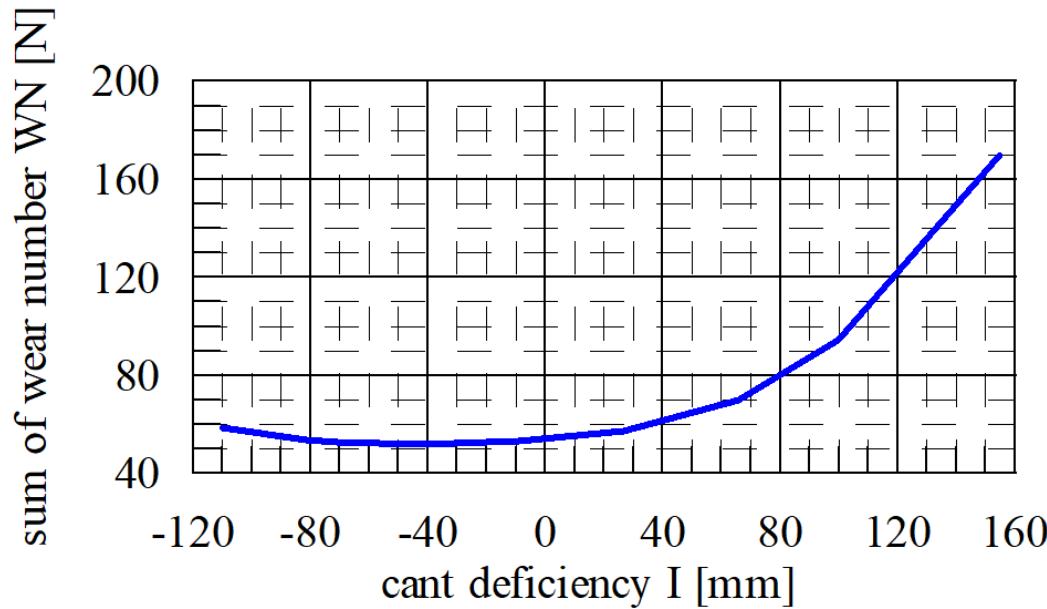
Získaná závislost
dynamické kolové síly
na rychlosti.



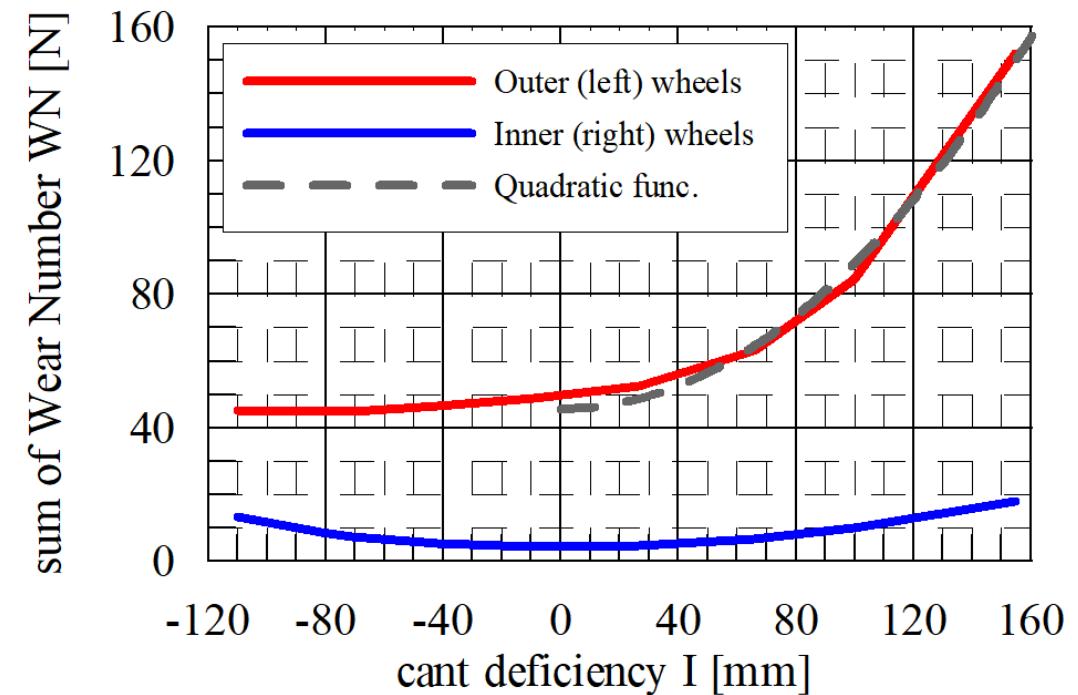
Kvadratický charakter.



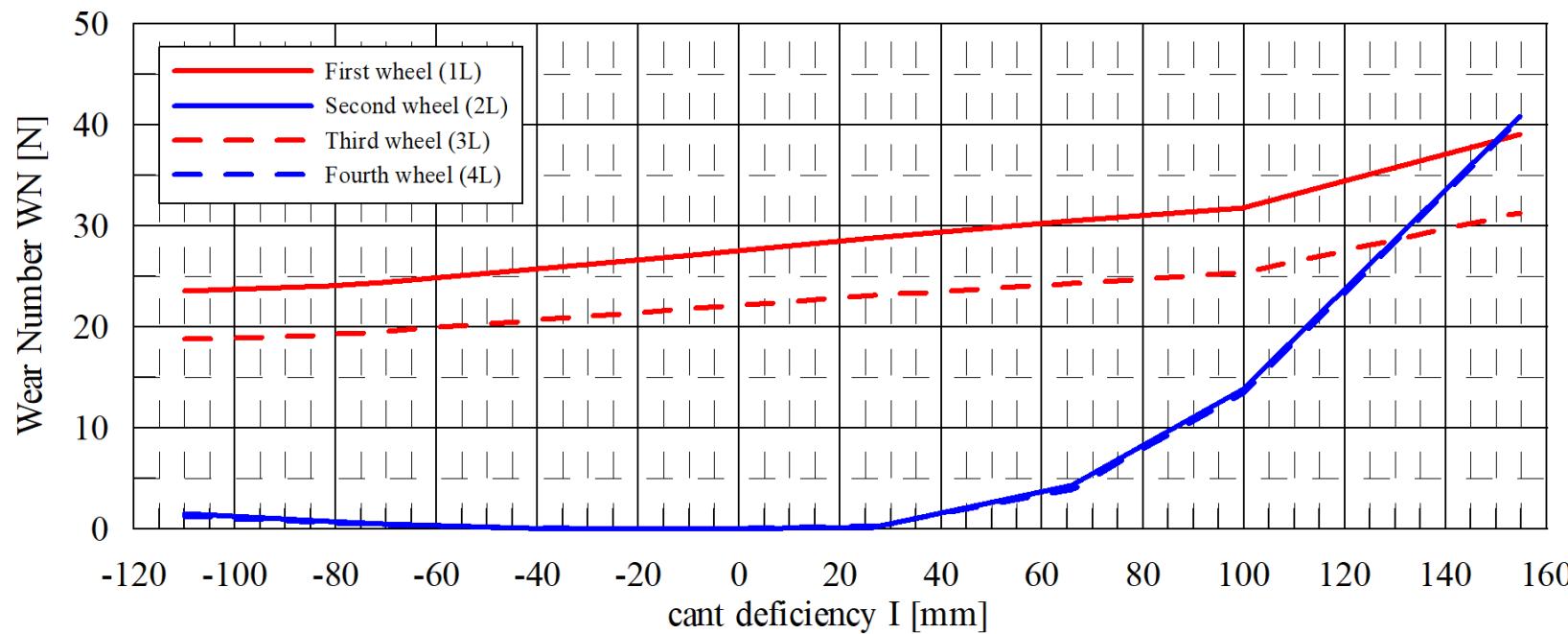
Vliv nedostatku převýšení



Součet čísel WN na všech kolech. Pro rychlosť jízdy $160 \div 350$ km/h.



Vliv nedostatku převýšení



Největší měrná třecí
práce se realizuje na
nabíhajících kolech.

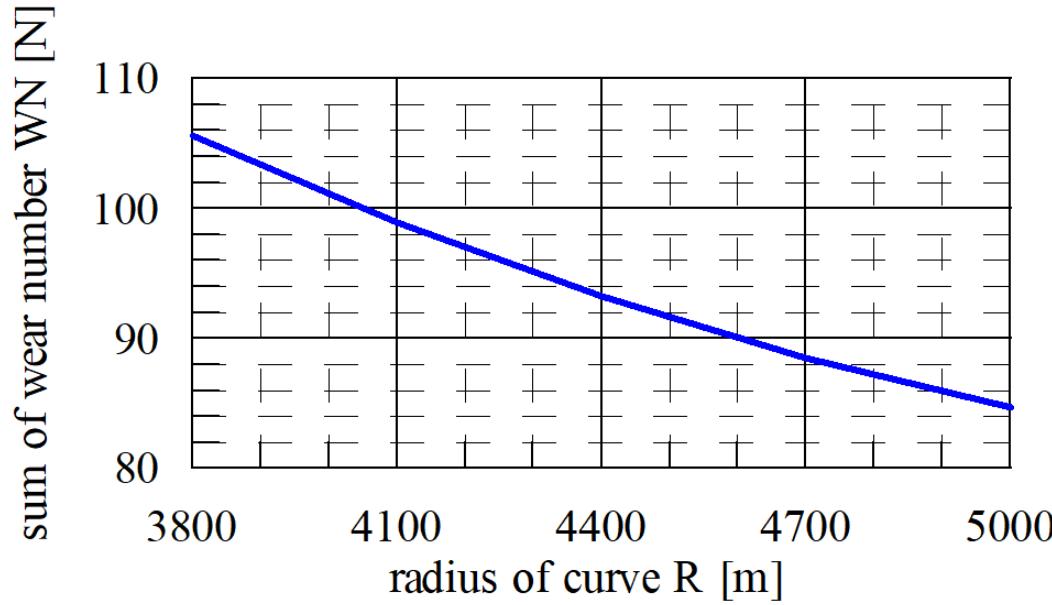


Přímý následek je
opotřebení hlav
kolejnic ve smyslu
úbytku materiálu.

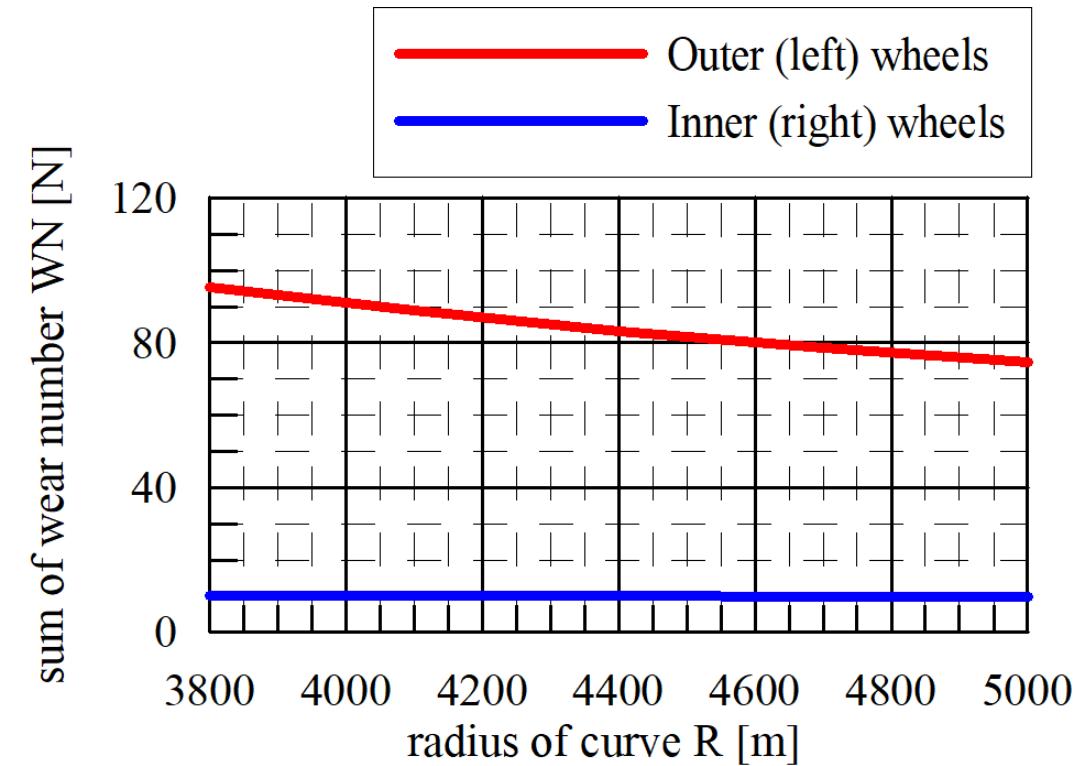


V porovnání
s konvenčním
provozem jsou
hodnoty nízké.

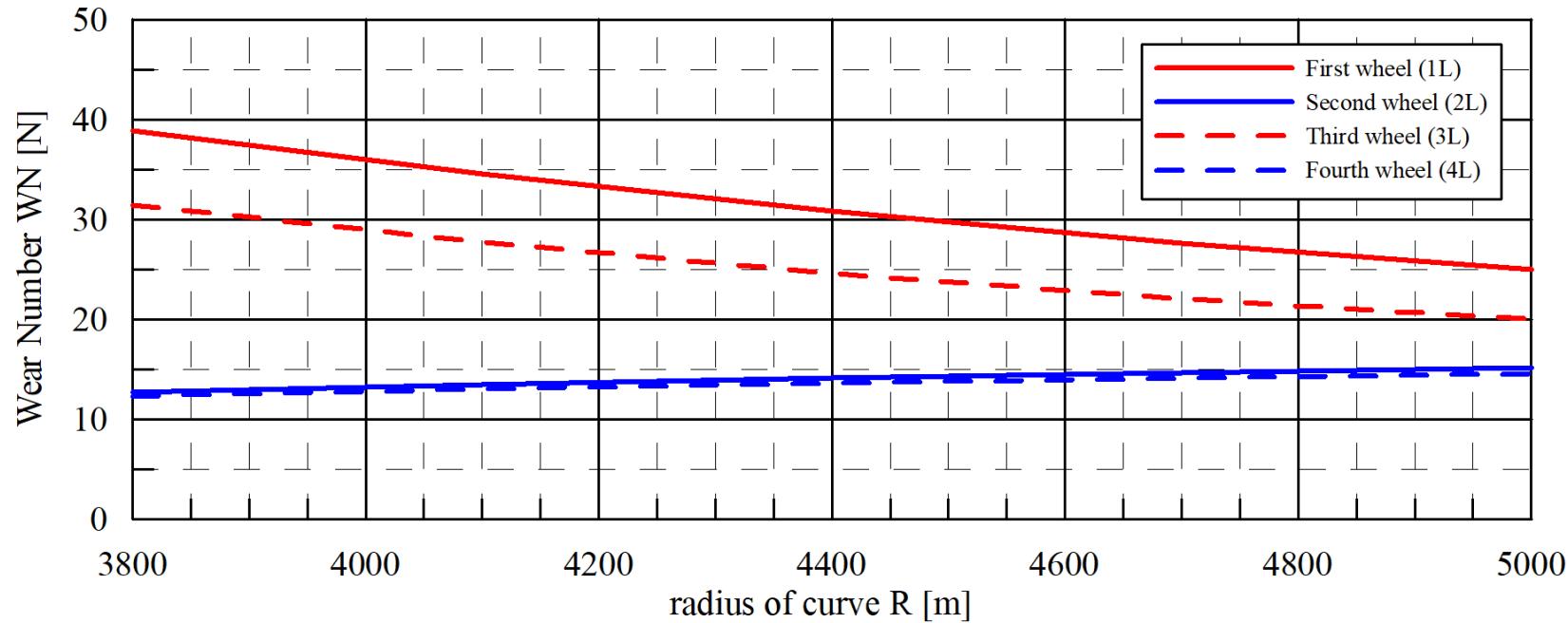
Vliv poloměru oblouku



Součet čísel WN na všech kolech. Pro rychlosť jízdy $300 \div 345 \text{ km/h}$.



Vliv poloměru oblouku



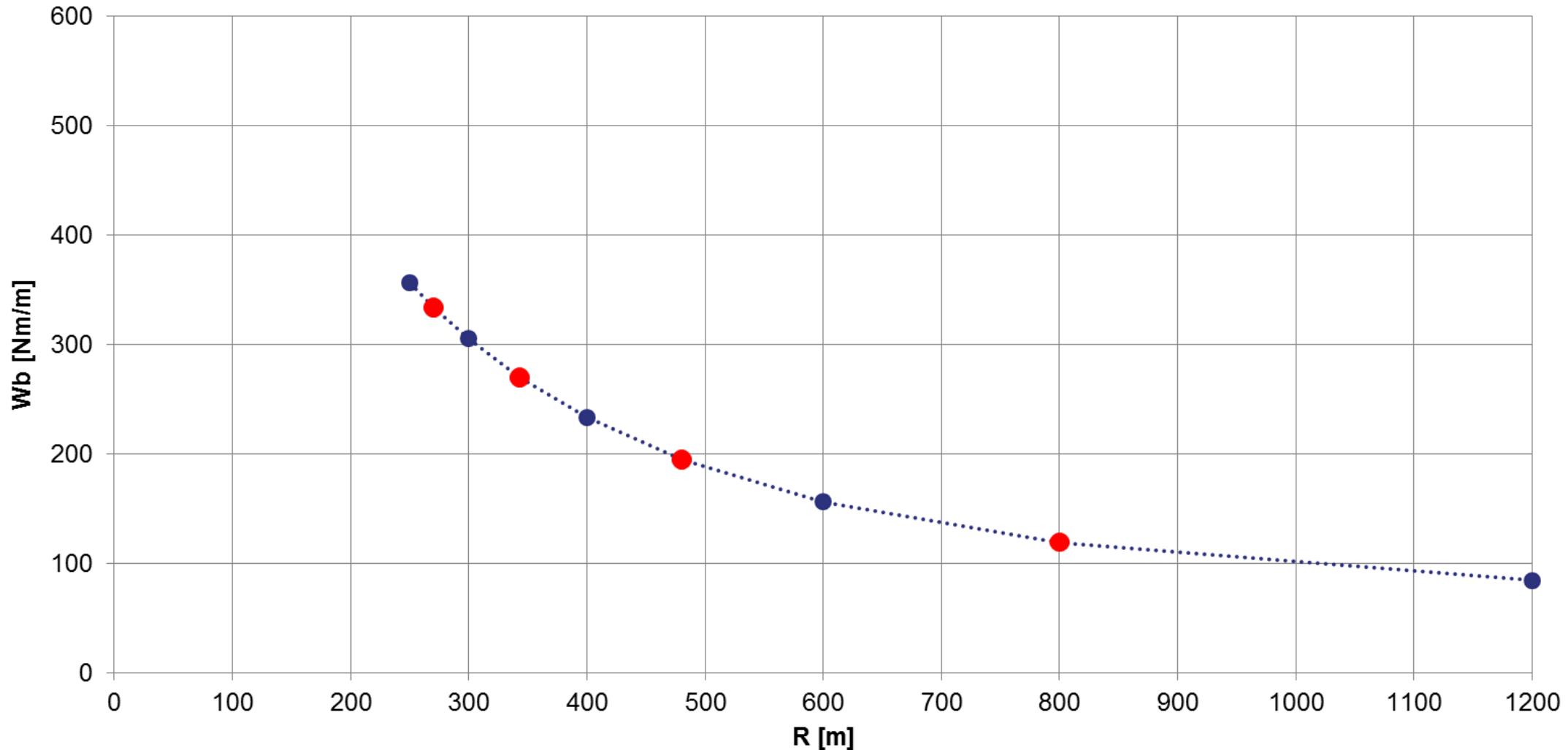
Největší měrná třecí práce se realizuje na nabíhajících kolech.



V porovnání s konvenčním provozem jsou hodnoty nízké.



Lze očekávat, že zobrazené trendy budou pokračovat

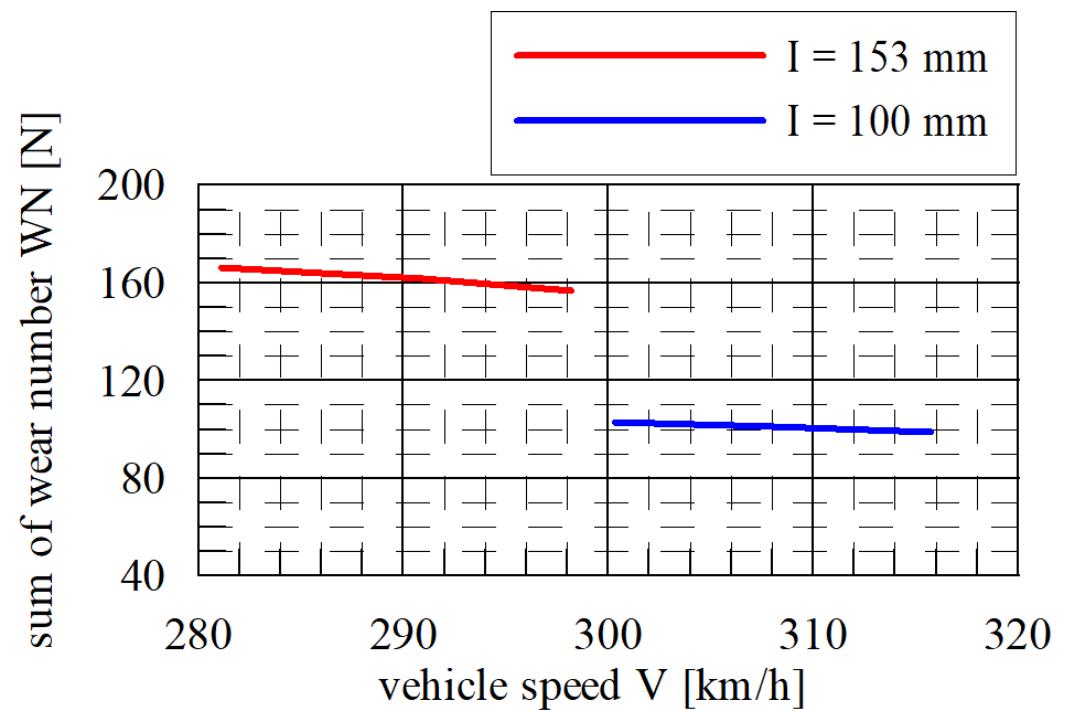


[Base Price Wear in the train-path pricing system 2019 – Instruction for determining vehicle prices. Bern: Federal Office of Transport, 2016.]

Vliv specifických podmínek kolem rychlosti jízdy 300 km/h

- Pro $V \leq 300 \text{ km/h}$ je $I = 153 \text{ mm}$
- Pro $V > 300 \text{ km/h}$ je $I = 100 \text{ mm}$

Případy jízdy vysokorychlostního vozidla za podmínek maximálního nedostatku převýšení z hlediska opotřebení hlav kolejnic.



[Commission Regulation (EU) No 1299/2014 of 18 November 2014 on the technical specification for interoperability relating to the 'infrastructure' subsystem of rail system in the European Union.]

Shrnutí

- Dynamická svislá kolová síla v závislosti rychlosti jízdy se vlivem nerovností trati progresivně zvyšuje.
 - Degradace štěrkového lože
 - Narušení geometrické polohy kolejí
- Jízda obloukem za podmínek vysokorychlostního provozu
 - Relativně malé opotřebení hlav kolejnic
 - Zvýšená možnost vzniku kontaktně únavových trhlin
- Jízda v podmírkách kolem rychlosti 300 km/h
 - Vhodnější řešení je oblouk většího poloměru a jízda rychlostí vyšší než 300 km/h z hlediska opotřebení hlav kolejnic

Děkuji za pozornost

Ing. Jiří Šlapák

Dopravní fakulta Jana Pernera

Katedra dopravních prostředků a diagnostiky

jiri.slapak@upce.cz

604 614 980