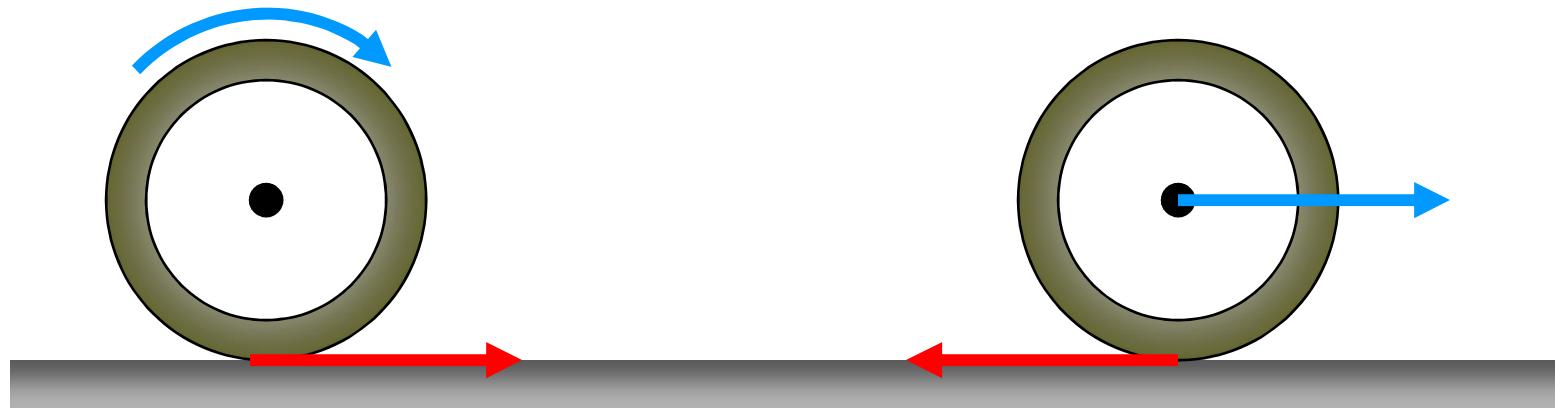


# PRIJANJANJE I KLIZANJE



# Pojam prijanjanja



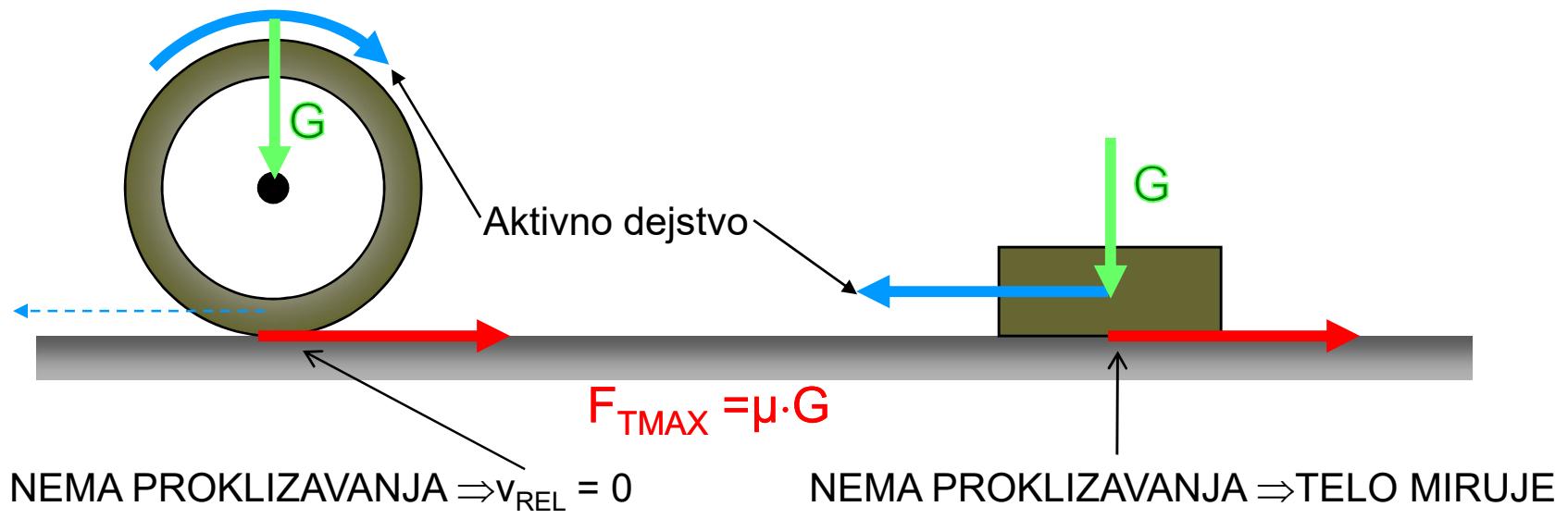
$F_T > 0 \Rightarrow$  USLOV KOTRLJANJA

## TRENJE / PRIJANJANJE IZMEĐU TOČKA I PODLOGE

- Trenje → suprotstavljanje translatornom klizanju tela po podlozi
- “PRIJANJANJE” → suprotstavljanje proklizavanju točka koji se kotrlja
- Prijanjanje se zasniva na mehanizmu trenja gume (ne ponaša se prema zakonu Kulonovog trenja!)

# Pojam prijanjanja

Analogija sa Kulonovim trenjem:



$$F_T < F_{TMAX} \Rightarrow \text{NEMA PROKLIZAVANJA}$$

# Prijanjanje - termini

Lat. "ADHAESIO" – prijanjanje, privlačnost

"ADHEZIJA"

značenje u izučavanju vozila

značenje u fizici

"PRIJANJANJE" – MERA  
KONTAKTA PNEUMATIKA I  
PODLOGE U  
TANGENCIJALNOM PRAVCU

"MOLEKULARNA ADHEZIJA" –  
SILA PRIVLAČENJA MOLEKULA  
RAZLIČITIH MATERIJALA →  
JEDNA OD KOMPONENTA  
"PRIJANJANJA"

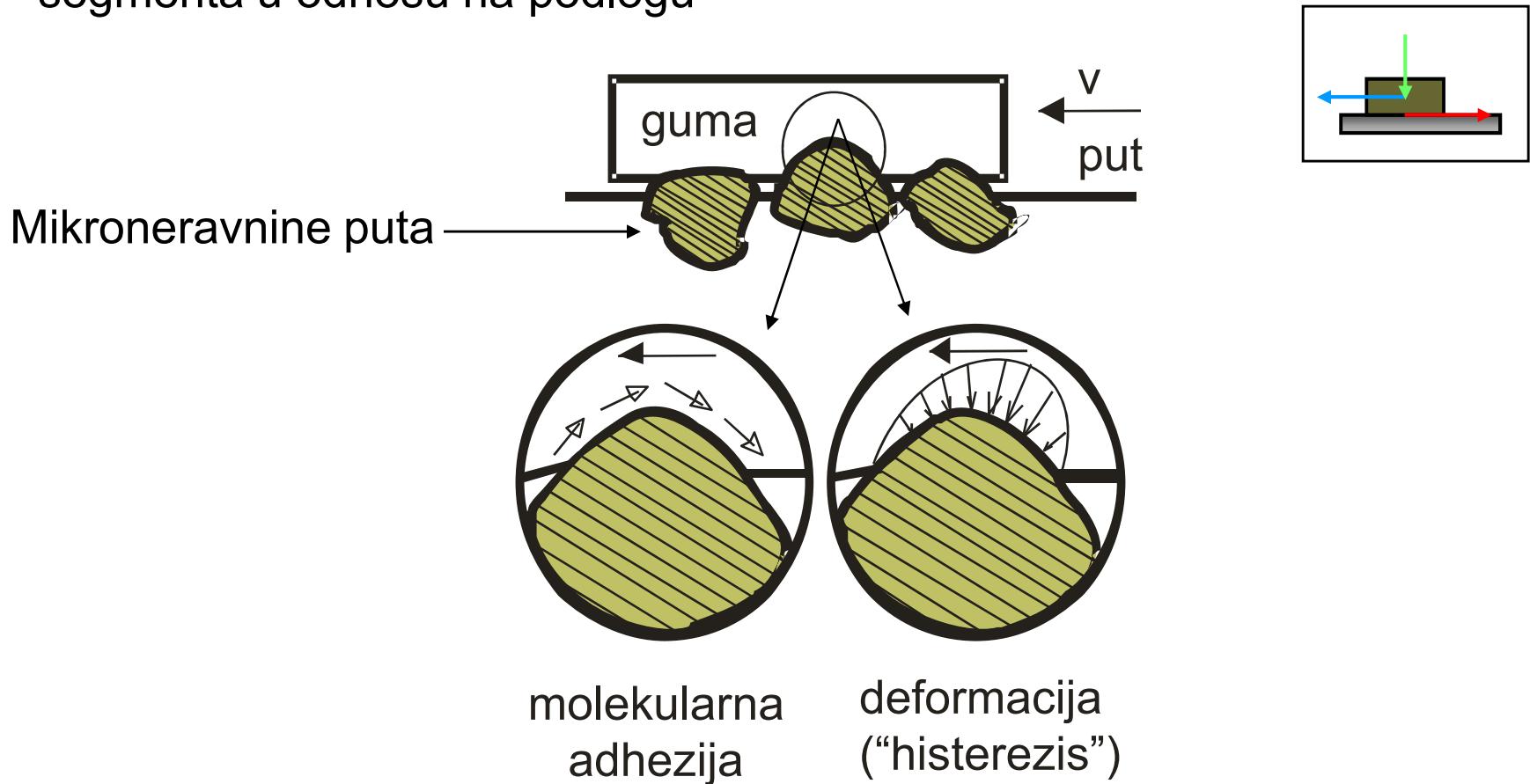
PRIJANJANJE  $\Leftrightarrow$  ADHEZIJA

# Mehanizam trenja gume<sup>\*)</sup>

<sup>\*)</sup> materijal

## ŠTA SPREČAVA KLIZANJE GUME PO PODLOZI?

Mehanizmi koji se suprotstavljaju relativnom klizanju gumenog segmenta u odnosu na podlogu



# Mehanizam prijanjanja

Usvojeni termini:

Prijanjanje – mera suprotstavljanja proklizavanju točka

Prijanjanje se zasniva na dva mehanizma:

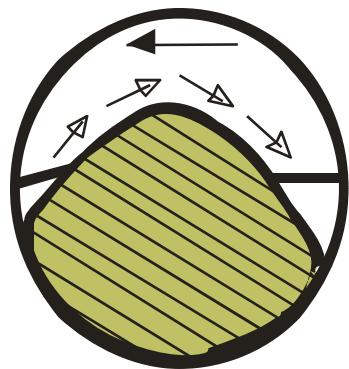
- molekularna adhezija
- histerezis

“Prijanjanje” se u literaturi često naziva “adhezija”

# Mehanizam prijanjanja

## 1. komponenta: molekularna adhezija

Sila međusobnog privlačenja molekula različitih materijala



$$F_{M.A.} = \tau \cdot A \quad \text{odn. } F_{M.A.} = \int \tau \cdot dA$$

$F_{M.A.}$  – sila molekularne adhezije koja se suprotstavlja klizanju gumenog objekta po podlozi

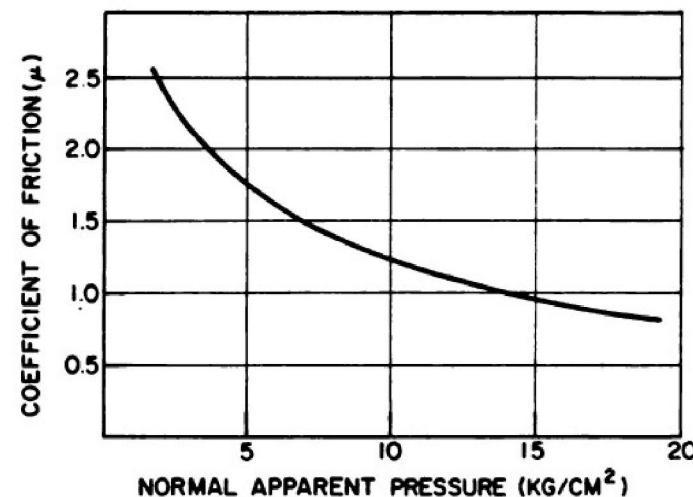
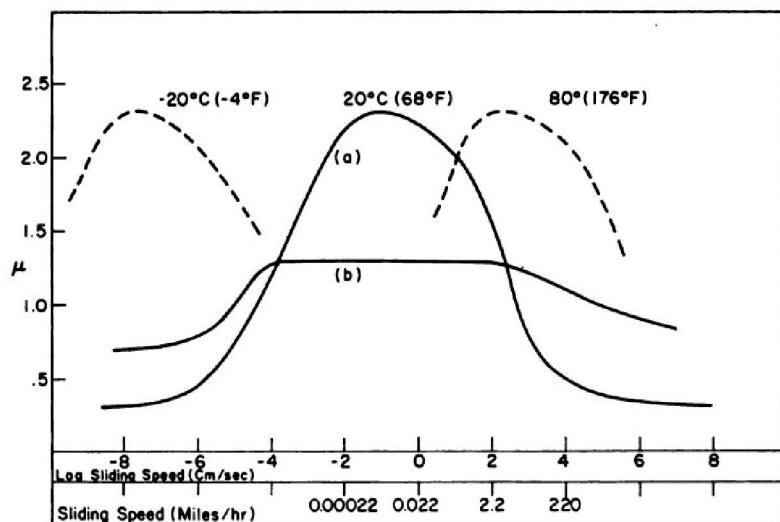
$\tau$  – smicajni napon u kontaktnoj površini

$A$  – efektivna veličina kontaktne površine

# Mehanizam prijanjanja

## 1. komponenta: molekularna adhezija

Sila međusobnog privlačenja molekula različitih materijala



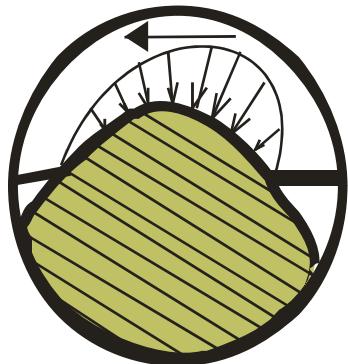
Uticaj brzine proklizavanja, temperature i kontaktnog pritiska na molekularnu adheziju

Izvor: Clark – Mechanics of Pneumatic Tires

# Mehanizam prijanjanja

## 2. komponenta: histerezis

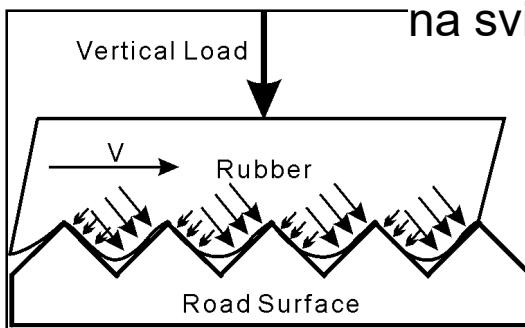
Sile pri nailasku na neravninu su zbog unutrašnjeg trenja veće nego pri silasku sa neravnine – rezultujuća reakcija podlage je usmerena suprotno od smera relativnog klizanja



Dolazi do deformacije i "zaklinjavanja" – suprotstavljanje unutrašnjeg trenja u materijalu (gumi) deformacijama

$$F_H = \sum F_{Hi}$$

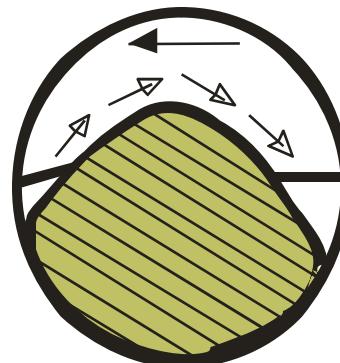
Ukupna sila histerezisa jednaka je sumi pojedinačnih dejstava na svim mikroneravninama podlage u kontaktu sa gumom



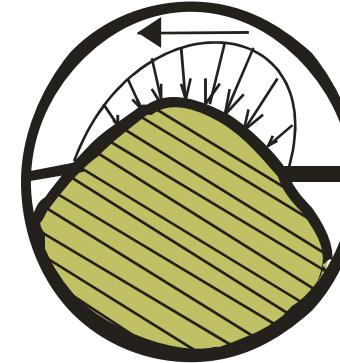
Izvor: P. Haney: *The Racing & High-Performance Tire*

## Mehanizam prijanjanja

PRIJANJANJE = MOLEKULARNA ADHEZIJA + HISTEREZIS



Dominantna na suvoj podlozi



Dominantna na vlažnoj podlozi

- Molekularna adhezija raste sa padom površinskog pritiska tj. sa povećanjem površine
- Histerezis opada sa padom površinskog pritiska

**PRIJANJANJE JE BOLJE KADA JE:**

- **Suva podloga → VEĆA POVRŠINA (širi pneumatik!)**
- **Vlažna podloga → VEĆI POVRŠINSKI PRITISAK (uži pneumatik!)**

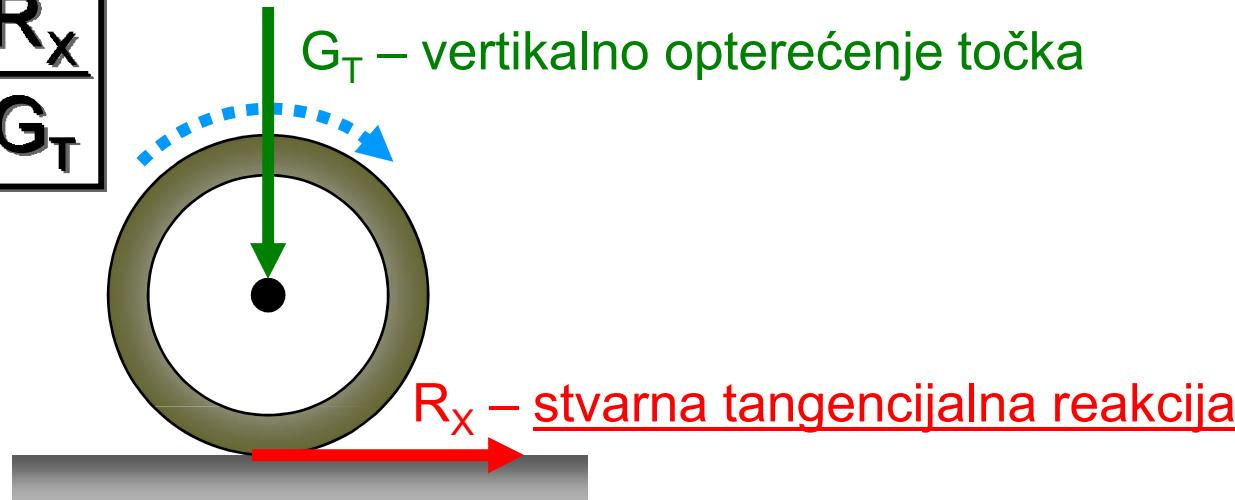
# Mehanizam prijanjanja

Ključni parametri prijanjanja gume na tvrdoj podlozi:

- Sastav smeše u gazećem sloju
- Relativna brzina klizanja
- Vertikalno opterećenje i raspodela kontaktnog pritiska
- Temperatura
- Odnos dezena gazećeg sloja i mikroreljefa podlage

## Koeficijent prijanjanja – $\varphi$

$$\varphi = \frac{R_x}{G_T}$$



$R_x$  – stvarna tangencijalna reakcija

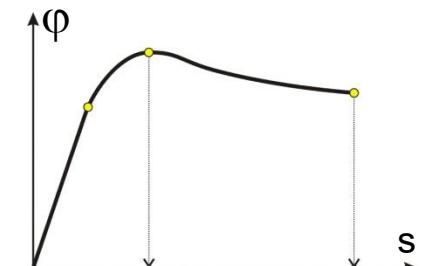
Koeficijent prijanjanja  $\varphi$  - mera "iskorišćenja" raspoloživog prijanjanja

Tačnije: u kojoj meri je vertikalna sila iskorišćena za realizaciju tangencijalne.

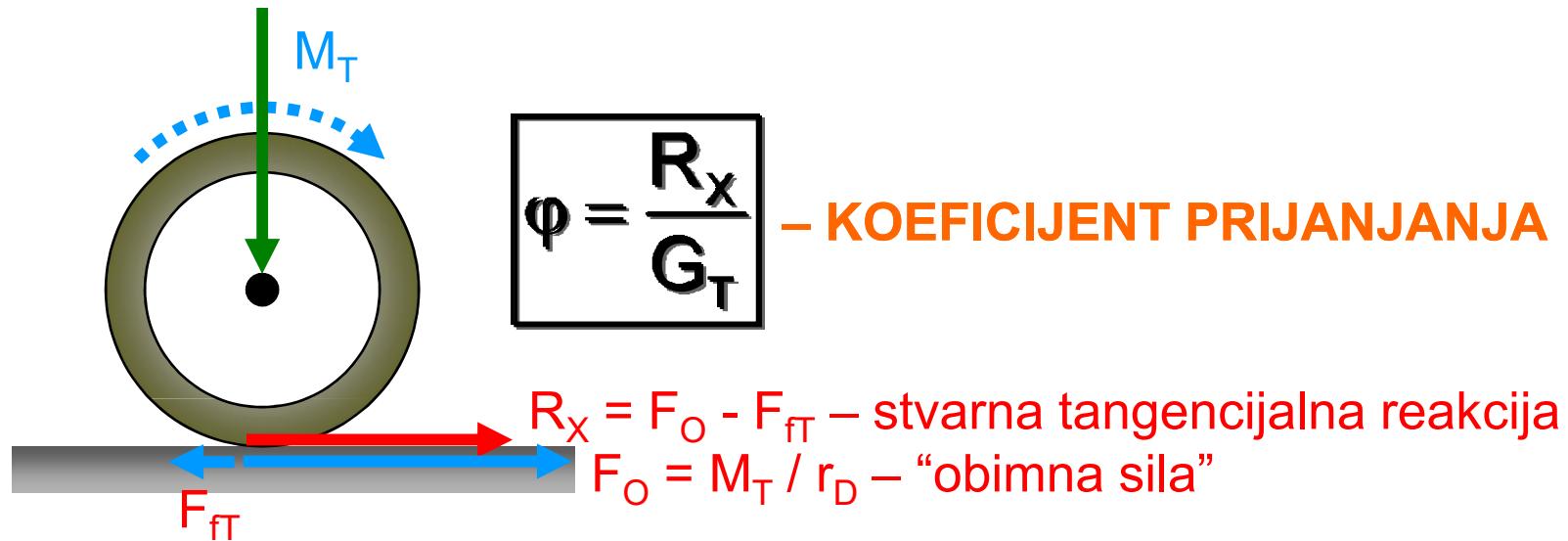
$\varphi$  – u toku eksploracije se može menjati u relativno širokim granicama

$$R_x = \varphi \cdot G_T - \text{trenutna vrednost}$$

$$R_{x\text{MAX}} = \varphi_{\text{MAX}} \cdot G_T - \text{maksimalna moguća vrednost}$$



## Koeficijent prijanjanja – $\varphi$



- $F_{fT}$  ima približno konstantnu vrednost i relativno je mala u odnosu na  $R_{xMAX}$
  - Razmatranje prijanjanja je obično od interesa za vučne sile bliske maksimalno ostvarljivim
- ⇒ U praksi se radi pojednostavljenja često usvaja:

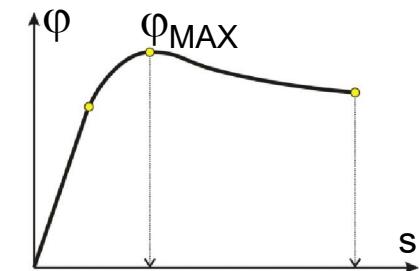
$$F_{OMAX} = \varphi_{MAX} \cdot G_T$$

# Koeficijent prijanjanja – $\varphi$

Koeficijent prijanjanja je **funkcija klizanja točka\*** ( $s$ ).

Oblik krive  $\varphi = \varphi(s)$  i maksimalna vrednost  $\varphi_{MAX}$  zavise od brojnih **eksploatacionih i konstruktivnih faktora** kao što su:

- konstruktivne karakteristike i eksploracioni parametri pneumatika ( $p$ ,  $G_T$ ,  $v$ )
- kontaktni pritisak i njegova raspodela
- vrsta i stanje podlage, prisustvo vlage i primesa
- materijal (smeša) i dezen ("šara") gazećeg sloja pneumatika
- temperatura pneumatika i podlage
- itd.



\*Klizanje pneumatskog točka – kompleksan fenomen

→ Detaljnije u nastavku

# Klizanje točka - definicija

## DEFINICIJA:

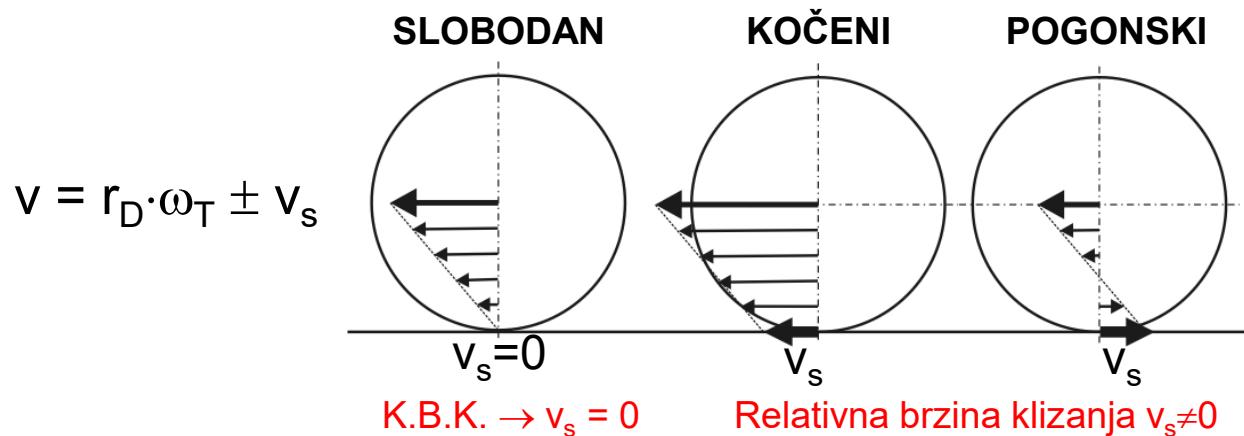
Pod klizanjem se podrazumevaju sve pojave koje dovode do toga da se stvarna translatorna brzina točka v razlikuje od teorijske brzine  $r_D \cdot \omega_T$ .

Izvor: D. Simić

**Pogonski točak:** stvarna translatorna brzina **manja** je od teorijske  
(granični slučaj:  $v=0$ )

**Kočeni točak:** stvarna translatorna brzina **veća** je od teorijske  
(granični slučaj:  $\omega_T=0$ )

Geometrijska interpretacija na primeru krutog točka:



☞ Kod elastičnog  
točka mehanizam  
klizanja je složeniji!

# Klizanje točka - definicija

## DEFINICIJA:

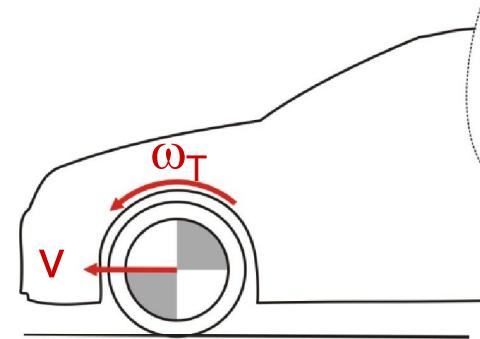
### UKUPNO KLIZANJE TOČKA S

KOČENI TOČAK:

$$s = \frac{v - r_D \cdot \omega_T}{v} = 1 - \frac{r_D \cdot \omega_T}{v}$$

POGONSKI TOČAK:

$$s = \frac{r_D \cdot \omega_T - v}{r_D \cdot \omega_T} = 1 - \frac{v}{r_D \cdot \omega_T}$$



## UZROCI I TERMINOLOGIJA

UKUPNO KLIZANJE TOČKA = ELASTIČNA DEFORMACIJA TOČKA +  
+ RELATIVNO KLIZANJE ELEMENATA KONTAKTNE POVRŠINE

!

UKUPNO KLIZANJE TOČKA = „KLIZANJE“

ELASTIČNA DEFORMACIJA TOČKA = „DEFORMACIONO KLIZANJE“

RELATIVNO KLIZANJE ELEMENATA KONT. POVRŠINE = „PROKLIZAVANJE“

Kod krutog točka može da postoji samo PROKLIZAVANJE!!

Kod elastičnog točka javlja se pre svega DEFORMACIONO KLIZANJE!!

# Klizanje točka

## RELATIVNO KLIZANJE ELEMENATA KONTAKTNE POVRŠINE

Napomena:

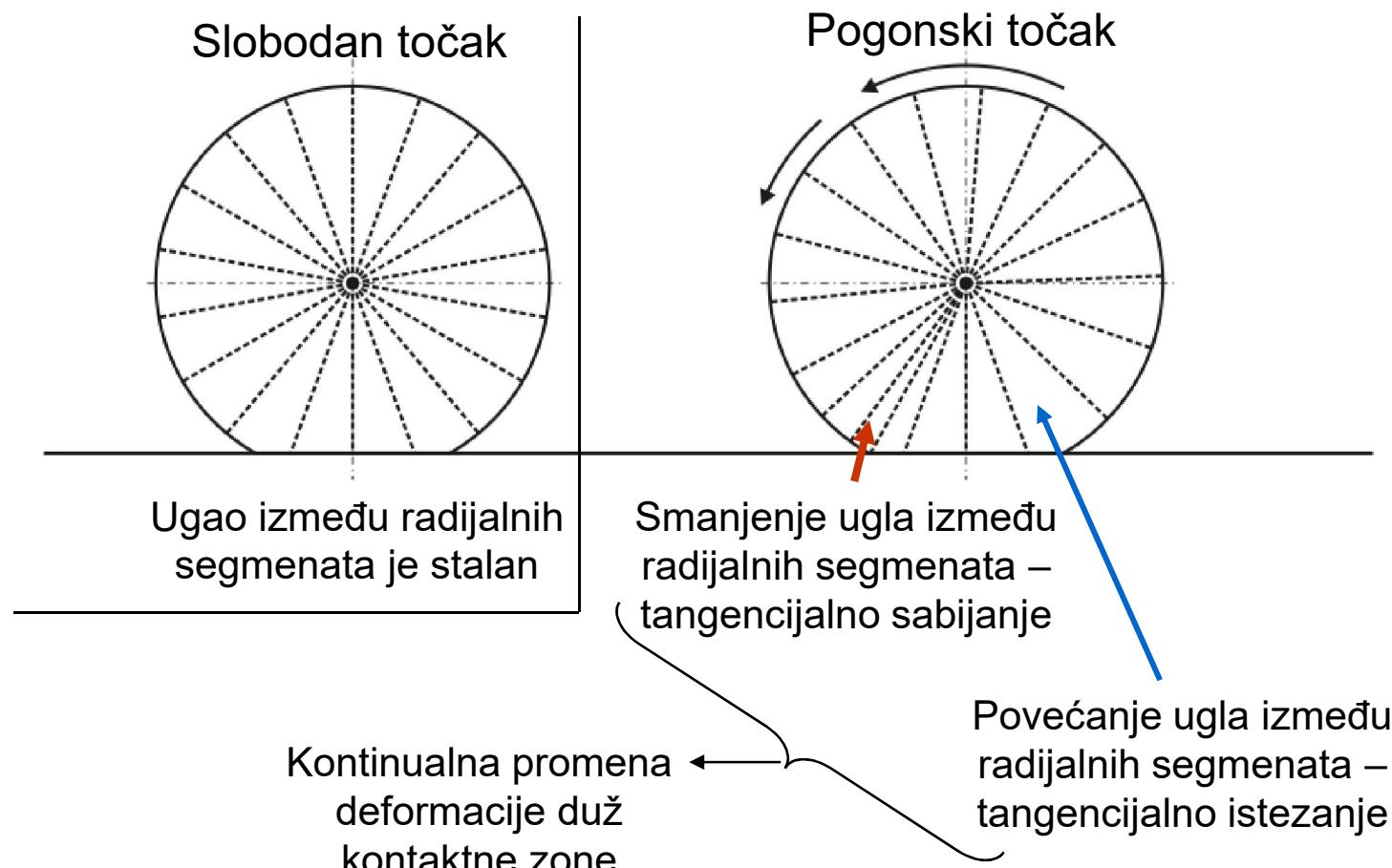
Kontaktna površina može proklizavati kot celina ali pa doči do proklizavanja samo pojedinih njenih delov.

→ Detajlnije v nastavku.

*ANALOGIJA → MIKROKLIZANJE REMENA NA REMENICI*

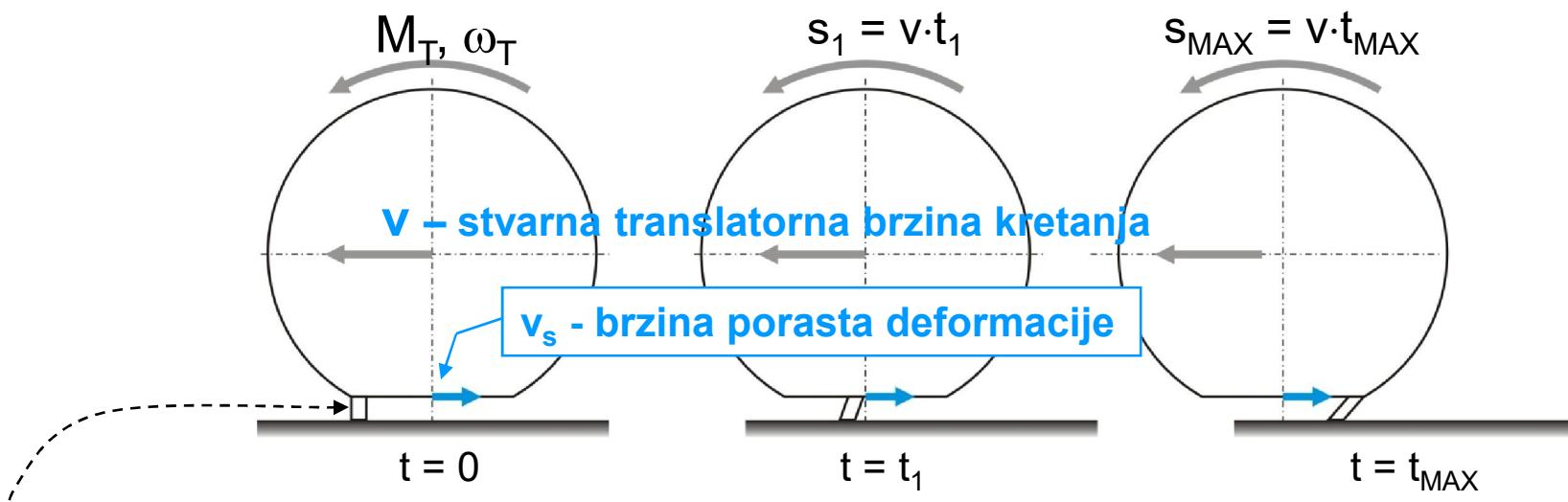
# Klizanje točka

Uprošćen prikaz deformacije radikalnih segmenata kao uzroka pojave deformacionog klizanja



# Mehanizam realizacije obimne sile na točku

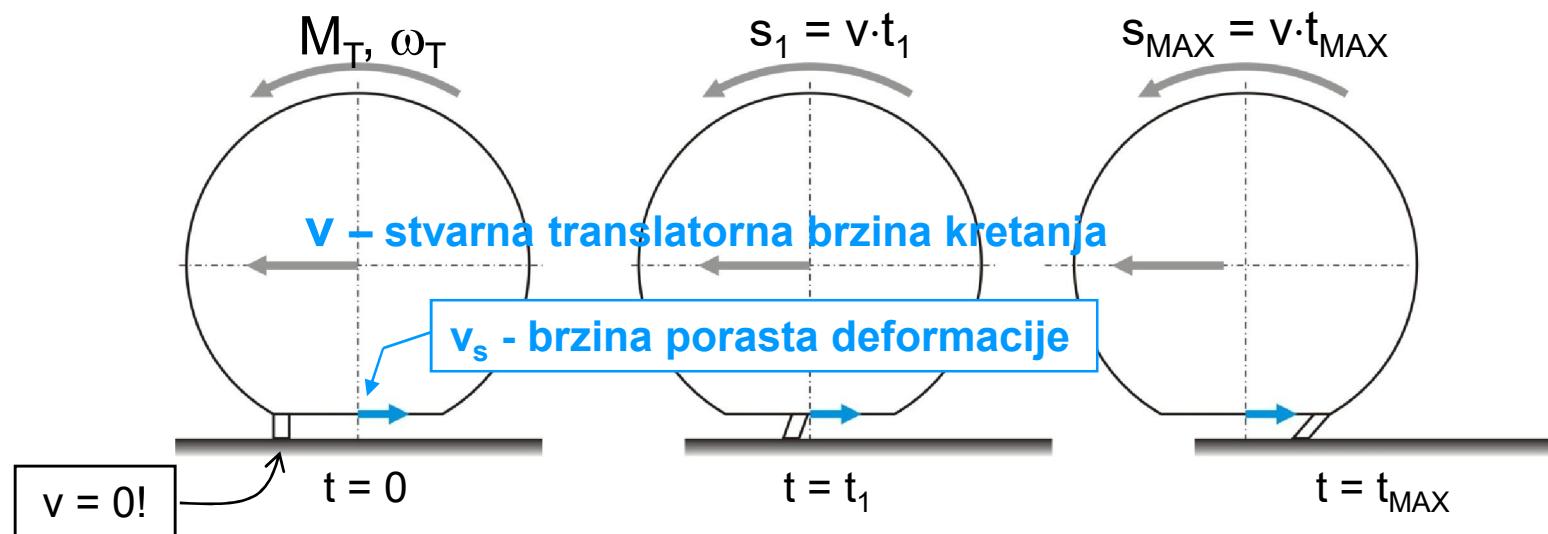
## SLUČAJ POGONSKOG TOČKA



- Na točak deluje pogonski moment  $M$
- Posmatra se jedan segment gazećeg sloja pri prolasku kroz zonu kontakta pneumatika i podloge (**posmatramo relativno kretanje segmenta u odnosu na centar pneumatika!**)
- Za vreme prolaska segmenta kroz kontaktnu zonu, on **zbog prijanjanja miruje u odnosu na podlogu**, ali se **elastično deformatiše** pod dejstvom momenta  $M$
- Elastična deformacija duž zone raste kontinualno (**vidi prethodni slajd!**)  $\Rightarrow$  mora postojati brzina porasta (prostiranja) deformacije  $v_s$
- *Analogno razmatranje važi i za slučaj kočenog točka, smer deformacije obrnut*

# Mehanizam realizacije obimne sile na točku

## SLUČAJ POGONSKOG TOČKA



Translatorna brzina kretanja centra točka:  $v = r_D \cdot \omega_T - v_s$

$v \neq r_D \cdot \omega_T \Rightarrow \text{POSTOJI KLIZANJE}$ , iako nije manifestovano relativnom brzinom između kontaktnih elemenata i podloge (proklizavanjem) već deformacijom (unutrašnjim pomeranjima)!

# Mehanizam realizacije obimne sile na točku

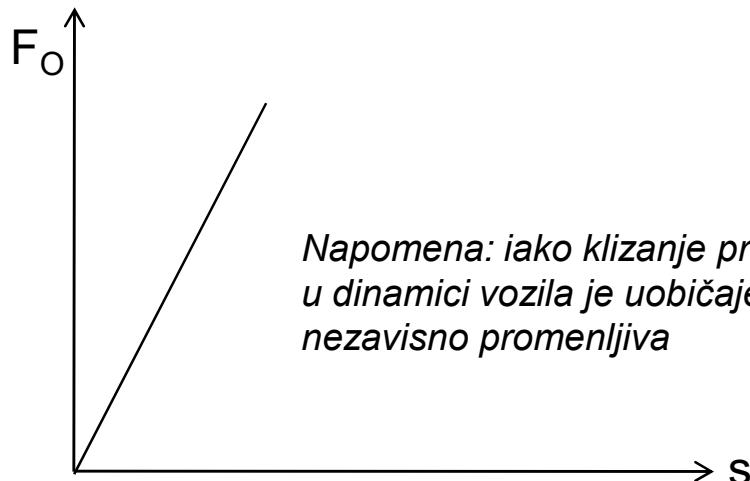
## SLUČAJ POGONSKOG TOČKA

Sa porastom pogonskog momenta  $M_T$ :

- povećava se deformacija,
- dakle povećava se brzina  $v_s$ ,
- dakle za isto  $\omega_T$  opada translatorna brzina  $v$  odnosno povećava se klizanje.

$$s = \frac{r_D \cdot \omega_T - v}{r_D \cdot \omega_T} = 1 - \frac{v}{r_D \cdot \omega_T}$$

Zavisnost između  $M_T$  (tj.  $F_O$ !) i klizanja  $s$  je u početku približno linearna:



*Napomena: iako klizanje predstavlja posledicu momenta  $M_T$ , u dinamiki vozila je uobičajeno da se klizanje posmatra kao nezavisno promenljiva*

# Mehanizam realizacije obimne sile na točku

Posmatrana analiza i njeni rezultati odgovaraju stvarnosti samo približno tj. u određenoj meri!

Usvojeno je da segment u čitavom toku relativnog kretanja kroz kontaktnu površinu miruje u odnosu na podlogu zahvaljujući prijanjanju, međutim zbog raspodele vertikalnog opterećenja ovo nije moguće →

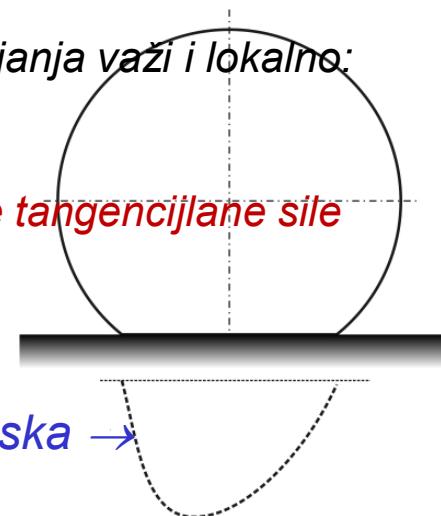
Na krajevima kontaktne zone vertikalno opterećenje je suviše malo da bi obezbedilo prijanjanje, pa **elastična sila vraća segmente u nedeformisani položaj → nastaje proklizavanje segmenata po podlozi**

Zakonitost između maksimalne tangencijalne sile i prijanjanja važi i lokalno:

$$\text{Lokalno: } F_{XMAX}^{(lokalno)} = \varphi_{MAX} G^{(lokalno)}$$

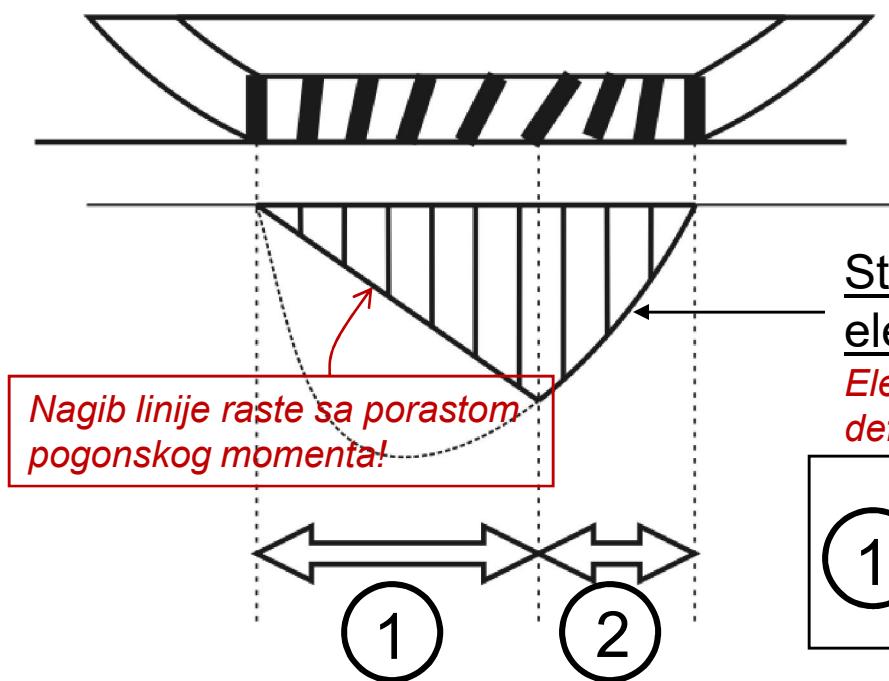
**Raspodela kontaktnog pritiska ograničava porast lokalne tangencijalne sile**

$G^{(lokalno)}$  – zakon raspodele kontaktnog pritiska →



# Mehanizam realizacije obimne sile na točku

Uslov o mirovanju donje strane segmenta na podlozi ne može biti u potpunosti ispunjen



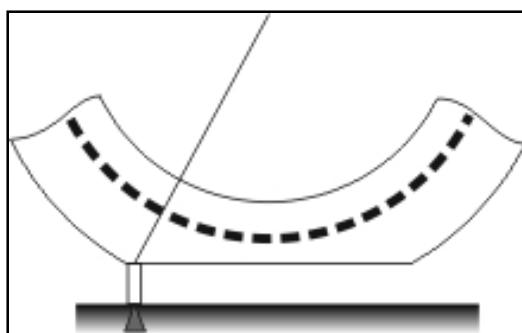
$$\text{Lokalno: } F_{TMAX,\text{Lokalno}} = \varphi_{MAX} \cdot G_{\text{Lokalno}}$$

Raspodela kontaktnog pritiska ograničava lokalnu tangencijalanu silu

Stvarni zakon raspodele deformacije elementarnih segmenata

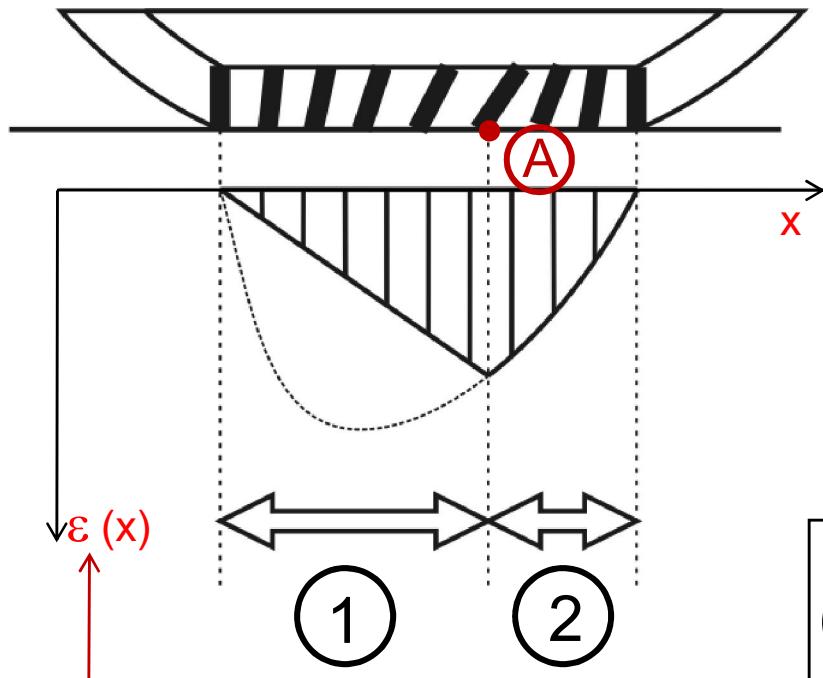
*Elementarne tangencijalne sile su proporcionalne deformacijama elementarnih segmenata!*

- ① Linearni porast deformacije segmenata, nema proklizavanja



- ② Smanjivanje deformacije usled dejstva elastične sile – proklizavanje segmenata po kontaktnoj površini usled gubitka prijanjanja (pad kontaktnog pritiska)

# Mehanizam realizacije obimne sile na točku



$\epsilon(x)$  - Zakon raspodele elastične deformacije elementarnih segmenata duž kontaktne površine ( $x$ -osa), što je istovremeno i zakon raspodele elementarnih tangencijalnih sila (proporcionalnost između sile i deformacije!)

Sa porastom pogonskog momenta rastu elastične deformacije, a time i nagib linije u delu ①.

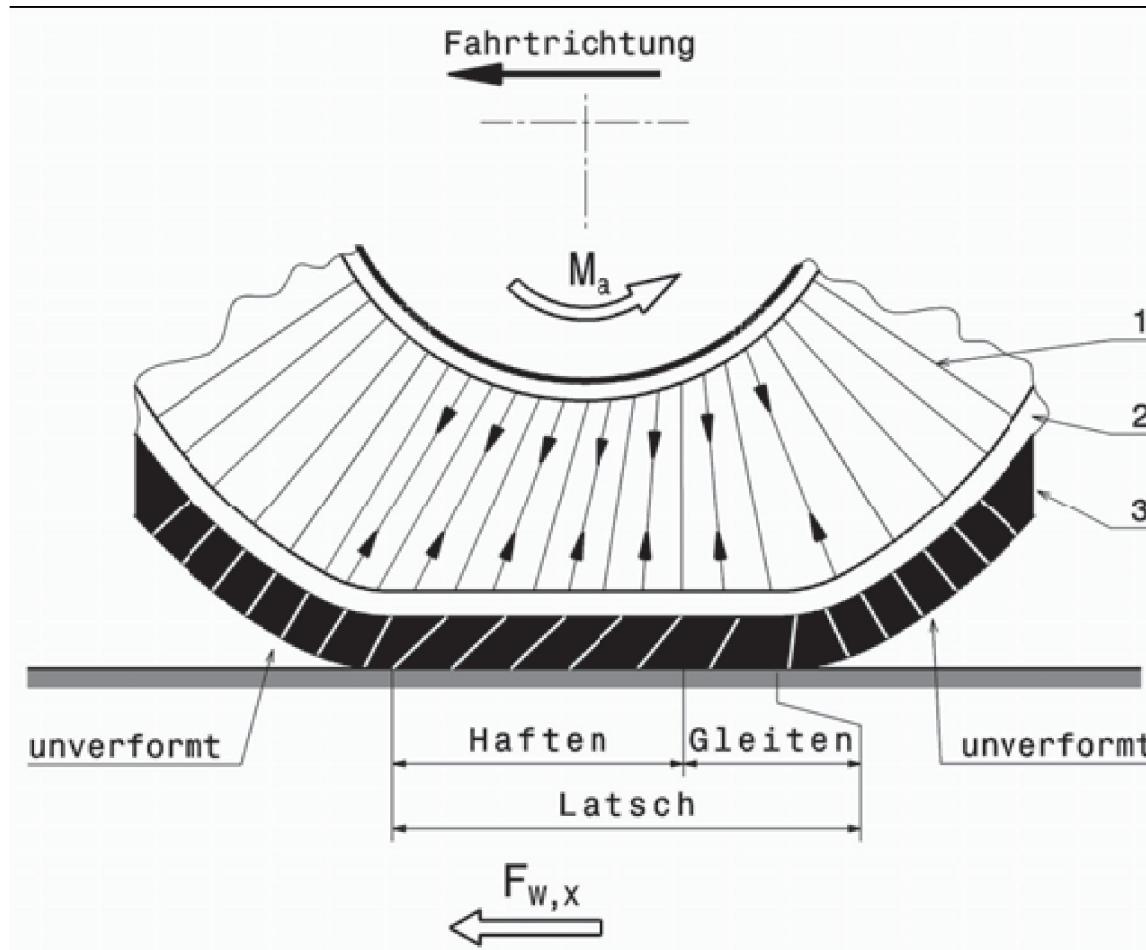
U delu ② elementarne tangencijalne sile, a time i elastične deformacije segmenata, ograničene su uslovima prijanjanja. Zbog pada kontaktnog pritiska, počevši od tačke A pa do kraja kontaktne zone, tangencijalne sile će biti sve manje, a time i deformacije.

## 1 DEFORMACIONO KLIZANJE

## 2 PROKLIZAVANJE

Rezultujuća tangencijalna reakcija  $R_x$  je proporcionalna šrafiranoj površini, ali zavisi i od lokalnih uslova prijanjanja! (za istu površinu vrednost  $R_x$  može da varira, npr. pri lokalnoj promeni prijanjanja zbog promene brzine proklizavanja)

# Mehanizam realizacije obimne sile na točku



Izvor: *Rennwagentechnik*

# Mehanizam realizacije obimne sile na točku

## REZIME:

- Svako saopštavanje pogonskog ili kočnog momenta točku (dakle pojava obimne odn. kočne sile) uzrokuje klizanje!
- Kada se točku saopštava pogonski moment, njegova translatorna brzina  $v$  je manja od  $r_D \cdot \omega_T$  (granični slučaj:  $v=0, r_D \cdot \omega_T > 0$ )
- Kada se točku saopštava kočni moment, njegova translatorna brzina  $v$  je veća od  $r_D \cdot \omega_T$  (granični slučaj:  $v>0, r_D \cdot \omega_T = 0$ )

KOČENI

$$s = \frac{v - r_D \cdot \omega_T}{v}$$

POGONSKI

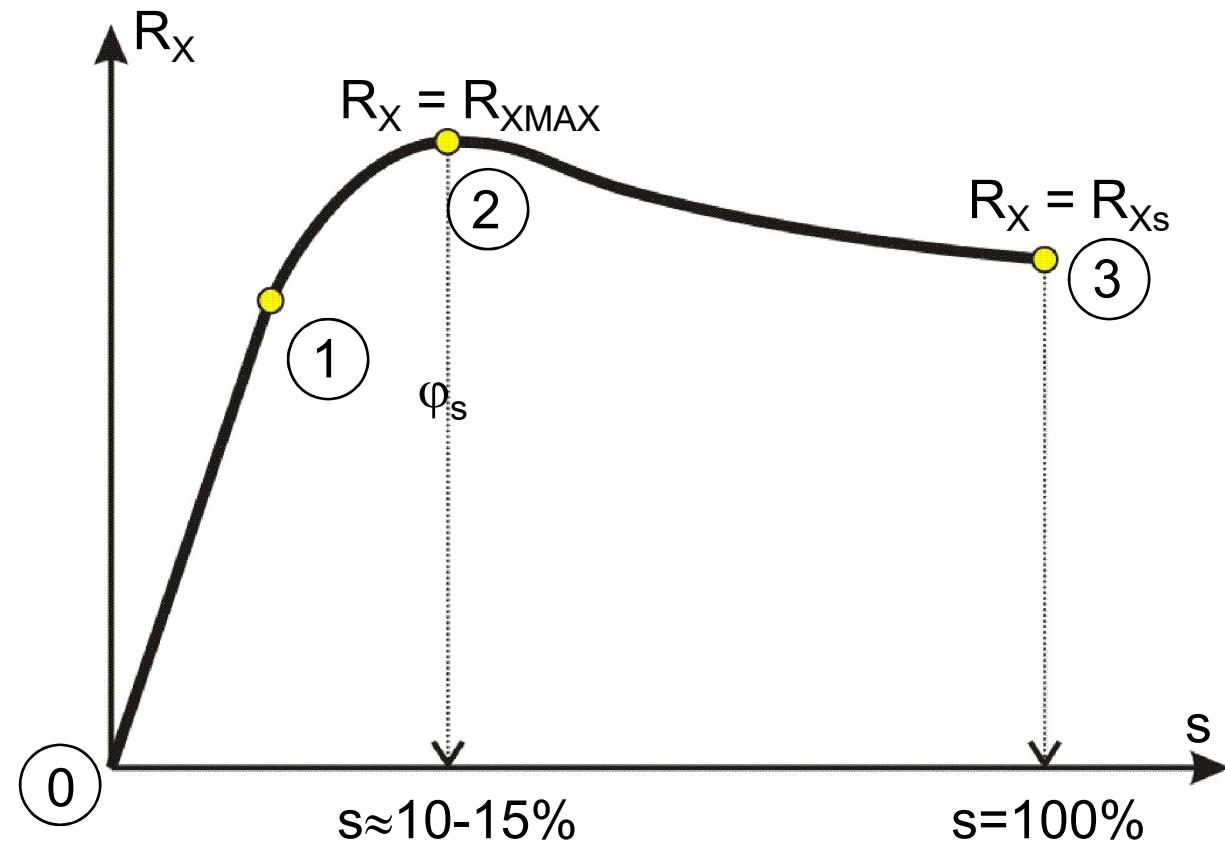
$$s = \frac{r_D \cdot \omega_T - v}{r_D \cdot \omega_T}$$

$$v_s = |v - r_D \cdot \omega_T| - \text{brzina klizanja}$$

# Veza tangencijalne sile i klizanja

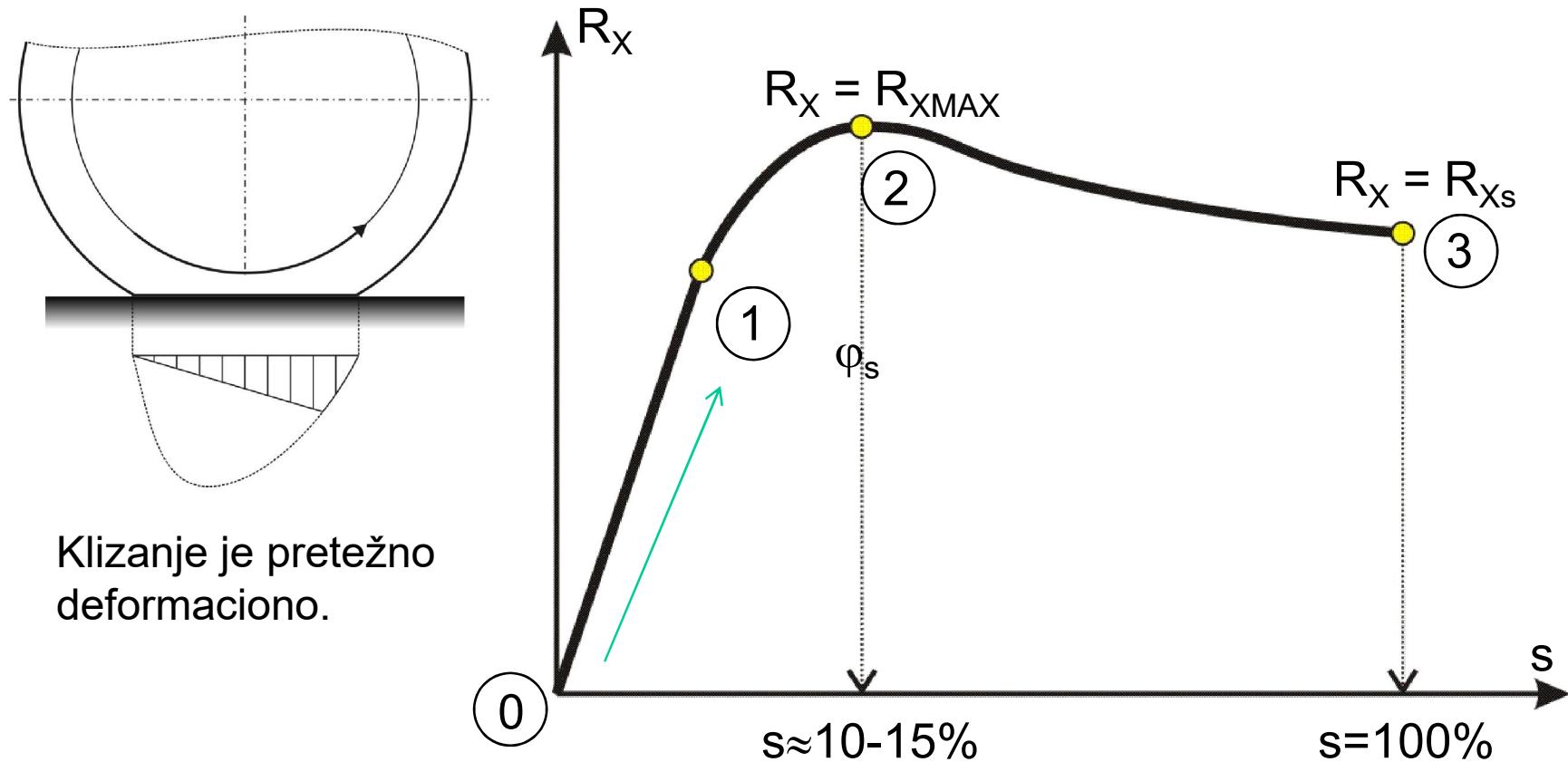
Saopštavanje pogonskog ili kočnog momenta točku uzrokuje pojavu klizanja i uspostavljanje tangencijalne reakcije  $R_x$ .

OPŠTI OBLIK  
FUNKCIJE NA  
TVRDIM  
PODLOGAMA  
→ objašnjenje



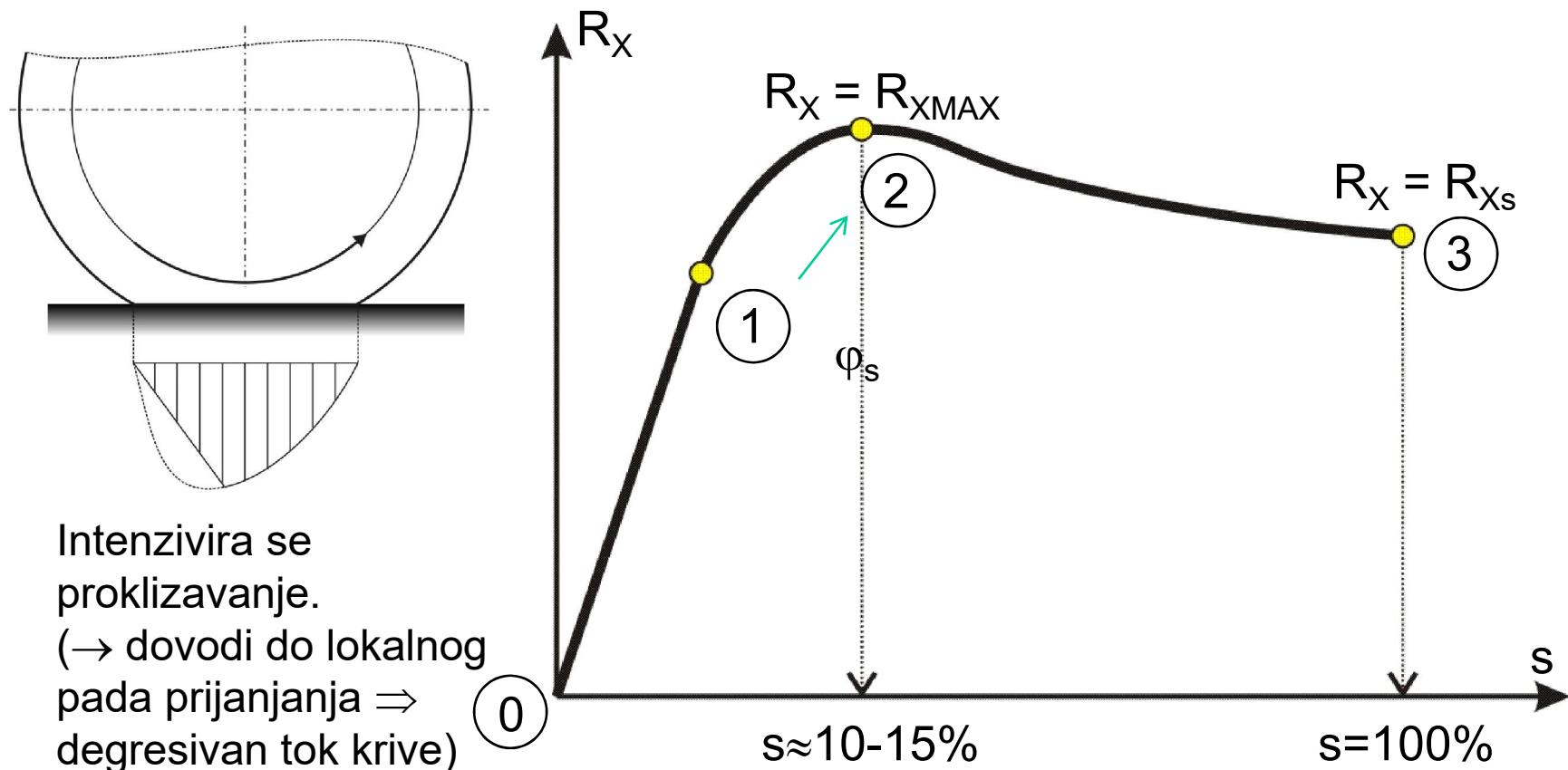
# Veza tangencijalne sile i klizanja

Zavisnost između sile i klizanja je u početku (za manje vrednosti sile) približno linearna → deo dijagrama od tačke 0 do tačke 1.



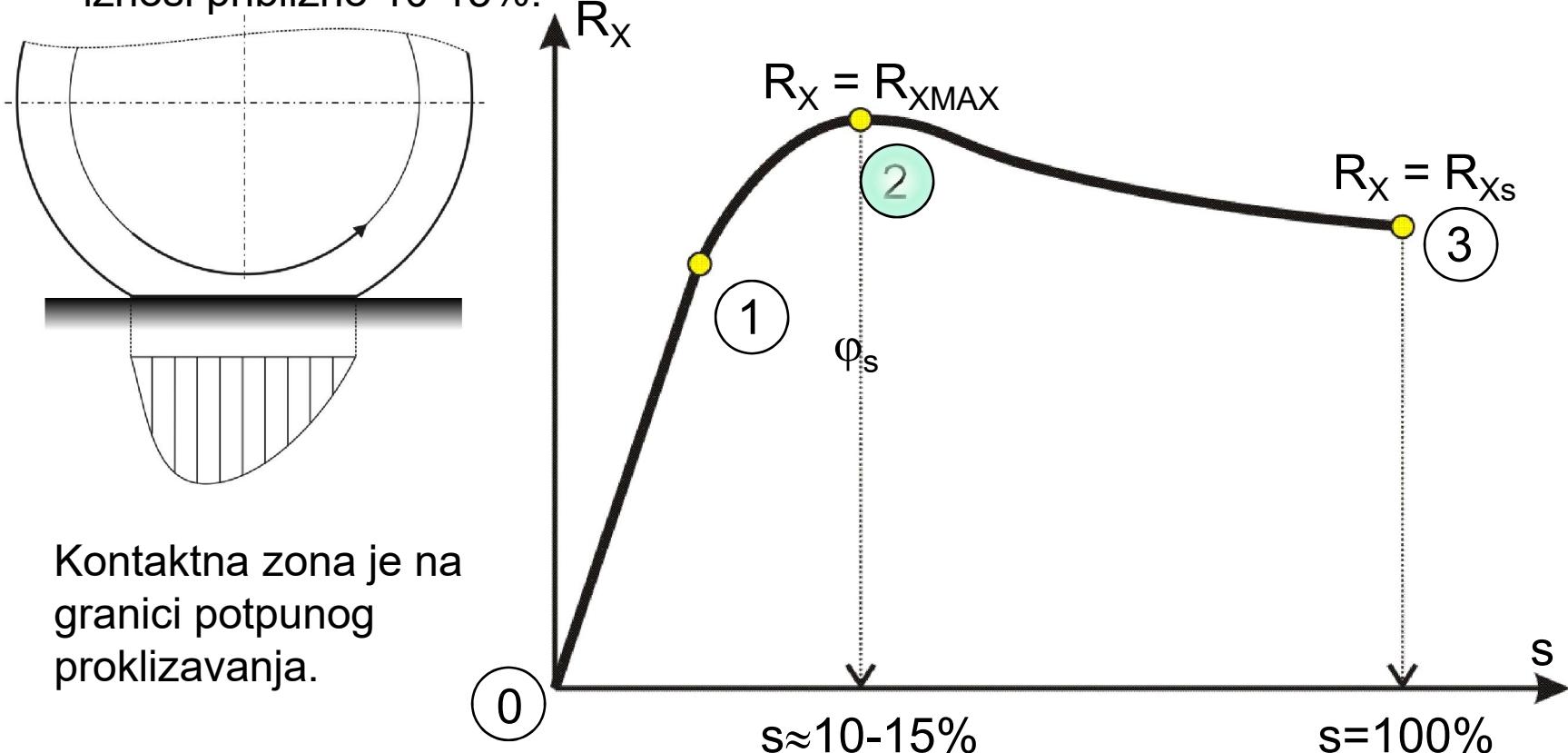
## Veza tangencijalne sile i klizanja

Dalji porast momenta odnosno tang. sile dovodi do neproporcionalnog porasta klizanja, tj. tok sile u funkciji klizanja postaje degresivan  $\rightarrow$  deo dijagrama od tačke 1 do tačke 2.



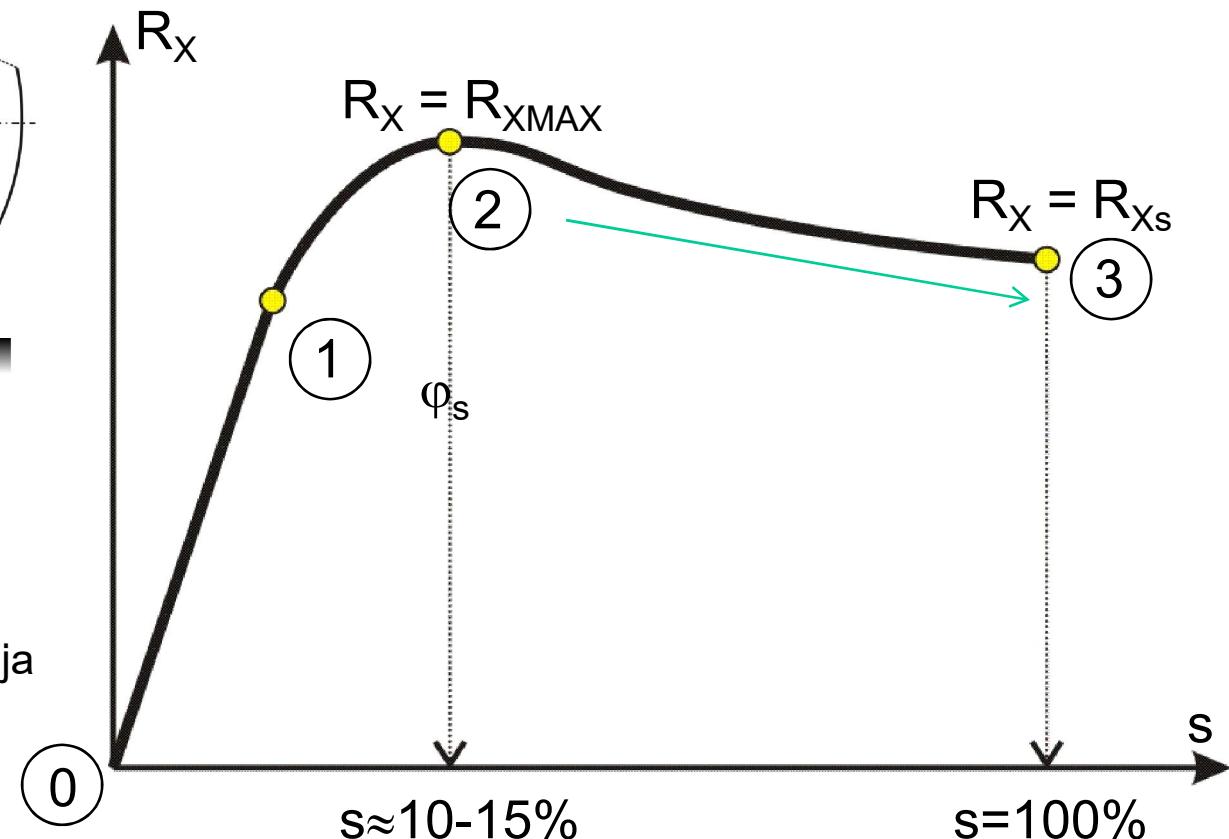
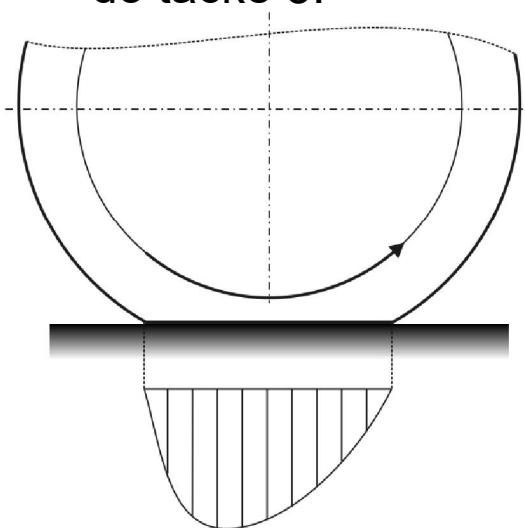
## Veza tangencijalne sile i klizanja

U tački 2 tangencijalna sila dostiže maksimalnu vrednost. Uslovi prijanjanja između gume i podlage potpuno iskorišćeni, dalje povećanje reakcije nije moguće. Na tvrdim podlogama ovo se dešava kada klizanje iznosi približno 10-15%.



## Veza tangencijalne sile i klizanja

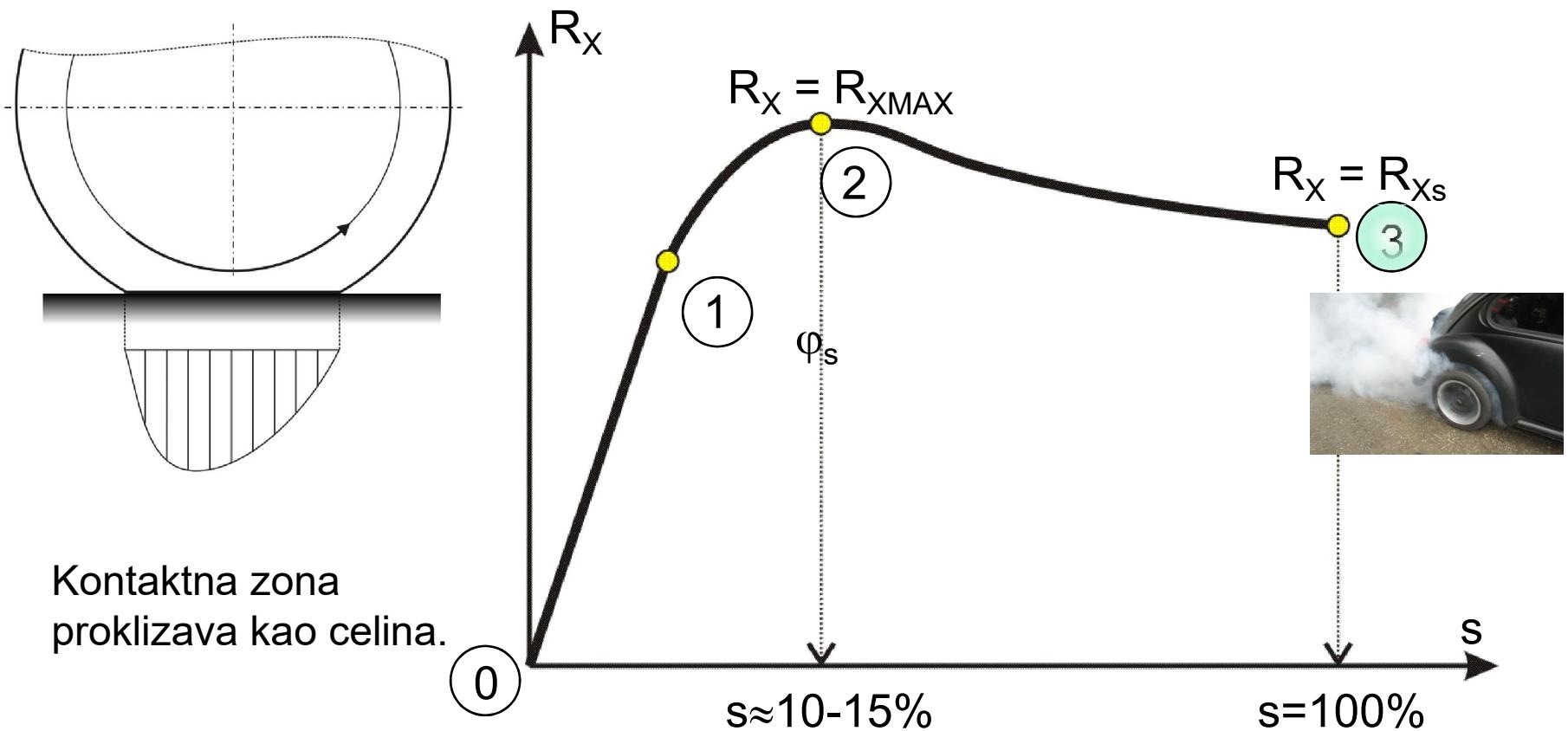
Ukoliko se pokuša dalje povećanje momenta, doći će do povećanja ugaone brzine i porasta klizanja, usled čega se lokalno prijanjanje između gazećeg sloja i podloge smanjuje i rezultujuća sila opada → deo dijagrama od tačke 2 do tačke 3.



Kontaktna zona proklizava kao celina. Uslovi prijanjanja lošiji zbog povećanja relativne brzine klizanja →  $R_x$  opada.

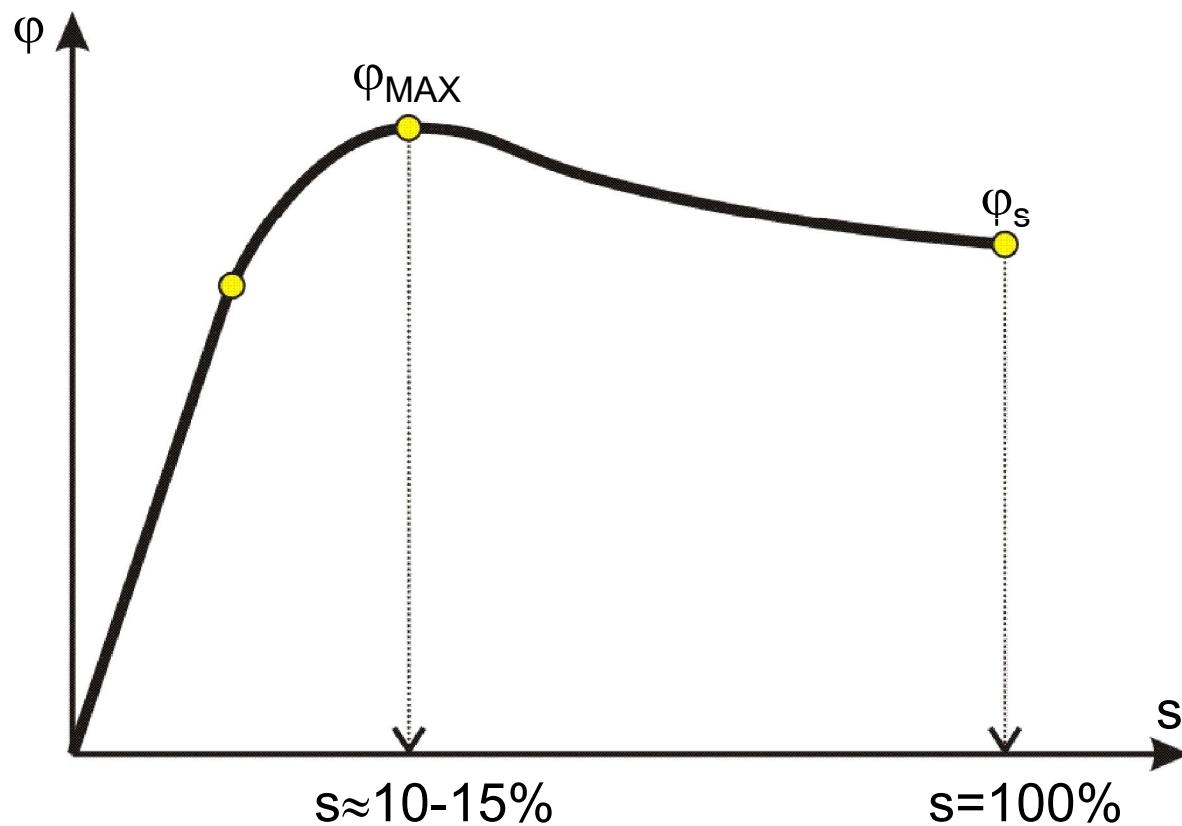
## Veza tangencijalne sile i klizanja

U tački 3 klizanje iznosi 100%, translatorna brzina pogonskog točka odnosno obimna brzina kočenog točka jednaka je nuli, sila  $R_x$  ima vrednost manju od maksimalne.



## Zavisnost koeficijenta prijanjanja od klizanja

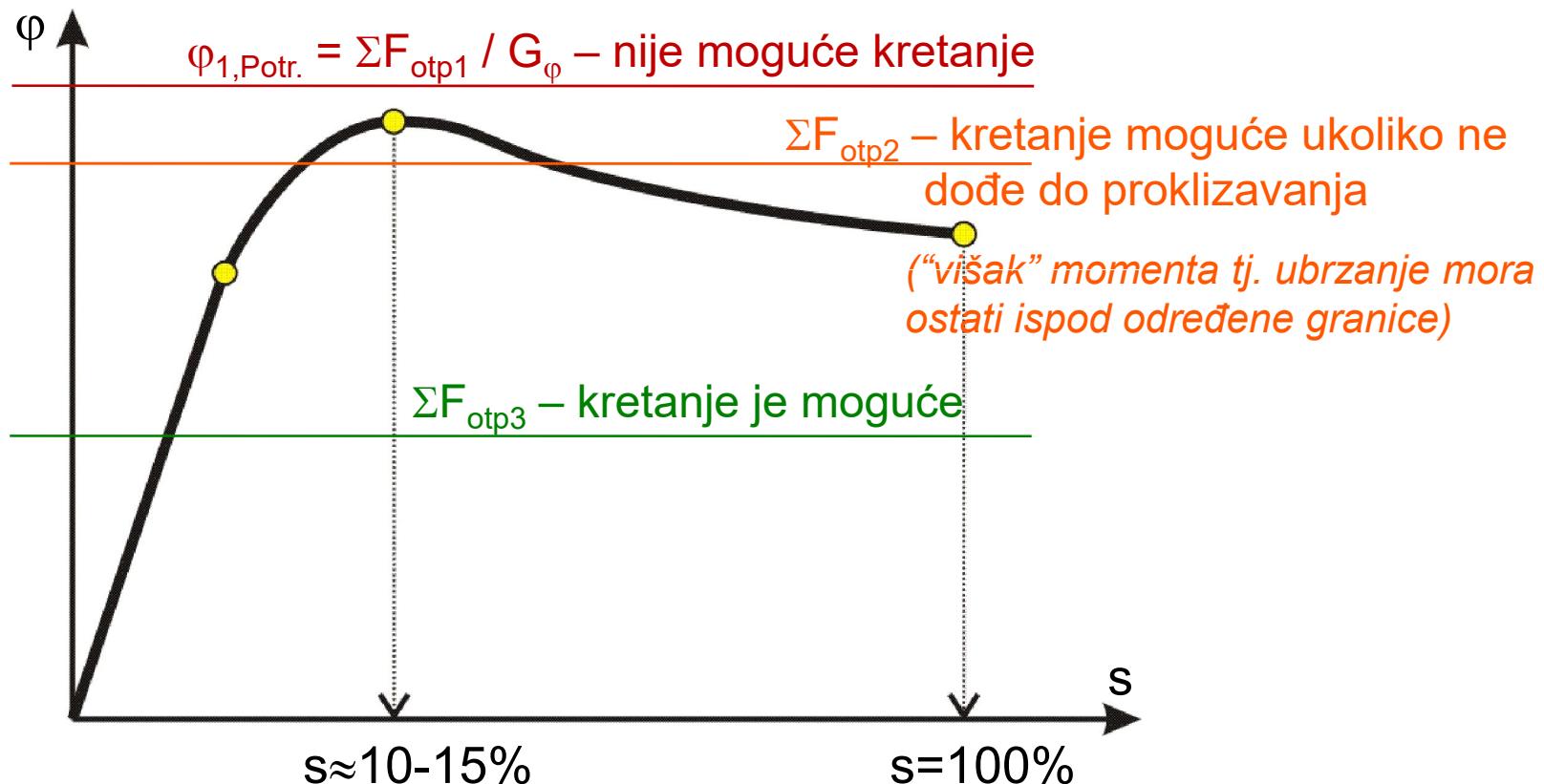
$\varphi = \frac{R_x}{G_T}$  odnosno  $\varphi \approx \frac{F_o}{G_T} \rightarrow$  na vertikalnu osu stavljamo  $\varphi$  umesto  $R_x$



# Uticaj prijanjanja na mogućnost savladavanja otpora

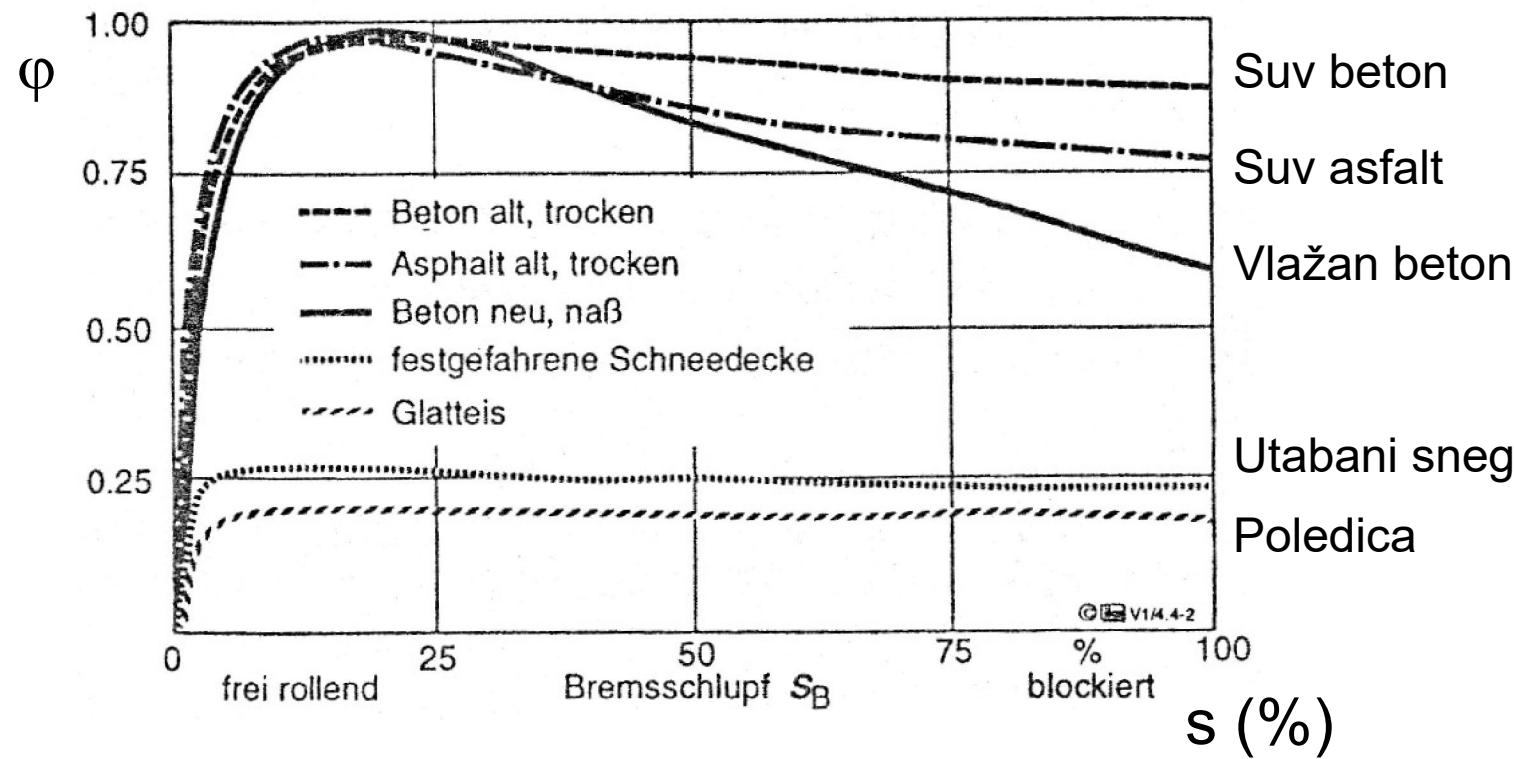
Maksimalna obimna sila koja se može realizovati:  $F_{O\text{MAX}} = G_\varphi \cdot \varphi_{\text{MAX}}$

Da bi vozilo moglo da se kreće potrebno je da bude:  $G_\varphi \cdot \varphi_{\text{MAX}} > F_O > \Sigma F_{\text{otp}}$



## Prijanjanje na različitim vrstama podloge

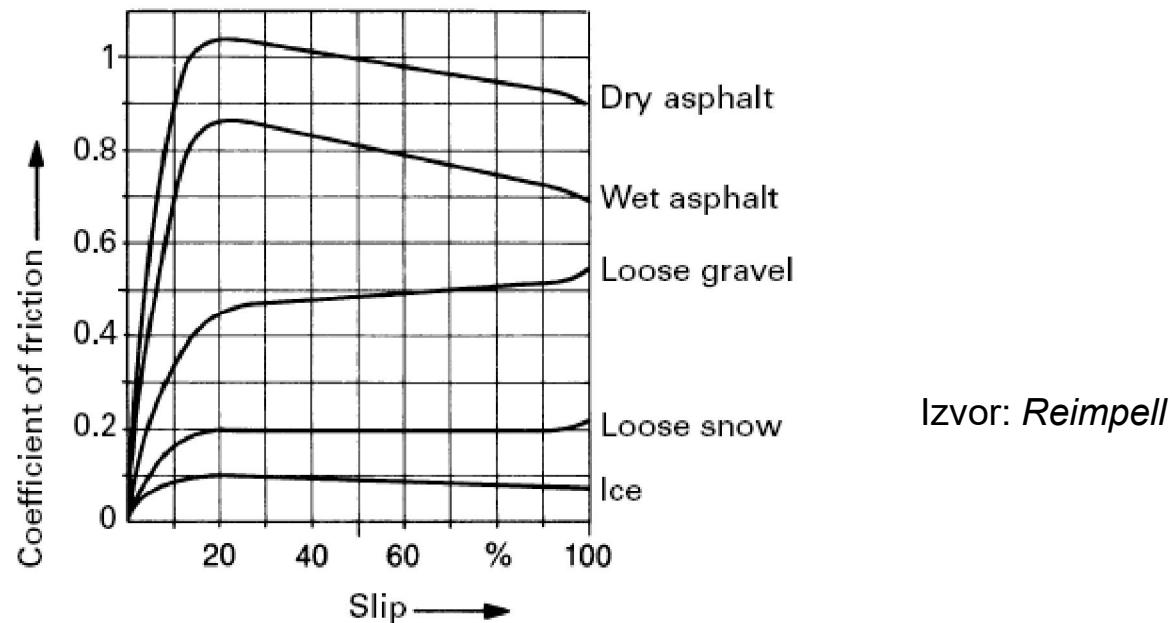
Izvor: Wallentowitz



Na vlažnim podlogama prijanjanje sa porastom klizanja opada mnogo brže nego na suvih.

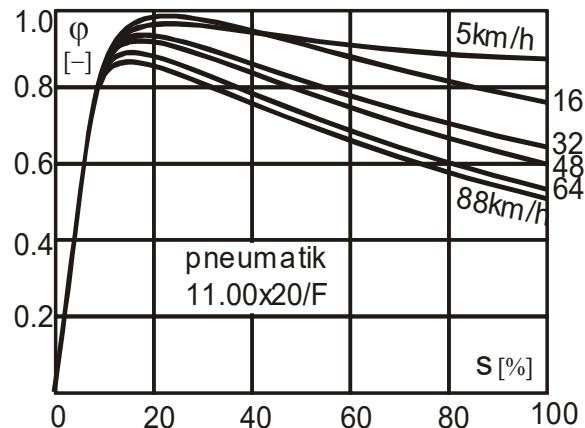
→ primer: Uroš Branković MSC rad

## Prijanjanje na različitim vrstama podlage



U slučaju kočenja na deformabilnim podlogama može doći do izvesnog porasta prijanjanja sa klizanjem, zbog deformacionog rada na formiranju prepreke ispred točka i njenom daljem potiskivanju.

## Prijanjanje – uticaj brzine



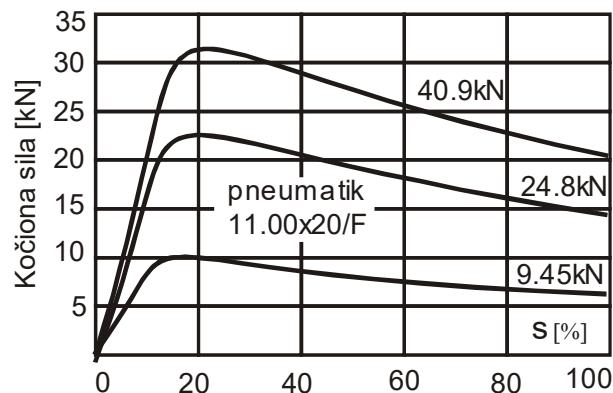
### ZAVISNOST PRIJANJANJA OD POČETNE BRZINE PRI KOČENJU

- opadanje prijanjanja sa porastom brzine vozila, naročito pri većim brzinama
- pri manjim brzinama kretanja, prijanjanje u funkciji klizanja ima mali pad za  $s=5-100$  (%)
- kod brzina manjih od 1.35 [km/h]  $\varphi=\text{const}$

Izvor: V. Muzikravić

## Prijanjanje – uticaj težine vozila tj. vertikalne sile točka

Izvor: V. Muzikravić

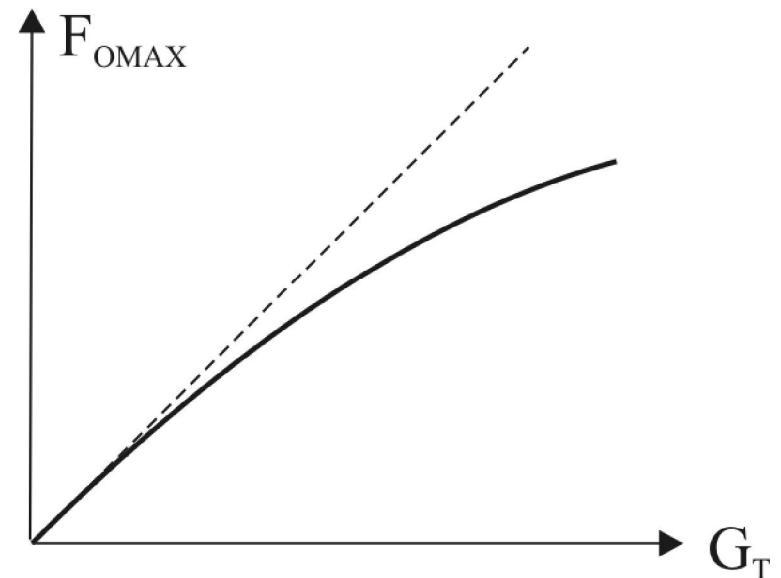


POVEĆANJE TEŽINE VOZILA ODNOŠNO  
VERTIKALNE REAKCIJE TOČKOVA UTIČE  
NA SMANJENJE PRIJANJANJA

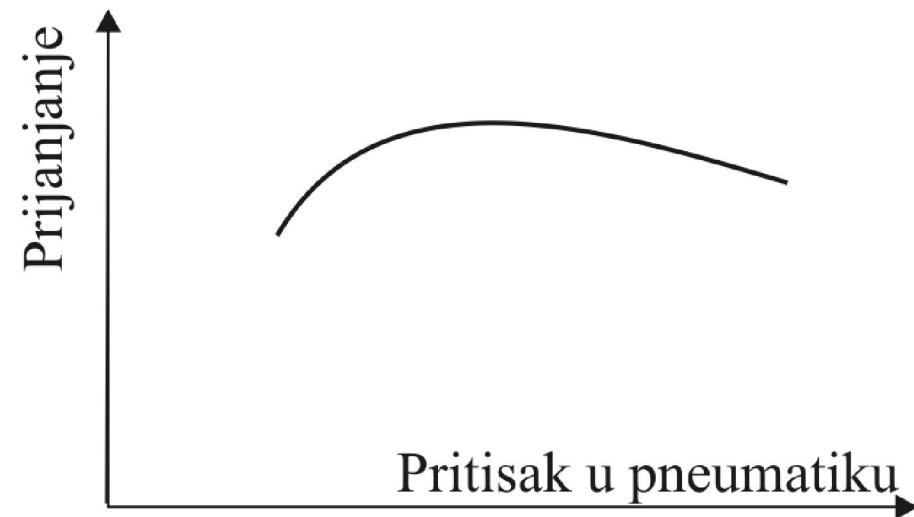
Težina vozila G (kN)	F <sub>k</sub> (kN) (za S = 100%)	$\varphi_s = F_{k,s} / G$ (koće sve osovine)
9.45	7.0	0.741
24.8 (faktor porasta: 2.6)	13.9 (faktor porasta: 2.0 < 2.6)	0.56
40.9 (faktor porasta: 1.65)	19.6 (faktor porasta: 1.4 < 1.65)	0.48

## Uticaj vertikalnog opterećenja na maksimalnu obimnu silu

- Porast  $F_{OMAX}$  sa  $G_T$  je degresivsan što znači da dolazi do smanjenja  $\varphi_{MAX}$
- Uzrok: smanjenje dejstva molekularne adhezije sa porastom kontaktnog pritiska

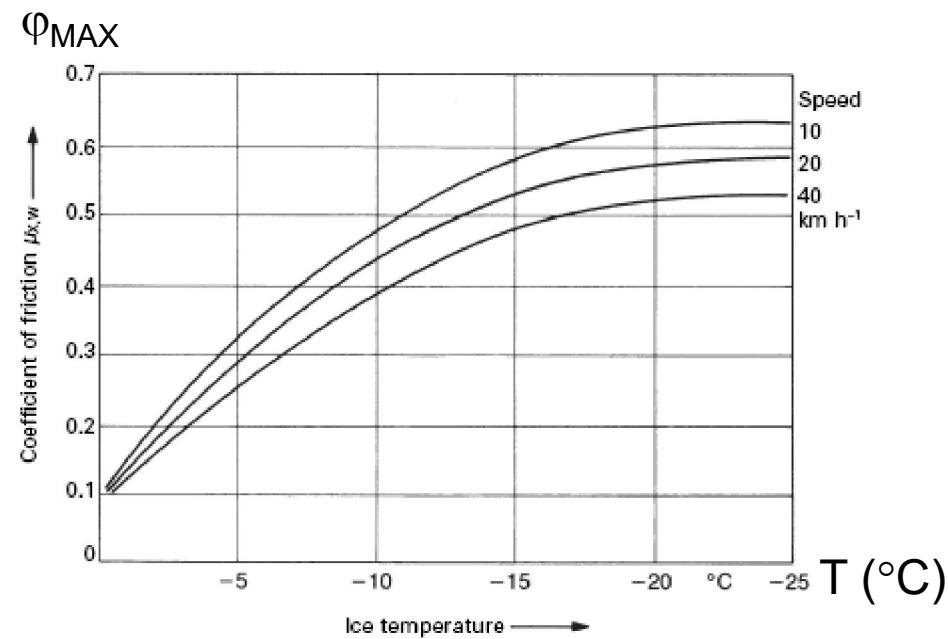


## Prijanjanje – uticaj pritiska u pneumatiku



Prema: *How to make your car handle*

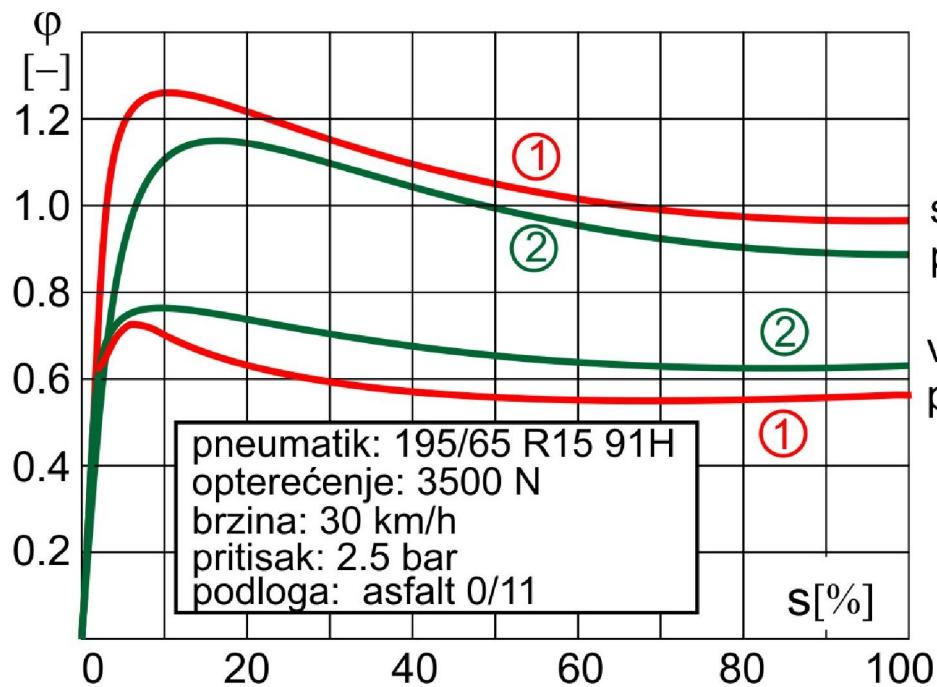
## Prijanjanje na ledu – uticaj temperature



Izvor: *Reimpell*

$\approx 0^\circ\text{C} \rightarrow$  “podmazivanje” leda tečnom fazom

## Prijanjanje – uticaj vlažnosti podlage i dubine šare



suva podloga  
vlažna podloga



### UTICAJ DUBINE ŠARE

1- dubina šare 2 mm

2 - dubina šare 8 mm

suva podloga

1.  $\varphi=1.27$ ,  $s=10\%$

2.  $\varphi=1.12$ ,  $s=16\%$

Izvor: V. Muzikravić

## Orijentacione vrednosti klizanja u pojedinim stepenima prenosa (Prema: Reimpell-u)

The following can be assumed for slip  $S_{x,w_a}$ :

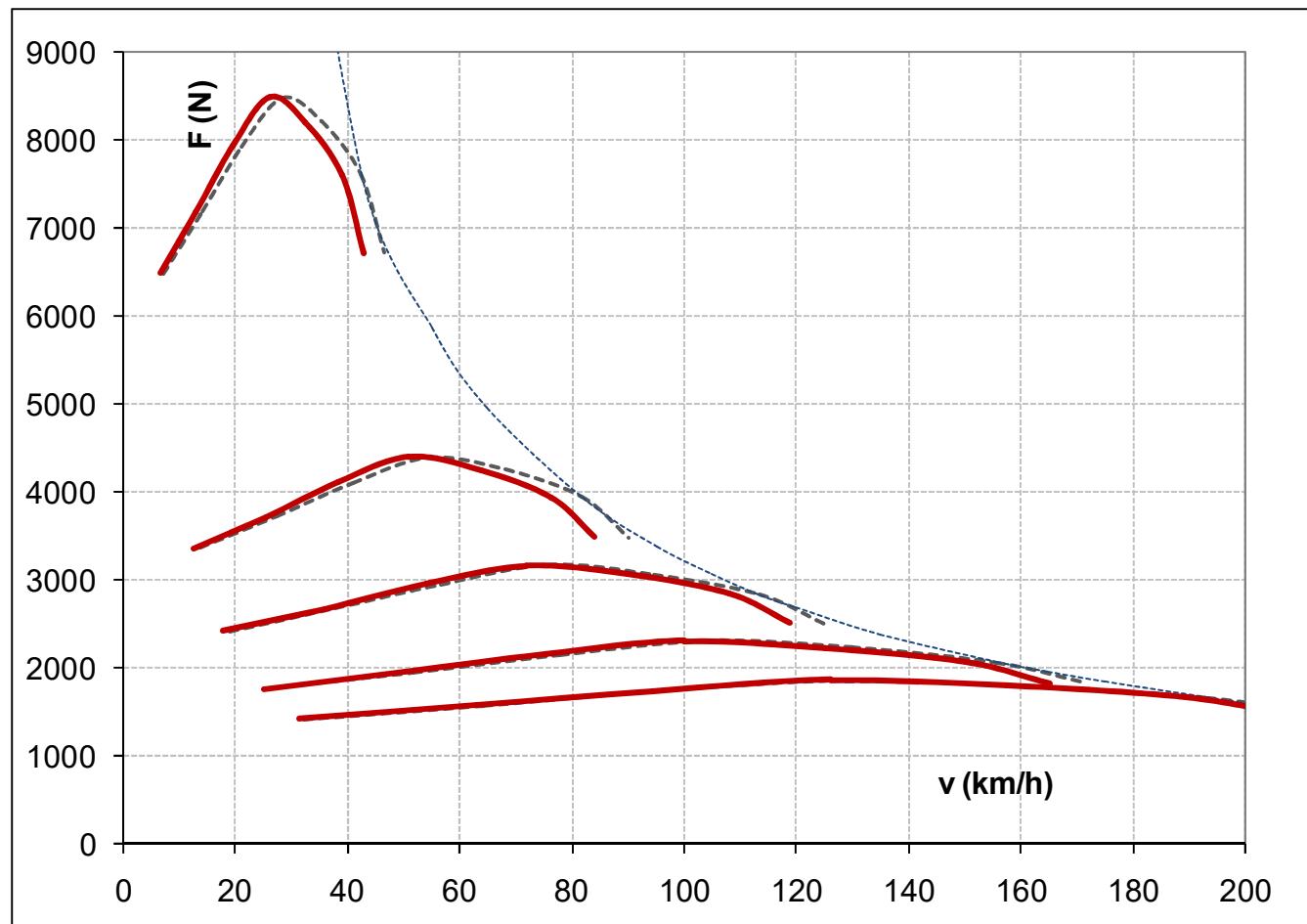
1st gear	0.08	4th gear	0.035
2nd gear	0.065	5th gear	0.02
3rd gear	0.05		

Primena: za korekciju brzine kretanja pri izračunavanju za vučni dijagram

## Primer korekcije vrednosti brzine kretanja na osnovu klizanja

Uprošćenje: usvojeno da u okviru pojedinih stepena prenosa važi  $s \approx \text{const}$  (prema tabeli)

$$v_T = r_D \cdot \omega_T \quad s = 1 - \frac{v}{v_T} \Rightarrow v = (1-s) \cdot v_T$$



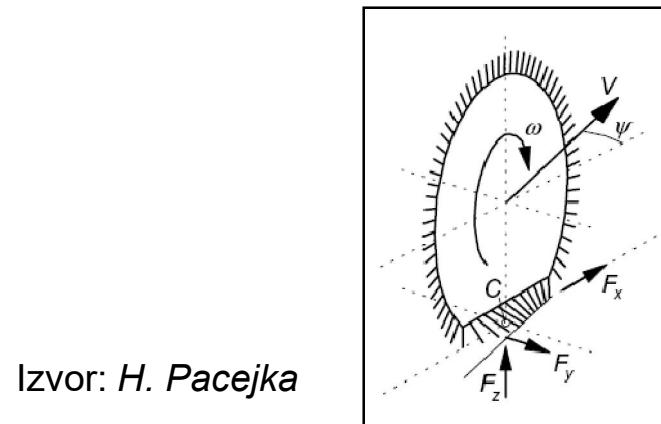
## Modeliranje zavisnosti klizanja i prijanjanja

Analitičko modeliranje: uzima u obzir fizičke zakone, veoma kompleksno

U obzir se uzimaju sledeći fundamentalni faktori:

- karakteristike interakcije gume i podlage
- raspodela kontaktnog pritiska
- elastičnost gume u gazećem sloju
- elastičnost pojasa i/ili karkase

Primer: "BRUSH" – model



Izvor: H. Pacejka

Empirijsko modeliranje:

Ne uzima u obzir fizičke zakonitosti, uspostavljaju se matematičke relacije između ulaznih i izlaznih podataka na osnovu rezultata merenja i ispitivanja; parametri po pravilu nemaju fizički smisao

## Modeliranje zavisnosti klizanja i prijanjanja

Najpoznatiji primer empirijskog modela: "Magična formula", Hans Pacejka

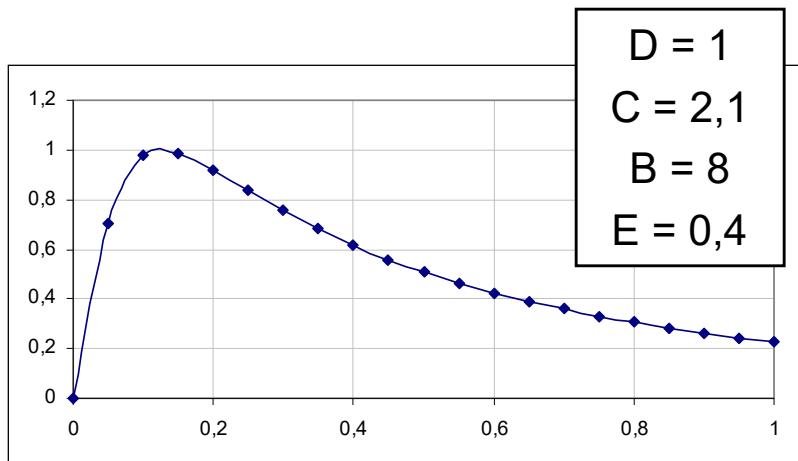
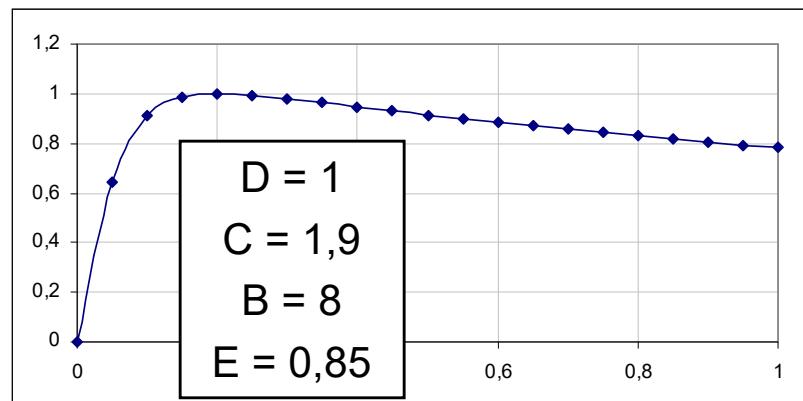
$$y = D \sin[C \arctan\{Bx - E(Bx - \arctan Bx)\}]$$

D – maksimalna vrednost

C – faktor oblika

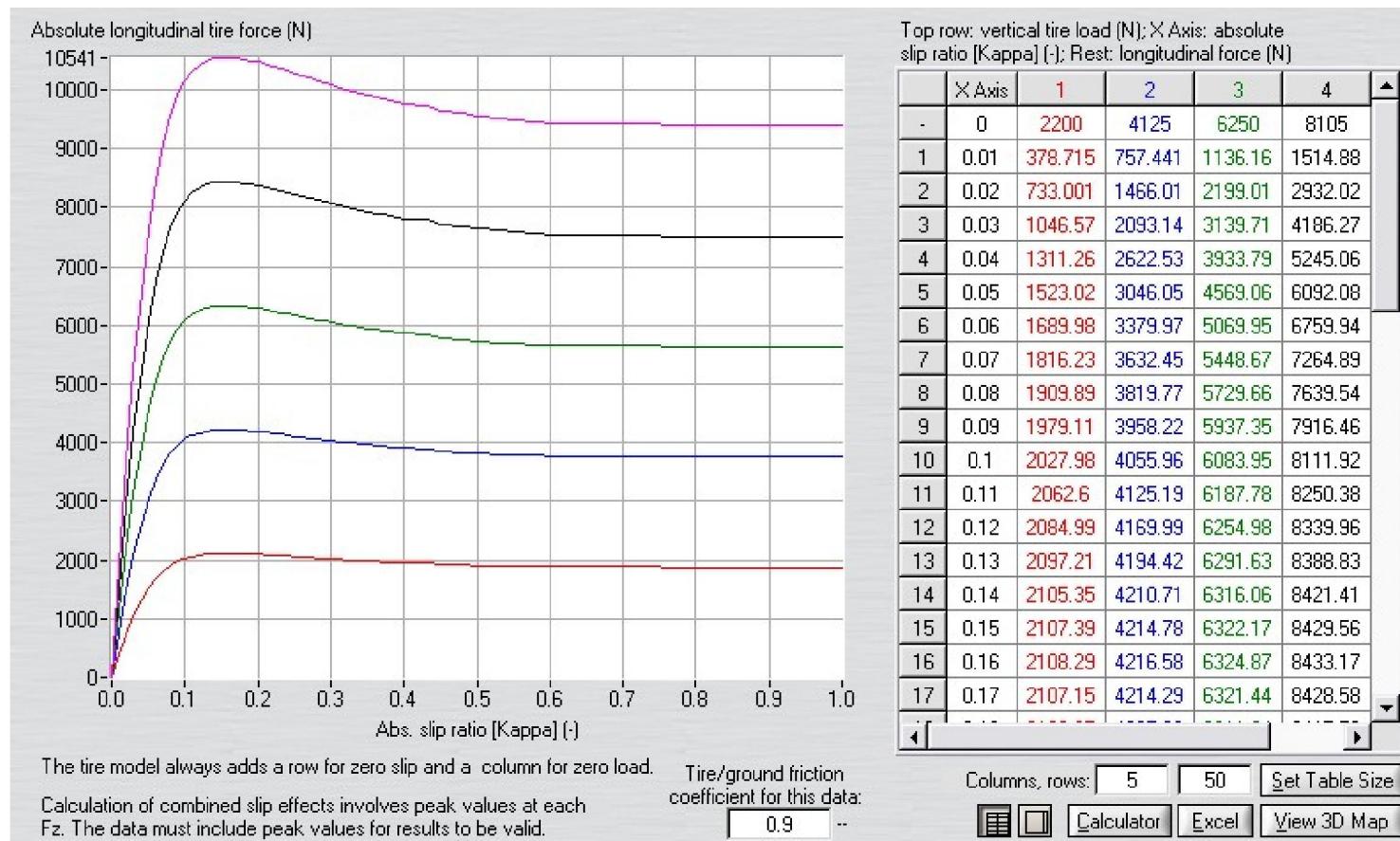
B – faktor krutosti

E – faktor zakrivljenosti



# Modeliranje zavisnosti klizanja i prijanjanja

Primer empirijskog modela u programu za simulaciju dinamike vozila CarSim  
(“Look-up Table”)

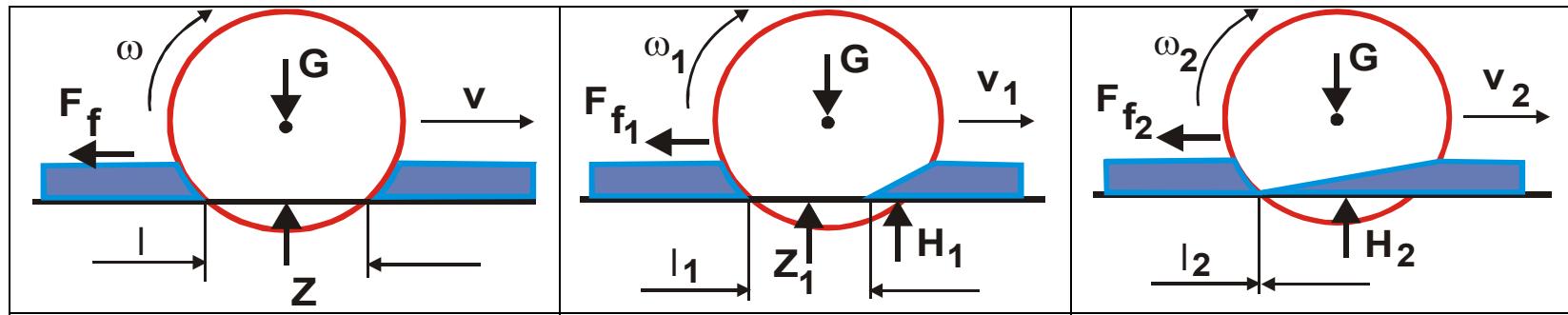


## Akvaplaniranje

Akvaplaniranje predstavlja gubitak kontakta između pneumatika i vlažne podloge usled formiranja hidrodinamičkog klina između njih

U tom slučaju gazeći sloj pneumatika kreće se po površini vodene podloge, u horizontalnom pravcu sile su isključivo viskozne  $\Rightarrow$  praktično potpuni gubitak prijanjanja

## Akvaplaniranje

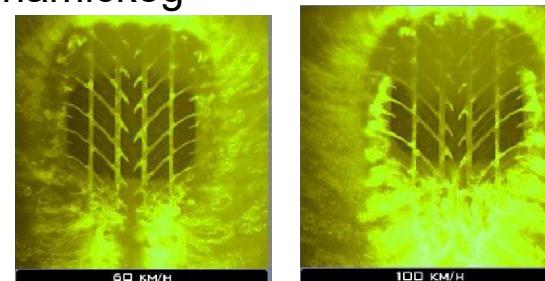


Izvor: V. Muzikravić

- Pritisak tečnosti se suprotstavlja ostvarivanju kontakta između pneumatika i podloge
- Inercijalne sile pri istiskivanju tečnosti pri većim brzinama kretanja (tj. većem ubrzaju tečnosti) otežavaju istiskivanje
- Porast brzine, porast debljine vodenog sloja  $\Rightarrow$  porast tendencije za akvaplaniranjem
- Nemogućnost istiskivanja vode  $\rightarrow$  formiranje hidrodinamičkog "klina"  $\Rightarrow$  dinamičko akvaplaniranje
- Slaba kiša - formiranje "podmazujućeg sloja" sa prašinom i uljem na podlozi  $\Rightarrow$  viskozno akvaplaniranje, brzine nastanka su manje nego kod dinamičkog

**80 km/h  $\Rightarrow$  25 l/s**

Izvor: khg-online.de

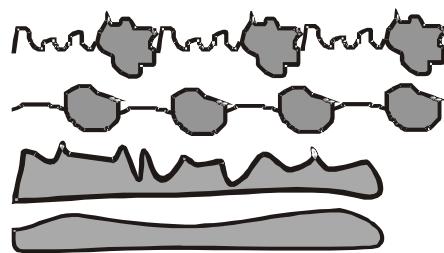


## Akvaplaniranje

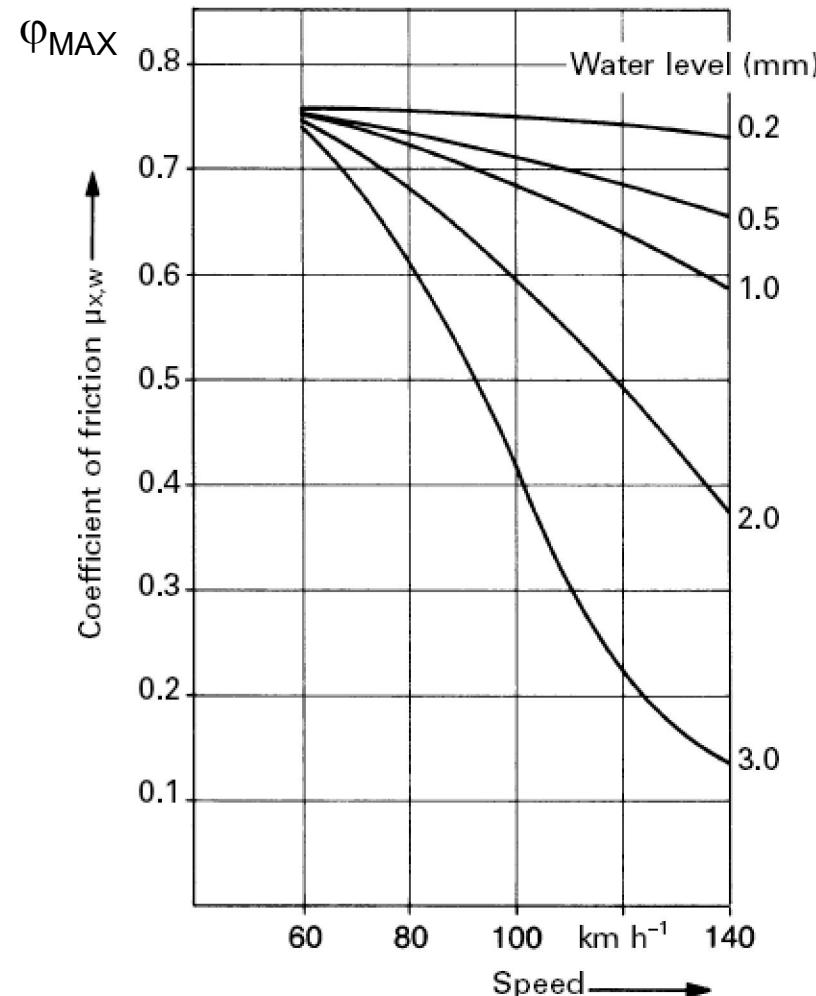
- Prijanje na vlažnoj podlozi ostvaruje se pretežno putem histerezisne komponente (deformacija i zaklinjavanje gume u mikroprofil podloge)
- Povišenje pritiska u pneumatiku → bolje istiskivanje vode, veća histerezisna komponenta prijanjanja

$$v_{KR} = 6,34 \cdot \sqrt{p} \quad \text{– kritična brzina akvaplaniranja (empirijski)}$$

- Što razuđeniji protektor - viši lokalni kontaktni pritisci raspoloživi za istiskivanje tečnosti + veći prostor za odvođenje tečnosti
- Uticaj mikroprofila podloge: prijanjanje, mogućnost drenaže
- Uži pneumatik: viši kontaktni pritisci



# Akvaplaniranje

Izvor: *Reimpell*

Uticaj brzine i debljine vodenog filma