

Sistem za kočenje

Zadaci

- normalno usporavanje vozila
- naglo usporavanje vozila
- obezbeđivanje vozila u zakočenom položaju
- rekuperacija energije (ako sistem omogućava)



Sistem za kočenje

Zahtevi

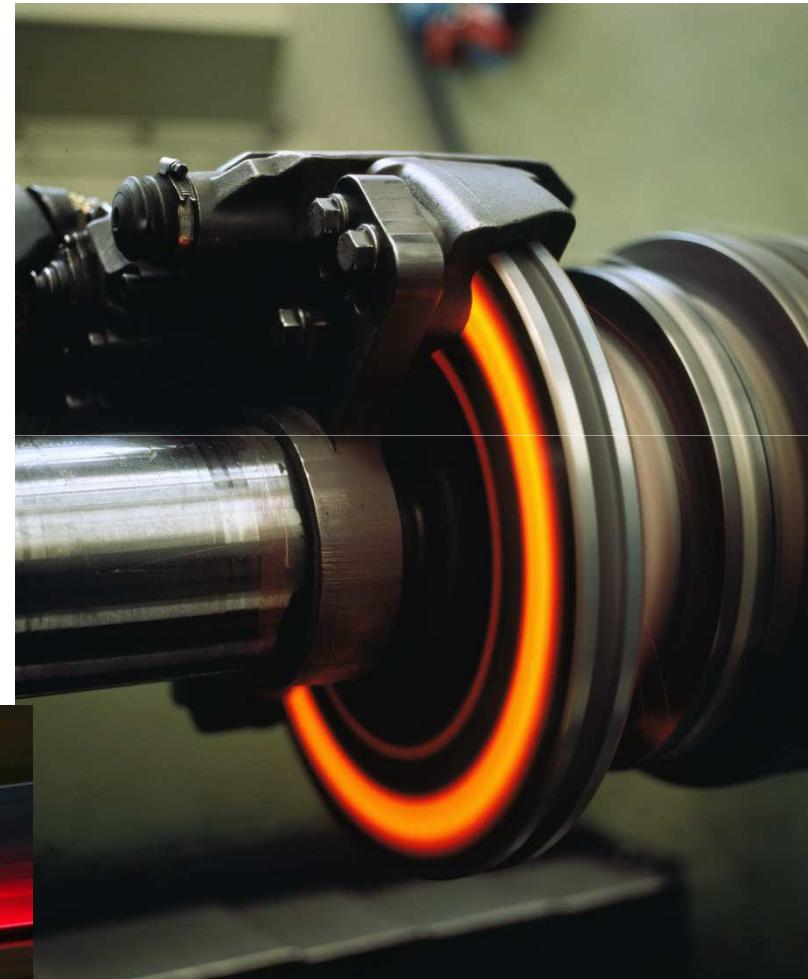
- precizna regulacija intenziteta kočenja
- stabilno kretanje tokom kočenja
- male sile aktiviranja na komandama
- visoka pouzdanost
- jednostavno održavanje
- kočenje bez škripe ili drugih neželjenih pojava
- mala potrošnja energije
- rekuperacija energije...



Sistem za kočenje

Princip rada: pretvaranje kinetičke energije vozila u pokretu trenjem (ili nekim drugim načinom) u toplotu (ili skladištenje energije za rekuperaciju)

Kontrolisani otpor obrtanju pokretnih elemenata u vezi sa točkovima



Sistem za kočenje

Kočni sistem mora zadovoljiti uslove propisane zakonskim regulativama (ECE R-13, Pravilnik o podeli ... i tehničkim uslovima..).

Uticajni faktori

- brzina vozila
- težina vozila
- uzdužni nagib puta
- vrsta podlage...

Funkcije sistema:

Radno kočenje

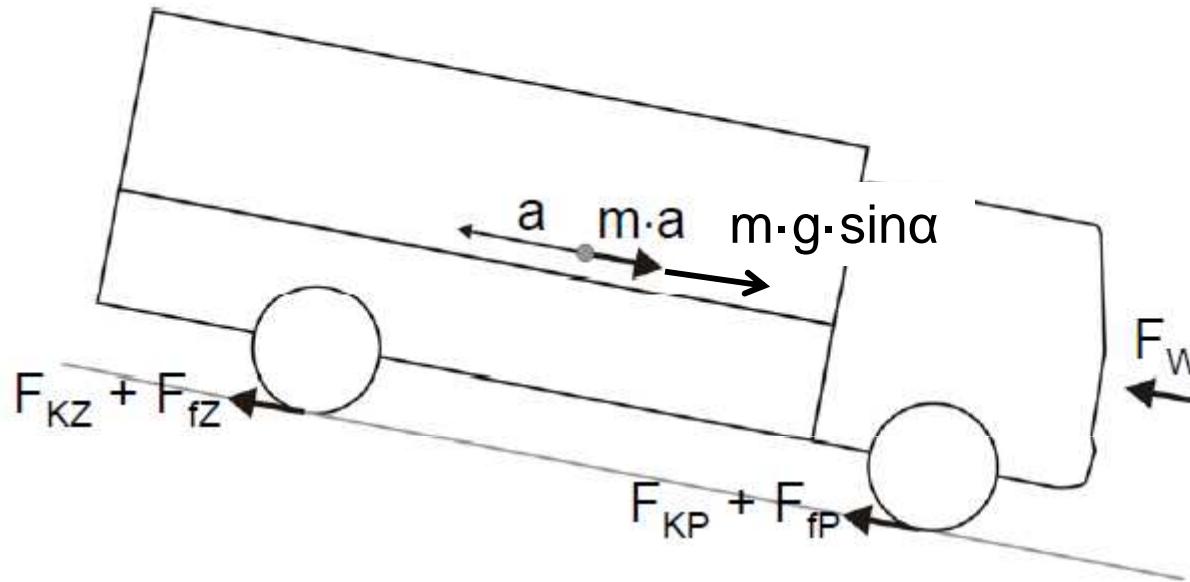
Pomoćno kočenje

Parkirno kočenje

Dugotrajno usporavanje

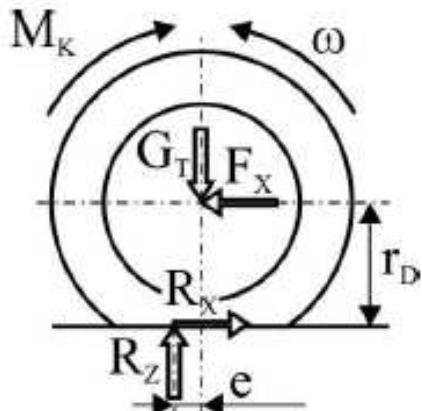


Kočenje vozila



- kočne sile F_K realizuju se u kontaktu pneumatika sa tlom
- otpor vazduha F_W , otpor kotrljanja F_f i otpor savladavanja uspona deluju kao i kočne sile
- na nizbrdici nastaje sila koja "pokreće" vozilo ($m \cdot g \cdot \sin\alpha$): treba je savladati ako se ne želi povećanje brzine

Kočeni točak



Na točak deluju:

M_K – kočni moment

R_X – tangencijalna reakcija tla usled dejstva M_K

F_X – sila inercije kojom vozilo gura kočeni točak

G_T – vertikalno opterećenje točka

R_Z – vertikalna reakcija tla

Uslov ravnoteže momenata:

$$M_K + R_Z \cdot e = F_X \cdot r_D$$

$$R_X = \frac{M_K}{r_D} + \frac{e}{r_D} \cdot G_T$$

$$\boxed{\frac{M_K}{r_D}} = F_K - \text{kočna sila točka}$$

$$\frac{e}{r_D} \cdot G_T \equiv F_{fT} - \text{otpor kotrljanja} \quad \boxed{R_X = F_K + F_{fT}} - \text{rezultujuća}$$

tangencijalna sila na kočenom točku

- moment inercije točka je zanemaren
($v = \text{const}$)

Određivanje puta kočenja i puta zaustavljanja

Proces kočenja se odvija po fazama:

Prva faza – zakašnjenje, obuhvata:

- psihofizičku reakciju vozača
- odziv kočnog sistema – do trenutka početka porasta sile kočenja (poništavanje zazora, elastične deformacije elemenata, porast pritiska...)

Trajanje prve faze: t_1 = vreme zakašnjenja

Druga faza – aktiviranje sistema

- porast pritiska, uspostavljanje reakcija veze na pojedinim elementima uključujući točak

Trajanje druge faze: t_2 = vreme aktiviranja sistema

Treća faza – puno usporenje, $a = a_p$

- sile kočenja dostigle punu vrednost \Rightarrow dostignuto puno usporenje

Trajanje treće faze: t_3 – vreme kočenja sa punim usporenjem

Napomena: puno usporenje je vrednost koja odgovara datom pritisku u hidrauličkom sistemu (tj. pritisku na pedalu kočnice); ne podrazumeva se obavezno da je reč o maksimalno mogućoj vrednosti sa stanovišta iskorišćenja prijanjanja

Određivanje puta kočenja i puta zaustavljanja

Ukupni pređeni put i potrebno vreme za zaustavljanje vozila:

$$\left. \begin{array}{l} s_z - \text{put zaustavljanja} \\ t_z - \text{vreme zaustavljanja} \end{array} \right\} \text{OBUHVATA SVE TRI FAZE}$$

Pređeni put i vreme u fazi punog usporenja:

$$\left. \begin{array}{l} s_k - \text{put kočenja} \\ t_k - \text{vreme kočenja} \end{array} \right\} \text{OBUHVATA SAMO FAZU PUNOG USPORENJA}$$

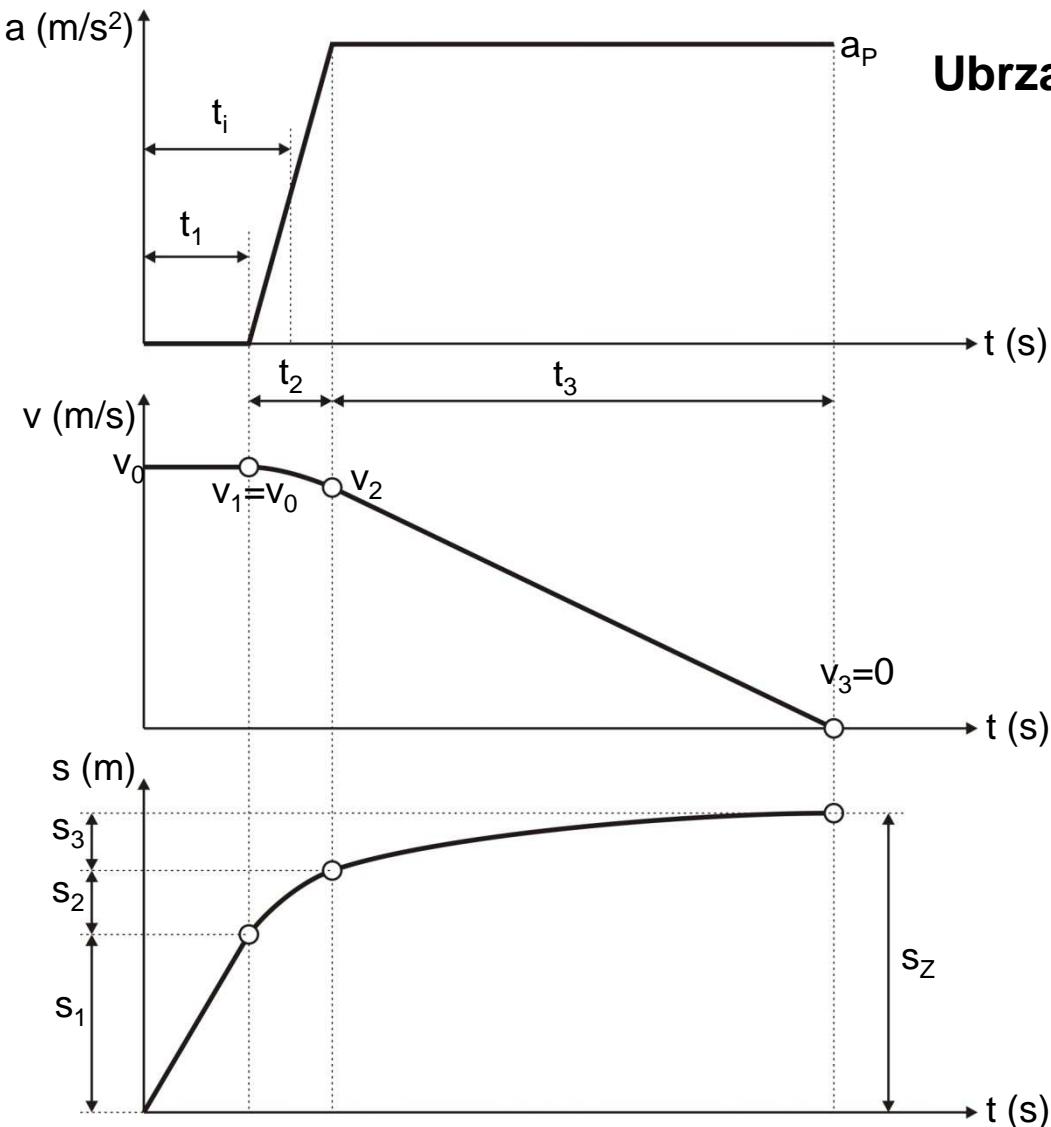
Prva faza – zakašnjenje, i druga faza – aktiviranje sistema

Zbog subjektivnog uticaja vozača i većeg broja parametara vozila koji se teško mogu uzeti u obzir, koriste se empirijski / statistički podaci.

Treća faza – vreme punog usporenja (s_k, t_k), $a = a_p$

Vrši se analitičko razmatranje prema zakonima mehanike i dinamike vozila.

Određivanje puta kočenja i puta zaustavljanja



Ubrzanje, brzina i put u toku vremena

t_1 – vreme zakašnjenja

reakcija vozača $\sim 0,6 \div 0,7$ s

odziv sistema $\sim 0,05$ s

t_2 – vreme aktiviranja sistema

$t_0 \sim 0,15$ s

t_3 – vreme punog usporenja

t_i – izgubljeno vreme (def.)

$$t_i \equiv t_1 + \frac{t_2}{2}$$

a_p – puno (maksimalno) usporenje

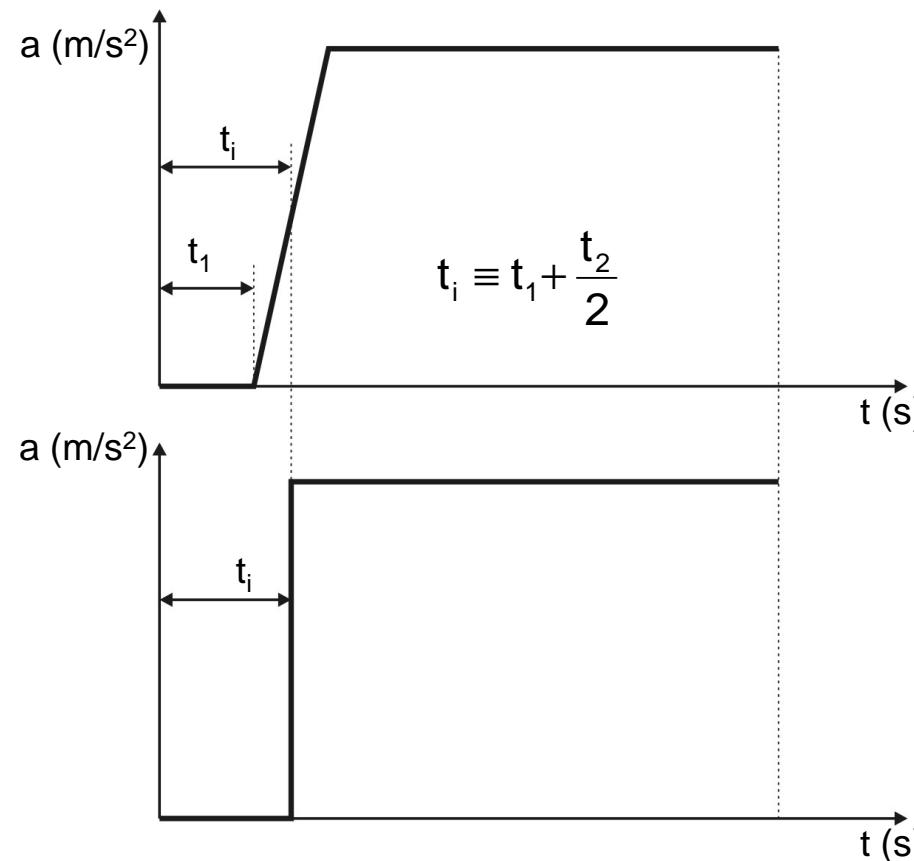
v_0 – početna brzina

$s_z = s_1 + s_2 + s_3$ – put zaustavljanja

$t_z = t_1 + t_2 + t_3$ – vreme zaustavljanja

$s_3 = s_K$, $t_3 = t_K$ – VREME / PUT KOČENJA

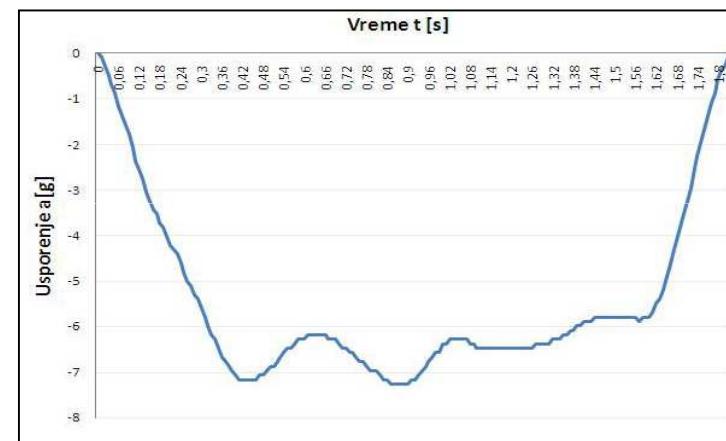
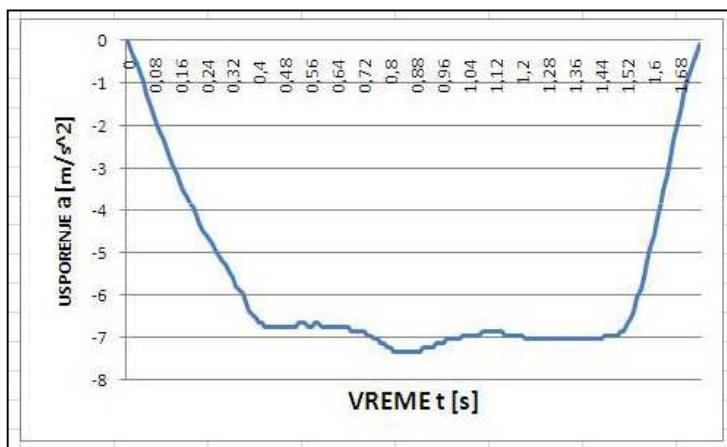
Određivanje puta kočenja i puta zaustavljanja



Interpretacija pojma "izgubljeno vreme": ekvivalentne kočne performanse

Određivanje puta kočenja i puta zaustavljanja

Izmerene krive usporenja – stvarni izgled



Izvor: Uroš Branković, MSc rad

Određivanje puta kočenja i puta zaustavljanja

PUT ZAUSTAVLJANJA: $s_Z = s_1 + s_2 + s_3$

$$s_Z = v_0 \cdot \left(t_1 + \frac{t_2}{2}\right) + \frac{v_0^2}{2 \cdot a_P} - \frac{a_P \cdot t_2^2}{24} \approx 0 \quad (t_i \equiv t_1 + \frac{t_2}{2}) - \text{IZGUBLJENO VREME}$$

$$s_Z = v_0 \cdot t_i + \frac{v_0^2}{2 \cdot a_P}$$

Uticaj vozača i
konstr. karakteristika
kočnog sistema

Kočenje pri punom
usporenju a_P

Dobijeno rešenje je ekvivalentno slučaju kada kočenje počinje tek nakon vremena t_i (vozilo se za to vreme kreće nepromenljivom početnom brzinom v_0), a potom odmah započinje kočenje sa punim usporenjem a_P .

Određivanje puta kočenja i puta zaustavljanja

PUT ZAUSTAVLJANJA:

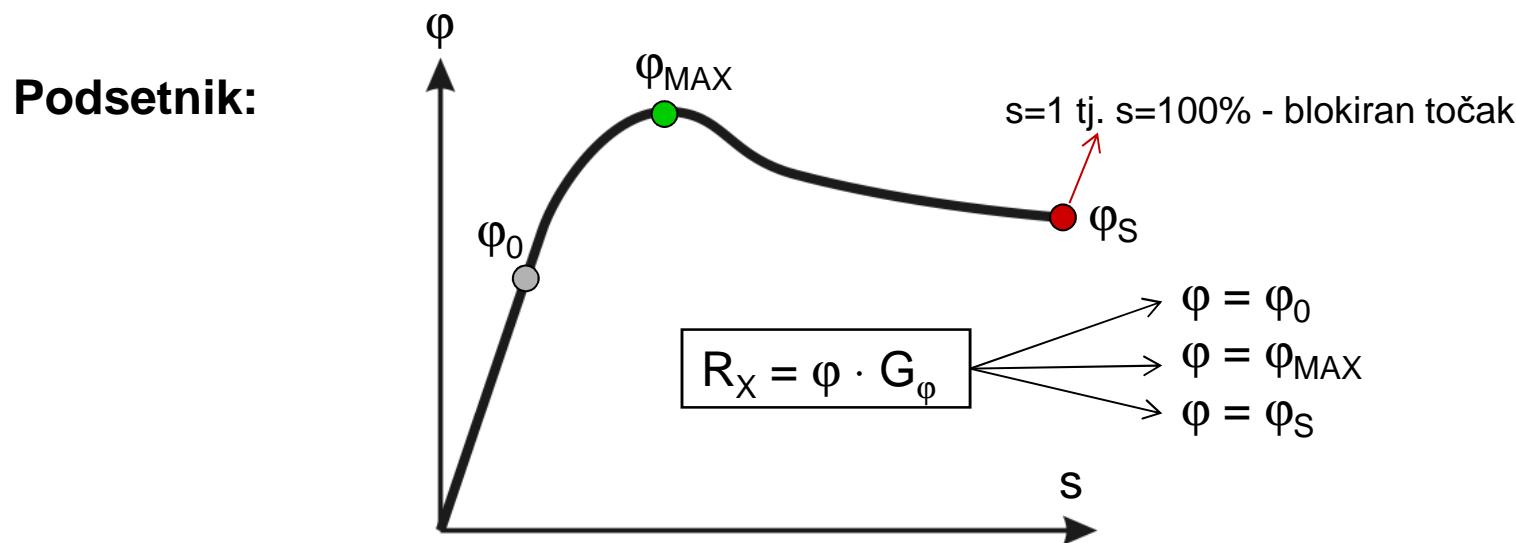
$$s_z = v_0 \cdot t_i + \frac{v_0^2}{2 \cdot a_p}$$

PUT KOČENJA:

$$s_k = \frac{v_0^2}{2 \cdot a_p}$$

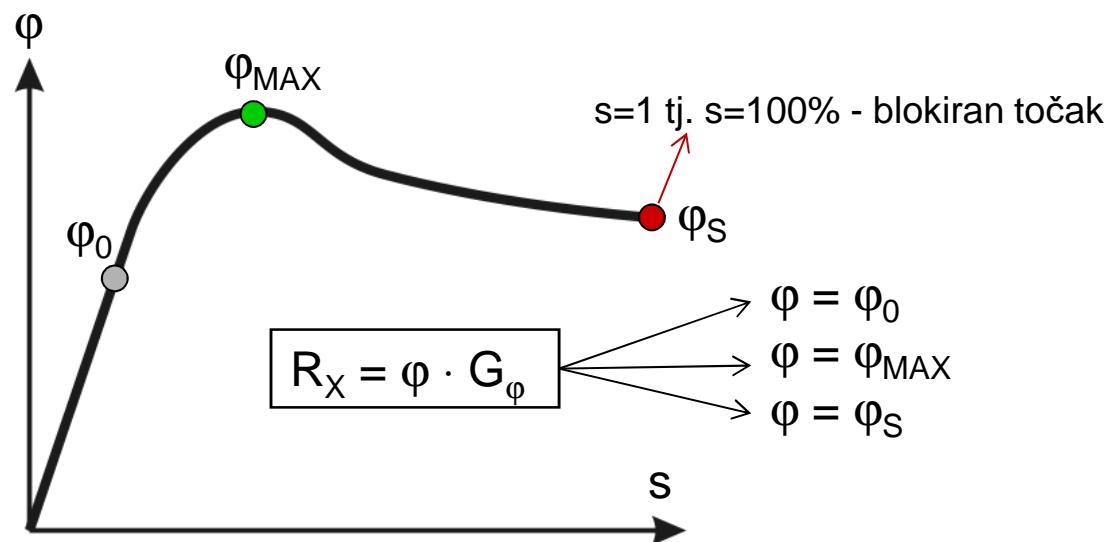


Iskorišćenje prijanjanja pri kočenju



- Optimalno kočenje – potpuno iskorišćenje raspoloživog prijanjanja
- Nedovoljno kočenje – nedovoljno iskorišćenje prijanjanja (najčešće!)
- Suvišno kočenje – nedovoljno iskorišćenje prijanjanja, gubitak upravljivosti / stabilnosti

Iskorišćenje prijanjanja pri kočenju



Mogući slučajevi:

Obe osovine koče sa ● → POTPUNO ISKORIŠĆENJE PRIJANJANJA

Jedna osovina koči sa ●, druga sa ● ili ●] NEPOTPUNO ISKORIŠĆENJE PRIJANJANJA

Obe osovine koče sa ● ili ●] NEPOTPUNO ISKORIŠĆENJE PRIJANJANJA

→ Od čega to zavisi?

Uticaj raspodele kočnih sila na upravljivost i stabilnost vozila

Prema ECE13 zahteva se da prvi blokiraju prednji točkovi [*izvor: J.Todorović, Kočenje m.v.*]

Blokiranje prednjih točkova \Rightarrow gubitak upravljivosti

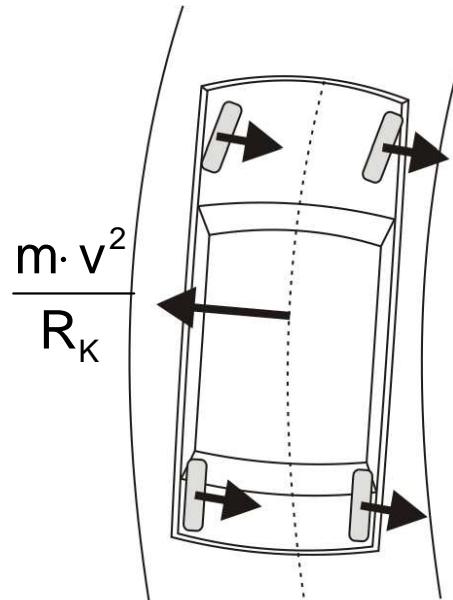
(povoljnija reakcija sa stanovišta netreniranog vozača)

Blokiranje zadnjih točkova \Rightarrow gubitak stabilnosti

Uticaj blokiranja točkova na upravljivost

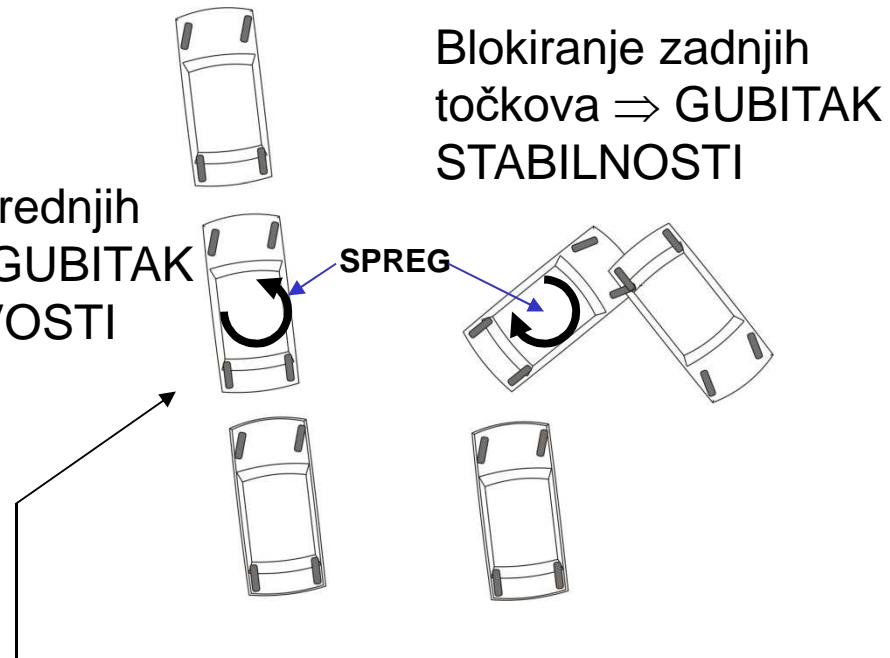
Vođenje vozila po zadatoj putanji → BOČNA REAKCIJA NA TOČKU

Blokiranje točka ⇒ NEMOGUĆNOST REALIZACIJE BOČNE SILE



Obezbeđenje bočne
reakcije na obe osovine
⇒ UPRAVLJIVO I
STABILNO VOZILO

Blokiranje prednjih
točkova ⇒ GUBITAK
UPRAVLJIVOSTI



Povoljnija situacija za
netreniranog vozača!

Blokiranje zadnjih
točkova ⇒ GUBITAK
STABILNOSTI

Sistem za kočenje

Radnim kočenjem se progresivno smanjuje brzina kretanja vozila, po potrebi do zaustavljanja, bez obzira na brzinu kojom se ono kreće i opterećenje vozila ako je ono u deklarisanim granicama, a na putu sa uzdužnim nagibom na kome je predviđeno kretanje tog vozila.

Radna kočnica mora dejstvovati na sve točkove vozila*. Sva vozila moraju imati radnu kočnicu.

* ne mora kod traktora i radnih mašina

Pomoćno kočenje omogućava da se vozilo uspori i zaustavi ako dođe do najviše jednog otkaza u prenosnom sistemu radnog kočenja, sa regulisanim intenzitetom kočenja, pri čemu jedna ruka vozača mora biti slobodna radi upravljanja vozilom.

Pomoćna kočnica često ima ulogu i parkirne kočnice (npr. u putničkim automobilima).

Sistem za kočenje

Parkirno kočenje sprečava pomeranje zaustavljenog vozila. Sva vozila moraju imati mehaničku parkirnu kočnicu*.

* postoje izuzeci: motocikli i sl.

Dugotrajno usporavanje vozila omogućava usporavanje vozila pri kretanju vozila na putu sa uzdužnim padom, za čega se koristi dopunska kočnica.

Teretna vozila najveće dozvoljene mase preko 9 t i teški autobusi (M_3) moraju imati sistem za dugotrajno usporavanje.

Sistem za kočenje

Efikasnost kočenja vozila se izražava preko kočnog koeficijenta Kr koji predstavlja procentualni odnos ukupne sile kočenja prema težini vozila

$$Kr = \frac{\sum F_K}{M_u \cdot 10} \cdot 100\%$$

$\sum F_K$ - zbir svih kočnih sila ostvarenih pri merenju, N

M_u - ukupna masa vozila, kg

g - ubrzanje zemljine teže, $g = 10 \text{ m/s}^2$

$M_u \cdot g$ - težina vozila, N

Sistem za kočenje

$$Kr = \frac{\sum F_K}{M_u \cdot 10} \cdot 100\%$$

Vrsta vozila	Radno kočenje			Pomoćno kočenje, ako je izvedeno kao poseban sistem		
	minimalni Kr, %	Maksimalna sila aktiviranja, daN		minimalni Kr, %	Maksimalna sila aktiviranja, daN	
		nožno	ručno		nožno	ručno
L	40	50	20	20	50	20
M1	50	50	-	20	50	40
M2,M3	50	70	-	20	70	60
N	45	70	-	20	70	60
O	40	p≤ 6,5 bar	-	20	-	-

Sistem za kočenje

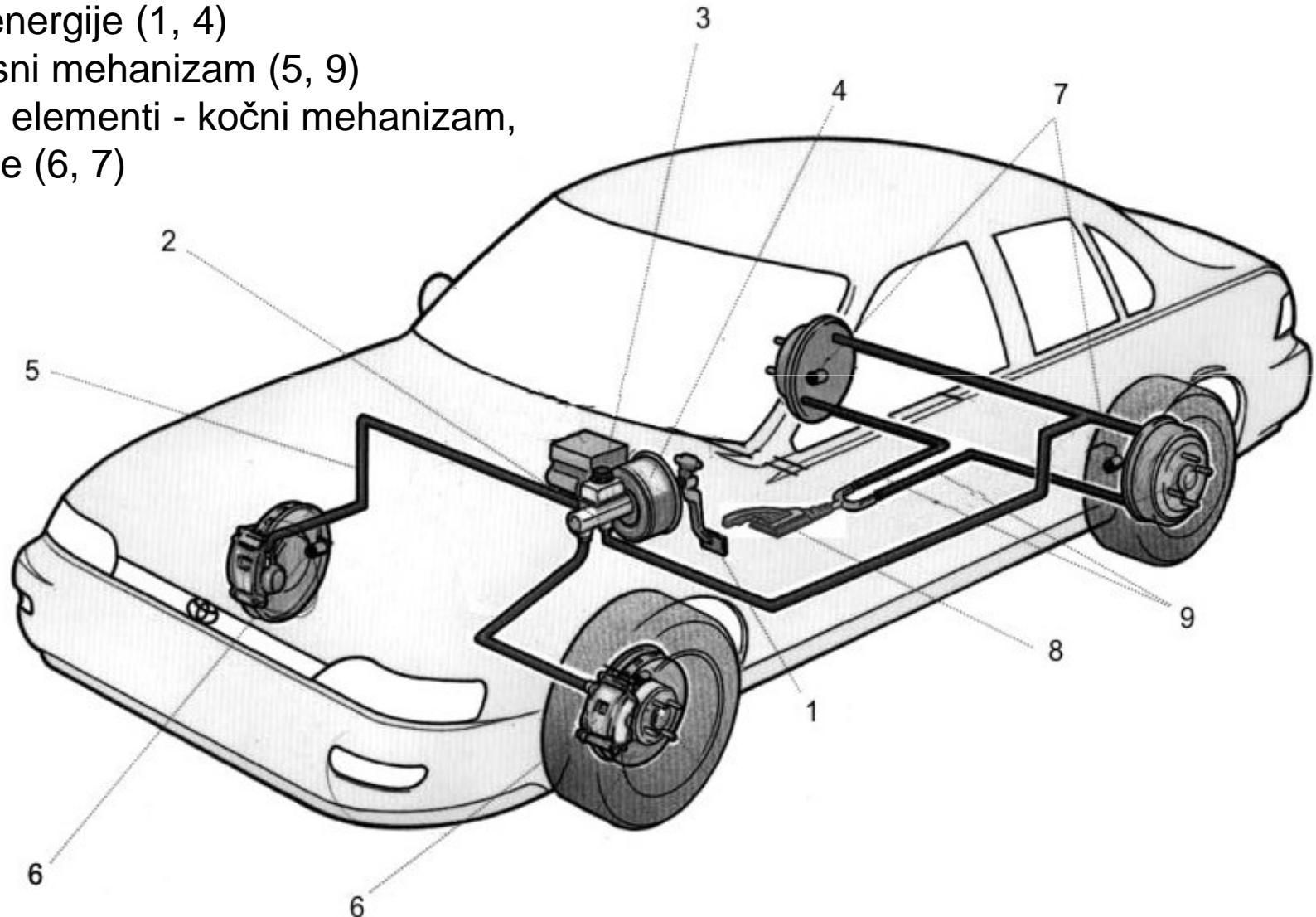
Sila kojom se dejstvuje na komandu parkirne kočnice za putničke automobile i traktore ne sme biti veća od 40 daN, a za druga motorna vozila ne sme biti veća od 60 daN.

Pri upotrebi radne i pomoćne kočnice razlika sile kočenja na točkovima iste osovine ne sme biti veća od 30%, pri čemu se za osnovu izračunavanja uzima procenat od veće sile.

Parkirna kočnica motornog vozila, odnosno priključnog vozila kad je ono odvojeno od vučnog vozila, mora obezbiti kočenje sa kočnim koeficijentom od 15%.

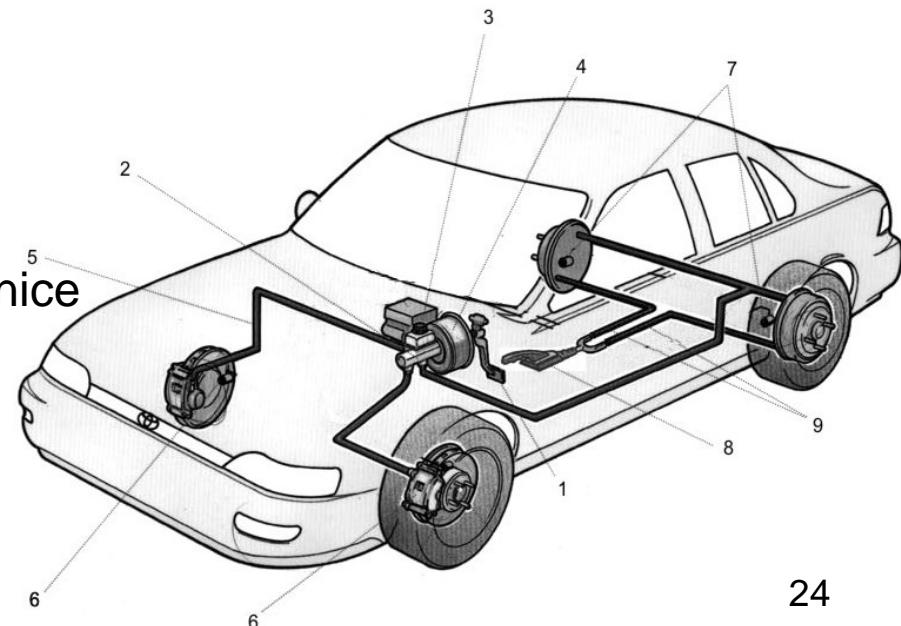
Struktura sistema za kočenje

- komandni mehanizam (1, 2, 3)
- izvor energije (1, 4)
- prenosni mehanizam (5, 9)
- izvršni elementi - kočni mehanizam, kočnice (6, 7)



Struktura sistema za kočenje

- komandni mehanizam
 - nožni
 - ručni
 - automatski
- izvor energije
 - vozač
 - vozač uz pojačanje spoljašnjim izvorom energije (delimično servo-dejstvo)
 - motor (puno servo-dejstvo)
- prenosni mehanizam
 - hidraulički
 - pneumatički
 - mehanički
 - hidropneumatički
 - električni
- izvršni elementi - kočni mehanizam
 - mehanički: disk kočnice, doboš kočnice
 - električni
 - hidrodinamički
- mesto dejstva
 - točkovi vozila
 - transmisija



Kočnice

Zadatak radne kočnice je da generiše sile koje se protive obrtanju točka, a time i kretanju vozila. Mehaničke kočnice generišu sile (suvog) trenja.

Sile trenja se generišu između obrtnih elemenata kočnice, koji su vezani za točkove i njenih nepokretnih elemenata, vezanih za elemente vozila koji se ne obrću sa točkovima (nosač točka).

Konstruktivna rešenja:

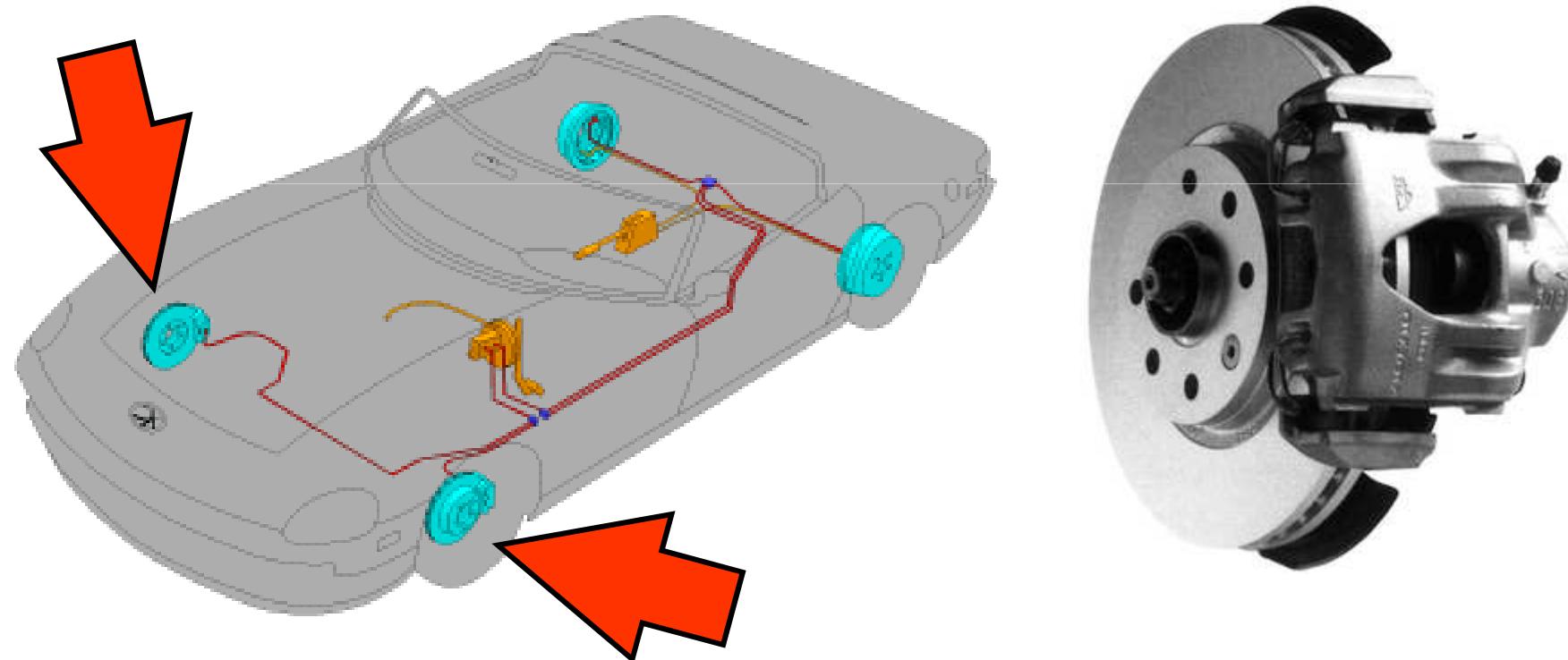
- disk kočnice
- doboš kočnice

Ostali načini rada drugih vrsta kočnica:

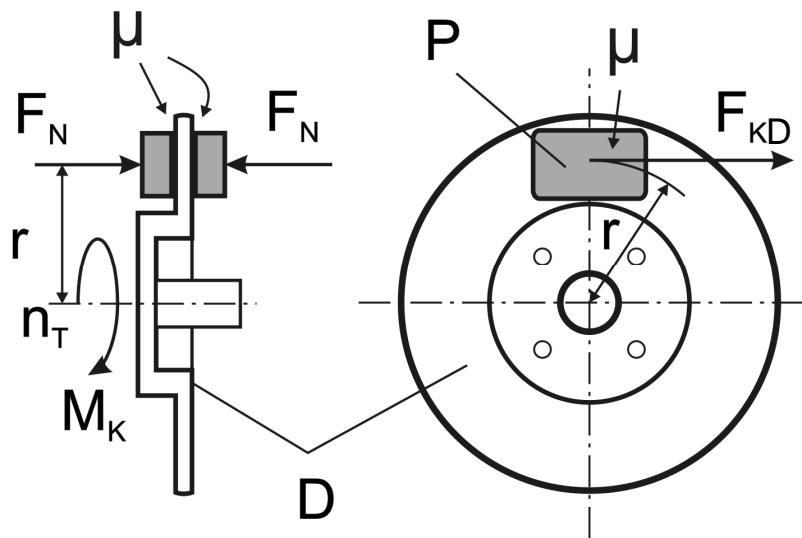
- elektromagneti ili hidrodinamički usporači: pretvaranje u toplotu (privredna vozila)
- motorna kočnica (privredna vozila)
- generatorski režim rada u EV i HEV: skladištenje električne energije

Disk kočnice

obrtni element kočnice: **disk**, povezan sa točkom
nepokretni elementi: **čeljust sa pločicama**, povezani sa nosačem točka



Disk kočnice



obimna sile kočenja i normalne sile kojom se pritiska obloga

$$F_{KD} = 2 \mu F_N$$

kočni moment:

$$M_K = F_{KD} \cdot r$$

$$r \approx (r_s + r_u)/2$$

kočna sila na točku:

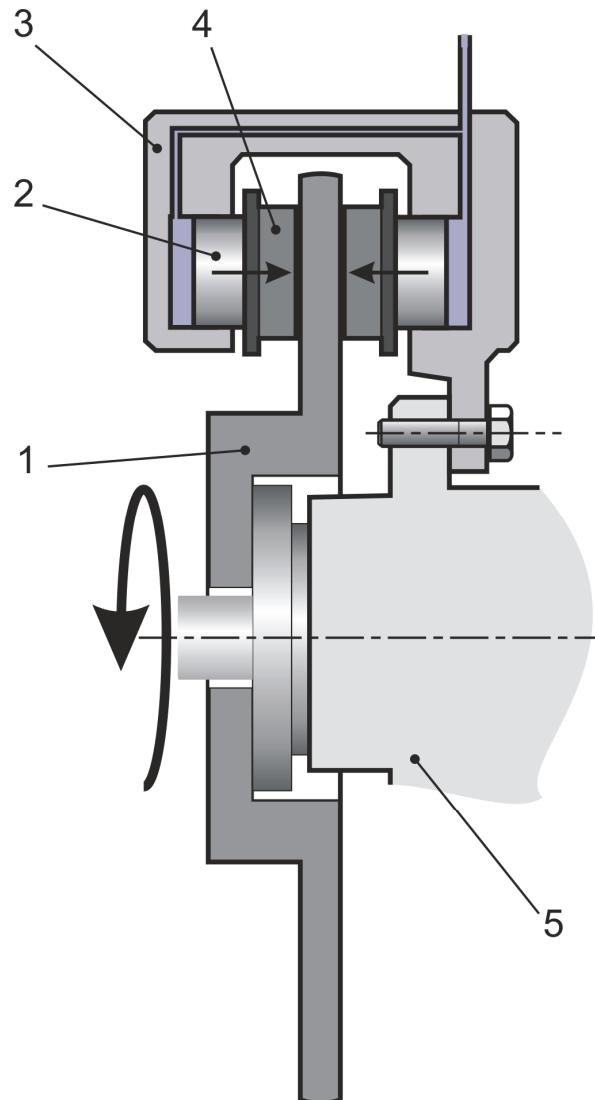
$$F_K = M_K / r_D = F_{KD} \cdot r / r_D$$

Disk kočnice

- dobra disipacija topline
- manja osetljivost na promenu koeficijenta trenja između frikcionih površina i kočnih obloga
- ustaljenije kočne performanse i bolja stabilnost vozila pri kočenju u uslovima kada postoji razlika koeficijenata trenja u kočnicama na levoj i desnoj strani vozila
- samočišćenje
- linearnost sile aktiviranja i kočne sile (dobro za ABS i ESP)
- relativno velika sila aktiviranja

Disk kočnice

- 1. disk
- 2. klip kočnog cilindra
- 3. čeljust
- 4. pločica sa frikcionom oblogom
- 5. nosač točka

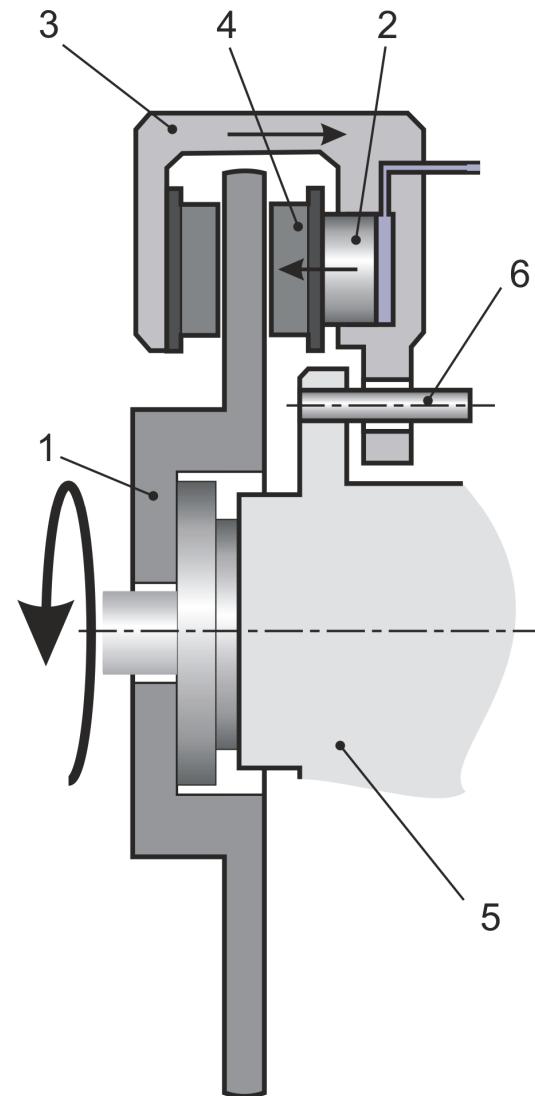
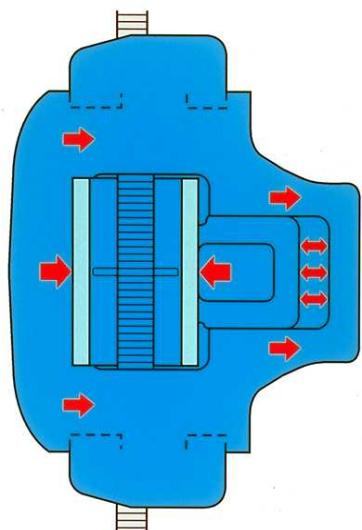


- simetrično dejstvo
- kruta konstrukcija
- veće dimenzije i masa
- više elemenata
- samo za hidrauličko aktiviranje

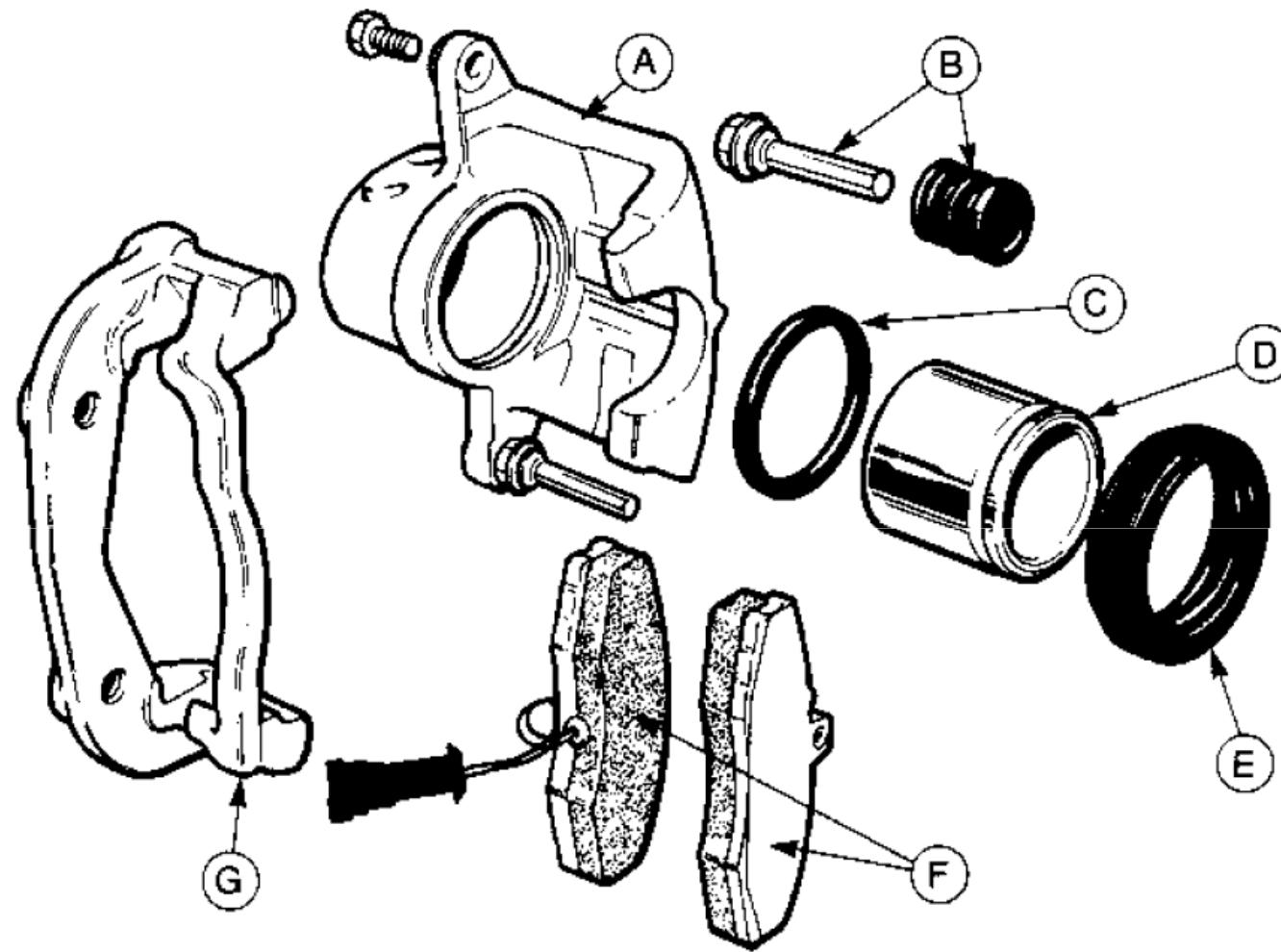
Disk kočnice

1. disk
2. klip kočnog cilindra
3. čeljust
4. pločica sa frikcionom oblogom
5. nosač točka
6. vođica čeljusti

- kompaktnije
- postoji trenje u vođicama
- pojava zakošenja

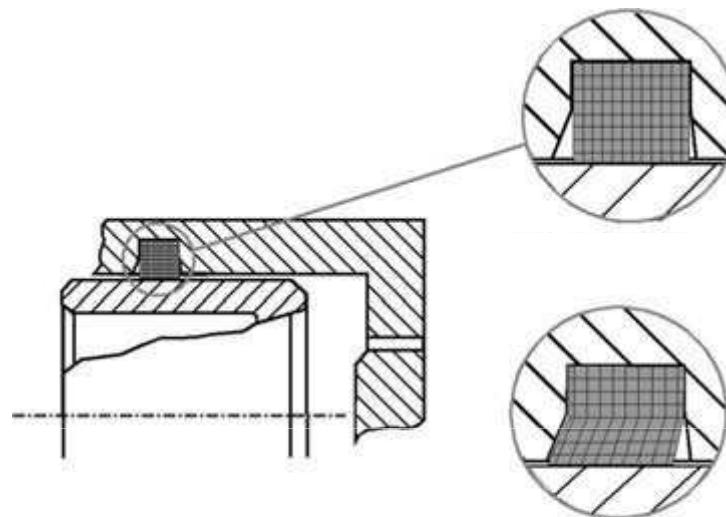


Čeljust disk kočnice



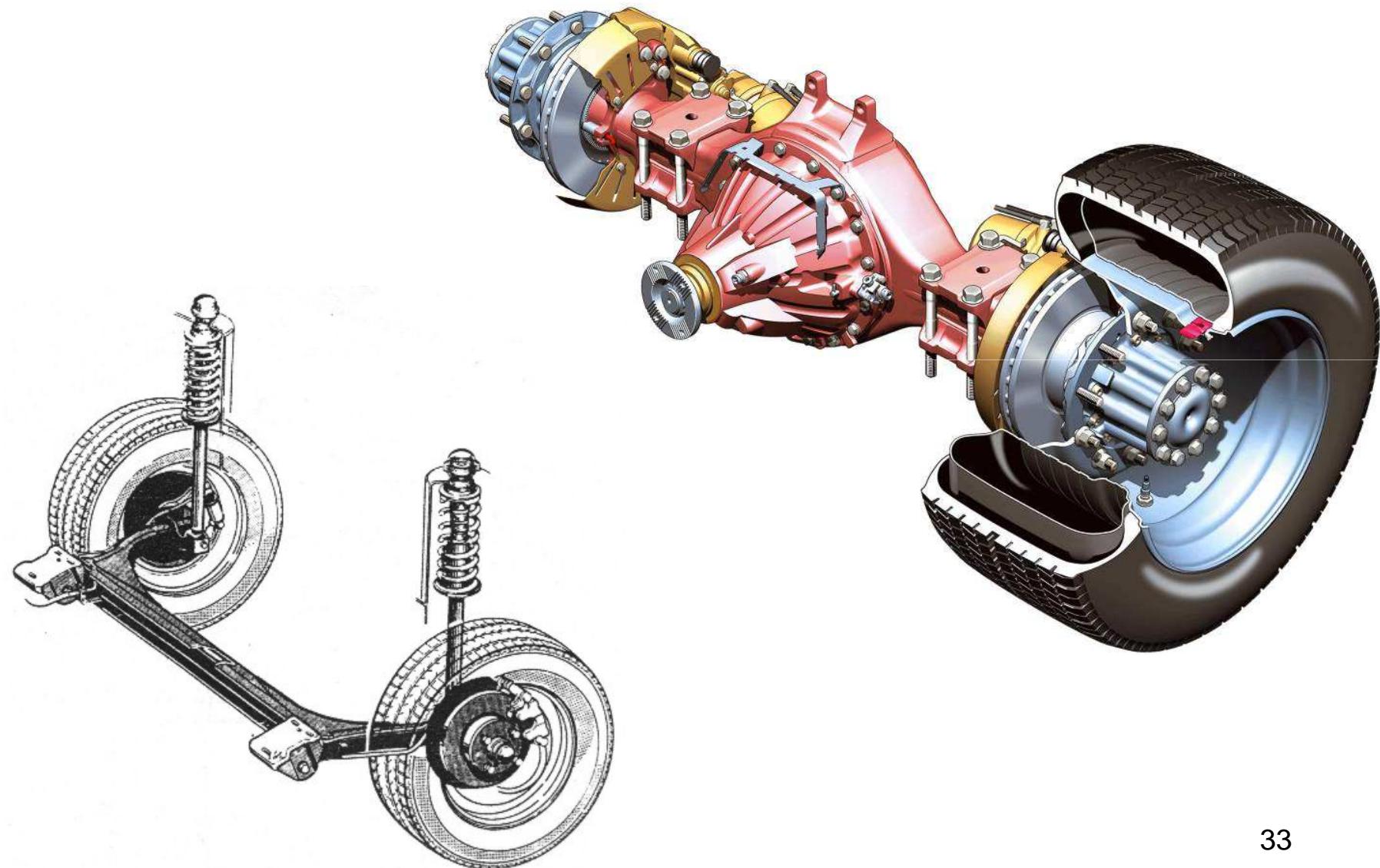
A - pokretni deo čeljusti, B - vođica čeljusti sa zaštitnom manžetnom,
C - zaptivna gumica klipa, D - klip, E - zaštitna manžetna, F - pločice
sa friкционом облогом, G - nepokretni deо čeljusti

Disk kočnice



Zaptivka klipa disk kočnice – mehanizam vraćanja klipa u početni položaj

Disk kočnice - položaj na osovini

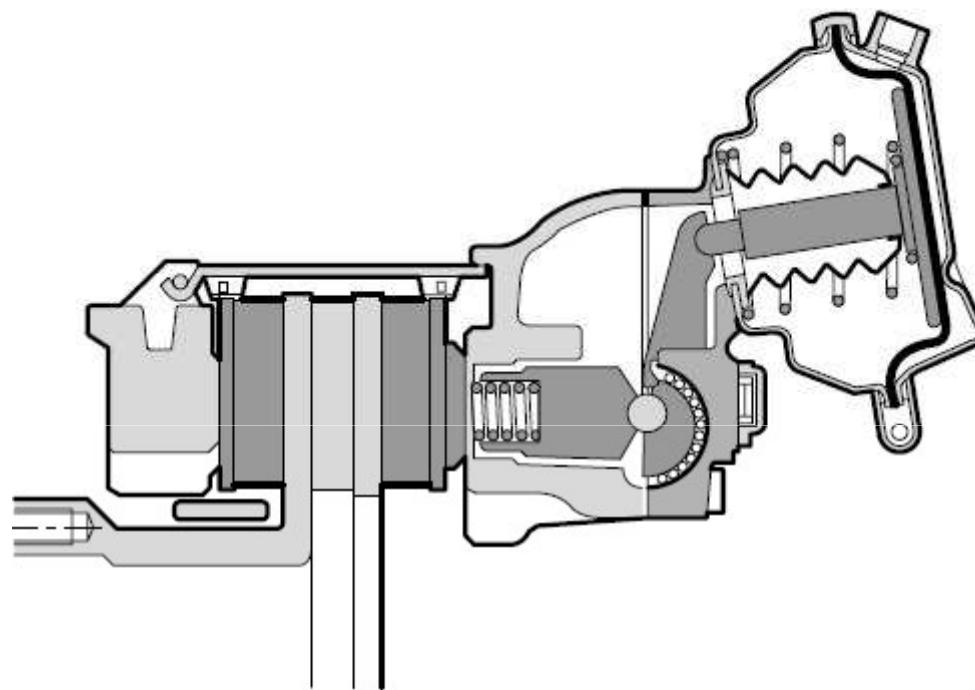


Disk kočnice - privredna vozila



mehaničko aktiviranje disk kočnice za pneumatičke prenosne mehanizme

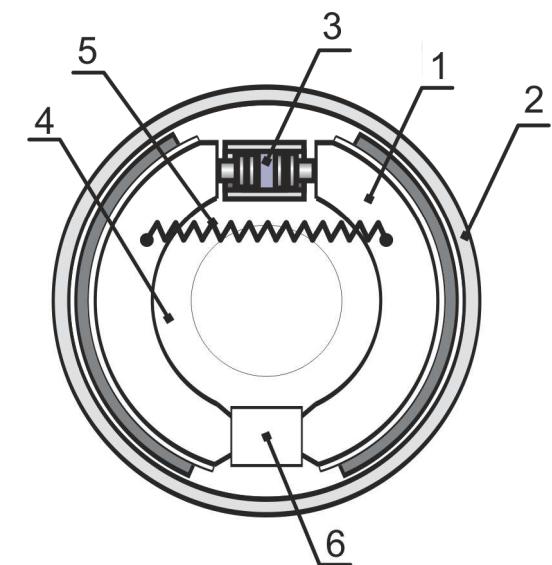
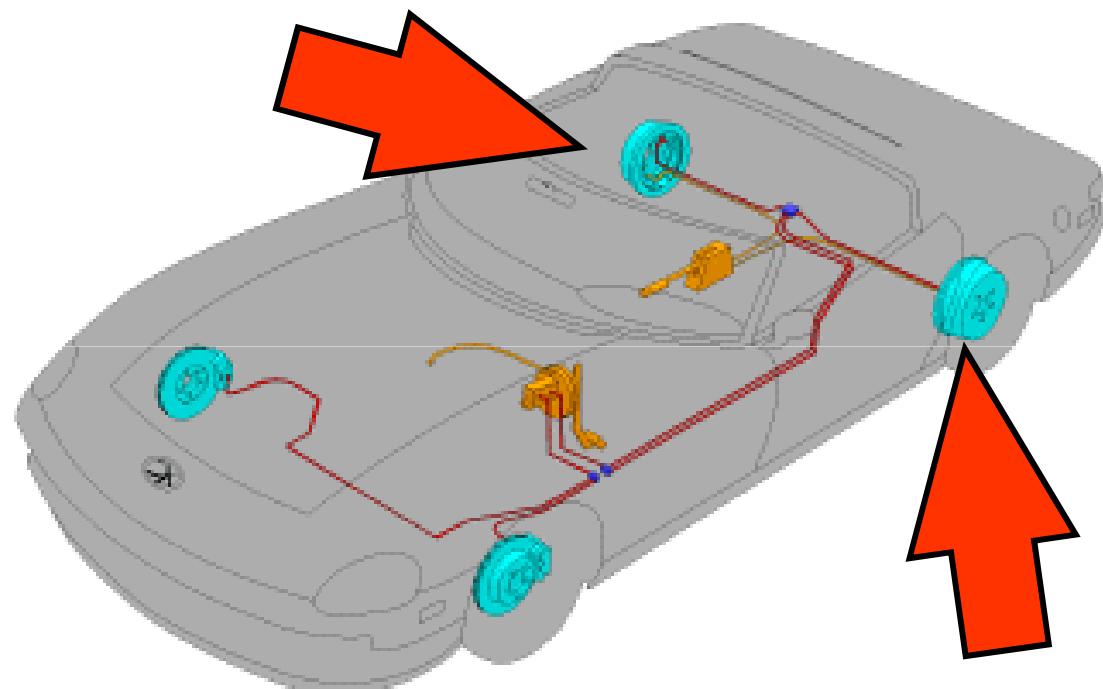
Disk kočnice - privredna vozila



mehaničko aktiviranje disk kočnice za pneumatičke prenosne mehanizme

Doboš kočnice

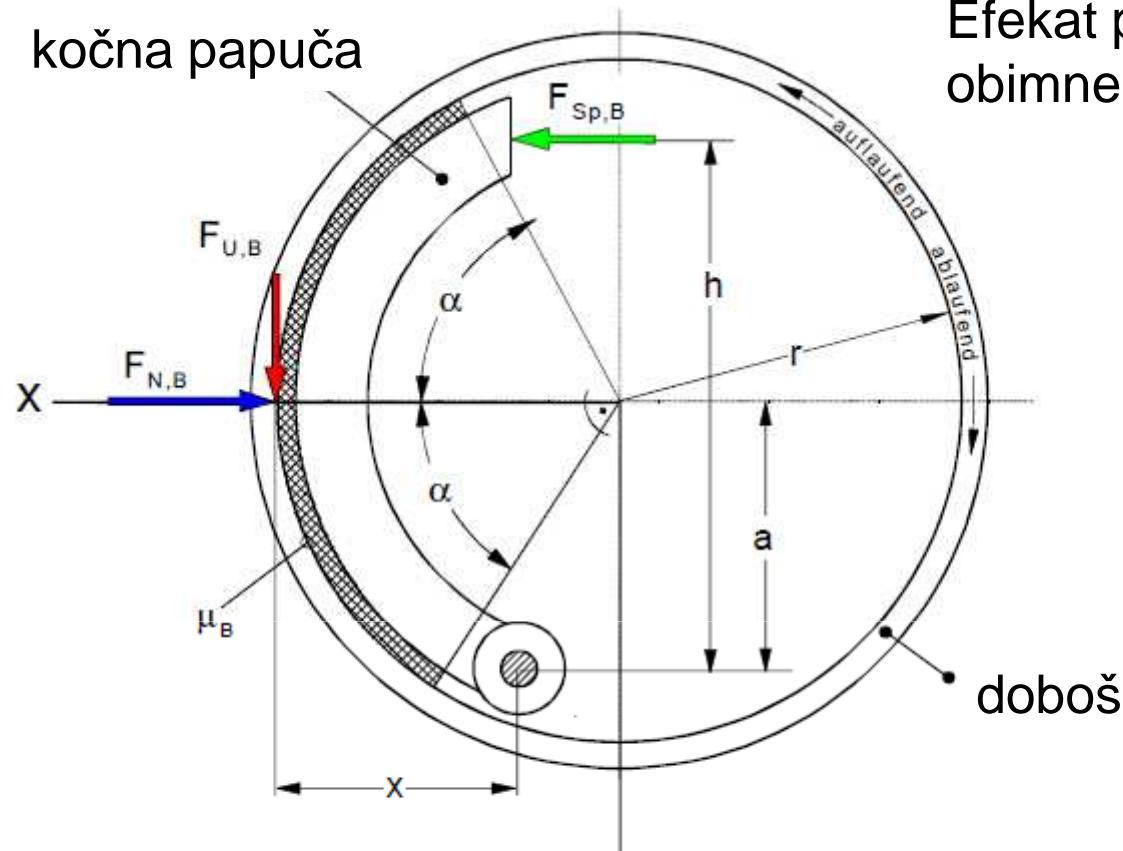
obrtni element kočnice: **doboš**, povezan sa za točkom
nepokretni elementi: **papuče**, povezani sa nosačem točka



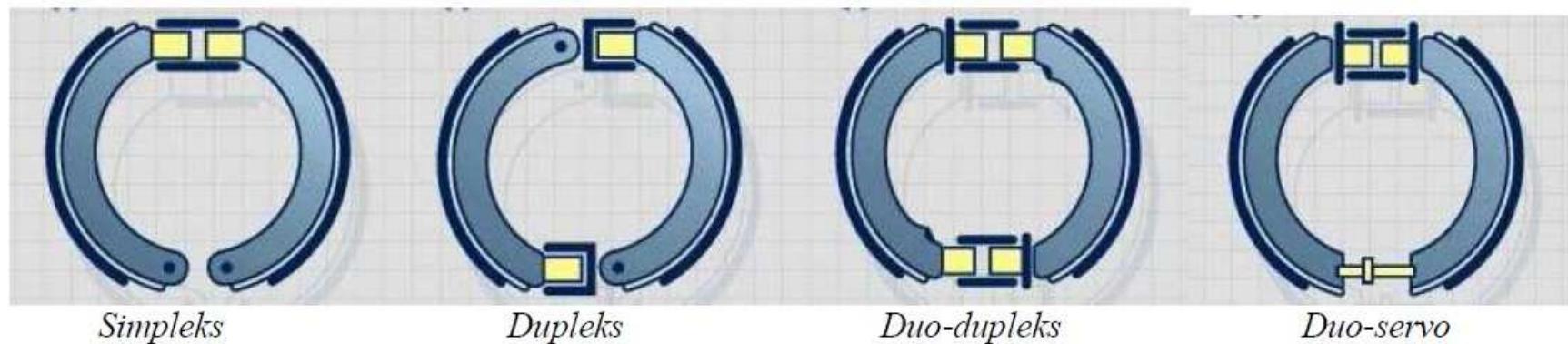
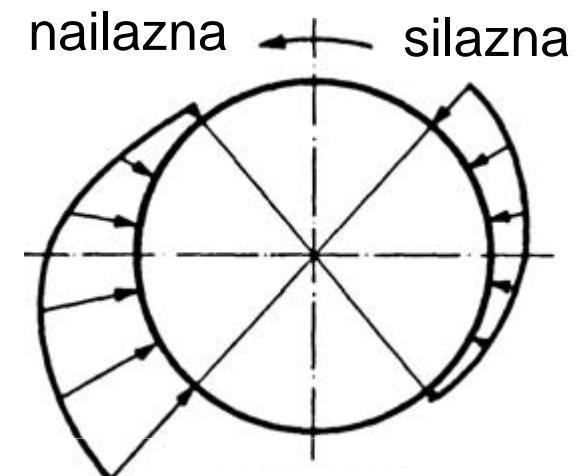
1 - papuča sa friкционom oblogom, 2 - doboš, 3 - kočni cilindar, 4 - noseća ploča,
5 - povratna opruga, 6 - oslonac papuča

koeficijent trenja između papuča i doboša je prosečno između 0,35 i 0,4
(0,15..0,55)

kočna papuča

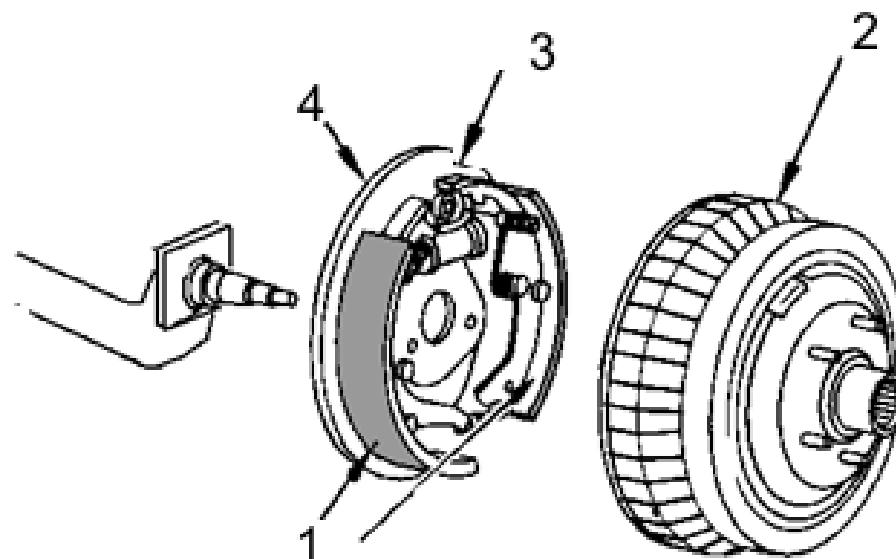


Efekat pojačanja normalne i obimne sile na kočnoj papuči



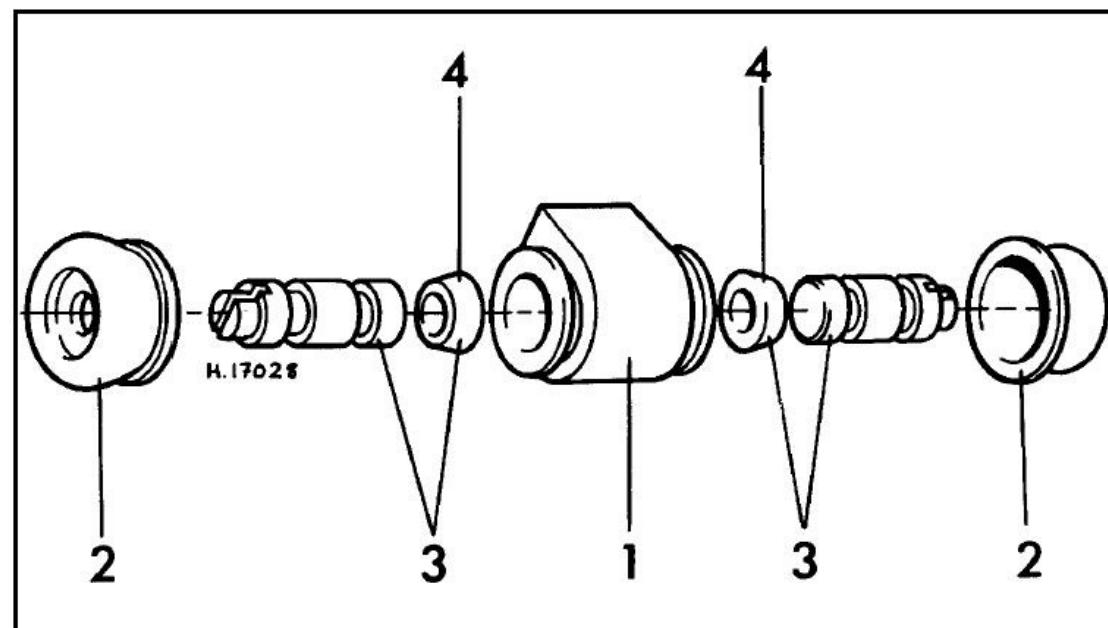
Doboš kočnice putničkih automobila

- 1 - kočne papuče,
- 2 - doboš,
- 3 - kočni cilindar,
- 4 - noseća ploča,

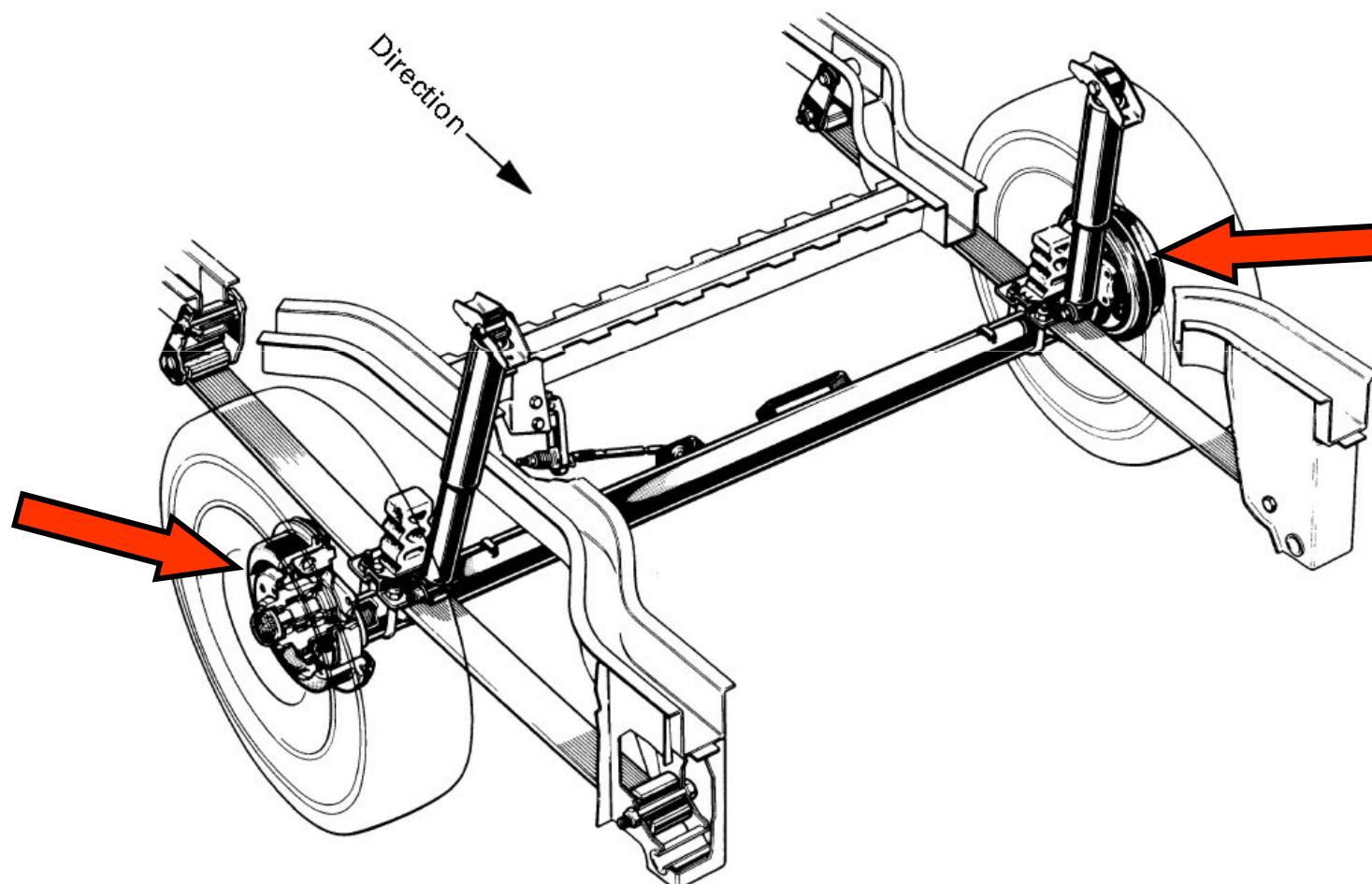


Hidraulički kočni cilindar doboš kočnice

- 1 - telo cilindra,
- 2 - zaštitne manžetne,
- 3 - klipovi sa guminicama,
- 4 - zaptivne gumeice,

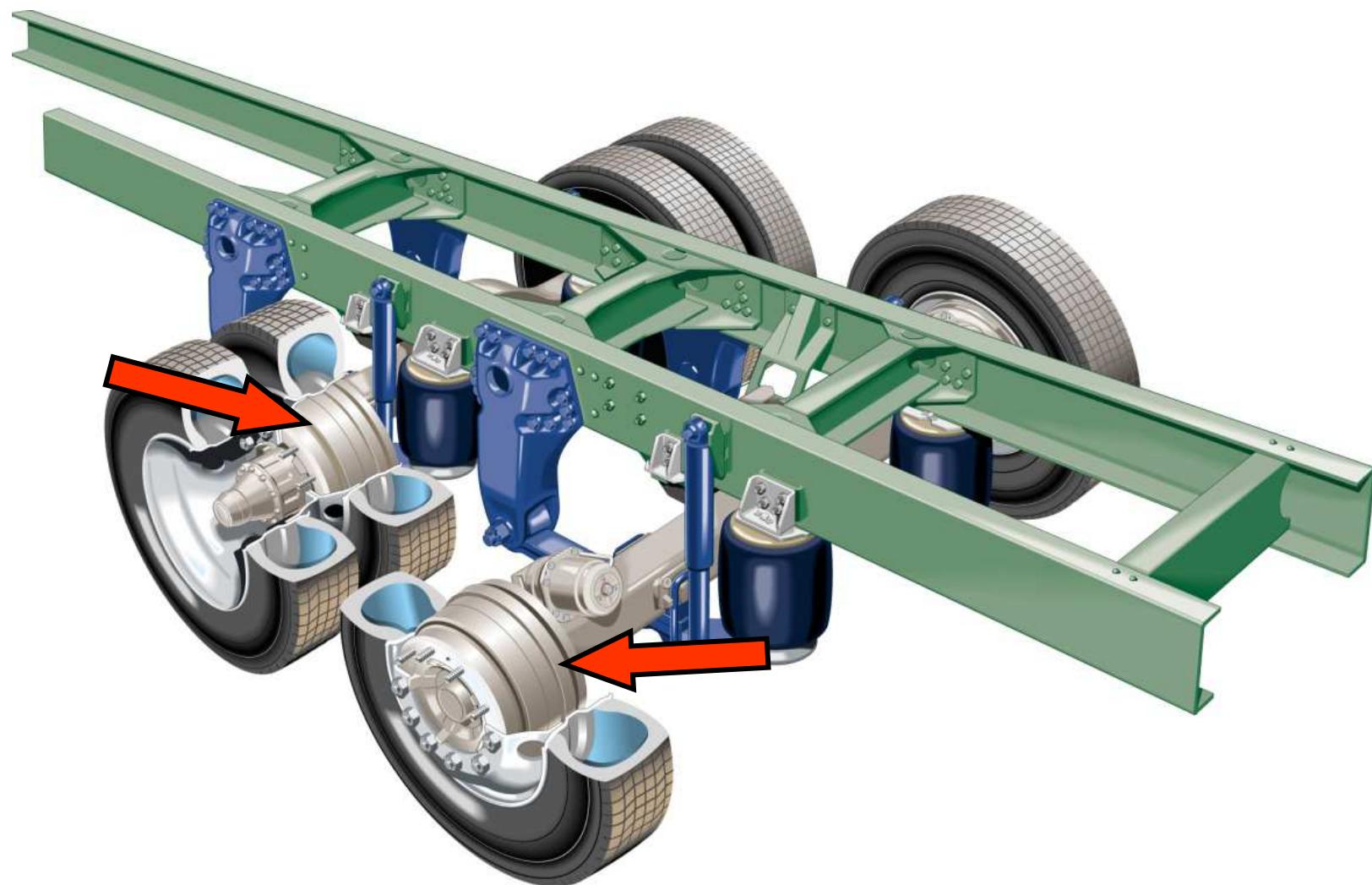


Doboš kočnice - položaj na osovini vozila



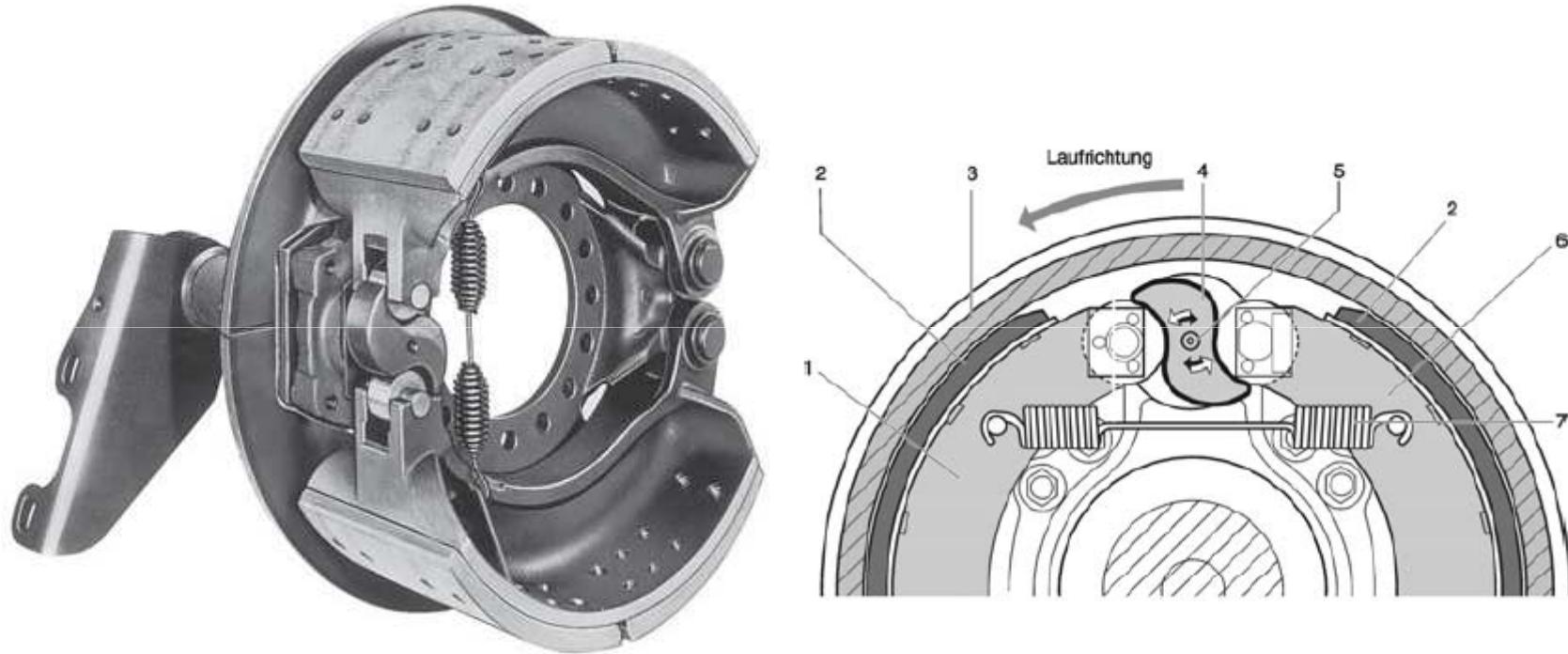
The rear axle on a Ford Escort Express delivery vehicle

Doboš kočnice - položaj na osovini vozila



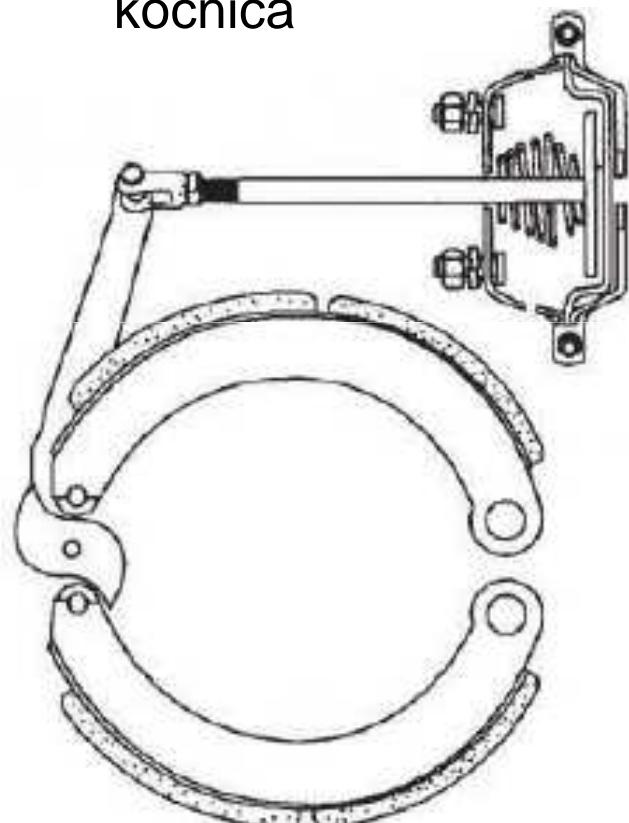
Doboš kočnice sa pneumatičkim aktiviranjem - privredna vozila

Širenje papuča S-bregom



Doboš kočnice sa pneumatičkim aktiviranjem - privredna vozila

neaktivirana
kočnica



kočenje

