



**Škola za
Cestovni
Promet**

Prometna tehnika

NTIV/IV

Igor Jelić, mag.ing.traff.

1. UVOD

- Tehnička i znanstvena disciplina
- Propusna moć ceste, prometno planiranje i projektiranje i eksploatacija ceste
- CILJ: maksimalna sigurnost, udobnost i ekonomičnost prijevoza ljudi i tereta

1. UVOD

Razvoj prometne tehnike

- Prvi prometni inženjeri – SAD (1920)
- Prvi institut 1931. - SAD
- Europa – poslije Drugog svjetskog rata

1. UVOD

Područje primjene:

- ***Prometne studije i analize***

- Sigurnost, propusna moć, svrha putovanja, mod prijevoza, statističke metode

- ***Reguliranje i kontrola prometa***

- Ograničenja, signali, znakovi, uređaji za kontrolu prometa

- ***Prometno projektiranje***

- Brzina, površina kolnika, vrsta raskrižja, ulaganje i korist ulaganja (Pelješki most, A1, A5)

- ***Planiranje prometa***

- Studije i analize postojećeg stanja, broj stanovnika, raspodjela prijevoza, prometna mreža

1. UVOD

Prometna nesreća:

- Nesretan događaj
- Sudjelovanje najmanje jednog vozila
- Nastanak materijalne štete
- Najmanje jedna ozlijeđena ili poginula osoba
- Poginula 30 dana od posljedica prometne nesreće?



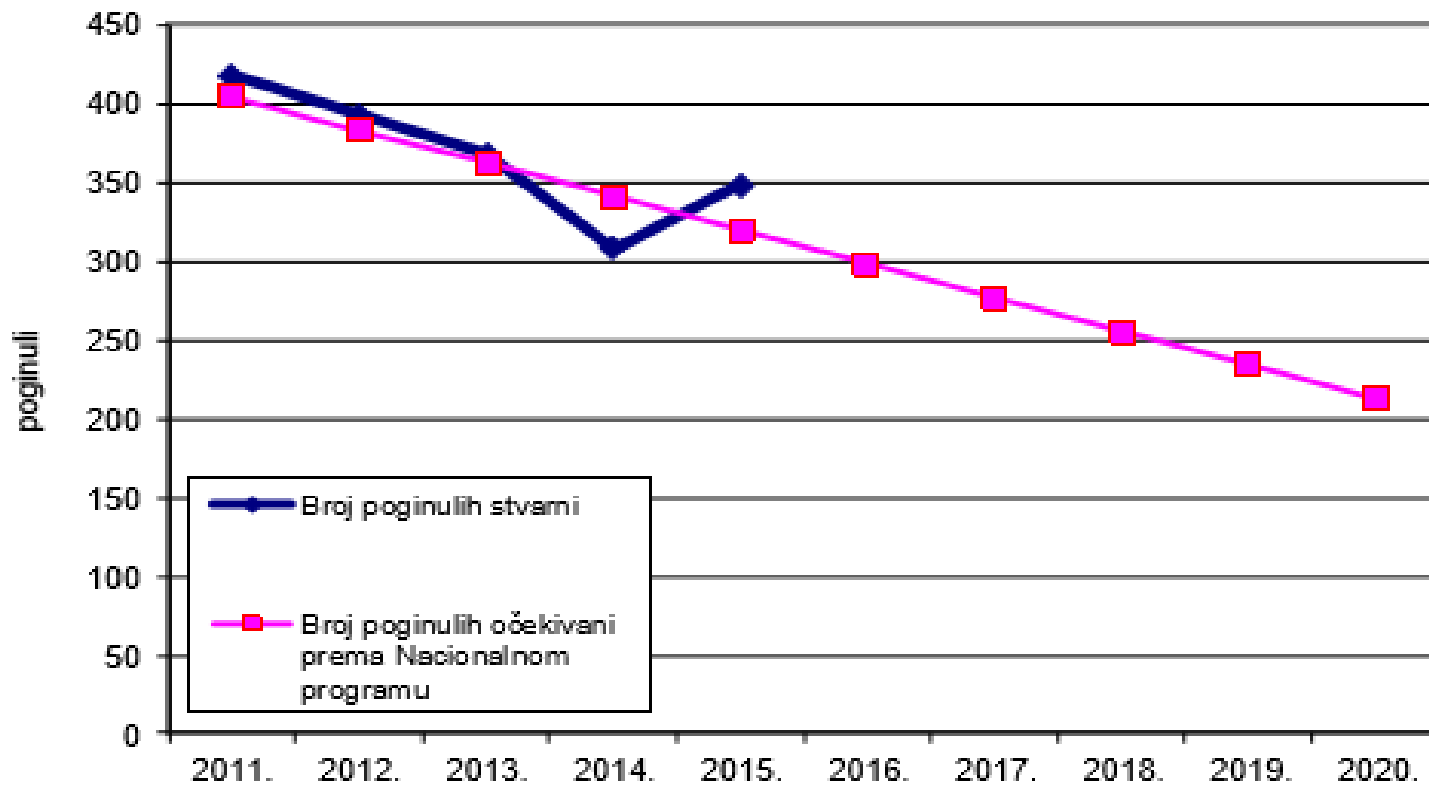
1. UVOD

Podjela prometnih nesreća prema:

- Mjestu na kojem su nastale
 - Vremenu kada su nastale
 - Načinu kako su nastale
 - Uzrocima zbog kojih su nastale
-
- Brzina, nalijetanje zadnjeg vozila, nepoštivanje prednosti prolaska, alkohol, slijetanje s kolnika...

1. UVOD

Statistika prometnih nesreća



1. UVOD

**Broj obavljenih redovnih tehničkih pregleda vozila u 2014.
(osobna i teretna)**

Vrsta vozila	Pristupili	Ispravno	Neispravno	[%] neispravnih	Prosjek starosti [god]
M1 - OSOBNI AUTOMOBIL	1.444.479	1.104.507	339.810	23,52	12,14
N1 - TERETNI AUTOMOBIL	97.570	70.266	27.285	27,96	10,82
N2 - TERETNI AUTOMOBIL	16.699	10.859	5.834	34,94	16,77
N3 - TERETNI AUTOMOBIL	24.503	18.722	5.770	23,55	11,93
Ukupno teretni N*	138.772	99.847	38.889	28,02	11,73
UKUPNO	1.583.251	1.204.354	378.699	23,92	12,10



1. UVOD

Prometne nesreće po policijskim upravama

Policijska uprava	Prometne nesreće								
	Ukupno			S poginulim osobama			S ozlijeđenim osobama		
	2014.	2015.	+ - %	2014.	2015.	+ - %	2014.	2015.	+ - %
zagrebačka	8.570	8.365	-2,4	44	41	-6,8	2.544	2.507	-1,5
splitsko-dalmatinska	2.659	2.907	+9,3	25	31	+24,0	1.087	1.183	+8,8
primorsko-goranska	3.191	2.881	-9,7	25	16	-36,0	799	747	-6,5
osječko-baranjska	1.718	1.850	+7,7	12	33	+175,0	601	595	-1,0
istarska	1.871	1.990	+6,4	19	20	+5,3	674	722	+7,1
dubrovačko-neretv.	719	939	+30,6	7	14	+100,0	334	416	+24,6
karlovačka	1.038	1.087	+4,7	16	18	+12,5	311	344	+10,6
sislačko-moslavačka	1.148	1.201	+4,6	16	13	-18,8	392	380	-3,1
šibensko-kninska	1.011	1.095	+8,3	17	14	-17,6	363	344	-5,2
vukovarsko-srijem.	1.045	1.102	+5,5	9	18	+100,0	473	495	+4,7
zadarska	1.866	2.080	+11,5	17	21	+23,5	504	541	+7,3
bjelovarsko-bilogor.	677	714	+5,5	11	14	+27,3	270	307	+13,7
brodsko-posavska	1.054	1.051	-0,3	9	9	0,0	414	427	+3,1
koprivničko-križev.	593	619	+4,4	7	9	+28,6	271	263	-3,0
krapinsko-zagorska	678	675	-0,4	11	8	-27,3	219	242	+10,5
ličko-senjska	883	1.015	+14,9	7	11	+57,1	203	252	+24,1
međimurska	713	809	+13,5	7	6	-14,3	225	244	+8,4
požeško-slavonska	483	452	-6,4	4	4	0,0	158	160	+1,3
varaždinska	1.085	1.186	+9,3	11	10	-9,1	320	365	+14,1
virovitičko-podrav.	430	553	+28,6	10	7	-30,0	161	187	+16,1
UKUPNO	31.432	32.571	+3,6	284	317	+11,6	10.323	10.721	+3,9



1. UVOD

Vrsta prekršaja utvrđena u nadzoru prometa

Vrsta prekršaja	Broj prekršaja				
	2014.	%	2015.	%	+ - %
Nepropisna i neprimjerena brzina	264.237	33,1	279.813	33,8	5,9
Crveno svjetlo	4.871	0,6	5.155	0,6	5,8
Nepropro. pretjecanje i obilaženje	3.727	0,5	3.397	0,4	-8,9
Nepoš. prednosti prolaza	589	0,1	461	0,1	-21,7
Nepropisno mimoilaženje	108	0,0	84	0,0	-22,2
Neustupanje prednosti pješacima	8.783	1,1	8.407	1,0	-4,3
Uprav.vozilom pod utjec.alkohola	39.960	5,0	41.071	5,0	2,8
Nepodvrgavanje ispitivanju/lij.preg.	1.862	0,2	1.929	0,2	3,6
Nepropisno parkiranje	54.129	6,8	60.930	7,4	12,6
Nep.skret.,okret i vožnja unazad	5.459	0,7	4.986	0,6	-8,7
Vožnja bez položenog voz. ispita	8.632	1,1	8.589	1,0	-0,5
Strana i smjer kretanja	5.738	0,7	6.157	0,7	7,3
Tehnički neispravno vozilo	17.249	2,2	18.309	2,2	6,1
Vožnja bez svjetla na vozilu	19.085	2,4	20.300	2,5	6,4
Neregistrirana i tehn.nepregl.vozila	18.193	2,3	17.786	2,1	-2,2
Prekršaji pješaka u prometu	14.033	1,8	12.160	1,5	-13,3
Sigurnosni pojas	91.467	11,5	96.403	11,6	5,4
Zaštitna kaciga	6.887	0,9	7.520	0,9	9,2
Nepoštivanje prometnog znaka	71.201	8,9	76.478	9,2	7,4
Uprav.voz.kad je voz.doz.oduzeta	4.831	0,6	4.899	0,6	1,4
Korištenje mobitela za vrijeme vožnje	40.425	5,1	38.988	4,7	-3,6
Ostali prekršaji	117.130	14,7	113.806	13,8	-2,8
UKUPNO	798.596	100,0	827.628	100,0	3,6



1. UVOD

Utvrđena neispravnost na vozilu	Do 10 %	10 - 20 %	20 -30 %	30 - 40 %	Više od 40 %
Broj stanica za tehnički pregled	0	1	104	51	3



1. UVOD



1. UVOD

Pitanja!!!

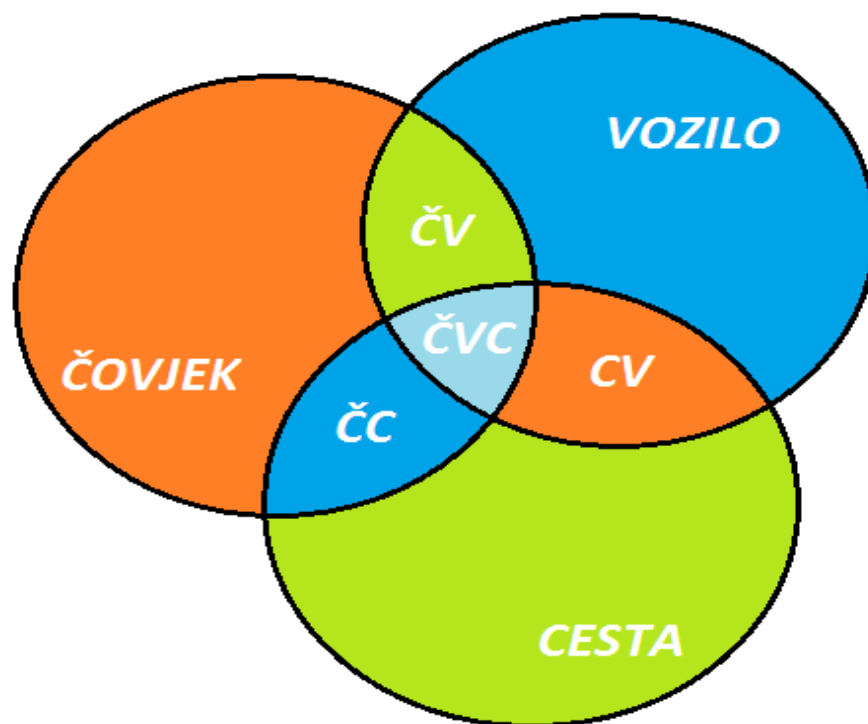
- 1. Što je prometna tehnika?***
- 2. Koja su područja primjene prometne tehnike?***
- 3. Što je prometna nesreća?***

<http://www.zzjzpgz.hr/nzl/59/licanost-je-temperamnt-i-karakter.htm> temperament



2. ČIMBENICI SIGURNOSTI PROMETA

Prosječno se smatra da je za oko 85 % nesreća kriv čovjek, a svi ostali čimbenici čine 15 %



2. ČIMBENICI SIGURNOSTI PROMETA

Dopunski čimbenici sigurnosti prometa:

- Klimatski čimbenici
- Zakoni i propisi o sigurnosti prometa
- Sredstva za upravljanje prometom
- Nadzor nad prometom

2.1. VOZILO KAO ČIMBENIK SIGURNOSTI PROMETA

- AKTIVNI ČIMBENICI – tehnička rješenja kod vozila koja imaju zadaću da broj prometnih nesreća svedu na najmanji mogući broj, odnosno **smanje mogućnost nastanka prometne nesreće**
- PASIVNI ČIMBENICI – tehnička rješenja koja imaju zadaću **ublažiti posljedice prometne nesreće**

2.1. VOZILO KAO ČIMBENIK SIGURNOSTI PROMETA

- PASIVNI ČIMBENICI:

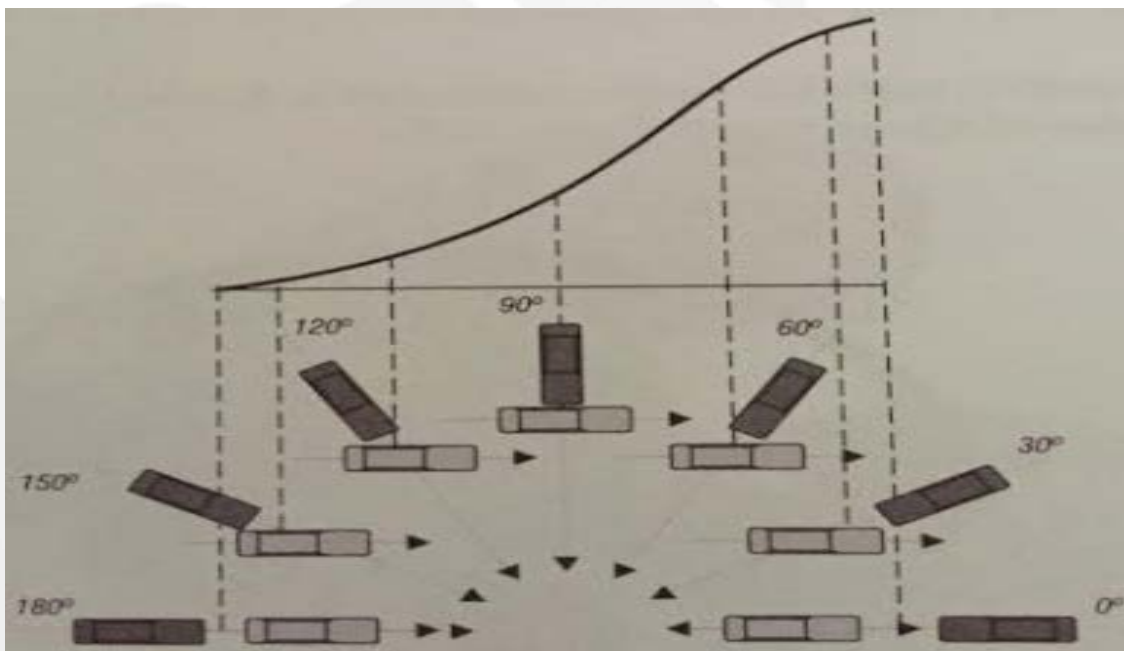
1. Karoserija vozila
2. Vrata vozila
3. Vjetrobranska stakla
4. Položaj motora
5. Položaj spremnika goriva, rezervnog kotača i akumulatora
6. Odbojnik
7. Sigurnosni pojasevi i nasloni za glavu
8. Sigurnosni zračni jastuk na kolu upravljača



2.1. VOZILO KAO ČIMBENIK SIGURNOSTI PROMETA

Karoserija vozila

- https://www.youtube.com/watch?v=LmRkPyuet_o
- <https://www.youtube.com/watch?v=fPF4fBGNK0U>



2.1. VOZILO KAO ČIMBENIK SIGURNOSTI PROMETA

Vrata vozila



???



2.1. VOZILO KAO ČIMBENIK SIGURNOSTI PROMETA

Vjetrobranska stakla i zrcala

- Zastakljene površine u vozilu:
 - Ne smiju izazvati ozljede od posjekotina
 - Ne smiju oštetiti oko
 - Moraju štiti od vanjskih stranih tijela
 - Moraju ostati providna nakon naglog loma.

2.1. VOZILO KAO ČIMBENIK SIGURNOSTI PROMETA

Položaj motora

- Tri načina smještaja motora u vozilu:
 1. Naprijed
 2. Centralno
 3. Straga

2.1. VOZILO KAO ČIMBENIK SIGURNOSTI PROMETA

Položaj spremnika goriva, rezervnog kotača i akumulatora

- Položaj spremnika
 - Motor straga – spremnik naprijed
 - Motor straga – spremnik u sredini
 - Motor naprijed – spremnik straga ili ispod vozila
- Rezervni kotač
 - Najbolje ga smjestiti ispred motora (kinetička energija)
- Akumulator
 - Najbolje uvijek dijagonalno od spremnika za gorivo (samozapaljiv)

2.1. VOZILO KAO ČIMBENIK SIGURNOSTI PROMETA

Odbojnici

- Elastični i prigušni dio na prednjem i stražnjem kraju vozila
- **Zadaća:** apsorbira određeni dio kinetičke energije
- Danas se izrađuju od plastike



2.1. VOZILO KAO ČIMBENIK SIGURNOSTI PROMETA

Sigurnosni zračni jastuk

- Aktiviranje 30 – 50 milisekunde
- Tijelo treba biti u “idealnom” položaju prilikom aktivacije zračnog jastuka
- Proces traje oko 150 milisekundi
- Dušik

2.1. VOZILO KAO ČIMBENIK SIGURNOSTI PROMETA

Sigurnosni pojasevi

- Čeoni sudar (udar glave u unutrašnjost vozila)
- Prevrtnanje vozila
- Smrtonosne posljedice



2.1. VOZILO KAO ČIMBENIK SIGURNOSTI PROMETA

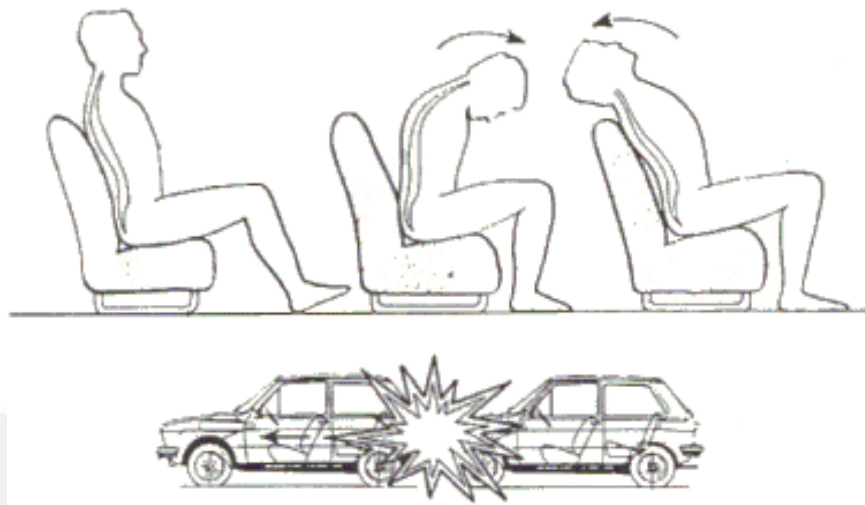
Nastradali vozači i putnici osobnih vozila prema korištenju sigurnosnog pojasa u 2015. godini

Vozači i putnici u osobnim vozilima	Poginuli		Ozlijeđeni			
	ukupno	%	teško	%	lakše	%
Koristili su sigurnosni pojas	50	30,5	804	68,9	6.684	81,6
Nisu koristili sigurnosni pojas	65	39,6	148	12,7	295	3,6
Nepoznato	49	29,9	215	18,4	1.213	14,8
UKUPNO	164	100,0	1.167	100,0	8.192	100,0



2.1. VOZILO KAO ČIMBENIK SIGURNOSTI PROMETA

Sigurnosni nasloni za glavu



2.1. VOZILO KAO ČIMBENIK SIGURNOSTI PROMETA

Pitanja!!!

- 1. Koji su osnovni, a koji dopunski čimbenici sigurnosti prometa?*
- 2. Što su i čemu služe aktivni čimbenici sigurnosti?*
- 3. Što su i čemu služe pasivni čimbenici sigurnosti?*
- 4. Nabroji pasivne čimbenike sigurnosti!*



2.1. VOZILO KAO ČIMBENIK SIGURNOSTI PROMETA

Aktivni čimbenici su:

1. Pneumatici
2. Kočnice
3. Sigurnosni upravljački mehanizam
4. Konstrukcija sjedala
5. Čimbenici koji omogućuju bolji prijem informacija iz vozila
6. Čimbenike vezane uz fiziološke i psihološke karakteristike čovjeka
7. Konstrukcija komandnih uređaja



2.1. VOZILO KAO ČIMBENIK SIGURNOSTI PROMETA

Pneumatici

- U izravnom dodiru sa podlogom
- Dobar pneumatik = bolje prijanjanje, veća stabilnost u zavoju, manji zaustavni put, manja mogućnost aquaplaning
- Veća sigurnost u prometu
- Oznaka: 205/55/R16 88H
- Oznaka: 3507



Visok tlak



Nizak tlak



Normalan tlak



2.1. VOZILO KAO ČIMBENIK SIGURNOSTI PROMETA

Kočnice

- Tri sustava za kočenje:
 1. Sustav doboš kočnica
 2. ***Sustav disk kočnica***
 3. Kombinirani sustav

- ABS



2.1. VOZILO KAO ČIMBENIK SIGURNOSTI PROMETA

Konstrukcija sjedala

- Horizontalne i vertikalne sile
- Pouzdan oslonac
- Ublažava njihanje izazvano gibanjem vozila

2.1. VOZILO KAO ČIMBENIK SIGURNOSTI PROMETA

Čimbenici koji omogućuju bolji prijem informacija iz vozila

...ubrajamo:

1. Vidljivost iz vozila
2. Brisače i perače stakla
3. Svjetlosne i signalne uređaje

2.1. VOZILO KAO ČIMBENIK SIGURNOSTI PROMETA

Čimbenici vezani uz fiziološke i psihološke osobine čovjeka

...ubrajamo:

1. Klimatizacija i provjetravanje unutrašnjosti vozila (17 – 22 stupnjeva zimi, do 28 stupnjeva)
2. Oscilacije i vibracije vozila (morska bolest)
3. Buka (neželjeni zvuk)

2.1. VOZILO KAO ČIMBENIK SIGURNOSTI PROMETA

Konstrukcija komandnih uređaja

Komandni uređaju u vozilu su:

- Kolo upravljača
- Spojka
- Papučica za ubrzanje (akcelerator)
- Papučica za usporenje
- Mjenjač brzine
- Specifične komande

2.1. VOZILO KAO ČIMBENIK SIGURNOSTI PROMETA

Pitanja!!!

1. Nabroji aktivne čimbenike sigurnosti!
2. Objasni pneumatik kao čimbenik sigurnosti!
3. Objasni ABS sustav!



3. CESTA KAO ČIMBENIK SIGURNOSTI PROMETA

- Cesti kao čimbeniku sigurnosti prometa trebalo bi pokloniti pozornost preko:
 1. Projektiranja novih cesta i raskrižja
 2. Rekonstrukciji postojećih prometnica
 3. Uklapanje ceste u okolinu kojom prolazi
 4. Opreme ceste
 5. Kolničkom zastoru
 6. Kvalitetna rasvjeta prometnice
 7. Zaštitnim ogradama
 8. Parkiralištima
 9. Održavanje i popravak cesta
 10. Organizacija prometa tijekom radova



3. CESTA KAO ČIMBENIK SIGURNOSTI PROMETA

Za sigurnu vožnju cestovna površina mora pružati dobru vrijednost prijanjanja između kolnika i pneumatika.

Čimbenici koji utječu na prijanjanje:

- Mokar kolnik i vodeni klin
- Prljav kolnik
- Temperatura zraka
- Istrošenost pneumatika
- Ravna površina ceste
- Nagib ceste
- Snijeg, poledica, ledena kiša



3. CESTA KAO ČIMBENIK SIGURNOSTI PROMETA

Vrsta kolničkog zastora	Vrijednost koeficijenta klizanja	
	Suh	Mokar
Hrapavi kolnički zastor	0,8	0,75
Kamena kocka	0,65	0,55
Nasuti šljunak	0,5	0,4



3. CESTA KAO ČIMBENIK SIGURNOSTI PROMETA

Nagib ceste

- Poprečni nagib 2,5 – 7 % (9%)
 - Centrifugalna sila, odvodnja
- Uzdužni nagib do 12 %
 - Poželjan ako ne zahtjeva čestu upotrebu ručice mjenjača

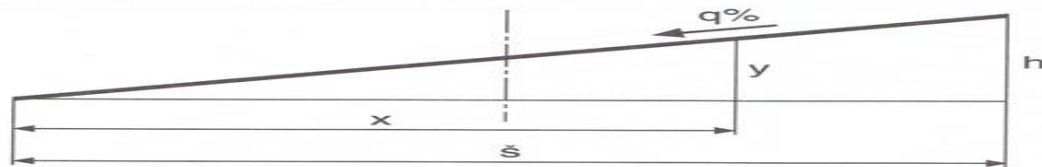
3. CESTA KAO ČIMBENIK SIGURNOSTI PROMETA

Poprečni nagib može biti:

- Jednostrani nagib
- Dvostrani nagib
- Dvostrani nagib sa zaobljenom trećinom
- Parabolični nagib

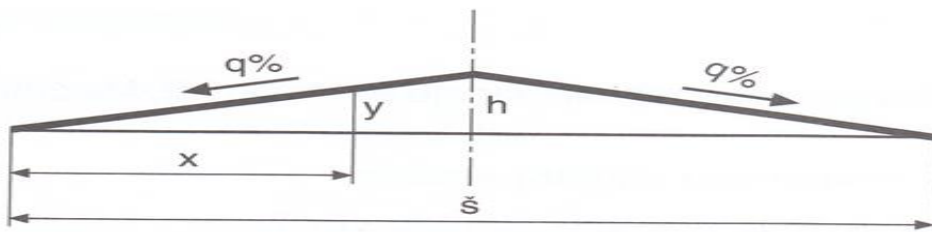


3. CESTA KAO ČIMBENIK SIGURNOSTI PROMETA

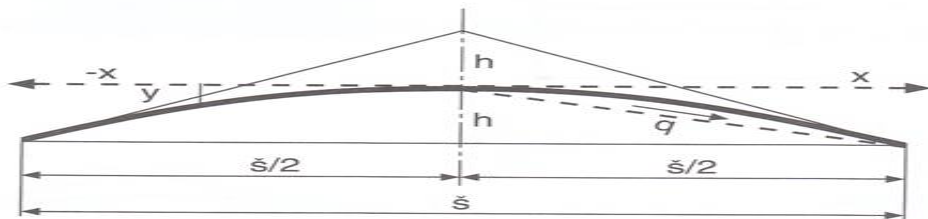


$$h = \text{š} \cdot \frac{q}{100}$$

h - visina nagiba
š - širina kolnika
q - nagib ceste u postocima.



$$h = \frac{\text{š}}{2} \cdot \frac{q}{100}$$



$$h = \frac{\text{š}}{2} \cdot \frac{q}{100}$$



3. CESTA KAO ČIMBENIK SIGURNOSTI PROMETA

Stanje kolnika

- 4,3 % prometnih nesreća uzrokovalo je stanje kolnika
- Udarne rupe nastaju zbog:
 - Slabe kvalitete gornjeg sloja
 - Lošeg vremena i nepravilnog održavanja
 - Zamrzavanje

3. CESTA KAO ČIMBENIK SIGURNOSTI PROMETA

Oprema ceste

...važna za sigurno odvijanje prometa

- Oprema ceste:
 - Smjerokazi
 - Zaštitna ograda
 - Kilometarske oznake
 - Zeleni pojas
 - Katadiopteri
 - Prometni znakovi i oznake



3. CESTA KAO ČIMBENIK SIGURNOSTI PROMETA

Održavanje ceste

Održavanje podrazumijeva:

- Mjestimični popravci kolnika (zalijevanje pukotina)
- Čišćenje kolnika
- Čišćenje objekata za odvodnju
- Košnja trave
- Čišćenje snijega
- Posipavanje kolnika



3. CESTA KAO ČIMBENIK SIGURNOSTI PROMETA

Popravak ceste

Popravak ceste podrazumijeva:

- Obnavljanje istrošenog kolničkog zastora
- Obnavljanje rubnjaka
- Zaštita željeznih elemenata od korozije

3. CESTA KAO ČIMBENIK SIGURNOSTI PROMETA

Objekti na prometnici

U objekte na prometnici ubrajamo

- Mostove
- Nadvožnjake
- Podvožnjake
- Vijadukte
- Tunele



Pitanja!!!

1. Koji čimbenici utječu na prijanjanje između kolnika i pneumatika?
2. Koliko može biti poprečni, a koliki uzdužni nagib ceste?
3. Što podrazumijevamo pod opremom ceste?
4. Što sve ubrajamo u cestovne objekte?

4. DOPUNSKI ČIMBENICI SIGURNOSTI PROMETA

Dopunski čimbenici sigurnosti prometa su:

1. Klimatski čimbenici
2. Sredstva za upravljanje prometom
3. Zakoni i propisi
4. Kontrola prometa

4. DOPUNSKI ČIMBENICI SIGURNOSTI PROMETA

- ***Klimatski čimbenici su:***

1. Prva kiša
2. Kiša
3. Poledica
4. Snijeg
5. Magla
6. Vjetar
7. Sunce
8. Atmosferski tlak



4. DOPUNSKI ČIMBENICI SIGURNOSTI PROMETA

- ***Sredstva za upravljanje prometom:***
 1. Vertikalna signalizacija
 2. Horizontalna signalizacija

...Promjenjiva signalizacija

4. DOPUNSKI ČIMBENICI SIGURNOSTI PROMETA

Zakoni i propisi

- Bezakonje u prometu = zakon jačeg



- <https://www.youtube.com/watch?v=a-n90kapTv8>
- *Zakon o sigurnosti prometa na cestama*

4. DOPUNSKI ČIMBENICI SIGURNOSTI PROMETA

Kontrola prometa

- ...podrazumijeva:
 - Djelatnike za nadzor prometa
 - Sredstva za nadzor
 - Organizaciju rada nadzora

Pitanja!!!

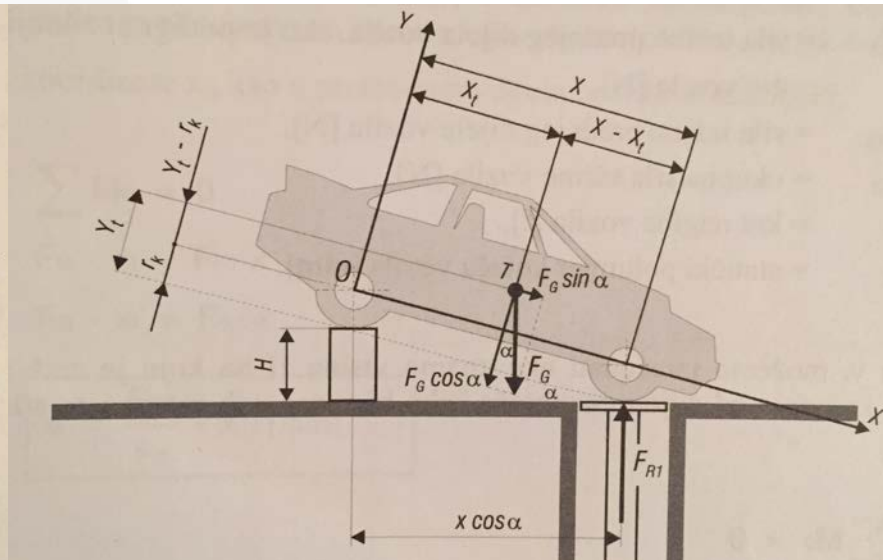
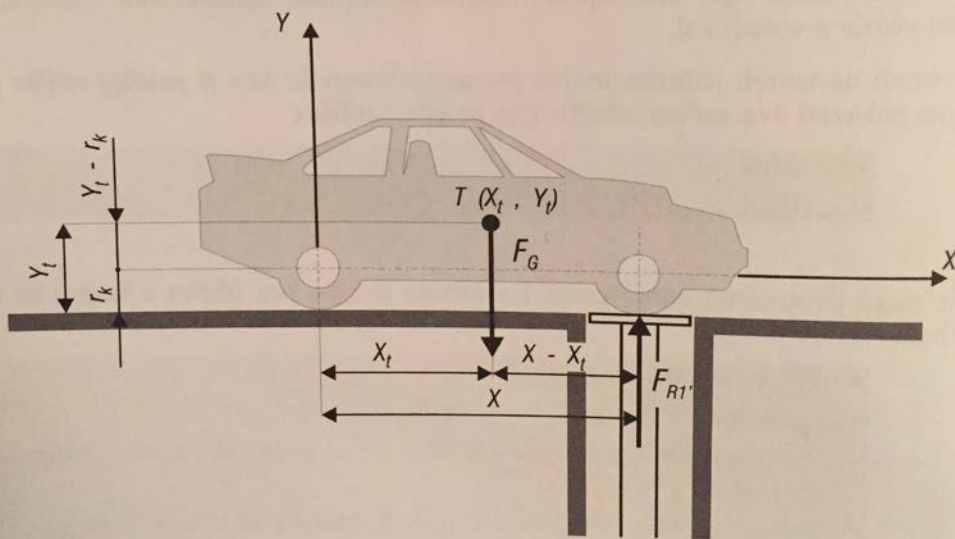
1. Navedi dopunske čimbenike sigurnosti prometa!
2. Objasni klimatske čimbenike!



5. TEŽIŠTE VOZILA

- Položaj težišta vozila predstavlja jednu od bitnih konstruktivnih karakteristika vozila s obzirom da težište ima veliki utjecaj na vučne karakteristike i stabilnost kretanja vozila.
- Određivanje težišta vozila:
 - Analitički
 - Grafički

5. TEŽIŠTE VOZILA



5. TEŽIŠTE VOZILA

- *Težište vozila za koordinatu x_t*

$$x_t = \frac{F_{r1'}}{F_G} \cdot x$$

- *Težište vozila za koordinatu y_t*

$$y_t = \frac{x \cdot (F_{r1} - F_{r1'})}{F_G \cdot \operatorname{tg} \alpha} + r_k$$

F_{R1}' = težina prednjeg dijela vozila (N)

F_G = ukupna težina vozila (N)

x = udaljenost između osi osovina prednjih i zadnjih kotača

F_{R1} = sila težine prednjeg dijela vozila, ako je podignut zadnji dio vozila (N)

α = kut nagiba vozila ($^\circ$)

r_k = statički polumjer kotača vozila (mm)



5. TEŽIŠTE VOZILA

- ZADATAK 1

Odredite analitičkim načinom koordinate težišta vozila ako je zadano:

$$F'_{R1} = 45 \text{ kN}$$

$$F_G = 100 \text{ kN}$$

$$x = 2000 \text{ mm}$$

$$F_{R1} = 49,5 \text{ kN}$$

$$\alpha = 10^\circ$$

$$r_k = 280 \text{ mm}$$

 $x_t = ?, y_t = ?$

$$x_t = \frac{F_{r1'}}{F_G} \cdot x = \frac{45}{100} \cdot 2000 = 900 \text{ mm}$$

$$y_t = \frac{x \cdot (F_{r1} - F_{r1'})}{F_G \cdot \text{tg} \alpha} + r_k = \frac{2000 \cdot (49,5 - 45)}{100 \cdot 0,17633} + 280 = 790 \text{ mm}$$



5. TEŽIŠTE VOZILA

- ZADATAK 2

Odredite analitičkim načinom koordinate težišta za vozilo ukupne sile težine 120 kN, sila težine prednjeg dijela vozila 45 kN i sile težine prednjeg dijela vozila povišenog zadnjim dijelom 52,8 kN. razmak između prednjih i zadnjih kotača iznosi 2200 mm, polumjer kotača 300 mm, a kut nagiba vozila iznosi 10°.

$$F_G = 120 \text{ kN}$$

$$F_{R1'} = 45 \text{ kN}$$

$$F_{R1} = 52,8 \text{ kN}$$

$$x = 2200 \text{ mm}$$

$$r_k = 300 \text{ mm}$$

$$\alpha = 10^\circ$$

$$x_t = \frac{F_{r1'}}{F_G} \cdot x = \frac{45}{120} \cdot 2200 = 825 \text{ mm}$$

$$y_t = \frac{x \cdot (F_{r1} - F_{r1'})}{F_G \cdot \tan \alpha} + r_k = \frac{2200 \cdot (52,8 - 45)}{120 \cdot 0,17633} + 300 = 1111 \text{ mm}$$

 $x_t = ?, y_t = ?$



5. TEŽIŠTE VOZILA

- ZADATAK 3

Odredite analitičkim načinom koordinate težišta za vozilo čija ukupna sila težine vozila iznosi 90 kN, sila težine prednjeg dijela vozila iznosi 50 kN i sila težine prednjeg dijela vozila povišenog zadnjim dijelom je 55,8 kN. razmak između prednjih i zadnjih kotača iznosi 1900 mm, polumjer kotača 290 mm, a kut nagiba vozila iznosi 10° .

$$F_G = 90 \text{ kN}$$

$$F_{R1'} = 50 \text{ kN}$$

$$F_{R1} = 55,8 \text{ kN}$$

$$x = 1900 \text{ mm}$$

$$r_k = 290 \text{ mm}$$

$$\alpha = 10^\circ$$

 $x_t = ?, y_t = ?$

$$x_t = \frac{F_{R1'}}{F_G} \cdot x = \frac{50}{90} \cdot 1900 = 1056 \text{ mm}$$

$$y_t = \frac{x \cdot (F_{R1} - F_{R1'})}{F_G \cdot \text{tg} \alpha} + r_k = \frac{1900 \cdot (55,8 - 50)}{90 \cdot 0,17633} + 290 = 984 \text{ mm}$$

6. OTPORI VOŽNJE

- Gibanju vozila prilikom kretanja s mjesta i tijekom vožnje suprotstavljaju se unutarnji i vanjski otpori.
- Unutarnji otpori – otpori u prijenosnom mehanizmu i otpori u ležajevima rotirajućih dijelova vozila
- Vanjski otpori:
 1. otpor kotrljanja,
 2. otpor zraka,
 3. otpor ubrzanja i
 4. otpor uspona

6. OTPORI VOŽNJE

OTPOR KOTRLJANJA

- Pod otporom kotrljanja podrazumijevamo otpor koji se mora savladati pri kotrljanju elastičnog valjkastog tijela (pneumatik) po podlozi
- Elastičnost pneumatika može biti:
 1. Radijalna elastičnost
 2. Bočna elastičnost
 3. Tangencijalna elastičnost (uzdužna)

6. OTPORI VOŽNJE

- Otpor kotrljanja

$$F_K = F_G * f_k$$

F_K = Sila otpora kotrljanja (N)

F_G = Ukupna sila težine vozila (N)

f_k = Koeficijent otpora kotrljanja

6. OTPORI VOŽNJE

Vrijednosti koeficijenta kotrljanja kod različitih vrsta i stanja kolnika

Kolnički zastor ceste	Koeficijent otpora kotrljanja f_k
Asfaltno – betonski u odličnom stanju	0,014 – 0,018
Ravan tucanik	0,020 – 0,025
Kamene kocke	0,020 – 0,025
Cesta prekrivena snijegom	0,025 – 0,030
led	0,018 – 0,020
Suhi pijesak	0,150 – 0,300
Ravna blatna podloga	0,050 – 0,100

6. OTPORI VOŽNJE

- ZADATAK 4

Izračunaj otpor kotrljanja ako je zadana ukupna težina vozila $F_G = 10000$ N, a vozilo se kreće po kamenoj kocki.

$$F_G = 10000 \text{ N}$$

$$f_k = 0,025$$

 $F_K = ???$

$$F_K = F_G * f_k$$

$$F_K = 10000 * 0,025$$

$$F_K = 250 \text{ N}$$



6. OTPORI VOŽNJE

- ZADATAK 5

Izračunaj otpor kotrljanja ako je zadana ukupna težina vozila 10000 N, a vozilo se kreće po suhom pijesku.

$$F_G = 10000 \text{ N}$$

$$f_k = 0,300$$

 $F_K = ???$

$$F_K = F_G * f_k$$

$$F_K = 10000 * 0,300$$

$$F_K = 3000 \text{ N}$$



6. OTPORI VOŽNJE

- ZADATAK 6

Izračunaj otpor kotrljanja ako je zadana ukupna težina vozila 150000 N, a vozilo se kreće po ravnoj blatnoj podlozi.

$$F_G = 150000 \text{ N}$$

$$f_k = 0,100$$

 $F_K = ???$

$$F_K = F_G * f_k$$

$$F_K = 150000 * 0,100$$

$$F_K = 15000 \text{ N}$$



6. OTPORI VOŽNJE

OTPOR ZRAKA

- Otpor zraka ovisi o:
 1. Tlaku zraka na čeonu površinu vozila
 2. Silu trenja između strujnica zraka i vozila (krova, poda, boka karoserije)
 3. Sile podtlaka (depresije) vrtloženja strujnica iza vozila

6. OTPORI VOŽNJE

- OTPOR ZRAKA

$$F_z = \left(\frac{V_r}{3,6} \right)^2 \cdot 0,65 \cdot A \cdot c \text{ [N]}$$

- F_z = Otpor zraka
- V_r = Relativna brzina zraka prema brzini vozila (km/h)
- 0,65 = Dinamički tlak na čeonu površinu vozila (const.)
- A = Čeona površina vozila
- c = Koeficijent otpora zraka

- $V_r = V + W \rightarrow$ *kada vjetar puše čeonu*

- V = brzina gibanja vozila
- W = brzina vjetra

$$A = 0,9 \cdot H \cdot B$$

- 0,9 = Const.
- H = Visina vozila (m)
- B = širina vozila (m)



6. OTPORI VOŽNJE

Vrsta vozila	Koeficijent otpora zraka „c”
Teretno vozilo	1,0
Teretno vozilo s prikolicom	1,5
Zatvoreni osobni automobil (stariji)	0,65
Zatvoreni osobni automobil (noviji)	0,4 - 0,45
Otvoreni osobni automobil (noviji)	0,6 - 0,65
Uobičajena izvedba autobusa	0,6
Trkaći automobil	0,2
Motocikl bez vozača	0,6 - 0,8
Motocikl sa vozačem	1,0 - 2,4



6. OTPORI VOŽNJE

- ZADATAK 7

Odredi otpor zraka za autobus visine $H = 3\text{ m}$ i širine $B = 2,5\text{ m}$, ako se kreće brzinom od $V = 50\text{ km/h}$, a vjetar puše brzinom $W = 15\text{ km/h}$.

$$H = 3\text{ m}$$

$$B = 2,5\text{ m}$$

$$V = 50\text{ km/h}$$

$$W = 15\text{ km/h}$$

$$C = 0,6$$

$$0,9 = \text{const.}$$

$$A = ?, V_r = ?, F_z = ?$$

$$A = 0,9 \cdot H \cdot B$$

$$A = 0,9 \cdot 3 \cdot 2,5 = 6,75\text{ m}^2$$

$$V_r = V + W$$

$$V_r = 50 + 15 = 65\text{ km/h}$$

$$F_z = \left(\frac{V_r}{3,6}\right)^2 \cdot 0,65 \cdot A \cdot c$$

$$F_z = \left(\frac{65}{3,6}\right)^2 \cdot 0,65 \cdot 6,75 \cdot 0,6 = 857,9\text{ N}$$



6. OTPORI VOŽNJE

- ZADATAK 8

Odredi otpor zraka za trkaći automobil visine 1,3 m i širine 1,5 m, ako se kreće brzinom od 120 km/h, a vjetar puše brzinom 130 km/h.

$$H = 1,3 \text{ m}$$

$$B = 1,5 \text{ m}$$

$$V = 120 \text{ km/h}$$

$$W = 130 \text{ km/h}$$

$$C = 0,2$$

0,9 = const. → za teška vozila

0,78 = const. → za osobne automobile

$$A = ?, V_r = ?, F_z = ?$$

$$A = 0,9 \cdot H \cdot B$$

$$A = 0,78 \cdot 1,3 \cdot 1,5 = 1,52 \text{ m}^2$$

$$V_r = V + W$$

$$V_r = 120 + 130 = 250 \text{ km/h}$$

$$F_z = \left(\frac{V_r}{3,6} \right)^2 \cdot 0,65 \cdot A \cdot c$$

$$F_z = \left(\frac{250}{3,6} \right)^2 \cdot 0,65 \cdot 1,52 \cdot 0,2 = 952,93 \text{ N}$$



6. OTPORI VOŽNJE

- ZADATAK 9

Odredi otpor zraka za otvoreni osobni automobil visine 1,4 m i širine 1,6 m, ako se kreće brzinom od 100 km/h, a vjetar puše brzinom 5 km/h.

$$H = 1,4 \text{ m}$$

$$B = 1,6 \text{ m}$$

$$V = 100 \text{ km/h}$$

$$W = 5 \text{ km/h}$$

$$C = 0,65$$

0,9 = const. → za teška vozila

0,78 = const. → za osobne automobile

$$A = ?, V_r = ?, F_z = ?$$

$$A = 0,9 \cdot H \cdot B$$

$$A = 0,78 \cdot 1,4 \cdot 1,6 = 1,75 \text{ m}^2$$

$$V_r = V + W$$

$$V_r = 100 + 5 = 105 \text{ km/h}$$

$$F_z = \left(\frac{V_r}{3,6} \right)^2 \cdot 0,65 \cdot A \cdot c$$

$$F_z = \left(\frac{105}{3,6} \right)^2 \cdot 0,65 \cdot 1,75 \cdot 0,65 = 628,98 \text{ N}$$

6. OTPORI VOŽNJE

OTPOR UBRZANJA

- Otpor ubrzanja sastoji se iz dvije vrste otpora:
 1. Otpor mase vozila koju moramo ubrzati
 2. Otpor mase rotirajućih dijelova
- Otpor masa rotirajućih dijelova uključuju:
 1. Masu koljenastog vratila
 2. Masu zamašnjaka
 3. Masu kardanskog vratila
 4. Masa kotača

6. OTPORI VOŽNJE

- ZADATAK 10

Izračunaj otpor ubrzanja ako je poznata ukupna sila težine teretnog vozila $F_G = 1667,7$ kN, akceleracija do $0,9 \text{ m/s}^{-2}$, koeficijent masa u rotaciji $\delta = 1,18$.

$$F_G = 1667,7 \text{ kN}$$

$$a = 0,9 \text{ m/s}^{-2}$$

$$\delta = 1,18$$

$$F_u = ?$$

$$F_u = \frac{F_G}{g} \cdot a \cdot \delta$$

$$F_u = \frac{1667,7}{9,81} \cdot 0,9 \cdot 1,18$$

$$F_u = 180,54 \text{ kN}$$



6. OTPORI VOŽNJE

- ZADATAK 11

Izračunaj otpor ubrzanja ako je poznata ukupna sila težine teretnog vozila $F_G = 1545,6$ kN, akceleracija do $0,8 \text{ m/s}^{-2}$, koeficijent masa u rotaciji $\delta = 1,18$.

$$F_G = 1545,6 \text{ kN}$$

$$a = 0,8 \text{ m/s}^{-2}$$

$$\delta = 1,18$$

$$F_u = ?$$

$$F_u = \frac{F_G}{g} \cdot a \cdot \delta$$

$$F_u = \frac{1545,6}{9,81} \cdot 0,8 \cdot 1,18$$

$$F_u = 148,73 \text{ kN}$$



6. OTPORI VOŽNJE

- ZADATAK 12

Izračunaj moguće ubrzanje vozila ako je poznato: otpor ubrzanja 27,959 kN, sila težine vozila 103 kN i $\delta = 1,15$.

$$F_u = 27,959 \text{ kN}$$

$$F_G = 103 \text{ kN}$$

$$\delta = 1,15$$

$$a = ???$$

$$F_u = \frac{F_G}{g} \cdot a \cdot \delta$$

$$a = F_u \cdot \frac{g}{F_G} \cdot \delta$$

$$a = 27,959 \cdot \frac{9,81}{103} \cdot 1,15$$

$$a = 3,06 \text{ m/s}^{-2}$$



6. OTPORI VOŽNJE

- ZADATAK 13

Izračunaj moguće ubrzanje vozila ako je poznato: otpor ubrzanja 25,588 kN, sila težine vozila 122 kN i $\delta = 1,16$.

$$F_u = 25,588 \text{ kN}$$

$$F_G = 122 \text{ kN}$$

$$\delta = 1,16$$

$$a = ???$$

$$F_u = \frac{F_G}{g} \cdot a \cdot \delta$$

$$a = F_u \cdot \frac{g}{F_G} \cdot \delta$$

$$a = 25,588 \cdot \frac{9,81}{122} \cdot 1,16$$

$$a = 2,39 \text{ m/s}^{-2}$$



6. OTPORI VOŽNJE

Pitanja!!!

- 1. Nabroji otpore koji se suprotstavljaju vozilu tijekom vožnje?*
- 2. Kakva može biti elastičnost pneumatika?*
- 3. O čemu ovisi otpor zraka?*
- 4. Od čega se sastoji otpor ubrzanja?*
- 5. Kod kojih rotirajućih dijelova se javlja otpor u vozilu?*



7. STABILNOST VOZILA

- **Stabilnost vozila** je sposobnost vozila da se u različitim uvjetima eksploatacije giba po zadanoj putanji uz uvjet da pri tome ne nastupi klizanje kotača ili da ne dođe do prevrtanja vozila.
- Stabilnost vozila ovisi o:
 1. Stanju kolnika (neravnine)
 2. Nagibu kolnika
 3. Stanju pneumatika
 4. Iznenadni nalet bočnog vjetra

7. STABILNOST VOZILA

- Razlikujemo...
- ***Uzdužna stabilnost:***
 1. Prevrtnanje oko prednje osovine vozila
 2. Prevrtnanje oko zadnje osovine vozila
- ***Poprečna stabilnost:***
 1. Utjecaj vozila na prevrtanje
 2. Utjecaj vozila na klizanje

7. STABILNOST VOZILA

POPREČNA STABILNOST VOZILA

Centrifugalna sila

- Zanošenje vozila
- Prevrtnanje vozila (teška teretna vozila, autobusi na kat)
- Centrifugalna sila ovisi o dva čimbenika:
 1. Brzina gibanja vozila u zavoju
 2. Polumjer zavoja

7. STABILNOST VOZILA

BRZINA PRI KOJOJ NEĆE DOĆI DO PREVRTANJA VOZILA

$$V_{prev} \leq 11,3 \cdot \sqrt{\frac{p \cdot R}{2 \cdot y_t}} \quad [km/h]$$

V_{prev} = granična brzina u kojoj neće doći do prevrtanja vozila (km/h)

p = širina razmaka između lijevih i desnih kotača vozila (m)

y_t = visina težišta vozila (m)

R = polumjer zavoja

11,3 = konstanta

7. STABILNOST VOZILA

• ZADATAK 14

Izračunajte maksimalno dozvoljenu brzinu vozila kojim se može gibati, a da se ne prevrne u zavoju bez poprečnog nagiba kolnika, ako je zadano:

Polumjer zavoja $R = 50$ m

Visina težišta vozila $y_t = 0,6$ m

Širina između kotača $p = 1,0$ m

$V_{prev} = ???$

$$V_{prev} \leq 11,3 \cdot \sqrt{\frac{p \cdot R}{2 \cdot y_t}}$$

$$V_{prev} \leq 11,3 \cdot \sqrt{\frac{1,0 \cdot 50}{2 \cdot 0,6}}$$

$$V_{prev} \leq 72 \text{ km/h}$$

U ovom zavoju treba voziti brzinom manjom od 72 km/h.

7. STABILNOST VOZILA

- ZADATAK 15

Izračunajte maksimalno dozvoljenu brzinu vozila kojim se može gibati, a da se ne prevrne u zavoju bez poprečnog nagiba kolnika, ako je zadan polumjer zavoja 60 metara, širina između kotača 2 metra i visina težišta vozila 0,2 metara.

$$R = 60 \text{ m}$$

$$p = 2,0 \text{ m}$$

$$y_t = 0,2 \text{ m}$$

$$V_{prev} = ???$$

$$V_{prev} \leq 11,3 \cdot \sqrt{\frac{p \cdot R}{2 \cdot y_t}}$$
$$V_{prev} \leq 11,3 \cdot \sqrt{\frac{2,0 \cdot 60}{2 \cdot 0,2}}$$
$$V_{prev} \leq 195 \text{ km/h}$$

U ovom zavoju treba voziti brzinom manjom od 195 km/h.

7. STABILNOST VOZILA

BRZINA PRI KOJOJ NEĆE DOĆI DO ZANOŠENJA (BOČNOG KLIZANJA) VOZILA

$$V_{kliz} < 11,3 \cdot \sqrt{R \cdot \mu}$$

V_{kliz} = granična brzina u kojoj ne dolazi do zanošenja vozila (km/h)

R = polumjer zavoja

μ = koeficijent trenja

7. STABILNOST VOZILA

ZADATAK 16

Koji znak ograničenja brzine na cesti treba postaviti u zavoju bez poprečnog nagiba kolnika, ako je zadano:

Polumjer zavoja $R = 50$ m

Kolnički zastor koji je izrađen od asfalta čiji je koeficijent trenja $\mu = 0,7$

$$V_{kliz} < 11,3 \cdot \sqrt{R \cdot \mu}$$

$$V_{kliz} < 11,3 \cdot \sqrt{50 \cdot 0,7}$$

$$V_{kliz} < 66,85 \text{ km/h}$$

Potrebno je postaviti znak ograničenja od 60 km/h!!!

7. STABILNOST VOZILA

ZADATAK 17

Koji znak ograničenja brzine na cesti treba postaviti u zavoju bez poprečnog nagiba kolnika, ako je zadan polumjer zavoja od 90 m, a kolnički zastor je izrađen od asfalta i koeficijent trenja mu iznosi 0,7.

$$R = 90 \text{ m}$$

$$\mu = 0,7$$

$$V_{kliz} = ???$$

$$V_{kliz} < 11,3 \cdot \sqrt{R \cdot \mu}$$

$$V_{kliz} < 11,3 \cdot \sqrt{90 \cdot 0,7}$$

$$V_{kliz} < 89,69 \text{ km/h}$$

Potrebno je postaviti znak ograničenja od 80 km/h.

7. STABILNOST VOZILA

Pitanja!!!

- 1. Što je stabilnost vozila i o čemu ovisi?***
- 2. Koje su dvije stabilnosti vozila, objasni ih?***



8. KOČENJE I ZAUSTAVNI PUT

- Zaustavni put je udaljenost koju vozilo prijeđe od trenutka mogućnosti uočavanja opasnosti ili prepreke na cesti do potpunog zaustavljanja vozila.
- Sastoji se od:
 1. Puta reagiranja
 2. Puta kočenja

8. KOČENJE I ZAUSTAVNI PUT

- ***Put reagiranja*** je put koje vozilo prijeđe od trenutka kada je prepreka postala vidljiva vozaču, odnosno početak opažanja pa do trenutka kada nasloni nogu na papučicu radne kočnice.
- ***Dužina puta reagiranja ovisi o dva čimbenika:***
 1. Vremenu reagiranja vozača
 2. Brzini gibanja vozila

8. KOČENJE I ZAUSTAVNI PUT

- ***Vrijeme reagiranja vozača je zbroj vremena:***
 - A. Psihičke reakcije vozača – vrijeme koje je potrebno da vozač uoči opasnost i donese odluku
 - B. Vrijeme fizičke reakcije vozača – vrijeme koje je potrebno za premještanje noge s papučice „gasa” na papučicu radne kočnice
 - C. Vrijeme reakcije mehanizma za kočenje – vrijeme koje je potrebno da se papučica kočnice pritisne do kraja



8. KOČENJE I ZAUSTAVNI PUT

- PUT KOČENJA
- ... je put koji vozilo prijeđe od trenutka početka djelovanja kočnica do potpunog zaustavljanja vozila.
- Put kočenja ovisi o:
 1. Brzini gibanja vozila
 2. Vrsti i stanju kolničkog zastora

8. KOČENJE I ZAUSTAVNI PUT

- Koeficijent trenja ovisi o:
 1. Stanju kolnika
 2. Vrsti profila pneumatika
 3. Tlaka u pneumatiku
 4. Istrošenosti pneumatika
 5. Težini vozila
 6. Temperaturi i vlažnosti
 7. Sustava kočnica

8. KOČENJE I ZAUSTAVNI PUT

- Posljedice blokiranja kotača:
 1. Duži zaustavni put???
 2. Skretanje vozila s pravca vožnje zbog razlika u prilagodbi kočionog uređaja
 3. Klizanje
 4. Zanošenje
 5. Zaokretanje i prevrtanje vozila
 6. Nepotrebno trošenje pneumatika
 7. Nemogućnost učinkovitog upravljanja vozilom

8. KOČENJE I ZAUSTAVNI PUT

PUT KOČENJA

$$S_k = \frac{V^2}{254 \cdot (\mu \pm 0,01 \cdot u)}$$

S_k = put kočenja (m)

V = brzina gibanja vozila (km/h)

254 = konstanta

μ = koeficijent prijanjanja

u = uzdužni nagib kolnika (+ na uzbrdici, - na nizbrdici)



8. KOČENJE I ZAUSTAVNI PUT

ZADATAK 18

Kolika je bila početna brzina vozila ako je na mjestu prometne nesreće izmjereno trag kočenja 7,3 metra. Kolnik je izrađen od hrapavog asfalta, koji je u trenutku nezgode bio mokar ($\mu = 0,6$), a uzdužni nagib kolnika $u = 5\%$ je u nizbrdici!

$$S_k = 7,3 \text{ m}$$

$$\mu = 0,6$$

$$u = 5\%$$

$$V = ???$$

$$S_k = \frac{V^2}{254 \cdot (\mu \pm 0,01 \cdot u)}$$

$$7,3 = \frac{V^2}{254 \cdot (0,6 \pm 0,01 \cdot 5)}$$

$$V = \sqrt{7,3 \cdot 254 \cdot 0,65}$$

$$V = 34,72 \text{ km/h}$$



8. KOČENJE I ZAUSTAVNI PUT

ZADATAK 19

Kolika je bila početna brzina vozila ako je na mjestu prometne nesreće izmjereno trag kočenja 33,3 metra. Kolnik je izrađen od hrapavog asfalta, koji je u trenutku nezgode bio mokar ($\mu = 0,5$), a uzdužni nagib kolnika $u = 4\%$ je u nizbrdici!

$$S_k = 33,3 \text{ m}$$

$$\mu = 0,5$$

$$u = 4\%$$

$$V = ???$$

$$S_k = \frac{V^2}{254 \cdot (\mu \pm 0,01 \cdot u)}$$

$$33,3 = \frac{V^2}{254 \cdot (0,5 \pm 0,01 \cdot 4)}$$

$$V = \sqrt{33,3 \cdot 254 \cdot 0,54}$$

$$V = 67,58 \text{ km/h}$$

8. KOČENJE I ZAUSTAVNI PUT

Pitanja!!!

- 1. Što je zaustavni put i od čega se sastoji?***
- 2. Što je put reagiranja i o čemu ovisi?***
- 3. Objasni vrijeme reagiranja vozača!***
- 4. Što je put kočenja i o čemu ovisi?***
- 5. O čemu ovisi koeficijent trenja?***
- 6. Koje su posljedice blokiranja pneumatika?***

