

UDK 625.7 : 624.2/8

CODEN CSMVB2

YU ISSN 0411-6380

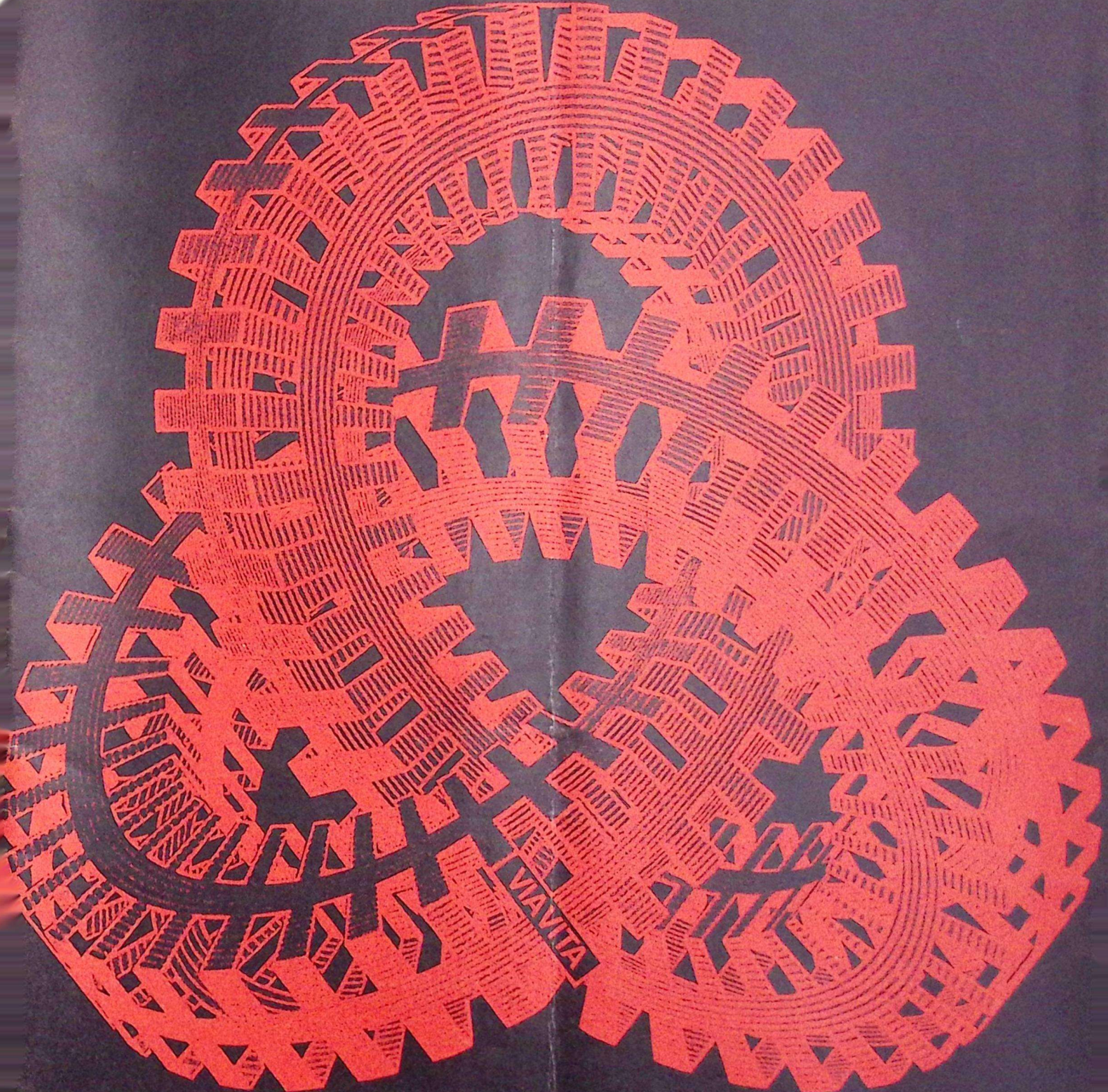
CESTE I MOSTOVI

ČASOPIS ZA PROJEKTIRANJE, GRAĐENJE, ODRŽAVANJE
I TEHNIČKO-EKONOMSKA PITANJA CESTA, MOSTOVA I AERODROMA

Vol. 26

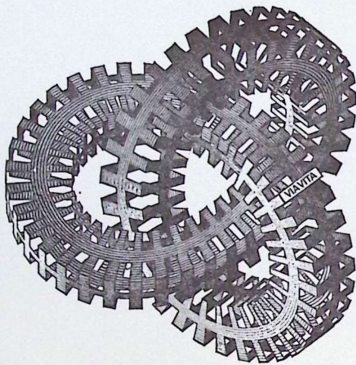
Zagreb, 1980.

Broj 11



OSEIMOSIOM

GLASILO SAVEZA DRUŠTAVA
ZA CESTE HRVATSKE I
SAVEZA DRUŠTAVA ZA
PUTOVE JUGOSLAVIJE



ČASOPIS ZA PROJEKTIRANJE,
GRADENJE, ODRŽAVANJE I
TEHNIČKO-EKONOMSKA
PITANJA CESTA, MOSTOVA
I AERODROMA

SADRŽAJ

Prof. dr. Franko Rotim Franjo Mihoci Krešimir Somek, Zagreb Proširenje kolnika u krivinama s obzirom na kinematičku spo- sobnost prolaza motornog vo- zila	309
Ivan Barac, Rijeka Opipornost asfalbetona na ha- banje Branko Perceļ, Zagreb Određivanje tlaka nasutog i zbiženog tla na poljoprne stijene i upornjake Jasmina Pirolić, Zagreb Izrada donjih nosivih slojeva od bitumeniziranog materijala po vrućem postupku — osvrt na novi JUS U.E.9.028 Iz rada Saveza i društava za ceste Iz povijesti cesta Iz memorijam — Z. Kaka	315 319 325 329 333 335

POZIV NA KOLEKTIVNO UČLANJENJE

Časopis »Ceste i mostovi« izdaje Savez društava za ceste Hrvatske, član Saveza društava za putove Jugoslavije.

Pozivamo sve kolektive čija je djelatnost vezana za područje cestogradnje, mostogradnje i cestovnog prometa općenito da se učlane u Savez društava za ceste Hrvatske.

Osnovna je svrha časopisa »Ceste i mostovi« da upoznaje članstvo s najnovijim dostignućima i iskustvima u projektiranju, gradnji, održavanju i svim akcijama na unapređenju cestovne mreže.

Kolektivna članarina određuje se srazmjerno veličini i značenju poduzeća — kolektivnog člana, a najniža može iznositi 1.600 dinara.

Kolektivni članovi, uplatom članarine, besplatno primaju časopis. Godišnja preplata: za poduzeća — 600.— dinara; za ostale preplatnike — 120.— dinara; za izvanzemstvo — 60 US dolara.

Pojedini primjerci: za poduzeće — 50.— dinara; primjerak u prodaji 12.— dinara.

Članovi Saveza društava za ceste Hrvatske, uplatom članarine, stječu pravo na besplatno primanje časopisa. Godišnja članarina je od 120.— dinara.

Cijena oglasa: otna stranica — 6.000.— dinara; unutarnja 1/1 — 5.000.— dinara, 1/2 — 3.600.— dinara, 1/4 — 2.500.— dinara; inozemni oglasi: 1/1 — 660 US dolara, 1/2 — 500 US dolara, 1/4 — 350 US dolara.

Urednički odbor:

mr Mladen Lamer, dipl. inž., Zagreb, glavni i odgovorni urednik, Darko Milinarić, dipl. inž., Zagreb, zamjenik glavnog i odgovornog urednika, mr Branimir Babić, dipl. inž., Zagreb, mr Jovo Besić, dipl. inž., Zagreb, Dušan Deković, inž., Rijeka, Krešimir Dugi, dipl. inž., Osijek, Endy Jakišić, dipl. inž., Split, Stanko Kovač, dipl. inž., Zagreb, mr Ivan Liović, dipl. oec., Zagreb, Tomislav Megia, dipl. inž., Zagreb, Josip Novak, dipl. inž., Zagreb, Branka Perović, dipl. inž., Zagreb, Zvonko Pilko, dipl. inž., Zagreb, Franjo Pregorec, dipl. oec., Zagreb, dr Zdravko Ramljak, dipl. inž., Zagreb, Josip Sekopeć, dipl. inž., Zagreb, Karlo Telen, inž., Zagreb, Vladimir Weber, dipl. inž., Zagreb. Tehnički urednik: Mirjana Zec, prof. Grafika obrada: Branko Zlamalik

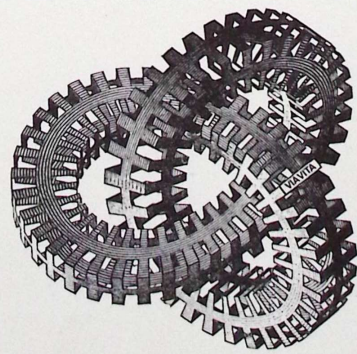
Časopis izlazi mjesečno.

Tisak: NISKO »Vjesnik« — OOUR TMG — Pogon VS

Crtež na naslovnoj strani: M. C. Escher (detalj)

Časopis izdaje Savez društava za ceste Hrvatske, Zagreb, Vantunina ulica 3, tel. 445-422/63, pošt. pret. 673, žiro-račun 30102-678-271

OSEIMOSIOM



Proširenje kolnika u krivinama

Cesto se prometne nezgode događaju pri kretanju motornog vozila u prolazu kroz krivine, a zbog neodgovarajućeg proširenja gabaritnog kolničkog koridora.

Problem se postavlja radi kompleksnog sagledavanja kretanja motornog vozila u krivinama, a u svrhu vještačenja prometnih nezgoda, kao i radi povećanja stupnja sigurnosti u cestovnom prometu.

1. Pristup problemu sa stajališta sigurnosti

Kod vožnje u pravcu, motorno vozilo zauzima širinu koju ima njegova karoserija, odnosno tovar, dok se prolazom motornog vozila kroz krivinu trag prednjih zaoakrenutih kotača ne poklapa s tragom stražnjih kotača, te se on premješta bliže centru krivine (zavoja). Zbog toga se za kolnik u krivini zahtijeva veća širina od širine u pravcu. To proširenje kolnika ovisi o polumjeru krivine kao i o tehničkim elementima motornog vozila, odnosno u općem slučaju skupa vozila.

Proširenje gabaritnog kolničkog koridora još se bolje primjećuje kod skupa vozila, tj. kad vučno vozilo ima više priključnih vozila, s tim što je dužina skupa vozila ograničena zakonskim propisima.

Krivoturno kretanje pojedinačnog motornog vozila određuje se njegovom trajektorijom, tj. trajektorijom sredine pogonskog (stražnjeg) mosta, pri tom je uzdužna os vozila tangenta na osnovnu trajektoriju.

Kod krivoturnog kretanja priključnog vozila, neovisno koje vrste (prikolica, poluprikolica), određuje se trajektorijom sredine, koja se premješta prema sredistu krivine. Osnovna se trajektorija u općem slučaju sastoji od tri dijela: kružne trajektorije i dviju prijelaznih (ulazne i izlazne). Oblik prijelazne trajektorije ovisi kako o osnovnim parametrima osnove, odnosno o razmaku osovina l_{ov} i srednjeg kuta φ_{st} zakreta upravljanih kotača, tako i o kinematičkim parametrima vozila: kutnoj brzini zakretanja upravljanih kotača i njegovoj postepenosti brzini kretanja u krivini.

Pri kretanju po kružnoj trajektoriji (putanji) s konstantnim radijusom krivine, veličina radijusa ovisi o geometrijskim parametrima vozila koje smo naveli za oblik prijelazne trajektorije.

Odgovarajući radijus osnovne trajektorije vozila određuje se po sljedećem izrazu:

$$R_{sv} = \frac{l_{ov}}{\operatorname{tg} \varphi_{st}} \quad [m] \quad (1)$$

2. Izvođenje formula za analizu kretanja motornih vozila u krivinama

Na sl. 1 dana je shema kružnog zakreta (konstantni radijus) za skup vozila (vučno vozilo s dva priključna tj. prikolice), dok je na sl. 2 prikazan kružni zakret skupa vozila (vučno s priključnim vozilom, tj. poluprikolicom). Unutarnji radijus zakretanja stražnjeg kotača vozila R_{sv} određuje se po formuli:

$$R_{sv} = R_{sv} - \frac{b_{sv}}{2} = l_{ov} - \frac{b_{sv}}{2} \quad (2)$$

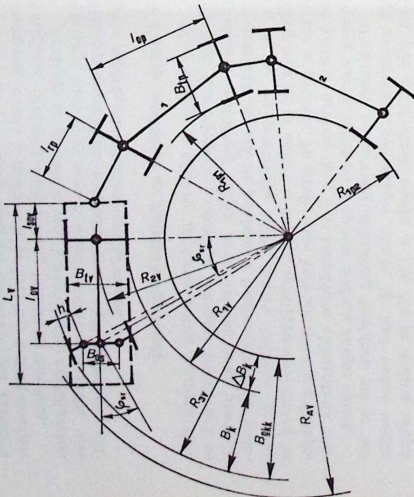
gdje je:

R_{sv} — unutrašnji radijus zakretanja stražnjeg kotača vučnog vozila, [m];

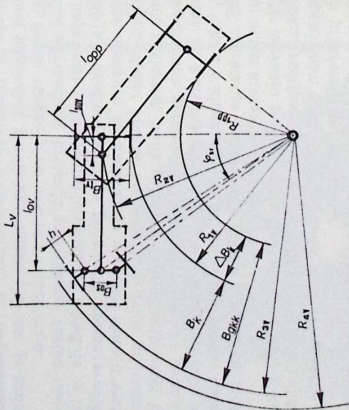
R_{sv} — radijus zakretanja sredine pogonskog (stražnjeg) dijela vozila, [m];

b_{sv} — širina traga stražnjih kotača vučnog vozila, [m].

om



Slika 1



Slika 2

Radius osnovne trajektorije, tj. radius zakretanja sredine pogonskog stražnjeg mosta, može se odrediti na osnovi izraza:

$$R_{sv} = R_{sv} + \frac{B_{sv}}{2} \quad (3)$$

Radius najisturenije vanjske točke vučnog vozila određuje se po sljedećem izrazu:

$$R_{sv} = \sqrt{(R_{sv} + \frac{B_{sv}}{2})^2 + (L_v - l_{sv})^2} \quad (4)$$

gdje je:

- B_{sv} — širina vučnog vozila, [m];
- L_v — dužina vučnog vozila, [m];
- l_{sv} — dužina stražnjeg ovjesa priključnog uređaja, [m].

Radius zakretanja, odnosno trajektorija vanjskog prednjeg kotača vučnog vozila određuje se po formuli:

$$R_{sv} = l_{sv} \sqrt{1 + (B_{sv}/l_{sv} + ctg \varphi_{sv})^2} + h \quad (5)$$

gdje je:

- D_{sv} — razmak među zakretnim stvornjacima prednje osovine automobila, [m];
- h — razmak između zakretnog stvornjaka i srednje uzdužne (okomite) ravnine kotača, [m].

Izraz za određivanje radijusa zakretanja unutrašnjeg stražnjeg kotača prve ili druge prikolice je:

$$R_{1pv} = \sqrt{R_{sv}^2 - n(l_{1p}^2 + l_{sv}^2 - l_{sv}^2)} - \frac{B_{1p}}{2} \quad (6)$$

gdje je:

- l_{1p} — dužina rude prikolice, [m];
- l_{1pv} — razmak između osovine prikolice, [m];
- E_{1p} — širina traga kotača prikolice, [m];
- n — broj priključnih prikolica, [m];
- R_{sv} — radius trajektorije sredine stražnje osovine vučnog vozila, [m];
- l_{sv} — dužina stražnjeg ovjesa priključnog uređaja, [m].

Ako je u svakoj od jedinica skupa vozila vrijednost l_{1pv} i l_{sv} različit, tada se radius trajektorije određuje po formuli:

$$R_{1p} = \sqrt{R_{sv}^2 - \sum l_{1p}^2 - \sum l_{sv}^2 + \sum l_{sv}^2} - \frac{B_{1p}}{2} \quad (7)$$

Izraz za određivanje radijusa zakretanja unutrašnjeg stražnjeg kotača poluprikolice je:

$$R_{1pp} = \sqrt{R_{sv}^2 + l_{sv}^2 - l_{1pp}^2} - \frac{B_{1pp}}{2} \quad (8)$$

gdje je:

- l_{1pp} — razmak od sredine stražnje osi vučnog vozila do mjesta prihvata poluprikolice, [m];
- l_{sv} — razmak od stožera, tj. središta točke uređaja za prihvata poluprikolice pa do stražnje osovine, [m];
- D_{1pp} — širina traga kotača poluprikolice, [m].

Širina gabaritnog kolničkog koridora za prolaz skupa vozila s n (zakonski do dvije) prikolice određuje se po sljedećoj formuli:

$$B_{gkk} = R_{sv} - R_{1pp} \quad (9)$$

dok se širina gabaritnog kolničkog koridora za kretanje skupa vozila u kojem je priključena samo jedna prikolica određuje po formuli:

$$B_{gkk} = R_{sv} - R_{1p} \quad (10)$$

Širina gabaritnog kolničkog koridora za skup vozila (vučno vozilo + poluprikolica) određuje se na osnovi sljedećeg izraza:

$$B_{gkk} = R_{sv} - R_{1pp} \quad (11)$$

Ako se radi samo o vučnom vozilu, odnosno motornom vozilu, širina gabaritnog kolničkog koridora je:

$$B_{gkk} = R_{sv} - R_{1v} \quad (12)$$

Ako se u prethodne formule uvede mjesto radijusa trajektorije R_{sv} radius trajektorije za vučno vozilo prema vanjskom gabaritu (najisturenija točka na motornom vozilu, radius R_{sv}), tada bismo dobili širinu gabaritnog kolničkog koridora prema vanjskom gabaritu vozila.

lumjer vanjske strane veći, te je uslijed toga kut skretanja manji. U praksi se ova razlika zanemaruje.

Vrijednost proširenja može se za svaku prometnu trašku očitati na grafikonu koji je dan na sl. 4.

Minimalno proširenje zavisi od širine kolnika i iznosi 0,20 m za $B_k \leq 6,00$ m i 0,30 m za $B_k > 6,00$ m.

Umjesto grafikona na sl. 4, koji nam služi za određivanje proširenja kolnika za jednu voznu traku, možemo isto odrediti pomoću sljedećih obrazaca:

Za osobna vozila:

$$\Delta B_k = \frac{5,0^2}{2R}$$

Za autobus ili teretno vozilo:

$$\Delta B_k = \frac{8,0^2}{2R}$$

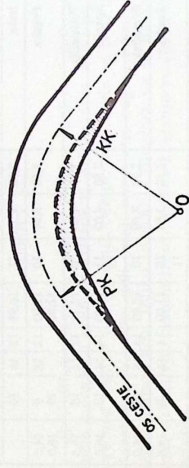
Za skup vozila (vučno vozilo + priključno vozilo):

$$\Delta B_k = \frac{8,0^2}{2R} + \sqrt{R^2 + 20} - R$$

Na cestama gdje imamo mješoviti promet potrebno je ukupno proširenje kolnika u krivini, a kako je to navedeno u tab. 1.

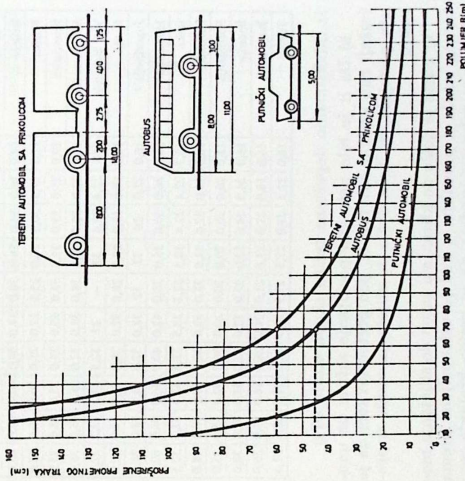
Tabela 1.

R, r (m)	PROŠIRENJE U KRIVINI (cm)
20 - 39	175
40 - 59	150
60 - 99	100
100 - 149	70
150 - 199	50
200 - 299	30



Slika 3

Kod dvosmjernog prometa treba izvršiti proširenje u krivini na obje prometne trake, tj. i s vanjske i s unutrašnje strane krivine, i to jednoliko, neovisno o tome što kod vozila koja se kreću vanjskom stranom krivine imamo manje zauzimanje širine kolnika s obzirom na vozila koja se kreću unutrašnjom stranom krivine, jer je po-



Slika 4

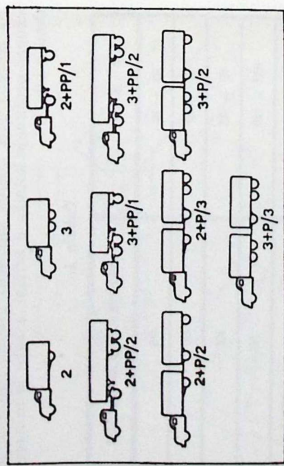
Prijelaz s neproširenog kolnika na pravcu na proširenom kolniku u krivini obavlja se na duljini prijelaznice i puno proširenje kolnika zadržava se na cijeloj dužini kružnog luka. Veličina proširenja u pojedinim točkama na prijelaznici određuje se prema grafikonu na sl. 5.

4. Normativno ograničenje maksimalno dopuštenih dimenzija i težina motornih vozila

Većina zemalja ograničile su nacionalnim propisima, kojima se regulira cestovni promet, maksimalne dimenzije (dulžina L, širina B i visina H) motornih vozila.

Pored navedenih dimenzija istim se propisima ograničava i ukupna dužina skupa vozila, kao i dopuštena težina vučnog vozila skupa vozila kao i osovinsko opterećenje.

Na sl. 6 je shematski prikaz najčešće primjenjivanih kombinacija osovina na motornim vozilima i skupu vozila, a s odgovarajućim simbolima radi preglednosti dopuštenih dimenzija osovinskih opterećenja i dopuštenih težina koje su navedene u tabelama 2 i 3.



Slika 6

5. Primjer iz obavljenih vještavanja

Ujaskom teretnog vozila u desnu krivinu, na cesti Hrelj—Kružišće, došlo je do klizanja a zatim do slijetanja vozila s kolnika, i to na samom izlazu iz krivine. Motorno vozilo je bilo dužine 10 m i širine 2,4 m. Dubina provalije iznosi 34 m. Širina ceste na pravcu (uključujući i rubne trake) iznosi 6,0 m, dok širina gabaritnog kolničkog koridora u krivini iznosi 9,0 m. Radijus zavoja iznosi 24 m, dok je kut krivine cca 180°.

Prihodom uviđanja ustanovljena je putanja kretanja vozila u krivini, pa se iz nje vidi da se vozak motornog vozila kretao strogo desnom stranom kolnika.

Prije slijetanja vozila oortan je trag klizanja vozila na kolniku, a kako je to na skici mjesta nezgode prikazano (sl. 7). Isto tako, ustanovljeno je, da u unutrašnjem rub kolnika nije postojala nikakva zaštita. Treba napomenuti da prilikom ove nezgode nije zamijećen prolaz ususretnih vozila.

U naredbi suda postavljena su prometno-tehničkome vještaku sljedeća pitanja:

a) Da li je proširenje ukupnog gabaritnog kolničkog koridora zadovoljavajuće, za prolaz krivinom skupa vozila duljine 18 m?

Tabela 2. Dopuštene maksimalne dimenzije i osovinska opterećenja

Zemlja	Širina B (m)	Visina H (m)	Dulžina (m)		Opterećenje osovina			
			Autobus	Kamion	1) 2)	Jednostruka struka		
Austrija	2,50	3,80	11	11,00	15	16	10	16,0
Belgija	2,50	4,00	12	13,00	15	18	13	20,0
Danska	2,50	3,60	10	10,00	14	18	8	14,5
Finska	2,50	3,80	11	12,00	14	18	8	13,0
Francuska	2,50	3,80	11	12,00	15	18	13	—
S. R. Nemačka	2,50	4,00	12	12,00	15	18	10	16,0
Vel. Britanija	2,50	4,57	11	11,60	13	18	11	20
Italija	2,50	4,00	11	10,00	14	18	10	14,5
Jugoslavija	2,50	4,00	12	12,00	15	18	10	16,0
Holandija	2,50	4,00	11	12,00	15	18	10	16,0
Irska	2,50	4,57	11	10,98	13	18	10	—
Poljska	2,50	3,80	10	11,00	12	18	8	14,5
Portugalija	2,45	4,00	10	10,30	12	14	10	16,5
Španija	2,50	4,00	11	12,00	16	16	10	16,0
Švicarska	2,30	4,00	10	12,00	14	18	10	14,0
Turska	2,50	3,80	10	11,00	14	18	8	14,5

- 1) Tegljač + poluprikolica
- 2) Vučno vozilo + prikolica

Tabela 3. Maksimalne dopuštene težine (t)

Zemlja	Raapored i broj osovina					
	2	3	2+P/1	2+P/2	3+P/1	3+P/2
Austrija	16,0	22,0	24,0	32,0	32,0	32,0
Belgija	19,0	26,0	36,0	36,0	39,0	40,0
Finska	12,5	17,5	20,5	25,0	27,0	30,0
Francuska	19,0	25,0	35,0	35,0	35,0	35,0
S.R. Nemačka	16,0	22,0	36,0	38,0	38,0	38,0
Vel. Britanija	16	22,4	22,4	32	32	32,5
Italija	14,0	18,0	18,0	28,0	32,0	28,0
Jugoslavija ¹⁾	16,0	22,0	26	32	32	38,0
Holandija	20,0	26,0	30,0	36,0	42,0	46,0
Irska	16,3	22,4	22,4	32,5	32,5	32,5
Poljska	16,0	24,0	32,0	32,0	32,0	40,0
Portugalija	15,0	20,0	20,0	20,0	30,0	30,0
Španija	16,0	24,0	32,0	32,0	32,0	32,0
Švicarska	16,0	16,0	21,0	21,0	21,0	26,0
Turska	16,0	22,5	24,0	27,5	27,5	32,0

- 1) (Maksimalno dopuštena težina skupa vozila 40 t)
- b) Da li je bilo potrebno postojanje zaštite uz unutrašnji rub kolnika krivine, te, pod pretpostavkom da je ista postojala, da li bi došlo do slijetanja vozila u provaliju?
- c) Zašto je došlo do klizanja a zatim do slijetanja motornog vozila u provaliju, a kad je ustanovljeno prema tahogramu tahograf-uređaja da je brzina kretanja motornog vozila bila mala, tj. iznosila je 25 km/h?

ruba ceste s čeličnom odbojnom ogradom, a kako je to precizirano odgovarajućim propisima.

Prema tahogramu vožnje vidljivo je da je motorno vozilo prije slijetanja u provaliju bilo skoro u mirovanju, to se zaključuje s obzirom na smjer kretanja i klizanja vozila prema provaliji, da bi u slučaju postojanja osiguranja s čeličnom odbojnom ogradom — nezgoda bila izbjegnuta, jer bi bočnu silu zadržala čelična ograda, dok manji poremećaj poprečne stabilnosti ne bi mogao prouzročiti prevrtanje vozila oko čelične odbojne ograde.

Ad c) Analizirajući putanju kretanja motornog vozila kroz krivinu, kao i tragove klizanja vozila prije slijetanja u provaliju, daje se zaključiti da osnovni razlog koji je doveo do nezgode leži u nepravilnoj putanji ulaska motornog vozila u desnu krivinu.

Vozak motornog vozila nije se smio kretati direktno u pravcu na krivulju kruga, nego je trebao prije ulaska u krivinu da još na pravcu započne zakretanje kolom upravljajuća prema sredini kolnika, kako bi dolaskom na krivulju kruga eventualno samo manje izvršio korekciju putanje.

S primjenom navedenog, vozač bi bio spremniji na ponovno zakretanje kolom upravljajuća radi ispravljanja oka zakrivljenog kretanja na pravcu ceste. Isto tako, izbjegli bi se dinamički udari prilikom kretanja radi promjene kutne brzine motornog vozila iz jednog smjera u drugi, te bi se na taj način bočna sila ka provaliji svela na zanemariv iznos.

LITERATURA

- 1. Božičević J.: Ceste i čvorišta, Zagreb 1976.
- 2. Cerovac V.: Prometna tehnika, Zagreb 1980.
- 3. Zagoda J. i Klemenčić A.: Ceste I, II, III i IV, Zagreb 1964—1966.
- 4. Simić D.: Motorna vozila, Beograd 1973.
- 5. Pravilnik o tehničkim normativima i osnovnim uvjetima kojima javne ceste izvan naselja i njihovi elementi moraju udovoljavati s gledišta sigurnosti prometa — Službeni list SFRJ, br. 11/1980.

Prof. dr. Franko ROTIM
Franjo MIHOCI
Kresimir SOMEK

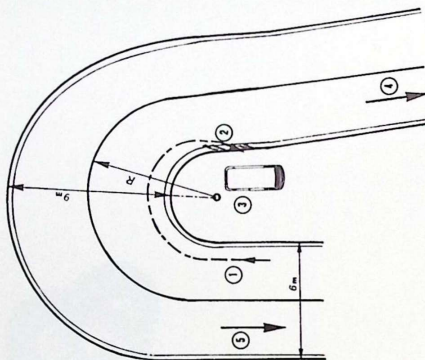
PROŠIRENJE KOLNIKA U KRIVINAMA S OBIZROM NA KINEMATIČKU SPOSOBNOST PROLAZA MOTORNOG VOZILA

U radu se analizira proširenje kolnika u krivinama s obzirom na kinematičku sposobnost prolaza motornog vozila kao i skupa vozila, a u cilju povećanja sigurnosti cestovnog prometa.

Isto tako, izneseni su elementi propisa vezani za proširenje gabaritnog kolničkog koridora, a kako bi se odgovarajuća materija našla na jednom mjestu.

Radi zaokružene cjeline rada iznijeto je i normativno ograničenje maksimalno dopuštenih dimenzija i težina motornih vozila.

Na kraju rada dat je jedan primjer prometno-tehničkog vještavanja koji je vezan za ovu problematiku.



Slika 7

d) Vještak ne mora ulaziti u konstruktivne osobine ceste u pogledu krivulje krivine tj. prijelaznica, kao i prečnog nagiba i prijelaznih rampi, budući da se radi o staroj izvedbi ceste, dok ostali parametri nagiba i prijelazne rampe nisu toliko utjecali s obzirom na to da se radi o relativno malom iznosu brzine kretanja vozila kroz krivinu.

Na osnovi iznijetih elemenata o prometnoj nezgodi slijedilo je odgovor prometno-tehničkog vještaka:

Ad a) Ukupna širina gabaritnog kolničkog koridora krivine u iznosu od 9,0 m je zadovoljavajuća, jer se nalazi u dopuštenim granicama za dvosmjerno kretanje skupa vozila duljine 18 m.

Ad b) Kako se radi o provaliji s desne strane kolnika u smjeru kretanja motornog vozila, bilo je potrebno kako na ravnom dijelu ceste tako i u krivini — osiguranje