

Utjecaj prometnog opterećenja na gospodarenje cestovnim sustavom

Planko Rožić

Ključne riječi

*prometno opterećenje,
cestovna mreža,
prometni sustav,
prometni tok,
dnevni promet*

Key words

*traffic load,
road network,
transport system,
traffic flow,
daily traffic*

Mots clés

*charge de circulation,
réseau routier,
système de transport,
écoulement de trafic,
trafic journalier*

Ключевые слова

*транспортная нагрузка,
дорожная сеть,
система дорожного
сообщения,
транспортное
движение,
дневной транспортный
оборот*

Schlüsselworte

*Verkehrsbelastung,
Strassennetz,
Verkehrssystem,
Verkehrstrom,
Tagesverkehr*

P. Rožić

Izvorni znanstveni rad

Utjecaj prometnog opterećenja na gospodarenje cestovnim sustavom

Analiziraju se prostorne i vremenske neravnomjernosti prometnoga opterećenja kao ključan element u planiranju i projektiranju cestovne mreže, nadzoru, kontroli i upravljanju prometnim tokovima u mreži. Posebnim je primjerom dokazano da prosječni godišnji dnevni promet ne može biti isključivi parametar kojim se opisuje stanje prometnoga toka. Također je dokazano da se i u našim uvjetima mogu primjenjivati neke zakonitosti prometnoga toka utvrđene u inozemnoj stručnoj praksi.

P. Rožić

Original scientific paper

Influence of traffic load on road system management

All traffic load variations across time and space dimensions are analysed as a key element in the road network planning and design, and in the supervision, control and management of traffic flows within the network. A typical example is used to demonstrate that an average annual daily traffic can not be the only parameter for the description of traffic flows. The author shows that some traffic flow principles determined in international professional practice can also be applied to conditions prevailing in our country.

P. Rožić

Ouvrage scientifique original

L'influence de la charge de circulation sur le système de gestion routière

Toutes les variations de la charge de circulation dans les dimensions de temps et d'espace sont analysées comme un élément décisif dans la planification et l'étude du réseau routier, et dans la surveillance, le contrôle et la gestion des courants de circulation à l'intérieur du réseau. Un exemple typique est utilisé pour démontrer que le trafic moyen journalier annuel ne peut être utilisé comme le seul paramètre pour la description de l'écoulement de trafic. L'auteur montre que certains principes d'écoulement de trafic déterminés dans la pratique internationale professionnelle peuvent également être appliqués dans les conditions prévalant dans notre pays.

П. Рожич

Оригинальная научная работа

Влияние транспортной нагрузки на управление дорожной системой

В работе анализируются пространственные и временные неравномерности транспортной нагрузки как ключевого элемента при планировании и проектировании дорожной сети, надзоре и управлении движением транспорта в сети. Особым примером доказано, что среднегодовое транспортное движение не может быть исключительным параметром, описывающим состояние транспортного движения. Доказано также, что в наших условиях могут применяться некоторые закономерности транспортного движения, установленного в иностранной профессиональной практике.

P. Rožić

Wissenschaftlicher Originalbeitrag

Einfluss der Verkehrsbelastung auf die Waltung des Strassensystems

Analysiert sind räumliche und zeitliche Ungleichmässigkeiten der Verkehrsbelastung als Hauptelement bei Planung und Entwurf des Strassennetzes, Aufsicht, Kontrolle und Leitung der Verkehrsströme im Netz. Durch ein besonderes Beispiel wird bewiesen dass der jährliche durchschnittliche Tagesverkehr nicht der ausschliessliche Parameter sein kann mit dem man den Stand des Verkehrstroms beschreibt. Ebenso wird bewiesen dass auch in kroatischen Umständen einige Gesetzmässigkeiten des Verkehrstroms angewendet werden können die man in ausländischer Fachpraxis festgestellt hatte.

Autor: Prof. dr. sc. **Planko Rožić**, Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Kačićeva 26, Zagreb

1 Uvod

Informacije o prometnom opterećenju cesta u Republici Hrvatskoj dobivaju se iz više različitih izvora: brojenjem prometa stacionarnim i prijenosnim automatskim brojičima, podacima iz naplatnog sustava na cestovnim građevinama s naplatom pristojbi i podacima o prijevozu vozila na domaćim trajektnim linijama [1]. I pored toga što postojeći sustav brojenja prometa zahtijeva određena poboljšanja, on i u sadašnjem stanju omogućuje vrednovanje više informacija nego što je to u praksi. Tako se, najčešće, primjena podataka uglavnom svodi na uporabu prosječnoga godišnjega dnevnog prometa - PGDP i prosječnoga ljetnoga dnevnog prometa - PLDP, bez dublje analize karakteristika prometnih tokova.

Međutim, cestovni prometni sustav podvrgnut je, poput mnogih dinamičkih sustava, prometnom opterećenju koje nije ravnomjerno, već ima svoju prostornu raspodjelu i vremenska kolebanja. Karakteristike prometnoga toka ili prometnoga opterećenja cestovne mreže definirane su ograničenjima nametnutima ponašanjem čovjeka i dinamikom vozila, prometnom potražnjom i fizičkim značajkama cestovnoga sustava.

Bitna obilježja prometnog toka u cestovnoj mreži jesu mjera mogućnosti mreže da prihvati promet. Iako ta moć uvelike ovisi o fizičkim elementima dionica ceste i pojedinih cestovnih odsječaka, postoji niz faktora koji nisu u neposrednoj vezi s tim elementima, a koji su važni u određivanju propusne moći ceste i cestovne mreže. Mnogi od tih faktora vezani su uz kolebanja prometne potražnje i međusobni utjecaj vozila u prometnome toku. Količina prometa ili protok kvantitativna je mjera produktivnosti ceste i cijeloga sustava. To je rezultat kombinacije zahtjeva za putovanjem i interakcija prometnog toka. Poznavanje značajki prometnih tokova na postojećim cestama ili njihova procjena za ceste u procesu planiranja i projektiranja jedan je od ključnih elemenata pri određivanju propusne moći i razina uslužnosti cestovnoga prometnog sustava, kontroli i upravljanju prometnim tokovima u mreži i gospodarenju cestovnim prometnim sustavom.

Svrha je ovoga rada istražiti neke zakonitosti toka prometa na našim cestama i usporediti ih s odgovarajućim zakonitostima u inozemnoj praksi. Za potrebe ovoga rada uporabljeni su podaci brojenja prometa u godini 2002. na lokaciji Jošan, na dvotračnoj državnoj cesti D-1 i lokaciji Šenkovec na dvotračnoj državnoj cesti D-209, zbog toga što te dvije lokacije, i usprkos tome što imaju različite prostorno-prometne značajke, imaju blisku razinu PGDP-a: Jošan – 8629 vozila na dan i Šenkovec – 9185 vozila na dan, ali istodobno različite uzorke kolebanja prometa i druge bitne karakteristike prometnoga toka.

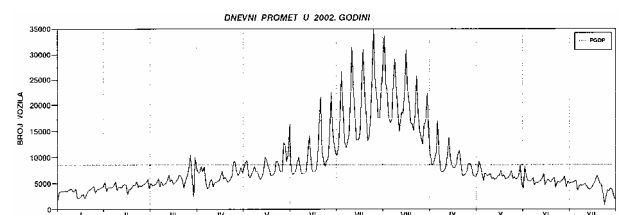
2 Prostorna raspodjela prometa

Prostorna raspodjela prometnih tokova u cestovnoj mreži uglavnom je rezultat želja ljudi da putuju između izabranih izvora i ciljeva putovanja i potreba kretanja robe, a uključuje: ruralno-urbanu raspodjelu, raspodjelu putovanja unutar određenog područja, raspodjelu po smjerovima kod dvosmjernih cesta i raspodjelu po voznim trakovima u jednom smjeru ceste.

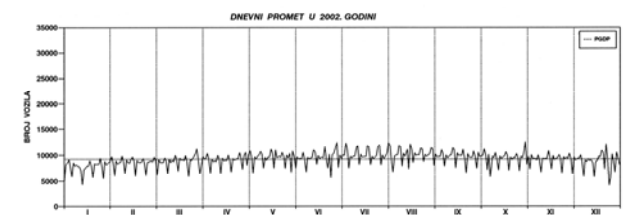
Iako su prometni tokovi po smjerovima na većini dvosmjernih cesta približno izjednačeni u dužem razdoblju, razlike u raspodjeli prometa po smjerovima pojavljuju se tijekom određenih sati, dana ili mjeseca u godini [2, 3, 4]. Ta se kolebanja uglavnom mogu objasniti vremenskim i cikličkim zakonitostima putovanja. Za pravilno planiranje i projektiranje cesta te nadzor cestovnog prometa bitno je poznavanje raspodjele prometa po smjerovima u vršnim razdobljima. Neujednačeni tokovi znače kritično opterećenje, a vršna opterećenja za svaki smjer mogu se dogoditi u različitim satima dana ili čak u različitim satima u različitim danima tjedna. Najnovija iskustva na tunelima autoceste A1 *Mala Kapela* i *Sv. Rok*, još jednom su, na vrlo skup način, potvrdila nužnost pravodobne analize prometnih tokova.

3 Vremenska kolebanja prometa

Vremensko kolebanje količine prometa odražava ukupnu ekonomsku i društvenu potražnju za prijevozom. Potražnja je ciklička i odražava satnu, dnevnu i sezonsku zakonitost življenja u ruralnim područjima i urbanim zajednicama. Količina prometa mijenja se tijekom godine, na što utječe broj stanovnika, stupanj motorizacije i uporaba vozila, gustoća mreže i opća razvijenost prometnoga područja.



Slika 1. Dnevno kolebanje prometnog opterećenja na lokaciji Jošan [1]



Slika 2. Dnevno kolebanje prometnog opterećenja na lokaciji Šenkovec [1]

Kolebanja se mogu promatrati u različitim razdobljima kao: sezonska, mjesečna, tjedna, dnevna, satna i unutar jednog sata [2, 3, 4]. Na slikama 1. i 2. prikazana su kolebanja prometa po danima kroz godinu za izabrane lokacije s izrazito različitom raspodjelom dnevnoga prometnog opterećenja oko PGDP-a [1]. Značajke godišnjega kolebanja prometa, koje opisuju sezonska prometna opterećenja, nisu identične na svim dijelovima cestovne mreže, već ovise o vrsti ceste, tj. kakvom prometu cesta služi, kako je to prikazano na slici 3. [5]. Veća su sezonska kolebanja na cestama koje su namijenjene rekreacijskim putovanjima u ruralnim područjima, dok je ravnomjernija zakonitost kretanja tijekom godine na prigradskim cestama. Značajke postojanosti prometnoga toka na glavnim ruralnim državnim cestama jesu između obilježja prometa na prigradskim i rekreacijskim cestama.

Promjene prosječnoga dnevnog prometa po mjesecima - PDP-a i njihov odnos prema PGDP-u na lokacijama Jošan i Šenkovec prikazane su u tablici 1. i na slici 4.

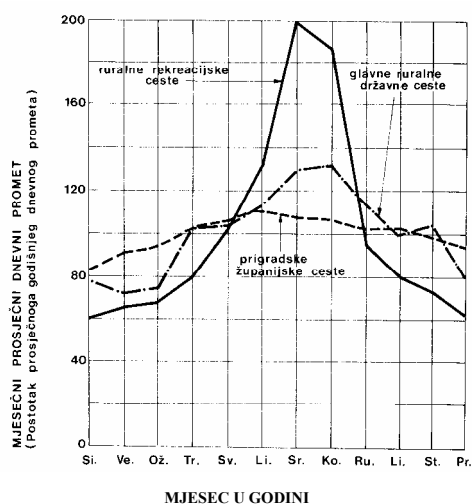
Usporedba trendova promjena na slikama 3. i 4. pokazuje da lokacija Jošan ima obilježja ruralne rekreacijske ceste, a lokacija Šenkovec prigradske regionalne ceste, što one u jednom dijelu zaista i jesu. Dinamika kolebanja prometnog opterećenja na izabranim lokacijama kvalitativno prati promjene na cestama sa sličnim namjenama u SAD-u.

Kolebanje prometa po danima u tjednu na gradskim i rekreacijskim cestama, koje čine dva granična slučaja, prikazani su na slici 5. [5].

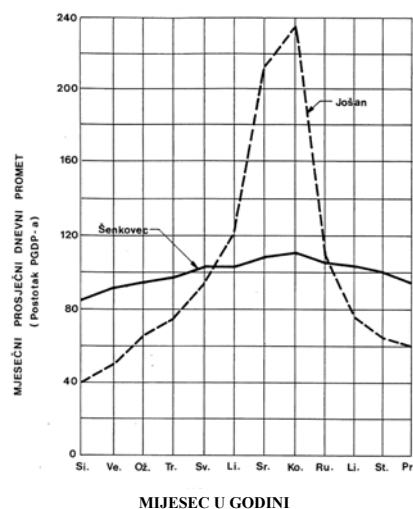
Promjene prosječnoga dnevnog prometa pokazuju da iako su uzorci usklađeni na obje vrste cesta za radne dane u tjednu, promet na ruralnim rekreacijskim cestama

Tablica 1. Promjene prosječnoga mjesečnoga dnevnog prometa u odnosu na PGDP na lokacijama Jošan i Šenkovec

Mjesec u godini	LOKACIJA					
	Jošan			Šenkovec		
	količina prometa (vozila)	PDP (vozila na dan)	postotak PGDP-a	količina prometa (vozila)	PDP (vozila na dan)	postotak PGDP-a
siječanj	106.353	3.431	0,40	239.908	7.739	0,84
veljača	124.427	4.444	0,51	237.356	8.477	0,92
ožujak	170.638	5.504	0,64	272.118	8.778	0,96
travanj	193.892	6.463	0,75	270.409	9.014	0,98
svibanj	247.435	7.982	0,93	294.273	9.493	1,03
lipanj	313.897	10.463	1,21	282.765	9.426	1,03
srpanj	579.180	18.683	2,17	310.814	10.026	1,09
kolovoz	633.153	20.424	2,37	316.131	10.198	1,11
rujan	278.451	9.282	1,08	291.263	9.709	1,06
listopad	203.274	6.557	0,76	292.648	9.440	1,03
studeni	164.015	5.467	0,63	275.764	9.192	1,00
prosinac	134.827	4.349	0,50	268.980	8.677	0,94
ukupno	3.149.542	8.629	1,00	3.352.429	9.185	1,00

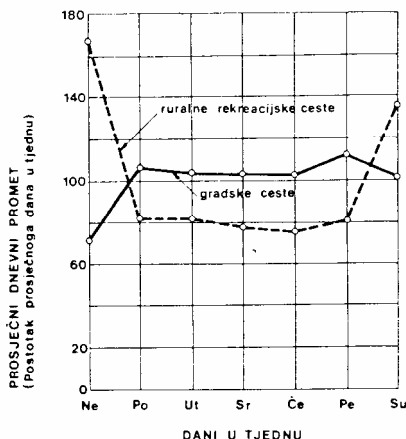


Slika 3. Mjesečna kolebanja prometa na cestama s različitim funkcionalnim značajkama [5]



Slika 4. Promjene prosječnoga mjesečnoga dnevnog prometa u odnosu na PGDP na izabranim lokacijama

znatno je povećan u subotu i nedjelju u usporedbi s prosječnim danom u tjednu. Ova je pojava obratna na urbanim cestama, gdje je promet za vikenda manji u odnosu prema prosječnoj dnevnoj količini prometa u tjednu, pri čemu se uočava porast prometa u petak, kao posljednjega radnog dana i početka vikenda.



Slika 5. Kolebanje prosječnoga dnevnog prometa po danima u tjednu za ruralne i urbane ceste [5]

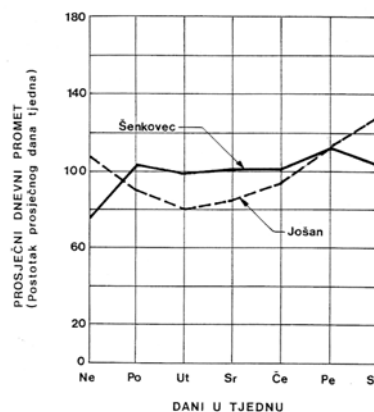
Kolebanje prosječnoga dnevnog prometa –PDP-a po danima u tjednu i njihov odnos prema prosječnom danu u tjednu na lokacijama Jošan i Šenkovec prikazani su u tablici 2. i na slici 6.

Promjene prosječnoga dnevnog kolebanja prometa na lokacijama Jošan i Šenkovec i u ovome slučaju pokazuju kakvom prometu služe te dvije ceste. I pri toj raspodjeli prometnoga opterećenja pokazana je izrazita sličnost s promjenama na odgovarajućim cestama u SAD-u.

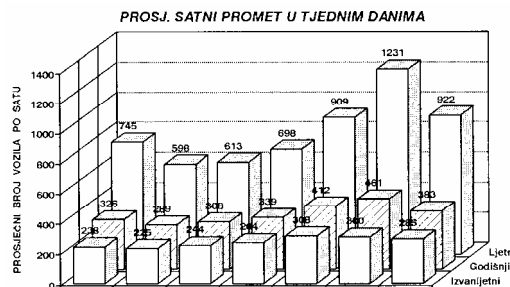
Položaj i namjena ceste izravno utječu i na različite raspodjele prometa po danima u tjednu u različitim razdobljima promatranja čak i za istu cestu i za istu lokaciju, što se vrlo dobro vidi na slikama 7. i 8. na primjerima izabranih lokacija [1].

Tablica 2. Kolebanje prosječnoga dnevnog prometa i odnos prema prosječnom danu u tjednu na lokacijama Jošan i Šenkovec

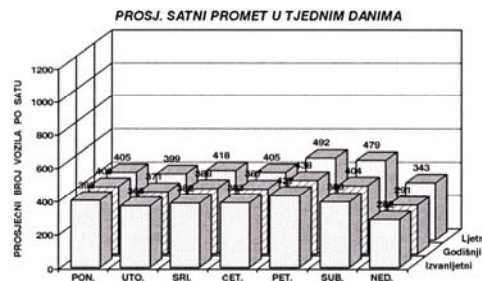
Dan u tjednu	LOKACIJA					
	Jošan			Šenkovec		
	količina prometa (vozila)	PDP (vozila na dan)	postotak prosječnoga dana u tjednu	količina prometa (vozila)	PDP (vozila na dan)	postotak prosječnoga dana u tjednu
ponedjeljak	407.053	7.828	0,91	498.720	9.591	1,04
utorak	367.082	6.926	0,80	472.510	8.915	0,97
srijeda	384.132	7.387	0,86	484.350	9.314	1,01
četvrtak	423.440	8.143	0,94	482.806	9.285	1,01
petak	514.292	9.890	1,15	546.499	10.510	1,14
subota	575.276	11.063	1,28	504.042	9.693	1,06
nedjelja	478.267	9.197	1,07	363.502	6.990	0,76
ukupno	3.149.542	8.629	1,00	3.352.429	9.185	1,00



Slika 6. Kolebanje prosječnoga dnevnog prometa i odnos prema prosječnom danu u tjednu na lokacijama Jošan i Šenkovec

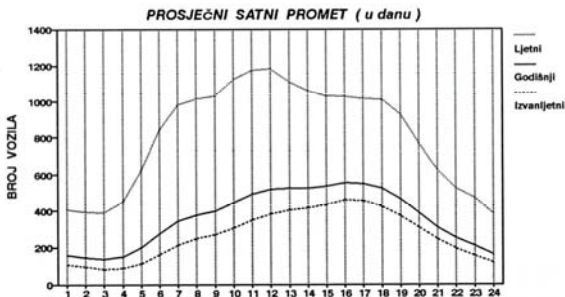


Slika 7. Kolebanje prometa po danima u tjednu na lokaciji Jošan za različita razdoblja promatranja [1]

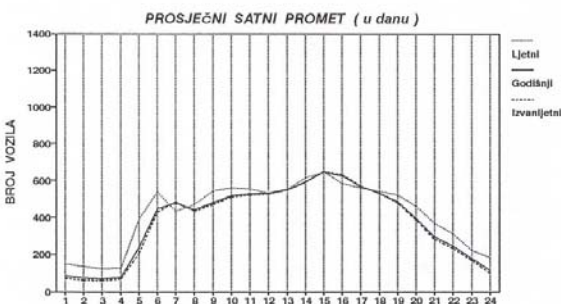


Slika 8. Kolebanje prometa po danima u tjednu na lokaciji Šenkovec za različita razdoblja promatranja [1]

Daljnja razgradnja u vremenu omogućuje dobivanje raspodjele količine prometa prema satima u danu. Količine prometa u razdobljima kraćima od jednog dana mnogo bolje odražavaju uvjete odvijanja prometa, pa ih i treba rabiti za projektiranje cesta. Takve raspodjele često opisuju vršnu prometnu potražnju, gdje se *promet vršnog sata* definira kao najveći broj vozila koja prolaze preko dionice ceste ili voznoga traka u 60 uzastopnih minuta. Može se primijeniti na dnevni vršni sat ili godišnji vršni sat. Vršna satna opterećenja tijekom godine kvalitativno prate pojavu promjena prosječnih satnih opterećenja. Jutarnji i poslijepodnevni vršni sat u radnom danu na prigradskim cestama najvećim dijelom nastaju zbog putovanja dom-posao i obratno. Promjene u danima vikenda su manje, isključujući povećani promet u nedjelju poslijepodne koji uzrokuje povratak s vikenda kućama u urbana područja. Raspodjele količine prometa prema satima u danu za lokacije Jošan i Šenkovec prikazane su na slikama 9. i 10. [1].



Slika 9. Kolebanje prosječnih satnih opterećenja unutar dana na lokaciji Jošan za različita razdoblja promatranja [1]



Slika 10. Kolebanje prosječnih satnih opterećenja unutar dana na lokaciji Šenkovec za različita razdoblja promatranja [1]

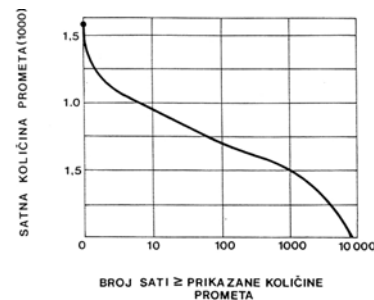
Prije detaljnog razmatranja važnosti satne količine prometa kao odlučujuće odrednice u planiranju i projektiranju cesta, kao i u nadzoru i kontroli prometa, valja razmotriti kratkoročne promjene prometnih tokova unutar sata. Mogućnost ceste da prihvati satnu količinu prometa ponajprije ovisi o veličini i slijedu tih kratkoročnih promjena. Količina prometa u vršnom satu istodobno ne znači da će veliki protok postojati u razdoblju kraćem od punog sata, većem od jednog sata ili približno jedan

sat. To je jednostavno procjena najvećeg broja vozila koja se očekuju na cesti za punoga 60-minutnog razdoblja. S obzirom na prirodu potražnje u vršnom satu i statističku promjenljivost prometa, kratkoročni su protoci unutar vršnog sata vrlo često promjenljivi. Kako se razdoblje za mjerenje količine prometa smanjuje, proporcionalno se smanjuje i prosječni broj vozila za to razdoblje. Na primjer, ako je satna količina prometa 1800 vozila na sat, prosječna minutna količina bit će 30 vozila na minutu, a prosječna sekundna 0,5 vozila na sekundu. Promjenljivost manje srednje vrijednosti veća je od promjenljivosti veće srednje vrijednosti, kad se promjenljivost izražava kao postotak sredine. Zato opažena količina prometa u kratkoročnom razdoblju unutar vršnog sata ima veću vjerojatnost nadilaženja njegove srednje vrijednosti za određeni postotak nego što je ima količina prometa za vrijeme čitavog sata. Općenito je vrednovanje vršnih značajki temeljeno na 5-minutnim količinama prometa, iako ima slučajeva bilježenja tokova u vršnom satu u 6-minutnim i u 15-minutnim intervalima.

Buduće količine prometa za potrebe planiranja obično se procjenjuju za razdoblje vršnog sata. Da bi se odredio odnos takvih količina prometa prema projektnim vršnim protocima, moraju se utvrditi i procijeniti faktori koji djeluju na njihove odnose. Vršne su značajke izražene u faktoru vršnog sata - PHF (Peak Hour Factor), koji je definiran kao omjer količine prometa u vršnom satu i najvećega protoka tijekom određenoga razdoblja unutar vršnog sata. Za potrebe cesta primjenjuje se najveći 5-minutni protok unutar vršnog sata, pa se PHF dobiva dijeljenjem broja vozila koja stvarno prođu u vršnom satu s dvanaesterostrukim brojem vozila koja prođu za vršnog 5-minutnog razdoblja. Najveća moguća vrijednost PHF jest 1,0. Istraživanjem je uočeno da PHF uvelike ovisi o veličini urbanog područja izraženog brojem stanovnika.

3.1 Odnos količine prometa vršnog sata i prosječnoga godišnjeg dnevnog prometa - PGDP

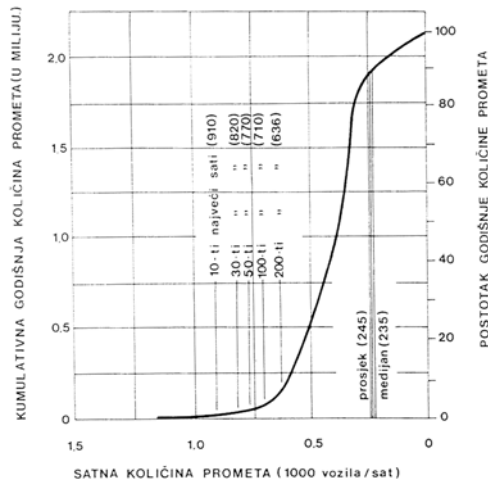
Ako se promet prati čitavu godinu, može se izračunati prava vrijednost PGDP-a koji je definiran kao ukupan broj vozila registriran u svim danima u godini podijeljen



Slika 11. Godišnje kolebanje satnih količina prometa poredanih po veličini prema najmanjoj [6]

s brojem tih dana, a može se i načiniti raspodjela satnih količina prometa redajući ih po veličini prema najmanjoj, kako je prikazano na slici 11. [6].

Isti se podaci mogu prikazati kao kumulativni broj vozila pri različitim razinama količina prometa ili iznad njih, kao na slici 12. [6]. Na slici 12. vidi se da je u jednoj polovini sati u godini promet manji od 235 vozila na sat (medijan), ali ti sati nose svega 13% ukupne godišnje količine prometa. I obratno, jedna polovina ukupne godišnje količine prometa događa se u manje od 20% sati s prometom većim od 425 vozila na sat. Očito je da bi cesta projektirana na temelju jedne ili druge količine prometa bila neodgovarajuća za mnoge situacije s većom prometnom potražnjom. Druga je krajnost da se projektira prema najvećoj satnoj količini prometa (1575 vozila na sat prema slici 11.) i tad bi propusna moć ceste znatno nadmašila prometnu potražnju u svim satima u godini osim jednog.

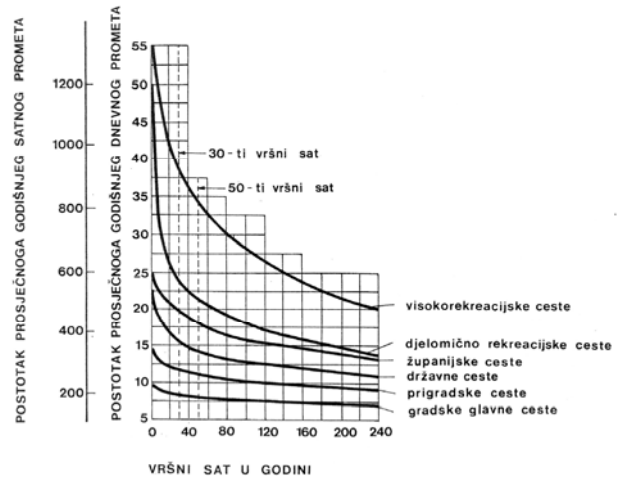


Slika 12. Iznos i postotak godišnje količine prometa uslužene pri prikazanoj satnoj količini prometa ili iznad nje [6]

Kako količina prometa pokazuje znatne promjene u različitim satima dana i čak još veća godišnja kolebanja, izbor satne količine prometa koja će služiti u projektiranju cesta usko je povezan uz ta kolebanja, pa je nužno poznavanje vršnih opterećenja i njihove raspodjele. Krivulja koja prikazuje kolebanja satnih količina prometa tijekom godine izvanredan je vodič u odlučivanju koja količina prometa najbolje zadovoljava projektne potrebe. Istraživanjima značajki prometnog opterećenja razvijen je odnos između satnih količina prometa i PGDP-a. Na slici 13. prikazane su kvalitativne krivulje odnosa vršnih satnih opterećenja i PGDP za ceste s različitim namjenama [7].

Iako su na prvi pogled sve krivulje sličnog oblika, funkcionalne značajke ceste određuju razlike na ordinati s najvećom satnom količinom prometa u godini. Jedna

krajnost je velika prometna potražnja na cestama koje služe u rekreacijske svrhe i koja se događa u kratkom



Slika 13. Odnos između vršnih satnih količina prometa i PGDP-a na različitim vrstama cesta [7]

razdoblju tijekom godine, pa su proporcije u ukupnom prometu u godini velike. S druge strane, ukupna godišnja količina prometa na urbanim cestama ravnomjernije je satno raspoređena u godini, pa je i proporcija najveće satne količine prometa u ukupnom prometu u godini manja.

Istraživanja su pokazala da se oko 30. sata nagib krivulje naglo mijenja, a to je točka gdje je omjer koristi prema troškovima blizu maksimuma. Općenito se ovaj lom na krivuljama događa između 20. i 50. vršnog sata. Ako se za projektne potrebe izabere vršni sat lijevo od ovog područja (za sate manje od 20. vršnog sata) znatno povećanje u projektnim zahtjevima prihvatit će samo nekoliko dodatnih sati u godini. S druge strane, satne količine prometa desno od 50. sata prouzročit će vrlo malo smanjenje satne količine prometa prema PGDP-u, jer se krivulja asimptotski približava apscisi. Taj odnos, nazvan faktorom K, kreće se oko 15% za glavne ruralne ceste, a oko 11% za urbane ceste. Iako se u stranoj praksi 30. vršni sat uglavnom primjenjuje kao element za projektiranje i određivanje propusne moći ceste, ne može se prihvatiti kao strogo pravilo, jer na određivanje mjerodavnoga vršnog sata osim vrste ceste utječe niz faktora, pri čemu je na prvom mjestu gospodarski potencijal države ili regije. U slučaju dvosmjernih cesta s više od dva vozna traka odnos količine prometa i PGDP-a prikazuje se po smjerovima, a na dvotračnim se cestama promjene u oba smjera zajedno izražavaju kao postotak dvosmjernog PGDP-a. U prosječnim uvjetima vršna značajka za jedan smjer toka mnogo je viša nego za dvosmjerne tokove, što se može objasniti nepojavljivanjem vršnih tokova istodobno u oba smjera, na što u praksi treba dobro paziti.

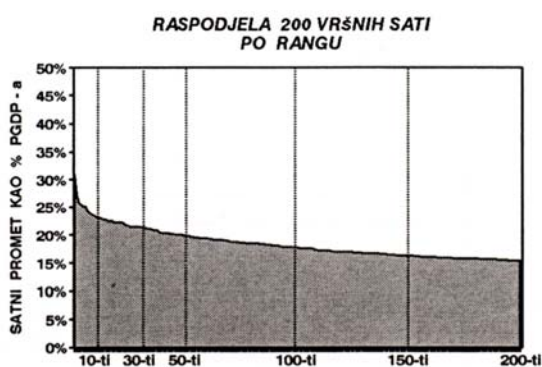
Kad način brojenja prometa omogućuje kreiranje baze podataka sa satnim opterećenjima, posebno je važna analiza raspodjele vršnih satnih opterećenja. Iz podataka o automatskom brojenju prometa na cestama Republike Hrvatske formirana je tablica od izabranih vršnih satnih opterećenja na lokacijama Jošan i Šenkovec.

Tablica 3. Opažene satne količine prometa na lokacijama Jošan i Šenkovec

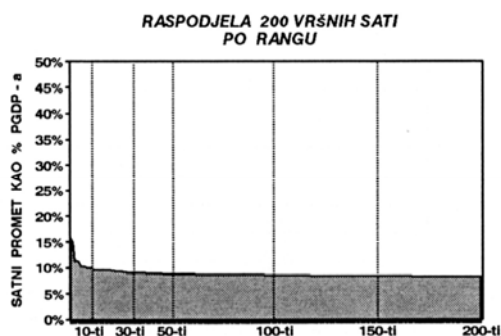
Prometno opterećenje	Jošan	Postotak PGDP-a	Šenkovec	Postotak PGDP-a
PGDP	8629		9185	
maksimalno vršno satno opterećenje	2672	31,0	1451	15,8
10. vršno satno	2017	23,4	908	9,9
20. vršno satno	1924	22,3	870	9,5
30. vršno satno	1848	21,4	834	9,1
50. vršno satno	1718	19,9	810	8,8
100. vršno satno	1531	17,7	782	8,5
150. vršno satno	1402	16,2	767	8,4
200. vršno satno	1326	15,4	755	8,2

Na primjeru iz tablice 3. također se može uočiti važnost analize satnih prometnih opterećenja.

Raspodjele vršnih satnih opterećenja iz tablice 3. prikazane su za obje lokacije na slikama 14. i 15. [1].



Slika 14. Raspodjela 200 vršnih satnih opterećenja na lokaciji Jošan [1]



Slika 15. Raspodjela 200 vršnih satnih opterećenja na lokaciji Šenkovec [1]

Tablica 3. prikazuje godišnje uzorke prometa na dvije dvotračne ceste, za koje ni PGDP ni maksimalno vršno satno opterećenje ne opisuju na odgovarajući način odvijanja prometa. Obje ceste imaju blisku razinu PGDP-a, ali je zbog većih kolebanja u prometnome toku najveća vršna satna količina prometa na lokaciji Jošan gotovo dvostruko veća od one na lokaciji Šenkovec, a sva vršna opterećenja od desetog do stotog sata na lokaciji Jošan više su nego dvostruko veća od istih sati na lokaciji Šenkovec. Zbog izrazitog turističkog značenja na lokaciji Jošan, maksimalno vršno satno opterećenje jest gotovo trećina PGDP-a, a iz potpunih se numeričkih podataka vidi da je prvih četrdeset vršnih satnih opterećenja iznad 20% PGDP-a. Uz uvjet da se ispravno primjenjuju značajke vršnih količina prometa, očito je da cesta D-1 zahtijeva više projektne standarde nego cesta D-209, iako je, precizno gledajući, PGDP na lokaciji Jošan manji nego na lokaciji Šenkovec. Na prikazanom je primjeru i numerički dokazano da PGDP ne može biti isključivi pokazatelj pravoga stanja prometa na nekoj cesti.

Obradom prometnoga opterećenja na izabranim lokacijama također je dokazano da se zakonitosti neravnomjernoga prometnog opterećenja utvrđene u bogatoj inozemnoj stručnoj praksi mogu primjenjivati i u našim uvjetima.

Ako se u analizu prometnoga opterećenja uključi i struktura prometnoga toka, a što je nužno, koja nije stalna ni u prostoru ni u vremenu, ispravno tretiranje prometnih tokova postaje još kompleksnije. Utjecaj pojedinih vrsta vozila i različitih struktura prometnoga toka drugačiji je u različitim konfiguracijama cestovne mreže i zbog svoje je složenosti izvan analize u ovome radu. Kao primjer, promjena strukture toka u različitim razdobljima promatranja na izabranim lokacijama prikazana je u tablici 4. promjenom sudjelovanja lakog i teškog prometa na godišnjoj razini (u PGDP-u) i u ljetnom razdoblju (u PLDP-u).

Tablica 4. Promjene strukture prometnoga toka na godišnjoj razini i u ljetnom razdoblju na lokacijama Jošan i Šenkovec

Lokacija	Laki promet		Teški promet	
	postotak PGDP-a	postotak PLDP-a	postotak PGDP-a	postotak PLDP-a
Jošan	90	96	10	4
Šenkovec	91	91	9	9

Za navedene primjere na lokaciji Jošan gdje su veća kolebanja vršnih satnih opterećenja, veće su i promjene sudjelovanja vrsta vozila koja čine laki odnosno teški promet u odnosu na PGDP i PLDP.

4 Primjena podataka o prometnom opterećenju cesta

U postojećem sustavu brojenja prometa na cestovnoj mreži Republike Hrvatske prometno je opterećenje povezano uz lokaciju brojenja, tj. presjek ceste. Kad se lokacija nalazi na prometno-tehnički homogenom odsječku, promet na lokaciji može se poistovjetiti s prometom uzduž odsječka ceste. Na dugačkim dionicama, kad odsječak ima važnije raskrižje ili je uzduž ceste izrazita promjena naseljenosti, količina prometa u presjeku ceste ne može se zbog svoje promjenljivosti pridružiti dužem odsječku ili dionici ceste. Ti elementi prostorne raspodjele prometa, iako su važni u sustavnom planiranju cestovne mreže i gospodarenju ukupnim cestovnim prometnim sustavom, često se ne uzimaju u obzir, pa se čak ispuštaju i pri izradi temeljnih programa građenja i održavanja javnih cesta.

U procesu planiranja i projektiranja cesta bitno je odrediti vrstu i pravodobnost zahvata u mreži. U našoj se praksi donošenje odluka vrlo često ne temelji na prometnim parametrima, a kad se temelji uzima se gotovo isključivo samo prometno opterećenje, izraženo PGDP-om i PLDP-om, za koje je i ova analiza dokazala da, iako su nužni, nisu i dovoljni [3, 4, 8, 9].

Neravnomjernost prometnog opterećenja dolazi još više do izražaja u sustavu kontrole i upravljanja prometnim tokovima u mreži. Analize prometnog opterećenja mreže u prostoru i vremenu na temelju podataka iz proteklih razdoblja podloga su za izgradnju sustava. Utvrđene zakonitosti oplemenjene najnovijim podacima, koji se uz sadašnji tehnički i tehnološki stupanj razvoja mogu dobiti trenutno i stalno, omogućuju brzo i prometno-tehnički najbolje rješenje prometne situacije u cestovnoj mreži. Štoviše, pravodobnom procjenom stanja prometnih tokova u mreži mogu se izbjeći konfliktne situacije i postići racionalna iskorištenost sustava [10].

Suvremeni pristup koncepciji propusne moći cesta u širem smislu sugerira istraživanje lokalnih uvjeta odvijanja prometa, što vodi utvrđivanju lokalnih zakonitosti i u konačnici razinama propusne moći različitih vrsta cesta [4, 8, 9]. Kako su područja velikih protoka posebno važ-

na pri planiranju i projektiranju cesta, ali i pri regulaciji i kontroli prometa, potrebno je na terenu utvrditi stvarne uvjete odvijanja prometa, uzimajući u obzir lokalne zakonitosti ili te uvjete za planiranu cestu procijeniti [11, 12, 13].

Potpuna informacija o stvarnome stanju prometnoga toka na cestama ne može se dobiti bez analize odnosa između fundamentalnih varijabli prometnoga toka: protoka, brzine toka i gustoće toka, koje zajedno definiraju stvarne uvjete toka prometa [4, 9, 11, 12, 13], ali to je zbog kompleksnosti predmetom posebne analize.

5 Zaključak

Suvremeno planiranje i projektiranje cesta, kao i ukupno gospodarenje cestovnim prometnim sustavom, temelji se na realnim podacima o prometu na cestama. Suprotno stručnim stajalištima u razvijenom svijetu, u našim se uvjetima odluke često donose ne uzimajući u obzir osnovnu namjenu cesta, a ta je da kvalitetno, sigurno i gospodarski opravdano zadovolje prometnu potražnju. Od niza ključnih prometnih elemenata još uvijek se najčešće primjenjuje samo podatak o prometnom opterećenju izražen PGDP-om ili PLDP-om, zaboravljajući pritom da promet nije stalan ni u vremenu, ni u prostoru. Čak se i u nekim temeljnim planskim dokumentima ponekad ne uzimaju u obzir neki temeljni postulati teorije prometnih tokova.

Obradom podataka o prometnom opterećenju na karakterističnim lokacijama i usporedbom rezultata s inozemnim spoznajama dokazano je da se zakonitosti prometnog opterećenja utvrđene u bogatoj inozemnoj stručnoj praksi mogu primjenjivati i u našim uvjetima.

Postojeći sustav praćenja prometa u Republici Hrvatskoj samo djelomično zadovoljava suvremene potrebe. Osim što mora ispuniti prometno-tehničke zahtjeve, također mora zbog jedinstvenosti sustava ukupnu cestovnu mrežu obuhvatiti kao cjelinu, što se sada ne primjenjuje. Stalni razvoj novih tehničkih i tehnoloških rješenja u praćenju i analiziranju prometa, uz primjereni organizacijski ustroj i s odgovarajućim stručnim kadrovima, stvara jednu od ključnih pretpostavki za racionalno gospodarenje cestovnim prometnim sustavom.

LITERATURA

- [1] Hrvatske ceste d.o.o.: *Brojenje prometa na cestama Republike Hrvatske*, Zagreb, 2002.
- [2] Rožić, P.; Herak, M.: *Obrada podataka brojenja prometa automatskim brojilima prometa*, SIZ za ceste Hrvatske, Zagreb, 1980.
- [3] Rožić, P.: *Istraživanje parametara prometnog toka na dvotračnim cestama*, magistarski rad, Fakultet građevinskih znanosti Sveučilišta u Zagrebu, 1987.
- [4] Rožić, P.: *Propusna moć dvotračnih dvosmjernih cesta u našim uvjetima*, disertacija, FAGG, Univerza Edvarda Kardelja v Ljubljani, 1989.
- [5] Institute of Traffic Engineers: *An Introduction to Highway Transportation Engineering*, Washington, D.C., 1968.
- [6] Highway Research Board, National Research Council: *Highway Capacity Manual, Special Report 87*, Washington, D.C., 1965.

-
- [7] Matson, T. M.; Smith, W. S.; Hurd, F. W.: *Traffic Engineering*, McGraw-Hill, New York, 1955.
- [8] Rožić, P.: *Traffic Capacity Research and Issues in Yugoslavia*, The World Bank Seminar, The World Bank, Washington, D.C., 1991.
- [9] Rožić, P.: *Capacity of Two-Lane, Two-Way Rural Highways: The New Approach*, Transportation Research Record 1365, TRB, National Research Council, National Academy Press, Washington, D.C., 1992, str. 19.-29.
- [10] Transportation Research Board, National Research Council: *Better Use of Existing Transportation Facilities*, Washington, D.C., 1975.
- [11] Rožić, P.: *Dinamika promjena fundamentalnih varijabli prometnoga toka*, Građevinar, Vol. 45, No. 1, Zagreb, 1993., str. 13.-42.
- [12] Rožić, P.: *Mjerenje i klasifikacija prometnih tokova na dvotračnim ruralnim cestama*, I. Hrvatski kongres o cestama, Opatija, 1995, str. 106.-116.
- [13] Rožić, P. (1999): *Mjerenje prometnih tokova pri visokim protocima*, Građevinar, Vol. 51, No. 10, Zagreb, 1999., str. 637.-644.
-