

Preglednost cestovnih raskrižja u razini

Dražen Cvitanić, Ana Vujasinović, Tatjana Stazić

Ključne riječi

cestovno raskrižje u razini, preglednost, sigurnost prometa, skretanje, propisi u RH, propisi u SAD-u

Key words

at-grade intersection, sight distance, traffic safety, turning, Croatian regulations, USA regulations

Mots clés

carrefour à niveau, distance de visibilité, sécurité routière, action tournante, règlements croates, règlements des Etats-Unis

Ключевые слова

дорожный одноуровневый перекресток, обзорность, безопасность движения, поворот, правила в РХ, правила в США

Schlüsselworte

plangleiche Strassenkreuzung, Übersichtlichkeit, Verkehrssicherheit, Einbiegen, Vorschriften in der RK, Vorschriften in den US

D. Cvitanić, A. Vujasinović, T. Stazić

Pregledni rad

Preglednost cestovnih raskrižja u razini

Obrađuje se problematika preglednosti na cestovnim raskrižjima u razini. Na raskrižjima su naglašeni problemi sigurnosti prometa, pri čemu je preglednost jedan od najvažnijih zahtjeva za dobar projekt raskrižja. U članku su opisani utjecaji na preglednost raskrižja i načini određivanja potrebne preglednosti koji se primjenjuju u RH i SAD-u. Uspoređeni su propisi pri čemu su istaknuti nedostaci hrvatskih propisa u pogledu potrebne preglednosti za manevre skretanja u glavni tok.

D. Cvitanić, A. Vujasinović, T. Stazić

Subject review

Sight distance at at-grade intersections

The issue of sight distance at at-grade road intersections is analyzed. Traffic safety problems are quite pronounced at road intersections, and the sight distance is considered as one of the most important requirements for definition of a good-quality intersection design. Various influences on sight distance at road intersections are described, and methods used in Croatia and the USA to define the necessary sight distance are presented. Relevant regulations are compared, and shortcomings of Croatian regulations, namely sight distance for turning manoeuvre to access the main flow of traffic, are presented.

D. Cvitanić, A. Vujasinović, T. Stazić

Ouvrage de synthèse

Distance de visibilité aux carrefours à niveau

La question de distance de visibilité aux carrefours à niveau est analysée. Les problèmes de sécurité routière sont très prononcés aux carrefours, et la distance de visibilité est considérée comme une des exigences les plus importantes pour la préparation des études de carrefour de qualité élevée. Les facteurs d'importance pour la distance de visibilité aux carrefours sont décrits, et les méthodes utilisées en Croatie et aux Etats-Unis pour définir la distance de visibilité requise sont présentées. Les règlements appropriés sont comparés, et les désavantages des règlements croates, surtout la distance de visibilité pour la manœuvre tournante pour gagner le flux de trafic principal, sont présentés.

Д. Цвитанич, А. Вуясинович, Т. Стазиц

Обзорная работа

Обзорность на дорожных одноуровневых перекрестках

Рассматривается проблематика обзорности на дорожных одноуровневых перекрестках. На перекрестках проблемы безопасности движения стоят особо остро, при чем обзорность является одним из важнейших требований для разработки хорошего проекта перекрестка. В статье описываются факторы, влияющие на обзорность перекрестка, способы определения необходимой обзорности, применяемые в РХ и США. Приведено сравнение правил, указаны недостатки правил, действующих в Хорватии, касающихся необходимой обзорности при поворотных маневрах в основной поток.

D. Cvitanić, A. Vujasinović, T. Stazić

Übersichtsarbeit

Übersichtlichkeit der plangleichen Strassenkreuzungen

Man bearbeitet die Problematik der Übersichtlichkeit plangleicher Strassenkreuzungen. An den Strassenkreuzungen sind die Probleme der Verkehrssicherheit betont, wobei die Übersichtlichkeit eine der wichtigsten Forderungen an den guten Entwurf der Kreuzung ist. Im Artikel beschreibt man die Einflüsse auf die Übersichtlichkeit der Kreuzung sowie die Arten der Bestimmung der nötigen Übersichtlichkeit die in der RK und den USA angewendet werden. Die Vorschriften sind verglichen wobei die Mängel der kroatischen Vorschriften betreffend die nötige Übersichtlichkeit für die Manöver des Einbiegens in die Hauptstrasse hervorgehoben sind.

Autori: Dr. sc. **Dražen Cvitanić**, dipl. ing. grad.; **Ana Vujasinović**, bacc.ing. aedif.; mr. sc. **Tatjana Stazić**, dipl. ing. grad., Sveučilište u Splitu, Građevinsko-arhitektonski fakultet, Split

1 Uvod

Na svakom raskrižju postoji mnogo konfliktnih točaka, odnosno mogućnosti za sudar. Vjerojatnost pojave sudara može se smanjiti osiguranjem potrebne preglednosti i prikladnom regulacijom prometa. Osiguranje zaustavne preglednosti duž ceste je nužan, ali ne i dovoljan preduvjet za sigurno funkcioniranje raskrižja. Zaustavna preglednost, koju je prema Pravilniku [1] obvezno osigurati na svim dijelovima ceste, osigurava vozilu koje se kreće računskom (ili dozvoljenom) brzinom da se može zaustaviti prije mjesta gdje se nalazi prepreka. Važno je istaknuti da prema [1] računska brzina može biti veća od projektne brzine, ali najveća vrijednost računске brzine ne smije biti veća od zakonom dopuštene brzine za određenu kategoriju ceste. Preglednost ovisi o visini oka vozača i prepreke iznad površine kolnika te o uvjetima na cesti (horizontalne i vertikalne krivine, objekti uz cestu).

Na raskrižjima je, zbog brojnih konfliktnih točaka, potrebno osigurati veću duljinu preglednosti od zaustavne. Vozač koji prilazi raskrižju treba imati pregled cijelog raskrižja uključujući i uređaje za regulaciju prometa, te dovoljnu preglednost da može uočiti vozila u glavnom toku i odabrati trenutak kada će se sigurno uključiti u tok. Potrebna je preglednost povezana s brzinom vozila i udaljenosti koju prijeđe vozilo tijekom vremena uočavanja, reakcije i kočenja. Ako je preglednost na glavnoj cesti jednaka zaustavnoj duljini tada vozač ima dovoljno vremena da izbjegne sudar, ali se za navedeni slučaj vozilo na glavnoj cesti mora zaustaviti ili barem znatno usporiti da bi moglo pratiti kretanje vozila na sporednoj cesti, što nije poželjno. Stoga je na raskrižju potrebno osigurati veće duljine preglednosti od zaustavne duljine.

Radi ostvarenja dostatne preglednosti pri projektiranju priključaka i raskrižja treba imati na umu sljedeće činjenice [2]:

- Vozaču koji skreće ulijevo potrebno je više vremena da pogleda u oba smjera i ustanovi uvjete za sigurno izvršenje manevra, nego vozaču koji skreće udesno i mora pogledati samo u jednom smjeru.
- Veća duljina preglednosti potrebna je kod višetrakčnih cesta u odnosu na dvotračne.
- Vozač mora vidjeti veći dio vozila koje se približava da bi mogao procijeniti njegovu brzinu i udaljenost te na osnovi toga odabrati prikladni vremenski interval u glavnom toku potreban za izvršenje odgovarajućeg manevra.
- Procjena trajanja vremenskih intervala između prolazaka vozila u prioritetnom toku postaje teža s povećanjem brzine.
- Starijim vozačima potreban je dulji interval za sigurno uključivanje.

- Smanjenje kuta križanja cesta ispod 60° znatno povećava složenost manevra kretanja iz sporednog smjera, prijedenu udaljenost i vrijeme potrebno za sigurno njegovo izvršenje.
- Vozačima vozila na cesti s prednošću prolaska treba određeno vrijeme (reakcije) kako bi zakočili ili izbjegli vozilo koje se uključuje u tok. To se vrijeme povećava s povećanjem gustoće priključaka na cestu.

2 Određivanje duljine preglednosti na raskrižju

Manevar uključivanja u promet glavne ceste podrazumijeva jednu od sljedećih triju radnji:

- 1) skretanje udesno
- 2) skretanje ulijevo
- 3) prijelaz preko ceste

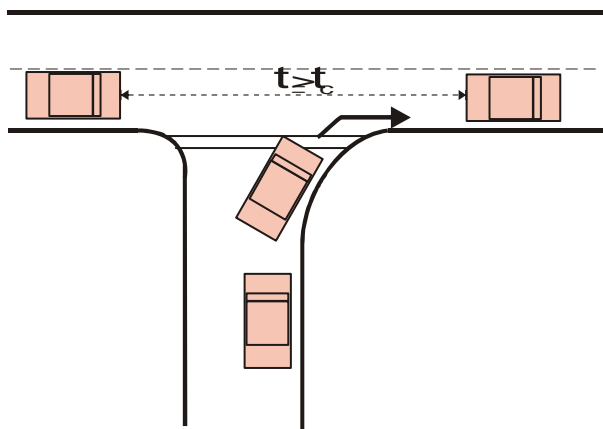
Potrebna preglednost ovisi o vrsti manevra, načinu regulacije i brzini prometa. Pri određivanju preglednosti mora se pretpostaviti položaj vozila na sporednoj cesti. Svi pristupi na ceste većeg značenja označeni su znakom koji nalaže vozaču da prednost ustupi vozilima u glavnom toku bez obzira na to je li to znak obveznog zaustavljanja ili znak nailaska na raskrižje s cestom s prednošću prolaska.

Znak «križanje s cestom s prednošću prolaska» trebao bi biti postavljen na raskrižjima gdje postoji preglednost koja jamči sigurnost za uključivanje s vozilom u pokretu, dok bi znak «obvezno zaustavljanje» trebao biti postavljen na raskrižjima na kojima takvi povoljni uvjeti ne postoje.

Važno je istaknuti da svaki manevr skretanja zahtijeva određeno vrijeme potrebno za uočavanje konfliktnih vozila, odluku o prihvaćanju ili neprihvaćanju vremenskog intervala između prolazaka vozila u glavnom toku te poduzimanje same radnje skretanja. Vozaču koji skreće ulijevo treba više vremena nego onome koji skreće udesno. Vozač koji skreće ulijevo ili presijeca cestu mora pogledati na lijevu i desnu stranu radi procjene prikladnosti vremenskog intervala za izvršenje manevra i to obično: pogled ulijevo, pogled udesno i zatim opet ulijevo. Okretanje glave i fokusiranje traje oko 1,5 sekunde, pa je stoga vrijeme uočavanja i reakcije vozača koji skreće lijevo dulje od vremena za skretanje desno. Ipak, u nekim slučajevima vozač koji skreće desno treba imati dovoljno vremena da provjeri nailazak vozila ne samo s lijeve nego i s desne strane da bi uočio vozilo iz suprotnog smjera koje pretječe sporije vozilo ispred sebe. Ova je situacija uobičajena i može biti uzrokom prometnih nesreća. U nastavku su ukratko prikazana istraživanja prihvatljivih vremenskih intervala potrebnih za uključivanje vozila sa sporednog u glavni tok.

2.1 Prihvatljivi vremenski intervali

Za opisivanje ponašanja vozača pri uključivanju u glavni tok rabi se koncept prihvaćanja vremenskih intervala koji je shematski prikazan na slici 1. Koncept se zasniva na pretpostavci da će se vozač uključiti u glavni tok ako je vremenski interval između prolazaka dvaju uzastopnih vozila u glavnom toku veći od tzv. „kritičnoga vremenskog intervala“. Kritični vremenski interval t_c definira se kao minimalni vremenski razmak među vozilima na glavnoj cesti koji omogućuje uključivanje u promet *jednog* vozila sa sporedne ceste. Pretpostavlja se da će vozač izbjegnuti svaki interval kraći od kritičnog, a prihvatiti veći.



Slika 1. Osnovni koncept prihvaćanja vremenskih intervala

Navedeni je koncept prije svega razvijen i ima primjenu u modelima za proračun kapaciteta raskrižja.

U tablici 1. prikazani su vremenski intervali koji se rabe pri proračunu duljina preglednosti prema smjernicama SAD-a, tzv. *The Greenbook* [3].

U tablici 2. prikazane su vrijednosti kritičnih vremenskih intervala koji se rabe za proračun kapaciteta raskrižja prema [4].

Tablica 1. Vremenski intervali (s) koji se rabe pri proračunu preglednosti

Manevar	Vremenski intervali (s)		
	Osobno vozilo	Teretno vozilo	Teretno + priključno vozilo
skretanje ulijevo*	7,5	9,5	11,5
skretanje udesno*	6,5	8,5	10,5
prijelaz *	6,5	8,5	10,5
skretanje ulijevo s glavne ceste	5,5	6,5	7,5

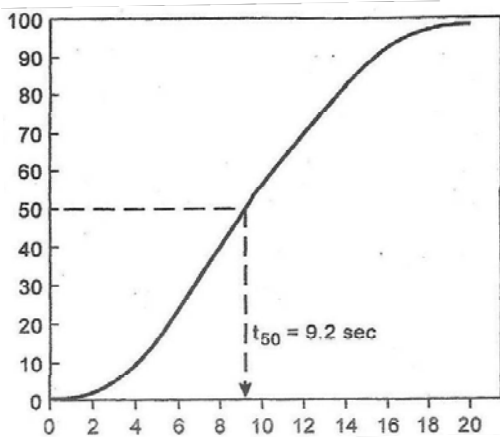
* s ceste sa znakom STOP na dvotračnu glavnu cestu

Tablica 2. Kritični vremenski intervali (s) koji se rabe pri proračunu kapaciteta

Manevar	Računska brzina na glavnoj cesti v_g			
	48 km/h		88 km/h	
	broj trakova		broj trakova	
	2	4	2	4
kritični vremenski intervali (s)				
skretanje ulijevo	6,5	7,0	8,0	8,5
skretanje udesno	5,5	5,5	6,5	6,5
križanje	6,0	6,5	7,5	8,0
skretanje ulijevo s glavne ceste	5,0	5,5	5,5	6,0

Vremenski intervali potrebni za osiguranje preglednosti (tablica 1.) neznatno su veći od kritičnih vremenskih intervala koji se rabe za proračun kapaciteta (tablica 2.), što mnogi smatraju nedovoljnim za siguran tok prometa. Naime, kritični vremenski intervali predstavljaju prosječne vrijednosti prihvaćenih vremenskih intervala i namijenjeni su proračunu kapaciteta raskrižja, a ne za dimenzioniranje elemenata ceste. Pri izboru elemenata ceste uobičajena je praksa da se dimenzionira na temelju 85 % vrijednosti razdiobe karakteristika vozača (u konkretnom slučaju to bi značilo da za samo 15 % vozača projektna vrijednost vremenskog intervala ne bi bila dovoljna za sigurno uključivanje u glavni tok). Prema istraživanjima prikazanim u [5] utvrđeno je da se vrijednosti kritičnih vremenskih intervala u RH neznatno razlikuju od onih u SAD-u (do 4 %).

Nadalje, novija istraživanja [6] pokazuju da vrijednost mediana prihvaćenih vremenskih intervala za skretanje ulijevo iznosi 9,2 sekunde (50 % vozača prihvatilo je kraći, a 50 % dulji interval). U usporedbi s vrijednostima iz tablice 1. gdje prosječni prihvaćeni interval iznosi 7,5 sekundi, iz dijagrama na slici 2. vidi se da je taj interval prihvatilo 35 % vozača (prihvaćaju taj ili kraći interval)! Može se pretpostaviti da za mnoge od 65 % vozača nije dovoljno 7,5 sekundi da sa sigurnošću izvrše skretanje ulijevo. Problem je uzrokovan time što se vrijednost kritičnog intervala utvrđuje za potrebe procjene kapaciteta raskrižja (gdje je logično upotrijebiti prosječnu vrijednost), a ne za potrebe projektiranja elemenata cestovne mreže koji se dimenzioniraju prema psihofizičkim mogućnostima većine vozača (85 %). Za skretanje udesno vrijednost mediana je 6,5 sekundi, kao i prosječna vrijednost prema [3].



Slika 2. Raspodjela prihvaćenih vremenskih intervala za lijevo skretanje [6]

Radi razjašnjenja posljedica prihvaćanja kratkih vremenskih intervala zbog nedovoljne preglednosti navodi se primjer, prema [2], nastanka razlike brzina između vozila koje skreće (početnom brzinom od 0 km/h) i vozila u glavnom toku u ovisnosti o vrijednosti njegova usporavanja. Npr. vozilo iz sporednog smjera koje prihvati vremenski interval od 7 sekundi, nakon vremena reakcije od 2 sekunde ima 5 sekundi za ubrzavanje prihvatljivom (projektom) vrijednošću od 1,5 m/s² te postigne brzinu od 27 km/h odnosno uzrokuje razliku brzina od 38 km/h za cestu s računskom brzinom od 65 km/h. Za to vrijeme vozilo iz glavnog smjera nakon vremena reakcije od 1,5 sekunde morat će usporiti s (neprihvatljivih) 6,4 m/s² da bi se izbjegao sudar. S obzirom na navedeno može se zaključiti da će upotreba vremenskih intervala iz tablice 1. rezultirati neprihvatljivim vrijednostima razlike brzina i usporenja vozila iz glavnog toka za dionice cesta s računskom brzinom većom od 50 km/h.

Tablica 3. Vremenski intervali potrebni za prihvatljivo usporavanje

Brzina glavnog toka (km/h)	Vremenski intervali (s)
30	4
50	5
65	6
80	7
95	8

Napomene uz tablicu 3.:

- 1) Nisu uključene vrijednosti vremena reakcije za lijeva i desna skretanja
- 2) U proračun se može ući sa sljedećim vrijednostima: vrijeme reakcije od 1,5 sekunde za vozila u glavnom toku, od 2 do 3 sekunde za desna skretanja ovisno o brzini glavnog toka, od 2,5 do 5 sekundi za lijeva skretanja ovisno o brzini i intenzitetu glavnog toka

Prihvatljive vrijednosti razlike brzina dobivene su istraživanjima [7] o vozilima koja su sudjelovala u sudaru s obzirom na razliku njihove brzine u odnosu na prosječnu brzinu toka. Istraživanja su pokazala da se vjerojatnost sudjelovanja u sudaru eksponencijalno povećava

kada se razlika brzina poveća iznad 15 km/h. Za određivanje duljina preglednosti koje će omogućiti sigurno uključivanje većini vozača preporučuje se, prema [2], primjena vremenskih intervala prikazanih u tablici 3. Ti vremenski intervali rezultirat će prihvatljivim vrijednostima usporavanja od 3 m/s².

2.2 Određivanje duljine preglednosti

2.2.1 Preglednost glavnog smjera

S obzirom na razlike u prihvaćanju vremenskih intervala za različite manevre i prometne uvjete, opći postupak za izračun preglednosti uzduž glavne ceste može se opisati u 4 koraka:

1. određivanje vremena uočavanja i reakcije ovisno o manevru koji treba izvršiti, brzini, intenzitetu prometa i broju trakova koje treba prijeći
2. određivanje vremena koje će omogućiti vozilu da se uključi u glavni tok bez ometanja prometa
3. određivanje ukupno potrebnoga vremenskog intervala t_g kao zbroja vremena uočavanja i reakcije (korak 1.) i vremena za izvršenje manevra (2.)
4. proračun duljine preglednosti duž glavne ceste P_g :

$$P_g = 0,278 \times V_{gl} \times t_g \tag{1}$$

gdje je:

V_{gl} - računaska brzina glavne ceste (km/h)

t_g - vremenski interval potreban za uključivanje ili prijelaz ceste (s)

2.2.2 Preglednost sporednog smjera

Duljina preglednosti duž sporedne ceste ovisi o načinu regulacije raskrižja i manevru skretanja. Vozač na sporednoj cesti mora pravovremeno uočiti vozila koja nailaze glavnom cestom te sigurno izvesti manevar uključivanja u promet ili presijecanja toka. U idealnim uvjetima vozač bi morao imati neometan pogled na cijelu površinu kolnika u duljini potrebne preglednosti. Minimalni je uvjet pak taj da se omogući vozaču da vidi dovoljan dio nadolazećeg vozila kako bi sa sigurnošću mogao procijeniti njegovu brzinu i udaljenost te da u skladu s time odabere prikladni vremenski interval za izvršenje manevra. Preporučljivo je da se priključici na glavne ceste izvedu tako da s visine oka vozača od 1 m iznad površine kolnika omogućavaju vidljivost objekta visine veće od 15 cm. Potrebna preglednost priključka na glavnu cestu određena je elementima tzv. *trokuta preglednosti* (područje unutar kojeg se ne smiju nalaziti prepreke koje mogu spriječiti vozača da uoči konfliktna vozila). Trokutom preglednosti osigurava se nesmetan pogled na promet s obje strane glavne ceste. Preporučene vrijednosti elemenata trokuta preglednosti ovise o tipu regulacije prometa na raskrižju. U sljedećem je po-

glavljju dan kratak osvrt na propise u RH, a u poglavlju 4. dan je opis smjernica kojima se koriste u SAD-u.

3 Propisi u RH

U Republici Hrvatskoj ovu problematiku obrađuju norma HRN U.C4.O50 [8] iz 1990. godine te Smjernice za projektiranje raskrižja u naseljima sa stajališta sigurnosti prometa [9] iz 2004. godine. Norma HRN U.C4.O50 prikazuje postupak proračuna za osiguranje preglednosti za raskrižja s obveznim zaustavljanjem i raskrižja bez obveznog zaustavljanja s detaljnim objašnjenjem postupka. U smjericama [9] u poglavlju 6. *Osiguranje preglednosti* dane su vrijednosti duljina preglednosti na raskrižju koje se primjenjuju Švicarskoj prema [10] i Njemačkoj prema [11]. Navedene smjernice ne daju iscrpna objašnjenja nastanka vrijednosti duljina preglednosti koje se znatno razlikuju između švicarskih i njemačkih propisa, a ne daju ni preporuku koje vrijednosti valja rabiti u pojedinim slučajevima.

S obzirom na navedeno kao i na to da norma prema [12] predstavlja dokument donesen konsenzusom i odobren od priznatoga tijela, koji za opću i višekratnu uporabu daje pravila, upute ili značajke za djelatnosti ili njihove rezultate radi postizanja najboljeg stupnja urednosti u danome kontekstu te da bi se norme trebale temeljiti na provjerenim znanstvenim, tehničkim i iskustvenim rezultatima, i biti usmjerene promicanju najboljih prednosti za društvo, te bi se svi propisi, upute i smjernice trebali pozivati na neke norme, u nastavku članka dan je kratak prikaz HRN U.C4.O50, jedine norme u RH koja se bavi problematikom preglednosti površinskih raskrižja.

3.1 Raskrižja s obveznim zaustavljanjem

Prema HRN U.C4.O50 vozilo koje se kreće glavnom cestom mora biti vidljivo na takvoj udaljenosti da vozilo na sporednom pravcu može sigurno proći kroz raskrižje bez ometanja toka na glavnom pravcu (slika 3.).

Duljina prolaska raskrižjem "sporednog" vozila jest:

$$D = L_k + L_v \quad (2)$$

Uz pretpostavku da se vozilo zaustavi na STOP liniji te da prelazi raskrižje jednolikim ubrzanjem a_s , slijedi da je vrijeme prolaska raskrižjem

$$t_0 = \sqrt{\frac{2D}{a_s}} \quad (3)$$

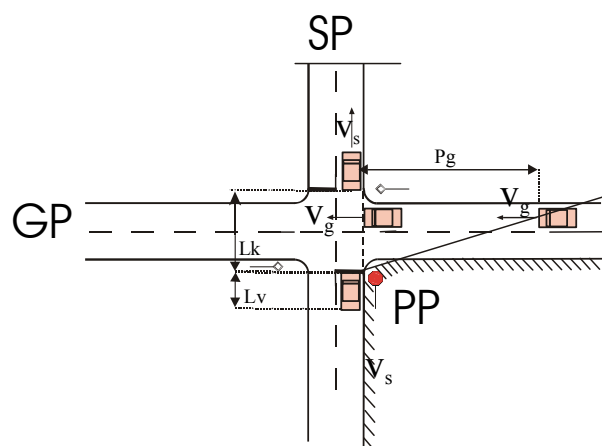
Ako se vremenu prolaska kroz raskrižje doda vrijeme reagiranja dobije se:

$$t_s = t_0 + t_r \quad (4)$$

Vozilo iz glavnog pravca u tom vremenu prolazi put P_g , odnosno mora biti osigurana duljina preglednosti:

$$P_g = v_g t_s = v_g \left(t_r + \sqrt{\frac{2D}{a_s}} \right) \quad (5)$$

Preporučena vrijednost ubrzanja za osobna vozila iznosi $a_s = 1,5 \text{ m/s}^2$, a vrijeme reakcije $t_r = 1,5$ sekundu.

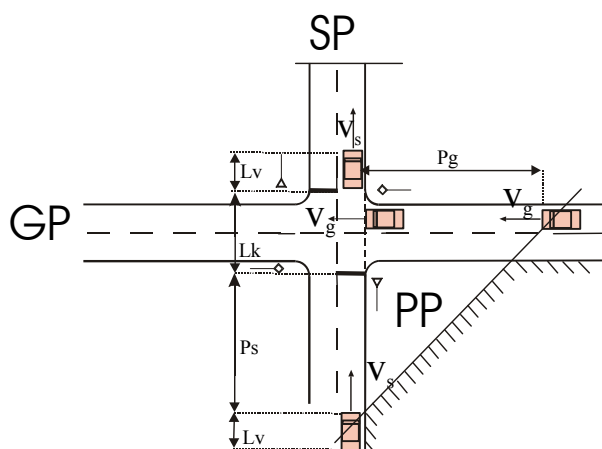


- V_g računsa brzina glavnog pravca
- L_v duljina vozila
- L_k duljina prelaza vozila preko zone raskrižja
- t_r vrijeme reagiranja
- t_s vrijeme prolaska raskrižjem sporednog vozila

Slika 3. Duljina preglednosti na raskrižju s obveznim zaustavljanjem

3.2 Raskrižje bez zaustavljanja

Potrebna preglednost u glavnom smjeru P_g uvjetovana je duljinom vožnje u vremenu t_s potrebnom sporednom vozilu da pređe duljinu preglednosti P_s , širinu raskrižja L_k i svoju duljinu L_v te na taj način oslobodi put kretanja vozilu s prednošću. Siguran manevar vozila iz sporednog smjera omogućen je kada je vozilo iz glavnog smjera dovoljno udaljeno da ga *sporedno* vozilo može pravovremeno uočiti i prema potrebi zakočiti (slika 4.), odnosno potrebna preglednost na sporednom pravcu jedna-



Slika 4. Duljina preglednosti na raskrižju bez zaustavljanja

ka je zaustavnoj duljini:

$$P_s = v_s \cdot t_r + \frac{v_s^2}{2g \cdot (f_t \pm i/100)} \quad (6)$$

Iz slike 4. može se uočiti da preglednost za vozila na glavnom pravcu mora zadovoljiti uvjet:

$$P_g > v_g \cdot t_s \quad (7)$$

Odnosno, potrebna preglednost na glavnom je pravcu:

$$P_g > \frac{v_g}{v_s} \left(v_s \cdot t_r + \frac{v_s^2}{2g \cdot f_t} + L_k + L_v \right) \quad (8)$$

gdje je:

v_g - računaska brzina glavnog pravca (m/s)

v_s - računaska brzina sporednog pravca (m/s)

f_t - koeficijentima tangencijalnog otpora trenja

Duljine preglednosti za vozila na sporednoj cesti (za $t_r = 1,5$ s i $L_v = 12$ m) prikazane su u tablici 4.

Tablica 4. Duljine preglednosti na sporednom pravcu

V_s (km/h)	30	40	50	60	70	80	90
P_s (m)	22	37	56	83	118	162	225

Iz kratkog prikaza predmetne norme može se uočiti nedostatak što ona ne analizira duljine preglednosti potrebne za manevre uključivanja u tok skretanjem ulijevo ili udesno, već daje samo duljine potrebne za manevar prelaska raskrižja. Zatim, na skicama iz HRN U.C4.O50, duljina L_k uzima se kao širina raskrižja + udaljenosti do mjesta zaustavljanja sporednog vozila na privozu i odvozu raskrižja. Duljina L_k ne bi trebala obuhvaćati odvozu udaljenost od raskrižja do STOP crte jer sporedno vozilo oslobađa put glavnom vozilu kad pređe rub kolnika glavne ceste na odvozu (u proračun je već uključena duljina vozila). Također je nedostatak što se kod raskrižja bez zaustavljanja u normi pri proračunu duljine preglednosti rabi računaska brzina sporedne ceste pri dolasku vozila na raskrižje što nije realna situacija (vozila usporavaju pri dolasku na raskrižje). Bilo bi bolje da se u tekstualnom dijelu vezanom za izračun preglednosti po izrazima (6) do (8) definira da se u proračunu rabe vrijednosti dopuštenih brzina prema znakovima prometne signalizacije umjesto korištenja računskih brzina sporednih cesta.

Navedeni su nedostaci posljedica neažuriranja novih spoznaja o prometu (postojeća norma je iz 1990. godine, a u njoj su upotrijebljeni stariji izvori iz vremena kada se nisu obavljala detaljna istraživanja o načinu odvijanja prometa na raskrižju). Pritom, zbog nedovoljnog ulaganja u primijenjena istraživanja u RH, izrađivači normi

bili su prisiljeni upotrebljavati smjernice nastale na temelju istraživanja u drugim europskim zemljama, a u kojima nisu detaljno opisani svi uvjeti nastanka pojedinih pravila, a to im je dodatno otežalo izradu.

U sljedećem poglavlju prikazane su smjernice koje se primjenjuju u SAD-u [3] jer one sadrže iznimno iscrpan opis uzroka nastanka pojedinih pravila i postupaka projektiranja.

4 Smjernice u SAD-u

Ovdje su prikazane smjernice prema tzv. *The Greenbook* [3] osnovnom priručniku za projektiranje cesta u SAD-u gdje se na više od 800 stranica opisuju nastanak i način primjene pravila za projektiranje cesta i ulica. Vrijednosti prikazane u tablicama odnose se na manevre uključivanja osobnog vozila u tok dvotračne ceste maloga uzdužnog nagiba. Za ostale slučajeve treba izvršiti prilagodbu (broj trakova, teretna vozila, nagibi).

4.1 Raskrižja s obveznim zaustavljanjem

Duljine preglednosti duž glavne ceste za raskrižja sa znakom STOP moraju biti veće od zaustavnog puta. Vozila se na sporednoj cesti mogu uključiti u tok u dovoljno velikim vremenskim intervalima između prolaska vozila u glavnom toku.

4.1.1 Lijevo skretanje

Za lijevo skretanje treba osigurati preglednost na lijevoj i desnoj strani. Mjesto odluke nalazi se na udaljenosti 4,4 m od ruba kolnika glavne ceste što je položaj oka vozača na sporednoj cesti. Istraživanja u SAD-u pokazuju da se vozači na sporednoj cesti zaustavljaju na oko 2,0 m od ruba kolnika glavne ceste. Prema [3] vremenski intervali prikazani u tablici 1. osiguravaju dovoljno vremena da vozilo sa sporedne ceste skrene lijevo bez znatnijeg ometanja prometa na glavnoj cesti. Preglednost u oba smjera glavne ceste treba biti jednaka prijeđenoj udaljenosti računskom brzinom glavne ceste tijekom vremenskog intervala potrebnog da se sporedno vozilo uključi u tok, a računa se prema izrazu (1) ($P_g = 0,278 \times V_g \times t_g$). To je isti izraz kao i u HRN U.C4.O50, ali ova norma analizira samo slučaj prolaska raskrižjem, a ne uzima u obzir vrijeme potrebno za skretanje. Vrijednosti u tablici 1. moraju se prilagoditi za prilaz sporedne ceste koji je u nagibu većem od 3 % (0,2 s za svaki postotak nagiba) i za veći broj trakova koji se mora prijeći (0,5 s za osobne automobile ili 0,7 s za kamione za svaki dodatni trak).

Projektne veličine duljine preglednosti za osobne automobile prikazane su u tablici 5.

Tablica 5. Duljina preglednosti glavnog pravca za lijevo skretanje

V_g (km/h)	Zaustavni put (m)	P_g (m)
30	35	65
40	50	85
50	65	105
60	85	130
70	105	150
80	130	170
90	160	190

Kako je navedeno u poglavlju 2., novija istraživanja [6] pokazala su da vrijednosti iz tablice 1. većini vozača nisu dovoljne za sigurno lijevo skretanje pa se prema [2] preporučuje izračunati duljine preglednosti prema podacima iz tablice 3.

4.1.2 Desno skretanje

Tablica 6. Duljina preglednosti glavnog pravca za desno skretanje

V_g (km/h)	P_g (m)
30	55
40	75
50	95
60	110
70	130
80	145
90	165

Preglednost za desno skretanje određuje se na isti način kao za lijevo skretanje osim što treba primijeniti odgovarajuće vremenske intervale (t_g) iz tablice 1. Duljine preglednosti za osobne automobile prikazane su u tablici 6.

4.1.3 Prijelaz preko ceste

Trokuti preglednosti za lijeva i desna skretanja na glavnu cestu osiguravaju dovoljnu preglednost - za prijelaz ceste.

4.2 Raskrižje bez obveznog zaustavljanja

Vozačima na sporednoj cesti omogućen je ulaz na glavnu cestu bez zaustavljanja ako nema konfliktnih vozila na glavnoj cesti. Na četverokrakim raskrižjima moraju se provjeriti dva prilazna trokuta preglednosti, jedan potreban za prijelaz preko ceste, drugi potreban za manevre skretanja lijevo i desno u glavni tok.

4.2.1 Prijelaz preko dvotračne ceste

Na raskrižjima bez obveznog zaustavljanja vozilo na sporednom putu mora imati toliku preglednost da može uočiti konfliktno vozilo u glavnom toku i sigurno se zaustaviti. Znači duljina preglednosti na sporednom pravcu računa se po izrazu za zaustavni put samo s malo drukčijim pretpostavkama vezano za brzinu kretanja. Naime, istraživanja pokazuju da vozila koja prilaze raskrižju

usporavaju na oko 60 % računске brzine sporedne ceste, čak i kad u glavnom toku nisu prisutna konfliktna vozila. Početno se usporavanje vrši po stopi od otprilike 1,5 m/s² i počinje prije nego što se uoče konfliktna vozila. Kočenje po većoj stopi počinje oko 2,5 sekundi (vrijeme reakcije) nakon što se uoči konfliktno vozilo koje prilazi raskrižju.

Duljine preglednosti duž sporedne ceste potrebne za siguran prijelaz ceste (odnosno zaustavljanje na raskrižju) osobnim vozilom prikazane su u tablici 7.

Tablica 7. Duljina preglednosti sporednog smjera za prelazak raskrižja

V_s (km/h)	Sporedna cesta		t_g (s)
	Preglednost P_s (m)	t_a (s)	
30	30	3,6	6,5
40	40	4	6,5
50	55	4,4	6,5
60	65	4,8	6,5
70	80	5,1	6,5
80	100	5,5	6,5
90	115	5,9	6,8

Vrijeme t_g računa se prema izrazu:

$$t_g = t_a + \frac{L_k + L_v}{0,167V_s} \quad (9)$$

gdje su:

L_k - širina prijelaza ceste (m)

L_v - duljina mjerodavnog vozila (m)

V_s - brzina na sporednom privozu (km/h).

Vrijednosti t_g prikazane u tablici 7. projektne su vrijednosti (izračunane vrijednosti zaokružene na veću vrijednost) i one moraju biti veće od vremenskog intervala potrebnog za prijelaz ceste na raskrižju s obveznim zaustavljanjem.

Tablica 8. Duljine preglednosti duž glavne ceste

Glavna cesta V_g (km/h)	Sporedna cesta V_s (km/h)		
	20	30-80	90
	Potrebna preglednost P_g (m)		
30	60	55	60
40	80	75	80
50	100	95	95
60	120	110	115
70	140	130	135
80	160	145	155
90	180	165	175

Duljina preglednosti na glavnoj cesti treba osigurati dovoljno vremena vozilu na sporednoj cesti da vozi od mjesta odluke dok usporava do 60 % računске brzine i tada prijeđe raskrižje s istom brzinom. Potrebne preglednosti duž glavne ceste računaju se prema izrazu (1) $P_g = 0,278 \times v_{g1} \times t_g$ za projektne vrijednosti vremenskih intervala t_g iz tablice 7. Predmetne duljine preglednosti prikazane su u tablici 8.

4.2.2. Lijevo i desno skretanje

Pretpostavlja se da potrebna duljina preglednosti duž sporedne ceste za lijeva i desna skretanja bez zaustavljanja iznosi 25 m te da vozači smanje brzinu na 16 km/h kad prilaze raskrižju. Duljina preglednosti duž glavne ceste slična je duljini potrebnoj na raskrižjima sa znakom STOP. Ipak, vremenski intervali prikazani u tablici 1. za navedene slučajeve trebaju se povećati za 0,5 sekunde. Ovo povećanje zasniva se na činjenici da vozilu treba oko 3,5 sekunde da dođe od točke odluke (25 m) od raskrižja. Ovo je dodatno vrijeme koje nije potrebno na raskrižju sa stop znakom, ali, s druge strane, vozilu treba manje vremena (oko 3 s) za ubrzanje do postizanja brzine glavnog toka.

4.2.3 Lijevo skretanje s glavne ceste

Skretanje ulijevo s glavne ceste zahtijeva preglednost dostatnu da vozač sa sigurnošću može odabrati pogodni vremenski interval u prometu vozila koja nailaze iz suprotnog smjera. Projektna preglednost temelji se na skretanju zaustavljenog vozila, a računa se prema izrazu (1) za vrijeme t_g prema tablici 1. Ako je osigurana zaustavna preglednost duž glavne i sporedne ceste, bit će osigurana preglednost i za lijevo skretanje s glavne ceste.

5 Usporedba propisa

5.1 Raskrižja bez zaustavljanja

U tablici 9. prikazane su duljine preglednosti na dvotračnoj cesti za osobno vozilo ($L_v = 5$ m) prema HRN U.C4.O50. Duljine preglednosti sporednog smjera navedene su za različite brzine sporednog toka, a duljine preglednosti duž glavnog smjera za razne brzine glavnog toka i brzi-

Tablica 9. Duljine preglednosti glavnog i sporednog smjera prema HRN U.C4.O50

V_s (km/h)	P_s (m)	V_g (km/h)	P_g (km/h)za $V_s=50$	P_g za $V_s= 40$	P_g za $V_s= 30$
30	22	50	75	70	69
40	37	60	90	84	83
50	56	70	105	97	97
60	83	80	120	111	111
70	118	90	135	125	124
80	162	100	150	139	138
90	225	110	165	153	152

Tablica 10. Duljine preglednosti glavnog i sporednog smjera prema [3]

Lijevo i desno skretanje iz sporednog smjera; na sporednom smjeru $P_s = 25$ m				Prijelaz preko ceste		
V_g (km/h)	P_g (m)	P_s (m)	V_g (km/h)	V_s (km/h)		
				20	30-80	90
				P_g (m)		
40	90	40	40	80	75	80
50	115	55	50	100	95	95
60	135	65	60	120	110	115
70	160	80	70	140	130	135
80	180	100	80	160	145	155
90	205	115	90	180	165	175

ne sporednog smjera od 30, 40 i 50 km/h. Pretpostavljeno vrijeme reakcije prema HRN U.C4.O50 iznosi 1,5 sekundi. U proračunima je pretpostavljena širina prijelaza raskrižja $L_k = 14$ m, a to se odnosi na prijelaz dvotračne ceste bez dodatnih trakova za lijevo skretanje i razdjelnog pojasa (2 traka \times 3,5 m, 2 rubna traka \times 0,5 m + 2 udaljenosti do stop crta \times 3 m).

U tablici 10. prikazane su duljine trokuta preglednosti za različite brzine i manevre skretanja prema smjernicama u SAD-u [3].

Usporedbom hrvatske norme i smjernica SAD-a uočava se da HRN U.C4.O50 ne uzima u obzir manevre skretanja, nego daje vrijednosti preglednosti samo za manevar prolaska vozila kroz raskrižje. Duljine preglednosti na sporednom su pravcu za manevar prelaska glavne ceste podjednake u oba pravilnika do brzine sporednog smjera od 50 km/h, a za veće brzine hrvatska norma daje znatno veću duljinu. Razlika je u tome što HRN U.C4.O50 u proračun ulazi s računskom brzinom na sporednoj cesti kod približavanja i prelaska raskrižja, a američke se smjernice temelje na istraživanjima koja pokazuju da vozila koja prilaze raskrižju usporavaju na oko 60 % od računске brzine sporedne ceste.

Drastične se razlike pojavljuju u duljinama preglednosti, u glavnom smjeru, potrebnim za manevre skretanja lije-

vo i desno u glavni tok. Hrvatska norma uopće ne predviđa ovaj slučaj. Po smjernicama SAD-a bi, primjerice, za brzinu glavnog toka od 70 km/h duljina preglednosti za osobno vozilo u glavnom smjeru iznosila 160 m za osobna vozila ili 195 m za teretna vozila bez obzira na računsku brzinu sporednog smjera, a po HRN U.C4.O50 za brzinu glavnog smjera od 70 km/h i sporednog od 50 km/h potrebno je osigurati duljinu preglednosti od samo 105 m za osobno vozilo odnosno 115 m za teretno vozilo duljine $L_v = 12$ m, što je oko 40 % manje nego u SAD-u.

Valja napomenuti da i suvremene norme nekih europskih zemalja uzimaju u obzir složenost pojedinih manevara skretanja pri proračunu duljina preglednosti pa se tako npr. u Švicarskoj prema [10] eksplicitno uzimaju u obzir manevari lijevog i desnog skretanja u prioritetni tok, dok se u Njemačkoj prema [11] računaju samo duljine preglednosti za prelazak ceste (nedovoljne za sigurno izvršavanje manevara lijevog skretanja). Izvadci iz navedenih inozemnih propisa dani su i u Smjernicama [9] iz 2004. godine.

Posljedica nedovoljne duljine preglednosti jest da vozač koji npr. skreće lijevo uopće ne zna koliki je vremenski interval do dolaska konfliktnog vozila, odnosno može li se sigurno uključiti u tok što rezultira nesigurnošću vozača i mogućim lošijim reakcijama od uobičajenih što opet za posljedicu može imati prometnu nesreću.

5.2 Raskrižja s obveznim zaustavljanjem

Duljine preglednosti prema HRN U.C4.O50 za prelazak raskrižja širine $L_k = 14,0$ m za mjerodavno osobno i teretno vozilo ($L_v = 12,0$ m) navedene su u tablici 11.

Tablica 11. Duljine preglednosti na glavnom pravcu po HRN U.C4.O50

V_g (km/h)	P_g (m) osobna	P_g (m) teretna
30	54	73
40	73	97
50	91	121
60	109	145
70	127	169
80	145	194
90	163	218

Duljine preglednosti duž glavnog pravca za prelazak ili desno skretanje osobnih vozila u dvotračnu cestu te za

LITERATURA

- [1] *Pravilnik o osnovnim uvjetima kojima javne ceste izvan naselja i njihovi elementi moraju udovoljavati sa stajališta sigurnosti prometa* (NN 110/01)
- [2] Stover, V. G.; Koepke, F.J.: *Transportation and Land development*, second edition, ITE 2002.

lijevo skretanje prema smjernicama SAD-a [3] dane su u tablici 12.

I ovdje se može uočiti da HRN U.C4.O50 ne uzima potrebno vrijeme za izvođenje manevara skretanja lijevo, ali vrijednosti nisu toliko manje od onih u smjernicama SAD-a u odnosu na raskrižja bez zaustavljanja. Tako npr. za brzinu toka od 80 km/h po HRN U.C4.O50 preglednost duž glavnog smjera za osobna vozila iznosi 145 m, a po smjernicama SAD-a za manevar lijevog skretanja preglednost iznosi 170 m što je razlika od oko 15 %. Za navedeni slučaj preglednost potrebna teretnim vozilima prema [3] iznosi 210 m (lijevo skretanje), a prema HRN U.C4.O50 194 m što je oko 10 % manja vrijednost.

Tablica 12. Duljine preglednosti na glavnom pravcu prema [3]

V_g (km/h)	P_g (m) za lijevo skretanje	P_g (m) za prijelaz ili skretanje desno
30	65	55
40	85	75
50	105	95
60	130	110
70	150	130
80	170	145
90	190	165

6 Zaključak

Na temelju provedene usporedbe može se zaključiti da vrijedeća hrvatska norma ne uzima u obzir potrebne duljine preglednosti za maneuvre skretanja lijevo i desno sa sporedne ceste u glavni tok, već daje samo preglednosti potrebne za prelazak ceste. Kako su duljine preglednosti za maneuvre skretanja znatno veće od duljina preglednosti za prolazak raskrižjem, upotrebom norme HRN U.C4.O50 ne osigurava se siguran tok prometa u zoni raskrižja, osobito za slučaj raskrižja bez obveznog zaustavljanja. Zbog navedenog problema uzrokovanog zastarjelosti i nedorečenosti normi preporučljiva je njihova revizija i nadopuna pri čemu je nužno prethodno detaljno istraživanje. Do tada se može preporučiti upotreba švicarskih normi [10] čiji su izvadci vezani za preglednost raskrižja dani u Smjernicama za projektiranje raskrižja u naseljima sa stajališta sigurnosti prometa [9] iz 2004. godine.

- [3] *A Policy on Geometric Design of Highways and Streets*, fourth edition, AASHTO, 2001.

- [4] *Traffic Engineering Handbook*, fifth edition, ITE, 1999.

- [5] Cvitanić, D.; Breški, D.; Vidak, B.: [Review, testing and validation of capacity and delay models at unsignalized intersections](#), *Promet, Traffic & Transportation*, 19 (2007), 2; 71-82.
- [6] Harwood, D.W. et al: *Intersection Sight Distance*, NCHRP Report 383, Transportation Research Board, Washington, D.C., 1996.
- [7] Solomon, D.: *Accidents on main rural highways related to speed, Driver and Vehicle*, Washington, DC, Bureau of Public roads, 1964.
- [8] HRN U.C4.O50 *Površinski čvorovi*, 1990.
- [9] Smjernice za projektiranje raskrižja u naseljima sa stajališta sigurnosti prometa FPZ i PGZ/HC, 2004.
- [10] Knoten in einer Ebene (ohne Kreisverkehr) (1999). SN 640 262, FSS, Zürich.
- [11] Richtlinien für die Anlage von Strassen, Teil: Knotenpunkte (RAL-K), Abschnitt 1-Plangleiche Knotenpunkte (RAS-K-1) (1998). FSV, Bonn-Bad Godesberg.
- [12] HRN EN 45020:2004, *Normizacija i srodne djelatnosti – Rječnik općih naziva* (ISO/IEC Upute 2:1996; EN 45020:1998).