



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI



prof. dr. sc. **Ljupko Šimunović**

Mario Ćosić, dipl. ing. prom.

NEMOTORIZIRANI PROMET



Zagreb, 2015.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

prof. dr. sc. Ljupko Šimunović

Mario Čosić, dipl. ing. prom.

ISBN: 978-953-243-074-5

ZAGREB, 2015.

NAKLADNIK: Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti
Vukelićeva 4, 10000 Zagreb

ZA NAKLADNIKA Dekan Fakulteta prometnih znanosti
prof. dr. sc. Hrvoje Gold

AUTORI: prof. dr. sc. Ljupko Šimunović
Mario Čosić, dipl. ing. prom.

RECENZENTI: prof. dr. sc. Davor Brčić
dr. sc. Marko Slavulj

LEKTURA: Ljupka Đurić, prof.

TEHNIČKA OBRADA I PRILOZI: Mario Čosić, dipl. ing. prom.

Predgovor

Nemotorizirani se promet u posljednje vrijeme sve više aktualizira iako je dugo vremena bio potisnut na marginu, tako da „službene vlasti“ nisu imale potrebe, a ni sluga za rješavanje ove problematike. U školama i na fakultetima nemotorizirani se promet izučava integralno u sastavu raznih kolegija. Nije se ozbiljno shvaćao niti se tako odnosilo prema njemu sve do pojavljivanja direktiva iz EU-a (Bijela knjiga, Zelena knjiga). Zato se i ne treba čuditi što se „obični ljudi“ iznenade kada netko pokaže zanimanje za pješake ili za biciklizam.

Pješačenje i biciklizam još uvijek nemaju odgovarajuće mjesto u prometu, dok su osobni automobili „simbolom modernoga vremena i višega društvenoga statusa ljudi“. Kaže se kako je „snaga pješaka u prometu jednaka snazi pješaka u šahu“. Ovakav je stav društva, ali i struke, prema nemotoriziranom prometu potaknuo autore na uvođenje kolegija Nemotorizirani promet na Fakultetu prometnih znanosti te na pisanje nastavnoga materijala o nemotoriziranom prometu. Dodatnim su objektivnim povodom sustavnom istraživanju nemotoriziranoga prometa bili:

- nedovoljna istraženost ovoga područja
- nedovoljna zastupljenost problematike nemotoriziranoga prometa u prometnim studijama (iako je udio pješačenja i vožnja biciklom u modalnoj razdiobi nekih zemalja gotovo 50 %)
- narasli prometni problemi u gradovima prouzročeni motornim vozilima sve više aktualiziraju nemotorizirani promet
- pješačenje i biciklizam preporučuju se kao značajno sredstvo smanjenja zagađenja okoliša, buke, gužva u prometu i potrošnje fosilnih goriva.

Nastavni materijal obuhvaća pješački promet, biciklistički promet i ostale načine nemotoriziranoga prometa. U pripremi je i u pisanju građe korištena literatura domaćih i stranih autora te postojeći propisi i upute. Navedena će literatura biti korisna studentima, ali i svima zainteresiranim za probleme nemotoriziranoga prometa.

U Zagrebu 2015. godine

Autori

SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. PJEŠAČKI PROMET.....	3
2.1. OSOBITOSTI PJEŠAČKOGA PROMETA.....	3
2.1.1. ANALIZA UDJELA PJEŠAČENJA U UKUPNOM PROMETU – MODAL SPLIT	3
2.1.2. DULJINE PJEŠAČENJA	7
2.2. PJEŠAK U PROMETU I U TRANSPORTU	9
2.3. ANTROPOMETRIJSKE OSOBINE PJEŠAKA.....	13
2.3.1. TJELESNE PROPORCIJE PJEŠAKA: VISINA, ŠIRINA RAMENA I DUBINA PRSNOGA KOŠA.....	13
2.3.2. TLOCRT LJUDSKOGA TIJELA (BODY ELLIPSE)	16
2.3.3. ZAŠTITNA ZONA (BODY BUFFER ZONE).....	20
2.4. PROMETNI I SLOBODNI PROFIL	21
2.5. PJEŠAČENJE	23
2.5.1. KLASIFIKACIJA PJEŠAČENJA	23
2.5.2. BIOMEHANIKA PJEŠAČENJA	24
2.5.3. KRETANJE NA VODORAVNOM PUTU.....	25
2.5.3.1. Model dvonožnoga kretanja	25
2.5.3.2. Potrošnja energije pri kretanju po vodoravnom putu.....	27
2.5.4. KRETANJE STUBIŠTEM	29
2.5.4.1. Način kretanja stubištem	29
2.5.4.2. Potrošnja energije pri kretanju stubištem	31
2.5.5. KRETANJE PO RAMPAMA	32
2.5.5.1. Način kretanja po rampama	32
2.5.5.2. Potrošnja energije pri kretanju po rampama	33
2.6. PJEŠAČKI TOK (STRUKTURA I PARAMETRI).....	34

2.6.1. STRUKTURA PJEŠAČKOGLA TOKA	35
2.6.2. PARAMETRI PJEŠAČKOGLA TOKA.....	38
2.6.2.1. Volumen pješačkoga toka (intenzitet ili prometno opterećenje)	38
2.6.2.2. Gustoća pješačkoga toka	41
2.6.2.3. Brzina pješačkoga toka	46
2.6.2.3.1. Faktori koji utječu na brzinu pješačenja	49
2.6.2.3.2. Brzine na stubištu	49
2.6.2.3.3. Brzine na rampama.....	50
2.6.2.3.4. Brzina pokretnih stuba i pokretnih staza	51
2.6.3. ODNOSI KOJI VLADAJU MEĐU OSNOVNIM PARAMETRIMA PJEŠAČKOGLA TOKA	51
2.6.3.1. Analogija s tokom motornih vozila	51
2.6.3.2. Odnos brzine i gustoće	53
2.6.3.3. Odnos brzine i prostora.....	54
2.6.3.4. Odnos protoka i gustoće.....	55
2.6.3.5. Odnos protoka i prostora.....	56
2.6.3.6. Odnos protoka i brzine.....	57
2.6.3.7. Odnos brzine i razmaka među pješacima.....	58
2.7. RAZINA USLUŽNOSTI PJEŠAČKOGLA TOKA (LOS – LEVEL OF SERVICE)	59
2.8. PRIJEDLOZI ZA PLANIRANJE I PROJEKTIRANJE PJEŠAČKIH PROMETNICA.....	62
3. BICIKLISTIČKI PROMET	69
3.1. BICIKL – ODRŽIV OBLIK PROMETA.....	69
3.2. POVIJEST BICIKLISTIČKOGLA PROMETA.....	70
3.3. BICIKLIZAM U HRVATSKOJ	72
3.4. DEFINICIJE BICIKLA.....	72
3.5. TIPOVI I ANATOMIJA BICIKLA	73
3.6. OSOBITOSTI BICIKLISTIČKOGLA PROMETA	75
3.6.1. PREDNOSTI I NEDOSTATCI BICIKLIZMA.....	75

3.6.2. UDIO VOŽNJA BICIKLOM U MODALNOJ RAZDIOBI PUTOVANJA – MODAL SPLIT	76
3.6.3. DULJINA I VRIJEME PUTOVANJA.....	78
3.6.4. BRZINA VOŽNJE BICIKLA.....	79
3.6.5. BICIKLISTIČKI TOK.....	80
3.7. BICIKLISTIČKE PROMETNICE	81
3.7.1. DIJELJENJE KOLNIKA NA KOJEM SE RAVNOPRAVNO VOZE BICIKLTI I MOTORNA VOZILA – INTEGRACIJA (MJEŠOVITI PROMET)	82
3.7.2. UZDUŽNE BICIKLISTIČKE PROMETNICE – SEGREGACIJA.....	83
3.7.2.1. Biciklistički trak	85
3.7.2.2. Biciklistička staza uz cestu	86
3.7.2.3. Zajednička pješačko-biciklistička staza.....	87
3.7.2.4. Usporedba biciklističkoga traka i staze u profilu ceste	87
3.7.3. SAMOSTALNO VOĐENE BICIKLISTIČKE STAZE.....	89
3.7.4. POPREČNE BICIKLISTIČKE PROMETNICE	90
3.7.4.1. Vožnja biciklista kroz raskrižja u razini	90
3.7.4.1.1. Skretanje biciklista desno	92
3.7.4.1.2. Skretanje biciklista lijevo.....	92
3.7.4.2. Kružna raskrižja.....	96
3.7.4.3. Prelazak biciklista preko ceste u razini na otvorenim dionicama	97
3.7.4.4. Denivelirani biciklistički prijelazi.....	98
3.7.4.5. Ostalo.....	99
3.7.5. KRITERIJI ZA IZBOR BICIKLISTIČKE PROMETNICE	99
3.8. ELEMENTI ZA PLANIRANJE I PROJEKTIRANJE BICIKLISTIČKIH PROMETNICA.....	104
3.8.1. PLANIRANJE BICIKLISTIČKIH PROMETNICA	104
3.8.2. PROJEKTIRANJE BICIKLISTIČKIH PROMETNICA.....	106
3.8.2.1. Ulagni parametri za projektiranje i dimenzioniranje	106
3.8.2.1.1. Stabilnost bicikla.....	108

3.8.2.1.2. Dinamika vožnje bicikla.....	111
3.8.2.1.3. Otpori u vožnji bicikla	111
3.8.2.1.4. Pokretanje bicikla (sile na pedali).....	114
3.8.2.1.5. Vožnja po pravcu	115
3.8.2.1.6. Vožnja u zavoju (skretanje)	118
3.8.2.1.7. Protuupravljanje u hitnim slučajevima	121
3.8.2.2. Prometni i slobodni profil u biciklističkom prometu	122
3.8.2.3. Širine biciklističkih prometnica.....	126
3.8.2.3.1. Polumjeri zavoja	128
3.8.2.3.2. Nagib – strmine	128
3.8.3. RAZINA USLUŽNOSTI ZA BICIKLISTIČKI PROMET – BLoS	129
3.8.4. KOČENJE BICIKLA	131
3.8.5. ZAUSTAVNI PUT	132
3.8.6. DULJINA PREGLEDNOSTI	133
3.9. PARKIRANJE BICIKALA	134
3.10. BICIKL U TRANSPORTU	139
3.10.1. PRIJEVOZ DJECE NA BICIKLU	139
3.10.2. CARGO PRIJEVOZ BICIKLOM	140
3.11. INTEGRIRANJE BICIKLA U JAVNI PROMET	142
3.12. JAVNI BICIKL	145
4. SIGURNOST PJEŠAKA I BICIKLISTA U PROMETU	151
4.1. PJEŠACI.....	151
4.2. BICIKLISTI.....	155
4.3. ANALIZA PROMETNIH NESREĆA S RANJIVIM SUDIONICIMA U PROMETU	158
4.4. STRATEGIJE ZA ZAŠTITU RANJIVIH SUDIONIKA U PROMETU	159
5. PROMETNA SIGNALIZACIJA U NEMOTORIZIRANOM PROMETU	163
5. ITS I NEMOTORIZIRANI PROMET	171
6. OSTALI VIDOVI NEMOTORIZIRANOGA PROMETA.....	179

6.1. ROLANJE.....	179
6.2. TROTINET ILI ROMOBIL.....	181
6.3. SKATEBOARDING.....	183
6.3.1. ANATOMIJA SKATEBOARDA.....	184
6.3.2. SKATEBOARDING U HRVATSKOJ.....	185
6.4. SEGWAY.....	185
LITERATURA	188
POPIS SLIKA.....	194
POPIS GRAFIKONA.....	201
POPIS TABLICA	202
POJMOVNIK.....	203

1. UVOD

Nakon početnoga zanosa osobnim motornim vozilima društvo u posljednje vrijeme sve više uočava njihove nedostatke. Prometni problemi koji su nastali prevelikom uporabom osobnih vozila danas predstavljaju vrlo ozbiljan i rasprostranjen problem, posebno u gradovima. Javnost iskazuje nezadovoljstvo kvalitetom okoliša i stanjem u prometu. Kao najvažniji zahtjev na prvom se mjestu ističe zahtjev za zdravlje ljudi, a s tim u vezi i zahtjev za održivi razvoj prometa. O ozbiljnosti problema govori i činjenica kako se Europska unija (EU) uključila u rješavanje prometnih problema preko različitih direktiva i znanstveno-istraživačkih projekata.

Za rješavanje prometnih problema u gradovima većinom se koriste dvije metode. Jedna je gradnja ili proširenje (*extend*) postojeće prometne infrastrukture, a druga je upravljanje prometnom potražnjom (*Transport Demand Management – TDM*). Upravljanje je prometnom potražnjom nova paradigma kojom se želi smanjiti ili preoblikovati prometnu potražnju smanjenjem nepotrebnih vožњa osobnih vozila i unaprjeđenjem učinkovitijih, zdravijih i ponajprije čišćih oblika javnoga i nemotoriziranoga prijevoza.

Problematika je nemotoriziranoga prometa zanemarena i nema istu zastupljenost kao drugi oblici prometa. O motornom prometu brinu moći informativni mediji, on ima stalan izvor financiranja, definiranu politiku investicija i održavanja, osigurani su mu znanstveni, tehnički i drugi resursi. Nasuprot motornom prometu nemotorizirani je promet potisnut na marginu i njega se većinom promatra kao smetnju u prometu. U prometnom su planiranju potrebe nemotoriziranoga prometa zanemarene, smatraju se sporednima. Automobilima se daju veliki ustupci na štetu pješaka i biciklista, što je dovelo do prometne situacije kakva je ona danas, a njezinim su odrazom nagomilani prometni problemi.

Djelomičan je pristup rješavanja prometnih problema, u kojem se brine samo o motornom prometu, unaprijed osuđen na neuspjeh. Niti jedan oblik prometa nije tako dobar da bi bio jedini, kao što ni jedan nije tako loš da bismo ga se odrekli. Optimum se u prometu može postići samo uz skladnu interakciju svih raspoloživih oblika prometa, što je u skladu sa sustavnim pristupom rješavanju problema.

2. PJEŠAČKI PROMET

Pješačenje je univerzalan i najprirodniji oblik kretanja ljudi. Svako kretanje ljudi započinje ili završava pješačenjem. Pješačenje čovjeku daje veliku prilagodljivost i osjećaj pune autonomije. Uvijek je dostupno i ne treba prostor za parking, a skromni su zahtjevi i za ostalom infrastrukturom. Pješak ne ugrožava ni sebe ni druge i ne zagađuje okoliš. Pješačenje se preporučuje kao značajno sredstvo za smanjenje zagađenja zraka, buke, gužva u prometu i potrošnje fosilnih goriva. Pješačenje je zdrava tjelesna aktivnost koja smanjuje opasnost od pojave bolesti krvožilnoga sustava, kolesterola, dijabetesa, povišenoga krvnoga tlaka, pretjerane debljine, osteoporoze, karcinoma debelog crijeva i depresije. Povećava osjećaj pripadnosti, smanjuje izoliranost i usamljenost ljudi, omogućava kvalitetnu komunikaciju s drugim ljudima. Dan kada čovjek prohoda pamti se cijeloga života i, kao ni za jedan drugi oblik prijevoza, grčevito se bori kako bi mogućnost hodanja zadržao do kraja života. Najbolja je potvrda ovoj tvrdnji odgovor na pitanje: Čega biste se radije odrekli, pješačenja ili automobila? Odgovor bi, sasvim sigurno, bio automobila. Pješačenje ima i svojih nedostataka. Glavnim su nedostatcima: mala brzina pješačenja, potrošnja energije, odnosno fizički napor i nemogućnost svladavanja većih udaljenosti pješačenjem.

2.1. Osobitosti pješačkoga prometa

Pješačenje je temeljni, najstariji, najrasprostranjeniji i ekološki najprihvativiji oblik kretanja ljudi, odnosno mobilnosti. Svatko je bar u jednom trenutku pješak, uključujući i osobe u invalidskim kolicima i one s drugim pomagalima. Svako kretanje započinje i završava pješačenjem. Pješačenje je često najbrži način za svladavanje kratkih udaljenosti u gradu. Neke su osobe potpuno ovisne o pješačenju (djeca, starci, osobe s invaliditetom).

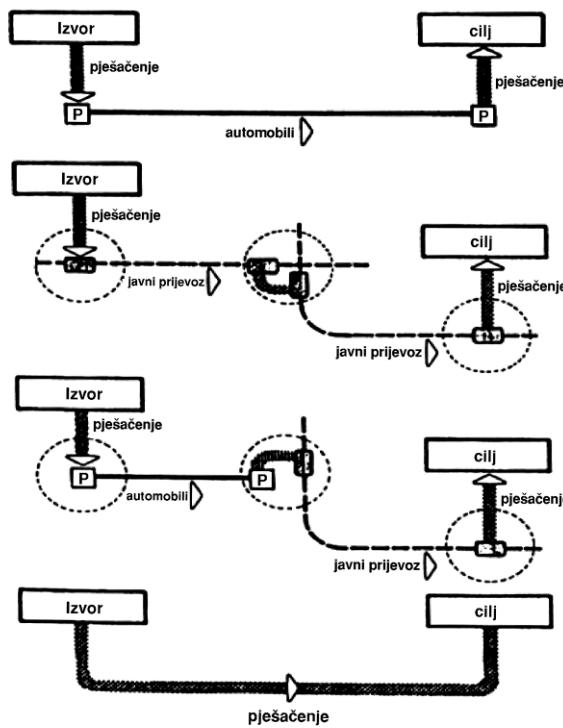
2.1.1. Analiza udjela pješačenja u ukupnom prometu – MODAL SPLIT

Podatci o udjelu pješačenja u ukupnom broju putovanja predstavljaju temelj pješačkim analizama. Analizirajući podatke o udjelu pješačenja, moguće je postići pravilnu distribuciju gradskoga prometnoga prostora ili izvršiti njegovu prenamjenu i redizajn. Udio je pješačenja u ukupnom prometu funkcionalno ovisan o gustoći naseljenosti, rasporedu sadržaja privlačenja pješaka u prostoru, atraktivnosti prostora, pristupačnosti objektima, kvaliteti oblikovanja pješačkih objekata, standardu ljudi, zdravlju i kondiciji.

Dostupni se podatci o modalnoj razdiobi prometa uglavnom odnose na motorizirani promet i gotovo potpuno zanemaruju nemotorizirani promet. Razlog tomu nije manja važnost nemotoriziranoga

prometa nego složenost metode prikupljanja podataka. Podatci dobiveni tradicionalnim istraživanjima uglavnom se odnose na prebrojavanje „čistoga pješačenja” od izvora do cilja. Razlogom je ovakvom pristupu jednostavnost prebrojavanja. Drugim je razlogom prebrojavanja samo „čistoga pješačenja”, kojim se potpuno zadovoljava svrha putovanja do konačnoga cilja, nisko vrednovanje pješaka, odnosno nedostatak osjećaja vlastitoga identiteta (eng. *self identification*). Za razliku od ljudi koji se voze i lako se određuju s obzirom na to jesu li vozači automobila, motora ili bicikla, voze li se na posao ili u rekreativne svrhe, većina ljudi koja hoda sebe ne smatra pješakom. Na primjer, posjeduju automobil ili su potencijalni vozači pa sebe smatraju vozačima. Idu do kioska po novine pješice, ali se voze autom na posao pa su vozači ili pješače do stajališta autobusa, a dalje se voze javnim prijevozom pa se izjašnjavaju kao korisnici javnoga prijevoza.

Putovanja koja se klasificiraju kao „auto” ili „javni prijevoz” često su zapravo multimodalna putovanja „pješak – auto – pješak” ili „pješak – javni prijevoz – tranzit – javni prijevoz – pješak”, ili neka druga kombinacija kao što je to prikazano na sljedećoj slici.



Slika 2.1. Pješačenje u multimodalnom načinu putovanja

Radi ispravnoga shvaćanja i određivanja preciznih podataka o broju putovanja u multimodalnom je prometu potrebno raščlaniti svako putovanje na manje jedinice, odnosno pobrojati sve zastupljene vrste prijevoza kojima se čovjek koristi kako bi došao do odredišta.

Primjer: Majka ide automobilom na posao, vozi dijete do škole, ostavlja ga i nastavlja vožnju do posla. Potrebno je odrediti modalnu razdiobu putovanja do odredišta za svaku osobu. Novim oblikom kretanja smatra se svako putovanje u kojem se mijenja model transporta.

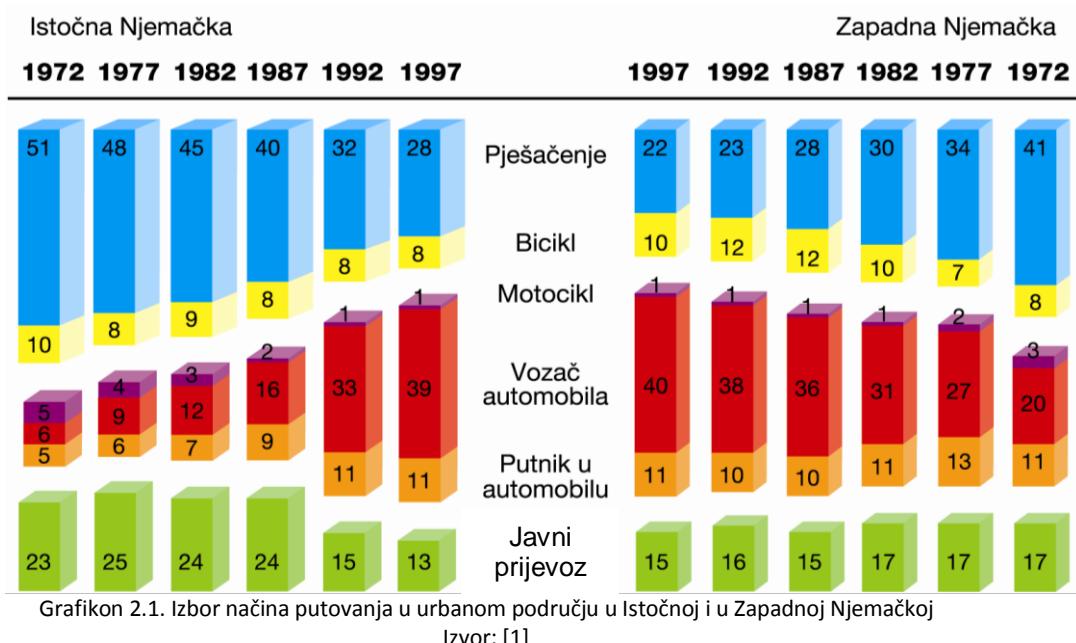
Za ovo je putovanje scenarij sljedeći:

- 2 pješačenja do automobila na parkiralištu (majka + dijete)
- 1 putovanje kao vozač automobila (majka, od kuće do posla)
- 1 putovanje kao putnik (dijete)
- 2 pješačenja (od parkirališta do škole, odnosno do posla).

To je ukupno 6 putovanja.

Navedeni primjer upućuje na zaključak zašto su pješaci u integralnom transportnom modu putovanja često nedovoljno prebrojani, a nerijetko i potpuno izostavljeni. Broj je pješačenja posebno teško raščlaniti i prebrojati na lokalnom području, npr. kada se čovjek kreće od jedne lokalne trgovine do druge ili između nekih drugih centara aktivnosti.

Grafikon 2.1. prikazuje promjene u izboru načina putovanja u urbanim sredinama u Istočnoj i u Zapadnoj Njemačkoj tijekom dvaju i pol desetljeća.



Vidljivo je kako udio pješačenja u modalnoj razdiobi putovanja opada. U Istočnoj je Njemačkoj 1972. godine oko polovice (1/2) svih putovanja ostvareno pješice, a 1997. godine taj se broj prepolovio. Udio je javnoga prijevoza u ukupnom prometu iznosio gotovo jednu četvrtinu (1/4), a 1997. godine iznosio

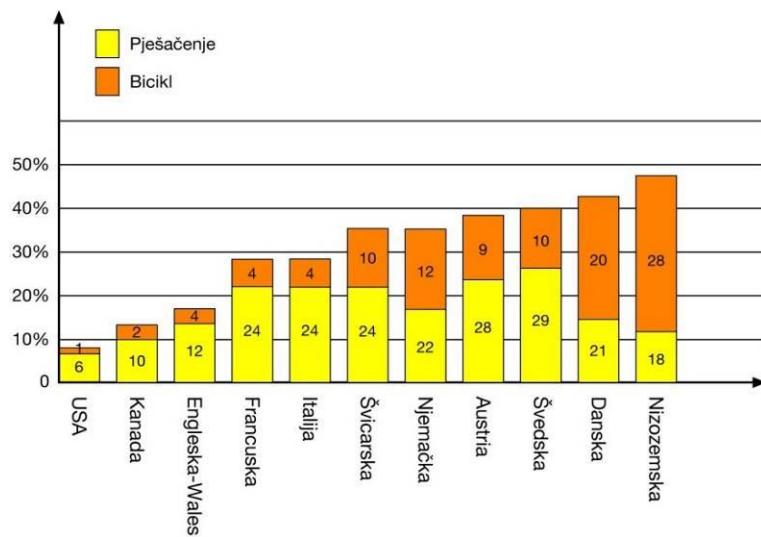
je tek nešto više od desetine (1/10). Dramatično se povećala uporaba automobila u kojem se ljudi voze kao vozači – sa 6 % (1972. godine) na 39 % (1997. godine).

U Zapadnoj je Njemačkoj primijećen sličan trend pri promatranju pješačenja. Udio se pješačenja dvostruko smanjio, dok se udio „vozača automobila“ povećavao nešto manjim prirastom – s 20 % (1972. godine) na 40 % (1997. godine). Udio se javnoga prijevoza vrlo malo mijenjao.

Unatoč prikazanim negativnim trendovima razvoja pješačenja unutar modalne razdiobe broj se pješačenja 1997. godine i u Istočnoj i u Zapadnoj Njemačkoj još uvijek zadržao na drugom mjestu.

Kako za Republiku Hrvatsku nema preciznih podataka o pješačenju, teško je usporediti kakve su bile tendencije u modalnoj razdiobi putovanja u proteklim desetljećima u našoj zemlji. Međutim, sigurno je kako je 90-ih godina na našem prostoru došlo do eksplozije porasta osobnih automobila, što je dovelo do smanjenja broja pješačenja. Sa sigurnošću se mogu pretpostaviti promjene u modalnoj razdiobi putovanja u Republici Hrvatskoj koje su slične onima u zemljama našega okruženja.

Iako Modal Split nije potpuno usporediv i precizan zbog ranije navedenih poteškoća koje se javljaju u prebrojavanju pješačenja, Grafikon 2.2. daje pregled stanja korištenja nemotoriziranoga prometa u urbanim sredinama u različitim državama.



Grafikon 2.2. Udio nemotoriziranoga prometa u raznim zemljama svijeta
Izvor: [2], [3]; obrada autora

Udio je nemotoriziranoga prometa u SAD-u 1995. godine iznosio manje od jedne desetine. Dva su osnovna razloga ovako malom udjelu pješačenja: opasnost američkih gradova za pješake i nepostojanje pogodne mreže pješačkih puteva.

U Njemačkoj je udio nemotoriziranoga prometa zastupljen više od trećine (1/3) u ukupnom broju putovanja, dok u Nizozemskoj iznosi gotovo polovicu (1/2) svih putovanja. Najveći udio pješačenja imaju Švedska i Austrija. Ovako je velik udio nemotoriziranoga prometa moguće objasniti širokim

rasponom mjera sigurnosti, pogodnosti i udobnosti koje su prilagođene nemotoriziranom prometu. Iz ovoga se može zaključiti kako su za uporabu nemotoriziranoga prometa transportne mjere i kompaktnost gradnje važnije mjere od geografskoga i klimatskoga određenja.

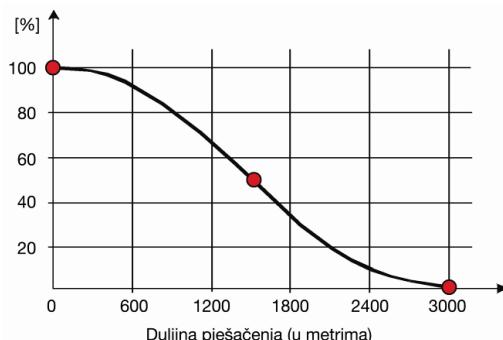
2.1.2. Duljine pješačenja

Glavnim se nedostatkom pješačenja smatraju male duljine koje ljudi prelaze pješice. Iako tradicionalni planeri smatraju radius od 400 do 500 m optimumom (kada gotovo svi ljudi pješače), čini se kako je razumna udaljenost do koje su ljudi spremni pješačiti 2 km, što je jednako utrošenom vremenu od 20 minuta ako se kreću brzinom od 6 km/h. Ukoliko ljudi pješače više od 30 minuta, ova brzina pada na 5 km/h, odnosno, ako pješače više od 1 sata, brzina pada na 4 km/h [4].

Prepostavivši kako je granica pješačenja 2 km i kako je područje oko pješaka u potpunosti bez prepreka, teoretski je moguće pješačenjem pokriti prostor od $12,5 \text{ km}^2$. To znači kako pješak može konkurirati automobilu na ovoj udaljenosti. Ova prepostavka zahtijeva postojanje više izravnih i poprečnih puteva do svakoga odredišta. U prilog ovoj tvrdnji idu istraživanja provedena u Njemačkoj koja govore kako se duljine pješačenja u velikim gradovima kreću iznad 1 km i kako se one mogu još povećati tako da se pješaku ponudi ugodan i kvalitetan prostor i složena ponuda u zoni [4].

Nema sporazuma o duljinama i vremenu koje ljudi smatraju prihvatljivima za pješačenje.

Fruin je sljedećim dijagramom pokušao odgovoriti na pitanje koliki je postotak ljudi spreman pješačiti na različitim duljinama puta [5].



Grafikon 2.3. Maksimalne duljine pješačenja
Izvor: [5]

Krivulja pješačenja pokazuje kako na udaljenostima do 300 metara ili od 4 do 5 minuta svi ljudi pješače, do 1600 metara pješači njih 50 % te kako duljina od 3200 metara predstavlja granicu pješačenja ljudi s posla i na posao.

Zanimljivo je razmišljanje koje je ponudio *Bovy* [6]. Za njega je razumna granica jednoga pješačenja 5 minuta ili 400 metara. Razmak koji je deset puta veći čovjek najčešće ne prihvata prelaziti pješice jer bi izgubio gotovo sat vremena, točnije 50 minuta. Pješak (za takve razmake) traži novo prometno

sredstvo koje je 5 puta brže, koje za tu udaljenost treba samo dvostruko više vremena od onoga što je pješaku potrebno da bi prešao 400 metara, a to je metro.

Tablica 2.1. Izbor prometnoga sredstva s obzirom na duljinu, vrijeme i brzinu putovanja

	razmak (km) množitelj 10	vrijeme (s) množitelj 2	brzina (km/h) množitelj 5
pješačenje	0,4	5	4,8
metro	4,0	10	24
autocesta	40	20	120

Izvor: [6]

Na temelju navedenoga *Bovy* je ponudio osnovnu zakonitost koja povezuje udaljenost, vrijeme i brzinu, a prihvatljiva je pješacima. To je odnos 10 : 2 : 5.

Na temelju navedenih podataka može se izvesti sljedeće pravilo:

Uzme li se granica pješačenja u trajanju od 5 minuta do mjesta parkiranja i od njega, odnosno postaje u transferu, onda će za to vrijeme pješak prijeći udaljenost od 300 do 450 metara ako se kreće brzinom od 1 do 1,5 m/s. Ukoliko pješak čeka 2 minute na prelazak ulice ili zbog drugih razloga mora produžiti putovanje za 2 minute, onda duljina pješačenja ne bi smjela iznositi više od 180 do 270 metara. Ovo se pravilo može primijeniti za postavljanje pješačkih prijelaza i za druge slične slučajeve.

Prihvatljiva duljina do koje je čovjek voljan pješačiti široko je shvaćena jer ovisi o svrsi putovanja, starosti ljudi, raspoloživom vremenu, okolišu, kvaliteti alternativne prometne ponude, čak više nego o potrošnji energije, pa se granice mogu postaviti samo orijentacijski. Isto je tako nedvojbenom činjenicom kako je duljina pješačenja subjektivan čimbenik odlučivanja svakoga čovjeka.

Podatci o duljini putovanja i vremenu utrošenom na pješačenje važni su pri donošenju odluka o pravilnom razmještaju određenih sadržaja u prostoru (škola, vrtić, park...). U konačnici je i odluka gdje živjeti i raditi uvjetovana duljinom pješačenja koja utječe na ukupno vrijeme putovanja ljudi. Mnogi problemi koji se kasnije javljaju u prometu imaju svoj korijen u nepravilnom planiranju gradskoga prostora, odnosno u poremećaju i nepostojanosti urbanoga sustava.

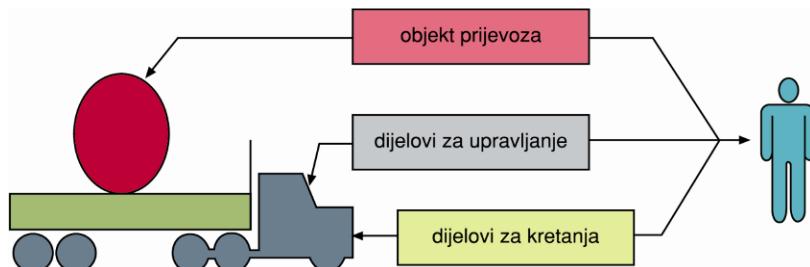
2.2. Pješak u prometu i u transportu

Čovjek se u prometu javlja kao:

- pješak
- putnik
- vozač.

Pješaci su ljudi koji hodaju nogama, koriste kolica ili druge jednostavne vrste prijevoza pokretane ljudskom snagom, osim bicikla. Osobe na koturaljkama, klizaljkama, skijama i *skateboardu* također su pješaci. Osoba koja vlastitom snagom gura ili vuče ručna kolica, zaprežno vozilo ili motorno vozilo, dječje prijevozno sredstvo, bicikl ili prijevozno sredstvo na osobni ili motorni pogon smatra se pješakom. Pješaci se na drugim jezicima nazivaju: *hokosha* – japanski, *peshekhod* – ruski, *chodec* – češki, *gajejs* – latvijski, *pezos* – grčki, *fussgänger* – njemački, *peaton/peon* – španjolski, *peao* – portugalski, *pieton* – francuski, *pedone* – talijanski itd. [7]

Pješak predstavlja idealan sustav transporta. Slika 2.2. prikazuje jedini sustav kod kojega su dio za kretanje, dijelovi za upravljanje i objekt premještanja spojeni u jednu cjelinu.



Slika 2.2. Pješak kao cjelovito sredstvo transporta

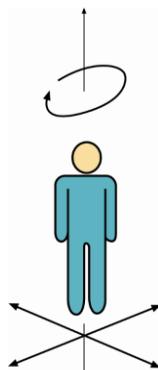
Objekt premještanja osim vlastitoga tijela može biti i lakši predmet koji se prenosi, a ne prevozi, što znači kako se hodanjem obavlja i određena vrsta transporta (Slika 2.3.).



Slika 2.3. Pješak i teret kao objekti premještanja

Pješak posjeduje veći stupanj pokretljivosti od svih oblika prometa u gradu, što mu omogućava najrazličitija kretanja. Potpuno je pokretljiv u vodoravnoj ravnni gdje lako i spontano mijenja smjer,

ide naprijed, natrag, okreće se, itd. Pored ova dva stupnja slobode pješak djelomično raspolaže i trećim. Može svladavati manje prepreke kao što su rubovi nogostupa, prag na vratima, može se penjati i spuštati stubištem, može svladavati uspone čak do 100 %, može prelaziti s vodoravnih površina na pokretne stube i slično.



Slika 2.4. Stupnjevi slobode pješaka

Osim zdravih osoba u pješačke su tokove uključene i osobe koje imaju određene smetnje u prometu, a to su ponajprije invalidne osobe, djeca, starci, trudnice te ljudi koji guraju kolica i nose teret. Njihove se smetnje očituju razlikama u osobnoj brzini, snazi, izdržljivosti i mogućnosti prosuđivanja. U ovu skupinu ubrajamo i skupine pješaka kao što su obitelji, prijatelji, slijepi, gluhi itd. koji imaju svoje posebne potrebe. Poznavanje je karakteristika svakoga pješaka i svake skupine iznimno važno za dizajniranje pješačkih objekata. Sve ovo govori o težini i složenosti definiranja „standardnoga pješaka“ za dizajn. Zapravo, moglo bi se zaključiti kako takav pješak ne postoji.

Smatra se kako je udio osoba koje imaju nekih problema u prometu od 25 % do 30 % ukupnoga stanovništva (ovdje se ubrajaju majke s djecom, starci, ljudi s prtljagom) [8], odnosno oko 8 % u užem smislu [9]. Javnim se prometom ne može koristiti oko 2 % stanovništva [10]. Oko 0,8 % stanovništva uopće ne sudjeluje u prometu [11].

Pješaci koji imaju poteškoće u prometu u najširem smislu

Djeca i starci dvije su skupine koje su, zbog ograničenih mogućnosti, najranjiviji sudionici u prometu, djeca zbog uzrasta i nedostatka iskustva, a starci zbog slabljenja psihofizičkih i kognitivnih sposobnosti. Obje su skupine usmjerenе na javni prijevoz i na pješačenje. Djeca zbog dobi ne mogu voziti automobil, a starijim se osobama zbog slabljenja refleksa i fizičkih ograničenja može zabraniti vožnja. Udio i jedne i druge populacije u Republici Hrvatskoj iznosi približno po 17 % (Državni zavod za statistiku Republike Hrvatske, 2001. godine) od ukupnoga stanovništva, što predstavlja ogroman potencijal za pješačenje. Iako ih nije moguće prebrojati, zna se kako najveći broj osoba iznad 75 godina ima neku smetnju koja

obično ne dolazi samostalno, već u kombinaciji s nekom drugom (slabo vidi i čuje, ne vidi i teško hoda...).

Trudnice su posebna kategorija pješaka kod kojih je privremeno smanjena sposobnost obavljanja određenih radnja kao što su penjanje, savijanje, istezanje, dugo hodanje itd. Nažalost, postojeća su antropometrijska istraživanja trudnih žena vrlo oskudna.

Osobe s prtljagom puno teže svladavaju uspone. Stoga je pri projektiranju poželjno uzimati nešto manju visinu stube i nakon određenoga broja stuba potrebno je ugraditi odmorište koje može biti *n* duljina koraka plus jedna širina gazišta. Pored stuba poželjna je izgradnja rampe gdje je to moguće.

Pješaci koji imaju poteškoće u prometu u užem smislu

U svijetu živi oko 500 milijuna osoba s invaliditetom, što je oko desetine ukupnoga stanovništva, dok čak jednu trećinu njih čine djeca. Smatra se kako u Hrvatskoj živi 429 421 osoba s invaliditetom, a u Zagrebu 29 952. Udio je muškaraca u ovom broju nešto veći u odnosu na žene. U Republici je Hrvatskoj (Zagrebu) broj muških osoba s invaliditetom 245 897 (16 776), a ženskih 183 524 (13 176). Broj osoba s invaliditetom u Republici Hrvatskoj (Zagrebu) koje su sasvim pokretne iznosi 324 512 (22 233), osoba koje su ograničeno pokretne uz pomoć štapa, štaka ili hodalica 85 220 (6306), osoba u kolicima 7201 (537) i trajno nepokretnih 12 488 (876) (Državni zavod za statistiku Republike Hrvatske, 2001. godine). Sama riječ invalid potječe od latinske riječi *invalidus* što znači nejak, slab. Značenje je ove riječi na engleskom jeziku nevaljan ili neispravan. Iz navedenoga je vidljivo zašto ova skupina ljudi ne prihvata naziv „invalidna osoba“ (nevaljala osoba). Kako u hrvatskom jeziku nema odgovarajućega izraza za ovu skupinu ljudi, prihvaćen je naziv osobe s invaliditetom (s nekim „neispravnim“ dijelom). Svi su ovi ljudi zbog svojih psihofizičkih ograničenja ili financijskih (ne)mogućnosti najčešće pješaci ili korisnici javnoga prijevoza jer ne mogu voziti automobil. Osobe s invaliditetom možemo podijeliti u četiri kategorije:

- tjelesni ili mobilni invalidi
- osobe s oštećenjem vida
- osobe s oštećenjem sluha
- osobe s mentalnim poteškoćama.

Tjelesni su *invalidi* paraplegičari i tetraplegičari (u Republici Hrvatskoj ima ih oko 4000), distrofičari (u Republici Hrvatskoj ima ih oko 4500), ali i sve druge osobe koje teže hodaju pa čak i osobe s oštećenjima ruke, šake i sl. Nažalost, njihov je ukupan broj u Republici Hrvatskoj nepoznat. Ove osobe koriste invalidska kolica (od 0,3 % do 0,5 % stanovništva), štake, štapove, proteze i druga ortopedska pomagala [12], [13].



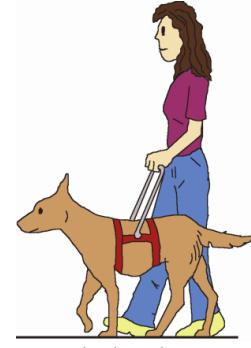
Slika 2.5. Osoba u invalidskim kolicima



Slika 2.6. Osoba na štakama



Slika 2.7. Osoba sa štapom



Slika 2.8. Osoba koja koristi psa vodiča

Tjelesni invalidi teško svladavaju neravne i savitljive, odnosno mekane površine, veće nagibe, česte promjene smjera kretanja i sl. Zbog dodatnih pomagala potreban im je veći prostor za prolazak, okretanje i odmor.

Osobe s oštećenjem vida koriste štap i pse vodiče. Dijele se u dvije skupine:

- slijepe osobe (kojih u Republici Hrvatskoj ima 5800)
- slabovidne osobe (čiji je broj 2 do 3 puta veći) [14].

Razumijevanje tehnologije korištenja štapa, koja može biti dodirna i dijagonalna, korištenje pasa vodiča i orientacije u prostoru bitni su za pravilno oblikovanje i dimenzioniranje pješačkih komunikacija. Osobe s vizualnim smetnjama orijentiraju se opipom ili dodirom i osjetilom sluha. Putem površina za hodanje koje imaju različite strukture, pamćenjem određenih markera ili drugih indikatora dobivaju informacije iz okoline. Na temelju prometne buke i pješačkih zvukova osjetilom sluha primaju informacije o prometnom toku i mogućnosti prelaska ulice. Ljudi s vizualnim smetnjama trebaju više vremena za prelazak ulice. Oni kasnije kreću jer čekaju zvuk paralelnoga prometa ili slijede korake drugih pješaka kako bi identificirali interval prelaženja. Također, imaju poteškoća u održavanju pravca putanja u raskrižju.

Gubitak sluha nije značajna prepreka u prometu kao što je gubitak vida. Ovi se korisnici uglavnom oslanjaju na vizualne indikatore pa im je potrebno osigurati velik prostor vidljivosti i okoliš bez vizualnih

opstrukcija. Procjenjuje se kako u Republici Hrvatskoj ima oko 12 160 osoba s najtežim oštećenjem sluha i oko 60 000 s nešto lakšim oštećenjima. U Zagrebu je registrirano 1118 potpuno gluhih osoba i 3800 nagluhih. [14]

Osobe s mentalnim poteškoćama imaju ograničene mogućnosti zapažanja, prepoznavanja, razumijevanja, interpretacije i reagiranja na informacije, što je povezano sa složenim procesima mišljenja, inteligencije i pamćenja. One često imaju nekoordiniranu motoriku i poteškoće s vođenjem kroz složena okruženja kao što su gradske ulice na kojima je češće potrebno izbjegavati ili zaobilaziti pokretne i nepokretne prepreke. Više je od 389 000 (8,6 %) Hrvata bez osnovnoga obrazovanja (ne zna čitati) ili konvenira graničnom stanju pismenosti (Državni zavod za statistiku Republike Hrvatske, 2006. godine) [15]. Zbog toga je uputno koristiti slike, simbole i boje kao signalne znakove. Bolje je upotrijebiti sliku pješaka na predočniku signala nego ispisani signalni znak „IDI“.

2.3. Antropometrijske osobine pješaka

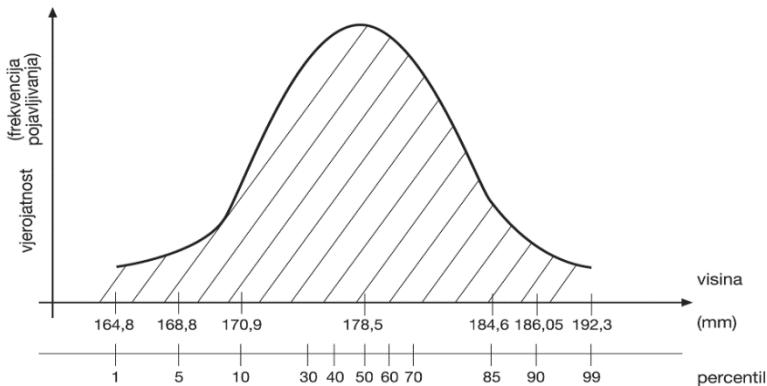
Antropometrijski su podatci (antropometrija grč. *antropos* = čovjek, *metrein* = mjeriti) temeljem oblikovanju pješačkih prometnica. Visine i širine pješaka služe za dimenzioniranje vrata, stubišta, prolaza i sl. Duljine koraka i stopala omogućavaju odgovarajuće oblikovanje stuba – gazišta i visine, dok visina očiju određuje liniju vidljivosti (služi za određivanje visine postavljanja signala). Visina ruku od zemlje važna je za određivanje visine na koju se postavljaju rukohvati, a visina težišta tijela određuje visinu ograde itd.

2.3.1. Tjelesne proporcije pješaka: visina, širina ramena i dubina prsnoga koša

Stručnjaci koji se bave proučavanjem ljudskoga rasta (auksolozi) tvrde kako je u posljednjih 150 godina stanovništvo industrijskih zemalja poraslo za deset centimetara, no rast nije ravnomjeran u svim zemljama. Razlozi se tomu pronalaze u promjeni prehrane (godišnji unos šećera u SAD-u povećao se s 57,6 kg u 1986. godini na 69 kg u 1996. godini, što iznosi 45 000 dodatnih kalorija godišnje), boljoj zdravstvenoj zaštiti, kvalitetnijem životu itd. [16]. Porast visine u posljednjih pet desetljeća iznosi u prosjeku 1,1 cm. Od drugoga su svjetskoga rata Europljani porasli oko 6 cm [17].

Veličina tijela razlikuje se između rasa, naroda, ali i individualno. Najviši su ljudi na svijetu Nizozemci. Prosječan Nizozemac doseže 182,5 cm, a Nizozemka 172,5 cm. U južnim i azijatskim zemljama srednje su vrijednosti visina niže. Tako su Francuzi 3 %, Talijani 4 %, Japanci 6 %, a Vijetnamci 9 % niži u odnosu na ljudi u Srednjoj Europi. Pigmeji su najniži rastom. Prosječna je visina muškaraca 150 cm, a žena 142 cm [18]. To najbolje može objasniti Bergmanovo pravilo koje kaže kako visina tijela raste s padom temperature prebivališta.

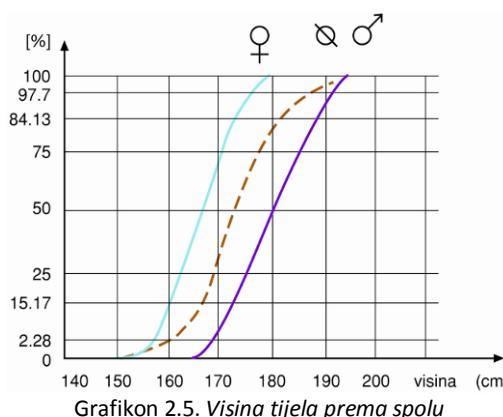
Individualne visine tijela znatno se razlikuju unutar iste populacije. One variraju ovisno o godinama života, spolu, rasi pa čak i o profesiji. Određivanje standardnoga modela ljudskoga tijela radi se statističkom metodom pronalaženja prosjeka. Srednja je vrijednost najvjerojatnija vrijednost visine ljudskoga tijela oko koje su normalno raspoređene ostale vrijednosti. Očekivani je prosjek ili 50. percentil najviša točka u simetrali *Gaussove krivulje*.



Grafikon 2.4. Frekvencija raspodjele tjelesnih visina muškaraca u srednjoj Europi

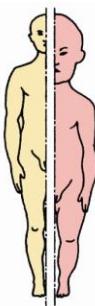
Zadaća je percentila pokazati koji je postotak populacije veći ili manji od te vrijednosti. Kako je *Gaussova krivulja* simetrična, proizlazi kako je 50 % populacije, kada je riječ o visini, niže, a 50 % više od prosjeka. Danas se koriste vrijednosti koje obuhvaćaju od 90 % do 95% populacije. One se nalaze između 5 %-tnoga i 95. percentila, što znači kako njima nije obuhvaćeno samo 5 % nižih ljudi i 5 % viših ljudi, odnosno jedna desetina populacije.

Srednja visina žena u Srednjoj Europi iznosi oko 166 cm. Standardna devijacija iznosi 3,3 % tjelesne visine. Kod žena prosjek varira $\pm 5,5$ cm. Prosjek visine obaju spolova iznosi oko 172,3 cm [12].



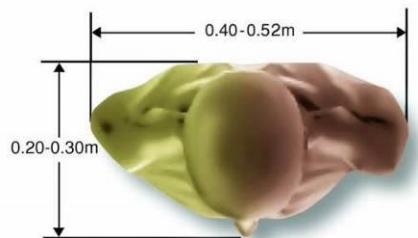
Grafikon 2.5. Visina tijela prema spolu

Tijekom života tjelesne se proporcije ljudi mijenjaju. Razlikuju se odnosi veličina pojedinih dijelova tijela kod djece i kod odraslih. Novorođenče ima relativno veliku glavu, kratke udove i dugačak trup koji čini oko 70 % njegove ukupne tjelesne visine. Međutim, tijekom razvoja to se stanje mijenja tako da u odrasla čovjeka trup zauzima samo 50 % cjelokupne visine [19].



Slika 2.9. *Usporedba tjelesnih proporcija novorođenoga i odrasloga čovjeka*

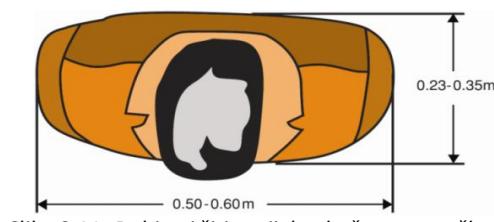
Širina ramena i dubina prsnoga koša (razmak između najisturenije točke tijela s prednje i sa stražnje strane) primarni su za određivanje širine vrata, prolaza, stubišta, minimalne širine nogostupa, ali i površine uličnih uglova, prostora za čekanje, stajališta, perona itd. Širina je gologa tijela različita u različitim zemljama. Kreće se između 40 cm i 52 cm. Najmanja je u azijskim zemljama (Šri Lanki) i iznosi 40 cm za muškarce, a najveća je u Nizozemskoj gdje iznosi 52 cm. Prosjek širine tijela gologa muškarca iznosi oko 46 cm. Dubina gologa tijela kreće se između 20 cm (Šri Lanka – muškarci) i 30 cm (Nizozemska – žene). Prosjek iznosi oko 23 cm.



Slika 2.10. *Dubina i širina tijela gologa muškarca*

Maksimalna širina tijela izražena u postotcima iznosi oko 26 %, a dubina tijela oko 13 % tjelesne veličine u stanju mirovanja. Odnos širine i dubine tijela može se izraziti omjerom 2 : 1.

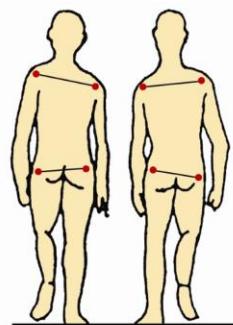
Obučenom pješaku sa stvarima treba veći prostor od širine ramena i dubine gologa tijela. U literaturi se pronalaze podatci kako je širina tijela obučenoga muškarca između 50 cm i 60 cm, a dubina između 23 cm i 35 cm.



Slika 2.11. *Dubina i širina tijela obučenoga muškarca*

2.3.2. Tlocrt ljudskoga tijela (body ellipse)

Pješaku je potreban određen prostor za stajanje i za kretanje. Taj se prostor sastoji od površine koju on pokriva svojim tijelom, odnosno tijelom i prtljagom koju drži i od tampon zone oko tijela. Za vrijeme stajanja pješaka tampon je zona potrebna radi istezanja tijela, premještanja stopala, odmora mišića i cirkulacije krvi. Pri kretanju je pješaku potreban prostor radi iskoraka, njihanja tijela, mahanja rukama, nošenja predmeta i sl. *Fruin* navodi kako se ljudsko tijelo za vrijeme hoda njiše s jedne na drugu stranu oko 10-ak centimetara [5].



Slika 2.12. Njihanje tijela

Pod prepostavkom minimalne širine staze za jednosmjerno kretanje pješaka, od 0,75 m i frontalnoga razmaka od 1 m potrebnoga za iskorak, dobije se dinamička površina potrebna za kretanje u iznosu od $0,75 \text{ m}^2$.

Prostor koji zauzima jedan pješak najbolje odgovara elipsi i može se prikazati pomoću formule:

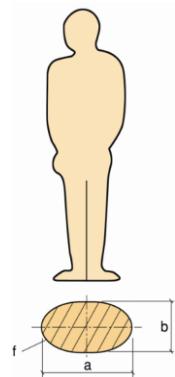
$$f = \frac{\pi}{4} ab \quad (2.1.)$$

gdje je:

f – vodoravna projekcija tijela pješaka

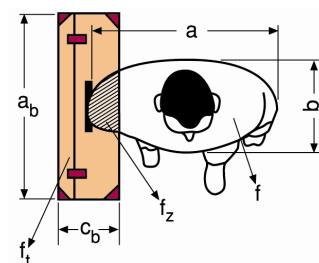
a – širina tijela

b – dubina tijela.



Slika 2.13. Tlocrt ljudskoga tijela (body ellipse)

Kako pješaci često nose torbe i drugi teret, na sljedećoj je slici prikazan način određivanja površine vodoravne projekcije tijela pješaka s teretom.



Slika 2.14. Tlocrt pješaka s kovčegom

Ukupna površina vodoravne projekcije pješaka sa Slika 2.14. izračunava se prema formuli:

$$f_{uk} = f + f_t - f_z \quad (2.2.)$$

gdje je:

f_{uk} – ukupna površina pješaka s teretom [m^2]

f – površina vodoravne projekcije pješaka [m^2]

f_t – površina tlocrta torbe [m^2]

f_z – zajednička površina dijela vodoravne projekcije tijela i torbe.

Ruski su istraživači prije svih utvrdili veličinu prostora koji zauzima jedan pješak, što je prikazano u sljedećoj tablici.

Tablica 2.2. Veličine ljudskoga tijela

Uzrast	Širina a [m]	Dubina b [m]	Površina vodoravne projekcije f [m ²]
Djeca	0,30 – 0,34	0,17 – 0,21	0,040 – 0,056
Tinejdžeri	0,38 – 0,43	0,22 – 0,27	0,067 – 0,09
Odrasli:			
– u ljetnoj odjeći	0,46	0,28	0,100
– u međusezonskoj odjeći	0,48	0,30	0,113
– u zimskoj odjeći	0,50	0,32	0,125
– s malim paketima	0,75	0,40	0,240
– s djetetom	0,75	0,48	0,285
– s prtljagom	0,9 – 0,11	0,75	0,53 – 0,65

Izvor: [20]

Iz

Tablica 2.2. vidi se kako gustoće na istom prostoru ljeti mogu porasti i do 25 % u odnosu na zimu. Na temelju navedenoga može se zaključiti kako gustoće pješaka na istoj površini variraju ovisno o godišnjem dobu, strukturi toka, nošenju stvari itd.

Grafički je prikaz ljudi koji nose torbe i vode djecu, s pripadajućim površinama vodoravnih projekcija, prikazan na sljedećoj slici.



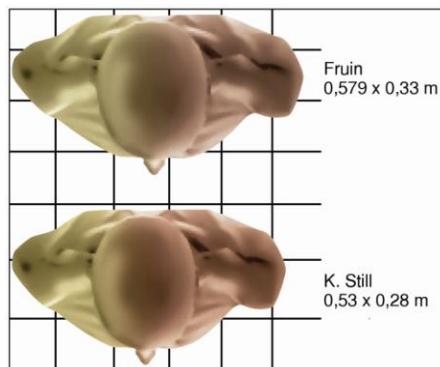
Slika 2.15. Vodoravne projekcije ljudi koji nose teret ili vode djecu
Izvor:[20]

Proučavajući baze podataka antropometrijskih veličina ljudskoga tijela u mirovanju, autor smatra prihvatljivom širinu obučenoga pješaka 0,55 m i dubinu 0,30 m, što odgovara veličini pravokutnika od $0,165 \text{ m}^2$. To je približno dvostruko veća površina od minimalne površine elipse tijela koju zauzima pješak bez stvari i bez odjeće $[0,083 \text{ m}^2/\text{pj} = \frac{\pi}{4} \times (0,46\text{m} \times 0,23\text{m}/\text{pj})]$. Površina od $0,165 \text{ m}^2$ odgovara gustoći od $6,1 \text{ pj/m}^2$. Ako ovu površinu tijela računamo preko elipse, dobije se površina od $0,129 \text{ m}^2$ po pješaku, što daje gustoću od $7,7 \text{ pješaka po m}^2$. Navedene su površine izračunane za homogeni tok u kojem su svi pješaci jednake veličine. Kako u praksi to nije slučaj, moguće su čak i veće, odnosno manje gustoće ljudi.

Fruinovi su podatci širine ramena za 95. percentil nešto veći jer se odnose na obučenoga muškarca koji obavlja fizičke poslove, iznose 0,579 m, odnosno 0,33 m za dubinu tijela [21]. Površina pravokutnika koju zauzima *Fruinov* „standardni pješak“ iznosi $0,19 \text{ m}^2$, što daje kapacitet od $5,3 \text{ pj/m}^2$. Kako pješak pokriva prostor u obliku elipse površine $0,15 \text{ m}^2$, kapacitet pješačkoga objekta iznosi $6,66 \text{ pj/m}^2$.

K. Still mjerio je vlastito tijelo (jači muškarac visine 1,90 m) i dobio širinu ramena 0,53 m i dubinu 0,28 m, što daje površinu elipse $0,12 \text{ m}^2$, odnosno kapacitet prometnice $8,3 \text{ pješaka/m}^2$ [22].

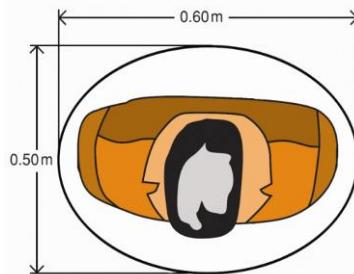
Slika 2.16. prikazuje usporedne veličine tijela koje predlažu *Fruin* i *K. Still*.



Slika 2.16. Usporedba širine i dubine tijela pješaka po Fruinu i po Stillu

Za potrebe određivanja praktičnoga kapaciteta podzemne željeznice u New Yorku korištena je elipsa širine 0,609 cm (24 in) i dubine 0,459 cm (18 in) [21]. Ove podatke koristi i američka vojska za oblikovanje prostora. Ovakav pješak zauzima površinu elipse od $0,218 \text{ m}^2$, što daje gustoću od $4,5 \text{ pj/m}^2$.

HCM [23] predlaže standardni „dizajn-model pješaka“ dimenzija $0,60 \text{ m} \times 0,50 \text{ m}$, što iznosi $0,3 \text{ m}^2$ pravokutnoga prostora, odnosno daje elipsu površine $0,23 \text{ m}^2$. Ta elipsa predstavlja *Fruinovu* uvećanu elipsu za 108 %. Kapacitet prostora pokriven pješacima ove veličine iznosi $4,2 \text{ pj/m}^2$. I kod ovakvih je prostora, odnosno gustoća uočen kontakt tijela s drugim osobama.



Slika 2.17. Veličina vodoravne projekcije tijela prema HCM-u
Izvor: [23]

Vidljivo je kako HCM za statički model pješaka preporučuje veću površinu elipse od ostalih. Taj je model prihvatljiv većini populacije. Može se usvojiti kao dizajn-standard za slučajeve stajanja na peronima, stajalištima, uličnim uglovima, trgovima i sl. Međutim, na stadionima, u kazalištima, u sredstvima javnoga prijevoza, u dizalima, na pokretnim stubama i sl., gdje je prostor ograničen, mogu se koristiti i manje dimenzije.

Koju veličinu uzeti kao mjerodavnu za određivanje kapaciteta prometnice? Odgovora gotovo da i nema jer nema ni univerzalnoga dizajn-modela. Svaki je model prihvatljiv na određeni način i pod određenim

uvjetima. Stoga se izbor modela za dimenzioniranje ne bi smio izvršiti vođen logikom „zdravo za gotovo”, nego logikom kritičkoga prosuđivanja kako bi se odabrao onaj model koji najbolje odgovara zahtjevima.

2.3.3. Zaštitna zona (body buffer zone)

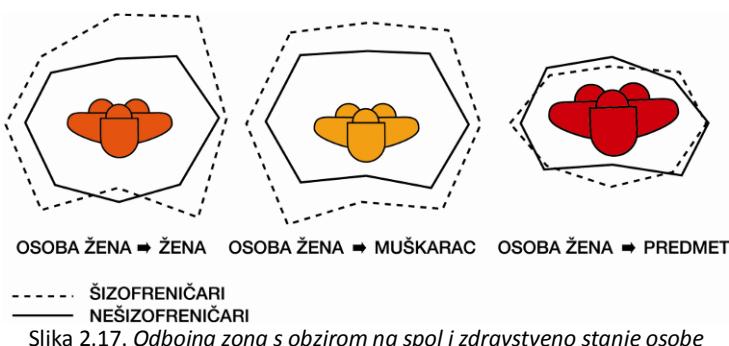
Ljudi oko sebe ili između sebe i drugih živih bića, odnosno predmeta stvaraju zaštitno-odbojnu zonu te dolazi do tjeskobe i nemira ukoliko se u nju uđe.

Na temelju psihijatrijskih istraživanja osobnoga komfora, koja su provedena u Americi, dobivene su sljedeće *body buffer zone*:

- za žene $0,4 - 0,5 \text{ m}^2 (4 - 5 \text{ ft}^2)$
- za muškarce $0,8 - 0,9 \text{ m}^2 (8 - 9 \text{ ft}^2)$.

Veća zaštitna zona oko muškaraca tumači se većim tijelom i većom muškom agresivnošću.

Ispitivanja u zatvoru pokazuju kako normalni zatvorenici dopuštaju da im se ljudi približe do 0,5 m (18 in), što odgovara prostoru od $0,7 \text{ m}^2 (7 \text{ ft}^2)$. Šizofreničari prije od normalnih osoba počinju osjećati nelagodu zbog blizine drugih pa daju prednost većim međusobnim razmacima, što je vidljivo na Sliku 2.17. Oni najgori zahtijevaju četiri puta veću površinu od normalnih zatvorenika.



Slika 2.17. Odbojna zona s obzirom na spol i zdravstveno stanje osobe

S porastom gustoće toka smanjuje se zaštitna zona između pješaka kao i lateralna udaljenost od prepreke. Veličina zaštitne zone, osim o gustoći, spolu i zdravstvenom stanju osobe, ovisi još i o kulturi, standardu, svrsi putovanja, raspoloživom vremenu i trajanju procesa.

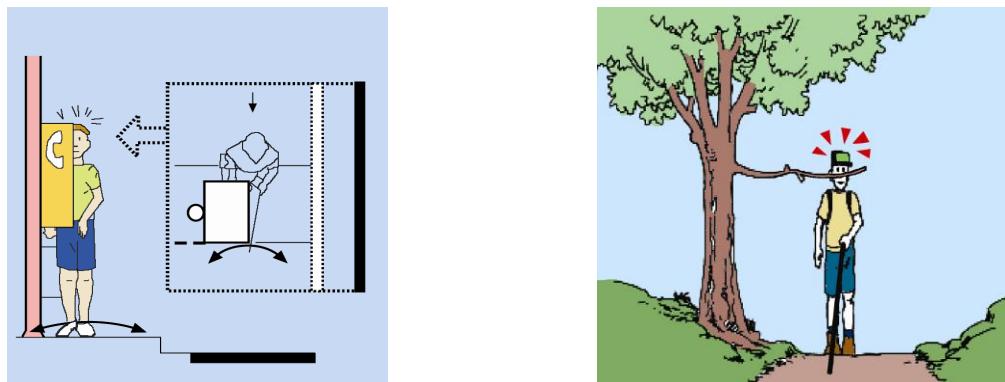
Istočne kulture prihvataju mnogo manje međusobno rastojanje i višu razinu osobnoga kontakta nego što je to normalno na zapadu. Stjecanjem boljega statusa i blagostanja ljudi teže povećanju osobnoga prostora, u suprotnom se prilagođavaju ponuđenom prostoru. Čovjek dugotrajno ne podnosi gužve koje dopušta samo u kratkom vremenskom razdoblju, npr. u dizalu i sl.

Raspoloživ je prostor važan čimbenik koji omogućava manevriranje ljudi, ostvarenje željene brzine u zadanom okruženju, određivanje propusne moći pješačke prometnice, koji daje odgovor na pitanje odgovara li širina prometnice pješačkoj potražnji i sl. Prostor je jedan od temeljnih čimbenika za određivanje razine uslužnosti pješačke prometnice.

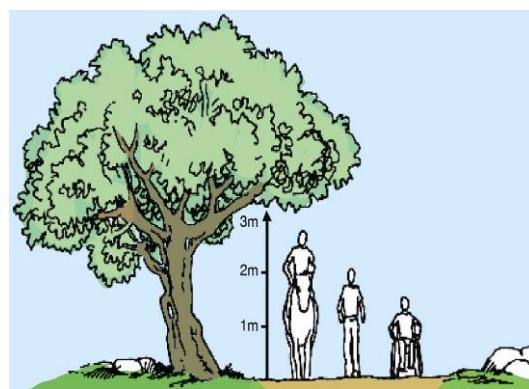
2.4. Prometni i slobodni profil

Prometni je profil poprečni presjek „standardnoga pješaka“. Širina je prometnoga profila određena širinom tijela. Visina je prometnoga profila definirana najvećim uspravnim dohvatom ruke, odnosno visinom pješaka i teretom koji nosi.

Slobodni profil čine prometni profil i zaštitna zona u koju ništa ne smije zadirati izvana. On predstavlja minimalnu efektivnu širinu i visinu pješačkoga puta.



Slika 2.18. Objekti koji zadiru u slobodni profil predstavljaju velike poteškoće, posebno slijepim osobama

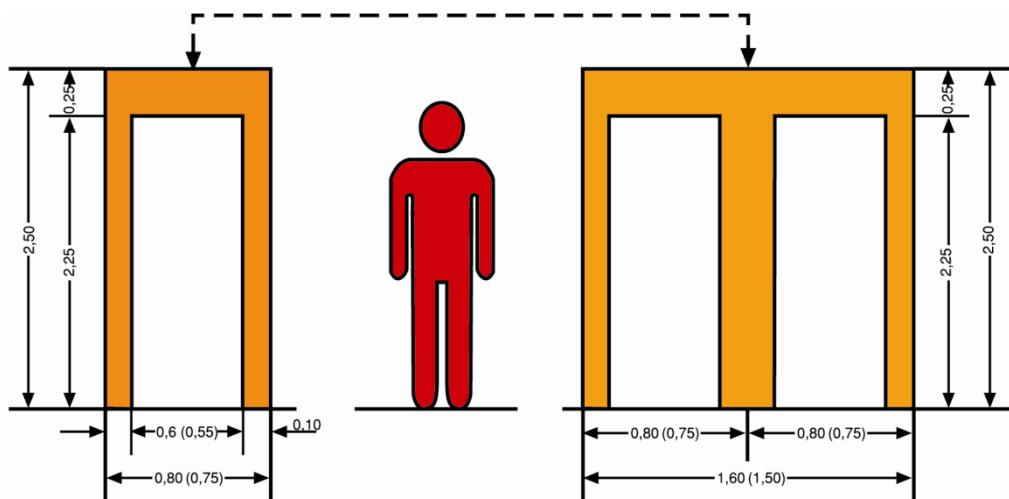


Slika 2.19. Održavanje slobodnoga profila važno je uskladiti s veličinama očekivanih korisnika pješačke prometnice

Na temelju raspoloživih podataka predlažu se sljedeći standardi za dimenzioniranje pješačkih puteva:

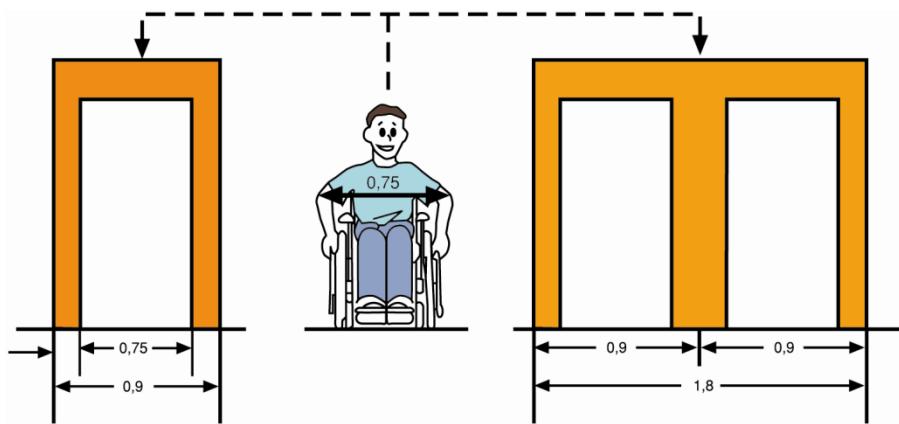
1. Kao minimalnu širinu prometnoga profila treba uzeti 0,55 m, a poželjno bi bilo 0,60 m. U tom bi slučaju minimalna širina slobodnoga profila iznosila 0,75 m, a poželjna 0,80 m, što

predstavlja širinu pješačke staze za jedan red pješaka. Za dvosmjerni pješački promet širina slobodnoga profila iznosi 1,5 m, odnosno 1,6 m.



Slika 2.20. Prometni i slobodni profil za jedan i za dva reda pješaka

2. Kako Republika Hrvatska ima velik broj tjelesnih invalida u kolicima, a u novije vrijeme i ratnih vojnih invalida koji ravnopravno sa zdravim pješacima koriste pješačku komunikaciju, predlaže se usvajanje širine pješačke staze od 0,9 m. Iznimno se na kratkom potezu može dopuštati širina od 0,8 m, koja još uvijek omogućava prolazak invalidskih kolica pored jedne ograničavajuće točke. Za mimoilaženje dvaju invalidskih kolica potrebna je širina od 1,8 m. U područjima s nedovoljnim prostorom ukupna se širina koridora može ograničiti na 0,9 m, no na svakih se 60 m mora ostaviti proširenje za mimoilaženje dvaju kolica.



Slika 2.21. Prijedlog širine prometnoga i slobodnoga profila koji je dovoljan za vožnju invalida u kolicima

3. Ako se pješačka prometnica nalazi u nekom posebnom području kao što su kolodvori, bolnice, dječji vrtići, starački domovi i sl., potrebno ju je projektirati prema posebnim skupinama koje

su najzastupljenije. Takve su skupine, npr. pješaci koji nose razne vrste ručne prtljage, invalidne osobe, majke s djecom, itd.

Navedeni su podatci bitni za minimalističko projektiranje pješačkih prometnica, odnosno za određivanje koliko pješaka može hodati usporedno na određenoj širini. Kako je problem puno složeniji – širina pješačke prometnice ovisi o broju pješaka – o dimenzioniranju će još biti govora.

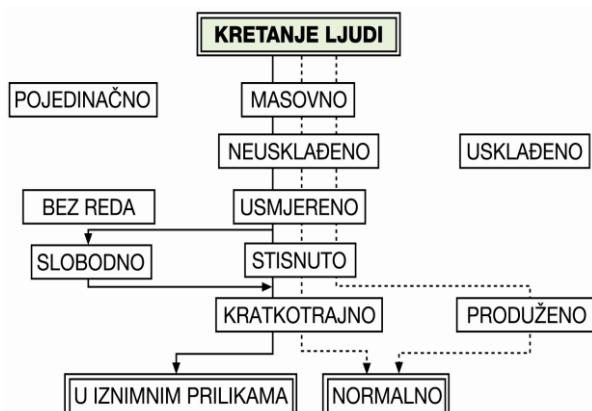
2.5. Pješačenje

Pješačenje (lat. *pes, pedis*, m = nogu, a izraz: *per pedes* = na nogama ili pješice) je aktivno kretanje tijela naizmjeničnim pokretanjem donjih udova, što dovodi do prenošenja tijela s jednoga mesta na drugo.

2.5.1. Klasifikacija pješačenja

Pješačka se kretanja mogu klasificirati na više načina, ovisno o broju sudionika kretanja, svrsi putovanja, usmjerenosti i usklađenosti toka, trajanju procesa kretanja itd.

Предтеченский и Милинский dali su teoretski prihvatljivu podjelu pješačenja na javnim prometnicama, prikladnu za izučavanje pojava i događaja u pješačkom toku (Slika 2.22.) [20].



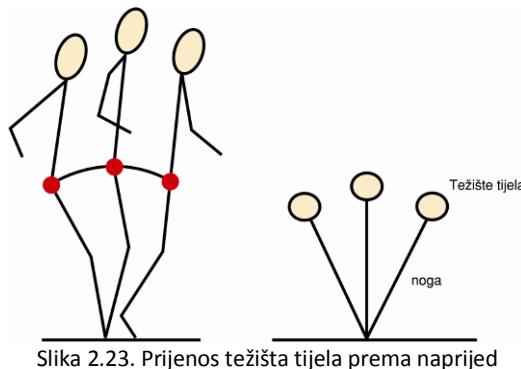
Slika 2.22. Klasifikacija pješačenja

Izvor: [20]

2.5.2. Biomehanika pješačenja

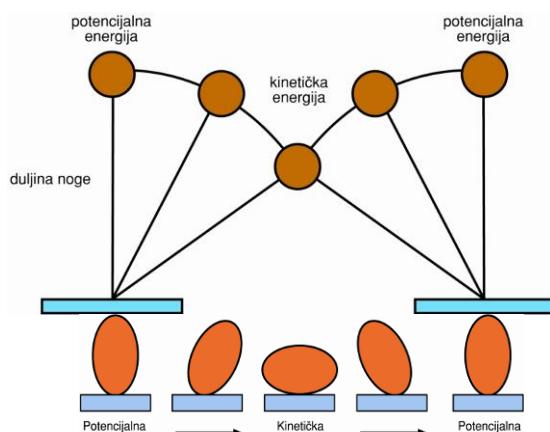
Koliko god jednostavno izgledalo, pješačenje predstavlja veoma složen proces koji uključuje mentalne i kinetičke aktivnosti (mozak, vid, srednje uho, noge, ruke). *Ruszkowski* ističe kako čovjek ne hoda samo nogama nego cijelom tijelom [24]. Dvonožno hodanje daje tijelu veliku gipkost, ali istodobno uzrokuje i veliku labilnost tijela. U mehaničkom je smislu čovjekov hod gubljenje i uspostavljanje ravnoteže, tako da se ravnoteža uspostavi prije nego što se ona u potpunosti, uz pad tijela, poremeti.

Gibanje je težišta tijela po kružnom luku najsličnije obrnutom njihalu.

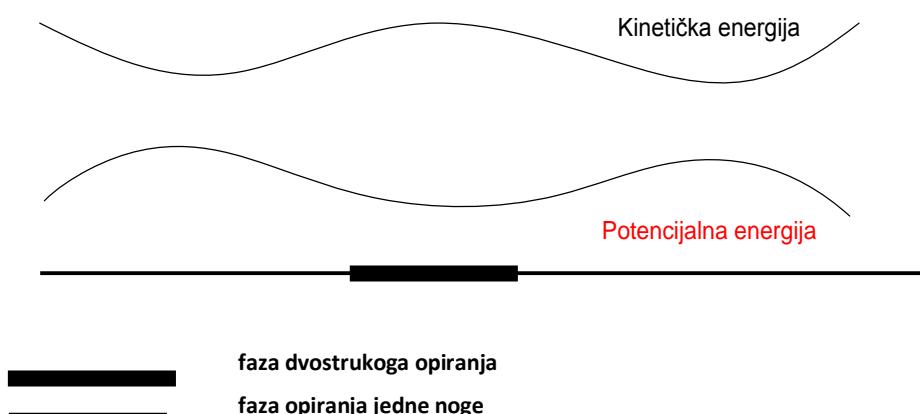


Slika 2.23. Prijenos težišta tijela prema naprijed

Pretvaranje mehaničke energije, kinetičke u potencijalnu i obrnuto, za vrijeme gibanja, najlakše je objasniti pomoću njihala ili rolanja jajeta na podlozi. Centar tjelesne mase kreće se u serijama kružnih lukova kao obrnuto njihalo ili zarolano jaje.



Slika 2.24. Pretvaranje energije pri kretanju identično je onomu kod njihala ili kod rolanja jajeta



Slika 2.25. Grafički prikaz transformacija energije pri kretanju

Kad je noge u ekstensiji, težište tijela dostiže najvišu točku u kojoj je potencijalna energija maksimalna. Za razliku od potencijalne energije kinetička energija dostiže svoj minimum. U raskoraku je, kad su opterećene obje noge, u trenutku kad pete dodiruju tlo, kinetička energija maksimalna, a potencijalna

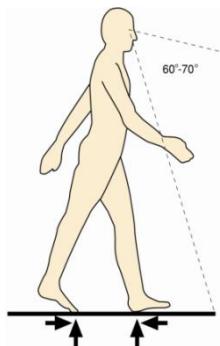
minimalna, što znači kako su potencijalna i kinetička energija izvan faze za približno pola ciklusa ili za 180° .

Svaki čovjek ima svoju tipičnu fizionomiju hodanja i po njoj se može prepoznati već izdaleka. Glavni pečat hodanju daju kralježnica, ramena i kukovi. Kao balans za održavanje ravnoteže pri hodu čovjeku služe gornji ekstremiteti.

2.5.3. Kretanje na vodoravnom putu

2.5.3.1. Model dvonožnoga kretanja

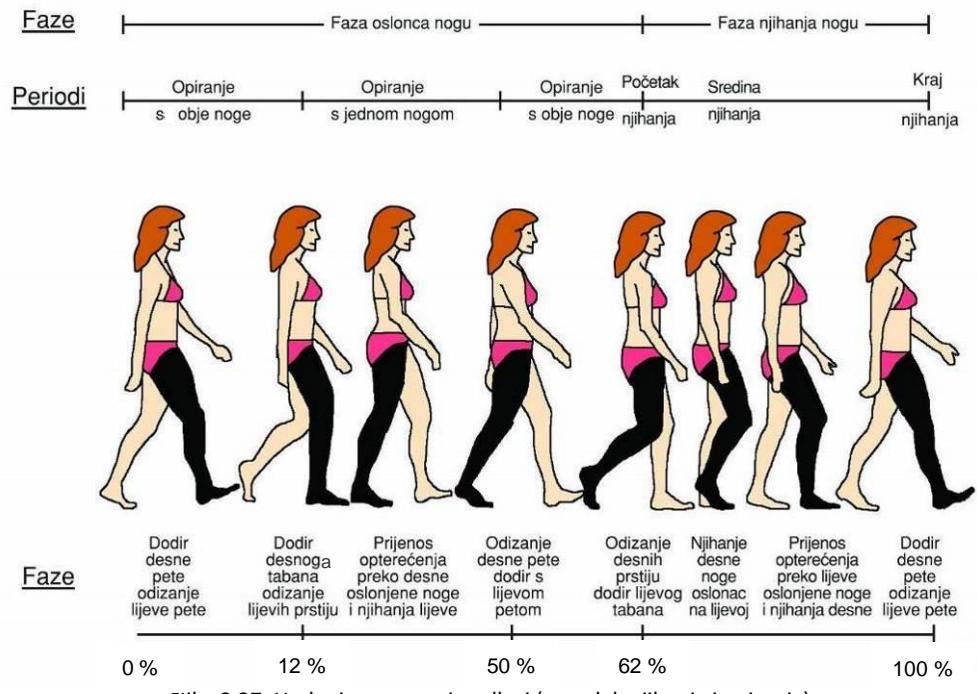
Pješačenje počinje savijanjem tijela prema naprijed (kao kod hoda suprotnoga vjetru) kako bi se svladala tromost. Radi proširenja oslonca i održavanja ravnoteže jedna se noga mora izbaciti naprijed. Druga nogu koja je iza gura tijelo.



Slika 2.26. Sile reakcije podloge na stopalo za vrijeme kretanja

Kada se prsti stražnje noge odvoje od tla, ona se premješta prema naprijed i time započinje faza njihanja. Uzdignuta se nogu zakreće u kuku, koljenu i gležnju, ispruži do kraja i potom dodiruje tlo. Time ja završena faza njihanja noge. Cijelo se vrijeme druga nogu nalazi na tlu i podupire tijelo čije težiste ide naprijed po kružnom luku.

Unutar ciklusa pješačenja razlikujemo dvije faze. U jednoj su opterećene obje noge (eng. *double support*), a u drugoj jedna nogu (eng. *single support*), dok se druga njiše (eng. *swing phase*) i kreće prema naprijed. Faza je opterećenja na objema nogama vremenski kraća od faze oslonca na jednu nogu koja pokriva od 80 % do 90 % ciklusa pješačenja.



Slika 2.27. Hodanje po ravnoj podlozi (poredak njihanja i opiranja)

2.5.3.2. Potrošnja energije pri kretanju po vodoravnom putu

Ukupna energija koja je potrebna za normalno funkcioniranje organizma sastoji se od bazalne energije i energije potrebne za rad. Bazalna energija potrebna za obavljanje osnovnih životnih funkcija kad tijelo miruje iznosi 300 KJ/h za muškarce i 250 KJ/h za žene, ili 7200 KJ/dan, odnosno 6000 KJ/dan [25], [26], [27] i [28]. Osim bazalne energije čovjeku je potrebna energija za rad (.

Tablica 2.3.).

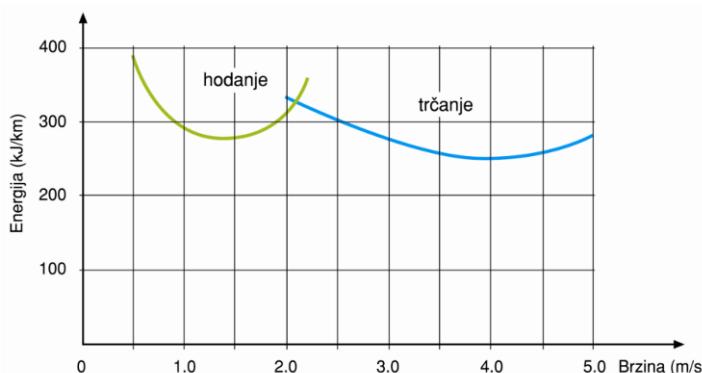
Tablica 2.3. Potrošnja energije za različite vrste poslova

Vrsta rada	Potrošnja energije [KJ/h]	
	Muško	Žensko

mirno spavanje	300	-	250
mirno ležanje	320	-	250
mirno sjedenje	-	300 – 320	-
sjedenje	380	-	320
stajanje	630	-	440
sjedenje i pisanje	-	500	-
jedenje u sjedećem položaju	-	610	-
plesanje	-	1280	-
planinarenje	-	2100	-
trčanje	-	2370	-
plivanje	-	2580	-
hodanje po ravnoj podlozi	760	-	630
hodanje po rampi	-	1150	-
lagani hod	-	870	-
brzi hod	-	1280	-

Izvor: [25], [28]

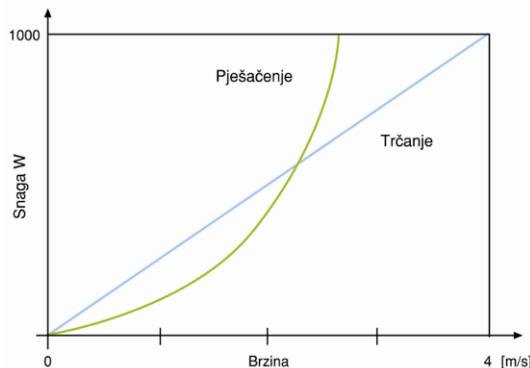
Ograničeni energetski resursi kojima čovjek raspolaze djeluju samoregulirajuće, a to znači kako čovjek nastoji što manje vremena trošiti na prijevoz ili na pješačenje kako bi uštedio energiju za rad. Također, u želji za minimalnom potrošnjom energije čovjek nastoji hodati brzinom ispod maksimalne, osim ako nema neki poseban motiv za većom brzinom. Kako je duljina svakoga puta, tako i pješačkoga, u izravnoj vezi s brzinom i vremenom ($s = v \times t$), lako je zaključiti kako pješački putevi nisu dugi (stoga su i prvi gradovi bili mesta kratkih puteva). Pri kretanju ljudi teže minimalnoj potrošnji energije i tomu prilagođavaju svoju brzinu. Zapravo, potrošnja energije određuje izbor načina kretanja ljudi, odnosno njihovu brzinu. Grafikon 2.6. prikazuje ovisnost potrošnje energije o brzini kretanja ljudi.



Grafikon 2.6. Ukupna potrošnja energije za put dug 1000 m u ovisnosti o brzini kretanja
Izvor: [12]

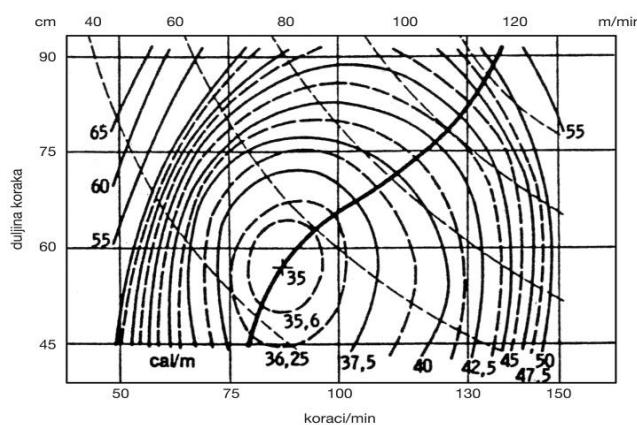
Pješačenje je ekonomično kod malih brzina jer je potrebna minimalna potrošnja energije. Kod većih je brzina potrebno više energije pa hodanje nije energetski optimalno i čovjek počinje trčati. Energetski optimum za pješačenje iznosi 274 KJ/km pri brzini 1,4 m/s (5 km/h), odnosno 250 KJ/km za trčanje brzinom 3,89 m/s (14 km/h).

Između 2 m/s (oko 7 km/h) i 2,5 m/s (oko 9 km/h) potrošnja se energije za hodanje i za trčanje izjednačava. Iznad toga je potrebno više snage za hodanje nego za trčanje pa se čovjek manje zamara kada trči (Grafikon 2.7.).



Grafikon 2.7. Ovisnost snage za pješačenje i za trčanje o brzini

Pri hodanju čovjek intuitivno odabire frekvenciju i duljinu koraka koja odgovara minimalnoj potrošnji energije (Grafikon 2.8.).



Grafikon 2.8. Potrebna energija za hodanje po ravnom putu ovisno o duljini i frekvenciji koraka
Izvor: [28]

2.5.4. Kretanje stubištem

2.5.4.1. Način kretanja stubištem

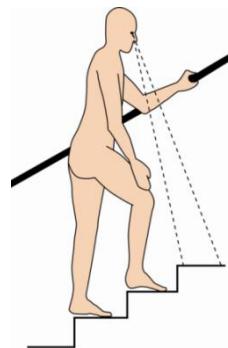
Kretanje stubištem razlikuje se od kretanja po ravnim površinama. Dimenzije stubišta, točnije širina gazišta i visina stube, određuju veličinu koraka za sve osobe bez obzira na fizičku sposobnost, a ogromna je razlika i u sigurnosti. Brže se hodanje postiže povećanjem frekvencije koraka ili povećanjem duljine koraka tako da se korača preko više stuba, što može biti prilično opasno.



Slika 2.28. Dimenzije stuba određuju veličinu koraka

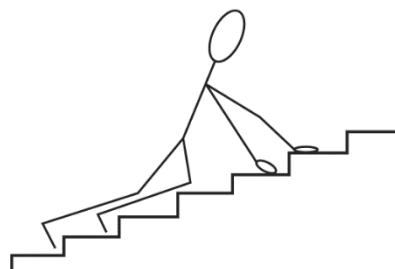
Pri penjanju je stubama centar gravitacije pomaknut prema naprijed. Prednja se noge podiže i staje na prvu stubu kako bi održala tijelo i spriječila pad. Obje noge, prednja i stražnja, omogućuju odbacivanje, odnosno podizanje tijela, što iziskuje puno energije. Nakon toga stražnja se noge podiže, njiše se i zauzima mjesto na stubi ispred. Poslije toga ciklus se ponavlja.

Penjanje je stubama manje opasno od silaženja. Pri penjanju stuba ispred nalazi se bliže čovjekovu oku pa je bolji pregled mesta na koje se staje, što povećava sigurnost.



Slika 2.29. Penjanje stubama

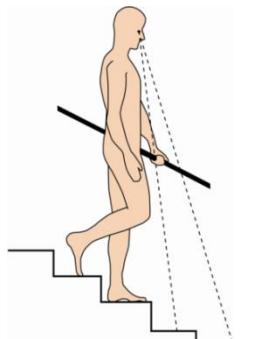
U slučaju pada čovjek se zaustavlja na gornjoj stubi, kako je prikazano na sljedećoj slici.



Slika 2.30. Pad pri penjanju stubama manje je opasan od pada pri silaženju

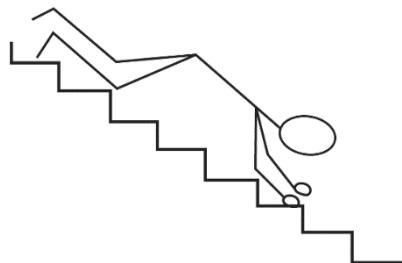
Pri silaženju je centar gravitacije pomaknut unatrag zbog opasnosti od pada niz stube. Prednja se noge spušta na nižu stubu. Nakon dodira stopalom opterećenje se tijela lagano prebacuje na prednju nogu. Zatim se odvaja stražnja noge od stube, njiše se i prebacuje na nižu stubu ispred. Hodanje je niz stube jako zahtjevno i opasno pa je potrebna veća kontrola i balans zbog njihanja tijela. Oči su puno više

iznad razine stube na koju se staje, nego što je to pri penjanju uz stube. Tijelo je pomaknuto unazad, što povećava mogućnost da se ne stane na pravu stubu, posebno ukoliko je njezino gazište usko.



Slika 2.31. Silazak niz stube

Posljedice u slučaju pada niz stube mogu biti vrlo teške. Ugradnja rukohvata na stubama može spriječiti pad.

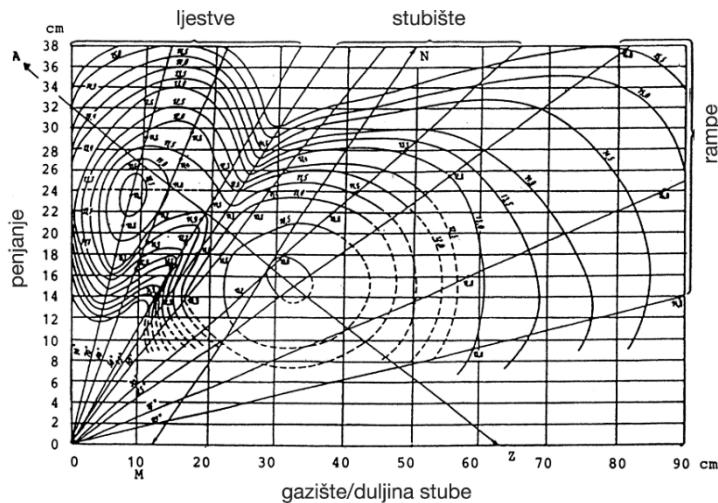


Slika 2.32. Pad pri silaženju niz stube opasniji je od pada pri penjanju

2.5.4.2. Potrošnja energije pri kretanju stubištem

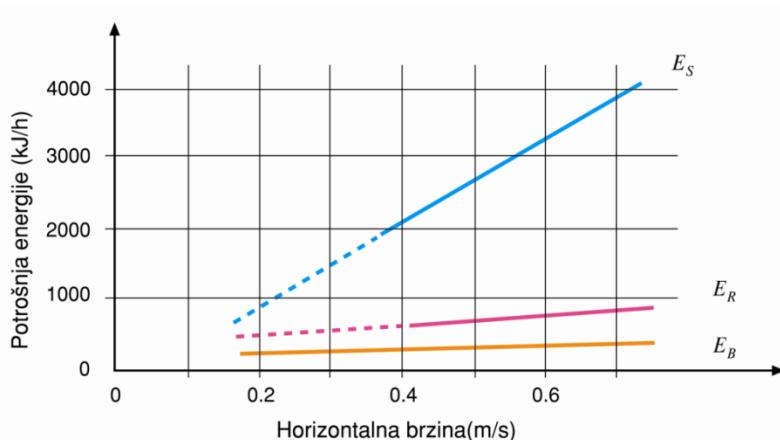
Proturječni su podatci o potrošnji energije pri hodanju stubištem. *Schopf* [29] govori o 30 % povećanoj potrošnji energije na stubištu, dok *Bovy* [6] pri istoj horizontalnoj brzini govori o povećanoj potrošnji energije od 690 % pri penjanju i 25 % pri silaženju niz stube.

Rohmert [28] iznosi podatak o povećanoj potrošnji energije na stubištu od oko 400 %, dok *ITE* [30] donosi podatak o povećanoj potrošnji od 900 % do 1400 % kod uspona i 35 % kod silaženja. Prema *Hollmannu* [26] potrošnja se energije pri penjanju uz stube brzinom 0,6 m/s udeseterostruči, dok se pri silaženju pri istoj brzini udvostruči. Grafikon 2.10. prikazuje potrošnju energije u funkciji tjelesne težine i nagiba.



Grafikon 2.9. Promet energije za rad od 1 mkg za rampe, stubišta i ljestve (cal/mkg)
Izvor: [28]

Najmanji je utrošak energije potreban kada visina stuba iznosi 16 cm, a dubina 31 cm. To daje nagib 52 % i duljinu koraka 0,63 cm.



Grafikon 2.10. Potrošnja energije na stubištu u usporedbi s potrošnjom energije na ravnim površinama
Izvor: [12]

- E_b – osnovna energija
- E_r – energija potrebna za hodanje po ravnim površinama
- E_s – potrebna energija za kretanje stubištem.

2.5.5. Kretanje po rampama

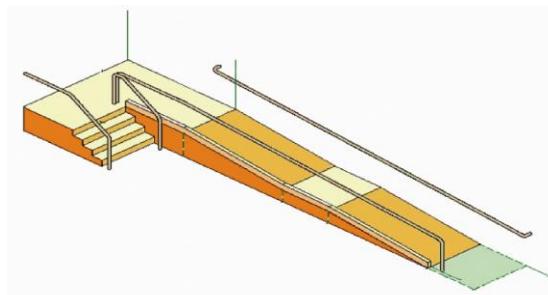
2.5.5.1. Način kretanja po rampama

Kretanje je po rampama gotovo identično kretanju po ravnim površinama, samo što iziskuje veću energiju.



Slika 2.33. Hodanje po rampama

Rampe su ravne kosine koje povezuju dvije razine na različitim visinama. Poželjan nagib rampa ne bi smio prelaziti 5 %, odnosno 8 % [31], [32] i [33]. Jedinu iznimku čine nogostupi uzduž cesta. Ne smatramo ih rampama i kad prelaze nagib od 5 %.

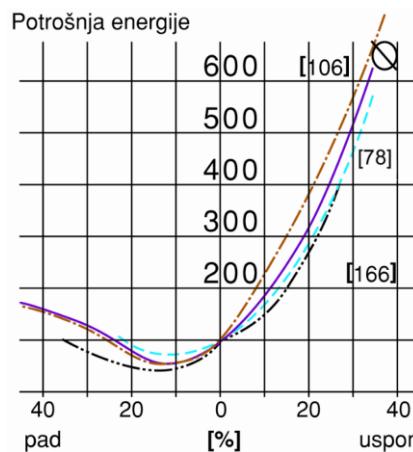


Slika 2.34. Izgled rampe

Na strmijim nagibima može se zahtijevati grublja struktura površine za hodanje kako ne bi došlo do klizanja pješaka za vrijeme snijega i leda. Stoga je uvijek, kada je to moguće, potrebno koristiti rampu s najmanjim nagibom. Ako to nije moguće, onda se prije i poslije svakoga strmoga dijela, na dnu i na vrhu, ostavlja vodoravni prostor od 1,5 m za odmor.

2.5.5.2. Potrošnja energije pri kretanju po rampama

Potrošnja energije izravno ovisi o nagibu rampe (Grafikon 2.11.).

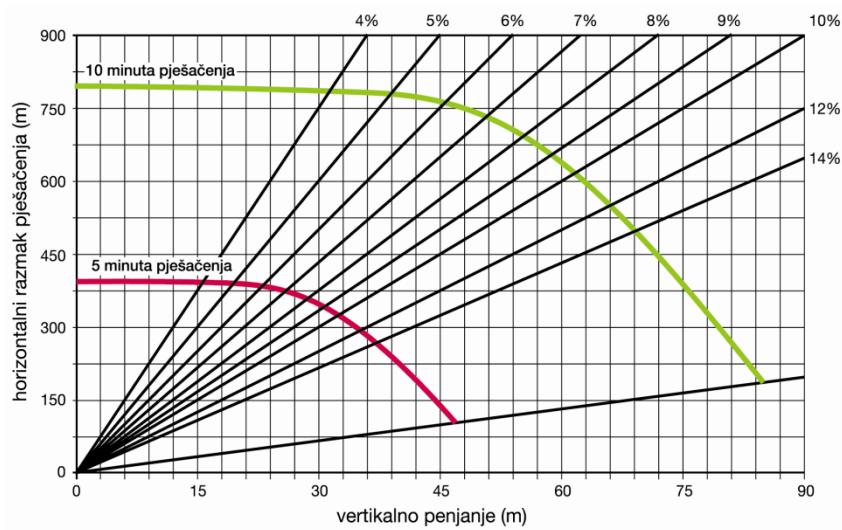


Grafikon 2.11. Potrošnja energije na nagnutim površinama (za nagib veći od 15 % primjenjuju se stubišta)

Izvor: [26], [28], [34]

Što je uspon rampe veći, veća je i potrošnja energije. Na usponu od 10 % do 12% potrošnja se energije udvostruči u odnosu na vodoravnu površinu. Pri spuštanju je obrnuto, smanjuje se potrošnja energije. Najmanja je na padu između 10 % i 12 %. U odnosu na vodoravni put na ovom se nagibu potrošnja energije prepolovi. Na padu većem od 25 % potrošnja je energije ponovo iznad vrijednosti na ravnom dijelu puta.

Veličinu nagiba određuje raspoloživa snaga pješaka. Nagib rampe ne smije preći 8 % jer ga mnogi ljudi u kolicima, zbog ograničenja snage, ne mogu svladati, a u zimskim uvjetima takav nagib predstavlja velik problem zdravim osobama. U nekim zemljama usvojeni maksimalni nagib rampe iznosi najviše 5 %, što se čini prilično razumnim s obzirom na ono što pokazuje sljedeći grafikon.



Grafikon 2.12. Utjecaj nagiba na duljinu pješačenja
Izvor: [35]

Nagib manji od 5 % ima mali ili gotovo nikakav utjecaj na brzine pješačenja u trajanju do 5 ili do 10 minuta. Za vrijeme od 5, odnosno 10 minuta na nagibu od 5 % ili manjem ljudi prijeđu put od 400 m, odnosno 800 m. Međutim, veći nagib od 5 % znatno smanjuje duljinu putovanja koja se može prijeći za 5 ili za 10 minuta. Ovisnost horizontalne duljine pješačenja o nagibu puta može se izraziti pomoću faktora nagiba f_n .

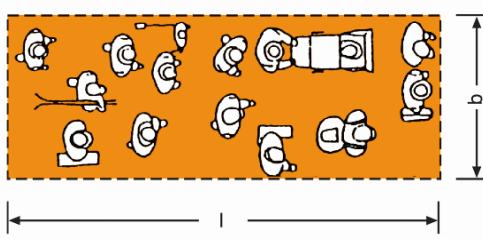
Tablica 2.4. Faktor nagiba

Prosječan nagib %	Faktora nagiba f_n
0 – 5	1,00
6 – 8	0,95
9 – 11	0,80
12 – 15	0,65

Dijagram prikazan na Grafikon 2.12., odnosno Tablica 2.4. može poslužiti kao vodič za uspostavljanje odnosa između duljine puta i nagiba rampe (veći nagib, manja duljina rampe i obrnuto).

2.6. Pješački tok (struktura i parametri)

U bilo koje vrijeme po pješačkim prometnicama kreću se tisuće ljudi pojedinačno, u parovima ili u skupinama, s poznatim i nepoznatim osobama, slučajno ili namjerno. Masovno, istodobno, namjerno ili slučajno kretanje ljudi u jednom smjeru po pješačkoj prometnici naziva se pješački tok. Na sljedećoj je slici prikazan fragment pješačkoga toka.



Slika 2.35. Fragment pješačkoga toka

Dva su osnovna tipa pješačkoga toka: prekinuti i neprekinuti. Poznavanje procesa koji se događaju u određenom tipu pješačkoga toka u određenoj situaciji pomaže u odabiru metode koja najbolje opisuje odnose koji prevladavaju u pješačkom toku.

Prvi je tip neprekinuti pješački tok. Odnosi su u njemu regulirani interakcijama pješak – pješak i pješak – prometnica. Nema fiksnih elemenata izvana, kao što su npr. signali koji mogu prouzročiti prekid pješačkoga toka. Prekidi su prouzročeni unutarnjim stanjima u pješačkoj struji, npr. zastojima koji se javljaju zbog nagomilavanja ljudi, a ne zato što su prisilno prekinuti fiksnim elementima izvana.

Drugi je tip prekinuti pješački tok. Prekid je uvjetovan vanjskim elementima, npr. signalima. Interakcije pješak – pješak i pješak – prometnica drugorazredne su u definiranju pješačkoga toka.

Navedene su vrste pješačkoga toka vezane isključivo uz određenu vrstu pješačke prometnice. Tako je npr. neprekinuti pješački tok vezan uz nogostup, uz pothodnik ili uz nathodnik, dok je prekinuti pješački tok karakterističan za pješačke prijelaze. Stoga se navedeni nazivi u literaturi češće spominju u kontekstu same komunikacije nego u kontekstu pješačkoga toka.

Alat koji prometnim inženjerima pomaže razumijevati uvjete koji vladaju u pješačkom toku, izučavati pojedine veličine pješačkoga toka te razvijati matematičko-fizičke modele koji su potrebni za planiranje i projektiranje, kao i za rješavanje drugih prometnih problema, naziva se *teorija pješačkoga toka*.

2.6.1. Struktura pješačkoga toka

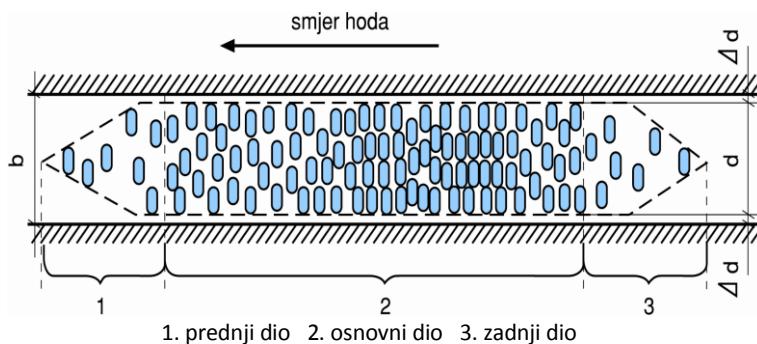
Pješački tok nije jednoličan, mijenja se u prostoru i u vremenu. Razmještaj je ljudi u pješačkom toku, kako po duljini, tako i po širini nekoga prostora u bilo kojem trenutku, obično neravnomjeran i slučajan. Pri hodanju prema cilju pješaci vrlo često mijenjaju smjer i brzinu radi izbjegavanja sudara s drugim

pješacima. Dodatnu komplikaciju stvara činjenica kako je to jedini tok koji misli. Zbog navedenih složenosti pješački se tok svrstava u složene sustave.

Unatoč velikim poteškoćama pješački tok ima i svoje zakonitosti koje, na žalost, nisu do kraja izučene. Modeliranje i analize pješačkih tokova svode se uglavnom na proučavanje jednostavnih situacija stohastičkoga ponašanja ljudi i njihovih interakcija. Pri kretanju između pješaka vladaju privlačno-odbojne sile i njihovo ponašanje ovisi o ponašanju drugih pješaka. Pješaci nastoje održati razmak u odnosu na druge pješake i na okruženje kako bi smanjili fizički kontakt između sebe ili između sebe i okruženja. Na taj način umanjuju međusobne interakcije zbog kojih osjećaju neudobnost, nemogućnost izbora željene brzine pa i potpuni zastoj pješačkoga toka. U situacijama u kojima se dva pješačka toka kreću iz suprotnih smjerova po nepisanom se pravilu i bez posebne regulative pješački tokovi sami od sebe usmjeravaju na određenu stranu prometnice, čime se povećava učinkovitost kretanja. Ove činjenice govore kako pješaci uzimaju u obzir jedni druge pa je i cijelokupan izgled pješačkoga toka određen njihovim međusobnim ponašanjem. Stoga možemo zaključiti kako je masovno kretanje pješaka na neki način predvidivo, što je pomalo začuđujuće i paradoksalno, za razliku od pojedinačnoga kretanja koje je slučajno, slobodno i teško predvidivo. Pojave uređivanja stanja unutar složenih sustava, kakav je pješački tok, nazivamo samoorganiziranjem. Samoorganiziranje je posljedica nastojanja pješaka da njihovo hodanje bude što ekonomičnije, uz što manje troškova koji se očituju odstupanjima od željene brzine (akceleracijom i deakceleracijom), odstupanjima od željenoga puta, odnosno promjenom smjera kretanja, fizičkim kontaktima s drugim pješacima itd. Pješak uvijek bira opciju koja mu donosi najmanju štetu. Učinak samoorganiziranja dolazi do izražaja i pri presijecanju tokova, pri prolasku kroz suženja puta, pri slijevanju i razdvajanju tokova itd.

Unatoč velikoj raznolikosti pješački tok pokazuje određenu zakonitost i svojim izgledom. Istraživanja *Predtečenskoga* pokazuju kako pješački tok ima izduženo sigmasti oblik.
 1. prednji dio
 2. osnovni dio 3. zadnji dio

Slika 2.36.) [20].



Slika 2.36. Shema pješačkoga toka

Broj je ljudi koji se izdvaja naprijed, odnosno nazad neznatan i kreće se brže, odnosno sporije od osnovnoga dijela pješačkoga toka. Koss i suradnici 1997. godine mjerili su brzine pješačkoga toka i dobili sljedeće vrijednosti: 1,32 m/s za čelo toka, 1,10 m/s za srednji dio toka i 0,80 m/s za zadnji dio toka [36]. Stoga je za potrebe mjerjenja najbolje uzimati osnovni dio pješačkoga toka koji ima pravokutni oblik (dio 2), a prvi redovi s kraja, odnosno izduženja naprijed i nazad (1. i 3. dio) ne bi se trebala razmatrati.

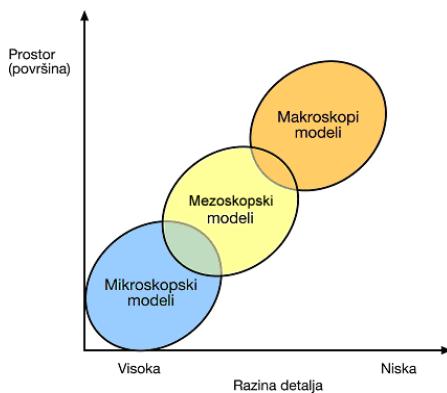
1. prednji dio 2. osnovni dio 3. zadnji dio

Slika 2.36. također prikazuje kako se između zidova i pješačkoga toka stvara slobodan prostor zbog straha od zapinjanja o predmete koji strše izvan zida. Unatoč tomu ovaj prostor koriste pješaci kojima je tok prespor, za pretjecanje i za obilaženje.

Modeliranje pješačkoga toka

Istraživanje odnosa među parametrima pješačkoga toka bitno ovisi o pristupu, odnosno o načinu modeliranja (makro, mezo i mikro). U svim se načinima modeliranja mogu koristiti grafičke, analitičke i simulacijske metode. S obzirom na razinu detalja koji se izučavaju razvijeno je nekoliko načina modeliranja pješačkoga toka. To su:

- makroskopski
- mezoskopski
- mikroskopski.



Slika 2.37. Vrste prometnih modела pješačkih tokova

Makroskopsko modeliranje pješačkoga toka u praksi se najranije počelo koristiti. Prvi su istraživači u ovom području bili *Oeding* [37], *Predtečenski* [20] i *Fruin* [5], a kasnije su im se pridružili i mnogi drugi. Filozofija je ovih analiza skupiti sva pojedinačna kretanja na prostoru jedne prometnice u zajednički tok, pri čemu se pojedinačni dijelovi toka ne analiziraju, već se dobiva samo uvid u ponašanje sustava kao cjeline. Makroskopske analize ili modeli uglavnom se temelje na analogiji toka fluida koji protječe kroz jednu zatvorenu cijev, kao što je prikazano na sljedećoj slici.



Slika 2.38. *Makroskopsko modeliranje utemeljeno na analogiji toka fluida*

Mikroskopsko modeliranje pješačkoga toka znatno je mlađe od makroskopskoga modeliranja. Ovakav su način modeliranja pješačkoga toka prvi počeli koristiti *Blue* i *Adler*, *Hoogendorp*, *Helbing* i *Molnar*. U mikroskopskom modeliranju svaki se pješak u struji promatra individualno s vlastitim prometnim karakteristikama, kao što su individualna brzina te interakcije s drugim pješacima i s okruženjem. Zbog visoke razine izučavanja detalja matematička su rješenja mikroskopskih modela izrazito složena.

Mezoskopsko modeliranje hibridno je modeliranje sastavljeno od elemenata makroskopskih i mikroskopskih analiza.

Razina je izučavanja detalja (aktivnosti i interakcija među pješacima) srednja, što znači da se ne razdvaja tok na entitete, nego se težište stavlja na skupinu pješaka koja ima svoja pravila ponašanja na određenom dijelu puta. Ove se analize temelje na činjenici kako pješaci obično idu u parovima ili skupinama i kako se u slučaju katastrofe drže zajedno, što znači kako se pridaje pozornost izučavanju utjecaja socijalne povezanosti na ponašanje pješaka.

Na kraju se postavlja logično pitanje: Koji su modeli najbolji za primjenu u praksi? Odgovor bi zapravo bio kako najboljega nema. Zašto? Zato što svaki ima određenih prednosti i nedostataka u odnosu na druge. Neki su modeli jeftini i jednostavniji za primjenu, ali ne daju dovoljno točne i kvalitetne podatke pa su na kraju, zapravo, skupi. Kako jedinstvenoga modela nema, različite zemlje koriste različite modele i standarde za izradu zakonske regulative i za praktičnu primjenu.

2.6.2. Parametri pješačkoga toka

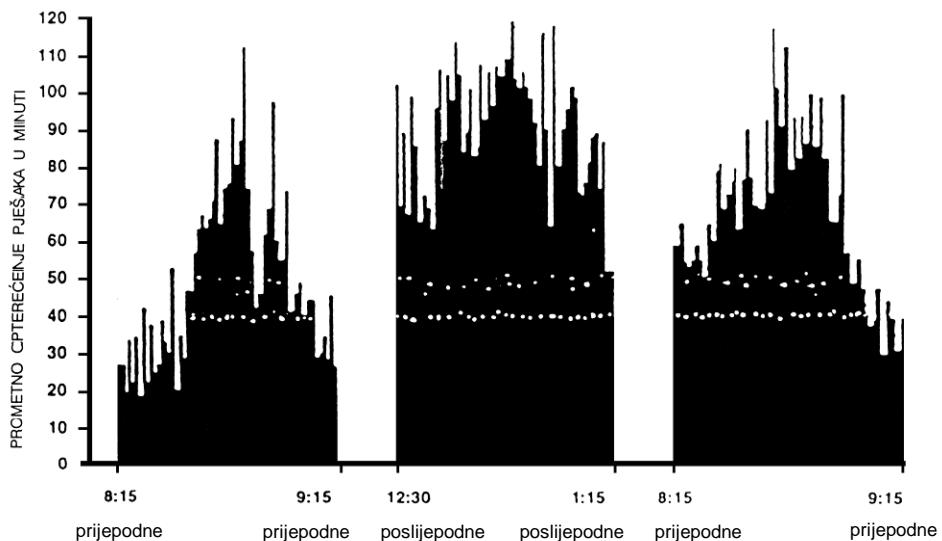
Parametri pješačkoga toka, kao što su gustoća, brzina, protok, prostorni i vremenski razmaci, među pješacima nisu absolutni brojevi, nego su varijable određenih statističkih distribucija koje ovise o mnogim utjecajnim faktorima. Stoga njihovo mjerjenje i obrada zauzimaju iznimno važno mjesto u

teoriji pješačkoga toka. Pješački tok ne bi bilo moguće opisati bez korištenja navedenih parametara koji će biti opisani u nastavku.

2.6.2.1. Volumen pješačkoga toka (intenzitet ili prometno opterećenje)

Volumen je pješačkoga toka broj pješaka koji prolaze kroz zadani presjek pješačke prometnice tijekom jednoga sata. Iako je jedan sat uobičajena vremenska jedinica za iskazivanje volumena pješačkoga toka, on se može iskazivati i u drugim vremenskim jedinicama (godini, mjesecu, tjednu, danu ili manjem vremenskom periodu od jednoga sata) pa govorimo o godišnjem, mjesecnom, tjednom, dnevnom i minutnom opterećenju pješačke prometnice. Volumen pješaka varira u vremenu i prostoru. Godišnje i mjesecne oscilacije volumena objašnjavaju se padanjem religioznih praznika u različite kalendarske dane i mjesece (Uskrs, Božić), uvođenjem ljetne i zimske rasprodaje i drugim manifestacijama u gradu (koncerti i sl.), promjenama temperature (mjesec lipanj i srpanj mjeseci su u kojima se najviše pješači), pa čak i promjenama nastalima u strukturi grada kao što je npr. izgradnja pješačke zone itd.

Volumen pješačkoga toka varira i unutar jednoga sata, tako da u jednoj minuti može biti i više nego dvostruko veći od volumena u drugoj minuti (Grafikon 2.13.). Stoga se za brojanje pješaka preporučuju 5-minutni ili čak 2-minutni vremenski intervali.



Grafikon 2.13. *Oscilacije prometnog opterećenja tijekom jednoga sata.*

Zbog velikih varijacija volumena pješačkoga toka samo brojanja na mjestima visoke pješačke koncentracije daju konzistentne i usporedive rezultate.

Protok ili tok po jedinici širine q broj je pješaka koji prolaze kroz presjek puta širine jedan metar u jedinici vremena. Tipična je vremenska jedinica za iskazivanje protoka pješaka 1 minuta ili 1 sekunda. Protok se izračunava prema formuli:

$$q = k \cdot v \left[\frac{pj}{m \times \text{min}} \right] \quad (2.3.)$$

gdje je: q – protok pješaka

k – gustoća pješačkoga toka

v – srednja brzina pješačenja.

Protok je izravno izведен iz volumena pješačkoga toka, odnosno prometnoga opterećenja. On odgovara prometnom opterećenju pješačke komunikacije širine jedan metar. Međutim, neki izvori kao npr. NFPA 101 [38] iskazuju protok pješaka analogno protoku motornih vozila u jedinici „pješaka po minuti”, što je zapravo jedinica za volumen. Preračunavanje jedinica pj/min u jedinice $pj/m \times \text{min}$ ne predstavlja poseban problem. Ako prepostavimo kako širina pješaka iznosi 0,55 m, onda se protok koji odgovara volumenu od npr. 50 pj/min može izračunati na sljedeći način:

$$50 \times \frac{1}{0.55} = 90.9 \text{ } pj/m \times \text{min.}$$

Protok karakterizira kinetiku procesa kretanja pješaka i jedan je od glavnih parametara koji se koriste za izradu ljestvice razina uslužnosti.

Propusna moć ili kapacitet prometnice Q_{\max} maksimalan je broj pješaka koji može proći u jedinici vremena kroz određeni presjek puta:

$$Q_{\max} = q_{\max} \cdot b \left[\frac{pj}{\text{min}} \right] \quad (2.4.)$$

gdje je: Q_{\max} – propusna moć

q_{\max} – maksimalni protok

b – širina komunikacije.

Maksimalni protoci na ravnim površinama, u europskim zemljama i u Americi, kreću se od 4000 do 5000 pješaka po metru širine na sat, dok se u zemljama Bliskoga istoka kreću od 5000 do 6000 pješaka po metru širine na sat. Veći se protoci kod „istočnih naroda” (od 20 % do 25 %) mogu objasniti manjom veličinom tijela, odnosno većom gustoćom na jedinici površine.

Protoci na stubištima i na rampama manji su nego na ravnim površinama zbog manje brzine kretanja. Raspored je ljudi na stubama uvjetovan dimenzijama stuba, što potvrđuje tvrdnju kako je protok na stubištu primarno u funkciji brzine, a ne gustoće. Kod penjanja stubištem protoci se kreću oko 3000 pješaka po metru širine na sat, a kod silaženja niz stubište oko 4000 pješaka po metru širine na sat, što je oko 30 % manji kapacitet nego na ravnim površinama. Manji je kapacitet stubišta u smjeru penjanja posljedica manje brzine pri penjanju iako je penjanje stubama sigurnije od silaženja.

Smanjenje propusne moći na pješačkim prometnicama javlja se i zbog dvosmjernoga kretanja pješaka radi otpora u pješačkim tokovima, odnosno nemogućnosti slabijega toka da okupira dio pješačke komunikacije proporcionalno svojoj veličini. Kad je odnos tokova iz suprotnih smjerova 50 : 50, protok je pješaka gotovo jednak protoku jednosmjernoga prometnoga toka. Razlozi tako malim razlikama u protocima leže u dobroj prilagodbi pješaka otporima u prometu. Kada je odnos prometnih tokova iz suprotnih smjerova 90 : 10, uočeno je smanjenje protoka za 15 %, stoga se pri dimenzioniranju prometnica treba voditi računa i o ovim saznanjima, posebno ako se po pješačkim prometnicama kreću tokovi iz suprotnih smjerova.

Širinu je pješačke prometnice b poželjno dimenzionirati na temelju manjega protoka od maksimalnoga, odnosno od kapaciteta prometnice, ovisno o razini uslužnosti koja se želi dobiti. Dimenzioniranjem širine na temelju maksimalnoga protoka q_{max} dobije se granična dopuštena minimalna širina prometnice za prolazak ljudi, odnosno minimalna razina uslužnosti koja nije poželjna u normalnim uvjetima pješačenja.

2.6.2.2. Gustoća pješačkoga toka

Gustoća pješačkoga toka može se definirati na više načina:

1. Može se definirati trenutnim brojem pješaka koji se nalaze na pješačkoj prometnici u odnosu na površinu koju zauzimaju. Obično se kao jedinica površine uzima 1 m^2 .

$$k = \frac{N}{a \cdot b} = \frac{N}{S} \left[\frac{pj}{m^2} \right] \quad (2.5.)$$

gdje je: k – gustoća pješačkoga toka

N – trenutni broj ljudi na pješačkoj komunikaciji

a – duljina pješačke komunikacije

b – širina pješačke komunikacije

S – površina pješačke komunikacije.

Ako se pretpostavi minimalni frontalni razmak između pješaka 1 m, a bočni 0,75 m, pomoću formule (2.5.) teoretski je moguće odrediti maksimalnu gustoću pri kojoj je kretanje još uvijek moguće:

$$k = \frac{1}{a \cdot b} = \frac{N}{a \cdot b} = 1,33 \text{ pj/m}^2 .$$

2. Može se definirati odnosom između zbroja vodoravnih projekcija ljudi u pješačkom toku i površine puta koji je pokriven tim tokom:

$$k = \frac{F}{S} \left[\frac{m^2}{m^2} \right] \quad (2.6.)$$

gdje je:

$$F = \sum_{i=1}^k f_i n_i - \text{zbroj vodoravnih projekcija svih pješaka koji se nalaze na prometnici (m}^2)$$

f_i – površina vodoravne projekcije i-toga pješaka u istoj kategoriji uzrasta (m^2)

n_i – broj ljudi koji se odnosi na istu kategoriju opterećenja

S – površina prometnice (m^2).

Korištenje ove formule bit će prikazano na sljedećem primjeru.

Primjer: Treba odrediti srednju gustoću pješačkoga toka koji zauzima površinu od 40 m^2 na kojoj se nalazi 10 odraslih pješaka u zimskoj odjeći, 15-ero u dobi od 14 do 17 godina i 5-ero male djece.

Površine vodoravnih projekcija tijela f uzet će se iz Tablica 2.5.

$$k = \frac{\sum f_i n_i}{S} = \frac{10 \cdot 0,125 + 15 \cdot 0,09 + 5 \cdot 0,056}{40} = 0,072 \left[\frac{m^2}{m^2} \right]$$

Tablica 2.5. Veličina ljudskoga uzrasta

Uzrast	Širina a [m]	Dubina b [m]	Površina vodoravne projekcije f [m^2]
--------	--------------	--------------	---

Djeca	0,30 – 0,34	0,17 – 0,21	0,040 – 0,056
Tinejdžeri	0,38 – 0,43	0,22 – 0,27	0,067 – 0,09
Odrasli			
-ljetna odjeća	0,46	0,28	0,100
-međusezona	0,48	0,30	0,113
-zimska odjeća	0,50	0,32	0,125
-nošenje malih paketa	0,75	0,40	0,240
-nošenje djeteta	0,75	0,48	0,285
-nošenje prtljage	0,9 – 0,11	0,75	0,53 – 0,65

3. Često se umjesto gustoće koristi izraz prostor po pješaku, što je zapravo inverzija gustoće i puno je praktičnija jedinica za analizu pješačkoga toka.

$$\frac{1}{k} = \frac{a \cdot b}{N} = \frac{S}{N} \left[\frac{m^2}{pj} \right] \quad (2.7.)$$

gdje je: S – površina pješačke komunikacije zaposjednute pješacima [m^2]

N – broj ljudi u pješačkom toku.

4. Gustoća se može izračunati pomoću jednadžbe za protok:

$$k = \frac{q}{v} \left[\frac{pj}{m^2} \right] . \quad (2.8.)$$

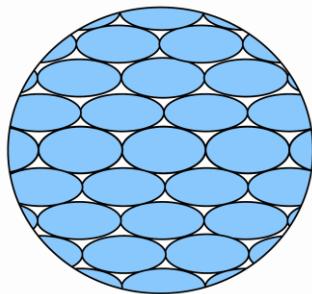
Kako se protok mjeri u vremenskim intervalima na određenom presijeku puta, a gustoća u jednom trenutku na određenom prostoru, računanje gustoće pomoću jednadžbe (2.8.) može dati krive rezultate koji se ne će slagati sa stvarnim stanjem na terenu. Stoga se jednadžba (2.8.) može koristiti samo pod određenim uvjetima, kada prostorni i vremenski interval u kojima se mjeri broj pješaka teže nuli. Uočavanje je ovoga problema važno jer se jednadžba (2.8.) često nekritički primjenjuje samo da bi opravdala svoje postojanje i/ili valjanost.

Jednadžbe (2.5.), (2.7.) i (2.8.) primjenjive su samo za homogene tokove, npr. odrasli ljudi u ljetnoj odjeći ili djeca i sl. Nedostatak je ovakvoga načina prikazivanja gustoće to što se odstupa od realnosti, operira se samo općim pojmom – brojem pješaka i ne uzimaju se u obzir fizički podatci o pješacima kao što su uzrast, spol itd.

Jednadžba (2.6.) modificirani je oblik jednadžbe (2.5.) i prikladna je za bilo kakav sastav pješačkoga toka.

Maksimalne vrijednosti gustoće

Gustoće pješačkoga toka mijenjaju se od veličine bliske nuli pa do maksimalne gustoće koja iznosi $0,92 \text{ m}^2/\text{m}^2$ ($7 - 8 \text{ pj/m}^2$) [20]. Kod gustoća $0,92 \text{ m}^2/\text{m}^2$ ($7 - 8 \text{ pj/m}^2$) elipse koje prikazuju vodoravnu projekciju ljudi teoretski se ne podvrgavaju deformacijama (Slika 2.39.). Slobodan prostor među pješacima još uvijek iznosi $0,08 \text{ m}^2$.



Slika 2.39. Shematski prikaz vodoravne projekcije pješačkoga toka pri gustoći od $0,92 \text{ m}^2/\text{m}^2$

Međutim, u stvarnosti se deformacije tijela javljaju kod puno manjih gustoća, već kod gustoća od 4 do 5 pj/m^2 . S povećanjem gustoće povećava se međudjelovanje ljudi, mijenja se oblik vodoravne projekcije tijela i pri gustoći od $1 \text{ m}^2/\text{m}^2$ potpuno nestaje slobodan prostor među pješacima. Dalje zgušnjavanje dovodi do još većih deformacija i do smanjenja površina vodoravnih projekcija f_i (zbog elastičnosti ljudskoga tijela). U takvim uvjetima dolazi do potpunoga zastoja kretanja.

Maksimalne gustoće ovise o spolu, dobi, veličini tijela, svrsi i trajanju putovanja, nošenju torba ili drugoga tereta, standardu, kulturi pa čak i o profesiji. Istraživanje Kopilova [39] u umjetno napravljenim tokovima od treniranih osoba od 18 do 30 godina starosti srednjega su značenja površine vodoravne projekcije $f = 0,1 \text{ m}^2$, pokazala su kako je maksimalna granica gustoće $g = 1,15 \text{ m}^2/\text{m}^2$ ($11,5 \text{ pj./m}^2$). Utvrđeno je, međutim, kako gustoće blizu $1,15 \text{ m}^2/\text{m}^2$ nisu mogli dugo izdržati čak ni trenirane osobe zbog nedostatka zraka. Valja napomenuti kako je takva gustoća bila dostignuta samo na vodoravnim putovima u umjetno izgrađenim pješačkim tokovima.

Navedene su veličine zanimljive kao pokazatelji krajnjih granica maksimalno mogućih gustoća u stanju naguravanja i ni u kojem se slučaju ne mogu primijeniti na svršishodna kretanja. One su neodržive duže vrijeme i opasne su po život ljudi. Gustoće bliske maksimalnim od $0,92 \text{ m}^2/\text{m}^2$ pa do $1,15 \text{ m}^2/\text{m}^2$ mogu se eventualno pojaviti samo u izvanrednim, nekontroliranim uvjetima havarije, evakuacije ljudi i sl.

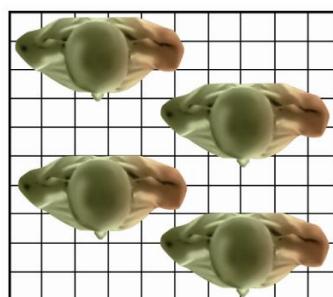
Teoretski je i kod takvih gustoća moguće kretanje. Ove su gustoće dobivene na temelju mjerena veličine tijela u predjelu prsnoga koša i veće su od veličine tijela u predjelu nogu, tako da ljudi još uvijek

imaju prostora za pomicanje stopala. Međutim, videosnimke potvrđuju kako je za hodanje potreban daleko veći prostor od navedenoga i kako poteškoće nastaju već kod gustoće od 2 pj/m^2 [40]. Najčešće vrijednosti gustoće, koje je autor izmjerio u prirodnim uvjetima u gradu Zagrebu, kretale su se od 0 do $2,5 \text{ pj/m}^2$.

Maksimalno su moguće gustoće u potpunosti neprihvatljive zbog prisilnoga položaja ljudi i velikoga međusobnoga pritiska. U takvim prezasićenim uvjetima toka, kad pješaci bježe od izvora opasnosti, npr. od požara, pješački se tok pretvara u jednu fluidnu masu u kojoj pješaci bivaju nošeni kolektivnom strujom, a nemaju mogućnost izbora niti brzine niti pravca kretanja. Osim horizontalnih sila djeluju i vertikalne sile koje podižu ljude u visinu pa jedni gaze preko drugih. Pritisci koji se stvaraju u takvim situacijama mogu biti veći i od 4500 N po metru kvadratnom [41]. Posljedice su gnječenje pješaka, skidanje i trganje odjeće, gubitak obuće, rušenje zidova i ograda itd. Ponašanje ljudi postaje nekontrolirano i kaotično.

Na temelju svega do sada navedenoga može se zaključiti sljedeće:

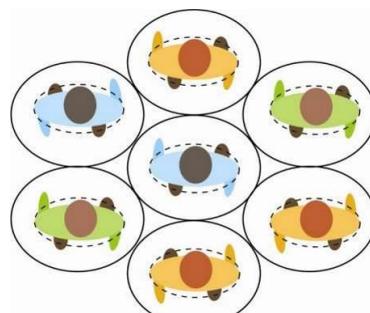
1. Maksimalne gustoće u stanju mirovanja, odnosno stajanja ne bi smjele preći 7 ili 8 pj/m^2 , a poželjna granica gustoće ne bi trebala biti veća od 4 pj/m^2 .



Slika 2.40. Gustoća od 4 pj/m^2
Izvor: [22]

2. Maksimalne gustoće pri hodanju ne bi smjele prelaziti 4 pj/m^2 ($0,25 \text{ m}^2/\text{pj}$). Kretanje je pri ovakvim gustoćama otežano i s puno dodira. Svako drugačije ponašanje pojedinca od skupine ometa hod i dovodi do zaustavljanja kretanja. Ovakve se gustoće mogu pojaviti pri kretanju kod ulazaka ili izlazaka iz dvorana, stadiona, vozila javnoga prijevoza itd.

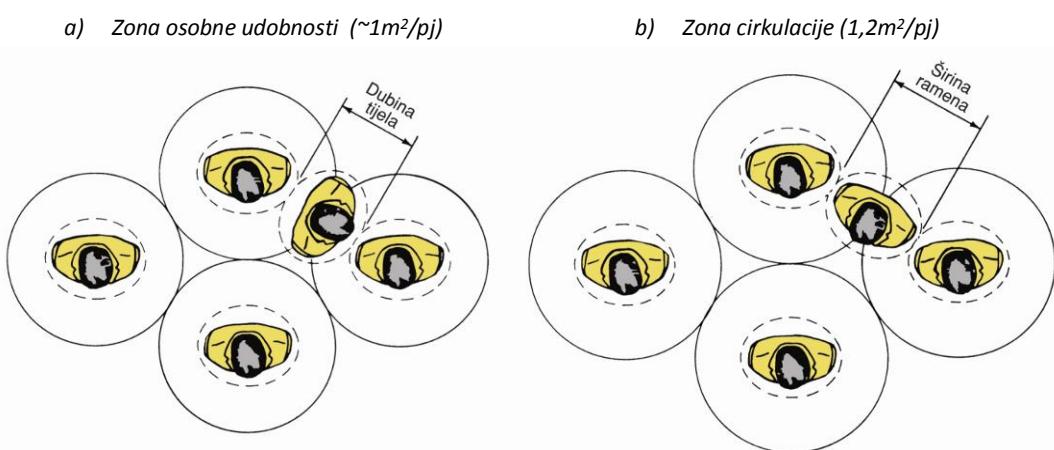
Fruin smatra kako je moguće izbjegći fizički kontakt s drugim osobama tek kada je prostor koji pokriva jedan pješak veći od $0,7 \text{ m}^2$ ($<1,4 \text{ pj/m}^2$), što odgovara površini koju pokriva jedan otvoreni kišobran [5].



Slika 2.41. Zona bez dodira

Izvor: [5]

Isti autor tvrdi kako prostor od $0,93 \text{ m}^2$ po pješaku omogućava prolazak kroz skupinu ako se čovjek bočno okreće, a prostor od $1,2 \text{ m}^2/\text{pj}$ omogućava prolazak bez bočnoga okretanja, što je prikazano na Slici 2.43.



Slika 2.42. Zona osobne udobnosti i cirkulacije

Izvor: [5]

Zbog suprotnosti između teoretskih i praktičnih spoznaja nužno je dodatno eksperimentalno istražiti ponašanje ljudi, njihova psihofizička stanja i međusobne odnose u uvjetima ekstremno visokih gustoća.

2.6.2.3. Brzina pješačkoga toka

Pored gustoće i protoka brzina je osnovni parametar kojim se prikazuje kvaliteta pješačenja pa ju kao takvu trebamo mjeriti bez obzira na neposredni cilj istraživanja. Mjerenje brzine treba obavljati u određenom prostoru tijekom vremena.

Trenutna brzina pješaka definira se kao:

$$v_j = \frac{dx}{dt} = \lim (t_2 - t_1) \rightarrow 0 \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1} . \quad (2.9.)$$

Ovu brzinu možemo izmjeriti pomoću radara ili mikrovalova.

Kako se pješaci obično kreću različitim brzinama, često je potrebno izračunati prosječnu brzinu pješaka koja prikazuje opće karakteristike prometne struje i puno se češće koristi u prometnim studijama.

Jedan je od načina računanje aritmetičke sredine brzina uzastopnih pješaka koji tijekom duljega vremena prolaze kroz jednu točku na pješačkoj komunikaciji. Tako dobivena brzina zove se srednja vremenska brzina. Računa se na sljedeći način:

$$\overline{v_t} = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^n v_j \quad (2.10.)$$

gdje je: $\overline{v_t}$ – srednja vremenska brzina

N – broj promatranih pješaka

v_j – brzina j-toga pješaka.

Drugi je način računanja brzina da se u kratkim vremenskim intervalima fotografiraju ili snimaju pješaci na komunikaciji i prijeđena se udaljenost dijeli s vremenskim intervalom snimanja. Ovako dobivena brzina zove se srednja prostorna brzina.

Jednu su definiciju srednje prostorne brzine ponudili *Lighthill* i *Whitham* [42]:

$$\overline{v_s} = \frac{L}{\frac{1}{N} \sum_{j=1}^N t_j} \quad (2.11.)$$

gdje je: $\overline{v_s}$ – srednja prostorna brzina

$$t_j \text{ – vrijeme potrebno da j-ti pješak prođe razmak } L, \quad t_i = \frac{L}{v_i} .$$

Neki autori, počevši od *Wardropa* [43], koriste jednadžbu (2.12.) za prikazivanje srednje prostorne brzine kao harmonijske sredine individualnih brzina pješaka:

$$\overline{v_s} = \frac{L}{\frac{1}{N} \sum_{j=1}^N t_j} = \frac{L}{\frac{1}{N} \sum_{j=1}^N \frac{L}{v_j}} = \frac{1}{\frac{1}{N} \sum_{j=1}^N \frac{1}{v_j}} . \quad (2.12.)$$

Problem računanja prosječnih brzina nije potpuno jednostavno, što će se pokazati na sljedećem primjeru.

Primjer: Pješak se kreće od mjesta A do mjesta B koja su međusobno udaljena 2 km. U smjeru od mjesta A prema mjestu B pješak se kreće brzinom 6 km/h, a u obrnutom smjeru 4 km/h. Potrebno je odrediti prosječne brzine.

Srednja je vremenska brzina 5 km/h, što sigurno ne predstavlja pravu prosječnu brzinu. Srednja se prostorna brzina računa na u nastavku opisan način. Za putovanja od smjera A prema B potrebno je vrijeme od $1/3$ sata, odnosno $1/2$ sata za povratak. Ukupno vrijeme za udaljenost od 4 km između A i B iznosi $5/6$ sata, što daje prosječnu brzinu od 4,8 km/h.

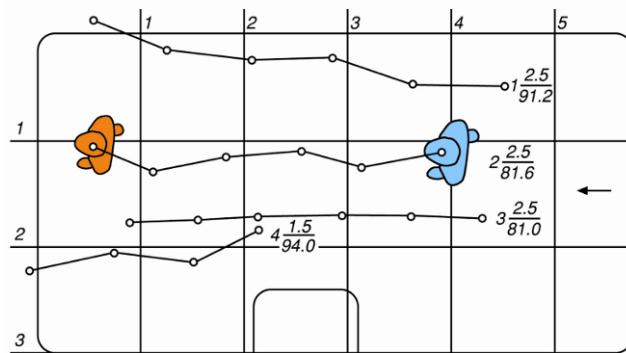
Koristeći formule (2.11.) i (2.12.) dobit će se isti rezultati:

$$1. \quad \overline{v_s} = \frac{L}{\frac{1}{N} \sum_{j=1}^N t_j} = \frac{L}{\frac{t_1 + t_2}{2}} = \frac{2}{\frac{l}{v_1} + \frac{l}{v_2}} = 4,8 \text{ km/h}$$

$$2. \quad \overline{v_s} = \frac{1}{\frac{1}{N} \sum_{j=1}^N \frac{1}{v_j}} = \frac{1}{\frac{1}{6} + \frac{1}{4}} = 4.8 \text{ km/h} .$$

Srednja je vremenska brzina veća od srednje prostorne brzine. Prema *Wardropu* ta razlika općenito iznosi od 6 % do 12 %. Kako, kada i gdje mjeriti brzinu, odnosno koju brzinu koristiti nije nimalo jednostavno odrediti. Za jednoličan, neometan tok u kojem svi pješaci idu istom brzinom nema značajnih razlika između srednje prostorne i vremenske brzine. Ako se brzina tijekom vremena jako mijenja zbog velikih gužva, zbog signalizacije i sl., pa pješačenje često biva zaustavljano (*stop and go traffic*), javljaju se značajne razlike između ovih dviju brzina. Stručnjaci se slažu i preporučuju da se za izračun uzima srednja prostorna brzina jer vjernije oslikava stanja u prometnom toku.

Mjerenje, odnosno računanje brzine pješačenja nešto je složenije od računanja brzine motornih vozila. Pješaci, gotovo iz trena u tren, mijenjaju smjer i brzinu kretanja kako bi izbjegli kolizije s drugim pješacima ili s objektima. Kako svaki pješak unutar pješačkoga toka ima drugačije međusobne interakcije s okruženjem, njihove će se putanje razlikovati i po pravcu kretanja i po duljini. Za razliku od pješaka, automobili u gužvi imaju ujednačene brzine i smanjena im je mogućnost manevriranja. Krećući se u kolonama po istom voznom traku istom brzinom automobili prelaze približno iste duljine puta. Zbog navedenih je činjenica pri računanju brzina pješačenja najbolje putanje pješaka razdijeliti na manje dijelove kako bismo dobili što preciznije rezultate. Jedan je od načina mjerjenja brzina pješačenja prikazan na sljedećoj slici.



Slika 2.43. Mjerenje brzine pješaka

$1 \frac{2.5}{91.2}$ označava: 1 – redni broj pješaka

2,5 – trajanje promatranja

91,2 – brzina kretanja pješaka (m/min).

Individualne brzine svakoga pješaka uključuju longitudinalnu i transverzalnu komponentu, što se može izraziti na sljedeći način:

$$v_i(x,y) = \sqrt{v_{ix}^2 + v_{iy}^2} \quad (2.13.)$$

gdje je: v_{ix} – longitudinalna komponenta brzine i-toga pješaka

v_{iy} – transverzalna komponenta brzine i-toga pješaka.

2.6.2.3.1. Faktori koji utječu na brzinu pješačenja

Ljudi se kreću brzinama u rasponu od 0 km/h do 36 km/h. Maksimalna brzina koju je čovjek postigao iznosi oko 36 km/h (600 m/min ili 10 m/s), u sportskom trčanju na 100 metara. To znači kako je čovjeku potrebno oko 10 sekunda da bi prešao taj put. Brzina pješačenja postignuta u brzom hodanju na 20 km iznosi oko 13 km/h (220 m/min ili 3,7 m/s). Ovo su najviše moguće brzine kretanja ljudi.

Najčešće su brzine normalnoga prirodnoga kretanja između 2 km/h i 7 km/h. S obzirom na potrošnju energije (vidi dio 3.4.2.2.) optimalna brzina kretanja iznosi oko 5,0 km/h (84 m/min ili 1,4 m/s).

Navedene su vrijednosti uglavnom poznate gotovo svim ljudima. Međutim, našom je zadaćom odrediti brzinu pješaka u različitim uvjetima, istražiti što utječe na brzinu pješačenja, objasniti zašto se ljudi u određeno doba dana u određenim gradovima i zemljama kreću različitim brzinama itd.

Brzine su pješačenja okarakterizirane:

- osobinama pješaka, a to su: dob, spol, uzrast, fizička kondicija, zdravstveno stanje, stupanj oštećenja, karakter, temperament, raspoloženje, vremenski pritisak kojemu je pješak izložen, opterećenost paketima, torbama i sl.;
- uvjetima u kojima se pješači: gustoćom pješaka, svrhom pješačenja, dobom dana i godine, vremenom, temperaturom, nadmorskom visinom, duljinom pješačenja, frekvencijom prometa pri prelasku ceste;
- karakteristikama puta po kojem se pješači, a to su: nagib, stanje površine za hodanje, atraktivnost okoliša.

2.6.2.3.2. Brzine na stubištu

Brzine kretanja na stubištu imaju niz ograničenja u odnosu na vodoravne površine i općenito su manje od brzina na vodoravnim površinama. Čovjek na stubištu ne može slobodno izabrati ravnu površinu na koju će stati, već je mjesto stajanja uvjetovano dimenzijom stube. To znači kako je i duljina koraka prilagođena duljini stube, odnosno uvjetovana je omjerom visine stube i gazišta koji određuje i nagib stubišta u cijelosti (nagib hipotenuze). Ako je nagib stubišta veći, brzina je manja, što je u izravnoj vezi s potrošnjom energije. Brzina je na stubama uvjetovana i brigom za osobnu sigurnost pješaka. Ona još ovisi o starosti, o spolu pješaka, ali i o fizičkom oštećenju tijela, odnosno o stupnju invaliditeta pješaka. Osim što invalidne osobe imaju manju brzinu, one mogu umanjiti i brzinu cijele skupine jer ih je teško preteći na stubama.

Brzina penjanja stubištem kreće se između 0,3 m/s i 0,8 m/s. Prosječna brzina za opću populaciju kreće se oko 0,5 m/s (30 m/min). Žene se penju uz stube u prosjeku oko 5 % sporije od muškaraca [39].

Brzina je silaženja stubištem veća od brzine penjanja zbog djelovanja gravitacije na tijelo. Kreće se u rasponu od 0,3 m/s do 1,3 m/s. Prosječna je brzina silaženja za svu populaciju oko 0,7 m/s [39]. Žene se spuštaju niz stube znatno manjom brzinom od muškaraca. U prosjeku su sporije oko 20 %. Razlog tako maloj brzini može se pripisati ženskoj obući. Više pete pomiču centar gravitacije naprijed, što je suprotno prirodnom nastojanju da se tijelo održi natrag za vrijeme spuštanja. Stoga su žene puno opreznije i sporije pri silaženju niz stube.

Omjer brzina na stubama nije razmjeran količini utroška energije pri penjanju i pri silaženju. Brzina je kod silaženja samo oko 1/3 veća nego kod penjanja, iako je potrošnja energije kod penjanja daleko veća. Razloge treba tražiti u povećanoj nesigurnosti pri silaženju.

Prikupljajući podatke o brzinama na stubištu, *Weidmann* je došao do zaključka kako izrazito mali broj autora daje podatke o vertikalnim brzinama pješačenja na stubištu [12]. Na temelju prikupljenih

podataka došao je do saznanja koja su opisana u nastavku. Prosječna horizontalna brzina kretanja na stubištu iznosi $v_H = 0,652 \text{ m/s}$, a prosječna vertikalna brzina $v_V = 0,326 \text{ m/s}$, što iznosi oko 2,103 koraka po sekundi.

Tablica 2.6. Brzine kretanja uz stube i niz njih

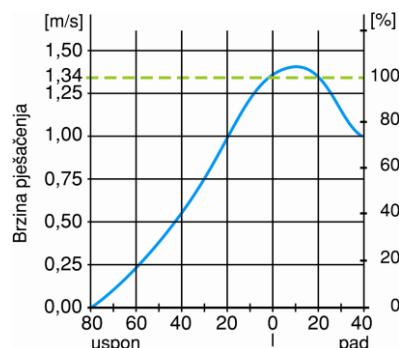
Smjer kretanja	Horizontalna brzina	Vertikalna brzina	Broj koraka u sekundi
Penjanje po stubištu	$v_H = 0,610 \text{ m/s}$	$v_V = 0,305 \text{ m/s}$	1,97 koraka/s
Silaženje niz stubište	$v_H = 0,694 \text{ m/s}$	$v_V = 0,347 \text{ m/s}$	2,24 koraka/s

Izvor: [12]

Brzina je pri penjanju oko 6,5 % manja od srednje brzine na stubištu, a pri spuštanju oko 6,5 % veća od srednje brzine hodanja stubištem. U usporedbi s brzinom na vodoravnoj površini brzina je na stubištu manja oko 51 % (54 % uzbrdo, 48 % nizbrdo).

2.6.2.3.3. Brzine na rampama

Prema *Bovyju* [6], *Grahlju* [44], *ITE-u* [45], *Pushkarovu* [46] i *Untermannu* [47] nagib između 0 % i 8 % ne utječe na brzinu pješačenja. Međutim, *Baerwald* [48], *Berg* [49] i *Kirsch* [50] upozoravaju kako pri usponu od 5 % dolazi do smanjenja brzine, a pri padu od 5 % brzina se lagano povećava.



Grafikon 2.14. Ovisnost brzine o nagibu

Svoj maksimum brzina dostiže na padu od 10 % do 15 % i iznosi 1,4 m/s. Sve do pada od 20 % brzina ostaje iznad prosjeka brzine na vodoravnom putu. Usponi drastično smanjuju brzinu tako da se pri usponu od 10 % brzina kreće oko 1,19 m/s, a pri usponu od 15 % - 1,07 m/s. Brzine na nagibu većem od $\pm 20\%$ imaju hipotetski karakter jer je to područje stubišta.

2.6.2.3.4. Brzina pokretnih stuba i pokretnih staza

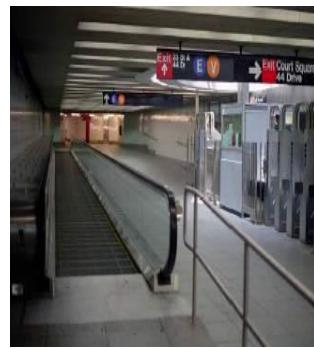
U obzir se moraju uzeti djeca, starci i oni koji se boje ili imaju smetnje u hodu zbog brzine pokretnih stuba i staza, nalaze se unutar prosječnih brzina penjanja po klasičnim stubama. Normalni je kut nagiba pokretnih stuba između 30° i 35° . Najveći broj pokretnih stuba i pokretnih staza u SAD-u ima operativnu brzinu od 0,45 m/s do 0,61 m/s, a najveći broj pokretnih traka 0,91 m/s. Brzine su pokretnih stuba u Europi nešto veće i kreću se od 0,5 m/s do 0,9 m/s. Prema *Fruinu* optimalna je brzina pokretnih stuba

0,7 m/s. Poseban problem predstavlja dolazak na stube i silazak s njih. Pri dolasku na stube pješak treba u hodu smanjiti brzinu od normalne na brzinu pokretnih stuba koja iznosi od 1,1 do 1,5 stube po sekundi. Osobe s oštećenjima često se moraju potpuno zaustaviti prije nego odaberu stubu na koju će stati. Pri silasku je s pokretnih staza, odnosno stuba potrebno brzo reagirati kako bi se s pokretne površine sigurno iskoračilo na nepokretnu površinu.

Slika 2.44. i Slika 2.45. prikazuju pokretne stube i pokretnu stazu.



Slika 2.44. Pokretne stube



Slika 2.45. Pokretna staza

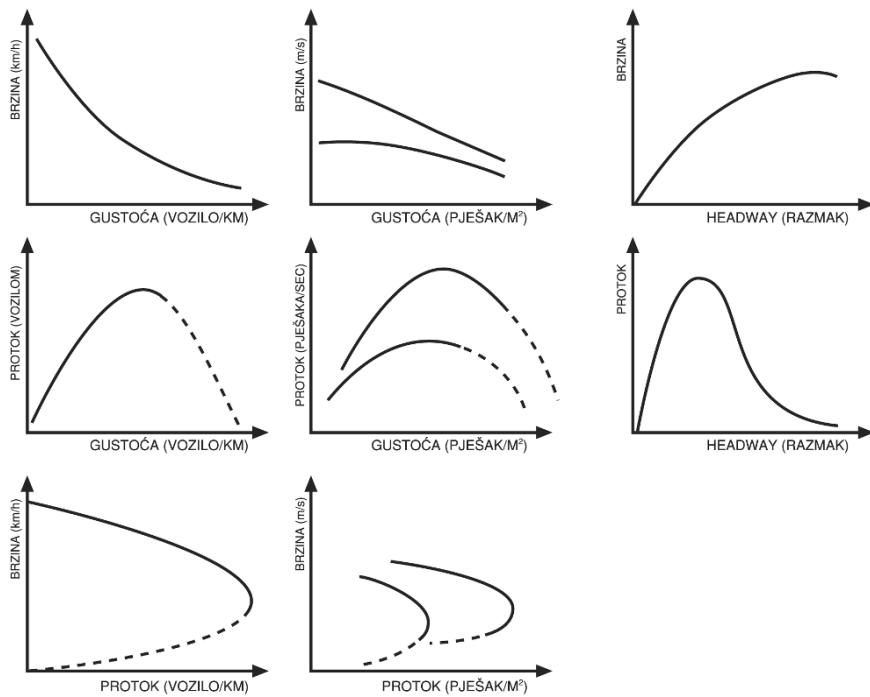
2.6.3. Odnosi koji vladaju među osnovnim parametrima pješačkoga toka

2.6.3.1. Analogija s tokom motornih vozila

Parametri su pješačkoga toka (brzina, gustoća, prostorni modul, razmak među pješacima i protok) ovisni jedni o drugima. Veza je između nekih parametara očita, kao što je to između brzine i gustoće, dok se odnos između drugih parametara teže uočava u realnom okruženju. Takav je slučaj npr. utjecaj brzine i gustoće na pješački tok.

Mnogobrojna su istraživanja pješačkoga toka pokazala kako se na njega mogu primijeniti iste zakonitosti kao i na druge tokove, a posebno kao na prometne tokove motornih vozila.

- a) Tok motornih vozila b) Pješački tok



Grafikon 2.15. Odnosi između parametara prometnoga toka vozila i pješačkoga toka

Osnovna se jednadžba prometnoga toka temelji na jednadžbi protoka fluida. Naime, svaka se površina za hodanje može promatrati kao cijev iz koje istječe voda pri čemu je:

$$Q = v \cdot F \left(m^3 / s \right) \quad (2.14.)$$

gdje je: F – površina presjeka cijevi

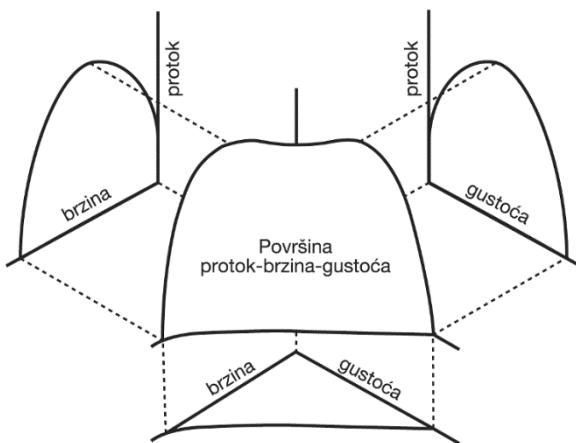
v – brzina

Q – protok.

Analogijom je dobivena jednadžba za protok pod uvjetom da je tok neprekinut.

$$q = v \times k \left[\frac{pj}{m \times min} \right] \text{ ili } \left[\frac{pj}{m \times s} \right] \quad (2.15.)$$

Kako je protok produkt brzine i gustoće, on je jednak nuli kada su jedan ili oba parametra (v i/ili k) jednaka nuli. Također je moguće zaključiti kako je tok maksimalan u nekoj „kritičnoj“ kombinaciji brzine i gustoće. Odnosi među parametrima mogu se prikazati grafički i to nazivamo modelom pješačkoga toka.

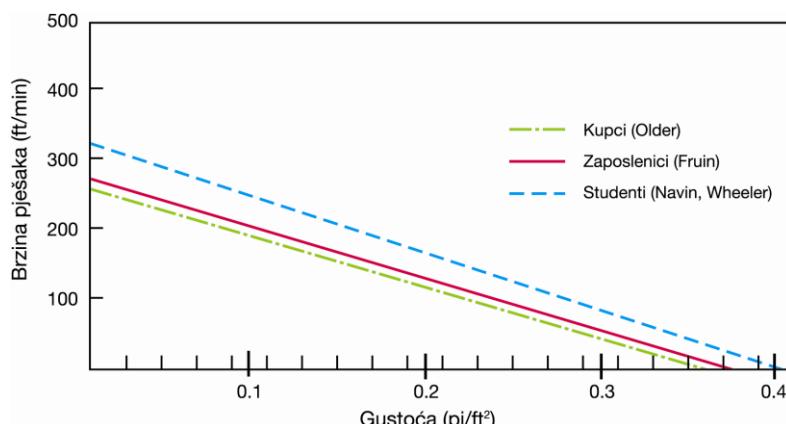


Grafikon 2.16. Modeli pješačkoga toka

Dva su temeljna predstavnika pješačkoga toka. To su brzina slobodnoga toka (v_f) i gustoća zagušenja (k_j). Brzina je slobodnog toka brzina kojom se čovjek kreće kada je sam ili pri malim gustoćama pri kojima ne treba voditi računa o drugim pješacima (kada mu drugi ne smetaju). Gustoća je zagušenja ekstremno visoka gustoća koja može dovesti do potpunoga zaustavljanja pješačenja. Stanje je u pješačkom toku moguće grubo opisati pomoću ovih dvaju naziva. Prvo su stanje male gustoće i relativno velike brzine kretanja. Ova kombinacija daje mali protok. Drugi su ekstrem velike gužve pri kojima je gustoća vrlo visoka i brzina vrlo mala. Rezultat je također mali protok.

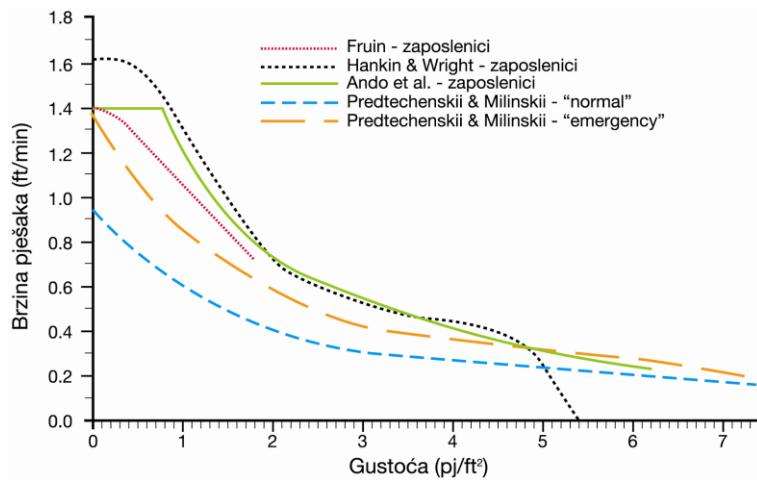
2.6.3.2. Odnos brzine i gustoće

Brzina i gustoća obrnuto su proporcionalne veličine. Kako raste gustoća, pada brzina jer se smanjuje prostor za kretanje. Rezultati istraživanja ovisnosti brzina o gustoći, koje su prikupili različiti autori, prikazani su na Grafikon 2.17. i Grafikon 2.18.



Grafikon 2.17. Linearni odnos brzine i gustoće

Izvor: [5], [51], [52]



Grafikon 2.18. Nelinearni odnos brzine i gustoće

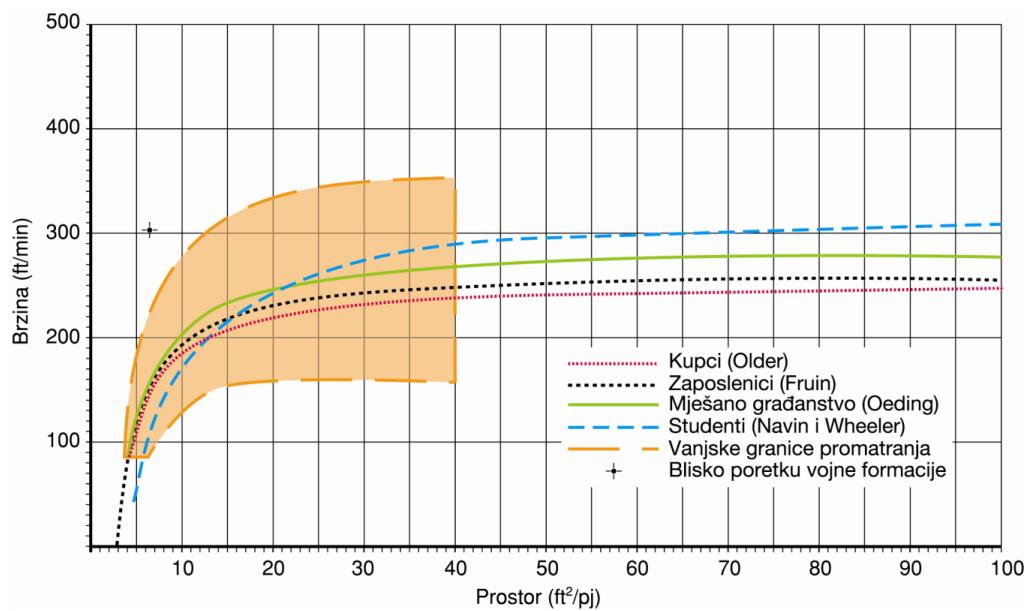
Izvor: [5], [20], [53] i [54]

Iz dijagrama je vidljivo kako neki autori (*Fruin, Older, Navin i Wheeler*) prikazuju odnose brzine i gustoće preko linearoga, a drugi (*Hankin, Wright, Ando, Predtečenski i Milinski*) preko nelinearnoga grafa.

2.6.3.3. Odnos brzine i prostora

Fruin je prvi uveo pojam prostorni modul M (m^2/pj) koji je definirao kao recipročnu vrijednost gustoće [5]. Ova je jedinica takođe praktična zato što je površina u m^2 relativno mala pa bi se gustoća morala računati u dijelovima pješaka, što je teško predočiti. Računajući s prostornim modulom, to se ne će dogoditi jer se dobiva točna površina koja pripada jednom pješaku.

Grafikon 2.19. prikazuje usporedni dijagram odnosa brzine i prostora prema raznim autorima.



Grafikon 2.19. Odnos brzine i prostora

Izvor: [5], [37], [51] i [52]

Brzina pješačenja raste s povećanjem prostora za kretanje.

Pješak može dostići željenu brzinu tek na prostoru iznad 5 m^2 po pješaku. Na ovom i na većem prostoru gustoća ima relativno mali utjecaj na brzinu.

Na prostoru od $2,85 \text{ m}^2/\text{pj}$ i na većem, što odgovara bočnom razmaku između pješaka od $0,75 \text{ m}$ i frontalnom razmaku od $3,8 \text{ m}$, pješaci se kreću prosječnom brzinom. Ovaj prostor omogućava smještaj jednoga pješaka, savijanja tijela, pretjecanje i izbjegavanja konflikta i on odgovara $1/3$ maksimalnoga protoka pješaka ili kapaciteta.

Na prostoru od $1,5 \text{ m}^2/\text{pj}$ do $2,85 \text{ m}^2/\text{pj}$ sporiji pješaci onemogućuju bržima dostizanje željene brzine. To je minimalni prostor za relativno neometanu brzinu hodanja skupine pješaka.

Prostor između $1,0 \text{ m}^2/\text{pj}$ i $1,5 \text{ m}^2/\text{pj}$ zanimljiv je zato što on odgovara iznosu od $2/3$ maksimalnoga toka ili kapaciteta. Brzina se na ovom prostoru kreće oko $1,17 \text{ m/s}$.

Prostor od $0,5 \text{ m}^2/\text{pj}$ još uvijek omogućuje najmanju normalnu brzinu hodanja pri kojoj se postiže maksimalan tok, odnosno kapacitet.

Ispod ovoga je prostora tok nestabilan, a pješačenje ograničeno i neudobno. Pješaci vuku nogu za nogom. Brzina se vrlo brzo približava nuli i na prostoru od oko $0,26 \text{ m}^2/\text{pj}$ pješački tok staje (eng. *jam density*). Ovakvi uvjeti nisu poželjni na javnim površinama jer su opasni i psihološki nepodnošljivi za pješake. Moguće ih je vidjeti u dizalima, autobusima i drugim sredstvima javnoga prijevoza.

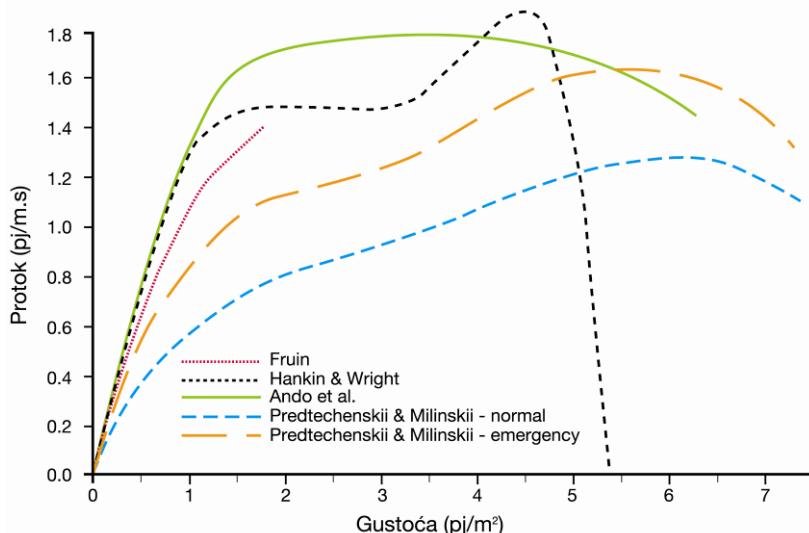
2.6.3.4. Odnos protoka i gustoće

Broj osoba koje prolaze kroz zadalu točku u jedinici vremena, odnosno protok, najvažniji je parametar za dizajniranje pješačkih prometnica. Ako protok nadmašuje kapacitet pješačke prometnice, rezultat su gužve, neudobnost i zastoji. Zadovoljavajuće pješačko okruženje podrazumijeva dovoljno široku prometnicu koja omogućava normalno kretanje i izbjegavanje konflikata za vrijeme očekivanih kolebanja pješačkoga toka.

Ovisnost protoka o gustoći može se prikazati sljedećom jednadžbom:

$$q = v \cdot k . \quad (2.16.)$$

Grafovi ovisnosti protoka o gustoći, koji su prikupljeni od različitih autora, prikazani su na Grafikon 2.20.



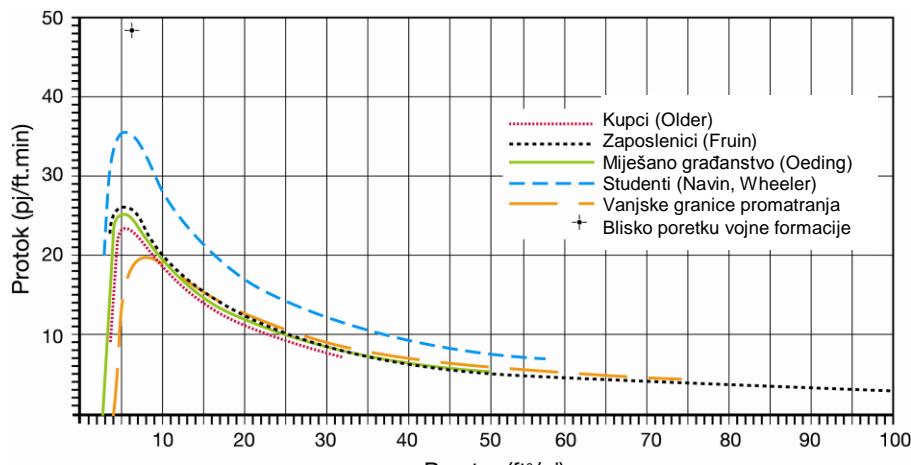
Grafikon 2.20. *Odnos protoka i gustoće*
Izvor: [5], [54], [20], [53]

U našem slučaju to je gustoća od $1,951963 \text{ pj/m}^2$ koja daje maksimalan protok od $1,45 \text{ pj/m} \times \text{s}$.

2.6.3.5. *Odnos protoka i prostora*

Protok je obrnuto proporcionalan pješačkom prostoru. Protok raste kako prostor pada dok se ne postigne kritična točka kada protok počinje padati. Kritična je točka kod koje se postiže maksimalan protok relativno mali prostor po pješaku koji omogućuje usklađeno kretanje, jednakim korakom, kao kad stavimo ruke na ramena čovjeku ispod sebe. U slučaju moguće panike ova procedura osigurava bolji protok i psihološku klimu pa se preporučuje za uvježbavanje u školama i u drugim ustanovama radi smanjenja vremena koje je potrebno za evakuaciju ljudi. Mnogi dizajneri koriste maksimalan tok, koji se događa blizu kritičnoga prostora koji pripada jednom pješaku, kao temelj za dizajn. Ovo dovodi do poddimenzioniranja prometnice, odnosno do ograničenja prostora za normalno hodanje, posebno u vršnim periodima kada se pojavljuju velika opterećenja.

Grafikon 2.21. prikazuje usporedbu grafikona koji predstavljaju vezu između protoka i prostora, a na temelju mišljenja različitih autora.

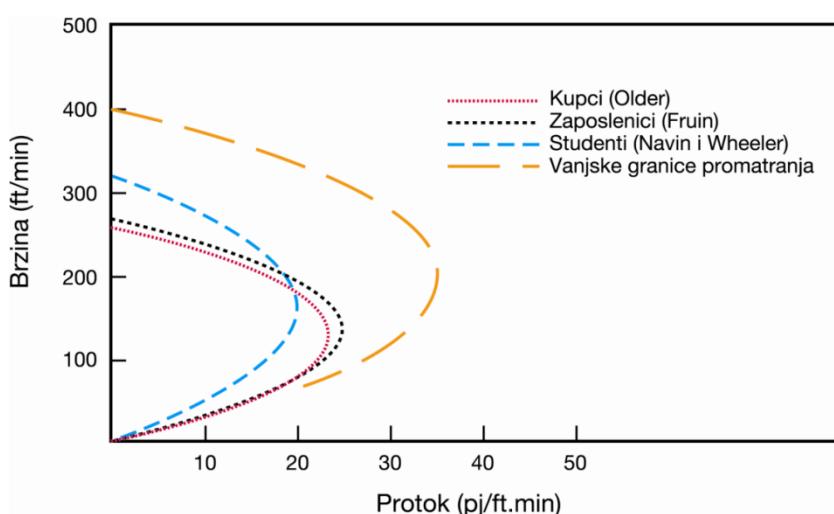


Grafikon 2.21. Odnos protoka i prostora

Izvor: [5], [37], [51] i [52]

2.6.3.6. Odnos protoka i brzine

Grafikon 2.22. prikazuje grafove odnosa protoka i brzine koje su dobili razni autori u svijetu.



Grafikon 2.22. Odnos protoka i brzine

Izvor:[5], [51] i [52]

Grafovi koji prikazuju funkcionalnu vezu protoka i brzine za pješake imaju oblik parabole i vrlo su slični grafovima koji prikazuju taj odnos za cestovna vozila.

Postoje dvije točke u kojima protok teži nuli i jedna u kojoj je on maksimalan.

Jedna točka u kojoj protok teži nuli javlja se u uvjetima kada gustoća teži nuli, što znači kako nema pješaka ili ih je vrlo malo. U takvim je uvjetima protok nula ili barem teži nuli, a svaki pješak može ostvariti maksimalnu, odnosno željenu brzinu.

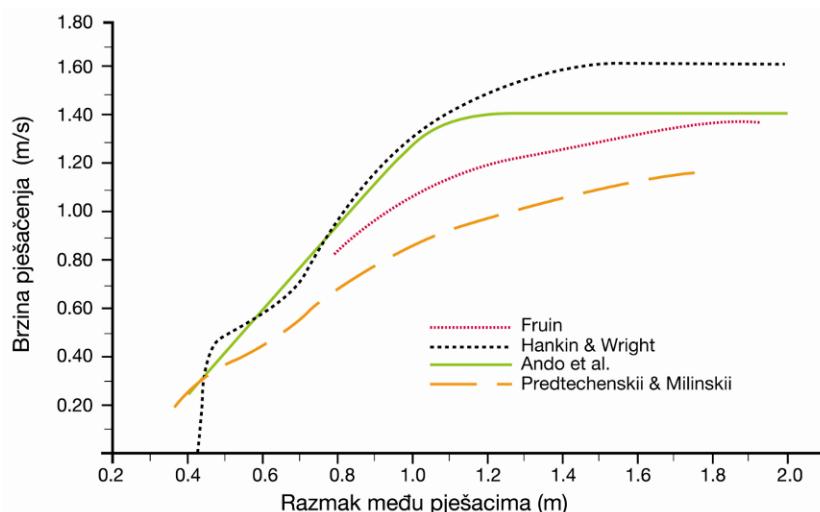
S povećanjem broja pješaka povećava se protok, a brzina smanjuje zbog sve veće interakcije među pješacima. U kritičnoj točki brzine protok postaje maksimalan, dostiže propusnu moć prometnice. Sve do točke u kojoj je protok maksimalan prostire se područje stabilnoga pješačkoga toka.

Nakon toga se brzina, a s njom i protok, sve više smanjuje. Pretpostavkom je kako završavaju u koordinatnom ishodištu. To je druga točka u kojoj zbog velikih gužva prestaju sva kretanja pa su i protok i brzina jednaki nuli. Ovo je područje nestabilnoga pješačkoga toka.

2.6.3.7. Odnos brzine i razmaka među pješacima

Iz makroskopskih je analiza očita veza brzine i gustoće pješačkoga toka. Kako se povećava gustoća, smanjuje se brzina pješačkoga toka. Ako se smanjuje brzina cijelog toka, onda je sasvim logično da se smanjuje i brzina svakoga pješaka unutar toka.

Mikroskopske analize izučavaju ponašanje pojedinaca unutar pješačkoga toka pomoću razmaka među pješacima. S povećanjem broja pješaka na određenoj površini smanjuje se njihov međusobni razmak, a time i duljina koraka, što izravno utječe na smanjenje brzine pješačenja (brzina = duljina koraka × frekvencija), kao što je prikazano na Grafikon 2.23.



Grafikon 2.23. Odnos brzine i razmaka među pješacima

Izvor:[5], [54], [53] i [20]

Iako postoje određene razlike u prikazivanju odnosa brzine i razmaka između pješaka, prema različitim istraživačima, grafički je trend odnosa jasan. Brzina pješaka opada kako se razmak smanjuje, odnosno gustoća raste. Iznad određenih razmaka nazočnost drugih pješaka ima mali utjecaj ili uopće nema utjecaj na brzine. Udaljenost pri kojoj nazočnost jednoga pješaka počinje utjecati na kretanje drugoga pješaka prema *Andou* iznosi 1,1 m [54], prema *Hankinu* 2 m [53], prema *Wrightu* 1,6 m [53], dok se prema *Fruinu* [5], *Predtečenskom* i *Milinskem* [20] pri ovim udaljenostima još uvijek ne osjeća smetnja.

Međutim, ispod ovih vrijednosti, iako se opažaju male razlike među rezultatima, krivulje konvergiraju kako razmak između pješaka opada. Za razmak ispod 0,7 m, odnosno za gustoću od 2,0 pj/m² veza je između brzine i razmaka gotovo linearna.

Ako je razmak između pješaka od 0,5 do 0,3 m, što odgovara gustoćama od 4 pj/m² do 11 pj/m², neizbjegjan je kontakt, trenje i pritisci između pješaka. *Hankin* i *Wright* smatraju kako dolazi do potpunoga zaustavljanja kretanja ukoliko je razmak između pješaka 0,43 m, odnosno gustoća oko 5 pj/m². Iz krivulja prema *Andou*, *Predtečenskom* i *Milinskem* može se vidjeti kako je kretanje moguće i pri razmaku od 0,35 m između pješaka, odnosno pri gustoći od 8 pj/m². Razmaci između pješaka ne mogu biti manji od dubine tijela.

2.7. Razina uslužnosti pješačkoga toka (LOS – Level of Service)

Razina uslužnosti (LoS) mjera je koju koriste prometni stručnjaci za opisivanje prometne usluge postojećega načina prijevoza, infrastrukture i sl. unutar transportnoga sustava. Kvaliteta uslužnosti (Quality of Service – QoS) predstavlja razinu uslužnosti načina prijevoza, infrastrukture i sl. sa stajališta korisnika (pješaka, vozača, putnika). Ova dva izraza zapravo predstavljaju sinonime. Pored njih se u stručnoj literaturi koriste i drugi izrazi, *Measure of Efficiency* (MoE) itd. Svi ovi izrazi služe za opisivanje uvjeta koji djeluju unutar prometnih tokova različitoga sastava na različitim prometnicama. Jedinom su razlikom koja se pojavljuje među navedenim izrazima parametri pomoću kojih se ocjenjuje kvaliteta uslužnosti.

Kako nogostup predstavlja kralježnicu pješačke transportne mreže, ali i zbog složenosti problema, u ovom će se poglavlju razmatrati razina uslužnosti samo za nogostupe.

Razina uslužnosti mjera je kvalitete pješačkoga toka, promatrano iz pješačke perspektive. Njome se opisuju uvjeti koji djeluju unutar pješačkih tokova različitoga sastava na različitim pješačkim prometnicama (nogostupu, stubištu, pješačkom prijelazu, terminalu itd.).

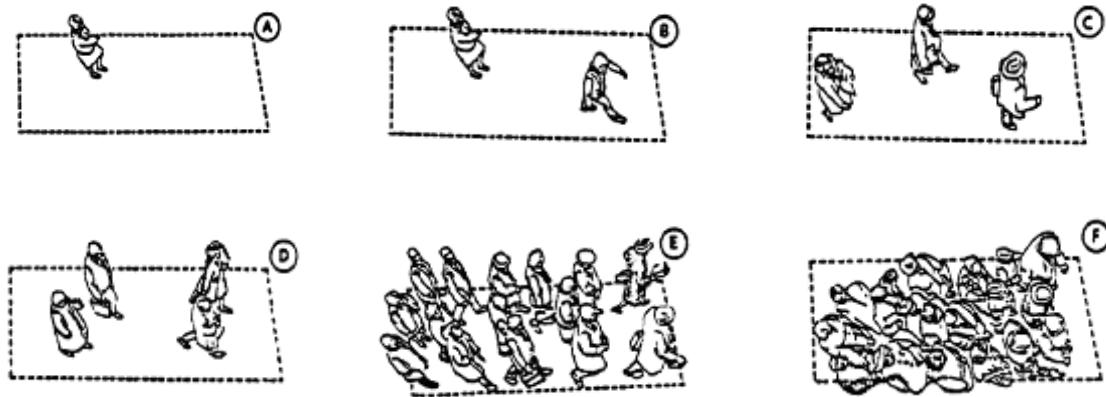
HCM je prvi razvio koncept razine uslužnosti pješačkih prometnica [23]. Slično konceptu za motorna vozila kriterij je za određivanje razine uslužnosti utemeljen na odnosu između protoka, brzine i gustoće. Razina je uslužnosti podijeljena u šest kategorija od A do F. Kategorija A najbolja je kategorija jer nudi najveću kvalitetu za pješačenje. Kategorija F nepoželjna je kategorija jer je najlošija za pješačenje. Kvaliteta pješačenja po nogostupu, rampama i stubištu uglavnom se mjeri slobodom izbora željene brzine, mogućnošću manevriranja bez konflikata, obilaskom sporijih pješaka, presijecanjem tokova i mogućnošću hodanja u suprotnom smjeru (uz struju), a na pješačkom prijelazu, terminalu i dizalu još i vremenom čekanja pješaka na uslugu.

Parametre je pješačkoga toka teško mjeriti. Razinu uslužnosti A gotovo je nemoguće virtualno odrediti u odnosu na prostor, odnosno na gustoću, na brzinu i na ostale parametre. Stoga se razina uslužnosti A za pješačke staze i za nogostupe razlikuje po veličini parametara koji ih opisuju, ovisno o autoru, što se vidi iz Tablice 27. Za razinu uslužnosti A HCM [23] preporučuje prostorni prag od minimum $12 \text{ m}^2/\text{pj}$, Fruin [21] $3,2 \text{ m}^2/\text{pj}$ itd. Razlike postoje i u percepciji prostora kod različitih kultura, što dovodi do različitih maksimalnih protoka i minimalnih prostora po pješaku.

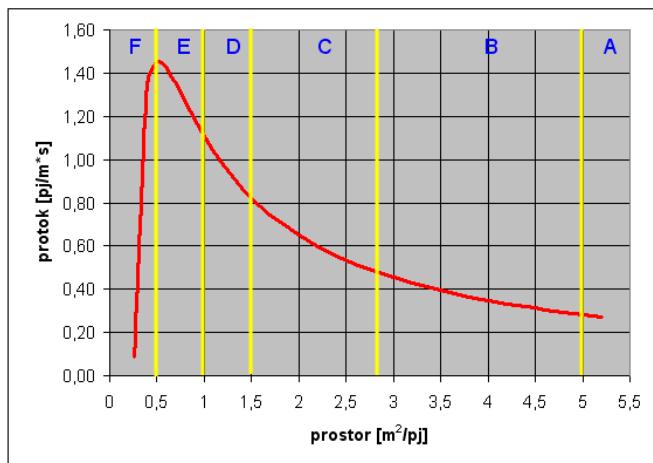
Tablica 2.7. Razine uslužnosti za nogostupe prema raznim autorima

	USA				Njemačka		Izrael		Tailand		
	HCM (1994) [23]		Fruin [21]		Pushkarev & Zupan [46]		Brilon [55]		Polus [56]		
	Prostor m ² /pj	Protok pj/mxmin									
A	≥ 12	$\leq 6,6$	$\geq 3,2$	≤ 23	>12a	< 7,0b	≥ 10	-	-	$\geq 2,38$	≤ 28
B	3,7-12	6,6-23	2,3-3,2	23-33	4-12	7-20	3,3-10	-	-	1,60-2,38	28-40
C	2,2-3,7	23-33	1,4-2,3	33-49	2-4	20-33	2-3,3	-	1,67b	$\leq 40b$	0,98-1,60
D	1,4-2,2	33-49	0,9-1,4	49-66	1,5-2	33-46	1,4-2	-	1,33-1,66	40-50	0,65-0,98
									0,8-1,33	50-75	
E	0,6-1,4	49-82	0,5-0,9	66-82	1-1,5	46-59	0,6-1,4	-	0,5-0,8	75-95	0,37-0,65
F	$\leq 0,6$	var.	$\leq 0,5$	var.	0,2-0,1	0-82	$\leq 0,6$	-	nepoznato	nepoznato	$\leq 0,37$
											101 ili var

a) Umjesto HCM-ove razine uslužnosti od A do F.
b) Pushkarev i Zupan koriste nazive Otvoreni A+, neometani A, ometani B, prisiljeni C, stješnjeni (nabijeni) D, zakrčeni E i zastoj (gnježenje) F
c) Polus koristi označe A-B-C1-C2-D



Slika 2.46. Kategorizacija razine uslužnosti prikazana na grafikonu odnosa brzine i prostora



Grafikon 2.24. Kategorizacija razine uslužnosti prikazana na grafikonu odnosa protoka i prostora

Za dimenzioniranje pješačkih prometnica preporučuje se razina uslužnosti B, tj. prostor veći od $2,85 \text{ m}^2/\text{pj}$, odnosno gustoća manja od $0,35 \text{ pj}/\text{m}^2$. Razina uslužnosti C, odnosno prostor veći od $1,5 \text{ m}^2/\text{pj}$, a gustoća manja od $0,65 \text{ pj}/\text{m}^2$ razumna je za dizajn samo na kratkim relacijama i za pješačke tokove u trajanju od nekoliko minuta. Kao minimalna može se iznimno koristiti razina D, samo ako je prostor vrlo ograničen i ako se građevinske promjene ne mogu izvesti uz razumne metode jer su vrlo skupe.

Temeljem je za određivanje korisne širine puta broj pješaka. Korisna ili efektivna širina puta dobije se ako se prometno opterećenje, odnosno broj pješaka koji prolaze nogostupom u jedinici vremena podijeli s protokom, odnosno s brojem pješaka koji prolaze jednim metrom širine nogostupa u jedinici vremena.

$$B_{ef} = \frac{Q}{q} \left[\frac{\frac{pj}{h}}{\frac{pj}{h \cdot m}} \right] \text{ ili } \left[\frac{\frac{pj}{s}}{\frac{s}{s \cdot m}} \right] [\text{m}] \quad (2.17.)$$

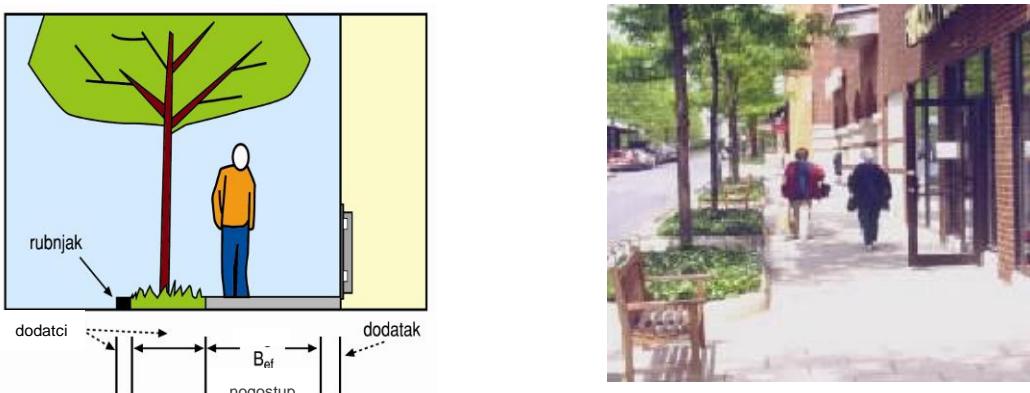
Ukupna je širina pješačkoga puta zbroj efektivne širine i dodataka:

$$B_{uk} = B_{ef} + \text{dodaci} \quad (2.18.)$$

gdje je: B_{uk} – ukupna širina nogostupa [m]

B_{ef} – efektivna širina nogostupa [m]

dodaci: tampon zona između kolnika i nogostupa, koja služi kao zaštita pješacima (može i u druge svrhe), te slobodna zona ispred zgrada koju treba osigurati radi zadržavanja ljudi pred izlozima, za otvaranje vrata na zgradama itd.



Slika 2.47. Dimenzioniranje nogostupa

2.8. Prijedlozi za planiranje i projektiranje pješačkih prometnica

Ključnim je faktorom planiranja prostora za pješake razumijevanje složenosti pješačenja. Pješaci u gradu provode puno vremena. Oni hodaju, stoje, sjede, koriste invalidska kolica ili druge jednostavne vrste prijevoza (koturaljke, skateboard...) pokretane ljudskom snagom, osim bicikla. Pješaci su osobe različite dobi, spola, fizičke izdržljivosti i invaliditeta koji hodaju pojedinačno ili u skupinama. Svaka skupina ima svoje posebne potrebe. Poznavanje je različitosti potreba ili karakteristika svakoga pješaka, odnosno skupine pješaka (veličina tijela, brzina, snaga, izdržljivost i mogućnosti prosuđivanja) iznimno važno za dizajniranje pješačkih objekata.

Svrha pješačenja nije samo transport, nego i rekreacija, odmor, razgledavanje itd. Brzina kojom se pješak kreće omogućava pješaku primanje daleko većega broja informacija iz okoline nego vozaču, stoga je vizualni doživljaj prostora u kojem se pješaci puno važniji za pješaka nego za vozača. Ugodnije je hodati uz rijeku, pored uređenih fasada, kroz parkove ili življe prostore ispunjene pješacima, nego uzduž ulice zakrčene motornim vozilima, kroz neosvijetljene i puste prostore.

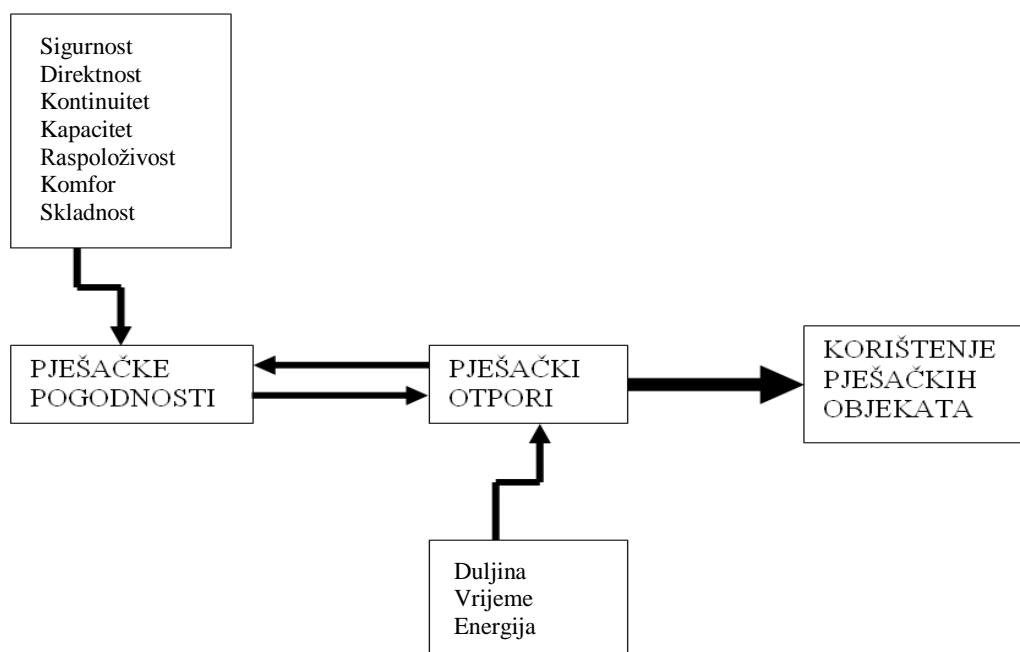
Posebno zanimanje u prometu pobuđuju osobe s invaliditetom, *starci, djeca, trudnice i osobe koje guraju kolica* jer imaju određene poteškoće u prometu. Temeljno poznavanje karakteristika ponašanja svih sudionika u prometu upućuje na zaključak kako su prioritetima u prometnom planiranju:

1. invalidne osobe
2. zdravi pješaci
3. biciklisti
4. javni promet
5. individualni promet.

Prometna je mreža javni prostor koji treba biti dostupan svim korisnicima bez obzira na njihove mogućnosti. Dizajner mora uzeti u obzir sve korisnike i njihove zahtjeve te dizajnirati okruženje koje je pristupačno i „priateljsko“ većini ljudi. Kako bi se zadovoljili ti uvjeti, prometnicu treba oblikovati prema slabijim korisnicima jer će se tako udovoljiti svima. Dakle, ako je prometnica dostupna ljudima s invaliditetom, bit će dostupna i ljudima bez invaliditeta.

Nažalost, danas se brojnim akcijama sve više doprinosi diskontinuitetu pješačkih puteva koji su prekinuti motornim vozilima na svakom križanju. Prioritet se pješaka na takvima mjestima gotovo sveo na formalnost koja se u praksi nedvojbeno ne poštuje.

Kako bi nemotorizirani promet bio konkurentan mod, potrebno je osigurati uvjete u kojima će pješačenje i biciklizam biti atraktivniji od vožnje automobila. Za to je nužna stručna analiza i detaljno planiranje pješačke mreže pri čemu je potrebno voditi računa o načelima dizajna, a to su: sigurnost, izravnost, kontinuitet, kapacitet, dostupnost, zaštita, sklad i zanimljivost. Nasuprot ovim pozitivnim mjerama koje potiču pješačenje stoje pješački otpori (udaljenost, vrijeme i energija) koji odbijaju pješačenje.



Slika 2.48. Svojstva prometne mreže

Pješačke prometnice treba planirati i projektirati tako da se stvore preduvjeti koji potiču pješačku mobilnost. Poticanje je pješačke mobilnosti vezano uz kvalitetu dizajna prometnice, odnosno uz koristi koje imaju pješaci od prometnice. Ako su koristi male, znači da je pješačka prometnica loše dizajnirana i pješaci ju ne će upotrebljavati. Ako je prometnica bolje dizajnirana, bit će više (is)korištena, od čega će koristi imati ne samo pješaci kao primarni korisnici nego i sekundarni korisnici kao što su vlasnici lokalnih, dućana, gradskih vlasti i cijelokupna ekonomija.

Pješačke prometnice možemo podijeliti na više načina, a jedan je prikazan u Tablica 2.8.

Tablica 2.8. Podjela pješačkih prometnica

<p>1. Uzdužne pješačke prometnice</p> <p>1.1. Paralelne</p> <ul style="list-style-type: none"> • nogostupi ili trotoari (fran. <i>trottoir</i>) i • arkade (<i>building set backs</i>) <p>1.2. Dislocirane</p> <ul style="list-style-type: none"> • pješačke staze ili putevi (za šetnju, planinarenje, trčanje) • pasaži
<p>2. Poprečne pješačke prometnice ili pješački prijelazi</p> <p>2.1. Pješački prijelazi u razini kolnika</p> <p>2.1.1. Neobilježeni (neoznačeni)</p> <p>2.1.2. Obilježeni</p> <ul style="list-style-type: none"> • bez svjetlosne signalizacije • sa svjetlosnom signalizacijom <p>2.2. Pješački prijelazi izvan razine kolnika</p> <p>2.2.1. Podzemni pješački prijelazi</p> <p>2.2.2. Nadzemni pješački prijelazi</p>
<p>3. Pješačke zone</p> <p>3.1. Pješačke ulice</p> <p>3.2. Trgovi</p>
<p>4. Konektori</p> <p>4.1. Stubišta</p> <p>4.2. Rampe</p> <p>4.3. Dizala</p>

Nogostup se može voditi samostalno ili u kombinaciji s biciklističkom stazom. U slučaju kombinacije nogostup se postavlja s vanjske strane ceste, a biciklistička staza bliže kolniku. Kroz raskrižja se biciklistička staza vodi uz pješački prijelaz sa strane koja je bliža centru raskrižja. Nogostup i biciklistička staza mogu biti:

- u istoj razini (lakše je strojno postavljati habajući sloj, manja opasnost za pad biciklista, povećana je opasnost za pješake)
- u različitoj razini (otežano je strojno postavljanje habajućega sloja, sigurnije je pješačenje, veća je opasnost za pad biciklista; visinska razlika ne bi smjela biti veća od 5 cm da bi se sprječilo dodirivanje pedale o tlo).

Pješačke staze vode se odvojeno od ulica, a namijenjene su pješacima kao i nogostupi. Obično se grade unutar rekreativnih zona, uz rijeke i jezera, kroz parkove i šumske perivoje. U stambenom okruženju povezuju dječja igrališta, zelene površine i škole. Naglasak je na skladnom i uspješnom uklapanju u

okoliš kako bi bile što ugodnije za pješačenje. Kako se primarno koriste za rekreacijska, a manje za radna pješačenja, njihova je atraktivnost vrlo poželjna.

Pješački se prijelazi izvode u razini kolnika i izvan nje. Prelazak je ulice u razini reguliran na nekoliko načina:

- zebra-prijelazom, koji pješacima daje prioritet u odnosu na vozila
- semaforom, školskim patrolama i prometnom policijom, koji vremenski razdvajaju pješake i vozila na pješačkom prijelazu
- istodobnim korištenjem zelene faze od strane pješaka i vozila koja skreću, no prednost se daje pješaku.

Zebra-prijelazi rade se na mjestima velike koncentracije pješaka, gdje konflikti između pješaka i vozila predstavljaju moguće probleme. Na ovim prijelazima prednost nad vozilima imaju pješaci. Svrha je obilježavanja pješačkoga prijelaza zorno i na vidljiv način lokalizirati sektor sukoba i upozoriti vozača na nailazak pješaka, tj. povećati sigurnost pješaka i vozila. Dizajneri koriste različite markacije kako bi upozorili vozače kako nailaze na definiranu zonu na cesti na kojoj pješaci imaju prednost. Različiti oblici obilježavanja prijelaza imaju svoje prednosti i nedostatke.

Ukoliko je promet velikoga intenziteta, zebra-prijelazom bit će nezadovoljni pješaci jer se prikladni intervali za prelazak preko ceste javljaju vrlo rijetko. Vozači će također biti nezadovoljni zbog čestoga prekidanja toka i stvaranja dugih kolona vozila. U takvima su situacijama sporazumna rješenja prijelazi sa svjetlosnom signalizacijom. Oni su posebno korisna sigurnosna mjera za pješake koji poštuju zakon, no loš su izbor za one koji ne žele čekati zeleno svjetlo ili prelaze u blizini prijelaza.

Pješački prijelazi/prolazi izvan razine vertikalno razdvajaju tokove pješaka od cestovnih vozila i predstavljaju najsigurnije vođenje pješačkoga prometa. Kako je denivelacija vozila vrlo skupa, traži skupe konstrukcije i dugačke rampe, češće se izvodi denivelacija pješačkih prijelaza. Fizičko razdvajanje pješaka i vozila radi se pomoću:

- pothodnika i
- nathodnika.

Kriteriji su za izbor vrste pješačkoga prijelaza utemeljeni na:

- veličini prometnoga toka motornih vozila
- veličini pješačkoga toka
- širini ceste i broju trakova
- maksimalnoj brzini
- maksimalnom vremenu čekanja

- zaključcima koji se donose na temelju analiza prometnih nesreća
- činjenici o postojanju pješačkoga otoka na cesti te na tom jesu li uzdužne crte za razgraničenje voznih trakova pune ili isprekidane.

Preporuke su za instaliranje obilježenoga pješačkoga prijelaza ili drugih potrebnih poboljšanja za pješake na nekontroliranim lokacijama prikazane u sljedećoj tablici.

Tablica 2.9. Kriteriji za izbor optimalnog pješačkoga prijelaza

Broj prometnih trakova i tip središnjega otoka	PGDP vozila (AADT) ≤ 9000			PGDP vozila (AADT) > 9000 do 12000			PGDP vozila (AADT) >12000 do 15000			PGDP vozila (AADT) > 15000		
	Ograničenje brzine**											
	≤50 km/h	57 km/h	≥65 km/h	≤50 km/h	57 km/h	≥65 km/h	≤50 km/h	57 km/h	≥65 km/h	≤50 km/h	57 km/h	≥65 km/h
2 traka			■		■				■		■	■
3 traka			■		■		■	■	■	■	■	■
Više trakova (4 i više), izdignut središnji otok***			■		■	■	■	■	■	■	■	■
Više trakova (4 i više), bez izdignutoga središnjega otoka	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

Mjesta kandidati za markiranje pješačkoga prijelaza. Prije novoga markiranja prijelaza treba odrediti odgovara li lokacija za markiranje prijelaza. Inženjerskom studijom treba utvrditi ne samo zadovoljava li lokacija uvjete, nego i volumen pješaka, brzinu pješačenja, brzinu vozila, duljinu

Vrlo vjerojatni (izvjesni) kandidat za markiranje. Samo markiranje kolnika može povećati rizik od nezgode ako se ne doda druga oprema i prometna kontrola. Ove se lokacije trebaju pozorno nadzirati i unaprijediti drugim poboljšanjima, ako je potrebno i prije instaliranja markacije.

Samo markiranje prijelaza nije dovoljno jer se rizik od nezgode time može još i povećati. Potrebno je analizirati druge mogućnosti koje mogu poboljšati sigurnost pješaka kao što su mjere smirivanja prometa, pješački signali, izmjene signalnih faza, korištenje ITS-a...

* Ove smjernice uključuju lokacije na raskrižju i na potezima otvorene ceste između raskrižja bez semafora, bez stop signala ili signala upozorenja na prilazima raskrižju. Ne mogu se primijeniti na pješačke prijelaze u blizini škola i na dvosmjerne ceste bez središnjega otoka. Samo obilježavanje prijelaza ne radi se na mjestima na kojima nije osigurana daljina vidljivosti, na složenim raskrižjima, na konfuzno dizajniranim s velikim udjelom teretnih vozila i na onima s drugim opasnostima. Zajedno s uvođenjem markacije potrebno je razmotriti i druge mogućnosti poboljšanja sigurnosti pješaka.

Pješačke zone predstavljaju mrežu pješačkih ulica i trgova na kojima je dopušten samo pješački promet. Motorni promet može se dopustiti samo u određeno vrijeme radi opskrbe ili pristupa stanovništva.

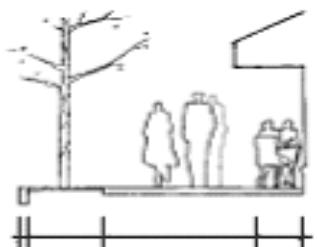
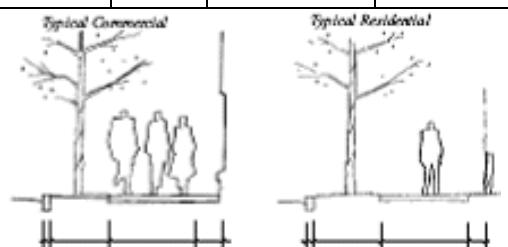
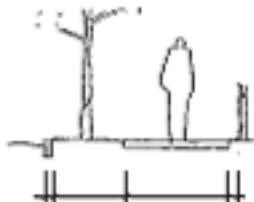
Stubišta i rampe povezuju dvije ravnine na različitim visinama. Na otvorenom prostoru omogućavaju podizanje (spuštanje) pješaka iznad ili ispod prometnice za vozila. Rampe se izvode pored stubišta kako bi se osigurala pristupačnost osobama s invaliditetom, osobama koje guraju dječja kolica, voze bicikl ili nose prtljagu, na jednakoj razini, no namijenjene su i zdravim osobama.

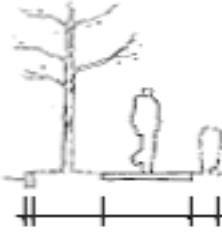
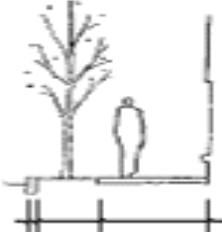
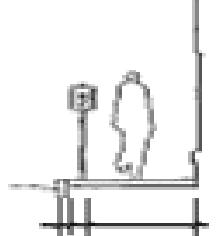
Pokretna stubišta i staze izvode se tamo gdje je velik broj pješaka, u pothodnicima i nathodnicima te u prometnim terminalima.

Dizala su najrasprostranjenija sredstva vertikalnoga prijevoza. Koriste ih ljudi u godinama, bolesni, oni koji nose kofere ili drugi teret u rukama, oni koji vode životinje, guraju kolica, no jednako tako i zdrave osobe. Vertikalno i koso podizne platforme koriste se kao element pristupačnosti kada nije izvodivo rješenje dizalom ili drugim načinom.

Preporučene su širine nogostupa, ovisno o lokaciji, prikazane u sljedećoj tablici.

Tablica 2.10. Preporučene širine pojedinih zona u području nogostupa

Koridor nogostupa	Primjena/uporaba	Preporučeni oblik								
4,5 m	Preporučena u pješačkim zonama, posebno za arterijske ulice ili ukoliko je ukupna širina koridora 24,5 m.	 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Zona rubnjaka</th><th>Zona zelenila</th><th>Hodna zona</th><th>Zona ispred zgrada</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0,15 m</td><td>1,2 m</td><td>2,4 m</td><td>0,75 m</td></tr> </tbody> </table>	Zona rubnjaka	Zona zelenila	Hodna zona	Zona ispred zgrada	0,15 m	1,2 m	2,4 m	0,75 m
Zona rubnjaka	Zona zelenila	Hodna zona	Zona ispred zgrada							
0,15 m	1,2 m	2,4 m	0,75 m							
3,6 m	Preporučena za gradske pješačke nogostupe, lokalne ulice u pješačkim zonama i za koridore čija je ukupna širina 18,2 m.	 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Zona rubnjaka</th><th>Zona zelenila</th><th>Hodna zona</th><th>Zona ispred zgrada</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0,15 m</td><td>1,2 m</td><td>1,8 m</td><td>0,45 m</td></tr> </tbody> </table>	Zona rubnjaka	Zona zelenila	Hodna zona	Zona ispred zgrada	0,15 m	1,2 m	1,8 m	0,45 m
Zona rubnjaka	Zona zelenila	Hodna zona	Zona ispred zgrada							
0,15 m	1,2 m	1,8 m	0,45 m							
3,3 m	Preporučena za lokalne servisne pješačke nogostupe gdje je ukupna širina koridora 15,2 m. Prihvatljiva za gradske pješačke nogostupe gdje je ukupna širina koridora 15,2 m i hodna površina širine 1,8 m.	 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Zona rubnjaka</th><th>Zona zelenila</th><th>Hodna zona</th><th>Zona ispred zgrada</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0,15 m</td><td>1,2 m</td><td>1,8 m</td><td>0,15 m</td></tr> </tbody> </table>	Zona rubnjaka	Zona zelenila	Hodna zona	Zona ispred zgrada	0,15 m	1,2 m	1,8 m	0,15 m
Zona rubnjaka	Zona zelenila	Hodna zona	Zona ispred zgrada							
0,15 m	1,2 m	1,8 m	0,15 m							

3,0 m	<p>Preporučena za lokalne servisne pješačke nogostupe u rezidencijalnoj zoni gdje je ukupna širina koridora manja od 15,25 m.</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>Zona rubnjaka</th><th>Zona zelenila</th><th>Hodna zona</th><th>Zona ispred zgrada</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0,15 m</td><td>0,9 m</td><td>1,8 m</td><td>0,15 m</td></tr> </tbody> </table>	Zona rubnjaka	Zona zelenila	Hodna zona	Zona ispred zgrada	0,15 m	0,9 m	1,8 m	0,15 m								
Zona rubnjaka	Zona zelenila	Hodna zona	Zona ispred zgrada														
0,15 m	0,9 m	1,8 m	0,15 m														
2,7 m	<p>Ne preporučuje se za nove konstrukcije ili za rekonstrukciju. Prihvatljiva u postojećim prinudnim uvjetima kada nema mogućnosti za proširenje nogostupa.</p> <p>Napomena: to je minimalna širina nogostupa gdje je još moguća sadnja drveća. Najmanja je širina zelene zone 0,9 m.</p>		 <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>Zona rubnjaka</th><th>Zona zelenila</th><th>Hodna zona</th><th>Zona ispred zgrada</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0,15 m</td><td>0,9 m</td><td>1,50 m</td><td>0,15 m</td></tr> </tbody> </table>	Zona rubnjaka	Zona zelenila	Hodna zona	Zona ispred zgrada	0,15 m	0,9 m	1,50 m	0,15 m						
Zona rubnjaka	Zona zelenila	Hodna zona	Zona ispred zgrada														
0,15 m	0,9 m	1,50 m	0,15 m														
Manje od 2,7 m	<p>Ne preporučuje se. Prihvatljiva u postojećim prinudnim uvjetima kada nema mogućnosti za proširenje nogostupa.</p>		 <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>Zona rubnjaka</th><th>Zona zelenila</th><th>Hodna zona</th><th>Zona ispred zgrada</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="4" style="vertical-align: middle; text-align: center;">0,15 m</td><td>0,6 m</td><td>1,50 m</td><td rowspan="4" style="vertical-align: middle; text-align: center;">0,00 m</td></tr> <tr> <td>0,45 m</td><td>1,50 m</td></tr> <tr> <td>0,30 m</td><td>1,20 m</td></tr> <tr> <td>0,0 m</td><td>1,20 m</td></tr> </tbody> </table>	Zona rubnjaka	Zona zelenila	Hodna zona	Zona ispred zgrada	0,15 m	0,6 m	1,50 m	0,00 m	0,45 m	1,50 m	0,30 m	1,20 m	0,0 m	1,20 m
Zona rubnjaka	Zona zelenila	Hodna zona	Zona ispred zgrada														
0,15 m	0,6 m	1,50 m	0,00 m														
	0,45 m	1,50 m															
	0,30 m	1,20 m															
	0,0 m	1,20 m															
2,25 m																	
2,10 m																	
1,65 m																	
1,20 m																	

3. BICIKLISTIČKI PROMET

U posljednjih nekoliko desetljeća razvijene zemlje Europe posvećuju posebnu pozornost planiranju razvoja biciklističkoga prometa. U usporedbi s europskim zemljama u Republici je Hrvatskoj ovaj oblik prometa zanemaren i ne postupa se s njim na odgovarajući način. Udio je biciklizma u ukupnom putovanju u Gradu Zagrebu, prema Prometnoj studiji iz 1998. godine, iznosio manje od jedan posto, što je dijelom posljedicom lošega prometnoga planiranja već dugi niz godina. U nekim se gradovima Europe udio biciklističkoga prometa kreće i preko 30 %. Uzrok ovim razlikama stručnjaci pripisuju čimbenicima koji su povezani s ekonomijom, korištenjem zemljišta, kulturom, klimom, topologijom i prometnom politikom koja se vodi u raznim zemljama. Međutim, činjenicom je kako su zemlje poput Švedske, Norveške, Danske, Nizozemske ili Njemačke također bile suočene sa sličnim problemima kao i Republika Hrvatska (porast popularnosti automobila, povećanje zagušenja i zagađenja zraka), no puno su ranije poduzele odgovarajuće mjere, uključujući sustavno poticanje biciklizma već 70-ih godina. Zanimljiva je procjena kako je više od 30 % putovanja u Europi kraće od 3 km i 50 % autoputovanja kraće od 5 km. Ove udaljenosti mogu pokriti djeca i starije osobe ugodnom vožnjom biciklom ili bržim hodanjem.

3.1. Bicikl – održiv oblik prometa

Velik broj kratkih putovanja uzrokuje nepotrebne gužve i zagađenje zraka, smanjuje sigurnost prometa, povećava potražnju za parkirnim mjestima te neizravno utječe i na zdravlje koje bi ljudi mogli imati kada bi vozili bicikl. Negativne su posljedice korištenja automobila na kratkim putovanjima posebno izražene u užem središtu grada gdje se odavno prešla granica koja dijeli napredak od osobnoga komfora. Iako je točno kako bicikl ne može poput automobila osigurati istu mobilnost na većim udaljenostima, mnoga se kraća putovanja mogu ostvariti biciklom možda i brže nego automobilom, posebno u vršnom periodu, u zagušenim centralnim područjima grada. Automobilom je pristupačnost željenom odredištu u gradu vrlo otežana. Nasuprot automobilu bicikl je gotovo idealno rješenje pristupačnosti, ne zagađuje okoliš i omogućuje primjerenu mobilnost. Također, bicikl zauzima puno manje prostora u odnosu na automobil. Najmanje 10 do 12 bicikala stane na jedan autoparking. Dakle, poticanjem ljudi na povećanje vožnja biciklom, barem za neke njihove dnevne potrebe (posebno na kraćim duljinama), omogućit će se veće iskorištenje javnoga prostora za druge namjene. Prema izvješćima Agencija za zaštitu okoliša emisije su dušikovih oksida iz prometnih sredstava i dalje u porastu. Zagađenje zraka, među ostalim zdravstvenim poteškoćama, uzrokuje povećani rizik od astme te značajne troškove zdravstvene zaštite. Stoga gradovi moraju razvijati valjana prometna rješenja, a to znači poticati razvoj biciklizma i podizati javni prijevoz na višu razinu kvalitete, a obeshrabrivati

korištenje automobila kako bi osigurali održivu urbanu mobilnost. Poticanje ljudi na vožnju bicikloma vodi k nultoj stopi zagađenja zraka, poboljšanju zdravlja građana i održivom načinu urbanoga prijevoza.

Neke zemlje u svijetu nastoje stvoriti pretpostavke za održiv urbani razvitak prometa u skladu s društvenim potrebama i mogućnostima, a to znači:

- dopustiti onoliko motornoga prometa koliko je prijeko potrebno
- rasporediti promet na sve vrste u skladu s njihovim svojstvima (prednostima i nedostacima), a da se pritom potiče održivi (nemotorizirani) promet
- ravnopravno uvažavati potrebe i mogućnosti svih skupina stanovništva
- odgovorno se vladati prema ekološkim, energetskim i makroekonomskim mogućnostima, RH treba slijediti ideje razvijenih zemalja.

3.2. Povijest biciklističkoga prometa

Kotač je najvažniji izum koji je omogućio razvoj bicikla. Povjesničari smatraju kako je kotač nastao u Mezopotamiji negdje oko 3500 godina prije Krista. U povijesti je zabilježeno kako su još stari Etruščani trčali držeći u rukama osovinu kotača. Tijekom povijesti je bilo više primjera vozila pokretanih ljudskom snagom, no ona su često bila bitno drugačija od današnjega koncepta bicikla.

Tablica 3.1. Povijesni razvoj bicikla

1790.



Celerifere (engl. *Celeripede*), 1790. godine, Francuska

Comte de Sivrac konstruirao je vozilo, bicikl s okvirom u obliku konja, bez pedala. Vozač je sjedio, odnosno jahao celerifere i pokretao se odgurivanjem nogama o tlo. Prednji se kotač nije mogao zakretati radi promjene smjera vožnje, već se cijelo vozilo moralo zabaciti u novi smjer.

1817.



Draisienne, Njemačka

Karl-Friedrich Drais von Sauerbrunn izumio je prvi hodajući stroj koji se smatra pretečom modernih bicikala (*walking machine or running machine*). Ovaj je bicikl prvi put uveden u svijet 1818. godine u Parizu, a kasnije i u Velikoj Britaniji, gdje su ga nazvali „konj iz razonode“ (engl. *Hobby Horse*). Stroj je u cijelosti izrađen od drveta i njime se upravljalo zakretanjem prednjega kotača. Nije praktičan za prijevoz, osim po dobro održavanim putovima. Pokretanje se odvijalo odupiranjem nogom o tlo.

1839.
(1840.)



Velocipede, Škotska

Kirkpatrick Macmillan izradio je bicikl koji se sastojao od ručica i pedala. Imao je veliku težinu – 26 kg pa zbog toga nije bio u širokoj uporabi. Kod ovoga bicikla vozač više nema kontakt s podlogom, već stopalima oslonjenima na pedale pokreće bicikl.

1855.

**Velocipede**, Francuska

Ernest Michaux dodao je pedale izravno na prednji kotač i tako započeo revoluciju u prijevozu ljudi. *Velocipede* znači „brza nogu“. Ovaj stroj nije imao lanac nego izravan pogon na prednjem kotaču. Godine 1861. godine *E. Michaux* osniva prvu tvornicu bicikala. To je bila prva svjetska masovna proizvodnja bicikla s pogonom na prednjem kotaču. U oštijem je zavoju prednji kotač dirao nogu vozača.

1870.



James Starley i *William Hillman* izradili su stroj koji je prvi put nazvan bicikl i koji je cijeli izrađen od metala. Poznat je pod nazivom obični ili veliki kotač (*Ordinary Bicycle/Circa*). Kako bi se otklonio nedostatak *Michaux* bicikla, sjedalo se pomiče naprijed, a prednji kotač postaje znatno veći od stražnjega kako bi se postigla što veća brzina. S većim kotačem prelazi se veća duljina puta s jednim okretom pedale. Rizik je od pada bio velik jer je vozač sjedio visoko od centra gravitacije. Poboljšanja su u dizajnu počela s malim kotačem na prednjem dijelu, a poslije i s triciklom pa i s kvadriciklom kako bi se smanjili padovi.

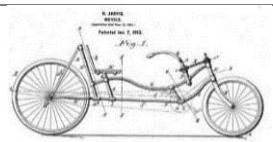
1885.

**Safety Bicycle John Kemp Starley** (nećak *Jamesa Starleya*)

Prototip današnjeg sigurnog bicikla pojavio se između 1885. i 1890. godine u Engleskoj. Taj je bicikl imao prijenos pomoću dvaju zupčanika različite veličine i lanca koji ih je spajao. Bicikl se zvao *Rover*, imao je kotače jednake veličine. Ti su bicikli bili sigurniji za vožnju od prethodnih modela.

Kasnijih su godina učinjeni mnogi napori kako bi se povećala sigurnost biciklista (sjedište je pomaknuto između dvaju kotača, gumeni kotači – *John Boyd Dunlop*, 1888. godine, slobodan upravljač itd.).

1902.

**Recumbent Bicycle**

U 19. stoljeću pojavljuju se različite izvedbe ležećih (*Recumbents*) bicikala, često nazivanih i *Diamond Frame* (DF).

Glavne su im značajke: veća brzina zbog bolje aerodinamike i ergonomsko držanje tijela (sjedenje ili gotovo ležanje), opuštajući položaj, bolji prijenos snage na pedale, ruke, vrat i glava u prirodnijem položaju, veća sigurnost vožnje; zbog niskoga sjedišta moguć je pad s visine od 50 cm ili od 20 cm.

Glavni su nedostaci većine *Recumbents* bicikala sljedeći: cijena, relativno velika masa, otežano penjanje uz nagib, otežano guranje bicikla i mase tijela pomoću pedala.

Tijekom II. svjetskoga rata, zbog nedostatka goriva, bicikl je široko prihvaćeno prijevozno sredstvo. Poslije II. svjetskoga rata, 50-ih godina, u Zapadnoj Europi gorivo i automobili postaju dostupni, što je uzrok laganoga potiskivanja bicikla s ulica. Međutim, u „zemljama trećega svijeta“, posebno u Kini, bicikl je još dugi niz godina ostao dominantno prijevozno sredstvo.

1950-ih



Trkači bicikl – pojavljuju se mnoge varijante cestovnih bicikala s brzinama, kao i izvedbe bicikala s različitim materijalima.

1960-ih



Brdski bicikl – pojavljuju se različite varijante brdskih bicikala, prvo u Europi, a zatim i u Americi.

1980. –



Moderan dizajn – tijekom 80-ih pa sve do danas pojavljuju se bicikli s naprednim mjenjačem brzina, geometrijom okvira bicikla, amortizerima, disk-kočnicama i s brojnim drugim tehnološkim dostignućima. Ovakav je bicikl danas poželjno prijevozno sredstvo, posebno u urbanim sredinama.

2014.

3.3. Biciklizam u Hrvatskoj

Prvi su se bicikli u Hrvatskoj pojavili potkraj 1860-ih, točnije 1867. godine kada je zagrebački trgovac Ladislav Belus donio bicikl s pariške Svjetske izložbe u Zagreb [58]. U isto vrijeme i Karlovac dobiva takav bicikl iz Pariza, a donosi ga trgovac Petar Lukšić [59].

Početkom 80-tih godina 19. stoljeća bicikl uz zapregu postaje najvažniji dio prometa u Zagrebu, ali i u Karlovcu, Samoboru, Varaždinu, Jastrebarskom, a potom i u drugim gradovima Hrvatske. U samim je početcima vožnja bicikla pričinjavala niz neugodnosti zbog neodgovarajuće infrastrukture i tvrdih guma.

Prva je biciklistička organizacija, *Prvo hrvatsko društvo biciklista*, utemeljena u Zagrebu 1885. godine, a 29. lipnja 1886. godine na Zrinjevcu je organizirana prva biciklistička utrka. Prvi je strukovni športski savez u Hrvatskoj, *Savez hrvatskih biciklista*, utemeljen 1894. godine u Zagrebu. U lipnju 1895. godine *Varaždinski klub biciklista* otvorio je svoje trkalište međunarodnom biciklističkom utrkom. Potkraj 19. i početkom 20. st. biciklistički su klubovi osnovani u mnogobrojnim hrvatskim gradovima. Bili su to sljedeći klubovi: Hrvatski klub biciklista „Napred“ (Karlovac, 1894. godine), Društvo biciklista „Sokol“ (Sisak, 1894. godine), *Veloce Club „Polese“* (Pula, 1896. godine), Koturaško društvo „Sloga“ (Varaždin, 1897. godine), *Cyclistic Club „Spalato“* (Split, 1898. godine), Podravski klub biciklista (Koprivnica, 1898. godine), Zagrebački koturaški klub „Orao“ (1904. godine), Hrvatski koturaški klub „Sokol“ (Bjelovar, 1910. godine) i dr. Međunarodna se biciklistička utrka kroz Hrvatsku organizira od 1994. godine. Hrvatski je biciklistički savez član Međunarodne biciklističke unije od 24. srpnja 1992. godine. [58]

3.4. Definicije bicikla

Bicikl je cestovno vozilo s dvama kotačima koje se pokreće snagom mišića osobe koja se njime vozi. Često je i najbrojnije prometno sredstvo, posebno u ravničarskim područjima i gradovima gdje je vrlo pogodno za jeftin i relativno brz prijevoz ljudi. Pored toga može poslužiti i za prijevoz manjih paketa i lakšega tereta na kraćim relacijama. Danas se najčešće upotrebljava za sport i za rekreaciju, no sve se više koristi i za radna putovanja kao što su odlazak na posao i u školu.

Oko značenja riječi bicikl javlja se dosta nesporazuma. U literaturi se često koriste riječi: električni bicikl, lako električno vozilo, pedelec, e-bicikl itd. U nastavku će se dati pojednostavljeni objašnjenje pojmova pedelec i e-bicikl bez namjere tumačenja zakonskih okvira.

Pedelec (*pedal electric cycle*) je bicikl opremljen pomoćnim električnim motorom (koji se ne može pokretati isključivo električnim motorom). Motor se uključuje (kao potpora) samo ako biciklist okreće pedale. Pedelec se može voziti i bez potpore elektromotora. Kod postizanja brzine od 25 km/h motor

se automatski isključuje. Kod ovakvoga modela ne postoji ručica gasa niti prekidač za paljenje i za gašenje.

E-bicikl je bicikl opremljen pomoćnim električnim motorom koji se može pokretati isključivo tim motorom, pa pedaliranje uopće nije potrebno. Pedale i motor neovisni su jedno o drugom. Biciklist ne mora okretati pedale kako bi pokretao bicikl. Pedaliranjem se povećava doseg vožnje. Ručicom gasa regulira se koliko će se oslanjati na motor i koliko će se trošiti električne energije. E-bicikli su brži od 25 km/h.

3.5. Tipovi i anatomija bicikla

Nema jedinstvene klasifikacije, nego postoje samo različite podjele bicikala. Primjerice, ovisno o namjeni bicikle možemo podijeliti na bicikle za odrasle i bicikle za djecu, ali ih istodobno možemo podijeliti i na bicikle za sport, za rekreaciju i za radna putovanja (na posao, u školu, u trgovinu, u posjete itd.). Ti isti bicikli mogu biti namijenjeni ne samo prijevozu ljudi (muški i ženski bicikli) nego i prijevozu tereta (*fright* ili *cargo* bicikli). Ovo sve govori o nemogućnosti jedinstvene klasifikacije bicikala. Međutim, zbog praktičnih razloga u nastavku se daje sljedeća podjela bicikala:

- cestovni bicikli (uglavnom namijenjeni gradskim vožnjama, putovanju na posao, u školu itd.)
- bicikl za duga putovanja (*touring/cruiser*), uglavnom namijenjeni cikloturizmu i obilascima
- brdski bicikli (vožnja po šumskim putovima i stazama)
- sportski bicikli (trkači, bicikl za triatlon, BMX, umjetnički balet i gimnastika)
- bicikli za prijevoz tereta (*fright* ili *cargo*)
- hibridni bicikl (kombinacija navedenih bicikala široke uporabe).

Tablica 3.1. Klasifikacija bicikala

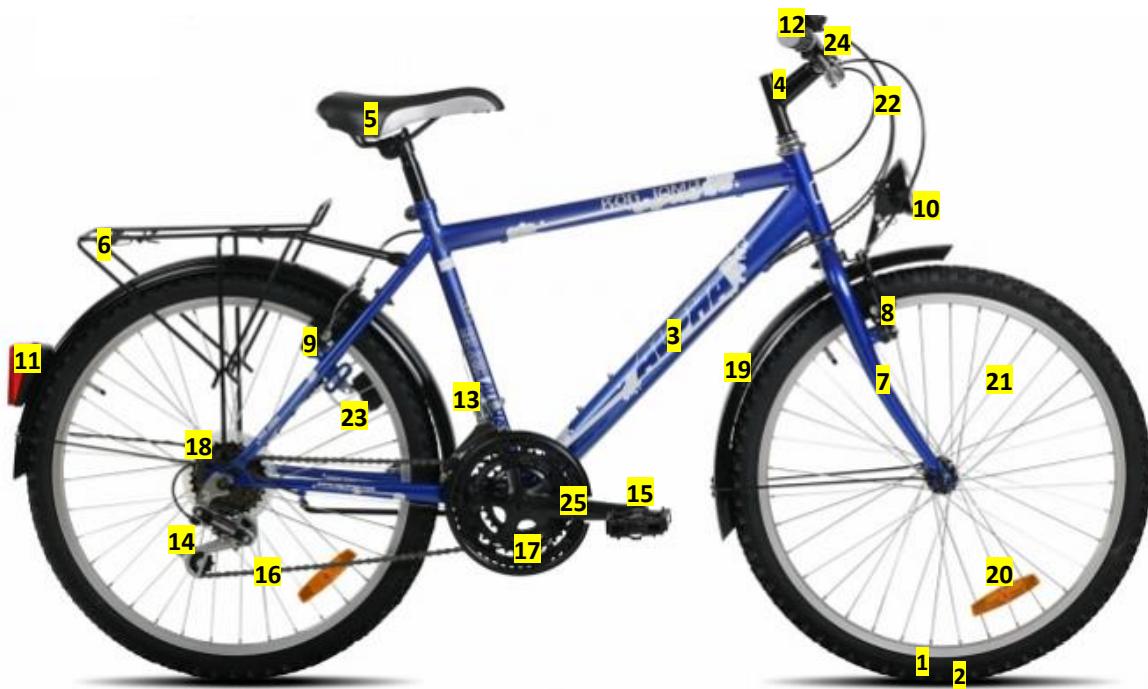
VRSTA	IZGLED BICKLA
cestovni	  



Bicikli mogu biti pokrenuti isključivo ljudskom snagom, ljudskom snagom i pomoćnim motorom ili samo električnim motorom.

S obzirom na položaj vozača bicikli mogu biti pokrenuti u uspravnom, pognutom i ležećem položaju vozača.

Slika 3.1. prikazuje glavne dijelove bicikla.



Slika 3.1. Osnovni dijelovi bicikla

1-kotač	8-prednja kočnica	15-pedala	22-sajle i bužiri
2-gume	9-stražnja kočnica	16-lanac	23-dinamo
3-okvir	10-prednje svjetlo	17-prednji lančanik	24-zvonce
4-upravljač	11-stražnje svjetlo	18-stražnji lančanik	25-poluga pogona/pedale
5-sjedalo	12-ručica mjenjača	19-blatobran	
6-nosač prtljage	13-prednji mjenjač	20-katadiopter	
7-vilica	14-stražnji mjenjač	21-žbice	

Braća Wright, pioniri zrakoplovstva, izradili su prvi zrakoplov u tvornici bicikla. Kada su gradili svoj avion, koristili su niz koncepata koje su naučili na primjeru bicikla, što ukazuje na važnost bicikla u razvoju ostalih prometnih entiteta.

3.6. Osobitosti biciklističkoga prometa

3.6.1. Prednosti i nedostatci biciklizma

Bicikl je relativno jeftin i neovisan način prijevoza na putovanjima kraćima od 7 km, a pedelec (inačica bicikla) je prilagođen za putovanja čak i do 15 km [60].

Tablica 3.2. prikazuje prednosti i nedostatke biciklizma.

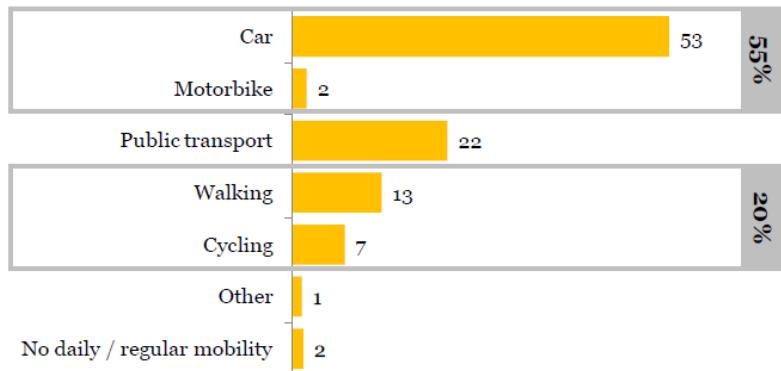
Tablica 3.2. Prednosti i nedostatci biciklizma

PREDNOSTI		NEDOSTATCI
OSOBNE	DRUŠTVENE	
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Veći izbor mobilnosti (posebno je važan nevozačima uključujući djecu i starce) ✓ Financijska ušteda ✓ Vožnja biciklom predstavlja prirodnu aktivnost ✓ Poboljšanje zdravlja zbog fizičke aktivnosti ✓ Veća aktivnost – bolje psihofizičko zdravlje ✓ Veća društvena interakcija među ljudima ✓ Mogućnost uživanja, zabave i relaksacije ✓ Neovisan način prijevoza ✓ Fleksibilan način prijevoza ✓ Prikladan za kraća putovanja, a u multimodalnom lancu i za duža putovanja ✓ Cijenom prihvatljiv oblik prijevoza 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Doprinosi općoj mobilnosti građana ✓ Smanjenje prometnoga zagušenja i povećanje sigurnosti prometa ✓ Ušteda energije (energetski najučinkovitiji oblik prijevoza) ✓ Manja potreba za izgradnjom cesta i parkirališta za automobile ✓ Smanjenje pritisaka na okoliš (manje zagađenja, buke i vibracije) ✓ Poboljšanje javnoga zdravstva i smanjenje troškova javne zdravstvene zaštite ✓ Povećanje socijalne interakcije među ljudima (povećanje sigurnosti ulice) ✓ Doprinosi razvoju lokalnoga gospodarstva i ugodnijega življenja u gradovima ✓ Poboljšanje pristupačnosti odredištima (za turiste i za druge korisnike) ✓ Učinkovitije korištenje zemljišta (zaustavljeno širenje gradova, gušća gradnja, potreban manji prostor za bicikle) ✓ Socijalno pravedan i svima dostupan oblik prijevoza 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Ovisnost o vremenu (snijeg, kiša, vjetar) ✓ Neprikladan oblik prijevoza za nošenje teških stvari ✓ Zamor pri dugoj vožnji, posebno na usponu ✓ Spori oblik prijevoza (mala brzina) za ruralna/izvansgradska područja ✓ Zaštita od krađe i vandalizma traži posebnu opremu ✓ Nedovoljna izgrađenost biciklističke infrastrukture i opreme (prometnica, parkirališta, popratnih sadržaja) ograničava uporabu bicikla

Vrlo je važno da ove prednosti uoče korisnici te da počnu razmišljati kako su opcije vožnje bicikla sigurnije i pouzdanije od autoputovanja. Time se postiže ravnoteža između svih oblika prijevoza i čini odmak od autoorientiranoga pristupa planiranja u prošlosti k održivom planiranju. To ne znači isključivanje motornih vozila iz prometa, nego ravnopravno korištenje ulice od strane svih sudionika u prometu. Ulica treba postati mjesto javnoga okupljanja, trgovine i rekreacije. Međusobno supstojanje svih oblika prometa i tolerancija osnovnim su pokazateljima razvijenosti nekoga društva.

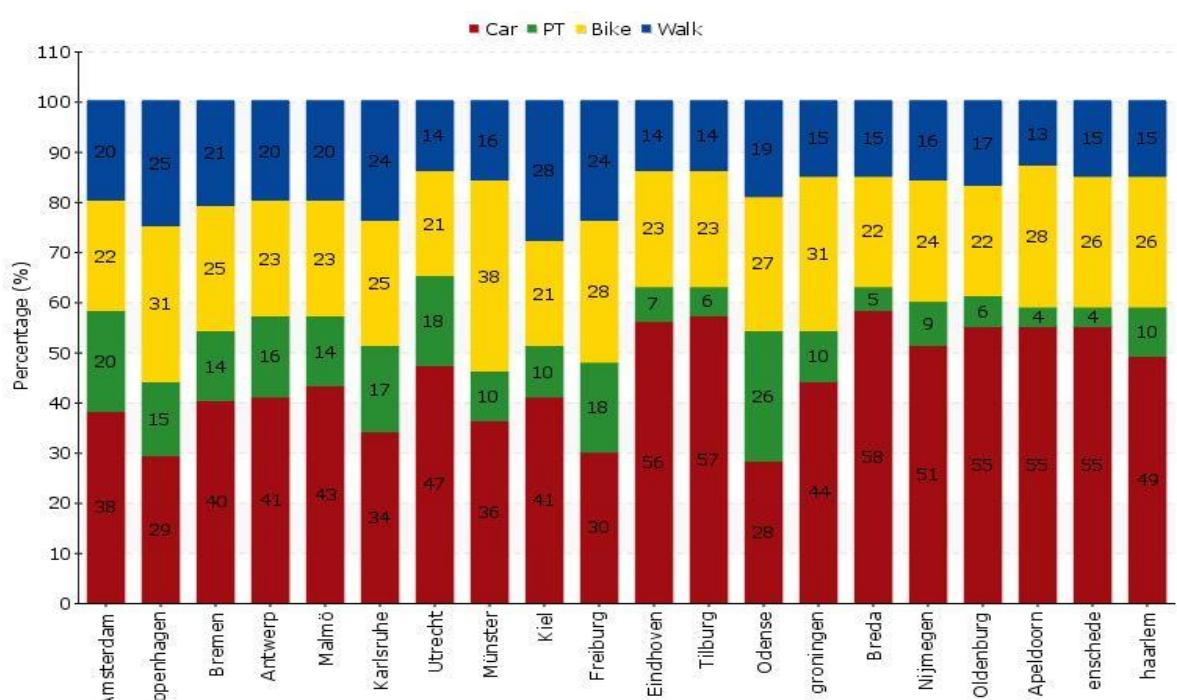
3.6.2. Udio vožnja biciklom u modalnoj razdiobi putovanja – Modal Split

Najnovije statistike pokazuju kako udio biciklističkih putovanja varira od zemlje do zemlje, ali i od grada do grada. U nekim se zemljama taj udio kreće i do 30 %, dok je u drugima zanemariv [2]. Slika 3.2. prikazuje modalnu raspodjelu putovanja u EU 27. Oko 53 % građana EU-a koristi automobil kao glavni način prijevoza, za jedno od pet putovanja građani EU koriste javni prijevoz (22 %), pješačenje se koristi u 13 % putovanja, a 7 % građana koristi bicikl kao glavni način putovanja. Motocikl je najnepopularniji izbor i koristi ga oko 2 % građana.



Slika 3.2. Modalna razdioba osnovnih putovanja tijekom dana u EU 27 – 2011. godine
Izvor: [61]

Slika 3.3. prikazuje modalnu razdiobu putovanja u nekim europskim gradovima.



Slika 3.3. Modalna razdioba putovanja u pojedinim europskim gradovima
Izvor: [62]

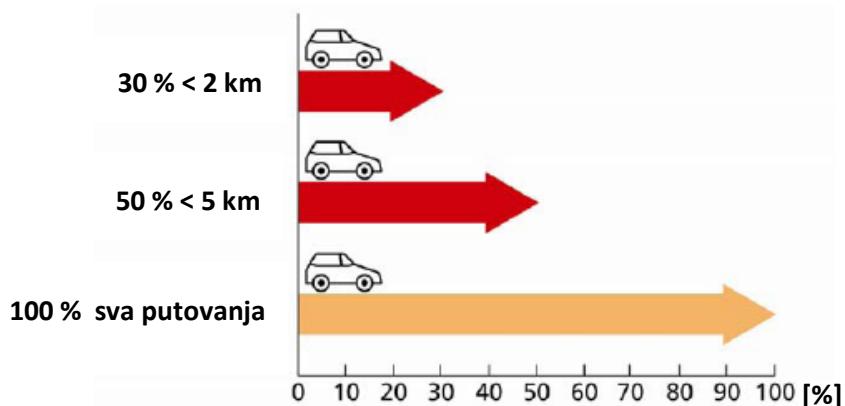
Najveći udio vožnja biciklom ima *Münster* (Njemačka), gotovo 38 % svih putovanja. Ovako velik udio biciklističkoga prometa moguće je objasniti širokim rasponom mjera sigurnosti, pogodnosti i udobnosti koje su prilagođene biciklističkom prometu. Iz ovoga se može zaključiti kako su za uporabu nemotoriziranoga prometa važnije transportne mjere i kompaktnost gradnje od geografskoga i klimatskoga određenja.

Varijacije u *Modal Splitu* među državama i gradovima stručnjaci uglavnom pripisuju faktorima koji su povezani s ekonomijom, korištenjem zemljišta i gradnjom, kulturom, klimom, topologijom i prometnom politikom koja se vodi u raznim zemljama. U usporedbi s europskim zemljama u Republici

je Hrvatskoj ovaj oblik prometa zanemaren i ne postupa se s njim na odgovarajući način. Zbog marginalizacije biciklističkoga prometa do sada nisu rađena sustavna istraživanja pa ne postoje statistički podatci o broju biciklista te nije moguće napraviti usporednu analizu *Modal Splita* s ostalim zemljama Europe i pratiti trend razvoja ovoga oblika prometa.

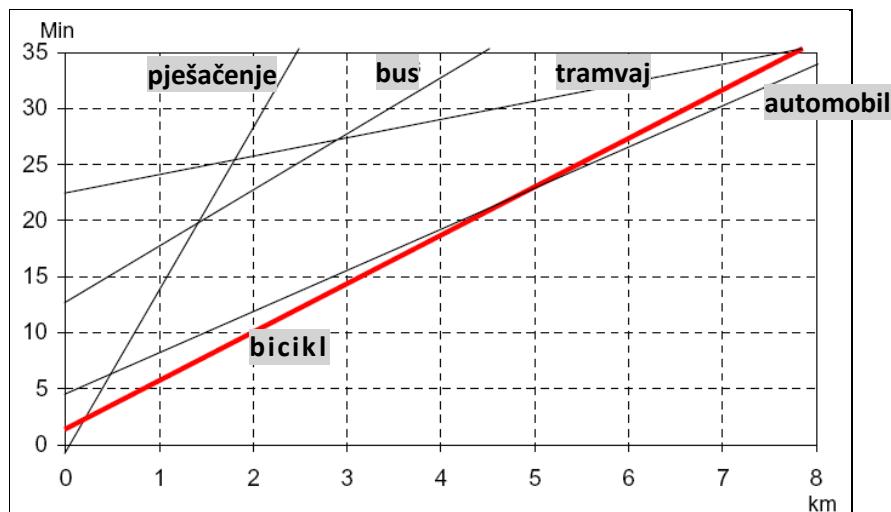
3.6.3. Duljina i vrijeme putovanja

Zanimljiva je procjena kako je više od 30 % putovanja u Europi kraće od 3 km i 50 % autoputovanja kraće od 5 km (Slika 3.4.). Na kratkim duljinama dolazi do najvećega zagađenja okoliša, posebno zimi, jer se motor vozila ne stigne zagrijati na optimalnu temperaturu. Ove se udaljenosti mogu pokriti ugodnom vožnjom biciklom ili bržim hodanjem.



Slika 3.4. Učestalost korištenja automobila s obzirom na duljinu putovanja u 15 zemalja EU
Izvor: (ECM, 2004)

Velik broj kratkih autoputovanja uzrokuje nepotrebne gužve i zagađenje zraka, smanjuje sigurnost prometa, povećava potražnju za parkirnim mjestima te neizravno utječe na zdravlje ljudi. Točno je kako bicikl ne može poput automobila osigurati istu mobilnost na većim udaljenostima, no mnoga se kraća putovanja mogu realizirati biciklom i brže nego automobilom, posebno u vršnom periodu u zagušenim područjima. Ukoliko se radi o putovanju „od vrata do vrata“ na udaljenostima do 5 km u urbanim sredinama, bicikl je zasigurno najbrži oblik transporta (Grafikon 3.1.).



Grafikon 3.1. Hadsonov dijagram vremena koje je potrebno za prelazak puta „od vrata do vrata“ u urbanom području

Na sljedećem grafikonu prikazane su uobičajene duljine putovanja s obzirom na pješačenje, bicikl i javni prijevoz



Grafikon 3.2. Uobičajene duljine putovanja

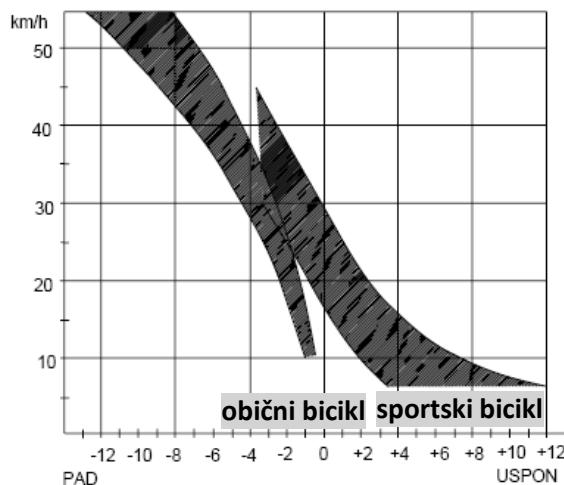
3.6.4. Brzina vožnje bicikla

Prema *Schubertu* i *Grothu* brzina biciklističkoga prometa iznosi između 5 km/h i 30 km/h. Pod najčešćim okolnostima (ravan teren, bez vjetra, asfalt) najviše biciklista može održavati ekonomičnu brzinu između 15 km/h i 20 km/h, a kraće vrijeme i do 30 km/h. Na nizbrdici s vjetrom u leđa može se dostići brzina veća od 50 km/h, sve do 60 km/h. Tehnički elementi horizontalne i vertikalne trase biciklističke površine određuju se na temelju planirane brzine. Kao računske brzine na temelju iskustva izabrane su brzine koje predstavljaju temelj za određivanje tehničkih elemenata biciklističkih površina. To su:

$v_{rač1} = 20 \text{ km/h}$ – u urbanim zonama

$v_{rač2} = 30 \text{ km/h}$ – izvan urbanih zona.

Postoji očita ovisnost brzine kretanja biciklista o starosnoj dobi vozača, fizičkoj spremi, voznoj površini, brzini vjetra, svrsi vožnje i uzdužnom nagibu nivoleta.



Grafikon 3.3. Brzine biciklista na različitim uzdužnim nagibima
Izvor: [63]

Pješake, bicikliste i vozila potrebno je razdvojiti u tri skupine zbog različitih raspona brzina. Svakoj je skupini potrebno osigurati posebne prometne površine tako da se biciklisti vode po biciklističkim prometnicama bliže motornim vozilima, a pješaci po nogostupu uz biciklističke prometnice dalje od motornim vozila. Kroz raskrižja se biciklistički prijelazi polažu bliže središtu, a pješački prijelazi dalje od središta raskrižja.

3.6.5. Biciklistički tok

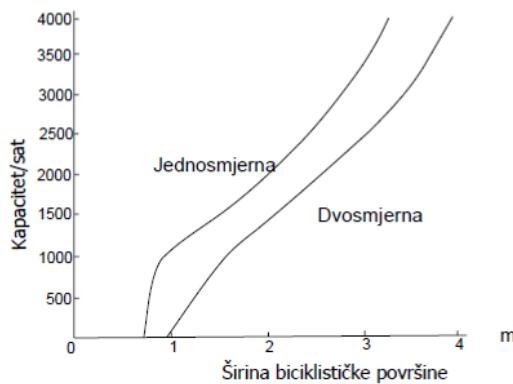
Protok na biciklističkim prometnicama ovisi o gustoći prometa, ometanju prometnoga toka, udaljenosti bočnih prepreka, širini biciklističke površine, broju prijelaza, vremenskim uvjetima, usponu padova i sl.

Tablica 3.3. prikazuje kapacitet biciklističkih prometnica s obzirom na smjer te na broj trakova.

Tablica 3.3. Protok biciklističkih površina

Smjer prometnoga toka	Broj trakova	Kapacitet bicikl/sat
jednosmjerna	1	1300 do 2500
jednosmjerna	2	2000 do 5000
dvosmjerna	2	500 do 2000

Grafikon 3.4. *Hadsonov* je dijagram koji prikazuje kapacitet biciklističke površine u odnosu na smjer prometnoga toka i na širinu biciklističke površine.

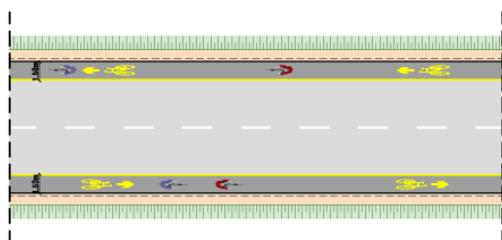


Grafikon 3.4. Hadsonov dijagram kapaciteta biciklističke površine u odnosu na širinu

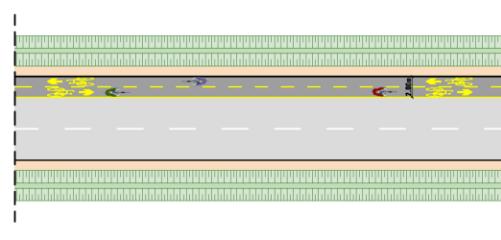
3.7. Biciklističke prometnice

Biciklističke se prometnice mogu podijeliti prema:

- a) smještaju na cesti (jednostrane, dvostrane/obostrane)
- b) smjeru vožnje (jednosmjerne i dvosmjerne)
- c) broju trakova (jednotračne, dvotračne)
- d) integraciji u prometnoj mreži (integrirane i segregirane).

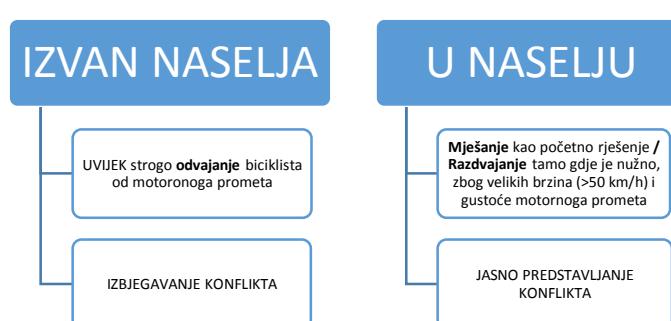


Slika 3.5. Situacijski detalj 5. – Jednosmerni dvostrani biciklistički trakovi izvan naselja



Slika 3.6. Situacijski detalj 10. – Dvosmjerni jednostrani biciklistički trak u naselju

Osnovni je pristup oblikovanju biciklističkih prometnica prikazan na sljedećoj slici.



Slika 3.7. Osnovni pristup oblikovanju biciklističkih prometnica

U svijetu su podijeljena mišljenja oko gradnje biciklističke infrastrukture u urbanim sredinama. Jedni smatraju kako je gradnja biciklističkih prometnica nepotrebna i skupa te se rješenja traže u smanjenu brzine i u ravnopravnom dijeljenju postojećih prometnih površina između svih sudionika u prometu, dok su drugi mišljenja kako bez kvalitetno segregirane infrastrukture nema ni biciklizma. Poznati su razni oblici integracije, odnosno segregacije biciklističkih prometnica u cestovnom prometu.

3.7.1. Dijeljenje kolnika na kojem se ravnopravno voze biciklisti i motorna vozila – integracija (mješoviti promet)

Dijeljenje kolnika dopušteno je na cestama s manjim volumenom motornih vozila, a time i manjim stupnjem ugroženosti biciklista, gdje nema prostora za odvojeno vođenje. Biciklistički se promet vodi zajedno s ostalim vozilima na kolniku (mješoviti promet). Europski parlament strogo preporučuje odgovornim autoritetima uvođenje ograničenja brzine od 30 km/h u svim stambenim četvrtima i jednotračnim ulicama u urbanim prostorima koje nemaju zasebnu biciklističku prometnicu. Primjena je zona s ograničenjem brzine 30 km/h najisplativije i najpouzdanoće rješenje, odnosno polazna opcija gradovima koji nemaju izgrađenu biciklističku mrežu. Ovakva su rješenja jeftina i mogu potaknuti korištenje bicikla [60].



Slika 3.8. Zona 30 km/h



Slika 3.9. Oznaka na kolniku o prisustvu biciklista

Biciklisti se moraju kretati što bliže desnom rubu kolnika. Ako je na pojedinim dionicama širina prometnoga traka sužena, onda je sigurnije voziti bicikl po sredini prometnoga traka, a kada se dođe do normalne širine kolnika, biciklom se treba vratiti i nastaviti vožnju uz desni rub kolnika.

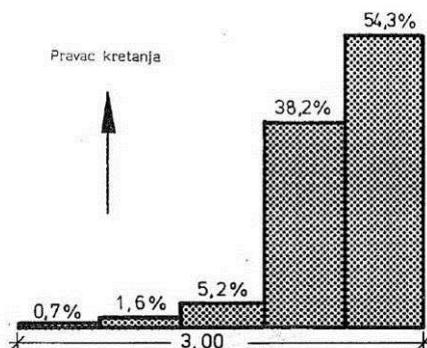


Slika 3.10. Vožnja uz desni rub kolnika

Izvor: [64]

Ukoliko se biciklisti voze uz rub na suženim dijelovima kolnika, to ohrabruje vozače motornih vozila na pretjecanje biciklista, što ugrožava bicikliste te može doći do njihovoga potpunoga izguravanja s ceste. Stoga se često može vidjeti kako se biciklisti iz sigurnosnih razloga postavljaju na sredinu prometnoga traka, tako da pored njih na isti prometni trak ne može stati motorno vozilo. U tom slučaju ostvaruje se bolji vidni kontakt između biciklista i vozača motornoga vozila.

Slika 3.11. prikazuje mjesto postavljanja biciklista unutar prometnoga traka izraženo u postotcima. Prometni je trak po širini podijeljen na pet jednakih dijelova. Iz Slike 3.11. može se vidjeti kako se više od 50 % biciklista vozi uz desni rub kolnika.



Slika 3.11. Navika postavljanja biciklista unutar prometnoga traka
Izvor: [65]

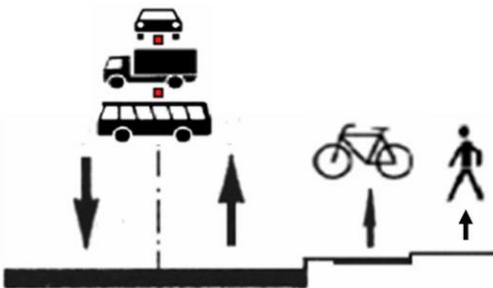
Protuzakonito je voziti bicikl u suprotnom smjeru od ostalog prometnoga toka jer to povećava rizik od nastanka prometne nesreće (Slika 3.12.).



Slika 3.12. Vožnja u suprotnom smjeru nije dopuštena
Izvor: [66]

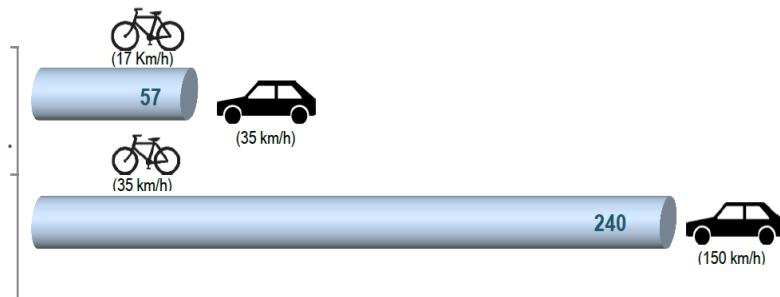
3.7.2. Uzdužne biciklističke prometnice – segregacija

S obzirom na različite brzine sudionika koji se kreću po cesti (pješaci, biciklisti i vozila), svakoj skupini sudionika treba osigurati posebnu prometnu površinu uzduž ceste prema načelu vođenja motornih vozila u sredini, biciklista do motornih vozila, a pješaka po nogostupu uz biciklističke prometnice, dalje od motornih vozila.



Slika 3.13. Vođenje sudionika u prometu prikazano u poprečnom profilu ceste
Izvor: [67]

Više je razloga takvomu rasporedu. Ukoliko se prepostavi kako je srednja brzina vožnje automobila u gradu 50 km/h, bicikla 20 km/h i pješaka 5 km/h, onda su razlike brzina između automobila i bicikla 30 km/h (faktor 2,5), između automobila i pješaka 45 km/h (faktor 10), a između bicikla i pješaka 15 km/h (faktor 4). Automobil je dva i pol puta brži od bicikla, a od pješaka deset puta. Bicikl je brži od pješaka četiri puta, iz čega proizlazi kako je bicikl opasniji za pješaka nego što je automobil za biciklista. Kako se ne bi stvorio krivi dojam o navedenom rasporedu, vodilo se računa i o drugim bitnim parametrima kao što su masa, kinetička energija i sl.



Slika 3.14. Kinetička energija automobila i bicikla pri različitim brzinama
Izvor: [67]

Kinetička je energija automobila pri sudaru (pri $v = 35 \text{ km/h}$) 57 puta veća od kinetičke energije bicikla (pri $v = 35 \text{ km/h}$). Pri brzini od 150 km/h KE automobila veća je 240 puta od KE bicikla. Iz navedenoga je vidljivo kako automobil predstavlja veliku opasnost za biciklista, a za pješaka bi bila još veća. Stoga je logičan raspored sudionika u prometu kakav je prikazan na Slika 3.13.

U skupinu biciklističkih prometnica koje su položene uzduž ceste, a vizualno ili fizički odvojene od motornih vozila ubrajaju se:

- biciklistički trak
- biciklistička staza
- biciklistička cesta/avenija.

3.7.2.1. Biciklistički trak

Biciklistički je trak sastavni dio kolnika odvojen horizontalnom crtom od prometnoga traka i parkirališnih površina motornoga prometa. Automobilima se zabranjuje vožnja ili parkiranje na biciklističkim trakovima. Najčešće se postavlja po jedan biciklistički trak na svakoj strani kolnika, kao što je prikazano sljedećoj slici.



Slika 3.15. Biciklistički trak
Izvor: [68]

Biciklistički se trakovi iscrtavaju na kolniku gdje je brzina motornih vozila ograničena (do 60 km/h) te je smanjen promet teških teretnih vozila. Iz sigurnosnih se razloga biciklistički trakovi bojuju različitom bojom od kolnika (crvenom bojom u Hrvatskoj, plavom bojom u Danskoj, zelenom u Francuskoj) kako bi ih vozači što lakše uočili i razlikovali od ostalog dijela kolnika.

Zbog velike brzine kretanja motornih vozila ne preporučuje se iscrtavanje biciklističkih trakova izvan urbanih područja.

Ukoliko se biciklistički trak nalazi između prometnoga traka i traka za parkiranje, onda je takvo rješenje vrlo nepovoljno za bicikliste, posebno na cestama s velikim obrtom vozila na mjestima za parkiranje. Biciklisti u tom slučaju nisu ometani samo otvaranjem vrata parkiranih vozila, već svakim odlaskom i dolaskom vozila na trak za parkiranje.



Slika 3.16. Nepovoljno vođenje biciklističkoga traka uz parkirana vozila
Izvor: Richard C. Moeur, *Bicycle Facility Design*, PE, LCI, January, 2007.

U slučaju kada se očekuje velik broj dolazaka i odlazaka motornih vozila na parkirališna mjesta, parkirališta treba nastojati smjestiti na sredinu ceste.

3.7.2.2. Biciklistička staza uz cestu

- Biciklistička staza ide uz cestu, ali je fizički odvojena od nje razdjelnim pojasmom (živicom ili drugim zelenilom,drvoredom, travom) ili uzdignutim rubnim kamenom sa zaštitnim pojasmom.
- One mogu biti isključivo namijenjene biciklističkom prometu ili se njima mogu kretati biciklisti i pješaci zajedno.
- Automobili ne smiju voziti po stazi ili se parkirati na stazu.
- U naseljima se biciklističke staze preporučuju pri brzinama od 50 km/h i više, a kada je intenzitet prometa preko 4000 vozila/sat, i pri manjim brzinama.
- Izvan naseljenih područja biciklističke se staze preporučuju duž ceste s brzinama od 60 km/h na više te ako je prometni intenzitet preko 2000 jedinica putničkih vozila dnevno.

Biciklistička se staza postavlja s jedne ili s obje strane ceste u njezinom poprečnom profilu, ali je fizički odvojena od kolnika razdjelnim pojasmom (živicom,drvoredom, travnatom površinom i sl.) ili uzdignutim rubnjakom sa zaštitnim pojasmom. Automobilima je zabranjeno voziti ili parkirati na biciklističkim stazama.



Slika 3.17. Vođenje biciklističke staze u profilu ceste
Izvor: [69]

Izvan naseljenih područja preporučuje se izgradnja biciklističkih staza. U pravilu je dovoljna biciklistička staza na jednoj strani ceste i na njoj se odvija dvosmjerni promet. Unutar urbanih područja treba izvoditi staze s obje strane ceste na kojima se odvija jednosmjerni biciklistički promet. Dvosmjerne biciklističke staze s jedne strane ceste, unutar urbanih područja, opravdano je voditi samo ako se na drugoj strani ceste ne nalaze važna ishodišta ili odredišta biciklističkoga prometa koja izazivaju česta prelaženja preko kolnika.

3.7.2.3. Zajednička pješačko-biciklistička staza

Ukoliko se biciklistička staza nalazi neposredno pored pješačkoga nogostupa potrebno ih je razdvojiti uzdužnom razdjelnom crtom i označiti vertikalnom signalizacijom (Slika 3.18.). Isti se učinak postiže tako da se između njih postavi uski razdjelni pojas od grube kocke koja može poslužiti za vođenje slijepih osoba. Pješački nogostup izdignut u odnosu na biciklističku stazu od 4 cm do 5 cm treba izbjegavati zbog mogućega nalijetanja na rub ili zapinjanja pedale, što može uzrokovati pad biciklista. Postojeći je nogostup moguće pretvoriti u zajedničku pješačko-biciklističku stazu samo ako je on dovoljno širok i ako se može osigurati minimalna širina za pješake i za bicikliste.

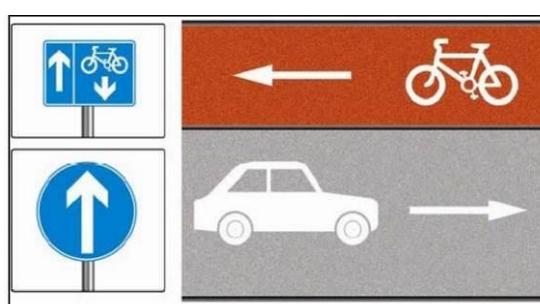


Slika 3.18. Prometni znak pješačka i biciklistička staza
Izvor: [70]

3.7.2.4. Usporedba biciklističkoga traka i staze u profilu ceste

Prednosti su biciklističkoga traka u odnosu na biciklističku stazu koja prati cestu sljedeće:

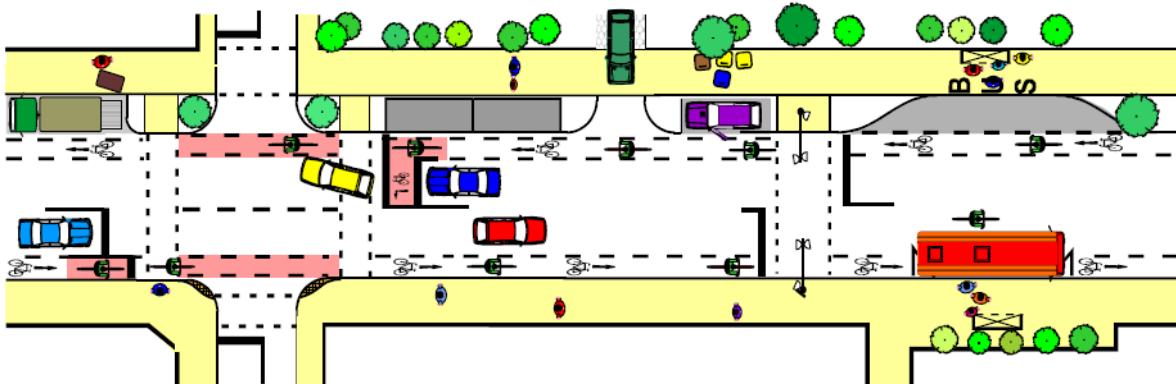
- Biciklistički trak pruža veću sigurnost biciklistima pri vožnji motornih vozila preko prilaza objektu jer se motorna vozila češće zaustavljaju na biciklističkoj stazi kako bi propustila tekući promet po kolniku u koji se uključuju.
- Na raskrižjima motorna vozila koja skreću desno i biciklisti koji voze ravno imaju daleko bolji vizualni kontakt kada se biciklisti nalaze na biciklističkom traku.
- Na biciklističkom se traku ne smije voziti u suprotnom smjeru od smjera kretanja vozila. Iznimno je dopuštena vožnja bicikla u suprotnom smjeru u jednosmjernim ulicama kako bi se stvorila mogućnost prečaca i uravnoteženja mreže (manje obilazaka), Slika 3.19.



Slika 3.19. Vožnja biciklom u suprotnom smjeru

Izvor: [71]

- Na dionicama cesta na kojima je gust raspored raskrižja i veći broj priključaka ugroženost je biciklističkoga prometa iznimno velika. Na takvim dionicama u kratkom vremenu i uz mala novčana ulaganja označavanjem biciklističkih trakova sigurnost se biciklističkoga prometa može znatno povećati. Izgradnja je biciklističkih staza puno skuplja i zahtijeva duži vremenski period građenja, kao i više mjesta u poprečnom presjeku ceste.



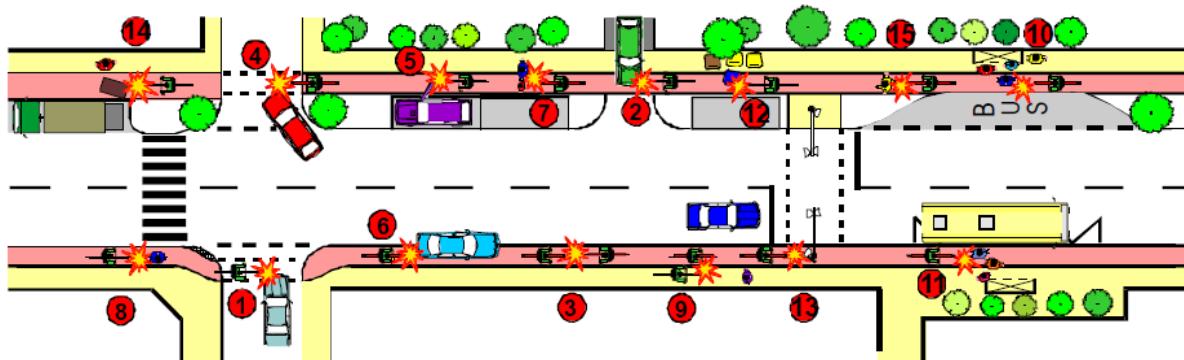
Slika 3.20. Moguće konfliktne točke na biciklističkom traku

Izvor: [67]

Prednosti biciklističke staze koja prati cestu u odnosu na biciklistički trak:

- Biciklistička staza koja prati cestu pruža biciklističkom prometu veću sigurnost nego biciklistički trak zbog fizičke odvojenosti od kolnika.
- U slučajevima gdje je gust slijed ishodišta i odredišta biciklističkoga prometa s jedne strane ceste, postavljanje će dvosmjerne biciklističke staze na jednoj strani biti znatno bolje rješenje od označavanja biciklističkih trakova na jednoj, a pogotovo na objema stranama kolnika. U tom se slučaju izbjegavaju česta dvostruka prelaženja biciklista preko kolnika.
- Vođenje biciklističkoga prometa kroz raskrižje po biciklističkom traku nije uobičajeno, odnosno, ne može se biciklistički promet koji skreće lijevo voditi na neizravan način (što mu pruža znatno veću sigurnost). Spomenutim je načinom vođenja uobičajeno voditi biciklistički promet samo pomoću biciklističkih staza.
- Parkirana vozila znatno više ugrožavaju bicikliste koji se voze po biciklističkom traku nego po

biciklističkoj stazi. Znatno je teže onemogućiti parkiranje motornih vozila na biciklističkom traku, nego na biciklističkoj stazi jer se ona ne nalazi na kolniku.



Slika 3.21. Moguće konfliktnе točke na biciklističkoj stazi

Izvor: [67]

3.7.3. Samostalno vođene biciklističke staze

Biciklističke staze vode se odvojeno od cestovnih prometnica, vrlo su atraktivne i sigurne za bicikliste. Rijetko se grade u urbanim gradskim područjima zbog nedostatka prostora. Najčešće su smještene uz obale rijeka, jezera, u parkovima i rekreativskim područjima. Habajući sloj može biti izgrađen od različitih materijala (Slika 3.22.).



Slika 3.22. Samostalno vođene biciklističke staze

Biciklistička cesta/ulica

- Biciklistička je cesta ona cesta na kojoj dominiraju biciklisti. Na njoj je dopušten promet automobilima, ali oni imaju status gosta.
- Biciklističke su ceste oblik mješovitoga prometa i nemaju poseban pravni status.
- Jedino u Njemačkoj biciklističke ceste imaju poseban status u prometnim propisima kao ceste namijenjene biciklistima na kojima je promet dopušten i automobilima.
- Na biciklističkim cestama brzinu treba ograničiti na 30 km/h.

3.7.4. Poprečne biciklističke prometnice

Biciklisti su najugroženiji za vrijeme prelaska preko ceste. Legalni prijelazi biciklista preko ceste obavljaju se obično u zonama raskrižja, ali mogu biti i na otvorenim dijelovima između dva raskrižja. Kroz raskrižja se biciklisti vode bliže središtu raskrižja. Prelazak biciklista preko ceste može se obaviti u razini (preko obilježene biciklističke staze ili preko pješačkoga prijelaza) i izvan razine (biciklistički tuneli i mostovi). Ovisno o izvedbi prijelaza biciklisti mogu prijeći isti vožnjom (preko obilježenoga biciklističkoga prijelaza – traka/staze) ili usporedno, gurajući bicikl pored sebe (preko pješačkoga prijelaza).

Kako je bicikl pravno definiran kao vozilo, a biciklist kao vozač, to znači da za bicikliste vrijede isti prometni propisi kao i za vozače drugih vozila. Ti se propisi odnose na bicikliste, kako za vrijeme vožnje uzduž ceste, tako i pri prelasku ceste.

3.7.4.1. Vožnja biciklista kroz raskrižja u razini

Na raskrižjima gdje je odvijanje prometa regulirano pomoću svjetlosne signalizacije biciklistički i pješački promet treba uskladiti tako da koriste iste faze. Oni mogu koristiti zajedničke lanterne, odnosno signalne znakove na svjetlosnom signalu (zeleno svjetlo), a za biciklistički se promet može postaviti zasebni svjetlosni signal. Prednost je zasebnoga svjetlosnoga signala ukazivanje vozačima motornih vozila na nazočnost biciklističkoga prometa.

Za bicikliste se može predvidjeti posebna faza zelenoga svjetla za kretanje u svim smjerovima, dok motorni promet čeka na crvenom svjetlu (Slika 3.23.). Biciklistička se signalizacija može aktivirati pritiskom na tipku na mjestima na kojima biciklisti prelaze preko glavne ceste (Slika 3.24.). Signali se mogu aktivirati putem raznih detektorskih uređaja za bicikliste. Na signalima se može ugraditi i sustav odbrojavanja koji pokazuje vrijeme preostalo do pojave zelenoga svjetla (Slika 3.25.).



Slika 3.23. „Sve zeleno“ za bicikliste
Izvor: [72]



Slika 3.24. Tipkalo za bicikliste
Izvor: [73]



Slika 3.25. Brojač na semaforu
Izvor: [73]

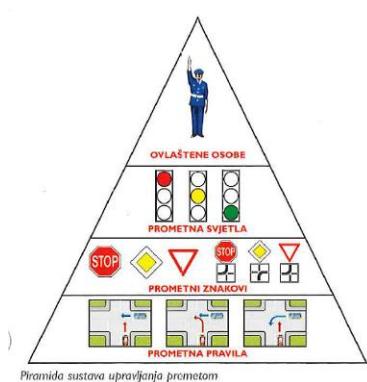
Svjetlosna signalizacija može biti međusobno usklađena radi stvaranja zelenoga vala za bicikliste.



Slika 3.26. Zeleni val za bicikliste

Izvor: [72]

Na raskrižjima bez svjetlosne signalizacije odvijanje prometa regulira se pomoću prometnih znakova i prometnih pravila ili pomoću ovlaštene osobe (Slika 3.27.). Ukoliko pored pješačkoga prijelaza nije označen prijelaz biciklističke staze ili traka, to znači kako biciklist mora sići s bicikla i pješice prijeći cestu preko pješačkoga prijelaza (vozeći usporedo bicikl pored sebe).



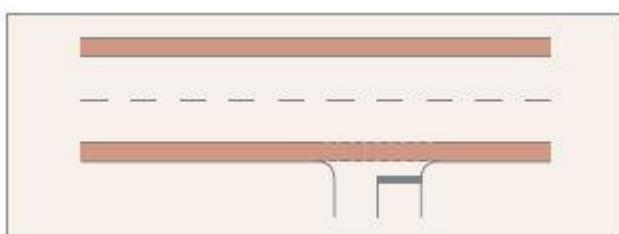
Slika 3.27. Piramida sustava upravljanja prometom



Slika 3.28. Prelazak biciklista preko zebre

Izvor: [74]

Vozači koji pri skretanju presijecaju biciklističku stazu/traku koja/koji se pruža uzduž kolnika, dužni su propustiti bicikliste koji se kreću po biciklističkoj stazi ili traku.



Slika 3.29. Izravno vođenje biciklističkoga traka kroz „T“ raskrije

Izvor: [75]

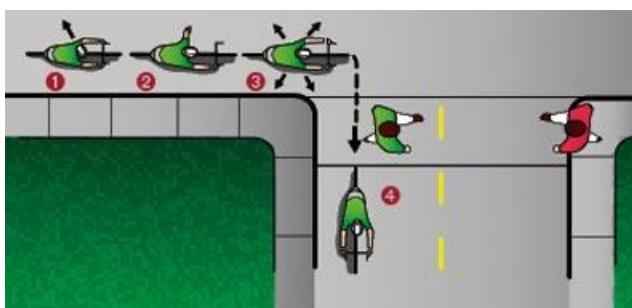


Slika 3.30. Pravo prvenstva prolaza za bicikliste

Izvor: [76]

3.7.4.1.1. Skretanje biciklista desno

Skretanje biciklista desno obavlja se iz desnoga prometnoga traka što bliže rubu kolnika. Prije skretanja biciklist provjerava prometnu situaciju iza pogledom preko ramena, rukom signalizira namjeru kako želi skrenuti desno, ponovno provjerava cjelokupnu situaciju i skreće kada je čista situacija (Slika 3.31.). Vozači teretnih vozila i autobusa koji skreću desno moraju obratiti posebnu pozornost na bicikliste (Slika 3.32.). Biciklisti, kao i vozači motornih vozila koji skreću desno, moraju dati prednost pješacima koji prelaze cestu na obilježenom pješačkom prijelazu.



Slika 3.31. Skretanje biciklista desno
Izvor: [77]



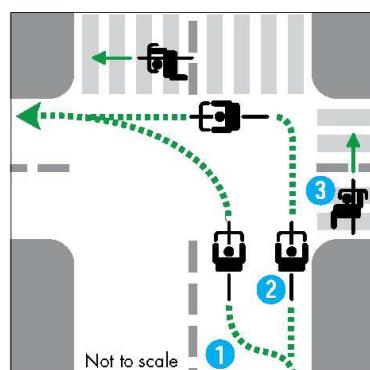
Slika 3.32. Opasna situacija pri skretanju biciklista desno
Izvor: [67]

3.7.4.1.2. Skretanje biciklista lijevo

Istraživanja prometnih nesreća u kojima su sudjelovali biciklisti pokazala su kako su oni najugroženiji kada skreću lijevo. Lijeva su skretanja za bicikliste najsloženiji prometni proces. Pri toj prometnoj radnji bicikliste ugrožavaju vozila koja voze ravno kao i vozila iz suprotnoga smjera koja voze ravno ili skreću desno. Biciklisti mogu skrenuti lijevo na dva načina:

- izravno (direktno) i
- neizravno (indirektno).

Slika 3.33. prikazuje načine skretanja biciklista ulijevo (1 – izravno skretanje, 2 – neizravno skretanje, 3 – neizravno skretanje biciklista preko pješačkoga prijelaza uz obvezno silaženje s bicikla).



Slika 3.33. Izravno i neizravno skretanje lijevo
Izvor: [78]

3.7.4.1.2.1. Izravno skretanje biciklista lijevo

Izravno lijevo skretanje biciklista kroz raskrižja primjenjuje se kod mješovitoga prometa (dijeljenja kolnika između biciklista i vozila) i kada se biciklisti voze po iscrtanim prometnim trakovima, na cestama s malim prometnim opterećenjem i ograničenim brzinama. Ukoliko se izravno želi skrenuti lijevo s biciklističke staze, na određenom je razmaku prije raskrižja potrebno uvesti biciklista na kolnik, kao što je prikazano na sljedećoj slici.



Slika 3.34. Izravno skretanje s biciklističke staze prethodnim uvođenjem biciklista na kolnik
Izvor: [79]

Prije dolaska na raskrižje biciklist mora obaviti prestrojavanje kako bi se pozicionirao na mjesto s kojega može izravno skrenuti lijevo. Za vrijeme prestrojavanja biciklist pogledom preko lijevoga ramena promatra situaciju iza sebe i oko sebe, a zatim svoju namjeru o skretanju pokazuje rukom drugim sudionicima u prometu. Davanje signalnih znakova biciklista prikazano je na sljedećoj slici.

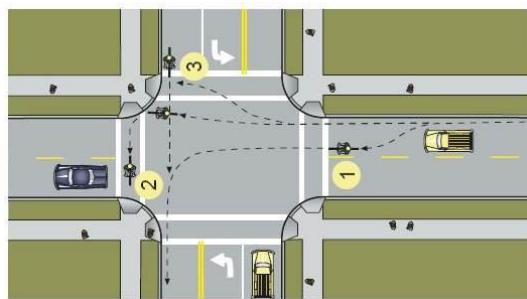


Slika 3.35. Ručno davanje signala biciklista (obrada autora)

Kod gledanja unazad zbog okretanja glave zakreću se trup i ramena, što dovodi do pomaka ruku i nesvesne promjene smjera kretanja. Biciklist mora biti svjestan opasnosti od promjene smjera pri gledanju unazad.

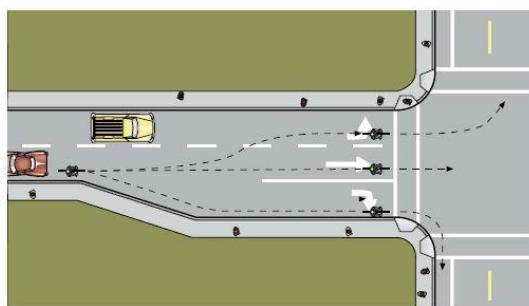
Nakon prestrojavanja, a prije izravnoga lijevoga skretanja kroz samo raskrižje, biciklist zauzima sljedeće položaje:

- a) Na cesti koja ima samo jedan prometni trak iz svakoga smjera biciklist zauzima položaj „1”, što bliže središnjoj razdjelnoj liniji ceste (Slika 3.36.).



Slika 3.36. Skretanje na cesti s jednim prometnim trakom
Izvor: [80]

- b) Na cesti koja ima zaseban prometni trak za lijevo skretanje motornih vozila biciklist zauzima položaj što bliže desnoj strani prometnoga traka predviđenoga za lijevo skretanje (Slika 3.37.).



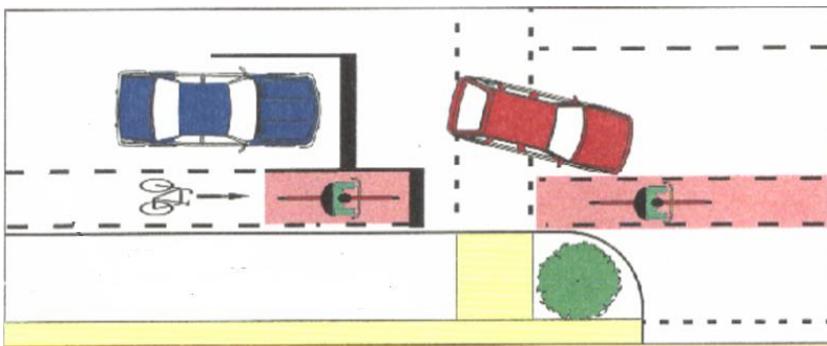
Slika 3.37. Skretanje na cesti sa zasebnim trakom ulijevo
Izvor: [80]

- c) Na cesti s označenim biciklističkim trakovima, biciklist zauzima biciklistički trak za lijevo skretanje koji je položen desno od prometnoga traka motornih vozila koja skreću lijevo.



Slika 3.38. Skretanje ulijevo na cesti s biciklističkim trakom
Izvor: [72]

Slika 3.39. prikazuje zaustavnu crtu za bicikliste koju je poželjno postaviti ispred zaustavne crte motornih vozila. Na taj se način biciklist nalazi u vidnom polju vozača za vrijeme čekanja na prolazak kroz raskrižje.



Slika 3.39. Naprijed pomaknuta zaustavna crta za bicikliste (obrada autora)

Izvor: [67]

U novije vrijeme postavljaju se niše/boksovi za bicikliste po cijeloj širini kolničkoga traka ispred motornih vozila, kao što je prikazano na sljedećim slikama.



Slika 3.40. Niša za bicikliste ispred motornih vozila

Izvor: [81]

Tako se osigurava dobar vidni kontakt između vozača motornih vozila i biciklista koji prolaze kroz raskrižje.

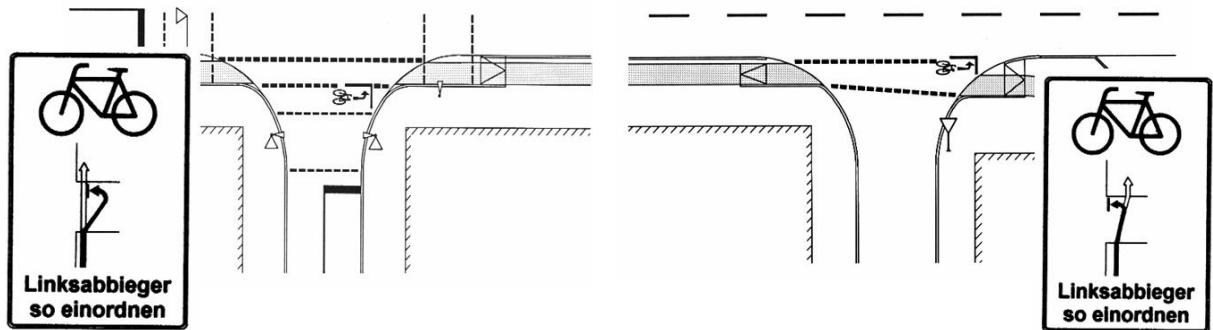
Kada se biciklist uvjeri kako može na siguran način skrenuti u raskrižju, ulazi u njega, promatra u svim smjerovima kako bi se uvjerio u reakcije ostalih vozača i bio siguran kako oni prepoznaju njegovu namjeru. Po izlasku iz raskrižja nastavlja vožnju u željenom smjeru ili se zaustavlja, što signalizira ostalim sudionicicima u prometu pomicanjem ruke gore-dolje.

Izvan urbanih područja treba izbjegavati izravna vođenja biciklista koji skreću lijevo.

3.7.4.1.2.2. Neizravno skretanje biciklista lijevo

Neizravno skretanje biciklista lijevo u pravilu se organizira na cestama na kojima se biciklisti vode po biciklističkim stazama. Ovakav način vođenja biciklista pruža veću sigurnost biciklistima. Neizravno skretanje biciklista lijevo odvija se u dvije faze.

Prva je faza vožnja bicikla ravno preko bočne ceste, desno od motornih vozila i zaustavljanje u prostoru čekanja za bicikliste – lijeve skretače. Prostor za čekanje može se nalaziti s lijeve ili s desne strane biciklističke staze koja produžuje ravno i mora biti obilježen prometnom signalizacijom, kao što je prikazano na sljedećoj slici.



Slika 3.41. Prostor za čekanje lijevih skretača sa signalizacijom

Izvor: [67]

Druga je faza vožnja biciklista preko ceste po kojoj su došli u raskrižje.

3.7.4.2. Kružna raskrižja

Kružna raskrižja alternative su klasičnom raskrižju, namijenjena su smirivanju prometa, a time doprinose i povećanju sigurnosti biciklista u zoni raskrižja. U kružnim se raskrižjima biciklistički tokovi mogu voditi po kolniku unutar kružnog raskrižja (s iscrtanim biciklističkim trakom ili bez njega) ili po zasebnim biciklističkim stazama izvan kolnika, odvojeno od ostalog prometa.



Slika 3.42. Vođenje biciklista unutar kružnoga raskrižja
Izvor: [82]



Slika 3.43. Vođenje biciklista izvan kružnoga raskrižja
Izvor: [67]

Na jednotračnim kružnim raskrižjima s malim prometnim opterećenjem i brzinama nije potrebno iscrtavati zasebni biciklistički trak na kolniku. Istraživanja su pokazala kako su kružna raskrižja sa zasebnim biciklističkim trakovima nekada opasnija i od klasičnoga raskrižja jer stvaraju lažan dojam sigurnosti. Na prilazu kružnom raskrižju čim se oslobodi prostor biciklist se prestrojava u zajedničku kolonu kako ga motorna vozila ne bi mogla pretjecati niti mu presjecati put. Stoga je preporuka da se biciklisti voze što bliže sredini kolnika, a ne vanjskim rubom kolnika.

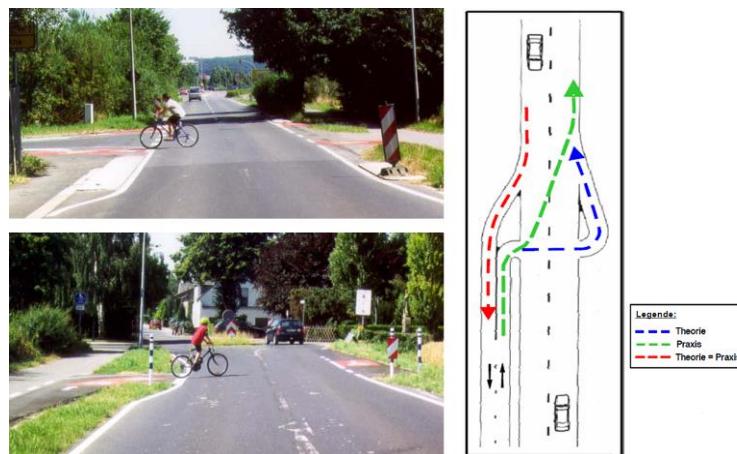


Slika 3.44. Vožnja biciklom u kružnom toku

Na višetračnim je kružnim raskrižjima vođenje biciklista po kolniku opasno pa se preporučuje vožnja izvan kolnika. Na kružnim raskrižjima s biciklističkim stazama izvan kolnika pravo prvenstva određuje se prometnim znacima s prednošću prolaza za bicikliste ili bez prednosti.

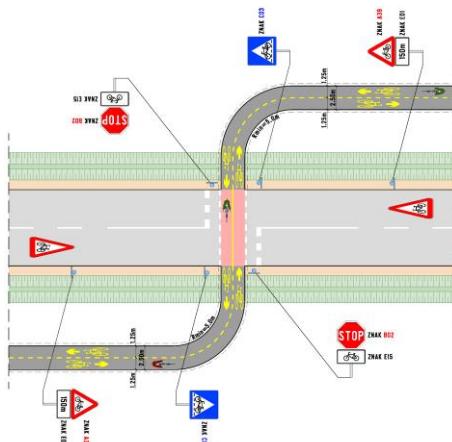
3.7.4.3. Prelazak biciklista preko ceste u razini na otvorenim dionicama

Biciklisti su najugroženiji dok prelaze kolnik na otvorenoj dionici ceste. Okomiti prijelaz omogućava biciklistima najbolju vidljivost i najkraći put prelaska preko kolnika. Slika 3.45. prikazuje putanje biciklista za vrijeme pravilnoga prelaska preko ceste (plava boja) i nepravilnoga prelaska preko ceste (zelena boja).

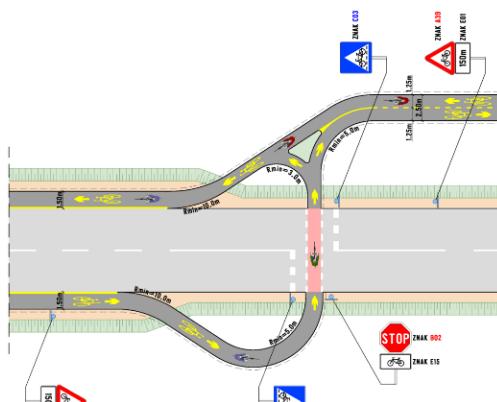


Slika 3.45. Biciklistički prijelaz preko otvorene ceste izvan raskrižja
Izvor: [67]

Ovisno o mogućnostima na terenu postoji više tipova vođenja biciklističke prometnice preko ceste, a neki su od njih prikazani na sljedećim slikama.



Slika 3.46. Prijelaz s jednostrane dvosmjerne biciklističke staze preko javne ceste na drugu stranu



Slika 3.47. Prijelaz s dvostrana jednosmernoga biciklističkog traka na jednostranu dvosmjernu biciklističku stazu

3.7.4.4. Denivelirani biciklistički prijelazi

Na izrazito prometnim cestama i željezničkim prugama izvode se denivelirana križanja za bicikliste u obliku biciklističkih tunela i mostova. Ovakvo je križanje najsigurnije, no od biciklista zahtijeva dodatan napor.



Slika 3.48. Biciklistički tunel

Izvor: [81]



Slika 3.49. Biciklistički most

Izvor: [81]

Biciklistički tuneli i mostovi imaju svoje nedostatke i prednosti. Mostovi su u pravilu jeftiniji i doimaju se sigurnijima, no zbog svoje visine imaju duže i strmije rampe i vožnja bicikla po njima započinje uzbordo. Tuneli su znatno skupljii, zaštićeni su od vjetra i sunca, ali se doimaju opasnijima, rampe su im kraće i vožnja započinje nizbrdo.

3.7.4.5. Ostalo

Na prilazu križanju biciklističke staze sa željezničkom prugom iz sigurnosnih se razloga postavlja zaštitna ograda. Biciklistički se promet preko željezničke pruge u razini vodi pod kutom od 90^0 . Mjesto prelaska preko pruge u pravilu se pokriva gumenim pločama.



Slika 3.50. Prijelaz preko željezničke pruge u razini za pješake i za bicikliste
Izvor: [83]



Slika 3.51. Okomito vođenje biciklista preko željezničke pruge



Slika 3.52. Gumeni podloga na prijelazu preko željezničke pruge

Tramvajske tračnice posebno su opasne za vožnju bicikla zbog moguće visinske razlike u odnosu na razinu kolnika te mogućnosti zaglavljivanja kotača u žlebove tračnica pri paralelnoj vožnji. Navedeno može dovesti do pada i ozljeda biciklista. Mesta na kojima se nalaze tramvajske skretnice opasnija su od samih tračnica jer pokrivaju veću rizičnu površinu, skretničke su prevodnice mobilne pa izazivaju strah kod biciklista, a oštiri skretnički dijelovi mogu oštetiti gumu bicikla. Vožnja je bicikla po tramvajskim tračnicama, zbog njihove glatke površine i manjega koeficijenta trenja, opasnija nego po kolniku. Opasnost je izraženija kada su tračnice mokre. Dodatnu opasnost predstavljaju zapanjeni žlebovi za odvodnju koji se postavljeni uzduž tramvajske pruge.



Slika 3.53. Tramvajske tračnice kao potencijalna opasnost za bicikliste
Izvor: [83]

3.7.5. Kriteriji za izbor biciklističke prometnice

Biciklisti imaju različite potrebe i preferiraju različite biciklističke prometnice. Isti tip biciklističke prometnice ne može se primijeniti na svim lokacijama. Stručna literatura nudi okvirne kriterije koji

mogu pomoći pri odabiru odgovarajuće biciklističke prometnice. Međutim, konačan izbor biciklističke prometnice čini dizajner na temelju potreba korisnika i prostornih mogućnosti, a u skladu s kriterijima koji slijede:

- kriterij količina prometa
- kriterij količina prometa teških teretnih vozila
- kriterij rasploživost prostora
- kriterij parkiranje
- kriterij raskrižja i pristup nekretninama
- kriterij uzdužni nagib.

U nastavku su prikazani načini odabira biciklističkih prometnica u nekim zemljama svijeta.

Nizozemska ima napredne biciklističke sustave i sofisticirane vodiče za odabir biciklističkih prometnica [84]. Tablica 3.4. prikazuje nizozemske kriterije za odabir biciklističke prometnice u urbanom, a Tablica 3.5. u ruralnom okruženju. U objema tablicama glavni su elementi pri odabiru biciklističke prometnice brzina motornih vozila te prometno opterećenje (volumen) motornih vozila i bicikala.

Tablica 3.4. Kriteriji za odabir biciklističke prometnice u urbanom okruženju

Road category	Max. speed of motorised traffic (km/h)	Motorised traffic intensity (pcu/day)	Cycle network category		
			basic network ($I_{bicycle} > work 750/day$)	cycle route ($I_{bicycle} 500-2500/day$)	main cycle route ($I_{bicycle} > 2000/day$)
n/a	0		solitary track		
Estate access road	walking pace or 30 km/h	1 - 2.500	combined traffic	cycle street or cycle lane (with right of way)	
		2.000 - 5.000			
		> 4.000	cycle lane or cycle track		
District access road	50 km/h 2x1 lanes	irrelevant	cycle track or parallel road		
	70 km/h 2x2 lanes		cycle track, moped/cycle track or parallel road		

Izvor: [84]

Napomena (I – intenzitet biciklista)

Tablica 3.5. Kriteriji za odabir biciklističke prometnice u ruralnom okruženju

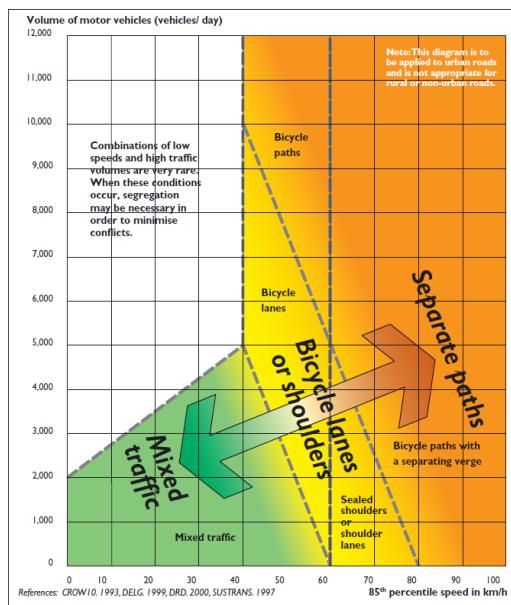
Function	Speed (km/h)	Intensity (pcu/day)	Bicycle traffic road section function	
			basis network	(main)cycle route ($I_{cycle} > 2,000/day$)
Estate access road	60	1 - 2.500	combined traffic	cycle street, if $I_{pcu} < 500 \text{ pcu/day}$ ¹
		2.000 - 3000	cycle lane or cycle track	cycle track, or perhaps lanes
		> 3000		cycle track
District access road	80	irrelevant		cycle/moped track parallel road

1 Plus any additional requirements in the area of safety

Izvor: [84]

Australija nudi nomogram za odabir biciklističke prometnice koji se temelji na brzini (85 percentil) i na volumenu motornoga prometa koji se kreće u blizini biciklističke prometnice (Slika 3.54.) [85]. Biciklistički trakovi (*Bicycle lanes*) preporučuju se na cestama s prosječnom brzinom motornih vozila

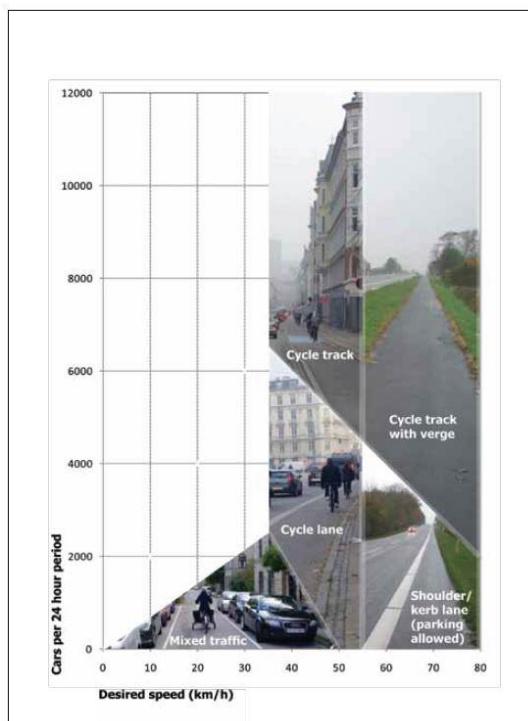
od 60 km/h s opterećenjem prometa do 500 vozila dnevno (PDP), za 50 km/h s opterećenjem od 3000 do 7000 PDP-a i za 40 km/h s opterećenjem od 5000 do 10 000 PDP-a.



Slika 3.54. Australski nomogram za izbor biciklističke prometnice

Izvor: [85]

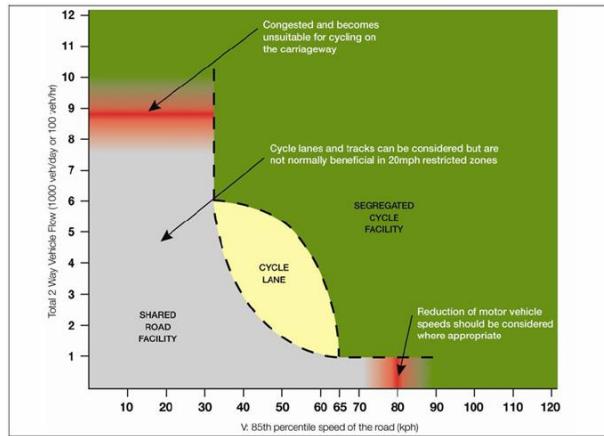
Danski je nomogram za izbor biciklističke prometnice prikazan na sljedećoj slici. Mješoviti promet dozvoljava se pri manjim brzinama i opterećenju motornih vozila na cesti u odnosu na australski nomogram.



Slika 3.55. Danski nomogram za izbor biciklističke prometnice

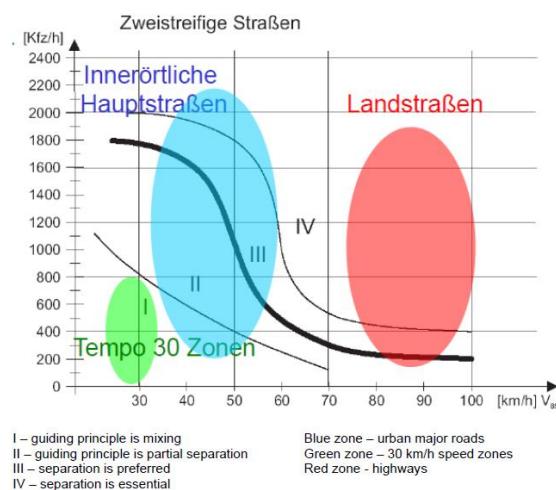
Izvor: [86]

Velika Britanija nudi niži prag za odabir segregirane biciklističke prometnice u odnosu na nizozemske smjernice [87].



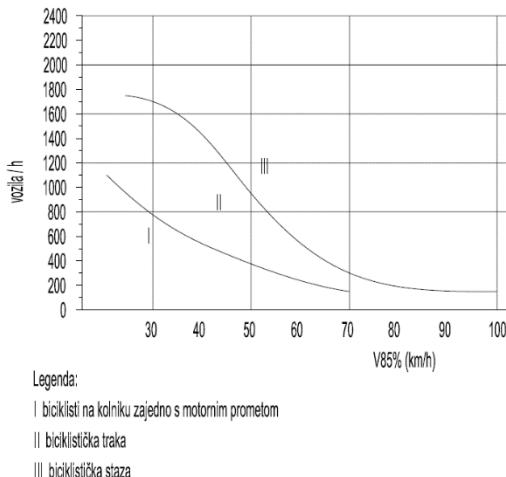
Slika 3.56. Britanski nomogram za izbor biciklističke prometnice
Izvor: [87]

Njemački nomogram za odabir biciklističke prometnice temelji se na satnom prometnom volumenu i brzini motornih vozila [88]. Odabir je vrste biciklističke prometnice podijeljen u četiri skupine. Mješoviti je promet biciklista i ostalih motornih vozila dozvoljen ukoliko je intenzitet motornoga prometa manji od 800 vozila/sat i ograničenje brzine kretanja motornih vozila 30 km/h.



Slika 3.57. Njemački nomogram za izbor biciklističke prometnice
Izvor: [88]

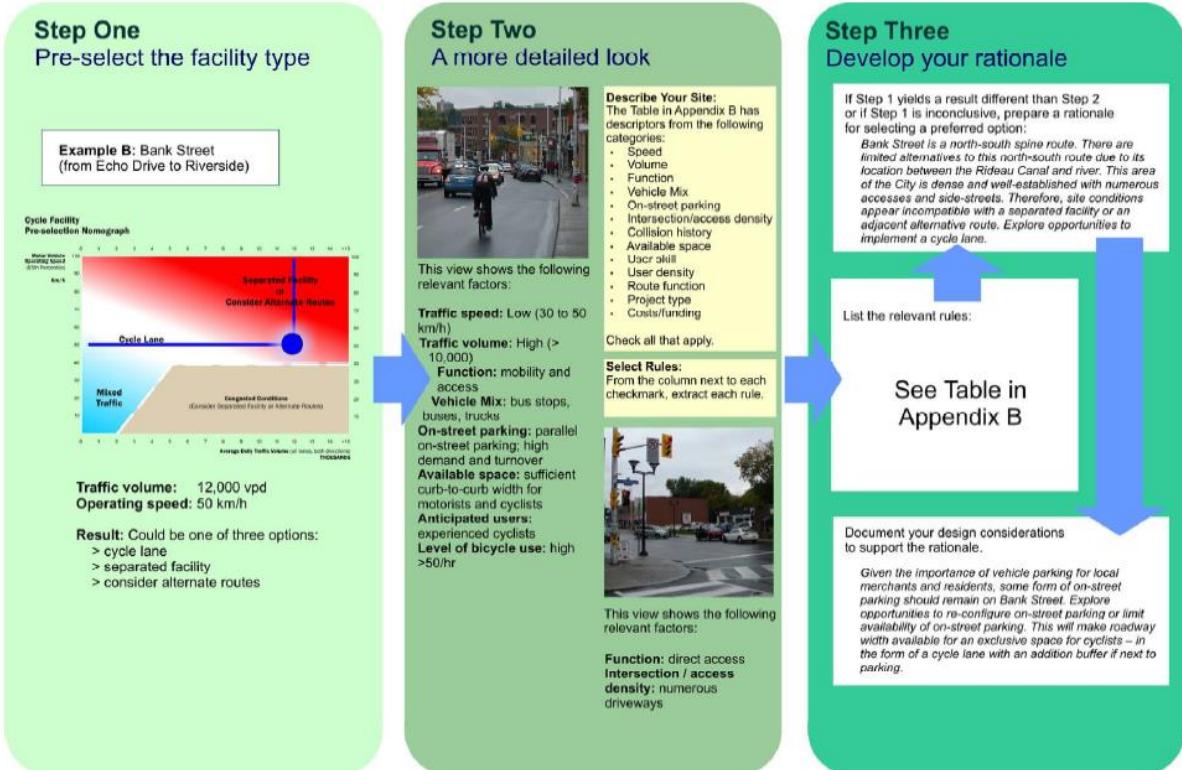
Hrvatska trenutačno nudi prijedlog *Pravilnika za izbor biciklističke prometnice* u kojem se nalazi nomogram za izbor biciklističke prometnice utemeljen na njemačkom nomogramu [89]. Predloženi hrvatski nomogram predstavlja samo dio originalnoga njemačkoga nomograma.



Slika 3.58. Hrvatski nomogram za izbor biciklističke prometnice – prijedlog

Proces odabira biciklističke prometnice može se podijeliti u tri koraka koji su sljedeći:

1. Inicijalni korak (korak prije izbora biciklističke prometnice) identificira tip biciklističke prometnice s obzirom na prometni volumen i brzinu vozila koristeći usvojeni nomogram.
2. Nakon inicijalne faze dizajner se detaljno upoznaje s mjestom na koje će se postaviti biciklistička prometnica razmatrajući brojne kriterije u skladu s literaturom (brzinu, intenzitet, parkirališta, raspoloživi prostor, sigurnost, biciklističku potražnju, troškove itd.)
3. Izbor optimalnoga rješenja mora biti konzistentan s prethodnim dvama koracima. Na primjer, u skladu s pravilima u prvom se koraku na temelju nomograma izabire biciklistički trak. U drugom se koraku razmatra lista kriterija koji podupiru biciklistički trak. U trećem se koraku utvrđuje je li biciklistički trak optimalno rješenje za predloženo mjesto. Ukoliko nije, dizajner razmatra drugi tip biciklističke prometnice koji bolje odgovara uvjetima predloženoga mesta postavljanja.



Slika 3.59. Proses odabira odgovarajućega tipa biciklističke prometnice

3.8. Elementi za planiranje i projektiranje biciklističkih prometnica

3.8.1. Planiranje biciklističkih prometnica

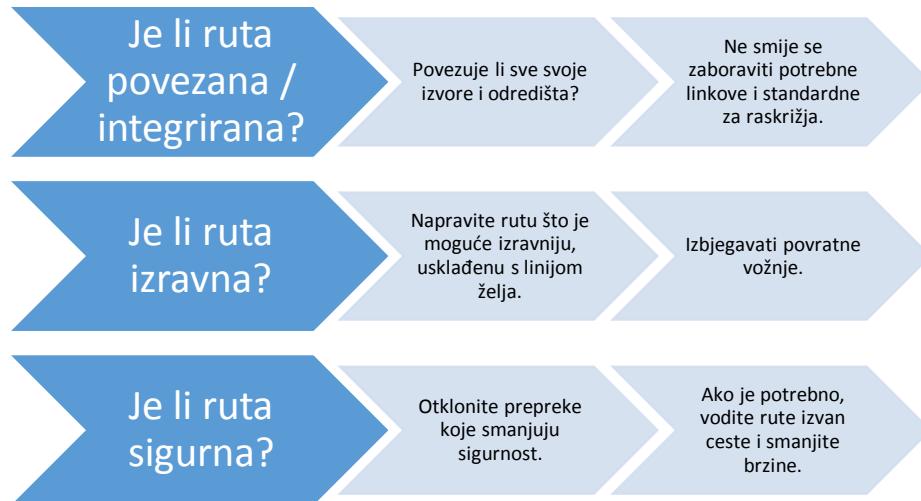
Zbog sve veće gustoće i brzine motornoga prometa te ograničene cestovne infrastrukture, koja je godinama građena isključivo za motorni promet, veliki gradovi postaju neprikladni i nesigurni za vožnju biciklom. Dva su osnovna pristupa rješavanju navedenoga problema.

U urbanim sredinama koje nemaju zasebnu biciklističku prometnicu preporučuje se uvođenje ograničenja brzine od 30 km/h u svim stambenim četvrtima. Na taj se način izjednačavaju uvjeti vožnje biciklista s ostalim sudionicima u prometu, povećava se njihova sigurnost i smanjuju troškovi izgradnje i održavanja infrastrukture.

Drugi je pristup izgradnja biciklističke mreže koja predstavlja povezan skup biciklističkih ruta koje pokrivaju određeno područje. Fizički oblik mreže od izvora do cilja ne mora izgledati isto, već se može razlikovati. Npr. ruta može započeti zajedničkim vođenjem bicikla s motornim vozilima na kolniku (zona 30 km/h), zatim može prijeći u biciklistički trak, potom kroz biciklistički tunel proći ispod

obilaznice te nastaviti kao odvojena biciklistička staza, potom prečicom presjeći park i na kraju proći kroz pješačku zonu i stići do odredišta.

Polazištem su u planiranju biciklističke mreže tri osnovna pitanja prikazana na sljedećoj slici.



Slika 3.60. Polazište u planiranju biciklističke mreže

Biciklistička mreža mora zadovoljiti temeljna načela dizajna koja su sljedeća:

- povezanost
- izravnost
- sigurnost
- udobnost
- privlačnost.

Povezanost je najelementarniji uvjet koji mreža treba ispuniti. To znači da svaki biciklist može doći do željenoga odredišta biciklom.

Izravnost mreže odnosi se na udaljenost ili na vrijeme potrebno da se biciklom priđe put između izvora i odredišta putovanja. Određuje se pomoću faktora zaobilaženja.

Sigurnost je mnogo više od fizičkoga dizajniranja prometne infrastrukture. Poboljšanje sigurnosti postiže se izbjegavanjem sukoba s drugim prometnim entitetima, odvajanjem različitih vrsta korisnika ceste, smanjenjem brzine na visokorizičnim točkama, smirivanjem prometa, ponudom alternativnih ruta itd.

Udobnost se odnosi na stvaranje ugodnoga i opuštenoga biciklističkoga doživljaja u kojem će fizički i mentalni napor biti sveden na minimum. Niska kvaliteta i nedovoljno održavanje biciklističke mreže uzrokuju neugodnosti, a u konačnosti i prometne nesreće.

Atraktivnost (privlačnost) je stvar percepcije i imidža koji može snažno potaknuti ili obeshrabriti bicikliste.

Ovisno o namjeni biciklističke mreže kriteriji su dizajna različito stupnjevani. Rang je prioriteta pojedinih kriterija za uslužne i rekreativne rute prikazan u sljedećoj tablici.

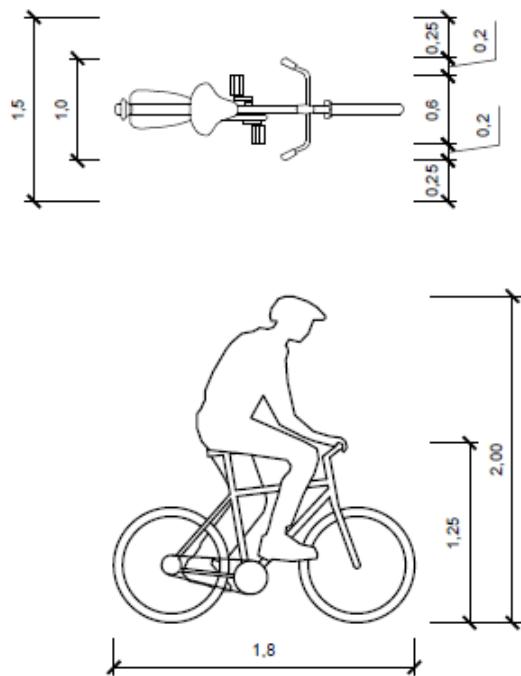
Tablica 3.6. Rangiranje prioriteta biciklističke mreže

Uslužna biciklistička mreža	Rekreativna biciklistička mreža
Sigurnost	Sigurnost
Izravnost	Privlačnost
Povezanost	Povezanost
Udobnost	Udobnost
Privlačnost	Izravnost

3.8.2. Projektiranje biciklističkih prometnica

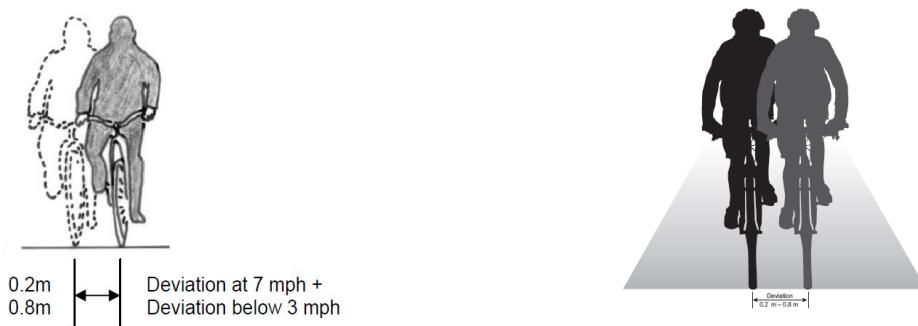
3.8.2.1. Ulazni parametri za projektiranje i dimenzioniranje

Za ispravno je projektiranje biciklističkih prometnica važno poznavanje dimenzija vozača i bicikla, dinamike vožnje (balansiranje i upravljanje), otpora u vožnji, održavanje ravnoteže, kočenje bicikla itd. Polazištem su fizičkoga oblikovanja biciklističke infrastrukture dimenzije vozača i bicikla. Visina je bicikla uzeta kao visina volana, a ona varira između 0,75 m i 1,25 m. Iz sigurnosnih se razloga najveća moguća visina, visina od 1,25 m, treba koristiti za dizajn. S visinom bicikla od 1,25 m osoba može dostići visinu od 2 m. Ova se visina dostiže kada se sjedi na biciklu, međutim, kada se vozi uzbrdo, potrebna visina za manevriranje može iznositi i do 2,25 m. Stoga se traži da minimalna vertikalna visina prometnoga profila bude 2,25 m, odnosno ukupna svjetla visina slobodnoga profila 2,5 m. Kako bi se biciklist osjećao sigurno i udobno u tunelu i ispod nadvožnjaka, poželjna je visina slobodnoga profila 3 m. Prosječna je duljina bicikla 1,80 m, a širina 1 m (Slika 3.61.).



Slika 3.61. Osnovne dimenzije bicikla i biciklista

Bicikli su nestabilna vozila kojima je za održavanje normalne ravnoteže potrebna određena brzina. U projektiranju se smatra kako je to brzina od 12 km/h pri kojoj bicikl krivuda otprilike 0,2 m. U okolnostima u kojima je biciklist prisiljen voziti sporije od 12 km/h potrebna je veća dodatna širina od 0,8 m.



Slika 3.62. Krivudanje bicikla

Biciklisti će nastojati ostati na određenoj udaljenosti od prepreka poput rubnjaka, zidova, ograda, što također treba uzeti u obzir pri dimenzioniranju biciklističke infrastrukture.

Udaljenost od zelenih živica i niskih rubnjaka uzima se 0,25 m, a od viših rubnjaka 0,50 m te od zidova 0,625 m.

3.8.2.1.1. Stabilnost bicikla

Kako bi vozilo uzdužno i poprečno bilo stabilno, odnosno kako bi moglo samostalno stajati u okomitom položaju i voziti po pravcu, trebaju mu najmanje tri oslonca. Takvi se sustavi, slični biciklu, zovu tricikli. Međutim, tricikli se bitno razlikuju od bicikala, posebno u dinamici vožnje. Primjerice, nesvesno kontra skretanje upravljačem u zavoju može dovesti do prevrtanja tricikla. Znači, tricikl je dinamički gledano prilično nestabilno, a statički stabilno vozilo. Prevrtanje u zavoju sprječava se prebacivanjem CM vozača preko rame tricikla, prema središtu zavoja (Slika 3.63.).



Slika 3.63. Vožnja triciklom u zavoju

Kako se kod tricikla, u analizama, ne razmatra kut naginjanja rame tricikla, analiza je upravljanja i stabilnosti tricikla puno jednostavnija od bicikla.

Za razliku od tricikla, bicikl je statički nestabilno vozilo, a jedino u pokretu može održavati samoravnotežu i biti stabilno. Stacionarni bicikl, oslonjen na dva kotača bez uporišta, nije stabilan. Nedostaje mu bočna stabilnost. Samo kada se kreće, bicikl može ostati uspravno u ravnoteži. Uzdužna je ravnoteža bicikla moguća i bez vozača, ali samo kada se bicikl kreće naprijed. Stoga se model za analizu biciklističke stabilnosti najčešće i izrađuje bez vozača (*rideless*).

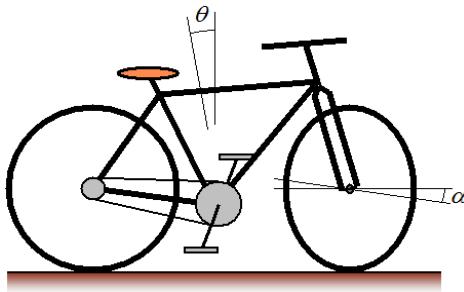
Neki znanstvenici stabilnost bicikla za vrijeme vožnje pripisuju teoriji žiroskopa, dok ju drugi opovrgavaju, kao npr. *David E. H. Jones* 1970. godine. Većina se znanstvenika slaže kako je učinak žiroskopa bitan za vožnju bicikla, no kako je to samo jedna sastavnica u kompleksu dinamičkih interakcija unutar sustava vozač – bicikl. Prije *Davida E. H. Jonesa* i njegove poznate teorije *unridable bicikle* korištene su dvije teorije koje objašnjavaju zašto je bicikl stabilan:

- zbog okretanja prednjega kotača i vještine vozača
- zbog žiro efekta prednjega kotača.

U svrhu pojednostavljenja analize biciklističke stabilnosti *David E. H. Jones* uglavnom koristi dva parametra:

- kut naginjanja bicikla θ
- kut upravljanja bicikla α (zakretanja prednjega kotača).

Slika 3.64. prikazuje ova dva kuta.

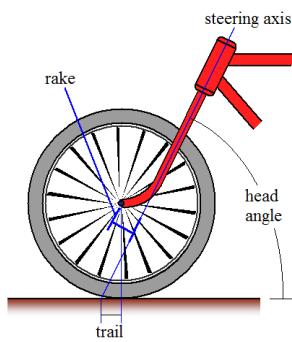


Slika 3.64. Kut bočnoga naginjanja bicikla i kut zakretanja prednjega kotača

Ove dvije neovisne varijable matematički sasvim dovoljno mogu opisati stabilnost bicikla za vrijeme vožnje naprijed. Međutim, kako je već rečeno, za potpunu je dinamičku analizu sustava vozač – bicikl potrebno uključiti sve interakcije između različitih biciklističkih sastavnica i vozača (geometrija bicikla, prednji i stražnji kotač, rama, raspored i visina masa, brzina, ravnina podloge).

Uvjet je za fizičku stabilnost bicikla da je prednji kotač slobodan. Kada bi ga zaključali i spriječili okretanje kotača lijevo – desno i pustili da se bicikl slobodno kreće, on bi vrlo brzo pao.

Tijekom povijesti stručnjaci su radili na popravljanju stabilnosti bicikla. Tako je uočeno kako biciklističkoj stabilnosti može doprinijeti pomicanje projekcije upravljačke osi ispred točke kontakta prednjega kotača s tlom, tzv. pozitivni *trail*. Ukoliko se projekcija upravljačke osi nalazi iza točke kontakta prednjega kotača s tlom (tzv. negativni *trail*), onda je bicikl nestabilan i lako se pada s njega.



Slika 3.65. Razmak između projekcije upravljačke osi i točke kontakta pneumatika s tlom (*trail*)

Dakle, veći *trail* čini bicikl stabilnijim. Ovakvi su bicikli dobri za ravnu vožnju jer se točka okreta (upravljačka os) nalazi dalje, ispred mjesata gdje guma dodiruje tlo, pa trenje nastoji održati kotač kako bi išao ravno. Sada se može postaviti pitanje zašto svi bicikli nemaju velik *trail*. Odgovor je zato što se takvima teško manevrira i okreće. Moderni bicikli i brdske bicikli (*Mountain bike*) imaju manji *trail*, nestabilniji su, ali su vrlo okretni (Slika 3.66.).



Slika 3.66. Brdski bicikl

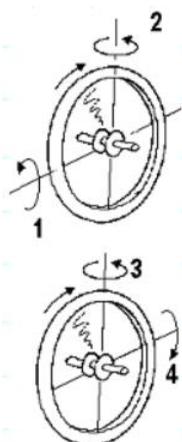
Na temelju navedenih činjenica mogu se izvesti jednostavni pokusi kako bi se bolje razumjela problematika koja se odnosi na stabilnost bicikla. Ovaj se pokus odnosi na razumijevanje samostabilnosti bicikla (slučaj vožnje bicikla bez vozača). Mnogi se bicikli mogu oduprijeti prevrtanju ako ih se gurne dovoljno brzo prema naprijed. To se pripisuje žiroskopskom učinku, ali i rasporedu projekcije upravljačke osi i točke kontakta prednjega kotača s tlom, odnosu *trailu*. Znanstvenik *Andy Ruina* (profesor mehanike na *Cornellu*) i njegove kolege u Nizozemskoj i na Sveučilištu u *Wisconsinu* utvrdili su kako za ravnotežu bicikla nisu odgovorni samo žiro učinci i *trail*, već se stabilnost ili nestabilnost može održavati različitim rasporedom i vrijednostima masa i duljina. Vjeruje se kako postoje još i drugi potencijali za daljnja poboljšanja dizajna bicikla u svrhu održavanja ravnoteže bicikla.



Slika 3.67. Dinamička samostabilnost bicikla

Drugi se pokus odnosi na zakretanje kotača zbog žiro efekta pri naginjanju bicikla. Odignemo bicikl od tla, zavrtimo prednji kotač naprijed, zatim nakrivimo bicikl u jednu stranu. Prednji se kotač okreće u istu stranu na koju smo nagnuli bicikl i sprječava njegov pad. Ova pojava omogućava samostalnu vožnju bicikla i vožnju bez ruku.

Objašnjenje navedenoga može se pronaći na Slika 3.68.



Slika 3.68. Žiro učinak kotača bicikla

Ako se kotač koji se okreće želi nagnuti ulijevo (1) oko osi x, on se neće nagnuti ulijevo, već će ga žiroskopske reakcije usmjeriti lijevo oko osi y (2). Ako se kotač koji se okreće prema naprijed želi okrenuti lijevo (3) oko osi y, žiroskopske će ga reakcije nastojati usmjeriti (nagnuti) na desno oko osi x (4).

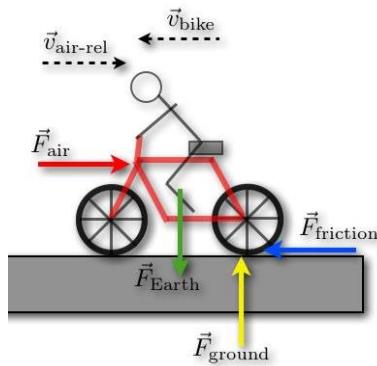
3.8.2.1.2. Dinamika vožnje bicikla

Za vožnju bicikla, odnosno za ostajanje sustava vozač – bicikl u uspravnom položaju važno je naučiti upravljati biciklom. Tijekom vožnje, zbog sila otpora koje se opiru vožnji i izazivaju momente, biciklist mora stalno održavati ravnotežu okrećući upravljač lijevo – desno kako bi izbjegao pad. Žiroskopski učinci, o kojima je već bilo govora, imaju mali utjecaj na vožnju bicikla s vozačem. Pri vožnji bicikla do izražaja više dolazi utjecaj *traila*.

Treba znati kako tijekom vožnje bicikl bez vozača lakše ostaje uspravan zbog nižega težišta. Sile, odnosno momenti koji uzrokuju prevrtanje bicikla u tom su slučaju manji pa do izražaja više dolaze žiro učinci.

3.8.2.1.3. Otpori u vožnji bicikla

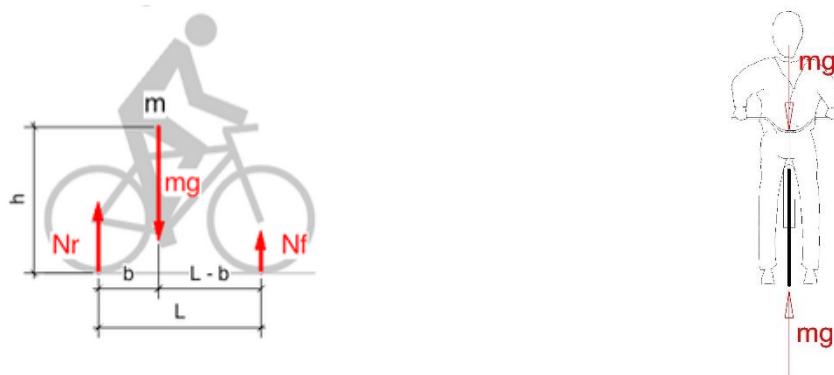
Tijekom vožnje na sustav bicikl – vozač djeluju vanjske i unutarnje sile koje ga destabiliziraju i opiru se sili koja gura bicikl prema naprijed. To su sile otpora. Vanjske sile otpora djeluju izvana na sustav bicikl – vozač (gravitacija, sile inercije, sile koje se javljaju na kontaktu kotača s podlogom – otpor kotrljanja i na kontaktu sustava sa zrakom – otpor zraka, Slika 3.69.).



Slika 3.69. Vanjske sile otpora koje djeluju na sustav bicikl – vozač

Unutarnje sile uzrokuje vozač i interakcija između sastavnica sustava bicikla i vozača.

Uvjetom je ravnoteže sustava da je zbroj momenata koji djeluje na sustav jednak nuli. Taj je uvjet ispunjen jedino u slučaju kada su bicikl i vozač u stacionarnom položaju uspravljeni, npr. kada biciklist sjedi na biciklu i objema nogama dodiruje tlo (Slika 3.70.).



Slika 3.70. Uvjet ravnoteže sustava u stacionarnom položaju – bočni i stražnji pogled
Izvor: [90]

Tijekom vožnje zbroj momenata nikada nije nula pa biciklist stalno lovi ravnotežu. Za računanje momenta za bicikl u pokretu služi sljedeća jednadžba : moment = masa x brzina.

Za održavanje konstante brzine prosječna sila potrebna za kretanje bicikla naprijed mora biti jednak zbroju svih otpora. Ukoliko je ova sila veća (ili manja) od zbroja ovih otpora, biciklist će ubrzavati [$F_p - (F_a + F_s + F_r + F_b) = F_{acc} = m \cdot a$] ili usporavati vožnju. F_{acc} predstavlja *silu akceleracije*.

Sila gravitacije privlači sustav bicikl – vozač prema zemlji. Zbog gravitacije na kontaktu kotač – podloga javlja se suprotна sila reakcije. Gravitacijska je sila usko povezana s otporom nagiba. Gravitacija zahtijeva dodatnu snagu za vrijeme vožnje na usponu i usporava vožnju biciklista.

Otpor kotrljanja pri vožnji po ravnoj i po vodoravnoj površini i pri brzini manjoj od 3 m/s najizraženiji je otpor koji djeluje na bicikl. To je otpor koji se javlja na kontaktu kotača s podlogom. Nastaje zbog deformacije gume kotača na mjestu dodira s podlogom. Otpor kotrljanja ovisi o tlaku u gumama, promjeru gume, konstrukciji gume, gazištu gume i drugim čimbenicima.

Otpor zraka nastaje zbog dinamičkoga tlaka na frontalnoj površini sustava bicikl – vozač i podtlaka na stražnjoj strani istoga sustava (Slika 3.71.).

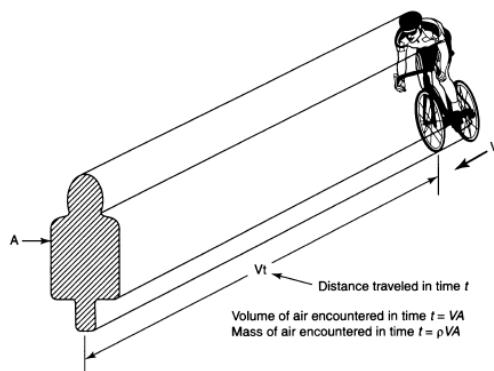
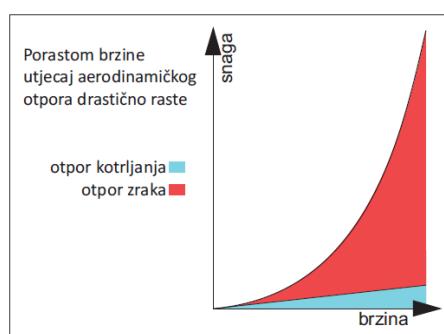


Figure 4.1
Mass of air encountered per second in cycling.

Slika 3.71. Frontalna površina sustava vozač – bicikl
Izvor: [91]

Nema velikoga utjecaja na vožnju bicikla pri malim brzinama (3 m/s). S povećanjem brzine otpor se zraka povećava proporcionalno kvadratu relativne brzine između biciklista i strujanja zraka te postaje najvažniji od svih drugih otpora.

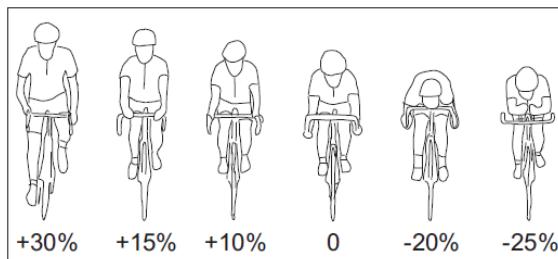


Slika 3.72. Otpor zraka u ovisnosti o brzini
Izvor: [92]

Pri brzini vjetra od 5 m/s sila otpor zraka iznosi 5N, pri 10 m/s 20N, dok je pri 50 m/s oko 500N.

Pri brzini iznad 40 km/h otpor je zraka odgovoran za 90 % usporavanja sile vožnje biciklista na tradicionalnim trkaćem biciklu [93].

Aerodinamična sila koju razvija velika brzina vjetra može biti toliko velika te može oboriti biciklista, prevrnuti automobil ili spustiti zrakoplov. Promjenom položaja tijela otpor zraka može se promijeniti do 30 %.



Slika 3.73. Utjecaj položaja tijela na aerodinamiku
Izvor: [92]

Otpori od izbočina na neravnim površinama uzrokuju gubitak energije zbog vibracija guma koje su izazvane neravninama, iznenadnim šokovima i gubitkom kontakta sa zemljom kada se kinetička energija transformira u vertikalno kretanje (skijaški skokovi), što se prenosi na vozača i vodi znatnom gubitku energije.

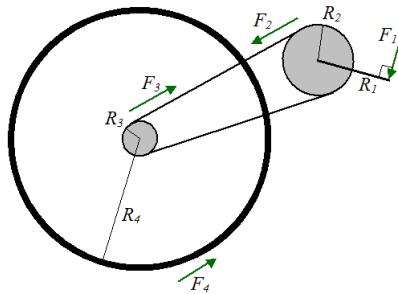
Neravnine generiraju vibracije različitih frekvencija pa se gubitak energije obično računa uz pomoć računala. Smanjenje se ovih sila postiže putem kotača, amortizera.

3.8.2.1.4. Pokretanje bicikla (sile na pedali)

Kad vozač želi sjesti na bicikl, mora pokrenuti bicikl, svladati otpore vožnje, ali i vertikalnu sastavnicu gravitacijske sile kako bi podigao vlastitu težinu tijela na bicikl. Pokretanje bicikla traži dodatnu energiju, ali i vještina vozača.

Za mlade je vozače pokretanje bicikla složen proces koji od njih, osim podizanja tijela zahtijeva i dodatan napor oko balansiranja masa u sustavu između bicikla i vozača te istodobnoga održavanja smjera vožnje. Zbog potrebnih dodatnih vještina pokretanje bicikla kod mladih vozača često završava padom. Stariji vozači također izbjegavaju česta zaustavljanja zbog pokretanja bicikla i dodatnoga trošenja energije.

Za pokretanje je bicikla potrebno djelovati određenom silom na pedale, što dovodi do pojave sile između stražnjega kotača i tla (Slika 3.74.). Ova sila gura bicikl unaprijed. Statički koeficijent trenja mora biti dovoljno velik za podupiranje ove sile kako ne bi došlo do proklizavanja kotača.



Slika 3.74. Sile na pedali i pokretanje bicikla

$$F_1 R_1 = F_2 R_2 \quad (3.1.)$$

$$F_3 R_3 = F_4 R_4 \quad (3.2.)$$

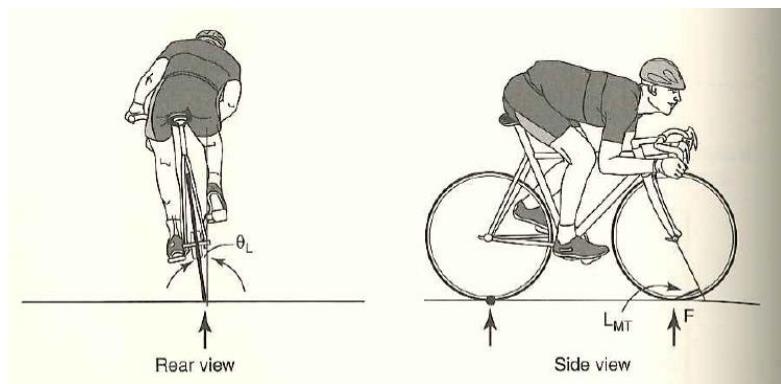
$$F_4 = F_1 \frac{R_1 R_3}{R_2 R_4} \quad (3.3.)$$

3.8.2.1.5. Vožnja po pravcu

Nakon pokretanja bicikla vozač svojim nogama opirući se o pedale gura bicikl naprijed. Sustav je i dalje nezgrapan i nestabilan. Tijekom vožnje biciklist neprekidno, nesvesno i automatski zakreće upravljač u malim lukovima tako da prednji kotač stalno oscilira lijevo – desno. Time se bicikl stalno dovodi do pozicije koja se nalazi ispod CM-a, čime se podupire vozača i osigurava ga se od pada. Ovo je okretanje prednjega kotača potpomognuto i silom koja se javlja u kontaktnoj točki kotača i kolnika, koja izaziva moment što gura prednji kotač u stranu na koju je nagnut sustav. Stoga je proces zakretanja kotača relativno jednostavan i lagan. Rezultat je zakretanja prednjega kotača bočno pomicanje bicikla od nekoliko centimetara kako bi se bicikl u pravom trenutku našao ispod CG-a prije pada vozača i tako ponovno stabilizirao sustav.

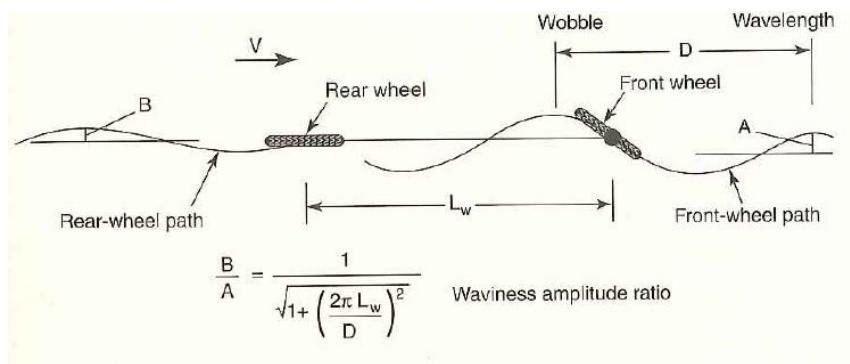
Tehnički, biciklom se manevrira tako da kotači zauzmu poziciju suprotnu trenutnoj akceleraciji sustava vozač – bicikl (zbog gravitacije i sila inercije). Pretpostavimo da biciklist dopusti svom tijelu i biciklu naginjanje u jednu stranu. Naginjanje će prouzročiti pomicanje CG-a dalje od okomite ravnine u odnosu na prvobitnu putanju, što će destabilizirati sustav (može inicirati njegov pad). Da bi se izbjegao pad, vozač automatski okreće prednji kotač u smjeru pada. U CG-u se javlja centrifugalna sila koja će

ispravljati nagnuti sustav bicikl – vozač. Zbog labilne ravnoteže sustav se ponovno naginje u drugu stranu. Kako bi se odupro padu, vozač mora brzo okrenuti prednji kotač na drugu stranu, u smjeru nagiba bicikla dovodeći bicikl ispod CG-a kako bi zaustavio padanje. Ovaj se postupak vožnje ciklički ponavlja.



Slika 3.75. Okretanje prednjega kotača i balansiranje sustava vozač – bicikl za vrijeme vožnje bicikla po pravcu
Izvor: [91]

Zbog okretanja i oscilacije kotača stražnji kotač ne prati putanje i položaj prednjega kotača

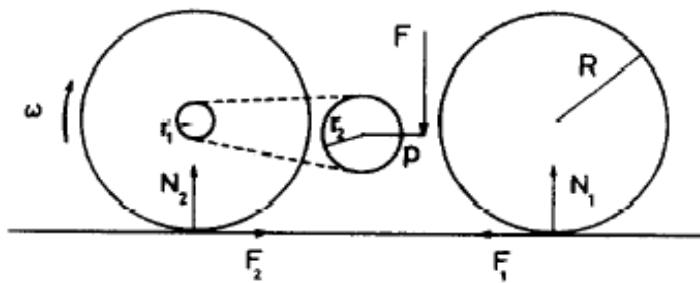


Slika 3.76. Putanja prednjega i stražnjega kotača bicikla
Izvor: [91]

Putanja i položaj prednjega i stražnjega kotača tijekom vožnje bicikla u pravac.

Pri većim je brzinama lakše održavati smjer kretanja (žiro učinak) i manja su odstupanja od ravne putanje kretanja. Razlogom je tomu pojavljivanje centripetalne i centrifugalne sile koje su u izravnoj ovisnosti o brzini. Nastala sprega tih sila održava sustav bicikl – vozač u ravnoteži.

Kao što je rečeno u poglavlju 3.8.2.1.4., djelovanjem sila na pedale izaziva se okretanje kotača, što dovodi do pojave sila između kotača i tla.



Slika 3.77. Djelovanje sila na pedale i na kotače

Na usponu ili pri vožnji uz vjetar potrebno je prebaciti u „lakši” prijenos (veći zupčanik na stražnjem kotaču), a na ravni ili pri većoj brzini u „teži” prijenos (manji zupčanik na stražnjem kotaču). Prijenosni sustav može biti smješten u glavčini kotača ili u obliku zupčanika.

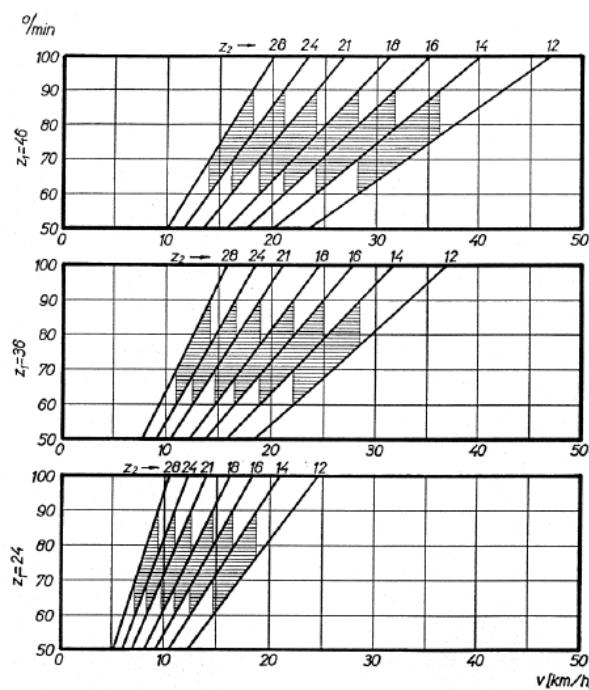


Slika 3.78. Zupčanik bicikla



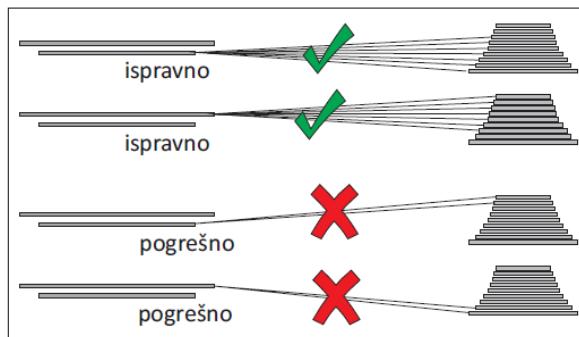
Slika 3.79. Glavčina bicikla

Promjenom je omjera broja zuba na zupčaniku moguće održati ugodnu brzinu vrtnje pedala koja se kreće u rasponu od 60 do 90 okr./min.p.



Slika 3.80. Broj okretaja pogona pri različitom odabiru prijenosnoga omjera
Izvor: [94]

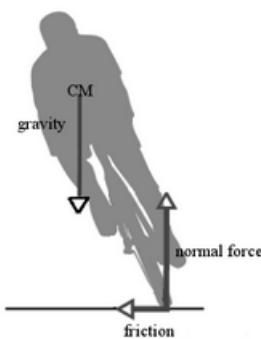
Odabir odgovarajućih prijenosnih omjera obavlja se ručicom mjenjača. Neispravan odabir, odnosno neispravna kombinacija omjera broja zuba na središnjem i na zadnjem lančaniku može dovesti do pucanja lanca. Slika 3.81. prikazuje kako je nedopustiv omjer položaj lanca na prednjem malom zupčaniku i na stražnjem malom zupčaniku, odnosno na prednjem velikom i na stražnjem velikom zupčaniku.



Slika 3.81. Položaj lanca na zupčanicima bicikla
Izvor: [94]

3.8.2.1.6. Vožnja u zavoju (skretanje)

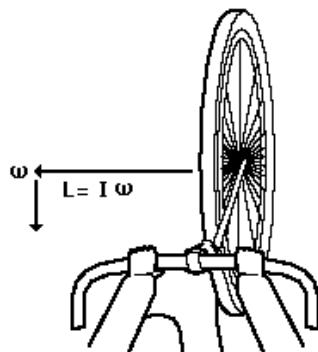
Skretanja bicikla započinje kao namjerno izazvano padanje. U planiranom skretanju vozač prebacuje centar mase na stranu na koju želi skrenuti, nakon čega se prednji kotač također okreće u smjeru zavoja. Na taj se način sprječava pad. Što je veća brzina i manji polumjer zavoja, potrebno je jače naginjanje sustava vozač – bicikl. Kako bi se gume maksimalno opteretile i poboljšao kontakt s podlogom, biciklisti sportaši cijelu težinu prebacuju na vanjsku pedalu tijekom vožnje kroz zavoj.



Slika 3.82. Položaj biciklista u zavoju

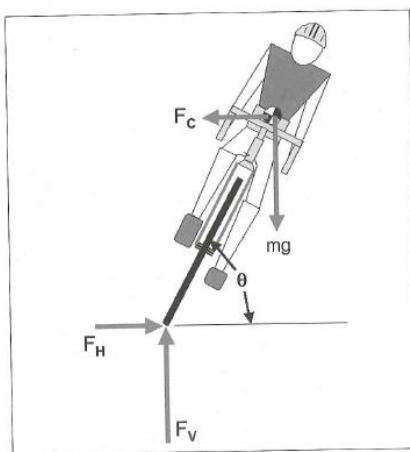
Polumjer zaokretanja pri brzini v ne smije biti manji od $r_{\min} = v^2 / ng$.

Inicijalni kutni moment L ($L = Iw$, L – kutni moment, I – moment inercije, W – kutna brzina koja je jednaka $W = v/r$) koji prati os rotacije u trenutku skretanja pomicće se natrag za ΔL .



Slika 3.83. Kutni moment u trenutku skretanja

Kad je skretanje obavljeno, vozač još jače zakrene upravljač prema centru zavoja kako bi prouzročio centrifugalnu silu koja centar masa vraća u vertikalnu poziciju, nakon čega ispravlja prednji kotač i vozač nastavlja vožnju u pravac. Dijagram balansiranja pri skretanju pomoću težine sustava vozač – bicikl (sila mg) i centrifugalne sile (F_c), koja djeluje u centru masa i nastoji vratiti sustav u okomiti položaj, te sila reakcije na kontaktu kotač – podloga (F_h i F_v) prikazan je na sljedećoj slici.



Slika 3.84. Balansiranja pri skretanju
Izvor: [95]

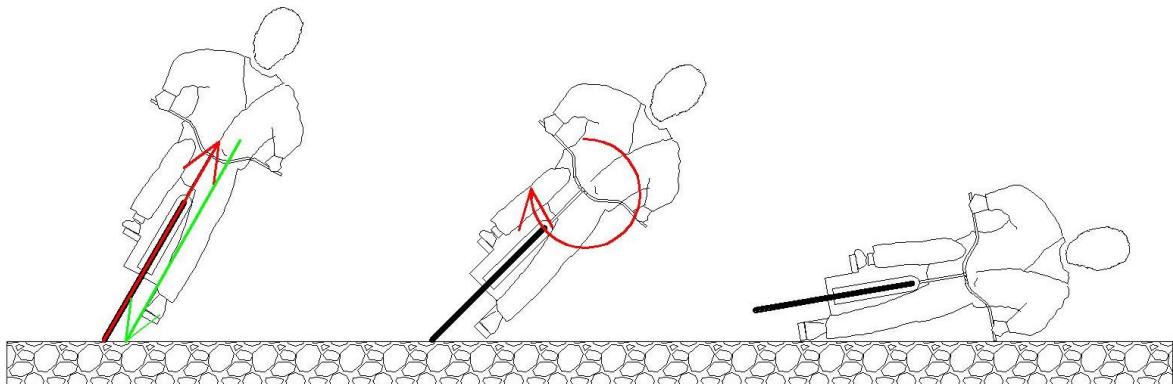
$$F_c = (m \cdot v^2) / R$$

Moment centrifugalne sile nastoji ispraviti bicikl $F_c \cdot h = ((m \cdot v^2) / R) \cdot h$.

Kako $F_c \cdot h$ ne bi izvrnula sustav bicikl – vozač, vozač mora naginjanjem osigurati ravnotežu momenata $F_c \cdot h = mgh$.

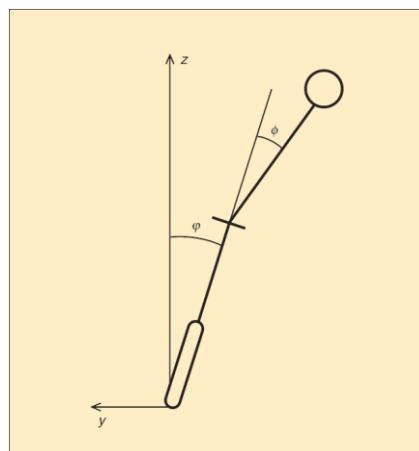
Kut nagiba Theta = $g \cdot r / v^2$ ne ovisi o težini sustava bicikl – vozač. Veća brzina i manji polumjer traže i jače naginjanje. Kako ne bi došlo do proklizavanja, polumjer zakretanja pri vrzini v ne smije biti manji

od $r_{min} = v^2/(ug)$. U suprotnom će doći do prevrtanja sustava bicikla i vozača (Slika 3.85.). Održavanje je ravnoteže za vrijeme vožnje moguće sve dok rezultanta gravitacijske sile prolazi kroz spojnicu dirališta prednjega i stražnjega kotača i tla (sila gravitacije i sila reakcije poništavaju se).



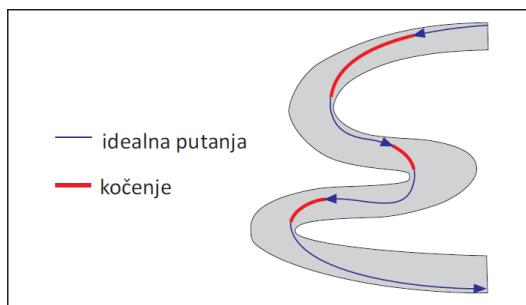
Slika 3.85. Prevrtanje sustava bicikl – vozač

Ovo je pojednostavljeni prikaz održavanja ravnoteže kada su nagib bicikla i vozača isti u odnosu na vertikalnu os. U praksi je često potrebno analizirati složeniji model vožnje bicikla koji se sastoji od dva dijela s različitim nagibima. Jedan je takav model prikazan na Slika 3.86. Donji dio predstavlja nagib bicikla, a gornji dio, koji se može okretati, predstavlja vozača.



Slika 3.86. Složeni model vožnje biciklom (različiti nagibi vozača i bicikla u odnosu na vertikalnu os)

U zavoju nikada ne treba kočiti. Kočenje treba obaviti prije zavoja. Ako se vozi kroz više uzastopnih zavoja, treba gledati ispred sebe najudaljeniji dio ceste, kako bi se procijenila putanja koja je idealna za prolazak sljedećega zavoja.



Slika 3.87. Vožnja biciklom kroz zavoj
Izvor: [94]

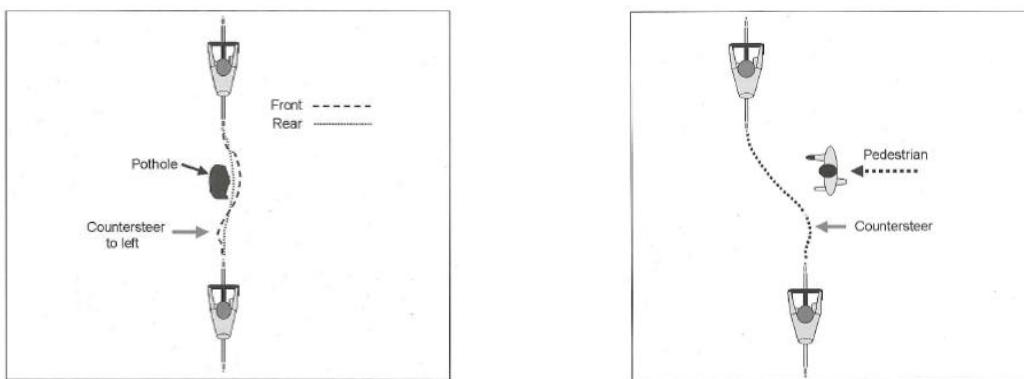
3.8.2.1.7. Protuupravljanje u hitnim slučajevima

Čak i kada biciklist vozi pozorno, moguće su nepredvidive situacije (izbjegavanje stupova, pješaka, otvaranje vrata parkiranih automobila) u kojima mora reagirati brzo [95].

Kod iznenadnoga ulaska pješaka u putanju biciklista i nemogućnosti sigurnoga zaustavljanja bez naleta na pješaka, biciklist mora poduzeti hitno skretanje kako bi izbjegao sudar s pješakom. U stručnoj literaturi takvo se skretanje naziva protuupravljanje u hitnim slučajevima ili kontraskretanje.

Protuupravljanje u hitnim situacijama nesvjesna je radnja koja se sastoji od sljedećih faza.

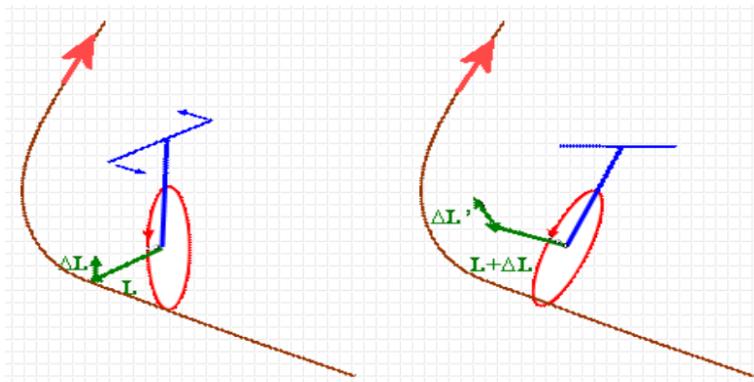
Prije skretanja vozač napravi trzaj upravljačem prema prepreci (*countersteer*), pri čemu tijelo biciklista nastavlja vožnju ravno naprijed izvornom putanjom kretanja (virtualno prolazi kroz prepreku), a bicikl „bježi“ ispod vozača i zbog okretnoga momenta naginje se u kontra stranu od prepreke. Kako bi se spriječio pad, upravljač se sada okreće na suprotnu stranu od prepreke i nastavlja se proces zaobilazeњa. Pretpostavimo kako se biciklist vozi na ravnoj dionici. Kako bi izbjegao iznenadnu prepreku, okreće upravljač ulijevo (Slika 3.88.).



Slika 3.88. Upravljanje u hitnim slučajevima – protuupravljanje
Izvor: [95]

Važno je uočiti kako stražnji kotač prolazi bliže prepreci prednjega, što znači kako se prepreka mora proći prednjim kotačem na većoj udaljenosti.

Na kotaču koji je imao početni kutni moment L , zbog okretanja upravljača ulijevo, mijenja se kutni moment u $L + \Delta L$ i bicikl se nagnje u suprotnu stranu od prepreke (udesno). Kako bi se spriječio pad, upravljač se mora okrenuti na suprotnu stranu, udesno. Dok se bicikl nalazi u nakrenutom položaju (udesno), gravitacija stvara okretni moment u kontaktnoj površini kotač – tlo. Kutni se moment mijenja iz $L + \Delta L$ u $L + \Delta L + \Delta L'$ i nakrenuti bicikl vozi udesno (Slika 3.89.).

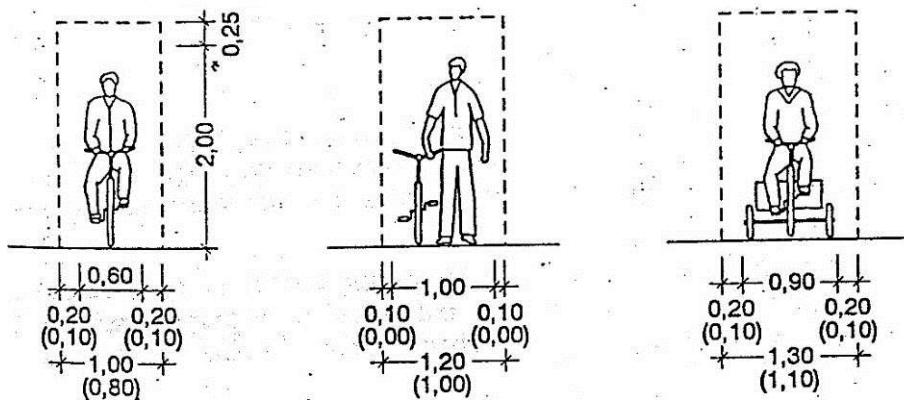


Slika 3.89. Kutni moment bicikla pri skretanju

Za povratak na staru putanju biciklist vraća bicikl u okomiti položaj mijenjanjem smjera prednjega kotača i prebacivanjem mase na drugu stranu bicikla.

3.8.2.2. Prometni i slobodni profil u biciklističkom prometu

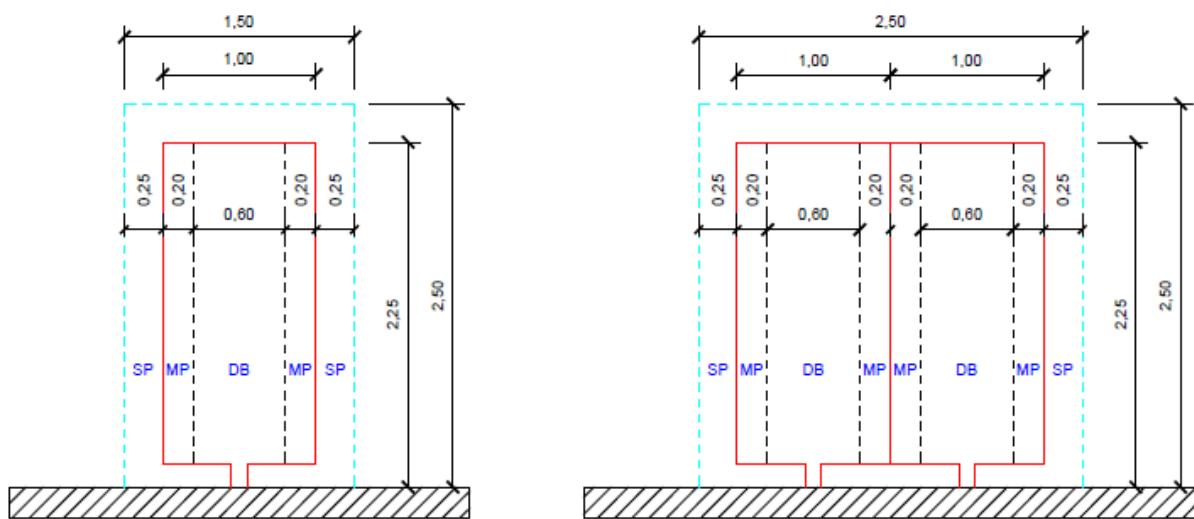
Sve biciklističke prometne površine moraju biti dovoljno široke kako bi omogućile sigurnu i neometanu vožnju biciklistima. Kao polazište za dimenzioniranje širine biciklističkoga prometnoga profila uzima se osnovna širina od 0,6 m. Prosječna je širina prometnoga prostora određena širinom volana stacionarnoga bicikla koja iznosi 0,60 m (neki novi bicikli kao *mountain bikes* imaju širinu volana i do 0,80 m). Biciklisti trebaju najmanje 0,20 m (min 0,10 m) sa svake strane esencijalnoga manevarskoga prostora za normalno kretanje. Pod normalnim uvjetima vožnje (brzine i vjetra), biciklistu je potrebna manevarska širina od 1 m i visina od 2,25 m, što predstavlja dimenzije **prometnoga profila**. Ukoliko je biciklistička staza dvotračna, prometni se profil sastoji iz dva jednotračna prometna prostora dimenzije 2 x 2,25 m.



Slika 3.90. Osnovne dimenzije prometnoga profila u biciklističkom prometu

Slobodni profil biciklističkih prometnih površina ograničen je prostor u poprečnom presjeku koji se mora održati sigurnim od zadiranja zapreka. On se sastoji od prometnoga prostora koji je okružen sigurnosnim prostorom. Ako se prometni profil okruži sigurnosnim prostorom širine 0,25 m, nastat će slobodni profil jednotračne biciklističke prometnice širine 1,50 m, odnosno dvotračne biciklističke prometnice širine 2,50 m. Ove dimenzije predstavljaju širinu slobodnog profila. Pri izgradnji novih i rekonstrukciji postojećih biciklističkih prometnica mogu se usvojiti i veće širine koje omogućavaju sigurniju i udobniju vožnju.

Shematski je prikaz izračuna minimalnoga prostora za jedan ili za dva biciklistička traka prikazan na sljedećoj slici (Slika 3.91.).

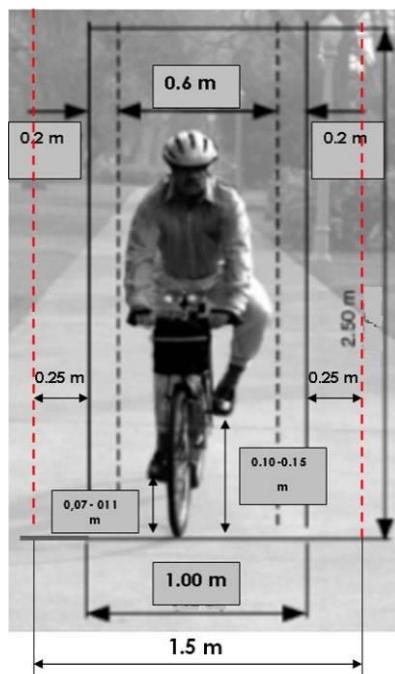


Slika 3.91. Slobodni profil jednotračne i dvotračne biciklističke prometnice

- DB – dimenzije bicikla
- MP – manevarski prostor
- SP – sigurnosni prostor ili zaštitna širina (0,25 ili 0,5 m ako je staza neposredno uz kolnik)
- N – broj prometnih profila ili trakova.

Dimenzioniranje minimalnih širina prometnoga i slobodnoga profila biciklističke prometnice može se prikazati na sljedeći način:

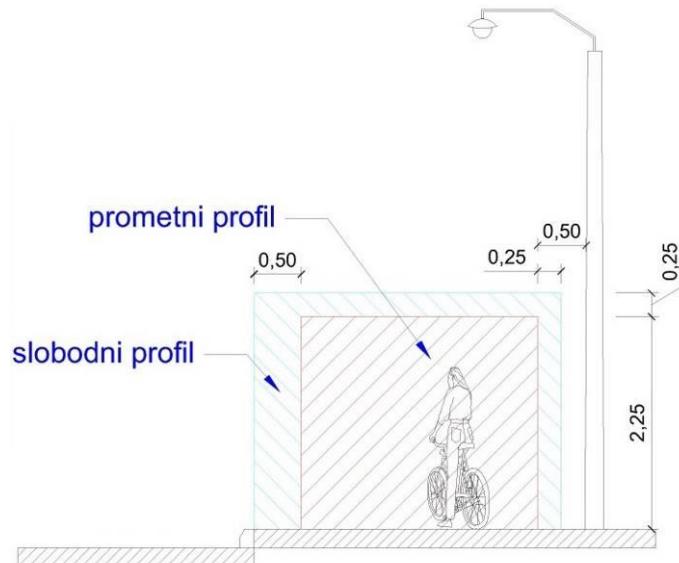
- prometni profil = (DB + 2 MP).....1,0 m
- slobodni profil = (DB + 2 MP) x N + 2 SP.....1,5 m.



Slika 3.92. Prometni i slobodni profil
Izvor: [96], (obrada autora)

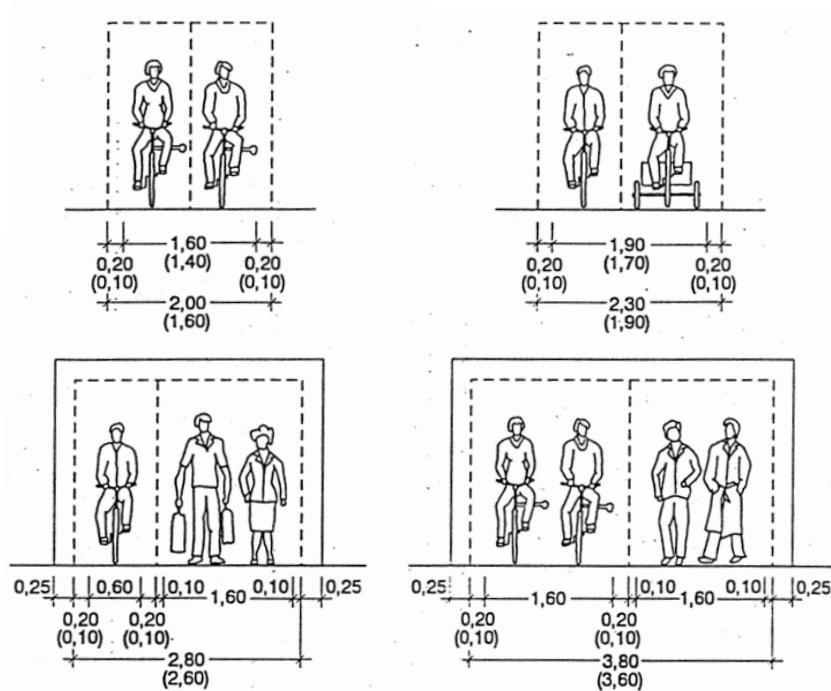
Ukoliko se biciklistička prometnica nalazi uz kolnik, tada se na strani kolnika treba ostaviti sigurnosni prostor koji ulazi u slobodan profil biciklističke prometnice u najmanjem iznosu od 0,5 m. Širina jednotračnoga slobodnoga profila u tom slučaju iznosi 1,75 m, a dvotračnoga 2,75 m. Sigurnosna je udaljenost od zgrada, ograda, zidova, stupova, prometnih znakova i stabala u Studiji uzeta u iznosu od 0,25 m.

Posebno je važno zadržati sigurnosne širine ukoliko se biciklistička prometnica vodi pored parkirališta, tada taj prostor mora iznositi najmanje koliko iznosi širina vrata automobila. Kod kosoga i okomitoga parkiranja sigurnosni prostor mora biti još i veći jer parkirana vozila prednjim dijelom zauzmu više mjesta na biciklističkoj stazi.



Slika 3.93. Sigurnosne (dodatane) širine unutar slobodnoga profila

Sljedeća slika s navedenim širinama prikazuje potrebe biciklističkoga prometa u kombinaciji s pješačkim stazama.



Slika 3.94. Dijeljenje površine između pješaka i biciklista

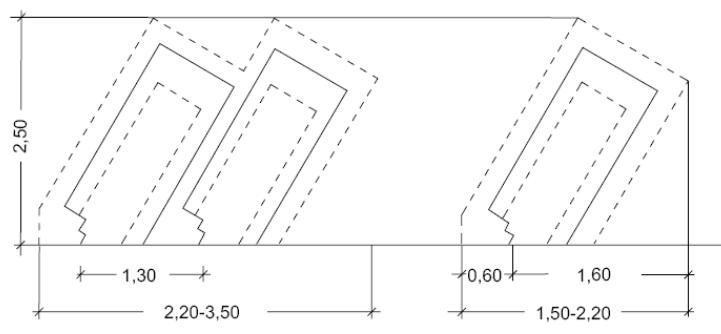
Proširenje biciklističke površine

Proširenje je biciklističke površine nužno:

- na početku i na završetku vožnje
- na usponima
- na zavojima.

Proširenje je potrebno osigurati zbog manjega polumjera koji opisuje stražnji kotač bicikla u odnosu na prednji te zbog veće brzine vožnje kroz zavoj, zbog čega se biciklist nagnije kako bi održao ravnotežu.

Po pravilu se proširenje pravi na unutarnjoj strani zavoja. Pri velikoj brzini i polumjeru manjem od 30 m potrebno je osigurati proširenje između 50 i 60 cm.



Slika 3.95. Prostor potreban pri vožnji kroz zavoj

3.8.2.3. Širine biciklističkih prometnica

Širine biciklističkih prometnica, ovisno o brzini i intenzitetu prometa, smještaju prometnice i tipu rute, prema nizozemskim smjernicama, prikazane su u Tablici 3.8.

Tablica 3.7. Usporedba vrsta biciklističkih staza

			Biciklistički trak	Biciklistička staza	Biciklistička ulica
Širina (jedan smjer)	minimalno	1,5 m	2 m		
	preporučeno	2 m	3 m		
	minimalno	nije dozvoljen promet u oba smjera!	2,5 m	3 m	
	preporučeno		4 m	4 m	
Prednosti		<ul style="list-style-type: none"> • niski troškovi • zahtijeva malo prostora • povećava vidljivost • najbolje rješenje na gradskim licama • jednostavno i brzo provođenje na postojećim cestama 	<ul style="list-style-type: none"> • fizičko odvajanje od glavnoga kolnika • najveća sigurnost • puno udobnosti • snažan poticaj bicikлизmu 	<ul style="list-style-type: none"> • mješoviti je promet moguć 	
Slabosti		<ul style="list-style-type: none"> • nema fizičkoga odvajanja • privlači ilegalno parkiranje • daje vozačima dojam da ne pridaju toliko pozornosti 	<ul style="list-style-type: none"> • nefleksibilan prijelaz • puno rizika na križanjima • fragmentacija mreže • zauzima puno prostora 	<ul style="list-style-type: none"> • zauzima puno prostora • nije uvijek izvedivo 	
Preporuke za dizajn		<ul style="list-style-type: none"> • označavanje linija • simbol bicikla • sigurnosna tampon zona • ravna površina 	<ul style="list-style-type: none"> • zatvorena površina asfalta • asfalt u boji • središnja linija (u slučaju dvosmernoga prometa) 		
Glavni raspon primjene		urbana područja	ceste s dovoljno prostora	stambena područja ili niski prometni intenzitet	
Mogućnost mješovitoga prometa	Unutar naseljenih područja	traffic speed		fizičko odvajanje motoriziranoga prometa	
		intenzitet prometa			
	Izvan naseljenih područja	brzina	60 km/h ili manje		ispod 30 km/h
		intenzitet prometa	2000 do 3000 jpv/dan		ispod 3000 jpv/dan
Route type		basic local route	lokalna ruta, glavna ruta, nacionalna biciklistička ruta	glavna ruta, nacionalna biciklistička ruta	

Izvor: [60]

Ukupna širina prometnice sastoji se od efektivne širine (B) i dodataka (A i C). Širine biciklističkih prometnica (efektivna i dodaci) s obzirom na brzine, biciklistički režim, okruženje i dodatnu opremu, prema irskim smjernicama, prikazane su na sljedećoj slici.

A Inside Edge

Kerb	0.25m	Single File	0.75m
Channel Gully	0.25m	Single File + Overtaking, Partially using next lane	1.25m
Wall, Fence or Crash Barrier	0.65m	Basic Two-Way	1.75m
Poles or Bollards	0.50m	Single File + Overtaking, Partially using next lane	2.00m
		2 Abreast + overtaking (tracks and cycleways)	2.50m

B Cycling Regime

30kph, 3.0m wide lane	0.50m	Uphill	0.25m
50kph, 3.0m wide lane	0.75m	Sharp bends	0.25m
Raised curb, dropped curb or physical barrier	0.50m	Cyclist stacking, Stopping and starting	0.50m
Kerb to vegetation etc. (i.e. cycleway)	0.25m	Around primary schools, Interchanges, or for larger tourist bikes	0.25m
		Taxi ranks, loading, line of parked cars	1.00m (min 0.8m)
		Turning pocket cyclists	0.50m

C Outside Edge

D Additional Features

Example:
To determine required cycle width, select the appropriate Inside Edge, Cycling Regime, Outside Edge and any Additional Features

Required width = 2.50m
Note: This is the maximum width for an on road cycle lane. Cycle tracks can be wider.

Slika 3.96. Širina balističkih prometnica

Izvor: [97]

3.8.2.3.1. Polumjeri zavoja

Dosljedna je povezanost dionica cesta stvorena zavojima. Polumjer zavoja ima izravan utjecaj na brzinu kojom biciklist prolazi kroz taj zavoj. Radijus zavoja ne smije biti ispod 5 m kao apsolutni minimum za polumjer zavoja. Ispod ove vrijednosti biciklističke brzine nisu dovoljne da bi biciklisti ostali uspravno. Kako se povećava dizajnirana brzina, tako će se morati i povećati polumjer zavoja. Biciklističke veze koje čine dio osnovne mreže trebaju imati polumjer ≥ 10 m, usmjeren na dizajnirane brzine od 20 km/h. Biciklističke staze i glavne biciklističke staze trebaju imati polumjer ≥ 20 m, usmjeren na dizajnirane brzine od 30 km/h.

3.8.2.3.2. Nagib – strmine

Strmine su, bilo da se po njima vozi prema gore ili prema dolje, ključno pitanje za planere. „Strmine prema gore zahtijevaju dodatni napor biciklista i treba ih izbjegavati pri dizajnu biciklistički prijateljske infrastrukture tamo gdje je to moguće.”¹⁰ Dugački nagib uzbrdo treba izbjegavati. „Ako se treba popeti na visinu veću od 5 m, poželjno je uključiti ‘odmorište’ u obliku horizontalnoga dijela oko 25 m dužine

prije novoga uspona [...].” Stalan će nagib smanjiti brzinu biciklista, tako da je poželjno „[...] dizajnirati najniži dio prema višem postotku na grafu i najviši dio prema nižem postotku.” Na nagibima koji su dizajnirani na taj način uspon je puno lakši za svladavanje i odgovarajuće se biciklističke brzine mogu održavati. Svaka se staza može voditi u oba smjera. Dizajn nagiba ne bi trebao nastati samo promatrajući pogodnosti biciklista koji se kreću uzlazno, već i s gledišta onih koji se kreću u silaznom smjeru. Brzina je biciklista koji se spuštaju ključna jer oni lako mogu postići brzinu do 40 km/h, pa i veću. Na dnu nagiba treba dati dovoljno prostora za usporavanje. Zbog moguće visoke brzine biciklista ne bi trebalo biti raskrižja oštih zavoja ili prepreka.

3.8.3. Razina uslužnosti za biciklistički promet – BLoS

Kriteriji su razine uslužnosti za vozača, za biciklista i za pješaka utemeljene na različitim parametrima pa se izračun radi na temelju različitih ulaznih podataka. BLoS za motorna vozila ponajprije se temelji na brzini, gustoći, protoku i zastojima, dok je izračun BLoS-a za pješake i bicikliste mnogo složeniji i temelji se na osjećaju sigurnosti, ugodnosti i komfora.

Razina uslužnosti za biciklistički promet (*Bicycle Level of Service* – BLoS) predstavlja razinu operativnih uvjeta, odnosno niz pokazatelja koji opisuju uvjete vožnje, a pojavljuju se na određenom dijelu biciklističke prometnice.

Pokazatelji su koji određuju uvjete vožnje sljedeći:

- brzina vožnje
- vrijeme putovanja
- prekidi
- sloboda kretanja
- sigurnost vožnje
- udobnost vožnje
- cijena i dr.

Biciklist uočava kvalitetu na temelju slobode odabira puta i brzine te fizičke i psihičke ugodnosti za vožnju. Na bicikliste utječe stupanj rizika kojem su izloženi, relativna vjerojatnost neispunjena njihovih prijevoznih ciljeva i trošak usluge. Neki su od navedenih pokazatelja mjerljivi, kao npr. brzina, te su bolje istraženi, dok su drugi nemjerljivi, kao npr. komfor biciklista. Kriteriji brzine, protoka i gustoće najčešće se koriste za opisivanje razine uslužnosti jer ih je lako mjeriti i razumjeti. Međutim, i odnos je između mjerljivih pokazatelja samo konceptualno točan, ali ne i precizan. Glavna opasnost leži u određivanju preciznosti graničnih točaka razina uslužnosti koje variraju kao stalne funkcije pa ih treba uzimati s oprezom. Praksa je pokazala kako kvantitativno opisivanje razine usluga olakšava

komunikaciju, kako u stručnim, tako i u širim krugovima pa je općenito prihvaćeno. Prikaz je nekih razina usluga dan u nastavku.

Prometni su stručnjaci razvili linearni regresijski model za izračun biciklističke razine uslužnosti (BLoS) koji uzima u obzir:

- prometni tok u vršnom periodu
- brzinu prometa i postotak teških vozila
- stanje površine biciklističke prometnice
- širinu biciklističke prometnice.

$$BLOS = 0.507 \times \ln(Vol15/Ln) + 0.199 \times SPt(1+10.38HV)2 + 7.066 \times (1/PR5)2 - 0.005 \times (We)2 + 0.76$$

gdje je:

- Vol15 – prometni volumen tijekom 15-minutnoga vremenskoga perioda
- Ln – broj prometnih trakova u jednom smjeru
- SPt – ograničenje brzine ($SPt = 1.1199 \times \ln(SPp - 20) + 0.8103$)
- SPp = posted speed limit
- HV – postotak teških vozila (autobusa i kamiona)
- PR5 – stanje kolnika (prema FHWA's stanje kolnika ocjenjuje se ljestvicom od 5 točaka, 5=najbolje, 1=najlošije)
- We – prosječna širina prometnoga traka.

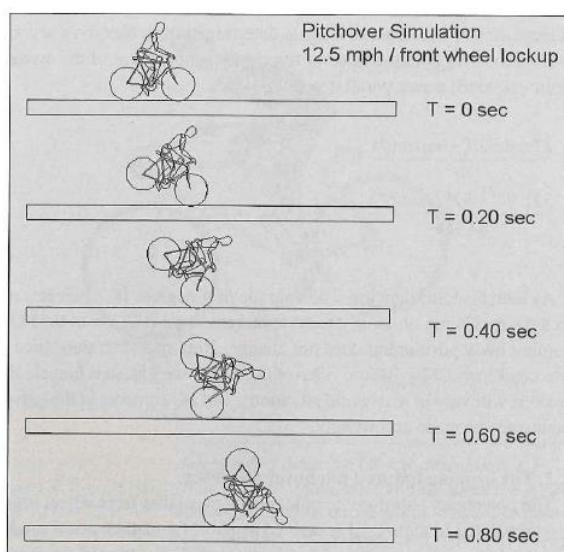
Biciklistička je razina uslužnosti podijeljena u šest stupnjeva koji su označeni slovima od A do F (A – najbolja, F – najlošija). Svaka je razina uslužnosti određena brojem bodova i opisana na način prikazan u sljedećoj tablici.

Tablica 3.8. Biciklistička razina uslužnosti (BLoS)

BLoS Grade	BLoS Score	Description
A	<=1.5	Excellent bicycle environment
B	1.5 - 2.5	Good bicycle environment
C	2.5 - 3.5	Fair bicycle environment (acceptable to experienced and novice bicyclists)
D	3.5 - 4.5	Poor environment (acceptable to experienced bicyclists)
E	4.5 - 5.5	Deficient environment (Unacceptable to experienced and novice bicyclists)
F	> 5.5	Unsafe environment (Unsuitable for any bicycle travel)

3.8.4. Kočenje bicikla

Kočnice služe za kontrolu brzine i deakceleraciju sustava vozač – bicikl. Deakceleracija je određena pomoću trenja između guma i ceste, obično prelazi dinamički stabilitet bicikla. To može dovesti do pada vozača preko upravljača bicikla koji je poznat pod nazivom *pitchover phenome*. Zbog toga je pri kočenju važno prebaciti težinu unazad. Ukoliko se to ne napravi, a naglo se stisnu obadvije kočnice (ili samo prednja), sva će se težina prebaciti na prednji dio bicikla, na prednji kotač, što će dovesti do odizanja stražnjega kotača od tla i prebacivanja vozača preko upravljača (Slika 3.97.).



Slika 3.97. Pad vozača preko upravljača bicikla

Pri naglom kočenju bicikl se naglo usporava, a tijelo zadržava brzinu. Težina se prebacuje na prednji kotač koji koči snažnije od stražnjega, koji gubi kontakt s podlogom. Postoji opasnost od okretanja tijela u letu (salto) ukoliko se prevelika sila kočenja primjeni na prednji kotač.

Na nizbrdici je još veća težina na prednjem kotaču, što ugrožava stabilnost biciklista pri kočenju. Stoga pri vožnji na većim strminama tijelo treba prebaciti unatrag. Kočenje treba obavljati s prekidima kako ne bi došlo do pregrijavanja felga i pucanja gume.

3.8.5. Zaustavni put

Sa stajališta sigurnosti prometa osiguranje je preglednosti biciklističkoga promet bitan faktor u dizajniranju prometne infrastrukture. Ako je ona osigurana, biciklist pravovremeno može prepoznati stanje na prometnici te primjereno postupiti, a i ostali sudionici u prometu mogu lakše uočiti biciklista.

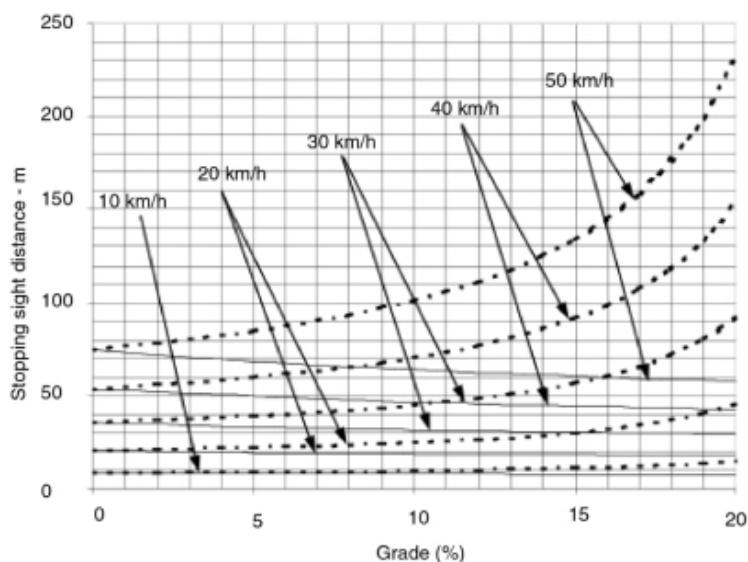
Zaustavna preglednost sadrži vrijeme:

- uočavanja opasnosti
- reakcije vozača
- kočenja sustava.

Duljina zaustavnog puta ovisi o:

- vrsti/kategoriji prometnice (asfalt, makadam, zemlja itd.)
- brzini prilaženja
- uzdužnom nagibu prometnice
- vremenskim uvjetima (kiša, magla itd.).

Na grafikonu je prikazana zaustavna preglednost za različite brzine i nagibe prometnice. U izračunu je korišteno vrijeme uočavanja opasnosti i reakcije vozača u iznosu od 2,5 sekunde i koeficijent trenja od 0,25 koji odgovaraju mokrim uvjetima na cesti.



Grafikon 3.5. Zaustavna udaljenost

Zaustavni put izračunava se prema sljedećoj formuli:

$$S = \frac{V^2}{254(f \pm G)} + \frac{V}{1,4} \quad (3.4.)$$

gdje je:

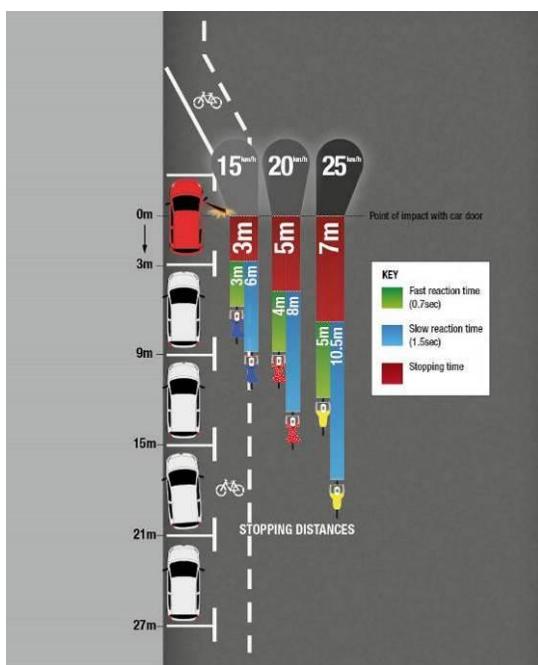
S – zaustavna udaljenost (m)

V – brzina (km/h)

f – koeficijent trenja (0,25)

G – uzdužni nagib prometnice (visina/horizontalna duljina).

Grafički je prikaz zaustavnog puta, ovisno o brzini reakcije i brzini vožnje, prikazan na sljedećoj slici.



Slika 3.98. Zaustavna udaljenost bicikla

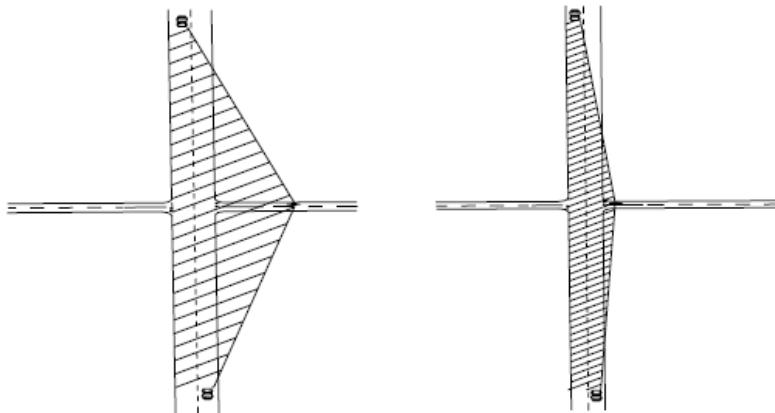
Izvor: [98]

3.8.6. Duljina preglednosti

Preglednost na cesti duljina je koju je potrebno osigurati na cesti radi sigurnoga zaustavljanja, tj. ona predstavlja duljinu zaustavnog puta. Preglednost je bitan element prometne sigurnosti i uvijek ju je obvezno osigurati. Duljina preglednosti mora se osigurati u raskrižjima, horizontalnim i vertikalnim zavojima.

Primjerice, za siguran prolazak kroz raskrižje biciklist mora imati odgovarajući, dovoljan pogled na brzinu drugih sudionika u prometu i mora realno procijeniti udaljenost. Udaljenost ovisi o brzini prometnoga toka i vremena koje je potrebno da bi biciklist prešao prometnicu.

- a) Preglednost pri približavanju raskrižju b) Preglednost pri ulazu u raskrižje



Slika 3.99. Duljine preglednosti biciklista na raskrižju

3.9. Parkiranje bicikala

Na početku i na kraju svake vožnje biciklistu je potrebno osigurati prostor za odlaganje/parkiranje bicikla. Te su lokacije (početne i završne) ujedno i glavnim pokretačima biciklističkoga prometa, kao npr. škole, trgovački centri, željeznički i autobusni kolodvori, radna mjesta, sportski objekti, kulturni objekti i sl.

Krađa bicikala i vandalizam postali su jedan od velikih problema u svijetu. Osiguranjem lokacija za parkiranje bicikla u neposrednoj blizini krajnjega odredišta biciklista, izgradnjom sigurnih spremišta i postolja za bicikle nastoji se privući sve veći broj biciklista. Unatoč svim nastojanjima i dalje ne postoje savršeno sigurni, jednostavni i ponajprije jeftini sustavi za odlaganje bicikla.

Dugotrajna parkirališta sa skloništem za zaštitu od nepovoljnih vremenskih uvjeta moraju biti smještena u blizini stanova, radnih mjesta, škola, hotela, terminala, svih mjesta na kojima će turisti boraviti dulje od dva sata. Ta parkirališta omogućavaju turistima, zaposlenicima, studentima, građanima i drugima koji se zadržavaju na određenom mjestu duže vremensko razdoblje odlaganje svojih bicikala na siguran način. Najmanje 50 % površine dugotrajnoga parkirališta treba biti natkriveno. Veća se sigurnost postiže zatvaranjem prostora, uporabom katanaca, nadzorom ovlaštenih osoba ili videonadzorom.

Kratkotrajna su parkirališta većinom namijenjena posjetiteljima, cikloturistima, klijentima i kupcima koji se zadržavaju manje od dva sata u rekreativnim i komercijalnim centrima. Parkirališta moraju biti na vidljivom mjestu i što je moguće bliže vlasnicima bicikala kako bi obeshrabrla lopove. Parkiranje bicikala na kraći vremenski period trebalo bi biti besplatno.

Lokacije parkirališta moraju biti pregledne, ucrtane na biciklističkim mapama i do njih se mora osigurati javni pristup. Ukoliko parkirališta nisu dostupna na odgovarajućim lokacijama, biciklisti će ostavljati

bicikle naslonjene na fasade zgrada, vezivat će ih lancem uz stupove uličnih svjetiljaka ili ih nasloniti na obližnje drveće, što povećava mogućnost njihova otuđenja. Slika 3.100. prikazuje parkiralište za bicikle koje može biti izvedeno kao otvoreno, natkriveno ili kao zaključani biciklistički spremnik i boks, što je izravno povezano s vremenom odlaganja (kratko, srednje, dugo). Zaključani su biciklistički boksovi i nadzirani spremnici dobra rješenja protiv krađe bicikala i protiv vandalizma.



Slika 3.100. Primjeri za kratko, srednje i dugo parkiranje bicikla

Dimenzioniranje parkirališta za bicikle, odnosno određivanje potrebnoga broja parkirališnih mesta mora biti razmjerno broju postojećih biciklista i potražnji koju stvaraju potencijalna biciklistička odredišta. Kako nisu rađena brojanja bicikala na potencijalnim odredištima biciklističkih putovanja, *Studija* ne daje odgovor o potrebnim kapacitetima za ostavljanje bicikala, već samo prijedlog lokacija parkirališta. Praćenjem ponude i potražnje moguće je doći do optimalnoga broja parkirnih mesta za bicikle. Minimalne ciljne brojke za parkiranje i pohranu bicikala temeljene su na tablicama potrebnoga broja parking-mjesta za najčešće slučajeve.

Tablica 3.9. Dimenzioniranje biciklističkih parking-mjesta

MJESTO	SLUŽBENICI/STANARI (STALNI KORISNICI) BROJ PARKING MJESTA	KATEGORIJA	POSJETIOCI BROJ PARKING MJESTA	KATEGORIJA
Banke	1/100m ²	2	3 + 1/50m ²	3
Bolnice	1/15 kreveta	1	1/30 kreveta	3
Galerije	1/500m ²	2	3 + 1/500m ²	3
Hoteli	1/10 zaposlenih	1 ili 2	5 or 1/20 vozila	1
Industrijska postrojenja	1/350m ²	1 ili 2	1/500m ²	3
Biblioteke	1/500m ²	1 ili 2	5 + 2/200m ²	3
Laka industrija	1/500m ²	1 ili 2	1/500m ²	3
Pasaži	1 / 4 zaposlena	2	3 + 1/50m ²	3
Moteli	1/40 rooms	1	1/500m ²	2
Muzeji	1/500m ²	2	5 + 1/400m ²	3
Šoping centar	1/300m ² g.sal.a.	1	5/150m ² g.sal.a.	3
Zgrada opštine	1/500m ²	2	3 + 1/150m ²	3
Kancelarije	1/100m ²	1 ili 2	5 + 1/450m ²	3
Bazeni	1/400m ²	1 ili 2	2/10m ² područje bazena	3
Ustanove za rekreaciju (unutrašnje)	1 / 4 zaposlena	1 ili 2	1/200m ²	3
Restorani	1/100m ²	2	2 + 1/100m ²	3
Sakralni objekti	1/2 zaposlena	1 ili 2	1/25m ²	3
Samački ili studentski domovi	1 / 4 soba	1	1/16 soba	3
Škole	1/5 studenata students +1/10 zaposlenih	1 ili 2	1/500m ²	3
Sportske hale	1/500 sjedišta	1	1/150 sjedišta	3
Zgrade za stanovanje	1/jedinica 1/5 jedinica	1	1/10 jedinica	3
Prodavnice	1/150m ² sal.a.	1	3 + 1/100m ²	3
Tržnice	1/500m ²	2	1/5 odjeljaka	3
Centri za zabavu	1/500m ²	1 ili 2	3 + 1/50m ²	2
Zdravstvene ustanove	1/400m ²	1 ili 2	1/200m ²	3

Izvor: [63], obrada autora
(Napomena: Ako nije drugačije naznačeno, navedene su bruto površine.)

Mala parkirališta postavljaju se ispred manjih trgovina, radionica, stambenih zgrada i slično. Velika parkirališta za bicikle postavljaju se u blizini učilišta, škola, fakulteta, bazena, sportskih površina, industrijskih pogona, uprava, željezničkih kolodvora i na rubu pješačkih zona.

Biciklisti imaju vrlo različite zahtjeve u odnosu na parkirališta. Najvažniji su: pristupačnost, sigurnost i zaštita.

Klasifikacija je biciklističkih parking-mjesta na temelju razine sigurnosti prikazana u sljedećoj tablici.

Tablica 3.10. Klasifikacija biciklističkih mesta

KLASIFIKACIJA BICIKLISTIČKIH PARKIRALIŠNIH MJESTA

Kategorija	Razina sigurnosti	Opis	Glavni korisnici
1.	Visoka	<ul style="list-style-type: none"> ▪ zaključani pojedinačni boksovi za bicikle, osigurane ostave za bicikle 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ na željezničkim i na autobusnim kolodvorima na kojima je primijenjen Park and Ride sustav
2.	Srednja	<ul style="list-style-type: none"> ▪ različiti tipovi spremišta za bicikle s postoljima za zaključavanje bicikala kao u kategoriji 3.; u zaključana spremišta za bicikle može se ući uz pomoć ključa ili elektronske kartice 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ za zaposlene s punim radnim vremenom, za stanare zgrade ili za stanare u susjedstvu te za redovite korisnike Park and Ride sustava
3.	Mala	<ul style="list-style-type: none"> ▪ različite vrste postolja uz koja su postavljeni bicikli i za čiji se okvir bicikli zaključavaju 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ posjetitelji, kupci, rekreativci, zaposlenici, studenti i sl. na mjestima na kojima se parking za bicikle može izravno nadgledati

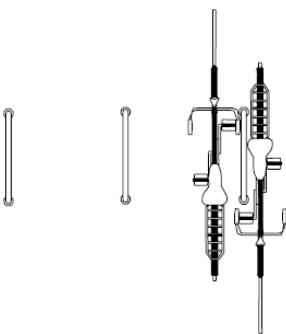
Izvor: [63], obrada autora

Na tržištu je dostupan širok izbor stalaka i držača na koje se bicikl može nasloniti i pričvrstiti. Najčešći su i najučinkovitiji sustavi za parkiranje stalci u obliku obrnutoga slova U, tzv. klamerice (Slika 3.101.).



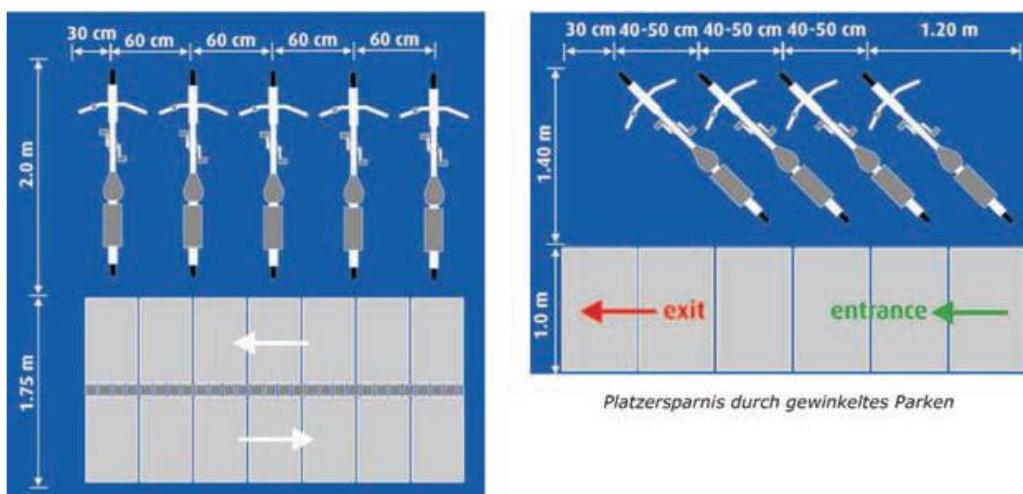
Slika 3.101. Standardno postolje za bicikle

Svaki dio (klamerica) pruža mogućnost odlaganja dvaju bicikala s ugrađenim sustavom zaključavanja bicikla ili bez njega (Slika 3.102.).



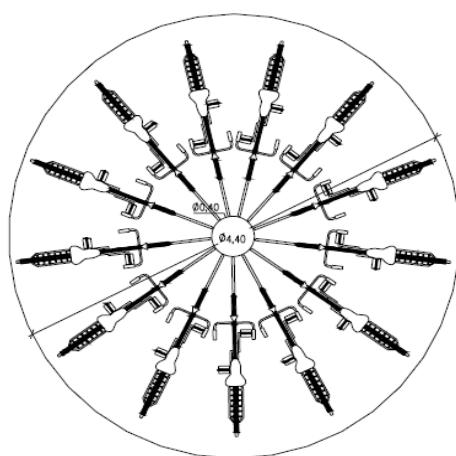
Slika 3.102. Tlocrtni prikaz odlaganja bicikala na sustav parkiranja klamerice

Slika 3.103. prikazuje potreban prostor za okomito i koso parkiranje bicikala



Slika 3.103. Okomito i koso parkiranje bicikala

Ovisno o raspoloživom prostoru postoje i druge mogućnosti parkiranja bicikla. Radijalno parkiranje bicikla prikazano je na Slici 3.104.



Slika 3.104. Radijalno postavljanje postolja

U posljednje se vrijeme grade potpuno automatizirana spremišta za bicikle (Slika 3.105.)



Slika 3.105. Automatizirana odlagališta bicikala

3.10. Bicikl u transportu

3.10.1. Prijevoz djece na biciklu

Prijevoz djece može se obavljati u sjedalicama na biciklu i u prikolici koja se vuče ili gura ispred bicikla. Sjedalice za djecu moraju ispunjavati minimalne zakonske standarde i propise. Prednje se sjedalice postavljaju na prednji kraj bicikla, uglavnom na nosač upravljača. Koriste se u prvim djetetovim godinama vožnje, do težine 15 kg. Prednost su im bliski kontakt, izravna komunikacija s djetetom, pogled u smjeru vožnje. Stražnje se sjedalice postavljaju iza vozača, na okvir bicikla ili na nosač tereta. Najveća je dopuštena težina tereta u dječjoj sjedalici 22 kg.



Slika 3.106. Prednja dječja sjedalica
Izvor: [99]



Slika 3.107. Stražnja dječja sjedalica

Prikolica se vuče ili gura ispred bicikla. U njoj se može prevoziti dvoje, troje i više djece. Prikolice imaju više prostora, udobnije su za sjedenje te pružaju zaklon od vjetra, kiše i sunca. Prikolicom se mogu prevoziti djeca ukupne težine od 30 do 50 kg. Ona zauzima više prostora, djeca su dalje od roditelja/vozača i nisu optimalno rješenje za gradsku vožnju s intenzivnim prometnim tokom. Skuplje

su od sjedalica, zahtijevaju veći prostor za parking i otežavaju manevriranje jer utječu na upravljivost bicikla. Odluka je o izboru prikolice ili sjedalice prepuštena vozaču bicikla.



Slika 3.108. Dječja prikolica postavljena naprijed
Izvor: [72]



Slika 3.109. Dječja prikolica postavljena nazad
Izvor: [100]

3.10.2. Cargo prijevoz biciklom

U skladu s europskim primjerima bicikl se u posljednje vrijeme sve više nameće kao učinkovito transportno vozilo u urbanom teretnom prometu, radi smanjenje pritisaka na okoliš u vidu smanjenja onečišćenja i buke. Smatra se kako se oko 40 % svih emisija CO₂ odnosi na gradski promet.

Udio je teretnoga prometa u središtima velikih gradova kao što su Hamburg, Berlin i München veći od 50 % ukupnoga prometa tijekom dana, a u Londonu i u Parizu još je veći [101]. Posebno je velik udio teretnoga prometa, do 3,5 tone u poštanskom sektoru, u obrtništvu i u ugostiteljstvu. Zbog nedostatka skladišnih prostora i velike cijene najma u središtu grada sve se više povećava broj dostava. U logističkom je lancu posebno problematičan tzv. „posljednji kilometar“. On je najskuplji, najneučinkovitiji i najviše zagađuje u cijelom lancu dostave. Protuzakonito parkiranje dostavnih vozila i nepoštivanje termina dostave izravno utječe na redovitost odvijanja prometa u središtima gradova.

Teretni bicikli pojavljuje se krajem 19. stoljeća i imao je bitnu ulogu u isporuci tereta u brojnim europskim gradovima. Nažalost, statistički podatci o korištenju teretnih bicikala u Europi ne postoje. Poznati su brojni modeli različitih proizvođača koji mogu prevoziti najmanje 50 kg tereta i pogodni su za komercijalnu upotrebu. Međusobno se razlikuju u dizajnu te mogu imati dva, tri ili četiri kotača.

Mogu se podijeliti u sljedeće kategorije:

- pekarski ili poštanski bicikli
- bicikli s prednjim niskonosivim utovarnim prostorom
- bicikl sa stražnjim prtljažnim prostorom.

Pekarski ili poštanski bicikli slični su konvencionalnim biciklima, opremljeni većim prtljažnim prostorom s prednje strane upravljanja, a ponekad i drugim prtljažnim prostorom u stražnjem dijelu. Imaju samo dva kotača i uglavnom malu nosivost do 75 kg. Pojedini modeli imaju nosivost i do 150 kg.



Slika 3.110. Pekarski ili poštanski bicikl

Izvor: [101]

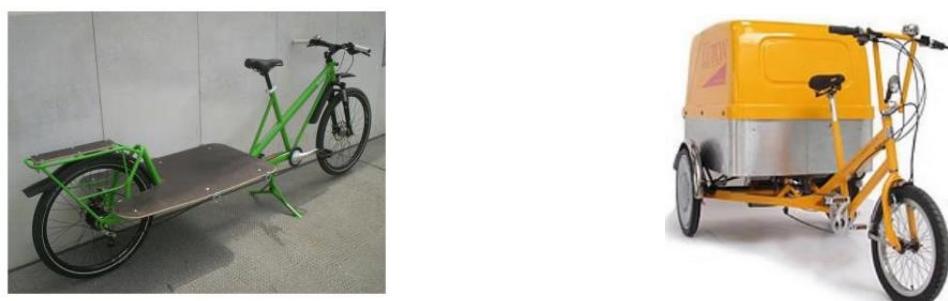
Bicikli s prednjim niskonosivim utovarnim prostorom opremljeni su prtljažnim prostorom koji je smješten na najnižoj mogućoj razini između prednjega kotača i upravljača. To povećava stabilnost bicikla i omogućuje prijevoz veće količine tereta. Bicikli s dvama kotačima imaju nosivost do 180 kg, a s trima kotačima i do 500 kg.



Slika 3.111. Bicikli s prednjim niskonosivim utovarnim prostorom

Izvor: [101]

Bicikli sa stražnjim prtljažnim prostorom imaju nosivi prostor postavljen iza vozača. Ovakav način prijevoza robe ne blokira vidno polje vozača. Bicikli s dvama kotačima mogu nositi do 200 kg, s trima kotačima do 250 kg, a s četirima kotačima i do 400 kg tereta.



Slika 3.112. Bicikl sa stražnjim prtljažnim prostorom

Izvor: [101]

Teretni bicikli mogu imati dodatni električni pogon te ih mogu pokretati i dva vozača. Kako su ovo posebni radni bicikli, cijena im se kreće od 700 do 10 000 €.



Slika 3.113. Teretni bicikl

Izvor: [101]

Teretni je bicikl pogodno prijevozno sredstvo za prijevoz robe, posebno na zadnjem kilometru u urbanim gradskim središtimama. Sveobuhvatnom se upotrebom teretnih bicikala može pospješiti održivi prometni sustav. Trebaju je poticati predstavnici gradske vlasti poticanjem takvoga način poslovanja pojedinih prijevozničkih tvrtka. Štoviše, teretni bicikl mora biti priznat i na nacionalnoj razini za koncepte i za postupke u razvoju urbanoga teretnoga prometa. Važnost je teretnih bicikala u budućnosti snažno povezana s dinamikom urbanoga razvoja i prometne politike.

3.11. Integriranje bicikla u javni promet

Bicikl je ponajprije način putovanja na kraćim udaljenostima, do 10 kilometara. Međutim, bicikl može poslužiti kao nadopuna dužim putovanjima javnim gradskim prijevozom, željezničkim prijevozom ili osobnim vozilima.

Prijevoz bicikla osobnim vozilom može se obavljati pomoću krovnih nosača ili nosača na stražnjoj strani vozila. Najveći je problem kod krovnoga nosača sigurnosni aspekt (opasnost da bicikl „odleti“ s krova pri kočenju), podizanje bicikla na krov i otpor zraka koji bicikli stvaraju u vožnji. Kod prijevoza je na stražnjoj strani vozila sigurnost veća, ali je problem što bicikl često prekrivaju stražnja svjetla i registrarske pločice, što je kažnjivo.

S ciljem podizanja kvalitete i atraktivnosti mnogi javni prijevoznici dopuštaju prijevoz bicikala u svojim prijevoznim sredstvima. Neki za to naplaćuju dodatnu naknadu, dok drugi ne naplaćuju. Najveći broj operatera dopušta vožnju bicikla izvan vršnoga perioda, ali ograničavaju prijevoz tijekom vršnoga opterećenja. U željezničkom je prometu dopušten prijevoz bicikla u odjeljcima ili posebnim vagonima namijenjenima prijevozu bicikala.

Posebnu pozornost treba posvetiti pričvršćivanju bicikala u prijevoznim sredstvima jer slabo pričvršćen bicikl predstavlja moguću opasnost za putnike. U željezničkim se vozilima bicikli pričvršćuju vodoravno ili okomito, kukama i pojasevima.

Klasični se bicikli zbog svojih dimenzija ne prevoze u autobusima, već se prevoze na biciklističkim stalcima koji se nalaze na prednjoj ili na stražnjoj strani autobusa. U novije su vrijeme sve prisutniji sklopivi bicikli manjih dimenzija koji se kao ručna prtljaga unose u prijevozna sredstva bez zabrana.



Slika 3.114. Prijevoz bicikala u vlaku



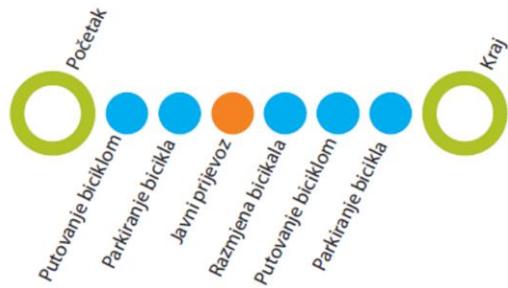
Slika 3.115. Prijevoz bicikala autobusom



Slika 3.116. Sklopivi bicikl u javnom prijevozu

Bicikl je ponajprije prijevozno sredstvo za kraća putovanja. On može imati važnu ulogu i u duljim putovanjima kao **dopunsko prijevozno** sredstvo uz javni prijevoz. Integracija bicikla i/ili *bike sharing* sheme u sustav javnoga prijevoza važan je način poticanja lanaca intermodalnih oblika javnoga prijevoza.

Putovanje vlakom podrazumijeva hodanje ili dodatna putovanja autobusom ili tramvajem na početku ili na kraju lanca putovanja. Čak i u gradu, hodanje, čekanje i presjedanje jednom ili više puta može biti prilično obeshrabrujuće. Kombinirano korištenje bicikla i javnoga transporta, tzv. multimodalni /intermodalni prijevoz (Franke, 2004.: 4), povećava prednosti oba moda i može predstavljati ozbiljnu alternativu automobilu.

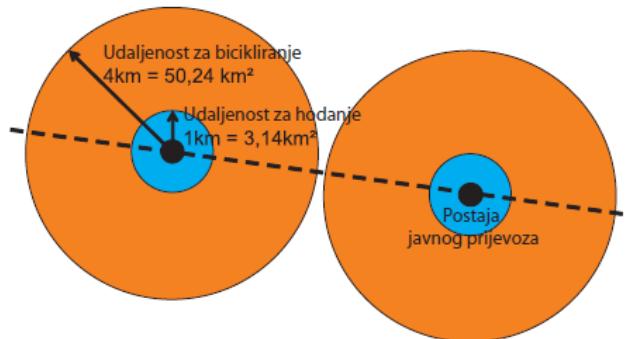


Slika 3.117. Primjer intermodalne prometne povezanosti

Kombinacija je bicikla i javnoga prijevoza u jednom putovanju vrlo obećavajuća. Vožnja biciklom od kuće do stanice ili od stanice do odredišta može znatno pojednostaviti putovanje, a često i uštedjeti vrijeme. Možete od kuće krenuti vlastitim biciklom i zatim ga parkirati blizu stanice. Ponekad ga možete

i prevesti javnim prijevozom te jednostavno ostatak puta do odredišta prijeći biciklom. Bicikl vas može čekati na posljednjoj stanici. Povezivanje je biciklističkoga prometa sa stajalištima javnoga prijevoza učinkovito za duža putovanja (preko 7,5 km).

Bicikl proširuje područje koje opslužuju kolodvori javnoga prijevoza. U flamanskoj regiji Belgije 22 % ukupnih putovanja do stanica javnoga prijevoza ostvaruje se biciklom. U Nizozemskoj se bicikl koristi za čak 39 % putovanja do stanica javnoga prijevoza.



Slika 3.118. Potencijal stajališta javnoga prijevoza

Intermodalna povezanost bicikla i javnoga prijevoza uključuje tri razine:

- biciklističko parkiralište na kolodvorima javnoga prijevoza
- prijevoz bicikla javnim transportom
- sustav iznajmljivanja.

U mnogim se slučajevima biciklističke postaje nalaze u blizini kolodvora javnoga prijevoza (podzemnih ili lakovih gradskih željeznica, tramvajskih i autobusnih linija). Infrastruktura za parkiranje sadrži standardnu opremu (stalke i držače), po mogućnosti natkrivenu ili na drugi način zaštićenu od vremenskih neprilika na svim stanicama. Na najvećim stanicama postoje besplatna zatvorena i nadzirana spremišta. Parkirališta trebaju biti oblikovana tako da omogućuju što lakše presjedanje s bicikla na vlak i obrnuto, smještena na pristupačnoj ruti, na maloj pješačkoj udaljenosti od perona, s dugim radnim vremenom i pristupačna. Usluge mogu uključivati sve, servis bicikala, iznajmljivanje raznih dodataka, tuševa i biciklističke informacije.

Jedna je opcija u intermodalnom lancu omogućiti biciklistima nošenje bicikala sa sobom u vozilima javnoga prijevoza. Prednost je takve prakse u tome što omogućuje biciklistima korištenje vlastitoga bicikla „od vrata do vrata“. Primjena je ovakvoga rješenja ograničena jer će tu uslugu moći koristiti samo mali broj biciklista. Bicikli zauzimaju prostor i može doći do prenatrpanosti. Unošenje i iznošenje

bicikla oduzima vrijeme svim putnicima. Bicikli u vozilu mogu predstavljati opasnost ukoliko nisu čvrsto pričvršćeni.

U većini europskih zemalja bicikli se u vozila javnoga prijevoza smiju unositi samo u vrijeme kada nema gužve (između 9 i 16 sati te između 18 i 19 sati nadalje). Neki operateri javnoga prijevoza aktivno podržavaju prijevoz bicikala na rekreativnim putovanjima i turističkim obilascima ili u vrijeme praznika i turističke sezone. Prijevoz je bicikala posebno pogodan za putovanja na duljim relacijama izvan grada.

U željezničkim vozilima bicikli mogu biti pričvršćeni vodoravno ili okomito, kukama ili pojasevima.

U autobusu se bicikli pričvršćuju za vanjsku stranu vozila, sprijeda ili straga, ili za posebnu prikolicu.

Sklopivi bicikli sve se češće unose u vozila javnoga prijevoza. Kako zauzimaju istu količinu prostora kao i manji kofer, u pravilu bi trebalo dopustiti njihovo unošenje u sva vozila javnoga prijevoza.

3.12. Javni bicikli

Javna je biciklistička usluga oblik javnoga prijevoza koji omogućuje iznajmljivanje bicikala korisnicima (u užem području grada) kako bi se smanjila gužva na cestama, buka i ispušni plinovi, sa svrhom povećanja zdravlja građana i sigurnosti na cestama.

Održiva je mobilnost temeljnom idejom uvođenja javnoga bicikla.

Prema *De Maiou* javni bicikl koristi jedna osoba kako bi došla na odredište na kojem ga ostavlja na korištenje drugoj osobi [102].

To je relativno novi model urbanoga komuniciranja, sinergija bicikla i javnoga prijevoza čijom je svrhom smanjenje korištenja osobnoga automobila na kratkim putovanjima unutar grada.

Koncept je javnih bicikala poznat već gotovo pola stoljeća. U tom su razdoblju postojale četiri generacije javnih bicikala. Nažalost, iskustva su uspješnih promjena vrlo skromna. U posljednjih pet godina neke su tehničko-tehnološke inovacije uvedene u treću generaciju javnih bicikala.

Tablica 3.11. prikazuje četiri generacije javnih bicikala s osnovnim karakteristikama.

Tablica 3.11. Javni bicikli kroz povijest

	Godina javljanja	Grad	Dizajn	Način plaćanja	Kriterij korištenja
Prva generacija	1968.	Amsterdam	Bijeli bicikl	Besplatno	Korišteni u privatne svrhe bez posebnoga nadgledanja, pojedinac je mogao naći ili ostaviti bicikl bilo gdje na ulici, nije bilo stajališta za bicikle

Druga generacija	1995.	Kopenhagen	Poseban dizajn bicikla, stajališta na autobusnim i tramvajskim stanicama i blizu trgovačkih centara	Plaćanje kovanicom koja se po povratku bicikla vraća korisniku	Sprječavanje od krađe i od uništenja
Treća generacija	2007.	Barcelona	Poseban dizajn bez obzira na spol i dob	Uvođenje smart kartica i visoke tehnologije	Identifikacija korisnika, naplaćivanje pomoću kartica i mobilnih uređaja
Četvrta generacija	2012.	Washington	Razlikuju se od ostalih bicikala i njihovi dijelovi ne odgovaraju ostalim biciklima	Uvođenje smart kartica, visoke tehnologije te kombiniranja s javnim prijevozom	Vraćanje bicikla na bilo koju stanicu u gradu

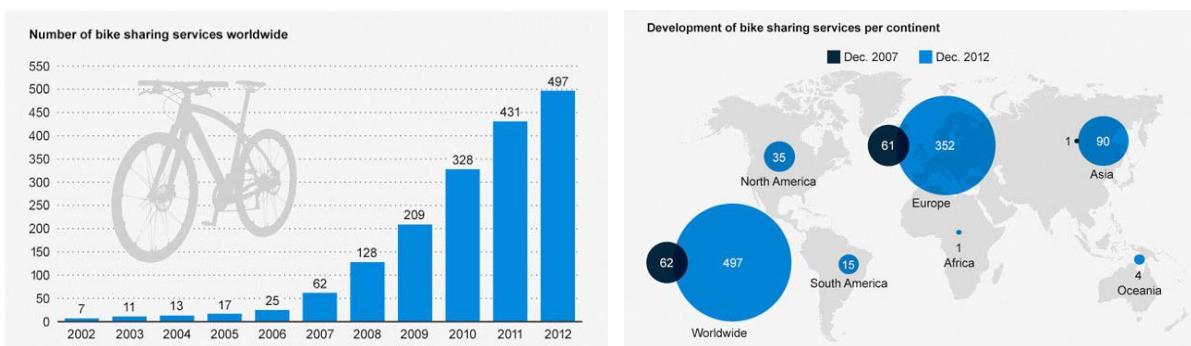
Treba znati kako je početno ulaganje potrebno za ovakav projekt poprilično veliko.

Troškovi su uvođenja BSS sustava u neke gradove sljedeći:

- „Velib” Pariz – 20 600 bicikala, 28 800 kn/bicikl
- „Smartbike” Washington D.C. – 120 bicikala, 23 265 kn/bicikl
- „Bixi” Montreal – 2400 bicikala, 32 300 kn/bicikl
- Hawaji-Oaho – 100 bicikala, 20 680 kn/bicikl
- „City Bike” London – 200 bicikala, 5355 kn/bicikl.

Prema statističkim podatcima broj gradova diljem svijeta koji nude uslugu javnih bicikala stalno raste.

Tako je tijekom 2013. godine zabilježeno sveukupno 675 gradova koji su u ponudi imali oko 700 000 bicikala na preko 33 000 stanica [103].



Grafikon 3.6. Broj sustava BSS u svijetu

Izvor: [103]

U Republici Hrvatskoj prvi je pokušaj uvođenja usluge javnih bicikla započeo 90-ih godina u Koprivnici, ali je neslavno završio zbog vandalizma.

Kao ozbiljniji početak razvoja sustava javnih bicikala u hrvatskim gradovima može se uzeti 2012. godina kada započinje pilot projekt *BicOS* u Osijeku. Ovaj je sustav raspolažao s dvama stajalištima i s deset bicikala. Nakon toga je na Sveučilištu u Zagrebu uvedena usluga iznajmljivanja bicikala, dostupna isključivo studentima Zagrebačkoga sveučilišta. Sustav popularno nosi naziv *Studocikl* i rezultat je provedenoga međunarodnoga projekta *Civitas Elan 2008. – 2012.* [104]. Iste je godine uvedena usluga razmjene bicikala za sve potencijalne korisnike u gradu Zagrebu pod nazivom *NextBike – Zagreb*. Tijekom 2013. godine grad Umag uvodi sustav razmjene bicikala i naziva ga *Park and Ride* pri čemu na 5 stajališta ima 93 bicikla, od čega 18 pedeleca [105].

Tablica 3.12. prikazuje prednosti i nedostatke sustava javnih bicikala.

Tablica 3.12. Prednosti i nedostatci sustava javnih bicikala

Prednosti	
Društvene	<ul style="list-style-type: none"> • doprinosi općoj mobilnosti u gradu • potiče intermodalno prometovanje • omogućuje jeftino prometovanje za sve građane • usluga se pruža izravno na potražnju (<i>on demand</i>) • destinacije nisu dostupne drugim prijevoznim sredstvom • ne stvaraju se dodatne gužve u prometu • smanjuje se krađa privatnih bicikala • podiže se razina općega zdravstvenoga stanja građanstva
Ekonomski	<ul style="list-style-type: none"> • bicikli zahtijevaju manje infrastrukture od drugih transportnih oblika • jeftiniji su za proizvodnju i održavanje
Za okoliš	<ul style="list-style-type: none"> • ne zagađuje se okoliš • ne troše se fosilna goriva • koristi se manje resursa
Nedostatci	
<ul style="list-style-type: none"> • skupa početna investicijska ulaganja • korištenje usluge ovisi o vremenskim uvjetima • velika međusobna udaljenost parkirališnih lokacija (preko 30 min. vožnje) • mali broj bicikala • jedan od glavnih problema s kojim se susreću javni biciklistički servisi jesu: vandalizam, uništenje i krađa bicikala 	

Javni biciklistički servis može se podijeliti na više načina:

a) s obzirom na način iznajmljivanja bicikala:

- *Bicycle sharing* (samoposluživanje tijekom 24 sata bez nazočnosti operatera)
- *Rentabike* (iznajmljivanje bicikla samo u vrijeme rada operatera)

b) s obzirom na mogućnost ostavljanja bicikla:

- fiksni sustavi (mogućnost ostavljanja bicikla samo na dizajniranoj postaji)

- fleksibilni sustavi (omogućuju podizanje i ostavljanje bicikla na nedizajniranoj lokaciji, zaključavaju se posebnom bravom te se mogu odložiti na bilo koji biciklistički stalak, prometni signal ili bilo koji drugi stacionarni objekt za koji se vezuju lancem ili kablom)

Prednosti su fleksibilnoga sustava sljedeće:

- operater ne treba graditi mrežu specijaliziranih postaja
- korisnici se ne moraju voziti do stanice kako bi ostavili bicikl
- neka se ograničenja mogu primjenjivati (gdje korisnik smije ostaviti bicikl, točno područje, visoke vidljivosti, raskrižja, uzduž glavne ulice)
- bicikl je opremljen GPS-om
- korisnik mora obavijestiti operatera gdje je ostavio bicikl
- problem redistribucije bicikla

Većina javnih biciklističkih sustava koristi fiksne stanice s posebnim zaključavanjem.

c) s obzirom na svrhu korištenja:

- svakodnevna putovanja na posao
- rezidencijalna uporaba (primjena u Japanu)

d) s obzirom na otvorenost usluge:

- „javna” otvorena usluga za sve
 - „privatni” ili „zatvoreni” sustav koji je namijenjen samo zaposlenicima nekih poduzeća ili klijentima pojedinih ustanova; takvu uslugu često pružaju hoteli u turističkim regijama.
- Bicikli se obično vraćaju na mjesto na kojem su podignuti.

Osnovni su problemi koji se pojavljuju i pitanja na koja se mora odgovoriti pri uspostavi sustava javnih bicikala sljedeći:

- ciljani korisnici
- područje obuhvata
- broj i distribucija bicikla i stanice
- financiranje
- cijena najma
- troškovi
- sigurnost
- edukacija i promocija
- održavanje i administracija
- naučene lekcije.

Sustav javnih bicikala treba ispoštovati sljedeće elemente:

- dobru pristupačnost
- razgranatu mrežu baza posudbenih punktova (od 300 do 500 m)
- informiranost građana
- samoposluživanje (bez posredničke pomoći)
- brz i jednostavan postupak uzimanja i vraćanja bicikla tijekom 24 sata
- sustav utemeljen na *smart card* tehnologiji
- cijenu (omogućiti korisnicima neka prvih pola sata koriste uslugu sustava besplatno, a zatim produženje usluge u minutama)
- dizajn.

Moderne su postaje sustava javnih bicikala prikazane na sljedećim slikama.



Slika 3.119. Postaje sustava javnih bicikala

Dvije su osnovne sastavnice svakoga sustava (Slika 3.120.).

To su:

- stalak za zaključavanje javnih bicikala
- uslužni terminal.



Slika 3.120. Sastavnice fiksног BBS sustava (Vélib station)

Bicikli su pričvršćeni za stalke posebnim bravama. Registriranje korisnika uobičajeno se obavlja provlačenjem magnetnih (*smart*) kartica ispred predočnika na terminalu ili izravno na biciklističkom stalku, nakon čega brava otpušta bicikl. Neki sustavi dopuštaju pristup neregistriranim korisnicima plaćanjem na terminalu putem kreditne kartice. Osim karticom pristup je biciklima omogućen i pomoću kovanica, šifra i sl. (Slika 3.121.).



Slika 3.121. Mogućnost pristupa biciklu

U svakom trenutku bicikli trebaju biti ravnomjerno raspoređeni po postajama u gradu. Tijekom jutarnjih i popodnevnih špica potražnja nije izbalansirana pa dolazi do neravnomjernoga rasporeda bicikala po postajama. Stoga je potrebno organizirati stalnu službu prikupljanja i razmještanje bicikala radi uspostave novoga balansa u skladu s prijevoznom potražnjom (Slika 3.122.).



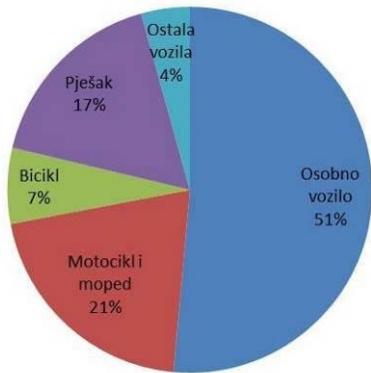
Slika 3.122. Služba prikupljanja i razmještanje bicikala

4. SIGURNOST PJEŠAKA I BICIKLISTA U PROMETU

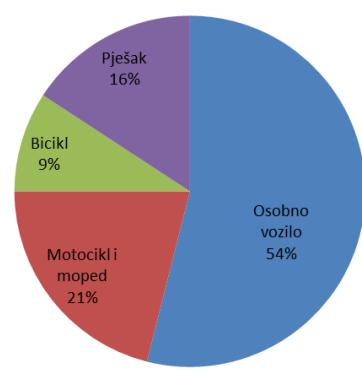
Ranjivi sudionici najslabijom su karikom prometnoga sustava u pogledu sigurnosti. Iznimno su ugroženi (ranjiviji su od ostalih) i imaju veći rizik od ozljeda u sudaru s vozilom. Nezaštićeni su izvana (oklopom, štitom), nemaju pojaseve ni zračne jastuke koji će apsorbirati energiju vozila pri sudaru. Glavne opasnosti ranjivim sudionicima u sudaru predstavljaju veće brzine i mase vozila. U najužem su smislu ranjivi korisnici sljedeći: pješaci (djeca, starije osobe, osobe s invaliditetom) i biciklisti (pedelec, električni bicikli). U skupinu pješaka obično se ubrajaju i rolleri, *skateboarderi* i korisnici *segwaya*. U nešto širem smislu u skupinu ranjivih korisnika ubrajaju se vozači motornih vozila na dva kotača – vozači mopađa i motocikala, a u novije se vrijeme ovaj problem proširuje na mlade osobe kao na posebno ranjivu skupinu.

4.1. Pješaci

Pješaci čine između 18 % i 37 % pognulih na cestama širom svijeta. U 14 zemalja EU-a 2006. godine poginulo je ukupno 3547 pješaka. Udio je pognulih pješaka u RH oko 17 %, a na području Policijske uprave zagrebačke 16 %, što je nešto manje od prosjeka EU-a.



Slika 4.1. Udio poginulih sudionika u cestovnom prometu prema svojstvu i vrsti vozila u Hrvatskoj 2011. godine
Izvor:[15], [106]



Slika 4.2. Udio poginulih sudionika u cestovnom prometu prema svojstvu i vrsti vozila u PU zagrebačkoj 2011. godine
Izvor: [15], [106]

U statističkim izvješćima uglavnom se bilježe pješačke nesreće koje su nastale kao rezultat kolizije pješaka s motornim vozilima. Prometne nesreće koje se događaju dok pješak hoda, padne i ozlijedi se uglavnom se ne bilježe i o njima se ne izvještava.

U razvijenim zemljama najviše se nesreća, oko 80 %, događa dok pješaci prelaze cestu, gotovo 90 % na pješačkom prijelazu. Manji broj nesreća događa se za vrijeme dok pješak hoda uzduž ceste između raskrižja. U nerazvijenim zemljama i zemljama u razvoju nešto veći broj nesreća događa se za vrijeme dok pješaci hodaju uzduž ceste, što se pripisuje većoj brzini i nedostatku bilo kakve kontrole (policije,

signalata,...). Oko 65 % nesreća u kojima sudjeluju pješaci događa se na signaliziranim pješačkim prijelazima u vrijeme zelene faze za pješake. Uzrok su najvećemu broju nesreća, oko 65 %, vozila koja skreću ulijevo. Desni su skretajući uzrok 37 % nesreća u kojima sudjeluju pješaci. Pješaci skraćuju puteve kako bi uštedjeli energiju i vrijeme, ne koriste podvožnjake, odnosno nadvožnjake i ne poštuju semafore ako moraju predugo čekati na pojavu zelene faze. Na poznatim rutama manje pozornosti obraćaju na promet, a više se ponašaju prema optičkim dojmovima. Osjetna se razlika u broju nesreća javlja s obzirom na dob pješaka. Najveći broj nesreća imaju osobe između 5 i 29 godina.

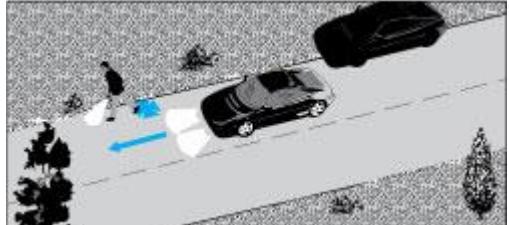
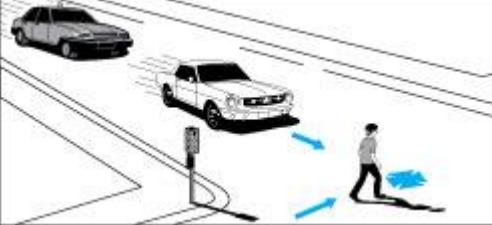
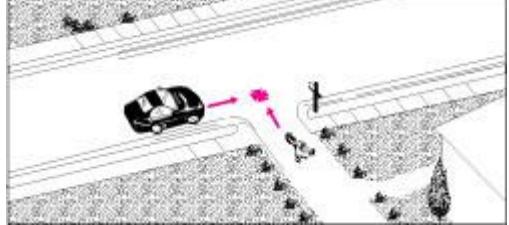
Nešto veći udio sa smrtnim ishodom u zemljama u razvoju u odnosu na razvijene zemlje imaju djeca i starci. Djeca zbog fizičkih osobina (niskoga rasta, nedovoljno razvijenoga vida,...), mentalnih i kognitivnih sposobnosti (impulzivni, teško procjenjuju brzinu i udaljenost vozila, prostorne relacije), a starci zbog slabijih refleksa i nemoći više su izloženi riziku od nesreće. Period je oporavka od ozljeda za starije osobe puno duži te je visoka vjerojatnost dugoročnoga invaliditeta.

Siromašni ljudi s niskim dohotkom više pješače pa su time i više izloženi opasnosti od prometnih nesreća. U slučaju nesreće često nisu u mogućnosti platiti medicinske i pogrebne troškove. Važan je faktor u svim nesrećama i struktura prometnoga toka koja je u nerazvijenim zemljama vrlo heterogena. Zbog mješovitoga toka velike su i razlike u brzinama kod prometnih entiteta, što također povećava rizik među samim sudionicima.

Tipovi prometnih nesreća s pješacima

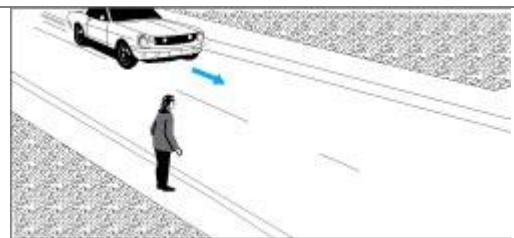
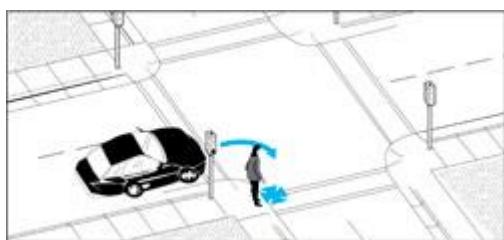
U sljedećoj tablici prikazani su razni tipovi konfliktnih situacija pješaka u prometu.

Tablica 4.1. Tipovi konfliktnih situacija pješaka u prometu

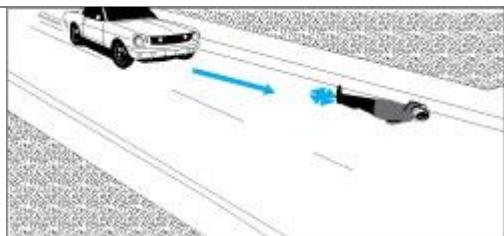
Tipovi konfliktnih situacija/sudara		
Neobične okolnosti		

Iza vozila		
Radovi ili igra na cesti		
Povezano s autobusom		
Iznenadne situacije		
Pješačenje uz rub ceste		
Prelaženje preko ceste/prijelaza		

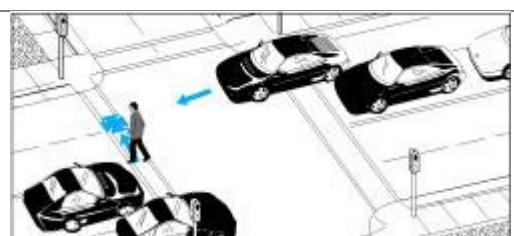
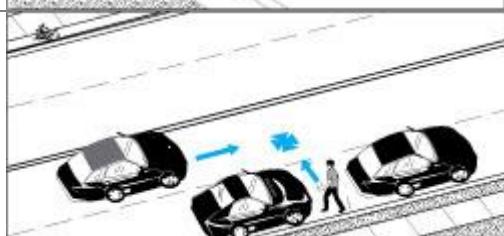
Čekanje na
prelazak ceste



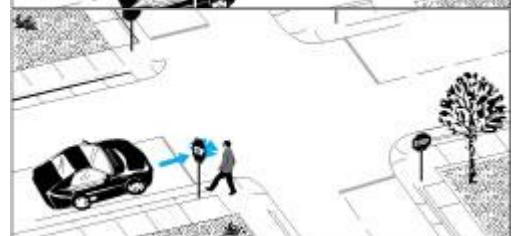
Pješak na kolniku-
okolnosti
nepoznate



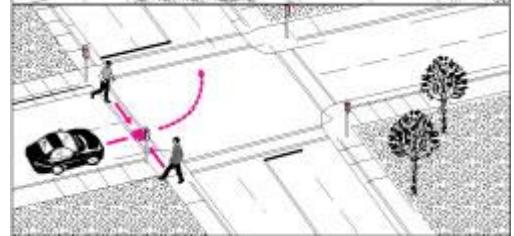
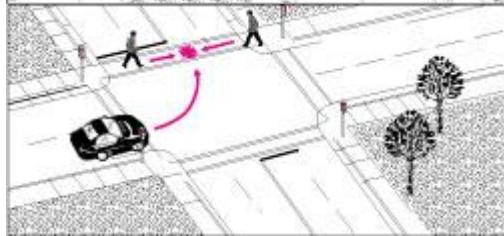
Višestruka
opasnost



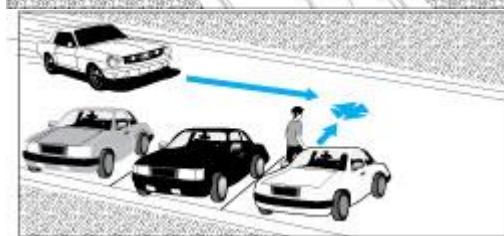
Prelazak ceste –
vozilo ne skreće

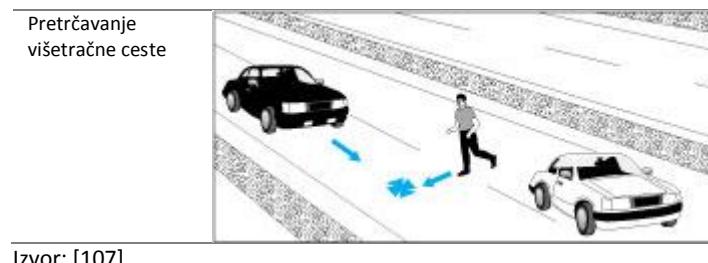


Prelazak ceste –
vozilo skreće



Izvan ceste





4.2. Biciklisti

Izračunano je kako u svijetu ima oko 800 milijuna bicikala, što je dva puta više nego motornih vozila. Samo u Kini biciklisti sudjeluju u 1/3 svih smrtnih slučajeva u prometu. Udio biciklističkih nesreća u Europi i EU kreće se u prosjeku od 3 % do 6 %. Oko 3/4 svih nesreća u koje su uključeni biciklisti događa se u urbanim sredinama. Samo je 1/2 do 2/3 navedenih nesreća sa smrtnim ishodom. Daleko se ozbiljnije posljedice za bicikliste u slučaju prometnih nesreća događaju u ruralnim sredinama (VTT, 2001. godine). U RH taj udio iznosi 7 %, dok je na području PU zagrebačke on nešto veći i iznosi 9 %. Biciklisti su na području PU zagrebačke tijekom 2011. godine sudjelovali u 413 nesreća u kojima je 7 osoba poginulo, a 310 ih je ozljeđeno [15], [106]. Najveći broj biciklističkih nesreća u svijetu dožive djeca između 6 i 14 godina starosti. Stari i mladi biciklisti imaju veći rizik pa im je potrebna i veća zaštita u prometu.

U slučaju sudara s motornim vozilom biciklisti su gotovo uvijek žrtve. U mješovitom prometnom okruženju autobusa i kamiona njihova manja visina i uska frontalna silueta predstavljaju dodatnu opasnost od ozljeđivanja zbog slabije vidljivosti. Nisko obrazovanje, nedostatak iskustva, obuke i treninga, alkohol, nepozornost, kiša, loše održavani kolnik razlozi su gubitka kontrole nad biciklom i sukoba s pješakom ili s motornim vozilom. Međutim, najveći broj sudara ne uključuje koliziju s motornim vozilima, već je to pad ili kolizija sa stacionarnim objektom i s pješakom u gotovo 65 % do 85 % slučajeva. Jedino je pješak češća žrtva od biciklista u slučaju međusobne kolizije.

Biciklisti u prometu ponekad moraju slijediti pravila za vozače, a ponekad za pješake, što im dodatno otežava poziciju u prometu. Neodgovarajuće ponašanje biciklista, a i vozača motornih vozila, u funkciji je dobi i čest je uzrok nesreće u prometu. Djeca se teško nose sa svim prometnim pravilima i propisima koji se pred njih postavljaju. Mladi biciklisti pokazuju što znaju i mogu napraviti s biciklom, češće se voze po kolniku zajedno s automobilima, ne poštuju crveno svjetlo, a sve to povećava rizik od prometne nesreće. Stariji su biciklisti oprezni, sporije reagiraju, teže održavaju ravnotežu i preferiraju razdvojene biciklističke staze od kolnika. I jedni i drugi, djeca i stariji biciklisti, prekomjerno su zastupljeni u prometnim nesrećama.

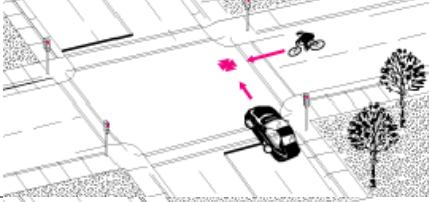
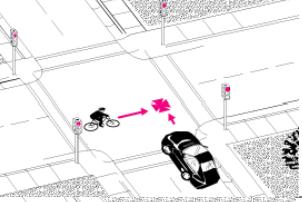
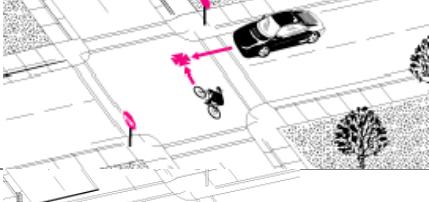
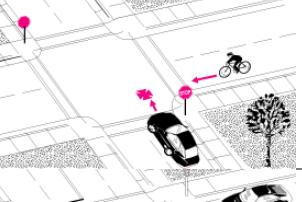
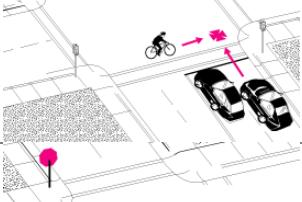
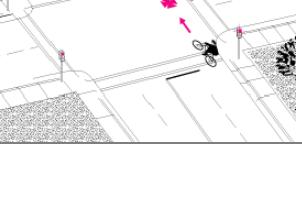
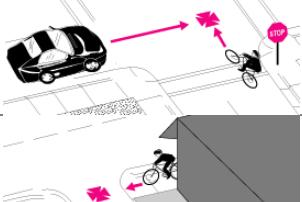
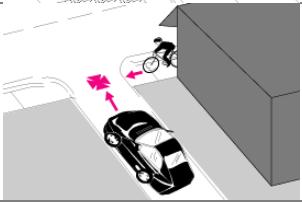
Kao i kod pješačenja biciklisti odabiru najkraći put do cilja. Često se voze jednosmjernim ulicama u krivom smjeru. Ovakva vožnja, posebno kroz raskrižja za vrijeme skretanja, kao i presijecanja kolnih ulaza preko kojih se vozila uključuju na cestu, može biti kobna za bicikliste. Utjecaj alkohola i prevelika brzina dodatno povećavaju rizik od nastanka nesreće.

O mnogim se nesrećama u kojima sudjeluju biciklisti (padovi, udarac u ivičnjak i sl.) ne vodi evidencija pa se pravo stanje o njima ni ne zna. Korištenjem zaštitne odjeće: rukavica, kombinezona, jakna, obuće, kaciga te većom ispravnošću vozila može se znatno smanjiti broj nesreća i bicikliste održavati na razini dobre fizičke i psihičke kondicije.

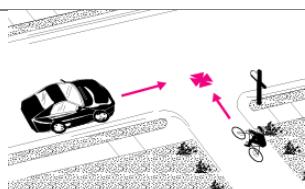
Tipovi prometnih nesreća s biciklistima

Karakteristični tipovi konfliktnih situacija biciklista u prometu prikazani su u sljedećoj tablici.

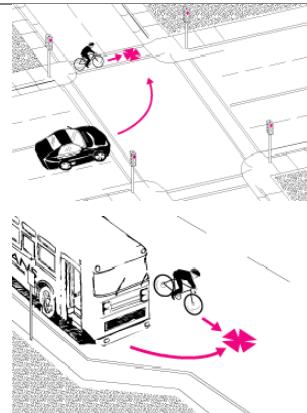
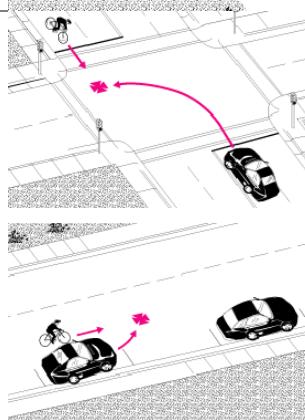
Tablica 4.2. Tipovi konfliktnih situacija biciklista u prometu

Tipovi konfliktnih situacija/sudara	
Pogreška automobila na raskrižju sa svjetlosnom signalizacijom	 
Pogreška automobila na raskrižju na kojem nema svjetlosne signalizacije	 
Pogreška biciklista na raskrižju sa svjetlosnom signalizacijom	 
Pogreška biciklista na raskrižju na kojem nema svjetlosne signalizacije	
Pogreška automobila pri izlazu sa sporedne ceste	

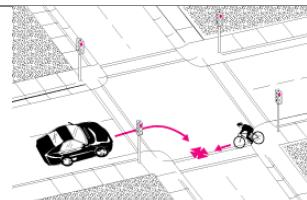
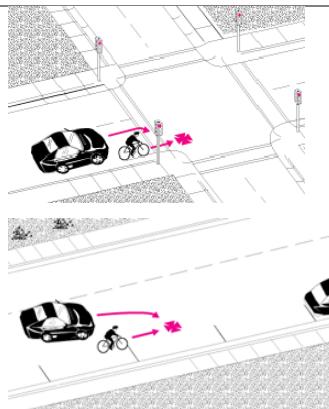
Pogreška biciklista pri izlazu sa sporedne ceste



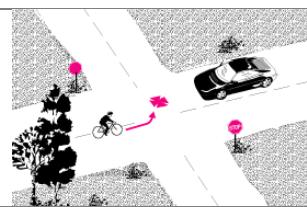
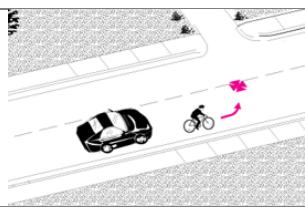
Pogreška automobila pri skretanju ulijevo



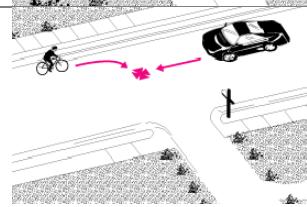
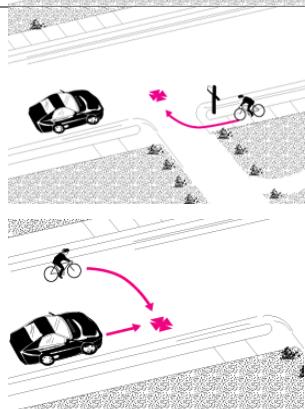
Pogreška automobila pri skretanju udesno

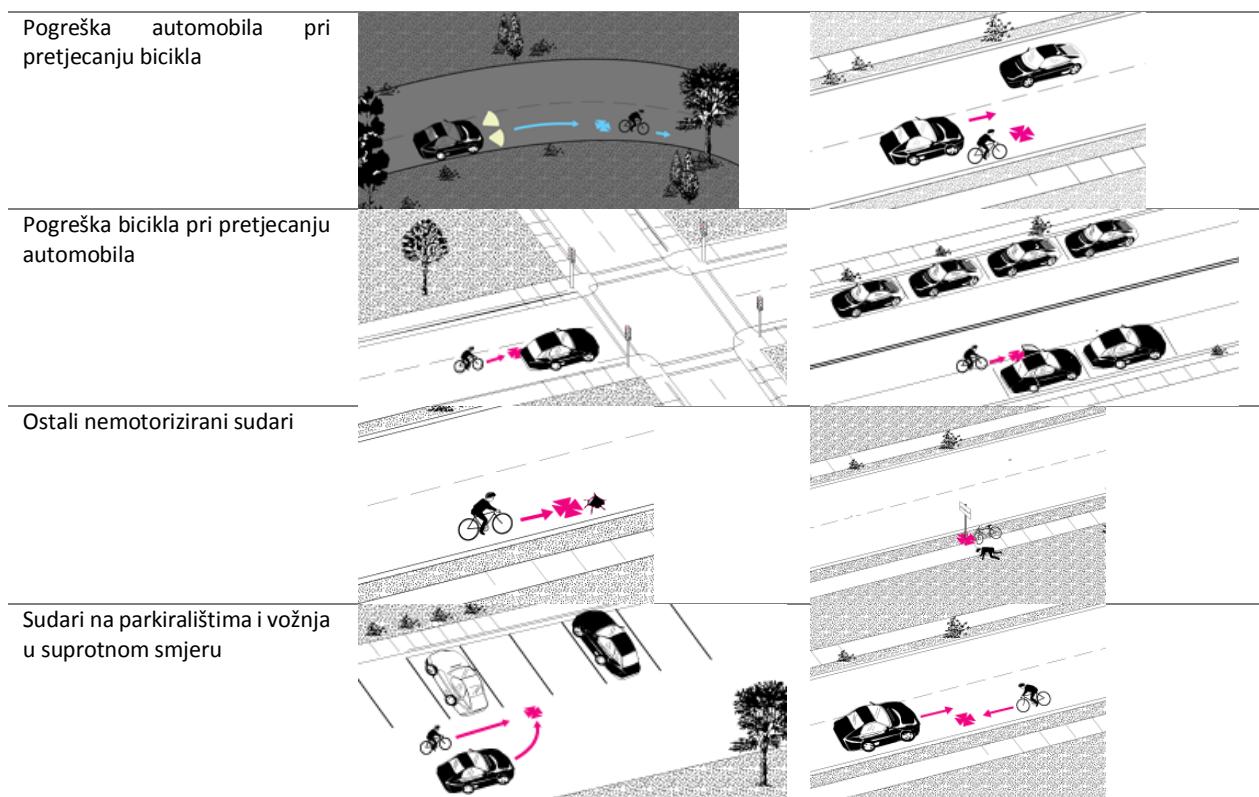


Pogreška biciklista pri skretanju ulijevo



Pogreška bicikla pri skretanju udesno





Izvor: [107]

4.3. Analiza prometnih nesreća s ranjivim sudionicima u prometu

Iako su svi korisnici ceste u opasnosti u slučaju događanja nesreće, postoje značajne razlike u stopama ozljeda i smrtnosti između različitih skupina korisnika ceste. Apsolutni pokazatelji, posebno ukoliko se nekritički koriste, vode u krivom smjeru i mogu dovesti do pogrešnih zaključaka. U skladu s tim iz Tablica 4.3. vidljivo je kako najviše stradavaju putnici u automobilu, njih 2142, a najmanje biciklisti, njih 227.

Tablica 4.3. Broj nesreća po vrstama cestovnih korisnika 1988. godine

	Smrtno stradali	Smrtno stradali na 100 milijuna		
		putovanja	kilometara	sati
Osobno vozilo	2142	5,2	0,4	12,4
Motocikl/skuter	670	122	~16x 11,4	~2x 342
Bicikl	227	12,5	4,6	64
Pješak	1753	7	6,6	27

Izvor: PROMISING 2001., obrada autora

Na temelju ovih (apsolutnih) brojeva moglo bi se krivo iščitati kako su putnici u automobilu najnesigurnija skupina u prometu, što nije točno. Stoga je puno bolje koristiti relativne pokazatelje koji pružaju dodatnu kvalitetu u analizi prometnih nesreća, na temelju kojih se mogu donijeti ispravni zaključci.

Ovakvo prikazivanje sigurnosti sudionika u prometu donosi sljedeće:

- Pješaci su prema broju putovanja oko 1,3 puta ranjiviji od putnika u automobilu, prema prijeđenim kilometrima 16 puta ranjiviji od putnika i 2 puta ranjiviji nego putnici u odnosu na vrijeme provedeno u prometu.
- Biciklisti su u odnosu na putnike u automobilu oko 2,4 puta ranjiviji prema broju putovanja, 11,5 puta prema prijeđenim kilometrima i 5 puta u odnosu na vrijeme provedeno u prometu.
- Vozači su motornih vozila na dva kotača u odnosu na putnike u automobilu ranjiviji oko 23,5 puta s obzirom na broj putovanja, prema prijeđenim kilometrima 28,5 puta i 27,5 puta u odnosu na vrijeme provedeno u prometu.

Osjećaj sigurnosti (zaštite) osobni je osjećaj svakoga biciklista te se on ponajprije odnosi na kvalitetu biciklističke infrastrukture, opreme, na ponašanje drugih vozača i sl. Važno je istaknuti kako prometna sigurnost i osjećaj sigurnosti nemaju iste značajke. Osjećaj je sigurnosti biciklista subjektivna percepcija o tome kako se osjeća biciklist u prometu, a sigurnost je objektivna registracija prometnih nesreća koje su nastale na određenom prostoru, koje je najčešće zabilježila policija.

Točke konflikta (sukoba) između motoriziranoga i nemotoriziranoga prometa javljaju se u zoni raskrižja na mjestima na kojima se prometni tokovi međusobno presijecaju, upliču i ispliću. Posebno su opasna mjesta presijecanja na kojima se biciklistički tokovi izravno vode ulijevo. Konflikti uplitanja, odnosno isplitanja nastaju na mjestima na kojima počinje, odnosno završava biciklistička staza. Navedene konfliktne točke nije moguće u potpunosti ukloniti. Prema statističkim pokazateljima više od pola prometnih nesreća događa se upravo na raskrižjima [109].

U posljednje je vrijeme *Europska konferencija ministara prometa* (CEMT) izdala više izvješća i rezolucija o sigurnosti u cestovnom prometu za ugrožene korisnike, a i nacionalni zakonodavac sve više pozornosti posvećuje ovom problemu. Unatoč svim naporima u RH još uvijek postoji puno propusta u prikupljanju i iskazivanju podataka, posebno onih koji se odnose na ranjive sudionike u prometu kao i u domeni sustavnoga provođenja mjera sigurnosti prometa, posebno na lokalnoj i na županijskoj razini.

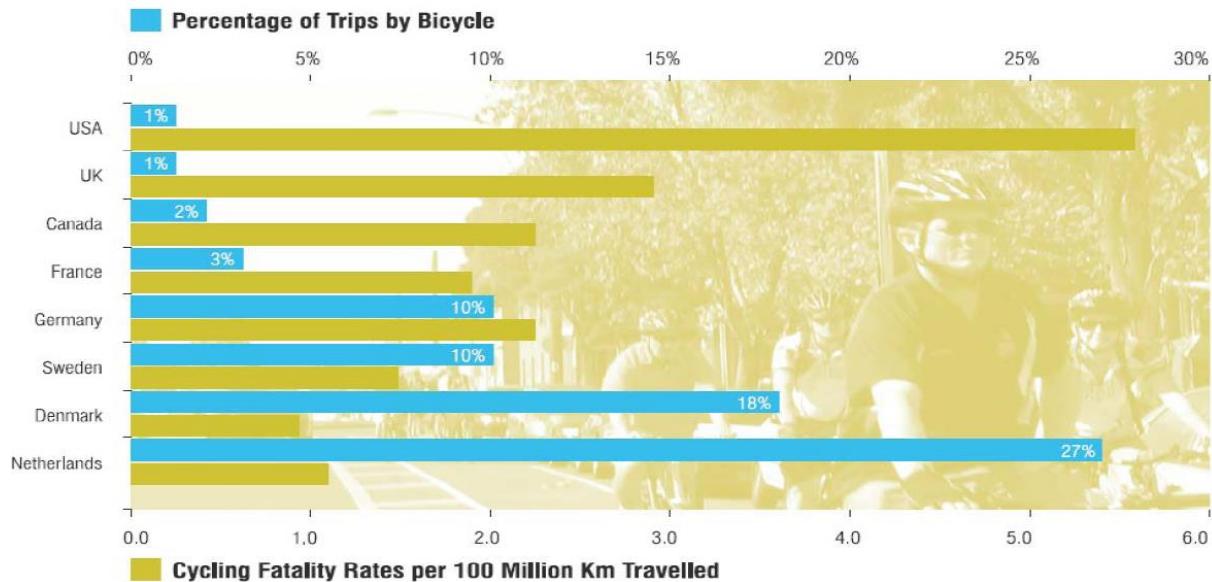
4.4. Strategije za zaštitu ranjivih sudionika u prometu

Sustav je sprječavanja prometnih nesreća složen i višedimenzionalan. Svi su dosadašnji djelomični pokušaji rješavanja ovoga problema bili uglavnom tehničke prirode. Takav pristup, zbog pogrešaka u organizaciji i nesagledavanja interakcija između svih elemenata, do sada nije doveo do smanjenja broja nesreća. Veliki je broj nesreća znak nerobusnosti i manjkavosti takvoga pristupa. Sprječavanje

prometnih nesreća mora biti sustavno, plansko i koordinirano djelovanje, na svim razinama, s jasno podijeljenom odgovornošću i precizno određenim nositeljima. U nastavku se predlaže niz mjera i strategija za jačanje svih dijelova sustava za sprječavanje stradavanja ranjivih korisnika na cestama u urbanim sredinama. To su:

- sustavno provođenje mjera za poboljšanje svih dijelova sustava (jačanje prepreka) za sprječavanje nesreća
- stalno smanjivanje nepovoljnih okolnosti koje uzrokuju nesreće (posebnu pozornost treba posvetiti rizicima koji dovode do teških nesreća, kao i visokorizičnim skupinama: mladim i starijim pješacima, biciklistima i motociklistima)
- poštivanje i provođenje zakona (pojačanje kontrola sudionika u prometu od strane policije, a vozila od strane Državne uprave za ceste); prihode od prometnih kazna preusmjeriti na poboljšanje cestovne sigurnosti
- dijeljenje odgovornosti *Shared Responsibility* između planera, operatera i korisnika ceste
- sigurnije ceste – današnje ceste dizajnirane su prema motornom prometu, dok su potrebe ugroženih korisnika marginalizirane
- sigurnija vozila (pasivna i aktivna zaštita)
- bolja medicinska pomoć
- edukacija, informiranje i trening
- financiranje
- transfer znanja *Knowledge Transfer* i primjeri dobre prakse
- istraživanje i razvoj (R&D); vodeći ulogu trebaju imati znanstvene institucije
- politika – bolja veza i angažman (integracija) institucija i vlasti na lokalnoj, regionalnoj i državnoj razini u rješavanju prometnih problema
- tolerancija svih sudionika u prometu i međusobno uvažavanje.

Slika 4.. prikazuje udio putovanja biciklom (%) i broj nesreća na 100 milijuna prijeđenih kilometara. Iz slike je vidljivo kako je broj nesreća manji gdje je udio vožnje biciklom veći. Naime, veći broj biciklista na cesti podiže svjesnost vozača motornih vozila o nazočnosti biciklista.



Slika 4.3. Udio putovanja biciklom i broj smrtno stradalih na 100 milijuna km

5. PROMETNA SIGNALIZACIJA U NEMOTORIZIRANOM PROMETU

Pješačke i biciklističke površine na ulici potrebno je odgovarajuće označiti prometnom signalizacijom. U Republici Hrvatskoj prometna je signalizacija definirana *Pravilnikom o prometnim znakovima, signalizaciji i opremi na cestama* [70]. U tom je pravilniku definiran oblik, boja, vrsta, značenje, dimenzije i postavljanje prometnih znakova, signalizacije i opreme na cestama za sve prometne znakove pa tako i za one u funkciji pješačkoga i biciklističkoga prometa.

Prometni su znakovi u funkciji pješačkoga i biciklističkoga prometa navedeni u nastavku.

A) Znakovi opasnosti jesu:

- znak „pješaci na cesti” – A32 (označuje blizinu dijela ceste kojim se kreću pješaci)
- znak „obilježen pješački prolaz” – A33 (označuje blizinu mjesta na kojem se nalazi obilježen pješački prijelaz)
- znak „djeca na cesti” – A34 (označuje blizinu mjesta na cesti na kojima se djeca češće i u većem broju kreću (npr. blizinu škole, vrtića, igrališta i sličnih mjesta))
- znak „biciklisti na cesti” – A39 (označuje blizinu dijela ceste kojim se biciklisti kreću ili blizinu mjesta s kojega biciklisti češće nailaze na cestu s bočne ceste ili s biciklističke staze).



Znak A32



Znak A33



Znak A34



Znak A39

Slika 0.1. Znakovi opasnosti

B) Znakovi izričitih naredaba jesu:

- znak „zabrana prometa za bicikle” – B16 (označuje cestu ili dio ceste na kojoj je zabranjen promet biciklimaa)
- znak „zabrana prometa za mopede i bicikle” – B17 (označuje cestu ili dio ceste na kojoj je zabranjen promet mopedima i biciklima)

- znak „zabrana prometa za pješake” – B21 (označuje cestu ili dio ceste na kojem je zabranjeno kretanje pješaka)
- znak „biciklistička staza” – B46 (označuje stazu kojom se moraju kretati bicikli, a zabranjeno je kretanje drugim vozilima)
- znak „pješačka staza” – B47 (označuje posebno izgrađenu pješačku stazu kojom se pješaci moraju kretati, a zabranjeno je kretanje drugim sudionicima u prometu)
- znak „pješačka i biciklistička staza” – B48 (označuje posebno izgrađenu stazu kojom se pješaci i biciklisti moraju kretati, a zabranjeno je kretanje drugim sudionicima u prometu; bijelom je crtom na površini staze odvojena površina za pješake od površine za bicikliste).



Znak B16



Znak B17



Znak B21



Znak B46



Znak B47



Znak B48

Slika 0.2. Znakovi izričitih naredaba

C) Znakovi obavijesti jesu:

- znakovi „obilježen pješački prijelaz” – C02 i „obilježen prijelaz biciklističke staze” – C03 (označuju mjesto na cesti na kojem se nalazi obilježen pješački prijelaz, odnosno obilježen prijelaz biciklističke staze; znakovi se izvode s najmanje klasom II. retrorefleksije; postavljaju se samo neposredno ispred obilježenoga pješačkoga ili biciklističkoga prijelaza)
- znak „djeca na cesti” – C04 (označuje mjesto na cesti na kojem se djeca kreću često ili u većem broju, npr. blizina škole, vrtića, igrališta i sličnih prostora; izvodi se s najmanje klasom II. retrorefleksije)

- znak „podzemni ili nadzemni pješački prolaz” – C05 (označuje mjesto na kojem se nalazi podzemni ili nadzemni pješački prolaz; znakovi se postavljaju samo neposredno ispred obilježenoga pješačkoga prolaza, odnosno iznad njega)
- znakovi „završetak biciklističke staze” – C18 i „završetak pješačke staze – C19 (označuju mjesta na cesti na kojima prestaju vrijediti odgovarajuće zabrane koje su prije tога mjesta uspostavljene prometnim znakovima postavljenima na toj cesti)
- znak „zona u kojoj je ograničena brzina” – C21 (označuje područje, odnosno zonu kojom se vozila ne smiju kretati brzinom (u km/h) većom od one koja je označena na znaku)
- znak „završetak zone u kojoj je ograničena brzina” – C22 (označuje mjesto na kojem prestaje ograničenje brzine; sastoji se od umetnutih odgovarajućih prometnih znakova i prekrižen je s pet kosih crta crne boje)
- znak „pješačka zona” – C23 (označuje područje namijenjeno kretanju pješaka, a koje je zabranjeno kretanje vozila na motorni pogon)
- znak „završetak pješačke zone” – C24 (označuje mjesto na kojem prestaje zabrana kretanja vozilima na motorni pogon)
- znak „područje smirenoga prometa” – C25 (označuje mjesto u naselju na kojem se ulazi u područje u kojem se ne smije voziti brže od brzine hoda pješaka jer je dječja igra svugdje dopuštena)
- znak „završetak područja smirenoga prometa” – C26 (označuje mjesto na kojem se izlazi iz područja smirenoga prometa).



Znak C02



Znak C03



Znak C04



Znak C05



Znak C18



Znak C19



Znak C21



Znak C22



Znak C23



Znak C24



Znak C25



Znak C26

Slika 0.3. Znakovi obavijesti

Na sljedećim su slikama prikazana četiri različita tipa obavijesnih znakova za potrebe biciklističkoga prometa.

a) Ploče na graničnim prijelazima

Posebne vrste ploča postavljaju se na graničnim prijelazima, a namjena im je dobrodošlica biciklistima koji ulaze u Republiku Hrvatsku, kao i informacije o samoj ruti, naseljima kroz koje prolazi ruta te njihovim udaljenostima.



Slika 0.4. Ploča na graničnim prijelazima „Rute Dunav“

b) Obavijesne ploče

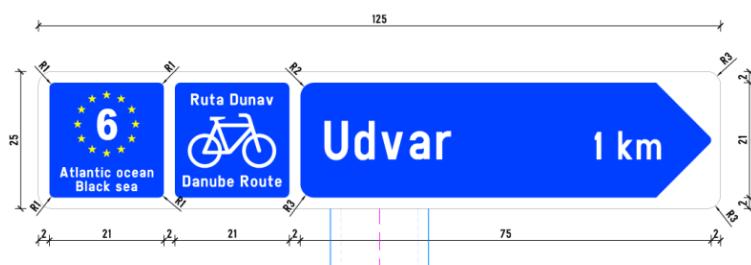
Obavijesne ploče postavljaju se neposredno nakon graničnih prijelaza. Na pločama je označen smjer rute, oznaka međunarodne biciklističke rute, standardni piktogram za bicikliste s nazivom rute te nazivi najvažnijih naselja duž rute i udaljenosti.



Slika 0.5. Obavijesna ploča „Rute Dunav”

c) Putokazni znakovi

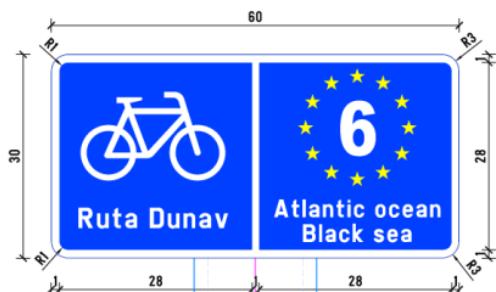
Biciklistički putokazi postavljaju se na karakterističnim raskrižjima. Putokazni znak označava naselje prema kojem vodi ruta i udaljenost. Na znaku je označen i standardni piktogram za bicikliste s nazivom rute i oznaka međunarodne biciklističke rute.



Slika 0.6. Putokazni znak „Rute Dunav”

d) Obavijesni znakovi

Obavijesni se znakovi postavljaju uz samu rutu i njima se potvrđuje položaj na ruti. Na obavijesnom se znaku nalazi standardni piktogram za bicikliste s nazivom i oznaka međunarodne biciklističke rute.



Slika 0.7. Obavijesni znak „Rute Dunav“

D) Prometna svjetla i oznake jesu:

- slobodan prolaz biciklistima – G13
- zabranjen prolaz biciklistima – G14
- isti uređaj za davanje svjetlosnih znakova biciklistima i pješacima može se primijeniti u slučaju kada su pješačka i biciklistička staza jedna pored druge – G15 i G16
- slobodan prolaz pješacima – G17
- zabranjen prolaz pješacima – G18



Znak G13

Znak G14

Znak G15

Znak G16

Znak G17

Znak G18

Slika 0.8. Prometna svjetla i oznake

E) Oznake na kolniku i na drugim površinama (horizontalna signalizacija)

Pod horizontalnom signalizacijom podrazumijevaju se sve oznake na biciklističkim stazama koje služe reguliranju i vođenju biciklističkih tokova. Kako biciklisti u naselju više pozornosti posvećuju horizontalnoj signalizaciji, ako je ona pravilno izvedena i održavana, osigurana je kvalitetnija razina usluge i bolja uočljivost informacija.

Oznake su sljedeće:

- pješački prijelaz označuje dio površine kolnika koji je namijenjen prijelazu pješaka – H18
- prijelaz biciklističke staze preko kolnika dio je površine kolnika koja je namijenjena isključivo prijelazu biciklista – H19
- natpisi na kolniku daju sudionicima u prometu potrebne obavijesti, npr. riječi „STOP”, „BUS”, „TRAM”, „TAXI”, „ŠKOLA”, „VLAK”, a i nazivi mjesta, ograničenje brzine itd.; natpisi na kolniku mogu biti izvedeni i kao umetnuti prometni znakovi – H46 i H49
- Evakuacijska crta na oblozi tunela označava se cijelom dužinom tunela, sa strane na kojoj se nalaze ulazi u pješačke prolaze i prolaze za vozila crtom širine 50 cm u crvenoj boji (RAL 2002) – H67; evakuacijska crta na oblozi tunela izvodi se tako da je donji rub crte na visini od 90 cm od razine pješačkoga hodnika.



Znak H18



Znak H19



Znak H46



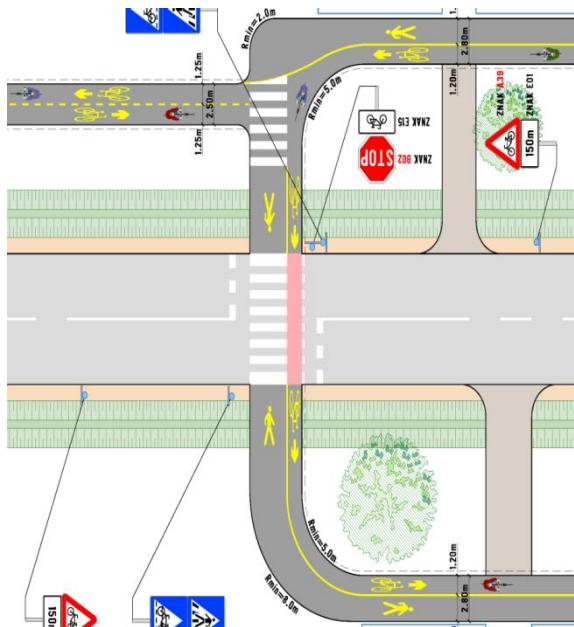
Znak H49



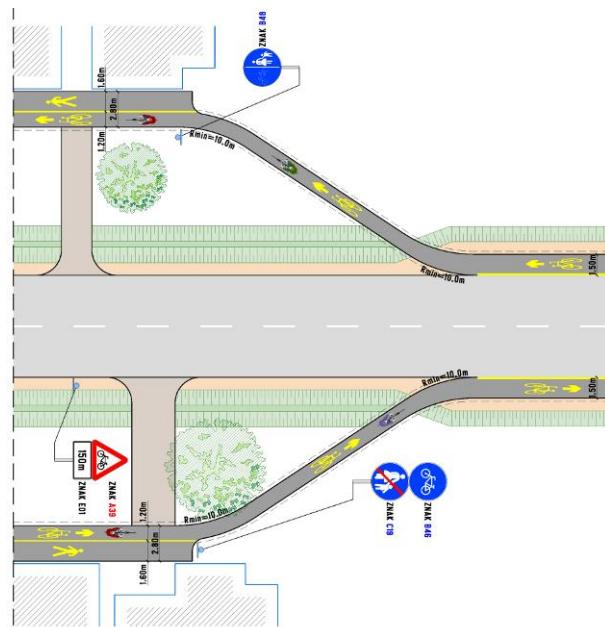
Znak H67

Slika 0.9. Oznake na kolniku i na drugim površinama

Na sljedećim su slikama shematski prikazani neki karakteristični biciklistički prijelazi s razrađenom horizontalnom i vertikalnom signalizacijom.



Slika 0.10. Prijelaz s jednostrane dvosmjerne biciklističke staze na dvostrane jednosmjerne biciklističke staze dijeljene s pješačkom površinom u naselju



Slika 0.11. Prijelaz s dvostrane jednosmjerne biciklističke staze dijeljene s pješačkom površinom u naselju na dvostrane jednosmjerne biciklističke trakove

5. ITS I NEMOTORIZIRANI PROMET

Inteligentni transportni sustavi (ITS) omogućuju informacijsku transparentnost, upravljivost i poboljšan odziv prometnoga sustava, čime on dobiva attribute intelligentnoga. ITS u kontekstu biciklističkoga prometa podrazumijeva interoperabilna rješenja iz područja sigurnosti i zaštite biciklističkoga prometa, rutiranja, preputnoga i putnoga informiranja, sustava posudbe javnih bicikala i sl.



Slika 5.1. Sustav upozorenja vozača



Slika 5.2. Sustav upozorenja vozača

Atribut „inteligentni“ općenito označuje sposobnost adaptivnoga djelovanja u promjenjivim uvjetima i situacijama pri čemu je potrebno prikupiti dovoljno podataka i obraditi ih u realnom vremenu. Iako je čovjek inteligentna sastavnica klasičnoga prometnoga sustava, zbog nemogućnosti umrežavanja i korištenja stvarnovremenskih informacija dolazi do znatnih problema zagušenja, čekanja, neučinkovitoga prijevoza, ekoloških onečišćenja i sl.

U okviru ITS-a razvijaju se inteligentna vozila, intelligentne prometnice, dinamički navigacijski sustavi i sl., čija je bit integracija pojedinih rješenja polazeći od zajedničke arhitekture ITS-a i dobro razrađenih sustavnih specifikacija.

Pametni telefoni predstavljaju ITS platformu na kojoj je moguć razvoj cijelog raspona usluga koje su namijenjene biciklistima i biciklističkom prometu. Današnji su pametni telefoni opremljeni navigacijskim, komunikacijskim te aplikativnim rješenjima koja pružaju različite mogućnosti primjene. Mobilne je uređaje uz mogućnost jednostavne montaže moguće nadograditi ili povezati s nekim drugim uređajima koji bicikl pretvaraju u intelligentno prometalo.



Slika 5.3. Biciklistička aplikacija na mobilnom uređaju



Slika 5.4. Prikaz parametara tijekom putovanja biciklom

Mobilni uređaji opremljeni GPS senzorima biciklistima mogu ponuditi mnoštvo korisnih informacija kao što je prikaz biciklističkih staza, brzina i vremena vožnje. Slike prikazuju jednostavnost montaže i grafičko sučelje pametnoga telefona na volanu bicikla.



Slika 5.5. Mobilni uređaj u funkciji navigacije biciklista



Slika 5.6. Biciklistički informacijski portal



Slika 5.7. Usluge za bicikliste utemeljene na mobilnim platformama

Dio je istraživačkih aktivnosti na području sustava aktivne sigurnosti usmjeren prema pronalaženju tzv. *eCall* sustava za motocikliste i bicikliste. Takva su rješenja uglavnom usmjerena prema aktivnim sustavima koji bi se ugrađivali u kacige ili u opremu biciklista.



Slika 5.8. Aktivni ruksak za bicikliste – „stop”



Slika 5.9. Aktivni ruksak za bicikliste – „skretanje”



Slika 5.10. Aktivne biciklističke naočale

Također, vodeći svjetski proizvođači navigacijske opreme u svojoj ponudi imaju različite futurističke dodatke svojim sustavima ili mobilnim uređajima koji su prilagođeni ili posebno dizajnirani za bicikliste.

Jedan je takav prikazan na sljedećoj slici. U ovratniku je biciklista smješten akcelerometar i žiroskop. Ovi senzori uz pomoć algoritama razlikuju normalne od rizičnih pokreta koji dovode do nesreće. Kad senzori utvrde rizični pokret koji će dovesti do nesreće, šalje se signal aktivatoru koji plinom napuhuje zračni jastuk u vremenu od 0,1 sekunde.



Slika 5.11. Stanje prije i poslije aktiviranja zračnoga jastuka

Inteligentni pješački signalni koriste senzore kao što su infracrvene kamere kako bi se utvrdila nazočnost pješaka u području pješačkoga prijelaza. Sustav se aktivira prema zadanom algoritmu. Nakon određenoga vremena od dolaska prvoga pješaka ili nakon nakupljanja određenoga broja pješaka i sl. sustav uključuje zeleno svjetlo za pješake te ga po potrebi produljuje ili smanjuje. Na taj način ranjivi korisnici imaju dovoljno vremena za prelazak prometnice.



Slika 5.12. Inteligentni pješački signali

Prilagodljiva rasvjeta na pješačko-biciklističkom prijelazu aktivira se pri prolasku pješaka ili biciklista pored sustava onda kada isti imaju namjeru prijeći cesti. Kada automatski uređaji detektiraju pješaka ili biciklista, uključuju svjetla osvjetljavajući zebra-prijelaz te tako povećaju vozačima njihovu vidljivost i smanjuju rizik od nastanka nesreće.



Slika 5.13. Prilagodljiva rasvjeta na pješačko-biciklističkim prijelazima

Prisutnost pješaka na cesti (siguran put do škole)

Školska djeca nose sa sobom uređaje koji emitiraju signale koje mogu prepoznati inteligentna autobusna stajališta. Inteligentna autobusna stajališta potvrđuju nazočnost djece (treperenjem) te prosljeđuju podatke do obližnjega autobra i centralnoga servera. Pri ulasku u autobus djetetova slika i ime prikazuje se na vozačevu sustavu podrške, tako da vozač identificira ukrcane osobe. Imena djece koja se trebaju iskrcati na autobusnom stajalištu čitaju se naglas preko zvučnika. Centralni server može poslati važne informacije (o kašnjenju autobra i sl.) školama, roditeljima ili prijevozničkim tvrtkama.



Slika 5.14. Prisutnost pješaka na cesti

Upozorenje pješacima o stanju ceste

Sustav tijekom zime upozorava pješake o pojavi poledice na cesti. Upozorenja su dostupna:

- na internetu (na mrežnim stranicama meteorološkoga instituta)
- na lokalnim radio stanicama
- putem sms-a
- putem aplikacije na pametnim telefonima.

Informacija sadrži vrijeme, mjesto i opis stanja kolnika. U Finskoj se informacije ažuriraju dva puta dnevno.



Slika 5.15. Upozorenje pješacima o stanju ceste

Sustav urbanih senzora prikuplja informacije koje pomažu operaterima i korisnicima javnih usluga upoznati se s problemima i s opasnim situacijama na javnim mjestima i u prometu (opasna mjesta na cestama, prometne nesreće, najsigurnija ruta, prometna zagušenja i sl.). Najčešće postoje dva rješenja prikupljanja podataka, a to su:

- korisnici koji dobrovoljno dostavljaju podatke i
- instalirani senzori u vozilima i na javnim površinama koji dostavljaju podatke.

Sustav stvarnovremenskih informacija u javnom prijevozu

Sustav daje korisnicima JGP-a informacije o vremenu dolaska vozila na stajalište, o kašnjenju, broju vozila, odredištu, točnoj poziciji vozila na liniji i sl.

Planiranje putovanja i navigacija ranjivih korisnika

Sustav služi kao navigacijski alat pješacima i biciklistima iako ga biciklisti češće koriste za pregledavanje rute kojom su proputovali, a pješaci uglavnom na raskrižima kako bi se informirali kamo trebaju skrenuti. Također, ovaj sustav osobama s invaliditetom daje podršku pri kretanju gradom informirajući ih o ruti, ali i upozoravajući ostale sudionike u prometu na njihovu nazočnost.



Slika 5.16. Planiranje putovanja i navigacija ranjivih korisnika

Sigurnost na raskrižju

Sustav pomaže vozačima i ranjivim sudionicima u prometu izbjegavanje nesreća koje nastaju kao posljedica njihove nepozornosti. Sustav upozorava ranjive korisnike na približavanje vozila, dok vozač vozila također dobiva informaciju o nazočnosti pješaka ili biciklista na cesti. Na temelju udaljenosti i brzine uređaj izračunava vrijeme do kolizije s ranjivim sudionikom i poduzima određene radnje za sprječavanje nastanka prometne nesreće.



Slika 5.17. Sigurnost na raskrižju

Sustav upozoravanja o prisutnosti biciklista u mrtvom kutu vozila

Kada sustav detektira biciklista u mrtvom kutu, onda upozorava vozača o njegovoj nazočnosti.



Slika 5.18. Sustav upozoravanja o prisutnosti biciklista u mrtvom kutu vozila

Inteligentna prilagodba brzine

Sustav uspoređuje trenutnu brzinu vozila s lokalnim ograničenjem brzine i upozorava vozača ukoliko ne poštuje navedena ograničenja. Ako vozač i nakon upozorenja vozi prebrzo, sustav intervenira i smanjuje brzinu na ograničenu.



Slika 5.19. Inteligentna prilagodba brzine

Noćni vid

Ovaj sustav koristi infracrveno zračenje od pješaka, biciklista, životinja i rubnjaka na cesti dajući vozaču informacije o stanju ispred vozila na cesti noću i u uvjetima slabe vidljivosti. Na ovakav je način moguće otkriti prepreku 3 sekunde prije nailaska na nju, što ostavlja vozaču dovoljno vremena za pravovremenu reakciju.



Slika 5.20. Noćni vid vozila

Automatsko brojanje pješaka i biciklista

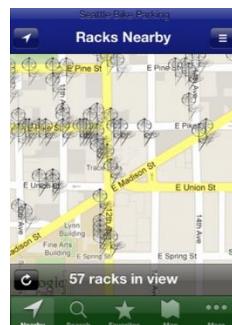
Ovaj sustav pruža značajne podatke o količini prometa, prosječnim brzinama, promjenama brzina, uzorcima prometnoga toka, izvorima i odredištima putovanja, duljinama putovanja, broju pješačkih i biciklističkih putovanja po danu, stvarnovremenskom broju sudionika u prometu itd.



Slika 5.21. Automatsko brojanje pješaka i biciklista

Podatci o slobodnim parkirališnim mjestima za bicikle

Sustav daje informaciju o broju najблиžih slobodnih parkirnih mjesta za bicikle pomoću aplikacije za pametne telefone.



Slika 5.22. Podaci o slobodnim mjestima za bicikle

6. OSTALI VIDOVI NEMOTORIZIRANOGA PROMETA

Gužve na prometnicama sa svim svojim negativnim posljedicama predstavljaju velik problem u gradovima. Teoretski je taj problem rješiv izbjegavanjem korištenja automobila ili drugih oblika javnoga prijevoza pri čemu je moguća ušteda na gorivu i na skupim voznim kartama. Najčešće je rješenje problema svima poznato pješačenje i biciklizam, o čemu je bilo riječi u ranijim poglavljima. Ako se želi izbjeći umor, a stići na odredište relativno brzo, onda se osim bicikla mogu koristiti koturaljke, romobil, *skateboard*, a u novije vrijeme i *sageway*. Poseban oblik prijevoza koji se naziva rikše koristi se u Indiji (Slika 6.1.).



Slika 6.1. Rikše

6.1. Rolanje

Rolanje je način kretanja po čvrstoj površini s koturaljkama na nogama. Pojavilo se u 18. stoljeću kao rekreativna aktivnost, a ljudi ga i danas doživljavaju kao hobи ili sport. U 19. stoljeću rolanje postaje najpopularniji sport u Americi, potom osvaja cijeli svijet pa tako i Hrvatsku. Za to vrijeme koturaljke doživljavaju razne promjene; od metalnih do poliuretanskih kotačića, promjene rasporeda kotačića na koturaljkama itd. Današnji oblik koturaljka osmisili su ranih osamdesetih godina 20. stoljeća američki hokejaši *Scott* i *Brennan Olson* koji su željeli pronaći način na koji će se hokejaši tijekom vrućih ljetnih mjeseci, uz puno manje troškove od onih koji su potrebni za održavanje leda, baviti svojim sportom.

Koturaljke uglavnom dolaze u tri osnovne vrste:

- *quad* koturaljke
- *inline* koturaljke
- tri-koturaljke.

Postoje i eksperimenti s jednim kotačem – *kvintesencija skate*, pa čak i neke druge izvedenice osnovnoga dizajna.

U posljednje se vrijeme rolanje od zabavne aktivnosti pretvara u oblik prijevoza koji se sve više koristi u prvom i u posljednjem dijelu putovanja. Kako koturaljke služe i kao sredstvo prijevoza, roleri se trebaju pridržavati pravila ponašanja u prometu. Prema *Zakonu o sigurnosti u prometu* roleri su „pješaci na koturaljkama“ te se na njih odnose sve stavke zakona kao i na pješake. Za rolere je jako važno obvezno se zaustaviti pri prelasku ceste jer niti jedan vozač ne očekuje kako mu se „pješak na koturaljkama“ može takvom brzinom pojaviti na zebri. Jednu od opasnosti za rolera početnika predstavljaju i spušteni rubnjaci pa se početnicima preporučuje izbjegavati ih dok ne savladaju osnovne tehnike.

Rolanje se ubraja među 20 najpopularnijih sportova na svijetu. Oko 4,5 posto ljudi na svijetu bavi se rolanjem. Rolanje je posebno popularno među djecom i tinejdžerima. Jedna je interna neslužbena anketa, provedena na 555 mlađih ispitanika u Hrvatskoj, pokazala kako se samo 17 % tinejdžera ne zna rolati ili ih to uopće ne zanima.

Zašto je rolanje toliko popularno? Razlozi su pozitivan učinak na ljudski organizam i kvalitetna i dostupna oprema. Rolanje nudi idealnu priliku za mentalnu relaksaciju, poboljšanje fizičke kondicije, smanjenje tjelesne težine, oblikovanje i jačanje mišića, jačanje kardiovaskularnoga i respiratornoga sustava te druge prednosti karakteristične za nemotorizirani promet. Kod djece skladno razvija motoričke sposobnosti s naglaskom na koordinaciju, ravnotežu i brzinu te pravilan razvoj cijelog lokomotornoga sustava.

Rolanje se ubraja u relativno sigurne oblike kretanja. Najčešće su ozljede pri rolanju ogrebotine i modrice, no mogući su i manji lomovi. Dva su najčešća razloga zbog kojih dolazi do pada – spontani gubitak ravnoteže i loša podloga ili neka prepreka na površini po kojoj se rola. Zaštitna oprema značajno pridonosi smanjenju broja povreda pri rolanju. Sastoji se od štitnika za dlanove, laktove i koljena i kacige (Slika 6.2. i Slika 6.3.).



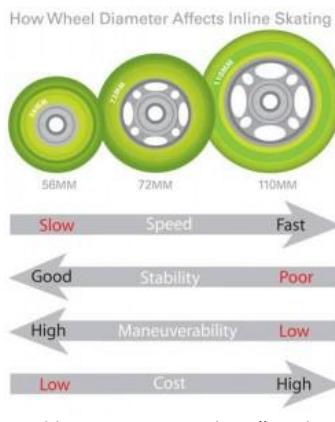
Slika 6.2. Štitnik za laktove i za dlanove
Izvor: [110]



Slika 6.3. Kaciga
Izvor: [110]

Sama tehnika rolanja nije prezahtjevna te se relativno lako i brzo usvaja. Rekreativni se roleri kreću brzinom od 15 do 25 km/h, dok najbrži roleri u brzinskom rolanju postižu brzinu od 70 km/h na ravnem.

Brzina vožnje, stabilnost, upravljivost pa čak i troškovi vožnje ovise o veličini kotača na koturaljkama (Slika 6.4.)



Slika 6.4. Promjeri kotača u ulozi

Kočnica je izrazito važna pri rolanju. To je gumeni pločica, najčešće smještena sa stražnje strane desne role, koja struže po površini kada se podigne prsti. Postoje i role s kočnicom s prednje strane, ali one se ne preporučuju početnicima. Sustav za kočenje na rolima stalno se usavršava pa tako postoji i sustav sa strane, odnosno roller se zaustavlja kada koturaljke nagne prema unutra. Kod nekih je koturaljka kočnica fiksna, a kod nekih se može premještati na onu nogu koja je dominantna. Kočenje može predstavljati problem i onima koji već dobro rolaju, posebno na prostoru koji dijeli s bržim motornim vozilima.



Slika 6.5. Roleri na trgu

6.2. Trotinet ili romobil

Trotinet ili romobil vrsta je osobnoga prijevoznoga sredstva koji najčešće koriste djeca. To je nisko postavljena ravna površina montirana na dva ili na više kotača s upravljačem na jednom kraju „daske“. Pokreće se ponajprije vlastitom snagom korisnika, odguravanjem nogom o tlo (Slika 6.6.). Povijest ovoga prijevoznoga sredstva seže više od stotinu godina unatrag, a njegovi su izumitelji **djeca**. Najzaslužniji je za komercijalizaciju romobila **Wim Ouboter** – švicarski bankar koji je želio pomoći svojoj sestri koja je imala jednu kraću nogu te je napravio romobil današnjega oblika. Trotinet je bio posebno

popularan u prvoj polovici 20. stoljeća. Kasnije se zanimanje za njih smanjivalo i povećavalo, a danas je njihova popularnost, posebno među mladim ljudima, ponovno ojačala.



Slika 6.6. Romobil

Romobili su prolazili kroz različite razvojne faze, od drvenih do onih modernijih, napravljenih od aluminija i od plastike, no u svakom su razvojnog stadiju služili za prijevoz do željenoga odredišta. Njegova je površina za stajanje uska, trotinet je preklopiv kod spoja upravljača s površinom za stajanje. Postavlja se uglavnom na dva kotača, po jedan na svakom kraju „daske“. Kotači su izrađeni od pune gume ili od sličnih modernih industrijskih materijala. Dalnjim razvojem romobili su postali tiši, s većim kotačima i podesivim ručkama – sve u svrhu bolje prilagodljivosti korisnicima čija dob varira od dječje do starijih generacija. Romobili su zabavni, jednostavnii, jeftini i lako prenosivi pa im parking ne predstavlja problem.

Postoje razni oblici trottineta. Neki imaju veće kotače i upravljač, tako da su vrlo slični biciklu. Drugi imaju tri ili četiri kotača, postavljena uglavnom zbog veće stabilnosti korisnika.

Posebne vrste romobila imaju dodatni električni ili benzinski motor. Ovi romobili štede energiju svojih vlasnika koji se ne žele umarati i omogućavaju relativno brzo stizanje do odredišta. Ako brzina romobila ne prelazi 25 km/h, a snaga motora ne premašuje 300 W, onda Zakon ne zahtijeva njihovu registraciju. Romobile s pomoćnim motorom moguće je voziti po biciklističkim prometnicama tamo gdje postoje ili po nogostupu tamo gdje ne postoje, zbog još uvijek nedovoljne snage i brzine romobila da bi se kretao po prometnicama. Zakoni ne prate brz razvoj tehnologija i načina transporta pa često puta bivaju kočnica njihovu razvoju.

Trottineti su slični biciklu. Glavna je razlika između bicikla i trottineta pogon koji se kod trottineta pokreće odguravanjem nogom o tlo. Glavna je razlika između trottineta i *skateborda* upravljač kojim se na trottinetu može obavljati oštrijje skretanje, a koji olakšava i održavanje ravnoteže. Na *skejtbordu* ne postoji upravljač.



Slika 6.7. Trotinet

6.3. Skateboarding

Većina ljudi još uvijek doživljava *skateboarding* ekstremnim sportom u kojem osoba (skejter) stoji na posebnoj dasci s kotačima na dvije osovine (na *skateboardu* ili na skejtu) te pritom izvodi razne trikove. Osim što je ekstremni sport, *skateboarding* može biti i rekreacija te svojevrstan način umjetničkoga izražavanja. Tradicionalno se povezuje s drugim urbanim supkulturnim aktivnostima, kao što su BMX-bicikлизам, graffiti, hip-hop, grunge itd. *Skateboarding* je česta tema filmova i videoigara. Zbog svega navedenoga česte su predrasude i nerazumijevanja vezana uz *skateboarding*. Tako je npr. uvriježeno kako je to zabava ulične delikvencije koja može biti opasna za druge sudionike u prometu i sl. Stoga se u nekim zemljama ovaj način zabave, odnosno kretanja povremeno i zabranjivao. Međutim, *skateboarding* zahtijeva veliko strpljenje, fizičku nadarenost i spremnost vježbanja svakoga poteza po nekoliko mjeseci. Sam naziv *skateboard* dolazi od dviju engleskih riječi: *skate*, što znači klizati te *board*, što znači daska.

Skateboarding se danas proširio od rekreativske aktivnosti na umjetnost, posao, ali i na način prijevoza (najčešće od kuće do polazne stanice ili od krajnje stanice do konačnoga odredišta). Vrlo je malo akademskih istraživanja rađeno na temu korištenja *skateborda* kao oblika prijevoza u urbanim sredinama. Većinom su istraživani problemi sukoba u javnom prostoru, *skate* kultura, utjecaj *skateboardinga* na formiranje identiteta adolescenata itd. Stoga je svrha ovoga istraživanja prikupljanje početnih informacija o *skateboardingu* kao načinu prijevoza te poticanje dalnjih istraživanja, ne samo o *skateboardingu*, nego i o drugim alternativnim oblicima nemotoriziranoga prijevoza (rolanju, vožnji romobila, *segwayu*), u znanstvenika, kreatora politike, planera i aktivista, odnosno njihovih udruga.

Prava istina o prvom *skateboardu* vjerojatno se nikada ne će doznati. Međutim, ideja je o *skateboardingu* nastala spontano. Otprilike 40-ih i 50-ih godina 20. stoljeća, u Kaliforniji, surfer ili više njih u isto su vrijeme dobili ideju pokušati surfati na pločniku (tzv. „ulično surfanje“) umjesto na moru dok nema velikih valova. Zbog padova, ozljeda i sudara *skatera* s pješacima na ulici, političari su

zakonom ograničavali *skateboarding*, što bi onda dovodilo do otpora *skatera* i povratka na staro. Tako je *skateboarding* padaо u krizu i ponovno se vraćao iz nje. U javnosti i nadalje postoji određeni otpor prema *skaterima*, stoga su se brojni gradovi odlučili za gradnju *skate-parkova* koji su namijenjeni *skaterima* za vježbanje raznih trikova. Međutim, oni izlaze na ulice kako bi u prirodnom, urbanom okruženju pokazali svoje vještine (vožnju po ogradama, stubištima, rubovima staza i sl.).

Postoji više stilova *skateboardinga*, no dominantni su sljedeći:

- *street* – *skateboarding* na ulici pri kojem se koriste ulične situacije sa što više prepreka (stopenica, zidića, klupa i sl.) po kojima se daska može voziti, a na kojima bi *skateri* izvodili trikove;
- *vert* (od *vertical* = „okomito“) – stil koji je tipičan za razna natjecanja i koji karakteriziraju veći skokovi i izvođenje trikova u zraku, obično u posebno izrađenim „polucijevima“ – *half pipe*;
- *spust* – ova disciplina ima najjednostavnija pravila, potrebno se što brže spustiti od točke A do točke B.

6.3.1. Anatomija *skateboarda*

Prvi su *skateboardi* bili obične daske s pričvršćenim kotačima. Nakon što je *skateboarding* postao popularan, došlo je i do laganih promjena, uglavnom u dimenzijama i u kvaliteti daske, tako da se prvi *skateboardi* neznatno razlikuju od današnjih. *Skateboard* je sastavljen od nekoliko dijelova koji su sljedeći:

- daska – obično je napravljena od nekoliko slojeva drveta, šperploče, ima uzdignut nos i rep; na gornju se stranu daske lijepi brusni papir s ciljem povećanja trenja između tenisica i daske čime se olakšava i pospješuje upravljanje *skateom*;
- mostovi – osovine (eng. *trucks*), metalni je dio montiran i pričvršćen za dasku s donje strane na koju su spojeni i kotači; gumeni umetci između mostova i daske služe za lakše okretanje *skatera*;
- kotači – napravljeni su od poliuretana, postoje različite vrste kotača ovisno o podlozi; kvaliteta kotača određuje sigurnost, funkcionalnost i kvalitetu vožnje *skatera*.



Slika 6.8. Dijelovi skateboarda

Stav na skateboardu sličan je stavu na dasci za surfanje jer su prvi *skateri* bili surferi.

6.3.2. Skateboarding u Hrvatskoj

U Hrvatskoj institucije vlasti imaju izrazito malo razumijevanja za *skateboarding*. Međutim, zanimanje mladih za *skateboarding* sve više i više raste. Zagreb je grad s najviše *skatera* u Hrvatskoj. Prvi je izgradio *skate-park*. Unatoč tomu, još uvijek je najomiljenije okupljalište *skatera* ispred muzeja Mimara, ispred zgrade INA-e, na Jarunu, a postoji i improvizirani *skate-park* u Španskom. Gradovi Rijeka, Osijek, Split, Pula i Dubrovnik također organiziraju natjecanja u *skateboardingu*, grade improvizirane *indoor* *skate-parkove* čime se potiče ovu vrstu kretanja.

Vrijednost je *skateboarding* tržišta u svijetu 2009. godine procijenjena na 4,8 milijarda dolara prihoda. Smatra se kako u svijetu postoji oko 11,08 milijuna aktivnih *skateboardera*.



Slika 6.9. Poligoni za skateboardere

6.4. Segway

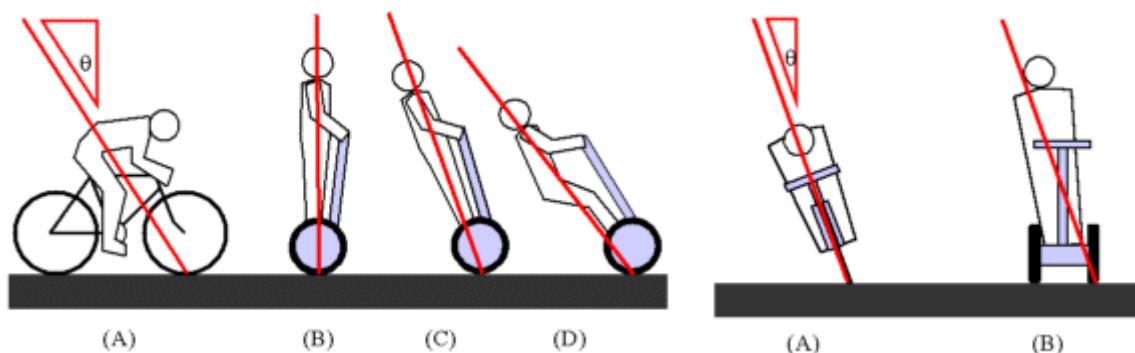
Segway je prvo samobalansirajuće prijevozno sredstvo na dva kotača koje služi za prijevoz jedne osobe težine do 120 kilograma. Ima električni motor prosječne snage 750 W ili jedne konjske snage. Baterije nove generacije omogućuju mu vožnju oko 40 kilometara brzinom manjom od 20 km/h, na asfaltiranoj ravnoj cesti. *Segway* je težak samo 39 kg. Izumio ga je Amerikanac *Dean Kamen*. Predstavljen je 2001. godine i još se uvijek smatra najinovativnijim prijevoznim sredstvom u posljednjih desetak godina.

Segway je jednostavan i ekološki prihvatljiv, ali još uvijek nije punopravno prijevozno sredstvo. Jednostavan je za upravljanje. Potrebno je samo nekoliko minuta treninga da bi se čovjek osposobio za vožnju *segwayom*. Svoju je primjenu našao u vojsci, policiji, zaštitarstvu, zračnim lukama, skladištima, kolodvorima, industriji, turizmu, nacionalnim parkovima i turističkim centrima. Mnogi gradovi, među njima i Zagreb, uveli su *segway* za razgledavanje grada na ugodan način, bez bolova u nogama od pretjeranoga hodanja.

Iznenađujuća je njegova sposobnost samoodržavanja ravnoteže. Iako ima samo dva kotača, uspijeva ostati uspravan. Ravnotežu održava sustav žiroskopa pa je *segway* gotovo nemoguće prevrnuti. Savršeno je jednostavan za upotrebu. Radi u stojećem položaju. Uz pomoć mikroprocesora *segway* reagira i na najmanje pokrete tijela.

Radi boljega razumijevanja principa rada ovoga sustava napraviti će se usporedba *segwaya* i kretanja ljudi. Brojni mikroprocesori u *segwayu* zamjenjuju ljudski mozak. Skup sofisticiranih senzora, koji mjere nagib, i žiroskopa, koji služi za održavanje uspravnoga položaja, radi na sličnom principu kao i sustav za ravnotežu kod ljudi koji detektira nagib tijela pomoću kretanja tekućine u unutarnjem uhu. *Segway* koristi kotače umjesto nogu i motor umjesto mišića.

Kada se čovjek nagne naprijed, mozak dobiva signal iz srednjega uha kako on nije u ravnoteži. Dobiveni signal mozak prosljeđuje dalje radi iskoraka naprijed kako bi se spriječio pad. Ako se čovjek još više nagne, umjesto pada, on počinje hodati. *Segway* radi isto. Ako se vozač nagne naprijed, motor transportera, umjesto koračanja, počinje okretati kotače odgovarajućom brzinom i tako omogućuje kretanje sustava prema naprijed. Ako se čovjek želi zaustaviti, jednostavno se naginje unazad, a za skretanje lijevo ili desno okreće upravljač ulijevo ili udesno.



Slika 6.10. Položaj centra masa kod bicikla i *segwaya*

Slika 6.11. Skretanje kod bicikla i *segwaya*

Slika 6.10. prikazuje položaj – kutovi centra masa kod bicikla (A), položaj vozača i *segwaya* pri vožnji stalnom brzinom (B), položaj vozača i *segwaya* pri brzom kočenju (C) i ekstreman položaj pri kočenju (D).

Slika 6.11. prikazuje skretanje biciklom (A) i *segwayom* (B).

Birokracija i troma legislativa ne prate dovoljno brzo tehnološki napredak pa često i same postaju kočnicom razvoja. Iako je *segway* vozilo s motorom, on se zakonski smatra nemotoriziranim prometom, što znači kako se *segway* može kretati na svim mjestima na kojima se kreću pješaci i biciklisti (po javnim prometnicama, nogostupima, biciklističkim prometnicama). U skladu s prometnim propisima osoba koja upravlja *segwayom* smatra se pješakom. Nepravilno tumačenje zakona, odnosno postojanje rupa u lokalnom zakonodavstvu, kao i neusklađenost lokalnih zakona s EU direktivama, često stvara probleme vozačima novih oblika nemotoriziranoga prometa, ali i ostalim sudionicima u prometu, policiji pa čak i lokalnoj vlasti. Slični su se problemi javili i pri uvođenju pedeleca i e-bicikla u promet.



Slika 6.12. *Segway*

LITERATURA

- [1] Broeg, W.; Erl, E. 2001. *Walking – a neglected mode in transport surveys*. AUSTRALIA: WALKING THE 21ST CENTURY. INTERNATIONAL CONFERENCE, 2001. PERTH. WESTERN AUSTRALIA. 69–79.
- [2] Pucher, J.; Dijkstra, L. 2000. *Making walking and cycling safer: lessons from Europe*. *Transp. Q.* tom 54. izd. 3. 25–50.
- [3] TCRP (Transit Cooperative Research Program / Transportation Research Board). 2001. TRB Special Report 257: Making Transit Work: Insight from Western Europe. Canada and The United States.
- [4] Monheim, R. 1975. *Fussgängerbereiche*. Bestand und Entwicklung. Eine Dokumentation. 4. izd. Köln: Deutscher StädteTag.
- [5] Fruin, J. J. 1971. *Pedestrian Planning and Design*. Elev. World Inc. tom 77. izd 4. 556–561.
- [6] Bovy, P. H. 1974. *Le rôle du piéton dans les transports urbains*. Bull. Tech. la Suisse Rom. tom 100. izd 6. 116–126.
- [7] Pednet's International Pedestrian Lexicon (glossary). <http://user/itl.net/~wordcraf/lexicon.html>.
- [8] Bundesminister für Verkehr. 1992. *Bundesverkehrswegeplan*.
- [9] Stadtwerke (Hrsg.) Göttingen. 1981. *Verkehrsbetriebe/Gemeinschaftsverkehr. Fahrplan*.
- [10] Blennemann, F. 1981. *Behinderte und alte Personen im öffentlichen Nahverkehr – Beispiele für Massnahmen und Erfahrungen im Ausland*. *Verkehr und Tech.* tom 4. 134–139.
- [11] Oswald, G. 1986. *Behinderte im Strassenverkehr – Arbeitsbericht des Instituts für Verkehrsplanung, Transporttechnik, Strassen- und Eisenbahnbau an der*. ETH Zürich.
- [12] Weidmann, U. 1993. *Transporttechnik der Fußgänger*. Schriftenreihe des IVT 90. ETH Zürich.
- [13] Köröndi, G. 1988. *Lösungsansätze zur Rollstuhlfahrerbeförderung im OePNV*. Verkehr und Tech. 39–48.
- [14] Hrvatski savez slijepih. <http://www.savez-slijepih.hr> (pristupljeno: 12. veljače 2015.).
- [15] Republika Hrvatska – Državni zavod za statistiku. <http://www.dzs.hr>.
- [16] Hensrud, D. D. 2005. *Mayo Clinic o zdravoj težini*. Medicinska naklada. Zagreb.
- [17] Dreyfuss, H. 1967. *The Measure of Man – Human Factors in Design*. Whitney Library of Design. New York.
- [18] Dieckmann, D. 1983. *Anmerkungen zur Gestaltung von ergonomischen Fahrerplätzen*. *Unfall und Sicherheitsforsch. Strassenverkehr*. izd. 45. 54–59.
- [19] Mikšić, D. 1997. *Uvod u ergonomiju*. Fakultet strojarstva i brodogradnje. Zagreb.
- [20] Предтеченский, А. И.; Милинский, В. М. 1969. *Проектирование зданий с учетом организаций движения людских потоков*. Москва.
- [21] Fruin, J. J. 1971. *DESIGNING FOR PEDESTRIANS: A LEVEL-OF-SERVICE CONCEPT*. 50th Annual Meeting of the Highway Research Board. izd. 355. 1–15.

- [22] Still, G. K. 2000. *Crowd dynamics*. University of Warwick.
- [23] Routhail, N. M.; Allen, D. P. 1998. *Recommended Procedures Chapter 13, Pedestrians' of the Highway Capacity Manual*. Highw. Capacit. Man. izd. February. 1–56.
- [24] Ruszovwski, I. 1982. *Normalan i poremećen hod čovjeka*. Jugoslavenska medicinska naklada. Zagreb.
- [25] Astrand, I. 1987. *Arbeitsphysiologie*. Schattauer Verlag. Stuttgart/New York.
- [26] Hollmann, W; Hettinger, T. 1980. *Sportmedizin-Arbeits- und Trainingsgrundlagen*. F.K. Schattauer Verlag. Stuttgart/New York.
- [27] Prokop, L. 1983. *Einführung in die Sportmedizin für Aerzte, Sportler und Uebungsleiter*. 3rd izd. Gustav Fischer Verlag. Stuttgart/New York.
- [28] Rohmert, W.; Rutenfranz, J. 1983. *Praktische Arbeitsphysiologie*, 3rd izd. Georg Thieme Verlag. Stuttgart/New York.
- [29] Schopf, J. M. 1985. *Bewegungsabläufe, Dimensionierung und Qualitätsstandards für Fußgänger, Radfahrer und Kraftfahrzeugverkehr*.
- [30] Hoogendoorn, S. P.; Bovy, P. H. L. 2002. Daamen, W. *Microscopic pedestrian wayfinding and dynamics modelling*. Pedestr. evacuation Dyn. tom 123. str. 154.
- [31] American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO). 2001. *A Policy on Geometric Design of Highways and Streets*.
- [32] Federal Highway Administration. 2000. *Manual on Uniform Traffic Control Devices (MUTCD) - Including Errata No. 1 dated June 14, 2001*.
- [33] Peulić, Đ. 1991. *Konstruktivni elementi zgrada*. 2nd izd. Tehnička knjiga. Zagreb.
- [34] Margaria, R. 1976. *Biomechanics and energetics of muscular exercise*. Oxford: Oxford University Press.
- [35] Municipal Planning Association. 1923. *Transit: A Part of the Pittsburgh Plan*. Pittsburgh.
- [36] Koss, L. L.; Moore, A.; Porteous, B. 1997. *Human Mobility Data for Movement on Ships*. Proceedings of International Conference on Fire at Sea.
- [37] Oeding, D. 1963. *Verkehrsbelastung und Dimensionierung von Gehwegen und anderen Anlagen des Fussgägerverkehrs*. izd 22. Bundesminister für Verkehr.
- [38] National Fire Protection Association – NFPA. 2003. *NFPA 101-2003: Life Safety Code*.
- [39] Предтеченский, В. М.; Ройтман, Р. М.; Конылов, В. А. 1972. *К вопросу исследования параметров движения людских потоков при вынужденной эвакуации Труды. ВЦ МВД СССР*. izd 33.
- [40] Thompson, P. A.; Marchant, E. W. 1995. *A computer model for the evacuation of large building populations*. Fire Safety Journal. tom 24. izd 2. 131–148.
- [41] Schreckenberg, M.; Sharma, S. D. 2002. *Priroda Pedestrian and Evacuation Dynamics*. Springer. Berlin.
- [42] Lighthill, M. J.; Whitham, G. B. 1955. *On Kinematic Waves. II. A Theory of Traffic Flow on Long Crowded Roads*. Proceedings of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences. tom 229. izd 1178. 317–345.

- [43] Wardrop, J. G. 1952. *Some Theoretical Aspects of Road Traffic Research*. Proceedings of the Institution of Civil Engineers. Part II. Volume I. 325–362.
- [44] Grahl, W. 1978. *Durchlassfähigkeit von Anlagen des Fussgängerverkehrs*. Die Strasse. izd 12. 407–409.
- [45] ITE – Technical Council Committee 5-R. 1976. *Characteristics and Service Requirements of Pedestrians and Pedestrian Facilities*. Traffic Eng. 34–45.
- [46] Pushkarev, B.; Zupan, J. 1975. *Urban Space for Pedestrians*. MIT-Press.
- [47] Untermann, R. K. 1984. *Accomodating the Pedestrian: Adapting Towns and Neighborhoods for Walking and Bicycling*. Van Nostrand Reinhold. New York.
- [48] Baerwald, J. E. 1965. *Traffic Engineering Handbook*. 3rd izd. Washington DC: Institute of Traffic Engineers.
- [49] Berg, W. 1988. *Gestaltung von Zugängen zu den Haltestellen und Bahnhöfen: Verkehrstechnisch-betriebliche Belange*. Arbeitsgemeinschaft Recht für Fussgänger. Zürich.
- [50] Kirsch, H. *Leistungsfähigkeit und Dimensionierung von Fußgängerüberwegen*. Bundesministerium für Verkehr. Abt. Straßenbau. Bonn.
- [51] Navin, F. P. D.; Wheeler, R. J. 1969. *Pedestrian Flow Characteristics*. Traffic Eng. tom 39. izd 9.
- [52] Older, S. J. 1968. *Movement of pedestrians on footways in shopping streets*. Traffic Eng. Control. tom 10. izd 4. 160–163.
- [53] Hankin, B. H.; Wright, R. A. 1958. *Passenger Flows in Subways*. Oper. Res. Q. tom 9. izd 2. 81–88.
- [54] Ando, K.; Ota, H.; Oki, T. 1988. *Forecasting the flow of people (Japanese)*. Railw. Res. Rev. tom 45. 8–14.
- [55] Brilon, W. 1994. *A New German Capacity Manual*. The Second International Symposium on Highway Capacity.
- [56] Polus, A.; Schofer, J. L.; Ushpiz, A. 1983. *Pedestrian Flow and Level of Service*. Journal of Transportation Engineering. tom 109. izd 1. 46–56.
- [57] Tanaboriboon, Y.; Guyano, J. A. 1989. *Level of Service. Standards for Pedestrian Facilities in Bangkok: A Case Study*. ITE J. tom 59. izd 11. 39–41.
- [58] *Biciklizam / Hrvatska enciklopedija*. <http://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=7480>. (pristupljeno: 6. rujna 2014.).
- [59] Zdenko's Corner. *Zagrebački biciklizam kroz povijest – 1. dio*. <http://zkhalkina.ca/cro/?p=14246>. (pristupljeno: 6. rujna 2014.).
- [60] Deffner, C. E.; Jutta; Ziel, Torben; Heftner, Tomas; Rudolph. 2012. *Priručnik o planiranju biciklističkoga prometa u urbanim sredinama-MOBILE2020*.
- [61] Eurobarometer, F. 2011. *Future of transport Analytical report*. izd March. 1–67.
- [62] EPOMM Home. <http://www.epomm.eu/index.php?id=2581>. (pristupljeno: 20. srpnja 2014.).

- [63] Direkcija za ceste Federacije BiH / Javno poduzeće Putevi Republike srpske. 2005. *Smjernice za projektovanje, građenje, održavanje i nadzor na putevima – Knjiga I: Funkcionalni elementi i površine puta.* Sarajevo / Banja Luka.
- [64] *The France 24 Observers.* [http://observers.france24.com/content/20100831-gaza-woman-rides-bicycle-despite-ban-asmaa-alghoul.](http://observers.france24.com/content/20100831-gaza-woman-rides-bicycle-despite-ban-asmaa-alghoul) (pristupljeno: 17. veljače 2015.).
- [65] Pfund, K.; Hülsen, H.; Alrutz, D. 1982. *Radverkehrsanlagen – Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen: Empfehlungen.* Moekerdruck. Köln.
- [66] *Basics of Bicycle Driving.* [http://www.bikewalknc.org/2014/05/basics-of-bicycle-driving/.](http://www.bikewalknc.org/2014/05/basics-of-bicycle-driving/) (pristupljeno: 15. veljače 2015.).
- [67] Kreis, Rhein Erft. 2007. *Standards für die Radverkehrsplanung.*
- [68] *A view from the cycle path: On-Road Cycle-lanes are dangerous. Oostrum's children deserve better.* [http://www.aviewfromthecyclepath.com/2013/12/oostrums-children-deserve-better-we.html.](http://www.aviewfromthecyclepath.com/2013/12/oostrums-children-deserve-better-we.html) (pristupljeno: 15. veljače 2015.).
- [69] *Piste ciclabili a Milano – Idee Green.* [http://www.ideegreen.it/piste-ciclabili-a-milano-275.html.](http://www.ideegreen.it/piste-ciclabili-a-milano-275.html) (pristupljeno: 17. veljače 2015.).
- [70] Republika Hrvatska. Ministarstvo mora turizma prometa i razvijatka. *Pravilnik o prometnim znakovima, signalizaciji i opremi na cestama.* Narodne novine br. 33/05. 64/05. 155/05. 14/11. [http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/288185.html.](http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/288185.html) (pristupljeno: 17. veljače 2015.).
- [71] *SEStran, South East Scotland Transport Partnership, Travel Planning & Strategy.* [http://www.sestran.gov.uk/.](http://www.sestran.gov.uk/) (pristupljeno: 17. veljače 2015.).
- [72] Pucher, J.; Buehler, R. 2007. *At the Frontiers of Cycling.* World Transp. Policy Pract. tom 13. izd. 3. 8–57.
- [73] Birk, M. *Cycle Track – Lessons Learned.*
- [74] *How to Ride a Bike Safely (with Pictures) – wikiHow.* [http://m.wikihow.com/Ride-a-Bike-Safely.](http://m.wikihow.com/Ride-a-Bike-Safely) (pristupljeno: 17. veljače 2015.).
- [75] Republika Slovenija. Ministrstvo za infrastrukturo in prostor. 2000. *Navodila za projektiranje kolesarskih površin.*
- [76] *Bicycle Safety Guide and Countermeasure Selection System.* [http://www.pedbikesafe.org/BIKESAFE/casesstudies.cfm.](http://www.pedbikesafe.org/BIKESAFE/casesstudies.cfm) (pristupljeno: 17. veljače 2015.).
- [77] Government of Ontario Ministry of Transportation. *Cycling Skills – 3b) Riding in Traffic: Going through intersections.* [http://www.mto.gov.on.ca/english/pubs/cycling-guide/section3.1.shtml.](http://www.mto.gov.on.ca/english/pubs/cycling-guide/section3.1.shtml) (pristupljeno: 17. veljače 2015.).
- [78] Caltrans Standard. *Chapter 5: Intersections and interchannges.*
- [79] *German Bicycle Laws.* [http://bicyclegermany.com/german_bicycle_laws.html.](http://bicyclegermany.com/german_bicycle_laws.html) (pristupljeno: 17. veljače 2015.).
- [80] Oregon Bicyclist Manual. 2010. *Oregon Department of Transportation Bicycle and Pedestrian Program.*
- [81] Pucher, J.; Buehler, R. 2012. *City cycling,* izd. November. The MIT Press.

- [82] *Preparing for the Third Wave of Cyclists – Cycling facilities designed for the future cyclists.* http://presentations.thecyclistwebhouse.com/The_Third_Wave_of_Cyclists/. (pristupljeno: 20. veljače 2015.).
- [83] *Google maps.* 2014. <https://maps.google.hr/>.
- [84] CROW. 2007. *Design manual for bicycle traffic.*
- [85] Roads and Traffic Authority. 2005. *NSW Bicycle Guidelines.* North Sydney.
- [86] *The Handbook of Road Safety.* 2010. Copenhagen: The Danish Road Directorate.
- [87] *Technical guidelines / Sustrans.* <http://www.sustrans.org.uk/our-services/infrastructure/route-design-resources/technical-guidelines>. (pristupljeno: 20. veljače 2015.).
- [88] *State of the Art Design for Cycling Facilities.* 2010. *Cycl. Expert. from Ger. I-2/2010.* 1–4.
- [89] Ministarstvo pomorstva prometa i infrastrukture. 2013. *Pravilnik o uvjetima za projektiranje i izgradnju biciklističkih staza i traka – prijedlog.*
- [90] *Bicycle_and_motorcycle_dynamics.* http://en.wikipedia.org/wiki/Bicycle_and_motorcycle_dynamics.
- [91] Wilson, David Gordon. 2004. *Bicycling Science.* 3rd. izd. The MIT Press.
- [92] Kresonja, J. 2011. *Biciklistički priručnik.* tom 96.
- [93] Burke, E. R. 2003. *High Tech Cycling.* 2nd. izd. Human Kinetics Publishers.
- [94] Krpanec, G. 2012. *Dizajn = konstrukcija bicikla.*
- [95] Broker, J.; Hill, P. 2006. *Bicycle Accidents: Biomedical, Engineering and Legal Aspects.* Lawyers & Judges Publishing Company, Inc.
- [96] AASTHO, 1999. *Guide for the Development of Bicycle Facilities.*
- [97] *National Cycle Manual.* 2011. <http://www.cyclemanual.ie/>. (pristupljeno: 20. srpnja 2014.).
- [98] *rideons.wordpress.com.* 2013. <http://rideons.wordpress.com/2013/07/23/stay-or-go/>. (pristupljeno: 22. srpnja 2014.).
- [99] *Hollandrad.* <http://www.hollandrad.de/bobike-kindersitz-vorne-urban-black.html> (pristupljeno: 20. veljače 2015.).
- [100] *Schwinn Bicycles.* <http://www.schwinnbikes.com/usa/>. (pristupljeno: 20. veljače 2015.).
- [101] Riehle, E. B. 2012. *Cargo Bikes As Transportation Vehicles for Urban Freight.* TU Dortmund University Faculty of Spatial Planning.
- [102] Demaio, P. J. 2001. *Smart Bikes: Public transportation for the 21st century: Commuter Choice/ Bicycling Programs.* ACT International Conference.
- [103] *MetroBike.* <http://www.metrobike.net> (pristupljeno: 24. srpnja 2014.).
- [104] *Studocikl.* <http://www.fpz.unizg.hr/studocikl/>. (pristupljeno: 12. veljače 2014.).
- [105] *Park and Ride Umag.* <http://parkandrideumag.com/hr> (pristupljeno: 24. srpnja 2014.).
- [106] Ministarstvo unutarnjih poslova. 2013. *Bilten o sigurnosti cestovnoga prometa 2012.*

- [106] [http://www.mup.hr/UserDocsImages/statistika/2013/bilten_2012.pdf.](http://www.mup.hr/UserDocsImages/statistika/2013/bilten_2012.pdf)
- [107] *Pedestrian & Bicycle Information Center – PBCAT.*
http://www.pedbikinfo.org/pbcat_us/ped_images.cfm (pristupljeno: 17. veljače 2015.).
- [108] SZŽ. 2014. *Savez za Željeznicu.*
[http://www.szz.hr/.](http://www.szz.hr/) (pristupljeno: 28. listopada 2014.).
- [109] European Road Safety Observatory – ERSO. 2008. *Cost-benefit analysis.* izd. 2006. 1–23.
- [110] *Sigurno rolanje.*
[http://www.rolanje.hr/step.jsp?page=463582.](http://www.rolanje.hr/step.jsp?page=463582)
(pristupljeno: 20. veljače 2015.).

POPIS SLIKA

Slika 2.1. Pješačenje u multimodalnom načinu putovanja	4
Slika 2.2. <i>Pješak kao cjelovito sredstvo transporta</i>	9
Slika 2.3. <i>Pješak i teret kao objekti premještanja</i>	9
Slika 2.4. <i>Stupnjevi slobode pješaka</i>	10
Slika 2.5. <i>Osoba u invalidskim kolicima</i>	12
Slika 2.6. <i>Osoba na štakama</i>	12
Slika 2.7. <i>Osoba sa štapom</i>	12
Slika 2.8. <i>Osoba koja koristi psa vodiča</i>	12
Slika 2.9. <i>Usporedba tjelesnih proporcija novorođenoga i odrasloga čovjeka</i>	15
Slika 2.10. <i>Dubina i širina tijela gologa muškarca</i>	15
Slika 2.11. <i>Dubina i širina tijela obučenoga muškarca</i>	15
Slika 2.12. <i>Njihanje tijela</i>	16
Slika 2.13. <i>Tlocrt ljudskoga tijela (body ellipse)</i>	17
Slika 2.14. <i>Tlocrt pješaka s kovčegom</i>	17
Slika 2.15. <i>Vodoravne projekcije ljudi koji nose teret ili vode djecu</i>	18
Slika 2.16. <i>Usporedba širine i dubine tijela pješaka po Fruinu i po Stillu</i>	19
Slika 2.17. <i>Odbojna zona s obzirom na spol i zdravstveno stanje osobe</i>	21
Slika 2.18. <i>Objekti koji zadiru u slobodni profil predstavljaju velike poteškoće, posebno slijepim osobama</i>	22
Slika 2.19. <i>Održavanje slobodnoga profila važno je uskladiti s veličinama očekivanih korisnika pješačke prometnice</i>	22
Slika 2.20. <i>Prometni i slobodni profil za jedan i za dva reda pješaka</i>	22
Slika 2.21. <i>Prijedlog širine prometnoga i slobodnoga profila koji je dovoljan za vožnju invalida u kolicima</i>	23
Slika 2.22. <i>Klasifikacija pješačenja</i>	24
Slika 2.23. <i>Prijenos težišta tijela prema naprijed</i>	24
Slika 2.24. <i>Pretvaranje energije pri kretanju identično je onomu kod njihala ili kod rolanja jajeta</i>	25
Slika 2.25. <i>Grafički prikaz transformacija energije pri kretanju</i>	25
Slika 2.26. <i>Sile reakcije podloge na stopalo za vrijeme kretanja</i>	26
Slika 2.27. <i>Hodanje po ravnoj podlozi (poredak njihanja i opiranja)</i>	26
Slika 2.28. <i>Dimenzije stuba određuju veličinu koraka</i>	29
Slika 2.29. <i>Penjanje stubama</i>	30
Slika 2.30. <i>Pad pri penjanju stubama manje je opasan od pada pri silaženju</i>	30

Slika 2.31. Silazak niz stube	30
Slika 2.32. Pad pri silaženju niz stube opasniji je od pada pri penjanju	31
Slika 2.33. Hodanje po rampama.....	32
Slika 2.34. <i>Izgled rampe</i>	33
Slika 2.35. <i>Fragment pješačkoga toka</i>	34
Slika 2.36. <i>Shema pješačkoga toka</i>	36
Slika 2.37. <i>Vrste prometnih modela pješačkih tokova</i>	37
Slika 2.38. <i>Makroskopsko modeliranje utemeljeno na analogiji toka fluida</i>	37
Slika 2.39. <i>Shematski prikaz vodoravne projekcije pješačkoga toka pri gustoći od 0,92 m²/m²</i>	43
Slika 2.40. <i>Gustoća od 4 pj/m²</i>	45
Slika 2.41. <i>Zona bez dodira</i>	45
Slika 2.42. <i>Zona osobne udobnosti i cirkulacije</i>	45
Slika 2.43. <i>Mjerenje brzine pješaka</i>	48
Slika 2.44. <i>Pokretne stube</i>	51
Slika 2.45. <i>Pokretna staza</i>	51
Slika 2.46. Kategorizacija razine uslužnosti prikazana na grafikonu odnosa brzine i prostora	60
Slika 2.47. Dimenzioniranje <i>nogostupa</i>	62
Slika 2.48. Svojstva prometne mreže.....	63
Slika 3.1. Osnovni dijelovi bicikla	75
Slika 3.2. Modalna razdioba osnovnih putovanja tijekom dana u EU 27 – 2011. godine.....	77
Slika 3.3. Modalna razdioba putovanja u pojedinim europskim gradovima	77
Slika 3.4. Učestalost korištenja automobila s obzirom na duljinu putovanja u 15 zemalja EU.....	78
Slika 3.5. Situacijski detalj 5. – Jednosmjerni dvostrani	81
Slika 3.6. Situacijski detalj 10. – Dvosmjerni jednostrani.....	81
Slika 3.7. Osnovni pristup oblikovanju biciklističkih prometnica	81
Slika 3.8. Zona 30 km/h.....	82
Slika 3.9. Oznaka na kolniku o prisustvu biciklista	82
Slika 3.10. Vožnja uz desni rub kolnika	82
Slika 3.11. Navika postavljanja biciklista unutar prometnoga traka.....	83
Slika 3.12. Vožnja u suprotnom smjeru nije dopuštena	83
Slika 3.13. Vođenje sudionika u prometu prikazano u poprečnom profilu ceste	84

Slika 3.14. Kinetička energija automobila i bicikla pri različitim brzinama.....	84
Slika 3.15. Biciklistički trak	85
Slika 3.16. Nepovoljno vođenje biciklističkoga traka uz parkirana vozila	85
Slika 3.17. Vođenje biciklističke staze u profilu ceste	86
Slika 3.18. Prometni znak <i>pješačka i biciklistička staza</i>	87
Slika 3.19. Vožnja biciklom u suprotnom smjeru	87
Slika 3.20. Moguće konfliktne točke na biciklističkom traku	88
Slika 3.21. Moguće konfliktne točke na biciklističkoj stazi	89
Slika 3.22. Samostalno vođene biciklističke staze.....	89
Slika 3.23. „Sve zeleno“ za bicikliste	90
Slika 3.24. Tipkalo za bicikliste.....	90
Slika 3.25. Brojač na semaforu	90
Slika 3.26. Zeleni val za bicikliste	91
Slika 3.27. Piramida sustava upravljanja prometom	91
Slika 3.28. Prelazak biciklista preko zebre	91
Slika 3.29. Izravno vođenje biciklističkoga traka kroz „T“ raskrižje	91
Slika 3.30. Pravo prvenstva prolaza za bicikliste	91
Slika 3.31. Skretanje biciklista desno	92
Slika 3.32. Opasna situacija pri skretanju biciklista desno	92
Slika 3.33. Izravno i neizravno skretanje lijevo	92
Slika 3.34. Izravno skretanje s biciklističke staze prethodnim uvođenjem biciklista na kolnik.....	93
Slika 3.35. Ručno davanje signala biciklista (obrada autora)	93
Slika 3.36. Skretanje na cesti s jednim prometnim trakom	94
Slika 3.37. Skretanje na cesti sa zasebnim trakom ulijevo	94
Slika 3.38. Skretanje ulijevo na cesti s biciklističkim trakom	94
Slika 3.39. Naprijed pomaknuta zaustavna crta za bicikliste (obrada autora).....	95
Slika 3.40. Niša za bicikliste ispred motornih vozila	95
Slika 3.41. Prostor za čekanje lijevih skretača sa signalizacijom	96
Slika 3.42. Vođenje biciklista unutar kružnoga raskrižja.....	96
Slika 3.43. Vođenje biciklista izvan kružnoga raskrižja	96
Slika 3.44. Vožnja biciklom u kružnom toku	97

Slika 3.45. Biciklistički prijelaz preko otvorene ceste izvan raskrižja	97
Slika 3.46. Prijelaz s jednostrane dvosmjerne biciklističke	98
Slika 3.47. Prijelaz s dvostranoga jednosmjernoga	98
Slika 3.48. Biciklistički tunel.....	98
Slika 3.49. Biciklistički most.....	98
Slika 3.50. Prijelaz preko željezničke pruge u razini za pješake i za bicikliste.....	99
Slika 3.51. Okomito vođenje biciklista preko željezničke pruge.....	99
Slika 3.52. Gumena podloga na prijelazu preko željezničke pruge.....	99
Slika 3.53. Tramvajske tračnice kao potencijalna opasnost za bicikliste	99
Slika 3.54. Australski nomogram za izbor biciklističke prometnice	101
Slika 3.55. Danski nomogram za izbor biciklističke prometnice.....	101
Slika 3.56. Britanski nomogram za izbor biciklističke prometnice.....	102
Slika 3.57. Njemački nomogram za izbor biciklističke prometnice.....	102
Slika 3.58. Hrvatski nomogram za izbor biciklističke prometnice – prijedlog	103
Slika 3.59. Proces odabira odgovarajućega tipa biciklističke prometnice.....	104
Slika 3.60. Polazište u planiranju biciklističke mreže.....	105
Slika 3.61. Osnovne dimenzije bicikla i biciklista.....	107
Slika 3.62. Krivudanje bicikla	107
Slika 3.63. Vožnja triciklom u zavoju.....	108
Slika 3.64. Kut bočnoga naginjanja bicikla i kut zakretanja prednjega kotača	109
Slika 3.65. Razmak između projekcije upravljačke osi i točke kontakta pneumatika s tlom (<i>trail</i>).....	109
Slika 3.66. Brdski bicikl.....	110
Slika 3.67. Dinamička samostabilnost bicikla	110
Slika 3.68. Žiro učinak kotača bicikla.....	111
Slika 3.69. Vanjske sile otpora koje djeluju na sustav bicikl – vozač	112
Slika 3.70. Uvjet ravnoteže sustava u stacionarnom položaju – bočni i stražnji pogled	112
Slika 3.71. Frontalna površina sustava vozač – bicikl	113
Slika 3.72. Otpor zraka u ovisnosti o brzini.....	113
Slika 3.73. Utjecaj položaja tijela na aerodinamiku.....	114
Slika 3.74. Sile na pedali i pokretanje bicikla	115
Slika 3.75. Okretanje prednjega kotača i balansiranje sustava vozač – bicikl za vrijeme vožnje bicikla po pravcu.....	116

Slika 3.76. Putanja prednjega i stražnjega kotača bicikla	116
Slika 3.77. Djelovanje sila na pedale i na kotače.....	117
Slika 3.78. Zupčanik bicikla.....	117
Slika 3.79. Glavčina bicikla	117
Slika 3.80. Broj okretaja pogona pri različitom odabiru prijenosnoga omjera.....	117
Slika 3.81. Položaj lanca na zupčanicima bicikla	118
Slika 3.82. Položaj biciklista u zavoju	118
Slika 3.83. Kutni moment u trenutku skretanja.....	119
Slika 3.84. Balansiranja pri skretanju	119
Slika 3.85. Prevrtanje sustava bicikl – vozač.....	120
Slika 3.86. Složeni model vožnje bicikлом (različiti nagibi vozača i bicikla u odnosu na vertikalnu os).....	120
Slika 3.87. Vožnja bicikлом kroz zavoj.....	121
Slika 3.88. Upravljanje u hitnim slučajevima – protuupravljanje	121
Slika 3.89. Kutni moment bicikla pri skretanju	122
Slika 3.90. Osnovne dimenzije prometnoga profila u biciklističkom prometu.....	123
Slika 3.91. Slobodni profil jednotračne i dvotračne biciklističke prometnice	123
Slika 3.92. Prometni i slobodni profil	124
Slika 3.93. Sigurnosne (dodatne) širine unutar slobodnoga profila	125
Slika 3.94. Dijeljenje površine između pješaka i biciklista	125
Slika 3.95. Prostor potreban pri vožnji kroz zavoj.....	126
Slika 3.96. Širina balističkih prometnica.....	128
Slika 3.97. Pad vozača preko upravljača bicikla	131
Slika 3.98. Zaustavna udaljenost bicikla	133
Slika 3.99. Duljine preglednosti biciklista na raskrižju.....	134
Slika 3.100. Primjeri za kratko, srednje i dugo parkiranje bicikla	135
Slika 3.101. Standardno postolje za bicikle	137
Slika 3.102. Tlocrtni prikaz odlaganja bicikala na sustav parkiranja klamerice	138
Slika 3.103. Okomito i koso parkiranje bicikala	138
Slika 3.104. Radijalno postavljanje postolja	138
Slika 3.105. Automatizirana odlagališta bicikala.....	139
Slika 3.106. Prednja dječja sjedalica	139

Slika 3.107. Stražnja dječja sjedalica.....	139
Slika 3.108. Dječja prikolica postavljena naprijed.....	140
Slika 3.109. Dječja prikolica postavljena nazad.....	140
Slika 3.110. Pekarski ili poštanski bicikl.....	141
Slika 3.111. Bicikli s prednjim niskonosivim utovarnim prostorom.....	141
Slika 3.112. Bicikl sa stražnjim prtljažnim prostorom.....	141
Slika 3.113. Teretni bicikl	142
Slika 3.114. Prijevoz bicikala u vlaku	143
Slika 3.115. Prijevoz bicikala autobusom	143
Slika 3.116. Sklopivi bicikl u javnom prijevozu.....	143
Slika 3.117. Primjer intermodalne prometne povezanosti	143
Slika 3.118. Potencijal stajališta javnoga prijevoza	144
Slika 3.119. Postaje sustava javnih bicikala	149
Slika 3.120. Sastavnice fiksnoga BBS sustava (<i>Vélib station</i>)	149
Slika 3.121. Mogućnost pristupa biciklu.....	150
Slika 3.122. Služba prikupljanja i razmještanje bicikala.....	150
Slika 0.1. Znakovi opasnosti	163
Slika 0.2. Znakovi izričitih naredaba.....	164
Slika 0.3. Znakovi obavijesti	166
Slika 0.4. Ploča na graničnim prijelazima „Rute Dunav“	166
Slika 0.5. Obavijesna ploča „Rute Dunav“	167
Slika 0.6. Putokazni znak „Rute Dunav“	167
Slika 0.7. Obavijesni znak „Rute Dunav“	168
Slika 0.8. Prometna svjetla i oznake.....	168
Slika 0.9. Oznake na kolniku i na drugim površinama	169
Slika 0.10. Prijelaz s jednostrane dvosmjerne biciklističke staze na dvostrane jednosmjerne biciklističke staze dijeljene s pješačkom površinom u naselju	170
Slika 0.11. Prijelaz s dvostrane jednosmjerne biciklističke staze dijeljene s pješačkom površinom u naselju na dvostrane jednosmjerne biciklističke trakove	170
Slika 5.1. Sustav upozorenja vozača.....	171
Slika 5.2. Sustav upozorenja vozača.....	171
Slika 5.3. Biciklistička aplikacija na mobilnom uređaju.....	172

Slika 5.4. Prikaz parametara tijekom putovanja biciklom.....	172
Slika 5.5. Mobilni uređaj u funkciji navigacije biciklista.....	172
Slika 5.6. Biciklistički informacijski portal.....	172
Slika 5.7. Usluge za bicikliste utemeljene na mobilnim platformama	172
Slika 5.8. Aktivni ruksak za bicikliste – „stop”	173
Slika 5.9. Aktivni ruksak za bicikliste – „skretanje”	173
Slika 5.10. Aktivne biciklističke naočale	173
Slika 5.11. Stanje prije i poslije aktiviranja zračnoga jastuka	173
Slika 5.12. Inteligentni pješački signali.....	174
Slika 5.13. Prilagodljiva rasvjeta na pješačko-biciklističkim prijelazima	174
Slika 5.14. Prisutnost pješaka na cesti.....	175
Slika 5.15. Upozorenje pješacima o stanju ceste	175
Slika 5.16. Planiranje putovanja i navigacija ranjivih korisnika	176
Slika 5.17. Sigurnost na raskrižju	176
Slika 5.18. Sustav upozoravanja o prisutnosti biciklista u mrtvom kutu vozila	176
Slika 5.19. Inteligentna prilagodba brzine	177
Slika 5.20. Noćni vid vozila	177
Slika 5.21. Automatsko brojanje pješaka i biciklista.....	178
Slika 5.22. Podatci o slobodnim mjestima za bicikle	178
Slika 6.1. Rikše.....	179
Slika 6.2. Štitnik za laktove i za dlanove	180
Slika 6.3. Kaciga	180
Slika 6.4. Promjeri kotača rola.....	181
Slika 6.5. Roleri na trgu	181
Slika 6.6. Romobil	182
Slika 6.7. Trotinet	183
Slika 6.8. Dijelovi <i>skateboarda</i>	185
Slika 6.9. Poligoni za <i>skateboardere</i>	185
Slika 6.10. Položaj centra masa kod bicikla i <i>segwaya</i>	186
Slika 6.11. Skretanje kod bicikla i <i>segwaya</i>	186
Slika 6.12. <i>Segway</i>	187

POPIS GRAFIKONA

Grafikon 2.1. Izbor načina putovanja u urbanom području u Istočnoj i u Zapadnoj Njemačkoj	5
Grafikon 2.2. Udio nemotoriziranoga prometa u raznim zemljama svijeta.....	6
Grafikon 2.3. Maksimalne duljine <i>pješačenja</i>	7
Grafikon 2.4. <i>Frekvencija raspodjele tjelesnih visina muškaraca u srednjoj Europi</i>	14
Grafikon 2.5. <i>Visina tijela prema spolu</i>	14
Grafikon 2.6. Ukupna potrošnja energije za put dug 1000 m u ovisnosti o brzini kretanja	28
Grafikon 2.7. Ovisnost snage za pješačenje i za trčanje o brzini	28
Grafikon 2.8. Potrebna energija za hodanje po ravnom putu ovisno o duljini i frekvenciji koraka	29
Grafikon 2.9. Promet energije za rad od 1 mkg za rampe, stubišta i ljestve (cal/mkg).....	31
Grafikon 2.10. Potrošnja energije na stubištu u usporedbi s potrošnjom energije na ravnim površinama	32
Grafikon 2.11. Potrošnja energije na nagnutim površinama (za nagib veći od 15 % primjenjuju se stubišta)	33
Grafikon 2.12. Utjecaj nagiba na duljinu pješačenja	34
Grafikon 2.13. <i>Oscilacije prometnoga opterećenja tijekom jednoga sata.</i>	39
Grafikon 2.14. <i>Ovisnost brzine o nagibu</i>	50
Grafikon 2.15. <i>Odnosi između parametara prometnoga toka vozila i pješačkoga toka</i>	52
Grafikon 2.16. <i>Modeli pješačkoga toka</i>	53
Grafikon 2.17. <i>Linearni odnos brzine i gustoće</i>	53
Grafikon 2.18. <i>Nelinearni odnos brzine i gustoće</i>	54
Grafikon 2.19. <i>Odnos brzine i prostora</i>	54
Grafikon 2.20. <i>Odnos protoka i gustoće</i>	56
Grafikon 2.21. <i>Odnos protoka i prostora</i>	57
Grafikon 2.22. <i>Odnos protoka i brzine</i>	57
Grafikon 2.23. <i>Odnos brzine i razmaka među pješacima</i>	58
Grafikon 2.24. Kategorizacija razine uslužnosti prikazana na grafikonu odnosa protoka i prostora	61
Grafikon 3.1. Hadsonov dijagram vremena koje je potrebno za prelazak puta „od vrata do vrata“ u urbanom području.....	79
Grafikon 3.2. Uobičajene duljine putovanja.....	79
Grafikon 3.3. Brzine biciklista na različitim uzdužnim nagibima	80
Grafikon 3.4. Hadsonov dijagram kapaciteta biciklističke površine u odnosu na širinu	81

Grafikon 3.5. Zaustavna udaljenost	132
Grafikon 3.6. Broj sustava BSS u svijetu	146

POPIS TABLICA

Tablica 2.1. Izbor prometnoga sredstva s obzirom na duljinu, vrijeme i brzinu putovanja.....	8
Tablica 2.2. Veličine ljudskoga tijela	18
Tablica 2.3. Potrošnja energije za različite vrste poslova	27
Tablica 2.4. Faktor nagiba	34
Tablica 2.5. Veličina ljudskoga uzrasta.....	42
Tablica 2.6. Brzine kretanja uz stube i niz njih	50
Tablica 2.7. Razine uslužnosti za nogostupe prema raznim autorima.....	60
Tablica 2.8. Podjela pješačkih prometnica	64
Tablica 2.9. Kriteriji za izbor optimalnoga pješačkoga prijelaza.....	66
Tablica 2.10. Preporučene širine pojedinih zona u području nogostupa	67
Tablica 3.2. Klasifikacija bicikala	73
Tablica 3.3. Prednosti i nedostatci biciklizma	76
Tablica 3.4. Protok biciklističkih površina.....	80
Tablica 3.5. Kriteriji za odabir biciklističke prometnice u urbanom okruženju	100
Tablica 3.6. Kriteriji za odabir biciklističke prometnice u ruralnom okruženju	100
Tablica 3.7. Rangiranje prioriteta biciklističke mreže.....	106
Tablica 3.8. Usporedba vrsta biciklističkih staza.....	127
Tablica 3.9. Biciklistička razina uslužnosti (BLoS)	130
Tablica 3.10. Dimenzioniranje biciklističkih parking-mjesta	136
Tablica 3.11. Klasifikacija biciklističkih mjesta	137
Tablica 3.12. Javni bicikli kroz povijest	145
Tablica 3.13. Prednosti i nedostatci sustava javnih bicikala	147
Tablica 4.1. Tipovi konfliktnih situacija pješaka u prometu	152
Tablica 4.2. Tipovi konfliktnih situacija biciklista u prometu	156
Tablica 4.3. Broj nesreća po vrstama cestovnih korisnika 1988. godine	158

POJMOVNIK

BICIKL	Vozilo koje ima najmanje dva kotača i koje se pokreće isključivo snagom vozača ili koje je opremljeno pedalama i pomoćnim električnim motorom čija najveća trajna snaga nije veća od 0,25 kW i koja se progresivno smanjuje do nule kada brzina dostigne 25 km/h, ili prije ukoliko vozač prestane pokretati pedale.
BICIKLISTIČKA MREŽA	Biciklistička infrastruktura primarno namijenjena biciklistima za korištenje na međunarodnoj, nacionalnoj, regionalnoj ili lokalnoj razini.
BICIKLISTIČKA RUTA	Povezan skup putanja koje pokrivaju određeno područje ili grad. Fizički se oblik rute od izvora do cilja može razlikovati. Primjerice, ruta može početi zajedničkim vođenjem bicikla s motornim vozilima na kolniku (zona 30 km/h), zatim prijeći u biciklistički trak, potom kroz biciklistički tunel proći ispod obilaznice te nastaviti kao odvojena biciklistička staza, prečicom presjeći park i na kraju proći kroz pješačku zonu i stići do odredišta.
BICIKLISTIČKA STAZA	Izgrađena prometna površina namijenjena prometu bicikala koja je odvojena od kolnika i obilježena propisanim prometnim znakom.
BICIKLISTIČKI KORIDOR	Gravitacijski dio biciklističke rute u odgovarajućoj širini lateralne udaljenosti od središnje osi rute.
BICIKLISTIČKI TRAK	Dio kolnika namijenjen prometu bicikala koji se prostire uzduž kolnika i obilježen je uzdužnom crtom na kolniku i propisanim prometnim znakom
NEMOTORIZIRANI PROMET	Kretanje pješice, biciklom te pomoću koturaljka, romobila, <i>skeateboarda</i> , <i>segwaya</i> i sl.
NOGOSTUP	Posebno uređena prometna površina namijenjena kretanju pješaka, koja nije u razini s kolnikom ceste ili je od kolnika odvojena na drugi način.
PJEŠAČENJE	Aktivno kretanje tijela naizmjeničnim pokretanjem donjih udova, što dovodi do prenošenja tijela s jednoga mesta na drugo.
PJEŠAČKA STAZA	Prometnica koja se vodi odvojeno od ulica, a namijenjena je pješacima. Pojam se često rabi za staze u urbanim područjima koje pješacima nude kraće i tiše rute, a također mogu pružati pristup za okolni krajolik ili za parkove.
PJEŠAK	Osoba koja sudjeluje u prometu, a nije vozač niti putnik u vozilu ili na vozilu.
ROLANJE	Način kretanja po čvrstoj površini s koturaljkama na nogama.

ROMOBIL	Vrsta osobnoga prijevoznoga sredstva koje se pokreće ponajprije vlastitom snagom korisnika, odguravanjem nogom o tlo. Sastoje se od drvena ili metalna nogostupa s dvama kotačićima ili kugličnim ležajevima i od upravljača okomitoga na nogostup.
SEGWAY	Samobalansirajuće prijevozno sredstvo na dva kotača koje služi prijevozu jedne osobe, a koje je pokretano električnim motorom.
SKATEBOARD	Elastična daska elipsasta oblika, debljine 1,5 cm i dužine od 55 cm do 80 cm, na koju je pričvršćen kotačić, po jedan na prednjem i na stražnjem dijelu. Vozač mijenja smjer vožnje premještanjem težine tijela s rubova daske, a dodatno potiskivanje postiže pritiskom cijelog tijela (na stražnji rub daske).