

Upravljanje prometnim tokovima na cestama u izvanrednim situacijama

Ferko, Marija

Undergraduate thesis / Završni rad

2015

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Transport and Traffic Sciences / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:119:731535>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-07**



Repository / Repozitorij:

[Faculty of Transport and Traffic Sciences - Institutional Repository](#)



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI**

Marija Ferko

**UPRAVLJANJE PROMETNIM TOKOVIMA NA CESTAMA U
IZVANREDNIM SITUACIJAMA**

ZAVRŠNI RAD

Zagreb, 28. svibnja 2015.

Zavod: **Zavod za cestovni promet**
Predmet: **Cestovne prometnice I**

ZAVRŠNI ZADATAK br. 2102

Pristupnik: **Marija Ferko (0035182966)**
Studij: **Promet**
Smjer: **Cestovni promet**

Zadatak: **Upravljanje prometnim tokovima na cestama u izvanrednim situacijama**

Opis zadatka:

U završnom radu studentica će prvo analizirati zakonsku regulativu u Hrvatskoj, a nakon toga prikazat će se model upravljanja prometnim tokovima u izvanrednim situacijama u svijetu. U nastavku rada posebno će se objasniti izrada evakuacijskih planova prilikom nuklearnih nesreća, potresa, požara i poplava. Nakon toga prikazat će se primjena simulacijskih alata u izradi evakuacijskih planova. Na kraju rada predložiti će se poboljšanja postojećeg stanja u Hrvatskoj.

Zadatak uručen pristupniku: 19. ožujka 2015.

Mentor:



dr. sc. Luka Novačko

Predsjednik povjerenstva za
završni ispit:

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti

ZAVRŠNI RAD

UPRAVLJANJE PROMETNIM TOKOVIMA NA CESTAMA U IZVANREDNIM SITUACIJAMA

Organisation of Road Traffic Flows in Emergency Situations

Mentor: dr.sc. Luka Novačko

Studentica: Marija Ferko, 0035182966

Zagreb, rujan 2015.

UPRAVLJANJE PROMETNIM TOKOVIMA NA CESTAMA U IZVANREDNIM SITUACIJAMA

SAŽETAK

Izvanrednim se situacijama smatraju situacije za vrijeme ili nakon izvanrednog događaja, a širi pojam od njih je izvanredno stanje. Izvanredne situacije mogu uzrokovati različite probleme na kritičnoj infrastrukturi i u različitim gospodarskim djelatnostima te dovode do potrebe evakuacije stanovništva. Djelovanje u slučaju nastanka određene situacije regulira se zakonskim aktima. Za upute operativnim snagama izdaju se priručnici o operativnim postupcima. Provođenje mjera zaštite i spašavanja, među kojima su i pomoć stradalima, evakuacija, snanacija, uvelike ovise o organizaciji prometnih tokova. Prometnim tokovima upravlja se tako da dolazi do što manje točaka konflikta. Analizom posebnosti kod nuklearnih nesreća, požara i poplava i proučavanjem svjetskih modela, zaključeno je da se upravljanje prometom u kriznim i izvanrednim situacijama zbog posebnih okolnosti razlikuje od upravljanja u svakodnevnim uvjetima.

KLJUČNE RIJEČI: izvanredna situacija; mjere zaštite i spašavanja; prometni tok; upravljanje; nuklearna nesreća, poplava, požar, potres

ORGANISATION OF ROAD TRAFFIC FLOWS IN EMERGENCY SITUATIONS

SUMMARY

Unforeseen circumstances are those that occur at the time or after an unplanned event, and the broader term is the state of emergency. Unforeseen circumstances can cause various problems on the critical infrastructure in different economic fields, and they lead to an evacuation of the population. The activities in the case of a certain situation are regulated by legislative acts. Textbooks on operating procedures are published for operating forces. The implementation of protection and rescue measures, including victims' assistance, evacuation and rehabilitation, largely depends on the organization of traffic flows. Traffic flows are managed in a way that there exist as few points of conflict as possible. By analyzing the particularities in certain unforeseen circumstances and studying various models in the world, it was concluded that traffic management in crisis and emergency situations is different from everyday management due to unforeseen circumstances.

KEY WORDS: unplanned event, traffic flow, traffic management, emergency situation, unforeseen circumstances

SADRŽAJ

1. Uvod	1
2. Zakonska regulativa u Republici Hrvatskoj	3
2.1. Zakon o zaštiti od elementarnih nepogoda	3
2.2. Zakon o zaštiti i spašavanju	5
2.3. Zakon o sustavu civilne zaštite	6
2.4. Zakon o kritičnim infrastrukturama	7
2.6. Procjena ugroženosti i Plan zaštite i spašavanja Zagrebačke županije.....	8
2.6.1. Procjena ugroženosti	8
2.6.2. Plan zaštite i spašavanja	10
3. Analiza modela upravljanja izvanrednim situacijama u svijetu	14
3.1. Korištenje cestovnih prometnica za evakuaciju u SAD-u	14
3.1.1. Korištenje cestovnih prometnica u evakuaciji u nenajavljenim situacijama.....	15
3.1.2. Korištenje cestovnih prometnica tijekom evakuacije za događaje s prethodnom obaviješću.....	17
3.2. Studija iz Bugarske – utjecaj prirodnih katastrofa na prometni sustav	18
4. Posebnosti upravljanja prometnim tokovima na cestovnim prometnicama kod nesreća nuklearnih elektrana	21
5. Posebnosti upravljanja prometnim tokovima na cestovnim prometnicama kod potresa, požara i poplava	24
5.1. Površine i pravci za evakuaciju stanovništva Grada Zagreba nakon potresa	26
5.2. Požari i katastrofe izazvane požarima	27
6. Primjena simulacijskih alata u upravljanju prometnim tokovima u izvanrednim situacijama.....	30
6.1. Mikroskopske simulacije prometnih tokova.....	33
6.2. Mikrosimulacijski model evakuacije stanovništva u slučaju nesreće na NE Krško kroz čvor Jankomir	34
7. Prijedlozi poboljšanja organizacije prometnih tokova u izvanrednim situacijama u Hrvatskoj	38
8. Zaključak	41
Literatura	42
Popis slika	44
Popis tablica	44

1. Uvod

Izvanrednim se situacijama smatraju situacije za vrijeme ili nakon izvanrednog događaja koje obično kratko traje te postoji mala vjerojatnost njezinih pojava.¹ Izvanredne situacije mogu dovesti do izvanrednog stanja, što je opširniji pojam, a odnosi se na stanje ugroženosti mira, zdravlja ili života građana i sigurnosti državnoga poretka; proglašava ga organ najviše državne vlasti da bi u zemlji ili u ugroženom području zaveo izvanredne mjere (ograničenje prometa i potrošnje roba, mjere pripravnosti i dr.).² Izvanredne situacije u nekim se slučajevima mogu još nazivati i krizne, a najčešće su uzrokovane elementarnim nepogodama (kao što su poplave, potresi, požari ili nesreće nuklearnih postrojenja) ili katastrofama.

Izvanredne situacije stohastičke su naravi, što znači da se ne mogu vrlo precizno predvidjeti, odnosno da nemaju neki pravilan oblik pojavljivanja. Zbog toga je vrlo važno poznavanje nazivlja, zakonskih akata i propisa te tehnike i tehnologije povezanih s navedenom problematikom. Za upravljanje prometnim tokovima sa stručnog je stajališta potrebno poznavanje teorije i organizacije prometnih tokova.

Svrha završnog rada je uočiti povezanost pojava prilikom izvanrednog stanja s prometnim sustavom te analizirati postojeće prakse u Hrvatskoj i svijetu vezane uz upravljanje prometnim tokovima kod prirodnih, tehničko – tehnoloških i drugih katastrofa. Cilj rada je temeljem izložene tematike zaključiti o posebnostima upravljanja prometnim tokovima na cestovnim prometnicama u izvanrednim situacijama. Naslov rada je: Upravljanje prometnim tokovima na cestama u izvanrednim situacijama. Rad je podijeljen u osam cjelina:

1. Uvod
2. Zakonska regulativa u Hrvatskoj
3. Analiza modela upravljanja izvanrednim situacijama u svijetu
4. Posebnosti upravljanja prometnim tokovima na cestovnim prometnicama kod nesreća nuklearnih elektrana
5. Posebnosti upravljanja prometnim tokovima na cestovnim prometnicama kod potresa, požara i poplava

¹ <http://struna.ihjj.hr/naziv/izvanredna-situacija/23074/>

² <http://www.hrleksikon.info/definicija/izvanredno-stanje.html>

6. Primjena simulacijskih alata u upravljanju prometnim tokovima i izvanrednim situacijama
7. Prijedlozi poboljšanja organizacije prometnih tokova u izvanrednim situacijama u Hrvatskoj
8. Zaključak

U ovom završnom radu opisana je važnost upravljanja prometnih tokova na cestama prilikom izvanrednih događaja i situacija. Prvo je kratko analizirana zakonska regulativa u Hrvatskoj uz primjer procjene ugroženosti i plana zaštite i spašavanja. U trećem poglavlju prikazani su primjeri iz svijeta koji povezuju promet i izvanredne situacije (*emergency situations*). U nastavku se opisuju posebnosti u situacijama povezanih s nesrećama nuklearnih elektrana, potresima, poplavama i požarima. Šesto poglavlje prikazuje ulogu primjene simulacijskih alata pri planiranju prometnih tokova. Na kraju je prikazan kratki osvrt na stanje u Hrvatskoj te dan prijedlog poboljšanja postojećeg stanja.

2. Zakonska regulativa u Republici Hrvatskoj

U analizi upravljanja prometnim tokovima na cestovnim prometnicama u izvanrednim situacijama uzima se u obzir više zakonskih regulativa kojima se može urediti način postupanja u izvanrednim situacijama, ali i načini planiranja zaštite od istih, planiranja spašavanja te procjene ugroženosti pojedinih područja. Pojava izvanredne situacije ne utječe samo na promet, ili na neki konkretni prometni podsustav, već je najčešće povezana i s drugim djelatnostima. Stoga bi analiza samog cestovnog prometnog sustava u kriznim situacijama bez promatranja međuosvisnosti s drugim sustavima imala vrlo slabo značenje. Cilj je zakonske regulacije dobra pripremljenost koja će, ako je moguće, spriječiti veće posljedice izvanredne situacije ili njeno nastajanje, a osim toga omogućiti plansko i pravovremeno reagiranje na nastalu situaciju. To znači da eventualni kvarovi i štete moraju biti otkonjeni u što kraćem vremenu kako bi se povratila funkcija sustava ili podsustava (npr. prometne mreže).

Temeljni zakoni u RH kojima se reguliraju i propisuju mjere zaštite, akcije, planiranje, i sl. u vezi s izvanrednim situacijama su Zakon o zaštiti od elementarnih nepogoda i Zakon o kritičnim infrastrukturama. Osim ovih zakona, do 31. srpnja 2015. godine na snazi je bio Zakon o zaštiti i spašavanju koji je zamijenjen Zakonom o sustavu civilne zaštite. Zakoni koji se vezuju za promet na cestama su Zakon o cestama i Zakon o sigurnosti na cestama. Osim navedenih zakona, pri djelatnostima vezanim uz izvanredne situacije još se mogu uzimati u obzir i neki drugi, kao što su Zakon o prijevozu opasnih tvari, Zakon o zaštiti od požara, Zakon o zapaljivim tekućinama i plinovima, Zakon o seizmološkim poslovima, Zakon o radiološkoj i nuklearnoj sigurnosti, i dr., te brojni pravilnici, uredbe i strategije.

2.1. Zakon o zaštiti od elementarnih nepogoda

Kako su elementarne nepogode jedan od glavnih uzročnika izvanrednih situacija, Zakon koji se bavi istima od velike je važnosti za djelovanje u vezi s izvanrednim situacijama.

Ovim se Zakonom utvrđuje pojam elementarne nepogode i propisuju temeljne mjere zaštite, prava i dužnosti sudionika zaštite, procjena nastale štete i način pružanja pomoći

stradalim područjima. Elementarnom nepogodom, u smislu ovoga Zakona, smatra se iznenadna velika nesreća koja prekida normalno odvijanje života, uzrokuje žrtve, štetu većeg opsega na imovini i/ili njen gubitak, te štetu na infrastrukturi i/ili okolišu, u mjeri koja prelazi normalnu sposobnost zajednice da ih sama otkloni bez pomoći. Elementarnu nepogodu uzrokuju prirodni, tehnički, tehnološki ili biološki događaji. Elementarnom nepogodom smatraju se osobito potresi od 7 i više stupnjeva po Mercalli-Cancani-Siebergovoj skali te olujni i orkanski vjetrovi od 8 i više bofora. Elementarnom nepogodom smatraju se i požari, poplave, suše, tuča, jaki mrazovi, izvanredno velika visina snijega, snježni nanosi i lavine, nagomilavanje leda na vodotocima, odroni zemljišta i druge pojave takva opsega koje, ovisno o mjesnim prilikama, uzrokuju bitne poremećaje u životu ljudi na određenom području.³

Planovima zaštite i spašavanja na razini županije utvrđuju se opseg elementarnih nepogoda i njihove moguće posljedice, prema kojima se prosuđuju nastale elementarne nepogode ili izravna opasnost od njihova nastanka u svakom pojedinačnom slučaju. Zaštita od elementarnih nepogoda temelji se na načelima samozaštite, međusobne suradnje i solidarnosti građana Republike Hrvatske. Zaštita se ostvaruje pravodobnim i usklađenim djelovanjem građana, pravnih osoba, tijela državne uprave te jedinica lokalne samouprave i uprave. U skladu s opsegom mogućih posljedica, utvrđenih županijskim planom zaštite i spašavanja, župan može sam ili na prijedlog načelnika policijske uprave proglasiti elementarnu nepogodu ili izravnu opasnost od njezina nastanka na području županije. Vlada Republike Hrvatske može, prema vlastitoj prosudbi i/ili na prijedlog ministra unutarnjih poslova, proglasiti elementarnu nepogodu ili izravnu opasnost od njena nastanka na području dviju ili više županija ili na cijelom području Republike Hrvatske.⁴

Mjere zaštite i spašavanja jesu: mjere zaštite i spašavanja u slučaju izravne opasnosti od nastanka elementarne nepogode, mjere zaštite i spašavanja za vrijeme trajanja elementarne nepogode, mjere za ublažavanje i uklanjanje posljedica elementarne nepogode. Mjere zaštite u slučaju izravne opasnosti od nastanka elementarnih nepogoda jesu: prikupljanje podataka o nastajanju opasnosti, organizacija sustava veza i obavješćivanja sudionika zaštite, obavješćivanje i uzbunjivanje građana i odgovornih osoba u pravnim osobama, pokretanje sustava civilne zaštite, obavješćivanje poglavarstva jedinica lokalne samouprave i uprave, osiguranje javnog reda i mira na mjestu opasnosti. U slučaju izravne opasnosti od nastanka elementarne nepogode provode se i druge preventivne mjere zaštite. Mjere zaštite i spašavanja

³ Zakon o zaštiti od elementarnih nepogoda, NN 73/97, 174/04

⁴ Zakon o zaštiti od elementarnih nepogoda, NN 73/97, 174/04

za vrijeme trajanja elementarne nepogode jesu: djelatna uporaba snaga i sredstava u zaštiti i spašavanju, samozaštitno djelovanje stanovništva i pravnih osoba, provedba evakuacije, prihvata i zbrinjavanja ugroženog stanovništva i imovine, osiguranje prometa i drugih mjera za zaštitu i spašavanje te sprječavanje širenja opasnosti od nepogoda i njihovih posljedica, usklađivanje djelovanja svih sudionika zaštite jedinica lokalne samouprave i uprave. Mjere za ublažavanje i uklanjanje izravnih posljedica elementarnih nepogoda jesu: procjena štete i posljedica, sanacija područja zahvaćenog nepogodom, prikupljanje i raspodjela pomoći stradalom i ugroženom stanovništvu, provedba zdravstvenih i higijensko-epidemioloških mjera, provedba veterinarskih mjera, organizacija prometa i komunalnih usluga, radi žurne normalizacije života.⁵

2.2. Zakon o zaštiti i spašavanju

Zakon o zaštiti i spašavanju bio je na snazi do 31. srpnja 2015. godine, a umjesto njega donesen je Zakon o sustavu civilne zaštite. Ovim je Zakonom bio uređen sustav zaštite i spašavanja građana, materijalnih i drugih dobara u katastrofama i većim nesrećama; način upravljanja, rukovođenja i koordiniranja u aktivnostima zaštite i spašavanja u katastrofama i većim nesrećama; prava, obveze, osposobljavanje i usavršavanje sudionika zaštite i spašavanja; zadaće i ustroj tijela za rukovođenje i koordiniranje u aktivnostima zaštite i spašavanja u katastrofama i većim nesrećama, način uzbunjivanja i obavješćivanja, provođenje mobilizacije za potrebe zaštite i spašavanja te nadzor nad provedbom ovoga Zakona.⁶

Na temelju članka 40. stavka 3. Zakona o zaštiti i spašavanju ravnatelj Državne uprave za zaštitu i spašavanje donosi Pravilnik o metodologiji za izradu procjena ugroženosti i planova zaštite i spašavanja. Procjenom se razrađuju moguća ugrožavanja stanovništva, materijalnih i kulturnih dobara i okoliša od opasnosti, nastanka i posljedica katastrofa i velikih nesreća, potrebna sredstva za zaštitu i spašavanje te njihova spremnost za djelovanje u zaštiti i spašavanju. Planovi se donose radi utvrđivanja organizacije aktiviranja i djelovanja sustava zaštite i spašavanja, preventivnih mjera i postupaka, zadaća i nadležnosti ljudskih snaga i

⁵ Zakon o zaštiti od elementarnih nepogoda, NN 73/97, 174/04

⁶ Zakon o zaštiti i spašavanju, NN 174/04, 79/07, 38/09, 127/10

potrebnih materijalno-tehničkih sredstava te provođenja žurnih mjera zaštite i spašavanja do otklanjanja posljedica katastrofa i velikih nesreća. Planovi općine, grada, Grada Zagreba, županije i Republike Hrvatske sastoje se od planova djelovanja po mjerama zaštite i spašavanja sa zadaćama svakog nositelja, čijim ostvarivanjem se osigurava usklađeno djelovanje operativnih snaga u aktivnostima zaštite i spašavanja na određenom području.⁷

Do stupanja na snagu novih propisa i pravilnika koji će biti doneseni na temelju novog Zakona o sustavu civilne zaštite, na snazi su spomenuti Pravilnik te procjene ugroženosti i planovi zaštite i spašavanja.

2.3. Zakon o sustavu civilne zaštite

Zakon o sustavu civilne zaštite donesen je 10. srpnja 2015. godine, a propisuje sustav civilne zaštite te mjere i aktivnosti vezane uz istu na području RH. Sustav civilne zaštite obuhvaća mjere i aktivnosti (preventivne, planske, organizacijske, operativne, nadzorne i financijske) kojima se uređuju prava i obveze sudionika, ustroj i djelovanje svih dijelova sustava civilne zaštite i način povezivanja institucionalnih i funkcionalnih resursa sudionika koji se međusobno nadopunjuju u jedinstvenu cjelinu radi smanjenja rizika od katastrofa te zaštite i spašavanja građana, materijalnih i kulturnih dobara i okoliša na teritoriju Republike Hrvatske od posljedica prirodnih, tehničko-tehnoloških velikih nesreća i katastrofa, otklanjanja posljedica terorizma i ratnih razaranja. Sustav civilne zaštite ustrojava se na lokalnoj, područnoj (regionalnoj) i državnoj razini, a povezuje resurse i sposobnosti sudionika, operativnih snaga i građana u jedinstvenu cjelinu radi smanjenja rizika od katastrofa, pružanja brzog i optimalnog odgovora na prijetnje i opasnosti nastanka te ublažavanja posljedica velike nesreće i katastrofe.⁸

Sudionici koji provode mjere i aktivnosti u sustavu civilne zaštite su Vlada RH, središnje tijelo državne uprave nadležno za poslove civilne zaštite, tijela državne uprave i druga državna tijela, Oružane snage RH i policija te jedinice lokalne i područne (regionalne) samouprave. Operativne snage sustava civilne zaštite su stožeri civilne zaštite, operativne snage vatrogastva, operativne snage Hrvatskog Crvenog križa i Hrvatske gorske službe

⁷Pravilnik o metodologiji za izradu procjena ugroženosti i planova zaštite i spašavanja. Državna uprava za zaštitu i spašavanje. Zagreb; 2014.

⁸ Zakon o sustavu civilne zaštite, NN 82/15

spašavanja, udruge, postrojbe i povjerenici civilne zaštite, koordinatori na lokaciji te pravne osobe u sustavu civilne zaštite. Osim službenih sudionika, i svaki je građanin (osim nekih iznimki kojima se ne može dodijeliti dužnost u sustavu civilne zaštite) dužan brinuti se za svoju osobnu sigurnost kao i provoditi mjere osobne i uzajamne zaštite i sudjelovati u aktivnostima sustava civilne zaštite.⁹

Aktivnosti u sustavu civilne zaštite dijele se na pripremne (provode se kao preventivne i planske) i operativne (provode se u rasponu od ranog upozoravanja, pripravnosti do reagiranja). Faze u sustavu civilne zaštite su: prevencija, pripravnost, reagiranje.

2.4. Zakon o kritičnim infrastrukturama

Ovaj je Zakon donesen 26. travnja 2013., a preuzet je kao pravna stečevina Europske unije sadržana u Direktivi Vijeća 2008/114/EC od 8. prosinca 2008. o identifikaciji i određivanju europskih kritičnih infrastruktura i procjeni potrebe za unapređenjem njihove zaštite. Prema Zakonu, nacionalne kritične infrastrukture su sustavi, mreže i objekti od nacionalne važnosti čiji prekid djelovanja ili prekid isporuke roba ili usluga može imati ozbiljne posljedice na nacionalnu sigurnost, zdravlje i živote ljudi, imovinu i okoliš, sigurnost i ekonomsku stabilnost i neprekidno funkcioniranje vlasti. Europska kritična infrastruktura označava kritičnu infrastrukturu koja je od interesa za najmanje dvije države članice, ili jednu državu članicu, a nalazi se na teritoriju druge države članice. Europske kritične infrastrukture na području Republike Hrvatske štite se na isti način kao i nacionalne kritične infrastrukture, osim ako je uredbama Europske unije to pitanje drugačije uređeno.¹⁰

Promet je osobito važan sektor nacionalne kritične infrastrukture, pri čemu se razlikuju cestovni, željeznički, zračni, pomorski i promet na unutarnjim plovnim putevima. Također je važan dio drugih sektora koji ne bi mogli funkcionirati bez prometne mreže, kao što su energetika, zdravstvo, komunikacijska i informacijska tehnologija, hrana, rukovanje opasnim tvarima, javne službe, i slično.

Zakonom o kritičnim infrastrukturama propisuje se i analiza rizika kojom se utvrđuju ukupni učinci prekida rada kritične infrastrukture. Analiza se provodi uz poštivanje

⁹ Zakon o sustavu civilne zaštite, NN 82/15

¹⁰ Zakon o kritičnim infrastrukturama, NN 56/13

međusektorskih i sektorskih mjerila. Međusektorska mjerila se primjenjuju u analizi rizika svih kritičnih infrastrukture, a uključuju ljudske gubitke, gospodarske gubitke i utjecaj na javnost. Sektorska mjerila određuju nadležna središnja tijela državne uprave u suradnji s regulatornim agencijama i strukovnim udruženjima za svaki pojedini sektor. Vlasnici/upravitelji pojedine kritične infrastrukture dužni su izraditi analizu rizika, kao podlogu za izradu Sigurnosnog plana, te Sigurnosni plan vlasnika/upravitelja koji obuhvaća mjere zaštite i osiguranja nastavka poslovanja kritične infrastrukture i isporuke usluga/roba.¹¹

2.6. Procjena ugroženosti i Plan zaštite i spašavanja Zagrebačke županije

Kao model upravljanja u izvanrednim situacijama, odnosno primjeri dokumenata kojima se u Hrvatskoj uređuje procjena stanja ugroženosti od određene katastrofe koja bi izazvala izvanrednu situaciju te se planira preventiva i spašavanje, bit će interpretirani Procjena ugroženosti Zagrebačke županije (donesena u prosincu 2014. godine) te Plan zaštite i spašavanja Zagrebačke županije (donesen u veljači 2015. godine).

Zagrebačka županija smještena je u središnjoj Hrvatskoj te okružuje glavni grad RH. Graniči s Krapinsko – zagorskom, Varaždinskom, Koprivničko – križevačkom, Karlovačkom, Sisačko – moslavačkom te s Bijelovarsko – bilogorskom županijom. Dijelom na sjeverozapadu graniči i s Republikom Slovenijom. Jedna je od većih županija u Republici Hrvatskoj (5,4% površine RH), a duljina njenih granica iznosi 648,8 km.

2.6.1. Procjena ugroženosti

Prema popisu stanovništva iz 2011. godine, Zagrebačka županija broji 317.606 stanovnika na 3.060 km², odnosno 103,79 stanovnika na km². Broj gradova je devet, a općina 25 te naselja 694.¹² Evakuaciji u slučaju katastrofe i velike nesreće podliježu sljedeće kategorije stanovništva: trudnice, majke s djecom do 7 godina starosti (oko 26 000), djeca do 15 godina (oko 51 854), žene preko 60 godina (41 069), muškarci preko 65 godina (19 671),

¹¹ Zakon o kritičnim infrastrukturama, NN 56/13

¹² http://www.dzs.hr/Hrv/censuses/census2011/results/htm/H02_02/H02_02.html

bolesne, nemoćne i invalidne osobe (oko 80 000 osoba). To je na području Zagrebačke županije oko 200 000 stanovnika.¹³

Procjenom ugroženosti stanovništva, materijalnih i kulturnih dobara i okoliša Zagrebačke županije razrađuju se moguća ugrožavanja stanovništva, materijalnih i kulturnih dobara i okoliša od opasnosti, nastanka i posljedica katastrofa i velikih nesreća, potrebna sredstva za zaštitu i spašavanje te njihova spremnost za djelovanje u zaštiti i spašavanju.¹⁴

Opasnost koja je prisutna na području Zagrebačke županije jesu prirodne katastrofe i velike nesreće (poplave, potresi, ostali prirodni uzroci) te tehničko – tehnološke katastrofe i velike nesreće (u gospodarskim objektima, u prometu, prolomi hidroakumulacijskih brana, nuklearne i radiološke nesreće, epidemiološke i sanitarne opasnosti, nesreće na odlagalištima otpada). Također se navode nesreće u vezi s radnjama s opasnim tvarima te ratna djelovanja i terorizam. Pod ostalim prirodnim uzrocima podrazumijevaju se suše, toplinski val, olujno i orkansko nevrijeme, klizišta, tuče, poledice i snježne oborine. Navedeni uzroci najčešće nemaju veće posljedice za funkcioniranje Zagrebačke županije te njenog stanovništva.¹⁵

Područje Zagrebačke županije u cijelosti pripada vodnom području rijeke Dunav, odnosno području s kojeg sve površinske ili podzemne vode otječu u Dunav. U hidrološkom smislu prostor Zagrebačke županije karakterizira vodni sliv rijeke Save i njenih pritoka. Također se na njenom području nalazi velik broj prirodnih i umjetnih jezera, močvarnih jezera i ribnjaka. Podložnost poplavama i bujičnim vodama ovisi i o klimatskim uvjetima, tj. količinama padalina te o godišnjem dobu (pogodniji su listopad, studeni, siječanj te nešto manje svibanj i rujanj).¹⁶

Područje Zagrebačke županije, zajedno s gradom Zagrebom predstavlja zonu pojačane seizmičke aktivnosti koja je posljedica intenzivnih tektonskih pokreta. Najveći rizici po život ljudi su u gradovima sa starom jezgrom te u dijelovima gdje radi veći broj ljudi i na mjestima većeg okupljanja stanovništva. Najveća ugroženost stoga je u urbanim područjima Županije zbog veće gustoće naseljenosti, iako, zbog male površine područja, sama ugroženost od nastanka potresa prisutna je na cijelom području Županije. Građevine građene unatrag 50 godina ne će pretrpjeti veće posljedice budući da su građene protupotresno. Ipak, potresi

¹³ Planovi i Procjene j.d.o.o. Procjena ugroženosti Zagrebačke županije. Zagreb; 2014.

¹⁴ Planovi i Procjene j.d.o.o. Procjena ugroženosti Zagrebačke županije. Zagreb; 2014.

¹⁵ Planovi i Procjene j.d.o.o. Procjena ugroženosti Zagrebačke županije. Zagreb; 2014.

¹⁶ Planovi i Procjene j.d.o.o. Procjena ugroženosti Zagrebačke županije. Zagreb; 2014.

moгу dovesti do oštećenja kritične infrastrukture, što je za funkcioniranje Županije pretežito prometna infrastruktura, sustavi za transport energije i vode te telekomunikacije.¹⁷

Na području Republike Hrvatske ne postoje nuklearna postrojenja, ali u neposrednom susjedstvu su dvije – NE Krško u Sloveniji te NE Pakš u Mađarskoj. Na udaljenosti do 1.000 km od područja Republike Hrvatske, odnosno od njenih najvećih populacijskih centara (Zagreb, Osijek, Split i Rijeka) u pogonu se nalazi 40 NE. Glavna opasnost pri nuklearnim postrojenjima je od kvarova koji bi doveli do ispuštanja radioaktivnih tvari u okoliš. Područja oko NE Krško podijeljena su u sektore koji se protežu na područje Hrvatske, Slovenije, Austrije i Bosne i Hercegovine. Od ukupno 64 sektora, 39 ih seže u područje RH preko jedanaest županija, a područje Zagrebačke županije je u cijelosti obuhvaćeno i nalazi se u I. i II. zoni ugroženosti od NE Krško. Županija nema resurse niti specijalizirane snage za rješavanje nuklearne katastrofe. Prema procjeni ugroženosti Zagrebačke županije potrebno je ustrojiti 5 lakih timova za spašavanje iz ruševina i 2 specijalistička tima za zaštitu i spašavanje iz vode.¹⁸

Prometni tokovi važan su infrastrukturni segment Zagrebačke županije. U mrežu europskih cesta uključeno je 121 kilometara cesta Županije (na paneuropskim koridorima XA, VB i X), državne ceste u Županiji su u duljini 231,3 kilometra, 112 županijske duljine 785,7 kilometara te 216 lokalne ceste ukupne duljine 704 kilometra.¹⁹ Pojavljivanje izvanrednih situacija može imati značajne posljedice za prometnu infrastrukturu i odvijanje prometa, naročito potresi te prometne nesreće pri prevoženju opasnih tvari koje mogu dovesti do eksplozija, požara, istjecanja opasnih tvari, i sl. Za vrijeme izvanrednih situacija pravilno i optimalno upravljanje prometnim tokovima je od vrlo visoke važnosti.

2.6.2. Plan zaštite i spašavanja

Planovi zaštite i spašavanja donose se radi utvrđivanja organizacije aktiviranja i djelovanja sustava zaštite i spašavanja, preventivnih mjera i postupaka, zadaća i nadležnosti ljudskih snaga i potrebnih materijalno-tehničkih sredstava te provođenja žurnih mjera zaštite i spašavanja do otklanjanja posljedica katastrofa i velikih nesreća. Planovi zaštite i spašavanja

¹⁷ Planovi i Procjene j.d.o.o. Procjena ugroženosti Zagrebačke županije. Zagreb; 2014.

¹⁸ Planovi i Procjene j.d.o.o. Procjena ugroženosti Zagrebačke županije. Zagreb; 2014.

¹⁹ Planovi i Procjene j.d.o.o. Procjena ugroženosti Zagrebačke županije. Zagreb; 2014.

donose se na temelju procjene ugroženosti od pojedinih vrsta prijetnji i rizika koji mogu izazvati nastanak katastrofe i veće nesreće. Dijelovi Plana su: Upozoravanje, Pripravnost, mobilizacija (aktiviranje) i narastanje operativnih snaga, Mjere zaštite i spašavanja, Grafički dio Plana zaštite i spašavanja te Plan Civilne zaštite.²⁰

Upozoravanje se odnosi na prikupljanje informacija značajnih za zaštitu i spašavanje od strane institucija kojima je to redovna djelatnost te ostalih sudionika sustava zaštite i spašavanja. Informacije se dostavljaju Državnoj upravi, koja informacije dostavlja čelnicima lokalne i regionalne samouprave. Državna uprava za zaštitu i spašavanje prikuplja i obrađuje informacije na državnoj razini o prijetnjama koje mogu izazvati veliku nesreću ili katastrofu, a te informacije dostavlja putem Županijskog centra 112 Zagreb Županu Zagrebačke županije. Župan nakon obavijesti ima obvezu pravovremeno staviti u pripravnost operativne snage zaštite i spašavanja (u dijelu ili cijelosti) te osigurati rano upozorenje ugroženim kritičnim infrastrukturama i javnim ustanovama. Osim na obavijest Centra 112, Župan može dobiti obavijest i od pravnih subjekata, središnjih tijela državne uprave, zavoda, institucija, inspekcija, građana kao i neposrednim uvidom u stanje i događaje koji bi mogli biti prijetnja području Županije. Informacije, obzirom na moguće prijetnje kojima upozorava stanovništvo, operativne snage i druge pravne osobe, Župan Zagrebačke županije dostavlja operativnim snagama, pravnim osobama od interesa za zaštitu i spašavanje, jedinicama lokalne samouprave s područja Županije, jedinicama susjedne područne ili regionalne samouprave te udrugama građana i stanovništvu. U slučaju nadolazeće i neposredne opasnosti, Županijski centar 112 davanjem priopćenja obavještava stanovništvo o vrsti opasnosti i mjerama koje je potrebno poduzeti. Priopćenja za stanovništvo emitiraju se neposredno iza danog znaka za uzbunjivanje putem sirena, razglasnih uređaja, elektroničkih medija te SMS poruka.²¹

Ugroze koje dovode do izvanrednih situacija mogu biti predvidive, kao što su poplave, ili nepredvidive (npr. potresi, nuklearne i radiološke nesreće). U slučaju predvidivih prijetnji, Župan uvodi pripravnost potrebnih snaga, dok kod nepredvidivih, nakon što se dogode, aktivira i mobilizira sve potrebne snage zaštite i spašavanja. Čelnici općina, gradova i Županije mobiliziraju se trenutno, odmah po nastanku događaja, te su ujedno odgovorne osobe koje donose odluke o mobiliziranju kapaciteta. Po prijemu informacije o nadolazećoj i neposrednoj opasnosti za Županiju, župan će aktivirati Stožer zaštite i spašavanja. Stožer može pozvati putem županijskog centra 112, telefonskim vezama ili korištenjem tekličkog

²⁰ Planovi i Procjene j.d.o.o. Plan zaštite i spašavanja Zagrebačke županije. Zagreb; 2015.

²¹ Planovi i Procjene j.d.o.o. Plan zaštite i spašavanja Zagrebačke županije. Zagreb; 2015.

sustava. Vatrogasna zapovjedništva i postrojbe su na vrhu prioritete kategorije te se mobiliziraju prema dokumentima izrađenim prema posebnim propisima. Snage za zaštitu i spašavanje se općenito dijele na gotove snage (Prioritet 1) te ostale snage (Prioritet 2 i 3).²²

Mjerama zaštite i spašavanja opisuje se postupanje u zaštiti i spašavanju za opasnosti i prijetnje koje mogu dovesti do katastrofa i velikih nesreća. U Planu su navedene sljedeće opasnosti i prijetnje: poplava i prolom hidroakumulacijskih brana, potres, opasnost od prirodnih uzoraka, tehničko – tehnološke nesreće s opasnim tvarima u stacionarnim objektima u gospodarstvu i prometu, nuklearne i radiološke nesreće, epidemije i sanitarne opasnosti, nesreće na odlagalištima otpada te asanacija. Razrađuje se i djelovanje jedinica lokalne i područne (regionalne) samouprave u slučaju nastanka velikih požara urbanog i otvorenog prostora, posebno vezano za provođenje evakuacije ugroženih i zbrinjavanje evakuiranih.²³

Tijekom intervencija, organiziranje regulacije prometa i osiguranje područja vrše pripadnici Policijske uprave Zagrebačke, sukladno situaciji. Regulacija prometa vrši se temeljem zahtjeva Stožera za zaštitu i spašavanje Zagrebačke županije u suradnji s pripadnicima PU Zagrebačke. Župan Zagrebačke županije na temelju utvrđenog stanja na ugroženom području i prijedloga Stožera zaštite i spašavanja Županije donosi odluku o evakuaciji, uključujući u proces i Zapovjedništvo Civilne zaštite Županije. Mjere sklanjanja, evakuacije i zbrinjavanja opisane su u Planu Civilne zaštite Zagrebačke županije. Ukoliko dođe do potrebe za evakuacijom, pripadnici PU Zagrebačke izvršit će regulaciju tokova tako da budu prohodni pravci za evakuaciju stanovništva od mjesta prikupljanja do mjesta zbrinjavanja. Evakuacijske pravce unutar pojedine jedinice lokalne samouprave određuje Stožer Zaštite i spašavanja te iste, dok pravce evakuacije iz jedne jedinice lokalne samouprave u drugu određuje Stožer Zagrebačke županije u suradnji s Prometnom policijom PU Zagrebačke ovisno o lokaciji zbrinjavanja kao i mjestu prikupljanja osoba za evakuaciju. Lokacije zbrinjavanja evakuiranog stanovništva određuje Stožer, kao i pravce evakuacije. Građani mogu birati žele li se evakuirati organiziranim skupnim prijevozom (autobus, vlak) ili vlastitim automobilom. Ukoliko se uoči da bi evakuacija stanovnika vlastitim vozilima izazvala prometnu gužvu koja bi otežala provedbu evakuacije može se zapovijediti evakuacija skupnim vozilima. Osobe koje se evakuiraju vlastitim vozilima dužne su pridržavati se uputa o pravcima evakuacije, brzini vožnje, i drugo. Vrstu i broj prometnih sredstava za evakuaciju odredit će županijski Stožer u suradnji sa Stožerom Zaštite i spašavanja ugrožene jedinice

²² Planovi i Procjene j.d.o.o. Plan zaštite i spašavanja Zagrebačke županije. Zagreb; 2015.

²³ Planovi i Procjene j.d.o.o. Plan zaštite i spašavanja Zagrebačke županije. Zagreb; 2015.

lokalne samouprave (ovisno o njenim kapacitetima kao i broju stanovnika predviđenog za evakuaciju).²⁴

²⁴ Planovi i Procjene j.d.o.o. Plan zaštite i spašavanja Zagrebačke županije. Zagreb; 2015.

3. Analiza modela upravljanja izvanrednim situacijama u svijetu

U svijetu je shvaćanje važnosti prometnog sustava u povezanosti s izvanrednim situacijama na vrlo visokoj razini jer se želi postići što učinkovitija evakuacija. Velike katastrofe koje zahtijevaju premještanje velikog broja ljudi iz ugroženih područja na sigurna, česta su pojava. Važno je pronaći optimalan model upravljanja postojećom prometnom infrastrukturom jer je uglavnom rast populacije brži od izgradnje nove infrastrukture. Za područja na kojima je vjerojatnija pojava prirodnih ili tehničko – tehnoloških katastrofa, a naročito ako su to velika urbana područja ili vrlo naseljena područja, važno je da postoji uređeno upravljanje u izvanrednim situacijama. Najčešće su takve situacije izazvane potresima i poplavama te požarima. Nesreće na nuklearnim postrojenjima nisu toliko učestale, ali zbog razmjera posljedica koje se mogu pojaviti nakon nesreće na samom su vrhu kad se radi o potrebi uređenja upravljanja izvanrednom situacijom.

Iz shvaćanja važnosti veze između izvanredne situacije i prometnog sustava, u prvom redu za potrebe evakuacije, ali i za što brže vraćanje u funkciju ukoliko je prometna infrastruktura stavljena van funkcije, u svijetu često nastaju priručnici za efektivno planiranje evakuacije, korištenje cestovnih prometnica, upravljanje određenom izvanrednom situacijom, i sl. Razvijaju se i razni modeli upravljanja prema empirijskim i statističkim podacima.

3.1. Korištenje cestovnih prometnica za evakuaciju u SAD-u

Američko Ministarstvo prometa (*U.S. Department of Transportation*) izdalo je dokument koji sadrži smjernice za efektivno planiranje evakuacije koristeći sustav cestovnih prometnica. Taj je dokument u skladu sa službenim državnim dokumentima, a nastao je i na rezultatima brojnih istraživanja i studija koje su uslijedile nakon katastrofalnih incidenata u kojima je bila potrebna evakuacija. Smjernice bi trebale pomoći lokalnim i državnim vlastima, odnosno poslužiti im kao alat, pri izvršenju evakuacije. Smjernice su postavljene posebno za situacije kojima je prethodila obavijest (*advance notice*) te za situacije nastale bez prethodnih obavijesti ili s vrlo ograničenom obaviješću (*no-notice*) kada nije moguće planiranje unaprijed. Potencijalni uzroci izvanrednih situacija u kojima se mora provesti

evakuacija su: potresi, poplave, ispuštanje opasnih tvari, uragan, tehnološki uzroci, terorizam, tornado, iskliznuće vlaka, tsunami, požari.

Na evakuaciju za koju se na vrijeme primi obavijest, odnose se četiri faze: spremnost, aktiviranje, operativna faza te povratak u stanje spremnosti. Pri *no-notice* evakuacijama faza spremnosti, tj. pripreme na reagiranje znatno je smanjena ili je uopće nema, zbog toga što se događaj već dogodio, dok je kod *advance notice* evakuacijama tek objavljena mogućnost pojave nekog prijetećeg događaja. Zbog toga što se evakuacija može odnositi na stotine ili na stotine tisuća ljudi, shvaćena je važnost poboljšanja postojećih planova evakuacije koja se odvija kroz korištenje prometne mreže. Naglašava se da svi tipovi incidenata vezanih za sigurnost imaju utjecaj na prometni sustav, a ponekad je učinkovitost prometa značajnija prilikom oporavka od situacija, nego tijekom odgovora na nju.

Tijekom evakuacije ili neke druge izvanredne situacije velikih razmjera, bitan element je i komunikacija. Razlikuju se komunikacija među entitetima uključenih u upravljanje izvanrednom situacijom te komunikacija između upravljačke strukture i opće javnosti. Obje razine komunikacije uključuju različite ciljeve, alate i izazove.²⁵

3.1.1. Korištenje cestovnih prometnica u evakuaciji u nenajavljenim situacijama

Situacije koje se događaju prije prethodne obavijesti ili nakon djelomične obavijesti mogu biti malih ili velikih razmjera. Mogu nastati bilo kada i pod raznim okolnostima i utjecati na razna upravna područja. Kao takve navode se rizično izlivanje materijala uslijed prometne nesreće, eksplozija kemijskog postrojenja, teroristički napad, požar, tsunami, bujica i potres. *No-notice* situacija, zaključuje se, može biti prirodnog ili ljudskog uzroka te lokaliziranih ili široko rasprostranjenih posljedica. Zbog potrebe velike razine koordinacije subjekata koji sudjeluju u evakuaciji te ograničenog vremena reagiranja na incident prije nego se započne evakuacija, teško je izvesti potpuno uspješnu evakuaciju. Kako se evakuacija može odnositi na samo zgradu, susjedstvo, dio grada ili pak na cijeli grad, zaključuje se da se one pojavljuju gotovo na dnevnoj bazi. Koordinacija između upravljačkog tijela za izvanredne situacije te transportnih tvrtki mora biti započeta već prilikom planiranja upravo zbog

²⁵USA. U.S.Department of Transportation. Using Highways during Evacuation Operations for Events with Advance Notice. Washington D.C.: Federal Highway Administration; 2006.

nedostatka vremena prilikom događaja kojima je prethodila djelomična obavijest ili je uopće nije bilo. Ovisno o broju ljudi zahvaćenih evakuacijom, uspješnost iste ovisi o kapacitetima prometne mreže.

U fazi planiranja (*Planning and Preparedness*) evakuacijskog plana za situacije koje će nastati bez prethodne obavijesti važno je utvrditi odnose između modova transporta i elemente prometne mreže, znati osnovne podatke i karakteristike stanovništva područja na koje se plan odnosi, znati koje će agencije biti uključene u evakuaciji, koje su potencijalne opasnosti te broj i vrstu resursa na raspolaganju (zaposlenici, vozila, komunikacijski centri, centri za upravljanje prometom, i sl.). ona objedinjuje aktivnosti koje su dio svakodnevne spremnosti za mogućnost evakuacije.

Uspješna *no-notice* evakuacija oslanja se na efektivnu zapovjednu strukturu. Iako postoji mogućnost različitih komponenti zapovjedne strukture, postoje sveobuhvatni standardi. To su Nacionalni incidentni sustav upravljanja – NIMS (*National Incident Management System*) te Sustav zapovjedanja u incidentima – ICS (*Incident Command System*) koji je dio NIMS-a. Osoblje koje je uključeno u potporu i izvršenje evakuacije je iz brojnih agencija, vladinih i privatnih organizacija, volonterskih organizacija, medija, organizacija pružatelja transportnih usluga, a predstavlja mnoge discipline. Od njih se očekuje da će suradnjom uspjeti obaviti efektivnu evakuaciju. Također se računa na to da je moguće da će dosta potrebnih resursa biti ograničeno, što onda može oslabiti učinkovitost provođenja evakuacije.

Uloga prometnih dužnosnika i agencija je ključna tijekom procesa evakuacije i sukladno tome imaju aktivnu ulogu pri planiranju procesa. Od njih se očekuje da imaju informacije o veličini prometa, kapacitetima prometnica, konstrukciji cesta, križanjima s drugim granama prometa i potrebne zemljovide te da posjeduju znanja i vještine za učinkovito upravljanje prometom. Osim toga, posjeduju i alate koji su korisni pri upravljanju tokovima, kao što su neki simulacijski alati. Oni u suradnji s upraviteljima izvanrednim situacijama koristeći razne metode (tempiranje svjetlosnih signala, zatvaranje i otvaranje rampi i branika, i dr.) odabiru taktiku upravljanja prometom, ovisno o vremenu koje imaju na raspolaganju za početak procesa. Pri odabiru ruta i taktika, iznimno je važan podatak o eventualnim oštećenjima na potrebnoj infrastrukturi.

Faza spremnosti (*Readiness Phase*) u *no-notice* evakuaciji rijetko se pojavljuje i kratko traje. To je vrijeme kada ujedno i informacije o incidentnom događaju postaju raspoložive, iako je to često djelomično, pa odgovorni za donošenje odluka moraju donijeti odluke i prije nego su u potpunosti upoznati sa situacijom. Stoga je važno da prometni dužnosnici imaju pristup već ranije spomenutim informacijama (kapaciteti prometnica i ostale infrastrukture, sigurnost, moguće rute evakuacije, itd.) i da budu u toku s promjenama na prometnoj infrastrukturi.

Faza aktiviranja (*Activation Phase*) obuhvaća sve radnje koje vode do same evakuacije građana. U ovoj fazi zaduženi prometni dužnosnici i ostali nositelji evakuacije moraju biti spremni za njeno izvršenje. Zapovjedna struktura složena je prema ICS standardima i sve ostale komponente spremne su za provođenje evakuacije.

Operativna faza dijeli se na dio u kojem se stanovnici evakuiraju iz pogođenog područja (*Tier 1 Operations*) i na dio gdje se oni vraćaju u prethodno evakuirano područje (*Tier 2 Operations*). U operativnom dijelu u kojem se vrši evakuacija za prometne je dužnosnike najvažnija kontrola prometa te upravljanje incidentima u prometu.

Povratak u fazu spremnosti (*Return to Readiness Phase*) je prijelaz iz operativnog stanja u stanje pripremljenosti i planiranja. Važno je proučiti rezultate obavljene evakuacije i primijeniti novo znanje u situacijama u budućnosti.²⁶

3.1.2. Korištenje cestovnih prometnica tijekom evakuacije za događaje s prethodnom obaviješću

Za izvanredne situacije za koje se zna unaprijed, tj. za koje postoje informacije o incidentu, planiranje evakuacije provodi se detaljnije i to je najvažniji dio z provođenje uspješne evakuacije. Analiziraju se sva područja i resursi uključeni u proces evakuiranja stanovništva zbog dostatnih informacija o cjelokupnom stanju na području zahvaćenom incidentom (opskrba dodatnim supplementima, prometne službe, hitne službe, komunikacijski centri, itd.). Kod takvih situacija postoji prilika boljeg implementiranja prometa i transporta u proces evakuiranja, kvalitetnija komunikacija između upravitelja zaduženog za izvanrednu

²⁶ USA. U.S. Department of Transportation. Using Highways for No-notice Evacuations. Washington D.C.: Federal Highway Administration; 2007.

situaciju i evakuaciju te prometnog sustava. Planovi i pripremljenost za *advance notice* situacije lakše se izvršavaju budući da postoje sve četiri faze evakuacije (spremnost, aktiviranje, operativna faza, povretak u fazu spremnosti), a očekuje se da je koordinacija i komunikacija između subjekata vrlo uspješna.

U planiranju evakuacijskih operativnih radnji, upravitelji u izvanrednim situacijama, prometni dužnosnici i ostali sudionici trebali bi napraviti organizacijski okvir CONOPS (Concept of Operations) koji, pojednostavljeno, odgovara na pitanja tko će, gdje, kad, kako, zašto i koji zadatak morati izvršiti. Tako se usklađuju različiti sudionici na različitim razinama procesa evakuacije i u njenim različitim fazama, nakon što je posebna agencija ustvrdila koje se sve aktivnosti moraju obaviti i koji su resursi pri tome potrebni.

Planiranje ruta evakuacije ne može se potpuno finalizirati dok nisu utvrđene posljedice katastrofe, no planeri trebaju odrediti rute koje imaju visoku razinu funkcionalnosti, sigurnost korištenja, brže se mogu ponovno dovesti u funkciju, dobar strateški položaj, a manju mogućnost pojave nekih prirodnih barijera ili uskih grla. Planeri ruta moraju odrediti i kapacitet prometnice te uzeti u obzir prolazak vozila koja će prevoziti stanovnike s posebnim potrebama, ranjene, i sl. U obzir se treba uzeti i ljudski faktor, odnosno činjenica da se neće svi htjeti pravovremeno evakuirati ili da će htjeti koristiti njima poznatije rute. Rješavanje takvih situacija također je jedan od bitnih segmenata upavitelja izvanrednom situacijom. Nakon što je jednom evakuacijski plan razvijen, o njemu se obaviještava javnost kako bi znala na koji način postupiti kad se izda zapovijed o početku evakuacije.²⁷

3.2. Studija iz Bugarske – utjecaj prirodnih katastrofa na prometni sustav

Ekstremni vremenski uvjeti, odnosno prirodne katastrofe, utječu na prometni sustav, uključujući prometnu infrastrukturu. Studije istražuju promjene u praksi i politici koje bi učinile bugarski prometni sustav više prilagodljiv izvanrednim situacijama.

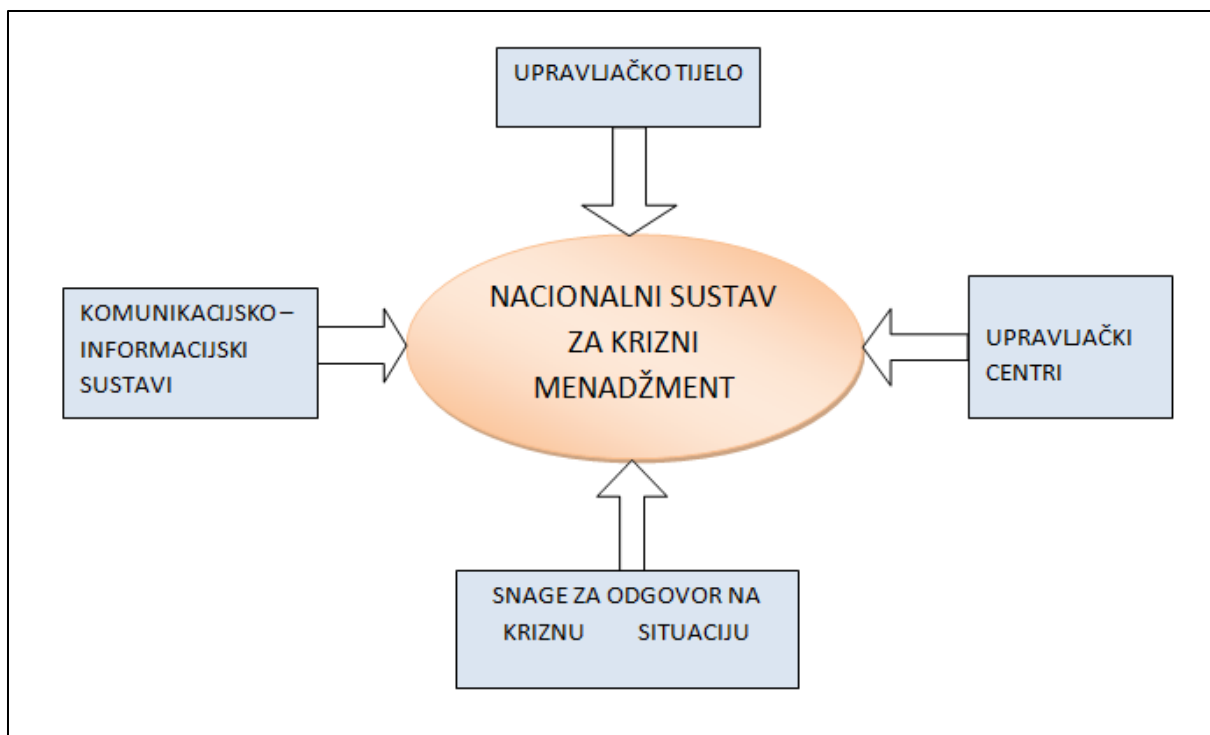
Utjecaj prirodnih katastrofa na, između ostalih, prometni sustav u Bugarskoj vrlo je velik. Kao najveće prijetnje pokazale su se poplave koje nastaju zbog velikih količina

²⁷ USA. U.S.Department of Transportation. Using Highways during Evacuation Operations for Events with Advance Notice. Washington D.C.: Federal Highway Administration; 2006.

padalina, topljenja snijega i pijavica i jakih vjetrova (30,6% prirodnih katastrofa u 2008. godini). Osim toga, u Bugarskoj postoji 40 brana koje često poplavljuju te dolazi i do pucanja nasipa, a neke poplave posljedica su potresa. Kao ostali krizni događaji navode se klizišta, sniježni nanosi, poledice, potresi, požari (uslijed prirodnih pojava ili ljudske pogreške), i ostalo. Zbog velikih poplava u Bugarskoj 2005. godine (u svibnju, lipnju, srpnju i kolovozu), uviđa se potreba za proučavanjem i razvojem strategija i modela za reagiranje u takvim situacijama, a naročito zbog činjenice da se poplave mogu barem djelomično, ako ne u cijelosti, predvidjeti te treba znati pravovremeno i na pravi način reagirati. Karakteristične skupine poplava mogu se u Bugarskoj predvidjeti i nekoliko tjedana unaprijed, oslanjajući se na godišnje doba i prosječnu vremenski prognozu.

Prema statističkim podacima, oštećena cestovna infrastruktura dijeli se na štetu na nacionalnoj cestovnoj mreži i štetu po općinama. Oštećenu infrastrukturu čine ceste, mostovi, zaštitni zidovi i ograde, nasipi, itd. što izaziva velike ekonomske gubitke zbog potrebnog održavanja, popravaka ili zamjena dijelova. Direktne posljedice su i porast cijena skladištenja, smanjenje kapaciteta prometnica, odgode pri dostavi, smetnje u opskrbnom lancu, oštećenje ili gubici dobara. To je razlog zbog kojeg se sve više radi na prevenciji i reduciranju posljedica, a to uključuje više mjera, kao što su istrage, analize, procjena rizika.

Krizni menadžment ili upravljanje u kriznim (izvanrednim) situacijama je skup aktivnosti koje obavljaju nadležne vlasti za prevenciju izvanrednih situacija i razvoja kriza. U tu je svrhu izgrađen Nacionalni sustav za krizni menadžment (*National System for Crisis Management*). On pruža ocjenu rizika od krizne situacije, održavanje analiza pripremljenosti za krizne situacije, dijeljenje informacija, efektivnu upotrebu dostupnih resursa te koordinaciju snaga potrebnih za odgovor na situaciju. Podijeljen je na centralnu i regionalne razine i uključuje upravljačka tijela, kontrolne centre, informacijsko – komunikacijski sustav i snage za odgovor na krizu (Slika 4.).



Slika 1. Grafički prikaz komponenti NCMS-a

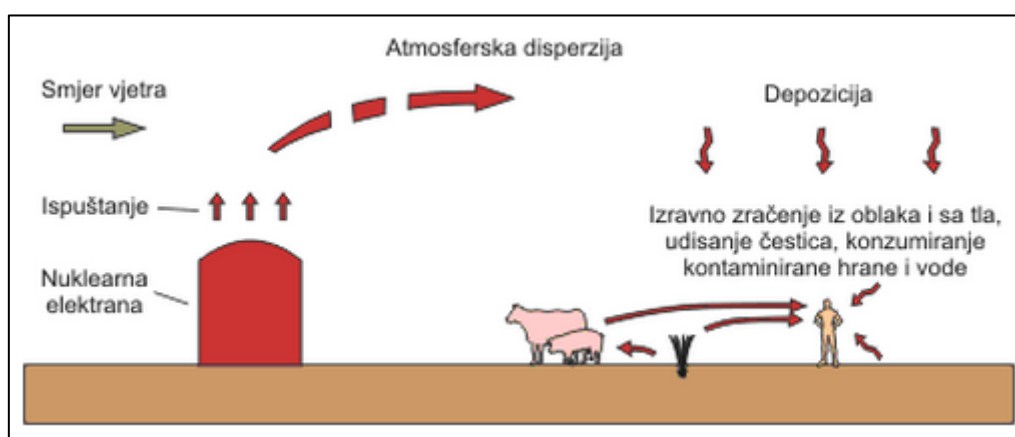
Izvor: Karagyrozov K, Razmov T, Todorova M, Varadinova J, Dzhaleva-Chonkova A. Impact of Natural Disasters on Transport Systems – Case Studies form Bulgaria. Sofia: Todor Kableshkov University of Transport; 2012.

Komunikacija s nacionalnim hitnim službama provodi se kroz centre za hitne pozive prema jedinstvenom europskom broju 112. Nacionalne službe koje su uključene su Nacionalni medicinski koordinacijski centar, centri za hitnu medicinsku pomoć, policija, vatrogasci, opća uprava Nacionalne službe civilne zaštite te Gorska služba spašavanja bugarskog Crvenog križa.²⁸

²⁸ Karagyrozov K, Razmov T, Todorova M, Varadinova J, Dzhaleva-Chonkova A. Impact of Natural Disasters on Transport Systems – Case Studies form Bulgaria. Sofia: Todor Kableshkov University of Transport; 2012.

4. Posebnosti upravljanja prometnim tokovima na cestovnim prometnicama kod nesreća nuklearnih elektrana

Nuklearne nesreće su neželjeni događaji u kojima se pojavljuje ionizirajuće zračenje i njegov štetni utjecaj na okoliš i ljude. Iako se nuklearne nesreće mogu dogoditi i tijekom obrade, skladištenja ili prijevoza nuklearnih materijala, najveću opasnost predstavljaju nesreće na energetske reaktorima. Zbog prisutnosti velikih količina radioaktivnih tvari, posljedice takvih nesreća mogu biti znatne i manifestirati se na širokom području. Nesreća u nuklearnom postrojenju može nastupiti kao rezultat kvarova i uslijed ljudskih grešaka ili može biti prouzročena vanjskim utjecajima kao što su potres, poplava, ekstremni meteorološki uvjeti ili teroristički napad. Slika 7. pojednostavljeno prikazuje posljedice nesreće u nuklearnoj elektrani. U slučaju nesreće može doći do ispuštanja radioaktivnog materijala iz postrojenja u okoliš (atmosfera, površinske vode, tlo). Nakon eventualnog ispuštanja radionuklida iz postrojenja u atmosferu, formira se tzv. radioaktivni oblak koji se zatim širi pod utjecajem atmosferskih procesa pa je prva prijetnja udisanje radioaktivnih čestica i plinova iz oblaka. U kasnijim fazama značajniji je negativni učinak čestica nataloženih u tlu i vodi te kontaminirane hrane.



Slika 2. Ilustracija posljedica ispuštanja radioaktivnog materijala iz NE

Izvor: http://cms.dzrns.hr/aktivnosti/pripravnost/nuklearne_nesrece/faze_nesrece

U ranim fazama nesreće poduzimaju se hitne zaštitne mjere i dugotrajne zaštitne mjere. Najvažnije hitne zaštitne mjere su zaklanjanje, evakuacija i jodna profilaksa, a

²⁹ http://cms.dzrns.hr/aktivnosti/pripravnost/nuklearne_nesrece/faze_nesrece

najznačajnije dugotrajne zaštitne mjere su privremeno preseljenje, trajno preseljenje, mjere vezane za prehrambene proizvode i mjere u poljoprivredi. U Republici Hrvatskoj postoji Nacionalni sustav pripravnosti za slučaj nuklearnih i radioloških nesreća, a glavni uključeni sudionici su Državni centar 112, Krizni stožer Državnog zavoda za radiološku i nuklearnu sigurnost, Državna uprava za zaštitu i spašavanje te operativne snage i specijalni timovi. Za upravljanje u nuklearnoj nesreći zadužena je Državna uprava za zaštitu i spašavanje koja donosi odluke o primjeni zaštitnih mjera te organizira i nadzire njihova provedbu. Putem Državnog centra 112 se 24 sata dnevno vrši izmjena informacija. Krizni stožer je vodeće potporno tijelo u slučaju nuklearne nesreće. On mora prikupiti, obraditi i distribuirati potrebne informacije, pripremiti stručne podloge neophodne za donošenje odluka o zaštitnim mjerama te ažurno i točno informirati javnost. Mjere koje su određene provode operativne snage i specijalni timovi. Operativne snage čine profesionalne postrojbe tijela državne uprave i lokalne samouprave, vatrogastva, civilne zaštite i specijaliziranih tvrtki. Specijalni timovi su posebno uvježbani i opremljeni kako bi mogli obavljati određene zadatke (dekontaminacija, sanacija oštećenja, uspostava radiološkog monitoringa).³⁰

Državni zavod za radiološku i nuklearnu sigurnost upravlja Sustavom pravodobnog upozoravanja na nuklearnu nesreću (SPUNN). On omogućuje alarmiranje u slučaju povišene radioaktivnosti u okolišu i osigurava ulazne podatke za procjenu doza za stanovništvo. SPUNN se sastoji od 33 mjerne postaje i centralne jedinice u kojoj se prikupljaju, obrađuju i pohranjuju rezultati mjerenja. Iz svake mjerne postaje mjerni podaci se šalju u centralnu jedinicu na kraju svakog mjernog ciklusa. Ukoliko se uoče povišene vrijednosti, djelatnik Zavoda je automatski alarmiran kako bi utvrdio razloge odstupanja. Svi prikupljeni izmjereni podaci se kontinuirano šalju u sustav Europske komisije EURDEP u kojem participira najveći broj europskih država. Neovisno o tom sustavu temeljem bilateralnih ugovora radiološki mjerni podaci se razmjenjuju sa Slovenijom i Mađarskom.³¹

Ukoliko nadležne službe odluče da je potrebno provesti evakuaciju, ona se mora provesti što brže i organiziranije. Zbog ozbiljnosti posljedica koje nesreća u nuklearnoj elektrani može imati, iznimno je važno da je provedba evakuacije u potpunosti efikasna i uspješna. Upravljanje prometnim tokovima pri tom je ključan čimbenik. Uzevši to da će razina paničnog ponašanja kod ljudi biti na visokom nivou kao otežavajuću okolnost, zaključuje se da će evakuacija biti uspješnija što je veća pravilna informiranost ljudi o

³⁰ http://cms.dzrns.hr/aktivnosti/pripravnost/sustav_pripravnosti

³¹ http://cms.dzrns.hr/aktivnosti/pripravnost/pravodobno_upozoravanje

postupcima koje u određenom trenutku trebaju poduzeti. Ono što može biti olakotna okolnost je da prometna, odnosno cestovna, infrastruktura uglavnom ostaje neoštećena (osim ako nije u pitanju veća eksplozija). Kako je infrastruktura u funkciji, upravljanje prometnim tokom na samoj prometnici je lakše. Iz navedenog se zaključuje da se upravljanje prometnim tokovima može promatrati na dvije razine – upravljanje kroz izdavanja obavijesti i naredbi putem medija i fizičko upravljanje na samoj prometnici.

Pri određivanju pravaca evakuacije uzima se u obzir stanje atmosferskih pojava (pogotovo vjetar i kiša), kapaciteti prometnica i prometnih čvorišta, međusobna udaljenost važnih čvorišta, broj i vrsta vozila kojima će se evakuacija vršiti, kritične točke ulijevanja na glavnu prometnicu, itd. Za svaku ugroženu infrastrukturu kao i ugrožena područja trebao bi postojati plan evakuacije za više mogućih scenarija i ishoda. Danas u pripremi plana i njegovoj provedbi uvelike mogu pomoći simulacijski alati te pokazne vježbe evakuacije, kao i pravovremeno i točno informiranje javnosti o ponašanju i postupcima ukoliko dođe do izvanredne situacije izazvane nesrećom nuklearne elektrane.

5. Posebnosti upravljanja prometnim tokovima na cestovnim prometnicama kod potresa, požara i poplava

Sustav upravljanja prometnim tokovima u izvanrednim situacijama ne temelji se na jednokratnim podacima, već mora biti u mogućnosti na odgovarajući način pratiti promjene uvjeta kroz vrijeme. Ulazni parametri mogu biti djelomično unaprijed određeni (broj stanovnika, broj vozila, kapacitet prometnica, i sl.), ali većina važnih podataka izvlači se tokom trajanja izvanredne situacije, što znači da nisu determinističke prirode. Upravljanju u takvim stohastičkim uvjetima služe i daljnjim razvojem sve će više služiti ITS sustavi (*Intelligent Transport Systems*) koji bi trebali upravljačkoj strukturi prikazati realne uvjete na prometnicama.

U izvanrednim situacijama izazvanim potresima i poplavama dolazi do znatne i katastrofalne štete na prometnoj i ostaloj gospodarskoj infrastrukturi. Izravna posljedica potresa su ruševine koje ometaju funkcionalnost sustava i prouzročuju ljudske žrtve. Poplave, kao što im samo ime kaže, štetu nanose plavljenjem objekata i okoliša, pri čemu se također mogu pojaviti ljudske žrtve. Nije isključeno da će i poplava uzrokovati pojavu ruševina ako je silina vode dovoljno velika.

Provedba evakuacije u izvanrednoj situaciji izazvanoj poplavom uglavnom se može provesti prije samog incidenta jer se u slučaju praćenja vodostaja rijeka i količine oborina takva situacija može predvidjeti. Slučaj pucanja nasipa ili proloma hidroakumulacijske brane najčešće nije predvidiv. Nakon nastanka poplave, izvjesno je da se neke cestovne prometnice ne će moći koristiti pa će trebati pristupiti spašavanju koristeći čamce i druga pogodna prijevozna sredstva. Ukoliko se pravovremeno odrede područja koja bi mogla biti pogođena poplavama, moguće je osigurati potrebne prometne koridore (npr. konstrukcijska rješenja prilikom planiranja gradnje prometnice ili trenutna izgradnja privremenih nasipa) kako bi bili funkcionalni za potrebe akcija spašavanja i evakuiranja stanovništva.

Potres kao uzročnik izvanredne situacije također najčešće nije predvidiv. Uvjeti na infrastrukturi nakon potresa i poplava glavna su smjernica za upravljanje prometnim tokovima prilikom evakuacije. Iako se ona treba izvršiti po pripremljenom evakuacijskom planu, plan se treba usavršavati kako se dobivaju podaci sa samog terena. Osim upravljanja tokovima koji su pravci evakuacije, prilikom poplava i potresa naročito je bitno održavanje pravaca kojima se koriste snage spašavanja stradalih osoba i hitne medicinske pomoći

prohodnim. Evakuacijskim se planom moraju odrediti glavni pravci kretanja i mjesta okupljanja ljudi, kritične točke na pravcima, evakuacijske površine i lokacije za prihvatanje osoba evakuaciju.

Ranjivost infrastrukture prilikom potresa u gradovima rezultat je neprikladnog korištenja zemljišta i nedostatka pravilne gradnje (transportna mreža, urbane instalacije). Kriteriji prema kojima se još može procijeniti osjetljivost urbanog područja jesu funkcija grada, vrsta korištenja zemljišta, geomorfološka procjena smješaja grada, vremenski kontinuitet korištenja područja, i dr. Najranjivija su stambena područja, zatim zdravstveni centri, sjedišta za pomoć i spašavanje, obrazovne ustanove te na kraju otvoreni urbani prostori. Smještaj grada obzirom na tektonske faktore (pukotine, vrsta tla...) također je vrlo važan. Područja koja se koriste kontinuirano u vremenu (*round the clock*) su najpodložnija stradavanju ljudi prilikom potresa. U prvom redu to su kuće i stambeni kompleksi koji se kontinuirano koriste, a zatim i bolnice i policijske postaje. Trgovačka, poslovna ili institucionalna područja manje su ranjiva obzirom na potres jer je aktivnost prisutna uglavnom samo danju. Vrste zgrada i njihov međusobni smještaj u naselju također su faktor kritičnosti u slučaju potresa. Fizičke karakteristike zgrada (starost, materijali fasade i izgradnje, broj katova, vrsta konstrukcije) primarne su važnosti pri determiniranju osjetljivosti zgrade.³²

Urbana infrastruktura kao što je transportna mreža ima bitan učinak u smanjenju osjetljivosti grada na posljedice od potresa. To se očituje u sposobnosti prometne mreže da ispunji kriterij pristupa najkritičnijim dijelovima (stambene zgrade, škole, bolnice, itd.). Može se postići pravilnom hijerarhijom prometnica. Raspoloživost prometnica je ključna za efektivno djelovanje hitnih službi nakon nastanka potresa. Podrazumijeva se prepoznavanje ključnih ruta prilikom planiranja spašavanja koje će ostati funkcionalne i nakon potresa. Funkcionalnije će biti ako je struktura pristupnih cesta jednostavnija i ako su one kraće i direktne. Važan je i odnos širine prometnice u odnosu na njen smještaj u prostoru (nasip, most, usjek, itd.). što je veća gustoća naseljenosti potencijalno pogođenog područja, veća je vjerojatnost pojave preopterećenja prometnice, usporava se premještanje stanovništva, a produljuje vrijeme evakuacije. Zbog toga je za gradove bitna i pravilna i razumljiva primjena fizičke podjele putem ulica, susjedstva, naselja i kvartova. Od velike je važnosti postojanje otvorenih prostora između iskorištenih parcela kako bi se smanjio međusobni utjecaj dijelova

³² Alvech H.I., Zarabadi Z.S.S., Sarraf H.A. Integrating Civil Defense Emergency Management of Cities. International Journal of Architecture and Urban Development. 2013 Spring; Vol. 3, No. 2.

infrastrukture. Pojednostavljeno, kompaktnija područja s mnogo zgrada kritičnija su od razdvojenih, ali pravilno formiranih gradskih naselja s dovoljno otvorenog prostora. Važan čimbenik je i smjer proširenja gradova, tj. širi li se grad više u visinu (vertikalno) ili horizontalno. Vertikalno proširenje općenito povećava osjetljivost na posljedice potresa.³³

Iz navedenog se zaključuje da je i kod potresa i poplava važno odrediti zone evakuacije u skladu s prometnicama koje će ostati u funkciji i tijekom izvanredne situacije. Prometni koridori trebaju se unaprijed planirati te održavati vitalnim koristeći konstrukcijske zahtjeve, pravilno održavanje i prikladan smještaj u prostoru u odnosu na drugu infrastrukturu.

5.1. Površine i pravci za evakuaciju stanovništva Grada Zagreba nakon potresa

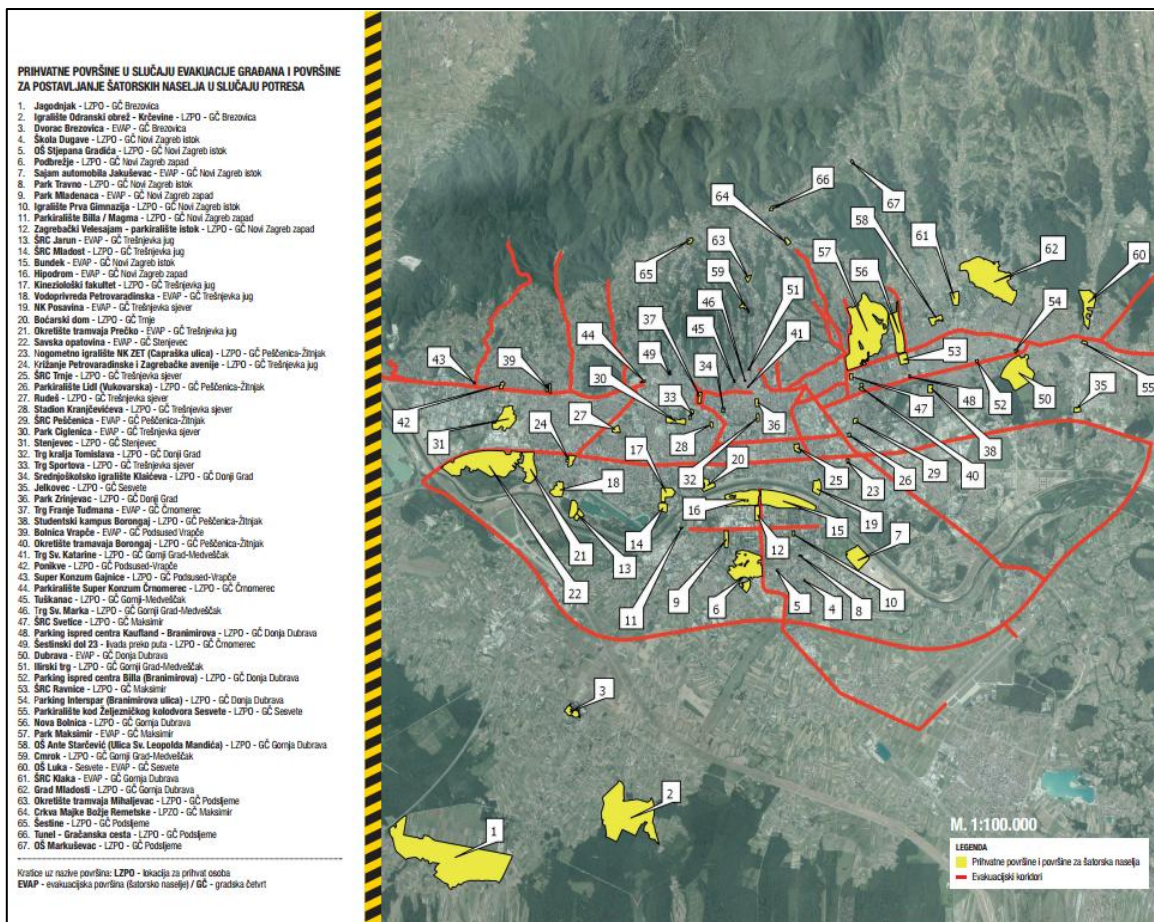
Ured Grada Zagreba za upravljanje hitnim situacijama temeljem procjena ugroženosti materijalnih i kulturnih dobara Grada Zagreba zaključuje da potres predstavlja najveću opasnost za građane. Potencijalni potres na području Grada mogao bi iznositi od 6,3 do 6,5 stupnjeva po Richteru, a procjena je da bi smrtno stradalo oko 3000 stanovnika dok bi oko 15000 bilo ranjeno. Na širem području Grada potencijalno bi se urušilo oko 50000 zgrada, a najviše bi stradali objekti koji nisu građeni prema protupotresnim standardima.³⁴

Utvrđeni su pravci evakuacije (u smjeru istok – zapad i sjever – jug), trinaest kritičnih točaka na pravcima evakuacije, 47 lokacija za prihvat stanovništva te dvadeset lokacija za postavljanje 35 šatorskih naselja (prema međunarodnim standardima svako šatorsko naselje prima 1000 ljudi). Ured za upravljanje u hitnim situacijama (UHS) kao edukacijski materijal izdaje informativne letke o ponašanju u slučaju potresa, na čijoj poleđini su navedene i lokacije evakuacije kao i glavni prometni pravci (primjer letka na Slici 6.).³⁵

³³ Alvechek H.I., Zarabadi Z.S.S., Sarraf H.A. Integrating Civil Defense Emergency Management of Cities. International Journal of Architecture and Urban Development. 2013 Spring; Vol. 3, No. 2.

³⁴Gašparović D. Površine i pravci za evakuaciju Grada Zagreba. Zagreb: Ured za upravljanje u hitnim situacijama; 2011.

³⁵ <http://www.zagreb.hr/>



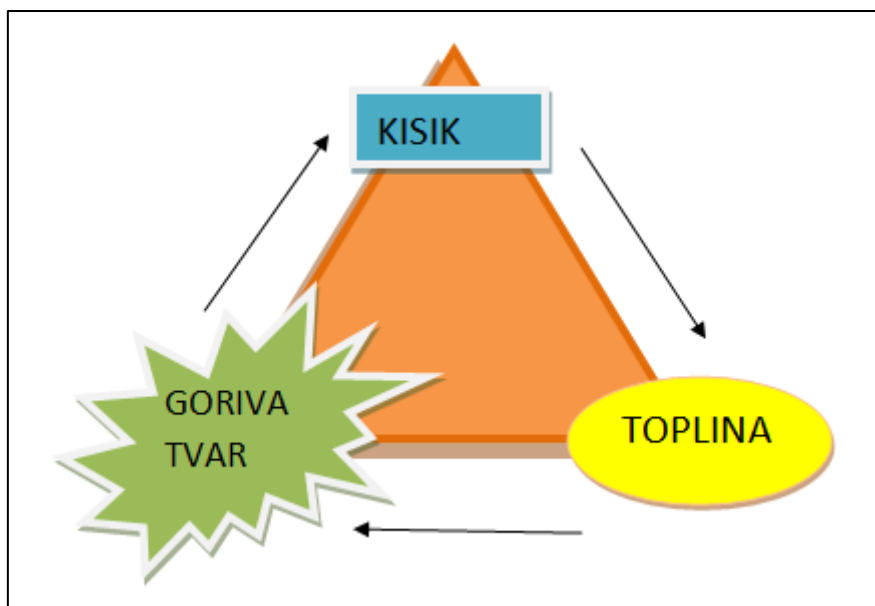
Slika 3. Poledina letka kojeg izdaje UHS

Izvor: <http://www.zagreb.hr/default.aspx?id=72927>

5.2. Požari i katastrofe izazvane požarima

U Republici Hrvatskoj požari su klasificirani u pet klasa. Požarni razredi označeni su slovnim oznakom: A – požari krutina, B – požari tekućina ili rastaljenih krutina, C – požari plinova, D – požari metala, F – požari biljnih ili životinjskih ulja i masti u uređajima za prženje s uljima i mastima kao i drugom kuhinjskom opremom.³⁶ Da bi došlo do zapaljenja potrebno je postojanje tri uvjeta. To su kisik, toplina i goriva tvar. Slika prikazuje shematski međuovisnost tih uvjeta. Oduzimanjem jedne od te tri komponente gorenje prestaje i na tom načelu se temelji gašenje požara.

³⁶ <http://www.upvh.hr/index.php/taktika/sredstva-za-gasenje/99-nova-europska-klasa-pozara/>



Slika 4. Shematski prikaz uvjeta gorenja

Izvor: izradio autor

Iako nesreće s požarima nemaju nužno katastrofalne razmjere po cestovnu infrastrukturu, vatra je vrlo destruktivna i brzo može doći do značajnog broja žrtava. Požar je specifičan u odnosu na potrese i poplave. Njegovo djelovanje nije trenutno, kao što je to kod potresa, već se širi ovisno o vremenskim uvjetima i prisutstvu zapaljivih tvari. Osim same vatre, požar štetno djeluje i zbog proizvodnje velike količine topline i plinova i para nastalih uslijed izgaranja. Ono što je naglašeno u izvanrednim situacijama izazvanim požarom je pojava panike ili trenutka psihološke paralize kada osoba nema sposobnost logičkog razmišljanja, nego se vodi instinktivnim reakcijama.³⁷

Ukoliko požar prijete urbanom ili drugom naseljenom području, nastao je na naseljenom području i brzo se širi ili nije pod nadzorom, nadležna služba ili osoba mora narediti organiziranje evakuacije. Zbog brzine širenja požara i mogućih posljedica po ljude, pravilna evakuacija je ključna. U usporedbi s prethodno opisanim izvanrednim situacijama, evakuacija prilikom požara najbližnja je onoj pri nuklearnim nesrećama. U oba slučaja važna je brzina i točnost izvedbe evakuacije. Kao i u prije spominjanim izvanrednim situacijama, upravljanje prometom i prometnim tokovima u evakuaciji odgovoran je i važan posao. Dobro upravljani prometni tokovi pogoduju pravovremenom prijevozu stradalih osoba. Olakotna

³⁷ Masellis M, Ferrara M.M., Gunn S.W.A. Fire Disaster and Burn Disaster: Planning and Management, Annals of Burns and Fire Disasters - vol. XII - n° 2. 1999 Jun

okolnost za cestovne prometnice je što one neće biti devastirane prilikom požara, a ne kao što je kod poplava i potresa gdje je često zahvaćena infrastruktura na području cijelog grada ili njegovog velikog dijela. Važne prilazne ceste za potrebe gašenja nadzire zadužena vatrogasna služba. Vatrogasci svojim oznakama ili pomoću osobe na terenu upravljaju tokovima, odnosno upućuju vozila iz ugroženog područja i ograničavaju područje kretanja.

6. Primjena simulacijskih alata u upravljanju prometnim tokovima u izvanrednim situacijama

Primjena simulacijskih alata prilikom planiranja evakuacije i upravljanja prometnim tokovima u izvanrednim situacijama je u porastu. Upotreba takvih alata može uvelike olakšati posao planiranja jer se kroz vjerni prikaz modela potencijalne situacije i simuliranje realnih uvjeta može postići jasnije razumijevanje situacije i samim time efektivnija priprema. U tu svrhu se posljednjih nekoliko godina razvijaju softveri za modeliranje prometnih tokova u izvanrednim situacijama. Premještanje velikog broja ljudi, do čega dolazi prilikom evakuacija, zahtijeva značajno planiranje. Simulacijski softveri služe kao alat pri procesu donošenja odluka kada se ugroženo stanovništvo treba prevesti na sigurno područje i koriste povećanju efektivnosti evakuacije. Korištenjem simulacijskih alata, odnosno modeliranjem prometnih situacija, dobivaju se i podaci koji govore o uspješnosti korištenja ruta planiranih u evakuaciji, vrednuje se konstrukcijska izvedba ceste, a može se i optimizirati vrijeme putovanja prema zadanim rutama. Simulacija prometa u izvanrednim situacijama, ali i prilikom izgradnje ili prenamjene infrastrukture, koristan je alat za testiranje pretpostavki i alternativa i procjenu njihovih prednosti i nedostataka.

Programski paketi kao što su OREMS (Oak Ridge Evacuation Modeling System), DYNEV (Dynamic Network Evacuation) i ETIS (Evacuation Traffic Information System) specijalizirani su za modeliranje prometnih tokova prilikom evakuacije. Oni situaciju prikazuju detaljno te su pogodni za međusobnu usporedbu. Koriste se i programski paketi opće namjene za modeliranje prometa, kao što su CORSIM i VISSIM. Ilustrativni prikaz simulacije u programu VISSIM dan je na Slici 5. i Slici 6. Paketi imaju neke zajedničke osobine, kao što su zahtijevanje informacija rute, informacije o evakuiranim osobama, i sl., ali su također primjenjivi za određene situacije pojedinačno.³⁸

³⁸ Moriarty KD, Ni D, Collura J. Modeling Traffic Flow under Emergency Evacuation Situations: Current Practice and Future Directions, Amherst: University of Massachusetts Amherst; 2006.



Slika 5. VISSIM 3D simulacija iz ptičje perspektive

Izvor: <http://www.traffic-inside.com/tag/3d/>



Slika 6. VISSIM 3D simulacija iz perspektive vozača

Izvor: <http://www.traffic-inside.com/tag/3d/>

Softveri koji se koriste za modeliranje prometa prilikom evakuacija služe za tri osnovne svrhe: analizu prethodnog planiranja (*pre-planning analysis*), operativne postupke u stvarnom vremenu (*real-time operation*) te analizu postupaka nakon planirane procedure (*post-planning procedure*). Analiza prethodnog planiranja najčešće se primjenjuje za modeliranje prometa u izvanrednim situacijama. Dobivene informacije se koriste za određivanje ruta koje minimiziraju ukupno vrijeme evakuacije te za razvoj strategije za širenje informacija ugroženom stanovništvu u vezi postupaka u evakuaciji. *Real-time* simulacijski modeli mogu se kontinuirano ažurirati kroz korištenje automatskih sustava za otkrivanje na cestama. Tim postupkom se dobivaju stvarna izvješća o stanju na svakoj evakuacijskoj ruti. Analiza obavljenih postupaka simulacijskim modelom služi za vrednovanje uspješnosti evakuacije, a model nastao na temelju prikupljenih podataka vrlo je koristan i učinkovit u budućem planiranju intervencija.³⁹

Simulacija se može provoditi na više razina, ovisno o stupnju detaljnosti prikaza prometnih tokova pa su tako definirani mikroskopski, mezoskopski i makroskopski model.⁴⁰ Makroskopska simulacija prometa analizira tok na mreži linkova. Rezultat je brzo dostupan i to za veliko područje s visokim zahtjevima na prometni sustav. Mikroskopski modeli simulacije prometa analiziraju tok pojedinačnih vozila i karakteristike vozača i vozila kao i uređaje za kontrolu prometa. Iako je analiza na mikroskopskoj razini sporija, detaljnija je pa su izlazni podaci precizniji.⁴¹

Prometni modeli evakuacije koji su razvijeni u velikoj se mjeri temelje na konvencionalnom modelu potražnje putovanja od četiri koraka. U analizu modela uključeni su određivanje rute, raspodjela ruta, razdvajanje modova i svrha putovanja. Evakuacijski prometni modeli imaju tri temeljna ulazna podatka ili inputa: informacije o ruti (pravcu), informacije o ugroženom stanovništvu i ostale vanjske informacije. Informacije o pravcu su geometrija kolnika, zone analiziranja, raspored vožnji javnog prometa i usklađenost vremena prolaska kroz razkrižja i križanja. Kao informacije o ljudstvu koje je na ugroženom području podrazumijevaju se broj ljudi, broj vozila po domaćinstvu i preferirajuće destinacije. Koje je

³⁹ Moriarty KD, Ni D, Collura J. Modeling Traffic Flow under Emergency Evacuation Situations: Current Practice and Future Directions, Amherst: University of Massachusetts Amherst; 2006.

⁴⁰ Dowling R, Skabardonis, A, Alexiadis V. Traffic Analysis Toolbox Volume III: Guidelines for Applying Traffic Microsimulation Modeling Software. Georgetown Pike: Federal Highway Administration FHWA; 2004.

⁴¹ Moriarty KD, Ni D, Collura J. Modeling Traffic Flow under Emergency Evacuation Situations: Current Practice and Future Directions, Amherst: University of Massachusetts Amherst; 2006.

doba dana i kakvi su vremenski uvjeti vanjske su informacije. Programi za modeliranje u prometu nastoje se što više razviti kako bi se pri simulaciji moglo proračunati što više različitih incidentnih i izvanrednih situacija. Osim toga, želi se unaprijediti mogućnost uključivanja različitih obrazaca ljudskog ponašanja (neuobičajeno ponašanje, panika, utjecaj mobilnih telefona ili drugih uređaja i putnika na vozača, itd.). Očekuje se i sve veća točnost podataka dobivenih simulacijama situacija u prometu koji će se moći koristiti u planiranju i izvođenju uspješne evakuacije na cestovnim prometnicama. Implementacija informacija u stvarnom vremenu preko ITS detektora već se koristi u urbanim područjima, ali još treba biti proširena na cestovne prometnice koje prolaze nenaseljenim ili ruralnim područjima. Podaci tako prikupljeni dovode do dinamičkog modeliranja koje pruža i bolji uvid u ljudsko ponašanje i tako pojačava učinak svih prije navedenih zadaća i prednosti modeliranja prometnih tokova.⁴²

6.1. Mikroskopske simulacije prometnih tokova

Mikroskopska simulacija je stohastičko (pojavljuju se slučajne varijable) i dinamičko (promjenjivo u analiziranom vremenu) modeliranje kretanja pojedinačnih vozila u različitim sustavima prometnih mreža. Svako se vozilo kreće kroz mrežu u danom vremenskom periodu ovisno o njegovim tehničkim značajkama (duljina, maksimalno ubrzanje, itd.), osnovnim zakonima gibanja te pravilima ponašanja vozača. Simulacija kretanja vozila ostvaruje se u serijama unaprijed zadanih vremenskih koraka, a na kraju svakog vremenskog koraka bilježi se pozicija, brzina i ubrzanja/usporenje vozila. Model koji računa poziciju vozila nekoliko puta u sekundi precizniji je od onog koji to radi jednom svake sekunde. To je osobito važno pri analizi kretanja vozila velikim brzinama. Pri generiranju vozila u mrežu svakom vozilu se slučajno dodjeljuje tip vozila i tip vozača prema unaprijed zadanoj strukturi prometog toka i udjelima pojedinih tipova vozača. Tip vozila određuje se na temelju dimenzija, maksimalne brzine, ubrzavanja i usporenja.

Nakon što je model izrađen i provjerene su moguće greške, potrebno je provesti kalibracijski postupak. Bez kalibriranja modela, upitna je kvaliteta izlaznih podataka i prognoze budućeg odvijanja prometnih tokova na mreži. Kalibracijom se prilagođavaju

⁴² Moriarty KD, Ni D, Collura J. Modeling Traffic Flow under Emergency Evacuation Situations: Current Practice and Future Directions, Amherst: University of Massachusetts Amherst; 2006.

parametri modela kako bi se unaprijedila njegova mogućnost reproduciranja lokalnog ponašaja vozača i karakteristike prometnog toka.

Izlazni rezultati mikrosimulacija su animacije i numerički podaci. Animacijski 2D ili 3D prikaz pokazuje kretanja pojedinačnih vozila kroz prometnu mrežu u simulacijskom vremenu. Numerički podaci mogu se promatrati za svako vozilo detaljno ili kao prosjek podataka cijele mreže ili nekog njenog dijela.⁴³

6.2. Mikrosimulacijski model evakuacije stanovništva u slučaju nesreće na NE Krško kroz čvor Jankomir

Kao dio projekta „Pripremljenost za evakuaciju u slučaju nuklearne nesreće“ podupiranog od strane Europske unije (sudjeluju općina Krško, gradovi Zagreb i Cernavoda u Rumunjskoj) prezentirana je simulacija evakuacije stanovnika područja Krškog pri čemu se kao primjer koristio čvor Jankomir na ulazu u grad Zagreb.

Čvor Jankomir izgrađen je 1979. godine kao raskrižje izvan razine oblika „djeteline“ bez jedne indirektno rampe. Nalazi se na zapadnom ulazu u grad Zagreb na sjecištu autocesta A2 (Zagreb – Macelj) i A3 (Bregana – Lipovac), odnosno europskih cesta E59 (Prag – Beč – Maribor – Zagreb) i E70 (A Coruna – Bordeaux – Lyon – Torino – Verona – Trst – Ljubljana – Zagreb – Beograd – Temišvar – Bukurešt – Varna) . Čvor Jankomir je i dio paneuroskog koridora X (Salzburg - Ljubljana - Zagreb - Beograd - Niš - Skopje - Veles – Thessaloniki) i njegove grane Xa (Graz - Maribor – Zagreb).

⁴³ Novačko L, Mandžuka S, Petrović M. Application of Microscopic Simulation of Traffic Flows in Developing Evacuation Plans for Inhabitants. Journal of Civil Engineering and Architecture. 2014 Jul; Volume 8, No.7, pp. 920-927



Slika 7. Prikaz čvora Jankomir

Izvor: <https://www.google.hr/maps/>

Mikrosimulacijski prikaz čvora Jankomir izrađen je pomoću programskog alata PTV VISSIM 5.40 – 08. u tri različita scenarija regulacije prometnih tokova. S obzirom da programski alat ne može simulirati ponašanje vozača u slučajevima panike, povećana je agresivnost vozača korištenjem *Wiedemann*-ovog 74 modela kako bi se što realnije prikazala situacija evakuacije. Zbog ograničenja licence u dozvoljenoj dužini linkova od 10 km nije bilo moguće utvrditi točne duljine repova čekanja s obzirom da su prema rezultatima one prelazile udaljenost od 10 km. Isto tako u simulaciji nije uzet u obzir utjecaj čvora Lučko koji zbog svoje blizine može znatno utjecati na povećanje evakuacijskog vremena na čvoru Jankomir. Broj evakuiranih vozila u simulaciji utvrđen je pod konstantnim vršnim prometnim opterećenjem koje prelazi kapacitet čvora kako bi se mogao analizirati protok vozila i ponašanje vozača prilikom prestrojavanja i uplitanja u tokove.

Analiza prometnih tokova u slučaju evakuacije stanovništva nakon nesreće NE Krško prikazana je kroz tri različita scenarija. Pretpostavljena je manja ili veća prijevozna potražnja te zauzeće vozila od 2,5 osoba. Prijevozna potražnja, odnosno broj evakuiranih osoba, dobivena je iz općine Krško. Za svaki je scenarij evakuacije kroz čvor Jankomir analizirano

vrijeme evakuacije kao i broj evakuiranih vozila u polusatnim intervalima. Također su određena vremena putovanja kroz čvor te prosječna vremena kašnjenja. Prosječna vremena putovanja i kašnjenja računata su od ulaska vozila u čvor do napuštanja čvora. Od ukupnog broja stanovnika na udaljenosti 25 kilometara od NE Krško (240 000) u prvom i drugom scenariju prilikom veće potražnje evakuiraju se 90 000 stanovnika u 24 000 osobnih vozila te 600 autobusa, a prilikom manje transportne potražnje 45 000 stanovnika u 12 000 osobnih vozila te 300 autobusa. U tećem scenariju ukupnom broju dodano je još 100 000 stanovnika grada Zagreba koji gravitiraju čvoru Jankomir pa tako veća potražnja iznosi 125 000, a manja 62 000 stanovnika. Pri tom se koristi 38 000 osobnih vozila i 600 autobusa za veću potražnju te 18 800 osobnih vozila i 300 autobusa za vrijeme manje potražnje.

U prvom scenariju regulacije prometa (dozvoljeni smjerovi: zapad – jug i sjever – jug) vozila iz smjera Bregane i iz smjera Maribora propuštala bi se kroz 4 prometna traka za svaki smjer vožnje, odnosno dio vozila preusmjeravao bi se na trakove koji su inače predviđeni za suprotni smjer vožnje. U slučaju primjene ove regulacije, ukupan broj vozila evakuirao bi se između 2 i 2,5 sata.

U drugom scenariju dozvoljeni su smjerovi zapad – jug, sjever – jug (samo preko dva prometna taraka) i zapad – sjever (preko indirektna rampe). Kod primjene ove regulacije prometa, nakon uvođenja novog evakuacijskog koridora, vrijeme evakuacije zadržava se u granicama između 2 i 2,5 sata za veću potražnju.

Treći scenarij omogućuje evakuaciju i stanovnika zagrebačkih četvrti koje gravitiraju čvoru Jankomir (Jankomir, Prečko, Špansko i Malešnica). Dozvoljeni smjerovi su: zapad – jug, sjever – jug i istok – jug. U ovom slučaju prema analizi rezultata mikrosimulacije vrijeme evakuacije produljuje se na između 3 i 3,5 sata za visoku potražnju, a za niže potražnje iznosilo bi oko 2 sata. Na temelju tih podataka zaključuje se da je potreban detaljan plan evakuacije stanovništva grada Zagreba.⁴⁴

Razni parametri su analizirani prilikom mikrosimulacija, čiji je zbirni prikaz u Tablici 1. Promatranjem dobivenih rezultata primjećuje se da je najpovoljnija primjena drugog scenarija.

⁴⁴ Novačko L, Mandžuka S, Petrović M. Application of Microscopic Simulation of Traffic Flows in Developing Evacuation Plans for Inhabitants. Journal of Civil Engineering and Architecture. 2014 Jul; Volume 8, No.7, pp. 920-927

Tablica 1. Zbirni prikaz parametara u različitim scenarijima evakuacije

PARAMETAR	SCENARIJ 1		SCENARIJ 2		SCENARIJ 3	
	Velika potražnja	Mala potražnja	Velika potražnja	Mala potražnja	Velika potražnja	Mala potražnja
PROSJEČNO VRIJEME KAŠNJENJA (s)	434,5	170,16	344,52	150,88	475,99	356,79
RAZINA USLUGE	F	F	F	F	F	F
PROSJEČNA BRZINA PUTOVANJA (km/h)	23,47	43,36	29,88	51,75	23,68	28,81
PROSJEČNO VRIJEME PUTOVANJA (s)	574,075	255,62	583	323,225	909,36	601,18

Izvor: Izrađeno prema: Novačko L, Mandžuka S, Petrović M. Application of Microscopic Simulation of Traffic Flows in Developing Evacuation Plans for Inhabitants. Journal of Civil Engineering and Architecture. 2014 Jul; Volume 8, No.7, pp. 920-927

7. Prijedlozi poboljšanja organizacije prometnih tokova u izvanrednim situacijama u Hrvatskoj

Vođenje prometnih tokova može se definirati kao informiranje sudionika u prometu o ciljevima kretanja. Na usmjerenje prometnih tokova, odnosno na odluke sudionika u prometu u odabiru određenih itinerera utječu usmjerenost prometne mreže (jednosmjerne ulice), zabrane i obaveze izražene prometnom signalizacijom i informacije (znakovi obavještanja, iskustva i edukacija sudionika u prometu. Prilikom vođenja prometnih tokova treba težiti smanjenju broja konfliktnih točaka (smanjenje broja nepotrebnih pretjecanja). Smanjenje negativnih odnosa između prometnih tokova misao je vodilja u organizaciji prometa općenito.⁴⁵ To dovodi do zaključka da će u vrijeme trajanja izvanredne situacije međusobni negativni učinci prometnih tokova biti još naglašeniji obzirom na okolnosti (stanje infrastrukture, pojava paničnog ponašanja, greške u komunikaciji).

Informativna sredstva posebno značajna za vođenje prometnih tokova su: informativni prometni znakovi, odnosno vizualne i druge informacije koje vozač ili sudionik u prometu neposredno dobiva od okoline i koje mogu utjecati na odluku vozača o odabiranju njegove putanje prema cilju i prethodne informacije, kao i edukacije su također izuzetno značajne za odabiranje putanja od strane vozača.⁴⁶

Za očekivati je da spomenuta vizualna informativna sredstva i razina edukacije kod građana u izvanrednoj situaciji ne će biti dostatna za učinkovito provođenje evakuacije. Stoga se očekuje da će prometnim tokovima i fizički upravljati djelatnici MUP-a te da će dodatne informacije dobivati kroz medije i druga obavještajna sredstva.

Iako je u Hrvatskoj vjerojatnost pojave izvanrednih situacija relativno mala, pripremljenost na njihovu eventualnu pojavu ne smije se zanemarivati. Ekonomske posljedice situacije često daleko nadmašuju troškove preventivnih akcija. Od mogućih uzročnika izvanrednih situacija, u Hrvatskoj prednjače požari (pretežito šumski). Kako su oni česta pojava u područjima blizu turističkih mjesta gdje ljeti obitava velik broj ljudi, pravovremena reakcija i pravilna organizacija prometa prilikom gašenja ili eventualne evakuacije su najbitniji čimbenici uspješnosti akcije. Velik broj poplava u 2014. je pogodio RH, od čega su

⁴⁵ Dadić I, suradnici. Teorija i organizacija prometnih tokova. Zagreb: Fakultet prometnih znanosti; 2014.

⁴⁶ Dadić I, suradnici. Teorija i organizacija prometnih tokova. Zagreb: Fakultet prometnih znanosti; 2014.

najveće i trajanjem najduže bile poplave u svibnju u istočnoj Hrvatskoj (probijanje nasipa uz rijeku Savu nakon što je dostigla rekordnu razinu), a posljedice su bile sve samo ne zanemarive i još će se neko vrijeme osjećati. To je samo još jedan od dokaza da zemlja kao što je Republika Hrvatska, koja leži na vodi, mora puno ulagati u preventivne mjere i mjere zaštite i spašavanja.

Svjetski modeli pokazuju pametan pristup pri izgradnji mjera zaštite i spašavanja kao i kod pripreme evakuacijskih planova, što bi se trebalo primijeniti i u Hrvatskoj. Često se pokreću istraživanja ili izvode studije nakon pojave neke katastrofe ili izvanredne situacije. Takvim pristupom dobivaju se realni podaci i rezultati iz prve ruke. Analizama, anketama, opažanjem, i druge metodama istraživanja, dolazi se do zaključaka na temelju kojih se uviđaju greške u prijašnjim sustavima organizacije upravljanja u kriznim i izvanrednim situacijama. Zaključci istraživanja mogu se jednostavno usporediti sa zaključcima iz drugih zemalja te se uviđa gdje postoji mjesto za napredak i čija je praksa kvalitetnija. Osim toga, pomoću takvih istraživanja i studija, budući planovi zaštite i spašavanja temelje se na praktičnim, a ne samo teorijskim podacima. Mnogi korisni podaci mogu se generirati i iz računalnih simulacija, ali podaci iz situacije koja se zaista dogodila su najvrjednija pomoć za unaprijeđenje postojećih praksi.

Republika Hrvatska ima vrlo rasprostranjenu mrežu cestovnih prometnica i razvijen cestovni promet općenito, daleko napredniji od nekih drugih transportnih modova. Ta činjenica govori da bi potencijalna veća evakuacija stanovništva trebala biti uspješna, pogotovo uz pravilnu organizaciju prometnih tokova. Treba iskoristiti prednost što je u ovo vrijeme vrlo razvijena mobilna i računalna tehnologija. Putem raznih medija se stanovništvo može pravovremeno i masovno informirati što je do prije 60-ak godina bilo moguće jedino putem radija. Osim za informiranje o postupcima u izvanrednoj situaciji, mediji trebaju služiti i za edukativno informiranje i podizanje svijesti svih stanovnika u vezi s potencijalnim katastrofama, incidentnim događajima i izvanrednim situacijama.

Iako je upravljanje prometnih tokovima u izvanrednim situacijama privremenog karaktera, temelji se na istim načelima kao i organizacija prometa u normalnim okolnostima. Mišljenja struke stoga se svakako trebaju uzeti u obzir prilikom upravljanja prometnim tokovima na cestama u izvanrednim situacijama, pogotovo ukoliko se provodi evakuacija ugroženog stanovništva. Većina institucija i nadležnih zakonodavnih i izvršnih tijela shvaća važnost uloge prometa u izvanrednim situacijama, ali to kroz zakonsku regulativu te

priručnike i upute nije dovoljno naglašeno niti pojašnjeno. Evakuacijski planovi za određena područja ili gradove trebaju biti jasniji i dostupniji svim stanovnicima. Uz redovito praćenje kretanja stanovnika i stanja infrastrukture, održavanja infrastrukture, praćenje kretanja broja osobnih vozila i vozila dostupnih za skupnu evakuaciju, sigurno bi i upravljanje samim tokovima u izvanrednoj situaciji bilo učinkovitije i jednostavnije za provesti.

8. Zaključak

Upravljanje prometnim tokovima na cestama u izvanrednim situacijama složena je djelatnost koja ovisi o statističkim podacima i promjenjivim podacima u realnom vremenu. Karakteristikama nesreće koja izaziva izvanrednu situaciju prilagođava se način upravljanja prometnim tokom. Rute ili pravci prilikom evakuacije ovise o stanju kritične infrastrukture, položaju evakuacijskih lokacija, broju i strukturi stanovništva, broju osobnih i vozila za javni prijevoz, položaju glavnih prometnica, i drugo. Sukladno odabranoj ruti vodit će se i prometni tokovi. O metodama i načinu provođenja upravljanja tokovima trebaju odluke donositi osobe upoznate s osnovama teorije i organizacije prometnih tokova. Poznavanje karakterističnosti izvanredne situacije preduvjet je za daljne djelovanje kad dođe do iste. Prilikom planiranja evakuacijskih ruta i upravljanja prometnim tokovima, potrebno je razmotriti posebnosti potencijalnih izvanrednih situacija.

Analizom studija povezanosti prirodnih i drugih katastrofa s prometom dolazi se do zaključka da je prometna infrastruktura dio kritične infrastrukture jer su prilikom neke izvanredne situacije efekti uvijek u većem ili manjem dijelu prisutni i na infrastrukturi. ti efekti mogu biti samo povećanje gustoće prometa i zagušenje prometnih tokova ili fizičko oštećenje prometnica i drugih infrastrukturnih objekata.

Prometnice i ostale objekte važno je redovito održavati, a kod gradnje primijeniti protupotresne, protupožarne i druge standarde. Time se povećava pouzdanost i raspoloživost same infrastrukture u slučaju da dođe do pojava koje uzrokuju izvanrednu situaciju. U slučaju pouzdanih prometnica, vođenje tokova se može kvalitetno unaprijed isplanirati.

U Republici Hrvatskoj postoji prostor za poboljšanje djelovanja u izvanrednim situacijama, uključujući izradu evakuacijskih planova i organizaciju prometnih tokova. Iako je zakonska regulativa opširna, građani su relativno slabo educirani o potencijalnim izvanrednim situacijama i o njihovim obvezama ukoliko dođe do nekog izvanrednog događaja ili stanja. Kroz analize i znanstvene studije prošlih izvanrednih događaja, može se planirati efikasno djelovanje u potencijalnim budućim izvanrednim situacijama.

Primjena simulacijskih alata u organizaciji prometnih tokova u znantnom je porastu. Prepoznata je vrijednost modeliranja tokova na cestovnim prometnicama prilikom izrade planova spašavanja i planova evakuacije.

Literatura

1. <http://struna.ihjj.hr/naziv/izvanredna-situacija/23074/>
2. <http://www.hrleksikon.info/definicija/izvanredno-stanje.html>
3. Zakon o zaštiti od elementarnih nepogoda, NN 73/97, 174/04
4. Zakon o zaštiti i spašavanju, NN 174/04, 79/07, 38/09, 127/10
5. Pravilnik o metodologiji za izradu procjena ugroženosti i planova zaštite i spašavanja. Državna uprava za zaštitu i spašavanje. Zagreb; 2014.
6. Zakon o sustavu civilne zaštite, NN 82/15
7. Zakon o kritičnim infrastrukturama, NN 56/13
8. http://www.dzs.hr/Hrv/censuses/census2011/results/htm/H02_02/H02_02.html
9. Procjena ugroženosti Zagrebačke županije. Zagreb: Planovi i Procjene j.d.o.o; 2014
10. Plan zaštite i spašavanja Zagrebačke županije. Zagreb: Planovi i Procjene j.d.o.o.; 2015.
11. Plan Civilne zaštite Zagrebačke županije. Zagreb: Planovi i Procjene j.d.o.o.; 2015.
12. USA. U.S.Department of Transportation. Using Highways during Evacuation Operations for Events with Advance Notice. Washington D.C.: Federal Highway Administration; 2006.
13. USA. U.S. Department of Transportation. Using Highways for No-notice Evacuations. Washington D.C.: Federal Highway Administration; 2007.
14. Karagyrozov K, Razmov T, Todorova M, Varadinova J, Dzhaleva-Chonkova A. Impact of Natural Disasters on Transport Systems – Case Studies form Bulgaria. Sofia: Todor Kableshkov University of transport; 2012.
15. http://cms.dzrns.hr/aktivnosti/pripravnost/nuklearne_nesrece/faze_nesrece
16. http://cms.dzrns.hr/aktivnosti/pripravnost/sustav_pripravnosti
17. http://cms.dzrns.hr/aktivnosti/pripravnost/pravodobno_upozoravanje
18. Alvechek H.I., Zarabadi Z.S.S., Sarraf H.A. Integrating Civil Defense Emergency Management of Cities. International Journal od Architecture and Urban Development. 2013 Spring; Vol. 3, No. 2.
19. Gašparović D. Površine i pravci za evakuaciju Grada Zagreba. Zagreb: Ured za upravljanje u hitnim situacijama; 2011.
20. <http://www.zagreb.hr/đ>
21. <http://www.zagreb.hr/default.aspx?id=72927>

22. [http://www.upvh.hr/index.php/taktika/sredstva-za-gasenje/99-nova-europska-klasa-pozara /](http://www.upvh.hr/index.php/taktika/sredstva-za-gasenje/99-nova-europska-klasa-pozara/)
23. Masellis M, Ferrara M.M., Gunn S.W.A. Fire Disaster and Burn Disaster: Planning and Management, Annals of Burns and Fire Disasters - vol. XII - n° 2. 1999 Jun
24. Moriarty KD, Ni D, Collura J. Modeling Traffic Flow under Emergency Svacuation Situations: Current Practice an Future Directions, Amherst: University of Massachusetts Amherst; 2006.
25. Novačko L, Mandžuka S, Petrović M. Application of Microscopic Simulation of Traffic Flows in Developing Evacuation Plans for Inhabitants. Journal of Civil Engineering and Architecture. 2014 Jul; Volume 8, No.7, pp. 920-927
26. <https://www.google.hr/maps/>
27. <http://www.traffic-inside.com/tag/3d/>
28. Dowling R, Skabardonis, A, Alexiadis V. Traffic Analysis Toolbox Volume III: Guidelines for Applying Traffic Microsimulation Modeling Software. Georgetown Pike: Federal Highway Administration FHWA; 2004.
29. Dadić I, suradnici. Teorija i organizacija prometnih tokova. Zagreb: Fakultet prometnih znanosti; 2014.

Popis slika

Slika 1. Grafički prikaz komponenti NCMS-a.....	20
Slika 2. Ilustracija posljedica ispuštanja radioaktivnog materijala iz NE	21
Slika 3. Poleđina letka kojeg izdaje UHS	27
Slika 4. Shematski prikaz uvjeta gorenja	28
Slika 5. VISSIM 3D simulacija iz ptičje perspektive.....	31
Slika 6. VISSIM 3D simulacija iz perspektive vozača	31
Slika 7. Prikaz čvora Jankomir.....	35

Popis tablica

Tablica 1. Zbirni prikaz parametara u različitim scenarijima evakuacije	37
---	----



Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti
10000
Zagreb
Vukelićeva
4

METAPODACI

Naslov rada: Upravljanje prometnim tokovima na cestama u izvanrednim situacijama

Autor: Marija Ferko

Mentor: dr. sc. Luka Novačko

Naslov na drugom jeziku (engleski):
Organisation of Road Traffic Flows in Emergency Situations

Povjerenstvo za obranu:

- izv. prof. dr. sc. Dubravka Hozjan , predsjednik
- dr. sc. Luka Novačko , mentor
- dr. sc. Hrvoje Pilko , član
- prof. dr. sc. Sadko Mandžuka , zamjena

Ustanova koja je dodjelila akademski stupanj: Fakultet prometnih znanosti Sveučilišta u Zagrebu

Zavod: Zavod za cestovni promet

Vrsta studija: sveučilišni

Naziv studijskog programa: Promet

Stupanj: preddiplomski

Akademski naziv: univ. bacc. ing. traff.

Datum obrane završnog rada: 15.9.2015.



Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih
znanosti
10000 Zagreb
Vukelićeva 4

IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOST

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem kako je ovaj _____ završni rad

isključivo rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na objavljenu literaturu što pokazuju korištene bilješke i bibliografija.

Izjavljujem kako nijedan dio rada nije napisan na nedozvoljen način, niti je prepisan iz necitiranog rada, te nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava.

Izjavljujem također, kako nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

Svojim potpisom potvrđujem i dajem suglasnost za javnu objavu _____ završnog rada

pod naslovom **Upravljanje prometnim tokovima u izvanrednim situacijama**

na internetskim stranicama i repozitoriju Fakulteta prometnih znanosti, Digitalnom akademskom repozitoriju (DAR) pri Nacionalnoj i sveučilišnoj knjižnici u Zagrebu.

Student/ica:

U Zagrebu, 7.9.2015

(potpis)