

UNIVERZITET U BEOGRADU

GRAĐEVINSKI FAKULTET

Miljan S. Mikić

**UPRAVLJANJE RIZICIMA PRI  
IZGRADNJI KAPITALNIH  
INFRASTRUKTURNIH OBJEKATA U  
CILJU POBOLJŠANJA NJIHOVE  
ODRŽIVOSTI**

Doktorska disertacija

Beograd, 2015

UNIVERSITY OF BELGRADE  
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

Miljan S. Mikić

**RISK MANAGEMENT DURING  
PLANNING AND CONSTRUCTION OF  
LARGE INFRASTRUCTURE PROJECTS  
FOR IMPROVING THEIR  
SUSTAINABILITY**

Doctoral Dissertation

Belgrade, 2015

Podaci o mentoru i članovima komisije za ocenu i odbranu:

Mentor:

V. prof. dr Zorana Naunović, dipl. inž. tehn.  
Univerzitet u Beogradu, Građevinski fakultet

Članovi komisije:

1. Prof. dr Branislav Ivković, dipl. inž. građ.  
Univerzitet u Beogradu, Građevinski fakultet
  
2. V. prof. dr Nenad Ivanišević, dipl. inž. građ.  
Univerzitet u Beogradu, Građevinski fakultet
  
3. V. prof. dr Miloš Kovačević, dipl. inž. el.  
Univerzitet u Beogradu, Građevinski fakultet
  
4. Doc. dr Iva Kovačić, dipl. inž. arh.  
Tehnički univerzitet u Beču, Građevinski fakultet  
(*Vienna University of Technology, Faculty of Civil Engineering*)

Datum odbrane: \_\_\_\_\_

*Autor disertacije posebnu zahvalnost duguje:*

- *Prof. dr Branislavu Ivkoviću i Katedri za upravljanje projektima Građevinskog fakulteta Univerziteta u Beogradu, za finansijsku, organizacionu i moralnu podršku tokom izrade doktorata;*
- *Mentoru, v. prof. dr Zorani Naunović, za predano i savesno vođenje doktorata;*
- *V prof. dr Milošu Kovačeviću, za nesebičnu pomoć tokom glavne faze istraživanja;*
- *V prof. dr Nenadu Ivaniševiću i doc. dr Ivi Kovačić za korisne sugestije tokom istraživanja i oblikovanja disertacije;*
- *Prof. dr Naomi Bruks, doc. dr Đorđu Lokateljiju i svim saradnicima i partnerima COST Akcije TU1003: "Megaproject – Efficient Design and Delivery of Megaprojects in the European Union", za pomoć u obezbeđivanju i pripremi podataka;*
- *Porodici i prijateljima, na razumevanju, a naročito*
- *Supruzi Anđi i sinu Matiji, na ljubavi i strpljenju.*



Naslov disertacije:

## Upravljanje rizicima pri izgradnji kapitalnih infrastrukturnih objekata u cilju poboljšanja njihove održivosti

Rezime:

Investicioni projekat u građevinarstvu se definiše kao kompleksan tehničko-tehnološki, organizacioni, pravni, ekonomski i finansijski poduhvat koji se sastoji od skupa koordinisanih i kontrolisanih aktivnosti sa jasno definisanim početkom i krajem, čiji je cilj izgradnja, rekonstrukcija, modifikacija i/ili opremanje objekta ili objekata koji su potrebni investitoru. Kompleksnost je, kao karakteristika projekta i okruženja u kome se projekat realizuje, naročito izražena kod velikih infrastrukturnih investicionih projekata.

Predmet istraživanja u ovoj disertaciji jesu kapitalni infrastrukturni projekti velike investicione vrednosti, veće od pedeset miliona evra. Razmatrani su projekti izgradnje objekata sistema ekonomske materijalne infrastrukture, i to: objekata saobraćajne (auto-putevi, železničke pruge, metro linije i aerodromi), energetske (objekti za proizvodnju i prenos električne energije i gasa) i hidrotehničke (hidrotehničke konstrukcije) infrastrukture.

Ovi projekti predstavljaju motore razvoja svakog društva i države. S obzirom na potencijalne dugoročne ekonomske, društvene i ekološke efekte koje veliki infrastrukturni projekti mogu proizvesti, proces njihovog pokretanja, planiranja i realizacije je uvek praćen značajnom pažnjom celokupnog društva.

Prethodna istraživanja pokazuju da je i pored značaja koji kapitalni infrastrukturni projekti imaju, njihova realizacija veoma često neuspešna, i to kako u pogledu neispunjenja tradicionalnih kriterijuma uspeha projekata (troškovi, vreme, kvalitet), tako i u pogledu negativnih ekonomskih efekata projekata i negativnih efekata projekata na društveno i ekološko okruženje. Ova tri aspekta uticaja na okruženja projekta (ekonomski, društveni i ekološki uticaji) čine tri aspekta održivosti i primene principa održivog razvoja na konkretnom projektu. Kao glavni razlozi za odstupanja od planiranih performansi realizovanih kapitalnih infrastrukturnih projekata u literaturi se navode rizici koji proističu iz specifičnosti ovakvih projekata. Kapitalni infrastrukturni

projekti su, u odnosu na građevinske projekte manje investicione vrednosti, investiciono zahtevniji, značajno kompleksniji, prisutna je veća neizvesnost, veći broj učesnika, dugotrajniji su, i njihovi potencijalni efekti na ekonomiju, društvo i okolinu su veći, dalekosežniji i privlače više pažnje javnosti.

Prethodna istraživanja takođe otkrivaju da, za sada, ne postoji jedinstvena metodologija za procenu održivosti infrastrukturnih objekata u ranim fazama realizacije investicionog projekta.

Konačno, oblast upravljanja rizicima prilikom realizacije infrastrukturnih projekata nije u dovoljnoj meri obrađena u domaćoj stručnoj i naučnoj literaturi.

U prvom delu istraživanja za potrebe ove disertacije sprovedeno je kvantitativno istraživanje sa ciljem identifikacije ključnih rizika po ostvarenje troškovnih i vremenskih performansi projekata izgradnje infrastrukturnih objekata u Srbiji. Osim toga, ispitano je i postojanje prakse upravljanja rizicima na investicionim projektima u Srbiji. Dobijeni rezultati tog dela istraživanja su pokazali da su najznačajniji rizici pri realizaciji infrastrukturnih objekata u Srbiji: Nedostatak finansijskih sredstava za realizaciju projekta, Finansijski rizik, Politički rizik i Korupcija. Takođe, bez obzira što postoji svest da je primena upravljanja rizicima važna i što postoji potreba za njegovom primenom, u Srbiji se upravljanje rizicima ne primenjuje dovoljno i prisutan je manjak znanja u vezi sa upravljanjem rizicima. Međutim, među praktičarima iz oblasti građevinarstva postoji izražena zainteresovanost da se o upravljanju rizicima nauči više.

S obzirom na ovakve rezultate, u daljem istraživanju analizirani su i prikazani mogući pristupi za analizu rizika i integraciju analize ekonomske, socijalne i ekološke održivosti projekta u fazi formiranja koncepcije kapitalnog infrastrukturnog projekta. Predložena su i razmotrena dva pristupa – kvalitativna i kvantitativna analiza rizika, uz primenu socijalne *Cost-Benefit* analize (SCBA). Mogućnost i implikacije praktične primene predloženih pristupa analizirani su na primeru dve studije slučaja kapitalnih infrastrukturnih objekata (izgradnja postrojenja za insineraciju komunalnog čvrstog otpada i izgradnja deonice auto-puta).

U disertaciji je pokazano da primena predstavljene SCBA uz monetarizaciju eksternih efekata projekata omogućava svođenje na istu meru i sveobuhvatno sagledavanje potencijalnih ekonomskih, društvenih i ekoloških uticaja projekta kroz ceo životni

ciklus. Primena kvalitativne analize rizika omogućava pravovremenu identifikaciju, rangiranje i sistematičan prikaz potencijalnih pretnji po ostvarenje pojedinih ciljeva projekta, te predlog mera za otklanjanje ili umanjenje pretnji. Stohastički pristup i *Monte-Carlo* analiza za kvantitativnu analizu rizika u studiji opravdanosti doprinose većoj pouzdanosti procene finansijskih i društveno-ekonomskih rezultata projekta. Prikazanu metodologiju i pristup je moguće koristiti u budućim preinvesticionim analizama kapitalnih infrastrukturnih objekata, naročito na domaćem tržištu i tržištu zemalja u razvoju.

Cilj daljeg istraživanja bilo je ispitivanje mogućnosti za razvoj ekspertskog sistema za procenu rizika u ranim fazama realizacije kapitalnih infrastrukturnih projekata. Izvršena je provera hipoteze *da je na osnovu poznatih istorijskih podataka o ostvarenju planiranih troškova i rokova realizacije i o karakteristikama realizovanih kapitalnih infrastrukturnih projekata i njihovog okruženja moguće napraviti model za predviđanje uspešnosti realizacije na novim projektima, ukoliko su karakteristike novih projekata i njihovog okruženja poznate*. Usvojena metodologija istraživanja podrazumevala je najpre prikupljanje podataka sa realizovanih kapitalnih infrastrukturnih projekata, njihovu pripremu a zatim analizu primenom metoda mašinskog učenja. Mašinsko učenje je oblast kompjuterskih nauka koja se bavi kreiranjem i analizom metoda na kojima počivaju računarski programi koji uče iz iskustva.

Prikupljeni su podaci o 30 saobraćajnih, 12 energetske i 2 hidrotehnička kapitalna projekta (ukupno 44 projekta, svaki vrednosti preko petsto miliona evra) realizovana na teritoriji Evrope. Podaci su sistematizovani u obliku 3 binarna pokazatelja uspešnosti projekata (prekoračenje troškova, kašnjenje u fazi građenja i kašnjenje u fazi planiranja) i 46 binarnih atributa projekata, koji opisuju izvore rizika iz 5 kategorija: učesnici na projektu (interni i eksterni), spoljašnje okruženje projekta (pravno, društveno-ekonomsko, političko), upravljanje projektom, tehnološki aspekti, razno. Metodologija prikupljanja i pripreme podataka zasnivala se na metodologiji rada formiranoj u okviru međunarodne naučne COST akcije TU1003: *"Megaproject – Efficient Design and Delivery of Megaprojects in the European Union"*. Zatim je, prema originalno osmišljenoj metodologiji, zasnovanoj na prethodnim istraživanjima u oblastima procene rizika i primene metoda mašinskog učenja u upravljanju projektima, izvršena uporedna analiza performansi dvanaest predloženih modela za predviđanje prekoračenja

planiranih troškova izgradnje, kašnjenja u fazi građenja, kao i kašnjenja u fazi planiranja realizacije projekata. Ispitana je mogućnost kombinovane primene statističkih metoda (Selekcija podskupa atributa zasnovana na korelaciji i Selekcija zasnovana na vrednosti informacionog dobitka) i metoda mašinskog učenja (Metoda vektora podrške, Veštačke neuralne mreže, K-najbližih suseda, Drvo odlučivanja, Naivni Bajesov klasifikator i Logistička regresija).

Dobijeni rezultati su dokazali da je za dati skup prikupljenih podataka bilo moguće napraviti modele za predviđanje navedenih pokazatelja uspešnosti u ranoj fazi realizacije kapitalnih infrastrukturnih projekata.

Istraživanje predmetnog skupa podataka je takođe identifikovalo podskupove od relativno malog broja ključnih izvora rizika iz faze pre početka građenja (3-10, zavisno od problema) čije poznavanje je dovoljno da se ostvare dobijene, relativno visoke performanse predviđanja. Za dati skup prikupljenih podataka, najznačajnije identifikovane kategorije rizika jesu: Društveno-ekonomsko okruženje projekta, Eksterni učesnici na projektu i Tehnološki aspekti projekta.

Veoma bitna distinkcija primenjenog pristupa u odnosu na analizu korelacije pojedinačnih izvora rizika i pokazatelja performansi projekata jeste da se ovde nastoji utvrditi zajednički uticaj koji više izvora rizika istovremeno imaju na performanse projekata.

Primena predloženih modela, za rano predviđanje uspešnosti realizacije projekata, najveću korist donela bi investitoru i donosiocima odluka u ranoj fazi realizacije projekta, jer bi mogla da pruži bolji uvid u očekivane performanse datog projekta, kao i da upozori na izvore rizika zbog kojih bi performanse projekta potencijalno mogle biti ugrožene.

Kako bi ekspertski sistem za procenu rizika prilikom pokretanja i realizacije kapitalnih infrastrukturnih projekata bio zaokružen, neophodan je dalji rad na dopunjavanju baze podataka.

Ključne reči:

Upravljanje projektima, upravljanje rizicima, procena rizika, infrastruktura, kapitalni projekti, mašinsko učenje, održivost

Naučna oblast:

Građevinarstvo

Uže naučne oblasti:

Menadžment i tehnologija građenja, Ekološki inženjering

UDK broj: 69.05:005.8]:502/504(043.3)

Dissertation Title:

## Risk Management during Planning and Construction of Large Infrastructure Projects for Improving Their Sustainability

Summary:

A construction investment project is defined as a complex technical and technological, organizational, legal, economic and financial endeavour that consists of a set of coordinated and controlled activities with a clearly defined beginning and end, with the goal of building, reconstructing, modifying and/or equipping a facility or facilities that are required by the investor. Project and project environment complexity is particularly emphasised on large infrastructure investment projects.

The subject of the research in this dissertation are large infrastructure projects with an investment value of more than fifty million euros. The projects of planning and construction of hard (physical) economic infrastructure were investigated; those included ones in the traffic (highways, railways, subway lines and airports), energy (facilities for the production and transmission of electricity and gas) and hydro-technical sector.

The above listed projects represent the development engines of any society and state. Given the potential long-term economic, social and environmental effects that large infrastructure projects can produce, their planning and construction process is always followed closely by the entire society.

Previous research shows that, despite the importance of large infrastructure projects, their implementation is often unsuccessful, both in terms of failure to meet the traditional project success criteria (cost, time, quality), as well as in terms of the adverse economic, social and environmental effects that the projects can create. Analysis of these three impacts (economic, social and environmental), as aspects of sustainability, allows for the incorporation of sustainable development principles within a specific project. In the literature, risks that arise from specific characteristics of large infrastructure projects are identified as the main cause of deviations from the planned performance of large infrastructure projects. In comparison to construction projects of smaller investment value, large infrastructure projects are: financially more demanding; significantly more complex; carry a greater uncertainty; include more stakeholders; are

longer lasting, and their potential effects on the economy, society and the environment are greater, more far-reaching and generate more public attention.

At present, there is no single accepted methodology for sustainability assessment in the early phase (phase of conducting pre-feasibility and feasibility study) of an investment project.

Additionally, the area of risk management on infrastructure projects is not sufficiently addressed in the domestic professional and scientific literature.

In the first part of the dissertation, quantitative research was conducted in order to identify the key risks to achieving cost and time performance of infrastructure construction projects in Serbia. In addition, risk management practices related to investment projects in Serbia were investigated. Research results showed that the most significant risks associated with construction infrastructure projects in Serbia are: the lack of funds for project implementation; financial and political risks; and corruption. Also, regardless of the fact that there is awareness of the importance of risk management and the need for its implementation, risk management is not implemented well in Serbia and there is a lack of knowledge in relation to risk management. However, there is a strong interest to learn more about risk management among the practitioners in the construction field.

Considering obtained results, in further research, possible approaches for risk analysis and integration of project economic, social and environmental sustainability analysis were addressed. Two approaches were proposed and investigated – a qualitative and a quantitative risk analysis, along with applying a Social Cost-Benefit Analysis (SCBA). The possibility and implications of the practical application of the proposed approaches were analysed on two case studies of major infrastructure projects (Municipal solid waste incineration plant and a Motorway section).

The application of the presented SCBA with monetization of the project external effects allows for comprehensive consideration of the potential economic, social and environmental impacts of the project throughout the entire life cycle of the infrastructure facility. The application of qualitative risk analysis enables the timely identification, ranking and systematic overview of potential threats for the achievement of specific project objectives and the proposal of measures for the elimination or reduction of threats. The stochastic approach and Monte-Carlo Analysis for quantitative

risk analysis in the project feasibility study allows the higher reliability of assessment of the project financial and socio-economic results. The studied methodology and approach can be used in future pre-investment analyses of major infrastructure facilities, especially in the domestic market and the market of developing countries.

The further objective of this dissertation was to examine the possibility for developing an expert system for risk assessment in the early phase of large infrastructure projects. The hypothesis was that *based on the known historical data on the achievement of planned cost and deadlines and the characteristics of large infrastructure projects and their environment, it is possible to create a model that can predict the success or failure (regarding cost and time performance) of new projects, if the characteristics of new projects and their environment are known.* The adopted research methodology consisted of data collection from completed large infrastructure projects, data preparation and analysis using machine learning methods. Machine learning is a field of computer science that deals with the creation and analysis of methods that are used by computer programs that learn from experience. In previous studies, it has been proven that certain machine learning methods can be successfully used to predict the performance of construction investment projects.

Data from 30 traffic, 12 energy and 2 hydro-technical large infrastructure projects (a total of 44 projects, each with the investment value of more than five hundred million euros) completed in Europe were collected. The data were transformed to the form of three binary project success indicators (Cost overrun, Delay in the construction phase and a Delay in the planning phase) and 46 binary project attributes, which describe the sources of risk from five categories of project characteristics and characteristic of the project environment: Project stakeholders (internal and external); The external environment of the project (legal, socio-economic, political); Project management; Technological aspects; and Miscellaneous. The methodology of collecting and preparing the data was based on the methodology of work of the international scientific COST Action TU1003: "Megaproject - Efficient Design and Delivery of Megaprojects in the European Union". Then, according to the newly proposed methodology that was based on previous research in the areas of risk assessment and the application of machine learning methods in project management, a comparative analysis of the performance of the twelve proposed models for the prediction of the exceedance of the



planned construction costs, the delay in the construction phase, as well as the delay in the planning phase execution of the projects was performed. The possibility of the combined application of statistical methods (the selection of a subset of attributes based on correlation and the selection based on the value of information gain) and machine learning methods (Support vectors machine, Artificial neural networks, K-nearest neighbour, Decision tree, Naive Bayesian classifier, Logistic regression) was analysed. The results have shown that, for a given set of collected data, it was possible to build models that predict success indicators in the early implementation stage of large infrastructure projects.

The research also resulted with the identification of subsets of a relatively small number of key sources of risk from the pre-construction phase of project development (3-10 sources of risk, depending on the problem) whose knowledge is sufficient to yield relatively high performance predictions for a given set of collected data. The most important identified risk categories are: the socio-economic environment of the project; the external stakeholders in the project; and the technological aspects of the project.

A very important distinction between the approach applied in this dissertation and the correlation analysis of individual sources of risk and project performance indicators is that in this dissertation the attempt was to determine the combined concurrent effect of multiple sources of risk on project performance.

The greatest benefit of the application of proposed models for the early prediction of project success is to the investor and the decision-makers at the early stage of a project, as the models can provide a better insight into the expected performance of a given project, as well as to draw attention to the sources of risk that would potentially endanger project performance.

In order to finalize the expert system for risk assessment during the planning and construction phases of large infrastructure projects, further research should be aimed at broadening the database of large infrastructure projects.

Keywords:

Project Management, Risk Management, Risk Assessment, Infrastructure, Large projects, Machine Learning, Sustainability

Scientific area:

Civil Engineering

Specific scientific area:

Building Management and Technology, Environmental Engineering

UDK number: 69.05:005.8]:502/504(043.3)

*In the strict formulation of the law of causality – if we know the present, we can calculate the future – it is not the conclusion that is wrong but the premise.*  
(Werner Heisenberg, 1901-1976)

*It is only by risking our persons from one hour to another that we live at all. And often enough our faith beforehand in an uncertified result is the only thing that makes the result come true.*  
(Williams James, 1842-1910)

## SADRŽAJ:

Sadržaj.....	1
Spisak tabela i grafičkih priloga.....	19
Definicija ključnih pojmova.....	25
1 UVOD.....	28
2 ANALIZA LITERATURE I TEORIJSKA RAZMATRANJA.....	34
2.1 Upravljanje rizicima pri realizaciji investicionih projekata u građevinarstvu.....	34
2.1.1 Definicija rizika .....	34
2.1.2 Upravljanje rizicima i upravljanje neizvesnošću.....	37
2.1.3 Standardi za upravljanje rizicima .....	39
2.1.3.1 PMI standard za upravljanje rizicima.....	40
2.1.3.2 Pristup upravljanju rizicima prema britanskim standardima .....	51
2.1.3.3 Pristup upravljanju rizicima prema standardu ISO 3100.....	56
2.1.4 Klasifikacija rizika investicionih projekata .....	61
2.1.4.1 Hronološka podela rizika .....	66
2.2 Definicija infrastrukture i kapitalnih infrastrukturnih objekata.....	69
2.3 Kritični faktori za uspeh infrastrukturnih projekata.....	70
2.4 Upravljanje održivošću pri realizaciji infrastrukturnih projekata.....	73
2.4.1 Održivost i rizik .....	78
2.5 Specifičnosti kapitalnih infrastrukturnih projekata kao mogući izvori rizika... 80	
2.6 Metode za procenu rizika.....	85
2.7 Prethodna primena metoda mašinskog učenja.....	90
3 KVANTITATIVNO ISTRAŽIVANJE SA CILJEM IDENTIFIKACIJE KLJUČNIH RIZIKA PRILIKOM IZGRADNJE INFRASTRUKTURNIH OBJEKATA U SRBIJI.....	92
3.1 Metodologija istraživanja.....	92
3.2 Rezultati i diskusija.....	100
3.2.1 Opšti podaci o ispitanicima .....	100

3.2.2	Praksa upravljanja projektima i upravljanja projektnim rizicima u Srbiji.....	102
3.2.3	Procena ključnih rizika prilikom izgradnje infrastrukturnih objekata u Srbiji.....	105
4	<b>PREDLOG PRISTUPA ZA ANALIZU ODRŽIVOSTI I RIZIKA U FAZI FORMIRANJA KONCEPCIJE KAPITALNIH INFRASTRUKTURNIH PROJEKATA.....</b>	<b>109</b>
4.1	Analiza ekonomske, društvene i ekološke održivosti projekta sa kvantitativnom analizom rizika – Studija slučaja projekta izgradnje postrojenja za insineraciju komunalnog čvrstog otpada.....	111
4.1.1	Opis problema .....	111
4.1.2	Metodologija istraživanja .....	115
4.1.2.1	Razmatranje tehnologije insineracije.....	116
4.1.2.2	Finansijska i društveno-ekonomska analiza.....	117
4.1.2.3	Procena rizika .....	119
4.1.3	Rezultati i diksusija .....	126
4.1.3.1	Finansijska analiza .....	126
4.1.3.2	Društveno-ekonomska analiza .....	128
4.1.3.3	Procena rizika .....	134
4.2	Kvalitativna analiza rizika sa mogućim uticajem na finansijsku, ekonomsku, društvenu i ekološku održivost projekta – studija slučaja projekta izgradnje auto-puta E-80, Niš (Prosek) – Dimitrovgrad (granica Bugarske).....	143
4.2.1	Osnovni podaci o projektu.....	143
4.2.2	Metodologija istraživanja .....	149
4.2.3	Rezultati i diskusija .....	153
4.3	Prednosti primene predloženog pristupa za analizu održivosti i analizu rizika.....	171
5	<b>PRIMENA METODA MAŠINSKOG UČENJA ZA PREDVIĐANJE USPEŠNOSTI REALIZACIJE KAPITALNIH INFRASTRUKTURNIH PROJEKATA.....</b>	<b>172</b>
5.1	Metodologija istraživanja.....	172
5.1.1	Prikupljanje i priprema podataka.....	174

5.1.2	Analiza podataka primenom metoda mašinskog učenja.....	193
5.1.2.1	Metode za klasifikaciju .....	194
5.1.2.2	Mere za ocenu kvaliteta klasifikacionog modela.....	216
5.1.2.3	Metode za selekciju atributa .....	218
5.1.2.4	Metode validacije.....	224
5.1.2.5	Opis eksperimenta.....	225
5.2	Rezultati i diskusija.....	231
5.2.1	Skup podataka: kapitalni saobraćajni projekti.....	232
5.2.1.1	Predviđanje prekoračenja troškova (Y1) .....	232
5.2.1.2	Predviđanje kašnjenja u fazi građenja (Y2).....	238
5.2.1.3	Predviđanje kašnjenja u fazi planiranja (Y3).....	247
5.2.1.4	Sumarni pregled rezultata za skup podataka: kapitalni saobraćajni projekti.....	252
5.2.2	Skup podataka: kapitalni infrastrukturni projekti.....	256
5.2.2.1	Predviđanje prekoračenja troškova (Y1) .....	256
5.2.2.2	Predviđanje kašnjenja u fazi građenja (Y2).....	263
5.2.2.3	Predviđanje kašnjenja u fazi planiranja (Y3).....	270
5.2.2.4	Sumarni pregled rezultata za skup podataka: kapitalni infrastrukturni projekti.....	276
5.2.3	Poređenje rezultata sa rezultatima prethodnih istraživanja .....	281
5.2.3.1	Poređenje performansi predviđanja .....	281
5.2.3.2	Poređenje identifikovanih izvora rizika .....	285
6	ZAKLJUČAK, OGRANIČENJA I PRAVCI ZA DALJA ISTRAŽIVANJA.....	299
6.1	Zaključak.....	299
6.2	Ograničenja i pravci za dalja istraživanja.....	304
7	LITERATURA.....	308
8	PRILOZI.....	320
8.1	Prilog 1: Anketni upitnik korišćen za kvantitativno istraživanje sa rezultatima deskriptivne statističke analize prikupljenih podataka.....	321
8.2	Prilog 2: Tabelarni prikaz vrednosti atributa po projektima.....	348
8.3	Prilog 3: Prikaz osnovnih podataka o analiziranim kapitalnim infrastrukturnim projektima (Studije slučaja prikupljene u okviru COST akcije TU1003).....	349
8.4	Prilog 4: Detaljni rezultati proračuna primenom softvera za analizu podataka metodama mašinskog učenja.....	411

# SPISAK TABELA I GRAFIČKIH PRILOGA

## SPISAK TABELA:

Tabela 1: Procesi u upravljanju rizicima .....	41
Tabela 2: Kritični faktori uspeha za održive projekte .....	72
Tabela 3: Ponuđena kvalitativna skala kao odgovor na pitanje: Molimo procenite verovatnoću da se svaki od narednih rizika dogodi na projektu izgradnje infrastrukture .....	97
Tabela 4: Ponuđena kvalitativna skala kao odgovor na pitanje: Molimo procenite uticaj narednih rizika na POVEĆANJE TROŠKOVA / PREKORAČENJE ROKA na projektu izgradnje infrastrukture.....	98
Tabela 5: Ocene rizika u pogledu mogućeg uticaja na prekoračenje planiranih troškova i vremena za izgradnju infrastrukturnih objekata u Srbiji .....	105
Tabela 6: Osnovni podaci o količini generisanog komunalnog čvrstog otpada za grad Novi Sad .....	116
Tabela 7: Faktori konverzije primenjeni u prvom koraku ekonomske analize .....	129
Tabela 8: Finansijska analiza povraćaja investicije.....	132
Tabela 9: Ekonomska analiza .....	133
Tabela 10: Vrednosti parametara raspodele za <i>feed in</i> tarifu, naknadu za toplotnu energiju i naknadu za upravljanje otpadom.....	136
Tabela 11: Vrednosti parametara raspodele za investicione troškove i rezidualnu vrednost investicije.....	137
Tabela 12: Vrednosti parametara raspodele za pozitivne i negativne eksterne efekte projekta.....	137
Tabela 13: Deskriptivna statistička analiza vrednosti ENPV dobijenih primenom MCA .....	137
Tabela 14: Osnovni tehnički podaci o trasi auto-puta E80 Niš – Dimitrovgrad .....	145
Tabela 15: Osnovni podaci o poddeonicama i objektima na auto-putu E80 Niš – Dimitrovgrad .....	147
Tabela 16: Kvalitativna analiza rizika sa utvrđenim prioritetom rizika po kategorijama za projekat auto-puta E80 Niš - Dimitrovgrad .....	154

Tabela 17: Predlog mera za odgovor na rizike najvišeg prioriteta .....	157
Tabela 18: Pregled ulaznih atributa .....	181
Tabela 19: Sumarni pregled studija slučaja (projekata) .....	186
Tabela 20: Sumarni pregled vrednosti pokazatelja uspešnosti – prekoračenje troškova, za skup podataka kapitalni infrastrukturni projekti .....	191
Tabela 21: Sumarni pregled vrednosti pokazatelja uspešnosti – kašnjenje u fazi građenja, za skup podataka kapitalni infrastrukturni projekti .....	191
Tabela 22: Sumarni pregled vrednosti pokazatelja uspešnosti – kašnjenje u fazi planiranja, za skup podataka kapitalni infrastrukturni projekti .....	191
Tabela 23: Sumarni pregled vrednosti pokazatelja uspešnosti – prekoračenje troškova, za skup podataka kapitalni saobraćajni projekti .....	192
Tabela 24: Sumarni pregled vrednosti pokazatelja uspešnosti – kašnjenje u fazi građenja, za skup podataka kapitalni saobraćajni projekti .....	192
Tabela 25: Sumarni pregled vrednosti pokazatelja uspešnosti – kašnjenje u fazi planiranja, za skup podataka kapitalni saobraćajni projekti .....	192
Tabela 26: Uporedni pregled osnovnih metoda validacije za inženjerske probleme sa oksudnim podacima .....	224
Tabela 27: F-mera za problem predviđanja prekoračenja troškova (Y1) za kapitalne saobraćajne projekte .....	232
Tabela 28: Tačnost predviđanja prekoračenja troškova (Y1) za kapitalne saobraćajne projekte .....	233
Tabela 29: F-mera za problem predviđanja kašnjenja u fazi građenja (Y2) za kapitalne saobraćajne projekte .....	238
Tabela 30: Tačnost predviđanja kašnjenja u fazi građenja (Y2) za kapitalne saobraćajne projekte .....	239
Tabela 31: F-mera za problem predviđanja kašnjenja u fazi planiranja (Y3) za kapitalne saobraćajne projekte .....	247
Tabela 32: Tačnost predviđanja kašnjenja u fazi planiranja (Y3) za kapitalne saobraćajne projekte .....	248
Tabela 33: Pregled modela sa najboljim performansama za rano predviđanje uspešnosti realizacije za skup prikupljenih podataka: kapitalni saobraćajni projekti .....	255



Tabela 34: F-mera za problem predviđanja prekoračenja troškova (Y1) za kapitalne infrastrukturne projekte .....	256
Tabela 35: Tačnost predviđanja prekoračenja troškova (Y1) za kapitalne infrastrukturne projekte .....	257
Tabela 36: F-mera za problem predviđanja kašnjenja u fazi građenja (Y2) za kapitalne infrastrukturne projekte .....	263
Tabela 37: Tačnost predviđanja kašnjenja u fazi građenja (Y2) za kapitalne infrastrukturne projekte .....	264
Tabela 38: F-mera za problem predviđanja kašnjenja u fazi planiranja (Y3) za kapitalne infrastrukturne projekte .....	270
Tabela 39: Tačnost predviđanja kašnjenja u fazi planiranja (Y3) za kapitalne infrastrukturne projekte .....	271
Tabela 40: Pregled modela sa najboljim performansama za rano predviđanje uspešnosti realizacije za skup prikupljenih podataka: kapitalni infrastrukturni projekti .....	280
Tabela 41: Uporedni pregled rezultata prethodnih istraživanja i rezultata istraživanja u ovoj disertaciji u pogledu informativnosti izvora rizika.....	289

## SPISAK SLIKA:

Slika 1: Ciljevi i primenjene metode za tri koraka istraživanja u okviru disertacije.....	33
Slika 2: Priroda neizvesnosti prilikom modeliranja i analize životnog ciklusa infrastrukturnog objekta .....	36
Slika 3: Oblasti planiranja u procesu upravljanja projektima.....	38
Slika 4: Šema procesa u okviru upravljanja rizicima na projektu .....	40
Slika 5: Faze u upravljanju rizicima prema Standardu za praktično upravljajne rizicima na projektu .....	50
Slika 6: Proces upravljanja rizikom prema standardu BS 6709-3 .....	52
Slika 7: Celine upravljanja rizicima prema standardu za upravljanje rizicima iz 2002. godine .....	55
Slika 8: Okvir za upravljanje rizicima i proces upravljanja rizicima prema standardu ISO 3100.....	58
Slika 9: Klasifikacije rizika na građevinskim projektima .....	65
Slika 10: Faze životnog veka objekta .....	66
Slika 11: Generička struktura održivog razvoja .....	74
Slika 12: Održivost kroz faze životnog veka objekta infrastrukture .....	77
Slika 13: Metodologija trećeg dela istraživanja .....	94
Slika 14: Radno iskustvo ispitanika .....	101
Slika 15: Angažovanje na različitim tipovima infrastrukturnih objekata.....	101
Slika 16: Upoznatost sa tehnikama i alatima za upravljanje projektima / upravljanje rizicima.....	103
Slika 17: Odogovor na pitanje: Da li Vaša kompanija ima uveden standard/sistem za upravljanje projektima / upravljanje rizicima.....	103
Slika 18: Glavni problemi u vezi sa praktičnom primenom upravljanja rizicima na projektima u Srbiji.....	104
Slika 19: Udeo različitih opcija za tretiranje kom. čvrstog otpada u sistemima upravljanja kom. čvrstim otpadom u različitim zemljama. ....	112
Slika 20: Metodologija drugog dela istraživanja.....	115
Slika 21: Primer trougaone raspodele verovatnoće vrednosti parametra .....	121
Slika 22: Postupak pri sprovođenju <i>Monte Carlo</i> analize .....	121
Slika 23: Izbor jezika i unos osnovnih podataka za analizu .....	123

Slika 24: Izgled prozora za unos naziva i vrste raspodele za prihode odnosno rashode .....	123
Slika 25: Izgled ekrana za popunjavanje vrednosti parametara za izabrane raspodele verovatnoće.....	124
Slika 26: Raspodela verovatnoće za klase vrednosti ENPV.....	139
Slika 27: Kumulativna raspodela verovatnoće za klase vrednosti ENPV.....	140
Slika 28: Auto-put E80 Niš - Dimitrovgrad, podela na deonice .....	146
Slika 29: Metodologija istraživanja u delu 4.2.....	152
Slika 30: Metodologija istraživanja mogućnosti za predlog modela za predviđanje uspešnosti kapitalnih infrastrukturnih projekata.....	173
Slika 31: Metodologija rada za I fazu trećeg koraka istraživanja (prikupljanje i priprema podataka).....	174
Slika 32: Veličine korišćene za izračunavanje pokazatelja uspešnosti projekata .....	179
Slika 33: Metodologija rada za fazu 2 glavnog dela istraž. - Analiza podataka primenom tehn. maš. učenja.....	193
Slika 34: Konstrukcija optimalne hiperravnini: određivanje margine M za kandidat ravan za optimalnu hiperravan (h), u slučaju linearno separabilnih klasa u dvodimenzionalnom prostoru .....	197
Slika 35: Optimizacioni problem za slučaj linearno neseparabilnih klasa.....	198
Slika 36: Struktura neurona .....	201
Slika 37: Topologija višeslojne, aciklične neuralne mreže sa prosleđivanjem unapred.. .....	202
Slika 38: Metoda Gradient descent: u svakoj iteraciji učenja ažurirati težine u pravcu opadanja gradienta na hiperpovršini (za jednu dimenziju – kriva) trening greške.....	203
Slika 39: Ocena modela primenom unakrsne validacije .....	227
Slika 40: Učenje modela.....	228
Slika 41: Performanse DT klasifikatora uz IG , CFS selekciju atributa i bez selekcije atributa za problem Y1, kapitalni saobraćajni projekti.....	234
Slika 42: Performanse NB klasifikatora uz IG , CFS selekciju atributa i bez selekcije atributa za problem Y2, kapitalni saobraćajni projekti.....	241
Slika 43: Performanse modela za rano predviđanje kašnjenja u fazi građenja (Y2) za skup podataka: kapitalni saobraćajni projekti .....	245

Slika 44: Performanse NB klasifikatora uz IG , CFS selekciju atributa i bez selekcije atributa za problem Y3, Ini projekti .....	249
Slika 45: Performanse SVM klasifikatora uz IG , CFS selekciju atributa i bez selekcije atributa za problem Y1, infrastrukturni projekti.....	258
Slika 46: Performanse ranog predviđanja prekoračenja troškova (Y1) za skup podataka: kapitalni infrastrukturni projekti.....	260
Slika 47: Performanse ANN klasifikatora uz IG , CFS selekciju atributa i bez selekcije atributa za problem Y2, infrastrukturni projekti.....	265
Slika 48: Performanse ranog predviđanja kašnjenja u fazi građenja (Y2) za skup podataka: kapitalni infrastrukturni projekti .....	267
Slika 49: Performanse LR klasifikatora uz IG , CFS selekciju atributa i bez selekcije atributa za problem Y3, infrastrukturni projekti.....	272

## DEFINICIJA KLJUČNIH POJMOVA

U ovom delu data je kratka definicija ključnih pojmova korišćenih u disertaciji. Dalja objašnjenja data su u tekstu koji sledi.

Najvažniji korišćeni pojmovi jesu:

**Projekat** (*Project*) – generalno, privremeni poduhvat sa ciljem kreiranja jedinstvenog proizvoda ili usluge (PMI, 2013). U ovom radu termin *projekat* se odnosi na **investicioni projekat u građevinarstvu**, koji se definiše kao kompleksan tehničko-tehnološki, organizacioni, pravni, ekonomski i finansijski poduhvat koji se sastoji od skupa koordinisanih i kontrolisanih aktivnosti sa jasno definisanim početkom i krajem, čiji je cilj izgradnja, rekonstrukcija, modifikacija i/ili opremanje objekta ili objekata koji su potrebni investitoru (Ivković i Popović, 2005).

**Objekat** – građevina spojena sa tlom, koja predstavlja fizičku, funkcionalnu, tehničko-tehnološku ili biotehničku celinu (zgrade svih vrsta, saobraćajni, vodoprivredni i energetske objekti, objekti infrastrukture elektronskih komunikacija - kablovska kanalizacija, objekti komunalne infrastrukture, industrijski, poljoprivredni i drugi privredni objekti, objekti sporta i rekreacije, groblja, skloništa i sl. (Zakon o planiranju i izgradnji, 2013).

**Izgradnja objekta** – skup radnji koji obuhvata: prethodne radove, izradu i kontrolu tehničke dokumentacije, pripremne radove za građenje, građenje objekta i stručni nadzor u toku građenja objekta (Zakon o planiranju i izgradnji, 2013).

**Građenje** – izvođenje građevinskih i građevinsko-zanatskih radova, ugradnja instalacija, postrojenja i opreme (Zakon o planiranju i izgradnji, 2013).

**Kapitalni projekat** – Projekat izgradnje i kapitalnog održavanja zgrada i građevinskih objekata infrastrukture od interesa za Republiku Srbiju, odnosno lokalnu vlast, uključujući usluge projektnog planiranja koje su sastavni deo projekta, obezbeđivanje

zemljišta za izgradnju, kao i projekat koji podrazumeva ulaganje u opremu, mašine i drugu nefinansijsku imovinu, a u funkciji je javnog interesa (Zakon o budžetskom sistemu, 2013) (Zakon o budžetskom sistemu, 2013).

**Kapitalni objekat** – objekat koji je predmet realizacije kapitalnog projekta.

**Infrastruktura** (*Infrastructure*) – generalno, one fizičke i društvene strukture koje podržavaju život i interakciju u društvu (Grimsey i Lewis, 2004). Pojam se, međutim, najčešće odnosi na ekonomsku infrastrukturu materijalnog tipa, koja obuhvata sisteme koji omogućavaju poslovanje i proizvodnju, kretanje ljudi, životinja i resursa. To su saobraćajni, energetske, vodoprivredni i telekomunikacioni sistem (Geambasu, 2011; Argy, 1999).

**Kapitalni infrastrukturni objekat** – kapitalni objekat ekonomske infrastrukture materijalnog tipa. U ovoj disertaciji razmatrani su objekti saobraćajne (auto-putevi, železničke pruge, metro linije, aerodromi), energetske (objekti za proizvodnju i prenos električne energije i gasa) i hidrotehničke infrastrukture (hidrotehničke konstrukcije) čiji su projekti izgradnje velike investicione vrednosti, veće od 50 miliona evra (*Major projects*) (EU, 2008).

**Rizik** (*Risk*) – neizvestan događaj ili stanje koje, ukoliko nastane, može imati pozitivan ili negativan efekat na bar jedan od ciljeva projekta (PMI, 2013).

**Održivi razvoj** (*Sustainable Development*) – koncept razvoja društva koji nastoji da izrazi potrebu društva za odgovornim, fer, efektivnim, efikasnim, pažljivim postupanjem i uz razmatranje posledica na duži vremenski rok (FIDIC, 2012). Tri osnovna aspekta održivog razvoja jesu ekonomski, društveni i aspekt zaštite životne sredine (UNEP, 2002).

**Upravljanje projektima** (*Project Management*) – Primena znanja, veština, alata i tehnika na projektne aktivnosti u cilju optimalnog ostvarenja ciljeva projekta (PMI, 2013).

**Upravljanje rizicima** (*Risk Management*) – Oblast upravljanja projektima u kojoj se kroz sistematičnu primenu definisanih procedura i pravila vrši identifikacija, analiza, tretiranje i kontrola rizika (PMI, 2013).

**Procena rizika** (*Risk Assessment*) – Sistematična analiza dostupnih informacija sa ciljem da se odredi verovatnoća odigravanja događaja koji mogu rezultirati pozitivnim ili negativnim posledicama i intenzitet mogućih posledica (PMI, 2013).

**Upravljanje održivošću na projektu** (*Project Sustainability Management*) – Proces kroz koji se uspostavlja okvir za ostvarenje, ostvaruje i proverava doprinos projekta održivom razvoju (FIDIC, 2004).

**Indikatori održivosti** (*Sustainability Indicators*) – parametri koji prikazuju trenutno stanje ili trend u pogledu ostvarenja pojedinih ciljeva upravljanja održivošću na projektu (FIDIC, 2004).

**Mašinsko učenje** (*Machine Learning*) – oblast kompjuterskih nauka koja se bavi kreiranjem i analizom metoda na kojima počivaju računarski programi koji uče iz iskustva (Mitchel, 1997).

## 1 UVOD

Kriterijumi za ocenu uspeha investicionog projekta u građevinarstvu se u literaturi različito definišu. Dok su u ranijoj, domaćoj i stranoj naučnoj literaturi iz oblasti upravljanja projektima u građevinarstvu kao kriterijumi za uspeh izgradnje objekata definisani troškovi, vreme, funkcionalnost, kvalitet, u novijoj literaturi se ističe važnost kako ekonomskog, tako i društvenog i ekološkog uticaja koji će objekat imati na okolinu tokom svog životnog ciklusa. Upravo ova tri aspekta mogućih uticaja projekta (ekonomski, društveni i ekološki) jesu tri aspekta održivosti i ono čime se bavi prilikom upravljanja održivošću i primene principa održivog razvoja na konkretnom projektu. U tom smislu se može govoriti o ciljevima da realizovan projekat i izgrađen objekat budu ekonomski, društveno i ekološki održivi.

Predmet istraživanja u ovom radu jesu investicioni projekti izgradnje kapitalnih infrastrukturnih objekata<sup>1</sup>, i upravljanje realizacijom takvih investicionih projekata. Fokus je stavljen na kapitalne infrastrukturne projekte velike investicione vrednosti, veće od pedeset miliona evra (*Major Infrastructure Projects*) (EU, 2008). Poseban deo istraživanja odnosi se na kapitalne infrastrukturne projekte izuzetno velike investicione vrednosti, veće od petsto miliona evra (*Large, Mega Infrastructure Projects*) (MEGAPROJECT, 2012). Razmatrani su projekti izgradnje objekata sistema ekonomske materijalne infrastrukture, i to: saobraćajne (auto-putevi, železničke pruge, metro linije i aerodromi), energetske (objekti za proizvodnju i prenos električne energije i gasa) i hidrotehničke (hidrotehničke konstrukcije) infrastrukture. Ovi projekti jesu od velikog značaja za razvoj svake države i društva, te predstavljaju motore razvoja Evropske Unije (MEGAPROJECT, 2012; Flyvbjerg, et al., 2003).

Prethodna istraživanja pokazuju da:

- 1) Oblast upravljanja rizicima prilikom realizacije infrastrukturnih projekata nije u dovoljnoj meri obrađena u domaćoj stručnoj i naučnoj literaturi.

Pitanja koja se postavljaju jesu:

---

<sup>1</sup> U daljem tekstu kapitalni infrastrukturni projekti.



*Koji su glavni rizici koji mogu uticati na uspeh realizacije infrastrukturnih projekata u Srbiji? Koji su rizici dominantni u pojedinim fazama realizacije infrastrukturnih projekata u Srbiji? Koliko je domaća stručna javnost upoznata i zainteresovana za oblast upravljanja rizicima? Koliko se upravljanje rizicima primenjuje prilikom realizacije projekata u Srbiji i koje su smetnje za njegovu primenu?*

U cilju dobijanja odgovora na postavljena pitanja u ovom radu je istražena percepcija domaćih stručnjaka sa iskustvom iz oblasti izgradnje infrastrukturnih objekata u Srbiji.

- 2) Za sada ne postoji jedinstvena metodologija za integraciju analize ekonomske, socijalne i ekološke održivosti projekta, kao ni za analizu rizika u fazi pripreme realizacije kapitalnog infrastrukturnog projekta. Domaća regulativa, iako propisuje obavezu procene mogućih društveno-ekonomskih i ekoloških uticaja projekta kao deo analize opravdanosti, ne preporučuje niti predlaže metodologiju za takvu analizu. Sličan nedostatak predložene ili propisane metodologije važi i za oblast analize mogućih rizika u pogledu ostvarenja finansijskih i društveno-ekonomskih rezultata projekta.

Pitanja koja se postavljaju jesu:

*Koja bi metodologija mogla biti primenjena za sveobuhvatnu analizu ekonomskih, društvenih i ekoloških uticaja projekta na okruženje u fazi analize opravdanosti projekta? Kako uporediti moguće uticaje različite prirode (vrste) i intenziteta?*

*Koji su mogući načini za analizu rizika u ranim fazama realizacije (fazi pripreme) velikog infrastrukturnog projekta?*

U ovom radu je kao metodologija za analizu ekonomskih, društvenih i ekoloških uticaja projekta na okruženje za primenu u okviru analize opravdanosti predložena i razmotrena socijalna *Cost-Benefit* analiza (SCBA).

Za analizu rizika predložena su i razmotrena dva pristupa: kvalitativna i kvantitativna analiza rizika, uz uvođenje stohastičkog pristupa i *Monte-Carlo* analize (MCA).

Mogućnost i implikacije praktične primene navednih pristupa analizirani su na primeru dve studije slučaja kapitalnih infrastrukturnih objekata iz različitog sektora.

- 3) Ostvareni rezultati izgradnje kapitalnih infrastrukturnih objekata uglavnom negativno odstupaju od planiranih, kako u pogledu tradicionalnih kriterijuma uspeha projekata (troškovi, vreme, kvalitet), tako i u pogledu pojedinih aspekata njihove održivosti. Glavni razlozi za odstupanja jesu rizici koji proističu iz specifičnosti realizacije ovakvih objekata – kompleksnosti, velikog broja učesnika i specifičnog spoljnog okruženja projekta. Pitanja koja se u ovom istraživanju postavljaju jesu:

*Da li je moguće, na osnovu poznatih istorijskih podataka o ostvarenju planiranih troškova i rokova realizacije i o karakteristikama realizovanih kapitalnih infrastrukturnih projekata (izvorima rizika) napraviti model za predviđanje uspešnosti realizacije na novim projektima, ukoliko su karakteristike novih projekata poznate?*

*Ukoliko je predviđanje uspešnosti realizacije moguće, da li je i sa kolikom tačnošću moguće takvo predviđanje vršiti u ranoj fazi realizacije projekta, pre početka građenja?*

*Da li bi takav model za predviđanje, ukoliko bi se on mogao predložiti, mogao takođe da identifikuje glavne rizike i ključne faktore za uspešnu realizaciju kapitalnih infrastrukturnih projekata?*

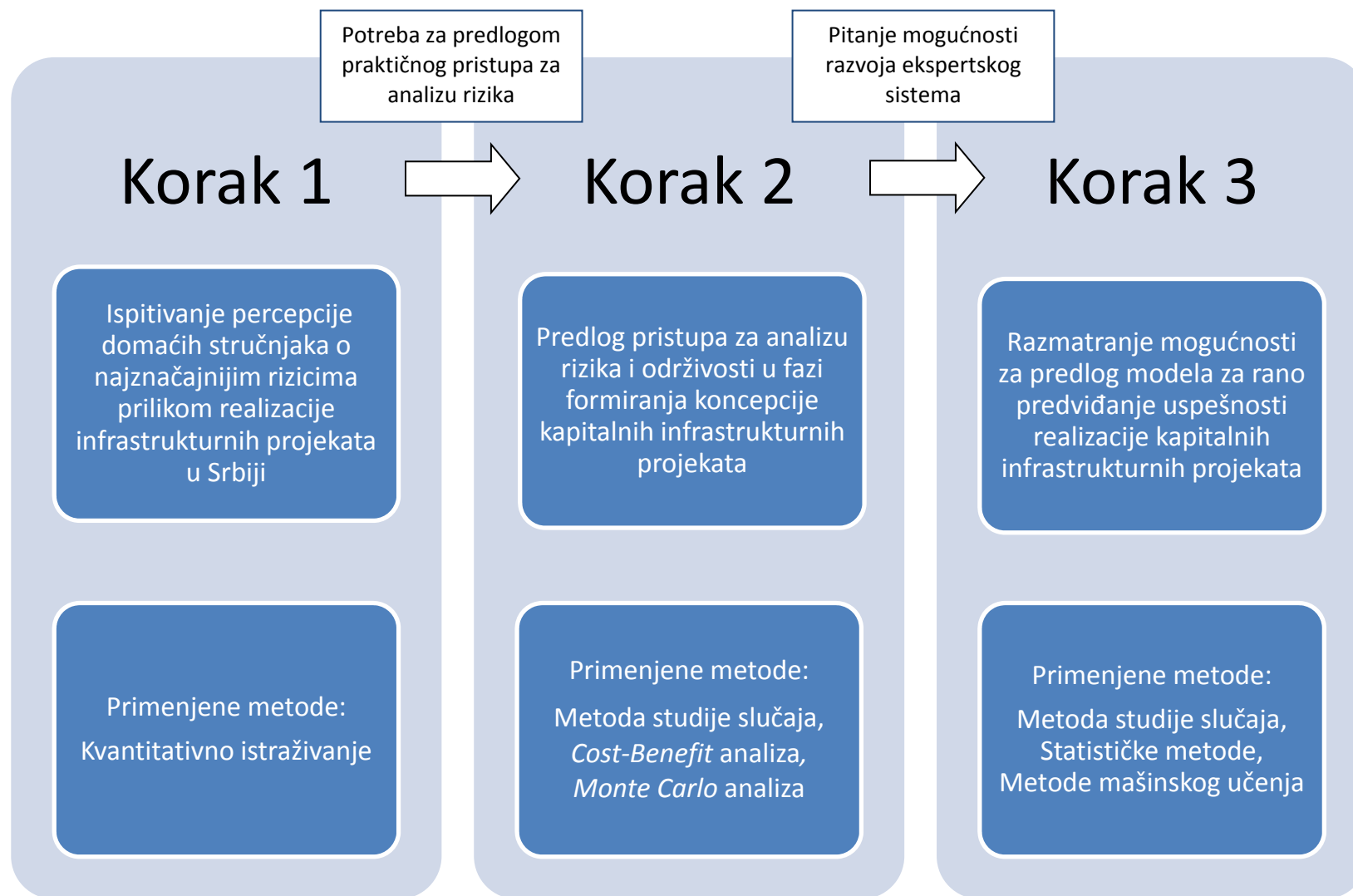
Ukoliko bi takav model bilo moguće predložiti, on bi donosiocima odluka u ranoj fazi realizacije projekta mogao da pruži bolji uvid u očekivane performanse datog projekta, kao i razloge zbog kojih bi performanse potencijalno mogle biti ugrožene. Rezultati primene takvog modela bi takođe pomogle u procesu planiranja realizacije projekta, a naročito definisanja vremenskih i troškovnih rezervi.

U cilju dobijanja odgovora na postavljena pitanja, u ovom radu su predloženi i upoređeni različiti modeli za predviđanje uspešnosti kapitalnih infrastrukturnih projekata, zasnovani na primeni statističkih metoda i metoda mašinskog učenja (slika 1).

Tekst disertacije organizovan je u osam poglavlja:

1. Prvo poglavlje je UVOD;
2. U drugom poglavlju (ANALIZA LITERATURE I TEORIJSKA RAZMATRANJA) predstavljeni su analiza literature i teorijska razmatranja, najpre na temu definicije rizika i upravljanja rizicima, metodologija i standarda za upravljanje rizicima i klasifikacije rizika na građevinskim projektima. Zatim su obrađeni definicija i specifičnosti kapitalnih infrastrukturnih projekata, oblast upravljanja održivošću na infrastrukturnim projektima kao i kritični faktori za uspeh infrastrukturnih projekata. Na kraju drugog poglavlja dat je pregled prethodnih istraživanja u oblasti procene rizika pri realizaciji infrastrukturnih i kapitalnih infrastrukturnih projekata, kao i oblasti primene metoda mašinskog učenja u upravljanju projektima;
3. U trećem poglavlju (KVANTITATIVNO ISTRAŽIVANJE SA CILJEM IDENTIFIKACIJE KLJUČNIH RIZIKA PRILIKOM IZGRADNJE INFRASTRUKTURNIH OBJEKATA U SRBIJI) predstavljen je prvi korak istraživanja (slika 1) – kvantitativno istraživanje sa ciljem identifikacije ključnih rizika prilikom izgradnje infrastrukturnih objekata u Srbiji. Opisana je metodologija istraživanja (3.1) a zatim su prikazani rezultati i diskusija rezultata (3.2);
4. U četvrtom poglavlju (PREDLOG PRISTUPA ZA ANALIZU ODRŽIVOSTI I RIZIKA U FAZI FORMIRANJA KONCEPCIJE KAPITALNIH INFRASTRUKTURNIH PROJEKATA) predstavljen je drugi deo istraživanja (slika 1) – predlog pristupa za analizu održivosti, kvalitativnu i kvantitativnu analizu rizika u fazi formiranja koncepcije kapitalnog infrastrukturnog projekta. Mogućnost i rezultati primene predloženog pristupa analizirani su na dve studije slučaja. Mogućnost primene SCBA i kvantitativne analize rizika ispitana je na studiji slučaja projekta izgradnje postrojenja za insineraciju komunalnog čvrstog otpada (4.1). Postupak i rezultati primene kvalitativne analize rizika prikazani su na studiji slučaja projekta izgradnje auto-puta E-80 Niš (Prosek) – Dimitrovgrad (granica Bugarske) (4.2). U okviru svake studije dat je opisa projekta, prikazana metodologija istraživanja a zatim predstavljeni rezultati sa diskusijom. Na kraju

- poglavlja sumarno su prikazane prednosti primene predloženog pristupa za analizu održivosti i rizika (4.3);
5. U petom poglavlju (PROCENA RIZIKA I PREDVIĐANJE USPEŠNOSTI REALIZACIJE KAPITALNIH INFRASTRUKTURNIH OBJEKATA PRIMENOM METODA MAŠINSKOG UČENJA) predstavljeno je istraživanje mogućnosti za predlog modela za rano predviđanje uspešnosti realizacije kapitalnih infrastrukturnih projekata. Najpre je objašnjena metodologija istraživanja (5.1). Opisane se dve faze ovog dela istraživanja. Prva se odnosi na prikupljanje podataka sa kapitalnih infrastrukturnih projekata i pripremu podataka za analizu. Druga faza se odnosi na analizu prikupljenih podataka primenom statističkih metoda i metoda mašinskog učenja. Opisane su korišćene metode za selekciju atributa (selekcija podskupa atributa zasnovana na korelaciji i selekcija zasnovana na vrednosti informacionog dobitka), kao i metode za klasifikaciju (Metoda vektora podrške (*Support Vector Machine*), veštačke neuralne mreže (*Artificial Neural Networks*), K-najbližih suseda (*K-nearest neighbor*), Drvo odlučivanja (*Decision Trees*), Naivni Bajesov klasifikator (*Naive Bayes*), Logistička regresija (*Logistic Regression*)). U okviru opisa metodologije istraživanja, objašnjenje su i upotrebljene metode validacije i tok eksperimenta. U nastavku poglavlja prikazani su rezultati eksperimenta i izvršena diskusija rezultata (5.2). U okviru diskusije izvršeno je poređenje rezultata sa rezultatima prethodnih istraživanja;
  6. U šestom poglavlju (ZAKLJUČAK, OGRANIČENJA I PRAVCI ZA DALJA ISTRAŽIVANJA) dati su zaključak (6.1), kao i ograničenja i pravci za dalja istraživanja (6.2);
  7. Sedmo poglavlje čini pregled korišćene literature;
  8. Osmo poglavlje čini četiri priloga.



Slika 1: Ciljevi i primenjene metode za tri koraka istraživanja u okviru disertacije

## 2 ANALIZA LITERATURE I TEORIJSKA RAZMATRANJA

### 2.1 UPRAVLJANJE RIZICIMA PRI REALIZACIJI INVESTICIONIH PROJEKATA U GRAĐEVINARSTVU

#### 2.1.1 Definicija rizika

U Vujaklijinom leksikonu stranih reči i izraza rizik je definisan na sledeći način:

***Rizik** (ital. **risico**, fr. **risque**) – prvobitno: opasnost koja je lađama pretila od hridina i stena (**risco**); docnije: opasnost, izlaganje opasnosti, smeo podvig; posao ili ulog skopčan sa mogućnošću da propadne; u osiguranju: osigurana roba, osiguran predmet*

Latinska imenica *resecum* znači opasnost, stena, na šta i Vujaklija ukazuje u objašnjenju prvobitnog značenja rizika.

Bunni (2003) navodi da, etimološki posmatrano:

*"poreklo engleske reči **risk**, kao i francuskog termina **risque** i italijanskog **risico** nije tačno određeno. O ukorenjenosti u arapskom jeziku postoji dilema, jer jedan deo autora tvrdi da termin potiče od arapske reči **Khatar** – opasnost, dok drugi termin **risk** povezuju sa arapskim **Rizkk**, što se odnosi na sudbinu i na to šta sudbina odredi nekom, bilo to dobro ili loše."*

U standardu za upravljanje rizicima koji je nastao kao rezultat rada tima iz tri vodeće britanske institucije za upravljanje rizicima (The Institute of Risk Management (IRM), The Association of Insurance and Risk Managers (AIRMIC) and ALARM The National Forum for Risk Management in the Public Sector) (AIRMIC, ALARM, IRM, 2002) i u vodiču Evropske Komisije za Cost Benefit Analizu (European Commission, 2008), rizik se definiše kao kombinacija verovatnoće, odnosno učestalosti ostvarenja neizvesnog događaja i posledica takvog događaja.

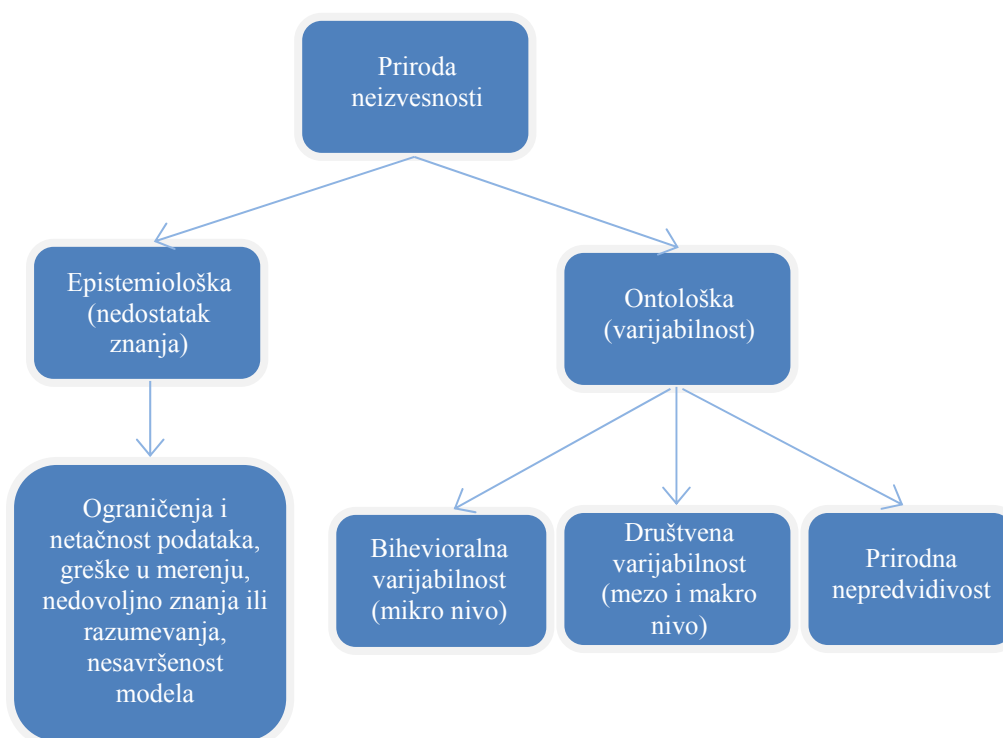
Američki Institut za upravljanje projektima u svom vodiču PMBOK (*Guide to Project Management Body Of Knowledge*) (PMI, 2013), rizik definiše kao neizvestan događaj

ili stanje koje, ukoliko nastane, može imati pozitivan ili negativan efekat na bar jedan od ciljeva projekta. Osnovni ciljevi projekta, prema PMBOK-u, bili bi obim posla, vreme, troškovi i kvalitet izvedenih radova. Ovakav pristup, zasnovan na PMI-u je prisutan i kod Ž. Popovića (Popović, 2009).

Takva, šira definicija i shvatanje rizika se prvi put sreću u australijsko-novozelandskom „Standardu za upravljanje rizikom – AS/NZS 3951:1995”, gde se kaže da rizik ne uključuje samo mogući gubitak ili oštećenje, već i potencijalnu dobit. O ovome sugerišu i Bunni (2003), navodeći ukorenjenost takvog shvatanja rizika u kineskim karakterima sa engleskom transkripcijom *weiji*, koji predstavljaju ujedno i opasnost i mogućnost, priliku.

U novijim standardima, kao što su i ISO 31000 (ISO, 2009), koji se odnosi na upravljanje rizicima i britanski standard BS 6079-1 koji daje principe za upravljanje projektima (British Standards, 2010) u prvi plan se upravo stavlja neizvesnost, te se rizik definiše kao efekat neizvesnosti na ciljeve projekta. Neizvesnost se jednim delom odnosi na varijabilnost, tj. moguća nepredvidiva, neočekivana odstupanja a delom na nejasnoće (*ambiguity*) koje su prisutne usled nedostataka u podacima, usled pretpostavki i ograničenja, svesne ili nesvesne pristrasnosti (Ward i Chapman, 2003). Neizvesnost karakteriše činjenica da se ne mogu identifikovati sve moguće posledice nekog događaja ili da se ne može odrediti verovatnoća za obim potencijalnih posledica (Terje, et al., 2011).

Neizvesnost kod modeliranja i analize životnog ciklusa projekata infrastrukture može, po (Salling, 2008) biti epistemološke i ontološke prirode (slika 2). Epistemološka priroda se odnosi na nedostatak znanja i prisutna je zbog ograničenosti i netačnosti u podacima, grešaka u merenju, nedovoljno znanja ili razumevanja, nesavršenosti modela, nejasnoća. Ontološka priroda neizvesnosti kod modeliranja i analize životnog ciklusa objekata infrastrukture se odnosi na varijabilnost i razlikuje se bihevioralna varijabilnost, tj. promenljivost ponašanja korisnika, društvena varijabilnost, kao i prirodna nepredvidivost (slučajnost).



Slika 2: Priroda neizvesnosti prilikom modeliranja i analize životnog ciklusa infrastrukturnog objekta (preuzeto iz (Salling, 2008))

Brojni autori ističu važnost proučavanja neizvesnosti kao uzroka mogućih uticaja na projektne ciljeve i kao izvor rizika (Ward i Chapman, 2003; Ward i Chapman, 2008; Perminova, et al., 2008; Bryde i Volm, 2009).

Perminova et al. (2008) navodi da distinkcija između termina rizik i neizvesnost u literaturi iz oblasti upravljanja projektima nije dovoljno jasna. Rizik bi trebalo shvatiti kao posledicu neizvesnosti. Takođe, termin rizik, iako za to nema osnova, u literaturi češće sa sobom nosi negativnu konotaciju, tj. više se odnosi na pretnje nego na prilike. Kritikujući i sam *PMI* standard, pomenuti autori kažu:

*"Termin rizik definiše se kao neizvesni događaj na projektu koji može rezultirati i pozitivnim i negativnim posledicama, da bi se, međutim, termin rizik u PMBOK vodiču upotrebio mnogo više puta sa negativnom konotacijom."*



U ovom radu termin rizik se koristi onako kako je definisan od strane PMI-a, odnosno, vrši se identifikacija i analiza neizvesnih događaja na projektu i u okruženju projekta koji potencijalno mogu, negativno ili pozitivno, uticati na uspeh projekta.

Pod uspehom projekta izgradnje podrazumeva se ostvarenje projektnih ciljeva. Ciljevi projekta u užem, tradicionalnom smislu jesu realizacija projekta u okviru planiranih troškova, planiranog roka, u skladu sa definisanim obimom i zahtevanim nivoom kvaliteta izvedenih radova (Williams, 1995). Uspeh projekta definisan na ovaj način razmatran je u delu istraživanja prikazanom u poglavlju 5.

U poglavlju 4 razmatrana je šira definicija uspeha projekta izgradnje kapitalnih infrastrukturnih objekata, koja uključuje i analizu uticaja projekta na okolinu i društvo tokom celog životnog veka objekta.

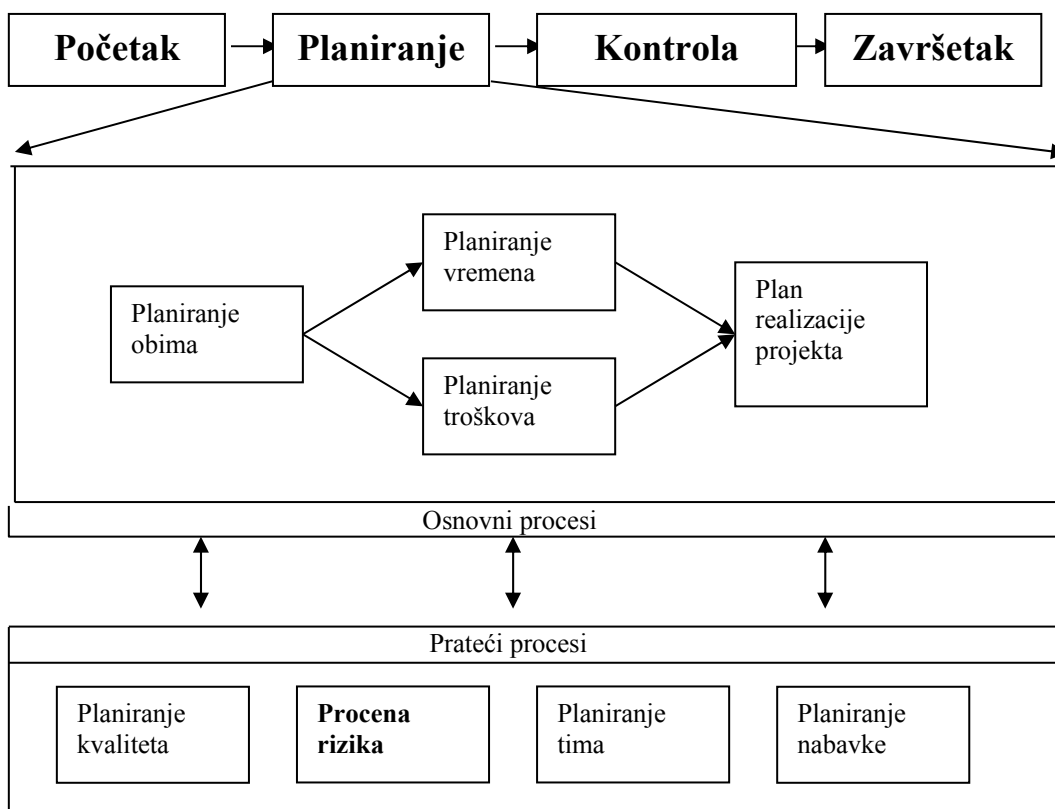
### **2.1.2 Upravljanje rizicima i upravljanje neizvesnošću**

Proces upravljanja rizicima na građevinskom projektu je od velikog značaja za ostvarenje ciljeva projekta (Zou, et al., 2007).

Jedna od prvih potpunih definicija upravljanja rizicima data je u australijsko-novozelandskom Standardu za upravljanje rizikom – AS/NZS 3951:1995, gde se kaže da je upravljanje rizikom sistematična primena definisanih procedura i pravila kroz faze identifikacije, analize, procene, tretiranja i praćenja rizika (*identifying, analysing, assesing, treating and monitoring risk*). Prema ovoj definiciji, rizicima se upravlja primenom optimalnih sigurnosnih procedura i procedura za kontrolu rizika.

U istom standardu se procena rizika definiše kao sistematična primena dostupnih informacija sa ciljem da se odredi verovatnoća odigravanja događaja koji mogu rezultirati pozitivnim ili negativnim posledicama i intenziteta mogućih posledica.

Upravljanje rizicima u građevinarstvu se, prema oblasti proučavanja, definiše kao oblast upravljanja projektima, i predstavlja prateći proces procesima upravljanja obimom (planiranje i kontrola obima), vremenom (planiranje i kontrola vremena) i troškovima (planiranje – procena i kontrola troškova) (Milosevic, 2003). U prateće procese se, prema istom izvoru, još ubrajaju upravljanje kvalitetom, upravljanje timom, tj. ljudskim resursima i upravljanje nabavkom.



Slika 3: Oblasti planiranja u procesu upravljanja projektima (preuzeto iz (Milosevic, 2003))

Analogno prikazanim oblastima planiranja u fazi sprovođenja tj. realizacije projekta (slika 3) su i oblasti kontrole ostvarenja bitnih ciljeva projekta.

Američki institut za upravljanje projektima (PMI) ima sličnu definiciju upravljanja rizicima uz nešto drugačiju podjelu upravljanja projektima na oblasti, o čemu će više reći biti u delu 2.1.3.1.

S obzirom na definiciju rizika kao neizvesnosti koja može pozitivno ili negativno uticati na ostvarenje ciljeva projekta, (Ward i Chapman, 2003) preporučuju da prilikom realizacije projekta fokus treba usmeriti upravo na proces upravljanja neizvesnošću. U tom slučaju će adekvatno upravljanje rizicima doći kao jedan od proizvoda procesa upravljanja neizvesnošću. Isti autori upravljanje neizvesnošću na projektu definišu kao proces identifikacije i eksploatacije prilika za poboljšanjem performansi projekta. Takav proces bi morao biti zasnovan na sinergiji interesa različitih učesnika na projektu, koji

ponekad nisu do kraja razjašnjeni, konstantno uzimajući u obzir nedostatak informacija i nejasnoće u pogledu različitih aspekata projekta (Ward i Chapman, 2008).

Proces upravljanja neizvesnošću treba da karakteriše reflektivno učenje i fleksibilnost (Perminova, et al., 2008). Osim poboljšanja performansi projekta, adekvatno upravljanje neizvesnošću bi trebalo da rezultira i poboljšanom komunikacijom, većim fokusom projektnog tima na ciljeve projekta i na pravovremenu vrednosnu analizu (Ward i Chapman, 2003).

### **2.1.3 Standardi za upravljanje rizicima**

U ovom delu najpre su sažeto prikazani procesi upravljanja rizicima prema pristupu preporučenom od strane američkog instituta za Upravljanje projektima (*Project Management Institute, USA*, u daljem tekstu PMI), prema britanskim standardima (britanskom standardu BS 6709-3 iz 2010. godine, kao i britanskom standardu za upravljanje rizicima iz 2002. godine) i prema standardu ISO 31000 iz 2009. godine.

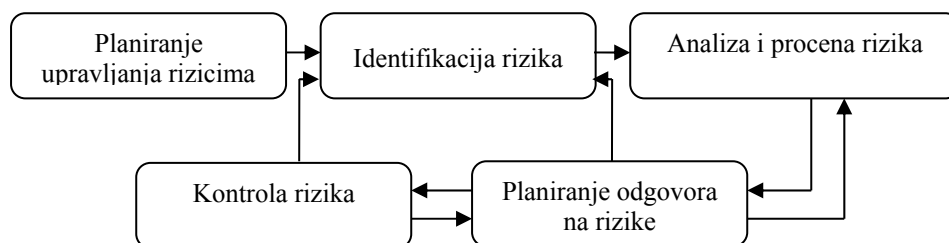
### 2.1.3.1 PMI standard za upravljanje rizicima

Upravljanje rizicima u građevinarstvu se, prema PMI-u (PMI, 2008; PMI, 2013) i Popoviću (Popović, 2009) definiše kao jedna od deset oblasti upravljanja projektima, pri čemu po tom pristupu nema razdvajanja na osnovne i prateće oblasti. U pitanju su sledeće oblasti upravljanja projektima:

1. Integracija projekta (Project Integration Management)
2. Definisane obima projekta (Project Scope Management)
3. Upravljanje vremenom (Project Time Management)
4. Upravljanje troškovima (Project Cost Management)
5. Upravljanje kvalitetom (Project Quality Management)
6. Upravljanje ljudskim resursima (Project Human Resource Management)
7. Upravljanje komunikacijama na projektu (Project Communications Management)
8. Upravljanje rizikom (Project Risk Management)
9. Upravljanje nabavkama (Project Procurement Management)
10. Upravljanje učesnicima na projektu (Project Stakeholder Management)

Procesi u okviru oblasti upravljanja rizicima jesu (Slika 4):

1. Planiranje upravljanja rizikom,
2. Identifikacija rizika,
3. Kvalitativna analiza rizika,
4. Kvantitativna analiza rizika,
5. Planiranje odgovora na rizik i
6. Praćenje i kontrola rizika.



Slika 4: Šema procesa u okviru upravljanja rizicima na projektu (modifikovano iz (PMI, 2008))

U tekstu PMI standarda date su preporuke, predloženi alati i tehnike za rad na upravljanju rizicima, ulazne i izlazne veličine, kao i kratki demonstrativni primeri dijagrama i matričnih proračuna koji ilustruju primenu metoda za kvantitativnu i kvalitativnu analizu rizika.

Ivković i Popović (Ivković i Popović, 2005) prikazuju procese upravljanja rizikom kako ih definiše PM standard. Ovi procesi, sa dodatnim objašnjenima prikazani su u tabeli 1.

Tabela 1: Procesu u upravljanju rizicima (modifikovano iz (Ivković i Popović, 2005))

11. Upravljanje rizikom ( <i>Project Risk Management</i> )	Ulazne veličine (11.x.1)	Alati i tehnike rada (11.x.2)	Izlazne veličine (11.x.3)
<b>x --&gt; broj procesa iz prve kolone</b>			
.1 Planiranje upravljanja rizikom ( <i>Risk Management Planning</i> )	.1 Povelja projekta ( <i>project charter</i> ). .2 Politika organizacije u vezi upravljanja rizikom (ukoliko uopšte postoji takav pristup, potrebno ga je prilagoditi projektu). .3 Definisane uloge i odgovornosti za donošenje odluka. .4 Tolerantnost učesnika prema riziku (svaka organizacija i pojedinac različito primaju rizik). .5 Templejt plana za upravljanje rizikom. Neke organizacije imaju standardne forme koje se daju na korišćenje rukovodiocu projekta. .6 WBS.	.1 Sastanci o planiranju. Svi inputi analiziraju se na tematskim sastancima, kojima rukovodi <i>projekt menadžer</i> .	.1 Plan upravljanja rizikom ( <i>risk management plan</i> ), čiji su sastavni delovi: - Metodologija (pristup, alati, izvori podataka). - Uloge i odgovornosti u timu i konsultanti van tima. - Budžet za upravljanje rizikom. - Vremenski plan (frekvencija akcija). - Bodovanje i interpretacija za kvalitativne i kvantitativne analize. - Pragovi – kriterijumi (kada se reaguje na rizik). Različiti učesnici mogu imati različite kriterijume. - Format izveštaja. - Dokumentovanje ( <i>tracking</i> ).
.2 Identifikacija rizika ( <i>Risk Identification</i> )	.1 Plan upravljanja rizikom ( <i>risk management plan</i> ). .2 Izlazne veličine iz procesa planiranja, kao što su: - povelja projekta ( <i>project charter</i> ), - WBS, - opis proizvoda, - procene vremena i troškova, - plan angažovanja resursa, - plan nabavke, - pretpostavke i ograničenja, itd. .3 Kategorije rizika ( <i>risk categories</i> ). Kategorije su specifične za tip projekta. Rizici mogu biti:	.1 Pregled dostupne dokumentacije. .2 Tehnike prikupljanja informacija, kao što su: <i>brainstorming</i> (diskusija poznavalaca problema), Delphi metoda (iterativni konsenzus eksperta uz anonimno popunjavanje upitnika), intervjuisanje eksperata, SWOT analiza ( <i>strengths, weaknesses, opportunities and threats</i> ). .3 <i>Checklists</i> . To su formulari bazirani na istorijskim informacijama i znanju. Prednost - brza metoda, mana - retko je obuhvaćeno sve što predstavlja rizik. .4 Analiza pretpostavki (hipoteza, scenarija) i identifikacija rizika u njima. .5 Dijagrami ( <i>cause-and-effect</i> )	.1 Rizici. Rizik je neizvestan događaj koji, ako se dogodi, može da ima pozitivan ili negativan efekat na ciljeve projekta. .2 Simptomi rizika ili upozoravajući znaci ( <i>triggers</i> ). Na primer, zakašnjenje jednog <i>milestone-a</i> može biti znak da će rok realizacije projekta biti prekoračen. .3 Ulazne veličine za ostale procese. Na primer, može biti neophodno da se proširi WBS, jer nema dovoljno detalja da bi se identifikovali rizici, ili se može javiti potreba za

## 2. ANALIZA LITERATURE I TEORIJSKA RAZMATRANJA

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- tehnički (tehnoški), kvalitet,</li> <li>- upravljački (loš izbor resursa, itd),</li> <li>- organizacioni (loši prioriteti, konflikti unutar organizacije),</li> <li>- eksterni (zakonski, klimatski, itd).</li> </ul> <p>.4 Istorijske informacije, kao što su arhiva i pouke sa prethodnog projekta, publikovane informacije.</p>	<p><i>diagrams</i> ili <i>fishbone diagrams</i>, karte procesa, razni dijagrami koji se koncentrišu na problem i šematski prikazuju uticaje na taj problem).</p>	<p>izmenom logike u mrežnom planu.</p>
<p>.3 Kvalitativna analiza rizika (<i>Qualitative Risk Analysis</i>)</p>	<p>.1 Plan upravljanja rizikom (<i>risk management plan</i>).</p> <p>.2 Identifikovani rizici.</p> <p>.3 Status projekta (bolje je otkriti rizike na početku projekta, jer su izmene lakše).</p> <p>.4 Tip projekta (lakše je utvrditi rizike za repetitivne projekte, nego za zaista unikatne projekte).</p> <p>.5 Preciznost podataka. Izvor podataka o riziku mora se vrednovati i uzeti u obzir.</p> <p>.6 Skala verovatnoće uticaja rizika (<i>scales of probability and impact</i>).</p> <p>.7 Pretpostavke.</p>	<p>.1 Verovatnoća i uticaj (posledice) rizika. Ova dva pojma se razmatraju za pojedinačne rizike, a ne za projekat.</p> <p>.2 Matrica ocena verovatnoća / uticaja rizika (<i>probability / impact risk rating matrix</i>).</p> <p>Skala uticaja rizika se najčešće definiše kao: veoma mali, mali, srednji, veliki i veoma veliki uticaj. Skali se pridružuju numeričke vrednosti od 0 do 1 (linearno ili nelinearno) i opisi u odnosu na odabrani cilj projekta.</p> <p>Za svaki element iz skale uticaja rizika procenjuje se verovatnoća pojave za odabrani cilj projekta (brojevima od 0 do 1, najčešće u tabeli).</p> <p>Zatim se formira <i>probability-impact (Pxl) matrix</i> za uočeni rizik u odnosu na odabrani cilj projekta, pa se u matrici uočavaju najveće vrednosti (kombinacija velikog uticaja i velike verovatnoće pojave).</p> <p>Organizacija mora da definiše pragove, tj. koja kombinacija verovatnoće i uticaja u matrici se klasifikuje kao "visok", "umereni" i "nizak" rizik.</p> <p>.3 Testiranje projektnih pretpostavki (sa dva aspekta: postojanost pretpostavke i posledice ako je ona pogrešna). Ponekad se moraju razmotriti i alternativne pretpostavke.</p> <p>.4 Rangiranje preciznosti podataka. Kvalitativna analiza rizika zahteva realne i nepristrasne podatke. Zato se treba uveriti u stepen poznavanja rizika i proveriti obim i pouzdanost podataka.</p>	<p>.1 Ukupna rang lista rizika za projekat. Na osnovu nje se mogu preduzeti dalje analize (npr. <i>cost-benefit</i>), dodeliti dodatni resursi sa projekata koji imaju manje rizike, a mogu se preduzeti i druge mere (uključujući i izlazak sa projekta).</p> <p>.2 Rang lista prioriternih rizika, na osnovu jednog ili više kriterijuma (npr. "visoki" troškovni rizici, za određenu vrstu rada ili deo projekta).</p> <p>.3 Lista rizika koji zahtevaju dodatnu analizu i upravljanje. To su najčešće "visoki" i "srednji" rizici, na koje se dalje primenjuju kvantitativne analize.</p> <p>.4 Trendovi u rezultatima kvalitativnih analiza. Ako se posle ponavljanja kvalitativnih analiza uoče jasni trendovi, tada dodatne kvantitativne analize postaju još važnije i urgentije.</p>
<p>.4 Kvantitativna analiza rizika (<i>Quantitative Risk Analysis</i>)</p>	<p>.1 Plan upravljanja rizikom (<i>risk management plan</i>, 11.1.3).</p> <p>.2 Identifikovani rizici (11.2.3.1).</p> <p>.3 Lista prioriternih rizika (11.3.3.2).</p> <p>.4 Lista rizika koji zahtevaju dodatnu analizu i upravljanje (11.3.3.3).</p> <p>.5 Istorijske informacije sa drugih projekata, ili iz stručnih</p>	<p>.1 Intervjuisanje, u cilju kvantifikovanja rizika u okviru WBS. na primer, može se identifikovati "niska", "srednja" i "visoka" procena troškova za projektovanje.</p> <p>.2 Analiza senzitivnosti (<i>sensitivity analysis</i>). Određuje se koji rizici imaju najveći potencijalni uticaj na projekat, pri čemu se tokom analiza isključuje paralelno delovanje rizika na ciljeve.</p> <p>.3 Dijagrami toka odlučivanja (<i>decision tree analysis</i>). U dijagramu se uočavaju implikacije prilikom</p>	<p>.1 Prioritetna lista kvantifikovanih rizika. Uz opis rizika naglašen je i mera njegovog uticaja.</p> <p>.2 Probabilističke analize projekta. Najčešće obuhvata listu mogućih datuma završetka ili mogućih troškova projekta, sa navođenjem verovatnoća da se oni ostvare.</p> <p>.3 Trendovi u rezultatima kvantitativnih analiza. Posle</p>

## 2. ANALIZA LITERATURE I TEORIJSKA RAZMATRANJA

	<p>baza podataka o rizicima .</p> <p>.6 Ekspertsko mišljenje (unutar ili van organizacije).</p> <p>.7 Ostali izlazni podaci iz procesa planiranja (naročito: mrežni plan, WBS, procena troškova i tehnički ciljevi projekta).</p>	<p>izbora svake od alternativa. Takođe se definišu verovatnoće rizika, kao i mogući troškovi ili nagrade koje su posledica odluke.</p> <p>.4 Simulacija. Simulacija projekta koristi model koji konvertuje neizvesnosti specificirane na nižim nivoima detaljnosti na njihov uticaj na ciljeve projekta. Tipično se koristi <i>Monte Carlo</i> tehnika. Uobičajeno je da se za analiziku rizika kod troškova simulacija bazira na WBS modelu, dok se za analizu rizika u proceni vremena kao model koristi <i>Precedence Diagramming Method</i>..</p>	<p>ponavljanja analiza mogu se ponekad uočiti jasni trendovi.</p>
<p>.6 Planiranje odgovora na rizik (<i>Risk Response Planning</i>)</p>	<p>.1 Plan upravljanja rizikom (<i>risk management plan</i>).</p> <p>.2 Lista prioriternih rizika.</p> <p>.3 Rang lista rizika za projekat.</p> <p>.4 Prioritetna lista kvantifikovanih rizika.</p> <p>.5 Probabilističke analize projekta.</p> <p>.6 Verovatnoća ostvarenja troškovnih i vremenskih ciljeva projekta.</p> <p>.7 Lista mogućih odgovora na individualni rizik ili celu kategoriju rizika.</p> <p>.8 Pragovi rizika. Nivo rizika koji je prihvatljiv za organizaciju utiče na kreiranje odgovora na rizik.</p> <p>.9 Zaduženi za odgovor na rizik.</p> <p>.10 Zajednički uzroci rizika. Ponekad se na više rizika može odgovoriti jedinstveno.</p> <p>.11 Trendovi u rezultatima kvalitativnih i kvantitativnih analiza. Na osnovu njih se može oceniti urgentnost odgovora na rizik.</p>	<p>.1 Izbegavanje rizika. To je izmena plana projekta (npr. usvajanje bolje razrađene tehnologije) da bi se izbegao rizik.</p> <p>.2 Transfer rizika. To je prebacivanje odgovornosti na treće lice (razni vidovi osiguranja i garancija).</p> <p>.3 Poboljšanja. Pravovremena (rana) upravljačka akcija ponekad može efikasno da smanji rizik. Primeri takvih akcija su: dodatna obuka radnika, dodatni testovi na gradilištu, izmena dobavljača, dodavanje redundantnih elemenata (npr. presa kod liftovanja konstrukcije).</p> <p>.4 Prihvatanje. Tim projekta može da odluči da ne menja plan projekta (jer je izmena neprihvatljiva ili nije moguća), nego da svesno uđe u realizaciju uz postojanje rizika. U takvim slučajevima se formira rezervni plan (<i>contingency plan</i>), koji najčešće uključuje rezervna finansijska sredstva za slučaj pojave rizika (<i>contingency allowance</i>).</p>	<p>.1 Plan odgovora na rizik (<i>risk response plan</i>). Ovaj plan treba da sadrži identifikaciju rizika, listu odgovornih lica, rezultate kvalitativnih i kvantitativnih analiza, usvojene odgovore na rizik (izbegavanje, transfer, poboljšanja, prihvatanje), procenu preostalog rizika posle odgovora na rizik, potreban bužet i vreme, rezervne planove, itd.</p> <p>.2 Preostali rizici. To su rizici koji ostaju posle primena mera izbegavanja, transfera i poboljšanja, kao i manji rizici koji su prihvaćeni i za koje su predviđena rezervna sredstva ili vreme.</p> <p>.3 Sekundarni rizici. To su dodatni rizici koji nastaju primenom odgovora na rizik.</p> <p>.4 Ugovorne odredbe (raspodela rizika).</p> <p>.5 Rezervne sume (<i>contingency amounts</i>).</p> <p>.6 Ulazne veličine za ostale procese, koje mogu izazvati izmene (dodatno vreme, resurse, itd).</p> <p>.7 Ulazne veličine za izmenu plana projekta.</p>
<p>.5 Praćenje i kontrola rizika (<i>Risk Monitoring and Control</i>)</p>	<p>.1 .1 Plan upravljanja rizikom (<i>risk management plan</i>).</p> <p>.2 Plan odgovora na rizik.</p> <p>.3 Komunikacija na projektu, a naročito izveštaji o izvršenju i standardni formulari.</p> <p>.4 Dodatna identifikacija i analize rizika (za nove rizike).</p> <p>.5 Izmene u obimu radova, koje obično zahtevaju novu analizu rizika i novi plan za odgovor na rizik.</p>	<p>.1 Periodične provere dokumentacije o odgovoru na rizik (<i>project risk response audits</i>).</p> <p>.2 Periodične provere rizika (<i>periodic project risk reviews</i>), najčešće na tematskim sastancima. Rizici i prioriteti se mogu menjati tokom realizacije.</p> <p>.3 Metoda zarađene vrednosti (<i>Earned value analysis</i>), kako bi se na vreme uočile devijacije i identifikovali novi rizici.</p> <p>.4 Merenje tehničkih performansi. Ukoliko postoje tehnički problemi, to implicira pojavu novih rizika.</p>	<p>.1 Planovi za odgovor na nepredviđene rizike (<i>workaround plans</i>).</p> <p>.2 Korektivne akcije za primenu planova za odgovor ili rezervnih planova.</p> <p>.3 Zahtevi za izmenama.</p> <p>.4 Inovacije u planu za odgovor na rizik. Rizici se pojavljuju ili ne pojavljuju tokom realizacije posla, pa su moguće izmene u rangiranju ili evaluaciji.</p> <p>.5 Baza podataka o rizicima (<i>risk database</i>).</p>

		.5 Dodatno planiranje odgovora na rizik za kontrolu novog rizika.	Dokumentacija i planovi čuvaju se u bazi istorijskih podataka. .6 Inovacije u <i>checklist-ama</i> za buduće projekte.
--	--	---	---

Analizirajući četvrto izdanje PM standarda, Popović (2009) prikazuje praktičan pristup upravljanju rizicima na građevinskim projektima, koji podrazumeva proaktivan pristup i preventivno delovanje u skladu sa strategijom izbegavanja odštetnih zahteva. Prema autoru, upravljanje rizicima na projektima se često zanemaruje, ili se primenjuje na komplikovan i nepraktičan način, ne dajući potrebne ulazne podatke za donošenje odluka na projektu. Kratak opis faza u upravljanju rizicima prema PMI-u i Popoviću dat je u nastavku teksta.

#### 2.1.3.1.1 Planiranje upravljanja rizicima

Plan upravljanja rizicima propisuju projekt menadžer i njegov tim, uz učešće ostalih učesnika, uključujući direkciju firme ili službu za upravljanje projektima, ukoliko postoji. Kad god je to moguće, planiranje upravljanja rizicima treba inicirati u ranim fazama projekta, čak i sa ograničenim ulaznim podacima.

Bitni elementi plana upravljanja rizicima jesu (Popović, 2009):

- *Opis rizika treba da bude pravilno formulisan (na primer, "nedostatak resursa" i "kratak rok za izvođenje radova" nisu rizici i ne treba ih koristiti kao izgovor za loše upravljanje projektom);*
- *Za imenovanje rizika treba koristiti formu "uzrok-rizik-posledica", jer označavanje uzroka i lanca koji vodi do mogućih posledica pomaže razumevanju rizika;*
- *Poželjno je da se identifikuje sto više rizika za vreme sastanka, a analiza obavi kasnije (prema iskustvu, do 100 rizika se može identifikovati tokom 4 sata rada);*
- *Uz svaki rizik treba zabeležiti datum identifikovanja i kasnije datume izmena;*
- *Svakom riziku treba dodeliti "vlasnika", lice koje će voditi računa o riziku.*

#### 2.1.3.1.2 Kvalitativna analiza rizika

Kvalitativna analiza rizika je jedan od najvažnijih koraka u upravljanju rizicima. Cilj analize je da se subjektivno proceni verovatnoća pojave i posledice za svaki



identifikovani rizik i da se formiraju liste prioriteta za konsultaciju sa menadžmentom i dalju akciju.

Da bi se obavila kvalitativna analiza i formirale rang liste koje ukazuju na prioritetne rizike, neophodno je da se usvoji sistem ocenjivanja rizika. Skale 1-5 ili 1-10 se preporučuju za praktičnu primenu. Ponekad može biti korisno da se razdvoje skale za vremenske i troškovne posledice i da se dodaju skale za posledice u kvalitetu radova, oceni sigurnosti tokom izvođenja i posledice po okolinu.

Rizici se rangiraju tako što se pomnože verovatnoća pojave i ocena posledice rizika, a zatim sortiraju dobijene vrednosti kako bi se proučio njihov relativni značaj za projekat.

### 2.1.3.1.3 Kvantitativna analiza rizika

Preporučeni pristup je da se kvantitativna analiza obavi samo za najprioritetnije rizike. U određenim slučajevima, kvantitativna analiza se može sasvim isključiti. Kvantitativna analiza uključuje numeričku procenu verovatnoće pojave i troškovnih/vremenskih posledica rizika. Prihvatljivo je korišćenje metoda za brzu procenu.

Na pojedinim komercijalnim projektima posledice u pogledu kvaliteta treba detaljnije proučiti. Najefikasnije je ako se procena obavlja individualno i kasnije analizira od strane projekt menadžer-a i specijalizovanih članova tima. Procene treba da sadrže očekivane minimalne i maksimalne posledice u pogledu vremena i troškova za svaki rizik. Poželjnije je baratati opsegom posledica, umesto individualnim ciframa.

Očekivana finansijska vrednost rizika se proračunava množenjem verovatnoće pojave i procene troškova koja se pripisuje riziku. Ovu očekivanu vrednost rizika takođe treba izraziti kao opseg vrednosti, navodeći minimalnu i maksimalnu vrednost

Zbir očekivanih finansijskih vrednosti rizika može se koristiti da bi se procenila potrebna rezerva prilikom procene budžeta projekta. Takva procena je obično bolja od pojednostavljenog procentualnog povećanja na ime budžetskih rezervi. Pored budžetske rezerve dobijene kvantifikacijom rizika, preporučljivo je da se procentualno uključi i tzv. menadžment rezerva, koja se odnosi na rizike koji će tek biti identifikovani.

Povremeno može biti od koristi da se izvrši *Monte Carlo* simulacija ili primeni neka slična probablistička metoda, kako bi se procenila verovatnoća dostizanja predefinisano budžeta ili roka. Probablističke simulacije, iako veoma korisne za

dobijanje preciznijih podataka, za komercijalne projekte u praksi obično zahtevaju korišćenje specijalizovanog softvera. Jedan ovakav softver, za analizu finansijskih i ekonomskih rizika pri izradi studije opravdanosti razvijen je na Katedri za menadžment, tehnologiju i informatiku u građevinarstvu, Građevinskog fakulteta Univerziteta u Beogradu i opisan u (Mikić, et al., 2013). Ovaj softver je takođe ukratko predstavljen i primenjen u poglavlju 4 u ovoj disertaciji.

### 2.1.3.1.4 Planiranje odgovora na rizike

Na osnovu kvalitativne i kvantitativne analize, aktivnosti koje prati veliki rizik treba prebaciti u fazu planiranja odgovora na rizike. Svaki odgovor na rizik treba da bude povezan sa članom tima koji je zadužen za njegovo sprovođenje.

Rizici koji ne nastaju unutar projekta mogu biti van dohvata projekt menadžera. Takve rizike treba identifikovati i kvalifikovati, ako je moguće i razrešiti uz pomoć menadžmenta firme. Pri realizaciji velikih projekata posebno je važno da se koordiniraju tzv. programski rizici, kod kojih rezultati jednog projekta mogu da utiču na ciljeve i rezultate drugih projekata.

Preporučljivo je da se uzmu u obzir sledeća tri tipa akcija kojima se može uticati na projektne rizike:

- izvršiti preventivnu akciju (eliminirati rizik ili osigurati mogućnost) pre nego što se rizik dogodi;
- aktivirati unapred pripremljeni plan (*contingency plan*), za slučaj da se rizik dogodi;
- aktivirati rezervni plan (*fallback plan*) za slučaj da se prethodne mere pokažu neefikasne.

Popović (2009) kaže da se u praktičnom proaktivnom upravljanju projektima preporučuje primena preventivnih mera, koje treba da budu troškovno i vremenski efikasne (troškovi prevencije ne smeju da prevaziđu finansijske posledice potencijalnog rizika). U principu, povoljno je i efikasno ukoliko se jednim odgovorom može uticati na više projektnih rizika.

Za pozitivne rizike (mogućnosti) postoje slične strategije odgovora na rizik, ali one podstiču iskorišćenje (umesto izbegavanja), intenziviranje (umesto umanjenja) i princip podele koristi (slično kao transfer rizika). Plan odgovora na rizike može da uključi opis okidača (*triggers*), ranih znakova upozorenja koji upozoravaju vlasnike rizika i projekt menadžere da treba implementirati neki od planova za odbranu od rizika.

Manje prioritetni rizici, koji nisu uključeni u planiranje odgovora na rizike, mogu biti zabeleženi i ponovo razmotreni u kasnijem toku realizacije projekta. Planiranje odgovora na rizik može da inicira izmene u planu realizacije projekta u pogledu obima posla, troškova, vremena, potrebne radne snage, komunikacija, sistema nabavki i kvaliteta.

### 2.1.3.1.5 Praćenje i kontrola rizika

Osmatranje i kontrola rizika bi trebalo da uključi nekoliko paralelnih aktivnosti:

- Implementaciju i izmene u planu odgovora na rizike;
- Ponovnu procenu i vremensko planiranje projekta;
- Dodatnu identifikaciju rizika;
- Kvalitativnu i kvantitativnu analizu;
- Osmatranje manje prioritetnih rizika koji postaju dominantni;
- Osavremenjivanje baze istorijskih podataka.

Osmatranje i kontrola rizika su, naravno, značajno lakši ukoliko su prethodni koraci pravilno sprovedeni. Ukoliko nisu moglo bi se dogoditi da projekt menadžer i njegov tim provedu mnogo vremena rešavajući probleme koji su mogli biti predupređeni, ili implementirajući neplanirana rešenja (tzv. *workarounds*) kao odgovor na nove rizike koji nisu sistematično identifikovani i analizirani.

Poželjno je da se merenje performansi projekta vrši što objektivnije, na primer korišćenjem metode zarađene vrednosti (*earned value*), kojom se proračunom dolazi do određenih indeksa efikasnosti projekta (CPI, SPI). Ovi indeksi se mogu koristiti kao okidači za projektne rizike.

Bilo bi veoma zahvalno označiti rizične aktivnosti u dinamičkom planu realizacije projekta i o njima izveštavati na sličan način kao o aktivnostima na kritičnom putu.

Gantogrami mogu da uključe dodatnu "rizik" kolonu, koja će ukazati na tekući rang aktivnosti i njen prioritet u vezi sa poslednjom analizom rizika.

Prioritetni rizici, odgovornost za odgovor na rizike i status rizika treba da budu predmet diskusije na mesečnim sastancima i uključeni u redovne izveštaje o napredovanju radova. Iz praktičnih razloga, formati izveštaja treba da budu što jednostavniji i distribuirani elektronski. Što se o rizicima više govori i na njih pravovremeno ukazuje, manja je mogućnost iznenađenja.

Plan upravljanja rizicima na projektu i registar rizika treba održavati, a povremene izmenjene verzije bi trebalo da budu redovno publikovane od strane projekt menadžera.

Prevenција mogućih negativnih događaja i iskorišćavanje pozitivnih događaja na projektu imaju ključnu važnost za proaktivno upravljanje projektima i izbegavanje klejmov.

Može se uočiti da su neke faze u proceduri upravljanja rizicima na projektu (kao što su: identifikacija rizika i kvalitativna analiza) posebno značajne kada se govori o upravljanju projektima u građevinarstvu, dok se neki koraci (na primer: kvantitativna analiza) mogu obavljati selektivno.

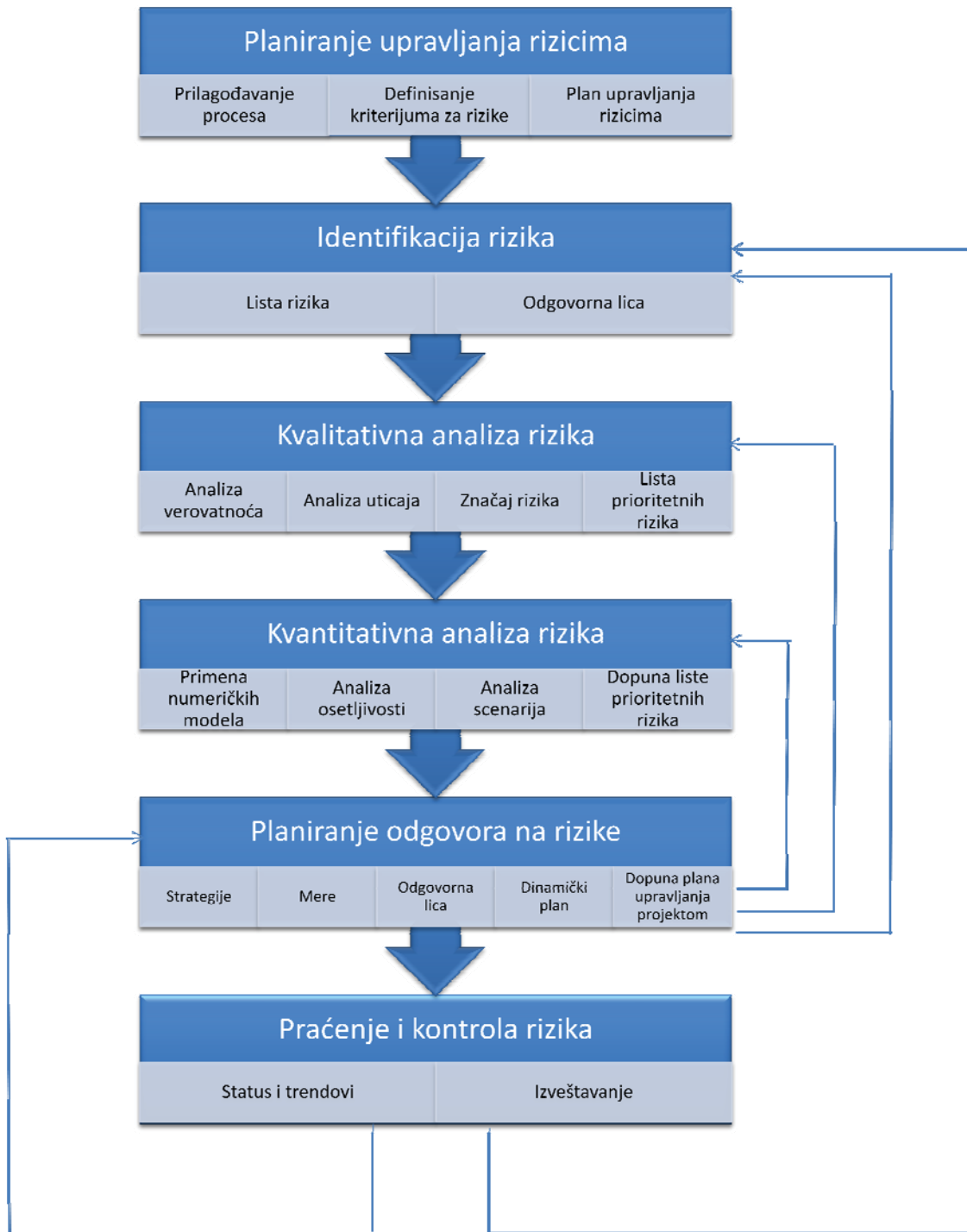
### 2.1.3.1.6 PMI standard za praktično upravljanje rizicima na projektu

PMI je 2009. godine objavio Standard za praktično upravljanje rizicima na projektu (*The Practice Standard for Project Risk Management*) (PMI, 2009) koji definiše aspekte upravljanja rizicima na projektu koji se prepoznaju kao dobra praksa za većinu projekata, kroz gotovo sve faze realizacije.

Standard se nadovezuje na osnovni, objašnjeni PM standard (PMI, 2008) i pokriva oblast upravljanja rizicima usmerenu samo na realizaciju pojedinačnih projekata. Oblasti upravljanja rizicima za slučajeve više projekata, celog jednog ili više preduzeća nisu pokrivene. Standard je namenjen projekt menadžerima, članovima tima, bilo da se radi o kompanijama izvođačima radova, projektantima, investitorima ili konsultantima.

Analogno osnovnom PM standardu, sa detaljnijim zadržavanjem na konkretnim oblastima upravljanja rizicima i prikazom predloga formi alata i metoda, Standard za

praktično upravljajne rizicima na projektu proces upravljanja rizicima sagledava kao što je prikazano na slici 5.



Slika 5: Faze u upravljanju rizicima prema Standardu za praktično upravljanje rizicima na projektu (PMI, 2009))

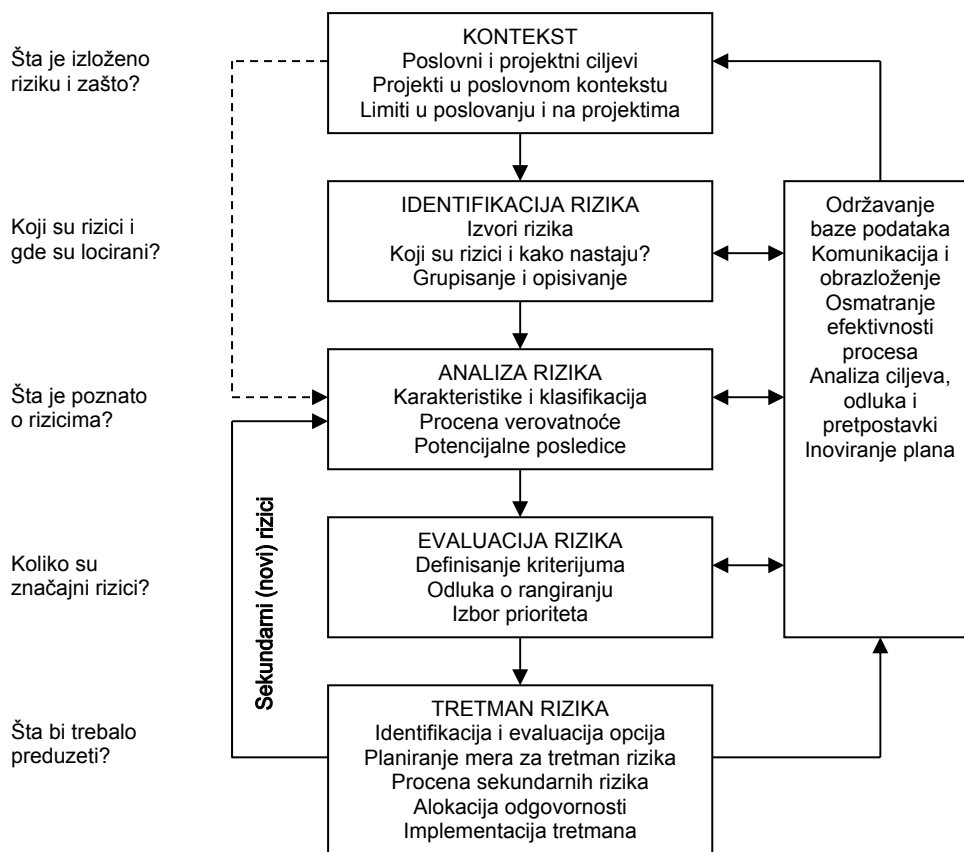
### 2.1.3.2 Pristup upravljanju rizicima prema britanskim standardima

#### 2.1.3.2.1 Standard za upravljanje rizicima BS6079-3

Institut za Britanske standarde (*British Standards Institute*) je 2010. objavio poslednje izdanje serije standarda za upravljanje projektima: BS6079 (British Standards, 2010). Standard zamenjuje prethodno važeću seriju standarda BS6079 iz 2006. i 2002. godine i sastoji iz četiri dela:

1. Deo 1 – Priručnik za upravljanje projektima (*Guide to project management*), daje generalne preporuke, kao i predlog tehnika za različite oblasti upravljanja projektima. Ovaj, kao ni drugi delovi standarda BS6079 nisu namenjeni za sertifikaciju ili ugovornu primenu, niti mogu da zamene druge stručne standarde, kao što su standardi koji se odnose na zaštitu na radu, zaštitu okoline ili prevenciju tehnoloških rizika;
2. Deo 2 – Rečnik termina (*Project Management Vocabulary*);
3. Deo 3 – Priručnik za upravljanje poslovnim rizicima tokom realizacije projekta, koji daje smernice u pogledu identifikacije i kontrole poslovnih rizika na nivou organizacije i projektnom nivou  
(*Guide to the management of business related project risk*);
4. Deo 4 – Priručnik za upravljanje projektima u građevinarstvu (*Guide to project management in the construction industry*). Ovaj priručnik se bavi celokupnim procesom izgradnje, od odluke o investiciji do primopredaje objekta, odnoseći se i na projekte održavanja, sanacije, rekonstrukcije, adaptacije i rušenja bez obzira na veličinu projekta. Daje osnovne principe sa preporukama koje se mogu prilagoditi za konkretne projekat.

Proces upravljanja rizikom, definisan u standardu BS 6709-3 (British Standards, 2010), prikazan je na slici 6.



Slika 6: Proces upravljanja rizikom prema standardu BS 6709-3 (Popović, 2009))

U pogledu upravljanja rizicima u BS 6079 standardu opisani su osnovni koraci i dati generalni saveti u vezi sa fazama i aktivnostima prikazanog procesa upravljanja rizikom. Posebna pažnja posvećena je opisu procesa odlučivanja u uslovima neizvesnosti i rizika, pri čemu se razlikuje strategijsko, taktičko i operativno odlučivanje.

Upravljanje rizikom tokom realizacije projekta dato je u opštim crtama, sa ciljem da ga mogu koristiti razne kategorije učesnika. U standardu nisu dati ozbiljniji primeri realnih situacija i praktičnih modela upravljanja rizikom za određene tipove projekata.

Primećuje se da je najveća razlika u odnosu na pristup PMI-a to što ovde faza analize rizika nije razdvojena na kvalitativnu i kvantitativnu analizu.

Značajne definicije koje se u britanskom standardu navode jesu sledeće:

- Analiza konteksta – Identifikacija događaja i mogućih posledica



- Kvantifikacija rizika – Procena identifikovanog rizika na osnovu statističkih i/ili analitičkih modela
- Evaluacija rizika – Određivanje značaja kvantifikovanog rizika
- Tretiranje rizika – integrisana analiza mogućih rizika za proizvod, sistem ili postrojenje i njihovog značaja u odgovarajućem kontekstu
- Kriterijum za rizike – Kvantitativni i kvalitativni standard prihvatljivih rizika, sa kojim se rizik koji se tretira upoređuje

U standardu se sažeto opisuju sve faze upravljanja rizicima, i navode se sledeće tehnike koje bi mogle da se koriste za identifikaciju rizika:

- *Brainstorming*
- Upitnici
- Studije koje analiziraju interne procese i spoljne faktore od značaja za procese
- *Benchmarking*
- Analiza scenarija
- Radionice na temu rizika
- Istraživanje incidenata
- Inspekcija i revizija
- Studije hazarda (*HAZOP – Hazard and Operability Studies*)

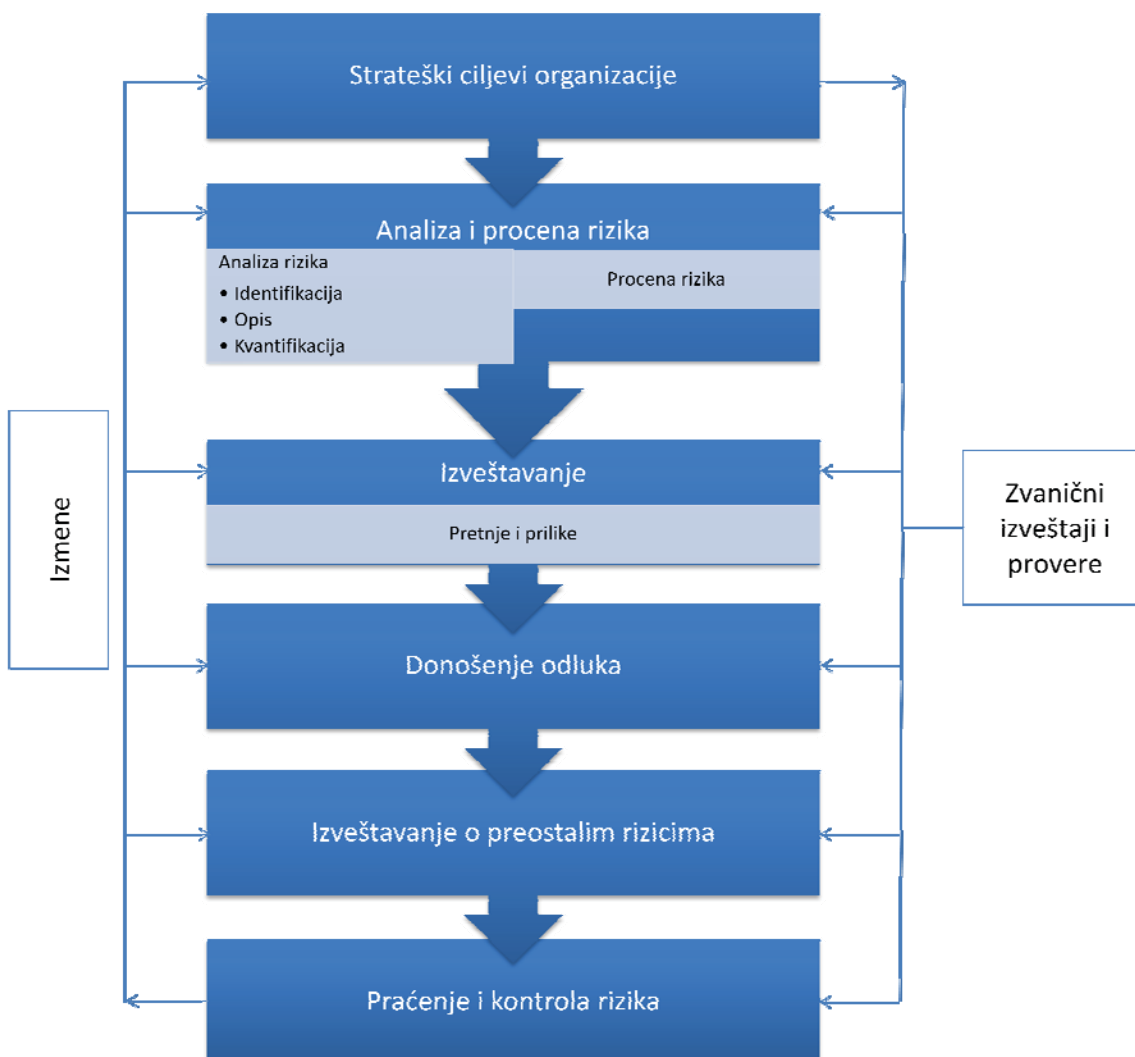
Kada je u pitanju analiza rizika, ovaj standard razlikuje rizike koji kao posledicu neizvesnog događaja imaju pretnje (*downside risks*) i prilike (*upside risks*). Tehnike koje se navode kao moguće za analizu rizika, iako se odnose na opšti pristup poslovnim rizicima, bile bi:

- Za rizike sa mogućim pozitivnim posledicama (*upside risks*):
  - Istraživanje tržišta;
  - Marketinška testiranja;
  - Studije mogućnosti razvoja;

- Studije uticaja konkretne delatnosti na tržište i okruženje;
- Za rizike sa mogućim negativnim posledicama (*downside risks*):
  - Analiza pretnji;
  - Drvo odlučivanja;
  - Analiza otkaza i efekata (*FMEA Failure Mode and Effect Analysis*);
- Za rizike sa mogućim pozitivnim i negativnim posledicama:
  - Modeliranje međuzavisnosti događaja (aktivnosti);
  - *SWOT* analiza;
  - Analiza drveta događaja;
  - Planiranje kontinuiteta posla (*Business Continuity Planning*);
  - BPEST analiza (*Business Political Economic Social Technological Analysis*);
  - *PESTLE* analiza (*Political Economic Social Technological Legal Environmental Analysis*);
  - Statističke analize.

#### 2.1.3.2.2 Standard za upravljanje rizicima *AIRMIC, ALARM, IRM*

Još jedan od veoma korišćenih i dalje aktuelnih standarda u oblasti UR jeste standard za UR iz 2002. godine (*AIRMIC, ALARM, IRM, 2002*). Ovaj standard je nastao kao rezultat rada tima iz tri vodeće britanske institucije za upravljanje rizicima (*The Institute of Risk Management (IRM), The Association of Insurance and Risk Managers (AIRMIC) i The National Forum for Risk Management in the Public Sector (ALARM)*) i iako je dosta stariji od prethodno navedenih standarda za njega i dalje postoji podrška od strane izdavača, jer je, kako se navodi u samom standardu, u njemu dat praktični pristup za UR, takav da ga mogu koristiti svi koji se bave upravljanjem projektima, a ne samo profesionalci iz oblasti UR, kakav je slučaj kod većine drugih standarda. Celine u procesu upravljanja rizicima su, prema ovom standardu, definisane kao na sl. 7.



Slika 7: Celine upravljanja rizicima prema standardu za upravljanje rizicima iz 2002. godine (modifikovano iz (AIRMIC, ALARM, IRM, 2002))

Uočava se da su ovde analiza i procena rizika objedinjene u celinu. Analiza rizika ovde obuhvata identifikaciju, opis i kvantifikaciju rizika. Ovaj standard uvodi i među korake izveštavanja o rizicima i zaostalim, odnosno novonastalim rizicima.

Od sredine 90-ih godina prošlog veka, prisutan je i britanski standard za upravljanje projektima PRINCE2 (*Projects in Controlled Environment*). Ovaj standard je u velikoj meri komplementaran sa američkim PMI (*Project Management Institute*) standardom za upravljanje projektima čiji je pristup UR prikazan. Iz tog razloga, kao i zbog prirode i obima ovog rada, o PRINCE2 standardu ovde neće biti više reči.

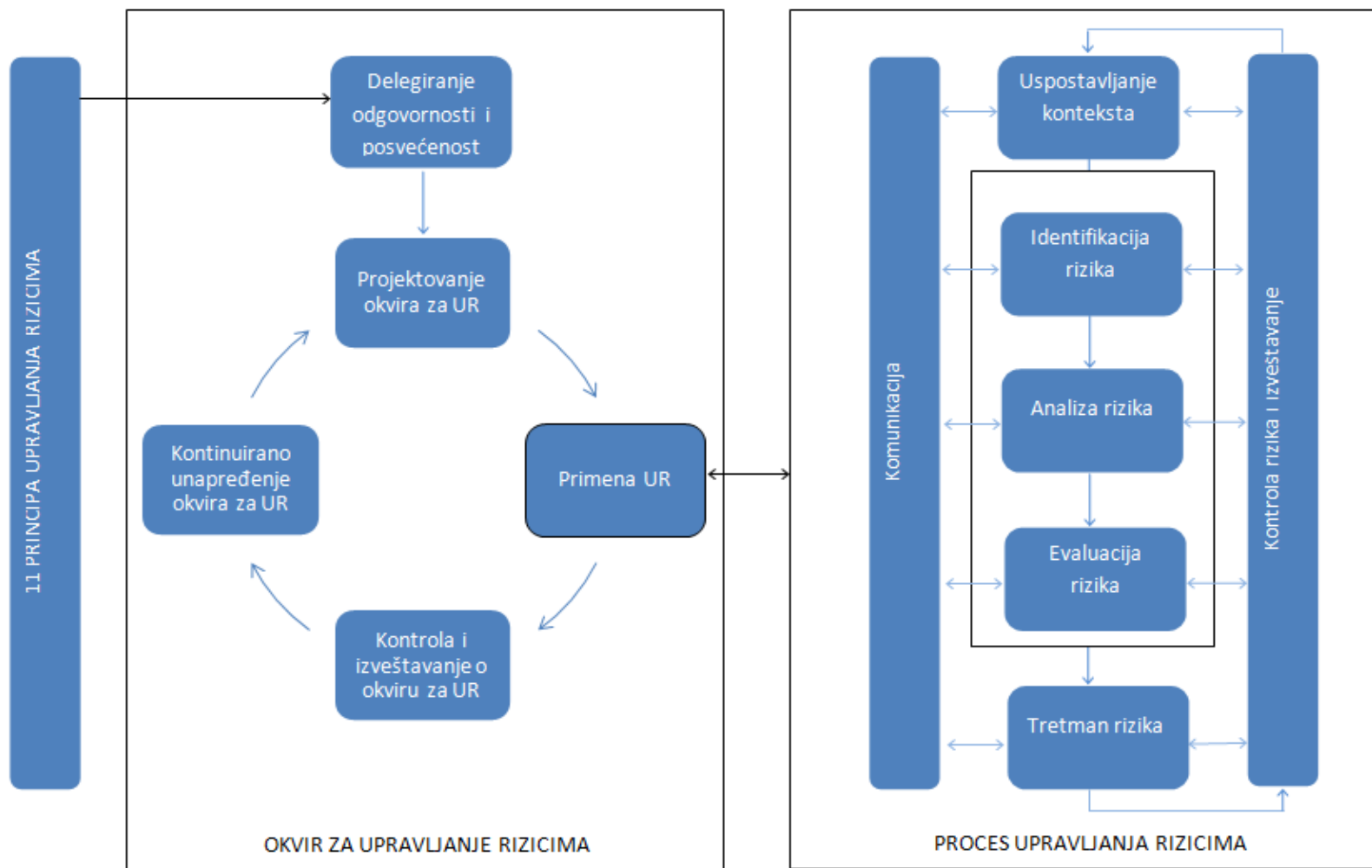
### 2.1.3.3 Pristup upravljanju rizicima prema standardu ISO 3100

Međunarodna organizacija za standardizaciju (*International Organization for Standardization*) koja se bavi izdavanjem ISO standarda je 2009. godine izdala standard ISO 3100 koji daje principe i smernice za upravljanje rizicima (*International Organization for Standardization, 2009*). Ono što ovaj standard najpre razlikuje od prethodno važećeg AS/NZS 4360:2004 jeste to da noviji standard svojim pristupom nastoji da obuhvati čitav upravljački sistem kompanije koji treba da podrži, implementira, održava i unapređuje proces upravljanja rizicima. Stariji standard se uglavnom zadržava na užem području smernica u vezi sa procesom upravljanja rizicima. Takođe, u ISO 3100 promenjena je definicija rizika od „verovatnoće da se može dogoditi nešto što bi imalo posledice na ciljeve” u „efekat neizvesnosti na ciljeve”. U novijoj verziji standarda prvi put se navodi i jedanaest principa na kojima se zasniva upravljanje rizicima. U pitanju su sledeći principi:

1. Upravljanje rizicima (UR) stvara i čuva vrednost. Adekvatno upravljanje rizicima doprinosi ostvarenju ciljeva kompanije kroz kontinuirano revidiranje sistema i procesa unutar kompanije;
2. UR treba da bude integrisano u druge procese upravljanja, kako na strateškom, tako i na operativnom nivou;
3. UR treba da bude deo procesa donošenja odluka. Proces upravljanja rizicima pomaže donosiocima odluka pružajući im više informacija o mogućim izborima i jasnije određene prioritete;
4. U okviru UR-a, treba se eksplicitno suočiti sa neizvesnošću, kroz identifikaciju potencijalnih rizika, primenu kontrole i adekvatnih mera;
5. Proces UR-a treba da bude sistematičan, strukturiran i efektan;
6. Kao podlogu za UR neophodne su najbolje raspoložive informacije, ali je neophodno uzeti u obzir izvore i ograničenja informacija;
7. Okvir za UR mora biti prilagođen kompaniji, uzimajući u obzir njeno unutrašnje i spoljno okruženje;

8. U okviru UR neophodno je uzeti u obzir ljudski i kulturološki faktor. Neophodno je prepoznati koliki doprinos u ostvarenju ciljeva kompanije imaju ljudi.
9. Proces UR mora biti transparentan i inkluzivan. Ovo podrazumeva pravovremeno uključivanje internih i eksternih učesnika u proces jer su adekvatna komunikacija i konsultacija ključni za identifikaciju, analizu i kontrolu rizika.
10. Proces UR mora karakterisati fleksibilnost. S obzirom da se poslovno okruženje konstantno menja, u UR je neophodno zadržati dinamičnost i iterativni pristup kako bi se novi rizici pravovremeno identifikovali i analizirali;
11. UR treba da podstiče unapređenje poslovanja. Da bi se izgradila kultura UR neophodno je konstantno ulagati resurse duži vremenski period, ali je rad na tome ujedno i rad na kontinuiranom poboljšanju performansi poslovanja.

Okvir i faze u procesu upravljanja rizicima prema standardu ISO 3100 prikazani su na slici 8.



Slika 8: Okvir za upravljanje rizicima i proces upravljanja rizicima prema standardu ISO 31000

Pet stvari na kojima kompanija, prema standardu ISO 3100, treba da radi kako bi unapređivala proces upravljanja rizicima jesu sledeće:

1. Kompanija mora preuzeti odgovornost za rizike koji prate njeno poslovanje i razviti svoj pristup upravljanu rizicima;
2. Jednom uspostavljen sistem UR neophodno je konstantno unapređivati. Kompanija bi trebalo da postavi ciljeve u pogledu poslovanja, indikatore uspešnosti poslovanja, te da zatim kontroliše uspešnost svog poslovanja i kontinuirano revidira i unapređuje procese i resurse kako bi unapređivala i poslovanje.
3. U procesu UR, nakon selekcije pojedinaca koji će činiti tim za UR, neophodno je konstantno raditi na njihovom usavršavanju, obezbeđenju neophodnih resursa, kao i omogućavanju efikasne komunikacije tima i pojedinaca koji se bave UR sa drugim zaposlenima, organizacionim jedinicama i partnerima.
4. Sistem upravljanja i odlučivanja u kompaniji, bez obzira o kom nivou i značaju da se radi, mora se oslanjati na sistem za UR.
5. Sistem za UR mora generisati česte i pravovremene izveštaje sa adekvatnim informacijama za različite nivoe u upravljačkoj strukturi kompanije.

Važni prateći ISO standardi uz navedeni ISO 3100 jesu i:

1. ISO Guide 73:2009, u kome je dat rečnik termina za oblast upravljanja rizicima, i
2. ISO/IEC 31010:2009, koji u okviru procesa upravljanja rizicima opisuje isključivo tehnike za procenu rizika. U standardu su navedene i opisane sledeće tehnike:
  - Ček liste;
  - Delfi tehnika;
  - Strukturirana analiza *what-if* scenarija (*Structured "What if" Technique - SWIFT*);
  - Analiza uticaja na poslovanje (*Business Impact Analysis - BIA*);

- Analiza otkaza i efekata (FMEA, *Root Cause Analysis* - RCA);
- Analiza hazarda i kritičnih tačaka (*Hazard Analysis and Critical Control Points* – HACCP);
- Studija hazarda (*Hazard and Operability Study* – HAZOP);
- Analiza nivoa zaštite (*Layers of Protection Analysis* – LOPA);
- *Bow tie* analiza (grafički prikaz izvora i posledica rizika);
- Markovljeva analiza;
- *Monte-Carlo* analiza;
- Bajesova metoda.

Nakon analize različitih standarda i procesa upravljanja rizicima koje oni definišu može se zaključiti da četiri značajna procesa koja su zajednička za sve navedene standarde jesu:

1. Identifikacija rizika
2. Analiza i procena rizika
3. Tretiranje rizika
4. Kontrola rizika i izveštavanje

Takođe, svi pristupi se slažu u preporuci da se sa upravljanjem rizicima počne što ranije u toku realizacije investicionog projekta, sa početkom planiranja ostalih bitnih elemenata investicionog projekta (obim, vreme, troškovi, kvalitet), i da rizicima treba upravljati kroz sve faze realizacije projekta.

Za potrebe ovog istraživanja, dalje ćemo se zadržati samo na procesima identifikacije, analize i procene rizika.



### 2.1.4 Klasifikacija rizika investicionih projekata

Čak i u periodu pre nego što su kao ciljevi projekata bili razmatrani kompleksni zahtevi održivosti, rečeno je da je građevinarstvo jedan od sektora industrije sa najvećom izloženošću rizicima (Flanagan i Norman, 1993).

Kako navodi (Bunni, 2003), na osnovu statistike o rizicima sakupljene za period poslednje tri decenije dvadesetog veka, baziranoj na građevinskim sporovima i međunarodnim arbitražama, nesrećama na radu i izloženosti prirodnim opasnostima, može se zaključiti da su oblast građevinarstva, te naročito investicioni projekti izuzetno osetljivi na rizike. Posle rudarstva sa eksploatacijom mineralnih sirovina, poljoprivrede sa lovom, šumarstvom i ribolovom, građevinska industrija je sektor sa najvećim brojem nezgoda sa fatalnim posledicama (prosečno 4,8 nesreća na 100.000 radnika godišnje).

Rizici u oblasti građevinarstva se mogu klasifikovati na različite načine.

Prema nivou na kom se pojavljuju, mogu se podeliti u tri grupe: strateški, projektni i operativni rizici (Ivković i Popović, 2005). Strateški rizici predstavljaju sisteme pretnji i prilika koje bi mogle značajno da utiču na poslovanje i opstanak preduzeća kao celine. Projektni rizici obuhvataju rizike koji se javljaju u okviru investicionog projekta. Operativni rizici obuhvataju rizike koji se javljaju u toku poslovanja i oni najčešće proizilaze iz tekućih aktivnosti.

Prema oblasti izvora rizika, rizici građevinskog projekta se mogu podeliti na eksterne, tj. one koji proističu iz okruženja projekta i interne, koji se dalje dele na netehničke (finansijske, vremenske), tehničke i pravne (Bunni, 2003). Pojavljivanje eksternih rizičnih događaja je najčešće van kontrole organizacije koja upravlja projektom i eksterni događaji mogu biti nepredvidivi i predvidivi ali neizvesni. U nastavku su dati primeri pojedinih rizika po grupama, kako ih navodi Bunni (2003):

U nepredvidive eksterne rizike spadaju:

- Viša sila
- Prirodne katastrofe
- Promena regulative
- Rizici po životnu sredinu
- Protesti

U predvidive (ali neizvesne) eksterne rizike spadaju:

- Promene na tržištu
- Promene kursa
- Inflacija
- Promene u poreskoj politici (stope poreza)

Interni rizici koji mogu uticati na dinamiku odvijanja radova pronalaze se u:

- Zahtevima i odobrenjima investitora
- Strukturi i raspoloživosti resursa
- Teškoćama sa pokretanjem radova
- Povezanosti kašnjenja pojedinih aktivnosti ili vrsta radova
- Neadkvatnom planiranju
- Nepredviđenim okolnostima na gradilištu

Interni finansijski rizici se mogu pronaći u:

- Raspoloživosti sredstava investitora i dinamici plaćanja
- Tačnosti analize cena
- Tipu i uslovima ugovora
- Naknadnim i nepredviđenim radovima

Interni tehnički rizici se pronalaze u:

- Tehničkom ekspertskom znanju
- Veličini i kompleksnosti projekta
- Zahtevima u pogledu instalacija
- Eventualnim problemima u održavanju

Interni pravni rizici uključuju:

- Nejasnoće ugovornih odredbi ili zahteva
- Potrebne licence, dozvole
- Probleme sa patentima i intelektualnom svojinom

- Nemogućnost da se ispoštuje ugovor
- Tužbe
- Probleme sa zaštitom podataka

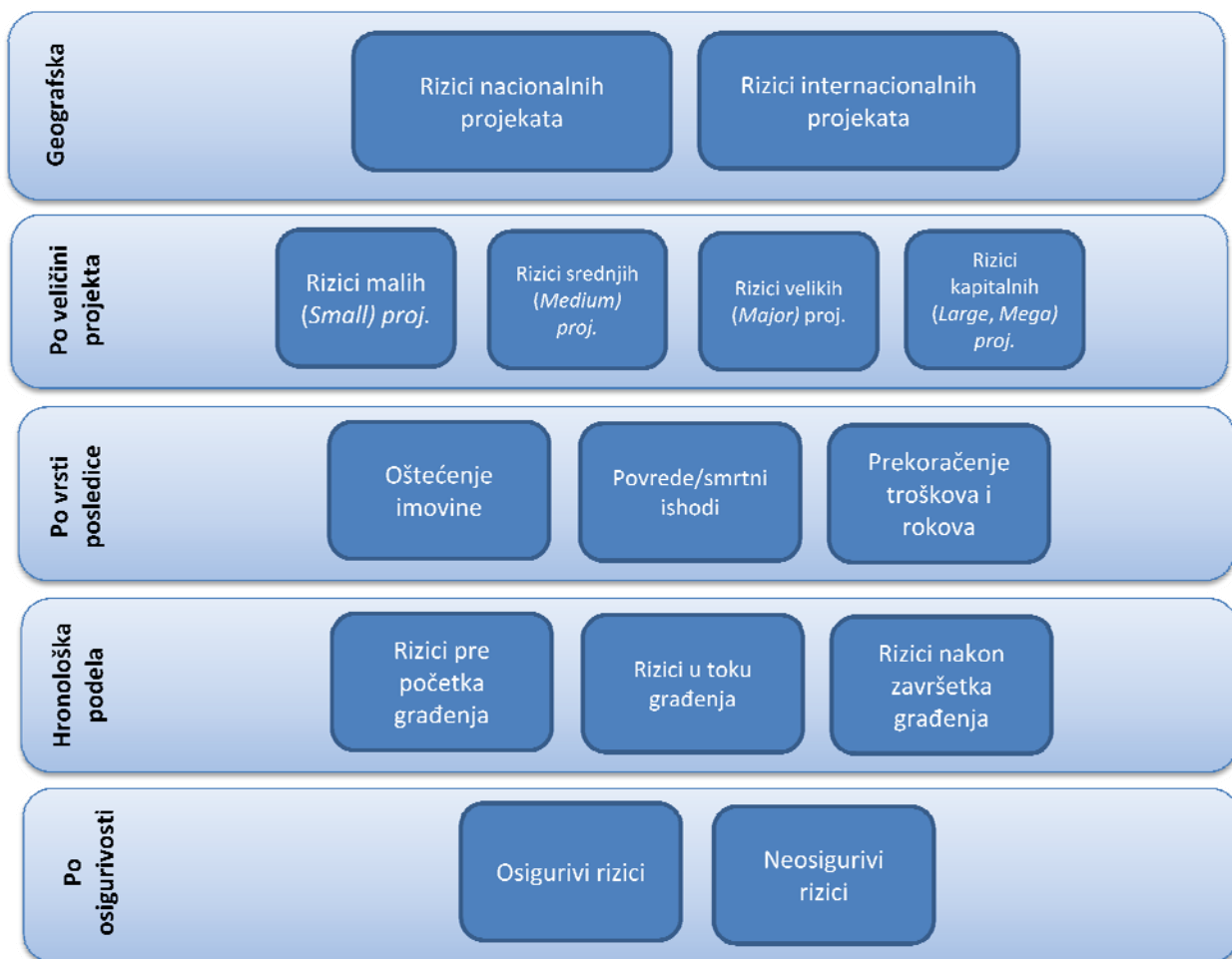
Više autora daje predloge klasifikacije rizika na investicionim projektima u građevinarstvu. Pregled istraživanja na ovu temu dat je u (Adams, 2008; Zou, et al., 2007). Ovde će, zbog sistematičnosti i najsveobuhvatnijeg pristupa, biti prikazan sistem klasifikacije dat u (Bunni, 2003).

Prema ovom pristupu, važne klasifikacije rizika na investicionim projektima u građevinarstvu bile bi sledeće (slika 9) (Bunni, 2003):

1. **Geografska klasifikacija** podrazumeva podelu rizika prema tržištu, kulturi, običajima i tradiciji, materijalima koji se primenjuju, metodama rada vezanim za zemlju, područje ili mesto gde se projekat realizuje. Prema ovoj klasifikaciji, rizici se dele na rizike nacionalnih i rizike internacionalnih projekata.
2. **Klasifikacija zasnovana na veličini i kompleksnosti projekta** razlikuje vrste i učestalost rizika u zavisnosti od veličine i kompleksnosti projekta. Broj rizika koji se pojavljuju pri izgradnji ne raste linearno sa povećanjem veličine projekta, već se pojavljuju novi rizici, koji moraju biti identifikovani na vreme, tj., kako autor navodi, pre početka projektovanja. Veličina projekata izražena finansijski poslednjih godina u svetu dramatično raste. Po ovoj klasifikaciji rizici se dele na rizike:
  - a. malih (*small*) projekata – investiciona vrednost manja od milion evra,
  - b. srednjih (*medium*) projekata – inv. vrednost između jednog i pedeset miliona evra,
  - c. velikih (*major*) projekata – inv. vrednost između pedeset i petsto miliona evra), i
  - d. kapitalnih (*large, mega*) projekata – inv. vrednost veća od petsto miliona evra. Predmet istraživanja u ovom radu jesu upravo kapitalni projekti.
3. **Klasifikacija prema vrsti i intenzitetu mogućih posledica** razmatra verovatnoću događanja i vrste i intenzitet posledica neizvesnih događaja. Klasifikacija se može vršiti po oba kriterijuma, prema zasebnim skalama.

Posledice, a samim tim i rizici mogu biti izraženi kao finansijski gubitak (prekoračenje troškova), kašnjenje, šteta, povreda ili kombinacija pojedinih ili svih neželjenih efekata. U ovom radu, poseban interes je stavljen na rizike koji mogu uzrokovati prekoračenje troškova i prekoračenje rokova realizacije investicionog projekta.

4. Prema **hronološkoj klasifikaciji** rizici se dele u zavisnosti od faze realizacije projekta u kojoj se dešavaju ili mogu desiti. Iako se vrste rizika koje se u različitim fazama mogu pojaviti u različitim zemljama, tržištima, kulturama razlikuju, moglo bi se ipak, prateći životni vek objekta, reći da se rizici mogu pojaviti u fazi formiranja koncepcije (izrada studija), fazi realizacije (projektovanje, građenje), i u fazi eksploatacije. Ove faze bi odgovarale generalnoj podeli toka izgradnje na faze sa stanovišta investitora (Ivković i Popović, 2005). O rizicima kroz sve navedene faze realizacije će biti dalje reči.
5. Načinom na koji je odgovornost za rizike raspodeljena na učesnike u realizaciji projekta bavi se **klasifikacija prema standardnim formama ugovora**. Rizici se dele prema tome ko je za njih odgovoran (izvođač, investitor), kao i prema tome da li je moguće osigurati ih. Od posledica nekih rizika se u praksi uobičajeno osigurava, drugi se, iako mogu biti osigurani, ređe osiguravaju. Pored toga, postoje i rizici sa posledicama od kojih se ne može osigurati. Za takve rizike se zahteva odgovornost, odnosno trebalo bi da odgovornost za takve rizike bude srazmerna koristima koje od projekta ima izvesna strana. Prema ovoj klasifikaciji, rizici se dele na one od kojih se može osigurati i one koji od kojih se ne može osigurati. Rizici od kojih se može osigurati se dalje dele na one koji su zapravo osigurani, one koji nisu, i one koji su višestruko osigurani. Oblast osiguranja od rizika, iako veoma značajna, zbog obima i prirode ovog rada, nije predmet proučavanja.



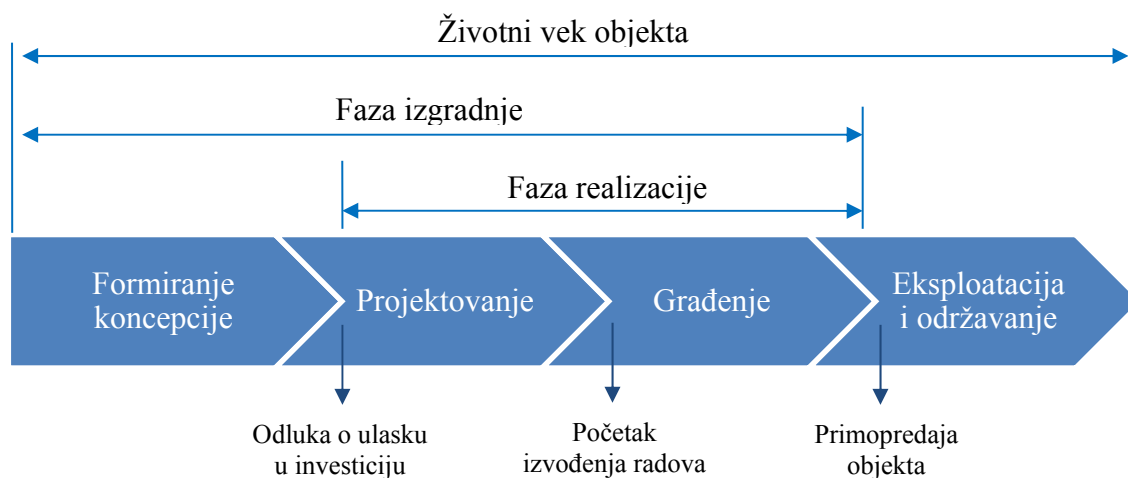
Slika 9: Klasifikacije rizika na građevinskim projektima (Bunni, 2003)

#### 2.1.4.1 Hronološka podela rizika

Shodno veoma izraženoj vremenskoj dimenziji svakog investicionog projekta, brojnih učesnika sa različitim interesima i različitim nivoom angažovanja kroz faze projekta, neophodno je reći nešto više o prethodno navedenoj hronološkoj klasifikaciji rizika (Bunni, 2003). Prema njoj, projektni rizici se mogu podeliti na:

1. Rizike pre početka građenja:
  - a. Rizici u fazi formiranja koncepcije, odn. fazi analize opravdanosti (*feasibility stage*);
  - b. Rizici u fazi projektovanja (*design stage*);
2. Rizike u fazi građenja (*construction stage*):
  - a. Rizici povezani sa položajem i karakteristikama lokacije za gradnju;
  - b. Rizici povezani sa tehničkim aspektima projekta;
  - c. Rizici povezani sa delovanjem čoveka;
3. Rizike u fazi nakon završetka građenja (*post construction stage*):
  - a. Rizici u okviru trajanja garantnog roka;
  - b. Rizici nakon isteka garantnog roka.

Detaljnije će dalje biti navedeni mogući izvori rizika u fazi pre početka građenja i fazi građenja, odnosno u fazi formiranja koncepcije i fazi realizacije (slika 10).



Slika 10: Faze životnog veka objekta (modifikovano iz (Ivković i Popović, 2005))

U fazi formiranja koncepcije, najznačajniji mogući izvori rizika, kako (Bunni, 2003) navodi jesu sledeći:

1. Sručnost i osposobljenost tima investitora
2. Kvalitet prethodnih istraživanja
3. Kvalitet budžetiranja

Rizici sa kojima se projekat susreće u fazi projektovanja bili bi:

1. Rizik izbora neadekvatnog projektnog rešenja u odnosu na druga lica i društvo
2. Rizik izbora pogrešne forme ugovora
2. Rizik zanemarivanja ili nebrige za interese korisnika
3. Rizik nedostatak znanja, neadekvatne provere i projektovanja pod pritiskom rokova
4. Rizik nepoznavanja tehnologije, metodologije rada, tehničkih uslova
5. Rizik nedostatka komunikacije sa projektantom i između projekatanta
6. Rizik primene nestandardnih, netestiranih i/ili neodobrenih elemenata i/ili metoda
7. Rizik primene mašinske i elektro opreme neadekvatnog kapaciteta
8. Rizik propusta u primeni faktora sigurnosti, osiguranja i bezbednosti
9. Na kraju ove faze - Rizik izbora neadekvatnog izvođača radova

Rizici tokom izvođenja radova su najbrojnija grupa rizika povezana sa najvećim mogućim posledicama.

U rizike u vezi sa položajem i karakteristikama lokacije za gradnju spadaju:

1. Vezano za položaj lokacije:
  - a. Rizici prirodnih nepogoda
  - b. Rizici nastali zbog ljudskog faktora
2. Vezano za karakteristike lokacije:
  - a. Rizici na koje ne utiče čovek:
    - i. Rizici topografskih i hidroloških uslova
    - ii. Rizici geoloških uslova
  - b. Rizici nastali zbog ljudskog faktora:

- i. Rizici podzemnih instalacija i objekata (uključujući arheološka nalazišta)
- ii. Rizik prijema projekta kod lokalnog stanovništva
- c. Nepredvidive fizičke opstrukcije

Rizici u fazi građenja povezani sa tehničkim aspektima projekta mogu biti:

1. Tehnička složenost i inovacije na projektu koje zahtevaju nove metode gradnje i/ili montaže
2. Opasne materije i predmeti u toku izgradnje
3. Mehanički i električni kvarovi - otkazi
4. Gubitak oslonca, potpore
5. Greške u projektno-tehničkoj dokumentaciji
6. Defekti u materijalu/opremi
7. Nekvalitetno upravljanje gradilištem i procesom građenja
8. Klizišta, odroni i pritisak tla
9. Eksplozije i požari
10. Zemljotresi i vibracije prouzrokovane na drugi način
11. Greške u pripremnim i privremenim radovima
12. Degradacija materijala i korozija
13. Rušenja

Ljudski faktor može biti uzrok rizika u sledećim oblastima:

1. Zdravlje i bezbednost na radu
2. Organizacija i dinamika izvođenja radova
3. Krađe, prevare i zlonamerna činjenja
4. Javni nemiri, neredi
5. Štrajkovi
6. Nestručnost i nemar



## 2.2 DEFINICIJA INFRASTRUKTURE I KAPITALNIH INFRASTRUKTURNIH OBJEKATA

Većina definicija u najkraćem ističe da je infrastruktura mreža različitih objekata koji su neophodni za funkcionisanje savremenog društva.

U verovatno najširoj definiciji infrastrukture (Grimsey i Lewis, 2004) kaže se da infrastrukturu čine one fizičke i društvene strukture koje podržavaju život i interakciju u društvu.

Jedan od načina kako se infrastruktura generalno može podeliti jeste na ekonomsku i društvenu infrastrukturu, pri čemu se obe ove kategorije dalje mogu podeliti na infrastrukturu materijalnog i nematerijalnog tipa (Geambasu, 2011; Argy, 1999). Ekonomska infrastruktura materijalnog tipa obuhvata sisteme koji omogućavaju poslovanje i proizvodnju, kretanje ljudi, životinja i resursa. To su saobraćajni, energetske, vodoprivredni i telekomunikacioni sistem. Upravo je ova kategorija (ekonomska infrastruktura materijalnog tipa) predmet razmatranja u ovoj disertaciji. Od objekata u ovu kategoriju spadaju putevi, železničke pruge, aerodromi, mostovi, tuneli, objekti za proizvodnju i transport energije, nafte i gasa, vodoprivredni kao i telekomunikacioni objekti. Ekonomsku infrastrukturu nematerijalnog tipa čine finansijske institucije i sektor istraživanja i razvoja kao podrška poslovanju.

Prema istom autoru (Argy, 1999) društvenu infrastrukturu materijalnog tipa čini zdravstveni i obrazovni sistem, čiji je cilj poboljšanje nivoa kvaliteta života. U društvenu infrastrukturu nematerijalnog tipa ubrajaju se društveno poželjni sistemi, kakvi su sistemi zaštite i bezbednosti, javni servisi itd. (Musgrave, 1959).

Predmet istraživanja u ovoj disertaciji jesu kapitalni objekti ekonomske infrastrukture materijalnog tipa. Konkretno i uže posmatrano razmatrani su kapitalni objekti saobraćajne (auto-putevi, železničke pruge, metro linije, aerodromi), energetske (objekti za proizvodnju i prenos električne energije i gasa) i hidrotehničke infrastrukture (hidrotehničke konstrukcije) čija je investiciona vrednost veća od jedne milijarde američkih dolara, odnosno petsto miliona evra (Flyvbjerg, et al., 2003; MEGAPROJECT, 2012). U pitanju su objekti čija priprema i izgradnja, usled obima

neophodne investicije i mogućeg uticaja na okolinu i društvo, uvek privlače značajnu pažnju društva (Flyvbjerg, et al., 2003).

### **2.3 KRITIČNI FAKTORI ZA USPEH INFRASTRUKTURNIH PROJEKATA**

Kako bi se definisao pojam kritičnih faktora uspeha projekta, neophodno je najpre definisati pojam uspeha projekta i kriterijuma uspeha projekta.

Pod uspehom projekta izgradnje podrazumeva se ostvarenje projektnih ciljeva. Ciljevi projekta predstavljeni kao veličine čije je ispunjenje moguće meriti nazivaju se kriterijumima uspeha projekta ili performansama projekta (Cooke-Davies, 2002). U užem, tradicionalnom smislu ciljevi projekta jesu realizacija projekta u okviru planiranih troškova, planiranog roka, u skladu sa definisanim obimom i zahtevanim nivoom kvaliteta izvedenih radova (Williams, 1995). Kriterijumi uspeha su, dakle, u tom slučaju troškovi, vreme i kvalitet. Uspeh projekta definisan na ovaj način razmatran je u delu istraživanja prikazanom u poglavlju 5.

Usled važnosti koju aspekti zaštite životne sredine i održivog društveno-ekonomskog razvoja dobijaju u poslednje dve decenije, u novijoj literaturi se ističe da je navedena uža definicija uspeha projekta (ostvarenje planiranih troškova, vremena i kvaliteta) zapravo samo definicija uspeha upravljanja projektima (Ika, 2009). Uspeh projekta bi, prema istom izvoru, morao da, kao ciljeve projekta uključi i pozitivan efekat ili umanjenje negativnog efekta projekta na okolinu i društvo tokom celog životnog veka objekta.

Kritični faktori uspeha (*Critical Success Factors* (CSF)) projekta jesu oni inputi upravljačkog sistema i karakteristike projekta i okruženja projekta koji direktno ili indirektno vode ka uspehu projekta (Cooke-Davies, 2002).

Analiza kritičnih faktora uspeha veoma često pruža odgovore na neizvesnosti i rizike i pruža uvid u karakteristike projekata koje doprinose otpornosti projekata na rizike (Geambasu, 2011). Takođe, upravljanje rizicima se često ističe kao jedan od kritičnih faktora uspeha projekata. S obzirom da je procena rizika najvažniji proces u upravljanju rizicima, u ovom radu akcenat je stavljen upravo na procenu rizikav i to u ranoj fazi realizacije projekta.

Kao kritični faktori uspeha infrastrukturnih projekata u tradicionalnom smislu (troškovi, vreme, kvalitet) u literaturi se navode (pregled literature dat u (Geambasu, 2011):

- Razumevanje i saglasnost članova tima oko ciljeva projekta;
- Jasni i realistični ciljevi;
- Podrška top menadžmenta kompanija učesnika na projektu;
- Dobra komunikacija;
- Učešće investitora;
- Kvalifikovano i adekvatno obučeno osoblje/tim;
- Efektno upravljanje promenama;
- Kompetentan menadžer projekta;
- Adekvatno upravljanje resursima;
- Adekvatno upravljanje rizicima;
- Efektna kontrola vremena i troškova;
- Organizaciona kultura, struktura i sposobnost adaptacije;
- Dobre performanse poslovanja podizvođača i kooperanata;
- Politička stabilnost;
- Iskustvo u pogledu tehnologije i metoda koje se primenjuju;
- Uticaji iz okruženja projekta;

U nedavnom istraživanju faktora uspeha infrastrukturnih projekata finansiranih od strane Svetske banke, navodi se da je pet kritičnih za uspeh projekta:

- Kontrola;
- Koordinacija;
- Kvalitet projektno-tehničke dokumentacije;
- Obuka;
- Institucionalni okvir i okruženje.

U tabeli 2 dat je osvrt na kritične faktore uspeha projekata na kojima su osim tradicionalno definisanog uspeha (troškovi, vreme, kvalitet) razmatrani i uticaji projekata na ekonomiju, društvo i okolinu (aspekti održivosti, pogledati naredno poglavlje).

Tabela 2: Kritični faktori uspeha za održive projekte

Kritični faktori uspeha	Faza projekta	Izvor
Prethodno iskustvo članova tima u zajedničkom radu, efikasna razmena informacija, poverenje i saradnja, posvećenost ciljevima održivosti	Formiranje koncepcije	(FIDIC, 2004; Lapinski, et al., 2006; Enache-Pommer i Horman, 2009; Chinowsky, et al., 2008; Swarup, et al., 2011)
Posvećenost investitora ciljevima održivosti, investitorov izbor načina nabavke, ugovornih uslova, i članova tima	Sve faze (naročito formiranje koncepcije)	(Ling, et al., 2004; Korkmaz, et al., 2010)
Pravovremeno uključivanje svih ključnih učesnika u projekat	Formiranje koncepcije	(Riley i Horman, 2005)
Saradnja tokom projektovanja, integrisano projektovanje	Projektovanje	(Riley, et al., 2004; Korkmaz, et al., 2010; Swarup, et al., 2011; Kovacic, 2012)
Održavanje radionica ( <i>design charrette</i> ) na početku procesa projektovanja uz učešće svih projekatana	Projektovanje	(FIDIC, 2004)
Primena analize životnog ciklusa i energetskeg modeliranja	Projektovanje	(NIBS, 2006)
Naglašavanje u tenderskoj dokumentaciji uloge izvođača u pogledu ostvarenja i dokumentovanja ostvarenosti održivih ciljeva projekta	Ugovaranje	(USGBC, 2008)
Obuka radnika izvođača	Građenje	(Deane, 2005)
Uključivanje korisnika objekta u proces građenja i primo-predaje	Građenje, eksploatacija	(PGGGC, 1999)

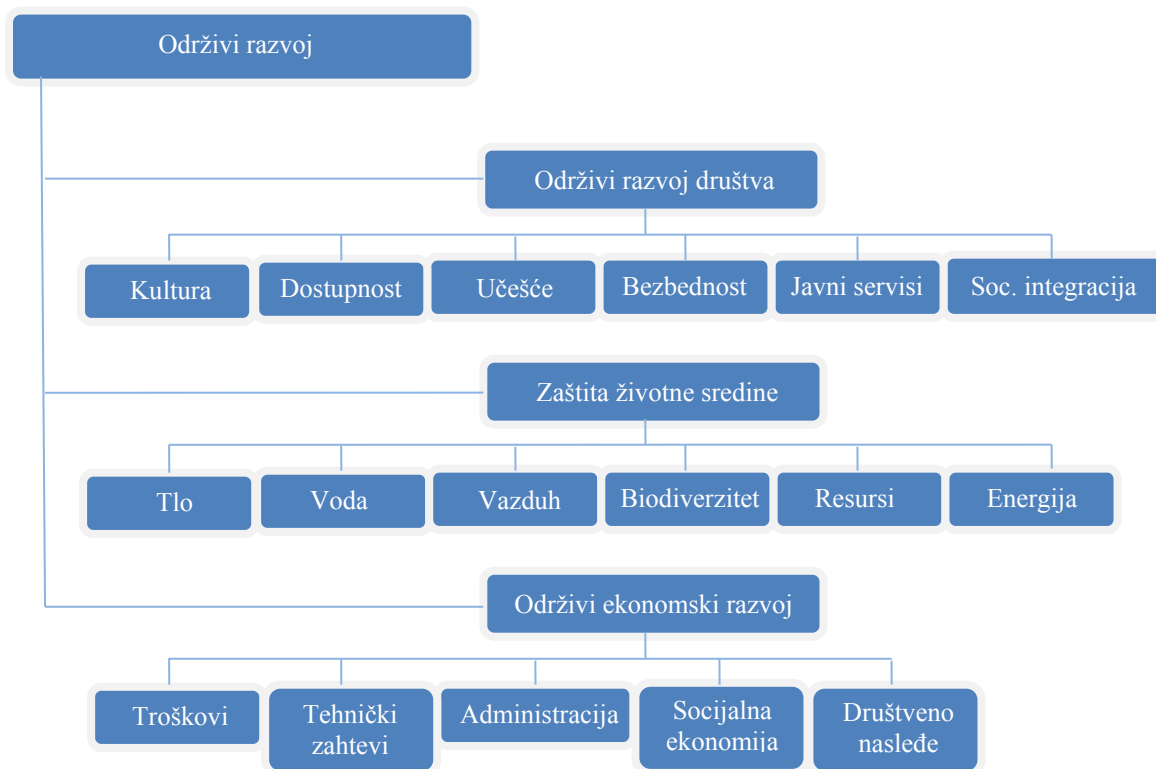
Pored navedenog cilja identifikacije ključnih izvora rizika, u glavnom delu istraživanja u ovom radu, dodatni cilj je identifikacija kritičnih faktora uspeha kapitalnih infrastrukturnih projekata.

## 2.4 UPRAVLJANJE ODRŽIVOŠĆU PRI REALIZACIJI INFRASTRUKTURNIH PROJEKATA

Pod uspehom projekta izgradnje se podrazumeva ispunjenje ciljeva projekta, koji se u tradicionalnom smislu definišu kao završetak projekta na vreme, u okviru planiranog budžeta uz ostvareni obim posla i zahtevani nivo kvaliteta (Williams, 1995).

Tokom perioda od tri decenije, od samita Ujedinjenih Nacija (UN) o životnoj sredini i razvoju 1972. god. do „Agende 21” usvojene na samitu UN-a 1992. god. usmeravanjem sve veće pažnje na problem zaštite životne sredine radi očuvanja iste za potrebe budućih generacija, postepeno je razvijen koncept održivog razvoja (Drexhage i Murphy, 2012).

Kroz koncept održivog razvoja izražava se ambicija da se postupa odgovorno, fer, efektivno, efikasno, pažljivo i uz razmatranje posledica na duži vremenski rok (FIDIC, 2012). Takav koncept razvoja nastoji da izrazi potrebu društva za razmatranjem svih posledica odluka koje se donose. Iako u savremenim istraživanjima postoje dodatne oblasti, tri osnovna aspekta održivog razvoja jesu ekonomski, društveni i aspekt zaštite životne sredine (slika 11) (UNEP, 2002).



Slika 11: Generička struktura održivog razvoja (preuzeto iz (Fernández-Sanchez i Rodríguez-Lopez, 2010))

Koncept održivosti je u građevinarstvo uveden u toku prve polovine 90-ih godina 20. veka. Tradicionalnim ciljevima projekata izgradnje (troškovi, vreme, kvalitet) dodati su novi ciljevi kako bi se onemogućilo da usko definisana ambicija za efikasnošću u realizaciji isključi razmatranje uticaja projekata na okolinu i društvo na duži rok – u toku trajanja čitavog životnog ciklusa objekta (FIDIC, 2012; Fernández-Sanchez i Rodríguez-Lopez, 2010). Primer aspekata održivosti primenjivih na proces izgradnje objekata jesu, u pogledu ekonomskih efekata objekta: troškovi životnog ciklusa objekta, finansijska i ekonomska neto sadašnja vrednost i interna stopa rentabiliteta, Cost-Benefit odnos; u pogledu uticaja na životnu sredinu: uticaj na tlo, vazduh, vodu, biodiverzitet, predviđena potrošnja energije, upravljanje otpadom; u pogledu društvenih efekata: efekat na kulturu, pristup objektu, učešće svih zainteresovanih strana u procesu odlučivanja, bezbednost i socijalna integracija (FIDIC, 2004).

Koncept održivosti primenjen na građevinski projekat bi trebalo da realizaciju projekta upravo usmeri u pravcu ostvarenja ekonomskih, društvenih performansi održivosti, kao i zaštite životne sredine (FIDIC, 2004).

Upravljanje održivošću na projektu definiše se kao proces kroz koji se uspostavlja okvir za ostvarenje, ostvaruje i proverava doprinos projekta održivom razvoju (FIDIC, 2004).

U svrhu merenja i kontrole ostvarenja ciljeva održivosti na projektu koriste se indikatori održivosti. U pitanju su parametri čija se vrednost osmatra i/ili proračunava. Oni služe da prikažu trenutno stanje ili trend u pogledu ostvarenja pojedinih ciljeva održivosti (FIDIC, 2004).

Kada je u pitanju izgradnja infrastrukturnih objekata, upravljanje održivošću bi trebalo da nudi sistematičan okvir za suočavanje sa kompleksnošću i različitim, često sukobljenim interesima učesnika na projektu. Kompleksnost i sukob interesa, koji su često prisutni na infrastrukturnim projektima nisu posledica primena principa održivosti, već održivost zapravo omogućava izražavanje i uvažavanje stavova različitih učesnika na projektu, te pomaže da se odluke na projektu donose pravovremeno i na osnovu potpunih informacija (FIDIC, 2012).

Isti izvor (FIDIC, 2012) navodi da se, iako je za svaki projekat neophodan jedinstven pristup upravljanju održivošću, ipak mogu definisati izvesne generalne faze u upravljanju održivošću tokom životnog veka infrastrukturnog objekta. U pitanju su sledeće faze (slika 12):

1. Konceptualna održivost; Ona je vezana za inicijalnu fazu projekta – pokretanje projekta. U pitanju je prvi deo faze formiranja koncepcije, pre analize opravdanosti (slika 12). U ovoj fazi investitor donosi odluke na najvišem nivou u pogledu svojih zahteva u vezi sa objektom. Tada postoji mogućnost da se razmišljanje o održivosti uključi u sve aspekte i faze projekta.
2. Inherentna održivost; Ova faza upravljanja održivošću se odigrava u drugom delu faze formiranja koncepcije, istovremeno sa prethodnom analizom opravdanosti izgradnje objekta infrastrukture (slika 12). U njoj se predlažu opcije i alternativna rešenja i donose ključne odluke o izboru lokacije ili trase, o tome kakvi su benefiti u pogledu održivosti mogući i za koga, analizira se na koga ili šta projekat može negativno uticati. U ovoj fazi postoji više ograničenja ali još uvek postoje značajne mogućnosti za razmatranje uticaja projekta na lokalnu ekonomiju, društvo i okolinu. U ovoj fazi vrši se izbor kriterijuma održivosti. Kao što je ranije navedeno za merenje ostvarenja ciljeva održivosti na

projektima opšta preporuka je da se koriste indikatori održivosti (FIDIC, 2004; FIDIC, 2012). Ono što, međutim, u praktičnoj primeni principa održivosti, naročito na infrastrukturnim projektima postoji kao problem, jeste preveliki broj sistema indikatora, dimenzija i kriterijuma bez globalnog konsenzusa oko toga koje indikatore treba izabrati na konkretnom projektu (Fernández-Sanchez i Rodríguez-Lopez, 2010). U navedenom radu (Fernández-Sanchez i Rodríguez-Lopez, 2010) se daje pregled i drugih problema u vezi sa primenom indikatora za potrebe procene održivosti na infrastrukturnim projektima. Navodi se da je na projektima na kojima se primenjuju indikatori broj indikatora veliki, da je teško obezbediti učešće i komunikaciju sa svim zainteresovanim stranama, te da se tradicionalno veći značaj pridaje ekološkim kriterijumima u odnosu na socijalne i ekonomske.

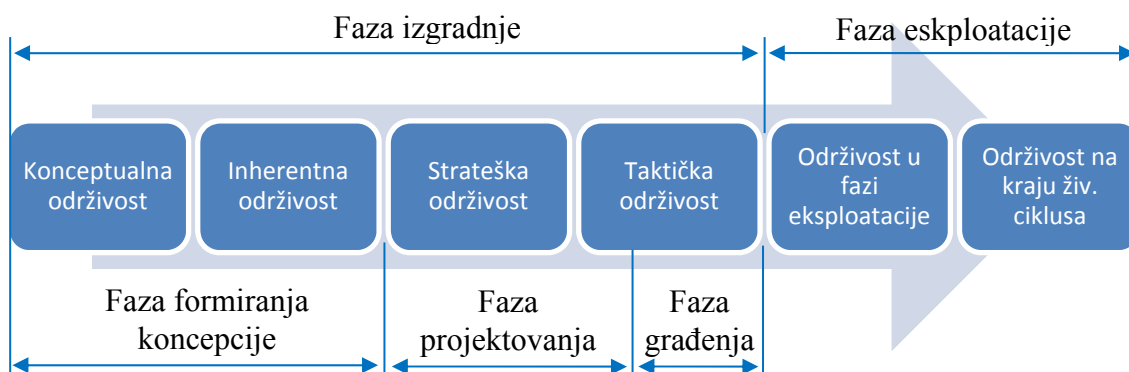
U cilju prethodne analize za potrebe odabira adekvatnog seta indikatora koji bi se mogli primenjivati na infrastrukturnom projektu, u ovom radu se, za fazu inherentne održivosti predlaže i razmatra mogućnost primene socijalne *Cost-Benefit* analize (CBA). Više o pristupu i rezultatima tog dela istraživanja dato je u poglavlju 4.

3. Strateška održivost, koja se odigrava paralelno sa fazom izrade idejnog i početkom izrade glavnog projekta; U njoj se prvenstveno, na osnovu sprovedene više-kriterijumske analize odlučuje o izboru optimalnog projektnog rešenja. Odluke se u pogledu kriterijuma održivosti donose na osnovu razrađenih informacija iz prethodne faze i to u pogledu održivosti, inovacija i ograničenja predloženih rešenja. Objekat se deli na fizičke i tehnološke komponente i razmatra se strategija za izvođenje svake celine radova, kao i njen uticaj na parametre održivosti.
4. Taktička održivost; Ova faza upravljanja održivošću odigrava se paralelno sa završetkom glavnog projekta i građenjem. Ključne aktivnosti u ovoj fazi usmerene su na kontrolu ispunjenja prethodno definisanih ciljeva i odvijaju se praćenjem vrednosti usvojenih indikatora održivosti. Cilj je postići unapred definisanu održivost, koja se najčešće izražava kroz uštedu energije, minimizaciju otpada, minimizaciju emisije ugljen dioksida, minimizaciju upotrebe ne-obnovljivih resursa, uz akcenat na ponovno iskorišćenje materijala,



reciklažu, transparentno i efikasno upravljanje izgradnjom. Uspeh aktivnosti u velikoj meri zavisi od veštine, nivoa obučenosti i motivacije kako izvođača radova, tako i investitora.

5. Održivost u fazi eksploatacije počinje nakon primo-predaje objekta; Za nju je najpre neophodno da su aspekti održivosti za fazu eksploatacije predviđeni i analizirani tokom faze formiranja koncepcije i projektovanja, te da postoji i da se sprovodi adekvatan plan upravljanja objektom kako bi predviđene performanse objekta bile ostvarene u uslovima neizvesnosti. U (FIDIC, 2012) navodi se da je tokom eksploatacije infrastrukturni objekat izložen klimatskim, političkim i ekonomskim neizvesnostima, da su neophodni resursi za rad ograničeni, te da performanse sistema uvek zavise i od ljudskog faktora. Ostvarene koristi primene principa održivosti se u fazi eksploatacije objekta manifestuju u vidu manjih eksploatacionih troškova, manjeg utroška neobnovljivih resursa, zdravijeg radnog i životnog okruženja, benefita od primene inovativnih tehnologija i sistema.
6. Održivost na kraju životnog ciklusa objekta infrastrukture je takođe neophodno analizirati unapred, tokom faze formiranja koncepcije i projektovanja. Prioritet mora biti minimizacija otpada nakon rušenja ili demontiranja objekta. Prednost treba dati onim projektnim rešenjima koja omogućavaju dogradnju u cilju produženja životnog veka ili promene namene, demontažu i ponovno korišćenje, prodaju ili reciklažu delova objekta i materijala.



Slika 12: Održivost kroz faze životnog veka objekta infrastrukture

### 2.4.1 Održivost i rizik

Projekte koji kao svoje ciljeve osim tradicionalnih (troškovi, vreme, kvalitet) imaju i održivost (umanjenja negativnog uticaja ili pozitivan uticaj projekta na okolnu i društvo) takođe karakterišu rizici i neizvesnost.

Čak i pre uvođenja principa održivosti u građevinarstvo, tvrdilo se da je (Williams, 1995):

„Jedan aspekt budućnosti očigledan: svi novi građevinski projekti biće realizovani u sve kompleksnijem tehničko-tehnološkom, ekonomskom, političkom i društvenom okruženju”.

Savremeno okruženje potvrđuje da je proces pripreme, projektovanja, izgradnje i održavanja održivih objekata kompleksniji i da zahteva intenzivniju interakciju učesnika na projektu u odnosu na projekte sa tradicionalnim ciljevima (Lapinski, et al., 2006). Upravo se za učesnike na projektu kaže da su najveći izvor neizvesnosti kroz sve faze životnog ciklusa projekta (Ward i Chapman, 2008) i da su (učesnici) često nedovoljno upoznati sa kompleksnim procesima i aktivnostima potrebnim za uspešnu realizaciju održivih objekata (Klotz i Horman, 2010).

Kako bi se proces praktične primene principa održivosti na projektima intenzivirao i ubrzao, (Demaid i Quintas, 2006) predlažu da bi trebalo slediti primer uvođenja upravljanja rizicima na projekte. Oni ističu da upravljanje održivošću kao i upravljanje rizicima zahteva formalna pravila i da obe oblasti u velikoj meri analiziraju bitne društveno-ekonomske aspekte projekta. Autori zaključuju da, ukoliko su procedure upravljanja rizicima uvedene kao obavezne kod velikih projekata, procedure za upravljanje održivošću bi takođe trebalo da budu integrisane u osnovne procese na projektu, umesto što se tretiraju kao dodatni zahtevi ili ograničenja.

Kolaborativna priroda projekta je od krucijalnog značaja za uspeh održivih projekata (Klotz i Horman, 2010). Ona se ogleda u potrebi da usko specijalizovani članovi tima neprekidno i efikasno komuniciraju, što, s druge strane, podiže troškove i povećava neizvesnost. Kada se pitanja i zahtevi održivosti dodaju na tradicionalno kompleksnu praksu izgradnje, projekt menadžeri bivaju okruženi većom neizvesnošću (Demaid i

Quintas, 2006). Znanje i stavovi menadžera ne kreiraju niti eliminišu neizvesnost, ali performanse projekata mogu biti značajno ugrožene njome (Perminova, et al., 2008).

Neophodno je istaći još jedan aspekt rizika u vezi sa održivošću na projektima. S obzirom da se od strane različitih organizacija i regulatornih tela dosta pažnje i sredstava ulaže u razvoj i primenu metoda i alata za realizaciju održivih projekata u građevinarstvu, bilo bi očekivano da se održivi ciljevi projekata realizuju efikasnije od tradicionalnih ciljeva. Istraživanja, međutim, pokazuju suprotno. Problem neispunjenja planiranih ciljeva prisutan je kako u pogledu tradicionalnih, tako i u pogledu održivih ciljeva projekata (Flyvbjerg, et al., 2003; Oates i Sullivan, 2012).

## 2.5 SPECIFIČNOSTI KAPITALNIH INFRASTRUKTURNIH PROJEKATA KAO MOGUĆI IZVORI RIZIKA

Kapitalne infrastrukturne objekte karakterišu visoki inicijalni troškovi, dugačak životni vek i neophodnost finansiranja i upravljanja njima u toku dužeg vremenskog perioda (Esty, 2008). Mogući pozitivni i negativni efekti kapitalnih infrastrukturnih projekata na okolinu i društvo su veliki, dalekosežni i mogu se preplitati sa ciljevima i efektima društvene infrastrukture, kao što, na primer, izgrađen auto-put može poboljšati kvalitet života, iako to nije prvenstveni cilj njegove izgradnje (Argy, 1999; Hirschman, 1967).

Kapitalni infrastrukturni projekti jesu motori razvoja društva. Kapitalni projekti iz oblasti saobraćaja i energetike su imali i dalje imaju naročito značajnu ulogu u razvoju Evropske Unije (Flyvbjerg, et al., 2003).

Uprkos ogromnom značaju koji kapitalni projekti imaju, njihova realizacija je vrlo često praćena neispunjenjem planiranih troškovnih i vremenskih performansi (Cantarelli, et al., 2012). I za investicione projekte generalno se navodi da se realizacija između 60% i 82% projekata završava neuspešno (Morris, 2008). Ukoliko se posmatra problem prekoračenja troškova pri izgradnji objekata saobraćajne infrastrukture (koji nisu obavezno kapitalni), Jenpanitsub (2011) upoređuje rezultate različitih istraživanja i dolazi do zaključka da je prekoračenje troškova na takvim projektima globalni problem. Većina sprovedenih studija fokusira se na projekte u okviru jedne zemlje i dokazuje da problem prekoračenja troškova postoji u SAD, Kanadi, na Filipinima, u Južnoj Koreji, Švedskoj, Engleskoj, Sloveniji. Prosečno prekoračenje troškova (u procentima u odnosu na planirani budžet) na projektima izgradnje puteva u navedenim zemljama kreće se od 4,5% (2.668 analiziranih projekata u SAD) do 86% (8 analiziranih projekata u Švedskoj) (Jenpanitsub, 2011). Raspon prosečnog prekoračenja troškova na projektima izgradnje železničke infrastrukture je od 14% (28 analiziranih projekata u Švedskoj) do 95% (122 analizirana projekta u Indiji).

Kada su u pitanju kapitalni projekti, kaže se da je više od 50% takvih projekata realizovano neuspešno (Merrow, 2011). Najobimnije istraživanje u oblasti, obavljeno na nivou čitavog Sveta (Flyvbjerg, et al., 2003) prvobitno je obuhvatilo 258 kapitalnih infrastrukturnih projekata (putevi, železnice, tuneli, mostovi). Ovo istraživanje je pokazalo da je prekoračenja troškova bilo na 90% projekata, i to prosečno 27,6%.

Najveće prekoračenje je bilo pri izgradnji železničke infrastrukture, prosečno – 45%, zatim kod tunela i mostova, prosečno – 34%, dok je kod puteva iznosilo prosečno 20%.

Rezultati istog istraživanja sa dopunjenim podacima, sa ukupno 806 kapitalnih infrastrukturnih projekata, objavljeni su 2012. godine (Cantarelli, et al., 2012). U njima se navodi da je prosečno prekoračenje troškova na projektima iznosilo 35,5%.

U istraživačkom centru: „*Omega Transport Research Centre*” na Univerzitetu „*University College London*”, na kome je autor disertacije boravio u periodu februar-mart 2014. godine obavljena je analiza podataka sa 30 kapitalnih projekata izgradnje saobraćajne infrastrukture iz 10 razvijenih zemalja (SAD, Velika Britanija, Holandija, Francuska, Nemačka, Švedska, Grčka, Japan, Australija, Hong Kong). U pitanju su projekti čija je realizacija završena nakon 1990. godine. Analiza je pokazala da je prekoračenje troškova na projektima u proseku iznosilo 22%, da je 15 projekata završeno uz kašnjenje veće od godinu dana, te da je samo na trećini projekata bilo ispunjeno više od 75% planiranih ciljeva (OMEGA Centre, 2012).

Međunarodna naučna COST akcija TU1003: "*Megaproject – Efficient Design and Delivery of Megaprojects in the European Union*", finansirana od strane Evropske Unije, u kojoj učestvuje Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu i autor ove teze, pokrenuta je sa ciljem istraživanja kapitalnih projekata u Evropi. Nakon prikupljanja podataka, u okviru ove akcije vrši se analiza faza planiranja, projektovanja i realizacije kapitalnih projekata sa konačnim ciljem akcije da pruži smernice i preporuke za efikasniju realizaciju i puštanje u rad kapitalnih objekata (MEGAPROJECT, 2012). Efikasna realizacija ne podrazumeva samo ispunjenje torškovnih i vremenskih performansi, već i zadovoljenje društvenih i komercijalnih potreba koje su pokrenule projekat, tokom celokupnog životnog ciklusa. Analiza podataka prikupljenih u okviru pomenute akcije govori da je na 15 od 28 ukupno prikupljenih studija slučaja (54%) bilo prekoračenja planiranih troškova, i da je prekoračenje troškova prosečno iznosilo 37%. Na 6 projekata nije došlo do prekoračenja, dok za 7 projekata podaci o stvarnim troškovima nisu poznati. Što se prekoračenja rokova tiče, na 15 od 28 projekata (54%) je bilo kašnjenja u realizaciji. Kašnjenje je u proseku iznosilo 20 meseci. Na 8 projekata nije bilo kašnjenja, dok za 5 projekata nema preciznih podataka (MEGAPROJECT, 2012).

Kapitalni projekti često rezultiraju i nezadovoljenjem komercijalnih i društvenih potreba koje su pokrenule njihovu realizaciju (Locatelli i Mancini, 2010). Problem neispunjenja planiranih ciljeva prisutan je kako u pogledu tradicionalnih, tako i u pogledu održivih ciljeva projekata (Flyvbjerg, et al., 2003; Oates i Sullivan, 2012).

S druge strane, postoje primeri uspešno realizovanih kapitalnih projekata. Neki od njih jesu projekat rekonstrukcije metroa u Roterdamu (Mendel, 2012), izgradnja auto-puta BAB20 u Nemačkoj, most za drumski saobraćaj *Millau* u Francuskoj (OMEGA Centre, 2012). Ovakvi slučajevi pokazuju da je moguće ispuniti očekivane i planirane performanse projekta. Ono što je u literaturi nedovoljno istražena oblast jesu karakteristike i okolnosti, koji se pojavljuju kao izvori rizika u pogledu uspešnog ostvarenja planiranih ciljeva kapitalnih projekta.

Razlozi za neuspeh u ispunjenju ciljeva realizacije kapitalnih infrastrukturnih projekata se mogu potražiti u rizicima koji proističu iz specifičnosti ovakvih projekata. Zajedničke karakteristike procesa pokretanja, izgradnje i eksploatacije svih kapitalnih infrastrukturnih objekata jesu kompleksnost i neizvesnost, koje su bile predmet većeg broja istraživanja. Pregled ovih istraživanja dat je u (Geambasu, 2011). Navodi se da se kompleksnost može podeliti na organizacionu, tehnološku i kompleksnost u vezi sa resursima (Baccarini i Archer, 2001; Geambasu, 2011).

I domaći autori ističu kompleksnost kao jednu od ključnih specifičnosti kapitalnih infrastrukturnih projekata. Ivković i Popović (2005) ističu da investicioni projekat u svojoj kompleksnosti predstavlja složen tehničko-tehnološki, finansijski, pravni i organizacioni poduhvat. Na kapitalnom infrastrukturnom projektu svi aspekti kompleksnosti mogu biti izvori rizika. Problemi u obezbeđenju sredstava od strane naručioca posla, dinamika finansiranja, mogućnost da neuspeh na projektu ugrozi finansijsku stabilnost izvođača i/ili investitora su neke od finansijskih pretnji. Preplitanje i paralelizacija radova uz često angožavanje velikog broja podizvođača i radnika predstavljaju organizacione, materijali izabrani za upotrebu koji često uključuju inovativne materijale nedokazanih performansi, napredna i složena tehnologija i brojna mehanizacija moguće tehničko-tehnološke pretnje, dok su pretnje pravne prirode recimo potencijalne promene zakonske regulative.

Druge karakteristike kapitalnih infrastrukturnih projekata iz kojih mogu proisteći rizici jesu:

- Unikatnost; veliki infrastrukturni investicioni projekti se ne realizuju često. Njih prate različita inovativna tehničko-tehnološka rešenja. Relativno je mali broj kompanija i pojedinaca koji imaju iskustvo sa takvih projekata, kako u pogledu projektovanja, tako i u pogledu organizacije i izvođenja radova, vođenja investicije. Rizici velikih projekata su značajnim delom takođe unikatni, vezani za konkretni projekat. Čak i kvalitetna baza istorijskih podataka ne može potpuno da zadovolji potrebe analize i procene rizika za novi veliki projekat.
- Dugotrajnost; izrada ponude, ugovaranje, projektovanje, izvođenje radova i naplata, su uz analizu tržišta i dopunu baze istorijskih podataka faze realizacije projekta sa stanovišta izvođača. Sa stanovišta investitora po generalnoj podeli, tu su, ranije pomenute, faza izgradnje i faza eksploatacije (Ivković i Popović, 2005). Po bilo kom pristupu, trajanje ovih faza, kroz koje se vrši upravljanje kapitalnim infrastrukturnim projektom, često može iznositi i više decenija. U toku tog perioda mogu se dogoditi značajne političke, društvene promene, promene u tehnologiji, proizvodnji, poremećaji na tržištu, što svakako može uticati na konačne performanse objekta.
- Veliki broj učesnika; broj ljudi potrebnih na kapitalnom projektu, za planiranje, projektovanje, nabavku materijala i opreme, mobilizaciju i građenje, administraciju, kontrolu, primopredaju i popravke svih nedostataka na završenom objektu je ogroman i meri se u milionima potrebnih radnih sati. Ljudi angažovani na projektu su različitih struka i različitih iskustava, obično dolaze iz različitih društveno-ekonomskih sredina, zemalja i kultura, te je neizostavno da će se i to u značajnoj meri odraziti na rizike na projektu. Faktor od veoma značajnog uticaja na rizike jeste i međusobna interakcija, koordinacija i komunikacija između internih i eksternih učesnika na projektu, uključujući izvođača, investitora, nadzor, Inženjera (po FIDIC-u), inspekciju, podizvođače radova, dobavljače, proizvođače materijala i opreme, organe uprave, lokalne zajednice, javnost. Što je projekat veći, broj učesnika je veći. A upravo su

učesnici na projektu (eksterni i interni) u literaturi definisani kao najveći izvor mogućih rizika na projektu (Ward i Chapman, 2008).

- Specifični uslovi rada; mnogi kapitalni infrastrukturni projekti podrazumevaju rad u izolovanim regijama, na teškim terenima, visini, ispod zemlje, pod vodom, uz izloženost ekstremnim klimatskim uslovima i prirodnim opasnostima nepredvidivih inteziteta i verovatnoće pojave.
- Ljudski faktor, naročito izražen u procesu donošenja odluka prilikom realizacije kapitalnog infrastrukturnog projekta, jer se taj proces odvija u uslovima kompleksnosti i neizvesnosti (Esty, 2008). Na kapitalnim projektima je često izražen i nedostatak transparentnosti i adekvatnog uključivanja javnosti u proces odlučivanja (Flyvbjerg, et al., 2003), što na duži rok kod ljudi stvara utisak političke nejednakosti u pogledu pristupa odlučivanju, raspodeli rizika i koristi od projekata. Ovaj problem, koji može rezultirati izlivima nezadovoljstva javnosti, kako autori navode, prepoznat je u skandinavskim zemljama, koje su u prethodne tri decenije realizovale značajan broj kapitalnih projekata. Problem je nazvan „deficit demokratije” (*democracy deficit*).

Za građevinske projekte uopšte se kaže da veliki broj učesnika, dugotrajnost, organizaciona i tehnološka kompleksnost jesu mogući izvori značajnog broja rizika (Zou, et al., 2007).

Kapitalni infrastrukturni projekti su u odnosu na standardne građevinske projekte, da rezimiramo, investiciono zahtevniji, značajno kompleksniji, prisutna je veća neizvesnost, veći broj učesnika, dugotrajniji su, i njihovi potencijalni efekti na ekonomiju, društvo i okolinu su veći, dalekosežniji i privlače više pažnje javnosti od efekata standardnih projekata.

Za svaki proces odlučivanja kod kog su činjenice neizvesne, ulog u igri veliki a očekivane koristi predmet polemike, procena rizika mora biti u srcu procesa (Flyvbjerg, et al., 2003). S obzirom da kapitalne infrastrukturne projekte karakterišu upravo navedene specifičnosti, cilj glavnog dela istraživanja u ovoj disertaciji jeste ispitivanje mogućnosti za pedlog pristupa i modela za procenu rizika na kapitalnim infrastrukturnih projektima.



## 2.6 METODE ZA PROCENU RIZIKA

Analiza literature u oblasti procene rizika na infrastrukturnim investicionim projektima pokazuje da se uticajnija dosadašnja istraživanja odnose na kvantitativna i u manjoj meri kvalitativna istraživanja zasnovana na primeni anketnih upitnika i intervjuja, sa ciljem:

- Ispitivanja percepcije o primeni i kvalitetu tehnika i alata za upravljanje rizicima (Raz i Michael, 2001; Lyons i Skitmore, 2004; Ali, 2005);
- Ispitivanja percepcije o izvorima i prioritetima rizika. Ovde se ističu dve podgrupe:
  - Identifikacija rizika po ostvarenje ciljeva projekta, pregled dat u (Adams, 2008);
  - Identifikacija rizika kroz faze realizacije projekta, pregled dat u (Zou, et al., 2007).

Značajnija istraživanja, u kojima se koristio upitnik sa unapred definisanom listom rizika, ponuđenom ispitanicima za evaluaciju prikazana su u sledećim radovima:

- Adams (2008), gde se upoređuje percepcija rizika među izvođačima radova u Velikoj Britaniji i Gani;
- De Camprieu (2007), u kom se upoređuje percepcija rizika u vezi sa realizacijom kapitalnih projekata u Kini i Kanadi;
- Zou (2007), gde je vršena identifikacija i uporedna analiza ključnih rizika na projektima u Kini i Australiji;
- Andi (2006), gde se ispituje značaj i raspodela rizika na projektima u Indoneziji.

Primeri istraživanja gde je korišćen intervju jesu radovi:

- Bryde i Volm (2009), koji su istraživali percepciju rizika sa stanovišta investitora na projektima u Nemačkoj
- Thomas et al. (2003), u kom je vršena identifikacija kritičnih rizika na projektima izgradnje puteva u Indiji, po modelu BOT (*Build, Operate, Transfer*) koncesije.

U okviru daljeg istraživanja literature analizirani su radovi u kojima se prezentira modeliranje procesa procene rizika, uz primenu metoda, kao što su AHP (*Analytical Hierarchy Process*) (Bu-Qammaz, et al., 2009), ANP (*Analytical Network Process*) (Zayed, et al., 2008), *Alien Eyes* model rizika (Wang, et al., 2004).

Glavna kritika svih navedenih pristupa i istraživanja odnosi se na to da se kod njih ispituje percepcija ispitanika (učesnika na projektima ili eksperata). Zatim, kod ovog tipa istraživanja u dosadašnjoj literaturi nije dovoljna pažnja posvećena ranim fazama realizacije projekta – fazama formiranja koncepcije i izrade idejnog projekta (Le, et al., 2009), a upravo ove faze su naročito značajne kod kapitalnih infrastrukturnih projekata.

Kada je u pitanju procena rizika na kapitalnim projektima, detaljan pregled i analiza dostupne literature na tu temu prikazana je u (Irimia-Diéguez, et al., 2014). U tom izvoru se navodi da su najčešći tipovi radova prema primenjenoj metodologiji, poređano po učestalosti, sledeći:

- Teoretski radovi;
- Studije slučaja (kod kojih su dvostruko češći radovi koji analiziraju primer jednog projekta od radova koji analiziraju više projekata);
- Radovi u kojima se primenjuju statističke metode i to za:
  - Analizu performansi završenih projekata;
  - Analizu zavisnosti performansi završenih projekata od pojedinačnih karakteristika projekata. U ovoj podgrupi veoma su značajna istraživanja:
    - (Creedy, 2006) – u kome je izvršena analiza faktora rizika koji dovode do prekoračenja troškova na projektima izgradnje auto-puteva u Australiji. U pitanju su projekti auto-puteva investicione vrednosti veće od milion australijskih dolara;
    - (Locatelli, et al., 2014) – u kome je primenjen Fišerov statistički test, radi utvrđivanja stepena korelacije pojedinačnih karakteristika kapitalnih projekata iz oblasti energetske infrastrukture i performansi tih projekta. Indikatori performansi projekta definisani su kao:

- Prekoračenje planiranih troškova – razlika između stvarnih troškova i troškova planiranih u trenutku kad je odlučeno da će se projekat realizovati;
- Kašnjenje u realizaciji projekta – razlika stvarnog trajanja projekta i trajanja planiranog u trenutku kad je odlučeno da će se projekat realizovati;
- (Tegeltija, 2014) – u kome je, slično prethodnom radu primenjen Fišerov statistički test, radi utvrđivanja stepena korelacije pojedinačnih karakteristika kapitalnih projekata iz različitih sektora i performansi tih projekata. I ovo i prethodno navedeno istraživanje, slično kao i glavno istraživanje sprovedeno u ovoj disertaciji oslanjaju se na bazu podataka međunarodnog naučnog projekta (MEGAPROJECT, 2012), o kom će u daljem tekstu biti više reči.
- Analizu zavisnosti performansi završenih projekata od više nezavisnih karakteristika projekata, primenom višestruke regresione analize. Mali je broj radova u ovoj podgrupi i najznačajniji su radovi:
  1. (Ling, et al., 2004) – u kome se primenom višestruke linearne regresije analizira 87 projekata visokogradnje, vrednosti preko 5 miliona USD, realizovanih u Singapuru. Kao rezultat predstavljen je model za predviđanje brzine građenja.
  2. (Ansar et al. 2014) – u kome se primenom višestruke hijerarhijske linearne regresije (*Hierarchical Linear Model* (HLM)) analizira 245 projekata izgradnje kapitalnih hidrotehničkih konstrukcija iz čitavog Sveta. Kao rezultat predstavljen je model za previđanje prekoračenja troškova i rokova građenja kapitalnih hidrotehničkih konstrukcija.
- Kvantitativna istraživanja percepcije o rizicima;

U radu (Irimia-Diéguez, et al., 2014) se dalje kaže da su izvori podataka u istraživanjima na temu procene rizika na kapitalnim projektima, poređano po učestalosti, sledeći:

- Analiza dokumenata

- Intervjui
- Ankete
- Učešće ekspertske grupe
- Opservacija
- Baza podataka

Što se predmeta istraživanja tiče, najzastupljenija su istraživanja koja se bave kapitalnim projektima iz sektora putne i železničke infrastrukture, zatim iz oblasti visokogradnje i na kraju iz oblasti energetske infrastrukture.

Iz navedenih podataka se može zaključiti da ne postoje istraživanja koja:

- Su iz oblasti kapitalnih infrastrukturnih projekata;
- Kao izvor podataka koriste bazu sistematizovanih podataka;
- Kao metodologiju koriste metode mašinskog učenja;
- Kao cilj imaju predlog modela za procenu rizika sa mogućim pozitivnim i negativnim uticajem na uspešnost projekata.

Glavni deo istraživanja sproveden u ovoj disertaciji i opisan u poglavlju 5, upravo je istraživanje mogućnosti za predlog modela za procenu rizika na kapitalnim infrastrukturnim projektima, primenom metoda mašinskog učenja i korišćenjem podataka prethodno prikupljenih i sistematizovanih u bazu podataka. Model bi trebalo da poveže izvore potencijalnih rizika na kapitalnim infrastrukturnim projektima sa indikatorima troškovne i vremenske uspešnosti projekata. Veoma bitna distinkcija primenjenog pristupa u odnosu na analizu korelacije pojedinačnih izvora rizika i performansi projekata jeste da se ovde nastoji utvrditi zajednički uticaj koji više izvora rizika istovremeno imaju na uspešnost projekata, te da se pored utvrđivanja korelacije, utvrđuje i kauzalnost.

U cilju identifikacije šireg spektra izvora potencijalnih rizika, razmatrani su i rezultati istraživanja prikazani u sledećim doktorskim disertacijama:

- (Moret, 2011), u kome je razvijen pristup za analizu neizvesnosti u pogledu ostvarenja planiranih troškova i rokova izgradnje. Pristup je u vidu studije slučaja primenjen na projekat izgradnje železničke pruge za vozove velikih brzina u Portugaliji;

- (Osipova, 2008), u kome se kroz sprovedenu anketu i intervju sa učesnicima na projektima u Švedskoj vrši poređenje rizika kod različitih modela ugovora o građenju;
- (Geambasu, 2011), u kome se kroz studiju slučaja istražuje pojam otpornosti (*resilience*) infrastrukturnog projekta na rizike. Ispitani su razlozi zbog kojih se pojedini projekti sa manje ili više uspeha nose sa kritičnim događajima koji mogu prouzrokovati kašnjenje i/ili prekoračenje troškova.

## 2.7 PRETHODNA PRIMENA METODA MAŠINSKOG UČENJA

Mašinsko učenje je oblast kompjuterskih nauka koja se bavi metodama na kojima počivaju računarski programi koji uče iz iskustva.

U prethodnim istraživanjima, dokazano je da se pojedine metode mašinskog učenja mogu uspešno koristiti za predviđanje performansi investicionih projekata u građevinarstvu. Primenom metoda mašinskog učenja moguće je uspešno vršiti predviđanje troškovnih i vremenskih performansi u ranim fazama realizacije komercijalnih, industrijskih i saobraćajnih projekata (Le, et al., 2009; Son, et al., 2012; Wang i Gibson, 2010).

Primeri problema i metoda mašinskog učenja koji su do sada istraživani u vezi sa investicionim projektima u građevinarstvu jesu:

- Predviđanje performansi izvođača radova na osnovu iskustva sa prethodnih projekata, gde je uspešno dokazana mogućnost primene metoda vektora podrške (*Support Vector Machine (SVM)*) (Lam et al. 2009);
- Podrška pri odlučivanju o finansijskoj i ekonomskoj opravdanosti infrastrukturnih projekata u fazi izrade studije opravdanosti, gde su ispitivane mogućnosti primene sledećih metoda za klasifikaciju: Drvo odlučivanja (*Decision Tree (DT)*), K-najbližih suseda (*K-nearest neighbor (KNN)*), Naivni Bajesov klasifikator (*Naive Bayes (NB)*), Veštačke neuralne mreže (*Artificial Neural Networks (ANN)*) i SVM (Yun i Caldas 2009);
- Predviđanje troškovnih i vremenskih performansi projekata izgradnje komercijalnih i industrijskih objekata, gde su korišćeni ANN i SVM (Son et al. 2012; Wang i Gibson 2010; Cheng et al. 2010);
- Predviđanje nivoa prekoračenja troškova na projektima izgradnje auto-puteva, uz kombinovanu primenu tehnika za pretraživanje i zaključivanje iz tekstualnih podataka i ANN metode (Williams i Gong 2014),
- Razvoj modela za predviđanje izmena na projektu (*change orders*) i izbegavanje sporova na projektima izgradnje, uz primenu ANN i KNN metoda za klasifikaciju (Chen 2008; Chen i Hsu 2007);

- Predviđanje energetske performansi objekata, korišćenjem metoda: SVM, ANN, nelinearna regresija i drvo odlučivanja (Kim et al. 2011).

Metode mašinskog učenja, međutim, do sada nisu primenjivane u oblasti upravljanja izgradnjom kapitalnih objekata niti oblasti upravljanja ili procene rizika na kapitalnim projektima.

Cilj glavnog dela istraživanja u ovoj disertaciji (poglavlje 3), jeste ispitivanje mogućnosti za predlog modela za procenu rizika na kapitalnim infrastrukturnim projektima. Prema osnovnoj hipotezi ispituje se da li se korišćenjem metoda mašinskog učenja mogu identifikovati ključni izvori rizika u ranoj fazi realizacije projekta – pre početka građenja. Pitanja koje se takođe postavljaju jesu da li se i sa kolikom preciznošću može vršiti rano predviđanje performansi kapitalnih infrastrukturnih projekata.

Model za ranu procenu rizika bio bi korisna alatka za podršku u odlučivanju prilikom realizacije kapitalnih infrastrukturnih projekata. Alati za podršku odlučivanju u oblasti procene rizika na građevinskim projektima jesu dragoceni jer, između ostalog, adresiraju veoma izraženi problem nedostatka podataka ili znanja (Taroun, et al., 2011). Više detalja o metodama mašinskog učenja i oblastima primene pojedinih metoda dato je u poglavlju 5.

### 3 KVANTITATIVNO ISTRAŽIVANJE SA CILJEM IDENTIFIKACIJE KLJUČNIH RIZIKA PRILIKOM IZGRADNJE INFRASTRUKTURNIH OBJEKATA U SRBIJI

#### 3.1 METODOLOGIJA ISTRAŽIVANJA

Kako je navedeno u poglavlju 2, prethodna kvantitativna i kvalitativna istraživanja u vezi sa identifikacijom i procenom rizika na projektima izgradnje u građevinarstvu, uglavnom su se odnosila na:

- Ispitivanje izvora i prioriteta rizika. Glavni ishodi ovih pokušaja su identifikacija rizika za pojedine ciljeve projekta (Adams, 2008) i rizika po fazama projekta (Zou et al. 2007). U poglavlju 2.6 dat je detaljniji pregled literature na temu identifikacije i procene rizika. Glavna kritika svih navedenih pristupa i istraživanja odnosi se na to da se kod njih ispituje percepcija ispitanika (učesnika na projektima ili eksperata). Stoga su u glavnom delu istraživanja u ovoj disertaciji (poglavlje 3), za potrebe predloga modela za ranu procenu rizika primenjene metode mašinskog učenja koje, uz svoja ograničenja, mogu do izvesne mere zameniti ekspertsko znanje. Druga kritika navedenih studija rizika jeste to da u dosadašnjoj literaturi u oblasti upravljanja rizicima dovoljna pažnja nije posvećena ranim fazama realizacije projekta – fazama formiranja koncepcije i izrade idejnog projekta (Le, et al., 2009), a upravo ove faze su naročito značajne kod kapitalnih infrastrukturnih projekata i infrastrukturnih projekata uopšte. S obzirom da na domaćem tržištu nema dovoljno dostupnih i relevantnih podataka o realizaciji kapitalnih infrastrukturnih projekata, kao dopuna glavnog dela istraživanja, u ovom delu sprovedeno je kvantitativno istraživanje percepcije domaćih stručnjaka iz oblasti građevinarstva, sa ciljem identifikacije ključnih rizika prilikom izgradnje infrastrukturnih objekata.
- Ispitivanje tehnika i alata za upravljanje rizicima (Raz i Michael, 2001; Lyons i Skitmore, 2004; Ali, 2005). S obzirom da, prema inicijalnom istraživanju i



iskustvu autora disertacije, praksa upravljanja rizicima na investicionim projektima izgradnje u Srbiji nije na visokom nivou, u ovom delu istraživanja, nije vršeno detaljnije proučavanje tehnika i alata za upravljanje rizicima. Pored identifikacije ključnih rizika prilikom izgradnje infrastrukturnih objekata, vršeno je istraživanje o postojanju prakse i problemima u vezi sa praksom upravljanja rizicima prilikom izgradnje infrastrukturnih objekata.

Za potrebe ovog dela istraživanja rizik je definisan samo kao pretnja, odnosno samo kao neizvestan događaj sa mogućim negativnim posledicama.

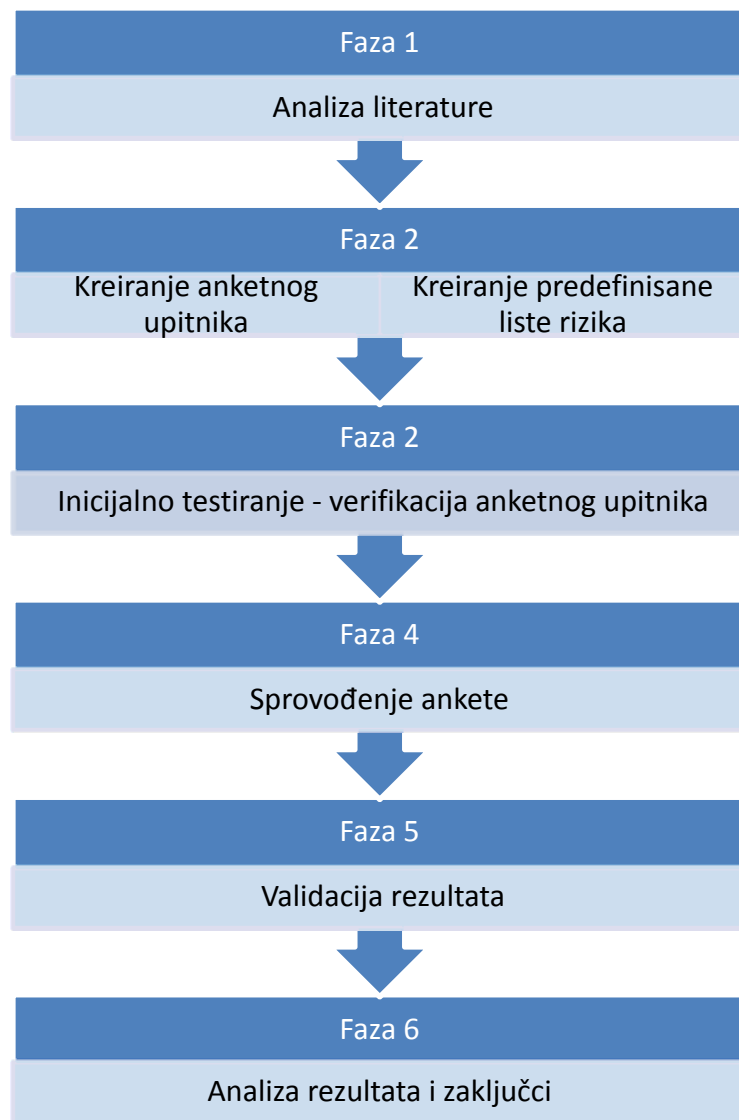
Kao metoda u ovom delu istraživanja korišćena je metoda anketiranja. Ona predstavlja oblik neeksperimentalnog istraživanja koje kao osnovni izvor podataka koristi lični iskaz o mišljenjima, uverenjima, stavovima i ponašanju, pribavljen odgovarajućim nizom standardizovanih pitanja, organizovanim u anketni upitnik (Tkalac, et al., 2010). Prikupljeni podaci se dalje analiziraju uz korišćenje različitih analitičkih metoda.

Bitna karakteristika ankete jeste to da je anketa koncentrisana na površnije i kratkoročnije stavove opšteg karaktera i na trenutne ocene i mišljenja o nekom pitanju, koje je u fokusu neke određene populacije u momentu ispitivanja.

Ograničenja ove metode prikupljanja podataka jesu da su odgovori ispitanika često nepotpuni, netačni, jednostrani i subjektivni. Takođe je čest problem slab odziv ispitanika kada se proces prikupljanja podataka sprovodi pismenim putem, kakav je slučaj u ovom istraživanju.

Osnovne preporuke prilikom kreiranja anketnog upitnika i sprovođenja postupka anketiranja jesu da se problem istraživanja dobro definiše, da se jednom kreiran anketni upitnik verifikuje, kao i da uzorak ispitanika bude reprezentativan.

Metodologija rada u ovom delu istraživanja u okviru disertacije prikazana je na slici 13.



Slika 13: Metodologija trećeg dela istraživanja

Nakon sprovedene analize literature, prikazane u poglavlju 2, napravljen je prvobitni strukturirani anketni upitnik.

Najvažniji cilj istraživanja bila je identifikacija ključnih rizika po ostvarenje troškovnih i vremenskih performansi projekata izgradnje infrastrukturnih objekata u Srbiji. Razmatrani su linijski saobraćajni (auto-putevi, železničke pruge), hidrotehnički (magistralni vodovi kanalizacije i vodovoda) i energetski (magistralni gasovodi, dalekovodi i telekomunikacioni vodovi) infrastrukturni objekti. Osim toga, ispitivano je i postojanje prakse upravljanja rizicima na investicionim projektima u Srbiji.

Anketni upitnik, prikazan u prilogu 4, sastojao se od tri dela:

- Deo 1 sadržao je 7 opštih pitanja;
- U delu 2, bilo je 11 pitanja koja su ispitivala postojanje prakse upravljanja projektima u Srbiji, kao i postojanje prakse i probleme u vezi sa praksom upravljanja rizicima na projektima u Srbiji;
- 5 pitanja u delu 3 imala su za cilj da identifikuju glavne izvore rizika na infrastrukturnim projektima u Srbiji. Od ispitanika je zahtevana evaluacija rizika u okviru ponuđene, predefinisane liste rizika.

Da bi se sproveo drugi korak u fazi dva istraživanja – kreiranje predefinisane liste rizika, prethodno je izvršena identifikacija potencijalnih rizika, kroz pregled literature i iterativne procese formiranja predefinisane liste rizika. U pregledu literature, razmatrana su istraživanja navedena u poglavlju 2.6. Liste rizika ponuđene za evaluaciju u razmotrenoj literaturi, bile su osnova za kreiranje liste rizika za potrebe ovog istraživanja. U proces kreiranja liste bili su uključeni eksperti iz pojedinih oblasti upravljanja projektima iz Srbije, tako da konačna lista odgovara okruženju srpskog tržišta, sličnim uslovima u drugim zemljama u razvoju a naročito zemljama Jugoistočne Evrope.

U cilju verifikacije anketnog upitnika, anketa je inicijalno sprovedena na trojici stručnjaka sa više od 20 godina praktičnog i naučnog iskustva iz oblasti upravljanja projektima u građevinarstvu. Na osnovu povratnih informacija, izmenjena je formulacija pojedinih pitanja.

Nakon formiranja liste rizika i dobijanja povratnih informacija od stručnjaka, konačna predefinisana lista rizika je ponuđena za kvalitativnu analizu rizika u fazi četiri ovog istraživanja. Lista rizika sastojala se od rizika grupisanih u tri oblasti: Opšti rizici tržišta, rizici u fazi formiranja koncepcije i fazi projektovanja, kao i rizici u fazi građenja (Slika 10). Osim navedene literature, ovaj tip podele rizika, zasnovan na hronološkoj klasifikaciji rizika (poglavlje 2.1.4.1), izabran je sa ciljem omogućavanja potpunije identifikacije rizika u fazi formiranja koncepcije i projektovanja.

Lista rizika ponuđena na evaluaciju ispitanicima, sadrži 23 rizika:

- Opšti rizici tržišta:
  - Politički rizik u Srbiji (politička nestabilnost, politički pritisak i uticaj);

- Finansijski rizik domaćeg tržišta (ekonomska nestabilnost i inflacija, produženi rokovi plaćanja);
- Pravni rizik u Srbiji (promena zakonske i stručne regulative, kašnjenje dozvola, odobrenja);
- Korupcija;
- Rizici u fazi formiranja koncepcije i projektovanja:
  - Nedostaci u prethodnim radovima (nedovoljni i/ili nekvalitetno izvedeni istražni radovi);
  - Nedostaci u projektnom zadatku (nepotpun, neadekvatan);
  - Problemi usled uslova ugovora o projektovanju (loše ugovoreni uslovi po projektanta, naročito rok i cena);
  - Organizacioni problemi firme projektanta (nepostojanje/nedostaci u upravljanju projektovanjem, nedostatak stručnog kadra za projektovanje, nestandardizovano poslovanje i neadekvatna organizacija projektantske kompanije);
  - Tehnološki problemi u projektovanju (nedostatak standarda i tehničkih normativa, nedovoljno poznavanje i primena savremenih metoda, tehnologija i softvera za projektovanje);
  - Nedostatak kontrole kvaliteta od strane naručioca u fazi projektovanja;
- Rizici u fazi građenja:
  - Nepredviđeni podzemni uslovi (nepoznati geotehnički, geomehanički, hidro-geološki uslovi na lokaciji/trasi, podzemne instalacije, arheološka nalazišta);
  - Nedostaci u projektno-tehničkoj dokumentaciji (konceptualne greške, nepotpunost dokumentacije, greške i nedostaci u predmeru i predračunu i sl., što rezultuje brojnim izmenama i naknadnim radovima);
  - Problemi proistekli iz ugovornih uslova (neadekvatan model ugovora, loše ugovoreni uslovi po izvođača, niska cena, nepovoljna struktura avansa, kratak rok, neprecizna formulacija, nepotpunost, potencijalni klejmovi i arbitraža);
  - Organizacioni problemi firme izvođača (neadekvatno upravljanje projektom od strane izvođača, nedovoljna obučenost menadžmenta

- kompanije, inženjera, neobučenosť radne snage, nestandardizovano poslovanje, neorganizovanost);
- Tehnološki problemi u fazi izvođenja (nepoznavanje i neprimenjivanje savremenih tehnologija građenja, oprema, materijala, softvera);
  - Problemi u vezi sa resursima (problemi sa nalazištima i pozajmištima materijala, problemi u vezi sa nabavkom specifičnih materijala, mehanizacije i opreme, promena cena materijala, nedostatak stručnog inženjerskog kadra, nedostatak kvalifikovane radne snage);
  - Loš kvalitet materijala;
  - Nedostatak finansijskih sredstava za realizaciju projekta;
  - Neadekvatna kontrola i podrška od strane nadzora i/ili Inženjera, nestručnost nadzora i/ili Inženjera;
  - Problemi sa eksproprijacijom;
  - Nepredviđeni, ekstremno nepovoljni klimatski uslovi;
  - Nesreće na gradilištu (problemi u vezi za zaštitom na radu, zaštitom životne sredine);
  - Viša sila.

Konačno formirana lista rizika ponuđena je ispitanicima na evaluaciju. Od ispitanika je traženo da, za svaki rizik sa liste, procene verovatnoću pojave rizika i obim njegovog mogućeg uticaja na povećanje troškova i produženje roka izgradnje infrastrukturnih objekata. Za procenu verovatnoće i obima uticaja, ispitanicima je ponuđena kvalitativna skala sa pet nivoa (tabela 3, tabela 4, PRILOG 1).

Tabela 3: Ponuđena kvalitativna skala kao odgovor na pitanje: Molimo procenite verovatnoću da se svaki od narednih rizika dogodi na projektu izgradnje infrastrukture

1 – very high probability / veoma velika verovatnoća	2 – high probability / velika verovatnoća	3 – medium probability / umerena verovatnoća	4 – low probability / mala verovatnoća	5 – very low probability / veoma mala verovatnoća
--	---	--	--	---

Tabela 4: Ponuđena kvalitativna skala kao odgovor na pitanje: Molimo procenite uticaj narednih rizika na POVEĆANJE TROŠKOVA / PREKORACENJE ROKA na projektu izgradnje infrastrukture

1 – very high impact / veoma veliki uticaj	2 – high impact / veliki uticaj	3 – medium impact / umereni uticaj	4 – low impact / mali uticaj	5 – negligible impact / zanemarljiv uticaj
--	---------------------------------	------------------------------------	------------------------------	--

Metoda analize prikupljenih podataka, usvojena iz prethodnih istraživanja (Camprieu, et al., 2007; Zou, et al., 2007; Baccarini i Archer, 2001) opisana je u daljem tekstu. Najpre je kvalitativna skala prevedena u numeričku, pri čemu i kod evaluacije verovatnoće i kod evaluacije uticaja, *veoma velika/veoma veliki* postaje 1, *velika/veliki* postaje 0,75, *umerena/umereni* 0,5, *mala/mali* 0,25, *veoma mala/zanemarljiv* 0,1.

Naredni koraci su bili:

- 1) Izračunavanje prosečne vrednosti procenjenih verovatnoća događanja za svaki rizik;
- 2) Izračunavanje prosečne vrednosti procenjenog mogućeg uticaja svakog rizika na troškove i rok izgradnje;
- 3) Izračunavanje ocene svakog rizika (*risk rating*) množenjem prosečnih vrednosti procenjene verovatnoće i procenjenog mogućeg uticaja. Izračunavanje ocene rizika vršeno je zasebno za moguć uticaj rizika na povećanje troškova izgradnje, zasebno za moguć uticaj rizika na produženje roka izgradnje.

Aknetni upitnik je, putem elektronske pošte, uz prethodni kontakt, distribuiran na adresu 85 profesionalaca iz oblasti građevinarstva, sa praktičnim iskustvom iz oblasti realizacije infrastrukturnih projekata u Srbiji. Upitnik je bio dostupan i članovima grupa *Linkedin IPMA* i *PMI* lokalni ogranak u Srbiji, kao i članovima Udruženja inženjera konsultanata Srbije (ACES). U istraživanju je učestvovalo 46 ispitanika (54% kontaktiranih), od kojih je upitnik kompletno popunilo njih 37 (43% kontaktiranih). Samo kompletni odgovori su analizirani. Validacija prikupljenih podataka izvršena je koristeći metodu Andi et al. (2006) i uzimajući u obzir minimalnu stopu odgovora.

*3. KVANTITATIVNO ISTRAŽIVANJE SA CILJEM IDENTIFIKACIJE KLJUČNIH RIZIKA  
PRILIKOM IZGRADNJE INFRASTRUKTURNIH OBJEKATA U SRBIJI*

Zbog ovog kriterijuma nije bilo moguće porediti procene rizika različitih grupa ispitanika (stanovište izvođača, investitora itd.).

Preliminarni rezultati ovog dela istraživanja objavljeni su od strane (Mikić, et al., 2012; Mikić, et al., 2013). Dobijeni rezultati su u pogledu izvora i prioriteta rizika, u odeljku 5 ovog rada upoređeni sa rezultatima pojedinih prethodnih studija.

## 3.2 REZULTATI I DISKUSIJA

U daljem tekstu prikazani su glavni rezultati analize podataka prikupljenih u anketi. Detaljni podaci sa rezultatima deskriptivne statističke analize dati su u prilogu 4 disertacije.

### 3.2.1 Opšti podaci o ispitanicima

U prvom delu ankete ispitanici su odgovarali na pitanja o svojoj profesiji, radnom iskustvu, tipovima i vrednosti infrastrukturnih objekata na kojima su bili angažovani u toku izgradnje.

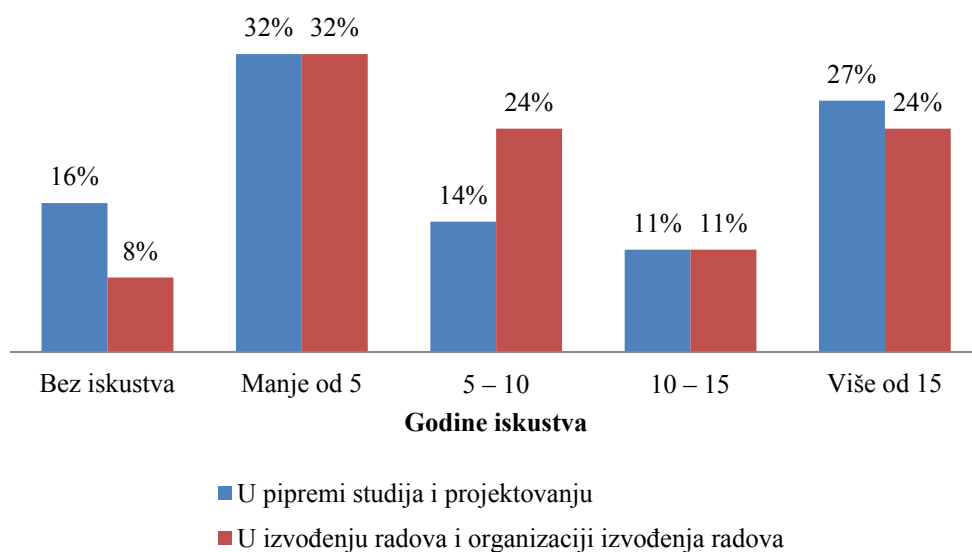
95% ispitanika (35) su, po profesiji, građevinski inženjeri, a ostalo dvoje ispitanika su jedan arhitekta i jedan elektro inženjer.

54% svih ispitanika je potvrdilo da je u svojoj karijeri radilo kao projekt menadžer, 41% je radilo kao projektant, 38% kao izvođač, 38% kao konsultant, 24% je bilo zaposleno u rukovodstvu kompanije, 24% kao nadzorni organ, 22% kao investitor, dok je 16% bilo zaposleno i na nekoj drugoj poziciji.

Na slici 14 prikazano je radno iskustvo ispitanika u oblasti projektovanja i u oblasti izvođenja radova. Uočljiv je nedostatak ispitanika u grupi koja ima 10-15 godina iskustva i to se može delimično objasniti manjim brojem inženjera "srednje generacije" angažovanim na projektima u Srbiji usled fenomena poznatim pod nazivom „odliv mozгова" koji je veoma izražen u Srbiji i regionu u poslednjih 20 godina.

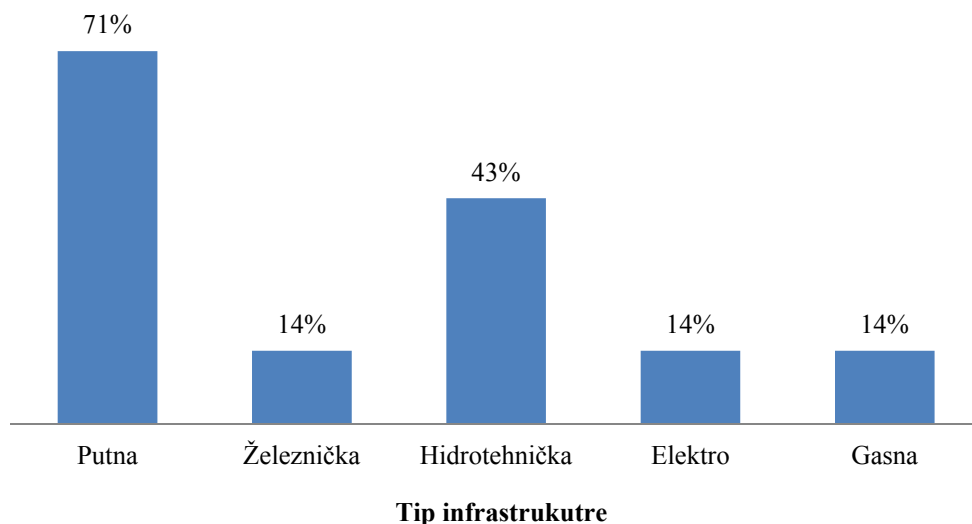


3. KVANTITATIVNO ISTRAŽIVANJE SA CILJEM IDENTIFIKACIJE KLJUČNIH RIZIKA PRILIKOM IZGRADNJE INFRASTRUKTURNIH OBJEKATA U SRBIJI



Slika 14: Radno iskustvo ispitanika (% ispitanika)

Slika 15 prikazuje procenat angažovanja ispitanika u procesu realizacije različitih tipova infrastrukturnih objekata. Uočava se da najveći broj ispitanika (71%) ima iskustva u izgradnji puteva i auto-puteva, 43% u izgradnji linijskih objekata vodovoda i kanalizacije, dok je značajno mali broj ispitanika učestvovao u projektima izgradnje linijskih objekata železničke, energetske i gasne infrastrukture (14% na svakom).



Slika 15: Angažovanje na različitim tipovima infrastrukturnih objekata (% ispitanika)

Za 76% ispitanika vrednost najvećeg infrastrukturnog projekta na kojem su učestvovali je iznosila više od 10 miliona eura.

### **3.2.2 Praksa upravljanja projektima i upravljanja projektnim rizicima u Srbiji**

Gotovo svi ispitanici se slažu da je:

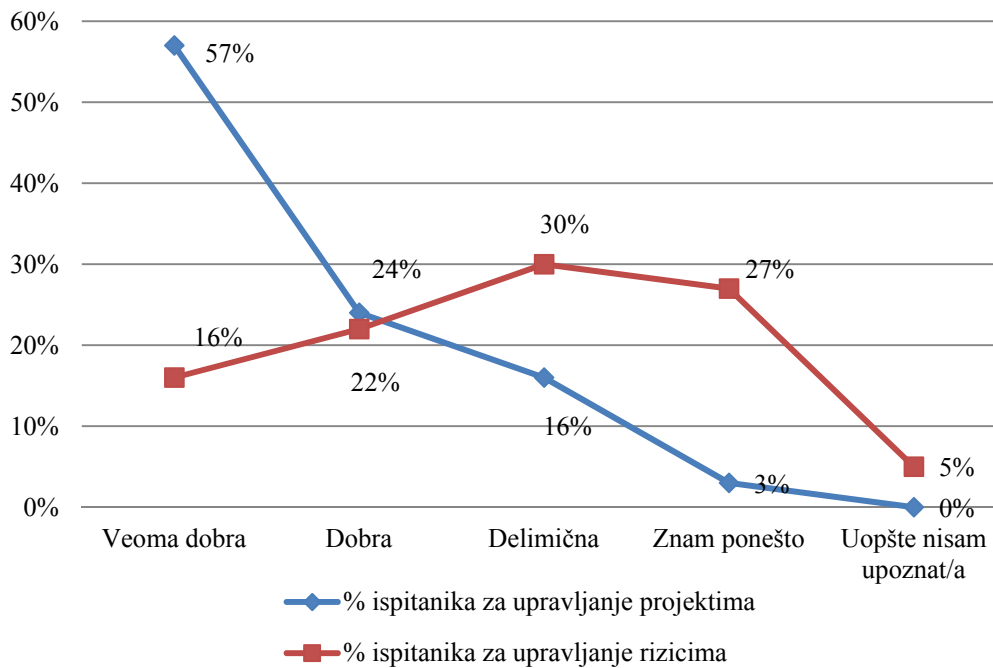
- Upravljanje rizicima veoma bitna oblast upravljanja projektima (98% ispitanika);
- Da je primena upravljanja rizicima važna za uspešnu realizaciju projekta (97%);
- Da je upravljanje rizicima potrebno koristiti pri realizaciji projekata izgradnje u Srbiji (94%).

Međutim, bez obzira što postoji svest da je primena upravljanja rizicima važna i što postoji potreba za primenom, u Srbiji je prisutan manjak znanja u vezi sa upravljanjem rizicima.

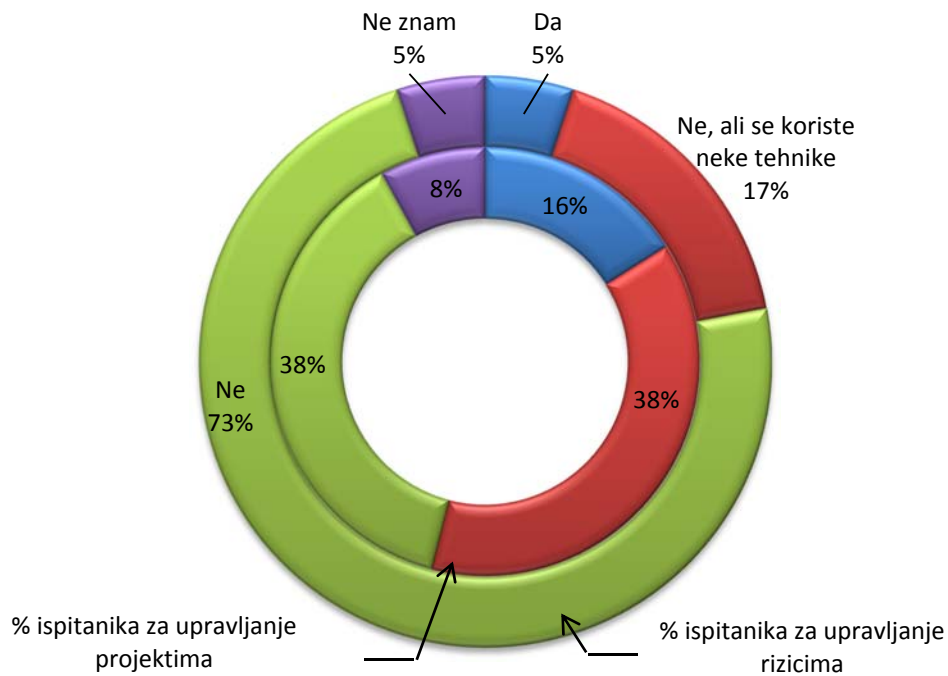
Na slici 16 uočljivo je da je samo 38% ispitanika veoma dobro ili dobro upoznato sa alatima za analizu rizika. Radi poređenja, 81% ispitanika je veoma dobro ili dobro upoznato sa alatima za upravljanje projektima. Samo 3% ispitanika zna ponešto ili uopšte nije upoznata sa alatima za upravljanje projektima. Kod upravljanja rizicima taj procenat iznosi 32%.

Postoji značajna razlika u broju domaćih građevinskih kompanija koje imaju uveden sistem/standard za upravljanje projektima u odnosu na broj kompanija u kojima je uveden sistem/standard za upravljanje rizicima. Dok je više od pola ispitanika (54%) odgovorilo da je u njihovim kompanijama uveden standard za upravljanje projektima ili da se koriste određene tehnike za upravljanje projektima, taj procenat za upravljanje rizicima iznosi samo 21% (slika 17).

3. KVANTITATIVNO ISTRAŽIVANJE SA CILJEM IDENTIFIKACIJE KLJUČNIH RIZIKA PRILIKOM IZGRADNJE INFRASTRUKTURNIH OBJEKATA U SRBIJI



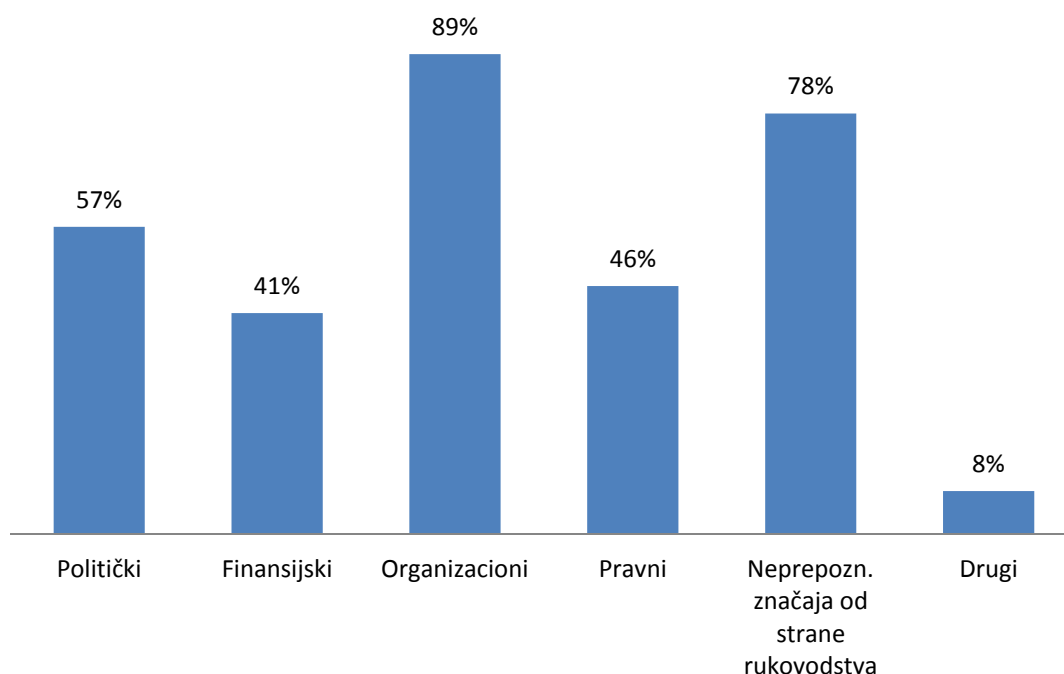
Slika 16: Upoznatost sa tehnikama i alatima za upravljanje projektima / upravljanje rizicima



Slika 17: Odogovor na pitanje: Da li Vaša kompanija ima uveden standard/sistem za upravljanje projektima / upravljanje rizicima

Od ispitanika je zatraženo da identifikuju glavne probleme u vezi sa praktičnom primenom upravljanja rizicima u Srbiji. Kao što se može videti na slici 18, problemi su, počev od najvažnijeg, evaluirani na sledeći način: organizacioni problemi, neprepoznavanje važnosti upotrebe od strane rukovodstva, politički, pravni i finansijski problemi. Suprotno očekivanjima, finansijski problemi su, kako se vidi, evaluirani kao najmanji.

Nivo interesovanja među ispitanicima o novim saznanjima u vezi sa upravljanjem rizikom, ponuđen za evaluaciju na skali od 0 (nezainteresovan) do 4 (veoma zainteresovan) ima visoku srednju vrednost od 3,46.



Slika 18: Glavni problemi u vezi sa praktičnom primenom upravljanja rizicima na projektima u Srbiji

### 3.2.3 Procena ključnih rizika prilikom izgradnje infrastrukturnih objekata u Srbiji

Metod za analizu podataka za potrebe procene ključnih rizika prilikom izgradnje infrastrukturnih objekata u Srbiji objašnjen je u delu 3.1 ovog teksta. Podaci o procenjenim vrednostima verovatnoće i mogućeg uticaja na prekoračenje planiranih troškova i roka izgradnje su za sve rizike prikazani u prilogu 1.

Konačno dobijene ocene rizika, u pogledu mogućeg uticaja na prekoračenje planiranih troškova i roka izgradnje prikazane su u tabeli 5.

Tabela 5: Ocene rizika u pogledu mogućeg uticaja na prekoračenje planiranih troškova i vremena za izgradnju infrastrukturnih objekata u Srbiji

Grupa rizika	LISTA RIZIKA		OCENA RIZIKA	
	R. br.	RIZIK	Uticaj na povećanje troškova	Uticaj na produženje roka
Opšti rizici tržišta	1	Politički rizik	<b>0,55</b>	<b>0,56</b>
	2	Finansijski rizik	<b>0,57</b>	<b>0,59</b>
	3	Pravni rizik	0,42	0,44
	4	Korupcija	<b>0,57</b>	<b>0,54</b>
Rizici u fazi formiranja koncepcije i projektovanja	5	Nedostaci u prethodnim radovima	0,49	0,48
	6	Nedostaci u projektnom zadatku	0,47	0,45
	7	Problemi usled uslova ugovora o projektovanju	0,40	0,39
	8	Organizacioni problemi firme projektanta	0,35	0,35
	9	Tehnološki problemi u projektovanju	0,27	0,26
	10	Nedostatak kontrole kvaliteta od strane naručioca u fazi projektovanja	0,48	0,43
Rizici u fazi građenja	11	Nepredviđeni podzemni uslovi	0,40	0,41
	12	Nedostaci u projektno-tehničkoj dokumentaciji	<b>0,52</b>	0,48
	13	Problemi proistekli iz ugovornih uslova	0,47	0,44
	14	Organizacioni problemi firme izvođača	0,44	0,48

3. KVANTITATIVNO ISTRAŽIVANJE SA CILJEM IDENTIFIKACIJE KLJUČNIH RIZIKA PRILIKOM IZGRADNJE INFRASTRUKTURNIH OBJEKATA U SRBIJI

15	Tehnološki problemi u fazi izvođenja	0,33	0,35
16	Problemi u vezi sa resursima	0,28	0,30
17	Loš kvalitet materijala	0,19	0,18
18	Nedostatak finansijskih sredstava za realizaciju projekta	<b>0,57</b>	<b>0,64</b>
19	Neadekvatna kontrola i podrška od strane nadzora i/ili Inženjera, nestručnost nadzora i/ili Inženjera	0,31	0,31
20	Problemi sa eksproprijacijom	0,48	<b>0,50</b>
21	Nepredviđeni, ekstremno nepovoljni klimatski uslovi	0,12	0,14
22	Nesreće na gradilištu	0,17	0,17
23	Viša sila	0,09	0,11

Rizici sa ocenom većom od 0,50 se smatraju ključnim (kritičnim) i vrednosti njihovih ocena su ispisane zadebljanim slovima u tabeli 5. S obzirom da vrednost „velika verovatnoća / veliki uticaj“ na kvalitativnoj skali odgovara vrednosti od 0,75 na kvantitativnoj, najkritičniji rizici su oni koji kao srednju vrednost procenjene verovatnoće i uticaja imaju najmanje 0,75. Kada se takve vrednosti verovatnoće i uticaja pomnože ( $0,75 \times 0,75 = 0,56$ ) dobija se da se rizik smatra najkritičnijim ukoliko je njegova ocena  $\geq 0,56$ .

Najkritičniji rizici, posmatrajući mogući uticaj na prekoračenje planiranih troškova izgradnje jesu sledeći:

- Nedostatak finansijskih sredstava za realizaciju projekta (0,57);
- Finansijski rizik (ocena: 0,57);
- Korupcija (0,57).

Zatim, kao takođe visokorangirani rizici slede: Politički rizik u Srbiji (0,55), Nedostaci u projektno-tehničkoj dokumentaciji (0,52), Nedostaci u prethodnim radovima (0,49), Nedostatak kontrole kvaliteta od strane naručioca u fazi projektovanja (0,48), Problemi sa eksproprijacijom (0,48), Nedostaci u projektnom zadatku (0,47), Problemi proistekli iz ugovornih uslova (0,47).

Najkritičniji rizici, posmatrajući mogući uticaj na produženje roka izgradnje su:

- Nedostatak finansijskih sredstava za realizaciju projekta (0,64);
- Finansijski rizik (0,59);
- Politički rizik (0,56);

Zatim, kao takođe visokorangirani rizici, slede: Korupcija (0,54), Problemi sa eksproprijacijom (0,50), Nedostaci u prethodnim radovima (0,48), Nedostaci u projektno-tehničkoj dokumentaciji (0,48) i Organizacioni problemi firme izvođača (0,48).

Najvišu vrednost ocena kod oba pokazatelja uspešnosti projekta (troškovi i vreme) imaju, kao što se vidi, Nedostatak finansijskih sredstava za realizaciju projekta, Finansijski rizik, Politički rizik i Korupcija. U pitanju je jedan unutrašnji projektni rizik (Nedostatak finansijskih sredstava za realizaciju projekta), dok su ostala tri spoljne prirode i dolaze iz okruženja projekta.

Ukoliko se iz razmatranja isključe spoljni rizici, najviše vrednosti ocena, pored navedenog rizika (Nedostatak finansijskih sredstava za realizaciju projekta), imaju: Nedostaci u projektno-tehničkoj dokumentaciji, Problemi sa eksproprijacijom, Nedostaci u prethodnim radovima, Nedostaci u projektnom zadatku, Nedostatak kontrole kvaliteta od strane naručioca u fazi projektovanja, Problemi proistekli iz ugovornih uslova, i Organizacioni problemi firme izvođača. Uočava se da svi rizici sa najvišim ocenama, osim jednog (Organizacioni problemi firme izvođača) potiču iz faze formiranja koncepcije i projektovanja. Ovakvi rezultati, sugerišu da su ove faze (pre početka građenja), koje su bile predmet glavnog istraživanja u okviru ove disertacije (poglavlje 3) ključne za uspešnost realizacije infrastrukturnih projekata i u Srbiji.

Dobijeni rezultati su gotovo u potpunosti saglasni sa rezultatima prethodnih istraživanja o projektним rizicima u građevinarstvu u zemljama u razvoju. Glavni rizici na projektima izgradnje auto-puteva u Kini su, u pogledu troškova izgradnje: Inflacija i Promene u projektno-tehničkoj dokumentaciji, a posmatrajući vreme izgradnje: Problemi u finansiranju projekta (Zou, et al., 2007). Za Indoneziju, kao rizici sa najvećim uticajem na građevinske projekte označeni su (Andi, 2006): Inflacija, Nedostaci u projektno-tehničkoj dokumentaciji i Nepredvidivi uslovi na gradilištu, dok

su na projektima izgradnje puteva u Indiji najznačajniji rizici bili: Kašnjenje prilikom obezbeđivanja zemljišta za gradnju, Kašnjenje u obezbeđivanju finansija, Direktni politički rizik (Thomas, et al., 2003). Činjenica da je rizik korupcije rangiran visoko u predmetnom i sličnim prethodnim istraživanjima u zemljama u razvoju ne treba da iznenadi. U literaturi se ističe da je građevinska industrija, tradicionalno, jedna od najkorumpiranijih grana industrije (Brockmann, 2009).



## **4 PREDLOG PRISTUPA ZA ANALIZU ODRŽIVOSTI I RIZIKA U FAZI FORMIRANJA KONCEPCIJE KAPITALNIH INFRASTRUKTURNIH PROJEKATA**

U prethodnom delu istraživanja, razmatrani su osnovni ciljevi kapitalnog infrastrukturnog ali i svakog drugog projekta – ostvarenje planiranih troškova izgradnje i planiranog roka izgradnje.

Tradicionalnim ciljevima infrastrukturnih projekata (troškovi, vreme, kvalitet) u toku poslednje dve decenije dodati su novi ciljevi kako bi se onemogućilo da usko definisana ambicija za efikasnošću u realizaciji isključi razmatranje uticaja projekata na okolinu i društvo na duži rok – u toku trajanja čitavog životnog ciklusa objekta (FIDIC, 2012; Fernández-Sanchez i Rodríguez-Lopez, 2010).

Dosadašnja istraživanja pokazuju da se pri analizi opravdanosti projekata nedovoljno razmatraju mogući društveni i ekološki efekti projekata (Shen, et al., 2010). Takođe se sugeriše da su prethodna studija opravdanosti i studija opravdanosti, na kojima se radi u fazi formiranja koncepcije i paralelno sa izradom generalnog i idejnog projekta (Ivković i Popović, 2005) ključni korak za uvođenje kriterijuma održivosti. Identifikacija i izbor kriterijuma održivosti se, kao faza primene principa održivosti u procesu realizacije infrastrukturnog projekta, kako je ranije navedeno, naziva fazom inherentne održivosti (slika 12) (FIDIC, 2012).

Sa ciljem ispitivanja mogućnosti za predlog mogućeg pristupa za analizu održivosti i i analizu rizika u fazi inherentne održivosti, za potrebe izrade prethodne studije opravdanosti i studije opravdanosti kapitalnih infrastrukturnih projekata, u ovom delu istraživanja se razmatra:

1. Mogućnost primene socijalne *Cost-Benefit* analize (SCBA) za sveobuhvatnu analizu finansijskih, ekonomskih, društvenih i ekoloških efekata projekta i *Monte Carlo* analize za kvantitativnu analizu rizika. Zbog mogućih štetnih uticaja projekta na okolinu i ljudsko zdravlje, te aktuelnosti problema u domaćem (srpskom) kao i regionalnom kontekstu, kao prva studija slučaja za ovaj deo istraživanja odabran je projekat izgradnje postrojenja za insineraciju

#### 4. PREDLOG PRISTUPA ZA ANALIZU ODRŽIVOSTI I RIZIKA U FAZI FORMIRANJA KONCEPCIJE KAPITALNIH INFRASTRUKTURNIH PROJEKATA

(spaljivanje uz iskorišćenje energije) komunalnog čvrstog otpada uz proizvodnju električne i toplotne energije. Rezultati dela istraživanja autora disertacije na datu temu objavljeni su takođe i u (Mikić i Naunović, 2013).

2. Mogućnost primene kvalitativne analize rizika za identifikaciju i evaluaciju rizika sa mogućim uticajem na finansijsku, ekonomsku, društvenu i ekološku održivost projekta. Zbog investicione vrednosti i kompleksnosti, te namere da druga studija slučaja bude iz drugog sektora, kao druga studija slučaja odabran je projekat izgradnje auto-puta E-80 Niš (Prosek) – Dimitrovgrad (granica Bugarske).

## **4.1 ANALIZA EKONOMSKE, DRUŠTVENE I EKOLOŠKE ODRŽIVOSTI PROJEKTA SA KVANTITATIVNOM ANALIZOM RIZIKA – STUDIJA SLUČAJA PROJEKTA IZGRADNJE POSTROJENJA ZA INSINERACIJU KOMUNALNOG ČVRSTOG OTPADA**

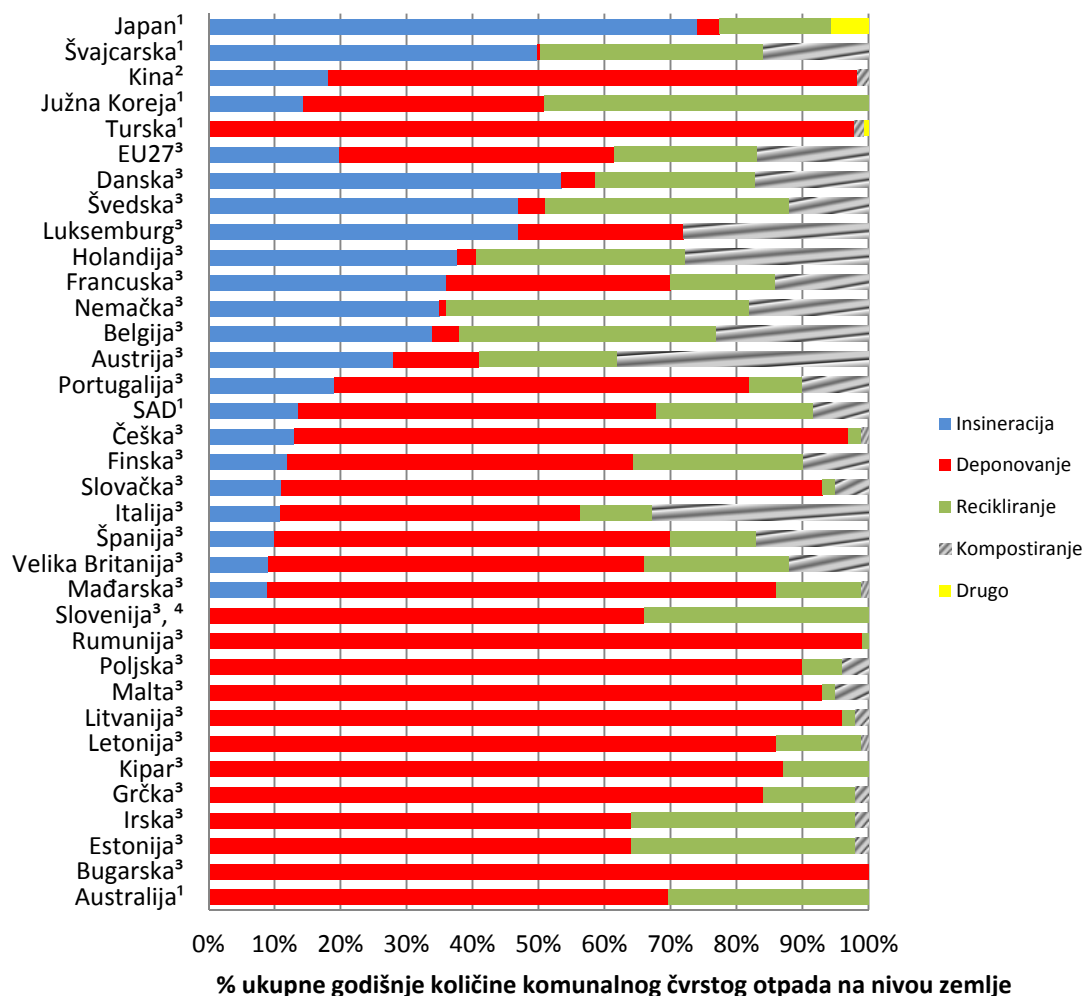
### **4.1.1 Opis problema**

Posmatrajući praksu upravljanja otpadom u različitim zemljama, uočava se da je najčešća opcija za tretiranje komunalnog čvrstog otpada deponovanje sa opcionim korišćenjem energije iz otpada (Williams, 2005; Wilson, et al., 2012). Zatim slede insineracija, recikliranje i kompostiranje (slika 19).

U periodu od 1995. do 2005 god. u 22 evropske zemlje količina godišnje generisanog komunalnog čvrstog otpada koji odlazi na deponije smanjena je za 39%, dok je u istom periodu količina koja odlazi u insinatore povećana za 63% (Williams, 2005). U ranim 90-im godinama prošlog veka, broj insinatora u kojima se iz procesa sagorevanja komunalnog čvrstog otpada dobijala energija bio je mali. Do 2004 godine, ovakva praksa se značajno promenila, te se danas u procesu insineracije gotovo uvek dobija energija (Dijkgraaf i Vollebergh, 2004).

U svim zemljama jugo-istočne Evrope i većini zemalja u razvoju, dominantni oblik upravljanja otpadom jeste deponovanje sa opcionim iskorišćenjem energije. Deponovanje je često i jedina opcija, kako zbog malih troškova i relativno jednostavne organizacije procesa, tako i zbog primenjivosti za različite kategorije otpada (Williams, 2005). Gas koji se na deponijama stvara (deponijski biogas) može se koristiti za proizvodnju energije. S druge strane, odlaganje komunalnog čvrstog otpada na deponije zauzima dosta prostora, postoji rizik od procurivanja i zagađenja vode, vazduha i tla. Nedostatak ove metode tretiranja otpada jeste i to što se kroz proces deponovanja i proizvodnje energije iz deponijskog gasa koristi manji deo energetskeg potencijala otpada u odnosu na tretiranje otpada insineracijom (Dijkgraaf i Vollebergh, 2004).

#### 4. PREDLOG PRISTUPA ZA ANALIZU ODRŽIVOSTI I RIZIKA U FAZI FORMIRANJA KONCEPCIJE KAPITALNIH INFRASTRUKTURNIH PROJEKATA



Slika 19: Udeo različitih opcija za tretiranje kom. čvrstog otpada u sistemima upravljanja kom. čvrstim otpadom u različitim zemljama; <sup>1</sup> OECD, 2005-2006; <sup>2</sup> Dorn et al., 2010; <sup>3</sup> Eurostat, 2009; <sup>4</sup> U podatak za recikliranje uključena je i količina koja se kompostira.

Insineracija predstavlja proces sagorevanja komunalnog čvrstog otpada u specijalnim postrojenjima – insineratorima. Prednosti insineracije jesu to što se u procesu insineracije komunalnog čvrstog otpada dobija toplotna i/ili električna energija, pri čemu se zapremina otpada smanjuje na 10% početne zapremine, dok se težina smanjuje na 30% početne težine (Williams, 2005). Nedostaci su veliki troškovi izgradnje insineratora i troškovi prečišćavanja procesnih gasova, kao i averzija javnosti prema ovom načinu tretiranja otpada (Dijkgraaf i Vollebergh, 2004). Sa stanovišta zaštite životne sredine, međutim, u literaturi se navodi da, ukoliko su zagađujući efekti postojećeg energetskog sistema značajni, opcija insineracije može biti optimalniji izbor

od opcije odlaganja otpada na deponije (Kaplan, et al., 2009; Dijkgraaf i Vollebergh, 2004; Oliveira i Rosa, 2003).

U Srbiji je zakon o upravljanju otpadom usvojen 2010. godine. On, između ostalog, daje zakonski okvir za razvoj insineracije kao jedne od opcija za tretiranje komunalnog čvrstog otpada. Iako Srbija napreduje na putu razvoja sistema integralnog upravljanja otpadom, i kod nas je, slično kao i u regionu, jedina opcija odlaganja komunalnog čvrstog otpada i dalje deponovanje, bez iskorišćenja energije biogasa. Još uvek je prisutna i praksa odlaganja otpada na nesantitarne deponije. Insineracija kao opcija postoji u pojedinim zemljama u bližem okruženju, kao što su Mađarska, Slovačka i Italija (Eurostat 2009).

Razvoj metoda upravljanja otpadom koje će omogućiti proizvodnju energije je u Srbiji neophodan kako bi se ostvarili sledeći ciljevi:

1. Cilj definisan Strategijom upravljanja otpadom (Vlada Republike Srbije, 2010) da se zapremina i težina otpada koja se godišnje deponuje u Srbiji smanji za 50% do 2019. godine;
2. Cilj da se proizvodnja 50% ukupne električne energije koja je 2005. godine proizvedena u termoelektranama, do 2015. godine zameni proizvodnjom iz obnovljivih izvora energije. Ovaj cilj je definisan Strategijom razvoja energetike u Srbiji do 2015 (2005). 50% ukupne količine električne energije koja se u Srbiji proizvede iz termoelektrana, proizvodi se u postrojenjima čiji sistemi filtriranja štetnih procesnih gasova datiraju iz 80-ih godina prošlog veka (Čolić, 2011).

Pravni okvir za uvođenje opcije insineracije u proces upravljanja otpadom u Srbiji, dakle, postoji. Ova opcija je već nekoliko godina i predmet diskusije među stručnjacima, predstavnicima državne, regionalne i lokalne uprave i javnosti. Cilj ovog dela istraživanja jeste da kroz primer sveobuhvatne analize ekonomskih, društvenih i ekoloških uticaja projekta izgradnje insineratora omogući informativnije donošenje odluka u ranoj fazi realizacije projekta.

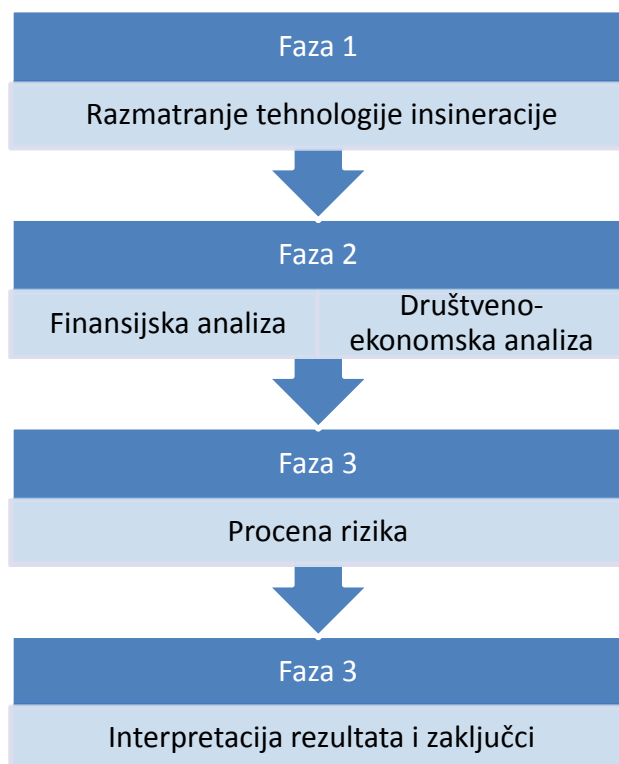
Kao studija slučaja odabran je projekat izgradnje insineratora za sagorevanje komunalnog čvrstog otpada sakupljenog na teritoriji grada Novog Sada. Predmetna studija slučaja je odabrana iz razloga:

1. Dostupnosti preciznih podataka o količini i sastavu otpada koji se na datom području generiše (Vujić, et al., 2009) ;
2. Što je u Regionalnom planu upravljanja otpadom predložena opcija dobijanja energije iz otpada, nakon uspostavljanja integralnog sistema upravljanja otpadom (Vujić, et al., 2011);
3. Reprerentativnosti modela za upravljanje otpadom koji se nakon primene u razvijenom delu Srbije (Vojvodina) može primeniti i u drugim regionima.

Komunalni čvrsti otpad se u Novom Sadu trenutno odlaže na jednoj kontrolisanoj, nesanitarnoj deponiji i na dvadeset nekontrolisanih, nesanitarnih deponija. Opcija izgradnje prve regionalne sanitarne deponije u Srbiji, upravo za odlaganje komunalnog čvrstog otpada u Novom Sadu usvojena je bez prethodne komparativne analize opcija za tretman otpada, iako je u Studiji o mogućnosti korišćenja komunalnog otpada u energetske svrhe (*Waste to Energy*) na teritoriji autonomne pokrajine Vojvodine i Republike Srbije (Vujić, et al., 2008) zaključeno da je jedna od relevantnih opcija za tretman komunalnog čvrstog otpada na datoj teritoriji i insineracija. Opcija izgradnje sanitarne deponije usvojena je bez analize njene ekonomske opravdanosti. Stoga je u ovom radu, izvršena finansijska i ekonomska analiza projekta izgradnje postrojenja za insineraciju komunalnog čvrstog otpada u Novom Sadu uz procenu pozitivnih i negativnih netržišnih društvenih i ekoloških efekata projekta. Ova opcija je zatim upoređena sa usvojenom opcijom izgradnje deponije. Na kraju je izvršeno i implicitno poređenje društvenih i ekoloških efekata proizvodnje električne energije insineracijom komunalnog čvrstog otpada u odnosu na najdominantiji oblik proizvodnje električne energije u Srbiji - termoelektrane na ugalj.

#### 4.1.2 Metodologija istraživanja

U okviru istraživanja u ovom delu disertacije najpre su analizirani podaci o komunalnom čvrstom otpadu kako bi se utvrdila mogućnost insineracije. Zatim je sprovedena finansijska i društveno-ekonomska analiza za celokupan životni ciklus projekta (slika 20), u vidu socijalne *Cost-Benefit* analize (CBA). CBA je metoda ekonomske analize kojom se upoređuju i vrednuju sve prednosti i svi nedostaci nekog privrednog poduhvata ili projekta. U ekonomiji je u upotrebi od XIX veka i koristi se kao pomoćni alat za rasuđivanje i donošenje odluka (Rand, et al., 2000). Socijalna CBA (SCBA) podrazumeva proširenje CBA takvo da obuhvati monetarizaciju i analizu svih eksternih (netržišnih) efekata projekta (Chawla, 1987). Kod projekata izgradnje naročito su bitni aspekti održivosti – uticaj projekta na zdravlje i kvalitet života ljudi i životnu sredinu. Pre interpretacije rezultata i zaključaka izvršena je procena rizika, koja se sastoji od analize osetljivosti na promene polaznih parametara, analize scenarija i kvantitativne analize rizika.



Slika 20: Metodologija drugog dela istraživanja

#### 4.1.2.1 Razmatranje tehnologije insineracije

Osnovni podaci o količini komunalnog čvrstog otpada koji se generiše na teritoriji grada Novog Sada dati su u tabeli 6:

Tabela 6: Osnovni podaci o količini generisanog komunalnog čvrstog otpada za grad Novi Sad (Vujić, et al., 2009)

Grad	Br. stanovnika	Površina [km <sup>2</sup> ]	Dnevna količina generisanog k.č.o. [t/dan]	Procenjena godišnja količina generisanog k.č.o. [t/god]	Procenjena godišnja količina generisanog k.č.o. po stanovniku [kg/stan.god]
Novi Sad	314.192	699	357,14	130.000,00	413,80

Ključni kriterijumi za razmatranje insineracije kao načina tretiranja komunalnog čvrstog otpada jesu pitanja količine, sastava i toplotne vrednosti sakupljenog otpada (Rand, et al., 2000):

- Prosečna donja granica toplotne vrednosti otpada mora biti najmanje 6 MJ/kg tokom cele sezone;
- Donja granica toplotne vrednosti na godišnjem nivou ne sme biti manja od 7 MJ/kg;
- Količina otpada za insineraciju na godišnjem nivou ne sme biti manja od 50.000 tona;
- Promena nedeljnih količina otpada za insineraciju ne bi trebalo da prelazi 20%.

Na osnovu dostupnih podataka (Vujić, et al., 2008; Vujić, et al., 2009), ispitano je da li su, za teritoriju Novog Sada, ispunjeni ključni kriterijumi. Kriterijumi u pogledu sastava, toplotne vrednosti i prosečne količine jesu ispunjeni. Međutim, promene nedeljnih količina generisanog otpada se trenutno kreću i do 60% (Vujić, et al., 2009). Stoga je usvojena pretpostavka da nedeljne promene neće prelaziti maksimalnih 20% kada se uspostavi integrisani sistem upravljanja komunalnim čvrstim otpadom, kao i da će se, u slučaju potrebe, izgraditi dodatni prostor za skladištenje. Usvojena tehnologija



insineracije otpada je postrojenje za insineraciju bez prethodnog sortiranja (*mass burn incineration*), sa proizvodnjom električne i toplotne energije.

#### 4.1.2.2 Finansijska i društveno-ekonomska analiza

Finansijska i ekonomska analiza u okviru SCBA u ovom radu sprovedene su prema uputstvu datom u Vodiču Evropske Komisije za Cost-Benefit analizu investicionih projekata (EU, 2008). Primena ove metodologija je priznata u Srbiji, jer se u članu 4 domaćeg Pravilnika o sadržini i obimu prethodnih radova, prethodne studije opravdanosti i studije opravdanosti (Ministarstvo građevinarstva i urbanizma, 2012) kaže:

*„Prethodna studija opravdanosti i studija opravdanosti izrađena po propisima drugih zemalja, odnosno po metodologiji stranih finansijskih organizacija (kreditora, banaka i sl.) ili koja je odobrena od stranih finansijskih institucija može se dostaviti revizionoj komisiji na stručnu kontrolu i u originalnom obliku.”*

Finansijska analiza podrazumeva ispitivanje finansijske isplativosti i održivosti projekta i vrši se sa stanovišta vlasnika projekta. Od ulaznih parametara u vidu procenjenih vrednosti finansijskih prihoda i rashoda tokom životnog veka projekta se proračunom dolazi do izlaznih veličina – pokazatelja uspešnosti projekta. Proračun se vrši primenom diskontovanog neto toka novca (*Discounted cash flow* (DCF)).

Osnovne izlazne veličine (pokazatelji) jesu:

- Finansijska neto sadašnja vrednost (FNPV(C)). FNPV(C) praktično predstavlja presek stanja (diskontovanih razlika godišnjih prihoda i rashoda) na projektu posle n godina i računa se po formuli:

$$FNPV(C) = \sum_{t=0}^n a_t * S_t = \frac{S_0}{(1+i)^0} + \frac{S_1}{(1+i)^1} + \dots + \frac{S_n}{(1+i)^n} \quad (4.1.2.2.1),$$

pri čemu je:

$S_t$  – balans toka novca nakon perioda t,

$a_t$  – diskontni faktor za period t, koji se računa po formuli:

$$a_t = \frac{1}{(1+i)^t} \quad (4.1.2.2.2),$$

gde je  $i$  – diskontna stopa;

- Interna stopa rentabiliteta (IRR(C)). Interna stopa rentabiliteta predstavlja vrednost diskontne stope za koju je  $FNPV(C) = 0$ .

Oba pokazatelja izražavaju finansijski povraćaj ukupnih troškova investicije. Pomoću njih se mere performanse projekta nezavisno od izvora i načina finansiranja i doprinosi se donošenju odluke da li projekat zahteva spoljašnju (EU) finansijsku podršku (ako je FNCPV negativna ili je FRR niža od primenjene diskontne stope).

U društveno-ekonomskoj (često se upotrebljava i naziv samo ekonomska) analizi vrši se analiza uticaja projekta na širu društvenu zajednicu i okruženje projekta, i ona se, za razliku od finansijske, vrši sa stanovišta šire društvene zajednice (regiona, države) (EU, 2008). U ovoj analizi se najpre vrši pretvaranje tržišnih cena u obračunske, zatim se monetarizuju netržišni uticaji projekta. Analizira se i uticaj na ljudsko zdravlje i životnu sredinu. Za pretvaranje tržišnih u obračunske cene u ovom radu korišćeni su faktori konverzije. Za monetarizaciju netržišnih uticaja, korišćeni su oportuni troškovi, *feed in* tarifa i *Benefit Transfer* (BT) metoda. Za BT (ekonometrijski alat za prenos podataka iz prethodnih studija), procene netržišnih uticaja su usvojene iz prethodne studije (Rabl, et al., 2008), gde su primenjene metode Analize životnog ciklusa i Analize tokova uticaja (*Impact Pathway Approach* (IPA)).

Na kraju ekonomske analize se proračunom dolazi do vrednosti pokazatelja – ekonomske neto sadašnje vrednosti (ENPV) i ekonomske stope rentabiliteta (ERR). Ovi pokazatelji se računaju po formulama analognim formaulama datim za proračun pokazatelja finansijske analize.

#### 4.1.2.3 Procena rizika

Nakon sprovedene finansijske i ekonomske analize, može se pristupiti proceni rizika.

U domaćem Pravilniku o sadržini i obimu prethodnih radova, prethodne studije opravdanosti i studije opravdanosti iz 2012. godine (Ministarstvo građevinarstva i urbanizma, 2012), u vezi procenom rizika u okviru izrade studije opravdanosti, navodi se da prethodna studija opravdanosti, između ostalog, mora da sadrži (član 7):

Analizu osetljivosti i rizika investiranja:

1. Osetljivost na promene polaznih parametara;
2. Izvori i razmere rizika.

Domaći pravilnik definiše da studija opravdanosti, između ostalog, mora da sadrži (član 9):

Analizu osetljivosti i rizika investiranja:

1. Osetljivost na promene finansijskih parametara;
2. Osetljivost na promene ekonomskih parametara;
3. Osetljivost na promene polaznih elemenata za definisanje cena (strukturna osetljivost);
4. Procena rizika;
5. Zaključci analize osetljivosti i rizika.

Domaći pravilnik međutim, iako definiše sadržaj, ne definiše preciznije metodologiju rada na svakoj od neophodnih tačaka vezano za analizu osetljivosti i rizika investiranja u okviru prethodne studije opravdanosti i studije opravdanosti. Iz tog razloga, u ovom radu se prikazuje analiza rađena na osnovu metodologije za analizu i procenu finansijskih i ekonomskih rizika koja je predložena u vodiču Evropske komisije za *Cost-Benefit* analizu investicionih projekata (EU, 2008).

S obzirom da su finansijski i ekonomski rizici kao ključni izdvojeni i u domaćem pravilniku i u vodiču Evropske komisije, i ovde je glavni akcenat upravo na tim rizicima.

Prema vodiču Evropske komisije, analiza i procena rizika se vrše kao korak dalje, nakon sprovedene finansijske i ekonomske analize projekta.

Prva dva preporučena koraka u proceni rizika prema vodiču Evropske komisije (EU, 2008) jesu analiza osetljivosti (*Sensitivity Analysis*) i analiza scenarija (*Scenario*

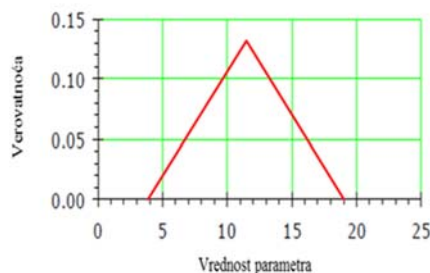
*Analysis*). Zatim sledi kvantitativna analiza rizika, za koju je u ovom radu upotrebljena *Monte Carlo* analiza (MCA).

Cilj analize osetljivosti i analize scenarija jeste da se odrede ulazni parametri sa najvećim uticajem na glavne ekonomske i finansijske pokazatelje (kritični parametri). Dok se kod analize osetljivosti ispituje koliki uticaj na izlazne pokazatelje ima promena vrednosti pojedinačnog ulaznog parametra, u analizi scenarija se analizira zajednički uticaj seta vrednosti kritičnih parametara na izlazne veličine finansijske i ekonomske analize (EU, 2008). Analiza scenarija se sprovodi tako što se grupi parametara zadaju “optimističke” i “pesimističke” vrednosti, računaju se izlazne veličine i rezultat poredi sa baznim vrednostima izlaznih veličina. Glavni cilj je dokazati da i u eventualnom slučaju ostvarivanja pesimističkog scenarija, vrednosti izlaznih veličina ostaju povoljne, tj. prihvatljive.

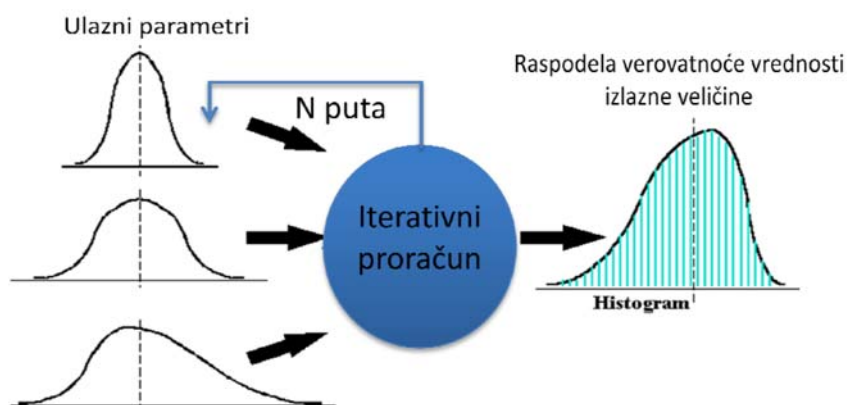
Kao nedostatak analize osetljivosti i scenarija se u vodiču Evropske komisije komisije (EU, 2008) navodi neuzimanje u obzir verovatnoće odigravanja događaja, odnosno nedostatak informacija o tome koliko je verovatno da će pojedini ulazni parametar imati procenjenu ili drugačiju vrednost. Korak dalje i nastavak na analizu osetljivosti i scenarija bio bi dodeljivanje raspodele verovatnoće za vrednosti svakog značajnog parametra. Ovo bi zapravo značilo uvođenje stohastike u definisanje vrednosti ulaznih parametara za finansijsku i ekonomsku analizu u okviru studije opravdanosti. Ovakav pristup je već primenjen pri analizi rizika troškova izgradnje (Wall, 1997).

Određivanje raspodela verovatnoća za kritične parametre podrazumeva procenu koliko je verovatno da se pojedini rizici dogode, te kolika je neizvesnost u vezi sa vrednostima parametara. U narednom koraku, analizi rizika, kako se u vodiču Evropske komisije definiše analiziraju se posledice rizika i neizvesnosti uzimajući u obzir verovatnoće ostvarenja pojedinih vrednosti. Ovakav postupak je u praksi jako bitan za projekte velike investicione vrednosti i projekte koje prati veći broj rizika (specifični projekti, inovativne tehnologije i sl.). Izvori podataka o mogućim raspodelama verovatnoća za parametre jesu eksperimentalni podaci (naročito podaci sa prethodnih sličnih projekata), literatura, a veoma često je neophodno ekspertsko znanje. Iako raspodelu verovatnoće za vrednosti pojedinih parametara nije jednostavno odrediti, u vodiču se kaže da je gotovo uvek izvodljivo vrednostima parametara pridodati makar trougaonu raspodelu verovatnoće. Nju potpuno opisuje najmanja, najveća moguća vrednost parametra i najbolje procenjena vrednost (slika 21) (Merkle, 2010).

#### 4. PREDLOG PRISTUPA ZA ANALIZU ODRŽIVOSTI I RIZIKA U FAZI FORMIRANJA KONCEPCIJE KAPITALNIH INFRASTRUKTURNIH PROJEKATA



Slika 21: Primer trougaone raspodele verovatnoće vrednosti parametra



Slika 22: Postupak pri sprovođenju *Monte Carlo* analize

Nakon dodeljivanja raspodele verovatnoće za vrednosti kritičnih parametara, moguće je odrediti verovatnoće za pojedine vrednosti izlaznih pokazatelja (NPV, FRR(ERR)). U tu svrhu u ovom radu primenjena je Monte Karlo analiza (Mikić, et al., 2013).

Monte Karlo analiza (*Monte Carlo Analysis*) se sastoji od iterativnog slučajnog izbora vrednosti svih parametara u skladu sa raspodelama verovatnoće koje su im pridodate, da bi se u svakoj iteraciji sa izabranim vrednostima ulaznih parametara za tu iteraciju izvršio proračun izlaznih veličina i zabeležio rezultat (slika 22). Nakon što se postupak sprovede nekoliko stotina puta, dobija se raspodela verovatnoće za intervale vrednosti izlazne veličine (NPV ili FRR(ERR)).

Metode za generisanje proizvoljnih brojeva sa poznatom raspodelom (u ovom radu trougaonom, diskretnom, ili normalnom) su dostupne u literaturi (Ang i Tang, 1984;

Rubinstein, 1981) a generatori su dostupni u programima: *MATLAB*, *MATHEMATICA*, *MATHCAD*. U ovom radu su korišćeni generatori iz programskog jezika *Java*.

Na osnovu dobijene raspodele verovatnoće vrednosti izlazne veličine (npr. NPV), moguće je napraviti i grafik kumulativne verovatnoće za intervale vrednosti te izlazne veličine (NPV). Takav dijagram bi, između ostalog, omogućio očitavanje verovatnoća da određeni projekat bude isplativ, tj. da ima pozitivnu neto sadašnju vrednost ( $NPV > 0$ ). Procena rizika, dakle, daje odgovore na pitanja koliko je verovatno da ćemo imati pojedine vrednosti koristi od projekta, odnosno koliko je verovatno da će projekat biti isplativ/neisplativ. S obzirom na kompleksnost, Monte Karlo analiza se najčešće sprovodi upotrebom pogodnog softvera.

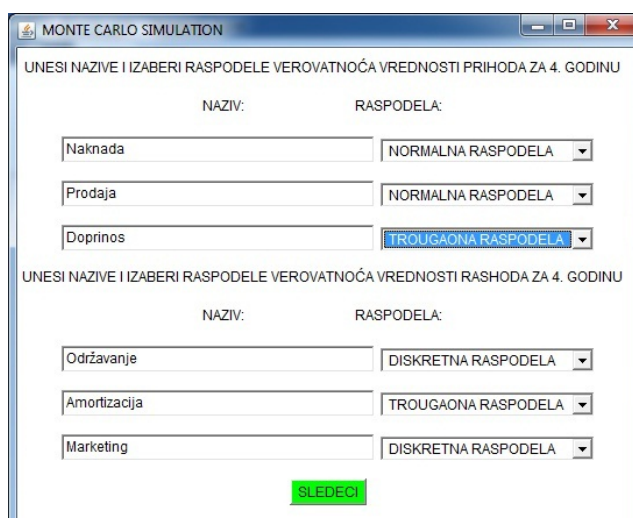
Na Katedri za upravljanje projektima u građevinarstvu Građevinskog fakulteta Univerziteta u Beogradu izrađen je računarski program za Monte Karlo analizu finansijskih i ekonomskih rizika pri izradi studije opravdanosti. Program je urađen u programskom jeziku *Java* u okruženju *NetBeans 7.0.1*. On omogućava da se, za zadate raspodele verovatnoće vrednosti ulaznih parametara finansijske ili ekonomske analize, po postupku i formulama datim u prethodnom poglavlju (formule 4.1.2.2.1 i 4.1.2.2.2) kroz 1.000 iteracija, izračuna očekivana vrednost FNPV(C) (ENPV) i prikaže histogram verovatnoća vrednosti FNPV(C) (ENPV), kao i grafik kumulativne verovatnoće za vrednosti FNPV(C) (ENPV). Prilikom pokretanja programa, najpre se bira jezik (slika 23). U ponudi su srpski i engleski. U drugom koraku (slika 23), unosi se broj godina za koji se vrši analiza ( $n$ ) i bazna vrednost diskontne stope ( $i$ ).

Kao treći korak se u novom prozoru unosi broj prihoda i broj rashoda za svaku godinu. Dalje se za svaku pojedinačnu godinu otvara novi prozor (slika 24) i pojavljuje se tačan broj unetih prihoda/rashoda. U ovom prozoru se, za datu godinu, svakom prihodu/rashodu dodeljuje naziv i odgovarajuća raspodela. Postoji mogućnost izbora jedne od tri raspodele verovatnoće: diskretna, Gausova (normalna) i trougaona raspodela. Pored trougaone raspodele, preporučene u vodiču Evropske Komisije (EU, 2008), u programu je omogućen izbor još jedne kontinualne raspodele – normalne raspodele, koja bi omogućila preciznije određivanje procenjene vrednosti parametra, ukoliko naravno, podaci za tako nešto postoje. Normalna raspodela je potpuno opisana matematičkim očekivanjem (srednjom vrednošću)  $\mu$  i standardnom devijacijom  $\sigma^2$  (Merkle, 2010).

#### 4. PREDLOG PRISTUPA ZA ANALIZU ODRŽIVOSTI I RIZIKA U FAZI FORMIRANJA KONCEPCIJE KAPITALNIH INFRASTRUKTURNIH PROJEKATA



Slika 23: Izbor jezika i unos osnovnih podataka za analizu



Slika 24: Izgled prozora za unos naziva i vrste raspodele za prihode odnosno rashode

#### 4. PREDLOG PRISTUPA ZA ANALIZU ODRŽIVOSTI I RIZIKA U FAZI FORMIRANJA KONCEPCIJE KAPITALNIH INFRASTRUKTURNIH PROJEKATA

MONTE CARLO SIMULATION:

UPUSTVO:

Diskretna raspodela - unose se vrednosti parametara i verovatnoća za pojedine vrednosti.

Dozvoljen unos je maksimalno 5 parova vrednosti i verovatnoća.

Normalna raspodela - unosi se srednja vrednost i devijacija.

Trougaona raspodela - unose se minimalna, najverovatnija i maksimalna vrednost.

UNESI VREDNOSTI ZA PRIHODE ZA 4. GODINU

Naknada	NORMALNA:	<input type="text" value="1389"/>	<input type="text" value="208.35"/>	
Prodaja	NORMALNA:	<input type="text" value="172783"/>	<input type="text" value="25917.45"/>	
Doprinos	TROUGAONA:	<input type="text" value="23184.8"/>	<input type="text" value="28981"/>	<input type="text" value="31219.1"/>

UNESI VREDNOSTI ZA RASHODE ZA 4. GODINU

Održavanje	DISKRETNA:	<input type="text" value="135"/>	<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>
Amortizacija	TROUGAONA:	<input type="text" value="18953.1"/>	<input type="text" value="21059"/>	<input type="text" value="27376.7"/>						
Marketing	DISKRETNA:	<input type="text" value="1000"/>	<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>

Slika 25: Izgled ekrana za popunjavanje vrednosti parametara za izabrane raspodele verovatnoće



Kada su uneti svi podaci o nazivima ulaznih parametara i vrstama raspodele, u sledećem koraku se zadaju vrednosti parametara za izabrane raspodele (slika 25). Za diskretnu raspodelu, u polja se redom, unosi vrednost, potom verovatnoća za tu vrednost. Usvojeno je da parametar čijim se vrednostima pridodaje diskretna raspodela verovatnoće može imati maksimalno pet vrednosti. Zbir svih unetih verovatnoća treba da bude jednak jedan. Normalna raspodela ima dva polja, prvo za srednju vrednost, drugo za standardnu devijaciju. Trougaona raspodela ima tri polja. U prvo polje se unosi minimalna vrednost, u drugo polje najverovatnija vrednost a u treće polje maksimalna vrednost.

Nakon unošenja podataka, program, kroz sprovođenje 1.000 iteracija, po opisanom postupku vrši proračun NPV. Kao rezultat se najpre dobija očekivana (aritmetička srednja) vrednost NPV, standardna devijacija, minimalna i maksimalna vrednost NPV. Dalje, generišu se grafici raspodele verovatnoće vrednosti NPV i kumulativne verovatnoće za vrednosti NPV.

Ovi grafici se dobijaju tako što se nakon hiljadu iteracija proračuna vrednosti NPV, interval između maksimalne i minimalne dobijene vrednosti NPV deli na 40 klasa, te se računa i na graficima prikazuje procentualno izražena učestalost svake klase vrednosti NPV. Pored navedenog, kao dodatni rezultati generišu se i *Excel* fajlovi. Za svaku godinu se generiše *Excel* fajl, u kojem se nalaze podaci o vrednosti svih prihoda i rashoda za tu godinu za hiljadu iteracija. Drugi *Excel* fajl koji se generiše sadrži podatke o protoku novca za svaku godinu i vrednost NPV za hiljadu iteracija.

Na osnovu rezultata je, između ostalog, u konkretnom slučaju moguće zaključiti:

- Za zadata vrednost NPV, kolika je verovatnoća da će NPV imati veću ili manju vrednost od zadate (najčešće od nule);
- Za definisan nivo rizika, kolika je najmanja vrednost NPV koju možemo očekivati. Za projekte u javnom sektoru u vodiču (EU, 2008) se preporučuje neutralan stav prema rizicima koji zahteva definisanje vrednosti NPV sa pouzdanošću od 80-85%. Niža pouzdanost, tj. veći rizik bi, kako se u vodiču sugeriše, mogli biti prihvatljivi kod inovativnih projekata.

### 4.1.3 Rezultati i diskusija

#### 4.1.3.1 Finansijska analiza

Usvojeni životni ciklus projekta je 30 godina, počevši od 2014. godine. Za realizaciju investicije (projektovanje, pribavljanje potrebnih dozvola i građenje) usvojen je period od 3 godine. Faza probnog rada, sa kapacitetom upola manjim od maksimalnog počela bi u četvrtoj godini i trajala bi 6 meseci. Usvojena je diskontna stopa od 5%. Iz razloga pojednostavljenja analize nisu primenjivane stope rasta.

Tokom životnog ciklusa projekta usvojeno je povećanje količine otpada od 2% godišnje. Stoga je maksimalni kapacitet postrojenja za insineraciju definisan kao 260.000 tona komunalnog čvrstog otpada godišnje (254.888 tona komunalnog čvrstog otpada u poslednjoj godini).

Ulazni paramteri koji su korišćeni prilikom finansijske analize:

1. Rashodi (troškovi), uzeti kao rezultat usaglašavanja procena vrednosti od strane tri eksperta pomoću delfi (*Delphi*) metode, na osnovu grafika predloženih u literaturi (Rand, et al., 2000; Vujić, et al., 2008) za primenu prilikom analiziranja insineracije otpada u Srbiji:
  - i. Investicioni troškovi (projektovanje, pribavljanje potrebnih dozvola, eksproprijacija zemljišta, radovi) – IC: procenjeni na 135 miliona EUR;
  - ii. Troškovi eksploatacije i održavanja (fiksni troškovi: radna snaga i administracija; promenljivi troškovi: električna energija i voda, materijali, eliminacija pepela i zgure; troškovi održavanja) – OMC: procenjeni na 4,9 miliona EUR godišnje;
  - iii. Troškovi čišćenja i dekontaminacije lokacije na kraju perioda eksploatacije – CDC: procenjeni na 10 miliona EUR;
2. Prihodi:
  - i. Prihodi od prikupljanja i odlaganja otpada: trenutna naknada za prikupljanje i odlaganje otpada je 0,93 EUR mesečno po stanovniku, sa stopom plaćanja 85% (Vujić, et al., 2011); kako su transportne rute i količina transportovanog otpada za insineraciju iste kao i u

postojećoj situaciji, računato je da bi postojeća cena pokrila sakupljanje i transport komunalnog otpada, a kao prihod je usvojena dodatna fiksna naknada za tretman otpada, koja bi iznosila 1 EUR mesečno po stanovniku. Sa ovako usvojenom dodatnom naknadom, ukupna cena za odlaganje i tretman otpada bi stanovnicima ostala pristupačna, tj. stopa plaćanja, kako je istakao Wilson et al. (2012) bi bila biti ugrožena. Godišnji prihod od naknade za tretman otpada (sa stopom plaćanja od 85%) je 3,2 miliona EUR;

ii. Prihodi od dobijene energije:

1. Trenutna cena električne energije je 0,055 EUR/KWh, a proizvodnja električne energije od 0,6 MWh/t komunalnog čvrstog otpada rezultira prihodom od 33 EUR/t komunalnog čvrstog otpada;
2. Prihodi od dobijene toplote: 18,86 EUR/t komunalnog čvrstog otpada;

iii. Rezidualna vrednost investicije – RV: 5% investicionih troškova.

Nakon analize prihoda i rashoda i diskontovanog toka novca u okviru životnog ciklusa projekta izračunati su finansijski pokazatelji (tabela 8). FNPV(C) je negativna (-20,3 miliona evra), a FRR(C) je manja od primenjene diskontne stope (3,58% u poređenju sa 5%), što znači da su prihodi manji od troškova i da projekat zahteva spoljašnju finansijsku podršku. Projekat izgradnje insineratora je finansijski neodrživ.

U regionalnom planu upravljanja otpadom za Novi Sad i okolne opštine (Vujić, et al., 2011), dobijena neto sadašnja vrednost investicije za predložen projekat regionalne deponije je 14 miliona eura za životni ciklus od 20 godina (neto dobit je 1,97 EUR/t-komunalnog otpada). Projekat insineratora komunalnog čvrstog otpada za Novi Sad, ima FNPV investicije -39 miliona EUR za period od 20 godina i -20 miliona EUR za ceo životni ciklus od 30 godina. Ovo odgovara neto dobiti od -10,2 EUR/t i -3,8 EUR/t tretiranog komunalnog čvrstog otpada za period od 20, odnosno 30 godina životnog ciklusa projekta.

Rezultati finansijske analize su pokazali da je projektu potrebna spoljna finansijska podrška (subvencija ili zajam EU) i da je projekat skuplji od projekta regionalne deponije.

#### 4.1.3.2 Društveno-ekonomska analiza

Društveno-ekonomska analiza u okviru SCBA, analizira uticaje projekta na i u ime celog društva (regiona, države), a ne samo u ime vlasnika postrojenja, kao što je slučaj u finansijskoj analizi (EU, 2008). Standardni pristup (Rand, et al., 2000), koji je u skladu sa međunarodnom praksom, sadrži četiri koraka: konverzija tržišnih cena u obračunske, monetarizaciju netržišnih uticaja, diskontovanje neto toka novca i izračunavanje ekonomskih pokazatelja projekta.

Za konverziju tržišnih cena u obračunske, za svaki prihod i rashod iz finansijske analize korišćeni su odgovarajući faktori konverzije (CF), kako bi se izrazili društvene koristi i troškovi (Rand, et al., 2000). Primenjeni faktori su:

- Standardni faktor konverzije (SCF);
- Faktori konverzije specifični za pojedine sektore, koji izražavaju odnos cene robe na državnoj granici i cene na domaćem tržištu;
- "Plata u senci" (*Shadow Wage Rate* (SWR)), što je faktor konverzije za cenu radne snage koji zavisi od stope nezaposlenosti i poreza.

Vrednost SCF zavisi od vrednosti izvoza i uvoza u zemlju i za Srbiju iznosi 0,96. SWR za kvalifikovanu radnu snagu iznosi 0,59, za nekvalifikovanu 0,49. Vrednosti ostalih primenjenih faktora konverzije prikazani su u tabeli 7.

4. PREDLOG PRISTUPA ZA ANALIZU ODRŽIVOSTI I RIZIKA U FAZI FORMIRANJA KONCEPCIJE KAPITALNIH INFRASTRUKTURNIH PROJEKATA

Tabela 7: Faktori konverzije primenjeni u prvom koraku ekonomske analize

Trošak/Prihod	CF	Komentar
Priprema i projektovanje	0,35	100% kvalifikovana radna snaga
Građenje	0,54	40% materijal (CF=SCF), 5% kvalifikovana radna snaga, 45% nekvalifikovana radna snaga, 10% profit
Oprema	1,00	Uvoz (bez poreza)
<b>Ukupna investicija</b>	<b>0,82</b>	<b>4% Priprema i projektovanje, 2% Zemljište, 33% Građenje, 61% Oprema</b>
Plate zaposlenih i troškovi	0,40	54% nekvalifikovana radna snaga, 31% kvalifikovana radna snaga, 15% materijali
Materijali	0,96	CF=SCF
Energenti i voda	0,96	SCF
Održavanje	0,89	5% kvalifikovana radna snaga, 10% nekvalifikovana radna snaga, 85% oprema
<b>Operativni troškovi i</b>	<b>0,80</b>	<b>25% Plate zaposlenih i troškovi administracije, 40% Energenti i materijali, 35% Održavanje</b>
<b>Rezidualna vrednost</b>	<b>0,82</b>	<b>Kao kod ukupne investicije</b>
<b>Nakn. za tretman otp.</b>	<b>0,96</b>	<b>SCF</b>
<b>Čišćenje i dekontaminacija</b>	<b>0,42</b>	<b>10% kval. radna snaga, 70% nekval. na radna snaga, 20% materijali</b>

Naredni korak bio je monetarizacija netržišnih pozitivnih i negativnih uticaja projekta izgradnje postrojenja za insineraciju komunalnog otpada. Pozitivni spoljašnji uticaji su:

- Smanjenje količine otpada koji se odlaže na deponije; insineracijom se težina komunalnog otpada smanjuje na 30% prvobitne (Williams, 2005). Ušteda postoji kako u pogledu troškova odlaganja, tako i ekoloških troškova za količinu komunalnog otpada koja se ne odlaže na deponije. Troškovi odlaganja za novopredloženu deponiju u Novom Sadu su 25 EUR/t (Vujić, et al., 2011). Ekološki troškovi u EU (Francuska) iznose 12,8 EUR/t deponovanog otpada (Rabl, et al., 2008). Iako su ekološki troškovi procenjivani za tržište EU, oni su usvojeni za ovu analizu pomoću BT pristupa (Eshet, et al., 2005; EU, 2008), jer relevantni podaci za Srbiju, kao zemlju koja je kandidat za pristup EU, ne postoje.
- Izbegnute emisije ugljen-dioksida (CO<sub>2</sub>) u atmosferu koje se javljaju pri proizvodnji energije sagorevanjem fosilnih goriva (uglja); monetarizovana je

kroz kalkulaciju prihoda od dobijene energije koristeći *feed in* tarifu, kako je i predviđeno Uredbom o merama podsticaja za povlašćene proizvođače električne energije (Uredba o merama podsticaja za povlašćene proizvođače električne energije, 2013); *feed-in* tarifa za energiju dobijenu insineracijom komunalnog otpada u Srbiji je  $0,0857 \text{ EUR(KWh)}^{-1}$ . *Feed-in* tarifa za prodaju toplotne energije proizvedene insineracijom komunalnog otpada još nije definisana, ali je u ovoj analizi usvojena na osnovu preporuke iz Vodiča Evropske Komisije (EU, 2008), i iznosi 27 EUR/t komunalnog čvrstog otpada.

Štetni uticaji insineracije komunalnog otpada na zdravlje ljudi, životnu sredinu i globalno zagrevanje uzrokovani su potencijalnim zagađenjem vazduha usled emisije štetnih procesnih gasova, nastankom čvrstih ostataka iz procesa sagorevanja otpada (šljaka i pepeo iz ložišta) i čvrstih ostataka iz prečišćavanja procesnih gasova (leteći pepeo), otpadnim vodama i bukom. Ovi negativni spoljni uticaji i metode za njihovu analizu i procenu bili su predmet mnogih studija. Metode koje se pri tom koriste jesu: procena životnog ciklusa (*Life-Cycle Assessment (LCA)*), procena uticaja tokom životnog ciklusa (*Life-Cycle Impact Assessment (LCIA)*), procena uticaja na zdravlje sa fokusom na kolektivnu izloženost (*Health Impacts Assessment with a focus on collective exposures or doses*), procena toka uticaja (*Impact Pathway Analysis (IPA)*), spoljni troškovi (*External costs*), itd. Kritički pregled ovih i drugih metoda procene daje se u (Eshet, et al., 2005). ExternE metodologija (EU, 2004) nudi okvir za pretvaranje uticaja na zdravlje i životnu sredinu koji su izraženi različitim jedinicama u najčešće korišćenu jedinicu – novac. Za novčanu vrednost negativnih spoljašnjih uticaja proizvodnje energije insineracijom komunalnog otpada za ovu analizu usvojena je procena dobijena ovom metodom. U (Rabl, et al., 2008) je na osnovu analize životnog ciklusa i IPA metodologije izračunat ekološki uticaj i troškovi pri insineraciji komunalnog otpada i odlaganju otpada na deponije za tržište EU (Francuska). Za analizu u ovom radu, korišćenjem BT pristupa usvojena je vrednost ekoloških troškova od 22,9 EUR/t komunalnog čvrstog otpada, pod pretpostavkom da ovi troškovi u Srbiji trenutno mogu biti samo isti ili manji u odnosu na takve troškove u EU.

Tabela ; prikazuje diskontovani neto tok novca i izračunate ekonomske pokazatelje projekta. Društvena diskontna stopa (SDR) od 10% je usvojena po preporuci

Ministarstva finansija i ekonomije Republike Srbije (Ministarstvo za infrastrukturu Republike Srbije, 2010).

Rezultati ekonomske analize pokazuju da je društvu bolje sa projektom insineracije komunalnog otpada, pošto je ENPV veća od 0 (5,13 miliona eura) i ERR veći od SDR (10,59%, u odnosu na 10%). Dobijena neto ekonomska korist po toni komunalnog čvrstog otpada je 1 EUR/t.

Kao što je prikazano, razlika od 0,037 EUR/KWh između postojeće feed-in tarife od 0,0857 EUR/KWh i trenutne cene električne energije u Srbiji od 0,055 EUR/KWh, je dovoljna da proizvede pozitivni ukupni uticaj projekta insineracije komunalnog otpada na društvo.

Ekonomska analiza je, dakle, pokazala da bi društvo imalo koristi od projekta incineracije. Razlika od 0,037 EUR/KWh između postojeće feed-in tarife i trenutne cene električne energije u Srbiji, koja predstavlja spoljni trošak električne energije dobijene iz uglja, omogućava ukupni pozitivan ekonomski doprinos.

Rezultati ovih analiza sugerišu da je sa pravilnim proračunom spoljnih troškova i benefita, incineracija komunalnog otpada u Srbiji bolji izbor za dobijanje energije od termoelektrana na ugalj, kako sa društvenog aspekta, tako i sa aspekta očuvanja životne sredine.

4. PREDLOG PRISTUPA ZA ANALIZU ODRŽIVOSTI I RIZIKA U FAZI FORMIRANJA KONCEPCIJE KAPITALNIH INFRASTRUKTURNIH PROJEKATA

Tabela : : Finansijska analiza povraćaja investicije (u hiljadama EUR)

God.	Troškovi				Prihodi					TI- TC	Diskontni faktor	
	IC	OMC	CDC	Ukupni troškovi (TC)	Naknada za tretman	Prihod od el. en.	Prihod od topl. en.	Rezid. vrednost	Ukupni prihodi (TI)			
1	8100	0	0	8100	0	0	0	0	0	-8100	0,95	
2	68209	0	0	68209	0	0	0	0	0	-68209	0,91	
3	58691	0	0	58691	0	0	0	0	0	-58691	0,86	
4	0	3677	0	3677	2404	3770	2154	0	8327	4650	0,82	
5	0	4903	0	4903	3205	5127	2929	0	11261	6358	0,78	
6 – 29	0	4903	0	4903	3205	5229 – 8246	2988 – 4712	0	11442 – 16163	6520 – 11260	0,75 – 0,24	
30	0	4903	10000	14903	3205	8411	4806	6750	23172	8269	0,23	
<b>FNPV(C):</b>						<b>-20334</b>			<b>FRR(C):</b>		<b>3,58%</b>	



4. PREDLOG PRISTUPA ZA ANALIZU ODRŽIVOSTI I RIZIKA U FAZI FORMIRANJA KONCEPCIJE KAPITALNIH INFRASTRUKTURNIH PROJEKATA

Tabela ; : Ekonomska analiza (u hiljadama EUR)

God.	Socijalni troškovi			Neg. eksterni efekti	Ukupni ekon. trošk.	Prihodi (sračunati uz korišćenje <i>feed in tarifa</i> )				Poz. eksterni efekti	Ukupne ekonomske koristi	Neto ekon. koristi	Disk. faktor
	IC	OMC	CDC			Nakn. za tretm.	Prihod od el. en.	Prihod od topl. en.	Rez. vred.				
<b>1</b>	6661	0	0	0	<b>6661</b>	0	0	0	0	0	<b>0</b>	<b>-6661</b>	0,91
<b>2</b>	56093	0	0	0	<b>56093</b>	0	0	0	0	0	<b>0</b>	<b>-56093</b>	0,83
<b>3</b>	48266	0	0	0	<b>48266</b>	0	0	0	0	0	<b>0</b>	<b>-48266</b>	0,75
<b>4</b>	0	2934	0	2616	<b>5550</b>	2307	5826	3087	0	3023	<b>14243</b>	<b>8693</b>	0,68
<b>5</b>	0	3912	0	3558	<b>7470</b>	3077	7923	4198	0	4111	<b>19309</b>	<b>11839</b>	0,62
<b>6 – 29</b>	0	3912	0	3629 – 5722	<b>7541 – 9634</b>	3077	8082 – 12744	4282 – 6752	0	4193 – 6612	<b>19633 – 29185</b>	<b>12093 – 19551</b>	0,56 – 0,06
<b>30</b>	0	3912	4182	5837	<b>13931</b>	3077	12999	6887	5551	6744	<b>35258</b>	<b>21328</b>	0,06
<b>ENPV:</b>				<b>5130</b>	<b>ERR:</b>				<b>10,59%</b>				

#### 4.1.3.3 Procena rizika

##### 4.1.3.3.1 Analiza osetljivosti i analiza scenarija

Nakon sprovedene finansijske i ekonomske analize, izvršena je analiza osetljivosti izlaznih pokazatelja finansijske i ekonomske analize na promene vrednosti ulaznih parametara i predloženi su mogući optimistički i pesimistički scenariji.

Vrednosti izlaznih pokazatelja finansijske analize osetljive su na:

- Promenu cene električne energije. Da bi projekat postao finansijski pozitivan, neophodno je da se cena električne energije poveća za 18%;
- Promenu visine naknade za tretman otpada. Da bi projekat postao finansijski pozitivan, neophodno je da naknada za tretman otpada bude viša za 51%.

Optimističan scenario, koji bi podrazumevao istovremeno manje povećanje oba ulazna parametra takvo da projekat postane finansijski pozitivan je verovatniji, naročito usled činjenica:

- Da je cena električne energije u Srbiji među najnižim u regionu;
- Da u predmetnoj analizi u ovom istraživanju nisu primenjene stope rasta cena.

Analiza osetljivosti izlaznih pokazatelja ekonomske analize dala je sledeće bitne rezultate:

- Izlazni pokazatelji su vrlo osetljivi na promenu socijalne diskontne stope. Ukoliko se socijalna diskontna stopa sa usvojenih 10%, poveća na 11,05%, projekat postaje ekonomski neopravdan.
- Izlazni pokazatelji su, takođe, vrlo osetljivi na potencijalnu promenu *feed in* tarife. Ukoliko bi došlo do smanjenja uredbom (Uredba o merama podsticaja za povlašćene proizvođače električne energije, 2013) definisane *feed-in* tarife za 12%, društveno-ekonomska ocena projekta bi bila negativna.
- Izlazni pokazatelji su, takođe, mada u nešto manjoj meri osetljivi na promenu vrednosti naknade za toplotnu energiju. Ukoliko bi vrednost naknade bila niža za 20%, društveno-ekonomska ocena projekta bi bila negativna. Međutim, znatno

verovantiji je scenario u kojem će i cena električne energije i naknade za toplotnu energiju u budućnosti biti više.

- Naknada za tretman otpada je u ovoj analizi usvojena kao 1 EUR po stanovniku mesečno. Ukupni troškovi za prikupljanje, odvoz i tretman otpada bi uz tako usvojenu nakandu iznosili 4,63 EUR po domaćinstvu mesečno. Ukoliko su troškovi sistema za upravljanje otpadom po domaćinstvu veći od 1% ukupnih primanja domaćinstva, za zemlje u razvoju i slabo razvijene zemlje važi da će stopa naplate naknade za upravljanje otpadom biti ugrožena (Wilson, et al., 2012). Za predmetnu studiju slučaja za Novi Sad, celokupna naknada za upravljanje otpadom po domaćinstvu iznosi 0,58% prosečnog prihoda po domaćinstvu. Dakle, postoji još prostora za podizanje naknade za tretman otpada i/ili naknade za upravljanje otpadom u budućnosti. Međutim, ukoliko bi naknada za tretman otpada bila niža za 25%, projekat u ekonomskom smislu postaje neopravdan.

Kao što je navedeno, društveno-ekonomska analiza u baznom scenariju daje pozitivne rezultate. Međutim, projekat je u društveno-ekonomskom smislu najosetljiviji na promenu socijalne diskontne stope. Za druge parametre na čiju su promenu pokazatelji ekonomske analize osetljivi, verovatnije je da će njihova promena ići u pravcu optimističkog scenarija – povećanja ekonomskih koristi od realizacije projekta. U okviru analize osetljivosti identifikovani su kritični ulazni parametri društveno-ekonomske analize. U nastavku je izvršena dalja analiza uticaja identifikovanih kritičnih parametara na izlazne pokazatelje društveno-ekonomske analize.

#### 4.1.3.3.2 Kvantitativna analiza rizika

U ovom delu su na praktičnom primeru prikazane mogućnosti i način primene predloženog modela za procenu rizika u okviru SCBA. Izvršena je procena rizika u pogledu društveno-ekonomske održivosti projekta, odnosno ostvarenja vrednosti izlaznog parametra društveno-ekonomske analize – ENPV.

U cilju modeliranja neizvesnosti u vezi za procenjenim vrednostima prihoda i rashoda u društveno-ekonomskoj analizi, u saradnji sa ekspertima iz oblasti, usvojene su sledeće raspodele verovatnoća vrednosti ulaznih parametara:

4. PREDLOG PRISTUPA ZA ANALIZU ODRŽIVOSTI I RIZIKA U FAZI FORMIRANJA KONCEPCIJE KAPITALNIH INFRASTRUKTURNIH PROJEKATA

- Za parametre koji su u analizi osetljivosti identifikovani kao kritični:
  - Socijalna diskontna stopa predstavljena je normalnom raspodelom sa srednjom vrednošću od 10% i standardnom devijacijom od 1,5%;
  - *Feed in* tarifa, naknada za toplotnu energiju i naknada za upravljanje otpadom predstavljeni su trougaonim raspodelama sa minimalnim, najverovatnijim i maksimalnim procenjenim vrednostima prikazanim u tabeli 10;
- Za ostale ulazne parametre:
  - Investicioni troškovi i rezidualna vrednost su predstavljeni trougaonim raspodelama sa parametrima prikazanim u tabeli 11;
  - Pozitivni i negativni eksterni efekti projekta predstavljeni su normalnim raspodelama sa parametrima prikazanim u tabeli 12;
  - Troškovi eksploatacije i održavanja, kao i čišćenja i dekontaminacije usvojeni su deterministički, a predstavljeni diskretnom raspodelom sa baznom vrednošću i verovatnoćom 100%.

Tabela 10: Vrednosti parametara raspodele za *feed in* tarifu, naknadu za toplotnu energiju i naknadu za upravljanje otpadom

<i>Feed in</i> tarifa [EUR/KWh]			Naknada za topl. en. [EUR/t kom. čvrstog otp.]			Naknada za upravljanje otpadom [EUR/domaćinstvu mesečno]		
Min.	Najver.	Maks.	Min.	Najver.	Maks.	Min.	Najver.	Maks.
<b>0,081</b>	0,085	0,102	24,318	27,020	28,371	4,169	4,630	5,558

4. PREDLOG PRISTUPA ZA ANALIZU ODRŽIVOSTI I RIZIKA U FAZI FORMIRANJA KONCEPCIJE KAPITALNIH INFRASTRUKTURNIH PROJEKATA

Tabela 11: Vrednosti parametara raspodele za investicione troškove i rezidualnu vrednost investicije

Investicioni troškovi [10 <sup>3</sup> EUR]			Rezidualna vrednost investicije [10 <sup>3</sup> EUR]		
Min.	Najver. <sup>1</sup>	Maks.	Min.	Najver.	Maks.
128250	135000	150000	5400	6750	7425

<sup>1</sup> U bazno procenjenim investicionim troškovima sadržana su i rezervna sredstva u iznosu od 10%

Tabela 12: Vrednosti parametara raspodele za pozitivne i negativne eksterne efekte projekta

Pozitivni eksterni efekti projekta [EUR/t kom. čvrstog otp.]		Negativni eksterni efekti projekta [EUR/t kom. čvrstog otp.]	
Srednja vrednost	Standardna devijacija	Srednja vrednost	Standardna devijacija
37,80	3,78	22,80	2,28

Nakon izvršene procene rizika primenom MCA, kroz 1.000 sprovedenih iteracija, dobijeni su rezultati prikazani u tabeli 13 i na slikama 26 i 27.

Tabela 13: Deskriptivna statistička analiza vrednosti ENPV dobijenih primenom MCA [10<sup>3</sup> EUR]

Minimalna vrednost	Maksimalna vrednost	Srednja vrednost (aritmetička)	Standardna devijacija
962,00	11416,90	5519,11	1634,37

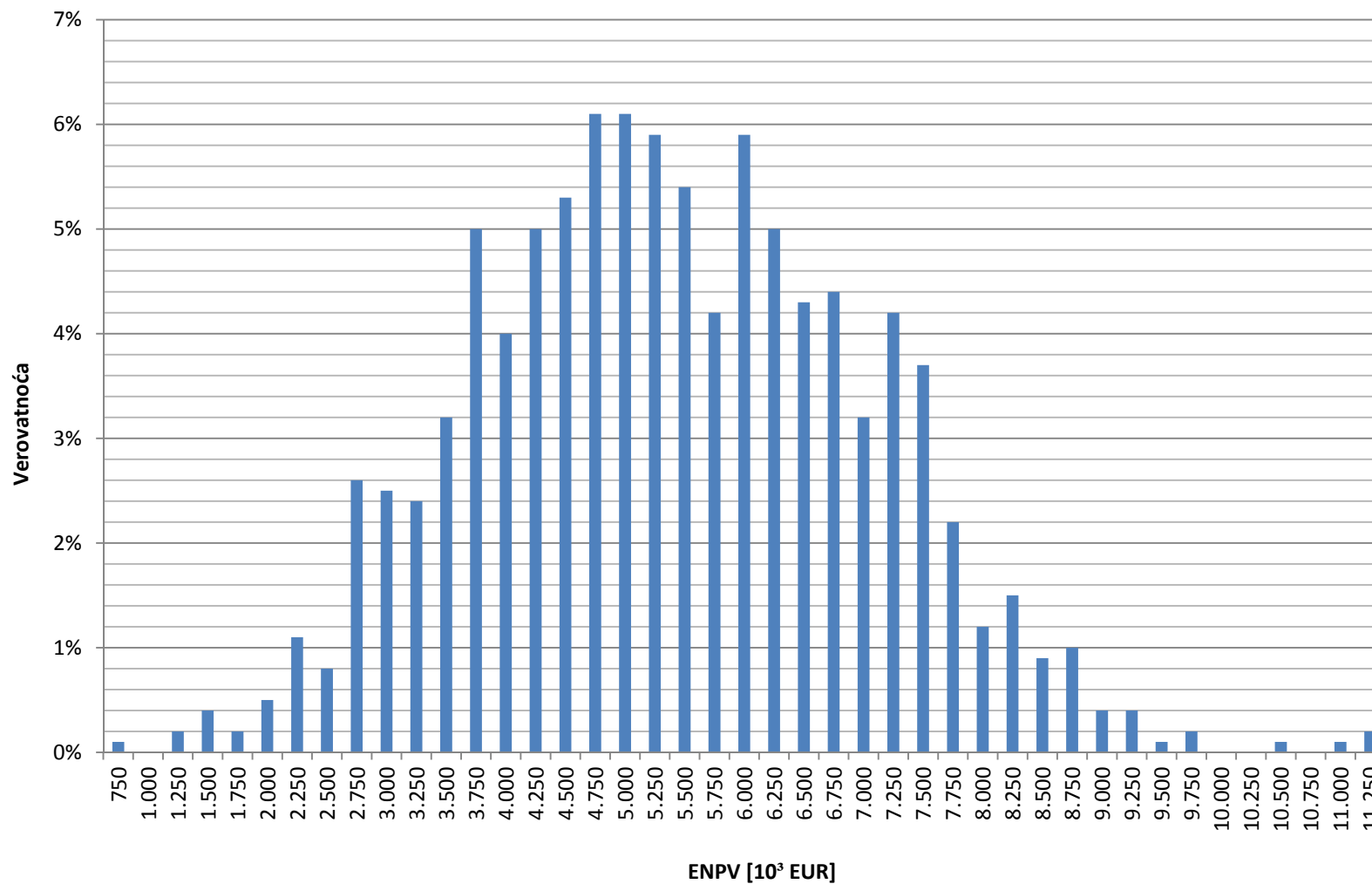
Vrednosti ENPV dobijene primenom MCA kreću se u intervalu od 962.000 EUR do 11.416.900 EUR ENPV ni u jednoj iteraciji nije bila negativna. Prvi zaključak je da, uz pretpostavljene raspodele vrednosti ulaznih parametara, konkretni projekat može imati

samo pozitivan efekat na društvo ( $ENPV > 0$ ) i to u vrednosti od najmanje 962.000 EUR.

Investicioni troškovi, rezidualna vrednost investicije i naknada za toplotnu energiju jesu ulazni parametri koje prati veća verovatnoća (u odnosu na druge parametre) da promena njihovih bazno procenjenih vrednosti bude negativna (veći investicioni troškovi, manja rezidualna vrednost i manja naknada za toplotnu energiju). Usvojene raspodele verovatnoće vrednosti ovih parametara to pokazuju (tabele 10 i 11). Dobijena srednja vrednost ENPV primenom MCA iznosi 5.519.110 EUR. Ova vrednost je veća od vrednosti ENPV dobijene pri determinističkoj proceni vrednosti ulaznih parametara (5.130.000 EUR). Iz toga sledi da simultana promena navedenih ulaznih parametara, prema pretpostavljenim raspodelama verovatnoće, nije takva da ugrožava društvenu-ekonomsku isplativost projekta. Štaviše, rezultati sprovedene MCA pokazuju da je deterministička procena vrednosti ulaznih parametara izvršena na strani sigurnosti.

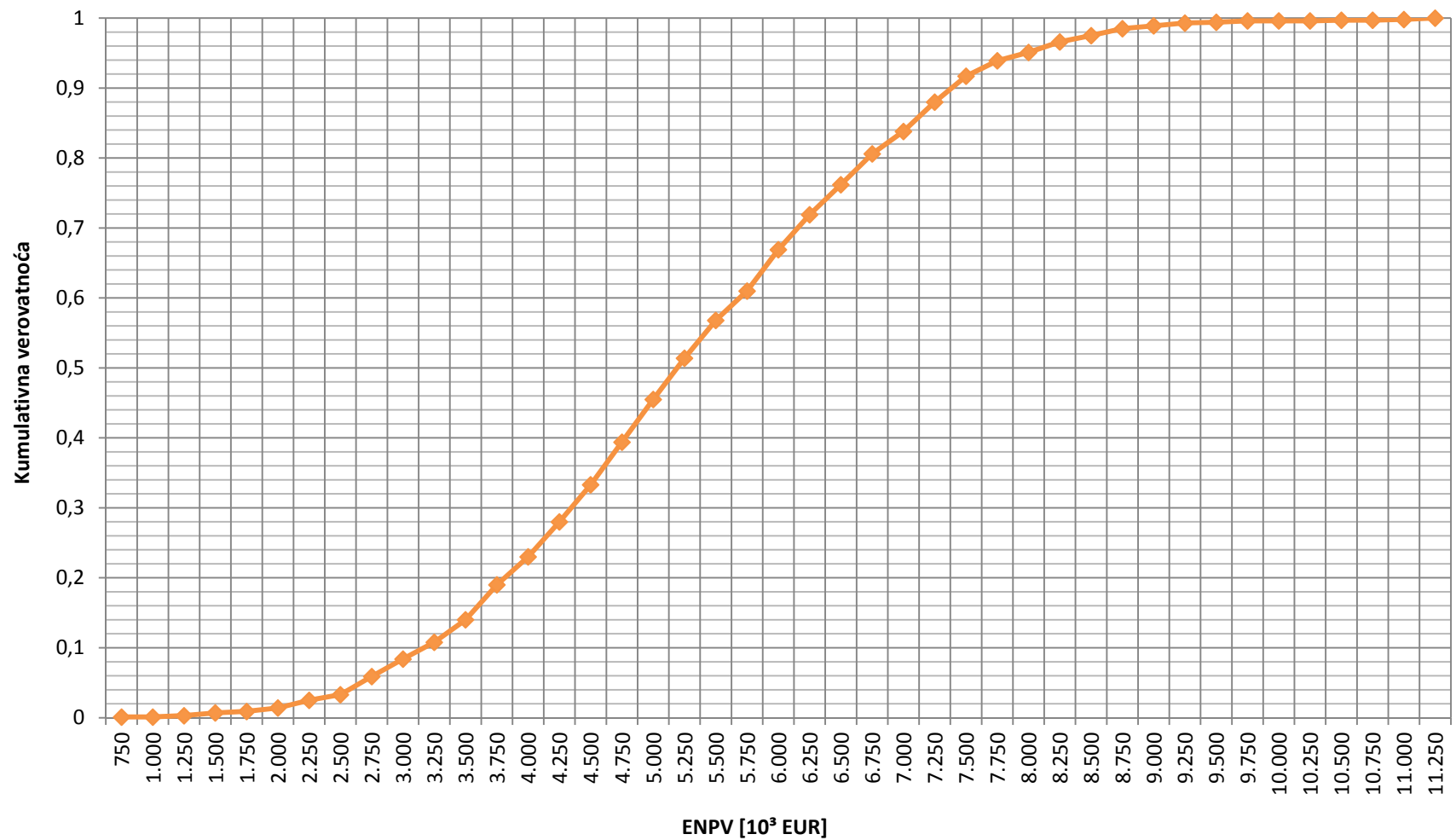
Sa grafika na slici 27 se može očitati da je verovatnoća 15% da će ENPV projekta biti manja ili jednaka približno 3.750.000 EUR. Ovo znači da se, na osnovu usvojenih raspodela verovatnoća vrednosti ulaznih parametara, sa pozudanošću od 85% može tvrditi da će ENPV projekta biti veća od 3.750.000 EUR.

4. PREDLOG PRISTUPA ZA ANALIZU ODRŽIVOSTI I RIZIKA U FAZI FORMIRANJA KONCEPCIJE KAPITALNIH INFRASTRUKTURNIH PROJEKATA



Slika 26: Raspodela verovatnoće za klase vrednosti ENPV

4. PREDLOG PRISTUPA ZA ANALIZU ODRŽIVOSTI I RIZIKA U FAZI FORMIRANJA KONCEPCIJE KAPITALNIH INFRASTRUKTURNIH PROJEKATA



Slika 27: Kumulativna raspodela verovatnoće za klase vrednosti ENPV



U prethodnom tekstu predstavljen je model za analizu održivosti i procenu finansijskih i ekonomskih rizika pri izradi studije opravdanosti. Model za analizu održivosti se zasniva na primeni SCBA, dok se predstavljeni model za kvantitativnu analizu rizika zasniva na primeni Monte Karlo analize i ima za cilj da akcenat u analizi rizika stavi na neizvesnost, i na moguća pozitivna i negativna odstupanja od procenjenih vrednosti finansijskih i ekonomskih parametara. U cilju podrške primeni predloženog modela napravljen je i predstavljen jednostavan računarski program za analizu finansijskih i ekonomskih rizika prilikom izrade studije opravdanosti. Takođe je prikazana studija slučaja primene predloženog modela.

U vodiču Evropske Komisije (EU, 2008), ali i drugoj stranoj literaturi (Flyvbjerg et al., 2001; Flyvbjerg et al., 2003) se kao jedan od razloga prekoračenja troškova i vremena realizacije projekata navodi uočena česta sklonost ka preteranom optimizmu (*optimistic bias*) prilikom procene ulaznih parametara za studiju opravdanosti. Kao uzroci takvoj sklonosti navode se:

- Tehnički:
  - Nedostatak podataka, nova ili neproverena tehnologija;
  - Promene obima posla;
  - Problemi sa upravljanjem (*management issues*);
- Psihološki:
  - Tendencija pojedinaca i organizacija da favorizuju optimizam;
- Ekonomski:
  - U interesu investitora, izvođača radova i konsultanata je da projekat „prođe”;
- Političko-institucionalni:
  - Interes, moć, institucije;
  - Učesnici ponekad namerno „lažu” kako bi projekat/interes bio realizovan.

Na osnovu navedenog, neophodno je istaći da je mera na kojoj je neophodno insistirati, kako na individualnom, tako i na nivou organizacije prilikom izrade studije opravdanosti jeste dodatno prilagođavanje realnosti procenjene vrednosti ulaznih parametara (*povećanje troškova, vremena za izgradnju, smanjenje koristi*). Ovakva mera ne treba da bude zamena za analizu i procenu rizika, već bi trebalo da prethodi analizi i proceni rizika po modelu predloženom u ovom radu. Za slučaj analize

investicionih troškova kao ulaznog parametra, takva mera ogledala bi se, na primer, u tome da se prilikom analize scenarija kao optimistička varijanta nikako ne analizira mogućnost da troškovi budu manji 20 ili 30%. Bliže realnosti je procena da će se oni kretati od -10 ili -5% do +20% ili čak i više u odnosu na procenjene.

Uvođenje predstavljenog stohastičkog pristupa i primena konkretnog modela pri analizi rizika u studiji opravdanosti zasigurno doprinosi boljoj informisanosti donosioca odluka, jako bitnih za uspeh projekta.

Najznačajnije ograničenje studija ovakvog tipa, naročito u zemljama koje nisu u Evropskoj Uniji, kao i u zemljama u razvoju, jeste nedostatak relevantnih izvora podataka, naročito kada je u pitanju postupak monetarizacije u okviru društveno-ekonomske analize. Takvo ograničenje je postojalo i tokom sprovođenja analiza prikazanih u ovom delu disertacije. Ovaj deo istraživanja, međutim, imao je za cilj predlog mogućeg pristupa za analizu održivosti i procenu rizika pri analizi opravdanosti projekta izgradnje. Analize su sprovedene uz korišćenje podataka iz zvaničnih, stručnih publikacija iz predmetne oblasti i relevantnih prethodnih naučnih istraživanja, preporučenim za upotrebu u zvaničnim dokumentima izdatim od strane različitih regionalnih tela i Ministarstava Vlade Republike Srbije (Vujić, et al., 2008; Rabl, et al., 2008; Rand, et al., 2000). Rezultati ovog dela istraživanja mogu biti korisni za buduće analize na domaćem tržištu i tržištu zemalja u razvoju, koje se sprovode sa ciljem sveobuhvatnog razmatranja ekonomskih, društvenih i ekoloških efekata projekta tokom celog životnog ciklusa objekta infrastrukture.

## **4.2 KVALITATIVNA ANALIZA RIZIKA SA MOGUĆIM UTICAJEM NA FINANSIJSKU, EKONOMSKU, DRUŠTVENU I EKOLOŠKU ODRŽIVOST PROJEKTA – STUDIJA SLUČAJA PROJEKTA IZGRADNJE AUTO-PUTA E-80, NIŠ (PROSEK) – DIMITROVGRAD (GRANICA BUGARSKE)**

### **4.2.1 Osnovni podaci o projektu**

Kao druga studija slučaja u ovom delu istraživanja odabran je projekat izgradnje auto-puta E-80, Niš (Prosek) – Dimitrovgrad (granica Bugarske).

Ovaj auto-put je deo kraka V koridora 10, jednog od najvažnijih panevropskih saobraćajnih koridora koji prolazi kroz Srbiju i povezuje Austriju, Mađarsku, Sloveniju, Hrvatsku, Srbiju, Bugarsku, Makedoniju i Grčku. Glavni krak Koridora 10 povezuje Salzburg (A) - Ljubljanu (SLO) - Zagreb (HR) - Beograd (SRB) - Niš (SRB) - Skoplje (MK) - Veles (MK) - Solun (GR) (Koridori Srbije, 2012).

Pored glavnog, postoje još četiri kraka:

- Krak A: Grac (A) - Maribor (SLO) - Zagreb (HR);
- Krak B: Budimpešta (SRB) - Novi Sad (SRB) - Beograd (SRB);
- Krak V: Niš (SRB) - Dimitrovgrad (SRB) - Sofija (BG) - Istanbul (TR) - preko Koridora 4;
- Krak G: Veles (MK) - Prilep (MK) - Bitolj (MK) - Florina (GR) - Igumenica (GR) .

Dužina trase auto-puta E-80 Niš (Prosek) – Dimitrovgrad (granica Bugarske) je 86,85km i auto-put je podeljen na deonice (slika 28):

- Prosek - Crvena Reka, dužine 22,5km, koja se sastoji iz delova:
  - LOT1 trasa i mostovi: Prosek - tunel Bancarevo, dužine 9,4km;
  - LOT2 trasa i mostovi: tunel Bancarevo - Crvena Reka, dužine 12,3km;
  - LOT3 tunel Bancarevo, dužine 0,8km;
- Crvena Reka - Čiflik, dužine 12,7km;

4. PREDLOG PRISTUPA ZA ANALIZU RIZIKA I ODRŽIVOSTI U FAZI FORMIRANJA KONCEPCIJE KAPITALNIH INFRASTRUKTURNIH PROJEKATA

- Paralelni nekomercijalni put Bela Palanka - Pirot (zapad), dužine 22,0km;
- Čiflik-Staničenje, dužine 12,07km;
- Staničenje - Pirot istok, dužine 16,64km;
- Pirot istok – Dimitrovgrad, dužine 14,3km, koja se sastoji iz delova:
  - LOT1 Pirot istok – Sukovo, dužine 6,0km;
  - LOT2 Sukovo-Dimitrovgrad, dužine 8,3km;
- Obilaznica Dimitrovgrad, dužine 8,7km, koja se sastoji iz delova:
  - LOT1 trasa, dužine 5,7km;
  - LOT2 mostovi, dužine 1,3km;
  - LOT3 tuneli Progon i Pržoja Padina, dužine 1,7km.

Za predmetni auto-put usvojen je geometrijski poprečni profil auto-puta sa dva odvojena kolovoza:

• vozne trake	4 x 3,75m =	15,00m
• zaustavne trake	2 x 2,50m =	5,00m
• ivične trake	2 x (0,50m + 0,20m) =	1,40m
Svega kolovozne trake:		2 x 10,70m
• razdelna traka	1 x 4,00m =	4,00m
• <u>zemljane bankine</u>	<u>2 x 1,50m =</u>	<u>3,00m</u>
UKUPNO:		28,40m

Osnovni tehnički podaci o trasi, podela na poddeonice i njihove dužine, kao i osnovni podaci o objektima na trasi (mostovima, tunelima, zaštitnim zidovima i denivelisanim raskrsnicama) za auto-put E80, Niš - Dimitrovgrad prikazani su u tabelama 14 i 15.

Tabela 14: Osnovni tehnički podaci o trasi auto-puta E80 Niš – Dimitrovgrad

<b>Ukupna dužina [km]</b>	86,85
<b>Projektovana brzina [km/h]</b>	120
<b>Radijus horizontalne krivine, <i>min/max</i> [m]</b>	750/5000
<b>Podužni nagib, <i>min/max</i> [%]</b>	0,25/5,00
<b>Kolovozna konstrukcija</b>	fleksibilna
<b>Ukupna širina donjeg stroja [m]</b>	28,40
<b>Drenažni sistem</b>	zatvoreni

Planirana vrednost troškova izgradnje auto-puta E80 Niš - Dimitrovgrad (bez troškova izrade projektno-tehničke dokumentacije i bez troškova ekspropriacije) iznosi oko 570 miliona evra. U finansiranju projekta učestvuju međunarodne finansijske institucije, i to:

- Evropska investiciona banka (EIB), za deonice Prosek – Crvena Reka, Čiflik – Staničenje i Staničenje – Pirot istok;
- Evropska banka za obnovu i razvoj (EBRD), za deonice Crvena Reka – Čiflik, Paralelni nekomercijalni put Bela Palanka - Pirot (zapad), Pirot istok – Dimitrovgrad;
- Svetska banka (WB), za deonicu Obilaznica Dimitrovgrad.

Planirani rok završetka radova na izgradnji auto-puta E80 Niš – Dimitrovgrad je 31.12.2015. godine.

#### 4. PREDLOG PRISTUPA ZA ANALIZU RIZIKA I ODRŽIVOSTI U FAZI FORMIRANJA KONCEPCIJE KAPITALNIH INFRASTRUKTURNIH PROJEKATA



Slika 28: Auto-put E80 Niš - Dimitrovgrad, podela na deonice (preuzeto iz (Koridori Srbije, 2012))

4. PREDLOG PRISTUPA ZA ANALIZU RIZIKA I ODRŽIVOSTI U FAZI FORMIRANJA KONCEPCIJE KAPITALNIH INFRASTRUKTURNIH PROJEKATA

Tabela 15: Osnovni podaci o poddeonicama i objektima na auto-putu E80 Niš – Dimitrovgrad

Deonica	Poddeonica	Dužina poddeonice [km]	Broj (i dužina [km])				Tuneli	Den. raskrsnice
			Mostova	Tunela	Zidova	Den. raskrs.		
<b>Prosek - Crvena Reka, km 18+125,17 – km 40+650,00</b>	LOT 1: Trasa i mostovi na deonici 1: Prosek - Bancarevo	9,42	9 (0,429)		14 (1,439)			
	LOT 2: Trasa i mostovi na deonici 2: Bancarevo - Crvena reka	12,10	4 (0,326)		4 (0,356)			
	LOT 3: Tunel Bancarevo			1 (0,705)		„Banca-revo”		
<b>Crvena Reka - Čiflik, deonice 3a i 3b, km 40+650,00 – km 53+317,23</b>	Trasa , mostovi i denivelisana raskrsnica	12,67	13 (1,345)		2 (0,209)	1		„Bela Palanka”
<b>Čiflik - Staničenje, km 52+727,65 (=53+317.23) – km 64+800,00</b>	LOT 1: Trasa i mostovi na Čiflik-Staničenje	12,07	8 (0,667)		9 (1,400)			
<b>Staničenje - Pirot (Istok), deonice 5a i 5b: Staničenje -Sarlah, km 64+800,00 – km 81+450,00</b>	LOT 2: Trasa, mostovi, denivelisane raskrsnice i tuneli na Staničenje –Pirot (Istok)	16,64	19 (1,168)	2 (0,661)	4 (0,670)	2	1. „Сопог” (184m) 2. „Сарлах” (477m)	1. „Pirot zapad”, 2. „Pirot istok”
<b>Pirot (Istok) - Dimitrovgrad, km 81+450,00 – km 95+731,17 (izmena trase u zoni tunela Kale km 93+600,00 -95+216,46)</b>	LOT 1: Trasa i mostovi od Pirota do Sukova	6,99	2 (0,048)					
	LOT2: Trasa i mostovi od Sukova do Dimitrovgrada	8,28	8 (0,329)					

4. PREDLOG PRISTUPA ZA ANALIZU RIZIKA I ODRŽIVOSTI U FAZI FORMIRANJA KONCEPCIJE KAPITALNIH INFRASTRUKTURNIH PROJEKATA

<b>Obilaznica Dimitrovgrada, km 92+905,55 – km 101+578,12 (95+731,17 – 104+403,74)</b>	LOT1: Trasa i petlja	8,68			6 (1,784)	2		1. „Dimitrovgrad” 2. „Gradina”
	LOT2: Mostovi		7 (1,197)					
	LOT3: Tuneli "Progon" i "Pržojna Padina"			2 (1,669)			1. „Progon" (561m) 2. „Pržojna padina" (1108m)	



#### 4.2.2 Metodologija istraživanja

Metodologija istraživanja ove studije slučaja, prikazana na slici 29, sastojala se najpre iz prikupljanja relevantnih podataka. Analizirani su podaci iz studije opravdanosti za predmetni projekat (Institut za puteve a.d., 2010b), i iz studija o proceni uticaja na životnu sredinu (Institut za puteve a.d., 2009; Institut za puteve a.d., 2010a; Saobraćajni institut CIP d.o.o, 2009; Institut za puteve a.d., 2005).

Studija o proceni uticaja, odnosno „EIA studija“ (EIA – *Environmental Impact Assessment*) predstavlja dokument kojim se analizira i ocenjuje kvalitet činilaca životne sredine i njihova osetljivost na određenom prostoru, međusobni uticaji postojećih i planiranih aktivnosti, neposredni i posredni štetni uticaji projekta na činioce životne sredine i mere i uslovi za sprečavanje, smanjenje i otklanjanje štetnih uticaja na životnu sredinu i zdravlje ljudi (Zakon o proceni uticaja na životnu sredinu, 2009). Ovu studiju naručuje nosilac projekta na isti način kao što naručuje izradu projektne dokumentacije.

Prema Zakonu o proceni uticaja na životnu sredinu, predmet procene uticaja su:

„projekti koji se planiraju i izvode, promene tehnologije, rekonstrukcije, proširenje kapaciteta, prestanak rada i uklanjanje projekata koji mogu imati značajan uticaj na životnu sredinu. Procena uticaja vrši se za projekte iz oblasti industrije, rudarstva, energetike, saobraćaja, turizma, poljoprivrede, šumarstva, vodoprivrede, upravljanje otpadom i komunalnih delatnosti, kao i za sve projekte koji se planiraju na zaštićenom prirodnom dobru i u zaštićenoj okolini nepokretnog kulturnog dobra.”

Procedura za izradu studije o proceni uticaja je takođe definisana zakonom. Za potrebe studije opravdanosti potrebno je uraditi sažet prikaz studije o proceni uticaja, sagledavanje studije u svetlu konkretnog projekta i donošenje ocene o „ekološkoj podobnosti“ projekta. Osim toga potrebno je još dati zaključni komentar o implikacijama koje uticaji na životnu sredinu imaju na celokupni tok realizacije projekta, odnosno o merama koje treba primeniti da bi se projekat nesmetano realizovao.

Pored toga što je potrebna za izradu studije opravdanosti, studija o proceni uticaja na životnu sredinu je neophodna i za dobijanje građevinske dozvole. Sa stanovišta

realizacije čitavog projekta, potrebno je što ranije isplanirati resurse (vreme i novac) za izradu ove studije.

U ovom delu istraživanja, analiza svih prikupljenih podataka za predmetni projekat (studija opravdanosti, studije o proceni uticaja na životnu sredinu) vršena je sa ciljem identifikacije rizika u okviru sledećih kategorija:

- Finansijski rizici;
- Rizici sa mogućim posledicama po održivost projekta, u okviru čega je vršena identifikacija:
  - Ekonomskih rizika;
  - Društvenih rizika;
  - Ekoloških rizika.

Studije o proceni uticaja na životnu sredinu za predmetni projekat, analizirane su u cilju detaljnog sagledavanja najznačajnijih ekoloških rizika.

Prilikom sagledavanja podataka iz predmetne studije opravdanosti, uočeno je da, u okviru primenjenog pristupa za analizu opravdanosti i uticaja projekta, nije primenjena kvantitativna niti kvalitativna analiza rizika. S obzirom na to da, kako je ranije rečeno, domaći zakonski okvir ne propisuje neophodnu metodologiju za analizu rizika u okviru predthodne studije opravdanosti i studije opravdanosti, ovakav nedostatak je čest i razumljiv. On, međutim, otvara prostor za predlog za unapređenje metodologije analize rizika u okviru preinvesticionih studija. U delu 4.1 prikazana je metodologija kvantitativne analize rizika. U ovom delu istraživanja, prikazani su postupak i rezultati kvalitativne analize rizike za predmetni projekat.

O kvalitativnoj analizi rizika je, u teorijskom smislu, bilo reči u delu 2.1 ove disertacije. Kaže se da ona predstavlja jedan od najvažnijih koraka u upravljanju rizicima. Cilj analize je da se subjektivno (ili na nivou tima za upravljanje projektom) proceni verovatnoća pojave i posledice za svaki identifikovani rizik i da se formiraju liste prioriternih rizika.

Da bi se obavila kvalitativna analiza i formirale rang liste koje ukazuju na prioritete rizike, neophodno je da se usvoji sistem ocenjivanja rizika. Ovde je, analogno istraživanju prikazanom u poglavlju 3, za procenu verovatnoća i uticaja potencijalnih

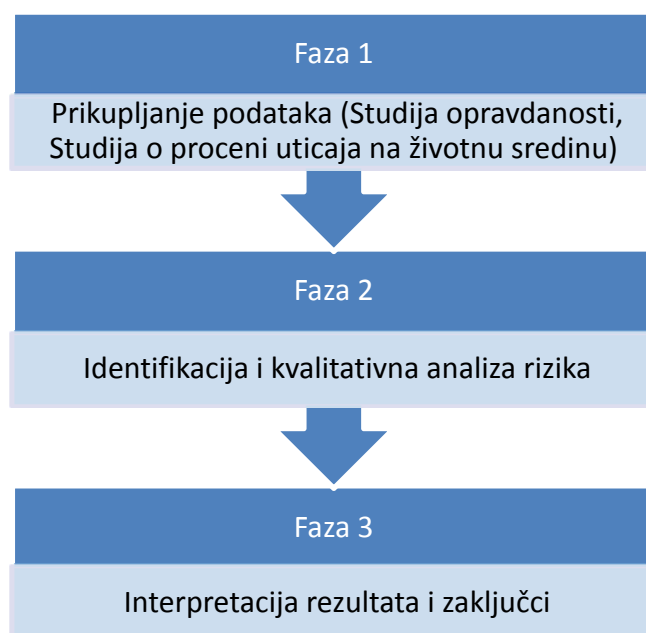
rizika usvojena skala 1-5. Razmatran je potencijalni uticaj identifikovanih rizika na finansijske performanse projekta, kao i na aspekte održivosti (ekonomski, društveni, ekološki). Analizirani su kako rizici iz perioda izgradnje, tako i potencijalni rizici u periodu eksploatacije. U postupak procene verovatnoće i mogućeg uticaja rizika bili su uključeni eksperti iz odgovarajućih oblasti. U pitanju je troje eksperata, i to:

- Diplomirani ekonomista, sa iskustvom iz oblasti izrade društveno-ekonomskih analiza u okviru studija opravdanosti;
- Diplomirani građevinski inženjer, sa iskustvom iz oblasti upravljanja projektima;
- Diplomirani građevinski inženjer, sa iskustvom iz oblasti ekološkog inženjeringa.

Prioritet rizika se u okviru svake kategorije određuje rangiranjem rizika prema njihovoj oceni. Postupak izračunavanja ocene rizika, usvojen iz prethodnih istraživanja (Camprieu, et al., 2007; Zou, et al., 2007; Baccarini i Archer, 2001), objašnjen je u poglavlju 3. Da bi se dobila ocena svakog rizika potrebno je pomnožiti vrednosti procenjene verovatnoće i procenjenog mogućeg uticaja rizika. U ovom delu je izračunavanje ocene rizika vršeno zasebno za svaku od četiri kategorije mogućih uticaja.

Za rizike sa prioritetom jedan (ocena  $\geq 20$ ) i prioritetom dva ( $12 \leq$  ocena  $< 20$ ), u svakoj oblasti, predložene su mere za tretman rizika i definisana odgovornost za sprovođenje mera.

4. PREDLOG PRISTUPA ZA ANALIZU RIZIKA I ODRŽIVOSTI U FAZI FORMIRANJA KONCEPCIJE  
KAPITALNIH INFRASTRUKTURNIH PROJEKATA



Slika 29: Metodologija istraživanja u delu 4.2

### **4.2.3 Rezultati i diskusija**

U tabeli 16 prikazani su rezultati kvalitativne analize finansijskih, ekonomskih, društvenih i ekoloških rizika u fazi formiranja koncepcije (izrade studije opravdanosti) za predmetnu studiju slučaja – projekat izgradnje auto-puta E-80 Niš (Prosek) – Dimitrovgrad (granica Bugarske). Za svaki rizik procenjeni su verovatnoća i potencijalni uticaj i izračunata je ocena rizika. Na osnovu vrednosti ocena, rizici su rangirani prema prioritetu. Za rizike sa najvišim prioritetom su, na osnovu dokumentacije koja je bila na raspolaganju i na osnovu iskustva kontaktiranih stručnjaka, dati predlozi odgovora (mera za tretman rizika). Predlozi odgovora su prikazani u tabeli 17.

4. PREDLOG PRISTUPA ZA ANALIZU RIZIKA I ODRŽIVOSTI U FAZI FORMIRANJA KONCEPCIJE KAPITALNIH INFRASTRUKTURNIH PROJEKATA

Tabela 16: Kvalitativna analiza rizika sa utvrđenim prioritetom rizika po kategorijama za projekat auto-puta E80 Niš - Dimitrovgrad

Red. br.	RIZIK	KATEGORIJA RIZIKA (Finansijski, Ekonomski, Društveni, Ekološki)	VEROVATNOĆA (5 – veoma velika 4 – velika 3 – umerena 2 – mala 1 – veoma mala)	UTICAJ (5 – veoma veliki 4 – veliki 3 – umereni 2 – mali 1 – veoma mali)	OCENA	PRIORITET
<b>FAZA IZGRADNJE</b>						
1.	Finansijski rizik domaćeg tržišta (ekonomska nestabilnost i inflacija, produženi rokovi plaćanja, nedostatak sredstava za realizaciju investicije)	FINANSIJSKI, EKONOMSKI	4	4	16	2
2.	Pravni rizik domaćeg tržišta (promena zakonske i stručne regulative, kašnjenje dozvola, odobrenja)	FINANSIJSKI, EKONOMSKI	3	4	12	2
3.	Korupcija (uključujući lobiranje pojedinaca i organizacija prilikom definisanja trase radi ostvarenja sopstvenih interesa)	FINANSIJSKI, EKONOMSKI, DRUŠTVENI	3	3	9	3
4.	Troškovi izgradnje veći od procenjenih	FINANSIJSKI, EKONOMSKI	5	4	20	2
5.	Nepredviđeni podzemni uslovi (nepoznati geotehnički, geomehanički, hidrogeološki uslovi na lokaciji/trasi, podzemne instalacije, arheološka nalazišta)	FINANSIJSKI, EKONOMSKI, DRUŠTVENI, EKOLOŠKI	4	5	20	1
6.	Nedostaci u projektno-tehničkoj dokumentaciji (konceptualne greške, nepotpunost dokumentacije, greške i nedostaci u predmeru i predračunu i sl., što može rezultirati izmenama, naknadnim radovima, odštenim zahtevima, te produženjem roka i prekoračenjem troškova)	FINANSIJSKI, EKONOMSKI, DRUŠTVENI, EKOLOŠKI	3	4	12	2
7.	Imovinsko-pravni problemi u vezi sa eksproprijacijom	FINANSIJSKI, EKONOMSKI, DRUŠTVENI	4	5	20	1

4. PREDLOG PRISTUPA ZA ANALIZU RIZIKA I ODRŽIVOSTI U FAZI FORMIRANJA KONCEPCIJE KAPITALNIH INFRASTRUKTURNIH PROJEKATA

8.	Nedovoljni kapaciteti odabranih izvođača radova	FINANSIJSKI, EKONOMSKI	2	3	6	3
9.	<b>Kašnjenje završetka izgradnje</b>	<b>FINANSIJSKI, EKONOMSKI</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>12</b>	<b>2</b>
10.	<b>Problemi u vezi sa neophodnim raseljavanjem stanovništva</b>	<b>FINANSIJSKI, EKONOMSKI, DRUŠTVENI</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>16</b>	<b>2</b>
11.	<b>Uticao na objekte kulturnog nasleđa</b>	<b>DRUŠTVENI</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>20</b>	<b>1</b>
12.	<b>Negativan uticaj na faunu (usled odvijanja radova kao što su izgradnja privremenih prelaza preko reka, zemljani radovi na trasi, iskop u privremenim nalazištima materijala, deponovanje materijala)</b>	<b>EKOLOŠKI</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>15</b>	<b>2</b>
13.	Negativan uticaj na floru (uništavanje vegetacije prilikom izvođenja radova)	EKOLOŠKI	3	3	9	3
14.	<b>Zagađenje površinskih i podzemnih voda (prolivanje goriva, ulja, odlaganje otpada u blizini vodotokova i/ili u vodotokove)</b>	<b>EKOLOŠKI</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>12</b>	<b>2</b>
15.	Zagađenje tla (prolivanje goriva, ulja, neadekvatno upravljanje otpadom)	EKOLOŠKI	3	3	9	3
16.	Zagađenje vazduha usled rada građevinskih mašina	EKOLOŠKI	3	2	6	3
17.	<b>Buka i vibracije usled rada građevinskih mašina</b>	<b>EKOLOŠKI</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>16</b>	<b>2</b>
18.	Potencijalni problemi u odnosu radnika angažovanih za građenje i lokalnog stanovništva	DRUŠTVENI	2	4	8	3
19.	<b>Negativan stav javnosti i/ili lokalnog stanovništva prema projektu</b>	<b>DRUŠTVENI</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>15</b>	<b>2</b>
<b>FAZA EKSPLOATACIJE</b>						
1.	<b>Eksploatacioni troškovi (troškovi korisnika, troškovi saobraćajnih nezgoda, održavanje putne mreže) veći od procenjenih</b>	<b>FINANSIJSKI, EKONOMSKI</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>20</b>	<b>1</b>
2.	<b>Saobraćajno opterećenje manje od prognozirano</b>	<b>FINANSIJSKI, EKONOMSKI</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>20</b>	<b>1</b>

4. PREDLOG PRISTUPA ZA ANALIZU RIZIKA I ODRŽIVOSTI U FAZI FORMIRANJA KONCEPCIJE KAPITALNIH INFRASTRUKTURNIH PROJEKATA

3.	Negativan uticaj na faunu (razdvajanje životnog staništa, mogućnost stradanja životinja na otvorenom auto-putu, remećenje područja kroz koje auto-put prolazi, mogući uticaji na park prirode Sićevačka klisura, povećanje nivoa buke i povišenje nivoa svih oblika zagađenja, naročito zagađenja vazduha)	EKOLOŠKI	4	5	20	1
4.	Negativan uticaj na floru (povišenje nivoa svih oblika zagađenja, naročito zagađenja vazduha, mogući uticaj na park prirode Sićevačka klisura (zaštićeno područje izuzetnog biološkog diverziteta))	EKOLOŠKI	3	4	12	2
5.	Zagađenje površinskih i podzemnih voda (nekontrolisano izlivanje, iscurivanje ili isparavanje opasnih materija koje se transportuju, uzrokovano udesom, nestručnim rukovanjem ili neispravnostima na vozilu)	EKOLOŠKI	3	5	15	2
6.	Zagađenje tla	EKOLOŠKI	3	3	9	3
7.	Zagađenje vazduha	EKOLOŠKI	4	4	16	2
8.	Buka i vibracije	EKOLOŠKI	5	4	20	1
9.	Uticaj na mikroklimu	EKOLOŠKI	3	3	9	3
10.	Potencijalni indirektni društveno-ekonomski uticaji projekta (naročito uticaj na migracije, urbani i ruralni razvoj)	EKONOMSKI, DRUŠTVENI	4	4	16	2
11.	Prekogranični efekti	EKONOMSKI, DRUŠTVENI, EKOLOŠKI	3	5	15	2
12.	Uticaj na objekte kulturnog nasleđa (18 identifikovanih + neidentifikovani)	DRUŠTVENI	3	1	3	3

Napomena: Rizici prvog i drugog prioriteta su u tabeli posebno označeni podebljanim tekstom



4. PREDLOG PRISTUPA ZA ANALIZU RIZIKA I ODRŽIVOSTI U FAZI FORMIRANJA KONCEPCIJE KAPITALNIH INFRASTRUKTURNIH PROJEKATA

Tabela 17: Predlog mera za odgovor na rizike najvišeg prioriteta

Red. br. rizika (pogl. tabelu 16)	RIZICI SA NAJVIŠIM PRIORITETOM	KATEGORIJA RIZIKA	PREDLOG ODGOVORA (MERA ZA TRETMAN)	ODGOVORAN ZA PRIMENU MERE
<b>FAZA IZGRADNJE</b>				
1.	Finansijski rizik domaćeg tržišta	FINANSIJSKI, EKONOMSKI	U fazi formiranja koncepcije projekta sprovesti sveobuhvatnu procenu rizika (pogl. poglavlje 4.1) koja treba da obuhvati analizu osetljivosti, analizu scenarija i kvantitativnu analizu rizika koja, između ostalog, podrazumeva simulaciju finansijskih uslova na domaćem tržištu.	INVESTITOR
2.	Pravni rizik domaćeg tržišta (promena zakonske i stručne regulative, kašnjenje dozvola, odobrenja)	FINANSIJSKI, EKONOMSKI	Podesnom metodom (delfi metoda uz učešće eksperata, intervjuisanje eksperata) izvršiti prikupljanje podataka o planiranim i mogućim promenama zakonske i stručne regulative. Procena rizika treba da obuhvati analizu osetljivosti i analizu scenarija za slučaj kašnjenja u dobijanju pojedinih odobrenja i/ili dozvola. U daljem toku realizacije pripremiti, sprovesti i kontrolisati detaljni dinamički plan prethodnih i pripremnih radova. Odrediti lica odgovorna za sprovođenje, kontrolu sprovođenja i izveštavanje o ispunjenju takvog plana.	INVESTITOR
4.	Troškovi izgradnje veći od procenjenih	FINANSIJSKI, EKONOMSKI	U okviru procene rizika u fazi formiranja koncepcije u analizi osetljivosti i analizi scenarija analizirati uticaj različitog nivoa povećanja troškova na izlazne pokazatelje uspešnosti projekta. U kvantitativnoj analizi rizika razmotriti uticaj potencijalno većih troškova izgradnje na izlazne pokazatelje uspešnosti projekta. Pripremiti i prezentirati plan rezervnih finansijskih sredstava ( <i>contingency fund</i> ). Razmotriti opcije za finansiranje projekta. Prilikom pripreme i analize budžeta projekta, troškove razmatrati bez „optimističnog stava ( <i>optimistic bias</i> )”. Definisati metodologiju planiranja i kontrole troškova realizacije za sve faze izgradnje. Odrediti lica odgovorna za izradu, kontrolu i izveštavanje o ispunjenju takvog plana.	INVESTITOR

4. PREDLOG PRISTUPA ZA ANALIZU RIZIKA I ODRŽIVOSTI U FAZI FORMIRANJA KONCEPCIJE KAPITALNIH INFRASTRUKTURNIH PROJEKATA

			U ugovorima sa projektantom i izvođačem predvideti instrumente za kontrolu troškova realizacije.	
5.	Nepredviđeni podzemni uslovi (nepoznati geotehnički, geomehnički, hidro-geološki uslovi na lokaciji/trasi, podzemne instalacije, arheološka nalazišta)	FINANSIJSKI, EKONOMSKI, DRUŠTVENI, EKOLOŠKI	U fazi formiranja koncepcije i projektovanja, predvideti i obezbediti neophodne resurse (ljudske, materijalne i vreme) za detaljno istraživanje geotehničkih, geoloških, hidroloških uslova na predmetnoj trasi. Prema zakonom definisanoj proceduri identifikovati postojeće podzemne instalacije, i arheološka nalazišta. Izvršiti naročitu kontrolu obavljenih istražnih radova i dobijenih rezultata istraživanja podzemnih uslova na predmetnoj trasi. Definisati procedure postupanja i ček-liste za ubrzano rešavanje problema u slučaju nailaska na neidentifikovane podzemne instalacije ili objekte kulturnog nasleđa. Procenu vrednosti detaljnih istražnih radova i kontrole obavljenih istraživanja i dobijenih rezultata uključiti u budžet projekta. Razmotriti opciju da se preostali rizici nepredviđenih podzemnih uslova (nakon prethodno sprovedenih koraka), u fazi građenja, prenesu na izvođače radova, uz razmatranje ugovorne cene i modela kojim će biti obuhvaćena adekvatna nadoknada za preuzimanje rizika.	INVESTITOR, PROJEKTANT
6.	Nedostaci u projektno-tehničkoj dokumentaciji (konceptualne greške, nepotpunost dokumentacije, greške i nedostaci u predmeru i predračunu) koji mogu rezultirati izmenama, naknadnim radovima, odštetnim zahtevima, te produžnjem roka i prekoračenjem troškova	FINANSIJSKI, EKONOMSKI, DRUŠTVENI, EKOLOŠKI	U okviru tima investitora, na početku realizacije projekta, obezbediti adekvatne resurse za rad na definisanju potreba u vezi sa konkretnim projektom i definisanju projektnog zadatka. U toku projektovanja obezbediti adekvatne resurse za rad na kontroli ispunjenosti stavki, uslova i kriterijuma zadatih projektnim zadatkom. Isplanirati finansijska sredstva i vreme potrebno da se angažuje projektantska kuća radi racionalizacije projektno-tehničkog rešenja. Obezbediti mere osiguranja da se postupak sprovođenja revizije i tehničke kontrole projektno-tehničke dokumentacije ne obavi formalno, već suštinski. U fazi građenja ugovornim odredbama sa izvođačem radova omogućiti potencijalne uštede na projektu kroz opciju vrednosnog inženjerstva ( <i>value engineering</i> ). Precizno definisati i praktično razraditi proceduru izmena projektno-tehničke dokumentacije tokom realizacije radova na gradilištu.	INVESTITOR, PROJEKTANT, IZVOĐAČ
7.	Imovinsko-pravni problemi u vezi sa eksproprijacijom	FINANSIJSKI, EKONOMSKI, DRUŠTVENI	U okviru tima investitora, na početku realizacije projekta, isplanirati i obezbediti adekvatne resurse (naročito finansijske) za rad na planiranju i sprovođenju postupka eksproprijacije. Definisati, razraditi i kontrolisati dinamički plan eksproprijacije uz identifikaciju ključnih zona i parcela, kao i parcela sa potencijalnim imovinsko-pravnim problemima.	INVESTITOR

4. PREDLOG PRISTUPA ZA ANALIZU RIZIKA I ODRŽIVOSTI U FAZI FORMIRANJA KONCEPCIJE KAPITALNIH INFRASTRUKTURNIH PROJEKATA

			Obezbediti efikasnu komunikaciju sa državnim organima i lokalnim zajednicama. Za praćenje progressa u procesu eksproprijacije, između ostalog, koristiti grafičke prikaze (situacione planove na katastarskoj podlozi, karte eksproprijacije).	
9.	Kašnjenje završetka izgradnje	FINANSIJSKI, EKONOMSKI	<p>U okviru procene rizika u fazi formiranja koncepcije u analizi osetljivosti, analizi scenarija i kvantitativnoj analizi rizika potrebno je analizirati uticaj potencijalnog kašnjenja na izlazne pokazatelje uspešnosti projekta.</p> <p>Prilikom pripreme dinamičkog plana realizacije projekta, trajanja aktivnosti razmatrati bez „optimističnog stava (<i>optimistic bias</i>)”, uz usvajanje vremenskih rezervi na nivou aktivnosti. Definirati metodologiju planiranja i kontrole vremena za sve faze izgradnje. Odrediti lica odgovorna za izradu, kontrolu i izveštavanje o ispunjenju dinamičkog plana realizacije radova na izgradnji.</p> <p>U okviru dinamičkog plana realizacije radova predvideti korišćenje među-rokova, tzv. ključnih datuma (<i>milestones</i>). Predvideti upotrebu među-rokova, kako u okviru aktivnosti na projektovanju, tako i na građenju.</p> <p>U ugovorima sa projektantom i izvođačem predvideti instrumente za kontrolu ispunjenja planiranih rokova i kažnjavanje za slučaj kašnjenja.</p>	INVESTITOR, PROJEKTANT, IZVOĐAČ
10.	Problemi u vezi sa neophodnim raseljavanjem stanovništva	FINANSIJSKI, EKONOMSKI, DRUŠTVENI	<p>Za ovaj aspekt uticaja projekta, izrađena je detaljna specijalistička studija. Njen kratak rezime je predstavljen u Izveštaju o zaštiti životne sredine (Javno preduzeće Putevi Srbije, 2009). Predviđa da će se kompenzacija za neophodno raseljavanje rukovoditi opštim principima, u skladu sa odobrenim Okvirom praktične politike za raseljavanje (OPPR), koji sadrži analizu nesklada između odredaba u nacionalnom zakonodavstvu i Praktične politike Svetske banke za prisilno raseljavanje (OP 4.12), te sadrži odredbe kako bi se osiguralo da se ispune zahtevi iz OP 4.12 (na primer, u pogledu odredbe o kompenzaciji i/ili pomoći kod raseljavanja onih koji nemaju prava na korišćenje zemljišta, a koji svedjedno koriste javno zemljište).</p> <p>Dalje se kaže da će priprema pojedinačnih Akcionih planova za raseljavanje u skladu sa OPPR biti pokrenuta po deonicama, da je za pokretanje zadužen investitor, odnosno njegovo pravno odeljenje, koje bi trebalo da priprema detaljne Akcione planove za raseljavanje, uključujući i detaljne procene troškova za svaku deonicu. Neophodno je da investitor pravovremeno dobije i opredeli odgovarajuća sredstva za realizaciju Akcionih planova za raseljavanje, kako bi se zadovoljile sve potrebe za kompenzacijom i za pomoć oko raseljavanja u skladu sa OPPR-om i Okvirom praktične politike za raseljavanje.</p>	INVESTITOR

4. PREDLOG PRISTUPA ZA ANALIZU RIZIKA I ODRŽIVOSTI U FAZI FORMIRANJA KONCEPCIJE KAPITALNIH INFRASTRUKTURNIH PROJEKATA

11.	Uticaj na objekte kulturnog nasleđa	DRUŠTVENI	<p>U pogledu ovog rizika, razmatran je potencijalni uticaj projekta na identifikovano i neidentifikovano kulturno nasleđe.</p> <p>Oba aspekta mogućeg uticaja projekta i potencijalnih rizika analizirani su u Izveštaju o zaštiti životne sredine za predmetni atuoport (Javno preduzeće Putevi Srbije, 2009), kao i u Studijama o proceni uticaja na životnu sredinu za pojedinačne deonice auto-puta.</p> <p>U pomenutim dokumentima se navodi da:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Su informacije o kulturnoj imovini evidentirane na osnovu podataka Zavoda za zaštitu spomenika kulture (ZZSK) iz Beograda i Zavoda za zaštitu spomenika kulture iz Niša;</li> <li>• Je trasiranje naknadno zaobišlo zakonom zaštićene lokalitete, ali da su 44 kulturna dobra, koja zahtevaju dalja istraživanja tokom faza izrade glavnog projekta kako bi se utvrdilo da li su ona ugrožena projektom, bila evidentirana u području generalnog projekta;</li> <li>• Prema Zakonu o kulturnom nasledju, ukoliko se nadje na neki nov, neregistrovan lokalitet u toku građenja (tzv. „slučajni nalazi”), investitor i izvođač moraju da omoguće i obezbede arheološku intervenciju. Ovo podrazumeva momentalan prekid svih radova i informisanje nadležnog Zavoda za zaštitu spomenika kulture o tom otkriću;</li> <li>• Je neophodno angažovanje povremenog arheološkog nadzora tokom faze građenja i da to mora biti osigurano u Planu upravljanja životnom sredinom;</li> <li>• Je u slučaju identifikacije novih arheoloških nalazišta investitor u obavezi da obezbedi finansijska sredstva za sve nameravane istražne radove – sondažna arheološka istraživanja, povremeni arheološki nadzor, zaštitne arheološke intervencije, itd;</li> <li>• Se ne očekuje da će ijedan zakonom zaštićen arheološki lokalitet biti direktno pogodjen izvođenjem radova, ali da se nekoliko značajnih arheoloških dobara nalazi u blizini trase i ona zahtevaju dalje istraživanje lokaliteta. Rezerve za ovo su obezbeđene u budžetu za Plan upravljanja životnom sredinom;</li> <li>• Planovi upravljanja životnom sredinom specifični za datu lokaciju treba da obuhvate specifične mere radi zaštite svih lokaliteta ili dobara za koje se identifikuje da im preči buka ili vibracije ili drugi indirektni rizici;</li> <li>• Če značajan deo materijala koji je potreban za izgradnju auto-puta poticati od materijala iskopanog iz tunela, ali će biti potrebni i dodatni izvori nekih vrsta</li> </ul>	INVESTITOR, PROJEKTANT, IZVOĐAČ
-----	-------------------------------------	-----------	---	---------------------------------------

4. PREDLOG PRISTUPA ZA ANALIZU RIZIKA I ODRŽIVOSTI U FAZI FORMIRANJA KONCEPCIJE KAPITALNIH INFRASTRUKTURNIH PROJEKATA

			<p>materijala. Očekuje se da će one poticati uglavnom iz kamenoloma sa dozvolom za rad, ali je predviđeno otvaranje i lokalizovanih pozajmišta. Ističe se da je po završetku radova, potrebno je da se, na osnovu konkretnih projekata za povraćaj u predašnje stanje, regulišu sva pozajmišta, deponije i površine za skladištenje, kako bi se sprečilo dalje degradiranje zemljišta i popravio ukupni vizuelni efekat;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se nakon završetka izgradnje, uz primenu predviđenih mera zaštite i istraživanja, u periodu eksploatacije ne očekuju negativni efekti na objekte kulturnog nasleđa, već će izgrađeni auto-put omogućiti bolju prisutpačnost lokacijama.</li> </ul>	
12.	Negativan uticaj na faunu (usled odvijanja radova kao što su izgradnja privremenih prelaza preko reka, zemljani radovi na trasi, iskop u privremenim nalazištima materijala, deponovanje materijala)	EKOLOŠKI	<p>U sagledanoj dokumentaciji zaključuje se da, na osnovu preduzetih snimanja lokacija i komunikacije sa Zavodom za zaštitu prirode, nijedan zakonom zaštićen lokalitet neće trpeti negativan uticaj na floru i faunu od projekta. Auto-put će proći duž granice Parka prirode Sićevačka klisura, ali će za razliku od sadašnjeg puta zaobići Park prirode, umesto da prolazi kroz njega. Auto-put će proći kroz Jelašnica klisuru, ali će pratiti trasu postojećeg puta umesto da se probija novi teren.</p> <p>Od izvođača koji će raditi na deonicama puta koje prolaze duž Parka prirode Sićevačka klisura i kroz Jelašnica klisuru će se zahtevati da obave procene lokacija kako bi identifikovali potencijalne negativne uticaje građenja i eksploatacije auto-puta i da uključe odgovarajuće mere smanjenja uticaja i monitoringa/praćenja u Planove upravljanja životnom sredinom koji su specifični za te lokacije.</p> <p>Izvođači radova će biti odgovorni za sprečavanje lova i remećenje životinja. Specifične mere smanjenja uticaja, kao što su manja odstupanja trase, lociranje gradilišnih naselja, dinamike miniranja, preseljenje pojedinih ugroženih vrsta, biće identifikovane na osnovu istraživanja koja će izvođači radova biti obavezni da preduzmu kako bi pripremili Planove upravljanja životnom sredinom specifične za datu lokaciju, kao i operativne Planove upravljanja zaštitom životne sredine koji moraju biti odobreni od strane investitora pre početka izvođenja radova.</p>	INVESTITOR, PROJEKTANT, IZVOĐAČ
14.	Zagađenje površinskih i podzemnih voda (prolivanje goriva, ulja, neadekvatno upravljanje otpadom)	EKOLOŠKI	<p>Površinske i podzemne vode treba zaštititi u toku građenja poštovanjem primena mera zaštite definisanih pojedinačnim planovima upravljanja zaštitom životne sredine. Njih su u obavezi da pripreme izvođači radova. Planovi sadrže mere za zaštitu zemljišta i sprečavanje zagađenja vode bezbednim skladištenjem goriva, ulja, opasnih materija i kontrolom aktivnosti kao što su pranje vozila, odlaganje otpada, te mere protiv erozije, taloženja itd.. Tokom faze izgradnje, površinske vode mogu da pretrpe ozbiljan uticaj pod dejstvom zagađenja ili fizičkog oštećenja obala reka i rečnim korita.</p> <p>Da bi se izbegli ovakvi uticaji na rečnu morfologiju, i da bi se sprečilo zagađenje, biće</p>	INVESTITOR, IZVOĐAČ

4. PREDLOG PRISTUPA ZA ANALIZU RIZIKA I ODRŽIVOSTI U FAZI FORMIRANJA KONCEPCIJE KAPITALNIH INFRASTRUKTURNIH PROJEKATA

			<p>potrebno organizovati i planirati sve radove oko reka, po mogućnosti po sistemu dozvola za rad, što će te operacije učiniti „kontrolisanom aktivnošću”. Primena takvog sistema je jednostavna i zahteva od svakog izvođača radova pažljivo planiranje potencijalno osetljivih operacija, kao što su radovi oko reka.</p> <p>Tipične procedure mogu da se sastoje od:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Obavljanja obuke operatora mašina u pogledu osetljivosti i postupaka rada koji se moraju poštovati;</li> <li>• Prethodnih provera svih mašina i opreme u pogledu curenja;</li> <li>• Korišćenja biološki razgradivih ulja i maziva (koji su zapravo sve više na raspolaganju i postaju standardna praksa u radu izvođača blizu vodotokova);</li> <li>• Pripreme posebnih planova za hitne slučajeve, odgovarajućih bilo kakvim incidentima i prolivanjima opasnih materijala;</li> <li>• Skladištenja svih goriva na bezbednoj udaljenosti od vodotokova;</li> <li>• Sprečavanja nalivanja goriva blizu vodotokova i/ili preduzimanja mera predostrožnosti da bi se sprečilo izlivanje.</li> </ul> <p>Promene protoka, brzine i smera površinskih voda mogu da budu izazvane promenama morfologije terena kada se izvode zemljani radovi, i tokom izgradnje mostova i propusta. Stoga je izuzetnog od značaja pažljiva kontrola ovih operacija, kako bi se izbeglo izlokavanje ili blokada rečnih tokova, i kako bi se ograničili negativni uticaji na vodenu floru i faunu, kao što su riblje populacije.</p> <p>Najveći deo radova u blizini vodotokova neće direktno uticati na njihovu ekologiju ili morfologiju, osim u slučajevima kada se zahtevaju strukture u vodi, kao što su stubovi mosta, ili tamo gde su potrebne odbrane ili kontrolni zidovi.</p>	
17.	Buka i vibracije usled rada građevinskih mašina	EKOLOŠKI	<p>Potencijalno remećenje bukom neophodno je rešavati na proaktivan način, najpre izborom i upotrebom mehanizacije i opreme koja je u skladu sa zdravstvenim i bezbednosnim standardima za izlaganje radnika buci, merenjem nivoa buke na mestima i načinom predviđenim u operativnim planovima upravljanjem zaštitom životne sredine, a potom delujući tako da se smanje eventualni problemi sa štetnim delovanjem po lokalno stanovništvo i životinje, ukoliko do njega dođe.</p>	IZVOĐAČ
19.	Negativan stav javnosti i/ili lokalnog stanovništva prema projektu	DRUŠTVENI	<p>U svrhu predupređenja potencijalnih negativnih reakcija lokalnih zajednica i/ili javnosti na projekat u bilo kom smislu, neophodno je adekvatno i pravovremeno uključivanje svih učesnika u projektu (uključujući tzv. eksterne učesnike u koje spada javnost i lokalne zajednice) u proces odlučivanja i realizacije uz adekvatno i pravovremeno informisanje. U tom smislu postoje zakonske obaveze o javnim konsultacijama kojih se investitor mora</p>	INVESTITOR, IZVOĐAČ

4. PREDLOG PRISTUPA ZA ANALIZU RIZIKA I ODRŽIVOSTI U FAZI FORMIRANJA KONCEPCIJE KAPITALNIH INFRASTRUKTURNIH PROJEKATA

			<p>pridržavati.</p> <p>Pored toga, preporučuje se proaktivno delovanje, transparentnost pri donošenju odluka u vezi sa pojedinim aktivnostima na realizaciji projekta i dodatno opšte i tekuće redovno informisanje javnosti putem sredstava javnog informisanja.</p> <p>Iz razloga što su pitanja očuvanja životne sredine, uz eventualne probleme pristupu poljoprivrednom zemljištu dominantna kada su u pitanju interesi lokalnih zajednica, potrebno je naglasiti da nadgledanje uticaja projekta na životnu sredinu počinje u toku faze građenja i nastavlja se u toku namenskog funkcionisanja auto-puta. Plan za upravljanje zaštitom životne sredine daje osnovne parametre koji se moraju pratiti kako bi se efikasno implementirale i odredile mere ublažavanja negativnih posledica koje su prethodno uočene. Priroda i obim građevinskih radova će zahtevati osnivanje gradilišnih naselja duž trase auto-puta. Prisustvo gradilišnih naselja predstavlja potencijal za remećenje harmonije zajednice i/ili tenzije u zajednici kao rezultat prisustva velikog broja radnika, naročito zbog priliva stranih radnika, koji takođe mogu da budu izvor seksualno prenosivih infekcija. Nakon utvrđivanja tačnog broja, veličine i lokacija gradilišnih naselja, najdelotvorniji način za predupređenje potencijalno negativnih uticaja jeste da se utvrde smernice i ugovorni zahtevi, te da oni budu uključeni i u Plan upravljanja životnom sredinom.</p>	
<b>FAZA EKSPLOATACIJE</b>				
1.	Eksploatacioni troškovi (troškovi korisnika, troškovi saobraćajnih nezgoda, održavanje putne mreže) veći od procenjenih	FINANSIJSKI, EKONOMSKI	<p>U fazi formiranja koncepcije u okviru prethodne studije opravdanosti i studije opravdanosti izvršiti analizu alternativnih projektno-tehničkih rešenja uzimajući u obzir eksploatacione troškove kao jedan od kriterijuma (troškovi za celokupni životni ciklus umesto samo troškovi izgradnje). U istoj fazi, prilikom modeliranja finansiranja projekta, razmotriti različite opcije za finansiranje direktnih eksploatacionih troškova.</p> <p>Isplanirati i obezbediti resurse za adekvatnu procenu indirektnih eksploatacionih troškova.</p> <p>U okviru procene rizika u fazi formiranja koncepcije u analizi osetljivosti i analizi scenarija, za izabrano projektno-tehničko rešenje, analizirati uticaj različitog nivoa povećanja eksploatacionih troškova na izlazne pokazatelje uspešnosti projekta.</p> <p>U kvantitativnoj analizi rizika razmotriti uticaj potencijalno većih eksploatacionih troškova na izlazne pokazatelje uspešnosti projekta.</p> <p>Procenu eksploatacionih troškova vršiti bez „optimističnog stava (<i>optimistic bias</i>)”.</p> <p>U fazi projektovanja predvideti resurse za potrebe racionalizacije projektno-tehničkog rešenja, između ostalog, i u pogledu eksploatacionih troškova.</p> <p>Definisati metodologiju planiranja direktnih eksploatacionih troškova i kontrole direktnih i</p>	INVESTITOR, PROJEKTANT, OPERATER

4. PREDLOG PRISTUPA ZA ANALIZU RIZIKA I ODRŽIVOSTI U FAZI FORMIRANJA KONCEPCIJE KAPITALNIH INFRASTRUKTURNIH PROJEKATA

			<p>indirektnih eksploatacionih troškova.                  Odrediti lica odgovorna za izradu, kontrolu i izveštavanje o ispunjenju takvog plana.</p>	
2.	<p>Saobraćajno opterećenje manje od prognozirano</p>	<p>FINANSIJSKI,                  EKONOMSKI</p>	<p>Isplanirati i obezbediti resurse za adekvatnu procenu saobraćajnog opterećenja za period eksploatacije.                  U fazi formiranja koncepcije u okviru prethodne studije opravdanosti i studije opravdanosti izvršiti analizu alternativnih projektno-tehničkih rešenja i potencijalnu postupnost (faznost) izgradnje uzimajući u obzir prognozirano saobraćajno opterećenje.                  U okviru procene rizika u fazi formiranja koncepcije u analizi osetljivosti i analizi scenarija, analizirati uticaj potencijalno većeg, a naročito manjeg saobraćajnog opterećenja u odnosu na prognozirano.                  U kvantitativnoj analizi rizika razmotriti kakav uticaj na izlazne pokazatelje uspešnosti projekta ima potencijalno značajno manji obim saobraćaja od prognoiranog.                  Odabrati ugovorni model/modele za izgradnju i eksploataciju u zavisnosti od prognoiranog saobraćajnog opterećenja i nivoa pouzdanosti s kojim se saobraćajno opterećenje može prognozirati.                  U fazi realizacije isplanirati i obezbediti adekvatne resurse za promociju projekta.                  U skladu sa ugovornim modelom i modelom finansiranja projekta, u fazi eksploatacije predvideti mogućnost proaktivnog regulisanja visine tarifa za korišćenje auto-puta.</p>	<p>INVESTITOR,                  OPERATER</p>
3.	<p>Negativan uticaj na faunu (razdvajanje životnog staništa, mogućnost stradanja životinja na otvorenom auto-putu, remećenje područja kroz koje auto-put prolazi, mogući uticaji na park prirode Sićevačka klisura, povećanje nivoa buke i povišenje nivoa svih oblika zagađenja, naročito zagađenja vazduha)</p>	<p>EKOLOŠKI</p>	<p>U cilju sprečavanja gaženja životinja, prva mera je obaveza da se celokupna trasa auto-puta ogradi, sa finijom mrežom prema osnovi linije ograde.                  Da bi se uticaji na važne ekološke lokalitete i životinjske vrste sveli na minimum, potrebno je, projektno-tehničkim rešenjem, predvideti izgradnju prolaza za male i velike životinje, preko/iznad (tzv. zeleni mostovi) ili ispod auto-puta (cevi, propusti), zavisno od potreba i karakteristika zemljišta.                  U razmatranoj dokumentaciji navodi se da je, na osnovu informacija dobijenih od Zavoda za zaštitu prirode, u pogledu potrebe za održavanjem povezanosti životinjskih staništa, izgradnja propusta i cevi ispod auto-puta trebalo da bude dovoljna mera za omogućavanje mesta prelaza. Detaljno istraživanja lokaliteta i definisanje mesta prelaza potrebno je izvršiti u toku izrade glavnog projekta.                  Sićevačka klisura je zaštićeno područje izuzetnog biološkog diverziteta i stanište je više endemskih, reliktnih i retkih vrsta biljaka i životinja. Ona je izuzetan primer pojave i interakcije geoloških, geomorfoloških i hidroloških fenomena, i predeo izuzetnih odlika prirodne lepote. Park prirode Sićevačka klisura pokriva delove područja opština Niš i Bela Palanka, sa ukupnom površinom od 7.746ha, od čega se 5.559ha nalazi u opštini Niš, a</p>	<p>INVESTITOR,                  IZVOĐAČ,                  OPERATER</p>



4. PREDLOG PRISTUPA ZA ANALIZU RIZIKA I ODRŽIVOSTI U FAZI FORMIRANJA KONCEPCIJE KAPITALNIH INFRASTRUKTURNIH PROJEKATA

			<p>2.187ha u opštini Bela Palanka. Ovo područje je podeljeno na dva dela - Leskov vrh (severni) i Oblik (južni). Klisura je prosečena kroz Kunovica plato, između južnih padina planina Svrljig i Suve Planine.</p> <p>Trasa auto-puta ovog Projekta ne prati postojeći put kroz ovaj Park prirode, već ide južnim pravcem izvan ovog parka, tako da leva (severna) ivica zone puta leži vrlo blizu južnoj granici parka.</p> <p>Pored Sićevačke klisure, tu je i Jelašnica klisura u blizini područja studije, koja je registrovana kao specijalni rezervat prirode i kroz koju će ići predmetni auto-put, uglavnom prateći postojeći put.</p> <p>U sagledanoj dokumentaciji zaključuje se da, na osnovu preduzetih snimanja lokacija i komunikacije sa Zavodom za zaštitu prirode, nijedan zakonom zaštićen lokalitet neće trpeti negativan uticaj na floru i faunu od projekta. Auto-put će proći duž granice Parka prirode Sićevačka klisura, ali će za razliku od sadašnjeg puta zaobići Park prirode, umesto da prolazi kroz njega. Auto-put će proći kroz Jelašnica klisuru, ali će pratiti trasu postojećeg puta umesto da se probija novi teren.</p> <p>Nadgledanje uticaja projekta na životnu sredinu počinje u toku faze građenja i nastavlja se u toku namenskog funkcionisanja auto-puta. Plan za upravljanje zaštitom životne sredine daje osnovne parametre koji se moraju pratiti kako bi se efikasno implementirale i odredile mere ublažavanja za uočene negativne posledice eksploatacije projekta na životnu sredinu.</p>	
4.	Negativan uticaj na floru (povišenje nivoa svih oblika zagađenja, naročito zagađenja vazduha, mogući uticaj na park prirode Sićevačka klisura (zaštićeno područje izuzetnog biološkog diverziteta))	EKOLOŠKI	<p>U raspoloživoj dokumentaciji, sa aspekta zagađivanja flore, navodi se da rezultati analize procenjenog zagađenja pokazuju da se u pojasu prosečne širine od 37m od ivice kolovoza, sa vetrom prosečne brzine od 1,5m/s, može očekivati da će koncentracije zagađivača (naročito azotnih oksida) biti takve da će prouzrokovati trajne negativne posledice po rast i razvoj biljaka. Preporučuje se da se izbegava gajenje biljaka za ljudsku upotrebu u ovom uskom koridoru.</p> <p>U pogledu mogućeg uticaja na biljni i životinjski svet u zaštićenim područjima, zaključuje se da, na osnovu preduzetih snimanja lokacija i komunikacije sa Zavodom za zaštitu prirode, nijedan zakonom zaštićen lokalitet neće trpeti negativan uticaj na floru i faunu od projekta. Auto-put će proći duž granice Parka prirode Sićevačka klisura, ali će za razliku od sadašnjeg puta zaobići Park prirode, umesto da prolazi kroz njega. Auto-put će proći kroz Jelašnica klisuru, ali će pratiti trasu postojećeg puta umesto da se probija novi teren.</p> <p>Potrebno je još jednom naglasiti da nadgledanje uticaja projekta na životnu sredinu počinje u toku faze građenja i nastavlja se u toku namenskog funkcionisanja auto-puta. Plan za upravljanje zaštitom životne sredine daje osnovne parametre koji se moraju pratiti kako bi se efikasno implementirale i odredile mere ublažavanja za uočene negativne posledice</p>	INVESTITOR, IZVOĐAČ, OPERATER

4. PREDLOG PRISTUPA ZA ANALIZU RIZIKA I ODRŽIVOSTI U FAZI FORMIRANJA KONCEPCIJE KAPITALNIH INFRASTRUKTURNIH PROJEKATA

			eksploatacije projekta na životnu sredinu.	
5.	Zagađenje površinskih i podzemnih voda (nekontrolisano izlivanje, iscurivanje ili isparavanje opasnih materija koje se transportuju, uzrokovano udesom, nestručnim rukovanjem ili neispravnostima na vozilu)	EKOLOŠKI	<p>Rečni sistem duž koridora auto-puta sastoji se od reke Nišave i njenih pritoka. Nišava je deo sliva reke Južne Morave. U raspoloživoj dokumentaciji navodi se da su informacije u pogledu trenutnog stanja površinskih voda reke Nišave dobijene od Republičke hidrometeorološke službe Srbije za 2006. godinu.</p> <p>Zaključci u pogledu kvaliteta vode su da je kvalitet vode odgovarao Klasi III. Takva voda može da se koristi za navodnjavanje, kada se prečišćava u skladu sa uobičajnim metodama prečišćavanja (poboljšavanjem) i kao industrijska voda (sa izuzetkom prehrambene industrije). Međutim, mnoge od ovih reka predstavljaju dobra vodena staništa za niz tipičnih vrsta. Iz tog razloga je od presudne važnosti da tehnike gradnje u periodu građenja i odvodnjavanje auto-puta u fazi eksploatacije maksimalno izbegavaju zagađivanje vodotokova. U tom cilju se navodi obaveza da sistem za odvodnjavanje puta bude projektovan kao zatvoreni sistem uz predviđanje izdvajanja kamene sitneži i ulja/vode. Saglasnost sa visokim kriterijumima zaštite sredine u EU precizira da ocedena voda sa budućeg puta treba da bude kontrolisano evakuisana, i tretirana pre ispuštanja u prijemne vodotokove. To bi obezbedilo određen stepen zaštite od agadenja ne samo recipijenta, već takođe i bunara, tj. izvora za vodosnabdevanje.</p> <p>Postojeće informacije o podzemnoj vodi i njenom kvalitetu su vrlo ograničene, uglavnom usled odsustva rigoroznog programa uzorkovanja od strane organa zaduženih za ispitivanje kvaliteta vode, te se zahteva da se relevantni podaci prikupe tokom izrade glavnog projekta. Takvi podaci bi bili korišćeni za potrebe definisanja projektno-tehničkih rešenja kao i polazni podaci u procesu monitoringa/praćenja stanja životne sredine tokom realizacije i eksploatacije projekta. Obaveze u vezi sa tim se definišu u okviru Planova za upravljanje životnom sredinom.</p> <p>Pre puštanja auto-puta u rad, potrebno je da budu pripremljeni planovi za vanredne situacije za deonice Projekta i da takvi planovi budu integrisani unutar postojećih procedura i planova. Imajući u vidu mogućnosti da se pojave nesrećni slučajevi uključujući vozila koja transportuju opasne supstance, neophodno je preduzeti mere za ublažavanje takvih nesreća. Najvažniji aspekti planova za vanredne situacije u slučaju nesreća, sa mogućim izlivanjem opasnih supstanci iz automobila/cisterni su sledeći:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dobra organizovanost timova za vanredne situacije na samom mestu nesreće;</li> <li>• Solidna raspoloživost opreme za izvođenje operacija u slučaju nesreća;</li> <li>• Solidna raspoloživost specijalne odeće i ostale zaštitne opreme koja omogućava</li> </ul>	INVESTITOR, IZVOĐAČ, OPERATER

4. PREDLOG PRISTUPA ZA ANALIZU RIZIKA I ODRŽIVOSTI U FAZI FORMIRANJA KONCEPCIJE KAPITALNIH INFRASTRUKTURNIH PROJEKATA

			<p>izvođenje operacija u takvim okolnostima;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Brzo donošenje odluka u toku izvođenja operacija na mestu vanredne situacije.</li> </ul> <p>Projekat auto-puta uzima u obzir mogućnosti izlivanja opasnih materija na osnovu eventualnih rizika, kao što su uzdignuti delovi kolovoza i obezbeđivanje barijera u slučaju sudara ili drugih zaštitnika kako bi se umanjile mogućnosti da dođe do izlivanja iz vozila koja bi se mogla otkotrljati niz nasip.</p> <p>Takođe i mostovi predstavljaju veći stepen rizika od zagađenja zbog vodenih tokova ispod njih. Imajući u vidu poteškoće da se organizuje operacija čišćenja u slučaju da opasne materije uđu u vodene tokove, postoji princip da se spreči njihovo upadanje u vodu tako što se obezbeđuju posebne zabrane u pogledu brzine vozila, rubni delovi puta se ojačavaju i uzdižu a postoje i zaštitne bankine.</p> <p>Oni koji su zaduženi za održavanje puta moraće da budu spremni za slučaj izlivanja opasnih tečnosti tako što će posedovati i održavati posebnu opremu kao što su pume i namenska oprema za čišćenje.</p> <p>Tipični načini reagovanja na akcidentna izlivanja ulja i naftnih proizvoda iz vozila cisterni i ostalih vozila obuhvataju sledeće:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zatvaranje oštećenih rezervoara i cisterni;</li> <li>• Prikupljanje zagađujućeg sredstva koje je isticlo iz cisterne;</li> <li>• Ispumpavanje supstance preostale u oštećenoj cisterni;</li> <li>• Izgradnja rovova za prikupljanje rasute tečnosti;</li> <li>• Uklanjanje kontaminiranih slojeva zemljišta i popunjavanje nekontaminiranom zemljom;</li> </ul>	
7.	Zagađenje vazduha	EKOLOŠKI	<p>U raspoloživoj dokumentaciji, sa aspekta zagađivanja vazduha, navodi se da rezultati analize procenjenog zagađenja pokazuju da se u pojasu prosečne širine od 37m od ivice kolovoza, sa vetrom prosečne brzine od 1,5m/s, može očekivati da će koncentracije zagađivača (naročito azotnih oksida) biti takve da će prouzrokovati trajne negativne posledice po rast i razvoj biljaka. Preporučuje se da se izbegava gajenje biljaka za ljudsku upotrebu u ovom uskom koridoru.</p> <p>Za deonicu auto-puta (severnu obilaznicu oko Dimitrovgrada) procenjuje se je da će većina Zagadjivača biti ispod graničnih vrednosti i da bi značajne koncentracije zagadjivača trebalo očekivati u zonama portala tunela, na levoj strani puta.</p> <p>Imajući u vidu da će predmetni auto-put prolaziti kroz naseljene oblasti, moguće su negativne posledice u smislu zagađenja vazduha u ovim područjima. Potrebno je doneti Plan o nadgledanju uticaja na životnu sredinu, kako u pogledu verifikovanja primenjenog</p>	INVESTITOR, OPERATER

4. PREDLOG PRISTUPA ZA ANALIZU RIZIKA I ODRŽIVOSTI U FAZI FORMIRANJA KONCEPCIJE KAPITALNIH INFRASTRUKTURNIH PROJEKATA

			<p>modela o uticaju, tako i radi određivanja trendova dugoročnog zagađivanja vazduha. Osim toga, rezultati u vezi sa praćenjem kvaliteta vazduha će poslužiti kao osnova za procenu svakog mogućeg rizika po zdravlje stanovništva i radi ispitivanja žalbi građana u periodu eksploatacije puta.</p> <p>Merenje prisustva ugljen-dioksida (CO) i azot-dioksida (NO<sub>2</sub>) se preporučuje u fazi jedan Programa za nadgledanje. U slučaju da rezultati merenja pokažu da se radi o prekoračenju dozvoljenih vrednosti koncentracija, lista zagađivačkih primesa trebalo bi da se proširi na merenja koncentracija azot-monoksida (NO), sumpor dioksida (SO<sub>2</sub>), ugljovodonika (C<sub>x</sub>H<sub>y</sub>), olova (Pb) i čvrstih i specifičnih čestica (PM10).</p> <p>Prve faze nadgledanja, u trajanju od 5 godina, podrazumeva periodična nadgledanja kvaliteta vazduha (1 mesec u jednom godišnjem dobu). U slučaju da periodična merenja pokažu da je neophodno obaviti dodatno praćenje kvaliteta vazduha, obavlja se stalno praćenje kvaliteta vazduha, tj. potrebno je započeti sa drugom fazom praćenja.</p>	
8.	Buka i vibracije	EKOLOŠKI	<p>Trenutno stanje u pogledu buke od saobraćaja na predviđenoj trasi predmetnog auto-puta karakteriše saobraćajna aktivnost na magistralnom putu M-1.12 i železničkoj pruzi Niš – Dimitrovgrad. Pretpostavlja se da će planirani auto-put postati dominantni izvor buke u datom području.</p> <p>U cilju analize i procene nivoa buke, potrebno je u fazi projektovanja izvršiti modeliranje predviđenih nivoa buke za razne scenarije i konfiguracije trase.</p> <p>Zatim je neophodno predložiti mere za umanjeno uticaja buke i vibracija tokom eksploatacije. Procenjuje se da će one uključiti više od 7km barijera za smanjenje buke duž saobraćajne površine i predvideti ugradnju opreme za smanjenje buke, kao što su zamena vrata i prozora ili zaklona u pogodjenim zajednicama.</p> <p>Merenja nivoa buke u toku funkcionisanja auto-puta trebalo bi da se odvijaju u vremenskim intervalima od po jedne godine kao i u slučaju pritužbi lokalnog stanovništva.</p>	INVESTITOR, IZVOĐAČ, OPERATER
10.	Potencijalni indirektni društveno-ekonomski uticaji projekta (naročito uticaj na migracije, urbani i ruralni razvoj)		<p>U raspoloživoj dokumentaciji navodi se da projekat izgradnje predmetnog auto-puta ima za cilj, između ostalog, podsticanje privrednog razvoja i unapređenje komunikacije, kako regionalne, tako i međunarodne.</p> <p>Većina područja kroz koja bi trebalo da prođe trasa auto-puta su ruralna po prirodi i nastavljaju da pate od emigracije u veće gradove i varošice. Ne očekuje se da će doći do negativnih posledica izgradnje auto-puta. Očekivani su, međutim, pozitivni sekundarni efekti prisustva auto-puta u smislu stvaranja zone za privlačenje investicija duž koridora.</p> <p>U tom smislu investitor mora igrati proaktivnu ulogu u promovisanju auto-puta, učestvovati u identifikaciji i definisanju potreba i mogućnosti lokalnog i regionalnog razvoja.</p>	INVESTITOR

4. PREDLOG PRISTUPA ZA ANALIZU RIZIKA I ODRŽIVOSTI U FAZI FORMIRANJA KONCEPCIJE KAPITALNIH INFRASTRUKTURNIH PROJEKATA

			Efekti razvoja, kao i indirektni društveno-ekonomski efekti projekta bi trebalo da budu analizirani i kvantifikovani u okviru prethodne studije i studije opravdanosti.	
11.	Potencijalni prekogranični društveno-ekonomski i ekološki uticaji projekta		<p>U pogledu potencijalnih prekograničnih društveno-ekonomskih efekata, očekuje se da oni mogu biti samo pozitivni.</p> <p>U pogledu potencijalnog transfera negativnih uticaja preko granica Srbije, ovo bi moglo proisteći iz velikog intenziteta uticaja i neposredne blizine izvora uticaja u odnosu na granice drugih zemalja. Modeliranje uticaja (naročito za buku i kvalitet vazduha) za put Prosek – Dimitrovgrad treba da ukaže na zonu mogućeg transfera uticaja. Granice ove zone su obično oko 500m sa svake strane auto-puta. Najveći deo položaja predmetnog auto-puta je takav da nije lociran neposredno blizu granice Bugarske.</p> <p>Konfiguracija terena duž trase autputa prirodno poništava potencijalne prekogranične transfere uticaja. Ovo je naročito slučaj sa vodenim tokovima u slivu reke Nišave, koji pripada slivu Crnog mora, i teče iz Bugarske prema Srbiji. Stoga bi potencijalne nezgode/nesreće koje bi mogle da prouzrokuju povišene nivoe zagađenja u rekama bile prenete u obrnutom smeru u odnosu na granicu. Jedini uticaj koji bi mogao da rezultira degradacijom uslova životne sredine na regionalnom i globalnom nivou jeste zagađenje vazduha, tj. emisija zagađivača vazduha koja bi prouzrokovala efekat staklene bašte usled sagorevanja goriva u vozilima koja koriste auto-put. O merama za tretman ovog rizika već je bilo reči u ovoj tabeli.</p>	INVESTITOR, OPERATER

Kao što se može videti u tabeli 16, rizici najvišeg prioriteta (sa najvišim ocenama) u fazi izgradnje jesu:

- Troškovi izgradnje veći od procenjenih;
- Nepredviđeni podzemni uslovi (nepoznati geotehnički, geomehnički, hidrogeološki uslovi na lokaciji/trasi, podzemne instalacije, arheološka nalazišta);
- Imovinsko-pravni problemi u vezi sa eksproprijacijom;
- Uticaj na objekte kulturnog nasleđa.

U fazi eksploatacije, rizici najvišeg piroriteta jesu sledeći:

- Eksploatacioni troškovi (troškovi korisnika, troškovi saobraćajnih nezgoda, održavanje putne mreže) veći od procenjenih;
- Saobraćajno opterećenje manje od prognoziranog;
- Negativan uticaj na faunu (razdvajanje životnog staništa, mogućnost stradanja životinja na otvorenom auto-putu, remećenje područja kroz koje auto-put prolazi, mogući uticaji na park prirode Sićevačka klisura, povećanje nivoa buke i povišenje nivoa svih oblika zagađenja, naročito zagađenja vazduha)
- Buka i vibracije.

U tabeli 17 su dati predlozi odgovora na rizike prvog i drugog prioriteta, kao i odgovornost za primenu navedenih odgovora.

Kao što se može videti, primenom postupka kvalitativne analize rizika se na relativno jednostavan način mogu identifikovati i oceniti najznačajniji rizici u pogledu pojedinih ciljeva projekta, kroz faze izgradnje i eksploatacije. Za najznačajnije rizike, neophodno je zatim definisati predloge mogućih mera za tretman rizika i odrediti ko će od učesnika na projektu biti odgovoran za primenu tih mera.

Sprovođenje ovakve analize, slično kao i kod kvantitativne analize rizika, zahteva angažovanje multidisciplinarnog tima u kome je, osim učešća inženjera, neophodno učešće eksperata iz oblasti ekonomije, sociologije i ekologije.

### 4.3 PREDNOSTI PRIMENE PREDLOŽENOG PRISTUPA ZA ANALIZU ODRŽIVOSTI I ANALIZU RIZIKA

U delu 4.1 i 4.2 prikazan je mogući pristup za analizu održivosti i i analizu rizika u fazi izrade prethodne studije opravdanosti i studije opravdanosti za kapitalne infrastrukturne projekte.

Primena predstavljene SCBA uz monetarizaciju eksternih efekata projekata omogućava svođenje na istu meru i sveobuhvatno sagledavanje potencijalnih ekonomskih, društvenih i ekoloških uticaja projekta kroz ceo životni ciklus.

Kroz prikazane studije slučaja takođe je pokazano:

1. Da se primenom kvalitativne analize rizika mogu pravovremeno i na relativno jednostavan način identifikovati, oceniti i sistematično prikazati potencijalne pretnje po ostvarenje pojedinih ciljeva projekta, te predložiti mere za otklanjanje ili umanjeње pretnji;
2. Da je primenom kvantitativne analize rizika i stohastičkog pristupa, za koji je, u ovom radu, predložena upotreba MCA, moguće sa većom pouzdanošću proceniti finansijski i društveno-ekonomski rezultati projekta.

Primena predloženog pristupa može biti od velike koristi donosiocima odluka u ranoj fazi realizacije velikih infrastrukturnih projekata i to smislu:

- Ukazivanja na kritične aspekte projekta i društvenog, ekonomskog i ekološkog okruženja projekta;
- Pružanja podloge za bolju pripremu realizacije projekta;
- Omogućavanja pravovremenog sagledavanja potencijalnih dalekosežnih efekata projekata u fazi eksploatacije.

Međutim, iako je faza formiranja koncepcije veoma bitna za uspeh projekta, „bavljenje“ rizicima je neophodno nastaviti tokom daljeg toka realizacije projekta kroz proces kontrole rizika i izveštavanja koji se nastavlja na procese identifikacije i analize rizika, i čija je primena apsolutno neophodna svim učesnicima u projektu, a naročito investitoru (nosiocu projekta), kako performanse projekta ne bi značajno odstupile od planiranih.

O mogućnostima ranog upozoravanja o potencijalnom odstupanju od planiranih performansi projekta više reći će biti u daljem tekstu.

## 5 PRIMENA METODA MAŠINSKOG UČENJA ZA PREDVIĐANJE USPEŠNOSTI REALIZACIJE KAPITALNIH INFRASTRUKTURNIH PROJEKATA

### 5.1 METODOLOGIJA ISTRAŽIVANJA

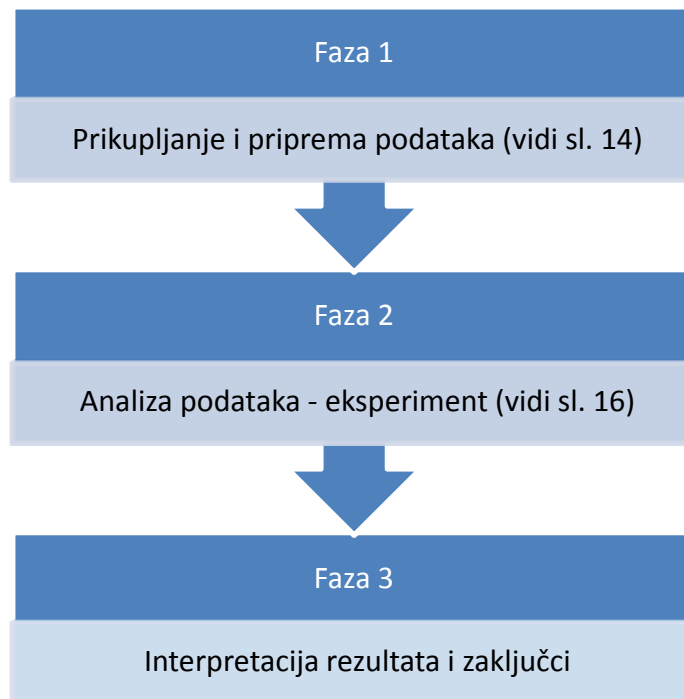
U ovom delu disertacije predstavljeno je istraživanje u kome je ispitana mogućnost kombinovane primene statističkih metoda i metoda mašinskog učenja u cilju formiranja modela za predviđanje uspešnosti kapitalnih infrastrukturnih projekata u ranim fazama njihove realizacije.

Osnovna hipoteza jeste da je na osnovu poznatih istorijskih podataka o ostvarenju ili neostvarenju planiranih troškova i rokova realizacije i karakteristikama realizovanih kapitalnih projekata infrastrukture (izvori rizika) moguće napraviti model za rano predviđanje uspešnosti realizacije na novim projektima, ukoliko su karakteristike novih projekata poznate. Rano predviđanje uspešnosti podrazumeva predviđanje prekoračenja planiranih troškova i rokova izgradnje u fazi pre početka građenja.

Metodologija rada sastoji se iz tri faze (slika 30):

1. U prvoj fazi vršeno je prikupljanje podataka o realizovanim kapitalnim projektima izgradnje infrastrukture. Zatim je izvršena priprema podataka za analizu. Primenjivane su metode dedukcije, kompilacije podataka iz primarnih i sekundarnih izvora, metoda studije slučaja kao i delfi metoda. Metodologija rada u fazi 1 ovog dela istraživanja detaljnije je prikazana u delu 5.1.1.
2. U drugoj fazi je primenom statističkih metoda (tehnik za selekciju atributa) i metoda mašinskog učenja izvršena analiza podataka prikupljenih u fazi 1. Detaljniji opis metodologije rada u fazi 2 dat je u delu 5.1.2.
3. U poslednjoj, trećoj, fazi ovog dela istraživanja interpretirani su dobijeni rezultati i izvedeni zaključci u pogledu mogućnosti za predlog modela za ranu procenu uspešnosti realizacije kapitalnih infrastrukturnih projekata.



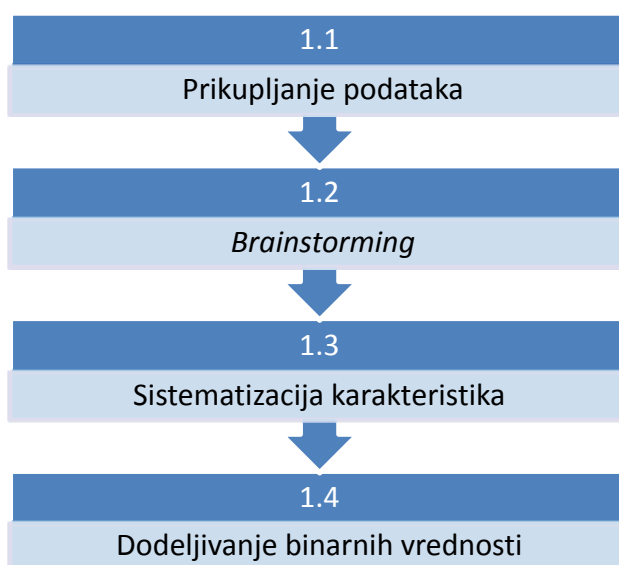


Slika 30: Metodologija istraživanja mogućnosti za predlog modela za predviđanje uspešnosti kapitalnih infrastrukturnih projekata

### 5.1.1 Prikupljanje i priprema podataka

Međunarodna naučna COST akcija TU1003: "*Megaprojects, effective design and delivery of megaprojects in the European Union*" ([www.mega-project.eu](http://www.mega-project.eu)), finansirana od strane Evropske Unije, se u periodu od 2012. do 2015. godine bavi prikupljanjem i analizom podataka sa kapitalnih projekata realizovanih u Evropi (MEGAPROJECT, 2012). U akciji učestvuju dvadeset dve zemlje, više od trideset naučnih institucija, iz kojih aktivno učešće u radu akcije uzima četrdeset pet istraživača. Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu i autor disertacije učestvuju u radu akcije od početka 2013. godine. U okviru navedene akcije, jedan od zadataka bilo je prikupljanje studija slučajeva kapitalnih projekata velike investicione vrednosti (preko 500 milion EUR) na osnovu metodologije razvijene prema (Yin 2009; Eisenhardt i Graebner 2007; Eisenhardt 1989) i opisane u (Locatelli, et al., 2014). U toku 2012. i 2013. godine, korišćenjem standardizovanog formulara upitnika, na osnovu podataka iz zvaničnih izveštaja, intervju sa učesnicima na projektima i iz sekundarnih izvora, u okviru navedne COST akcije prikupljeno je 28 (dvadeset osam) studija slučajeva kapitalnih projekata. Podaci o projektima su javno dostupni na internet sajtu: <http://www.mega-project.eu/portfolio/>.

Metodologija rada na prikupljanju i pripremi podataka za analizu u ovoj disertaciji zasniva se na metodologiji razvijenoj u okviru navedene COST akcije, i sastoji se iz četiri koraka (slika 31):



Slika 31: Metodologija rada za I fazu trećeg koraka istraživanja (prikupljanje i priprema podataka)

### *Korak 1. – Prikupljanje Studija slučaja*

O metodi studije slučaja se kaže (Tkalac, et al., 2010):

„Metoda studije slučaja (*case study*) predstavlja metodu prikupljanja podataka kojom se dubinski analizira neka pojava, proces, institucija, osoba, grupa ili događaj. Za analizu se bira predmet (slučaj) koji je bogat informacijama i karakteristikama koje se posmatraju. Metoda je pogodna ukoliko se traži odgovor na pitanje „kako” i „zašto” su se određene okolnosti/činjenice/situacije/događaji dogodili. Studija slučaja se sprovodi na više slučaja, tako što se najpre analiziraju pojedinačni slučajevi a zatim se upoređuju prikupljeni podaci. Metodom studije slučaja potrebno je analizirati:

- Sam slučaj (njegova obeležja);
- Istorijsku perspektivu slučaja (ukoliko je to važno za sam slučaj);
- Društveni kontekst. ”

Popularnost studija slučaja i naročito građenja teorije iz takvih studija objašnjava se time da su studije slučaja jedan od najboljih mostova između bogatog empirijskog iskustva, kada ono postoji, i procesa deduktivnog zaključivanja (Eisenhardt i Graebner 2007). U istom radu (Eisenhardt i Graebner 2007) se kaže i sledeće:

„Proces građenja teorije iz studija slučaja odvija se ciklično, polazeći od podataka iz studija, preko teorijskih principa, do postojeće literature na datu temu. Logikom indukcije se na osnovu teorije grade pretpostavke, koje se deduktivnim pristupom ispituju na podacima. ”

Za potrebe ove disertacije prikupljeni su kako kvalitativni, tako i kvantitativni podaci o realizovanim kapitalnim infrastrukturnim projektima. Ukupno su prikupljene 44 (četrdeset četiri) studije slučaja. Od toga su:

1. Dvadeset tri studije prikupljene u okviru COST akcije TU1003. U pitanju su projekti izgradnje saobraćajne (9), energetske (12) i hidrotehničke (2) infrastrukture. Osnovni podaci o tim projektima dati su u tabeli 1; i u prilogu 2, dok su detaljniji opisi za 20 projekata dati u prilogu 3 ove disertacije. U prilogu 3 su informacije o ovim projektima grupisane po celinama, onako kako su i prikupljane, korišćenjem standardizovanog formulara upitnika, na osnovu podataka iz zvaničnih izveštaja, intervju sa učesnicima na projektima i iz sekundarnih izvora. U pitanju su sledeće celine:

- Osnovni podaci o objektu,
  - Učesnici na projektu,
  - Upravljanje projektom,
  - Performanse projekta,
  - Spoljašnje okruženje projekta,
  - Vremenski tok realizacije projekta;
2. Šesnaest studija prikupljeno je na osnovu podataka o kapitalnim projektima izgradnje saobraćajne infrastrukture realizovanim na teritoriji Evrope, analiziranim od strane Omega centra (OMEGA CENTRE, *Barlett School of Planning, University College London*). Autor disertacije je, u cilju prikupljanja podataka za istraživanje, boravio u Omega Centru u periodu februar-mart 2014. god. Osnovni podaci o ovoj grupi projekata dati su u tabeli 19 i u prilogu 2, dok su detaljniji podaci javno dostupni na sajtu:
- [http://www.omegacentre.bartlett.ucl.ac.uk/studies/by\\_place\\_2.php](http://www.omegacentre.bartlett.ucl.ac.uk/studies/by_place_2.php)
3. Pet studija dobijeno je od Nacionalne revizorske službe Velike Britanije (*National Audit Office – NAO*), ali ovi podaci, osim onih prikazanih u tabeli 19 i prilogu 2 nisu javno dostupni. U pitanju su takođe projekti izgradnje saobraćajne infrastrukture.

Ukupno su prikupljeni podaci o izgradnji 30 (trideset) saobraćajnih, 12 (dvanaest) energetskih i 2 (dva) hidrotehnička kapitalna objekta. Sažeti pregled ključnih podataka o projektima dat je u (Tabela 19: Sumarni pregled studija slučaja (projekata)), kao i u prilogima 2 i 3.

S obzirom na značajan udeo saobraćajnih projekata (30 od ukupno 44), osim analize celog skupa prikupljenih podataka (u daljem tekstu kapitalni infrastrukturni projekti), primenom iste metode za analizu, detaljno opisane u daljem tekstu, izvršena je i potpuno zasebna analiza sakupljenih podataka sa projekata izgradnje kapitalnih objekata saobraćajne infrastrukture (kapitalni saobraćajni projekti).

### *Korak 2. – Brainstorming*

U drugom koraku je bilo neophodno uočiti karakteristike (atribute) projekata koje bi, kao potencijalni izvori rizika, mogle da utiču na troškovne i vremenske performanse projekata. U tu svrhu korišćena je delfi metoda kvalitativnog istraživanja uz učešće eksperata iz navedene COST akcije. Proces identifikacije i definicije karakteristika je trajao deset meseci (01.02.2013. – 01.11.2013. god.) i tekao paralelno sa prikupljanjem studija slučaja. S obzirom da je u pojedinim slučajevima pristup određenim informacijama o projektima bio ograničen, pri identifikaciji potencijalnih izvora rizika uzimala se u obzir i dostupnost specifičnih informacija o projektima. Kao karakteristike od značaja osim izvora potencijalnih rizika analizirani su i potencijalni kritični faktori uspeha.

### *Korak 3. – Sistematizacija karakteristika*

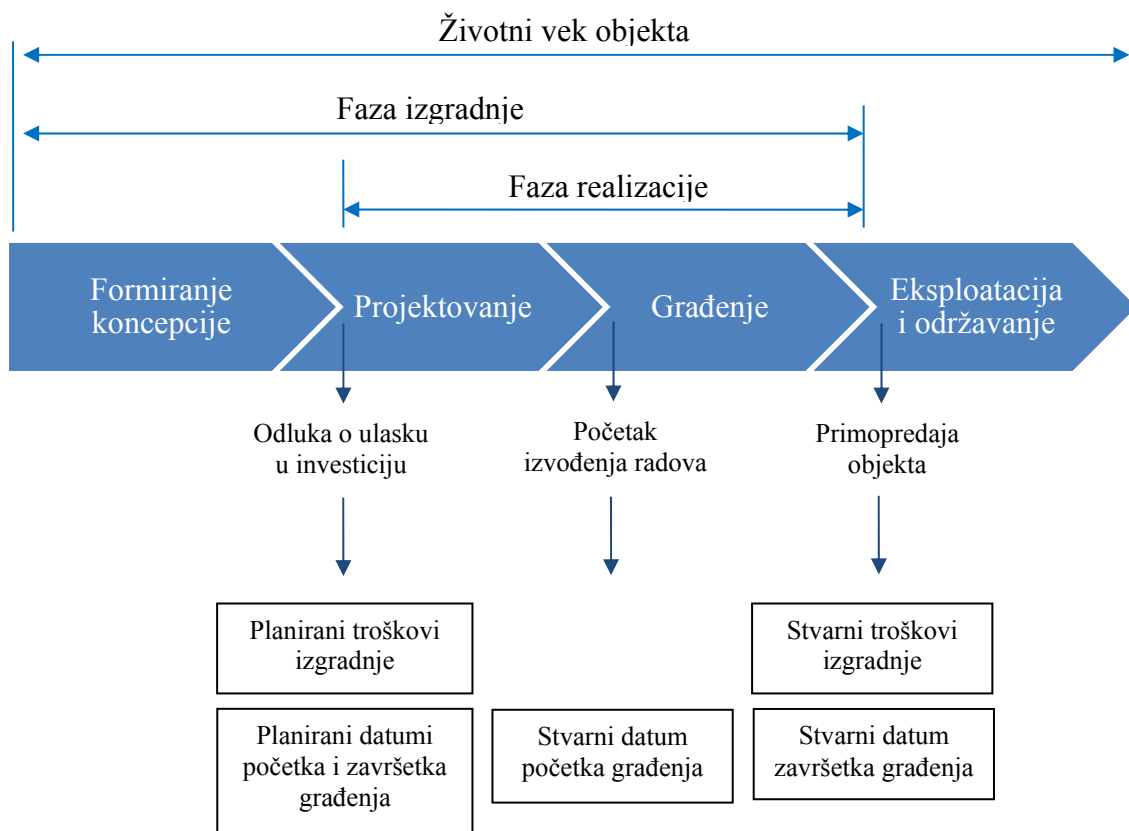
Sistematizacijom se došlo do 3(tri) pokazatelja uspešnosti projekta i do tačnog broja od 46 (četrdeset šest) atributa projekata, kao izvora potencijalnih rizika (Tabela 18: Pregled ulaznih atributa, Tabela 19: Sumarni pregled studija slučaja (projekata)).

Uspešnost projekata se analizira pomoću 3 (tri) pokazatelja uspešnosti, kao mera troškovnih i vremenskih performansi projekata:

- Prekoračenje troškova – stvarni troškovi izgradnje objekta se porede sa planiranim troškovima izgradnje (budžetom), planiranim prilikom odluke o ulasku u investiciju. Odluka o ulasku u investiciju se donosi na kraju faze formiranja koncepcije (slika 32) i troškovi izgradnje planirani u tom trenutku su se i u dosadašnjim istraživanjima najčešće uzimali kao bazni prilikom poređenja sa stvarnim troškovima (Creedy, 2006). Kako bi planirani i stvarni troškovi bili uporedivi, planirani troškovi su za svaki projekat diskontnim proračunom svedeni na vrednost za godinu kada je projekat završen. Prekoračenje troškova se zatim izražava kao razlika stvarnih i planiranih troškova. U ovom istraživanju se smatra da prekoračenje troškova postoji ukoliko su stvarni troškovi viši od planiranih za više od 10% (deset odsto) vrednosti planiranih troškova. Sumarni pregled vrednosti ovog pokazatelja uspešnosti dat je u tabeli 20 (za kapitalne

infrastrukturne projekte) i tabeli 23 (za kapitalne saobraćajne projekte). Vrednosti pokazatelja po projektima prikazane su u tabeli 19;

- Kašnjenje u fazi građenja – uzima se u obzir da li je bilo kašnjenja nakon početka građenja, odnosno, da li je bilo prekoračenja vremena planiranog za izvođenje radova. Kao početak građenja definisan je trenutak potpisivanja ugovora o građenju između investitora i izvođača (slika 32). Kao planirano vreme za izvođenje radova, uzima se period između datuma početka i završetka građenja planiranih u trenutku odluke o ulasku u investiciju. Smatra se da kašnjenje u fazi građenja postoji ukoliko je planirano vreme za izvođenje radova produženo za više od godinu dana. Sumarni pregled vrednosti ovog pokazatelja uspešnosti dat je u tabeli 21 (za kapitalne infrastrukturne projekte) i tabeli 24 (za kapitalne saobraćajne projekte). Vrednosti pokazatelja po projektima prikazane su u tabeli 19;
- Kašnjenje u fazi planiranja – uzima se u obzir da li je bilo kašnjenja u fazi pre početka građenja, odnosno, da li je datum početka izvođenja radova, planiran u trenutku odluke o ulasku u investiciju, pomeren. Smatra se da kašnjenje u fazi planiranja postoji ukoliko je početak izvođenja radova pomeren za više od godinu dana. Sumarni pregled vrednosti ovog pokazatelja uspešnosti dat je u tabeli 22 (za kapitalne infrastrukturne projekte) i tabeli 25 (za kapitalne saobraćajne projekte). Vrednosti pokazatelja po projektima prikazane su u tabeli 19;



Slika 32: Veličine korišćene za izračunavanje pokazatelja uspešnosti projekata

Izvori potencijalnih rizika (atributi projekata) grupisani su u sledećih pet kategorija i odgovarajuće potkategorije:

- A. Učesnici na projektu:
  - 1. Interni
  - 2. Eksterni
- B. Spoljašnje okruženje projekta:
  - 1. Pravno
  - 2. Društveno – Ekonomsko
  - 3. Političko
- C. Upravljanje projektom
- D. Tehnološki aspekti
- E. Razno

Detaljni pregled i objašnjenje atributa dato je u tabeli: Tabela 18: Pregled ulaznih atributa. U tabeli se uočava da je vrednosti trideset četiri (34) od ukupno četrdeset šest (46) atributa moguće odrediti u ranoj fazi realizacije projekta – fazi projektovanja, pre neposrednog početka građenja. Cilj eksperimenta jeste ispitivanje mogućnosti predviđanja vrednosti pokazatelja uspešnosti na osnovu vrednosti atributa iz rane faze realizacije projekta.

#### *Korak 4. – Dodeljivanje binarnih vrednosti*

S obzirom na prirodu problema koji se analizira u ovom radu (kapitalni infrastrukturni projekti), koju karakterišu teškoće u obezbeđenju većeg broja primera za analizu, skup podataka obezbeđen za analizu u ovom radu (podaci sa 44 projekata) se u literaturi iz oblasti metoda mašinskog učenja tretira kao mali (oskudni) skup podataka (Mišković, 2008). Za takav skup podataka važi da svaka diskretizacija mogućih vrednosti ulaznih atributa dovodi u pitanje mogućnost primene metoda mašinskog učenja. Stoga je, za potrebe analize podataka primenom tehnika mašinskog učenja u ovom istraživanju, usvojeno da karakteristike projekata kao ulazni atribut mogu uzimati samo binarne vrednosti i to:

- vrednost 0 ukoliko data karakteristika nije prisutna (negacija);
- vrednost 1 ukoliko je prisutna;
- nedostajuća vrednost (N/A) ukoliko vrednost karakteristike nije poznata ili data karakteristika nije primenjiva na konkretan projekat.

Vrednosti svih karakteristika (ulaznih atributa) po projektima prikazane su u prilogu .



Tabela 18 Pregled ulaznih atributa

KATEGORIJA ATRIBUTA	OZN. ATR.	NAZIV ( <i>OPIS</i> ) ATRIBUTA	FAZA U KOJOJ SE MOŽE ODREDITI VREDNOST ATR. <sup>4</sup>	ATTRIBUTE NAME ( <i>DESCRIPTION</i> ) (ENGLISH)
<b>KLASNI ATRIBUTI</b>	Y1	PREKORAČENJE TROŠKOVA <sup>1</sup>	PPG	COST OVERRUN
	Y2	KAŠNJENJE u fazi GRAĐENJA <sup>2</sup>	PPG	DELAY during the CONSTRUCTION phase
	Y3	KAŠNJENJE u fazi PLANIRANJA <sup>3</sup>	G	DELAY during the PLANNING phase
<b>ULAZNI ATRIBUTI</b>				<b>INPUT ATTRIBUTES</b>
<b>Učesnici na projektu - Interni</b>	A1.1	Projekat ima stranu kompaniju za implementaciju projekta ( <i>Engineering Procurement Construction (EPC) Company</i> )	PPG	Project has a foreign EPC company
	A1.2	Velika multinacionalna kompanija učestvuje na projektu kao jedan od izvođača	PPG	Big multinational company is involved as a contractor in the project
	A1.3	Investitor je istovremeno EPC ili Glavni izvođač	PPG	The Client is also the EPC or main contractor
	A1.4	EPC ima jasan cilj ( <i>postoji najmanje jedan dokument u kome EPC opisuje kako se projekat uklapa u srednjeročni plan ili dugoročni plan/strategiju kompanije</i> )	PPG	The EPC has a clear goal
		Projekat je mono-kulturalni (razmatraju se naredni atributi):		The project is mono Cultural:
	A1.5	a) Investitor i EPC su kompanije iz iste države (N/A ako je reč o istoj kompaniji)	PPG	a) Client and EPC have the same nationality (N/A if they are the same)
	A1.6	b) Investitor, EPC i glavni Izvođač su kompanije iz iste države	PPG	b) Client and EPC and first tier contractor have the same nationality

	A1.7	Vlada poseduje više od 50% vlasništva nad Investitorom	PPG	More than 50% share of the client is under government control
Učesnici na projektu - Eksterni	A2.1	Već postojeća ekološka udruženja (poput Greenpeace-a) su protestovala protiv projekta	G	Already existing environmental group (such as Greenpeace) have objected to the project
	A2.2	Javno odobravanje projekta na nacionalnom nivou (nije bilo protesta)	G	There was public acceptability to the project at national level (No protest)
	A2.3	Javno odobravanje projekta na lokalnom nivou (nije bilo protesta) (vrednost 1 se dodeljuje u slučaju da se na projektu dogodila bilo koja od sledećih okolnosti: nasilje nad ljudima, oštećenje imovine, kašnjenje radova usled protesta, promena obima, promena regulative (bilo na nacionalnom ili lokalnom nivou))	G	There was public acceptability to the project at local level (No protest)
	A2.4	Angažovanje aktivista i regulatornih tela iz oblasti zaštite životne pre početka građenja (N/A nisu uopšte bili uključeni ili nije poznato)	PPG	Environmental activists and regulators have been engaged ex-ante, not ex post (N/A never engaged or don't know)
	A2.5	Protesti na lokalnom nivou su se dogodili tokom građenja ili prijema objekta, ne tokom planiranja i projektovanja (N/A ako nije bilo protesta)	G	Local level protests occurred during construction or commissioning not during planning (N/A if no protest at all)
	Spoljašnje okruženje projekta- Pravno		Projekat ima jak regulatorni sistem o čemu svedoči:	
B1.1		a) Nadležni organ zaustavio projekat ili sličan projekat u zemlji	G	a) The authority stopped the project or similar projects in the same country
B1.2		b) Nadležni organ odredio kaznu Izvođaču ili nekome od glavnih učesnika na projektu	G	b) The authority give fine to the EPC (main contractor) or one of the internal stakeholders in the project
B1.3		c) Aktivnosti vlasti dovele do odlaganja konačnog završetka projekta	PPG/G	c) Actions from the Authority postponed the final completion of the project

5. PRIMENA METODA MAŠINSKOG UČENJA ZA PREDVIĐANJE USPEŠNOSTI REALIZACIJE KAPITALNIH INFRASTRUKTURNIH PROJEKATA

	<b>B1.4</b>	<b>Projekat se uklapa u dugoročni plan (strategiju) Vlade (postoji dokument u kome se opisuje kako se projekat uklapa u dugoročnu strategiju Vlade)</b>	<b>PPG</b>	<b>The project fit in the long term plan of the country's government</b>
<b>Spoljašnje okruženje projekta - Društveno - Ekonomsko</b>	<b>B2.1</b>	<b>Obezbeđena dugoročna stabilnost cena/obima korišćenja (npr.dugoročnm ugovorom o otkupnoj ceni električne energije za objekte u energetskom sektoru)</b>	<b>PPG</b>	<b>There is planned a long term stability in usage and value</b>
	<b>B2.2</b>	<b>Evropska unija učestvuje u finansiranju projekta</b>	<b>PPG</b>	<b>Financial Support from the European Union</b>
	<b>B2.3</b>	<b>Nacionalna Vlada učestvuje u finansiranju projekta</b>	<b>PPG</b>	<b>Financial Support from the national government</b>
	<b>B2.4</b>	<b>Nezaposlenost na lokalnom nivou iznad nacionalnog proseka</b>	<b>PPG</b>	<b>Unemployment in the area above national average</b>
	<b>B2.5</b>	<b>Većina populacije ima poverenje u vlast (utvrđeno referendumom ili istraživanjem o projektu)</b>	<b>PPG</b>	<b>The majority of the national population trust the national authority</b>
	<b>B2.6</b>	<b>Naknada (kompenzacija) lokalnoj zajednici preko 0,1 % ukupnog budzeta projekta</b>	<b>PPG</b>	<b>The Compensation of local community above 0,1% of the total budget</b>
	<b>B2.7</b>	<b>Gustina naseljenosti u oblasti je ispod nacionalnog proseka</b>	<b>PPG</b>	<b>The density of population of the province is below the national average</b>
	<b>B2.8</b>	<b>Prisustvo korupcije u zemlji (1, ukoliko je Indeks percepcije korupcije prema Transparency International ispod 60)</b>	<b>PPG</b>	<b>Corruption presence in the country</b>
<b>Spoljašnje okruženje projekta - Političko</b>		<b>Projekat ima političku podršku o čemu svedoči:</b>		<b>The project HAS political support as evidenced by:</b>
	<b>B3.1</b>	a) Podrška od strane centralne Vlade	<b>PPG</b>	a) Support of the central government
	<b>B3.2</b>	b) Podrška od strane lokalnih vlasti	<b>PPG</b>	b) Support of the local government
	<b>B3.3</b>	c) Podrška od strane centralnog i lokalnog nivoa vlasti	<b>PPG</b>	c) Support by both local and central

	<b>B3.4</b>	d) Bez podrške bilo kog nivoa vlasti	<b>PPG</b>	d) Not supported by either local and central
<b>Upravljanje projektom</b>	<b>C1</b>	Značajno korišćenje među rokova u dinamičkom planu ( <i>milestones</i> )	<b>G</b>	Heavy usage of planning by milestones
	<b>C2</b>	Značajno korišćenje alata i tehnika za upravljanje projektima	<b>G</b>	Heavy usage of Formal project management tool and technique
	<b>C3</b>	Sistem za kontrolu pokazatelja uspešnosti	<b>G</b>	Usage of performance metrics
	<b>C4</b>	Ugovor tipa "ključ u ruke" između Investitora i EPC-a/Glavnog izvođača	<b>G</b>	Turn key contract between Client and EPC/main contractor
	<b>C5</b>	Spor/arbitraza između Investitora i Glavnog izvođača	<b>G</b>	There was a formal litigation procedure (e.g. international chamber of commerce) during the contract between Client and EPC
	<b>C6</b>	Projektna dokumentacija razrađena do nivoa glavnog projekta pre ugovaranja građenja	<b>PPG</b>	Project has a well developed FEED
	<b>C7</b>	Prisustvo iskusnog direktora projekta	<b>G</b>	An experienced project director is present
<b>Tehnološki aspekti</b>	<b>D1</b>	Projekat se sastoji od više identičnih celina/jedinica ( <i>npr. 2 nuklearna postrojenja, više vetrogeneratora u okviru f farme vetrenjača</i> )	<b>PPG</b>	The megaproject is composed of more than 1 identical independent unit(e.g. wind turbines to make a farm, 2 nuclear plants in the site)
		Modularni projekat (razmatraju se naredni atributi):		Modular project (consider the attributes below):
	<b>D2</b>	a) Tehnološki i organizaciono međusobno zavisni moduli (celine, sekcije kod linijskih objekata)	<b>PPG</b>	a) The project is modular - dependent modules
	<b>D3</b>	b) Tehnološki i organizaciono nezavisni moduli	<b>PPG</b>	b) The project is modular - independent modules
	<b>D4</b>	Tehnološki jedinstven projekat u zemlji	<b>PPG</b>	FOAK wide definition: FOAK at least in the country (e.g. the first EPR reactors in the country)

5. PRIMENA METODA MAŠINSKOG UČENJA ZA PREDVIĐANJE USPEŠNOSTI REALIZACIJE KAPITALNIH INFRASTRUKTURNIH PROJEKATA

	D5	Tehnološki jedinstven projekat na Svetu	PPG	FOAK strong, narrow definition: FOAK ever or unique project (like Venezia mose)
	D6	Sektor (Energetski (E), Saobraćajni (T), Hidrotehnički (M))	PPG	Sector (Energy (E), Transport (T), Miscellaneous (M))
	D7	Nuklearni projekat	PPG	The project is nuclear
	D8	<i>Offshore projekat (više od 80% obima posla se izvodi na/ispod mora)</i>	PPG	Offshore project
	D9	Projekat fizički povezuje dve zemlje	PPG	Project physically connects two countries
Razno	E1	Prethodni sličan, nacionalni projekat je završen na vreme i u okviru budžeta (N/A za jedinstveni)	PPG	Previous national similar project was on time and budget (N/A for foak)
	E2	Osnovano novo pravno lice za potrebe realizacije projekta u bilo kojoj fazi realizacije	PPG	SPE (Special Purpose Entity) established

<sup>1</sup> Prekoračenje > 110% budžeta planiranog prilikom odluke o ulasku u investiciju, <sup>2</sup> Produženje roka za izvođenje radova planiranog prilikom odluke o ulasku u investiciju za više od godinu dana, <sup>3</sup> Odlaganje datuma početka građenja planiranog prilikom odluke o ulasku u investiciju za više od godinu dana, <sup>4</sup> PPG – Pre početka građenja (rana faza realizacije), G – Nakon početka građenja

Tabela 19: Sumarni pregled studija slučaja (projekata)

Red. br.	Pun naziv projekta	Skraćeni naziv (oznaka) projekta	Sektor <sup>1</sup>	Izvor podataka	Faza projekta	Planirani završetak	Stvarni završetak	Planirani troškovi [10 <sup>9</sup> EUR] <sup>2</sup>	Stvarni troškovi [10 <sup>9</sup> EUR]	Prekoračenje troškova	Kašnjenje u fazi građenja	Kašnjenje u fazi planiranja
1	Auto-put - obilaznica oko Atine, Grčka	<b>Athens ring road</b>	<b>Saobr.</b>	COST TU1003 baza	Ekspl.	2004	2004	N/A	1.6	N/A	1	0
2	Auto-put - obilaznica oko Brna, Češka	<b>VMO Brno</b>	<b>Saobr.</b>	COST TU1003 baza	Izgr.	2030	N/A <sup>3</sup>	1.77	>1.77	1	1	0
3	Auto-put Nemačko-Poljska granica - grad <i>Nowy Tomysl</i> , Poljska	<b>A2</b>	<b>Saobr.</b>	COST TU1003 baza	Ekspl.	2006/2012	2012	0.64	1.01	1	0	1
4	Auto-put Severna konekcija (Norra Lanken), Švedska	<b>Norra Lanken</b>	<b>Saobr.</b>	COST TU1003 baza	Izgr.	2025	N/A	1.84	N/A	N/A	N/A	1
5	Tramvajska mreža u Edingburgu, Velika Britanija	<b>Edinburgh Tram</b>	<b>Saobr.</b>	COST TU1003 baza	Izgr.	2011	2013	0.6	>0,6	1	1	1
6	Železnička pruga za saobraćaj vozova velikih brzina: Nürnberg - Ingolštat, Nemačka	<b>Nuremberg Inglostadt</b>	<b>Saobr.</b>	COST TU1003 baza	Ekspl.	2006	2006	1.9	3.57	1	0	1
7	Železnička pruga za saobraćaj vozova velikih brzina, Portugal	<b>HSR Portugal</b>	<b>Saobr.</b>	COST TU1003 baza	Plan.	obustavljen	N/A	1.3	1.35	N/A	N/A	1

5. PRIMENA METODA MAŠINSKOG UČENJA ZA PREDVIĐANJE USPEŠNOSTI REALIZACIJE KAPITALNIH INFRASTRUKTURNIH PROJEKATA

8	Železnička pruga za saobraćaj vozova velikih brzina: Madrid – Barselona – granica sa	<b>HSR Barcelona-Fig</b>	<b>Saobr.</b>	COST TU1003 baza	Izgr. (skoro završen)	2009	2012	7.8	9	1	1	0
9	Železnička pruga za saobraćaj vozova velikih brzina: Sevilja – Madrid, Španija	<b>HSR Madrid-Seville</b>	<b>Saobr.</b>	COST TU1003 baza	Eksp.	1989	1992	1.58	2.69	1	1	0
10	Sistem retenzija za zaštitu od poplava, Raciborz , Poljska	<b>Raciborz reservoir</b>	<b>Hidr.</b>	COST TU1003 baza	Plan.	2017	N/A	0.34	N/A	N/A	N/A	1
11	Sistem za zaštitu od poplava grada Venecije (MOSE), Italija	<b>MOSE</b>	<b>Hidr.</b>	COST TU1003 baza	Izgr.	2015	N/A	2.3	4.7	1	1	1
12	Nuklearna elektrana <i>Flamanvil 3</i> , Francuska	<b>Flamanville 3</b>	<b>En.</b>	COST TU1003 baza	Izgr.	2012	2016	3.3	6	1	1	0
13	Nuklearna elektrana <i>Hinkley Point</i> , Velika Britanija	<b>Hinkley</b>	<b>En.</b>	COST TU1003 baza	Plan.	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	1
14	Nuklearna elektrana <i>Mochovce</i> (završetak jedinica 3 i 4), Slovačka	<b>Moch</b>	<b>En.</b>	COST TU1003 baza	Izgr.	2012	2014	1.8	2.775	1	1	N/A
15	Nuklearna elektrana <i>Olkiluoto3</i> , Finska	<b>Olkiluoto3</b>	<b>En.</b>	COST TU1003 baza	Izgr.	N/A <sup>4</sup>	N/A <sup>4</sup>	N/A <sup>4</sup>	N/A <sup>4</sup>	1	1	0
16	Nuklearna elektrana <i>Oskarshamn</i> , Švedska	<b>Oskarshamn</b>	<b>En.</b>	COST TU1003 baza	Izgr.	2014	N/A <sup>3</sup>	8	>8	1	1	1
17	Solarna elektrana <i>Andasol</i> , Španija	<b>Andasol</b>	<b>En.</b>	COST TU1003 baza	Eksp.	2004/2006	2007/2009	0.6	0.6	0	0	1
18	Terminal za crpljenje prirodnog gasa <i>Rovigo</i> , Italija	<b>Adriatic LNG</b>	<b>En.</b>	COST TU1003 baza	Eksp.	2004	2009	0.45	0.9	1	0	1

5. PRIMENA METODA MAŠINSKOG UČENJA ZA PREDVIĐANJE USPEŠNOSTI REALIZACIJE KAPITALNIH INFRASTRUKTURNIH PROJEKATA

19	Termoelektrana <i>Datteln</i> , Nemačka	<b>Datteln</b>	<b>En.</b>	COST TU1003 baza	Izgr.	2011	2013	1.2	N/A	N/A	1	N/A
20	Termoelektrana <i>Lünen</i> , Nemačka	<b>Lünen</b>	<b>En.</b>	COST TU1003 baza	Izgr.	2012	2013	1.8	1.8	0	1	0
21	Termoelektrana <i>Moorburg</i> , Nemačka	<b>Moorburg</b>	<b>En.</b>	COST TU1003 baza	Izgr.	2012	2014	1.8	3	1	1	N/A
22	Vetropark (polje vetrogeneratora) <i>Anholt offshore</i> , Danska	<b>Anholt Offshore</b>	<b>En.</b>	COST TU1003 baza	Izgr.	2013	N/A	1.32	<1.32	0	0	N/A
23	Vetropark (polje vetrogeneratora) <i>Greater Gabbard</i> , Velika Britanija	<b>Greater Gabbard</b>	<b>En.</b>	COST TU1003 baza	Izgr.	2011	2012	1.5	EPC ima gubitak	1	1	N/A
24	Auto-put 20, obala Baltičkog mora, Nemačka	<b>BAB 20</b>	<b>Saobr.</b>	baza OMEGA centra	Eksp.	2005	2005	3.1	2.74	0	0	0
25	Auto-put M6, <i>West Midlands</i> , Velika Britanija	<b>M6</b>	<b>Saobr.</b>	baza OMEGA centra	Eksp.	2003	2003	1.06	1.23	1	0	0
26	Linija metroa <i>BENELUXLIJN</i> , Rotterdam, Holandija	<b>Beneluxlijn</b>	<b>Saobr.</b>	baza OMEGA centra	Eksp.	2002	2002	1.27	0.97	0	0	0
27	Međunarodni aerodromi: <i>Larnaca</i> i <i>Paphos</i> , Kipar	<b>Airports Cyprus</b>	<b>Saobr.</b>	baza OMEGA centra	Eksp.	2009	2009	0.64	0.64	0	0	1
28	Metro linija 14 (Meteor), Pariz, Francuska	<b>Meteor</b>	<b>Saobr.</b>	baza OMEGA centra	Eksp.	2005	2007	1.22	1.31	1	1	1
29	Metro linija Jubilee (produženje), London, Velika Britanija	<b>JLE</b>	<b>Saobr.</b>	baza OMEGA centra	Eksp.	1997	1999	3.52	4.99	1	1	1



5. PRIMENA METODA MAŠINSKOG UČENJA ZA PREDVIĐANJE USPEŠNOSTI REALIZACIJE KAPITALNIH INFRASTRUKTURNIH PROJEKATA

30	Metro u Atini, Grčka	<b>Attiko Metro</b>	<b>Saobr.</b>	baza OMEGA centra	Ekspl.	1997	2003	3.1	4.61	1	1	1
31	Most (vijadukt) za drumski saobraćaj <i>Millau</i> , Francuska	<b>Millau</b>	<b>Saobr.</b>	baza OMEGA centra	Ekspl.	2004	2004	0.50	0.37	0	0	0
32	Most za drumski saobraćaj <i>Rion - Antirion</i> , Korintski zaliv, Grčka	<b>Rion-Antirion Bridge</b>	<b>Saobr.</b>	baza OMEGA centra	Ekspl.	2004	2004	1.10	0.96	0	0	1
33	Tunel za drumski i železnički saobraćaj <i>Tiergarten</i> , Berlin, Nemačka	<b>Tiergarten Tunnel</b>	<b>Saobr.</b>	baza OMEGA centra	Ekspl.	2002	2006	9.73	9.04	0	1	1
34	Železnička pruga i auto-put ORESUND, Danska - Švedska	<b>Oresund Link</b>	<b>Saobr.</b>	baza OMEGA centra	Ekspl.	2000	2000	2.96	4.1	1	0	1
35	Železnička pruga Stockholm - Arlanda aerodrom, Švedska	<b>Arlanda RL</b>	<b>Saobr.</b>	baza OMEGA centra	Ekspl.	2000	1999	0.81	0.79	0	0	1
36	Železnička pruga za saobraćaj vozova velikih brzina: Amsterdam - Roterdam (Antwerpen), Holandija (Belgija)	<b>HSL ZUID</b>	<b>Saobr.</b>	baza OMEGA centra	Ekspl.	2005	2009	6.87	9.79	1	1	1
37	Železnička pruga za saobraćaj vozova velikih brzina: Keln - Rajna/Majna, Kolonj - Frankfurt,	<b>HSR Cologne - Frankfurt</b>	<b>Saobr.</b>	baza OMEGA centra	Ekspl.	1997	2004	8.21	8.57	0	1	1
38	Železnička pruga za saobraćaj vozova velikih brzina: London - Kent, Velika Britanija	<b>CTRL</b>	<b>Saobr.</b>	baza OMEGA centra	Ekspl.	2003	2007	6.4	9.63	1	1	1
39	Železnička pruga za saobraćaj vozova velikih brzina: Valens - Marsej, Francuska	<b>TGV MED</b>	<b>Saobr.</b>	baza OMEGA centra	Ekspl.	2000	2001	6.84	6.61	0	1	1
40	Železnička mreža: <i>Crossrail</i> , London, Velika Britanija	<b>Crossrail</b>	<b>Saobr.</b>	baza UK NAO	Izgr.	2019	N/A	26.34	N/A	N/A	N/A	1

5. PRIMENA METODA MAŠINSKOG UČENJA ZA PREDVIĐANJE USPEŠNOSTI REALIZACIJE KAPITALNIH INFRASTRUKTURNIH PROJEKATA

41	Železnička pruga za saobraćaj vozova velikih brzina: HSR 1, Velika Britanija	<b>HSR 1</b>	<b>Saobr.</b>	baza UK NAO	Eksp.	N/A <sup>4</sup>	2007	N/A <sup>4</sup>	7.149	1	1	1
42	Železnička pruga za saobraćaj vozova velikih brzina: HSR 2, Velika Britanija	<b>HSR 2</b>	<b>Saobr.</b>	baza UK NAO	Plan.	2026/ 2032	N/A	19.31 (21.69)	N/A	N/A	N/A	0
43	Železnička pruga za saobraćaj vozova velikih brzina: <i>Thameslink</i> , Velika Britanija	<b>Thameslink</b>	<b>Saobr.</b>	baza UK NAO	Izgr.	2015	N/A <sup>3</sup>	6.5	N/A	N/A	1	0
44	Železnička pruga za saobraćaj vozova velikih brzina: <i>West Coast</i> - Glavna linija, Velika Britanija	<b>WCML</b>	<b>Saobr.</b>	baza UK NAO	Eksp.	2008	2008	10.799	>10.799	1	0	1

<sup>1</sup> Sektor: Saobr. – Saobraćajni, En. – Energetski, <sup>2</sup> Cene svedene na vrednost za godinu kada je projekat završen (ili 2012. za projekte koji su u fazi izgradnje), <sup>3</sup>Došlo je do značajnog pomeranja planiranog roka završetka, <sup>4</sup> Intervjuisani učesnici na projektu potvrdili kašnjenje i/ili prekoračenje budžeta

5. PRIMENA METODA MAŠINSKOG UČENJA ZA PREDVIĐANJE USPEŠNOSTI REALIZACIJE KAPITALNIH INFRASTRUKTURNIH PROJEKATA

Tabela 20: Sumarni pregled vrednosti pokazatelja uspešnosti – prekoračenje troškova, za skup podataka kapitalni infrastrukturni projekti

KAPITALNI INFRASTR. PROJEKTI	Prekoračenje troškova				Ukupno
	DA	NE	Nema podataka	Prosečno prekoračenje	
<b>Broj projekata</b>	23	12	9	-	44
<b>%</b>	52	27	20	54	100

Tabela 21: Sumarni pregled vrednosti pokazatelja uspešnosti – kašnjenje u fazi građenja, za skup podataka kapitalni infrastrukturni projekti

KAPITALNI INFRASTR. PROJEKTI	Kašnjenje u fazi građenja			Ukupno
	DA <sup>1</sup>	NE	Nema podataka	
<b>Broj projekata</b>	24	14	6	44
<b>%</b>	55	32	14	100

<sup>1</sup> Prosečno kašnjenje u fazi građenja iznosi 34 meseca

Tabela 22: Sumarni pregled vrednosti pokazatelja uspešnosti – kašnjenje u fazi planiranja, za skup podataka kapitalni infrastrukturni projekti

KAPITALNI INFRASTR. PROJEKTI	Kašnjenje u fazi planiranja			Ukupno
	DA	NE	Nema podataka	
<b>Broj projekata</b>	26	13	5	44
<b>%</b>	59	30	11	100

5. PRIMENA METODA MAŠINSKOG UČENJA ZA PREDVIĐANJE USPEŠNOSTI REALIZACIJE KAPITALNIH INFRASTRUKTURNIH PROJEKATA

Tabela 23: Sumarni pregled vrednosti pokazatelja uspešnosti – prekoračenje troškova, za skup podataka kapitalni saobraćajni projekti

KAPITALNI SAOBRAĆAJNI PROJEKTI	Prekoračenje troškova				Ukupno
	DA	NE	Nema podataka	Prosečno prekoračenje	
<b>Broj projekata</b>	15	9	6	-	30
<b>%</b>	50	30	20	31	100

Tabela 24: Sumarni pregled vrednosti pokazatelja uspešnosti – kašnjenje u fazi građenja, za skup podataka kapitalni saobraćajni projekti

KAPITALNI SAOBRAĆAJNI PROJEKTI	Kašnjenje u fazi građenja			Ukupno
	DA <sup>1</sup>	NE	Nema podataka	
<b>Broj projekata</b>	15	11	4	30
<b>%</b>	50	37	13	100

<sup>1</sup> Prosečno kašnjenje u fazi građenja iznosi 19 meseci

Tabela 25: Sumarni pregled vrednosti pokazatelja uspešnosti – kašnjenje u fazi planiranja, za skup podataka kapitalni saobraćajni projekti

KAPITALNI SAOBRAĆAJNI PROJEKTI	Kašnjenje u fazi planiranja			Ukupno
	DA	NE	Nema podataka	
<b>Broj projekata</b>	20	10	0	30
<b>%</b>	67	33	0	100

### 5.1.2 Analiza podataka primenom metoda mašinskog učenja

Mašinsko učenje je oblast kompjuterskih nauka koja se bavi kreiranjem i analizom metoda na kojima počivaju računarski programi koji uče iz iskustva. Definicija mašinskog učenja bila bi (Mitchel, 1997):

„Za računarski program se smatra da uči iz iskustva  $I$  u odnosu na klasu zadataka  $Z$  koje obavlja, i metriku performansi  $P$ , ako se njegove performanse po zadacima iz  $Z$  merene sa  $P$ , poboljšavaju sa iskustvom  $I$ .”

Cilj eksperimenta predstavljenog u ovom delu disertacije jeste identifikacija ključnih izvora rizika koji mogu uticati na uspešnost realizacije kapitalnih infrastrukturnih projekata. Kako bi se izvršila identifikacija izvora rizika, neophodno je izvršiti uporednu analizu performansi različitih metoda mašinskog učenja za problem predviđanja uspešnosti realizacije kapitalnih infrastrukturnih projekata. Poređene su performanse različitih klasifikatora sa i bez prethodne selekcije atributa, kao i uz primenu različitih metoda validacije.

U daljem tekstu dat je sažet opis korišćenih metoda za klasifikaciju, metoda za selekciju atributa, metoda validacije, a zatim je dat opis eksperimenta, čija je šema data na slikama 39 i 40.

Više informacija o mašinskom učenju i tehnikama mašinskog učenja koje nisu korišćene u ovom radu može se pronaći u (Witten, et al., 2011; Mitchel, 1997).

### 5.1.2.1 Metode za klasifikaciju

Problem uspostavljanja veze između karakteristika projekata (izvora rizika) i pokazatelja uspešnosti realizacije projekata bće posmatran kao klasifikacioni problem, definisan na sledeći način:

#### Definicija:

Neka je  $M = \{m_1, m_2, \dots, m_{|M|}\}$  skup svih mogućih kapitalnih infrastrukturnih projekata od interesa. Pod jednim projektom podrazumevamo uređeni skup  $m_i = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$ , gde je  $a_j$  vrednost  $j$ -tog atributa projekta (ovde  $a_j \in \{0, 1\}$ , u opštem slučaju  $a_i \in \mathbf{R}$ ). Dalje neka je  $C = \{c_1, c_2, \dots, c_{|C|}\}$  skup svih klasa uspešnosti projekata (u ovom slučaju postoje samo dve klase projekata – projekti na kojima se dogodilo prekoračenje troškova/vremena i projekti na kojima do prekoračenja nije došlo, videti poglavlje 5.1.1). Definišimo preslikavanje  $f : M \times C \rightarrow \{0, 1\}$  koje svakom paru  $(m_i, c_k)$  pridružuje vrednost 1 ako  $m_i$  pripada klasi  $c_k$ , a u suprotnom 0. Zadatak klasifikacije je da što bolje aproksimira nepoznatu ciljnu funkciju  $f$  funkcijom  $\tilde{f} : M \times C \rightarrow \{0, 1\}$ . Funkciju  $\tilde{f}$  zovemo klasifikatorom ili hipotezom.

S obzirom na prethodnu definiciju, problem klasifikacije kapitalnih infrastrukturnih projekata može se predstaviti na sledeći način:

Zadatak (Z): pronalaženje hipoteze  $\tilde{f}$  za poznato  $M$  i  $C$ .

Metrika performansi (P): procenat korektno klasifikovanih projekata primenom klasifikatora-hipoteze  $\tilde{f}$ .

Iskustvo (I): skup izvesnog broja primera  $Tr \subset M$  i njihova tačna klasifikacija  $f : Tr \times C \rightarrow \{0, 1\}$ .

Metode za klasifikaciju čije su performanse za predviđanje uspešnosti projekata upoređivane u ovom radu jesu sledeće:

1. Metoda vektora podrške (*Support Vector Machine* (SVM))
2. Veštačke neuralne mreže (*Artificial Neural Networks* (ANN))
3. K-najbližih suseda (*K-nearest neighbor* (KNN))
4. Drvo odlučivanja (*Decision Tree* (DT))

5. Naivni Bajesov klasifikator (*Naive Bayes* (NB))
6. Logistička regresija (*Logistic Regression* (LR))

U daljem tekstu dat je kratak opis korišćenih metoda.

#### 5.1.2.1.1 Metoda vektora podrške (*Support Vector Machine* (SVM))

Metoda vektora podrške predstavlja model za klasifikaciju koji se odlikuje dobrom mogućnosti generalizacije kao i sposobnosti da uspešno klasifikuje podatke velike dimenzionalnosti. Njegova teoretska osnova bazira se na statističkoj teoriji učenja (*statistical learning theory*) (Vapnik, 1998). Problem klasifikacije svodi se na pronalaženje hiperravani koja maksimalno moguće, po klasnom atributu, razdvaja podatke u prostoru. Ako ne postoji linearna granica koriste se kernel funkcije (*kernel functions*) zarad transformacije u linearno razdvojivi prostor. Najčešće korišćene kernel funkcije su: linearna, polinomijalna i radijalna bazisna (*radial basis function, RBF*), mada se može koristiti bilo koja funkcija koja zadovoljava Mercerov uslov (Cristianini, 2000).

Zahvaljujući robusnosti modela, SVM dobija na popularnosti i u skorijim istraživanjima i primenjivan je, kako se navodi u (Son et al. 2012; Lam et al. 2009) za ekološko modeliranje, evaluaciju sistema kreditiranja i potrošačkih kredita, predviđanje poslovanja banaka, predviđanja bankrota, finansijske prognoze.

U oblasti građevinarstva i upravljanja projektima SVM je primenjivan za analizu pouzdanosti (Zhao 2008), analizu sleganja temelja (Samui 2008), predviđanje potreba za snabdevanjem (Carbonneau et al. 2008), automatsku klasifikaciju dokumenata (Caldas i Soibelman 2003), konceptualnu procenu troškova izgradnje (Sung-HoonAn et al. 2007), predviđanje performansi izvođača radova (Lam et al. 2009), predviđanje energetskih performansi objekata (Kim et al. 2011), kao i predviđanje troškovnih i vremenskih performansi projekata izgradnje komercijalnih i industrijskih objekata (Son et al. 2012; Wang i Gibson 2010; Cheng et al. 2010).

Matematička pozadina koja leži u osnovi SVM-a veoma je složena, pa će zbog toga biti prezentovana pojednostavljeno i sažeto, na osnovu objašnjenja datog u (Son, et al., 2012; Kovačević, 2003). SVM se u svom izvornom obliku odnosi na binarnu klasifikaciju, kakav je i problem analiziran u ovom radu. Pretpostavimo da je dat trening skup  $Tr$  oblika  $(\mathbf{x}_i, y_i)$ ,  $\mathbf{x}_i \in \mathfrak{R}^n$ ,  $y_i \in \{-1, 1\}$ ,  $i = 1, \dots, m$ , gde je  $m = |Tr|$ . U problemu klasifikacije projekata prvi vektor predstavlja projekte a drugi labelu pripadajuće klase. Pretpostavimo nadalje da su projekti dveju klasa linearno separabilni. Konstrukcija

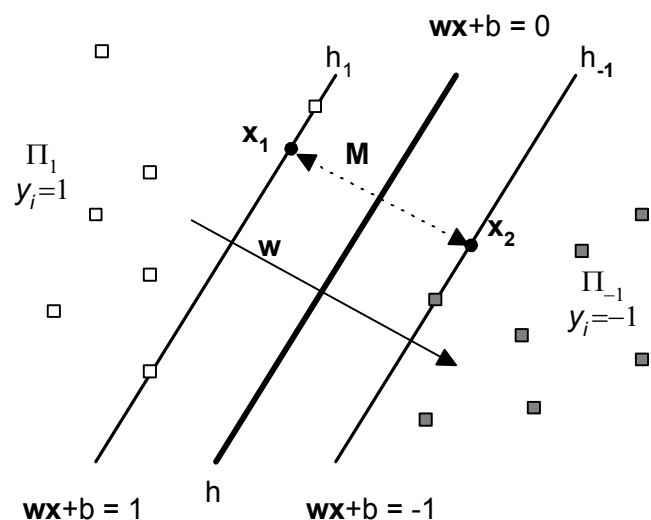


SVM klasifikatora svodi se na izbor optimalne hiperravni koja “najbolje” separira dve klase projekata, a čija jednačina je data sa:

$$\mathbf{w} \cdot \mathbf{x} + b = 0, \quad \mathbf{w}, \mathbf{x} \in \mathfrak{R}^n, b \in \mathfrak{R} \quad (5.1.2.1.1-1).$$

Kvalifikacija “najbolje separira dve klase” definiše  $\mathbf{w}$  i  $b$  takve da važi:

$$\max_{\mathbf{w}, b} \min \{ \|\mathbf{x} - \mathbf{x}_i\| : \mathbf{w} \cdot \mathbf{x} + b = 0, \quad i = 1, 2, \dots, m \} \quad (5.1.2.1.1-2).$$



Slika 33: Konstrukcija optimalne hiperravni: određivanje margine  $M$  za kandidat ravan za optimalnu hiperravan ( $h$ )<sup>2</sup> (preuzeto iz (Kovačević, 2003))

Ukoliko je  $h$  data sa  $\mathbf{w} \cdot \mathbf{x} + b = 0$ , jednačine za  $h_1$  i  $h_2$  možemo formirati kao  $\mathbf{w} \cdot \mathbf{x} + b = 1$  i  $\mathbf{w} \cdot \mathbf{x} + b = -1$ . Rastojanje između prava  $h_1$  i  $h_2$  je  $\frac{2}{\|\mathbf{w}\|}$ .

Funkcija klasifikacije je data kao:

$$f(\mathbf{x}) = \text{sgn}(\mathbf{w} \cdot \mathbf{x} + b) \quad (5.1.2.1.1-3).$$

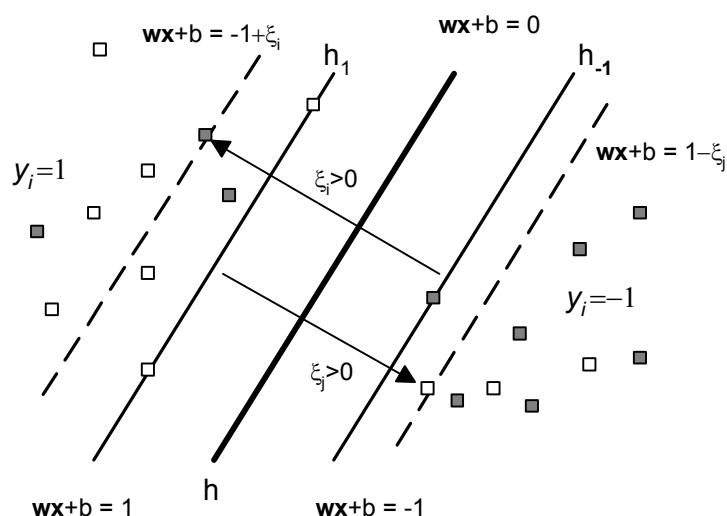
<sup>2</sup> Za slučaj linearno separabilnih klasa u dvodimenzionalnom prostoru

Nakon primene Langražove transformacije, predmetna funkcija se može prikazati kao:

$$\min f(\alpha) = \sum_{i=1}^n \alpha_i - \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \alpha_i \alpha_j y_i y_j x_i x_j \quad (5.1.2.1.1-4),$$

$$\text{uz uslove: } \sum_{i=1}^n \alpha_i y_i = 0, \quad \alpha_i \geq 0, \quad i = 1, 2, \dots, n, \text{ pri čemu je: } w = \sum_{i=1}^n \alpha_i y_i x_i.$$

Slučaj kada klase (trening projekti) nisu linearno separabilne predstavljen je na slici 34.



Slika 34: Optimizacioni problem za slučaj linearno neseparabilnih klasa (preuzeto iz (Kovačević, 2003))

Da bi se formulisao optimizacioni problem potrebno je uvesti dodatne promenljive  $\xi_j$  koje predstavljaju grešku (šum). Sada je cilj da se maksimizira margina, ali uz uslov da se pri tome napravi minimalna zbirna greška.

Da bi rešili problem predstavljen na prethodnoj slici, uvodimo dodatne promenljive  $\xi_i$  kojima opisujemo odstupanja pojedinih tačaka od glavnine pripadajuće klase, ili tačnije, najkraće rastojanje od odgovarajuće hiperravni iza koje se nalazi većina tačaka pripadajuće klase. Sada je razumno minimizirati sumu svih grešaka koje su, prema konstrukciji problema, očigledno nenegativne veličine. Nelinearni konveksni program se prikazuje kao:

$$\min_{\mathbf{w}, b} \frac{1}{2} \|\mathbf{w}\|^2 + C \sum_i \xi_i \quad (5.1.2.1.1-5).$$

$$\text{uz uslove: } 1 - \xi_i - y_i (\mathbf{w} \cdot \mathbf{x}_i + b) \leq 0, \quad -\xi_i \leq 0, \quad i = 1, 2, \dots, m.$$

Konstanta  $C$  predstavlja penal koji se plaća u učenju prilikom nailaska na trening primer koji “odstupa od pripadajuće klase”.

U cilju pojednostavljena proračuna, uvode se kernel funkcije, te se nelinearna funkcija klasifikacije za slučaj linearno neseparabilnih klasa određuje sledećim izrazom:

$$y(x) = \text{sgn} \left( \sum_{i=1}^n y_i \alpha_i K(x_i, x_j) + b \right) \quad (5.1.2.1.1-6).$$

Iako je, kao što je rečeno, moguće korišćenje različitih kernel funkcija, u ovom istraživanju korišćena je polinomijalna kernel funkcija:

$$k(x_i, x_j) = (\gamma x_i^T x_j + r)^d \quad (5.1.2.1.1-7),$$

gde su  $d, r \in N, \gamma \in R^+$  konstante.

#### 5.1.2.1.2 Veštačke neuralne mreže (*Artificial Neural Networks* (ANN))

Veštačke neuralne mreže (*Artificial Neural Networks* (ANN)) u opštem slučaju mogu da aproksimiraju bilo koju diskretnu ili realnu funkciju više promenljivih, pa je stoga njihova značajnost u oblasti mašinskog učenja velika. Proučavanje i razvoj ANN-a je delom podsaknut pokušajima da se modelira ponašanje složene mreže neurona u ljudskom mozgu (Mitchel, 1997).

Studije su pokazale da ANN ima nekoliko prednosti u odnosu na tradicionalne statističke metode, kao što su, na primer, multivarijantna statistička analiza, ili višestruka regresija (Wang i Gibson 2010). ANN ne zahteva da podaci moraju pratiti određenu statističku raspodelu, te ne zahteva ni predeterminaciju veze između ulaznih i izlaznih podataka. Dodatno, ANN ima veliku sposobnost samostalnog učenja (*self-learning*) i samostalne nadogradnje (*self-updating*), i karakteriše ga robustnost na potencijalne greške u ulaznim podacima (Mitchel, 1997).

Pored širokog polja primene u inženjerskim oblastima (Reich i Barai 1999), u novijoj literaturi je uspešno dokazana mogućnost primene ANN-a za predviđanje troškovnih i vremenskih performansi projekata izgradnje komercijalnih i industrijskih objekata (Wang i Gibson 2010), kao i za predviđanje energetske performansi objekata visokogradnje (Kim et al. 2011). S obzirom na sličnost problema koji se razmatra u ovom istraživanju ANN je izabran kao jedna od metoda za analizu podataka.

U daljem tekstu biće izloženi osnovni pojmovi potrebni za razumevanje rada ANN klasifikatora na način na koji su oni prezentovani u (Kovačević, 2003). Čitalac zainteresovan za više informacija o ANN-u upućuje se na (Mitchel, 1997).

Najpre definišemo pojam osnovnog gradivnog elementa svake ANN - neurona (slika 35).

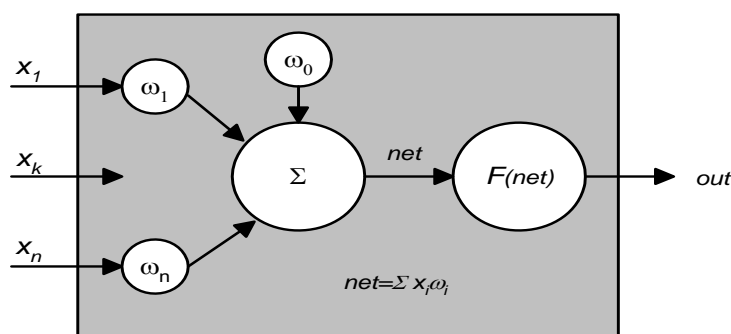
**Definicija** neurona:

*Posmatrajmo vektore  $\mathbf{x} = \langle x_1, \dots, x_n \rangle \in \mathfrak{R}^n$  i  $\mathbf{w} = \langle w_1, \dots, w_n \rangle \in \mathfrak{R}^n$ . Pod neuronom podrazumevamo procesorski element koji prihvata  $n$  ulaznih veličina u formi vektora  $\mathbf{x}$  i na osnovu njih formira izlaz  $o$  prema sledećoj formuli:*

$$o = F(w_0 + \mathbf{x} \cdot \mathbf{w}) \quad (5.1.2.1.2-1).$$

*Funkcija  $F$  naziva se aktivacionom funkcijom neurona, a realna veličina  $w_0$  pragom aktivacije ili usmerenjem.*

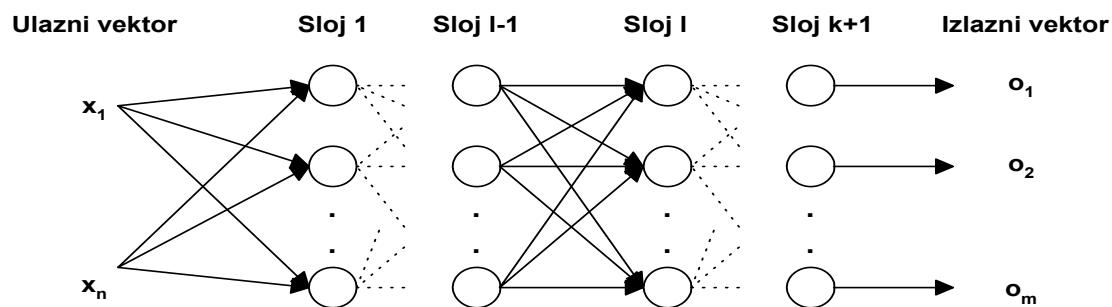
Dakle, neuron formira linearnu kombinaciju svojih ulaza (*net*) množeći ih težinskim koeficijentima (slika 35). Nakon toga on proizvodi izlaz primenjujući funkciju  $F$  nad linearnom kombinacijom *net*. U zavisnosti od oblika  $F$  neuron može imati različite ekspresivne osobine. Ako je  $F = \text{sgn}(\text{net})$  onda se radi o *perceptronu*.



Slika 35: Struktura neurona (preuzeto iz (Kovačević, 2003))

Skupovi linearno neseparabilnih tačaka u  $\mathfrak{R}^n$  ne mogu se predstaviti jednim perceptronom. Umesto jednog neurona (perceptrona), u praksi se koristi mreža međusobno povezanih neurona koji čine neuralnu mrežu.

Ona se sastoji od ulaznog, skrivenog i izlaznog sloja. Trening višeslojne ANN se suštinski ne razlikuje od treninga jednog perceptrona. Zadatak je pronaći u prostoru  $\mathfrak{R}^n$  onaj vektor težinskih koeficijenata  $\mathbf{w} = \langle \dots, w_{ij}, \dots \rangle$  koji vodi do tačnog predviđanja za sve ulazne vektore iz trening skupa, ili do minimalne greške.  $w_{ij}$  označava težinu na vezi od neurona  $i$  ka neuronu  $j$ . To je mera uticaja izlaza iz neurona  $i$  na izlaz neurona  $j$ . Vektori kandidati nazivaju se hipotezama u prostoru  $\mathfrak{R}^n$ .

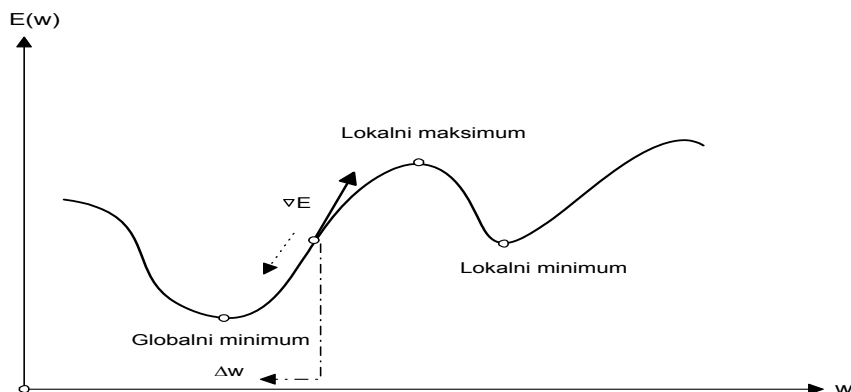


Slika 36: Topologija višeslojne, aciklične neuralne mreže sa prosleđivanjem unapred. Izlazi svakog od neurona u sloju l-1 dolaze na ulaze svakog od neurona u sloju l. Mreža nema petlji (povratnih sprega) (preuzeto iz (Kovačević, 2003)).

Za izražavanje greške kao funkcije svih težinskih koeficijenata mreže, koju potom treba minimizovati u procesu učenja najbolje hipoteze u praksi se često koristi sledeća jednačina:

$$E(\mathbf{w}) = \frac{1}{2} \sum_{\mathbf{x} \in Tr} \sum_{i \in OUT} (t_i^{\mathbf{x}} - o_i^{\mathbf{x}})^2 \quad (5.1.2.1.2-2).$$

U (5.1.2.1.2-2)  $\mathbf{x}$  je vektor iz trening skupa, a  $t_i^{\mathbf{x}}$  i  $o_i^{\mathbf{x}}$  su  $i$ -te komponente ciljnih i predviđenih vrednosti posmatranog trening primera  $\mathbf{x}$ . Vektor  $\mathbf{w}$  obuhvata težine svih neurona u mreži, a  $OUT$  je skup neurona izlaznog sloja. Dakle, pošto zabeležimo kvadratna odstupanja na svim izlazima nakon jedne epohe (propušteni svi trening primeri kroz ANN) i formiramo njihovu sumu, dobijamo moguću meru greške. Zbog (5.1.2.1.2-1) važi da je  $E$  funkcija težina u mreži. Ukoliko predstavimo funkciju greške u prostoru težina (slika 37), vidimo da u svakoj iteraciji treninga treba težiti ažuriranju težina koje najbrže vodi ka minimumu  $E$  (metoda treninga *Gradient Descent*). Ako u nekoj tački na površi  $E$  određenoj težinskim vektorom  $\mathbf{w}$  konstruišemo vektor gradienta, onda težine treba ažurirati u pravcu suprotnom od njega za intenzitet odgovarajuće komponente vektora gradienta. Ovo stoga jer gradient pokazuje pravac najbržeg prirasta funkcije više promenljivih.



Slika 37: Metoda Gradient descent: u svakoj iteraciji učenja ažurirati težine u pravcu opadanja gradienta na hiperpovršni (za jednu dimenziju – kriva) trening greške (preuzeto iz (Kovačević, 2003))

Na slici 37 treba zapaziti da metoda ne mora da vodi do globalnog minimuma, što zavisi od početne pozicije (inicijalni vektor  $\mathbf{w}$ ).

Pravilo opadanja gradienta se matematički iskazuje kao:

$$\nabla E(\mathbf{w}) \equiv \left[ \frac{\partial E}{\partial w_1}, \frac{\partial E}{\partial w_2}, \dots, \frac{\partial E}{\partial w_n} \right]$$

$$\mathbf{w} \leftarrow \mathbf{w} + \Delta \mathbf{w} \quad (5.1.2.1.2-3).$$

$$\Delta \mathbf{w} = -\eta \nabla E(\mathbf{w}), \quad \eta > 0$$

Ako se prethodni izrazi napišu u skalarnom obliku, dobija se naredno pravilo za ažuriranje težina u procesu učenja:

$$w_i \leftarrow w_i + \Delta w_i,$$

$$\Delta w_i = -\eta \frac{\partial E}{\partial w_i}, \quad \eta > 0 \quad (5.1.2.1.2-4).$$

Pravilo gradienta dozvoljava izbor različitih funkcija greške ali i zahteva da funkcija bude diferencijabilna u svakoj tački definisanosti. Otuda se za aktivacione funkcije neurona biraju pogodne funkcije koje podsećaju na  $y = \text{sgn}(x)$ , ali su pri tome i diferencijabilne na svom domenu. Dve najčešće korišćene diferencijabilne, monotono rastuće funkcije su logistička (5.1.2.1.2-5) i tangens hiperbolik (5.1.2.1.2-6).

$$f(x) = \frac{1}{1 + e^{-cx}}, \quad c = \text{const} > 0 \quad (5.1.2.1.2-5)$$

$$\frac{df(x)}{dx} = cf(x)(1 - f(x))$$

$$f(x) = \tanh(cx) = \frac{e^{cx} - e^{-cx}}{e^{cx} + e^{-cx}}, \quad c = \text{const} > 0$$
$$\frac{df(x)}{dx} = c(1 - f(x)^2)$$

(5.1.2.1.2-6).

Treba napomenuti da pravilo *Gradient descent* ne vodi uvek ka globalnom minimumu (najboljoj hipotezi za  $\mathbf{w}$ ). U praksi je najčešći slučaj da se stiže do lokalnog minimuma, ali se pokazuje da je i to za mnoge primene zadovoljavajuće. Da bi se poboljšale šanse za konvergenciju ka globalnom minimumu, često se koristi varijacija standardnog *gradient descent* pravila po imenu *stochastic gradient descent*. Po ovom pravilu ažuriranje težina vrši se, umesto nakon jedne epohe, nakon svakog prezentovanog trening vektora. Oblik funkcije greške menja se iz (3.1.2.1.2-4) u:

$$E_{\mathbf{x}}(\mathbf{w}) = \frac{1}{2} \sum_{k \in OUT} (t_k - o_k)^2$$

(5.1.2.1.2-7).



### 5.1.2.1.3 K-najbližih suseda (K-nearest neighbor (KNN))

K-najbližih suseda (*K-nearest neighbor* (KNN)) pripada kategoriji lenjih metoda kod kojih ne dolazi do formiranja klasifikacionog modela već se klasifikacija vrši izračunavanjem sličnosti novog primera sa primerima u obučavajućem skupu. Kategorija novog primera određuje se pomoću kategorija k najbližih primera.

Kako bi se utvrdilo koji je primer najbliži primeru koji se testira koristi se funkcija distance. Iako je moguće koristiti različite funkcije distance (metrička, *Manhattan*), najčešće se koristi euklidska distanca (Witten, et al., 2011). Distanca između primera (u ovom slučaju projekta) sa vrednostima atributima  $a_1^{(1)}, a_2^{(1)}, \dots, a_k^{(1)}$  (gde je  $k$  broj atributa) i primera sa vrednostima atributa  $a_1^{(2)}, a_2^{(2)}, \dots, a_k^{(2)}$  definisana je kao:

$$\sqrt{(a_1^{(1)} - a_1^{(2)})^2 + (a_2^{(1)} - a_2^{(2)})^2 + \dots + (a_k^{(1)} - a_k^{(2)})^2}$$

Prilikom poređenja distanci nije neophodno sprovoditi operaciju korenovanja, jer se direktno mogu porediti sume kvadrata. S obzirom da različiti numerički atributi mogu imati različit opseg vrednosti, uobičajno je da se izvrši normalizacija vrednosti atributa, po formuli:

$$a_i = \frac{v_i - \min v_i}{\max v_i - \min v_i} \quad (5.1.2.1.3 - 1),$$

gde su  $v_i$  stvarne vrednosti atributa  $i$ , dok se maksimum i minimum određuju u skupu vrednosti datog atributa kroz sve primere. Navedena formula se primenjuje kod numeričkih atributa. Kod nominalnih atributa najčešće se uzima da je razlika dve različite vrednosti 1, dok se ako su vrednosti iste uzima da je vrednost razlike 0. Takav je slučaj  $i$  u ovom radu, gde su atributi binarni. U slučaju nominalnih ili binarnih atributa ne vrši se normalizacija.

Nedostajući podaci se u ovoj metodi tretiraju na sledeći način. Kod nominalnih atributa, pretpostavlja se da je nedostajuća vrednost nekog atributa maksimalno moguće različita od svih drugih mogućih vrednosti datog atributa. Prema tome, kada se upoređuju dve

vrednosti, ukoliko su obe nedostajuće ili su različite, razlika među njima je 1. Razlika je 0 ukoliko vrednosti nisu nedostajuće a iste su.

Ova metoda se značajno oslanja na metode za selekciju atributa (vidi deo 5.1.2.3) kako bi one uklonile attribute koji stvaraju šum (Novakovic, 2009).

U radu (Chen 2008) KNN je korišćen u cilju razvoja modela za izbegavanje sporova na projektima izgradnje. U istom radu je dat pregled i drugih značajnijih istraživanja u kojima je korišćen KNN.

Međutim, u literaturi se navodi i nekoliko potencijalnih nedostataka ove metode (Witten, et al., 2011):

- Proračun može trajati dugo za velike skupove podataka, jer se za svaki test primer pretražuje ceo skup podataka. Za ubrzavanje postupka može se primeniti sofisticirano struktuiranje podataka, kao što je *kD-stablo* (*kD-tree*). S obzirom na predmetni skup podataka u ovom radu, ubrzavanje postupka proračuna nije bilo potrebno;
- Osetljivost na šum u podacima, ako se klasa test primera utvrđuje na osnovu jednog najbližeg suseda. Stoga je u ovom radu KNN korišćen i sa većim brojem najbližih suseda (parametar  $k = 1, 3, 5$ ).
- Performanse metode mogu biti ugrožene ako atributi različito utiču na klasu – u graničnom slučaju, ukoliko su pojedini atributi potpuno irelevantni, a svi atributi utiču podjednako u formuli za distancu. Da bi se izbegao ovaj nedostatak, moguće je dodavanje težinskih koeficijenta atributima, koji zavise od distance. U ovom radu je korišćena težina  $1/distanca$ . Takođe je, kao što je navedeno ranije, vršena i prethodna selekcija atributa.

#### 5.1.2.1.4 Drvo odlučivanja (Decision Tree (DT))

Drvo odlučivanja (*Decision Tree* (DT)) predstavlja stablo kod koga su unutrašnji čvorovi označeni atributima, grane koje vode iz čvorova su označene vrednostima atributa, dok su listovi označeni klasama (Kovačević, 2011). Klasifikacija se vrši spuštanjem niz stablo do lista putem koji je određen vrednostima atributa klasifikovanog objekta. Značajna prednost ove metode u odnosu na druge primenjene metode jeste to što ona kao rezultat potencijalno generiše skup pravila za klasifikaciju. U ovom radu korišćen je C4.5 algoritam za indukciju drveta odlučivanja.

Algoritam C4.5 je razvijen na osnovu algoritma ID3, sa više značajnih poboljšanja u odnosu na osnovni algoritam (Mišković, 2008): usavršen rad sa kontinualnim atributima i ispuštenim vrednostima atributa, nova ocena kvaliteta razbijanja skupa primera (*gain ratio*) i pojednostavljivanje naučenog stabla, radi povećanja tačnosti klasifikacije novih primera.

S obzirom da je metoda veoma poznata u naučnoj zajednici, ovde ona neće dalje biti objašnjavana a zainteresovan čitalac upućuje se na (Witten, et al., 2011) i (Mitchel, 1997).

DT je u skorijoj literaturi u oblasti upravljanja projektima korišćen za predviđanje energetske performansi objekata (Kim et al. 2011), a takođe i kao jedna od metoda za podršku pri odlučivanju o finansijskoj i ekonomskoj opravdanosti infrastrukturnih projekata u fazi izrade studije opravdanosti (Yun i Caldas 2009).

#### 5.1.2.1.5 Naivni Bajesov klasifikator (Naive Bayes (NB))

NB model pripada probabilističkim klasifikatorima koji problem kategorizacije sagledavaju sa stanovišta uslovne verovatnoće za čije izračunavanje koriste Bajesovu teoremu (Domingos i Pazzani, 1997). Ova tehnika je vrlo korisna u slučajevima u kojima ne postoji deterministička veza između atributa instanci i klase, odnosno kada obučavajući skup sadrži greške (npr. dve instance sa istim vrednostima atributa ali različitom klasom) ili kada postoje neki dodatni, nepoznati faktori koji utiču na klasifikaciju. Pre objašnjenja načina na koji funkcioniše ova metoda dato je kratko objašnjenje *Bayesove* teoreme (Kovačević, 2011):

Neka su  $X$  i  $Y$  slučajne promenljive.  $P(X=x, Y=y)$  je verovatnoća da će u isto vreme  $X$  uzeti vrednost  $x$ , a  $Y$  uzeti vrednost  $y$ .  $P(X=x|Y=y)$  je verovatnoća da će  $X$  uzeti vrednost  $x$  ako je informacija da je  $Y$  uzeo vrednost  $y$  poznata. To je uslovna verovatnoća. Veza između zajedničke i uslovne verovatnoće je sledeća:

$$P(X, Y) = P(Y|X)P(X) = P(X|Y)P(Y) \quad (5.1.2.1.5-1).$$

Iz prethodne jednakosti izvodi se *Bayesova* teorema:

$$P(X, Y) = P(Y|X)P(X) = P(X|Y)P(Y) \quad (5.1.2.1.5-2).$$

$$P(Y|X) = \frac{P(X|Y)P(Y)}{P(X)}$$

Ako se pretpostavi da ne postoji deterministička veza između atributa instance i klase onda se klasa i vrednosti atributa instanci mogu posmatrati kao slučajne promenljive. Neka  $X$  predstavlja attribute instance a  $Y$  klasu instance. Verovatnoća da će instanca sa vrednostima atributa  $X$  imati klasu  $Y$  je  $P(Y|X)$ . Tokom faze obučavanja klasifikatora potrebno je iz obučavajućeg skupa izračunati  $P(Y|X)$  za sve moguće kombinacije atributa  $X$  i sve moguće klase  $Y$ . Nova instanca koji ima kombinaciju atributa  $X'$  klasifikuje se u klasu  $Y'$  koja ima maksimalnu verovatnoću  $P(Y'|X')$ .

Za datu klasu  $Y$  pouzdano procenjivanje verovatnoća  $P(Y|X)$  može da predstavlja problem ako je obučavajući skup mali. Da bi se ovaj problem rešio koristi se *Bayesova*

teorema pri čemu je  $P(Y)$  procenat instanci obučavajućeg skupa koji ima klasu  $Y$ ,  $P(X)$  procenat instanci koji imaju vrednosti atributa kao instanca  $X$ . Kada se procenjuje  $P(Y|X)$  za svaku klasu, menja se samo  $Y$  dok je  $P(X)$  konstanto tako da ne utiče na klasifikaciju. Znači instanca  $X$  klasifikuje se u klasu  $Y$  koja ima maksimalnu vrednost za  $P(X|Y)P(Y)$ .

$P(X|Y)$  je uslovna verovatnoća da će instanca koji ima klasu  $Y$  imati vrednosti atributa kao instanca  $X$ . Kao što je rečeno, uslovne verovatnoće nije lako dobro proceniti naročito ako je obučavajući skup mali. Kako bi se ova verovatnoća jednostavnije izračunala kod *Naivne Bayesove* metode pretpostavlja se da su atributi instanci međusobno nezavisni. Zbog ove pretpostavke se metoda zove *naivna*. Nezavisnost znači da prisustvo (odsustvo) neke vrednosti nekog atributa ne utiče na prisustvo (odsustvo) neke vrednost nekog drugog atributa.

Pretpostavka uslovne nezavisnosti daje sledeću formulu za izračunavanje  $P(X|Y)$ :

$$P(X|Y = y) = \prod_{i=1}^d P(X_i|Y = y) \quad (5.1.2.1.5-3),$$

gde je  $X$  instanca (projekat) koji se sastoji od  $d$  atributa  $X=(X_1, X_2, \dots, X_d)$ . Ova formula znači da će se, umesto da se za datu klasu  $Y$  računa verovatnoća  $P(X|Y)$  za sve kombinacije atributa  $X$ , verovatnoća računati za svaki atribut  $X_i$  posebno. Računanje verovatnoće za svaki atribut posebno je mnogo jednostavnije i ne zahteva veliki obučavajući skup.

Neka je data instanca  $X$  koji je potrebno klasifikovati. Uslovna verovatnoća se izračunava po sledećoj formuli:

$$P(Y|X) = \frac{P(Y) \prod_{i=1}^d P(X_i|Y)}{P(X)} \quad (5.1.2.1.5-4).$$

Za svaku klasu menja se samo  $Y$  dok je  $P(X)$  konstanto tako da ne utiče na klasifikaciju. Znači, instanca  $X$  klasifikuje se u klasu  $Y$  koja ima maksimalnu vrednost za

$$P(Y) \prod_{i=1}^d P(X_i|Y) \quad (5.1.2.1.5-5).$$

Izračunavanje verovatnoća  $P(X_i|Y)$  razlikuje se u zavisnosti od vrste atributa. Za nominalni atribut  $X_i$  (kakav je slučaj u ovoj disertaciji) verovatnoća  $P(X_i=x_i|Y=y)$  računa se kao deo (razlomak) instanci koji imaju klasu  $y$  i vrednost  $x_i$  za atribut  $X_i$ .

Za kontinualne atribute postoje dva pristupa:

- Diskretizacija - kontinualni interval se deli na podintervale. Neka je data neka vrednost  $x_i$  kontinualnog atributa  $X_i$  i neka klasa  $y$ . Da bi se izračunala verovatnoća  $P(X_i=x_i|Y=y)$  određuje se podinterval u kome se vrednost  $x_i$  nalazi i nakon toga se određuje deo instanci klase  $y$  koji pripada tom podintervalu.
- Pretpostavka da vrednosti datog kontinualnog atributa prate neku statističku raspodelu. Najčešće se koristi *Gausova* (normalna) raspodelu. Parametri raspodele računaju se iz obučavajućeg skupa. Za klasu  $y$  i vrednost  $x_i$  atributa  $X_i$  verovatnoća  $P(X_i=x_i|Y=y)$  računa se po formuli:

$$P(X_i = x_i | Y = y_j) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_{ij}} e^{-\frac{(x_i - \mu_{ij})^2}{2\sigma_{ij}^2}} \quad (5.1.2.1.5-6).$$

Do problema sa izračunavanjem verovatnoće po formuli (5.1.2.1.5-3) dolazi ako verovatnoća  $P(X_i|Y=y)$  ima vrednost nula za neko  $i$ . Tada je ceo proizvod jednak nuli. To znači da ako se neka od vrednosti atributa instance  $X$  ne pojavljuje ni u jednoj instanci koja ima klasu  $y$ , verovatnoća za instancu  $i$  klasu  $y$  je 0, što može dovesti do pogrešne klasifikacije. Do ovakvih situacija može doći ako je obučavajući skup mali.

Da bi se rešio ovaj problem uvodi se drugačija formula za verovatnoću  $P(X=x_i|Y=y)$ :

$$P(X = x_i | Y = y_j) = \frac{n_c + mp}{n + m} \quad (5.1.2.1.5-7),$$

gde je  $n$  broj instanci koje imaju klasu  $y_j$ ,  $n_c$  broj instanci klase  $y_j$  koji za  $i$ -ti atribut imaju vrednost  $x_i$ , a  $m$  i  $p$  su konstante. Rešenje problema može se posmatrati kao uvođenje dodatnog „virtuelnog“ skupa uzoraka. Taj skup ima  $m$  instanci i verovatnoća instance klase  $y_j$  da za  $i$ -ti atribut ima vrednost  $x_i$  je  $p$ . Za  $p$  se obično uzima  $1/k$  gde je  $k$  broj vrednosti koje  $i$ -ti atribut može da uzme.

Karakteristike NB klasifikatora su sledeće (Kovačević, 2011):

- Robusnost na greške (greške dobijene prikupljanjem podataka) ili nedostajuće vrednosti atributa u obučavajućem skupu. Greške ne utiču mnogo na verovatnoće pošto su verovatnoće prosečne vrednosti, dok se nedostajući podaci jednostavno ignorišu prilikom izračunavanja verovatnoća.
- Robusnost na nevažne atribute. Ako je atribut nebitan onda su njegove vrednosti skoro uniformno distribuirane po klasama. To znači da verovatnoće tog atributa jednako utiču na uslovne verovatnoće za sve klase tj. atribut nema uticaja na klasifikaciju.
- Osetljivost na korelisane atribute. Atributi koji su u jakoj korelaciji mogu da degradiraju performanse klasifikatora pošto tada pretpostavka o nezavisnosti atributa ne važi. Usled toga, u ovoj disertaciji je kao jedna od metoda za prethodnu selekciju atributa primenjena CFS metoda koja identifikuje podskup međusobno najmanje korelisanih atributa, koji je od svih podskupova atributa najkorelisaniji sa klasnim atributom (vidi poglavlje 5.1.2.3).

U radu (Yun i Caldas 2009) dokazana je mogućnost primene NB klasifikatora kao jedne od metoda za podršku pri odlučivanju o finansijskoj i ekonomskoj opravdanosti infrastrukturnih projekata u fazi izrade studije opravdanosti.

#### 5.1.2.1.6 Logistička regresija (Logistic Regression (LR))

Regresiona analiza (regresija) je jedna od statističkih metoda koji omogućava predviđanje i ocenjivanje jedne promenljive na osnovu vrednosti neke druge promenljive ili više promenljivih. Spada u metode multivarijacione statističke analize, i to u podgrupu koja ispituje zavisnost (korelaciju).

Logistička regresija (LR) je tip regresije u kojoj je zavisna (kriterijumska) promenljiva dihotomna, odnosno binarna i kodira se sa 0 ili 1 i postoji najmanje jedna nezavisna (prediktorska) promenljiva (Hair, et al., 2009).

LR je bitna opcija u istraživačkim problemima koji uključuju jednu kategoričku zavisnu varijablu i nekoliko metričkih ili nemetričkih nezavisnih varijabli. Njena relativna snaga dolazi iz njene sposobnosti da bude fleksibilna u više istraživačkih postavki, njena robusnost potiče od minimalnog skupa temeljnih pretpostavki i svoje sličnosti sa višestrukom regresijom za potrebe tumačenja. Rezultat je širok raspon primene kako u akademskim krugovima tako i u kontekstu prakse.

Primena LR, međutim, zahteva ozbiljno i detaljno poznavanje mernih skala, raspodela i tumačenja rezultata. Bez obzira na prethodno navedene prednosti, proces primene LR zahteva ispunjenje određenih uslova i transformacija promenljivih. Treba ispuniti sledeće uslove (Simeunovic i Milosavljevic, 2009):

- Tumačenje logističkih koeficijenata nije moguće bez smislenog kodiranja;
- Uključenje svih relevantnih promenljivih u regresioni model. Ukoliko su relevantne promenljive ispuštene, uobičajena varijansa koju dele sa uključenim promenljivim može biti pogrešno pripisana ovim promenljivim, ili uslovi greške mogu biti preuveličani;
- Isključivanje svih irelevantnih promenljivih. Ukoliko su uzročno irelevantne promenljive uključene u model, uobičajna varijansa koju dele sa uključenim promenljivim, može biti pogrešno pripisana irelevantnim promenljivim;
- Pretpostavlja se da su uslovi greške nezavisni (nezavisno prikupljanje);
- Nizak nivo grešaka u promenljivim i nedostajućih vrednosti;



- Logistička regresija ne podrazumeva vezu između zavisnih i nezavisnih promenljivih kao što je to slučaj kod linearne regresije, ali podrazumeva linearnu vezu između logaritma zavisnih i nezavisnih promenljivih. *Box-Tidwell* transformacija i ortogonalni polinomialni kontrast su načini testiranja linearnosti logaritma između nezavisnih promenljivih;
- Veliki uzorci. Pouzdanost procena opada onda kada ima nekoliko slučajeva za svaku posmatranu kombinaciju nezavisne promenljive;
- Opravdanost okupljanja. Mera dobrog uklapanja kao model hi kvadrata pretpostavlja da su za ćelije formirane od kategoričkih nezavisnih promenljivih sve ćelije frekvencije  $\geq 1$  i da je ne više od 20% ćelija  $< 5$ .

Funkcija logističkog odgovora opisuje vezu između između promenljivih na sledeći način:

$$\ln\left(\frac{P}{1-P}\right) = a + bX; \quad \frac{P}{1-P} = e^{a+bX}; \quad P = \frac{e^{a+bX}}{1 + e^{a+bX}} \quad (5.1.2.1.6 - 1)$$

Ili:

$$P = \frac{e^{(b_0 + b_1x_1 + \dots + b_vx_v)}}{1 + e^{(b_0 + b_1x_1 + \dots + b_vx_v)}} \quad (5.1.2.1.6 - 2)$$

gde su  $b$  težine logističke regresije (ili logaritamske težine) za nezavisnu promenljivu. Ova metoda podrazumeva dihotomne promenljive date u binarnom obliku. Vrednost  $Y=1$  znači da se određeni događaj zaista dogodio, vrednost  $Y=0$  znači da je izostalo bilo kakvo događanje.  $X$  predstavlja nezavisnu promenljivu ili mnoštvo atributa ( $X_1, X_2, \dots, X_k$ ).

Osnovna formula logističke regresije je (Simeunovic i Milosavljevic, 2009):

$$P\left\{Y = \frac{1}{X}\right\} = \frac{1}{1 + e^{-x\beta}} \quad (5.1.2.1.6 - 3),$$

$$X\beta = \beta_0 + \beta_1X_1 + \beta_2X_2 + \dots + \beta_kX_k$$

Funkcija  $P(x) = \frac{1}{1+e^{-x}}$  je logistička funkcija. Ovu vrstu funkcije prvi je predstavio belgijski matematičar Vehulst. Na početku dvadesetog veka veći broj naučnika istraživao je njene osobine i mogućnost upotrebe. Kao regresionu funkciju prvi je upotrebio Koks 1958. godine. Njena vrednost je ograničena između 0 i 1. Iz osnovne postavke se vidi da se vrednost 0 dobija u slučaju kada je  $x = -\infty$ , a vrednost 1 za  $x = \infty$ . Za  $x = 0$  vrednost funkcije je 0,5. Inverzni oblik logističke funkcije je logaritamska funkcija:

$$x = \log \frac{P}{1-P} = \text{logit}(P) \quad (5.1.2.1.6 - 4).$$

Ako udružimo osnovnu formulu (5.1.2.1.6 – 3) sa prethodnom (5.1.2.1.6 – 4) dobićemo drugi oblik logističke regresije:

$$\text{logit} ( P\{Y=1/ X\} ) = X\beta = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k \quad (5.1.2.1.6 - 5).$$

Diskretne atribute za više od dve vrednosti potrebno je pripremiti u formi više atributa. Uspeh logističke regresije može biti procenjen proverom u klasifikacionoj tabeli, prikazujući pravilne i nepravilne klasifikacije dihotomnih promenljivih. Takođe, testovi mogućnosti uklapanja (prilagođavanja) kao što su model hi kvadrat su dostupni kao indikatori primenljivosti.

Odnos šansi (*Odds ratio*) se definiše kao odnos šansi da se događaj odigra i šanse da se događaj ne odigra:

$$\text{odds} = \frac{P}{1-P} \quad (5.1.2.1.6 - 6)$$

Odnos šansi daje meru povezanosti nezavisne promenljive sa ishodom od interesa. On, za određeni atribut, definiše koliki uticaj na predviđanje određene klase ima promena vrednosti tog konkretnog atributa. Ukoliko je vrednost odnosa šansi veća od 1,

korelacija između vrednosti datog atributa i klase koja se predviđa je pozitivna. Ukoliko je vrednost odnosa šansi za atribut manja od 1, korelacija je negativna.

Binominalna (ili binarna) regresija je tip regresije koja se koristi kada je zavisna promenljiva dihotomna a nezavisna promenljiva može biti bilo kog tipa. U ovom radu nezavisne promenljive su takođe binarnog tipa.

Model višetruke regresije je nedavno korišćen za analizu i predviđanje energetskih performansi objekata visokogradnje (Kim et al. 2011), kao i troškovnih i vremenskih performansi izgradnje velikih hidrotehničkih objekata (Ansar et al. 2014). U ovom radu je binarna LR primenjena za sličan problem – kategorijskog predviđanja prekoračenja troškova i vremena izgradnje kapitalnih infrastrukturnih objekata. Iako skup podataka analiziranih u ovom radu nije veliki, LR je, uz prethodnu primenu tehnika za selekciju atributa izabrana kao jedna od metoda mašinskog učenja za predmetnu analizu. Više o mogućnostima primene LR kao tehnike mašinskog učenja može se pročitati u (Simeunovic i Milosavljevic, 2009; le Cessie i van Houwelingen, 1992).

### 5.1.2.2 Mere za ocenu kvaliteta klasifikacionog modela

U literaturi se navodi veliki broj mera za ocenu kvaliteta klasifikacije (efektnosti klasifikacije). Najpoznatije i naješće korišćene mere jesu *preciznost* (*precision*) i *odziv* (*recall*) (Sebastiani, 1999). Vrednosti obe mere računaju se za svaku od klasa zasebno.

Preciznost za klasu  $c$  je deo ispravno klasifikovanih projekata (jedinica klasifikacije) od svih projekata kojima je klasifikator dodelio kategoriju  $c$ . Odziv za klasu  $c$  je deo ispravno klasifikovanih projekata (jedinica klasifikacije) od svih projekata kojima bi trebalo da bude dodeljena klasa  $c$  tj. projekata koji imaju klasu  $c$  u obučavajućem skupu.

Za klasu  $c$  definišu se sledeće veličine: broj tačno klasifikovanih projekata (*true positives*,  $TP_c$ ) za klasu  $c$ , broj pogrešno klasifikovanih projekata (*false positives*,  $FP_c$ ) tj. projekata kojima je pogrešno dodeljena klasa  $c$ , broj projekata koji imaju klasu  $c$  ali im je predviđanjem dodeljena pogrešna klasa (*false negatives*,  $FN_c$ ), kao i broj projekata koji nisu klasifikovani kao  $c$  niti su zaista klase  $c$  (tru negatives,  $TN_c$ ).

Matrica konfuzije (*confusion matrix*) je matrica  $CM = [c_{ij}]$  čiji element  $c_{ij}$  predstavlja broj primera koji su klasifikovani kao klasa  $i$  a zapravo pripadaju klasi  $j$ .

*Preciznost* ( $P$ ) i *odziv* ( $R$ ) za klasu  $c$  definisani su sa:

$$P_c = \frac{TP_c}{TP_c + FP_c} \quad R_c = \frac{TP_c}{TP_c + FN_c} \quad (5.1.2.2 - 1)$$

Postoje dva pristupa za izračunavanje preciznosti i odziva za model pomoću preciznosti i odziva za svaku od klasa: *mikro-prosek* (*micro-average*) i *makro-prosek* (*macro-average*) (Kovačević, 2011; Sebastiani, 1999). Ako je  $C$  skup svih klasa, prethodno navedene mere definisane su sa:

$$P_{mi} = \frac{\sum_{c \in C} TP_c}{\sum_{c \in C} (TP_c + FP_c)} \quad R_{mi} = \frac{\sum_{c \in C} TP_c}{\sum_{c \in C} (TP_c + FN_c)} \quad (5.1.2.2 - 2)$$

$$P_{ma} = \frac{\sum_{c \in C} P_c}{|C|} \quad R_{ma} = \frac{\sum_{c \in C} R_c}{|C|}$$

Mere *preciznost* i *odziv* nisu same dovoljne za adekvatnu evaluaciju performansi prediktivnog modela, već ih je potrebno posmatrati zajedno. Kako bi se preciznost i odziv inkorporirali u jedinstvenu meru, predložena je *F-mera* (*F-measure*) (Rijsbergen, 1979), definisana sa:

$$F = \frac{(\beta^2 + 1) \times P \times R}{\beta^2 \times P + R} \quad 0 \leq \beta \leq +\infty \quad (5.1.2.2 - 3)$$

Parametar  $\beta$  predstavlja težinu dodeljenu *preciznosti* i *odzivu*. Uobičajene vrednosti za  $\beta$  su 0.5, 1.0 i 2.0. Kada je vrednost  $\beta$  bliska 0, *F-mera* je bliska *preciznosti*, a kada je vrednost  $\beta$  bliska  $+\infty$  ona je bliska *odzivu*.

Za evaluaciju performansi sistema predloženog u ovoj disertaciji upotrebljena je *F-mera* za vrednost  $\beta = 1.0$  kao ravnoteža između *preciznosti* i *odziva*. Vrednosti za *preciznost* i *odziv* po klasama su takođe prikazane.

Da bi se omogućio kompletan uvid u rezultate i upoređivanje rezultata sa pojedinim prethodnim istraživanjima, za svaki od problema prikazana je i vrednost mere tačnosti predviđanja (*predictive accuracy*). Tačnost predviđanja se definiše kao verovatnoća ispravne klasifikacije slučajno izabranog primera. Estimacija tačnosti će ovde biti vršena metodom unakrsne validacije (videti poglavlje 5.1.2.2).

Za prediktivne modele sa najvišim vrednostima mera za evaluaciju (najboljim performansama), tamo gde je to moguće, biće takođe prikazana i matrica konfuzije.

### 5.1.2.3 Metode za selekciju atributa

S obzirom na prirodu problema koji se ovde analizira (kapitalni infrastrukturni projekti), broj primera za analizu je ograničen, a broj atributa (izvora rizika) relativno veliki, gotovo jednak broju primera. U literaturi se ovakav problem, odnosno ograničenje, definiše kao efekat visoke dimenzionalnosti (Mišković i Milosavljević, 2010).

U cilju smanjivanja efekta visoke dimenzionalnosti, u ovom radu će biti ispitana mogućnost prethodne selekcije atributa, te poređenje performansi klasifikatora sa redukovanim brojem atributa i celim skupom atributa.

Selekcija atributa je predmet brojnih istraživanja u oblasti mašinskog učenja i zaključivanja iz podataka (*data mining*) od 1970-ih. Neke od značajnijih studija pobrojane su i prikazane u (Novakovic, 2009).

Pozitivni efekti prethodne selekcije atributa su, osim navedenog smanjenja efekta visoke dimenzionalnosti, takođe i (Mišković, 2008):

- Povećanje kvaliteta generalizacije, odnosno tačnosti predviđanja na novim primerima, jer je manja verovatnoća preteranog podešavanja prema obučavajućim (*training*) podacima (*overfitting*), posebno u prisustvu šuma;
- Povećavanje razumljivosti naučenog znanja;
- Značajno smanjenje vremena računanja.

U (Mišković i Milosavljević, 2010) se navodi da:

"Prisustvo irelevantnih i redundantnih atributa u formulaciji problema negativno utiče na performanse induktivnog učenja. Jedan deo atributa u modelu problema često nije u korelaciji s konceptom i nema isti značaj prilikom klasifikacije novih primera, odnosno primene koncepta. Veliki broj irelevantnih atributa u modelu dovodi do preterane detaljizacije (*overfitting*) i loših performansi naučenog koncepta."

Optimalan podskup atributa, dakle, sadrži sve relevantne attribute, dok se redundantni i irelevantni atributi obično izuzimaju iz razmatranja, iako slabo relevantni redundantni atributi potencijalno sadrže informacije, koje mogu da utiču na poboljšanje klasifikacionih performansi u praksi. Problem selekcije optimalnog podskupa atributa je složen zbog postojanja interakcija atributa. Atribut može da izgubi relevantnost, kada se

uklone atributi koji su s njim u interakciji. Interakcija atributa ima veliki značaj u mašinskom učenju, jer atributi u realnim konceptima i bazama podataka uglavnom nisu nezavisni (Guyon, et al., 2006), (Lavrač et al. 2003).

Problem selekcije atributa se može formalno predstaviti tako što se iz originalnog prostora atributa  $X$  kardinalnosti  $d$  razmatranog modela problema selektuje podprostor  $\bar{X} \subseteq X$  kardinalnosti  $\bar{d} \leq d$  pomoću kriterijuma selekcije  $J(\bar{X})$ , koji ocenjuje podprostor atributa. Selekcija atributa je nalaženje takvog podprostora, za koji je vrednost kriterijuma  $J(\bar{X})$  maksimalna (Mišković i Milosavljević, 2010):

$$J(\bar{X}) = \max_{Z \subseteq X, |Z|=\bar{d}} J(Z) \quad (5.1.2.3 - 1).$$

Zbog kombinatorne složenosti problema selekcije, ispitivanje svih mogućih podprostora u praktičnim primenama nije prihvatljivo, već se koriste različiti metodi pronalaženja suboptimalnog rešenja.

Metode selekcije pogodnog podskupa atributa dele se u tri osnovne grupe, prema međusobnom odnosu selekcije atributa i algoritma učenja (Mišković i Milosavljević, 2010):

- Metode filtriranja (*filter methods*), kod kojih se podskup atributa bira nezavisno od algoritma učenja, na osnovu neke ocene koja rangira attribute. Ocena može biti npr. koeficijent korelacije ili vrednosti atributa sa vrednostima klase (John, et al., 1994);
- Metode prethodnog ili probnog učenja (*wrapper methods*), koji selektuju podskup atributa prema estimaciji tačnosti predviđanja, koju, nakon probnog učenja, postiže izabrani klasifikator. Učenje se vrši nakon selekcije najbolje ocenjenog podskupa, na osnovu novog, redukovanog modela problema. Algoritam prethodnog učenja nije povezan sa osnovnim algoritmom indukcije.
- Ugrađeni metode (*embedded methods*), koji vrše selekciju atributa u sklopu osnovnog algoritma indukcije, odnosno kao deo procesa generalizacije.

Metode za selekciju atributa korišćene u ovom radu su:

1. Selekcija podskupa atributa zasnovana na korelaciji (*Correlation Feature Subset Selection* (CFS))
2. Selekcija atributa prema vrednosti informacionog dobitka (*Information Gain* (IG))

#### 5.1.2.3.1 Selekcija podskupa atributa zasnovana na korelaciji (Correlation Feature Subset Selection (CFS))

Selekcija podskupa atributa zasnovana na korelaciji (*Correlation Feature Subset Selection* (CFS)) je jednostavan metod filtriranja koji rangira podskupove atributa prema heurističkoj funkciji evaluacije koja se zasniva na korelaciji. Prednost se daje podskupu koji sadrži attribute koji su visoko korelisani sa klasnim atributom a nekorelisani između sebe.

Prilikom pretraživanja prostora atributa, nerelevantni atributi se ignorišu jer imaju nisku korelaciju sa klasnim atributom. Kod redundantnih atributa, ispituje se njihova korelacija sa drugim atributima. Prihvatanje/dodavanje atributa u podskup zavisi od toga koliko dobro taj atribut predviđa vrednosti klasnog atributa u delu prostora instanci koje ostali atributi u podskupu ne predviđaju dobro.

Funkcija evaluacije predstavljena je formulom (Hall, 1999):

$$M_S = \frac{k\bar{r}_{cf}}{\sqrt{k + k(k-1)\bar{r}_{ff}}} \quad (5.1.2.3.1 - 1).$$

gde je  $M_S$  heuristička mera (*merit*) podskupa atributa  $S$  koji sadrži  $k$  atributa,  $\bar{r}_{cf}$  je srednja vrednost korelacija između atributa u podskupu i klasnog atributa, dok je  $\bar{r}_{ff}$  srednja vrednost korelacija između atributa u podskupu. Brojilac u desnom delu jednakosti daje indikaciju kolika je prediktivna moć datog podskupa atributa, dok imenilac pokazuje koliko ima redundanse među atributima datog podskupa.



Prilikom primene CFS-a u eksperimentima potrebno je odlučiti se za jednu od tri strategije pretrage prostora svih podskupova atributa (Hall, 1999):

- Izbor unapred (*forward selection*), u kojoj se polazi od praznog skupa u koji se dodaje po jedan atribut sve dok nijedno moguće novo dodavanje jednog atributa ne rezultira boljom evaluacijom;
- Eliminacija unazad (*backward elimination*), gde se polazi od skupa svih atributa te se jedan po jedan uklanjaju, uz uslov da ne dođe do pogoršanja evaluacije;
- Najbolji prvi (*best first*), koja može početi ili sa praznim skupom ili sa svim atributima. U prvom slučaju, pretraga se kreće "unapred", dodavajući po jedan atribut. U drugom slučaju, pretraga ide "unazad", uklanjajući jedan po jedan atribut. Da bi sprečili pretragu da istraži ceo prostor podskupova atributa, uvodi se kriterijum za zaustavljanje. Pretraga će biti zaustavljena ukoliko pet uzastopnih narednih podskupova do kraja proširenih ne pokazuju bolju evaluaciju od podskupa sa trenutno najboljom evaluacijom.

Za male skupove podataka, kakvim se smatra i skup slučajeva analiziran u ovom radu, CFS metoda daje bolje rezultate od metoda prethodnog učenja (Hall, 1999). Iz tog razloga je CFS izabran kao jedna od metoda selekcije atributa za potrebe ovog rada. Za strategiju pretrage izabrana je „najbolji prvi” (*best first*) sa pretragom unapred.

### 5.1.2.3.2 Selekcija atributa prema vrednosti informacionog dobitka (Information Gain (IG))

Druga tehnika korišćena u ovom radu za smanjivanje dimenzionalnosti problema, tj. broja atributa projekata jeste selekcija atributa prema vrednosti informacionog dobitka (*Information Gain* (IG)).

Da bi definisali informacioni dobitak, neophodno je najpre da definišemo pojam entropije, na način sličan objašnjenju datom u (Kovačević, 2003).

Posmatrajmo skup  $S$  koji sadrži instance dve klase objekata. Radi lakšeg dovođenja u vezu sa problemom klasifikacije neka su to sledeće klase: projekti bez prekoračenja troškova/vremena (pozitivni primeri ili '+') i projekti sa prekoračenjem troškova/vremena (negativni primeri ili '-'). Entropija skupa  $S$  izražava meru njegove neuređenosti posmatrano sa stanovišta zastupljenosti instanci različitih klasa.

Neka je u skupu  $S$  broj instanci tipa '+' jednak  $n$  a broj instanci tipa '-' jednak  $|S|-n$ . Sada se entropija  $E(S)$  može definisati kao:

$$E(S) = -\frac{n}{|S|} \log_2\left(\frac{n}{|S|}\right) - \frac{|S|-n}{|S|} \log_2\left(\frac{|S|-n}{|S|}\right) \quad (5.1.2.3.2-1).$$

Izrazi  $\frac{n}{|S|}$  i  $\frac{|S|-n}{|S|}$  predstavljaju relativne frekvencije pojavljivanja instanci tipa '+' i '-' respektivno. Dalje, uvodeći da je  $0 \log_2 0 = 0$ , zaključujemo da je entropija sistema minimalna (=0) ako su u skupu  $S$  sve instance istog tipa (potpuno uređen sistem). Ukoliko je pak broj pozitivnih i negativnih primera jednak, onda iz (5.1.2.3.2-1) proizilazi da je  $E(S)$  maksimalna i iznosi 1.

Definicija informacionog dobitka je sledeća:

*Neka je  $S$  skup koji sadrži  $n$  različitih klasa instanci i neka svaku instancu bliže opisuje atribut  $a$ . Dalje, neka su vrednosti za  $a$  definisane diskretnim skupom  $val(a)$ . Neka je  $S_{a=x}$  podskup skupa  $S$  u kome sve instance imaju vrednost atributa  $a=x$  gde  $x \in val(a)$ . Informacioni dobitak  $IG(S,a)$  definišemo kao:*

$$IG(S, a) = E(S) - \sum_{x \in \text{val}(a)} \frac{|S_{a=x}|}{|S|} E(S_{a=x}) \quad (5.1.2.3.2-2).$$

Entropije  $E(S)$ ,  $E(S_{a=x})$  se računaju prema definiciji 5.1.2.3.2-1.

Entropija skupa  $E(S_{a=x})$  predstavlja matematičko očekivanje minimalne dužine klasne labele u bitima, pod uslovom da unapred znamo da slučajno izvučena instanca ima vrednost atributa  $a=x$ . Kako verovatnoća da slučajno izvučena instanca ima vrednost atributa  $a=x$  iznosi  $\frac{|S_{a=x}|}{|S|}$ , onda suma na desnoj strani u (5.1.2.3.2-2) predstavlja usrednjenu očekivanu vrednost za dužinu klasne labele, pod uslovom da nam je unapred poznata vrednost atributa  $a$ . Otuda  $IG(S, a)$  predstavlja očekivanu uštedu u broju bita pri prenosu poruke (klasne labele) za slučaj da nam je unapred poznata vrednost atributa  $a$ , u odnosu na slučaj kada nam to nije poznato. Otuda, ako je instanca opisana sa više atributa, za finalnu klasifikaciju je značajnije poznavanje vrednosti onog atributa čiji je informacioni dobitak veći.

U ovom radu prilikom primene selekcije atributa prema vrednosti IG, za svaki od tri problema (prekoračenje troškova, kašnjenje u fazi građenja, kašnjenje u fazi planiranja) svi atributi projekata (47 atributa) su rangirani prema vrednosti IG. Zatim je za svaki problem birano deset prvoplasiranih atributa, da bi se tako redukovan skup podataka prosledio klasifikatorima. Rezultati u pogledu kvaliteta modela za klasifikaciju su zatim, za isti problem, upoređivani sa skupom podataka sa atributima redukovanim primenom CFS-a, kao i sa istim skupom podataka bez prethodne selekcije atributa.

Rangiranje atributa se, osim prema vrednosti IG-a, može takođe vršiti i na osnovu drugih metoda, kao što su *gain ratio*, *symmetrical uncertainty*, *relief-F*, *one-R*, *chi-squared* (Novakovic, 2009), koji u ovom radu nisu primenjivani.

#### 5.1.2.4 Metode validacije

Za potrebe eksperimenta koji se prezentuje u ovom radu odabrane su metode validacije za koje je u literaturi istaknuto da su najobjektivnije, kada se radi o inženjerskim problemima sa oskudnim podacima – unakrsna validacija (CV) i *leave-one-out* (L) metoda (tabela 26) (Mišković, 2008; Reich i Barai, 1999).

Tabela 26: Usporedni pregled osnovnih metoda validacije za inženjerske probleme sa oskudnim podacima (preuzeto iz: (Mišković, 2008; Reich i Barai 1999))

Metoda estimacije	Broj primera		Broj inter. iteracija	Broj iteracija	Varijabilnost metoda	Objektivnost
	za učenje	za testiranje				
Resubstitucija (R)	$n$	$n$	1	1	vrlo visoka	vrlo optimistički
Hold-out (H)	$(0,6-0,8) \cdot n$	$(0,2-0,4) \cdot n$	1	1	visoka	pesimistički
Random subsampling (H')	$(0,6-0,8) \cdot n$	$(0,2-0,4) \cdot n$	1	$I \ll n, O(10)$	srednje visoka	pesimistički
K-fold CV(K)	$n(k-1)/k$	$n/k$	$k (\sim 10)$	1	srednje visoka	skoro objektivan
I K-folds CV (K')	$n(k-1)/k$	$n/k$	$k (\sim 10)$	$I \ll n, O(10)$	srednja	skoro objektivan
Leave-one-out (L)	$n-1$	1	$n$	1	srednje visoka	skoro objektivan
.632 Bootstrap (B)	$n^*$	$n^*$	1	$I(50-200)$	niska	neznatno optimistički

Metoda unakrsne validacije ili rotaciona estimacija deli skup primera  $D$  na  $k$  međusobno isključivih podskupova primera  $D_1, D_2, \dots, D_k$ , izabranih na pseudoslučajan način (obično se koristi stratifikacija) i približno iste veličine. Postupak učenja i ocenjivanja se ponavlja kroz  $k$  iteracija, u svakoj koristeći po jedan podskup  $D_f$  kao testni skup, a preostale za učenje (trening) (slika 39). Ukoliko je  $k=n$  (broj primera u skupu), tada govorimo o *leave-one-out* metodi validacije.

U ovom radu analizirane su performanse modela sa trostrukom (odnos dela primera za trening i test u svakoj iteraciji unakrsne validacije iznosi: 66,7% : 33,3%), petostrukom (odnos dela primera za trening i test u svakoj iteraciji unakrsne validacije iznosi: 80% : 20%), desetostrukom (odnos dela primera za trening i test u svakoj iteraciji unakrsne validacije iznosi: 90% : 10%) unakrsnom validacijom i *leave-one-out* metodom, kao specifičnim slučajem unakrsne validacije kod koje se trening odvija uz korišćenje  $n-1$  primera a test se vrši na jednom preostalom primeru u svakom koraku validacije koji se ponavlja  $n$  puta.

### 5.1.2.5 Opis eksperimenta

Na slikama 39 i 40 prikazan je tok eksperimenta. Podskup podataka kapitalni saobraćajni projekti analiziran je nezavisno od celog skupa podataka (kapitalni infrastrukturni projekti). Za svaki od dva skupa podataka, nezavisno je analiziran svaki od tri problema (prekoračenje troškova, kašnjenje u fazi građenja, kašnjenje u fazi planiranja). Ovo je zapravo značilo formiranje tri skupa podataka za kapitalne saobraćajne projekte, koji su se razlikovali jedino po vrednostima klasnog atributa čije se predviđanje vrši. Slično su kreirana i tri skupa podataka za sve kapitalne infrastrukturne projekte.

Postupak ocene modela za predviđanje primenom unakrsne validacije, za svaki od šest skupova podataka, sprovodi se na sledeći način (slika 39). U prvom koraku se vrši (pseudo)slučajna podela raspoloživog skupa primera  $D$  na disjunktne podskupove  $D_1^i \cup D_2^i \cup \dots \cup D_f^i \cup \dots \cup D_k^i$ . Zatim se, u svakoj iteraciji  $i$ , izdvaja testni skup primera  $D_f^i$  koji dalje ni na koji način ne učestvuje u formiranju modela za klasifikaciju čiji se kvalitet ocenjuje. Preostali skup  $D \setminus D_f^i$  predstavlja trening skup, na kome model uči. Pre primene metoda za klasifikaciju, primenjuje se jedna tehnika selekcije atributa FS (IG, CFS, ili bez selekcije (NO)), kako bi se dobio redukovani trening skup  $(D \setminus D_f^i)_{FS}$  i redukovani test skup  $(D_f^i)_{FS}$  (pogl. poglavlje 5.1.2.3).

Proces učenja modela detaljnije je prikazan na slici 40. Redukovani trening skup  $Tr$  se deli na pet disjunktih podskupova. Izdvaja se podskup za testiranje  $Tr_f$ , dok se prostali skup  $Tr \setminus Tr_f$  koristi za učenje modela za klasifikaciju.

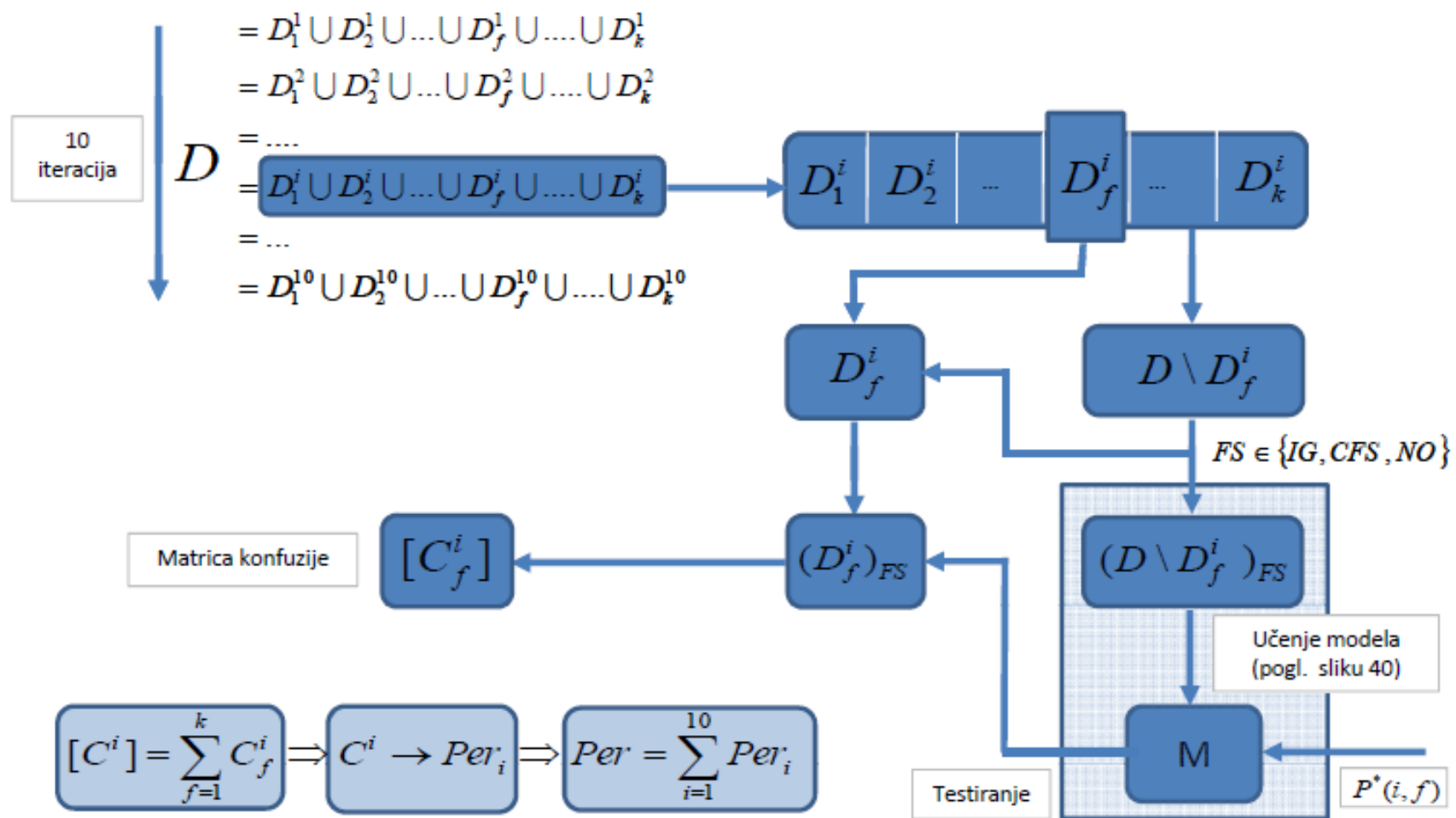
Za pojedine metode klasifikacije (SVM, ANN, KNN, DT) vrši se optimizacija parametara (slika 40). U pitanju je izbor iz zadatog skupa vrednosti određenih parametara  $P$  metode za klasifikaciju takav da učenje modela na skupu  $Tr \setminus Tr_f$  rezultuje najvišom vrednošću mere kvaliteta klasifikacije (Per). Kod SVM-a vršena je optimizacija vrednosti konstante  $c$  i eksponenta polinomijalne kernel funkcije. Kod ANN-a vršena je optimizacija broja skrivenih slojeva neuralne mreže kao i broja neurona u svakom skrivenom sloju. Kod KNN metode, optimizovan je broj najbližih

suseda koji se uzima u razmatranje. Kod DT-a optimizovan je minimalni broj primera u jednom čvoru.

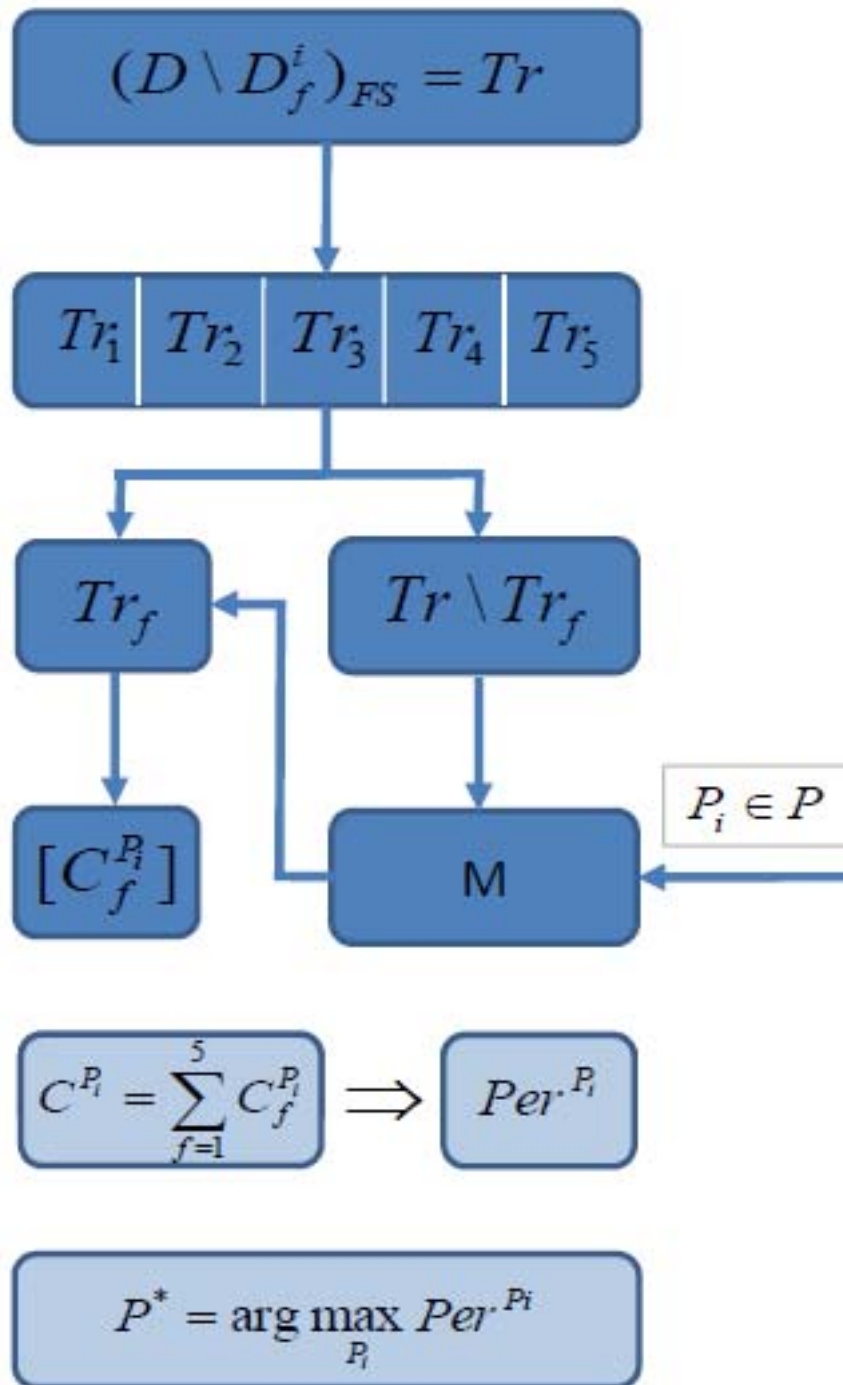
Nakon sprovedenih pet koraka unakrsne validacije na skupu  $Tr$  formira se matrica konfuzije  $C^{P_i}$ , iz koje proističu mere  $Per^{P_i}$  i optimalne vrednosti parametara  $P^*$ .

Tako dobijene vrednosti parametara jesu ulazni podatak za ocenu klasifikacionog modela u svakom koraku unakrsne validacije  $f$  u iteraciji  $i$ . Model za klasifikaciju se testira na  $(D_f^i)_{FS}$ , te se, nakon  $k$  koraka unakrsne validacije, formira matrica konfuzije  $C^i$  i iz nje proračunavaju mere kvaliteta klasifikacije  $Per_i$ .

Posle sprovedenih deset iteracija podele skupa  $D$  i sprovedenog postupka učenja i ocene klasifikacionog modela u svakoj iteraciji, konačne mere kvaliteta klasifikacionog modela se dobijaju kao aritmetička sredina mera dobijenih u deset iteracija.



Slika 39: Ocena modela primenom unakrsne validacije



Slika 40: Učenje modela



U radu je korišćen programski paket „WEKA 3.7.11” koji sadrži veliki broj različitih metoda za istraživanje podataka i to za: pretprocesiranje, učenje klasifikacija, generisanje klasifikacija (*clustering*), selekciju atributa i vizuelizaciju primera i rezultata učenja. Detaljan opis programskog paketa sa uputstvom za korišćenje dat je u (Witten, et al., 2011). Iz programa WEKA za potrebe ovog istraživanja su korišćeni:

- Metodi učenja klasifikacije:
  - *Naive Bayes*, klasa za učenje i testiranje naivnog Bajesovog klasifikatora (NB) (opis metode dat u poglavlju 5.1.2.1.5).
  - *Logistic*, klasa za formiranje i primenu višestruke logističke regresije (LR) (opis metode dat u poglavlju 5.1.2.1.6),
  - *MultilayerPerceptron*, za treniranje i testiranje veštačke neuralne mreže sa *backpropagation* algoritmom za klasifikaciju (ANN) (opis metode dat u poglavlju 5.1.2.1.2),
  - *SMO*, za treniranje i testiranje klasifikatora po metodi vektora podrške (SVM) (opis metode dat u poglavlju 5.1.2.1.1),
  - *IBk*, za treniranje i testiranje klasifikatora po metodi K-najbližih suseda (KNN) (opis metode dat u poglavlju 5.1.2.1.3),
  - *J48*, klasa za generisanje klasifikatora po metodi C4.5 drveta odlučivanja (opis metode dat u poglavlju 5.1.2.1.4).
- Metodi selekcije atributa:
  - *CfsSubsetEval*, metoda selekcije zasnovana na korelaciji (CFS) (opis metode dat u poglavlju 5.1.2.3.1),
  - *InfoGainAttributeEval*, metoda selekcije atributa prema vrednosti informacionog dobitka (IG) (opis metode dat u poglavlju 5.1.2.3.2).

Sistem za otkrivanje znanja WEKA pisan je u otvorenom JAVA kodu. Ovo je omogućilo korišćenje izvornog koda (dostupnog na internet sajtu: <http://weka.sourceforge.net/doc.stable/>) za izradu dodatnog softvera u cilju sprovođenja postupka učenja i ocene modela na prethodno opisan način, imajući u vidu specifičnost problema (skup podataka s malim brojem primera).

U okviru rezultata eksperimenta dobijenih korišćenjem paketa *WEKA* i dodatnog softvera, dobija se i matrica konfuzije, koja prikazuje vrednosti TP, FP, TN, FN na sledeći način:

a    b

TP FN | a = 0

FP TN | b = 1

U kolonama je broj primera klasifikacijom svrstanih u određenu klasu (ovde *a* predstavlja klasu 0, *b* – klasu 1) dok je u vrstama broj primera koji stvarno pripadaju datoj klasi.

## 5.2 REZULTATI I DISKUSIJA

U skladu sa opisanom metodologijom rada (videti slike 33, 39 i 40), najpre su prikazani rezultati za tri problema (predviđanje prekoračenja troškova (Y1), kašnjenja u fazi građenja (Y2) i kašnjenja u fazi planiranja (Y3)) za skup prikupljenih podataka kapitalni saobraćajni projekti, a zatim za ista tri problema za skup prikupljenih podataka kapitalni infrastrukturni projekti.

Nakon prikaza rezultata izvršeno je poređenje dobijenih rezultata sa rezultatima prethodnih istraživanja, i to kako u pogledu dobijenih performansi modela za predviđanje, tako i u pogledu identifikovanih izvora rizika.

## 5.2.1 SKUP PODATAKA: KAPITALNI SAOBRAĆAJNI PROJEKTI

### 5.2.1.1 Predviđanje prekoračenja troškova (Y1)

U tabeli 27 i tabeli 28 prikazane su dobijene vrednosti F-mere i tačnosti predviđanja za tri tehnike selekcije atributa, šest klasifikatora i četiri metode validacije za problem predviđanja prekoračenja troškova (Y1) za skup prikupljenih podataka – kapitalni saobraćajni projekti. Crvenom bojom su označene najbolje vrednosti po tehnikama za selekciju i po metodama validacije. Detaljni rezultati proračuna, sa vrednostima tačnosti predviđanja kao i preciznosti i odziva po klasama, dati su u prilogu 4.

Tabela 27: F-mera za problem predviđanja prekoračenja troškova (Y1) za kapitalne saobraćajne projekte

Skup podataka:	KAPITALNI SAOBRAĆAJNI PROJEKTI	Problem:	Predviđanje prekoračenja troškova (Y1)			
Tehnika za selekciju atributa	Klasifikator	F mera (%) za metodu validacije:				
		LOO	10 foldova	5 foldova	3 folda	
BEZ SEL.	SVM	28	35	41	44	
	ANN	48	52	46	49	
	KNN	33	40	48	50	
	DT	52	48	48	46	
	NB	41	42	45	43	
	LR	41	37	41	40	
CFS	SVM	50	64	56	53	
	ANN	38	64	55	50	
	KNN	63	63	51	53	
	DT	59	54	48	47	
	NB	46	61	50	50	
	LR	51	66	56	52	
IG	SVM	47	53	53	53	
	ANN	47	53	52	46	
	KNN	55	49	51	48	
	DT	74	61	52	45	
	NB	48	49	51	46	
	LR	66	57	53	51	

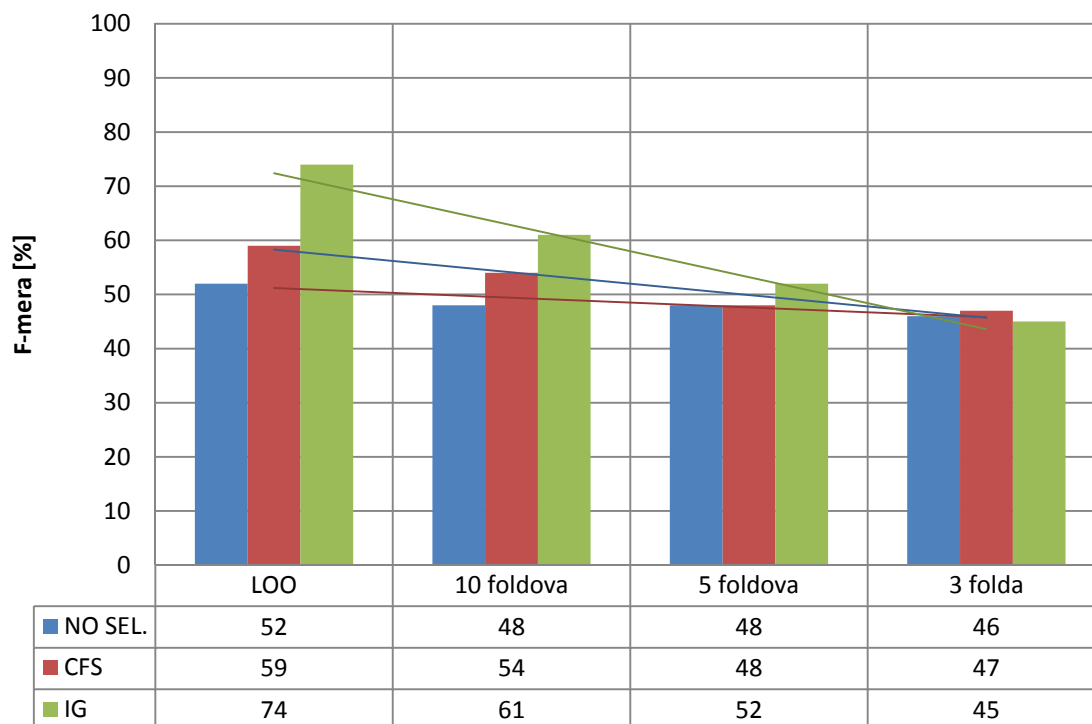
Tabela 28: Tačnost predviđanja prekoračenja troškova (Y1) za kapitalne saobraćajne projekte

Skup podataka:	KAPITALNI SAOBRAĆAJNI PROJEKTI	Problem:	Predviđanje prekoračenja troškova (Y1)			
Tehnika za selekciju atributa	Klasifikator	Tačnost predviđanja (%) za metodu validacije:				
		LOO	10 foldova	5 foldova	3 folda	
BEZ SEL.	SVM	30	36	43	47	
	ANN	48	52	46	50	
	KNN	33	41	48	50	
	DT	52	48	50	47	
	NB	41	42	46	44	
	LR	41	38	43	41	
CFS	SVM	47	64	56	53	
	ANN	60	64	55	51	
	KNN	63	64	51	54	
	DT	51	56	50	48	
	NB	48	61	50	50	
	LR	52	66	56	52	
IG	SVM	48	54	53	53	
	ANN	48	53	52	47	
	KNN	56	50	52	49	
	DT	74	62	53	46	
	NB	48	50	51	46	
	LR	67	57	53	51	

Kao i kod svih problema za oba skupa podataka prikazanih nadalje (saobraćajni i kapitalni infrastrukturni projekti), može se najpre uočiti da se dobijaju niže vrednosti F-mere kako se smanjuje broj foldova u unakrsnoj validaciji. Ovo je, s obzirom na karakteristike primenjenih metoda validacije, očekivano i može se iskoristiti u svrhu prikaza analize osetljivosti pojedinačnih klasifikatora na smanjenje broja foldova u unakrsnoj validaciji (slika 41).

Kod problema predviđanja prekoračenja troškova (Y1) za kapitalne saobraćajne projekte uočava se da se najbolji rezultat dobija primenom DT klasifikatora uz IG selekciju atributa. Vrednosti F-mere se kod DT+IG metode za različite metode validacije kreću od 0,45 (3 folda) do 0,74 (LOO).

Ukoliko se vrednosti i linije trenda uporede sa DT+CFS metodom, kao i DT klasifikatorom bez selekcije atributa (slika 41), kod CFS selekcije se takođe uočava, mada blaži, trend rasta kako se broj foldova u validaciji povećava. Kod DT metode bez selekcije atributa, performanse modela se ne poboljšavaju značajno sa porastom broja foldova u unakrsnoj validaciji.



Slika 41: Performanse DT klasifikatora uz IG, CFS selekciju atributa i bez selekcije atributa za problem Y1, kapitalni saobraćajni projekti

Kao što je ranije rečeno, prednost DT klasifikatora je to što se iz njega, pod izvesnim uslovima, mogu izvući pravila za odlučivanje. Predmetno drvo odlučivanja (DT+IG) za LOO metodu validacije sa podacima dobijenim proračunom u WEKI izgleda na sledeći način:

5. PRIMENA METODA MAŠINSKOG UČENJA ZA PREDVIĐANJE USPEŠNOSTI REALIZACIJE KAPITALNIH INFRASTRUKTURNIH PROJEKATA

Classifier Model

J48 pruned tree

-----

B2.3 = 0: 1 (4.0)

B2.3 = 1

| D2 = 0

| | A2.4 = 0: 1 (4.29/1.07)

| | A2.4 = 1: 0 (15.71/4.79)

| D2 = 1: 1 (3.0)

Number of Leaves : 4

Size of the tree : 7

=== Summary ===

Correctly Classified Instances	20	74.0741 %
Incorrectly Classified Instances	7	25.9259 %
Kappa statistic		0.4878
Mean absolute error		0.3499
Root mean squared error		0.4371
Relative absolute error		68.3488 %
Root relative squared error		84.936 %
Coverage of cases (0.95 level)	100	%
Mean rel. region size (0.95 level)		87.037 %
Total Number of Instances	27	

=== Detailed Accuracy By Class ===

	TP Rate	FP Rate	Precision	Recall	F-Measure	MCC	ROC Area	PRC Area	Class
	0.833	0.333	0.667	0.833	0.741	0.500	0.700	0.593	0
	0.667	0.167	0.833	0.667	0.741	0.500	0.700	0.854	1

Weighted

Avg.:	0.741	0.241	0.759	0.741	0.741	0.500	0.700	0.738	
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	--

=== Confusion Matrix ===

a b <-- classified as

10 2 | a = 0

5 10 | b = 1

Na osnovu date matrice konfuzije vidimo da je od ukupno dvanaest projekata koji imaju klasu 0 (bez prekoračenja troškova) uspešno (uz primenu LOO metode validacije) predviđena klasa za deset. Ono što je manje povoljno jeste da je od ukupno petnaest projekata klase 1 (sa prekoračenjem troškova) uspešno predviđena klasa za deset. Klasa 0 se u ovom slučaju predviđa sa preciznošću 0,67 i odzivom 0,83. Preciznost predviđanja klase 1 je 0,83, dok je odziv 0,67.

Iako su F-mere za obe klase iste (0,74) treba napomenuti da bi za praktičnu primenu bilo pogodnije kada bi odziv za klasu 1 (projekti na kojima će biti prekoračenja) bio veći. Na taj način bi se dobio rigorozniji model za upozorenje, jer je greška u predviđanju takva da projekte na kojima neće biti prekoračenja troškova određuje kao one na kojima će do prekoračenja doći prihvatljivija.

Zanimljivo je pogledati koji su atributi projekata (izvori rizika) u čvorovima datog drveta odlučivanja. U pitanju je jednostavno drvo, sa samo tri atributa u čvorovima :

- B2.3 – Nacionalna Vlada učestvuje u finansiranju projekta
- D2 – Tehnološki i organizaciono međusobno zavisni moduli (sekcije)
- A2.4 – Angažovanje aktivista i regulatornih tela iz oblasti zaštite životne sredine pre početka građenja (N/A nisu uopšte bili uključeni ili nije poznato)

Pravila u čvorovima se, za predmetni skup analiziranih podataka, mogu interpretirati na sledeći način:

Ukoliko je **B2.3 = 0** (Vlada **ne** učestvuje u finansiranju projekta) kapitalni saobraćajni projekti će imati prekoračenje troškova.

Ukoliko je **B2.3 = 1** (Vlada učestvuje u finansiranju projekta) i:

- Ukoliko je **D2 = 1** (projekat se sastoji od tehnološki i organizaciono **zavisnih** modula (sekcija)), kapitalni saobraćajni projekti će imati prekoračenje troškova.
- Ukoliko je **D2 = 0** (projekat se sastoji od tehnološki i organizaciono **nezavisnih** modula (sekcija)) i:
  - Ukoliko je **A2.4 = 0** (aktivisti i regulatorna tela iz oblasti zaštite životne sredine **nisu** bili angažovani pre početka građenja), kapitalni saobraćajni projekti će takođe imati prekoračenje troškova.



- Ukoliko je  $A2.4 = 1$  (aktivisti i regulatorna tela iz oblasti zaštite životne sredine **jesu** bili angažovani pre početka građenja), neće biti prekoračenja troškova na kapitalnim saobraćajnim projektima.

Uočavamo da su sva tri izvora potencijalnog rizika hronološki smeštena u fazu pre početka odvijanja građevinskih radova, njihovu vrednost je moguće odrediti pre početka građenja i na njih je moguće uticati u ranoj fazi realizacije (fazi planiranja i projektovanja). Atributi su izdvojeni primenom DT klasifikatora uz IG selekciju atributa. Ovo znači da su navedena tri atributa izdvojena kao najinformativnija za klasifikaciju iz podskupa od deset atributa izabranih IG metodom za selekciju atributa. U pitanju je sledećih deset atributa (poređanih po informativnosti, počev od najinformativnijeg):

1. B2.3 – Nacionalna Vlada učestvuje u finansiranju projekta
2. D2 – Modularni projekat sa tehnološki i organizaciono zavisnim modulima (sekcijama)
3. A2.4 – Angažovanje aktivista i regulatornih tela iz oblasti zaštite životne sredine pre početka građenja (N/A nisu uopšte bili uključeni ili nije poznato)
4. D9 – Projekat fizički povezuje dve zemlje
5. A1.6 – Investitor, EPC i glavni izvođač su kompanije iz iste države
6. E2 – Osnovano novo pravno lice za potrebe realizacije projekta u bilo kojoj fazi realizacije
7. D1 – Projekat se sastoji iz više identičnih celina/jedinica
8. A1.5 – Investitor i EPC su kompanije iz iste države
9. A2.3 – Javno odobravanje projekta na lokalnom nivou (nije bilo protesta)
10. B1.2 – Nadležni organ odredio kaznu Izvođaču ili nekom od glavnih učesnika na projektu

Ukoliko se prethodno ne izvrši selekcija atributa primenom IG metode, DT daje slabije rezultate (maks. F-mera bez selekcije atributa je 0,52, sa CFS selekcijom 0,59) (slika 41).

### 5.2.1.2 Predviđanje kašnjenja u fazi građenja (Y2)

U tabeli 29 i tabeli 30 prikazane su dobijene vrednosti F-mere i tačnosti predviđanja za tri tehnikke selekcije atributa, šest klasifikatora i četiri metode validacije za problem predviđanja kašnjenja u fazi građenja (Y2) za skup prikupljenih podataka – kapitalni saobraćajni projekti. Crvenom bojom su označene najbolje vrednosti po tehnikama za selekciju i po metodama validacije. Detaljni rezultati proračuna, sa vrednostima tačnosti predviđanja kao i preciznosti i odziva po klasama, dati su u prilogu 4.

Tabela 29: F-mera za problem predviđanja kašnjenja u fazi građenja (Y2) za kapitalne saobraćajne projekte

Skup podataka:	KAPITALNI SAOBRAĆAJNI PROJEKTI	Problem:	Predviđanje kašnjenja u fazi građenja (Y2)			
Tehnika za selekciju atributa	Klasifikator	F mera (%) za metodu validacije:				
		LOO	10 foldova	5 foldova	3 folda	
BEZ SEL.	SVM	77	70	64	67	
	ANN	63	66	65	68	
	KNN	59	57	52	55	
	DT	41	51	52	49	
	NB	66	71	66	69	
	LR	70	75	66	69	
CFS	SVM	70	61	55	58	
	ANN	70	70	63	58	
	KNN	61	64	57	60	
	DT	18	46	45	55	
	NB	81	70	60	62	
	LR	77	66	62	57	
IG	SVM	70	57	58	63	
	ANN	74	68	65	66	
	KNN	62	56	61	61	
	DT	31	44	49	56	
	NB	85	76	69	69	
	LR	70	61	62	62	

Tabela 30: Tačnost predviđanja kašnjenja u fazi građenja (Y2) za kapitalne saobraćajne projekte

Skup podataka:	KAPITALNI SAOBRAĆAJNI PROJEKTI	Problem:	Predviđanje kašnjenja u fazi građenja (Y2)			
Tehnika za selekciju atributa	Klasifikator	Tačnost predviđanja (%) za metodu validacije:				
		LOO	10 foldova	5 foldova	3 folda	
BEZ SEL.	SVM	78	71	65	68	
	ANN	63	67	65	68	
	KNN	59	67	53	56	
	DT	41	51	53	50	
	NB	67	71	66	70	
	LR	70	75	66	69	
CFS	SVM	70	61	56	59	
	ANN	70	70	64	61	
	KNN	63	65	57	60	
	DT	18	46	46	55	
	NB	81	70	61	63	
	LR	78	66	63	58	
IG	SVM	70	58	59	63	
	ANN	74	68	66	66	
	KNN	70	57	61	61	
	DT	33	45	50	56	
	NB	85	76	69	69	
	LR	70	61	62	62	

Najbolji rezultat daje NB klasifikator uz IG metodu selekcije atributa. Na drugom mestu je takođe NB metoda uz CFS selekciju. F-mera se kod NB+IG kreće od 0,69 (3 folda) do 0,85 (LOO). Tačnost predviđanja za NB+IG kod LOO iznosi takođe 0,85.

Vrednost F-mere i tačnosti od 0,85 dobijene NB+IG metodom uz LOO validaciju za ovaj problem predstavljaju najvišu dobijenu vrednost u celom eksperimentu. Ona je bliska najboljim vrednostima dobijenim u prethodnim istraživanjima: tačnost 0,83 u (Yun i Caldas 2009), tačnost 0,91 u (Lam et al. 2009). Dobijena matrica konfuzije ovde izgleda na sledeći način:

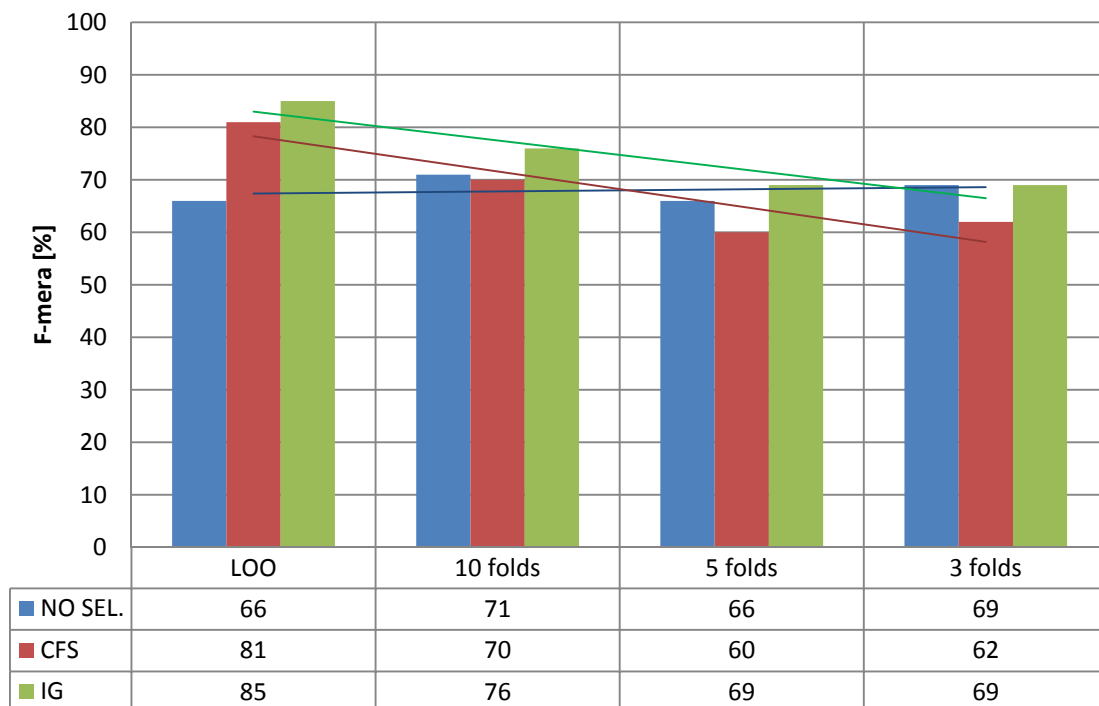
a b <-- classified as

9 3 | a = 0

1 14 | b = 1

Preciznost predviđanja za klasu 0 (projekti bez kašnjenja u fazi građenja) iznosi 0,90, odziv je 0,75. Klasa 1 (projekti na kojima je bilo kašnjenja u fazi građenja) se predviđa sa preciznošću 0,82 i odzivom 0,93. Vrednosti F-mera po klasama su za klasu 0 0,82, dok je za klasu 1 0,87. Ova metoda, dakle, bolje predviđa klasu 1. Od petnaest projekata na kojima je bilo kašnjenja u fazi građenja metoda prepoznaje (tačno klasifikuje) četrnaest. Od dvanaest projekata na kojima nije bilo kašnjenja, metoda uspešno prepoznaje devet. Za tri projekta na kojima nije bilo kašnjenja metoda predviđa da će do kašnjenja doći, za razliku od samo jednog projekta koji je pogrešno klasifikovan kao projekat na kome neće doći do kašnjenja. Ovakva greška je, kako je navedeno kod problema Y1, dopuštenija, jer je na strani sigurnosti i čini prediktivni model rigoroznijim.

I kod ovog problema, kao i kod prethodnog (Y1), postoji trend poboljšanja performansi modela NB+IG, kao i modela NB+CFS sa povećanjem broja foldova u unakrsnoj validaciji. Ukoliko se ne izvrši selekcija atributa, performanse NB modela opadaju sa povećanjem broja foldova (slika 42).



Slika 42: Performanse NB klasifikatora uz IG , CFS selekciju atributa i bez selekcije atributa za problem Y2, kapitalni saobraćajni projekti

Deset izvora rizika identifikovanih IG metodom za selekciju atributa, koja kod ovog problema u kombinaciji sa NB klasifikatorom daje najbolje mere kvaliteta predviđanja jesu sledeći:

1. A1.7 – Vlada poseduje više od 50% vlasništva nad Investitorom
2. A1.2 – Velika multinacionalna kompanija učestvuje na projektu kao jedan od izvođača
3. E2 – Osnovano novo pravno lice za potrebe realizacije projekta u bilo kojoj fazi realizacije
4. C5 – Spor/arbitraza između Investitora i Glavnog izvođača
5. B2.6 – Naknada (kompenzacija) lokalnoj zajednici preko 0,1 % ukupnog budzeta projekta
6. D8 – *Offshore* projekat (*više od 80% obima posla se izvodi na/ispod mora*)
7. B2.7 – Gustina naseljenosti u oblasti je ispod nacionalnog proseka
8. A2.3 – Javno odobravanje projekta na lokalnom nivou (nije bilo protesta)
9. A2.2 – Javno odobravanje projekta na nacionalnom nivou (nije bilo protesta)

#### 10. D1 – Projekat se sastoji od više identičnih celina

Za razliku od DT klasifikatora, kod drugih metoda klasifikacije (pa i kod NB u ovom slučaju) nije moguće iz rezultata metode direktno interpretirati tumačenje da će do kašnjenja doći (ili neće doći) ukoliko atributi imaju pojedine konkretne vrednosti. Ono što je dobijeno jesu glavni izvori rizika, koji su najinformativniji za problem.

Iz LOO proračuna za NB+IG metodu su dalje prikazane uslovne verovatnoće da projekat ima/nema kašnjenje u fazi građenja u zavisnosti od vrednosti deset navedenih atributa:

Classifier Model

Naive Bayes Classifier

	Class	
Attribute	0	1
	(0.45)	(0.55)

---

---

A1.7

0	4.0	1.0
1	10.0	16.0
[total]	14.0	17.0

A1.2

0	12.0	9.0
1	2.0	8.0
[total]	14.0	17.0

E2

0	3.0	10.0
1	10.0	7.0
[total]	13.0	17.0

C5

0	12.0	11.0
1	1.0	5.0
[total]	13.0	16.0

5. PRIMENA METODA MAŠINSKOG UČENJA ZA PREDVIĐANJE USPEŠNOSTI REALIZACIJE  
KAPITALNIH INFRASTRUKTURNIH PROJEKATA

B2.6

0	9.0	6.0
1	1.0	6.0
[total]	10.0	12.0

D8

0	10.0	16.0
1	3.0	1.0
[total]	13.0	17.0

B2.7

0	7.0	13.0
1	5.0	2.0
[total]	12.0	15.0

A2.3

0	6.0	10.0
1	8.0	4.0
[total]	14.0	14.0

A2.2

0	3.0	7.0
1	11.0	8.0
[total]	14.0	15.0

D1

0	12.0	16.0
1	2.0	1.0
[total]	14.0	17.0

Dobijene uslovne verovatnoće za predmetni problem ukazuju da je verovatnije da će do kašnjenja u fazi građenja kapitalnih saobraćajnih projekata doći ukoliko:

- Vlada poseduje više od 50% vlasništva nad Investitorom (A1.7=1)
- Nije u pitanju *offshore* projekat (D8=0)
- Gustina naseljenosti u oblasti iznad nacionalnog proseka (B2.7=0)
- Je bilo protesta na lokalnom nivou (A2.3=0)

Naglašavamo da se dobijeni rezultati odnose na relativno oskudni skup analiziranih slučajeva (30 projekata) kao i da se sa nekih od tih projekata, iz raspoloživih izvora, nisu mogle prikupiti vrednosti pojedinih atributa.

Ukoliko pogledamo atribute koji su selektovani kao najinformativniji skup atributa primenom CFS metode, koja je uz NB klasifikator dala F-meru od 0,81, u pitanju su sledeći atributi:

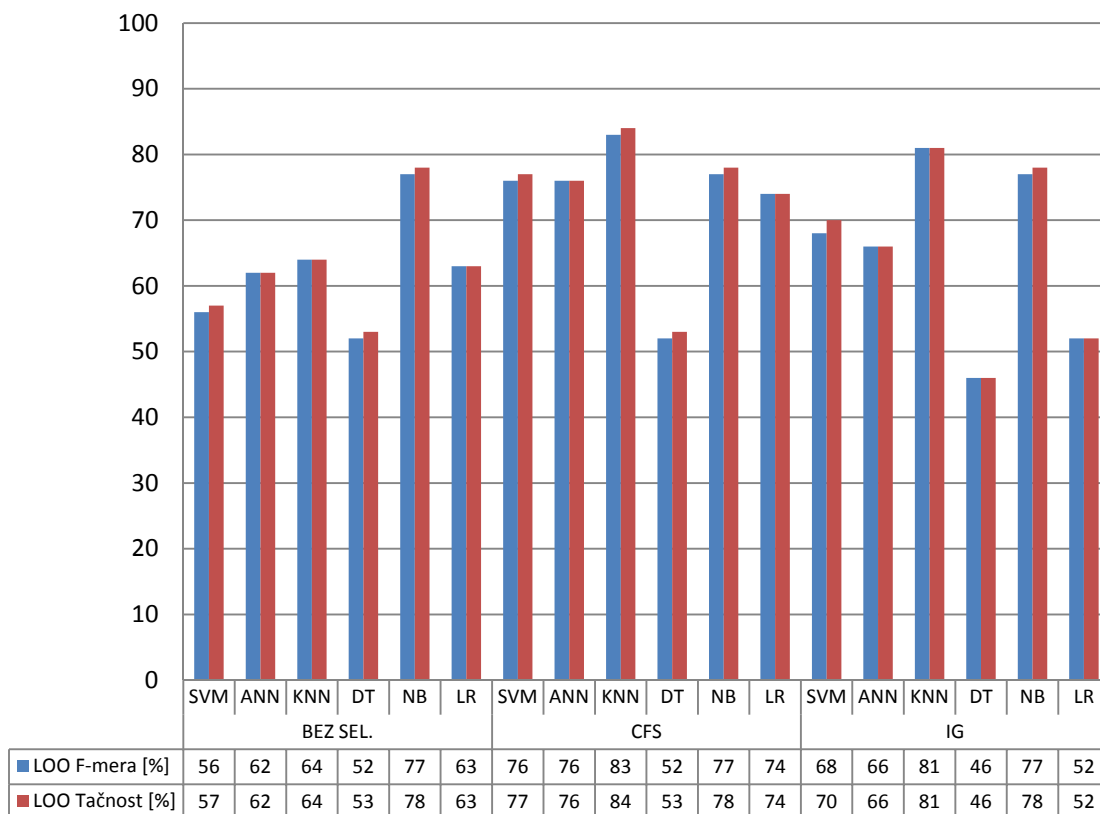
1. A1.2 – Velika multinacionalna kompanija učestvuje na projektu kao jedan od izvođača
2. A1.7 – Vlada poseduje više od 50% vlasništva nad Investitorom
3. A2.3 – Javno odobravanje projekta na lokalnom nivou (nije bilo protesta)
4. C5 – Spor/arbitraza između Investitora i Glavnog izvođača
5. D8 – *Offshore* projekat (*više od 80% obima posla se izvodi na/ispod mora*)
6. B2.6 – Naknada (kompenzacija) lokalnoj zajednici preko 0,1% ukupnog budžeta projekta
7. B2.7 – Gustina naseljenosti u oblasti je ispod nacionalnog proseka
8. E2 – Osnovano novo pravno lice za potrebe realizacije projekta u bilo kojoj fazi realizacije

Svaki od osam atributa u najinformativnijem podskupu se nalazi i na listi dobijenoj primenom IG metode.

Kada su u pitanju atributi čiju je vrednost moguće odrediti pre početka građenja (tabela 18), u cilju formiranja ranog modela upozorenja o kašnjenju u fazi građenja najbolje performanse pokazuje KNN model uz CFS selekciju atributa (slika 43).



5. PRIMENA METODA MAŠINSKOG UČENJA ZA PREDVIĐANJE USPEŠNOSTI REALIZACIJE KAPITALNIH INFRASTRUKTURNIH PROJEKATA



Slika 43: Performanse modela za rano predviđanje kašnjenja u fazi građenja (Y2) za skup podataka: kapitalni saobraćajni projekti

Pri LOO validaciji, performanse KNN+CFS modela za rano upozoravanje su:

- Tačnost: 0,84;
- F-mera: 0,83;
- Preciznost za klasu 0: 0,88, odziv: 0,73;
- Preciznost za klasu 1: 0,81, odziv: 0,92.

Matrica konfuzije ostaje ista kao i kod problema Y2 sa svim atributima:

a b <-- classified as

9 3 | a = 0

1 14 | b = 1

Pored očuvanja dobrih performansi, zadržana je i rigoroznost modela, jer se klasa 1 (projekti na kojima je zaista bilo kašnjenje u fazi građenja) predviđa bolje od klase 0.

Atributi iz rane faze realizacije, identifikovani CFS metodom, jesu:

1. A1.7 – Vlada poseduje više od 50% vlasništva nad Investitorom
2. A1.2 – Velika multinacionalna kompanija učestvuje na projektu kao jedan od izvođača
3. D8 – *Offshore* projekat (*više od 80% obima posla se izvodi na/ispod mora*)
4. B2.6 – Naknada (kompenzacija) lokalnoj zajednici preko 0,1 % ukupnog budzeta projekta
5. B2.7 – Gustina naseljenosti u oblasti je ispod nacionalnog proseka
6. E2 – Osnovano novo pravno lice za potrebe realizacije projekta u bilo kojoj fazi realizacije.

Svaki od navedenih šest "ranih" atributa prisutan je i na obe prethodne liste (IG, CFS za sve atribute). KNN klasifikator za slučaj Y2 rani atributi daje dobre rezultate i sa IG selekcijom atributa (F-mera i tačnost su 0,81).

Ponovo napominjemo da se dobijeni rezultati odnose na relativno oskudni skup analiziranih slučajeva (30 projekata) kao i da se sa nekih od tih projekata, iz raspoloživih izvora, nisu mogle prikupiti vrednosti pojedinih atributa.

### 5.2.1.3 Predviđanje kašnjenja u fazi planiranja (Y3)

U tabeli 31 i tabeli 32 prikazane su dobijene vrednosti F-mere i tačnosti predviđanja za tri tehnike selekcije atributa, šest klasifikatora i četiri metode validacije za problem predviđanja kašnjenja u fazi planiranja (Y3) za skup prikupljenih podataka – kapitalni saobraćajni projekti. Crvenom bojom su označene najbolje vrednosti po tehnikama za selekciju i po metodama validacije. Detaljni rezultati proračuna, sa vrednostima tačnosti predviđanja kao i preciznosti i odziva po klasama, dati su u prilogu 4. Ovde treba još jednom napomenuti da se performanse predviđanja Y3 ispituju samo uz korišćenje atributa čiju je vrednost moguće odrediti pre početka građenja.

Tabela 31: F-mera za problem predviđanja kašnjenja u fazi planiranja (Y3) za kapitalne saobraćajne projekte

Skup podataka:	KAPITALNI SAOBRAĆAJNI PROJEKTI	Problem:	Predviđanje kašnjenja u fazi planiranja (Y3)			
Tehnika za selekciju atributa	Klasifikator	F mera (%) za metodu validacije:				
		LOO	10 foldova	5 foldova	3 folda	
BEZ SEL.	SVM	-	-	-	-	
	ANN	67	68	65	60	
	KNN	64	61	-	61	
	DT	60	63	58	-	
	NB	64	65	60	59	
	LR	42	46	47	49	
CFS	SVM	70	65	63	62	
	ANN	76	68	64	62	
	KNN	69	67	64	66	
	DT	60	64	63	66	
	NB	80	69	63	63	
	LR	71	64	64	61	
IG	SVM	61	-	58	-	
	ANN	50	57	58	57	
	KNN	64	64	64	64	
	DT	57	63	58	60	
	NB	66	67	60	58	
	LR	61	58	57	51	

Tabela 32: Tačnost predviđanja kašnjenja u fazi planiranja (Y3) za kapitalne saobraćajne projekte

Skup podataka:	KAPITALNI SAOBRAĆAJNI PROJEKTI	Problem:	Predviđanje kašnjenja u fazi planiranja (Y3)			
Tehnika za selekciju atributa	Klasifikator	Tačnost predviđanja (%) za metodu validacije:				
		LOO	10 foldova	5 foldova	3 folda	
BEZ SEL.	SVM	57	60	57	61	
	ANN	67	68	66	61	
	KNN	70	69	68	67	
	DT	60	63	58	63	
	NB	67	67	63	62	
	LR	40	45	45	47	
CFS	SVM	70	66	64	64	
	ANN	77	68	65	63	
	KNN	73	69	67	68	
	DT	60	64	63	66	
	NB	80	69	65	64	
	LR	70	64	64	64	
IG	SVM	63	60	60	57	
	ANN	50	57	58	57	
	KNN	70	68	67	66	
	DT	57	63	59	61	
	NB	67	68	61	59	
	LR	63	58	57	50	

Najbolji rezultat za problem predviđanja kašnjenja u fazi građenja daje NB klasifikator uz CFS metodu selekcije atributa. F-mera se kod NB+CFS modela kreće od 0,63 (3 folda) do 0,80 (LOO). Tačnost predviđanja za LOO iznosi takođe 0,80. Matrica konfuzije ovde izgleda na sledeći način:

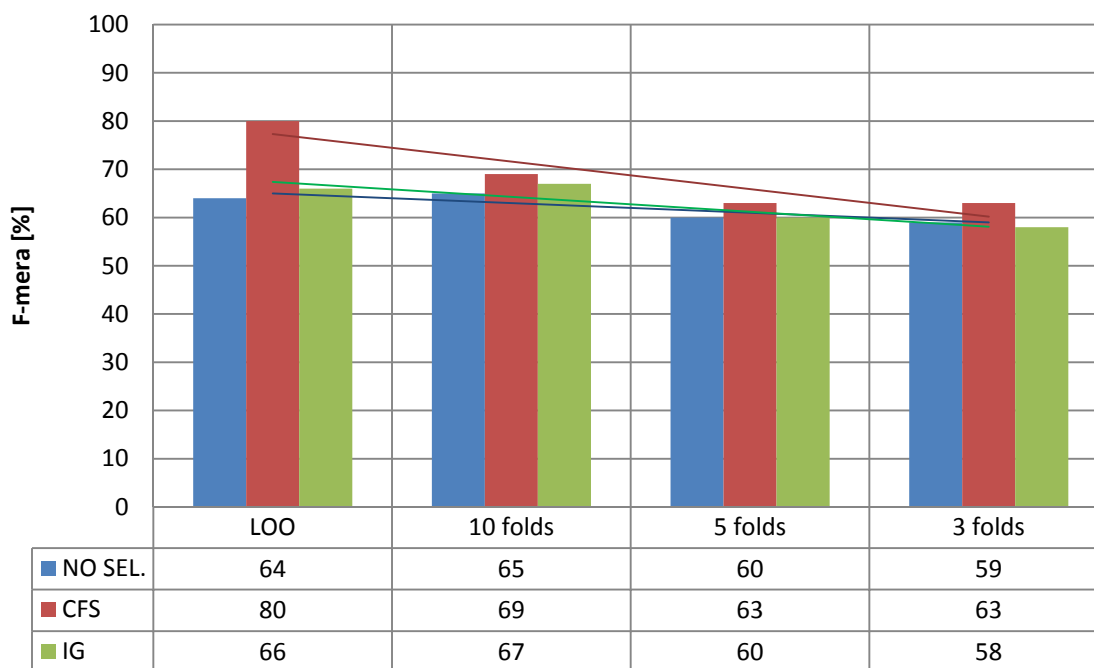
a b <-- classified as

7 3 | a = 0

3 17 | b = 1

Preciznost i odziv za klasu 0 (bez kašnjenja u fazi planiranja) su jednaki i iznose 0,70. Od deset projekata na kojima nije bilo kašnjenja u fazi planiranja, uspešno se klasifikuje sedam. Preciznost i odziv za klasu 1 su takođe jednaki i iznose 0,85. Od dvadeset projekata na kojima jeste došlo do kašnjenja u fazi planiranja sedamnaest je uspešno klasifikovano. I u ovom slučaju kao i kod problema Y2 uspešnije se predviđa klasa projekata sa kašnjenjem (klasa 1). Usled takve karakteristike predviđanja model je rigorozniji, što je i poželjno.

Na slici 44 primećuje se da je trend poboljšanja performansi NB klasifikatora sa povećanjem broja foldova izraženiji kod CFS tehnike selekcije atributa u odnosu na IG metodu i na slučaj bez NB bez selekcije atributa.



Slika 44: Performanse NB klasifikatora uz IG, CFS selekciju atributa i bez selekcije atributa za problem Y3, Inj projekti

Najinformativniji skup atributa za predviđanje kašnjenja u fazi planiranja čine sledeći atributi (svi iz faze pre početka građenja):

1. B1.3 – Aktivnosti Vlasti dovele do odlaganja završetka projekta
2. B2.1 – Obezbeđena dugoročna stabilnost cena/obima korišćenja
3. D4 – Tehnološki jedinstven projekat u zemlji

4. B2.3 – Vlada učestvuje u finansiranju projekta

Način na koji ovi atributi utiču na to da li će projekat imati kašnjenje u fazi planiranja ne može se interpretirati kroz pravila kao kod DT modela u slučaju problema prekoračenja troškova, ali su dalje iz LOO proračuna za NB+CFS metodu prikazane uslovne verovatnoće da projekat ima/nema kašnjenje u fazi planiranja u zavisnosti od vrednosti četiri navedena atributa:

	Class	
Attribute	0	1
	(0.34)	(0.66)
<hr style="border-top: 3px double #000;"/>		
B1.3		
0	9.0	7.0
1	2.0	15.0
[total]	11.0	22.0
B2.1		
0	2.0	1.0
1	6.0	13.0
[total]	8.0	14.0
D4		
0	10.0	11.0
1	2.0	11.0
[total]	12.0	22.0
B2.3		
0	4.0	2.0
1	7.0	20.0
[total]	11.0	22.0

Osim što je broj atributa u najinformativnijem skupu relativno mali i što su svi iz faze pre početka građenja, uočavamo da se tri od četiri atributa odnose na spoljašnje okruženje projekta i to na aktivnosti vlasti u smislu izdavanja dozvola (B1.3), sklapanja

dugoročnih ugovora o korišćenju infrastrukture (B2.1), kao i učešću u finansiranju (B2.3).

Uvidom u uslovne verovatnoće, za predmetni problem, možemo reći da je u okviru datog skupa kapitalnih saobraćajnih projekata verovatnije da će do kašnjenja u fazi planiranja doći ukoliko:

- Postoji kašnjenje u pogledu obaveza i aktivnosti vlasti (obezbeđivanje dozvola, eksproprijacija);
- Je obezbeđena dugoročna stabilnost cena/obima korišćenja (postoji ugovor o dugoročnom korišćenju infrastrukture, kakav je slučaj kod koncesionih aranžmana);
- Vlada učestvuje u finansiranju projekta.

Kao i kod problema 5.2.1.2 napominjemo da se dobijeni rezultati odnose na relativno oskudni skup analiziranih slučajeva (30 projekata) kao i da se sa nekih od tih projekata, iz raspoloživih izvora, nisu mogle prikupiti vrednosti pojedinih atributa.

Poslednje saznanje je naročito interesantno s obzirom na rezultate predviđanja prekoračenja troškova kod saobraćajnih projekata, gde je pokazano da učešće Vlade u finansiranju projekta utiče na to da na projektu ne dođe do prekoračenja troškova.

Ovaj izvor rizika (B2.3) je ujedno i jedini koji se ponavlja, kao jedan od glavnih za problem prekoračenja troškova i za problem kašnjenja u fazi planiranja. Ostali izvori rizika se, u identifikovanim podskupovima glavnih izvora rizika za tri problema, pojavljuju samo po jednom.

Značajno je još podsetiti se da NB metoda može dati dobre rezultate i kada postoje neki dodatni, nepoznati faktori koji utiču na klasifikaciju. S obzirom na relativno dobre rezultate postignute ovom metodom za problem kašnjenja u fazi građenja i kašnjenja u fazi planiranja dalja preporuka bi svakako bila obezbeđivanje više podataka koji su u ovom istraživanju nedostajući ili nisu razmatrani. Jedna od grupa takvih podataka jesu podaci iz kategorije upravljanje projektima (tabela 18), do kojih se u ovom istraživanju teško moglo doći.

#### 5.2.1.4 Sumarni pregled rezultata za skup podataka: kapitalni saobraćajni projekti

Za skup podataka kapitalni saobraćajni projekti pokazano je, da je, uz ograničenja u pogledu broja analiziranih projekata te nedostajućih podataka, sa zadovoljavajućom tačnošću (maksimalno 0,74 – 0,84, zavisno od problema) moguće, u fazi pre početka građenja, predviđati da li će doći do prekoračenja troškova, kašnjenja u fazi građenja i kašnjenja u fazi planiranja. Dokazano je da je ovakvo predviđanje moguće vršiti sa malim brojem ulaznih podataka – izvora rizika (3-6 izvora rizika, zavisno od problema).

Za problem prekoračenja troškova kod kapitalnih saobraćajnih projekata, najbolje rezultate daje DT+IG model sa tačnošću predviđanja od 0,74 i F-merom od 0,74 (tabela 33). Ovaj model predviđa klasu 1 projekata (projekti na kojima je bilo prekoračenja troškova) sa preciznošću 0,83 i odzivom 0,67. Preciznost predviđanja klase 0 je 0,67, dok je odziv 0,83. Rezultati primene modela, u okviru predmetnog skupa podataka, pokazuju, da je za takvo predviđanje dovoljno poznavati binarne vrednosti (DA/NE) za samo tri izvora rizika (tabela 33):

- B2.3 – Vlada učestvuje u finansiranju projekta;
- D2 – Tehnološki i organizaciono međusobno zavisni moduli (sekcije);
- A2.4 – Angažovanje aktivista i regulatornih tela iz oblasti zaštite životne sredine pre početka građenja (N/A nisu uopšte bili uključeni ili nije poznato);

Kao što se uočava, u pitanju su izvori rizika iz kategorija: Eksterni učesnici na projektu (A2), Spoljašnje okruženje projekta – društveno-ekonomsko (B2) i Tehnološki aspekti (D).

Za problem kašnjenja u fazi građenja kod kapitalnih saobraćajnih projekata, najbolje rezultate daje KNN+CFS model sa tačnošću predviđanja od 0,84 i F-merom od 0,83 (tabela 33). Ovo su ujedno i najbolje dobijene performanse modela za rano predviđanje uspešnosti projekata u celom eksperimentu. Model predviđa klasu 1 projekata (projekti na kojima je bilo kašnjenja u fazi građenja) sa preciznošću od 0,81 i odzivom 0,92. Preciznost predviđanja klase 0 je 0,88, odziv 0,73. Ovakvi rezultati govore da model zapravo, u ranoj fazi realizacije, pre početka građenja, prepoznaje 92% projekata na kojima će zaista doći do kašnjenja u fazi građenja. Za takvo predviđanje, u okviru



predmetnog skupa podataka, dovoljno je poznavati binarne vrednosti (DA/NE) za šest izvora rizika (tabela 33):

- A1.7 – Vlada poseduje više od 50% vlasništva nad Investitorom;
- A1.2 – Velika multinacionalna kompanija učestvuje na projektu kao jedan od izvođača;
- D8 – *Offshore* projekat (više od 80% obima posla se izvodi na/ispod mora);
- B2.6 – Naknada (kompenzacija) lokalnoj zajednici preko 0,1 % ukupnog budžeta projekta;
- B2.7 – Gustina naseljenosti u oblasti je ispod nacionalnog proseka.

Uočava se da su najinformativniji izvori rizika u ovom slučaju iz kategorija: Interni učesnici na projektu (A1), Spoljašnje okruženje projekta – društveno-ekonomsko (B2), i Tehnološki aspekti (D).

Za problem kašnjenja u fazi planiranja kod kapitalnih saobraćajnih projekata, najbolje rezultate daje NB+CFS model sa tačnošću predviđanja od 0,80 i F-merom od 0,80 (tabela 33). Model predviđa klasu 1 projekata (projekti na kojima je bilo kašnjenja u fazi planiranja) sa preciznošću od 0,85 i odzivom 0,85. Preciznost predviđanja klase 0 je 0,70, odziv je takođe 0,70. Za takvo predviđanje (uspešno prepoznavanje 85% projekata na kojima će zaista doći do kašnjenja u fazi planiranja), u okviru predmetnog skupa podataka, dovoljno je poznavati binarne vrednosti (DA/NE) za samo četiri izvora rizika (tabela 33):

- B2.3 – Vlada učestvuje u finansiranju projekta;
- B1.3 – Aktivnosti Vlasti dovele do odlaganja završetka projekta;
- B2.1 – Obezbeđena dugoročna stabilnost cena/obima korišćenja;
- D4 – Tehnološki jedinstven projekat u zemlji.

Najinformativniji izvori rizika u ovom slučaju su iz kategorija: Spoljašnje okruženje projekta – pravno (B1), Spoljašnje okruženje projekta – društveno-ekonomsko (B2), Tehnološki aspekti (D).

S obzirom na predstavljene rezultate, može se zaključiti da su informacije o izvorima rizika iz kategorija Učesnici na projektu (A), Spoljašnje okruženje projekta (pravno i društveno-ekonomsko) (B) i Tehnološki aspekti (D) za analizirani skup podataka bile

dovoljne da se ostvare maksimalne moguće performanse predviđanja uspešnosti realizacije kapitalnih saobraćajnih projekata (tačnost 0,74 – 0,84). Jedini izvor rizika koji se ponavlja kod dva problema (prekoračenje troškova i kašnjenje u fazi planiranja) je učešće Vlade u finansiranju projekta (tabela 33).

Izvori rizika iz kategorija Spoljašnje okruženje projekta – političko (B3), Upravljanje projektom (C) i Razno (E) nisu bile od značaja za predviđnje uspešnosti realizacije za predmetni skup podataka. Ovakav rezultat, naročito u pogledu neinformativnosti kategorije Upravljanje projektima, je neobičan i najverovatnije proističe usled nedostupnosti podataka o vrednostima atributa u ovoj kategoriji.

5. PRIMENA METODA MAŠINSKOG UČENJA ZA PREDVIĐANJE USPEŠNOSTI REALIZACIJE KAPITALNIH INFRASTRUKTURNIH PROJEKATA

Tabela 33: Pregled modela sa najboljim performansama za rano predviđanje uspešnosti realizacije za skup prikupljenih podataka: kapitalni saobraćajni projekti

<b>Problemi za predviđanje</b>	<b>Y1 – prekoračenje troškova</b>	<b>Y2 – kašnjenje u fazi građenja</b>	<b>Y3 – kašnjenje u fazi planiranja</b>
<b>Model (klasifikator + tehnika za selekciju atributa)</b>	DT + IG	KNN + CFS	NB + CFS
<b>Tačnost predviđanja</b>	0,74	0,84	0,80
<b>F-mera</b>	0,74	0,83	0,80
<b>Preciznost za klasu 1</b>	0,83	0,81	0,85
<b>Odziv za klasu 1</b>	0,67	0,92	0,85
<b>Preciznost za klasu 0</b>	0,67	0,88	0,70
<b>Odziv za klasu 0</b>	0,83	0,73	0,70
<b>Skup najinformativnijih atributa</b>	B2.3 – Vlada učestvuje u finansiranju projekta  D2 – Tehnološki i organizaciono međusobno zavisni moduli (sekcije)  A2.4 – Angažovanje aktivista i regulatornih tela iz oblasti zaštite životne sredine pre početka građenja (N/A nisu uopšte bili uključeni ili nije poznato)	A1.7 – Vlada poseduje više od 50% vlasništva nad Investitorom  A1.2 – Velika multinacionalna kompanija učestvuje na projektu kao jedan od izvođača  D8 – Offshore projekat (više od 80% obima posla se izvodi na/ispod mora)  B2.6 – Naknada (kompenzacija) lokalnoj zajednici preko 0,1 % ukupnog budžeta projekta  B2.7 – Gustina naseljenosti u oblasti je ispod nacionalnog proseka  E2 – Osnovano novo pravno lice za potrebe realizacije projekta u bilo kojoj fazi realizacije	B2.3 – Vlada učestvuje u finansiranju projekta  B1.3 – Aktivnosti Vlasti dovele do odlaganja završetka projekta  B2.1 – Obezbeđena dugoročna stabilnost cena/obima korišćenja  D4 – Tehnološki jedinstven projekat u zemlji
<b>Moguće interpretirati pravila za predmetni skup podataka</b>	Da (videti 5.2.1.1)	Ne	Da (uslovne verovatnoće, videti 5.2.1.3)

## 5.2.2 SKUP PODATAKA: KAPITALNI INFRASTRUKTURNI PROJEKTI

### 5.2.2.1 Predviđanje prekoračenja troškova (Y1)

U tabeli 34 i tabeli 35 prikazane su dobijene vrednosti F-mere i tačnosti predviđanja za tri tehnikke selekcije atributa, šest klasifikatora i četiri metode validacije za problem predviđanja prekoračenja troškova (Y1) za skup prikupljenih podataka – kapitalni infrastrukturni projekti. Crvenom bojom su označene najbolje vrednosti po tehnikama za selekciju i po metodama validacije. Detaljni rezultati proračuna, sa vrednostima tačnosti predviđanja kao i preciznosti i odziva po klasama, dati su u prilogu 4.

Tabela 34: F-mera za problem predviđanja prekoračenja troškova (Y1) za kapitalne infrastrukturne projekte

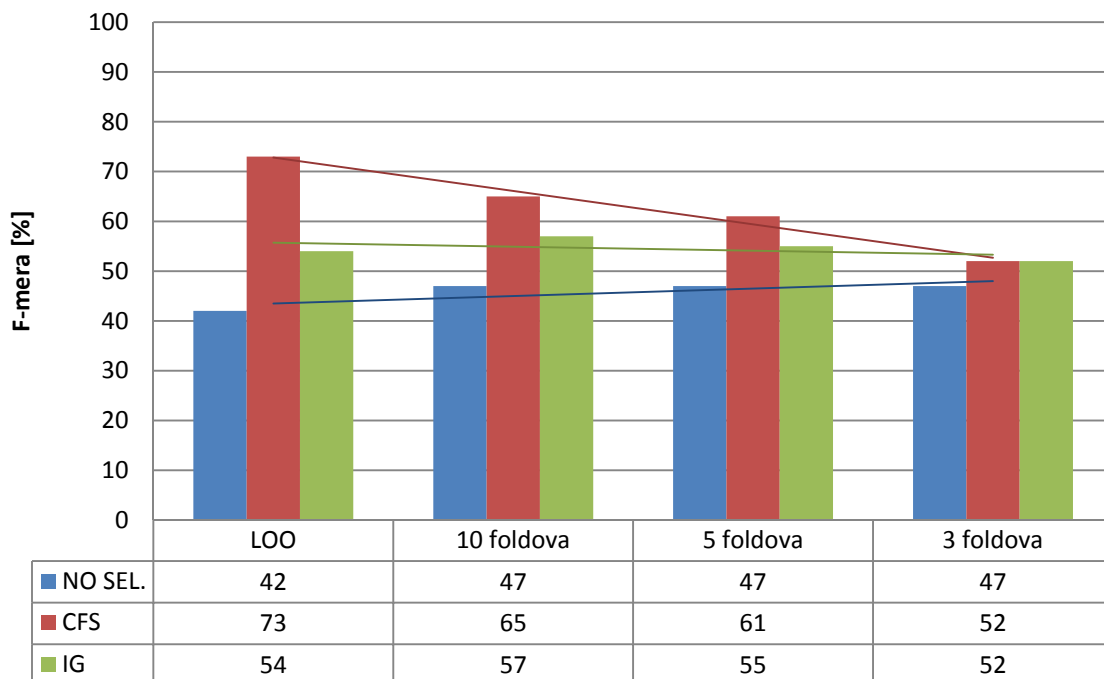
Skup podataka:	INFRASTRUKTURNI PROJEKTI	Problem:	Predviđanje prekoračenja troškova (Y1)			
Tehnika za selekciju atributa	Klasifikator	F mera (%) za metodu validacije:				
		LOO	10 foldova	5 foldova	3 folda	
BEZ SEL.	SVM	42	47	-	47	
	ANN	54	51	45	45	
	KNN	47	49	49	54	
	DT	54	46	48	51	
	NB	49	52	48	51	
	LR	41	48	45	48	
CFS	SVM	73	65	61	52	
	ANN	62	60	57	54	
	KNN	64	60	56	49	
	DT	46	52	50	48	
	NB	68	64	60	53	
	LR	70	66	62	53	
IG	SVM	54	57	55	52	
	ANN	57	55	56	51	
	KNN	56	54	55	51	
	DT	50	49	51	45	
	NB	52	56	57	51	
	LR	52	62	58	56	

Tabela 35: Tačnost predviđanja prekoračenja troškova (Y1) za kapitalne infrastrukturne projekte

Skup podataka:	INFRASTRUKTURNI PROJEKTI	Problem:	Predviđanje prekoračenja troškova (Y1)			
Tehnika za selekciju atributa	Klasifikator	Tačnost predviđanja (%) za metodu validacije:				
		LOO	10 foldova	5 foldova	3 folda	
BEZ SEL.	SVM	46	49	46	49	
	ANN	54	51	45	44	
	KNN	49	50	50	55	
	DT	54	46	48	51	
	NB	49	52	48	50	
	LR	41	48	45	48	
CFS	SVM	73	65	61	53	
	ANN	62	60	57	54	
	KNN	65	61	56	49	
	DT	46	52	50	49	
	NB	68	64	60	52	
	LR	70	66	62	53	
IG	SVM	54	57	55	52	
	ANN	57	55	56	50	
	KNN	57	54	55	51	
	DT	46	49	51	45	
	NB	51	56	56	50	
	LR	51	62	58	56	

Najbolje performanse dobijaju se primenom SVM klasifikatora uz CFS selekciju atributa (F-mera 0,52 – 0,73).

Ukoliko se vrednosti i linije trenda uporede sa SVM+IG metodom, kao i SVM klasifikatorom bez selekcije atributa (slika 45), uočljivo je da je, kako se broj foldova u validaciji povećava, trend rasta najizraženiji kod CFS selekcije. Kod SVM metode bez selekcije atributa uočava se da se performanse modela pogoršavaju kako se povećava broj foldova u unakrsnoj validaciji.



Slika 45: Performanse SVM klasifikatora uz IG, CFS selekciju atributa i bez selekcije atributa za problem Y1, infrastrukturni projekti

Za LOO validaciju tačnost predviđanja iznosi 0,73. Za klasu 0 (projekti bez prekoračanja troškova), preciznost iznosi 0,62, odziv 0,87. Za klasu 1 (projekti sa prekoračanjem troškova) preciznost je 0,87, odziv 0,64. S obzirom da je ovde najbolji rezultat dobijen primenom SVM klasifikatora, za koji je vršena optimizacija parametara, proračun je morao biti izvršen u novom softveru (poglavlje 3.1.2.5) te nije moguće prikazati rezultate proračuna iz softverskog paketa WEKA, kao što je bio slučaj za prethodne probleme kod kapitalnih saobraćajnih projekata. Rezultati dobijeni SVM+CFS modelom su slični najboljim rezultatima dobijenim za isti problem (predviđanja Y1) za kapitalne saobraćajne projekte.

Međutim, dobijeni model, kao i kod istog problema za kapitalne saobraćajne projekte karakteriše nedovoljna rigoroznost, jer je odziv za klasu 1 veći od odziva za klasu 0.

Najinformativniji skup atributa za predviđanje prekoračenja troškova za skup podataka kapitalni infrastrukturni projekti čine atributi:

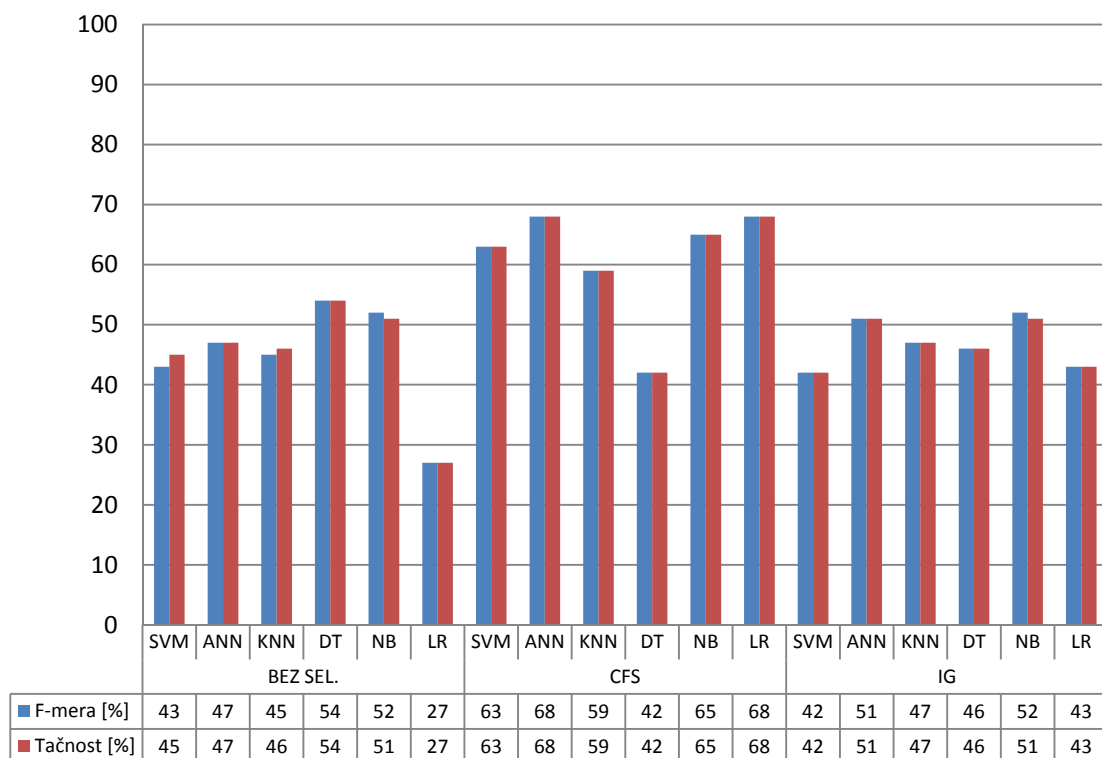
1. A2.4 – Angažovanje aktivista i regulatornih tela iz oblasti zaštite životne sredine pre početka građenja (N/A nisu uopšte bili uključeni ili nije poznato)

2. B1.2 – Nadležni organ odredio kaznu Izvođaču ili nekome od glavnih učesnika na projektu
3. B2.1 – Obezbeđena dugoročna stabilnost cena/obima korišćenja
4. B2.3 – Vlada učestvuje u finansiranju projekta
5. D7 – Nuklearni projekat
6. E2 – Osnovano novo pravno lice za potrebe realizacije projekta u bilo kojoj fazi realizacije
7. D9 – Projekat fizički povezuje dve zemlje

Napominjemo da se dobijeni rezultati odnose na relativno oskudni skup analiziranih slučajeva (44 projekata različitih tipova – saobraćajni, energetska, hidrotehnički) kao i da se sa nekih od tih projekata, iz raspoloživih izvora, nisu mogle prikupiti vrednosti pojedinih atributa.

Za model ranog upozorenja (atributi čiju je vrednost moguće odrediti pre početka faze građenja, tabela 18), najbolje rezultate pokazuje LR+CFS model (slika 46), kod koga su tačnost i F-mera nešto niži nego za sve attribute i iznose 0,68. Preciznost ranog predviđanja za klasu 1 iznosi 0,78, odziv 0,64. Preciznost za klasu 0 je 0,58, odziv 0,73.

5. PRIMENA METODA MAŠINSKOG UČENJA ZA PREDVIĐANJE USPEŠNOSTI REALIZACIJE KAPITALNIH INFRASTRUKTURNIH PROJEKATA



Slika 46: Performanse ranog predviđanja prekoračenja troškova (Y1) za skup podataka: kapitalni infrastrukturni projekti

Za ovaj model, najinformativniji skup atributa iz faze pre početka građenja čine sledeći atributi:

1. A2.4 – Angažovanje aktivista i regulatornih tela iz oblasti zaštite životne sredine pre početka građenja (N/A nisu uopšte bili uključeni ili nije poznato)
2. B2.1 – Obezbeđena dugoročna stabilnost cena/obima korišćenja
3. B2.3 – Vlada učestvuje u finansiranju projekta
4. D7 – Nuklearni projekat
5. E2 – Osnovano novo pravno lice za potrebe realizacije projekta u bilo kojoj fazi realizacije
6. D9 – Projekat fizički povezuje dve zemlje

Težinski koeficijenti i odnosi šansi po atributima za LR klasifikator koji je ovde dao najbolje rezultate su sledeći:



5. PRIMENA METODA MAŠINSKOG UČENJA ZA PREDVIĐANJE USPEŠNOSTI REALIZACIJE  
KAPITALNIH INFRASTRUKTURNIH PROJEKATA

Classifier Model

Logistic Regression with ridge parameter of 1.0E-8

Coefficients...

	Class
Variable	0
A2.4	20.2598
B2.1	17.305
B2.3	1.9795
D7	-20.2302
E2	1.0639
D9	-17.363
Intercept	-39.4583

Odds Ratios...

	Class
Variable	0
A2.4	629082560.3383
B2.1	32770834.4367
B2.3	7.2394
D7	0
E2	2.8977
D9	0

Odnosi šansi definišu koliki uticaj na predviđanje određene klase ima promena vrednosti određenog atributa. Ukoliko je vrednost odnosa veća od 1, korelacija sa klasom je pozitivna (u ovom slučaju sa klasom 0). Ukoliko je vrednost odnosa šansi za atribut manja od 1, korelacija sa klasom je negativna. Iz rezultata uviđamo da sa klasom 0 (bez prekoračenja troškova) pozitivno korelišu: A2.4, B2.1, B2.3 i E2, dok negativna korelacija postoji kod D7 i D9. Ovavkvi rezultati, uz podvlačenje tačnosti predviđanja modela od 0,69 i ograničenja (u pogledu broja analiziranih slučajeva i nedostajućih podataka), govore da je u okviru datog skupa kapitalnih infrastrukturnih projekata verovatnije da neće doći do prekoračenja troškova ukoliko:

1. Su aktivisti i regulatorna tela iz oblasti zaštite životne sredine angažovani pre početka građenja
2. Je obezbeđena dugoročna stabilnost cena/obima korišćenja
3. Vlada učestvuje u finansiranju projekta
4. Je osnovano novo pravno lice za potrebe realizacije projekta
5. Projekat nije nuklearni
6. Se projekat realizuje u okviru jedne zemlje (ne povezuje dve zemlje)

Ponovo napominjemo da se dobijeni rezultati odnose na relativno oskudni skup analiziranih slučajeva (44 projekata različitih tipova) kao i da se sa nekih od tih projekata, iz raspoloživih izvora, nisu mogle prikupiti vrednosti pojedinih atributa.

Prvo i treće uočeno pravilo je identično kao i kod modela za predviđanje prekoračenja troškova za kapitalne saobraćajne projekte. Treba međutim ponoviti, da je tačnost prediktivnog modela kod kapitalnih saobraćajnih projekata veća (0,74) te da se takva tačnost ostvaruje sa poznavanjem vrednosti samo tri atributa.

### 5.2.2.2 Predviđanje kašnjenja u fazi građenja (Y2)

U tabeli 36 i tabeli 37 prikazane su dobijene vrednosti F-mere i tačnosti predviđanja za tri tehnikke selekcije atributa, šest klasifikatora i četiri metode validacije za problem predviđanja kašnjenja u fazi građenja (Y2) za skup prikupljenih podataka – kapitalni infrastrukturni projekti. Crvenom bojom su označene najbolje vrednosti po tehnikama za selekciju i po metodama validacije. Detaljni rezultati proračuna, sa vrednostima tačnosti predviđanja kao i preciznosti i odziva po klasama, dati su u priložu 4.

Tabela 36: F-mera za problem predviđanja kašnjenja u fazi građenja (Y2) za kapitalne infrastrukturne projekte

Skup podataka:	INFRASTRUKTURNI PROJEKTI	Problem:	Predviđanje kašnjenja u fazi građenja (Y2)			
Tehnika za selekciju atributa	Klasifikator	F mera (%) za metodu validacije:				
		LOO	10 foldova	5 foldova	3 folda	
BEZ SEL.	SVM	56	60	63	60	
	ANN	65	67	68	61	
	KNN	52	49	51	53	
	DT	45	55	54	52	
	NB	65	66	67	65	
	LR	65	63	66	67	
CFS	SVM	73	61	62	-	
	ANN	76	66	61	56	
	KNN	60	64	59	54	
	DT	41	50	50	52	
	NB	73	70	63	57	
	LR	62	65	61	59	
IG	SVM	62	63	62	60	
	ANN	81	71	63	58	
	KNN	68	66	58	60	
	DT	38	52	51	54	
	NB	68	68	65	61	
	LR	54	61	62	57	

Tabela 37: Tačnost predviđanja kašnjenja u fazi građenja (Y2) za kapitalne infrastrukturne projekte

Skup podataka:	INFRASTRUKTURNI PROJEKTI	Problem:	Predviđanje kašnjenja u fazi građenja (Y2)			
Tehnika za selekciju atributa	Klasifikator	Tačnost predviđanja (%) za metodu validacije:				
		LOO	10 foldova	5 foldova	3 folda	
BEZ SEL.	SVM	57	61	64	63	
	ANN	65	68	68	61	
	KNN	51	49	51	53	
	DT	46	55	54	53	
	NB	65	66	67	65	
	LR	65	63	66	68	
CFS	SVM	73	60	62	58	
	ANN	76	66	62	56	
	KNN	59	65	59	54	
	DT	40	50	50	52	
	NB	73	70	63	57	
	LR	62	65	61	59	
IG	SVM	62	63	62	61	
	ANN	81	71	63	59	
	KNN	68	66	58	60	
	DT	38	52	51	54	
	NB	68	68	65	61	
	LR	54	60	62	58	

Najbolji rezultat za problem predviđanja kašnjenja u fazi građenja za skup podataka infrastrukturni projekti daje ANN klasifikator uz IG metodu selekcije atributa. F-mera se kod ANN+IG modela kreće od 0,58 (3 folda) do 0,81 (LOO). Tačnost predviđanja za LOO iznosi takođe 0,81. Preciznost za klasu 0 je 0,75, odziv 0,8. Preciznost predviđanja klase 1 iznosi 0,86, odziv 0,82.

Matrica konfuzije je sledeća:

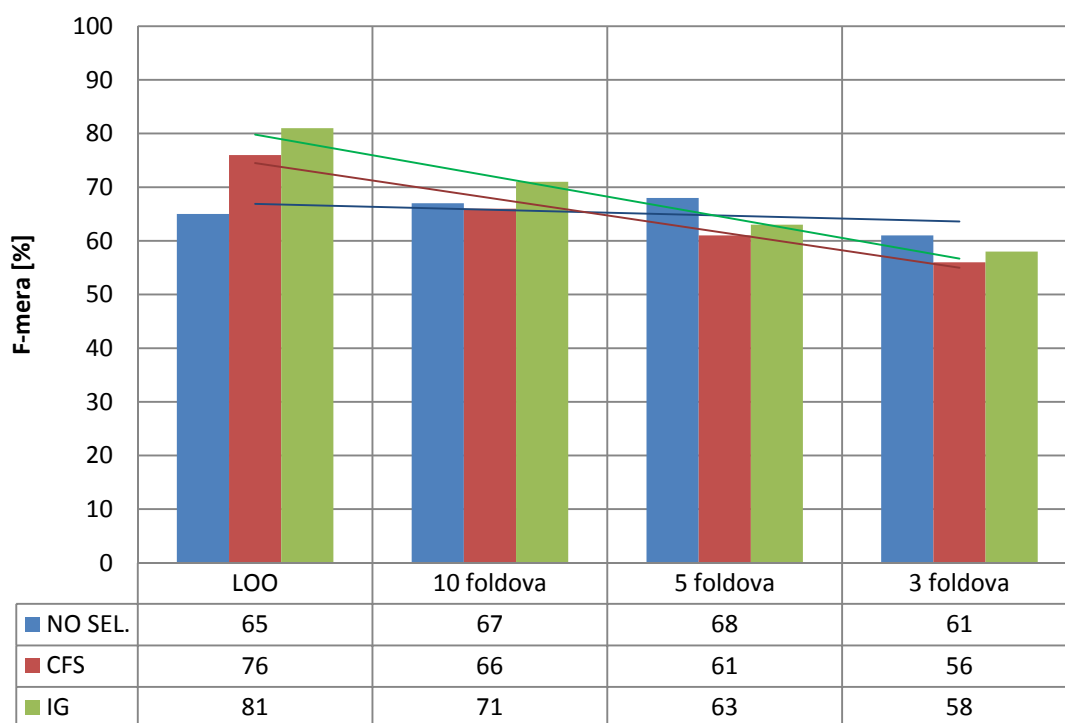
a b <-- classified as

12 3 | a = 0

4 18 | b = 1

Od petnaest projekata na kojima nije bilo kašnjenja u fazi građenja, uspešno je klasifikovano dvanaest. Od dvadeset dva projekta na kojima jeste bilo kašnjenja u fazi građenja, uspešno je klasifikovano osamnaest. I kod ovog modela, greška je na strani sigurnosti, jer se bolje predviđa klasa projekata gde je do kašnjenja zaista i došlo (klasa 1).

Slično kao i kod modela dobijenih za prethodne probleme predviđanja, sa povećanjem broja foldova u unakrsnoj validaciji, najizraženiji je trend poboljšanja performansi modela sa najboljim pokazateljima – ANN+IG (slika 47).



Slika 47: Performanse ANN klasifikatora uz IG, CFS selekciju atributa i bez selekcije atributa za problem Y2, infrastrukturni projekti

Najinformativniji atributi za ovaj problem dobijaju se IG selekcijom i to je sledećih deset atributa (poređanih po informativnosti, počev od najviše):

1. E2 – Osnovano novo pravno lice za potrebe realizacije projekta u bilo kojoj fazi realizacije
2. D7 – Nuklearni projekat
3. C5 – Spor/arbitražna između Investitora i Glavnog izvođača

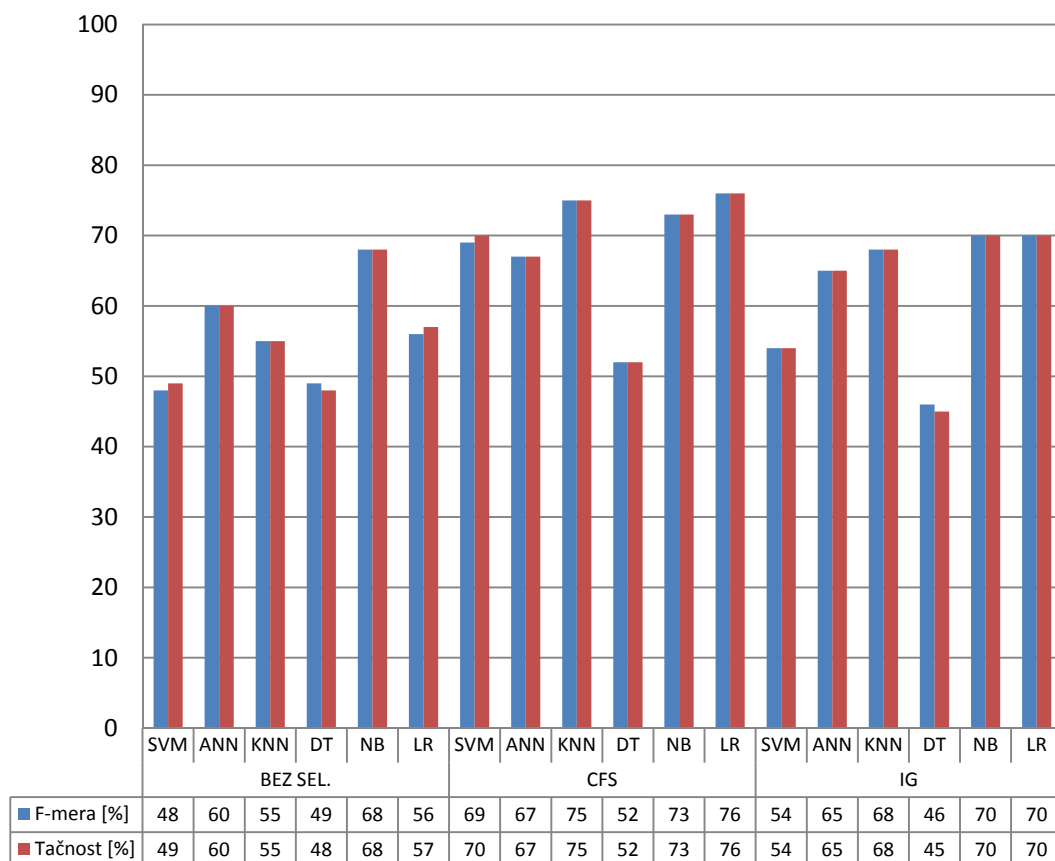
4. D8 – *Offshore* projekat (*više od 80% obima posla se izvodi na/ispod mora*)
5. A2.2 – Javno odobravanje projekta na nacionalnom nivou (nije bilo protesta)
6. B1.2 – Nadležni organ odredio kaznu izvođaču ili nekom od glavnih učesnika na projektu
7. B2.6 – Naknada (kompenzacija) lokalnoj zajednici preko 0,1 % ukupnog budžeta projekta
8. A1.2 – Velika multinacionalna kompanija učestvuje na projektu kao jedan od izvođača
9. A2.1 – Već postojeća ekološka udruženja (poput *Greenpeace-a*) su protestovala protiv projekta
10. B2.1 – Obezbeđena dugoročna stabilnost cena/obima korišćenja

Drugi najbolji rezultat u pogledu performansi predviđanja daje ANN klsifikator uz CFS selekciju atributa. Ukoliko pogledamo narednu listu atributa identifikovanih CFS metodom, vidimo da je u pitanju podskup od šest atributa, od kojih su svi i na IG listi:

1. A2.2 – Javno odobravanje projekta na nacionalnom nivou (nije bilo protesta)
2. C5 – Spor/arbitraza između Investitora i Glavnog izvođača
3. D8 – *Offshore* projekat (*više od 80% obima posla se izvodi na/ispod mora*)
4. B2.6 – Naknada (kompenzacija) lokalnoj zajednici preko 0,1 % ukupnog budžeta projekta
5. D7 – Nuklearni projekat
6. E2 – Osnovano novo pravno lice za potrebe realizacije projekta u bilo kojoj fazi realizacije

Za model ranog upozorenja (atributi čiju je vrednost moguće odrediti pre početka faze građenja, tabela 18), najbolje rezultate ponovo pokazuje LR+CFS model (slika 48), kod koga su tačnost i F-mera nešto niži nego za sve attribute ali viši u odnosu na vrednosti za Y1 i iznose 0,76. Preciznost predviđanja klase 1 iznosi 0,81, dok je odziv 0,77. Za klasu 0 preciznost predviđanja je 0,69, odziv 0,73.

5. PRIMENA METODA MAŠINSKOG UČENJA ZA PREDVIĐANJE USPEŠNOSTI REALIZACIJE KAPITALNIH INFRASTRUKTURNIH PROJEKATA



Slika 48: Performanse ranog predviđanja kašnjenja u fazi građenja (Y2) za skup podataka: kapitalni infrastrukturni projekti

Za ovaj model za predviđanje kašnjenja u fazi građenja za posmatrani skup podataka kapitalni infrastrukturni projekti, najinformativniji skup atributa iz faze pre početka građenja čine sledeći atributi:

1. D8 – *Offshore* projekat (*više od 80% obima posla se izvodi na/ispod mora*)
2. B2.6 – Naknada (kompenzacija) lokalnoj zajednici preko 0,1% ukupnog budžeta projekta
3. D7 – Nuklearni projekat
4. E2 – Osnovano novo pravno lice za potrebe realizacije projekta u bilo kojoj fazi realizacije

Od navedena četiri atributa, tri se pojavljuju kao najinformativnija u ranoj fazi realizacije kod istog problema (predviđanja kašnjenja u fazi građenja – Y2) za kapitalne saobraćajne projekte.

Težinski koeficijenti i odnosi šansi po atributima za LR klasifikator koji je i ovde (kao i kod problema Y1 za kapitalne infrastrukturne projekte – rani model) dao najbolje rezultate su sledeći:

Classifier Model

Logistic Regression with ridge parameter of 1.0E-8

Coefficients...

	Class
Variable	0
=====	
D8	0.5754
B2.6	-19.178
D7	-17.94
E2	2.0637
Intercept	-1.2528

Odds Ratios...

	Class
Variable	0
=====	
D8	1.7778
B2.6	0
D7	0
E2	7.875

Kako je već navedeno, odnosi šansi definišu koliki uticaj na predviđanje određene klase ima promena vrednosti određenog atributa. Ukoliko je vrednost odnosa veća od 1, korelacija je pozitivna (u ovom slučaju korelacija sa klasom 0). Ukoliko je vrednost odnosa šansi za atribut manja od 1, korelacija je negativna. Iz rezultata uviđamo da sa



klasom 0 (projekti bez prekoračenja troškova) pozitivno korelišu E2 i D8, dok negativna korelacija postoji kod B2.6 i D7.

Ovakvi rezultati, uz podvlačenje tačnosti predviđanja modela od 0,76 i ograničenja (u pogledu broja analiziranih slučajeva i nedostajućih podataka), govore da je, u okviru datog skupa kapitalnih infrastrukturnih projekata, verovatnije da neće doći do kašnjenja u fazi građenja ukoliko:

1. Je za potrebe implementacije projekta osnovano novo pravno lice
2. Je projekat *offshore* (više od 80% obima posla se izvodi na/ispod mora)
3. Projekat nije nuklearni
4. Je naknada (kompenzacija) lokalnoj zajednici manja od 0,1% ukupnog budžeta projekta

Dva od navedena četiri pravila (br. 2 i 3) su ista kao i kod ranog modela za prekoračenje troškova (Y1) za skup prikupljenih podataka - svi infrastrukturni projekti.

### 5.2.2.3 Predviđanje kašnjenja u fazi planiranja (Y3)

U tabeli 38 i tabeli 39 prikazane su dobijene vrednosti F-mere i tačnosti predviđanja za tri tehnikе selekcije atributa, šest klasifikatora i četiri metode validacije za problem predviđanja kašnjenja u fazi planiranja (Y3) za skup prikupljenih podataka - kapitalni infrastrukturni projekti. Crvenom bojom su označene najbolje vrednosti po tehnikama za selekciju i po metodama validacije. Detaljni rezultati proračuna, sa vrednostima tačnosti predviđanja kao i preciznosti i odziva po klasama, dati su u prilogu 4. Ovde treba ponovo napomenuti da se performanse predviđanja Y3 ispituju samo uz korišćenje atributa čiju je vrednost moguće odrediti pre početka građenja.

Tabela 38: F-mera za problem predviđanja kašnjenja u fazi planiranja (Y3) za kapitalne infrastrukturne projekte

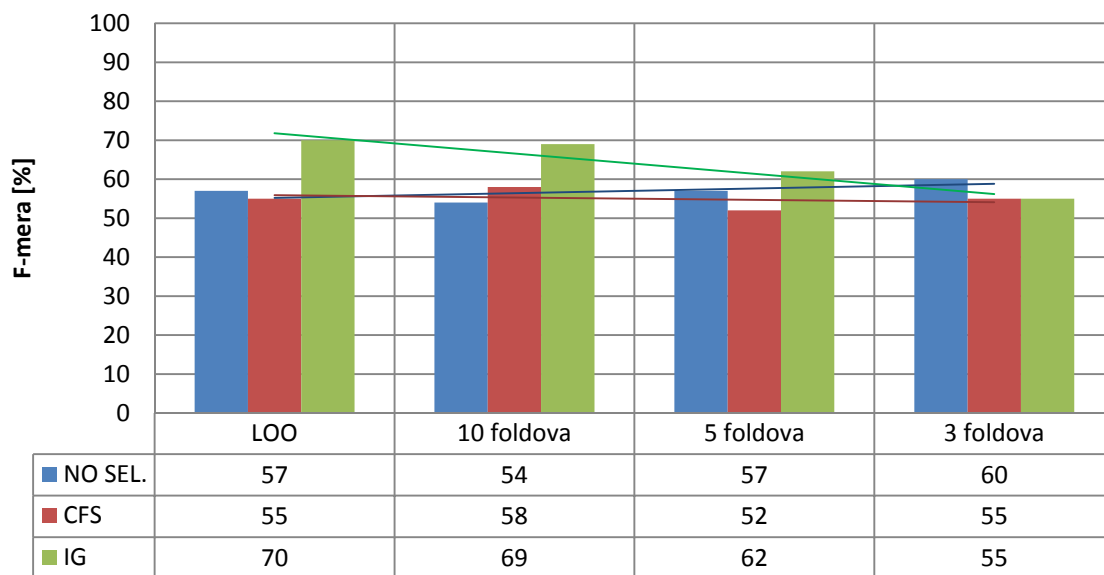
Skup podataka:	INFRASTRUKTURNI PROJEKTI	Problem:	Predviđanje kašnjenja u fazi planiranja (Y3)			
Tehnika za selekciju atributa	Klasifikator	F mera (%) za metodu validacije:				
		LOO	10 foldova	5 foldova	3 folda	
BEZ SEL.	SVM	57	-	-	-	
	ANN	68	62	64	65	
	KNN	-	-	-	54	
	DT	67	66	63	62	
	NB	64	59	62	62	
	LR	57	54	57	60	
CFS	SVM	54	59	55	-	
	ANN	56	59	58	55	
	KNN	60	58	56	57	
	DT	67	64	61	57	
	NB	58	56	53	55	
	LR	55	58	52	55	
IG	SVM	60	63	60	57	
	ANN	62	62	60	55	
	KNN	53	58	57	58	
	DT	68	66	62	59	
	NB	51	54	58	55	
	LR	70	69	62	55	

Tabela 39: Tačnost predviđanja kašnjenja u fazi planiranja (Y3) za kapitalne infrastrukturne projekte

Skup podataka:	INFRASTRUKTURNI PROJEKTI	Problem:	Predviđanje kašnjenja u fazi planiranja (Y3)			
Tehnika za selekciju atributa	Klasifikator	Tačnost predviđanja (%) za metodu validacije:				
		LOO	10 foldova	5 foldova	3 folda	
BEZ SEL.	SVM	61	62	61	63	
	ANN	68	62	64	65	
	KNN	60	61	63	59	
	DT	68	67	66	63	
	NB	67	61	64	63	
	LR	56	54	56	60	
CFS	SVM	54	58	57	60	
	ANN	55	59	57	55	
	KNN	59	58	56	57	
	DT	68	65	63	59	
	NB	59	56	54	55	
	LR	54	58	51	54	
IG	SVM	60	63	60	58	
	ANN	61	62	60	54	
	KNN	51	58	58	58	
	DT	68	67	64	60	
	NB	51	55	58	55	
	LR	69	69	61	55	

Najbolji rezultati u pogledu predviđanja kašnjenja u fazi planiranja realizacije se za skup prikupljenih podataka kapitalni infrastrukturni projekti dobijaju primenom LR klasifikatora uz IG selekciju atributa. F-mera za LOO validaciju iznosi 0,70, tačnost predviđanja 0,69. Preciznost za klasu 0 (projekti bez kašnjenja u fazi planiranja) je 0,53, odziv 0,61. Preciznost i odziv za klasu 1 (projekti na kojima je bilo kašnjenja u fazi planiranja) su 0,79 i 0,73. Klasa 1 se bolje predviđa, što, kako je i ranije navedeno, doprinosi rigoroznosti prediktivnog modela.

Na slici 49 primećuje se da je trend poboljšanja performansi LR klasifikatora sa povećanjem broja foldova najizraženiji uz IG tehniku selekcije atributa.



Slika 49: Performanse LR klasifikatora uz IG , CFS selekciju atributa i bez selekcije atributa za problem Y3, infrastrukturni projekti

Deset najinformativnijih atributa izabranih IG metodom selekcije su, poređani po informativnosti počev od najveće, sledeći:

1. D4 – Tehnološki jedinstven projekat u zemlji
2. B1.3 – Aktivnosti vlasti dovele do odlaganja završetka projekta
3. D1 – Projekat se sastoji od više identičnih celina/jedinica
4. E2 – Osnovano novo pravno lice za potrebe realizacije projekta
5. B2.5 – Većina populacije ima poverenja u vlast
6. D8 – *Offshore* projekat
7. D6 – Sektor
8. D2 – Međusobno zavisni moduli
9. D9 – Projekat fizički povezuje dve zemlje
10. A2.4 – Angažovanje aktivista i regulatornih tela iz oblasti zaštite životne sredine pre početka građenja

Težinski koeficijenti i odnosi šansi po atributima za LR klasifikator koji je i u ovom slučaju (kao i kod problema Y1 i Y2 za kapitalne infrastrukturne projekte – rani model) dao najbolje rezultate su sledeći:

Classifier Model

Logistic Regression with ridge parameter of 1.0E-8

Coefficients...

Variable	Class
	0
D4	-33.3041
B1.3	-34.4523
D1	-61.1388
E2	-17.114
B2.5	-18.2622
D8	-42.2946
D6=E	38.1093
D6=T	-20.6638
D6=M	-39.9627
D2	-32.9412
D9	39.1876
A2.4	-1.5112
Intercept	72.6228

Odds Ratios...

Variable	Class
	0
D4	0
B1.3	0
D1	0
E2	0
B2.5	0
D8	0
D6=E	3.5534821194762792E16
D6=T	0
D6=M	0

D2	0
D9	1.0445715967055768E17
A2.4	0.2206

Uočava se da, ukoliko je sektor projekta energetski ( $D6=E$ ), takva vrednost atributa sektor projekta pozitivno koreliše sa negativnom vrednošću klasnog atributa Y3 (projekti koji nemaju kašnjenje u fazi planiranja). Pozitivnu korelaciju sa vrednošću klasnog atributa  $Y3 = 0$ , takođe ima i atribut D9 (Projekat fizički povezuje dve zemlje), dok ostali navedeni atributi negativno korelišu sa ishodom da projekti nemaju kašnjenje u fazi planiranja.

Po performansama, međutim, jako blizu najboljem rezultatu (dobijenom LR+IG modelom) jesu ANN klasifikator bez selekcije atributa (F-mera za LOO validaciju 0,68) kao i DT klasifikator uz CFS selekciju (F-mera za LOO validaciju 0,67). Zbog navedenog principa da u slučaju jednakih ili sličnih performansi prednost dajemo modelu sa manjim brojem atributa, kao i zbog prednosti koju drvo odlučivanja pruža u pogledu mogućnosti interpretacije rezultata, osim prikazanih detaljnih rezultata za LR+IG model, prikazaćemo i pravila koja za dati problem proističu iz DT klasifikatora sa CFS selekcijom atributa.

Struktura predmetnog drveta odlučivanja je sledeća:

```
B1.3 = 0
| D4 = 0
| | D2 = 0: 0 (8.51/1.0)
| | D2 = 1: 1 (4.0/1.0)
| D4 = 1: 1 (7.51/1.0)
B1.3 = 1: 1 (18.97/3.49)
```

Ovde se, kao i u slučaju Y1 za kapitalne saobraćajne projekte, u drvetu odlučivanja pojavljuje samo tri izvora rizika:

1. B1.3 – Aktivnosti vlasti dovele do odlaganja završetka projekta
2. D4 – Tehnološki jedinstven projekat u zemlji
3. D2 – Međusobno zavisni moduli

Na osnovu dobijenog drveta odlučivanja se, za predmetni skup projekata, uz naglašavanje tačnosti modela za predviđanje (0,67) i uslova ograničenja (u pogledu broja analiziranih slučajeva i nedostajućih podataka), može reći da važi sledeće:

- 1) Ukoliko je bilo kašnjenja u pogledu izdavanja dozvola ili drugih aktivnosti vlasti, projekat će kasniti u fazi planiranja;
- 2) Ukoliko nije bilo odlaganja završetka usled aktivnosti vlasti, tada će:
  - a) Ukoliko je projekat tehnološki jedinstven u zemlji, takođe biti kašnjenja u fazi planiranja;
  - b) Ukoliko projekat nije jedinstven u zemlji i:
    - i) Projekat se sastoji od međusobno zavisnih celina, takođe doći do kašnjenja u fazi planiranja;
    - ii) Projekat se sastoji od nezavisnih celina, tada neće biti kašnjenja u fazi planiranja.

#### 5.2.2.4 Sumarni pregled rezultata za skup podataka: kapitalni infrastrukturni projekti

Kod skupa skupa prikupljenih podataka koji se odnosi na sve kapitalne infrastrukturne projekte, pokazano je da se rano predviđanje prekoračenja troškova, kašnjenja u fazi građenja i fazi planiranja vrši sa nešto nižim performansama nego kod skupa podataka kapitalni saobraćajni projekti. Maksimalna tačnost predviđanja uspešnosti realizacije se za dati skup podataka, u zavisnosti od problema, kreće od 0,68 do 0,76. Ovavku tačnost je moguće ostvariti sa malim brojem ulaznih podataka (3-10 izvora rizika, zavisno od problema).

Za problem prekoračenja troškova kod skupa podataka kapitalni infrastrukturni projekti najbolje rezultate daje LR+CFS model sa tačnošću predviđanja od 0,74 i F-merom od 0,74 (tabela 40). Ovaj model predviđa klasu 1 projekata (projekti na kojima je bilo prekoračenja troškova) sa preciznošću od 0,78 i odzivom 0,64. Preciznost predviđanja klase 0 je 0,58, dok je odziv 0,73. Rezultati istraživanja pokazuju da je za takvo predviđanje, za predmetni skup podataka, uz ograničenja u pogledu broja analiziranih projekata i nedostajućih podataka, dovoljno poznavati binarne vrednosti (DA/NE) za samo tri izvora rizika (tabela 40):

- A2.4 – Angažovanje aktivista i regulatornih tela iz oblasti zaštite životne sredine pre početka građenja (N/A nisu uopšte bili uključeni ili nije poznato);
- B2.1 – Obezbeđena dugoročna stabilnost cena/obima korišćenja;
- B2.3 – Vlada učestvuje u finansiranju projekta;
- D7 – Nuklearni projekat;
- E2 – Osnovano novo pravno lice za potrebe realizacije projekta u bilo kojoj fazi realizacije;
- D9 – Projekat fizički povezuje dve zemlje.

Navedeni, najinformativniji izvori rizika za dati problem i skup podataka jesu iz kategorija: Eksterni učesnici na projektu (A2), Spoljašnje okruženje projekta – društveno-ekonomsko (B2), Tehnološki aspekti (D), Razno (E).

Za problem kašnjenja u fazi građenja kod skupa podataka kapitalni infrastrukturni projekti, najbolje rezultate daje takođe LR+CFS model sa tačnošću predviđanja od 0,76



i F-merom od 0,76 (tabela 40). Model predviđa klasu 1 projekata (projekti na kojima je bilo kašnjenja u fazi građenja) sa preciznošću od 0,81 i odzivom 0,77. Preciznost predviđanja klase 0 je 0,69, odziv 0,73.

Za takvo predviđanje (uspešno prepoznavanje 77% projekata na kojima će zaista doći do kašnjenja u fazi građenja), za predmetni skup podataka, uz ograničenja u pogledu broja analiziranih projekata i nedostajućih podataka, dovoljno je poznavati binarne vrednosti (DA/NE) za samo četiri izvora rizika (tabela 40):

- D8 – Offshore projekat (više od 80% obima posla se izvodi na/ispod mora);
- B2.6 – Naknada (kompenzacija) lokalnoj zajednici preko 0,1 % ukupnog budžeta projekta;
- D7 – Nuklearni projekat;
- E2 – Osnovano novo pravno lice za potrebe realizacije projekta u bilo kojoj fazi realizacije.

Uočava se da kod ovog problema, za dati skup podataka, najinformativniji izvori rizika potiču iz tri kategorije: Spoljašnje okruženje projekta – društveno-ekonomsko (B2), Tehnološki aspekti (D), Razno (E).

Kod problema kašnjenja u fazi planiranja kod kapitalnih infrastrukturnih projekata, najbolje rezultate daje LR+IG model sa tačnošću predviđanja od 0,69 i F-merom od 0,70 (tabela 40). Model predviđa klasu 1 projekata (projekti na kojima je bilo kašnjenja u fazi planiranja) sa preciznošću od 0,79 i odzivom 0,73. Preciznost predviđanja klase 0 je 0,53, odziv 0,61.

Za takvo predviđanje (uspešno prepoznavanje 73% projekata na kojima će zaista doći do kašnjenja u fazi planiranja), za predmetni skup podataka, uz ograničenja u pogledu broja analiziranih projekata i nedostajućih podataka, dovoljno je poznavati binarne vrednosti (DA/NE) za sledećih deset izvora rizika (tabela 40):

- D4 – Tehnološki jedinstven projekat u zemlji;
- B1.3 – Aktivnosti vlasti dovele do odlaganja završetka projekta;
- D1 – Projekat se sastoji od više identičnih celina/jedinica;
- E2 – Osnovano novo pravno lice za potrebe realizacije projekta;
- B2.5 – Većina populacije ima poverenja u vlast;

- D8 – Offshore projekat;
- D6 – Sektor;
- D2 – Međusobno zavisni moduli;
- D9 – Projekat fizički povezuje dve zemlje;
- A2.4 – Angažovanje aktivista i regulatornih tela iz oblasti zaštite životne sredine pre početka građenja.

Najinformativniji izvori rizika za problem kašnjenja u fazi planiranja za dati skup podataka su iz kategorija: Eksterni učesnici na projektu (A2), Spoljašnje okruženje projekta – pravno (B1), Spoljašnje okruženje projekta – društveno-ekonomsko (B2), Tehnološki aspekti (D), Razno (E).

S obzirom na predstavljene rezultate za skup prikupljenih podataka kapitalni infrastrukturni projekti, može se zaključiti da je kod svakog od tri predstavljenih modela prisutna LR metoda klasifikacije. CFS se kao metod za prethodnu selekciju atributa pojavljuje dva puta.

Dalje se zaključuje da su informacije o izvorima rizika iz kategorija Učesnici na projektu (A), Spoljašnje okruženje projekta (pravno i društveno-ekonomsko) (B), Tehnološki aspekti (D) i Razno (E) dovoljne da se ostvare maksimalne performanse predviđanja uspešnosti realizacije za skup podataka kapitalni saobraćajni projekti (tačnost 0,68 – 0,76).

Izvori rizika koji se na listama najinformativnijih rizika za dati skup podataka ponavljaju kod dva problema (tabela 40) su:

- A2.4– Angažovanje aktivista i regulatornih tela iz oblasti zaštite životne sredine pre početka građenja (N/A nisu uopšte bili uključeni ili nije poznato);
- D7 – Nuklearni projekat;
- D9 – Projekat fizički povezuje dve zemlje;

Jedini izvor rizika koji se ponavlja na sve tri liste jeste:

- E2 – Osnovano novo pravno lice za potrebe realizacije projekta u bilo kojoj fazi realizacije;

Podaci iz kategorija Spoljašnje okruženje projekta – političko (B3) i Upravljanje projektom (C) ni za skup prikupljenih podataka kapitalni infrastrukturni projekti nisu bile dovoljno informativni za predviđanje. Neinformativnost kategorije Upravljanje projektom je, kako je već navedeno, neobičan rezultat, ali verovatno potiče od značajnog nedostatka podataka o karakteristikama projekta u ovoj kategoriji.

Tabela 40: Pregled modela sa najboljim performansama za rano predviđanje uspešnosti realizacije za skup prikupljenih podataka: kapitalni infrastrukturni projekti

Problemi za predviđanje	Y1 – prekoračenje troškova	Y2 – kašnjenje u fazi građenja	Y3 – kašnjenje u fazi planiranja
Model (klasifikator + tehnika za sel. atr.)	LR+CFS	LR+CFS	LR+IG
Tačnost predviđanja	0,68	0,76	0,69
F-mera	0,68	0,76	0,70
Preciznost za klasu 1	0,78	0,81	0,79
Odziv za klasu 1	0,66	0,77	0,73
Preciznost za klasu 0	0,58	0,69	0,53
Odziv za klasu 0	0,73	0,73	0,61
Skup najinformativnijih atributa	<p>A2.4– Angažovanje aktivista i regulatornih tela iz oblasti zaštite životne sredine pre početka građenja (N/A nisu uopšte bili uključeni ili nije poznato)</p> <p>B2.1 – Obezbeđena dugoročna stabilnost cena/obima korišćenja</p> <p>B2.3 – Vlada učestvuje u finansiranju projekta</p> <p>D7 – Nuklearni projekat</p> <p>E2 – Osnovano novo pravno lice za potrebe realizacije projekta u bilo kojoj fazi realizacije</p> <p>D9 – Projekat fizički povezuje dve zemlje</p>	<p>D8 – Offshore projekat (više od 80% obima posla se izvodi na/ispod mora)</p> <p>B2.6 – Naknada (kompenzacija) lokalnoj zajednici preko 0,1 % ukupnog budžeta projekta</p> <p>D7 – Nuklearni projekat</p> <p>E2 – Osnovano novo pravno lice za potrebe realizacije projekta u bilo kojoj fazi realizacije</p>	<p>D4 – Tehnološki jedinstven projekat u zemlji</p> <p>B1.3 – Aktivnosti vlasti dovele do odlaganja završetka projekta</p> <p>C2 – Projekat se sastoji od više identičnih celina/jedinica</p> <p>E2 – Osnovano novo pravno lice za potrebe realizacije projekta</p> <p>B2.5 – Većina populacije ima poverenja u vlast</p> <p>D8 – Offshore projekat</p> <p>D6 – Sektor</p> <p>D2 – Međusobno zavisni moduli</p> <p>D9 – Projekat fizički povezuje dve zemlje</p> <p>A2.4 – Angažovanje aktivista i reg. tela iz oblasti zašt. živ. sredine pre početka građenja</p>
Moguće interpretirati pravila za predmetni skup podataka	Da (višestruka korelacija, videti 5.2.2.1)	Da (višestruka korelacija, videti 5.2.2.2)	Da (višestruka korelacija, videti 5.2.2.3) <sup>1</sup>

<sup>1</sup> DT+CFS daje neznatno slabije performanse (F-mera 0,67) uz mogućnost interpretacije pravila i selekciju samo tri atributa: B1.3, D2, D4.

### 5.2.3 Poređenje rezultata sa rezultatima prethodnih istraživanja

#### 5.2.3.1 Poređenje performansi predviđanja

Rezultati dobijeni istraživanjem u ovoj disertaciji, u pogledu performansi ispitanih modela za predviđanje pokazatelja troškovne i vremenske uspešnosti kapitalnih infrastrukturnih projekata, mogu se kvalitativno uporediti sa najboljim rezultatima prethodnih istraživanja iz oblasti upravljanja projektima, koja su takođe ispitivala mogućnost predviđanja primenom metoda za klasifikaciju.

Kao što je navedeno u prethodnom tekstu, maksimalna dobijena tačnost modela za rano predviđanje u istraživanju u ovoj disertaciji iznosi 84% kod skupa prikupljenih podataka kapitalni sobračajni projekti i 76% za skup prikupljenih podataka kapitalni infrastrukturni projekti.

U radu (Chen i Hsu 2007) je, kao što je ranije pomenuto, predstavljen model za predviđanje izmena na projektu (*change orders*). Analizirano je 372 projekta izgradnje stambenih, industrijskih i infrastrukturnih objekata investicione vrednosti od oko 6.000 do 95.000.000 USD. Korišćeni su podaci iz sudske arhive SAD-a a kao metoda klasifikacije korišćena je ANN metoda. Dakle, u pitanju je istraživanje na značajnom većem uzorku, ali su projekti manje investicione vrednosti, uz korišćenje samo jedne metode klasifikacije. Podaci sa 340 projekata su korišćeni za obučavanje klasifikatora, dok je test vršen na 32 projekta. Dobijena tačnost predviđanja iznosila je 84,6%.

U radu (Chen 2008) je predstavljen model ranog upozoravanja u cilju izbegavanje sporova na projektima izgradnje. U predmetnom radu autori su analizirali istu bazu podataka kao i u radu (Chen i Hsu 2007) - 372 projekta izgradnje stambenih, industrijskih i infrastrukturnih objekata investicione vrednosti od oko 6.000 do 95.000.000 USD, realizovanih na teritoriji SAD-a u periodu od 1972. do 2002. godine. Kao metoda klasifikacije korišćena je KNN metoda sa zadatkom predviđanja da li će na projektu doći do izbijanja spora. Dobijena tačnost predviđanja iznosila je 84,38%.

U radu (Lam et al. 2009) predstavljen je model za predviđanje da li će ponuđač na tenderu (potencijalni izvođač radova) proći predkvalifikacionu proceduru. Analizirane su karakteristike 78 ponuđača sa 6 srednjih javnih projekata realizovanih u Kini. U pitanju su projekti izgradnje 2 elektrane, 2 železničke pruge i 2 stambeno-poslovna

objekta. Najmanja investiciona vrednost projekata bila je oko 14 miliona USD. Podaci o 61 ponuđaču korišćeni su za trening, o 17 ponuđača za testiranje. Ulazne atribute činilo je 8 nominalnih karakteristika ponuđača. Od metoda klasifikacije, ispitivane su performanse SVM metode, sa tri različite kernel funkcije (polinomijalna, RBF (*Radial-Basis Function*), sigmoid). Dobijena tačnost predviđanja se kretala od 73 do 93%.

U istraživanju (Yun i Caldas 2009) predložen je model za podršku pri odlučivanju o finansijskoj i ekonomskoj opravdanosti infrastrukturnih projekata u fazi izrade studije opravdanosti. Zadatak je bio da se, na osnovu poznate vrednosti 10 numeričkih kontinualnih i 2 nominalna atributa, projekti klasifikuju u dve klase – oni koji imaju zeleno svetlo za realizaciju i oni koji to nemaju. Korišćeni su podaci iz studija opravdanosti za 149 infrastrukturnih projekata iz Koreje investicione vrednosti veće od 50 miliona USD. Ispitivane su mogućnosti primene klasifikatora zasnovanog na različitim metodama: DT, KNN, NB, ANN i SVM. Metode kojima je ostvarena maksimalna tačnost predviđanja u datom istraživanju jesu DT (tačnost 83%) i ANN (tačnost 85%).

Uočava se da je po predmetu istraživanja, metodologiji i korišćenim metodama klasifikacije, kao i maksimalno dobijenoj tačnosti istraživanje (Yun i Caldas 2009) najbližije istraživanju u ovoj disertaciji. Razlika se pre svega ogleda u zadatku predviđanja, kao i u veličini i broju infrastrukturnih projekata koji su bili predmet analize.

U radovima (Son et al. 2012; Wang i Gibson 2010; Cheng et al. 2010) predstavljeni su modeli za predviđanje troškovnih i vremenskih performansi projekata izgradnje komercijalnih i industrijskih objekata, uz korišćenje ANN i SVM metode. U ovim radovima je, međutim, vršeno numeričko predviđanje, odnosno zadatak je bilo predvideti vrednost kontinualnih numeričkih varijabli, te se poređenje rezultata sa rezultatima dobijenim u istraživanju u glavnom delu ove disertacije ne može adekvatno izvršiti. Slično je i u radu (Kim et al. 2011), u kom je prikazan model za numeričko predviđanje energetskih performansi objekata, korišćenjem metoda: SVM, ANN, nelinearna regresija i drvo odlučivanja.

U najskorijem istraživanju (Williams i Gong 2014) razmatran je problem predviđanja prekoračenja troškova na projektima izgradnje auto-puteva. Analizirani su podaci sa

1121-og projekta realizovanog na teritoriji američke savezne države Kalifornije. U cilju ispitivanja mogućnosti klasifikacije u jednu od tri kategorije u zavisnosti od nivoa prekoračenja troškova, upoređivane su performanse različitih modela koji su se sastojali od ANN i KNN klasifikatora u kombinaciji sa metodama zaključivanja iz tekstualnih podataka. Od podataka sa projekata, od numeričkih su osim planiranih i stvarnih troškova izgradnje, sakupljani i podaci o broju ponuđača na tenderu, dok je od tekstualnih sakupljen kratak opis svakog projekta (2-3 rečenice). Podaci sa 60% projekata su korišćeni za trening, 40% za testiranje. Klasifikacija je vršena na sledeće klase:

- Projekti sa velikim prekoračenjem planiranih troškova (prekoračenje veće od 6%);
- Projekti kod kojih su stvarni troškovi u skladu sa planiranim (prekoračenje od +6 do -3%);
- Projekti kod kojih su stvarni troškovi manji od planiranih (za više od 3%).

Maksimalna dobijena tačnost modela za predviđanje dobijena u tom istraživanju (Williams i Gong 2014) iznosi 45%. U istom radu su maksimalne dobijene vrednosti preciznosti i odziva po klasama sledeće:

- Za klasu – veliko prekoračenje troškova: preciznost 47%, odziv 43%;
- Za klasu – stvarni troškovi u skladu sa planiranim: preciznost 49% , odziv 82%;
- Za klasu – stvarni troškovi manji od planiranih: preciznost 21% , odziv 18%.

Uočava se da su performanse predviđanja klase projekata na kojima nije bilo prekoračenja troškova značajno slabije od performansi predviđanja za druge dve klase. Sličan fenomen, da se projekti na kojima nije bilo prekoračenja teže klasifikuju, prisutan je i u istraživanju predviđanja prekoračenja troškova u ovoj disertaciji.

Maksimalne vrednosti preciznosti i odziva po klasama dobijene u istraživanju u ovoj disertaciji prikazane su u tabelama 33 i 40.

Može se zaključiti da se dobijene performanse modela za rano predviđanje za sva tri problema kod skupa prikupljenih podataka saobraćajni kapitalni projekti, kao i kod problema kašnjenja u fazi građenja kod kapitalnih infrastrukturnih projekata (tačnost

predviđanja od 74 do 84%) veoma slična najboljim performansama modela za predviđanje iz oblasti upravljanja projektima iz prethodnih istraživanja.

Performanse modela za rano predviđanje prekoračenja troškova i kašnjenja u fazi planiranja kod skupa prikupljenih podataka kapitalni infrastrukturni projekti su nešto niže (tačnost predviđanja 68 – 69%) ali i dalje u intervalu performansi modela za predviđanje iz oblasti upravljanja projektima iz relevantnih prethodnih istraživanja (tačnost predviđanja od 45 do 93%).

Valja još jednom napomenuti da su performanse modela za predviđanje koji ne koristi samo rane attribute (attribute iz faza pre početka građenja) nešto bolje od performansi modela za rano predviđanje i da se maksimalna tačnost predviđanja za skup prikupljenih podataka kapitalni saobraćajni projekti kreće od 74 do 85% (zavisno od problema), a za skup podataka kapitalni infrastrukturni projekti od 70 do 81%.



### 5.2.3.2 Poređenje identifikovanih izvora rizika

Ispitivani modeli za rano predviđanje uspešnosti realizacije kapitalnih infrastrukturnih projekata identifikovali su najznačajnije izvore rizika u ranim fazama realizacije projekata – pre početka građenja. U pitanju su podskupovi sa relativno malim brojem izvora rizika (3-10, zavisno od problema), dobijeni kao najinformativniji za predviđanje prekoračenja troškova, kašnjenja u fazi građenja i kašnjenja u fazi planiranja za dva skupa prikupljenih podataka: kapitalni saobraćajni i kapitalni infrastrukturni projekti (tabele 33 i 40).

S obzirom na prirodu i predmet prethodnih istraživanja, upoređićemo, u meri u kojoj je to moguće, izvore rizika identifikovane u istraživanju u ovoj disertaciji sa izvorima rizika identifikovanim u prethodnim istraživanjima.

Najpre ćemo poći od problema prekoračenja troškova. U ovoj disertaciji, izvori rizika iz najinformativnijeg podskupa izvora rizika za predviđanje prekoračenja troškova kod oba skupa podataka potiču iz kategorija: Eksterni učesnici na projektu (A2), Spoljašnje okruženje projekta – društveno-ekonomsko (B2), Tehnološki aspekti projekta (D), Razno (E) (Razno se odnosi na osnivanje novog pravnog lica za potrebe realizacije projekta).

U radu (Ling, et al., 2004) analizirani su faktori koji su uticali na prekoračenje troškova realizacije 87 projekata izgradnje vrednosti veće od 5 miliona USD realizovanih u Singapuru u periodu od 1993. do 2001. godine. Zaključeno je da postoji korelacija između toga da u finansiranju projekta ne učestvuje javni sektor i prekoračenja troškova.

U disertaciji (Creedy, 2006) izvršena je identifikacija i analiza faktora rizika koji dovode do prekoračenja troškova na projektima izgradnje auto-puteva u Australiji. U pitanju su projekti investicione vrednosti veće od milion australijskih dolara. Zaključeno je, slično kao i u ovoj disertaciji da su aspekti društveno-ekonomskog okruženja projekta i tehničko-tehnološki aspekti projekta izvori najznačajnijih rizika. Kao pojedinačno najznačajniji izvor rizika navodi se (ne)adekvatna definicija obima posla (tj. česte izmene u projektno-tehničkoj dokumentaciji).

Problem definisanja predmeta i obima posla u ranim fazama realizacije i njegov uticaj na prekoračenje troškova analiziran je i u radovima (Wang i Gibson 2010; Son et al. 2012). U tim radovima ispitivana je mogućnost predviđanja prekoračenja planiranih troškova i vremena izgradnje infrastrukturnih, industrijskih i stambenih objekata na osnovu vrednosti PDRI indeksa (*Project Development Rating Index*). U pitanju je indeks koji izražava nivo definisanosti predmeta i obima posla i koji se izračunava na osnovu vrednosti 64 parametra iz različitih kategorija. Metodologiju određivanja i primene PDRI indeksa razvio je američki Institut za građevinsku industriju (*Construction Industry Institute*). U radu (Wang i Gibson 2010) dokazana je pozitivna korelacija PDRI indeksa i visine prekoračenja troškova. U radu (Son et al. 2012), od 64 varijable potrebne za izračunavanje PDRI indeksa, primenom PCA (*Principle Component Analysis*) identifikovano je 35 novih varijabli, koje omogućavaju uspešno predviđanje visine prekoračenja troškova. Ne može se, međutim, odrediti koje su od 64 početnih varijabli najinformativnije za ovo predviđanje, jer PCA ne omogućava interpretaciju novoizvedenih varijabli.

Rizici iz ekonomskog i političkog okruženja projekta (inflacija, politički rizik), kao i tehničko-tehnološki (nedostaci i promene u projektno-tehničkoj dokumentaciji) su dobijeni kao najznačajniji i u istraživanju rizika na projektima izgradnje auto-puteva u Kini (Zou, et al., 2007) i Indiji (Thomas, et al., 2003).

S obzirom na ovakve rezultate prethodnih istraživanja, i u glavnom delu istraživanja u ovoj disertaciji je bio pokušaj da se, kao izvor rizika u analizu uključi i nivo definisanosti predmeta i obima posla. U kategoriju C (Upravljanje projektima) uvršten je izvor rizika – Projektna dokumentacija razrađena do nivoa glavnog projekta pre ugovaranja građenja (C6). Međutim, o ovom izvoru rizika, kao i većini drugih u istoj kategoriji (C) nije prikupljeno dovoljno podataka.

U radu (Ansar et al. 2014) predložen je model za predviđanje troškovnih i vremenskih performansi kapitalnih hidrotehničkih objekata. Bazu podata činili su podaci o 245 objekata izgrađenih između 1934. i 2007. godine u 65 zemalja na 5 kontinenata. U jednom od predloženih modela za predviđanje prekoračenja troškova su kao najinformativniji ulazni atributi identifikovani atributi: iznos planiranih troškova i stopa inflacije na lokalnom tržištu. Drugi identifikovani atribut sličan je jednom od

najinformativnijih atributu i u istraživanju u ovoj disertaciji (B2.1 - Obezbeđena dugoročna stabilnost cena).

U radu (Sovacool et al. 2014) ispitavano je šest hipoteza o prekoračenju planiranih troškova i rokova izgradnje energetskih objekata. Analizirana je baza podataka od 401-og energetskog projekta koji su realizovani u 57 država, u periodu od 1936. do 2014. god. Ono što je interesantno u vezi sa rezultatima u pogledu prekoračenja troškova, jeste da je potvrđena hipoteza da projekti koji se realizuju kao modularni (razbijeni na tehnološke i organizacione celine) imaju manje prekoračenje troškova. I u rezultatima dobijenim u ovoj disertaciji se, kod kapitalnih saobraćajnih projekata, atribut modularnost (D2) pojavljuje kao jedan od najinformativnijih izvora rizika u pogledu prekoračenja planiranih troškova (tabela 33).

U istraživanju (Gkritska i Labi, 2008) utvrđeno je da sa obimom prekoračenja troškova na projektima izgradnje auto-puteva pozitivno korelišu veličina projekta (planirani budžet) i trajanje realizacije. S obzirom na ograničenje u broju studija slučaja analiziranih u ovoj disertaciji, takva vrsta analize nije mogla biti primenjena. Međutim, treba reći da je provereno da li modeli za rano predviđanje prekoračenja troškova i kašnjenje u fazi građenja imaju bolje performanse ukoliko se u attribute uključi i binarna vrednost – da li je bilo kašnjenja u fazi planiranja (ona čija je mogućnost predviđanja ispitivana kao treći problem). Ovo je analizirano i s obzirom na zaključak dat u (Flyvbjerg, et al., 2003), da prekoračenje troškova statistički značajno koreliše sa kašnjenjem u fazi planiranja. U istraživanju u ovoj disertaciji, takav zaključak nije mogao biti potvrđen jer performanse modela za prekoračenje troškova i kašnjenje u fazi građenja nisu bile značajno bolje u slučaju kada je model kao atribut uključivao i kašnjenje u fazi planiranja.

U istraživanju (Williams i Gong 2014) se kao najinformativniji tekstualni podaci u vezi sa prekoračenjem troškova na projektima izgradnje auto-puteva u opisu projekata pojavljuju fraze: “*replac\_bridg*” (radovi na rekonstrukciji mostova), “*excav\_asphalt*” (rušenje postojećeg asfalta), kao i “*drainag*” (radovi na izradi drenaže). Ovi rezultati, osim što se uočava da je u pitanju tehnički rizik u vezi sa predmetom posla, nisu direktno uporedivi sa rezultatima glavnog istraživanja u ovoj disertaciji.

U pogledu identifikacije i analize rizika koji utiču na kašnjenje prilikom realizacije infrastrukturnih projekata, broj relevantnih prethodnih istraživanja je daleko manji od broja istraživanja koja su se bavila problemom prekoračenja troškova i uglavnom se odnose na analizu kašnjenja u fazi građenja.

U ovoj disertaciji, izvori rizika iz najinformativnijeg podskupa izvora rizika za predviđanje kašnjenja u fazi građenja kod oba skupa prikupljenih podataka potiču iz kategorija: Interni učesnici na projektu (A1), Spoljašnje okruženje projekta – društveno-ekonomsko (B2), Tehnološki aspekti projekta (D) i Razno (E) (Razno se odnosi na osnivanje novog pravnog lica za potrebe realizacije projekta).

Podudarno sa rezultatom dobijenim u glavnom delu istraživanja u ovoj disertaciji, ekonomsko okruženje projekta, koje može uticati na finansiranje projekta označeno je kao najznačajniji rizik u vezi sa kašnjenjem u realizaciji projekata izgradnje auto-puteva u Kini (Zou, et al., 2007).

U radu (Ling, et al., 2004) analizirani su faktori koji su uticali na kašnjenje u realizaciji radova na 87 projekata izgradnje vrednosti veće od 5 miliona USD realizovanih u Singapuru u periodu od 1993. do 2001. godine. Zaključeno je da su faktori od najvećeg značaja za dati problem adekvatnost i kompletnost projektno-tehničke dokumentacije, kao i opremeljnost i obučenost izvođača. U pitanju su dakle tehničko-tehnološki aspekti projekta, za koje je i u ovoj disertaciji pokazano da su veoma informativni.

Na sličan zaključak, o važnosti pripreme i adekvatne razrade projektno-tehničke dokumentacije navodi i zaključak istraživanja (Wang i Gibson 2010), u kome je pokazana pozitivna korelacija PDRI indeksa i kašnjenja u fazi građenja na uzorku od 62 industrijska i 78 infrastrukturnih projekata.

U radovima (Locatelli, et al., 2014; Tegeltija, 2014), kako je ranije navedeno, primenjen je Fišerov statistički test, radi utvrđivanja stepena korelacije pojedinačnih karakteristika kapitalnih projekata iz oblasti energetske infrastrukture (Locatelli, et al., 2014) ili različitih infrastrukturnih sektora (Tegeltija, 2014) i troškovnih i vremenskih performansi tih projekata.

S obzirom da su u tim istraživanjima korišćeni slični atributi, ali da su u njima ispitivanja sprovedena na manjem skupu podataka nego što je skup korišćen u ovoj

disertaciji , rezultati se mogu kritički uporediti. U tabeli 41 prikazani su atributi za koje je u prethodnim istraživanjima identifikovana statistički značajna korelacija sa prekoračenjem troškova/rokova, kao i atributi koji pripadaju podskupovima najinformativnijih atributa identifikovanim u ovom istraživanju.

Tabela 41: Uporedni pregled rezultata prethodnih istraživanja i rezultata istraživanja u ovoj disertaciji u pogledu informativnosti izvora rizika

KATEGOR. ATRIBUTA	OZN. ATR.	Y1 – PREKORAČENJE TROŠKOVA				Y2 - KAŠNENJE u fazi GRAĐENJA			
		(Locatelli, et al., 2014)	(Tegeltija, 2014)	Kap. saobr. proj.	Kap. infr. proj.	(Locatelli, et al., 2014)	(Tegeltija, 2014)	Kap. saobr. proj.	Kap. infr. proj.
Učesnici na projektu - Interni	A1.1								
	A1.2					+		*	
	A1.3								
	A1.4								
	A1.5								
	A1.6								
	A1.7							*	
Učesnici na projektu - Eksterni	A2.1								
	A2.2						+		
	A2.3		+						
	A2.4			-	-				
	A2.5								
Spoljašnje okruženje projekta- Pravno	B1.1								
	B1.2	+					+		
	B1.3								
	B1.4		+						
Spoljašnje okruženje projekta - Društveno - Ekonomsko	B2.1				-				
	B2.2					-			
	B2.3			-	-		-		
	B2.4								
	B2.5		+				+		
	B2.6						+	*	+
	B2.7							*	
	B2.8								
Spoljašnje okruženje	B3.1								
	B3.2								

projekta - Političko	B3.3								
	B3.4								
Upravljanje projektom	C1								
	C2								
	C3								
	C4								
	C5								
	C6								
	C7								
Tehnološki aspekti	D1								
	D2		-	-					
	D3								
	D4								
	D5								
	D6								
	D7	+	+		+				+
	D8		+					*	-
	D9				+				
Razno	E1								
	E2				-			*	-

+ Pozitivna korelacija atributa sa prekoračenjem troškova/kašnjenjem u fazi građenja, - negativna (obrnuta) korelacija atributa sa prekoračenjem troškova/kašnjenjem u fazi građenja, \* najinformativniji atributi, ali dobijeni model za dati problem ne omogućava interpretaciju korelacije

Bitna razlika između pristupa u navedena dva istraživanja (Locatelli, et al., 2014; Tegeltija, 2014) i pristupa u predmetnom istraživanju u ovoj disertaciji jeste što je u oba prethodna istraživanjima ispitivana korelacija svake od pojedinačnih karakteristika projekata sa pokazateljima uspešnosti projekata, dok su u ovom radu upoređivane performanse modela za identifikaciju podskupova atributa koji omogućavaju predviđanje pokazatelja uspešnosti projekata na osnovu raspoloživog skupa projekata.

Najznačajnije kategorije rizika u oba prethodna, kao i u ovom istraživanju, kako se može videti u tabeli 41, jesu:

- Spoljašnje okruženje projekta (društveno-ekonomsko) (B2);
- Eksterni učesnici na projektu (A2);
- Tehnološki aspekti projekta (D);

Značajna poklapanja rezultata prethodnih i ovog istraživanja (uz napomenu da se dobijeni rezultati odnose na relativno oskudni skup analiziranih projekata kao i da se za neke od njih, iz raspoloživih izvora, nisu mogle prikupiti vrednosti pojedinih atributa), kao što vidimo u tabeli 41, postoje kada su u pitanju sledeći izvori rizika:

- B2.3 – Vlada učestvuje u finansiranju projekta (negativna (obrnuta) korelacija sa prekoračenjem troškova i sa kašnjenem u fazi građenja);

Negativna korelacija učešća Vlade u finansiranju projekta i prekoračenja troškova uočena je kod oba skupa prikupljenih podataka (kapitalni saobraćajni i svi infrastrukturni projekti). Rezultati sugerišu da je, kod predmetnih skupova prikupljenih podataka, učešće Vlade u finansiranju korelisano sa uspešnom realizacijom u pogledu ostvarenja planiranih troškova. Ovakav rezultat proističe najviše iz razloga što je kod svih osam projekata na kojima nije bilo učešća Vlade u finansiranju ( $B2.3=0$ ) došlo do prekoračenja troškova. U pitanju su četiri saobraćajna i četiri energetska projekta.

Iako se i u prethodnom istraživanju (Ling, et al., 2004) tvrdi da postoji korelacija između toga da u finansiranju projekta ne učestvuje javni sektor i prekoračenja troškova, zbog ograničenja u pogledu broja analiziranih projekata u ovoj disertaciji, nije nikako moguće dati generalnu preporuku da Vlada treba ili ne treba da bude uključena u finansiranje kapitalnih infrastrukturnih projekata. Isto ograđivanje od preporuka koje bi važile u opštem slučaju važi i za naredne zaključke, koji se svi odnose isključivo na rezultate istraživanja predmetnog skupa prikupljenih podataka i nemaju za cilj, niti mogu rezultirati generisanjem opštih preporuka.

- B2.6 – Naknada (kompenzacija) lokalnoj zajednici preko 0,1 % ukupnog budžeta projekta (pozitivna korelacija sa kašnjenjem u fazi građenja);

Iza ovakvog rezultata istraživanja predmetnog skupa prikupljenih podataka najverovatnije stoji značajan obim radova, te zahtevane potencijalno društveno osetljive intervencije koje su bile neophodne na projektima ili delovima projekata realizovanim u urbanim ili zaštićenim zonama. Projekti na kojima je naknada lokalnoj zajednici iznosila preko 0,1 % ukupnog budžeta projekta i kod

kojih je došlo do kašnjenja u fazi građenja jesu Auto-put – obilaznica oko Atine u Grčkoj, Auto-put – obilaznica oko Brna u Češkoj, Tramvajska mreža u Edinburgu u Velikoj Britaniji, Železnička pruga za saobraćaj vozova velikih brzina: Amsterdam - Rotterdam (Antwerpen), Holandija (Belgija) i Sistem za zaštitu od poplava grada Venecije (MOSE) u Italiji. Česta je praksa da se eksterni efekti projekta analiziraju tek kada se odmakne sa ključnim odlukama na projektu, kao što se i eksterni učesnici na projektu, koji mogu uticati na rezultate projekta, uključuju u odlučivanje previše kasno. Važnost pravovremenog uključivanja svih eksternih učesnika u proces odlučivanja na projektu, istaknuta u pojedinim prethodnim istraživanjima, potvrđena je u ovom.

- D7 – Nuklearni projekat (pozitivna korelacija sa prekoračenjem troškova i kašnjenem u fazi građenja);

S obzirom da je na 4 od ukupno 5 nuklearnih projekata iz analiziranog skupa podataka bilo prekoračenja troškova, jasan je razlog zbog kog se ova karakterisitka nalazi u skupu najinformativnijih za problem prekoračenja troškova. Nuklearne projekte svakako karakteriše visoka tehnološka kompleksnost u procesu projektovanja i građenja, visoki zahtevi u pogledu bezbednosti, specifična i skupa oprema, što sve može uticati na prekoračenje planiranih troškova.

- D8 – Projekat na moru (više od 80% obima posla se izvodi na/ispod površine mora) (pozitivna korelacija sa prekoračenjem troškova i negativna korelacija sa kašnjenem u fazi građenja);

I ovaj rezultat je interesantan i suprotan pretpostavci da bi, izuzetna tehnološka kompleksnost, te rizici u pogledu mogućih uticaja na životnu sredinu, kada su u pitanju projekti koji se većim delom izvode na i/ili ispod površine mora, mogli uticati kako na prekoračenje planiranih troškova tako i na kašnjenje u realizaciji ovakvih projekata. Ukoliko se, međutim, pogledaju vrednosti atributa iz predmetnog skupa prikupljenih podataka, uočava se da od pet projekata na moru (dva vetroparka, jedan most, jedan železnička pruga i auto-put, i jedan terminal za crpljenje prirodnog gasa), na četiri nije došlo do kašnjenja u fazi građenja, Do kašnjenja je došlo jedino na projektu izgradnje vetroparka Greater Gabbard u



Velikoj Britaniji. Što se prekoračenja troškova tiče, na tri od pet takvih projekata je bilo prekoračenja troškova. U pitanju su projekti izgradnje železničke pruge i auto-puta ORESUND, Danska – Švedska, terminala za crpljenje prirodnog gasa Rovigo, Italija i vetroparka Greater Gabbard u Velikoj Britaniji. Ispunjenje rokova realizacije projekata na četiri od pet projekata iz predmetnog skupa podataka se možda može objasniti:

- Opreznim stavom prilikom procene planiranog vremena potrebnog za realizaciju ovih, veoma kompleksnih i specifičnih projekata;
- Kvalitetnom i sveobuhvatnom pripremom učesnika za sve faze realizacije ovih specifičnih projekata.

Primećujemo da iz kategorija C (Upravljanje projektima) i B3 (Spoljašnje okruženje projekta – političko) ni u jednom istraživanju nije identifikovan niti jedan značajan izvor rizika. Ovo, kako je i ranije navedeno, ne treba ni u kom slučaju da navede na zaključak da rizici iz tih kategorija nisu od značaja i potencijalnog uticaja na prekoračenje troškova ili kašnjenje. Ovo se naročito odnosi na kategoriju C (Upravljanje projektima) za koju u toku procesa prikupljanja podataka nije bilo moguće prikupiti dovoljno informacija.

Realizacija velikih projekata podrazumeva saglasnost i podršku organa vlasti, što je konstatovano i u prikupljenim podacima sa svih analiziranih projekata. Gotovo svi analizirani projekti su imali podršku oba nivoa vlasti, te iz ovog razloga atributi u kategoriji B3 (Spoljašnje okruženje projekta – političko) nisu informativni.

Osim poređenja izvora rizika identifikovanih u ovom i prethodnim istraživanjima u daljem tekstu se takođe daju bitni zaključci drugih autora u pogledu slabosti i mogućih poboljšanja procesa planiranja i kontrole rizika prilikom pokretanja i realizacije kapitalnih infrastrukturnih projekata.

U (Flyvbjerg, et al., 2003) navodi se sledeće:

*Rizici zbog kojih dolazi do prekoračenja troškova, neispunjenja koristi od projekta, kao i razlike stvarnih društveno-ekonomskih i ekoloških uticaja projekta od planiranih se u izvesnoj meri razlikuju od projekta do projekta. Značajan broj njih, međutim, proističe iz institucionalnog okvira za realizaciju projekata, koji se mora*

*razmatrati paralelno sa rizicima. Institucionalni okvir, kada je u pitanu pokretanje i realizacija kapitalnih infrastrukturnih projekata uglavnom karakterišu sledeće slabosti:*

- *Nedovoljno i nepravovremeno uključivanje javnosti i zainteresovanih strana u proces odlučivanja, uz preterano uključivanje grupacija koje lobiraju za sopstvene poslovne interese;*
- *Neadekvatna definicija ciljeva koje projekat treba da ispuni kako bi javni interes bio zadovoljen;*
- *Nejasna raspodela i neadekvatna definicija uloga državnih organa u procesu pripreme i realizacije projekta.*

Flyvbjerg et al. (2003) zatim tvrde da je glavna mana konvencionalnom pristupu pokretanju i realizaciji kapitalnih infrastrukturnih projekata nedostatak, sa jedne strane, jasno definisanih ciljeva, a sa druge strane, konsenzus o:

- Metodologiji merenja ispunjenosti ciljeva i
- Metodologiji i praksi za nagrađivanje dobrih a kažnjavanje slabih učinaka.

Isti autori (Flyvbjerg, et al., 2003) predlažu četiri osnovna instrumenta za poboljšanje kontrole i povećanje odgovornosti prilikom donošenja odluka:

- Transparentnost:
  - Svi dokumenti i informacije u vezi sa projektom trebali bi da budu javni;
  - Eksterni učesnici na projektu bi trebalo da budu uključeni što je ranije moguće, naročito tokom izrade studije opravdanosti;
  - Vlada treba da igra aktivnu ulogu u identifikaciji i uključivanju eksternih učesnika;
  - Nezavisna kontrola i revizija svih aspekata projekta bi trebalo da bude sprovedena;
  - Slično angažovanju eksperata/konsultanata za oblasti upravljanja troškovima i vremenom, na projektu bi morali biti angažovani profesionalni konsultanti za obezbeđenje dovoljne i adekvatne transparentnosti;
- Specifikacije performansi:

- Sve zahteve i ciljeve koje projekat treba da ispuni treba definisati pre razmatranja tehničkih rešenja i alternativa;
- Specifikacija performansi treba da proistekne iz zahteva za zadovoljenje javnog interesa i da uključi zahteve u pogledu ekonomskih i ekoloških efekata projekta;
- Zhatevane performanse projekta bi trebalo da budu definisane i specificirane na način da omoguće merenje i kontrolu ispunjenosti performansi;
- Eksplicitna formulacija regulatornog režima:
  - Regulatornim režimom treba da bude obuhvaćen proces obezbeđenja finansiranja, izgradnje i eksploatacije;
  - Svi troškovi bi trebalo da budu identifikovani i procenjeni pre donošenja odluke o pokretanju realizacije. Regulatorni režim utiče značajno na tipove i visinu troškova, kao i na rizike koji prate realizaciju projekta;
  - Politički rizici moraju biti identifikovani i, u meri u kojoj je to moguće, eliminisani;
- Uključivanje privatnog kapitala (*risk capital*):
  - U cilju obezbeđenja realističnije procene rizika, umanjenja potencijalnih posledica rizika, kao i prenošenja odgovornosti za rizike sa građana na grupe koje rizicima mogu bolje upravljati, preporučuje se uključivanje privatnih izvora finansiranja u iznosu od najmanje jedne trećine ukupnih troškova izgradnje;
  - Postavlja se pitanje da li Vlada jedne zemlje ima sukob interesa ako s jedne strane treba da promoviše i podstiče realizaciju velikog infrastrukturnog projekta a da s druge strane štiti javni interes u pogledu zaštite životne sredine i eventualno nepotrebnog finansijskog rizika koji na sebe primaju građani koji plaćaju porez, u slučaju kada se projekat realizuje sa prekoračenjem troškova i ekonomskim/ekološkim efektima gorim od planiranih. Učešće privatnog sektora u finansiranju projekta, uz razvijen institucionalni okvir i uz sposobnog, obučenog i posvećenog investitora može značajno pomoći u uspešnijoj kontroli ispunjenja performansi projekta. Uključivanje privatnog kapitala ne znači

isključenje Vlade iz procesa kontrole realizacije projekta. Vladi se ostavlja prostor da efikasnije sprovodi svoju dužnost zaštite interesa građana, u pogledu ekonomskih, ekoloških efekata projekta, bezbednosti i raspodele rizika.

Korišćenjem ova četiri instrumenta, spoljašnji rizici, koji ne mogu biti kontrolisani od strane projektnog tima i ne zahtevaju tehnička rešenja, mogu biti delimično ublaženi. Drugo moguće rešenje za ublažavanje spoljašnjih rizika uključuje razvoj proaktivnog tima za realizaciju projekta, koji može na prvom mestu pravovremeno prepoznati i pripremiti se za rizike, a zatim i upravljati kapitalnim infrastrukturnim projektom kao kompleksnim adaptivnim sistemom (*Complex Adaptive System (CAS)*) koji adekvatno odgovara na neizvesnost i rizike (FIDIC, 2012).

Zaključci britanskog OMEGA centra za proučavanje kapitalnih saobraćajnih projekata (OMEGA Centre, 2012) idu u prilog prethodno rečenom. U svom izveštaju oni navode 9 važnih zaključaka proisteklih iz višegodišnjeg istraživanja problema kapitalnih saobraćajnih projekata realizovanih u 10 razvijenih zemalja Sveta (SAD, Velika Britanija, Holandija, Francuska, Nemačka, Švedska, Grčka, Japan, Australija, Hong Kong). Zaključci su sledeći:

1. Postoji potreba za promenom načina na koji se kapitalni saobraćajni projekti precipiraju i planiraju. Pod ovim se uglavnom misli da donosioci odluka ne uvažavaju dovoljno potencijal koji kapitalni saobraćajni projekat ima u pogledu promene konteksta u kom se realizuje i u koji se smešta;
2. Usled kompleksnosti i odnosa koji ostvaruju sa spoljašnjim okruženjem, kapitalne saobraćajne projekte treba tretirati kao otvorene sisteme. Pristup treba promeniti tek u trenutku kada projekat dospe u fazu građenja.
3. Kapitalne saobraćajne projekte treba tretirati kao jednu vrstu „organskog” fenomena. Pod ovim se uglavnom podrazumeva da u fazi pokretanja i formiranja koncepcije kapitalnog projekta vrlo često dođe do izvesnog zatišja i neaktivnog perioda, koji ne treba po pravilu smatrati neopravdanim zastojem ili neefiksanom realizacijom. Rezultati

istraživanja OMEGA centra sugerišu da postoje primeri projekata gde je taj „period za disanje” izuzetno dobro iskorišćen za redefinisane izvesnih tehnoloških rešenja, pristupa realizaciji, uključivanju javnosti itd. Tim periodom i aktivnostima u njemu se, svakako, takođe mora pažljivo upravljati;

4. Proces formulacije (4. zaključak) i okruženje kapitalnog saobraćajnog projekta (5. zaključak) su od izuzetnog značaja za uspeh projekta. Za njih se, slično kao i u (Flyvbjerg, et al., 2003) navodi da ih karakteriše nepostojanje adekvatno definisanih kriterijuma za ocenu uspeha realizacije projekta, te da kriterijumi ne uključuju u dovoljnoj meri aspekte održivosti;
5. Važnost adekvatnog razmatranja aspekata održivosti – ekonomskih, društvenih i ekoloških efekata projekta – takvog da omogući operativnu kontrolu ispunjenja performansi u pogledu aspekata održivosti;
6. Neophodnost efikasnog i ranog angažovanja svih učesnika na projektu i njihovo uključivanje u planiranje, pokretanje i implementaciju projekta. Da bi se ovo ostvarilo, potrebno je ispuniti uslove uspostavljanja poverenja, kredibiliteta i transparentnosti u međusobnim odnosima učesnika na projektu;
7. Kapitalni saobraćajni projekti neće biti uspešno realizovani ukoliko ne postoji snažan i funkcionalan institucionalni, politički i pravni okvir. Adekvatan okvir treba da omogući i održi konstantan konsenzus i momentum u društvu u vezi sa procesom realizacije projekta;
8. Važnost deljenja naučenih lekcija. Sistematično učenje i širenje znanja trenutno nije zastupljeno u praksi planiranja i realizacije saobraćajnih kapitalnih projekata. Ovo često iz razloga jer se znanje privatnog sektora pažljivo čuva radi ostvarenja komercijalne kompetitivne prednosti u odnosu na konkurenciju. Preporuka OMEGA centra jeste uspostavljanje sistematičnog pristupa za učenje prilikom realizacije kapitalnih saobraćajnih projekata. Sistem bi trebalo da obuhvati sve učesnike na projektu kroz sve projektne faze. Lekcije naučene kroz primenu takvog sistema treba da omoguće formiranje međunarodne, javno dostupne baze

podataka o primerima dobre, uspešne prakse ali i faktorima koji utiču na neispunjenje performansi projekata. Troškovi uvođenja sistematičnog pristupa učenju prilikom realizacije kapitalnih projekata jesu relativno mali u odnosu na troškove koji proističu iz neuspešne realizacije kapitalnih projekata.

## 6 ZAKLJUČAK, OGRANIČENJA I PRAVCI ZA DALJA ISTRAŽIVANJA

### 6.1 ZAKLJUČAK

Predmet istraživanja u ovoj disertaciji bio je proces upravljanja rizicima prilikom izgradnje kapitalnih infrastrukturnih objekata.

U prvom delu disertacije, nakon analize literature i teorijskih razmatranja, prikazano je sprovedeno kvantitativno istraživanje sa ciljem identifikacije ključnih rizika po ostvarenje troškovnih i vremenskih performansi projekata izgradnje infrastrukturnih objekata u Srbiji. Rezultati su pokazali da su najvišu vrednost ocena rizika (proizvod procenjene verovatnoće i obima uticaja) kod oba pokazatelja uspešnosti projekta (troškovi i vreme) imali rizici: Nedostatak finansijskih sredstava za realizaciju projekta, Finansijski rizik, Politički rizik i Korupcija. Od navedenih rizika, jedan je unutrašnji projektni rizik (Nedostatak finansijskih sredstava za realizaciju projekta), dok su ostala tri spoljne prirode i dolaze iz okruženja projekta.

Ukoliko se iz razmatranja isključe spoljni rizici, najviše vrednosti ocena, osim rizika nedostatka finansijskih sredstava za realizaciju projekta, imaju: Nedostaci u projektno-tehničkoj dokumentaciji, Problemi sa eksproprijacijom, Nedostaci u prethodnim radovima, Nedostaci u projektnom zadatku, Nedostatak kontrole kvaliteta od strane naručioca u fazi projektovanja, Problemi proistekli iz ugovornih uslova i Organizacioni problemi firme izvođača. Uočava se da svi unutrašnji rizici sa najvišim ocenama, osim jednog (Organizacioni problemi firme izvođača) potiču iz faze formiranja koncepcije i projektovanja. Ovakvi rezultati sugerišu da su faze pre početka građenja, ključne za uspešnost realizacije infrastrukturnih projekata u Srbiji. Zbog toga su ove faze bile predmet posebnog istraživanja u ovoj disertaciji.

Dobijeni rezultati kvantitativnog istraživanja su gotovo u potpunosti saglasni sa rezultatima prethodnih istraživanja o projektnim rizicima u građevinarstvu u zemljama u razvoju. Posebno je interesantna činjenica da je rizik korupcije rangiran visoko, kako u predmetnom, tako i u sličnim prethodnim istraživanjima u zemljama u razvoju.

Značajan zaključak istraživanja jeste i da, bez obzira što postoji raširena svest o važnosti i potrebi primene upravljanja rizicima (97% ispitanika se slaže da je primena upravljanja rizicima važna za uspešnu realizaciju projekta, a 94% da je upravljanje rizicima potrebno koristiti pri realizaciji projekata izgradnje u Srbiji), u Srbiji se upravljanje rizicima nedovoljno primenjuje prilikom realizacije infrastrukturnih projekata (samo 38% ispitanika je veoma dobro ili dobro upoznato sa alatima za analizu rizika, dok je samo 21% ispitanika odgovorilo da njihova kompanija ima uveden sistem ili standard za upravljanje rizicima). Problemi u vezi sa praktičnom primenom upravljanja rizicima na projektima u Srbiji su, pre svega, organizacioni problemi i neprepoznavanje važnosti primene od strane rukovodstva. S druge strane, postoji vrlo izražena zainteresovanost stručnjaka za nova saznanja u vezi sa upravljanjem rizicima prilikom realizacije projekata (89% ispitanika je veoma zainteresovano ili zainteresovano da o upravljanju rizicima nauči više).

Prikazani empirijski rezultati koji osvetljavaju trenutno stanje u domaćoj građevinskoj praksi pokazuju najpre da postoji potreba za uvođenjem sistematičnog pristupa upravljanju rizicima prilikom izgradnje infrastrukturnih objekata.

U nastavku istraživanja, razmotren je i prikazan mogući pristup za integraciju analize ekonomske, socijalne i ekološke održivosti i analize rizika u fazi formiranja koncepcije kapitalnog infrastrukturnog projekta. Na primeru projekta izgradnje postrojenja za insineraciju komunalnog čvrstog otpada pokazano je da primena socijalne Cost-Benefit analize (SCBA) uz monetarizaciju eksternih efekata projekata omogućava svođenje na istu meru i sveobuhvatno sagledavanje potencijalnih ekonomskih, društvenih i ekoloških uticaja projekta kroz ceo životni ciklus. Primenom stohastičkog pristupa i *Monte-Carlo* analize za kvantitativnu analizu rizika u studiji opravdanosti dobija se veća pouzdanosti procene finansijskih i društveno-ekonomskih rezultata projekta, što je pokazano na istom primeru – projektu izgradnje postrojenja za insineraciju komunalnog čvrstog otpada.

Na slučaju projekta izgradnje auto-puta E80, Niš – Dimitrovgrad, prikazana je primena kvalitativne analize rizika i pokazano da ona omogućava pravovremenu identifikaciju, rangiranje i sistematičan prikaz potencijalnih pretnji po ostvarenje pojedinih ciljeva projekta, te da se na osnovu nje dolazi do predloga mera za otklanjanje ili umanjeње pretnji.



Metodologija i pristup za kvalitativnu i kvantitativnu analizu rizika prikazani u ovom radu se mogu primenjivati u budućim preinvesticionim analizama kapitalnih infrastrukturnih objekata, kako na domaćem, tako i na drugim tržištima.

U poslednjem delu istraživanja ispitana je mogućnost kombinovane primene 2 statistička metoda (Selekcija podskupa atributa zasnovana na korelaciji i Selekcija zasnovana na vrednosti informacionog dobitka) i 6 metoda mašinskog učenja (Metoda vektora podrške, Veštačke neuralne mreže, K-najbližih suseda, Drvo odlučivanja, Naivni Bajesov klasifikator i Logistička regresija) u cilju formiranja modela za predviđanje uspešnosti kapitalnih infrastrukturnih projekata u ranim fazama njihove realizacije, pre početka izvođenja radova. Predloženo je 12 modela za predviđanje tri pokazatelja uspešnosti projekata: prekoračenje planiranih troškova izgradnje, kašnjenje u fazi građenja, kao i kašnjenje u fazi planiranja. Metode mašinskog učenja se prvenstveno primenjuju u analizi velikih skupova podataka (*big data*). Iako postoje metode i pristupi koji omogućavaju i analizu i zaključivanje iz malih (oskudnih) skupova podataka primenom metoda mašinskog učenja, i kod ovih metoda se bolji rezultati postižu kada se analiziraju veći skupovi podataka. Takvo ograničenje je u ovom radu prevaziđeno pažljivim osmišljavanjem i sprovođenjem eksperimenta uz izbor adekvatne metode validacije. U cilju smanjenja dimenzionalnosti problema, pre primene metoda za klasifikaciju vršena je selekcija najinformativnijih podskupova atributa primenom navedena dva statistička metoda.

Uporedna analiza performansi 12 predloženih modela izvršena je na skupu podataka o 44 evropska kapitalna infrastrukturna projekta, svaki investicione vrednosti veće od petsto miliona evra. Podaci su prikupljeni u okviru međunarodne COST akcije TU1003, kao i u saradnji sa OMEGA istraživačkim centrom (*University College London*) i Nacionalnom revizorskom službom Velike Britanije. Eksperiment je izvršen prvo za podskup podataka kapitalni saobraćajni projekti (30 saobraćajnih projekata), a potom i za celokupan skup podataka sa svih 44 kapitalnih infrastrukturnih projekata. Podaci su sistematizovani u obliku 3 binarna pokazatelja uspešnosti projekata (prekoračenje troškova, kašnjenje u fazi građenja i kašnjenje u fazi planiranja) i 46 binarnih atributa projekata, koji opisuju izvore rizika iz 5 kategorija: učesnici na projektu (interni i eksterni), spoljašnje okruženje projekta (pravno, društveno-ekonomsko, političko), upravljanje projektom, tehnološki aspekti, razno.

Rezultati eksperimenta pokazuju da, iako postoje ograničenja u pogledu broja analiziranih slučajeva i nedostajućih vrednosti pojedinih atributa projekata (videti 6.2), moguće je napraviti modele za predviđanje pokazatelja uspešnosti projekata u ranoj fazi realizacije čije su performanse na nivou i iznad nivoa performansi sličnih modela prikazanih u relevantnim prethodnim istraživanjima.

Metode mašinskog učenja koje su, u zavisnosti od problema, pokazale najbolje rezultate jesu: drvo odlučivanja (najbolje performanse za predviđanje prekoračenja troškova kod saobraćajnih projekata), K-najbližih suseda (najbolje performanse za predviđanje kašnjenja u fazi građenja kod saobraćajnih projekata), Naivni Bajesov klasifikator (najbolje performanse za predviđanje kašnjenja u fazi planiranja kod saobraćajnih projekata) i Logistička regresija (koja daje najbolje rezultate za sva tri problema kod skupa podataka svi infrastrukturni projekti). Od metoda za selekciju atributa, CFS daje najbolje rezultate, osim u dva slučaja (prekoračenje troškova kod saobraćajnih projekata i kašnjenje u fazi planiranja kod svih infrastrukturnih projekata), gde je IG dao najbolje rezultate.

Performanse predloženih modela za predviđanje su nešto bolje kod podskupa prikupljenih podataka kapitalni saobraćajni projekti u odnosu na celi skup prikupljenih podataka kapitalni infrastrukturni projekti. Od tri analizirana problema, kod oba skupa podataka se najbolje predviđa kašnjenje u fazi građenja.

Jedan od zaključaka ovog dela istraživanja jeste da je kod oba skupa podataka, za svi tri problema identifikovan relativno mali broj bitnih atributa projekta iz faze pre početka građenja (3-10, zavisno od problema) čije poznavanje je dovoljno da se ostvare relativno visoke performanse modela za predviđanje baziranih na datim skupovima prikupljenih podataka.

Maksimalna dobijena tačnost predviđanja za podskup podataka kapitalni saobraćajni projekti iznosi 74% za problem prekoračenja troškova, 80% za problem kašnjenja u fazi planiranja i 84% za problem kašnjenja u fazi građenja.

Maksimalna tačnost predviđanja za celi skup podataka kapitalni infrastrukturni projekti iznosi 68% za problem prekoračenja troškova, 69% za problem kašnjenja u fazi planiranja i 76% za problem kašnjenja u fazi građenja.

S obzirom na dobijene rezultate, potvrđena je hipoteza – *da je na osnovu poznatih istorijskih podataka o ostvarenju planiranih troškova i rokova realizacije i o karakteristikama završenih kapitalnih projekata infrastrukture moguće napraviti model za rano predviđanje uspešnosti realizacije na novim projektima, ukoliko su karakteristike novih projekata poznate.*

Pristup za ranu procenu rizika, rano predviđanje uspešnosti realizacije kapitalnih infrastrukturnih objekata, kao i pristup za integraciju analize održivosti projekta u proces analize opravdanosti prikazani u ovoj disertaciji bi, između ostalog, zasigurno mogli naći svoje mesto u okviru integralnog sistema za upravljanje rizicima prilikom izgradnje infrastrukturnih objekata velike investicione vrednosti, i to kako u domaćem, tako i u regionalnom i evropskom kontekstu.

## 6.2 OGRANIČENJA I PRAVCI ZA DALJA ISTRAŽIVANJA

Glavno ograničenje u vezi sa kvantitativnim istraživanjem glavnih rizika prilikom realizacije infrastrukturnih projekata u Srbiji jeste ograničen broj ispitanika – 46. On nije omogućio komparativnu analizu percepcije ključnih rizika među različitim učesnicima na projektu (investitor, izvođač, projektant). U vezi sa tim delom istraživanja glavna preporuka bi bila nastaviti sprovođenje kvantitativnog istraživanja i eventualno ga proširiti na zemlje u regionu.

Najznačajnije ograničenje kod izrade investicionih studija, naročito u zemljama koje nisu u Evropskoj Uniji, kao i u zemljama u razvoju, prisutan nedostatak relevantnih izvora podataka, posebno kada je u pitanju monetarizacija eksternih efekata projekata. Stoga su u prikazanim studijama slučaja analize sprovedene na bazi podataka iz zvaničnih, stručnih publikacija iz predmetne oblasti i relevantnih prethodnih naučnih istraživanja, preporučenim za upotrebu u zvaničnim dokumentima izdatim od strane različitih organa vlasti Republike Srbije. Preporuka za dalje istraživanje bila bi da se prikazana metodologija i integracija analize održivosti u preinvesticione studije, kvalitativne i kvantitativne analize rizika primeni na druge studije slučaja preinvesticionih analiza kapitalnih infrastrukturnih projekata na domaćem tržištu i/ili tržištu zemalja u razvoju, kako bi se rezultati dobijeni u disertaciji razmatranim studijama slučaja mogli proveriti.

Prvo ograničenje u vezi sa modelom za predviđanje uspešnosti realizacije kapitalnih infrastrukturnih projekata proističe iz samog predmeta istraživanja – kapitalni infrastrukturalni projekti velike investicione vrednosti (preko 500 miliona evra). Jasno je da broj realizovanih projekata takve investicione vrednosti, čak i na svetskom nivou, nije veliki. U ovom radu su tokom faze prikupljanja podataka, koja je trajala više od godinu dana, odgovarajući podaci prikupljeni sa svega 44 projekta realizovana u Evropi.

Drugo bitno ograničenje odnosi se na relativno mali broj analiziranih projekata iz oblasti energetske infrastrukture (12) i veoma mali broj projekata iz oblasti hidrotehničke infrastrukture (samo 2 projekta). Usled takvog ograničenja, u analizu je moguće bilo uključiti samo one karakteristike projekta i okruženja projekta za koje su podaci mogli biti obezbeđeni za sva tri tipa infrastrukturnih projekata (saobraćajni,

energetski, hidrotehnički). S obzirom na njihov broj (30), zasebno je bilo moguće analizirati jedino podskup saobraćajni projekti.

I pored obimnih aktivnosti u fazi prikupljanja podataka nije bilo moguće doći do podataka o pojedinim bitnim karakteristikama projekata. Ovo naročito važi za kategoriju atributa Upravljanje projektom, čiji, verovatan značajni uticaj na uspešnost projekata, nije mogao biti potvrđen u ovom istraživanju.

Bitno ograničenje istog dela istraživanja tiče se, takođe, tumačenja dobijenih rezultata kada su u pitanju identifikovani rizici. Naime, istraživanje nije imalo za cilj iscrpno i generalno objašnjenje razloga zbog kojih dolazi do prekoračenja planiranih troškova izgradnje i kašnjenja u realizaciji kapitalnih infrastrukturnih projekata uopšte. Prikazane rezultate ne treba ni u kom slučaju posmatrati na takav način. Umesto toga, predloženi modeli imali su za cilj analizu predmetnog skupa podataka. O mogućnostima za predlog opštih preporuka za proces pripreme i realizacije kapitalnih infrastrukturnih projekata moglo bi se govoriti tek kada bi bili dostupni rezultati analize sprovedene po opisanom ili sličnom postupku, ali za značajno veći skup podataka.

Treba još jednom ponoviti bitno ograničenje koje proizilazi iz prirode primenjenih statističkih metoda koje su identifikovale najinformativnije podskupove izvora rizika. Usled toga se dobijeni podaci o informativnosti atributa za dati skup podataka i dati pokazatelj uspešnosti moraju obavezno razmatrati u okviru identifikovanog skupa atributa a nikako kao korelacije vrednosti pojedinačnih atributa i pokazatelja uspešnosti.

U okviru ovog rada pripremljen je i prezentovan referentni set podataka o realizovanim kapitalnim infrastrukturnim projektima koji može biti korišćen u daljim istraživanjima.

U cilju daljeg istraživanja mogućnosti modela koji se zasnivaju na metodama mašinskog učenja a za cilj imaju procenu rizika i predviđanje uspešnosti realizacije kapitalnih infrastrukturnih projekata, zasigurno se može raditi na unapređenju i dopunjavanju baze podataka korišćene u ovom istraživanju. Konkretno preporuke u tom pravcu bi bile sledeće:

- Dopuniti bazu podataka novim studijama slučaja (projektima), posebno iz oblasti energetske i hidrotehničke infrastrukture;

- Obezbediti više podataka o atributima za koje je bio izražen problem nedostatka podataka u ovom istraživanju (naročito kategorija atributa Upravljanje projektom);
- U potpunosti podatke dodavanjem novih atributa u postojeće kategorije, kao i novih kategorija atributa. U ovom istraživanju nije bilo mogućnosti da se atributima obuhvate izvesne karakteristike projekta za koje je u pojedinim istraživanjima sugerisano da bi mogle biti od značaja (npr. prethodne reference i ostvarene performanse izvođača radova na prethodnim projektima, informacije o broju učesnika na tenderu, najviša dostavljena ponuda itd.)
- Uključiti u analizu i druge pokazatelje uspešnosti, naročito one koji bi merili uticaj projekta na društveno, ekološko i ekonomsko okruženje. Iako su ove tri oblasti mogućih uticaja projekata na okruženje (ekonomski, društveni i ekološki uticaji) takođe bile predmet analize u okviru disertacije, nije bilo moguće prikupiti odgovarajuće podatke za analizu projekata u pogledu planiranih i ostvarenih efekata projekata na okruženje.

Predloženi postupak ispitivanja modela za predviđanje uspešnosti kapitalnih infrastrukturnih projekata pruža okvir za dalje istraživanje, koje bi, uz nadogradnju i dopunu baze podataka moglo da dovede do razvoja ekspertskeg sistema za procenu rizika i identifikaciju kritičnih faktora uspeha kapitalnih infrastrukturnih projekata.

Modeli slični prikazanim u ovoj disertaciji, ali zasnovani na unapređenoj bazi podataka bili bi od izuzetne koristi kao modeli za rano upozoravanje, potencijalno zamenjujući ili dopunjujući ekspertskeg znanje u interpretaciji činjenica i dopuštajući donosiocima odluke u procesu realizacije velikih infrastrukturnih projekata bolje razumevanje onog "zašto" i oštroumnije pogađanje onog "što će biti". Svrha primene takvih modela jeste rano upozorenje, a cilj ranog upozorenja je da probudi pažnju odlučioca (Gilad, 2004). Budnost odlučioca pokreće proces diskusije, rasprave, razmatranja opcija, dubljeg proučavanja, i tek najzad, po donošenju odluka, delovanje.

Paralelno sa radom na daljem razvoju predloženih modela moralo bi se svakako raditi i na izgradnji okruženja i sistema za efikasnije upravljanje realizacijom kapitalnih infrastrukturnih projekata velike investicione vrednosti. Flyvbjerg, et al. (2003) predlažu

četiri osnovna instrumentima za poboljšanje kontrole i povećanje odgovornosti prilikom donošenja odluka u procesu realizacije kapitalnih infrastrukturnih projekata:

- Transparentnost;
- Specifikacije performansi;
- Eksplicitna formulacija regulatornog režima;
- Uključivanje privatnog kapitala;

Korišćenjem ova četiri instrumenta (videti 5.2.3.2), spoljašnji rizici, koji ne mogu biti kontrolisani od strane projektnog tima i, kao odgovor na rizik, ne zahtevaju tehnička rešenja, mogu biti delimično ublaženi. Drugo moguće rešenje za ublažavanje spoljašnjih rizika uključuje razvoj proaktivnog tima za realizaciju projekta, koji može na prvom mestu pravovremeno prepoznati izvore rizika i pripremiti se za posledice, a zatim i upravljati kapitalnim infrastrukturnim projektom kao kompleksnim adaptivnim sistemom koji adekvatno odgovara na neizvesnost i rizike (FIDIC, 2012).

Da bi bilo koji sistem bio adekvatno prihvaćen i da bi efikasno funkcionisao, neophodno je pristupiti i pravovremenoj i adekvatnoj obuci internih učesnika na projektima (izvođača radova, projekatara, investitora) ali i eksternih učesnika u realizaciji projekata. Kako je istraživanje u ovoj disertaciji pokazalo, stručnjaci iz prakse jesu zainteresovani za edukaciju u toj oblasti.

## 7 LITERATURA

- Adams, F. K., 2008. Construction Contract Risk Management: A Study of Practices in the United Kingdom. *Cost Engineering*, 50(1), pp. 22-33.
- Adams, K. F., 2008. Risk Perception and Bayesian Analysis of International Construction Contract Risks: The Case of Payment Delays in a Developing Economy. *International Journal of Project Management*, 26(2), p. 138–148.
- Adlbrecht, G. i Littau, P., 2012. *Kraftwerk Lünen (coal-burning power plant)*. [Online]  
Dostupno na internet adresi: [http://www.mega-project.eu/assets/exp/resources/Megaprojects\\_Kraftwerk\\_L%C3%BCnen\\_Trianel\\_Presentation\\_1.0.pdf](http://www.mega-project.eu/assets/exp/resources/Megaprojects_Kraftwerk_L%C3%BCnen_Trianel_Presentation_1.0.pdf)  
[Pristup: Decembar 2013].
- AIRMIC, ALARM, IRM, 2002. *A Risk Management Standard*. [Online]  
Dostupno na internet adresi: [http://www.theirm.org/publications/documents/Risk\\_Management\\_Standard\\_030820.pdf](http://www.theirm.org/publications/documents/Risk_Management_Standard_030820.pdf)  
[Pristup: 10. 12. 2011.].
- Alfalla-Luque, R. i Medina-López, C., 2012. *High-Speed train in Spain: Seville-Madrid*. [Online]  
Dostupno na internet adresi: [http://www.mega-project.eu/assets/exp/resources/Madrid-Sevilla\\_v1\\_case\\_template\\_-\\_gamma\\_version\\_.pdf](http://www.mega-project.eu/assets/exp/resources/Madrid-Sevilla_v1_case_template_-_gamma_version_.pdf)  
[Pristup: Decembar 2013].
- Ali, R., 2005. The Application of Risk Management in Infrastructure Construction Projects. *Cost Engineering*, 47(8), p. 20–27.
- Andi, 2006. The importance and allocation of risks in Indonesian construction projects. *Construction Management and Economics*, 24(1), p. 69–80.
- Anon., n.d. Riley, D., i Horman, M. (2005). Delivering green buildings: High performance processes for high performance projects. Proc., Engineering.
- Ansar, A. et al., 2014. Should we build more large dams? The actual costs of hydropower megaproject development. *Energy Policy*, 69, pp.43–56.
- Argy, F., 1999. *Infrastructure and Economic Development*, Brisbane, Australia: CEDA - Comitee for Economic Development of Australia: 72.
- Aven, T., Renn, O. i Rosa, A. E., 2011. Review on the Ontological Status of the Concept of Risk. *Safety Science*, Volume 49, p. 1074–1079.
- Baccarini, D. i Archer, R., 2001. The Risk Ranking of Projects: A Methodology. *International Journal of Project Management*, 19(3), pp. 139-145.
- Baltov, M., 2012. *Industrial Zones Development*. [Online]  
Dostupno na internet adresi: [http://www.mega-project.eu/assets/exp/resources/case\\_template\\_-\\_final\\_version\\_InZoBulgaria.pdf](http://www.mega-project.eu/assets/exp/resources/case_template_-_final_version_InZoBulgaria.pdf)  
[Pristup: Decembar 2013].



British Standards, 2010. *BS 6079-3 Project management – Part 3: Guide to the management of business related project risk*. s.l.:British Standards Institute.

Boateng, P., 2012. *Edinburgh tram network project*. [Online]  
Dostupno na internet adresi: [http://www.mega-project.eu/assets/exp/resources/Edinburgh\\_Tram\\_2.pdf](http://www.mega-project.eu/assets/exp/resources/Edinburgh_Tram_2.pdf)  
[Pristup: Decembar 2013]. Chinowsky, P., Diekmann, J. i Galotti, V., 2008. Social Network Model of Construction. *Journal of Construction Engineering And Management*, 134(10), pp. 804 - 812.

British Standards, 2010. *BS 6079-1 Project management – Part 1: Principles and guidelines for the management of projects*. s.l.:British Standards Institute.

British Standards, 2010. *BS 6079-2 Project management – Part 2: Project Management Vocabulary*. s.l.:British Standards Institute.

British Standards, 2010. *BS 6079-4 Project Management - Part 4: Guide to project management in the construction industry*. s.l.:British Standards Institute.

Brockmann, C., 2009. The Mechanics of Collusion. *Organization, Technology and Management in Construction*, 1(2), pp. 51-58.

Brookes, N., 2012. *Greater Gabbard Wind Farm*. [Online]  
Dostupno na internet adresi:  
[http://www.mega-project.eu/assets/exp/resources/Greater\\_Gabbard\\_completed.pdf](http://www.mega-project.eu/assets/exp/resources/Greater_Gabbard_completed.pdf)  
[Pristup: Decembar 2013].

Brookes, N., 2012. *Hinkley Point*. [Online]  
Dostupno na internet adresi:  
[http://www.mega-project.eu/assets/exp/resources/Hinkley\\_Point\\_nuclear\\_newbuild\\_final.pdf](http://www.mega-project.eu/assets/exp/resources/Hinkley_Point_nuclear_newbuild_final.pdf)  
[Pristup: Decembar 2013].

Bryde, D. J. i Brown, D., 2005. The Influence of a Project Performance Measurement System on the Success of a Contract for Maintaining Motorways and Trunk Roads. *Project Management Journal*, 35(4), p. 57– 65.

Bryde, D. J. i Volm, J. M., 2009. Perceptions of owners in German construction projects: congruence with project risk theory. *Construction Management and Economics*, 27(11), p. 1059–1071.

Bunni, N. G., 2003. *Risk and Insurance in Construction*. London, New York: Spon Press.

Bu-Qammar, A. S., Dikmen, I. i Birgonul, M. T., 2009. Risk Assessment of International Construction Projects Using the Analytic Network Process. *Canadian Journal of Civil Engineering*, Volume 36, pp. 1170–1181.

Caldas, C.H. i Soibelman, L., 2003. Automating hierarchical document classification for construction management information systems. *Automation in Construction*, 12(4), pp.395–406.

Camprieu, R. D., Desbiens, J. i Feixue, Y., 2007. ‘Cultural’ differences in project risk perception: An empirical comparison of China and Canada. *International Journal of Project Management*, Volume 25, pp. 683–693.

Cantarelli, C. C., Flyvbjerg, B. i Buhl, S. L., 2012. Geographical variation in project cost performance: the Netherlands versus worldwide. *Journal of Transport Geography*, Volume 24, pp. 324-331.

Carbonneau, R., Laframboise, K. i Vahidov, R., 2008. Application of machine learning techniques for supply chain demand forecasting. *European Journal of Operational Research*, 184(3), pp.1140–1154.

- Cerić, A., 2003. *A Framework for Process-Driven Risk Management in Construction Projects*, PhD thesis. Salford, UK: Research Institute for the Built & Human Environment, School of Construction and Property Management, University of Salford .
- Chawla, K., 1987. *Social Cost-Benefit Analysis*. New Delhi, India: Mittal Publications.
- Chen, J.-H., 2008. KNN based knowledge-sharing model for severe change order disputes in construction. *Automation in Construction*, 17(6), pp.773–779.
- Chen, J.-H. i Hsu, S.C., 2007. Hybrid ANN-CBR model for disputed change orders in construction projects. *Automation in Construction*, 17(1), pp.56–64.
- Cheng, M.-Y., Wu, Y.-W. i Wu, C.-F., 2010. Project success prediction using an evolutionary support vector machine inference model. *Automation in Construction*, 19(3), pp.302–307.
- Čolić, N. Z., 2011. *Conceptual design of flue gases desulphurization at power plant Nikola Tesla B through wet-limestone process*. Belgrade: University of Belgrade, Faculty of Mechanical Engineering.
- Čolić, N. Z., 2011. *Idejno rešenje postrojenja za odsumporavanje dimnih gasova na Termoelektrani „Nikola Tesla B“*. Beograd: Mašinski fakultet Univerziteta u Beogradu.
- Cooke-Davies, T., 2002. The “real” success factors on projects. *International Journal of Project Management*, 20(3), pp. 185-190.
- Cox, R. F., Issa, R. R. A. i Aherns, D., 2003. Management’s perception of key performance indicators for construction. *Journal of Construction Engineering and Management*, 129(2), pp. 142–151.
- Creedy, G. D., 2006. *Risk Factors Leading to Cost Overrun in the Delivery of Highway Construction Projects*, PhD thesis. s.l.:School of Urban Development, Faculty of Built Environment and Engineering, Queensland University of Technology.
- Cristianini, N., 2000. *An introduction to support vector machines: and other kernel-based learning methods*. Cambridge, New York: Cambridge University Press.
- de Abreu e Silva, J. i Pedro, M., 2012. *The High-Speed Project in Portugal*. [Online]  
Dostupno na internet adresi:  
[http://www.mega-project.eu/assets/exp/resources/HSR\\_Portugal\\_template\\_AV\\_IST\\_v5.pdf](http://www.mega-project.eu/assets/exp/resources/HSR_Portugal_template_AV_IST_v5.pdf)  
[Pristup: Decembar 2013].
- Deane, M., 2005. *Costs and benefits of green building*. Washington, D.C., USA, Sustainable Buildings Industry Council.
- Demaid, A. i Quintas, P., 2006. Knowledge across cultures in the construction industry: sustainability, innovation and design. *Technovation*, Volume 26, p. 603–610.
- Dijkgraaf, E. i Vollebergh, H. R. J., 2004. Burn or bury? A social cost comparison of final waste disposal methods. *Ecological Economics*, Volume 50, pp. 233-247.
- Domingos, P. i Pazzani, M., 1997. On the Optimality of the Simple Bayesian Classifier under Zero-One Loss. *Machine Learning*, Volume 29, pp. 103-130.
- Dorn, T., Flamme, S. i Nelles, M., 2012. A review of energy recovery from waste in China. *Waste Management and Research*, 30(4), pp. 432-441.
- Drexhage, J. i Murphy, D., 2012. *Sustainable Development: From Brundtland to Rio 2012*, Montreal, Canada: International Institute for Sustainable Development (IISD).

Eisenhardt, K.M., 1989. Building Theories from Case Study Research. *Academy of Management Review*, 14(4), pp.532–550.

Eisenhardt, K.M. i Graebner, M.E., 2007. THEORY BUILDING FROM CASES: OPPORTUNITIES AND CHALLENGES. *Academy of Management Journal*, 50(1), pp.25–32.

Enache-Pommer, E. i Horman, M., 2009. Key Processes in the Building Delivery of Green Hospitals. *Construction Research Congress*, pp. 636-645.

Eshet, T., Ayalon, O. i Shechter, M., 2005. A critical review of economic valuation studies of externalities from incineration and landfilling. *Waste Management and Research*, Volume 23, pp. 487-504.

Esty, B., 2008. *Modern Project Finance: A Casebook*. s.l.:Wiley.

EU, 2004. *New results of ExternE, after the NewExt and ExtenE-Pol projects.*, s.l.: ExternE.

EU, 2008. *Guide to Cost Benefit Analysis of Investment Projects*. s.l.:European Commission, Directorate General Regional Policy.

EurActiv, 2012. *Euractiv*. [Online]

Dostupno na internet adresi:

<http://www.euractiv.rs/srbija-i-eu/4339-stopa-nezaposlenosti-u-srbiji-rekordnih-255>.

[Pristup: February 2012].

European Commission, 2008. *Guide to Cost-Benefit Analysis of Investment Projects*

Fernández-Sánchez, G. i Rodríguez-Lopez, F., 2010. A Methodology to Identify Sustainability Indicators in Construction Project Management - Application to Infrastructure Projects in Spain. *Ecological Indicators*, Volume 10, p. 1193–1201.

FIDIC, 2004. *Project Sustainability Management Guidelines*, s.l.: FIDIC.

FIDIC, 2012. *State of the World Report 2012 Sustainable Infrastructure*. [Online]

Dostupno na internet adresi: [fidic.org/sites/default/files/sow2012-0822-electronic.pdf](http://fidic.org/sites/default/files/sow2012-0822-electronic.pdf)

[Pristup: 10 February 2013].

Flanagan, R. i Norman, G., 1993. *Risk management and construction*. Victoria, Australia: Blackwell Science Pty Ltd.

Flyvbjerg, B., Bruzelius, N. i Rothengatter, W., 2003. *Megaprojects and Risk: An Anatomy of Ambition*. Cambridge: Cambridge University Press.

Gareis, R. i Weninger, C., 2012. *Vienna Hospital North*. [Online]

Dostupno na internet adresi:

[http://www.mega-project.eu/assets/exp/resources/Vienna\\_Hospital\\_North\\_120423\\_1.pdf](http://www.mega-project.eu/assets/exp/resources/Vienna_Hospital_North_120423_1.pdf)

[Pristup: Decembar 2013].

Geambasu, G., 2011. *Expect the Unexpected: An Exploratory Study on the Conditions and Factors Driving the Resilience of Infrastructure Projects*, PhD thesis. Lausanne: College du Management de la Technologie, Chaire de Logistique, Économie et Management, Section de Management de la Technologie, École Polytechnique Fédérale de Lausanne, the Swiss Confederation.

Gilad, B., 2004. *Early Warning: Using Competitive Intelligence to Anticipate Market Shifts, Control Risks, and Create Powerful Strategies*. New York: AMACOM (American Management Association).

- Gkritska, C. i Labi, S. S., 2008. Estimating cost discrepancies in highway contracts: multistep econometric approach. *Journal of Construction Engineering*, 134(12), p. 953–962.
- Grimsey, D. i Lewis, M. K., 2004. *Public Private Partnerships - The worldwide Revolution in Infrastructure Provision and Project Finance*. Cheltenham, UK: Edward Elgar Publishing Inc..
- Guyon, I., Gunn, S., Nikraves, M. i Zadeh, L. A., 2006. *Feature extraction, foundations and applications*. s.l.:Springer.
- Hair, J. F. J., Black, W. C., Babin, B. J. i Anderson, R. E., 2009. *Multivariate Data Analysis*. 7th ed. s.l.:Prentice Hall.
- Hall, M. A., 1999. *Correlation-based Feature Selection for Machine Learning*, PhD thesis. Hamilton, New Zealand: Department of Computer Science, University of Waikato.
- Hirschman, A. O., 1967. *Development Projects Observed*. s.l.:Brookings Institution Press.
- Holm, M. K. S., 2000. *Economic Appraisal of Large Scale Transport Infrastructure Investments*, PhD thesis. s.l.:Department of Development and Planning, Aalborg University, Denmark.
- Ika, L. A., 2009. Project success as a topic in project management journals. *Project Management Journal*, 40(4), pp. 6-19.
- Ika, L. A., Diallo, A. i Thuillier, D., 2012. Critical success factors for World Bank projects: An empirical investigation. *International Journal of Project Management*, 30(1), pp. 105-116.
- Institut za puteve a.d., 2009. *Idejni projekat auto-puta E – 80 Niš (Prosek) – Dimitrovgrad (granica Bugarske), sektor 1 Prosek – Crvena Reka, Studija o proceni uticaja na životnu sredinu*. Beograd
- Institut za puteve a.d., 2010.a *Idejni projekat auto-puta E – 80 Niš (Prosek) – Dimitrovgrad (granica Bugarske), sektor 2 i 3 Crvena reka – Piroć, Studija o proceni uticaja na životnu sredinu*. Beograd
- Institut za puteve a.d., 2005. *Idejni projekat auto-puta E – 80 Niš (Prosek) – Dimitrovgrad (granica Bugarske), Severna obilaznica Dimitrovgrada – sektor 5, Studija o proceni uticaja na životnu sredinu*. Beograd
- Institut za puteve a.d., 2010.b *Idejni projekat auto-puta E – 80 Niš (Prosek) – Dimitrovgrad (granica Bugarske), Studija opravdanosti*. Beograd
- International Organization for Standardization, 2009. *ISO 31000:2009 - Risk Management - Principles and Guidelines*.
- International Organization for Standardization, 2009. *ISO 31010:2009 - Risk Management - Risk Assessment Techniques*.
- International Organization for Standardization, 2009. *ISO Guide 73:2009 - Risk Management - Vocabulary*.
- Irimia-Diéguez, A. I., Sanchez-Cazorla, A. i Alfalla-Luque, R., 2014. Risk Management in Megaprojects. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 119(March), p. 407–416.
- ISO, 2009. *31000 Risk Management standard*.
- Ivković, B. i Popović, Ž., 2005. *Upravljanje projektima u građevinarstvu*. Beograd: Građevinska knjiga.
- Javno preduzeće Putevi Srbije, 2009. *Koridor X Idejni projekat auto-puta E-80 Niš – Dimitrovgrad deonica: Prosek – granica Bugarske, Izveštaj o zaštiti životne sredine*. Beograd.

Jenpanitsub, A., 2011. *Cost Overruns in Transport Projects - Experiences from Sweden. Master of Sciences Thesis*. Stockholm: Division of Transport and Location Analysis, Department of Transport Science, KTH Royal Institute of Technology.

John, G. H., Kohavi, R. i Pflieger, K., 1994. *Irrelevant features and the subset selection problem in Eleventh International Conference on Machine Learning*. New Brunswick, NJ, Morgan Kaufmann, pp. 121-129.

Kaplan, P. O., DeCarolis, J. i Thorneloe, S., 2009. Is It Better To Burn or Bury Waste for Clean Electricity Generation?. *Environmental Science and Technology*, 43(6), p. 1711-1717.

Kim, H., Stumpf, A. i Kim, W., 2011. Analysis of an energy efficient building design through data mining approach. *Automation in Construction*, 20(1), pp.37-43.

Klotz, L. i Horman, M., 2010. Counterfactual Analysis of Sustainable Project Delivery Processes. *Journal of Construction Engineering and Management*, 136(5), p. 595-605.

Koridori Srbije, 2012. Projekat Istok: Auto-put E80 Niš - Dimitrovgrad. [Online] Dostupno na internet adresi: <http://koridorisrbije.rs/projekat-istok> [Pristup: Oktobar 2014].

Korkmaz, S., Riley, D. i Horman, M. I., 2010. Piloting evaluation metrics for sustainable, high performance building project delivery. *Journal of Construction Engineering and Management*, 136(8), pp. 877-885.

Kovačević, A., 2011. *Automatizovano izdvajanje semantike iz naučnih članaka iz oblasti informatike, doktorska disertacija*. Novi Sad: Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka.

Kovačević, M., 2003. *Automatsko prikupljanje i klasifikacija HTML dokumenata primenom tehnika mašinskog učenja, doktorska disertacija*. Beograd: Elektrotehnički fakultet, Univerzitet u Beogradu.

Kovacic, I., 2012. *Collaborative Planning Practice for Sustainable Buildings - A Case Study Research*. International Scientific Conference People, Buildings and Environment 2012, Faculty of Civil Engineering, Brno University of Technology, Czech Republic, pp. 26-37.

Lam, K.C., Palaneeswaran, E. i Yu, C., 2009. A support vector machine model for contractor prequalification. *Automation in Construction*, 18(3), pp.321-329.

Lapinski, A. R., Horman, M. J. i Riley, D. R., 2006. Lean processes for sustainable project delivery. *Journal of Construction Engineering and Management*, 132(10), pp. 1083-1091.

Lavrač, N. et al. eds., 2003. *Knowledge Discovery in Databases: PKDD 2003*, Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.

le Cessie, S. i van Houwelingen, J., 1992. Ridge Estimators in Logistic Regression. *Applied Statistics*, 41(1), pp. 191-201.

Le, T., Caldas, C. H., Gibson, G. E. i Thole, M., 2009. Assessing Scope and Managing Risk in the Highway Project Development Process. *Journal of Construction Engineering and Management*, 135(9), pp. 900-910.

Ling, F. U., Chen, S. L., Chong, E. i Ee, L. P., 2004. Predicting performance of design-build and design-bid-build projects. *Journal of Construction Engineering and Management*, 130(1), pp. 75-83.

Locatelli, G., Littau, P., Brookes, N. J. i Mancini, M., 2014. Project characteristics enabling the success of megaprojects: an empirical investigation in the energy sector. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 119(March), pp. 625-634.

- Locatelli, G. i Mancini, M., 2010. Risk management in a mega-project: the Universal EXPO 2015 case. *International Journal of Project Organisation and Management*, 2(3), pp. 236 - 253.
- Locatelli, G. i Mancini, M., 2012. *Flamanville 3 Nuclear Power Plant*. [Online]  
Dostupno na internet adresi: [http://www.mega-project.eu/assets/exp/resources/Flamanville\\_NPP\\_V02.pdf](http://www.mega-project.eu/assets/exp/resources/Flamanville_NPP_V02.pdf)  
[Pristup: Decembar 2013].
- Łukasiewicz, A., 2012. *Motorway A2*. [Online]  
Dostupno na internet adresi:  
[http://www.mega-project.eu/assets/exp/resources/A2\\_Nowy\\_Tomys\\_i\\_A\\_Lukasiewicz\\_3.pdf](http://www.mega-project.eu/assets/exp/resources/A2_Nowy_Tomys_i_A_Lukasiewicz_3.pdf)  
[Pristup: Decembar 2013].
- Lyons, T. i Skitmore, M., 2004. Project risk management in the Queensland engineering construction industry: a survey. *International Journal of Project Management*, 22(1), pp. 51-61.
- M. Baltov, 2012. *Design and Development of High-Technology Park Sofia*. [Online]  
Dostupno na internet adresi:  
[http://www.mega-project.eu/assets/exp/resources/case\\_template\\_-\\_final\\_version\\_TechParkSofia.pdf](http://www.mega-project.eu/assets/exp/resources/case_template_-_final_version_TechParkSofia.pdf)  
[Pristup: December 2013].
- Maksymiuk-Dziuban, A. i Banasik, K., 2012. *Flood protection project in Poland; "Raciborz"*. [Online]  
Dostupno na internet adresi:  
[http://www.mega-project.eu/assets/exp/resources/case\\_template\\_-\\_Raciborz-1-9.08.2012AM\\_1.pdf](http://www.mega-project.eu/assets/exp/resources/case_template_-_Raciborz-1-9.08.2012AM_1.pdf)  
[Pristup: Decembar 2013].
- Mancini, M. i Locatelli, G., 2012. *CSP Andasol Solar Power Station*. [Online]  
Dostupno na internet adresi:  
[http://www.mega-project.eu/assets/exp/resources/Andasol\\_V03\\_case\\_template.pdf](http://www.mega-project.eu/assets/exp/resources/Andasol_V03_case_template.pdf)  
[Pristup: Decembar 2013].
- Mancini, M. i Locatelli, G., 2012. *ROVIGO Liquefied Natural Gas (LNG) TERMINAL*. [Online]  
Dostupno na internet adresi:  
[http://www.mega-project.eu/assets/exp/resources/Adriatic\\_LNG\\_-\\_V02\\_1.pdf](http://www.mega-project.eu/assets/exp/resources/Adriatic_LNG_-_V02_1.pdf)  
[Pristup: Decembar 2013].
- Medina-López i Alfalla-Luque, 2012. *High-Speed Train in Spain: Madrid-Barcelona-French frontier (Figueres)*. [Online]  
Dostupno na internet adresi:  
[http://www.mega-project.eu/assets/exp/resources/Madrid-Barcelona\\_v2\\_case\\_template\\_-\\_gamma\\_version\\_.pdf](http://www.mega-project.eu/assets/exp/resources/Madrid-Barcelona_v2_case_template_-_gamma_version_.pdf)  
[Pristup: Decembar 2013].
- MEGAPROJECT, 2012. *COST Action TU1003: Megaprojects, effective design and delivery of megaprojects in the European Union*. [Online]  
Dostupno na internet adresi: [www.mega-project.eu](http://www.mega-project.eu)  
[Pristup: Januar 2013].
- Mendel, G., 2012. Keeping it simple? A case study into the advantages and disadvantages of reducing complexity in mega project planning. *International Journal of Project Management*, 30(7), pp. 781-790.
- Merkle, M., 2010. *Verovatnoća i statistika za inženjere i studente tehnike*. Beograd: Akademska misao.
- Merrow, E. W., 2011. *Industrial Megaprojects Concepts, Strategies, and Practices for Success*. Hoboken, New Jersey, USA: John Wiley and Sons.
- Mikić, M., Andrić, J. i Ivković, B., 2013. Pristup i računarski program za analizu finansijskih i ekonomskih rizika pri izradi studije opravdanosti. *Izgradnja*, 67(11-12), pp. 461-468.

- Mikić, M., Arizanović, D. i Ivanišević, N., 2012. *Risks in Infrastructure Construction Projects and BIM as a Risk Avoiding Technique - Serbian Market Survey*. Brno, Czech Republic, Brno University of Technology, Faculty of Civil Engineering, pp. 331-340.
- Mikić, M. i Naunović, Z., 2012. *Financial, Economic and Risk Analysis of an Incineration Project in a Developing Country*. Athens, Greece, The National Technical University of Athens.
- Mikić, M. i Naunović, Z., 2013. A sustainability analysis of an incineration project in Serbia. *Waste Management and Research*, 31(11), p. 1102–1109.
- Mikić, M., Petojević, Z. i Ivanišević, N., 2013. *Critical Risks in Serbian Infrastructure Projects*. Dubrovnik, Croatia, Faculty of Civil Engineering, University of Zagreb.
- Mikić, M., Petojević, Z., Ivković, B. i Ivanišević, N., 2012. *Project Risk Management and BIM Application in Serbia – Survey Results*. Belgrade, University of Belgrade, Faculty of Architecture, pp. 117-123.
- Milosevic, D. Z., 2003. *Project Management ToolBox: Tools and Techniques for the Practicing Project Manager*. Hoboken, New Jersey: John Wiley and Sons.
- Ministarstvo građevinarstva i urbanizma, 2012. Pravilnik o sadržini i obimu prethodnih radova, prethodne studije opravdanosti i studije opravdanosti. *Službeni glasnik Republike Srbije*, Volume 1.
- Ministarstvo za infrastrukturu Republike Srbije, 2010. *Manual Cost Benefit Analysis*. [Online] Dostupno na internet adresi: [http://www.putevisrbije.rs/strategijapdf/Manual\\_Cost\\_Benefit\\_Analysis.pdf](http://www.putevisrbije.rs/strategijapdf/Manual_Cost_Benefit_Analysis.pdf) [Pristup: November 2012].
- Mišković, V., 2008. *Induktivno učenje razumljivog znanja na osnovu oskudnih obučavajućih skupova, doktorska disertacija*. Beograd: Univerzitet Singidunum, Fakultet za informatiku i menadžment.
- Mišković, V. i Milosavljević, M., 2010. *Ugrađeni metodi selekcije atributa u algoritmima induktivnog učenja*. Beograd, In proceeding of: ETRAN 2010.
- Mitchel, T. M., 1997. *Machine Learning*. New York: McGraw-Hill .
- Moret, Y., 2011. *Modeling Cost and Time Uncertainty in the Rail Line Construction, PhD thesis*. s.l.:Massachusetts Institute of Technology.
- Morris, R. A., 2008. Stop the insanity of failing projects. *Industrial Management*, 50(6), pp. 20-24.
- Musgrave, R. A., 1959. *The Theory of Public Finance*. New York, USA: McGraw-Hill.
- National Institute of Building Sciences (NIBS), 2006. *The whole building design guide*. [Online] Dostupno na internet adresi: <http://www.wbdg.org> [Pristup: Oktobar 2009].
- Ness, B., Urbel-Piirsalu, E., Anderbergd, S. i Olssona, L., 2007. Categorising tools for sustainability assessmen. *Ecological Economics*, Volume 60, pp. 498-508.
- NIBS, 2006. *National Institute of Building Sciences, The whole building design guide*. [Online] Dostupno na internet adresi: [www.wbdg.org](http://www.wbdg.org) [Pristup: Oktobar 2009].
- Novakovic, J., 2009. *Using Information Gain Attribute Evaluation to Classify Sonar Targets*. Belgrade, Serbia, 17th Telecommunications forum TELFOR 2009 .

- Oates, D. i Sullivan, K. T., 2012. Postoccupancy Energy Consumption Survey of Arizona's LEED New Construction Population. *Journal of Construction Engineering and Management*, 138(6), pp. 742-750.
- Olander, S. i Landin, A., 2008. A comparative study of factors affecting the external stakeholder management process. *Construction Management and Economics*, 26(6), p. 553 – 561.
- Oliveira, L. B. i Rosa, L. P., 2003. Brazilian waste potential: energy, environmental, social and economic benefits.. *Energy Policy*, Volume 31 , pp. 1481-1491.
- OMEGA Centre, 2012. *Mega Projects Executive Summary*, London, UK: Barlett School of Planning University College London.
- Osipova, E., 2008. *Risk management in construction projects: a comparative study of the different procurement options in Sweden*, PhD thesis. s.l.:Lulea University of Technology, Department of Civil, Mining and Environmental Engineering.
- Pau, L.-F., 2012. *Anholt offshore Wind Farm*. [Online]  
Dostupno na internet adresi:  
[http://www.mega-project.eu/assets/exp/resources/Anholt\\_case\\_template\\_\(2\).pdf](http://www.mega-project.eu/assets/exp/resources/Anholt_case_template_(2).pdf)  
[Pristup: Decembar 2013].
- Perminova, O., Gustafsson, M. i Wikstrom, K., 2008. Defining Uncertainty in Projects – A New Perspective. *International Journal of Project Management*, 26(1), pp. 73-79.
- PGGGC, 1999. *Guidelines for creating high performance green buildings*, Pennsylvania Governor's Green Government Council. [Online]  
Dostupno na internet adresi: [www.gggc.state.pa.us/publicctn/gbguides.html](http://www.gggc.state.pa.us/publicctn/gbguides.html)  
[Pristup: Oktobar 2009].
- PMI, 2008. *A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK Guide)*. 4th ed. Pennsylvania USA: Project Management Institute.
- PMI, 2009. *Practice Standard for Project Risk Management*. Pennsylvania USA: Project Management Institute.
- PMI, 2013. *A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK Guide)*. 5th ed. Pennsylvania USA: Project Management Institute..
- Popović, Ž., 2009. *Odštetni zahtevi u građevinarstvu*. Beograd: Građevinska knjiga.
- Rabl, A., Spadaro, J. V. i Zoughaib, A., 2008. Environmental impacts and costs of solid waste: a comparison of landfill and incineration. *Waste Management and Research*, Volume 26, pp. 147-162.
- Rand, T., Haukohl, J. i Marxen, T., 2000. *Municipal Solid Waste Incineration: Requirements for a successful project*, s.l.: World Bank Technical Paper No. 462.
- Raz, T. i Michael, E., 2001. Use and benefits of tools for project risk management. *International Journal of Project Management*, Volume 19, pp. 9-17.
- Reich, Y. i Barai, S.V., 1999. Evaluating machine learning models for engineering problems. *Artificial Intelligence in Engineering*, 13(3), pp.257–272.
- Remenyi, D. i Heafield, A., 1996. Business process re-engineering: some aspects of how to evaluate and manage the risk exposure. *International Journal of Project Management*, 14(6), pp. 349-357.
- Rijsbergen, C. J. V., 1979. *Information Retrieval*. 2nd ed. Newton, MA, USA: Butterworth-Heinemann.



Riley, D. i Horman, M., 2005. *Delivering green buildings: High performance processes for high performance projects*. s.l., Proc., Engineering Sustainability 2005: Conf. of the Mascaro Sustainability Initiative.

Riley, D., Magent, C. i Horman, M., 2004. *Sustainable metrics: A design process model for high performance buildings*. s.l., Proc., CIB World Building Congress.

RS, 1996. *Prostorni plan Republike Srbije*. s.l.:Službeni Glasnik Republike Srbije, 13/96.

Salling, K. B., 2008. *Assessment of Transport Projects Risk Analysis and Decision Support*, PhD thesis. s.l.:Department of Transport, Technical University of Denmark, Denmark..

Samui, P., 2008. Support vector machine applied to settlement of shallow foundations on cohesionless soils. *Computers and Geotechnics*, 35(3), pp.419–427.

Saobraćajni institut CIP d.o.o, 2009. *Idejni projekat auto-puta E – 80 Niš (Prosek) – Dimitrovgrad (granica Bugarske), Deonica: Pirot (istok)-Dimitrovgrad (granica Bugarske), poddeonica Pirot (istok)-Dimitrovgrad, Studija o proceni uticaja na životnu sredinu*. Beograd

Sebastiani, F., 1999. Machine learning in automated text categorization. *ACM Computing Surveys*, 34(1), pp. 1-47.

Son, H., Kim, C. i Kim, C., 2012. Hybrid principal component analysis and support vector machine model for predicting the cost performance of commercial building projects using pre-project planning variables. *Automation in Construction*, 27, pp.60–66.

Shen, L., Tam, V. W. Y., Tam, L. i Ji, Y., 2010. Project feasibility study: the key to successful implementation of sustainable and socially responsible construction management practice. *Journal of Cleaner Production*, 18(4), p. 254–259.

Simeunovic, V. i Milosavljevic, M., 2009. *Logistička regresija kao osnova mašinskog učenja*, Naučni skup sa međunarodnim učešćem *Sinergija 2009*. Bijeljina, Univerzitet Sinergija.

Singh, R. K., Murty, H. R., Gupta, S. K. i K, D. A., 2009. An overview of Sustainability Assessment Methodologies. *Ecological Indicators*, Volume 9, p. 189 – 212.

Son, H., Kim, C. i Kim, C., 2012. Hybrid principal component analysis and support vector machine model for predicting the cost performance of commercial building projects using pre-project planning variables. *Automation in Construction*, 27(November), p. 60–66.

Sovacool, B.K., Gilbert, A. i Nugent, D., 2014. Risk, innovation, electricity infrastructure and construction cost overruns: Testing six hypotheses. *Energy*, 74, pp.906–917.

Spang, K. i Kümmerle, M., 2012. New stretch of track:High Speed Railway Nuremberg-Ingolstadt. [Online]

Dostupno na internet adresi:

[http://www.mega-project.eu/assets/exp/resources/Case\\_Template\\_Nuremberg-Ingolstadt\\_final.pdf](http://www.mega-project.eu/assets/exp/resources/Case_Template_Nuremberg-Ingolstadt_final.pdf)  
[Prstup: Decembar 2013].

Sung-HoonAn et al., 2007. Application of Support Vector Machines in Assessing Conceptual Cost Estimates.

Špirkova, D. i Ivanička, K., 2012. *NPP Mochovce - Units 3 and 4 - Case Study*. [Online]

Dostupno na internet adresi: [http://www.mega-](http://www.mega-project.eu/assets/exp/resources/Case_study_NPP_Mochovce_Spirkova_Ivanicka_(2).pdf)

[project.eu/assets/exp/resources/Case\\_study\\_NPP\\_Mochovce\\_Spirkova\\_Ivanicka\\_\(2\).pdf](http://www.mega-project.eu/assets/exp/resources/Case_study_NPP_Mochovce_Spirkova_Ivanicka_(2).pdf)  
[Pristup: Decembar 2013].

- Storto, C. I., 2012. *MOSE project*. [Online]  
Dostupno na internet adresi: [http://www.mega-project.eu/assets/exp/resources/MOSE\\_completed\\_-\\_Burgas\\_Feb\\_9-10\\_with\\_photos\\_3.pdf](http://www.mega-project.eu/assets/exp/resources/MOSE_completed_-_Burgas_Feb_9-10_with_photos_3.pdf)  
[Pristup: Decembar 2013].
- Swarup, L., Korkmaz, S. i Riley, D., 2011. Project Delivery Metrics for Sustainable, High-Performance Buildings. *Journal of Construction Engineering and Management*, 137(12), p. 1043 – 1051.
- Taroun, A., Yang, J. B. i Lowe, D., 2011. Construction Risk Modelling and Assessment: Insights from a Literature Review. *The Built & Human Environment Review*, 4(1), pp. 87-97.
- Tegeltija, M., 2014. *Analiza kritičnih faktora za uspeh mega projekata, master teza*. Beograd: Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu.
- Terje, A., Renn, O. i Rosa, A. E., 2011. Review On the Ontological Status of the Concept of Risk. *Safety Science*, 49(2011), pp. 1074-1079.
- Thomas, A. V., Kalidindi, S. N. i Ananthanarayanan, K., 2003. Risk perception analysis of BOT road project participants in India. *Construction Management and Economics*, 21(4), p. 393–407.
- Tkalac, V. A., Sinčić, Č. D. i Pološki, V. N., 2010. *Priručnik za metodologiju istraživačkog rada*. Zagreb: M.E.P..
- UNEP, 2002. *Capacity Building for Sustainable Development: An Overview of UNEP Environmental Capacity Development Activities*. [Online]  
Dostupno na internet adresi: [http://www.unep.org/Pdf/Capacity\\_building.pdf](http://www.unep.org/Pdf/Capacity_building.pdf)  
[Pristup: Novembar 2011].
- Uredba o merama podsticaja za povlašćene proizvođače električne energije, 2013. Vlada Republike Srbije. *Službeni glasnik Republike Srbije*, 8(13).
- USGBC, 2008. *United States Green Building Council Research Committee: A national green building research agenda*. [Online]  
Dostupno na internet adresi: <http://www.usgbc.org/ShowFile.aspx?>  
[Pristup: Oktobar 2010].
- Vapnik, V., 1998. *Statistical learning theory*. New York: Wiley.
- Vlada Republike Srbije, 2010. *Strategija upravljanja otpadom za period 2010-2019. godine*, Beograd: Službeni glasnik Republike Srbije br. 88/10.
- Vujić, G. et al., 2008. *Studija mogućnosti korišćenja komunalnog otpada u energetske svrhe (Waste to Energy) na teritoriji autonomne pokrajine Vojvodine i Republike Srbije*, Novi Sad: Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, Departman za inženjerstvo zaštite životne sredine.
- Vujić, G. et al., 2009. *Utvrđivanje sastava otpada i procene količine u cilju definisanja strategije upravljanja sekundarnim sirovinama u sklopu održivog razvoja Republike Srbije*, Novi Sad: Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, Departman za inženjerstvo zaštite životne sredine.
- Vujić, G. et al., 2011. *Regionalni plan upravljanja otpadom za grad Novi Sad i opštine Bačka Palanka, Bački Petrovac, Beočin, Žabalj, Srbobran, Temerin i Vrbas.*, Novi Sad: Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, Departman za inženjerstvo zaštite životne sredine.
- Wang, S. Q., Dulaimi, M. F. i Aguria, M. Y., 2004. Risk Management Framework for Construction Projects in Developing Countries. *Construction Management and Economics*, 22(3), p. 237–252.

- Wang, Y. i Gibson, G. E., 2010. A study of preproject planning and project success using ANNs and regression models. *Automation in Construction*, 19(3), p. 341–346.
- Ward, S. i Chapman, C., 2003. Transforming Project Risk Management into Project Uncertainty Management. *International Journal of Project Management*, Volume 21, pp. 97-105
- Ward, S. i Chapman, C., 2008. Stakeholders and uncertainty management in projects. *Construction Management and Economics*, 26(6), pp. 563-577.
- Wennström, J., 2012. *Norra Länken ("the Northern Link")*. [Online]  
Dostupno na internet adresi:  
[http://www.mega-project.eu/assets/exp/resources/Megaproject\\_CaseStudy\\_NorraLanken\\_3.pdf](http://www.mega-project.eu/assets/exp/resources/Megaproject_CaseStudy_NorraLanken_3.pdf)  
[Pristup: Decembar 2013].
- Williams, P., 2005. *Waste Treatment and Disposal*. 2nd ed. Chichester, England: John Wiley and Sons.
- Williams, T., 1995. A classified bibliography of recent research relating to project risk management. *European Journal of Operational Research*, 85(1), p. 18–38.
- Williams, T.P. i Gong, J., 2014. Predicting construction cost overruns using text mining, numerical data and ensemble classifiers. *Automation in Construction*, 43, pp.23–29.
- Wilson, C. et al., 2012. Comparative analysis of solid waste management in 20 cities. *Waste Management and Research*, 30(3), pp. 237-254.
- Witten, I. H., Frank, E. i Hall, M. A., 2011. *Data mining: practical machine learning tools and techniques*. 3rd ed. Burlington, USA: Morgan Kaufmann publishers.
- Yin, R.K., 2009. Case Study Research: Design and Methods L. Bickman & D. J. Rog, eds., Sage Publications.
- Yun, S. i Caldas, C.H., 2009. Analysing decision variables that influence preliminary feasibility studies using data mining techniques. *Construction Management and Economics*, 27(1), pp.73–87.
- Zakon o budžetskom sistemu, 2013. Vlada Republika Srbije, Beograd: Službeni glasnik Republike Srbije, br. 54/2009, 73/2010, 101/2010, 101/2011, 93/2012, 62/2013, 63/2013 - ispr. i 108/2013.
- Zakon o planiranju i izgradnji, 2013. Vlada Republike Srbije, Beograd: Službeni glasnik RS, br. 72/2009, 81/2009, 64/2010, 24/2011, 121/2012, 42/2013 (Odluka Ustavnog suda), 50/2013 (Odluka Ustavnog suda), 54/2013 (Rešenje Ustavnog suda).
- Zakon o proceni uticaja na životnu sredinu, 2009. Vlada Republike Srbije, Beograd: Službeni glasnik Republike Srbije br. 135/2004 i 36/2009.
- Zakon o upravljanju otpadom, 2010. Vlada Republike Srbije, Beograd: Službeni glasnik Republike Srbije br. 36/09 i 88/10.
- Zayed, T., Amer, M. i Pan, J., 2008. Assessing Risk and Uncertainty Inherent in Chinese Highway Projects Using AHP. *International Journal of Project Management*, 26(4), p. 408–419.
- Zhao, H., 2008. Slope reliability analysis using a support vector machine. *Computers and Geotechnics*, 35(3), pp.459–467.
- Zou, P. X. W., Zhang, G. i Wang, J., 2007. Understanding the Key Risks in Construction Projects in China. *International Journal of Project Management*, 25(6), p. 601–614.

## **8 PRILOZI**

1. Prilog 1: Anketni upitnik korišćen za kvantitativno istraživanje sa rezultatima deskriptivne statističke analize prikupljenih podataka
2. Prilog 2: Tabelarni prikaz vrednosti atributa po projektima
3. Prilog 3: Prikaz osnovnih podataka o analiziranim kapitalnim objektima infrastrukture (studije slučaja prikupljene u okviru COST akcije TU1003)
4. Prilog 4: Detaljni rezultati proračuna primenom softvera za analizu podataka metodama mašinskog učenja

## 8.1 PRILOG 1: ANKETNI UPITNIK KORIŠĆEN ZA KVANTITATIVNO ISTRAŽIVANJE SA REZULTATIMA DESKRIPTIVNE STATISTIČKE ANALIZE PRIKUPLJENIH PODATAKA

U okviru ovog priloga, najpre je dat uvodni tekst i objašnjenje uz anketni upitnik.

U nastavku su, po delovima ankete, prikazana postavljena pitanja, ponuđeni odgovori, broj i procentualno učešće za različite ponuđene odgovore u okviru pitanja, a data je i grafička prezentacija procentualnog učešća različitih odgovora i deskriptivna statistička analiza.

Podaci su prikazani dvojezično (na engleskom i srpskom jeziku).

**Questionnaire with basic statistical analysis of collected data: Key Risks in Infrastructure Construction Projects in Serbia /**

**Anketni upitnik sa osnovnom statističkom analizom prikupljenih podataka: Rizici na projektima izgradnje infrastrukture**

### **Introductory Explanation / Uvodno objašnjenje:**

The explanation, questions and answers are given firstly in English, then, after the slash, in Serbian. / Objašnjenje, pitanja i odgovori su dati najpre na engleskom, a zatim, iza kose crte, na srpskom.

**Explanation:** The Survey consists of 3 parts. The FIRST PART contains 7 general questions. In the SECOND PART, there are 11 questions which examine the practice of construction project management in Serbia, as well as the usage, necessity and problems related to construction project risk management practice. Risk is here defined as an event that could potentially impact the basic project performance goals (costs, time and quality). 5 (five) questions in the THIRD PART aim to identify the main sources of risks on infrastructure construction projects.

If you would like to receive survey results, please leave an e-mail contact in the field at the end of survey. We are very grateful for your time and effort.

Miljan Mikic, MSc CE, teaching assistant, PhD student

Department of Management, Technology and Information Technology in Construction Industry, FACULTY OF CIVIL ENGINEERING, UNIVERSITY OF BELGRADE /

**Objašnjenje:** Anketa se sastoji od 3 dela. PRVI DEO čini 7 opštih pitanja. DRUGI DEO sadrži 11 pitanja koja istražuju praksu upravljanja građevinskim projektima u Srbiji, u vezi sa planiranjem i kontrolom bitnih parametara uspešnosti na projektu: troškova izgradnje, vremena za realizaciju, kvaliteta izvedenih radova. Ovaj deo takođe analizira primenu, potrebu i probleme u vezi sa praksom upravljanja rizikom - rizičnim događajima i okolnostima, koje potencijalno mogu da ugroze osnovne projektne ciljeve (troškove, rokove, kvalitet). TREĆI DEO se sastoji od 5 pitanja sa ciljem identifikacije glavnih izvora rizika u vezi sa troškovima projekta, dinamikom realizacije i kvalitetom radova na projektima izgradnje infrastrukture.

Ukoliko biste želeli da dobijete rezultate ankete, molim Vas da ostavite svoj e-mail kontakt u polju na kraju ankete.

Hvala Vam veliko na izdvojenom vremenu i trudu.

Miljan Mikić, dipl. inž. građ., asistent, student doktorskih studija

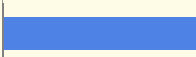

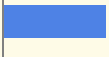

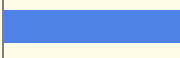

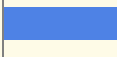

Katedra za Menadžment, tehnologiju i informatiku u građevinarstvu, GRAĐEVINSKI FAKULTET UNIVERZITETA U BEOGRAD

**DEO I – OPŠTA PITANJA**

**1. My profession is: / Po zanimanju sam:**

#	Answer / Odgovor	Response / Broj	%
1	Construction or Civil Engineer / Dipl. Građ. Inženjer ili građ. Inženjer	35	95%
2	Mechanical Engineer / Dipl. Maš. Inženjer ili mašinski inž.	0	0%
3	Electrical Engineer / Dipl. Inž. Elektrotehnike ili inž elektr.	1	3%
4	Architect / Arhitekta	1	3%
5	Economist / Ekonomista	0	0%
6	Lawyer / Pravnik	0	0%
7	Other / Drugo	0	0%
	Total / Ukupno	37	100%

**2. In construction industry, I have worked as an (check one or more answers): / U građevinarstvu radim kao (obeležiti jedan ili više odgovora):**

#	Answer / Odgovor		Response / Broj	%
1	Designer / Projektant		15	41%
2	Contractor / Izvođač		14	38%
3	Investor / Investitor		8	22%
4	Project Manager / Projekt menadžer		20	54%
5	Consultant / Konsultant		14	38%
6	Supervising Engineer / Nadzor		9	24%
7	In company management team / U upravljanju kompanijom		9	24%
8	Other / Drugo		6	16%

**3. So far, I have worked in a (check one or more answers): /Do sada sam radio u (obeležiti jedan ili više odgovora):**

#	Answer / Odgovor		Response / Broj	%
1	Designer company / Projektantskoj firmi		20	54%
2	Contractor company / Izvođačkoj firmi		23	62%
3	Investor company / Investitorskoj firmi		15	41%
4	Consulting services / Konsultantskoj firmi		12	32%
5	State or local administration / Državnoj ili lokalnoj upravi		5	14%
6	Education / Obrazovanju		12	32%
7	Other / Drugo		1	3%

**4. Number of years of my work experience in preparation of studies and design: / Broj godina radnog iskustva koje imam u pripremi studija i projektovanju:**

#	Answer		Response / Broj	%
1	No such experience / Nemam iskustva u toj oblasti		6	16%
2	Less than 5 / Manje od 5		12	32%
3	5 – 10		5	14%
4	10 – 15		4	11%
5	More than 15 / Više od 15		10	27%
	Total / Ukupno		37	100%



**5. Number of years of my work experience on construction sites and activities that follow construction: / Broj godina radnog iskustva koje imam u izvođenju radova na gradilištu i pratećim aktivnostima:**

#	Answer / Odgovor		Response / Broj	%
1	No such experience / Nemam iskustva u toj oblasti		3	8%
2	Less than 5 / Manje od 5		12	32%
3	5 – 10		9	24%
4	10 – 15		4	11%
5	More than 15 / Više od 15		9	24%
	Total / Ukupno		37	100%

**6. Type of infrastructure construction projects that I have taken part in (check one or more answers): / Tip projekata izgradnje infrastrukture na kojima sam učestvovao/la (obeležiti jedan ili više odgovora):**

#	Answer / Odgovor		Response / Broj	%
1	Road and motorway infrastructure / Putna infrastruktura		25	71%
2	Railroad network / Železnička infrastruktura		5	14%
3	Water supply and sewage system / Vodovodna i kanalizaciona infrastruktura		15	43%
4	Electricity, telecommunication system / Elektro i telekomunikaciona mreža		5	14%
5	Gas infrastructure / Gasna infrastruktura		5	14%

**7. The value of the largest infrastructure project that I have taken part in (in Millions EUR): /  
Vrednost najvećeg projekta na kom sam učestvovao/la u (u milionima EUR)**

#	Answer		Response / Broj	%
1	Less than 1 / Manja od 1		3	8%
2	1 – 5		4	11%
3	5 – 10		2	5%
4	More than 10 / Više od 10		28	76%
	Total / Ukupno		37	100%

**DEO II - Postojanje prakse upravljanja projektima u Srbiji, kao i postojanje prakse i problemi u vezi sa  
praksom upravljanja rizicima na projektima u Srbiji**

**1. I am familiar with PROJECT management tools and techniques (for planning and control, among  
other, project cost, time and quality). / Upoznat sam sa tehnikama i alatima za upravljanje  
PROJEKTIMA (za planiranje i kontrolu, između ostalog, troškova, vremena, kvaliteta).**

#	Answer / Odgovor		Response / Broj	%
1	Very familiar / Veoma dobro		21	57%
2	Familiar / Dobro		9	24%
3	Partly familiar / Delimično		6	16%
4	I know something/ Znam ponešto		1	3%
5	Not familiar at all / Uopšte nisam upoznat		0	0%
	Total / Ukupno		37	100%

**2. I utilize PROJECT management tools and techniques in everyday work activities. (mark the frequency on a scale from very often to not at all) / Koristim tehnike i alate za upravljanje PROJEKTIMA u svakodnevnim poslovnim aktivnostima. (označite koliko često na skali od veoma često do uopšte ne)**

#	Answer / Odgovor	1	2	3	4	5		Mean / Sred. vr.
1	1-very often / veoma često: 5-not at all / uopšte ne	14	7	9	6	1	37	2.27

Descriptive Statistics / Deskriptivna statistička analiza	1-very often / veoma često: 5-not at all / uopšte ne
Min Value / Min. vrednost	1
Max Value / Maks. vrednost	5
Mean / Srednja vrednost	2,27
Variance / Varijansa	1,48
Standard Deviation / Standardna devijacija	1,22
Total Responses / Ukupno odgovora	37

**3. Does your company has a certificate for implementation of a standard/system for PROJECT management? / Da li Vaša kompanija poseduje sertifikat za uvedeni standard/sistem za upravljanje PROJEKTIMA?**

#	Answer / Odgovor		Response / Broj	%
1	Yes / Da		6	16%
2	No / Ne		14	38%
3	No, but some techniques are utilized / Ne, ali se koriste neke tehnike		14	38%
4	I don't know / Ne znam		3	8%
	Total / Ukupno		37	100%

**4. I am familiar with project RISK management tools and techniques (for identification, analysis, assesment, treatment and control of potential risk events with consequences to project cost, time, quality) . / Upoznat sam sa tehnikama i alatima za upravljanje projektnim RIZICIMA (za identifikaciju, analizu, procenu, utvrđivanje mera za tretman i kontrolu mogućih rizičnih događaja sa posledicama po troškove, rok izgradnje i kvalitet radova).**

#	Answer / Odgovor		Response / Broj	%
1	Very familiar / Veoma dobro		6	16%
2	Familiar / Dobro		8	22%
3	Partly familiar / Delimično		11	30%
4	I know something/ Znam ponešto		10	27%
5	Not familiar at all / Uopšte nisam upoznat		2	5%
	Total / Ukupno		37	100%

Statistic	Value
Min Value / Min. vrednost	1
Max Value / Maks. vrednost	5
Mean / Srednja vrednost	2,84
Variance / Varijansa	1,36
Standard Deviation / Standardna devijacija	1,17
Total Responses	37

**5. Project RISK management is an important area of project management. / Upravljanje projektom RIZICIMA je značajna oblast upravljanja projektima.**

#	Answer / Odgovor		Response / Broj	%
1	Strongly Agree / U potpunosti se slažem		25	68%
2	Agree / Uglavnom se slažem		11	30%
3	Neither Agree or Disagree / Niti se slažem niti se ne slažem		1	3%
4	Disagree / Uglavnom se ne slažem		0	0%
5	Strongly Disagree / U potpunosti se ne slažem		0	0%
	Total / Ukupno		37	100%

Statistic	Value
Min Value / Min. vrednost	1
Max Value / Maks. vrednost	3
Mean / Srednja vrednost	1,35
Variance / Varijansa	0,29
Standard Deviation / Standardna devijacija	0,54
Total Responses / Ukupno odgovora	37

**6. Project RISK management application is important for success of the construction project (in relation to cost, time and quality goals). / Primena upravljanja projektnim RIZICIMA je značajna za uspeh građevinskog projekta (u smislu ostvarenja ciljanih troškova, rokova, kvaliteta radova).**

#	Answer / Odgovor		Response / Broj	%
1	Strongly Agree / U potpunosti se slažem		23	62%
2	Agree / Uglavnom se slažem		13	35%
3	Neither Agree or Disagree / Niti se slažem niti se ne slažem		1	3%
4	Disagree / Uglavnom se ne slažem		0	0%
5	Strongly Disagree / U potpunosti se ne slažem		0	0%
	Total / Ukupno		37	100%

**7. Project RISK management should be applied on construction projects in Serbia. / Upravljanje projektnim RIZICIMA treba primenjivati na građevinske projekte u Srbiji.**

#	Answer / Odgovor		Response / Broj	%
1	Strongly Agree / U potpunosti se slažem		26	70%
2	Agree / Uglavnom se slažem		9	24%
3	Neither Agree or Disagree / Niti se slažem niti se ne slažem		2	5%
4	Disagree / Uglavnom se ne slažem		0	0%
5	Strongly Disagree / U potpunosti se ne slažem		0	0%
	Total / Ukupno		37	100%

Statistic	Value
Min Value / Min. vrednost	1
Max Value / Maks. vrednost	3
Mean / Srednja vrednost	1,35
Variance / Varijansa	0,35
Standard Deviation / Standardna devijacija	0,59
Total Responses / Ukupno odgovora	37

**8. I utilize project RISK management tools and techniques in everyday work activities. (mark the frequency on a scale from very often to not at all) / Koristim tehnike i alate za upravljanje projektним RIZICIMA u svakodnevnim poslovnim aktivnostima. (označite koliko često na skali od veoma često do uopšte ne)**

#	Answer / Odgovor	1	2	3	4	5		Mean / Srednja vrednost
1	1-very often / veoma često: 5-not at all / uopšte ne	2	4	13	12	6	37	3.43





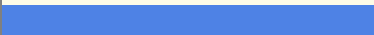

Statistic	very often / veoma često: not at all / uopšte ne
Min Value / Min. vrednost	1
Max Value / Maks. vrednost	5
Mean / Srednja vrednost	3,43
Variance / Varijansa	1,14
Standard Deviation / Standardna devijacija	1,07
Total Responses / Ukupno odgovora	37

**9. In my company there is implemented standard/system for project RISK management. / U mojoj firmi je uveden standard/sistem za upravljanje projektним RIZICIMA.**

#	Answer / Odgovor		Response / Broj	%
1	Yes / Da		2	5%
2	No / Ne		27	73%
3	No, but some techniques are utilized / Ne, ali se koriste neke tehnike		6	16%
4	I don't know / Ne znam		2	5%
	Total / Ukupno		37	100%



**10. Major problems of RISK management practical application on projects in Serbia are (check one or more answers): / Glavni problemi u vezi sa praktičnom primenom upravljanja projektnim RIZICIMA na projektima u Srbiji su (obeležiti jedan ili više odgovora):**

#	Answer / Odgovor		Response / Broj	%
1	Political (no interest for full project control) / Politički (nema interesa da se projekat u potpunosti kontroliše )		21	57%
2	Financial (lack of financial resources)/ Finansijski (nedostatak sredstava)		15	41%
3	Organizational (lack of knowledge and competence for appliance, lack of resources) / Organizacioni (nedostatak znanja i obučenosti za primenu, nedostatak resursa)		33	89%
4	Legal (no mandatory methods and procedures defined) / Pravni (nepostojanje obaveznih metoda i procedura)		17	46%
5	No recognition of importance from top management / Ne prepoznavanje značaja od strane rukovodstva		29	78%
6	Other, please write: / Drugi, dopišite:		3	8%

Other, please write: / Drugi, dopišite:

dodela neodgovarajućih uloga učesnicima projekta

KORUPCIJA U GRADJEVINARSTVU, NEPOSTOVANJE PRAVILA STUKE

**11. I am interested in finding out more about project RISK management. (mark the level of interest from very much to not at all) / Zainteresovan/a sam da saznam više o upravljanju projektnim rizicima. (označite nivo zainteresovanosti, na skali od veoma do uopšte ne)**

#	Question	1	2	3	4	5		Mean / Srednja vrednost
1	1-very much / veoma: 5-not at all / uopšte ne	22	11	3	1	0	37	1,54

Statistic	very much / veoma: not at all / uopšte ne
Min Value / Min. vrednost	1
Max Value / Maks. vrednost	4
Mean / Srednja vrednost	1,54
Variance / Varijansa	0,59
Standard Deviation / Standardna devijacija	0,77
Total Responses / Ukupno odgovora	37

**DEO III – EVALUACIJA VEROVATNOĆE I UTICAJA PONUĐENIH RIZIKA NA PROJEKTNE CILJEVE (TROŠKOVE, ROKOVE, KVALITET)**

**1. Please evaluate probability of occurrence for each of following infrastructure project risks (firstly, general market risk are given - marked yellow, then risk in feasibility and design phase - marked green, and finally risk in construction phase - marked orange): / Molimo procenite verovatnoću da se svaki od narednih rizika dogodi na projektu izgradnje infrastrukture (najpre su dati opšti rizici tržišta - označeno žutom bojom, zatim rizici u fazi formiranja koncepcije i projektovanja - označeno zelenom bojom i na kraju rizici u fazi izvođenja - označeno narandžastom bojom):**

#	Predefined Risk List / Ponuđena lista rizika	1 – very high probability / veoma velika verovatnoća	2 – high probability / velika verovatnoća	3 – medium probability / umerena verovatnoća	4 – low probability / mala verovatnoća	5 – very low probability / veoma mala verovatnoća		Mean / Srednja vrednost
1	1. Political risks in Serbia (instability of political conditions, political pressure and impact) / Politički rizik u Srbiji (politička nestabilnost, politički pritisak i uticaj)	14	14	7	1	0	36	1,86
2	2. Domestic market financial risk (instability of economic conditions) / Finansijski rizik domaćeg tržišta (ekonomska nestabilnost i inflacija, produženi rokovi plaćanja)	16	16	5	0	0	37	1,70
3	3. Legal risk in Serbia (change of regulations, delay of approvals) / Pravni rizik u Srbiji (promena zakonske i stručne regulative, kašnjenje dozvola, odobrenja)	8	18	8	3	0	37	2,16
4	4. Corruption / Korupcija	14	8	10	1	0	33	1,94
5	5. Inadequate initial surveys conducted (location, geology, geotechnics, hydrology...) / Nedostaci u prethodnim radovima (nedovoljni i/ili nekvalitetno izvedeni istražni radovi...)	7	18	8	4	0	37	2,24
6	6. Inadequate Terms of Reference / Nedostaci u projektnom zadatku (nepotpun, neadekvatan)	10	11	10	3	2	36	2,33

7	7. Design contract issues (deadline, price) / (Problemi usled uslova ugovora o projektovanju (loše ugovoreni uslovi po projektanta, naročito rok i cena)	11	11	9	5	1	37	2,30
8	8. Design company organizational issues (weak design project management, lack of qualified design engineers, lack of business standards and organization) / Organizacioni problemi firme projektanta (nepostojanje/nedostaci u upravljanju projektovanjem, nedostatak stručnog kadra za projektovanje, nestandardizovano poslovanje i neadekvatna organizacija projektantske kompanije)	4	14	16	2	1	37	2,51
9	9. Design technology issues (lack of standards and technical guidelines, lack of knowledge and appliance of advanced methods, technologies and softwares) / Tehnološki problemi u projektovanju (nedostatak standarda i tehničkih normativa, nedovoljno poznavanje i primena savremenih metoda, tehnologija i softvera za projektovanje)	1	12	11	11	2	37	3,03
10	10. Inadequate control from customer in design phase / Nedostatak kontrole kvaliteta od strane naručioca u fazi projektovanja	15	6	13	3	0	37	2,11
11	11. Unforeseen ground conditions / Nepredviđeni podzemni uslovi (nepoznati hidro-geološki, geotehnički uslovi na lokaciji/trasi, podzemne instalacije, arheologija)	6	10	15	5	1	37	2,59
12	12. Design defects (incl. BoQ) which lead to numerous changes and variations /Nedostaci u projektno-tehničkoj dokumentaciji (konceptualne greške, nepotpunost dokumentacije, greške i nedostaci u predmeru i predračunu i sl., što rezultuje brojnim izmenama i naknadnim radovima)	8	13	13	3	0	37	2,30
13	13. Contractual issues (inadequate contract model, strict conditions towards contractor, tight deadline,	7	20	8	2	0	37	2,14

	low prices, inadadvance payment structure, bad wording, incompleteness, potential claims and disputes) / Problemi proistekli iz ugovornih uslova (neadekvatan model ugovora, loše ugovoreni uslovi po izvođača, niska cena, nepovoljna struktura avansa, kratak rok, neprecizna formulacija, nepotpunost, potencijalni klejmovi i arbitraža)							
14	14. Contractor company organizational issues (weak project management performed by contractor, lack in management and engineers skills and know-how, lack of business standards and organization...) / Organizacioni problemi firme izvođača (neadekvatno upravljanje projektom od strane izvođača, nedovoljna obučenost menadžmenta kompanije, inženjera, neobučenost radne snage, nestandardizovano poslovanje, neorganizovanost...)	9	16	10	1	1	37	2,16
15	15. Construction technology issues (lack of knowledge and application of advanced methods, technologies, equipment, materials and softwares) / Tehnološki problemi u fazi izvođenja (nepoznavanje i neprimenjivanje savremenih tehnologija građenja, oprema, materijala, softvera...)	4	11	16	4	2	37	2,70
16	16. Resource issues (problems with borrow pits, specific materials and equipment procurement, change of material prices, lack of engineers, lack of qualified labor force) / Problemi u vezi sa resursima (problemi sa nalazištima i pozajmištima materijala, problemi u vezi sa nabavkom specifičnih materijala, mehanizacije i opreme, promena cena materijala, nedostatak stručnog inženjerskog kadra, nedostatak kvalifikovane radne snage)	4	6	19	7	1	37	2,86
17	17. Bad quality of materials / Loš kvalitet materijala	0	4	17	14	2	37	3,38
18	18. Lack of financial resources for project realization / Nedostatak finansijskih sredstava za	12	18	5	2	0	37	1,92

	realizaciju projekta							
19	19. Lack of control and support from the Engineer, Engineer's incompetence / Neadekvatna kontrola i podrška od strane nadzora i/ili Inženjera, nestručnost nadzora i/ili Inženjera	3	10	17	5	2	37	2,81
20	20. Exproipriation problems / Problemi sa eksproprijacijom	8	15	7	3	2	35	2,31
21	21. Unforeseen extremely adverse climatic conditions / Nepredviđeni, ekstremno nepovoljni klimatski uslovi	0	1	10	21	5	37	3,81
22	22. Accidents on construction site (health and safety issues, environmental issues) / Nesreće na gradilištu (problemi u vezi za zaštitom na radu, zaštitom životne sredine)	3	1	14	17	2	37	3,38
23	23. Force Majeure / Viša sila	0	1	8	15	13	37	4,08
24	Other, please write: / Drugi, dopišite:	1	1	0	1	0	3	2,33

Other, please write: / Drugi, dopišite:

dodela neodgovarajućih uloga na projektu

Descriptive Statistics / Deskriptivna statistička analiza	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.	21.	22.	23.
Min Value / Min. vrednost	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	2	1	2
Max Value / Maks. vrednost	4	3	4	4	4	5	5	5	5	4	5	4	4	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5
Mean / Srednja vrednost	1,86	1,70	2,16	1,94	2,24	2,33	2,30	2,51	3,03	2,11	2,59	2,30	2,14	2,16	2,70	2,86	3,38	1,92	2,81	2,31	3,81	3,38	4,08
Variance / Varijansa	0,69	0,49	0,75	0,87	0,80	1,31	1,27	0,76	0,97	1,10	1,03	0,83	0,62	0,86	0,99	0,90	0,58	0,69	0,94	1,22	0,49	0,91	0,69
Stand. Deviation / Stand. devijacija	0,83	0,70	0,87	0,93	0,89	1,15	1,13	0,87	0,99	1,05	1,01	0,91	0,79	0,93	1,00	0,95	0,76	0,83	0,97	1,11	0,70	0,95	0,83
Total Responses / Ukupno odgovora	36	37	37	33	37	36	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	35	37	37	37

**2. Please evaluate the impact of following risks on infrastructure project COST INCREASING (risks are defined in details in previous question): / Molimo procenite uticaj narednih rizika na POVEĆANJE TROŠKOVA projekta izgradnje infrastrukture (rizici su detaljno definisani u prethodnom pitanju):**

#	Predefined Risk List / Ponuđena lista rizika	1 – very high impact / veoma veliki uticaj	2 – high impact / veliki uticaj	3 – medium impact / umereni uticaj	4 – low impact / mali uticaj	5 – negligible impact / zanemarljiv uticaj		Mean / Srednja vrednost
1	1. Political risks in Sebia / Politički rizik u Srbiji	9	14	11	3	0	37	2,22
2	2. Domestic market financial risk / Finansijski rizik domaćeg tržišta	6	18	12	1	0	37	2,22
3	3. Legal risk in Serbia / Pravni rizik u Srbiji	1	17	14	4	1	37	2,65
4	4. Corruption / Korupcija	15	10	6	5	0	36	2,03
5	5. Inadequate initial surveys conducted / Nedostaci u prethodnim radovima	10	15	9	3	0	37	2,14
6	6. Inadequate Terms of Reference / Nedostaci u projektnom zadatku	11	12	11	0	3	37	2,24
7	7. Design contract issues / Problemi usled uslova ugovora o projektovanju	5	10	16	5	1	37	2,65
8	8. Design company organizational issues / Organizacioni problemi firme projektanta	4	6	22	4	1	37	2,78
9	9. Design technology issues / Tehnološki problemi u projektovanju	4	7	16	8	1	36	2,86
10	10. Inadequate control from customer in design phase / Nedostatak kontrole kvaliteta od strane naručioca u fazi projektovanja	6	14	13	1	1	35	2,34
11	11. Unforseen ground conditions / Nepredviđeni podzemni uslovi	8	13	12	3	1	37	2,35
12	12. Design defects (incl. BoQ) / Nedostaci u projektno-tehničkoj dokumentaciji	16	12	5	4	0	37	1,92
13	13. Contractual issues / Problemi proistekli iz ugovornih uslova	6	18	7	6	0	37	2,35



14	14. Contractor company organizational issues / Organizacioni problemi firme izvođača	3	16	14	3	1	37	2,54
15	15. Construction technology issues / Tehnološki problemi u fazi izvođenja	3	12	14	6	1	36	2,72
16	16. Resource issues / Problemi u vezi sa resursima	2	9	18	7	1	37	2,89
17	17. Bad quality of materials / Loš kvalitet materijala	3	5	15	12	2	37	3,14
18	18. Lack of financial resources for project realization / Nedostatak finansijskih sredstava za realizaciju projekta	14	11	10	1	1	37	2,03
19	19. Lack of control and support from the Engineer, Engineer's incompetence / Neadekvatna kontrola i podrška od strane nadzora i/ili Inženjera, nestručnost nadzora i/ili Inženjera	3	16	6	9	2	36	2,75
20	20. Expropriation problems / Problemi sa eksproprijacijom	11	13	7	4	1	36	2,19
21	21. Unforeseen extremely adverse climatic conditions / Nepredviđeni, ekstremno nepovoljni klimatski uslovi	2	5	9	14	7	37	3,51
22	22. Accidents on site / Nesreće na gradilištu	3	4	9	17	4	37	3,41
23	23. Force Majeure / Viša sila	2	5	6	13	11	37	3,70
24	Other, please write: / Drugi, dopišite:	2	0	1	0	2	5	3,00

Other, please write: / Drugi, dopišite:

dodela neodgovarajućih uloga učesnicima projekta

Descriptive Statistics / Deskriptivna statistička analiza	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.	21.	22.	23.
Min Value / Min. vrednost	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Max Value / Maks. vrednost	4	4	5	4	4	5	5	5	5	5	5	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Mean / Srednja vrednost	2,22	2,22	2,65	2,03	2,14	2,24	2,65	2,78	2,86	2,34	2,35	1,92	2,35	2,54	2,72	2,89	3,14	2,03	2,75	2,19	3,51	3,41	3,70
Variance / Varijansa	0,84	0,56	0,68	1,17	0,84	1,30	0,96	0,79	0,98	0,82	1,01	1,02	0,90	0,76	0,89	0,77	1,01	1,03	1,22	1,19	1,26	1,19	1,44
Stand. Deviation / Stand. devijacija	0,92	0,75	0,82	1,08	0,92	1,14	0,98	0,89	0,99	0,91	1,01	1,01	0,95	0,87	0,94	0,88	1,00	1,01	1,11	1,09	1,12	1,09	1,20
Total Responses / Ukupno odgovora	37	37	37	36	37	37	37	37	36	35	37	37	37	37	36	37	37	37	36	36	37	37	37

**3. Please evaluate the impact of following risks on infrastructure project TIME PERFORMANCE (risks are defined in details in question No. 1 in part 3 of survey): / Molimo procenite uticaj narednih rizika na PREKORAČENJE ROKA ZAVRŠETKA projekta izgradnje infrastrukture (rizici su detaljno definisani u pitanju br. 1 u delu 2 ankete):**

#	Predefined Risk List / Ponuđena lista rizika	1 – very high impact / veoma veliki uticaj	2 – high impact / veliki uticaj	3 – medium impact / umereni uticaj	4 – low impact / mali uticaj	5 – negligible impact / zanemarljiv uticaj	Total / Ukupno	Mean / Srednja vrednost
1	1. Political risks in Serbia / Politički rizik u Srbiji	15	11	3	6	2	37	2,16
2	2. Domestic market financial risk / Finansijski rizik domaćeg tržišta	14	12	4	6	1	37	2,14
3	3. Legal risk in Serbia / Pravni rizik u Srbiji	7	11	12	6	1	37	2,54
4	4. Corruption / Korupcija	13	12	4	6	1	36	2,17
5	5. Inadequate initial surveys conducted / Nedostaci u prethodnim radovima	10	14	7	3	2	36	2,25
6	6. Inadequate Terms of Reference / Nedostaci u projektnom zadatku	9	12	10	3	2	36	2,36
7	7. Design contract issues / Problemi usled uslova ugovora o projektovanju	4	12	11	7	2	36	2,75
8	8. Design company organizational issues / Organizacioni problemi firme projektanta	3	13	12	6	2	36	2,75
9	9. Design technology issues / Tehnološki problemi u projektovanju	3	8	14	9	2	36	2,97
10	10. Inadequate control from customer in design phase / Nedostatak kontrole kvaliteta od strane naručioca u fazi projektovanja	5	11	13	5	2	36	2,67
11	11. Unforeseen ground conditions / Nepredviđeni podzemni uslovi	11	11	9	4	2	37	2,32
12	12. Design defects (incl. BoQ) / Nedostaci u projektno-tehničkoj dokumentaciji	12	11	10	3	1	37	2,19

13	13. Contractual issues / Problemi proistekli iz ugovornih uslova	5	13	13	5	1	37	2,57
14	14. Contractor company organizational issues / Organizacioni problemi firme izvođača	8	15	10	3	1	37	2,30
15	15. Construction technology issues / Tehnološki problemi u fazi izvođenja	2	16	14	4	1	37	2,62
16	16. Resource issues / Problemi u vezi sa resursima	3	13	12	6	3	37	2,81
17	17. Bad quality of materials / Loš kvalitet materijala	1	7	15	10	4	37	3,24
18	18. Lack of financial resources for project realization / Nedostatak finansijskih sredstava za realizaciju projekta	19	13	3	1	1	37	1,70
19	19. Lack of control and support from the Engineer, Engineer's incompetence / Neadekvatna kontrola i podrška od strane nadzora i/ili Inženjera, nestručnost nadzora i/ili Inženjera	5	10	13	7	2	37	2,76
20	20. Expropriation problems / Problemi sa eksproprijacijom	15	11	6	3	2	37	2,08
21	21. Unforeseen extremely adverse climatic conditions / Nepredviđeni, ekstremno nepovoljni klimatski uslovi	3	8	8	13	5	37	3,24
22	22. Accidents on site / Nesreće na gradilištu	3	5	8	15	6	37	3,43
23	23. Force Majeure / Viša sila	4	5	6	12	10	37	3,51
24	Other, please write: / Drugi, dopišite:	0	2	0	0	0	2	2,00

Other, please write: / Drugi, dopišite:

dodela neodgovarajućih uloga učesnicima projekta

Descriptive Statistics / Deskriptivna statistička analiza	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.	21.	22.	23.
Min Value / Min. vrednost	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Max Value / Maks. vrednost	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Mean / Srednja vrednost	2,16	2,14	2,54	2,17	2,25	2,36	2,75	2,75	2,97	2,67	2,32	2,19	2,57	2,30	2,62	2,81	3,24	1,70	2,76	2,08	3,24	3,43	3,51
Variance / Varijansa	1,64	1,40	1,14	1,40	1,28	1,27	1,16	1,05	1,06	1,14	1,39	1,16	0,97	0,99	0,74	1,16	0,97	0,88	1,19	1,41	1,41	1,36	1,76
Stand. Deviation / Stand. devijacija	1,28	1,18	1,07	1,18	1,13	1,13	1,08	1,02	1,03	1,07	1,18	1,08	0,99	1,00	0,86	1,08	0,98	0,94	1,09	1,19	1,19	1,17	1,33
Total Responses / Ukupno odgovora	37	37	37	36	36	36	36	36	36	36	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37

**5. Mark for each of the following risks has it usually been insured on projects you have been engaged ? / Označite za svaki od narednih rizika da li je bio osiguran na projektima na kojima ste bili angažovani ?**

#	Predefined Risk List / Ponuđena lista rizika	1 – Yes / Da	2 – No / Ne	3 – This risk can not be insured / Ovaj rizik se ne može osigurati	Total / Ukupno	Mean / Srednja vrednost
1	1. Political risks in Sebia / Politički rizik u Srbiji	1	10	25	36	2,67
2	2. Domestic market financial risk / Finansijski rizik domaćeg tržišta	6	17	12	35	2,17
3	3. Legal risk in Serbia / Pravni rizik u Srbiji	3	17	15	35	2,34
4	4. Corruption / Korupcija	1	12	23	36	2,61
5	5. Inadequate initial surveys conducted / Nedostaci u prethodnim radovima	4	26	5	35	2,03
6	6. Inadequate Terms of Reference / Nedostaci u projektnom zadatku	4	28	3	35	1,97
7	7. Design contract issues / Problemi usled uslova ugovora o projektovanju	3	30	2	35	1,97
8	8. Design company organizational issues / Organizacioni problemi firme projektanta	4	25	6	35	2,06
9	9. Design technology issues / Tehnološki problemi u projektovanju	4	27	4	35	2,00
10	10. Inadequate control from customer in design phase / Nedostatak kontrole kvaliteta od strane naručioca u fazi projektovanja	3	29	3	35	2,00
11	11. Unforeseen ground conditions / Nepredviđeni podzemni uslovi	8	25	2	35	1,83
12	12. Design defects (incl. BoQ) / Nedostaci u projektno-tehničkoj dokumentaciji	5	27	3	35	1,94
13	13. Contractual issues / Problemi proistekli iz ugovornih uslova	8	22	5	35	1,91
14	14. Contractor company organizational issues / Organizacioni problemi firme izvođača	3	27	5	35	2,06
15	15. Construction technology issues / Tehnološki problemi u fazi izvođenja	7	24	4	35	1,91
16	16. Resource issues / Problemi u vezi sa resursima	5	26	4	35	1,97
17	17. Bad quality of materials / Loš kvalitet materijala	8	23	3	34	1,85
18	18. Lack of financial resources for project realization / Nedostatak finansijskih sredstava za realizaciju projekta	10	23	2	35	1,77

19	19. Lack of control and support from the Engineer, Engineer's incompetence / Neadekvatna kontrola i podrška od strane nadzora i/ili Inženjera, nestručnost nadzora i/ili Inženjera	4	27	3	34	1.97
20	20. Expropriation problems / Problemi sa eksproprijacijom	2	25	6	33	2.12
21	21. Unforeseen extremely adverse climatic conditions / Nepredviđeni, ekstremno nepovoljni klimatski uslovi	21	13	2	36	1.47
22	22. Accidents on site / Nesreće na gradilištu	22	13	1	36	1.42
23	23. Force Majeure / Viša sila	16	15	5	36	1.69
24	Other, please write: / Drugi, dopišite:	1	5	0	6	1.83

Other, please write: / Drugi, dopišite:

neadekvatna dodela uloga učesnicima projekta

## **8.2 PRILOG 2: TABELARNI PRIKAZ VREDNOSTI ATRIBUTA PO PROJEKTIMA**



ATRIBUTI / PROJEKTI		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Kategorija	Oznaka	Athens ring road	VMO Brno	A2	Norra Lancken	Edinb. Tram	Nur. - Ingol.	HSR Portugal	HSR Barc. - Fig	HSR Madrid-Seville	Raciborz reservoir	MOSE	Flamanville 3	Hinkley	Moch	Olkil. 3	Oskarsh.	Andasol
Prekoračenje troškova	Y1	-	1	1	-	1	1	-	1	1	-	1	1	-	1	1	1	0
Kašnjenje u fazi građenja	Y2	1	1	0	-	1	0	-	1	1	-	1	1	-	1	1	1	0
Kašnjenje u fazi planiranja	Y3	0	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	-	0	1	1

Učesnici na projektu - INTERNI	A1.1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0	
	A1.2	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	
	A1.3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	
	A1.4	0	1	1	1	1	1	1	-	1	1	1	1	1	1	-	1	-	1
	A1.5	1	0	-	0	0	1	1	1	0	0	1	1	-	-	-	0	0	1
	A1.6	0	0	0	0	0	-	1	0	0	-	1	1	0	0	0	0	0	0
	A1.7	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0
Učesnici na projektu - EKSTERNI	A2.1	0	1	0	1	-	1	0	0	-	-	0	1	1	1	1	1	0	
	A2.2	1	0	1	1	1	1	1	-	-	1	1	1	0	0	0	0	1	
	A2.3	0	0	1	1	0	0	0	-	-	1	0	1	1	1	1	1	0	
	A2.4	1	0	1	1	1	1	1	1	-	-	1	1	0	-	1	0	-	
	A2.5	-	0	-	0	-	0	-	-	-	-	0	-	-	-	-	1	-	
Spoljašnje okruženje projekta - PRAVNO	B1.1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	-	0	1	1	0	
	B1.2	0	-	-	0	1	0	-	-	-	-	-	1	-	1	1	-	0	
	B1.3	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	-	0	1	1	0	
	B1.4	1	1	1	1	-	1	0	1	1	1	1	1	1	1	-	1	1	
Spoljašnje okruženje projekta - DRUŠTVENO-EKONOMSKO	B2.1	1	0	1	-	1	1	1	-	-	1	0	1	1	-	1	1	-	
	B2.2	1	0	0	1	0	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	
	B2.3	-	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	-	1	0	1	
	B2.4	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	-	1	
	B2.5	1	1	0	1	1	-	0	1	1	1	0	1	1	-	1	1	-	
	B2.6	1	1	-	0	1	0	0	0	0	0	1	-	1	-	0	-	-	
	B2.7	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	
	B2.8	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	
Spoljašnje okruženje projekta - POLITIČKO	B3.1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	
	B3.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	-	0	
	B3.3	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	-	1	
	B3.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	
Upravljanje projektom	C1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-	-	1	-	-	-	
	C2	1	-	1	1	1	1	1	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	
	C3	1	-	-	1	1	1	1	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	
	C4	1	1	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	1
	C5	0	0	-	0	1	0	-	1	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-
	C6	1	-	1	1	0	1	1	-	-	1	1	1	1	-	0	-	-	
	C7	1	1	1	1	1	1	1	-	-	1	1	0	-	-	0	-	-	
Tehnološki aspekti	D1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	
	D2	0	1	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	-	1	
	D3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	-	1	
	D4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	-	1	
	D5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	
	D6	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	M	M	E	E	E	E	E	
	D7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	
	D8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	D9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Razno	E1	-	-	-	-	0	-	-	-	-	-	0	-	0	1	-	0	-	
	E2	1	0	1	0	0	-	1	0	0	0	1	0	-	1	0	0	1	

ATRIBUTI / PROJEKTI		18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34
Kategorija	Oznaka	Adriatic LNG	Datteln	Lunen	Moorb.	Anholt Offshore	Greater Gabbard	BAB20	M6	Beneluxl	Airports Cyprus	Meteor	JLE	Attiko Metro	Millau	Rion - Antirion Bridge	Tiergart. Tunnel	Oresund Link
Prekoračenje troškova	Y1	1	-	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	1
Kašnjenje u fazi građenja	Y2	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0
Kašnjenje u fazi planiranja	Y3	1	-	0	-	-	-	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1

Učesnici na projektu - INTERNI	A1.1	1	-	1	-	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1	-	0
	A1.2	1	-	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	A1.3	0	-	0	-	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1
	A1.4	-	-	-	-	-	-	-	1	1	1	1	1	1	1	1	-	-
	A1.5	0	-	0	-	-	0	1	0	1	0	1	1	0	1	0	-	-
	A1.6	0	-	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1	0	1	0
	A1.7	0	-	0	0	0	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1
Učesnici na projektu - EKSTERNI	A2.1	1	-	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1
	A2.2	1	-	1	0?	-	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0
	A2.3	0	-	0	0	-	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0
	A2.4	-	-	1	-	1	1	1	0	1	-	0	1	0	-	1	1	0
	A2.5	0	-	0	0	-	-	0	1	-	0	0	0	0	0	0	0	0
Spoljašnje okruženje projekta - PRAVNO	B1.1	0	-	1	1	-	0	-	-	0	-	-	-	0	-	-	-	1
	B1.2	0	-	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	B1.3	0	-	0	1	-	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1
	B1.4	0	-	-	-	1	1	-	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Spoljašnje okruženje projekta - DRUŠTVENO-EKONOMSKO	B2.1	1	-	-	-	1	-	-	1	-	1	-	1	-	1	1	-	1
	B2.2	0	-	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1
	B2.3	0	-	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0
	B2.4	0	-	0	1	0	0	-	0	-	-	0	0	-	1	0	0	0
	B2.5	0	-	1	-	-	1	-	1	-	1	0	1	1	0	1	-	0
	B2.6	-	-	-	-	-	-	0	0	0	-	1	-	0	0	0	-	0
	B2.7	0	-	0	1	1	1	1	0	0	-	0	0	0	1	0	0	0
	B2.8	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0
Spoljašnje okruženje projekta - POLITIČKO	B3.1	0	-	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	B3.2	0	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	B3.3	1	-	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
	B3.4	0	-	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Upravljanje projektom	C1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	C2	-	-	1	1	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	C3	-	-	1	1	1	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	C4	-	-	1	-	1	-	-	0	1	0	-	-	1	0	1	-	0
	C5	0	-	-	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	C6	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
	C7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-
Tehnološki aspekti	D1	0	-	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	D2	1	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	D3	0	-	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	-
	D4	1	-	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
	D5	1	-	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1
	D6	E	E	E	E	E	E	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	D7	0	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	D8	1	-	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	-	1	0	1
	D9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Razno	E1	-	-	-	-	1	-	-	-	1	-	-	-	0	-	-	-	-
	E2	1	-	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0	1	1	1	0	1

ATRIBUTI / PROJEKTI		35	36	37	38	39	40	41	42	43	44
Kategorija	Oznaka	Arlanda RL	HSL Zuid	HSR Cologne - Frankfurt	CTRL	TGV MED	Crossrail	HSR 1	HSR 2	Thamesl	WCML
Prekoračenje troškova	Y1	0	1	0	1	0	-	1	-	-	1
Kašnjenje u fazi građenja	Y2	0	1	1	1	1	-	1	-	1	0
Kašnjenje u fazi planiranja	Y3	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1

Učesnici na projektu - INTERNI	A1.1	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0
	A1.2	0	1	1	0	0	1	0	0	1	1
	A1.3	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1
	A1.4	1	1	-	-	-	1	-	-	1	-
	A1.5	0	-	1	1	1	1	0	1	-	1
	A1.6	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1
	A1.7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Učesnici na projektu - EKSTERNI	A2.1	0	1	1	1	1	-	0	1	-	0
	A2.2	1	0	1	0	0	1	1	0	0	1
	A2.3	1	1	1	0	0	1	0	0	-	1
	A2.4	1	1	1	1	1	-	0	-	-	-
	A2.5	0	-	-	0	0	1	0	-	-	0
Spoljašnje okruženje projekta - PRAVNO	B1.1	-	0	0	0	1	1	-	1	1	1
	B1.2	0	0	0	0	0	0	-	0	-	-
	B1.3	1	1	1	1	1	1	1	-	1	1
	B1.4	1	1	1	-	1	1	1	1	1	1
Spoljašnje okruženje projekta - DRUŠTVENO- EKONOMSKO	B2.1	1	-	-	-	-	1	1	1	1	1
	B2.2	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0
	B2.3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	B2.4	0	-	-	0	-	-	1	-	-	-
	B2.5	1	-	-	-	0	1	1	1	1	1
	B2.6	-	1	-	0	-	1	-	-	0	-
	B2.7	0	0	-	0	0	0	0	-	-	-
	B2.8	0					0	0	0	0	0
Spoljašnje okruženje projekta - POLITIČKO	B3.1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
	B3.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	B3.3	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1
	B3.4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Upravljanje projektom	C1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	C2	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-
	C3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	C4	0	1	1	0	-	-	-	-	-	-
	C5	0	0	1	0	0	-	0	-	-	0
	C6	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-
	C7	-	-	-	-	1	1	-	-	1	-
Tehnološki aspekti	D1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	D2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	D3	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0
	D4	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
	D5	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0
	D6	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	D7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	D8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	D9	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Razno	E1	-	-	-	-	-	0	-	0	-	0
	E2	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1

### **8.3 PRILOG 3: PRIKAZ OSNOVNIH PODATAKA O ANALIZIRANIM KAPITALNIM INFRASTRUKTURNIM PROJEKTIMA (STUDIJE SLUČAJA PRIKUPLJENE U OKVIRU COST AKCIJE TU1003)**

U ovom prilogu date su osnovne informacije o sledećim studijama slučaja:

Projekat 1: Železnička pruga za saobraćaj vozova velikih brzina: Nirnberg – Ingolštat, Nemačka

Projekat 2: Auto-put – obilaznica oko Atine, Grčka

Projekat 3: Auto-put od Nemačko-Poljske granice do grada Novi Tomisl, Poljska

Projekat 4: Rovidjo terminal za crpljenje prirodnog gasa, Italija

Projekat 5: Andasol solarna elektrana, Španija

Projekat 6: Farma vetrenjača Anholt *offshore*, Danska

Projekat 7: Obilaznica oko Brna, Češka

Projekat 8: Završetak jedinica 3 i 4 nuklearne elektrane Mohovce, Slovačka

Projekat 9: Sistem retenzija za zaštitu od poplava Raciborz, Poljska

Projekat 10: Izgradnja tramvajske mreže u Edingburgu, Velika Britanija

Projekat 11: Farma vetrenjača *Greater Gabbard*, Velika Britanija

Projekat 12: Nuklearna elektrana *Hinkley Point*, Velika Britanija

Projekat 13: Termoeletrana *Lünen*, Nemačka

Projekat 14: Termoeletrana *Moorburg*, Nemačka

Projekat 15: Sistem za zaštitu od poplava grada Venecije (MOSE), Italija

Projekat 16: Severna konekcija, Švedska

Projekat 17: Železnička pruga za saobraćaj vozova velikih brzina: Sevilja – Madrid, Španija

Projekat 18: Železnička pruga za saobraćaj vozova velikih brzina: Madrid – Barselona – granica sa Francuskom, Španija

Projekat 19: Železnička pruga za saobraćaj vozova velikih brzina, Portugal

Projekat 20: Nuklearna elektrana Flamanvil 3, Francuska

*Napomena: Sažeti prikaz 20 projekata u ovom prilogu izrađen je na osnovu podataka iz baze podataka o realizovanim kapitalnim projektima na teritoriji EU (MEGAPROJECT, 2012). Izvori podataka za svaki od projekata navedeni su u tekstu o datom projektu.*

1.1 Projekat 1: Železnička pruga za saobraćaj vozova velikih brzina: Nirnberg – Ingolštad, Nemačka (*New stretch of track: High Speed Railway Nuremberg – Ingolstadt*)

Izvor podataka o projektu: (Spang i Kümmerle, 2012)

1.1.1 Osnovni podaci o objektu

Izgradnja ove železničke pruge imala je za cilj povezivanje Nirnberga i Ingolštada, uz povećanje dosadašnjeg kapaciteta i smanjivanje vremena putovanja. Ukupna dužina dvokolosečne pruge iznosi 171km, u okviru kojih je 9 tunela, 82 mosta i 3 železničke stanice. Ukupna vrednost investicije je procenjena na 3,573 milijarde EUR. Pruga je u funkciji od maja 2006. godine.

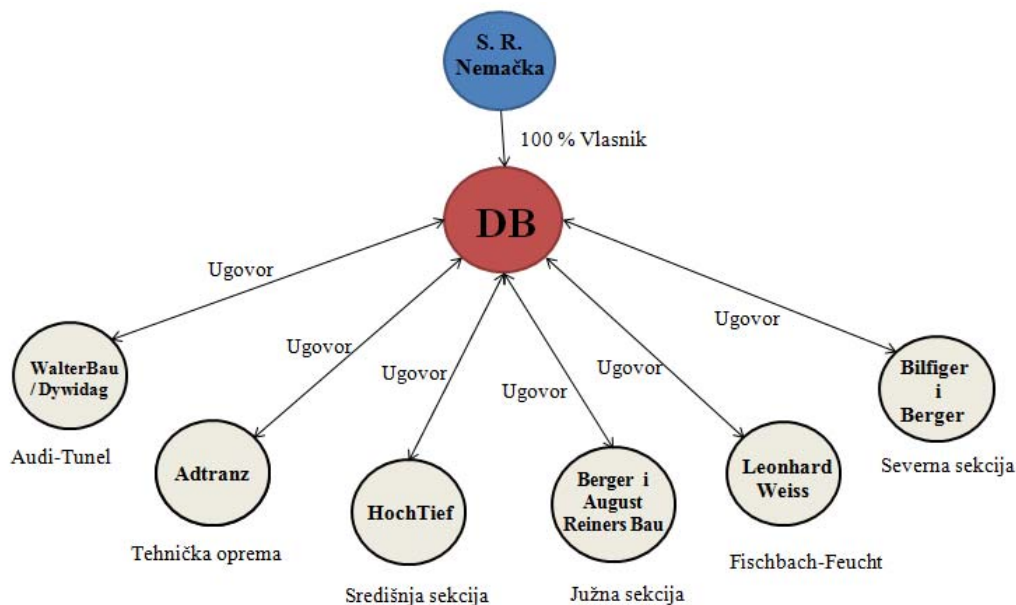


Slika 8.1: Položaj Projekta 1 u Evropi (preuzeto iz (Spang i Kümmerle, 2012))

1.1.2 Učesnici na projektu

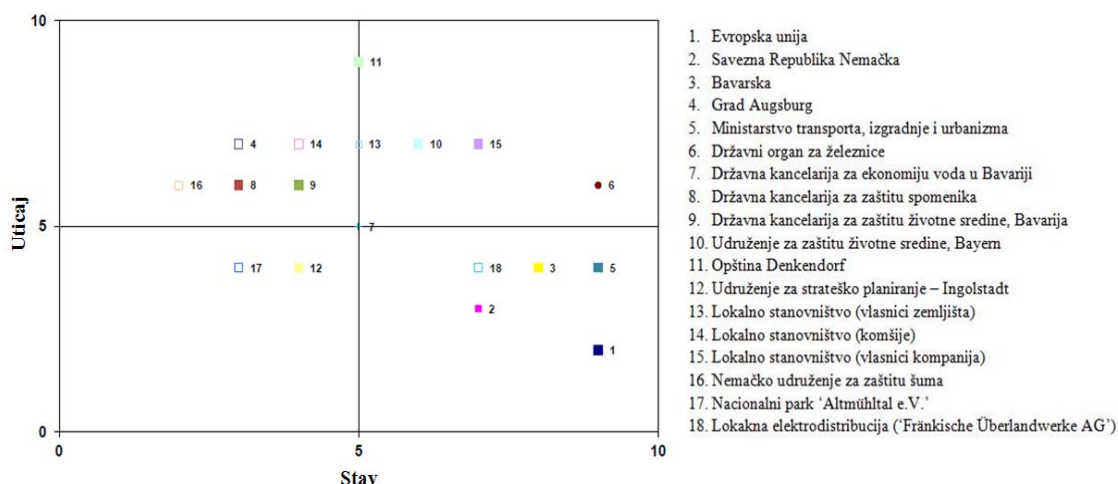
Posmatrajući sa stanovišta ugovornog okvira, realizacija projekta je podeljena na šest deonica i za svaku od njih angažovan je jedan Izvođač. Radovi na svim deonicama su koordinisani od strane Glavnog izvođača radova, kome su izvođači po deonicama bili podizvođači.

Izvođači svake od 6 sekcija (Audi-Tunel, Tehnička oprema, Fischbach-Feucht, Severna, Južna i Središnja sekcija) sklapali su ugovor sa Nemačkom železnicom (*Deutsche Bahn* (DB)), koja je u vlasništvu Savezne Republike Nemačke.



Slika 8.2: Šema učesnika i njihovih relacija na Projektu 1: Ž. pruga Nürnberg – Ingolštad (modifikovano iz (Spang i Kümmerle, 2012))

Zanimljivo je pogledati analizu izvršenu od strane prof. dr. Konrad Spang-a i M. Kümmerle-a, koja prikazuje odnos stava učesnika na projektu i uticaja učesnika na projekat (slika 8.3). Na skali od 0, što predstavlja minimum, do 10, što predstavlja maksimum, ocenjen je uticaj, dok su stavovi učesnika prikazani na skali od 0 do 10, pri čemu 10 predstavlja najpozitivniji (odobravajući) odnos ka projektu. Može se uočiti da ukoliko neko ima izuzetno negativan stav, to može značajno uticati na projekat (16), dok se nečiji uticaj i pored ogromnog zalaganja može znatno smanjiti zbog nenadležnosti i nepredviđenih problema (1).



Slika 8.3: Post-projektna analiza uticaja i stavova učesnika na projektu

### 1.1.3 Upravljanje projektom

Na početku je usvojena takozvana *Lean* projektana organizacija, koja je promjenjena usled razlika u interpretaciji ugovora i zadataka od strane glavnog i ostalih izvođača.

### 1.1.4 Performanse projekta

Radovi su završeni sa tri godine zakašnjenja, neposredno pred Svetsko prvenstvo u fudbalu održano u Nemačkoj 2006. godine. Prvobitno je bilo planirano da će biti potrebno 2,4 milijarde EUR, da bi ukupni stvarni troškovi iznosili 3,6 milijarde EUR. Planirano je da jedan kilometar košta 8 miliona EUR, ali su troškovi zapravo iznosili 13,8 miliona EUR. Svi zahtevani standardi i specifikacije su ispoštovani.

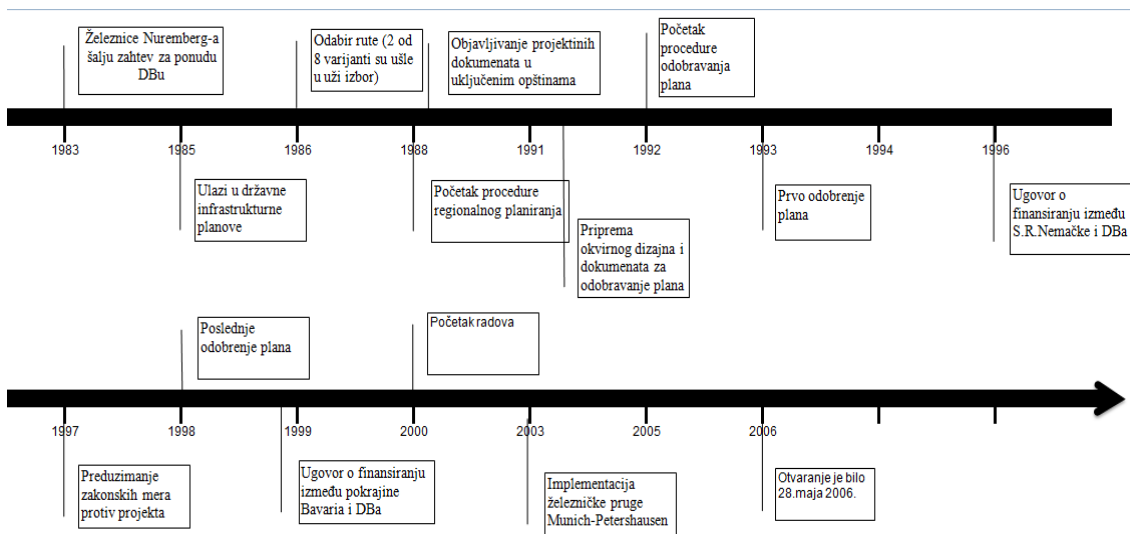
### 1.1.5 Spoljašnji uticaji na projekat

Bilo je dodatnih zahteva lokalnog stanovništva u pogledu zaštite od buke. Svi drugi zahtevi u pogledu zaštite životne sredine su bili ispoštovani, kao i sva zakonska regulativa. Ujedinjenje Nemačke 1990. godine je ključni momenat, kako politički tako i ekonomski gledano. Razne intervencije ekoloških udruženja, geološki i arheološki problemi, promene u regulisanju sigurnosti u toku gradnje i porast cena od 1985. do 2002. su najviše uticali na performanse projekta.

### 1.1.6 Vremenski tok realizacije projekta

Ključni događaji na projektu hronološki su prikazani na slici 8.4.





Slika 8.4 Tok realizacije Projekta 1: Ž. pruga Nirnberg – Ingolštad (modifikovano iz (Spang i Kümmerle, 2012))

## 1.2 Projekat 2: Auto-put – obilaznica oko Atine, Grčka (*Athens Ring Road*)

Izvor podataka o projektu: (Romboutsos, 2012)

### 1.2.1 Osnovni podaci o objektu

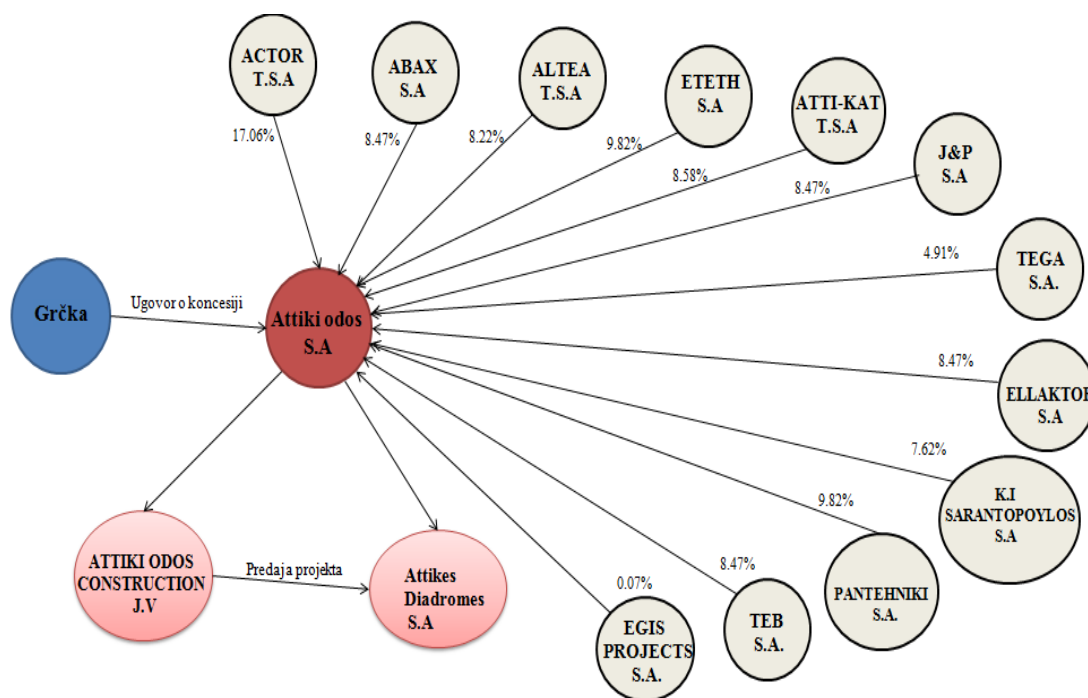
Originalni naziv ovog projekta je “Athens Ring Road“. Objekat lokacijski pripada gradu Atini, u Grčkoj. Projekat je realizovan sa ciljem izgradnje obilaznice i integracije kompletne putne saobraćajne mreže za brz i bezbedan prevoz. Jedan od ciljeva bio je i da se obezbedi veza sa internacionalnim aerodromom u Atini kao i da se Atina poveže sa Patrasom i Solunom. Ugovorni okvir je javno-privatno partnerstvo.

Relevantne fizičke dimenzije se mogu sumirati i iznose 65 km puta, 125 nadvožnjaka/podvožnjaka, 38 prelaza preko pruge, 12 pešačkih nadvožnjaka, radovi na izgradnji sistema za zaštitu od poplava. Izgrađene su 3 trake po smeru plus zaustavna traka.

### 1.2.2 Učesnici na projektu

Karakteristika koja je bila veoma značajna u ovom slučaju jeste angažovanje dvesta specializovanih arheologa i tehničkih lica čiji je zadatak bio identifikacija, ispitivanje, registrovanje i promovisanje elemenata kulturne baštine.

Za potrebe koncesije oformljena je kompanija *Attiki Odos SA*. Na slici 8.5 šematski je dat prikaz odnosa i udela koncesionara. Kao što se može uočiti, ovaj projekat predstavlja jedan dobar primer funkcionisanja koncesije i to po BOT (*Build Operate Transfer*) modelu, u kom je jedan od finansijera bila i EU. *ATTIKI ODOS CONSTRUCTION J.V* je bila zadužena za izgradnju, a *Attikes Diadromes S.A* za upravljanje i održavanje.



Slika 8.5 Šema učesnika i njihovih relacija na Projektu 2: Auto-put - obilaznica oko Atine (modifikovano iz (Romboutsos, 2012))

### 1.2.3 Upravljanje projektom

Ukupan broj radnika iznosio je 5000. Nije poznata struktura projektnog tima. Nisu korišćeni softveri za upravljanje projektom.

### 1.2.4 Performanse projekta

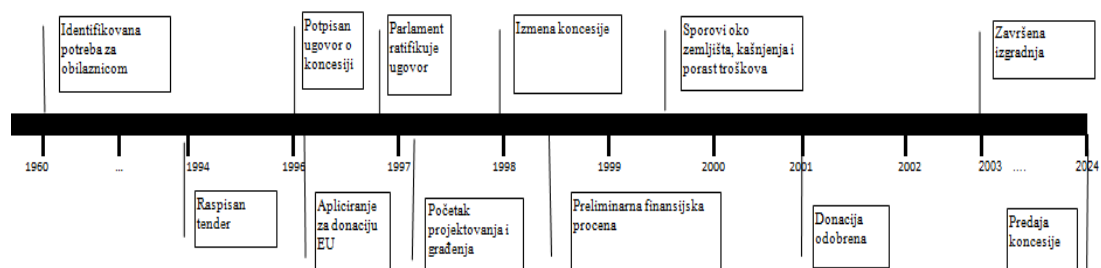
Izgradnja je završena 2003. godine. Planirani troškovi iznosili su 1,2 milijarde EUR i taj budžet nije premašen.

### 1.2.5 Spoljašnji uticaji na projekat

Olimpijske igre održane u Atini 2004. godine bitno su uticale na realizaciju projekta, najviše kroz pravne, ekonomske i političke okvire. Uticaj je bio pozitivan. Ono što se može uočiti na ovom primeru je da i pored velikog broja učesnika, nije bilo većih problema među njima, projekat nije nadmašio planirane troškove, što je direktni doprinos upravo pozitivnog spoljašnjeg uticaja i zajedničkog cilja – završetka radova do početka Olimpijskih igara.

### 1.2.6 Vremenski tok realizacije projekta

Hronološki prikaz ključnih događaja na projektu dat je na slici 8.6. Vremenski faktor je uticao da dođe do izmene koncesije, jer su u međuvremenu pojedine kompanije kupile druge, neke su se udružile i oformile novu kompaniju. Time je promenjen odnos i udeo svakog od koncesionara, što je rezultiralo potrebom za promenom ugovora među njima.



Slika 8.6 Tok realizacije Projekta 2: Auto-put - obilaznica oko Atine (modifikovano iz (Romboutsos, 2012))

### 1.3 Projekat 3: Auto-put od Nemačko-Poljske granice do grada Novi Tomisl, Poljska (*Motorway A2*)

Izvor podataka o projektu: (Łukasiewicz, 2012)

#### 1.3.1 Osnovni podaci o objektu

Originalni naziv ovog projekta je “Motorway A2“. Trasa auto-puta se pruža od Nemačko-Poljske granice do grada Novi Tomisl (*Nowy Tomysł*) u Poljskoj. Cilj realizacije je povezivanje Poljske sa saobraćajnom mrežom Evropske unije. Ugovorni aranžman je koncesija uz ugovor sa fiksnom cenom.

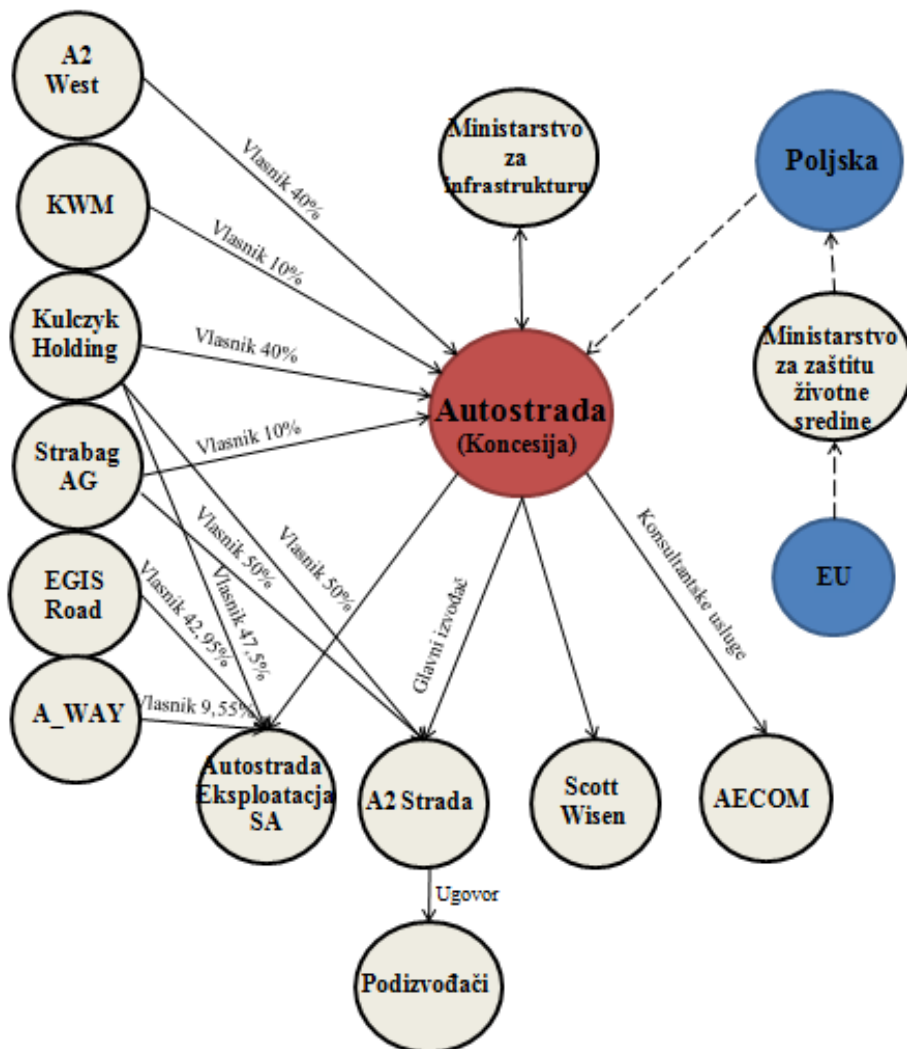
Relevantne fizičke dimenzije se mogu sumirati i iznose 104,9 km puta, 6 denivelisanih raskrsnica, 35 prolaza za velike i srednje životinje, 71 prolaz za male životinje, zaštitne barijere za slepe miševе.



Slika 8.7 Položaj Projekta 3 u Evropi (preuzeto iz (Łukasiewicz, 2012))

### 1.3.2 Učesnici na projektu

Ova projekat predstavlja primer uspešnog funkcionisanja koncesije, koja uz pravilno rukovođenje i jasnu raspodelu zadataka daje dobre rezultate.



Slika 8.8 Šema učesnika i njihovih relacija na Projektu 3: Auto-put od Nemačko-Poljske granice do grada Nowy Tomysl (modifikovano iz (Łukasiewicz, 2012))

### 1.3.3 Upravljanje projektom

Nema podataka.

### 1.3.4 Performanse projekta

Po prvobitnom planu, projekat je trebalo da se završi 2006. godine. Zakonske promene i dugački pregovori su uzrokovali petogodišnje kašnjenje. Od trenutka kad je započeta građenje, bilo je potrebno 6 meseci manje nego što je bilo predviđeno da se posao

završi. Planirana sredstva su iznosila 6,1 miliona EUR po kilometru, a potrošeno je 9,6 miliona EUR po kilometru izgrađenog puta.

#### 1.3.5 Spoljašnji uticaji na projekat

Bilo je potrebno da se promeni kompletna dokumentacija i da se ponovi analiza uticaja na životnu sredinu (Natura 2000). Svi ciljevi koji se tiču zaštite životne sredine su postignuti, na šta je potrošeno 25% ukupne vrednosti projekta.

Što se tiče političkog uticaja, bitno su uticali izbori, kao i neprijateljski stav prema sporazumu o koncesiji jedne od vladajućih partija.

Ekonomski gledano, porast cena građevinskih materijala je znatno uticao na realizaciju projekta.

#### 1.3.6 Vremenski tok realizacije projekta

Nema preciznih podataka, osim da su se pregovori vodili u dva fragmenta.

#### 1.4 Projekat 4: Rovigo terminal za crpljenje prirodnog gasa, Italija (*ROVIGO Liquefied Natural Gas (LNG) TERMINAL*)

Izvor podataka o projektu: (Mancini i Locatelli, 2012)

##### 1.4.1 Osnovni podaci o objektu

Projekat "Liquefied natural gas (LNG) terminal of Rovigo" lokacijski je pozicioniran u Jadranskom moru, 15 kilometara daleko od obale Porto Levante, u provinciji Rovigo. Projekat je realizovan sa ciljem ekstrakcije 8 milijardi m<sup>3</sup> prirodnog gasa godišnje, što je količina dovoljna da zadovolji 10% godišnje potrošnje cele Italije.

Projekat izgradnje je bio vredan oko jedne milijarde evra. Ugovorni okvir koji je ovde uspostavljen jesu 2 EPC ugovora – sa kompanijama *Aker Kvaerner* i *Snamprogetti* (sada *Saipem*).

Relevantne fizičke dimenzije glavnog dela, GBS-a (glavne konstrukcije platforme terminala), iznose: dužina 180 m, visina 47 m. Ugrađeno je 90.000 m<sup>3</sup> betona i 30.000 t čelika. Tečni prirodni gas se skladišti u dva rezervoara, kapaciteta od 125.000 m<sup>3</sup>, smeštena u GBS strukturu. Prvi cevovod je prečnika 76 cm, dužine 40 km, od čega je 15 km pod vodom, a 25 km na kopnu. Zatim se prenos gasa vrši drugim cevovodom (90 cm prečnika i 84 km dužine) do tačke sa nacionalnom distributivnom mrežom kod mesta Minerbio.

Na slici 8.9 se može videti kako napreduju radovi na izvođenju betonske konstrukcije GBS-a.





Slika 8.9 Betonska konstrukcija GBS-a (preuzeto iz (Mancini i Locatelli, 2012))

#### 1.4.2 Učesnici na projektu

Reč je o izuzetno složenom projektu, gde je bilo potrebno izgraditi ne samo postrojenje i cevovode već i ugraditi svu adekvatnu opremu. *Edison* je bio glavni finansijer i zatim korisnik 80% proizvodnje terminala prvih 25 godina. *Adriatic LNG* je bio zadužen za izgradnju terminala i cevovoda do *Cavarzere* stanice, a za ostatak *Saipem*. Bio je uključen veliki broj podizvođača.

#### 1.4.3 Upravljanje projektom

*Adriatic LNG* je po podatku iz 2011. godine imala 125 zaposlenih. *Saipem* je italijanski izvođač u oblasti izgradnje i održavanja objekata u naftnoj industriji, sa iskustvom u radu na 5 kontinenata. Podatak iz 2012. godine govori da imaju 30000 zaposlenih. *Aker Kvaerner* je kompanija za naftne usluge globalnog nivoa koja pruža usluge inženjeringa, tehnologije, proizvodnih rešenja za industriju nafte i gasa. Zapošljava oko 18500 ljudi.

#### 1.4.4 Performanse projekta

Ukoliko se posmatra procena troškova samo za terminal, troškovi su brzo rasli. U novembru 2000. godine top menadžment je tvrdio da je to investicija od oko 450 miliona evra. Već 2001. godine su date procene da će troškovi biti nešto veći, a naredne godine je cena porasla na skoro 600 miliona evra. 2003. godine skok je bio na 615 miliona, da bi kulminiralo 2004. godine sa procenjenih 900 miliona.

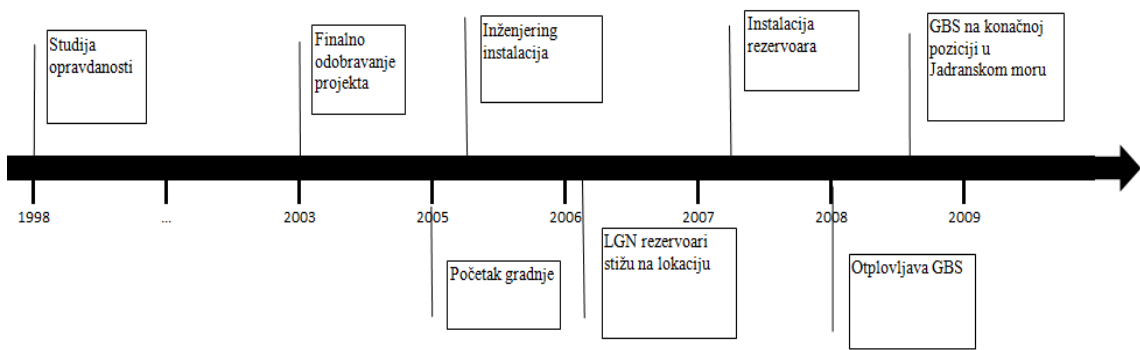
#### 1.4.5 Spoljašnji uticaji na projekat

Bilo je potrebno promeniti zakonodavstvo na državnom nivou i time omogućiti liberalizaciju tržišta prirodnog gasa u Italiji. Kako se cevovod prostire kroz nekoliko pokrajina, bilo je neophodno da se zadovolje zahtevi i zakoni svake od njih. Sa organizacijama koje kontrolišu aspekte zaštite životne sredine je vođen sudski spor, na kom je 2006. god. odlučeno da se sa izgradnjom može nastaviti, s tim da se pomenutim organizacijama dodeli veći pristup informacijama vezanim za projekat, tokom i posle izgradnje.

Politička pozadina ovog projekta se ogleda u tome što bi Italija, u pogledu prirodnog gasa, smanjila ogromnu zavisnost od Rusije, jer Italija uvozi čak 92,5% potrebnog gasa iz Rusije.

#### 1.4.6 Vremenski tok realizacije projekta

Hronološki prikaz ključnih događaja na projektu dat je na Slici 8.10. Slika 8.11 prikazuje trenutak isplovljavanja GBS-a 30.08.2008. godine.



Slika 8.10 Tok realizacije Projekta 4: Auto Rovigo terminal za crpljenje prirodnog gasa (modifikovano iz (Mancini i Locatelli, 2012))



Slika 8.11 Momenat Isplovljavanja GBS-a (preuzeto iz (Mancini i Locatelli, 2012))

## 1.5 Projekat 5: Andasol solarna elektrana, Španija (*CSP Andasol Solar Power Station*)

Izvor podataka o projektu: (Mancini i Localtelli, 2012)

### 1.5.1 Osnovni podaci o objektu

Originalni naziv projekta je “CSP (Concentrating Solar Power) Andasol Solar Power Station“. Projekat izgradnje solarne elektrane Andasol je realizovan na visoravni *Guadix*, u pokrajini Granada u Andalusiji, južnom delu Španije. Naziv projekta je nastao kao kombinacija reči *Andalusia* i *Sol* (na španskom Sunce). Andasol se nalazi na 1100 metara nadmorske visine. Ova nadmorska visina i sušna klima omogućavaju postizanje jednog od najboljih iskorišćenja direktnog solarnog zračenja u Španiji.



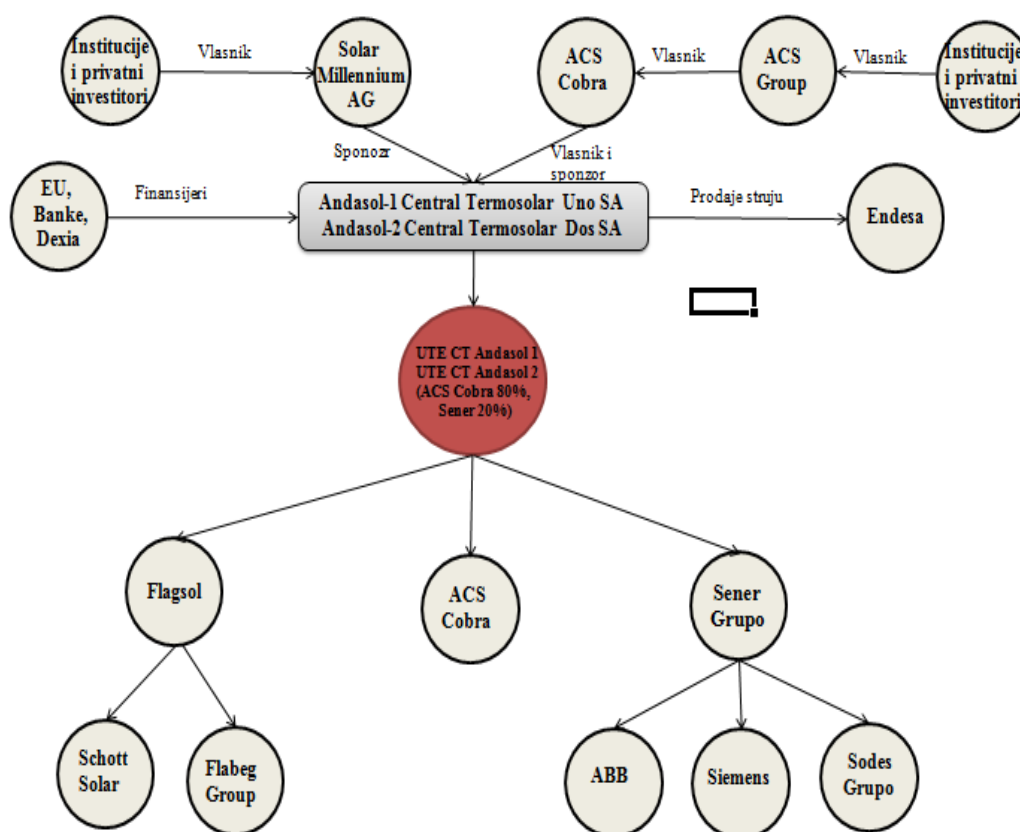
Slika 8.12 Postavljanje panela i izgled solarnog polja (preuzeto iz (Mancini i Localtelli, 2012))

U okviru solarne elektrane postavljena su dva CSP postrojenja. Proizvodnja svakog od postrojenja iznosi oko 175 GWh električne energije godišnje. Ukupno ova dva postrojenja obezbeđuju struju za oko 300.000 ljudi u južnoj Španiji. Solarna elektrana značajno doprinosi energetskej stabilnosti zemlje u letnjem periodu kada je potrošnja struje znatno povećana konstantnom upotrebom kima uređaja.

CSP postrojenje se sastoji od 3 glavna dela: solarno polje sa paraboličnim koritima, rezervoari i generator. Ukupna investiciona vrednost projekta je 600 miliona EUR (300 miliona EUR po postrojenju).

### 1.5.2 Učesnici na projektu

Ovo je još jedan primer spregnutog delovanja više struka i njihove međusobne zavisnosti. Pored toga što je bilo neophodno izvesti građevinske radove, od velike važnosti na objektima ovog tipa su i mašinske i elektro instalacije, oprema, kao i tehničko praćenje i kontrola realizacije posla. Za svaki od tipova posla bio je izabran jedan glavni izvođač, koji je dalje birao podizvođače (slika 8.13).



Slika 8.13 Šema učesnika i njihovih relacija na Projektu 5: Andasol solarna elektrana (modifikovano iz (Mancini i Locatelli, 2012))

### 1.5.3 Upravljanje projektom

Nije poznat broj ukupno angažovanih radnika, niti njihova organizaciona struktura. Dostupni su podaci o broju zaposlenih određenih kompanija, koje su internacionalne, tako da se nema pravi podatak koliko je od tih radnika učestvovalo na konkretnom projektu. Međutim, zna se da je, realizacijom projekta Andasol, obezbeđeno 80 novih radnih mesta.

#### 1.5.4 Performanse projekta

Performanse koje se odnose na specifikaciju su u potpunosti u skladu sa planom. Nije bilo moguće primetiti bilo kakvu varijaciju troškova tokom realizacije ovog projekta, jer zainteresovane strane nisu davale nikakve informacije o proceni troškova pre završnog računa. Međutim, bilo je moguće da se uporedi cena svakog CSP postrojenja sa drugim postrojenjima realizovanim u istom periodu u Španiji. Konačna, stvarna investiciona vrednost svakog od dva postrojenja u okviru solarne elektrane Andasol je u skladu sa drugim sličnim projektima. U pogledu roka završetka radova bilo je 18 meseci kašnjenja u izgradnji prvog postrojenja.

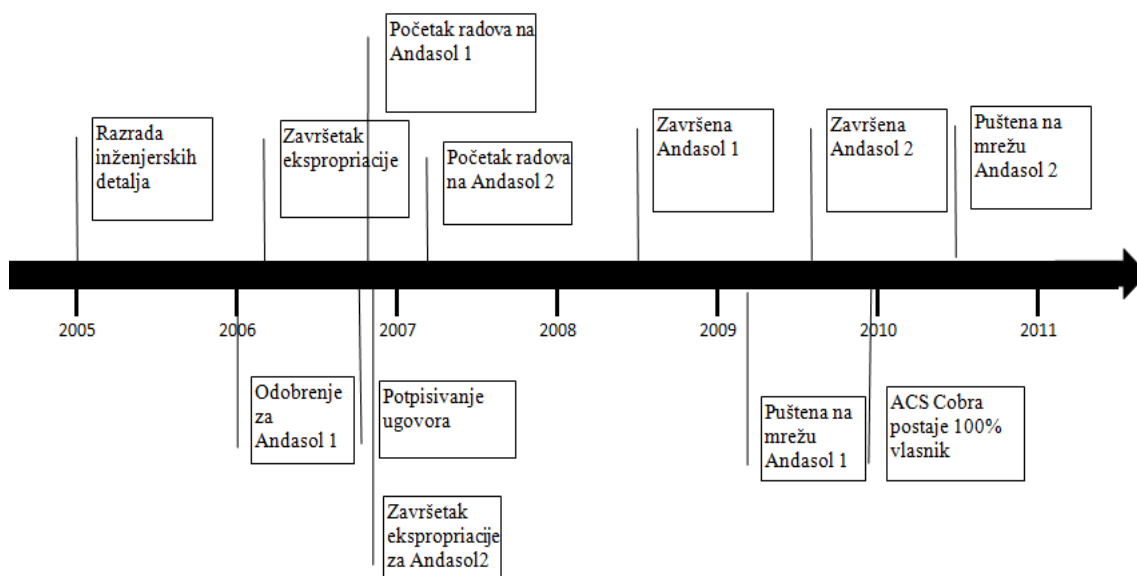
#### 1.5.5 Spoljašnji uticaji na projekat

Kapitalni projekti u energetsom sektoru u mnogome zavise od prilika u međunarodnoj i domaćoj politici. Zakonski okviri koje se donose prilikom uvođenja novih tehnologija u zemlju takođe ključno utiču na realizaciju ovakvih projekata.

Finansijski gledano, zbog velikih investicionih troškova, solarne elektrane nisu održivi projekti. Stoga su neophodni dodatni podsticaji kako bi njihova realizacija bila opravdana.

#### 1.5.6 Vremenski tok realizacije projekta

Hronološki prikaz ključnih događaja na projektu dat je na slici 8.14.



Slika 8.14 Tok realizacije Projekta 5: Andasol solarna elektrana (modifikovano iz (Mancini i Locatelli, 2012))

## 1.6 Projekat 6: Farma vetrenjača *Anholt offshore*, Danska (*Anholt offshore Wind Farm*)

Izvor podataka o projektu: (Pau, 2012)

### 1.6.1 Osnovni podaci o objektu

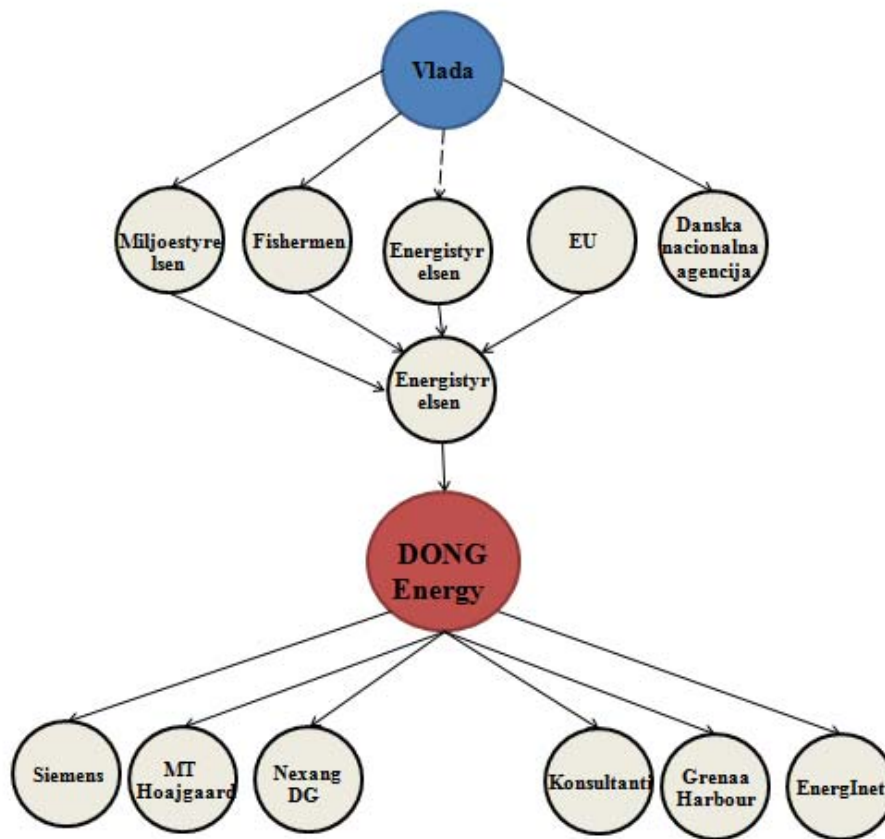
Lokacija odabrana za realizaciju projekta: “*Anholt offshore Wind Farm*” se nalazi u Severnom moru uz obalu Danske, između oblasti Djursland i ostrva Anholt. Krajnji cilj realizacije ovog projekta je podmirenje 4,5% ukupne danske godišnje potrošnje električne energije.

Kompanija *DONG Energy* je dobila koncesiju za izgradnju, opremanje i korišćenje farme vetrenjača u trajanju od 25 godina. Prva, preliminarna procena vrednost ove investicije je bila 1,32 milijarde EUR, dok je na kraju koncesije investicija je iznosila 2,3 milijarde EUR. Ugovorni okvir koji je primenjivan je ugovor sa fiksnom cenom.

Relevantne fizičke dimenzije koje su od značaja jesu da je farma približno 20km duga, 5km široka. Čine je 111 vetrenjača, svaka sa rotorom prečnika 120m.



### 1.6.2 Učesnici na projektu



Slika 8.15 Šema učesnika i njihovih relacija na Projektu 6: Farma vetrenjača *Anholt offshore* (modifikovano iz (Pau, 2012))

### 1.6.3 Upravljanje projektom

Za upravljanje projektom bio je angažovan odbor od 7 članova, 5 koordinatora i sekretarijat. Kompanija Dong je na realizaciji projekta imala angažovano približno 60 ljudi za operativne poslove, 5 njih zaduženih za bezbednost i zaštitu na radu. Svaki od 23 podizvođača je imao svoj upravljački tim, sa ukupnim brojem od oko 1.000 zaposlenih radnika. Primećeni su problemi u regrutovanju eksperata.

#### 1.6.4 Performanse projekta

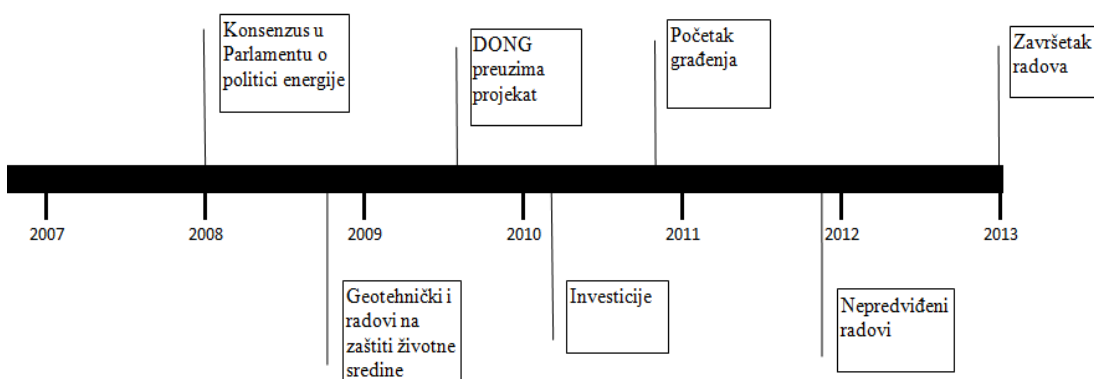
Planirani završetak radova (kraj 2013. godine) je ostvaren. Iako je bilo neophodno izmeštanje određenih turbina, zbog loših uslova morskog dna na predviđenim lokacijama, nije bilo prekoračenja troškova.

#### 1.6.5 Spoljašnji uticaji na projekat

Danski parlament je za cilj postavio da u 2020. godini čak 30% ukupno proizvedene električne energije bude iz obnovljivih izvora. Novembra 2011. godine područje oko farme je proglašeno za “ograničen prostor na moru”, što znači da su zabranjene sve aktivnosti u tom delu mora (pecanje, ronjenje, sidrenje).

#### 1.6.6 Vremenski tok realizacije projekta

Hronološki prikaz ključnih događaja na projektu :



Slika 8.16 Tok realizacije Projekta 6: Farma vetrenjača *Anholt offshore* (modifikovano iz (Pau, 2012))

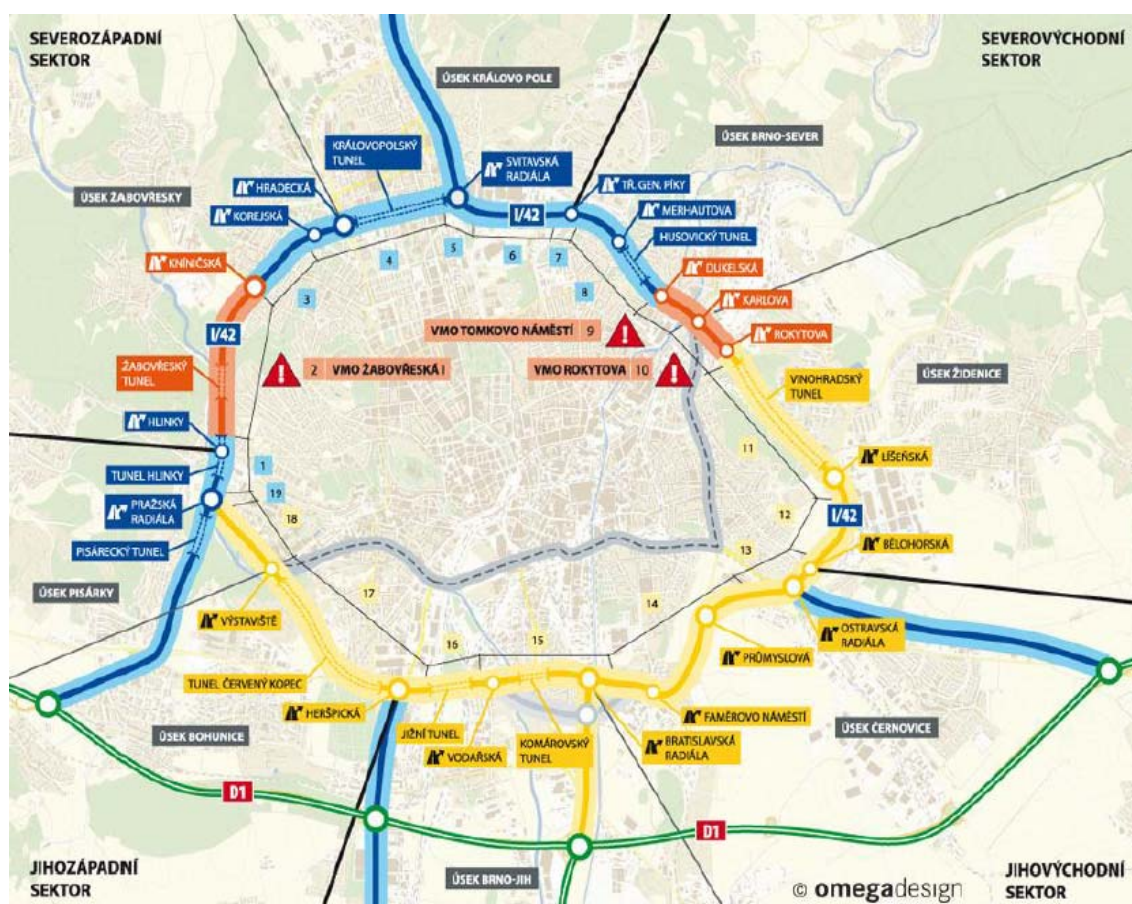
## 1.7 Projekat 7: Obilaznica oko Brna, Češka (*Big City Road Circuit Brno*)

Izvor podataka o projektu: (Korytárová i Hromádka, 2012)

### 1.7.1 Osnovni podaci o objektu

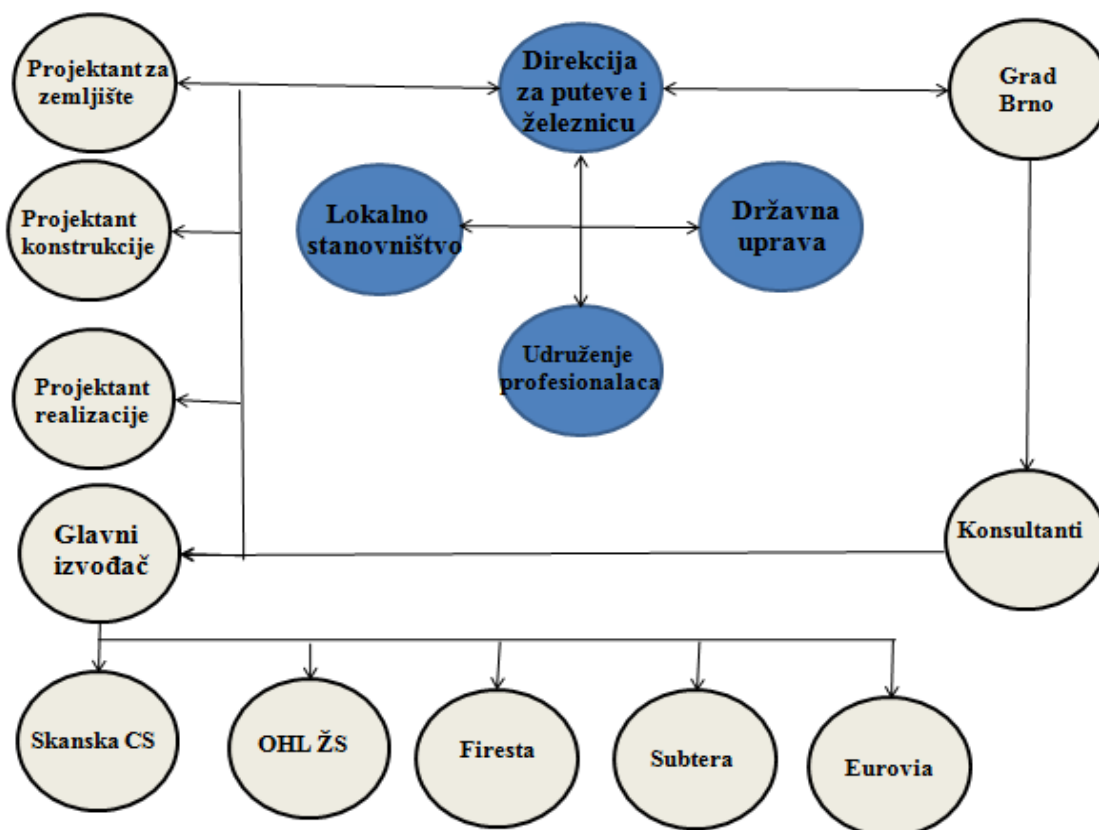
Projekat izgradnje obilaznice ” Big City Road Circuit Brno” je projektovan za grad Brno u Češkoj, sa ciljem izmeštaja saobraćaja van centra grada sa pažnjom usmerenom na zaštitu životne sredine, balansiranje povezanosti gradskih sredina, omgućavanje odvajanja za druge gradove (Beč, Prag, Bratislavu). Reč je o 22,7 km puta koji je trebalo da zadovolji potrebe stanovništva, usled porasta inteziteta saobraćaja do 2035.godine. Investiciona vrednost projekta iznosi 1,172 milijardi eura.

Zbog ekonomskih, saobraćajnih i administrativnih razloga nije moguće izgraditi celu obilaznicu odjednom. Stoga je ona podeljena na 4 sekcije, sa mogućnošću parcijalnog otvaranja i korišćenja svake od izgrađenih sekcija.



Slika 8.17 Trasa obilaznice oko Brna, Češka (sekcije puta označene su različitim bojama) (preuzeto iz (Korytárová i Hromádka, 2012)

### 1.7.2 Učesnici na projektu



Slika 8.18 Šema učesnika i njihovih relacija na Projektu 7: Obilaznica oko Brna (modifikovano iz (Korytárová i Hromádka, 2012)

### 1.7.3 Upravljanje projektom

Nema podataka o strukturi i broju učesnika ovog projekta.

### 1.7.4 Performanse projekta

Planirani završetak radova prvobitno je bio 2030. godine, ali je pomeren za 2035. godinu. Za sada je do većeg odstupanja u pogledu troškova došlo na deonici „Dobrovského tunnels“ – čija je planirana vrednost sa 340 skočila na 420 miliona EUR.

#### 1.7.5 Spoljašnji uticaji na projekat

Potrebno je da se zadovolje gradski, republički i evropski standardi i važeća zakonska regulativa prilikom izgradnje svake od deonica. U jednom periodu je udruženje građana grada Brno osporavalo projektno rešenje, naročito pitanje izgradnje tunela i usvojene mere zaštite od buke.

#### 1.7.6 Vremenski tok realizacije projekta

Podaci nisu dostupni.

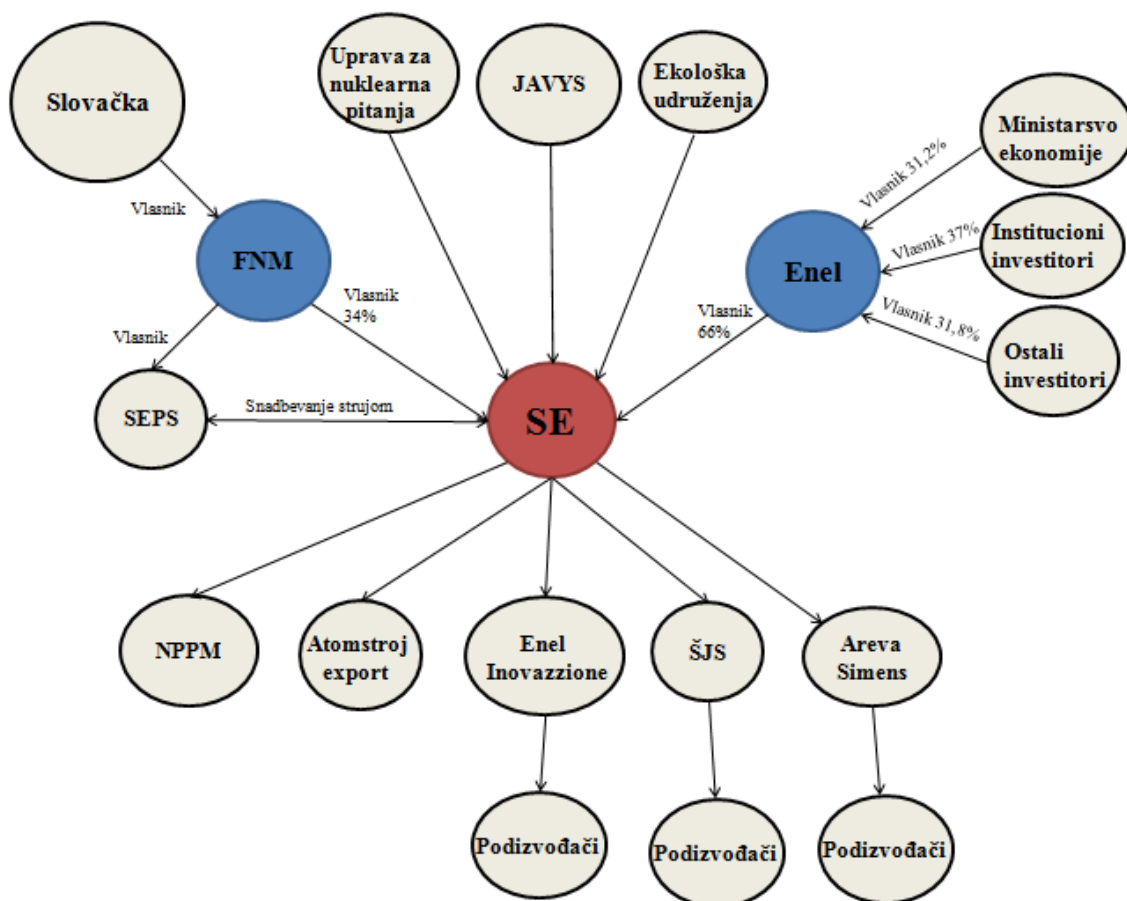
1.8 Projekat 8: Završetak jedinica 3 i 4 nuklearne elektrane Mochovce, Slovačka  
(Completion of units 3 and 4 of Nuclear power plant (NPP) Mochovce)

Izvor podataka o projektu: (Špirkova i Ivanička, 2012)

1.8.1 Osnovni podaci o objektu

Ovaj projekat bi Slovačkoj trebalo da omogući energetske osamostaljivanje kroz zadovoljenje nacionalnih potreba za električnom energijom i stabilnošću snabdevanja. Prvobitna procena troškova za realizaciju treće i četvrte jedinice nuklearne elektrane *Mochovce* je bila 2,7, da bi zatim porasla na 3,7 milijardi EUR. Osim doprinosa energetske sigurnosti i samostalnosti Slovačke, ekonomski razvoj uslovljen investicijom takvog obima je takođe bio jedan od razloga za realizaciju projekta.

1.8.2 Učesnici na projektu



Slika 8.19 Šema učesnika i njihovih relacija na Projektu 8: : Završetak jedinica 3 i 4 nuklearne elektrane Mochovce (modifikovano iz (Špirkova i Ivanička, 2012))

Odnos između učesnika je pregledan, sa jasnim vezama koje vladaju među njima. Kao i u slučaju Projekta 14, može se primetiti da se određena vrsta posla dodeljuje onim kompanija koje su eksperti za te poslove, a da projektni tim rukovodi i nadgleda kompletne radove i njihovu usklađenost i kvalitet.

### 1.8.3 Upravljanje projektom

Nema drugih podataka osim da su za dve trećine kompletnog posla zadužene domaće kompanije.

### 1.8.4 Performanse projekta

Planiran završetak jedinice 3 je za 2014. godinu, dok je za jedincu 4 predviđena 2015. godinu. Poznato je da ovi rokovi neće biti ispoštovani, prvenstveno zbog izmena u projektnoj dokumentaciji. Planirani troškovi realizacije radova će biti znatno nadmašeni. Neke od korišćenih tehnologija su nabavljene pre 20 godina i njihovo održavanje i u nekim slučajevima zamena, doprinose dodatnim troškovima. Nove izmene projektno-tehničke dokumentacije takođe povećavaju troškove. Specifikacija je menjana dosta puta u poslednjih 20 godina u skladu sa napredkom tehnologije i bezbednosnih standarda. Projekat predstavlja veliki impuls za regionalni razvoj. Izgradnja prve i druge jedinice ove nuklearne elektrane prouzrokovala je veliki broj investicija u ovom regionu (izgradnja bolnice, infrastrukture, stambenih objekata), a samim tim i otvaranje novih radnih mesta.

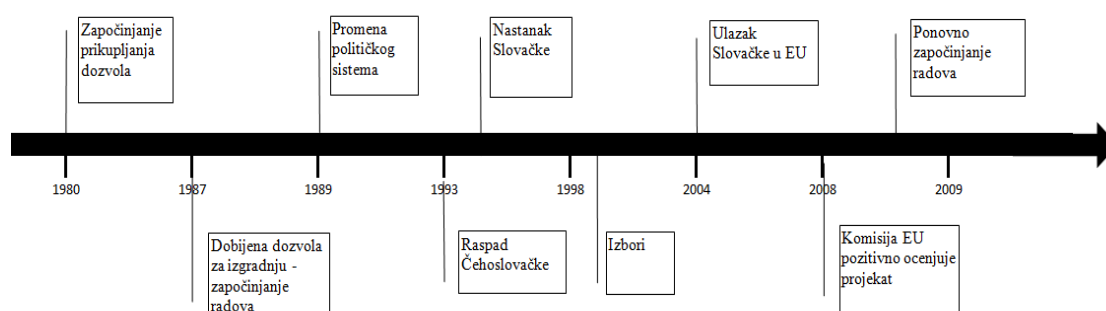
Tabela 8. 1 Stvarni i planirani troškovi izgradnje Projekta 8: Završetak jedinica 3 i 4 nuklearne elektrane Mochovce ((preuzeto iz (Špirkova i Ivanička, 2012))

	Investirano (do 2005.)	Ukupni troškovi (do 2006.)	Ukupni troškovi (do 2008.)
Stvarni troškovi (milioni EUR)	659	2058	3419
Planirani troškovi (milioni EUR)	129	1394	2755

### 1.8.5 Spoljašnji uticaji na projekat

Ovaj projekat je pretrpeo značajne uticaje, kako političke, tako i ekonomske, pravne, tehnološke. Raspad Čehoslovačke, ekonomska kriza '90ih godina 20. veka i česte političke promene, uzrokovale su značajno odlaganje završetka radova. Ovaj projekat predstavlja najveću privatnu investiciju u Slovačkoj. Veliki uticaj na realizaciju projekta je imala i nesreća u Fukušimi, zbog koje je došlo do promena standarda u izgradnji nuklearnih elektrana, pa je to prouzrokovalo značajne izmene projektnih rešenja, koje su dovele do znatnog povećanja troškova.

### 1.8.6 Vremenski tok realizacije projekta



8.20 Tok realizacije Projekta 8: Završetak jedinica 3 i 4 nuklearne elektrane Mochovce (modifikovano iz (Špírkova i Ivanička, 2012))



## 1.9 Projekat 9: Sistem retenzija za zaštitu od poplava Raciborz, Poljska (*Flood protection project in Poland; "Raciborz reservoir"*)

Izvor podataka o projektu: (Maksymiuk-Dziuban i Banasik, 2012)

### 1.9.1 Osnovni podaci o objektu

"Raciborz reservoir" je projekat izgradnje sistema za zaštitu od poplava od reke Odre u pokrajini Šlezija, na jugu Poljske. U pitanju je sistem retenzija koji bi trebalo da pomogne u zaštiti od poplavnog talasa od reke Odre, za grad Raciborz, kao i za gradove *Kędzierzyn Koźle* i *Opole* u doline reke Odre.

Investicijom od 340 miliona EUR obuhvaćeno je finansiranje izgradnje pet objekata:

1. Objekat 1: Glavna brana sa pratećim strukturama.
2. Objekat 2: Leva strana brane sa pratećim strukturama.
3. Objekat 3: Desna strana brane sa pratećim strukturama.
4. Objekat 4: Pomoćna retenzija.
5. Objekat 5: Glavna retenzija.

Ukupna dužina brane iznosi 21,8km, a maksimalna visina je 11,10 m

Ugovorni okvir koji je ovde primenjen je *cost-plus*, tj. izvođaču se na ime profita obezbeđuje 2% od krajnjih, ukupnih, stvarnih troškova realizacije. Finansijska sredstva se obezbeđuju iz Svetske banke i državnog budžeta Poljske.

Projekat je osmišljen i projektna dokumentacija izrađena nakon i u skladu sa odlukom o zaštiti životne sredine izdate od strane Regionalnog direktorata za zaštitu životne sredine u Katovicama, 7. septembra 2010. godine. Događaji koji su uticali na ovaj projekat jesu velike poplave 1997. i 2010. godine. U fazi planiranja realizacije bilo je nepredviđenog kašnjenja.

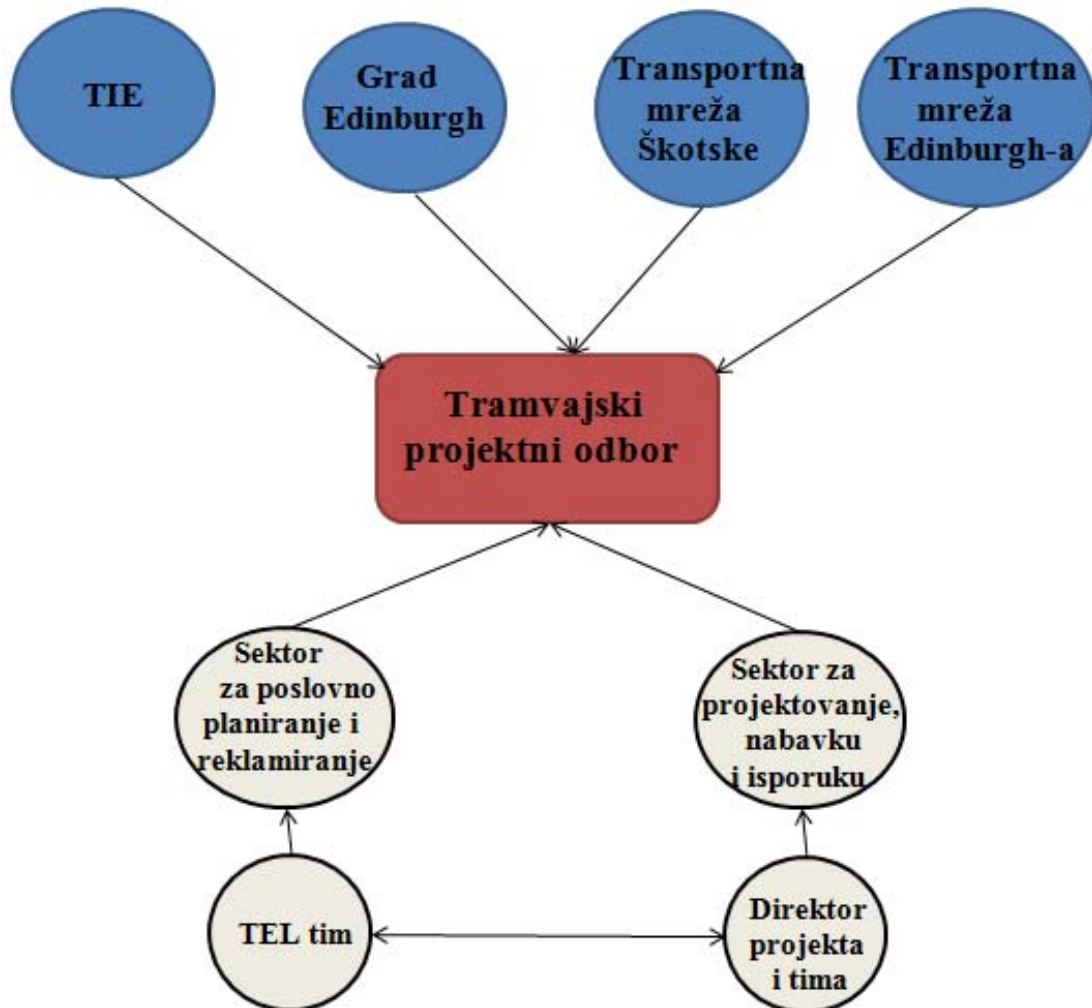
1.10 Projekat 10: Izgradnja tramvajske mreže u Edinburgu, Velika Britanija  
(*Edinburgh tram network project*)

Izvor podataka o projektu: (Boateng, 2012)

1.10.1 Osnovni podaci o objektu

Tramvajska mreža u Edinburgu u Škotskoj projektovana je tako da uspostavi vezu aerodroma sa centrom grada, kao i vezu istočnog i zapadnog dela Edinburga. Osnovni cilj je podrška razvoju lokalne ekonomije poboljšanjem pristupačnosti. Osim toga, ciljevi su i promovisanje održivosti, smanjenje štetnih uticaja po životnu sredinu koju izaziva drumski saobraćaj, smanjenje zastoja i gužvi u saobraćaju. Dakle, predviđena je izgradnja bezbednijeg i pouzdanijeg graskog saobraćajnog sistema, uz mogućnost promovisanja društvene koristi od projekta. Ukupna dužina tramvajske mreže je 24km.

### 1.10.2 Učesnici na projektu

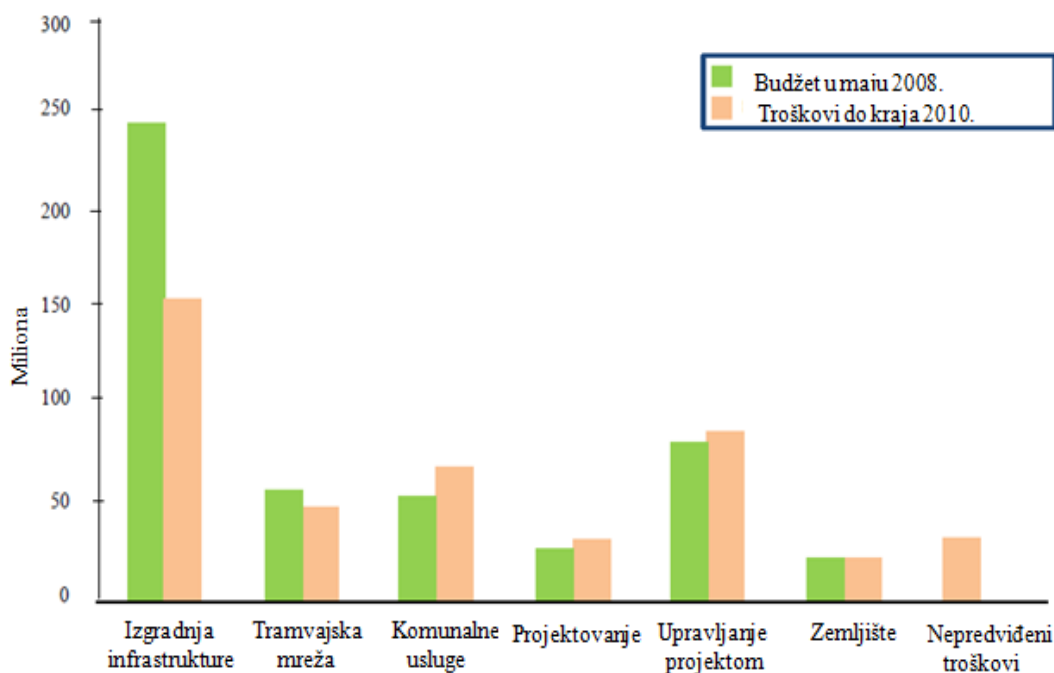


Slika 8.21 Šema učesnika i njihovih relacija na Projektu 10: Izgradnja tramvajske mreže u Edingburgu (modifikovano iz (Boateng, 2012))

### 1.10.3 Upravljanje projektom

Poznato je da je za izvođenje radova bilo potrebno 3000 radnika, ali nema podataka o tačnoj strukturi zaposlenih.

#### 1.10.4 Performanse projekta



Slika 8.22 Dijagram utrošenih finansijskih sredstava (preuzeto iz (Boateng, 2012))

Na slici 8.22 se može uočiti na šta su, i u kom procentu utrošena planirana finansijska sredstva.

#### 1.10.5 Spoljašnji uticaji na projekat

Kod realizacije ovakvog projekta izuzetno je važna politička podrška realizaciji projekta, koja je u ovom slučaju u pojedinim periodima izgradnje bila slaba. Kao primer problema koji je uzrokovao kašnjenje navodi se problem nedovoljnog ovlašćenja Izvođača prilikom eksproprijacije zemljišta.

#### 1.10.6 Vremenski tok realizacije projekta

Nema dovoljno podataka.

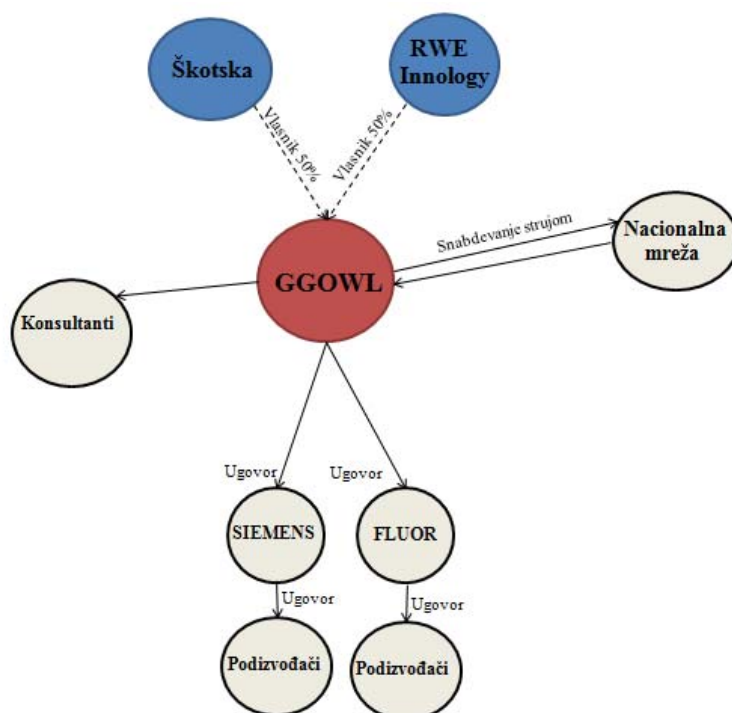
## 1.11 Projekat 11: Farma vetrenjača *Greater Gabbard*, Velika Britanija (*Greater Gabbard Wind Farm*)

Izvor podataka o projektu: (Brookes, 2012)

### 1.11.1 Osnovni podaci o objektu

Za lokaciju projekta izgradnje farme vetrenjača “Greater Gabbard Wind Farm”, odabrano je područje u Severnom moru u blizini obale okruga Suffolk, u Velikoj Britaniji. Objekat se sastoji od 140 turbina kapaciteta od 500MW, pozicioniranih 23km od kopna, u vodi dubine od 2,4 do 10m. Investiciona vrednost projekta iznosi 1,8 milijardi briantskih funti. Ugovorni okvir bio je ugovor sa fiksnom cenom a u pogledu načina finansiranja podrazumevao je zajedničko ulaganje kompanija *Scottish* and *Southern Energy* (50%) i *RWE Innology* (50%). Ugovorni okvir se značajno promenio tokom realizacije projekta.

### 1.11.2 Učesnici na projektu



Slika 8.23 Šema učesnika i njihovih relacija na Projektu 11: Farma vetrenjača *Greater Gabbard* (modifikovano iz (Brookes, 2012))

Od velike je važnosti kako će se ugovoriti povezivanje na nacionalnu mrežu električne energije.

#### 1.11.3 Upravljanje projektom

Ovakvi poslovi nude kompleksnu sliku projektnog tima, koji se i sam menjao usled promena ugovornih strana. Ono što je specifično u ovom slučaju je da je kompanija *Scottish and Southern Energy* želela da se osigura da će projekat biti odobren, vođen, razvijan i izvršen na najefikasniji način i na najvišem profesionalnom nivou. Da bi u tome uspeali, angažovali su kompaniju KBRR kao partnera za upravljanje projektom. Procenjeno je da su procesi, tehnike, alati i veštine koja ta kompanija poseduje bili adekvatni za realizaciju ovakvog kapitalnog projekta.

#### 1.11.4 Performanse projekta

Originalni cilj je bio da proizvodnja električne energije započne u četvrtom kvartalu 2009. godine, a da se kompletan projekat završi do marta 2011. godine. Decembra 2010. godine se počelo sa proizvodnjom električne energije, a do oktobra 2011. godine 115 turbina je bilo instalirano. Pomeranje završnog roka je išlo postepeno. U oktobru 2010. godine procenjeno je da će svi radovi biti završeni do kraja 2011. godine. U aprilu 2011. godine procena je pomerena za leto 2012., da bi oktobra iste godine poslednji rok bio kraj 2012. godine.

S druge strane, sa obzirom na ugovor po sistemu fiksne cene, *Fluor* je u četvrtom kvartalu 2010. godine beležio gubitke od 340 miliona britanskih funti.

#### 1.11.5 Spoljašnji uticaji na projekat

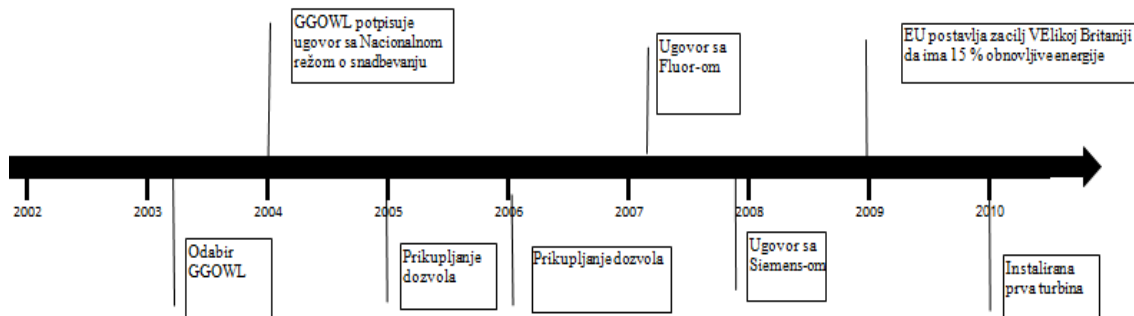
Značajan uticaj na projekat imao je značajan rast interesovanja za aspekte zaštite životne sredine (*green policy*) u toku trajanja realizacije projekta. 2007. godine je izvršena reforma Zakona o planiranju.

“Energy 2020” je energetska strategija na Evropskom nivou koja indentifikuje energetske prioritete za period do 2020. godine. Cilj je da se redukuje zagađenje, osamostali državni energetska sistem, razvije energetska infrastruktura, poboljšaju tehnologije koje se koriste. Ovo će biti postignuto kroz seriju zakonskih predloga. Za

ostvarenje ove strategije od izuzetnog su značaja rezultati projekata koji za cilj imaju proizvodnju energije iz obnovljivih izvora.

#### 1.11.6 Vremenski tok realizacije projekta

Na slici 8.25 hronološki je dat prikaz ključnih događaja na projektu.



Slika 8.25 Tok realizacije Projekta 11: Farma vetrenjača *Greater Gabbard* (modifikovano iz (Brookes, 2012))

## 1.12 Projekat 12: Nuklearna elektrana *Hinkley Point*, Velika Britanija (*Hinkley Point Nuclear Power Plant*)

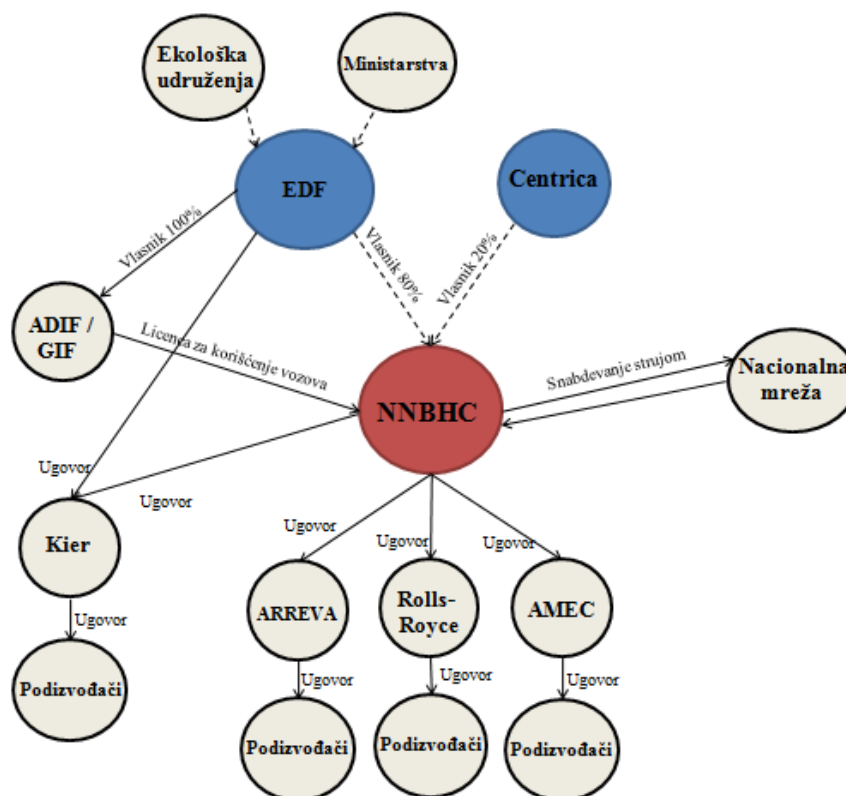
Izvor podataka o projektu: (Brookes N., 2012)

### 1.12.1 Osnovni podaci o objektu

Odabrana lokacija za projekat izgradnje nuklearne elektrane “Hinkley Point” je Somerset u Velikoj Britaniji. Namena postrojenja jeste proizvodnja električne energije za nacionalnu mrežu. Objekat se sastoji iz 2 reaktora. Planirani završetak je 2020. godina. U pitanju je zajedničko ulaganje kapitala kompanije *Centrica* i kompanije *EDF*. Kako izgradnja još uvek nije počela, sve u nastavku se odnosi na početne faze realizacije projekta. Ovo je još jedan projekat pokrenut u cilju realizacije “Energy 2020” strategije koji u svojoj osnovi ima za cilj obezbeđivanje energije poštujući sve propisane standarde i primenjujući najnoviju dostupnu tehnologiju, sa održivim razvojem kao idejom vodiljom. Ovakva investicija jeste ogromna prilika za zaposlenje i razvoj regiona, ali predstavlja potencijalni rizik za vlasnike zemljišta i izaziva zabrinutost kod organizacija koje se bave pitanjima zaštite životne sredine (partija Zelenih - *Friends of Earth*).



### 1.12.2 Učesnici na projektu



Slika 8.26 Šema učesnika i njihovih relacija na Projektu 12: Nuklearna elektrana *Hinkley Point* (modifikovano iz (Brookes N., 2012))

### 1.12.3 Upravljanje projektom

Nema podataka.

### 1.12.4 Performanse projekta

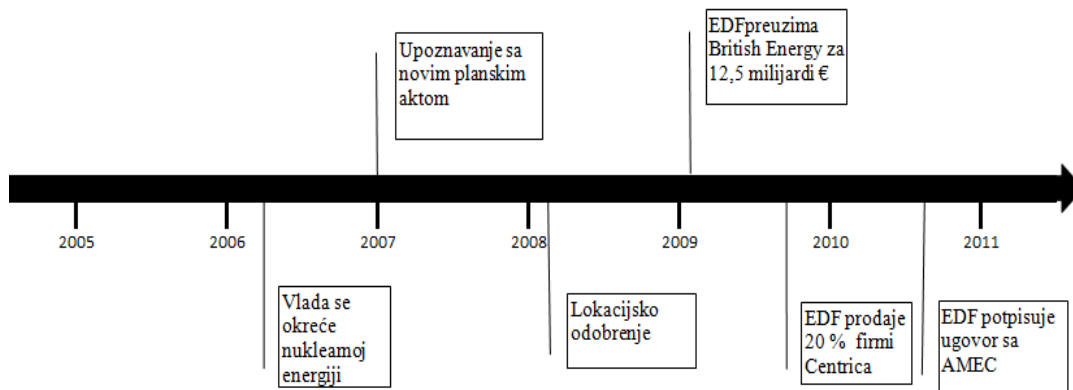
Nema podataka.

### 1.12.5 Spoljašnji uticaji na projekat

Ovako veliki projekti podležu svim većim političkim, ekonomskim i pravnim promenama i događajima. Neki od njih su finansijska kriza 2002. i 2008. godine, nuklearne katastrofe u Černobilu i Fukušimi. 2006. godine je došlo do preokreta u

prethodnoj anti-nuklearnoj energetskej politici u vlasti. Primećen je porast interesovanja za smanjivanje emisije ugljenika.

#### 1.12.6 Vremenski tok realizacije projekta



Slika 8.27 Tok realizacije Projekta 12: Nuklearna elektrana *Hinkley Point* (modifikovano iz (Brookes N., 2012))

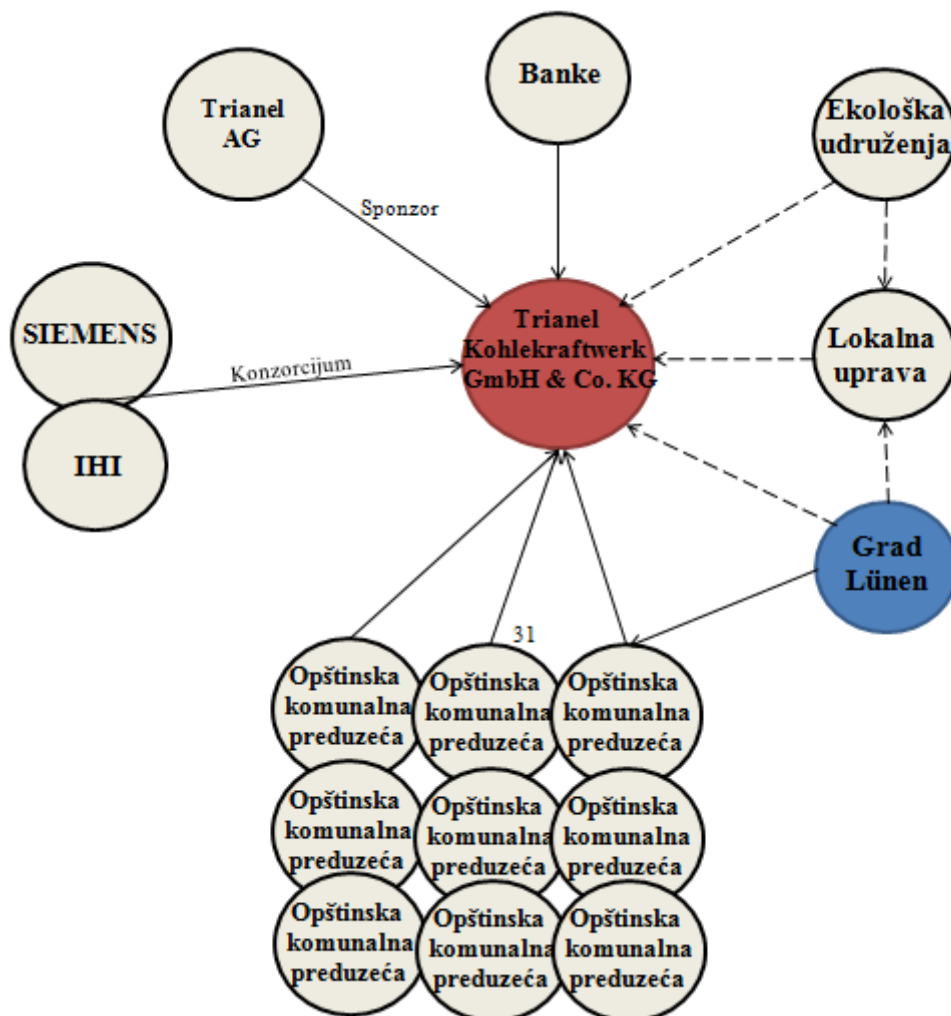
### 1.13 Projekat 13: Termoeletrana *Lünen*, Nemačka (*Kraftwerk Lünen (coal-burning power plant)*)

Izvor podataka o projektu: (Adlbrecht i Littau, 2012)

#### 1.13.1 Osnovni podaci o objektu

Originalni naziv projekta je “Kraftwerk Lünen“, a lokacija za izgradnju je mesto *Lünen* (u blizini Dortmundu), u Nemačkoj. Investicija od 1,4 milijarde EUR za cilj ima izgradnju objekta za proizvodnju i isporuku električne energije radi obezbeđenja snadbevanja grada *Lünen*, kao i okolnih gradova u budućnosti. Značajan je i podsticaj osamostaljivanja grada i regiona od velikih državnih distributera. Izgradnja objekta je u toku, a ugovor o izgradnji po sistemu fiksne cene je sklopljen sa konzorcijumom koji čine *Siemens* i *IHI*. Instalirana snaga elektrane bi, prema projektu, trebalo da bude 750 MW.

### 1.13.2 Učesnici na projektu



Slika 8.28 Šema učesnika i njihovih relacija na Projektu 13: Termoeletrana *Lünen* (modifikovano iz (Adlbrecht i Littau, 2012))

Osim na ovom projektu, tokom analize podataka iz baze kapitalnih projekata (MEGAPROJECT, 2012), uočeno je da je *Siemens*, kao izvođač ili jedan od izvođača bio prisutan na više analiziranih kapitalnih projekata. Usled toga je odlučeno da se prisustvo velike multinacionalne kompanije kao jednog izvođača uvrsti u karakteristike projekata za potrebe dalje analize.

### 1.13.3 Upravljanje projektom

Jedini dostupni podatak je da *Siemens* i *IHI*, za potrebe projekta, zapošljavaju 1500 ljudi.

#### 1.13.4 Performanse projekta

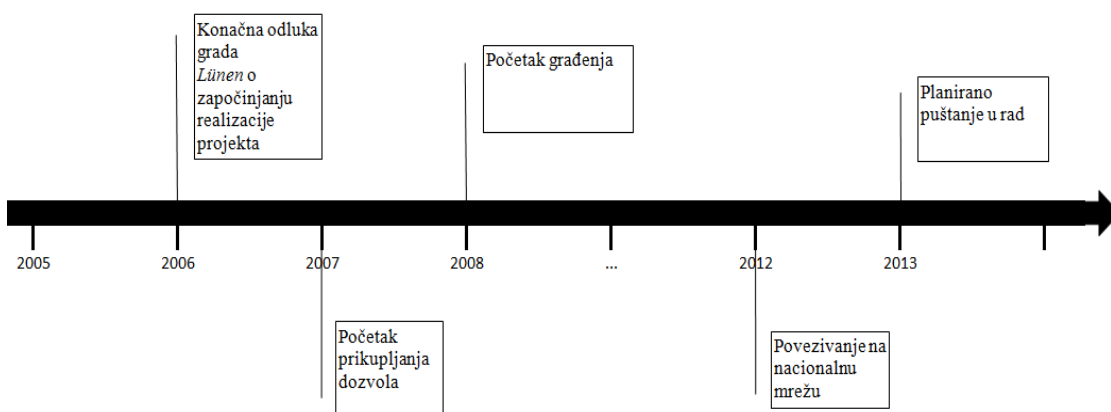
Troškovi izgradnje su u potpunosti u skladu sa planiranim. Kvalitet izvedenih radova je iznad propisanog. Planirani završetak radova bio je leto 2013. godine. Projekat je završen u decembru 2013. god.

#### 1.13.5 Spoljašnji uticaji na projekat

Ono što je karakteristično jeste da lokalne vlasti imaju moć da odlučuju o odobrenju projekta i da odluče koji dodatni zahtevi se moraju ispuniti. Nacionalne vlasti pružaju samo okvir i smernice. Političke odluke su i u ovom slučaju imale veliki uticaj na realizaciju projekta. Naime, došlo je do preokreta u nemačkoj energetskej politici (2011/2012. god.). Doneta je odluka o postepenom isključivanju nuklearnih proizvođača energije, što bi moglo dovesti do nestašice električne energije u budućnosti. Tokom realizacije projekta osnovana je nova politička stranka koja se protivi realizaciji projekta.

#### 1.13.6 Vremenski tok realizacije projekta

Nakon prethodnih studija i analiza grad *Lünen* je 2006. god. odlučio da se pristupi realizaciji projekta.



Slika 8.29 Tok realizacije Projekta 13: Termoeletrana *Lünen* (modifikovano iz (Adlbrecht i Littau, 2012))

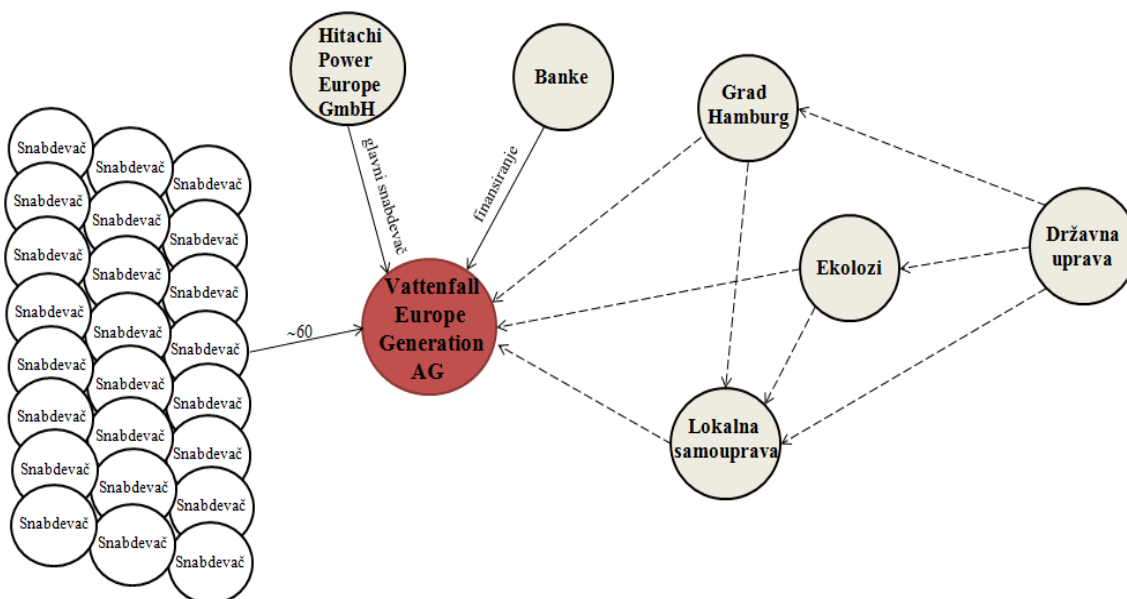
## 1.14 Projekat 14: Termoeletrana *Moorburg*, Nemačka (*Kraftwerk Moorburg (coal-burning power plant)*)

Izvor podataka o projektu: (Littau i Adlbrecht, 2012)

### 1.14.1 Osnovni podaci o objektu

Osnovni cilj pokretanja ovog kapitalnog projekta je bio da se obezbedi električna energija i osigura snabdevanje istom grada Hamburga i okolnog regiona, u budućnosti. Projektovana instalisana snaga je 1640 MW, a vrednost kompletnog projekta je 3 milijarde EUR. Lokacija je između gradova Hamburg i *Moorburg*, u Nemačkoj. Potrebno je bilo obezbediti čak 60 parcela, a izgradnja je u toku. Za potrebe implentacije projekta osnovano je novo pravno lice (*Vattenfall*) koje rukovodi procesom projektovanja i građenja.

### 1.14.2 Učesnici na projektu



Slika 8.30 Šema učesnika i njihovih relacija na Projektu 14: Termoeletrana *Moorburg* (modifikovano iz (Littau i Adlbrecht, 2012))

#### 1.14.3 Upravljanje projektom

*Hitachi* je za potrebe realizacije projekta angažovao oko 100 ljudi, dok je *Vattenfall* angažovao ukupno 260 ljudi.

#### 1.14.4 Performanse projekta

Došlo je do velikih vremenskih odstupanja. 12 meseci se izgubilo na odobravanju projekta i još 12 zbog tehničkih problema u fazi građenja. Prvobitno planirana investiciona vrednost od 1,8 milijardi EUR je zbog navedenih problema porasla na 3 milijarde EUR. Od značajnijih izmena projektnog rešenja, navodi se da je bilo neophodno da se izgradi rashladni toranj, koji prvobitno nije planiran.

#### 1.14.5 Spoljašnji uticaji na projekat

I u ovom slučaju lokalne vlasti su imale moć i odgovornost da odlučuju o odobrenju projekta i o tome koji dodatni zahtevi se moraju ispuniti. Nacionalne vlasti pružaju samo okvir i smernice. Političke odluke su i u ovom slučaju imale veliki uticaj na projekat. Naime, došlo je do preokreta u nemačkoj energetskej politici (2011/2012. god.). Doneta je odluka o postepenom isključivanju nuklearnih proizvođača energije, što bi moglo dovesti do nestašice električne energije u budućnosti. Takva politička odluka je u principu pozitivno uticala na odobrenje i realizaciju projekta. Sa druge strane, dva puta su održavani izbori i politički stav prema ovom projektu je promenjen iz neutralnog u negativni, jer je na vlast došla "Zelena" partija.

#### 1.14.6 Vremenski tok realizacije projekta

Najkarakterističniji događaji koji su od značaja za ovaj projekat jesu protesti organizovani 2005. i 2006. godine protiv njegove realizacije. Ometanja su nastavljena i u 2007. i 2008. godini putem sporova, da bi se 2009. javili tehnički problemi. Puštanje termoelektrane u rad se očekuje do kraja 2014. godine.

1.15 Projekat 15: Izgradnja sistema za zaštitu grada Venecije od poplava (MOSE), Italija (*MOSE project (Modulo Sperimentale Elettromeccanico – Experimental Electromechanical Module)*)

Izvor podataka o projektu: (Storto, 2012)

1.15.1 Osnovni podaci o objektu

Projekat izgradnje sistema za zaštitu grada Venecija, u Italiji, od poplava (“Modulo Sperimentale Elettromeccanico”) predstavlja integrisani sistem odbrane koji se sastoji od redova mobilnih kapija koje su u stanju da izoluju venecijansku lagunu od Jadranskog mora kada plima dostigne utvrđeni nivo (110cm), a do visine od maksimalno 3m. Projektom upravlja konzorcijum - *The Consortium New Venice* u svemu u skladu sa Specijalnim zakonom za Veneciju - L. 798/84. Objekat se sastoji od ukupno 78 kapija podeljenih u 4 reda, instaliranih da zaštite 3 ulaza. Dužina jedne kapije je 20m.



Slika 8.31 Prikaz sva 3 ulaza u grad (preuzeto iz (Storto, 2012))

Planirani poduhvat ima 3 aspekta. Pored primarnog, zaštite od poplava, tu je i zaštita životne sredine i očuvanje ekosistema, kao i posebna aktivnost koja predstavlja mere za



suzbijanje rizika od zagađenja naftom prouzrokovanih morskim saobraćajem. Radovi se izvode simultano na sva tri ulaza. Veći deo radova se obavlja uz pomoć brodova.

#### 1.15.2 Učesnici na projektu

Nema dovoljno informacija na osnovu kojih bi se iscertala struktura učesnika.

#### 1.15.3 Upravljanje projektom

Ukupan broj zaposlenih za potrebe realizacije projekta je 3000, a po procenama na održavanju sistema treba da radi između 120 i 150 ljudi.

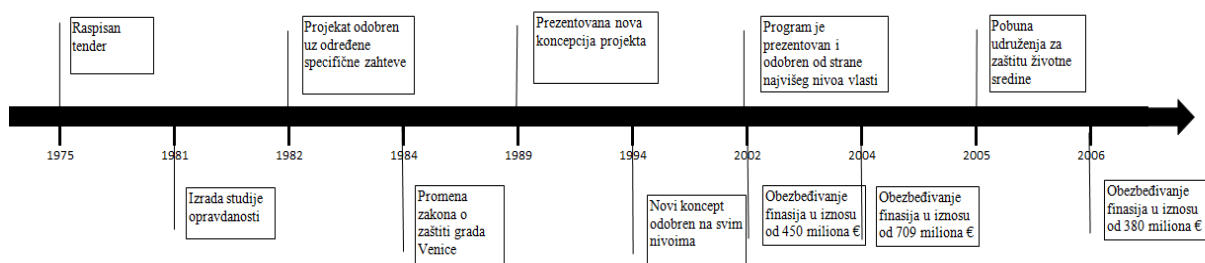
#### 1.15.4 Performanse projekta

Konceptualizacija i izrada studija počela je 1975. godine. Projekat je odobren i početak radova bio je 2003. godine, a procena je bila da će radovi biti završeni 2010. god. Trenutna je procena da će završetak radova biti 2015. godine. Prvobitno planirana investiciona vrednost je bila 2,3 milijarde EUR, dok je trenutna procena da će se do kraja radova ukpno potrošiti 4,678 milijarde EUR. Nezvanične procene, kako se navodi u materijalu, čak navode 5,5 milijardi EUR kao realnost. Jedan od uslova bio je i da se očuva kulturno nasleđe Venecije i prirodno stanište u njenoj laguni. Za sada ovo poslednje nije ispunjeno, jer su radovi još uvek u toku.

#### 1.15.5 Spoljašnji uticaji na projekat

Recesija 2000. godine i manjak sredstava su značajno uticali na realizaciju ovog projekta. Poslednja Vlada je imala velikei interes za realizaciju ovog kapitalnog projekta. Potrebno je napomenuti da je u ovom slučaju, svaka politička promena, na lokalnom i državnom nivou, imala uticaja na radove, jer je reč o projektu ogromnih razmera, kako u ekonomskom, tako i organizacionom i tehničkom apsektu. Tu je i pitanje zaštite životne sredine, a ujedno je tokom celokupnog izvođenja radova bilo neophodno omogućiti nesmetano odvijanje morskog saobraćaja. Kako je reč o jednom od najpoznatijih i najlepših svetskih gradova, izuzetno je važno očuvati njegovo urbanističko, arhitektonsko i kulturno nasleđe.

### 1.15.6 Vremenski tok realizacije projekta



Slika 8.32 Tok realizacije Projekta 15: Izgradnja sistema za zaštitu grada Venecije od poplava (MOSE)  
(modifikovano iz (Storto, 2012))

1.16 Projekat 16: Severna konekcija, Švedska (*Norra Länken* ("the Northern Link"))  
Izvor podataka o projektu: (Wennström, 2012)

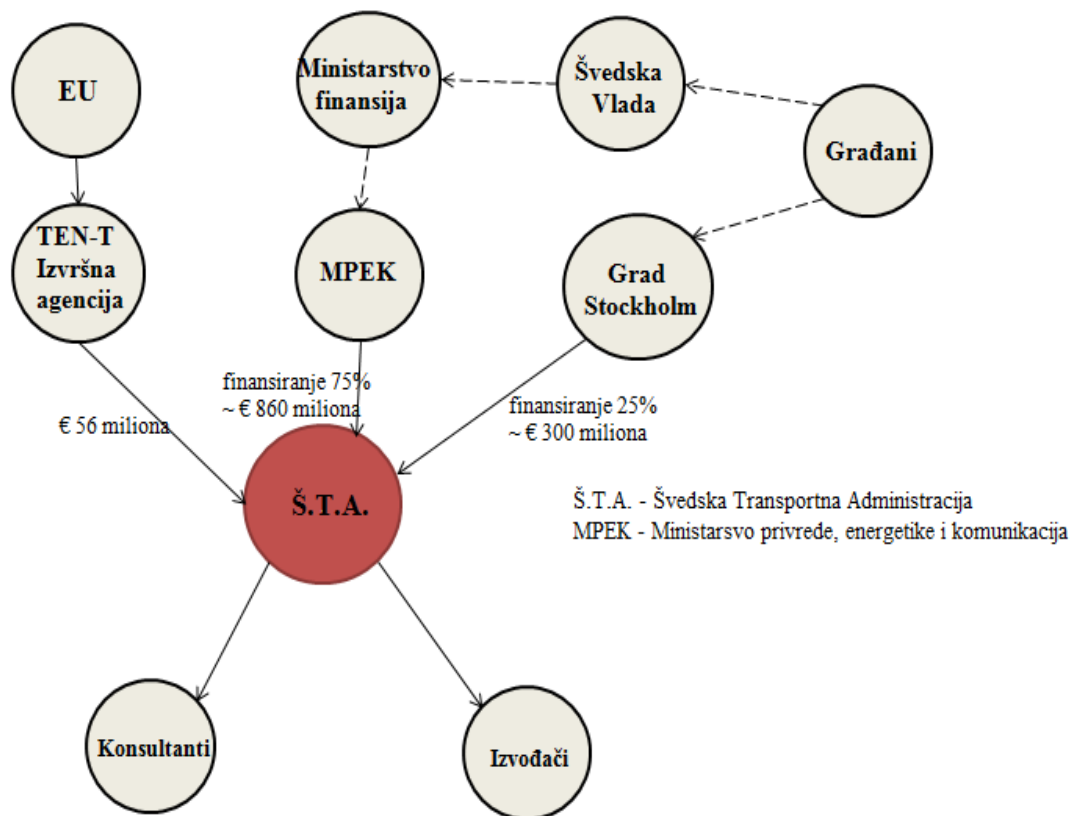
1.16.1 Osnovni podaci o objektu

Originalni naziv je "Norra Länken", a lokacija je Stokholm u Švedskoj. Svrha projekta je da se stvori nova veza za auto-put E20 od E4 auto-puta "Essingeleden" na severozapadu do mesta Vartan na severoistoku. Ovo bi poboljšalo pristupačnost za Lidingo i otvorilo ovo područje za urbani razvoj. Takođe, kada se izvođenje završi, smanjilo bi se saobraćajno opterećenje u centru grada. Projekat se sastoji od tunela sa pratećim saobraćajnim objektima. Ukupna dužina glavnih tunela iznosi 5 km od čega je 1 km izgrađen pre dvadeset godina. Ukupno će biti 11 km drumskih tunela, od kojih je 9 km stenskih tunela i 2 km betonskih tunela.

Planirana investiciona vrednost prve faze projekta (*Norrtull – Värtan/Frescati*) iznosi 1,2 milijarde EUR. Za realizaciju druge faze projekta (veza sa *Hagastaden*-om), planirano je 640 miliona EUR. Potpisano je 40 ugovora o građenju, a ono što je karakteristično da je za primenjivan isključivo ugovor sa fiksnom cenom.

1.16.2 Učesnici na projektu

Finansiranje bi se grafički moglo prikazati na sledeći način (slika 8.33):



Slika 8.33 Šema učesnika i njihovih relacija na Projektu 16: Severna konekcija (modifikovano iz (Wennström, 2012))

### 1.16.3 Upravljanje projektom

2010. godine je na izvođenju bilo zaposleno 1100 ljudi, a 2012. godine 800. 56 inženjera i tehničkog osoblja konstantno nadgleda realizaciju radova. Na svaka 2 meseca se održavaju glavni sastanci za kontrolu ispunjenja performansi projekta.

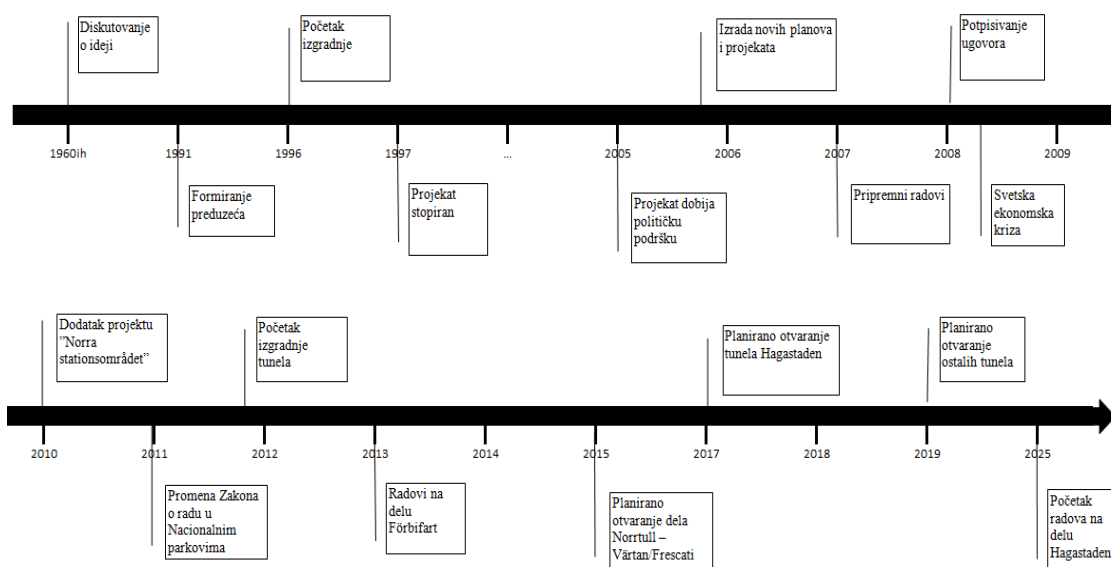
### 1.16.4 Performanse projekta

Do sada nisu prijavljena značajnija kašnjenja. Tokom realizacije projekta menjana je specifikacija i u skladu sa tim, povećavana planirana investiciona vrednost. Većina problema bila je u vezi sa zaštitom životne sredine, jer je reč o velikom projektu u samom centru grada. Međutim, veći deo planiranog obma posla je uspešno realizovan.

### 1.16.5 Spoljašnji uticaji na projekat

Evropska unija je izuzetno zainteresovana za realizaciju ovakvih projekata, jer za cilj ima uspostavljanje dobre transportne mreže preko cele Evrope, zarad povećanja konkurentnosti i zapošljavanja unutar EU. 2009. je došlo do promene Zakona o zaštiti životne sredine u Nacionalnim parkovima. 2006. godine je došlo do promene vlasti. Bilo je nekoliko akcija ekoloških udruženja u pokušaju da stopiraju projekat. Kao i druge države, Švedsku je 2008. god. uzdrmala velika svetska ekonomska kriza. Njene posledice i dalje značajno utiču na projekat.

### 1.16.6 Vremenski tok realizacije projekta



Slika 8.34 Tok realizacije Projekta 16: Severna konekcija (modifikovano iz (Wennström, 2012))

1.17 Projekat 17: Železnička pruga za saobraćaj vozova velikih brzina: Sevilja – Madrid, Španija (*High-Speed train in Spain: Seville-Madrid*)

Izvor podataka o projektu: (Alfalla-Luque i Medina-López, 2012)

1.17.1 Osnovni podaci o objektu

Cilj ovog projekta je da spoji dva velika grada u Španiji železnicom za vozove velikih brzina. Omogućavanje dobrog prevoza između gradova, kao i priključivanje međunarodnoj železničkoj mreži u Evropi jesu glavni zadatci ove investicije. Za potrebe realizacije projekta je izdvojeno 2,693 milijarde EUR i projekat je realizovan u periodu od 1987. do 1993. godine. Brza železnica je počela sa radom 1992. godine. Okvirna cena po kilometru iznosila je 5,4 miliona EUR. Ukupno je izgrađeno 271,8km železničke pruge za operativnu brzinu od 300km/h.

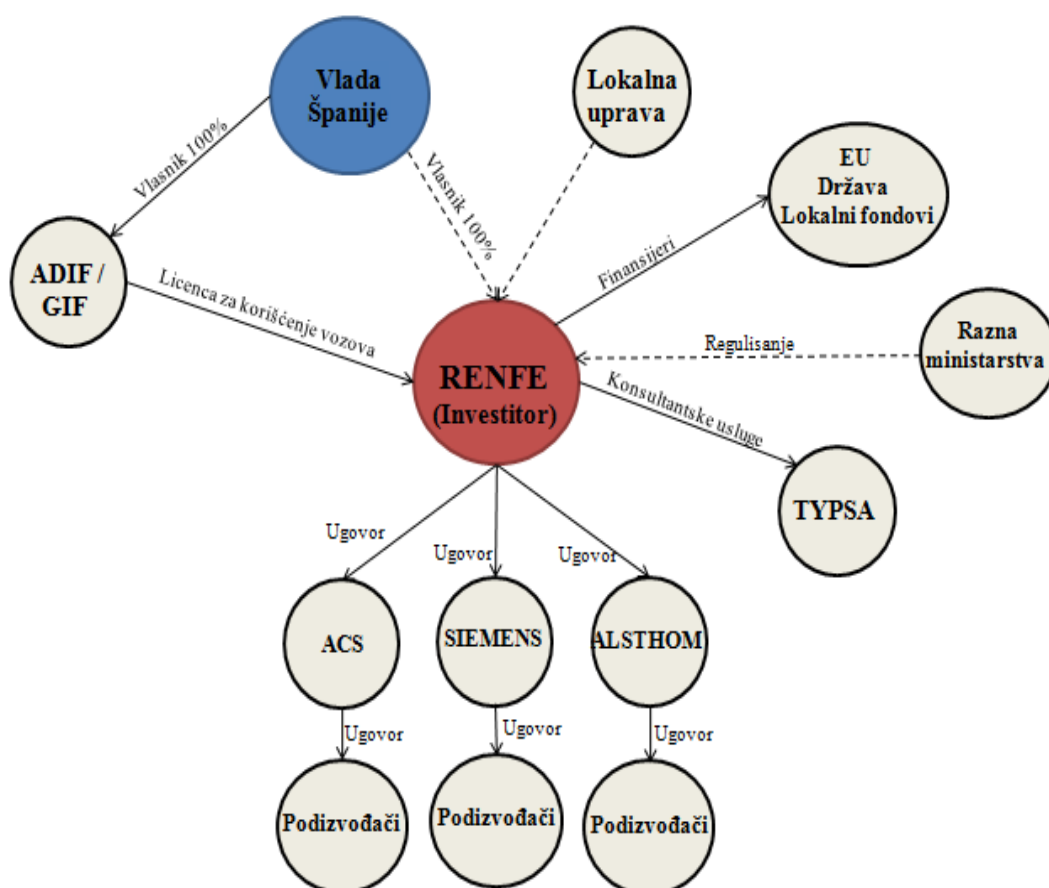


Slika 8.35 Železnička mreža u Španiji, 2010. godine (preuzeto iz (Alfalla-Luque i Medina-López, 2012))

Slika 8.35 reflektuje stanje železničke mreže u Španiji 2010. godine, dajući prikaz postojećih linija železničkih pruga za asobraćaj vozova velikih brzina, onih koje su u

izgradnji i planiranih linija železničkih pruga za saobraćaj vozova velikih brzina. Kako još dosta linija tek treba da se izgradi, od izuzetnog je značaja za ovu državu da uvidi probleme koji se javljaju u izgradnji objekata ove vrste kao i razloge zbog kojih dolazi do prekoračenja planiranih troškova i vremena.

### 1.17.2 Učesnici na projektu



Slika 8.36 Šema učesnika i njihovih relacija na Projektu 17: Železnička pruga za saobraćaj vozova velikih brzina: Sevilja – Madrid (modifikovano iz (Alfalla-Luque i Medina-López, 2012))

### 1.17.3 Upravljanje projektom

Nema podataka o broju i strukturi zaposlenih.

### 1.17.4 Performanse projekta

Prvobitno planirana investicijska vrijednost iznosila je 1,575 milijardi EUR. Međutim, do 1992. godine troškovi su porasli na 2,693 milijarde EUR (71% prekoračenja). Procena je bila da će se projekat realizovati u 2 godine, a zapravo je bilo potrebno 5 godina. Čak 24 miliona su utrošena na izmene projekta u domenu zaštite životne sredine. Ostvarene uštede u putovanju ovakvim prevozom, predstavljale su osnovu za očekivanje konstantnog rasta broja putnika na ovoj liniji. U periodu nakon izgradnje ove pruge, Sevilja se značajno razvila, a kao jedan od razloga se navodi i broj turista koji je u godinama nakon izgradnje pruge, nadmašio očekivanja.

#### 1.17.5 Spoljašnji uticaji na projekat

Ovo je jedan visoko favorizovan projekat, jer je bio od velikog značaja svim učesnicima na projektu. Za državu je predstavljao mogućnost razvoja, bolju pristupačnost, mogućnost privlačenja većeg broja turista. Projekat je bio u skladu sa planovima EU. Na lokalnom nivou podstaknuto je otvaranje više i boljih radnih mesta. Neophodno je bilo da se poštuje državna, lokalna i evropska regulativa. Bilo je neophodno da se radovi završe do velike internacionalne izložbe 2002. godine u Sevilji.

#### 1.17.6 Vremenski tok realizacije projekta

Nisu posebno izdvojeni događaji od značaja. Međutim, ono što je potrebno pomenuti, to je teroristički napad u Madridu 2004. godine. Napadi se smatraju najtežim terorističkim zločinom na tlu kontinentalne Evrope u istoriji.

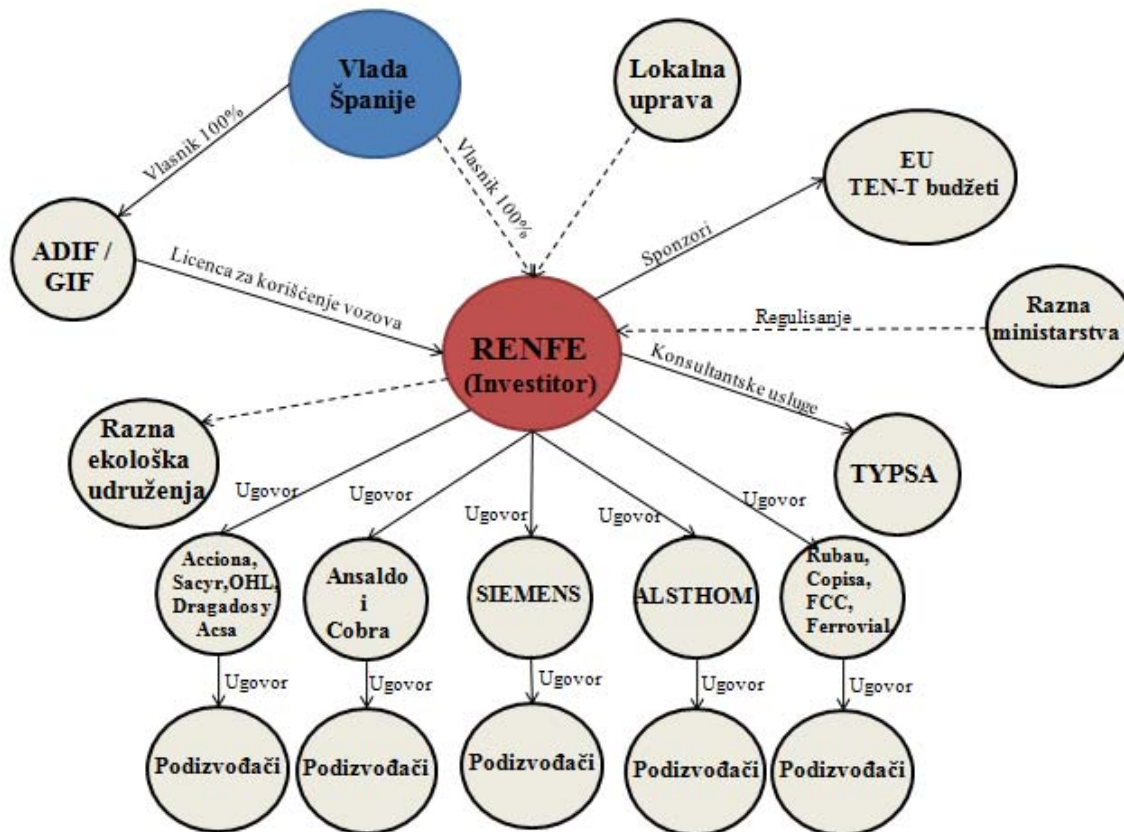


- 1.18 Projekat 18: Železnička pruga za saobraćaj vozova velikih brzina: Madrid – Barcelona – granica sa Francuskom, Španija (*High-Speed Train in Spain: Madrid-Barcelona-French frontier (Figueres)*)  
Izvor podataka o projektu: (Medina-López i Alfalla-Luque, 2012)

1.18.1 Osnovni podaci o objektu

Projekat je pokrenut u cilju ostvarenja sigurne i konforne saobraćajne veze dva najveća grada u Španiji, kao i da se poboljša saobraćajna veza sa Francuskom. Ova, druga, faza ovog projekta je još u izgradnji. Ukupna, planirana investiciona vrednost iznosi 9 milijardi EUR. Prvi deo je završen 2008. godine, a drugi je trebalo da se završi 2012. godine. Procena je da će trebati 3 godine više za završetak radova. Projektom je predviđena izgradnja 664 km pruge u prvoj fazi (Madrid-Barcelona) i 804 km pruge u drugoj (Barcelona - Figueres). Predviđena maksimalna brzina vozova je 350 km/h.

### 1.18.2 Učesnici na projektu



Slika 8.37 Šema učesnika i njihovih relacija na Projektu 18: Železnička pruga za saobraćaj vozova velikih brzina: Madrid – Barcelona – granica sa Francuskom (modifikovano iz (Medina-López i Alfalla-Luque, 2012))

### 1.18.3 Upravljanje projektom

Nema podataka.

### 1.18.4 Performanse projekta

Početak radova je bio 2005. godine i prvobitna procena je bila se da će svi radovi biti završeni 2009. godine. Deo Madrid – Barcelona je završen 2008. godine, a procena iz 2008. godine je bila da će se deo Barcelona – Figueres završiti 2012. godine. Prva procena je bila da će radovi koštati 6 milijardi, da bi na kraju ukupna investicija u deonicu Madrid – Barcelona iznosila 9 milijardi EUR. Bilo je mnogo kritika tokom izgradnje ove deonice. Veoma kritički izveštaj od strane konsultantske firme *KPMG*, po nalogu Ministarstva za javne radove (*Ministerio de Fomento*) 23. juna 2004. godine,

ukazao je na nedostatak u detaljnijoj razradi istražnih studija i na ishitreno izvođenje radova kao najvažnije razloge za probleme koji su proganjali izgradnju ove linije. Na primer, tokom građenja tunela u blizini Barselone, okolne zgrade pretrpele su manju štetu od velikog klizišta koje se pojavilo u blizini železničke stanice i prouzrokovalo oštećenja na objektima.

#### 1.18.5 Spoljašnji uticaji na projekat

Ovaj projekat je izuzetno važan za dalji razvoj turizma u Španiji. S obzirom da doprinosi ispravljanju nejednakosti između regiona i njihovom povezivanju putem bezbedne i konforne vrste putovanja, može se reći da je ovaj projekat ključan faktor za integraciju i razvoj nekoliko regiona.

#### 1.18.6 Vremenski tok realizacije projekta

Kao i u predhodnom projektu, ni ovde nisu izdvojena posebna dešavanja vezana za projekat, osim terorističkog napada u Madridu, 2004. godine i svetske ekonomske krize, 2008. godine.

## 1.19 Projekat 19: Železnička pruga za saobraćaj vozova velikih brzina, Portugal (*The High-Speed Project in Portugal*)

Izvor podataka o projektu: (de Abreu e Silva i Pedro, 2012)

### 1.19.1 Osnovni podaci o objektu

Planiranje i izgradnja mreže železnice za saobraćaj vozova velikih brzina u Portugalu je podeljena u 5 etapa.

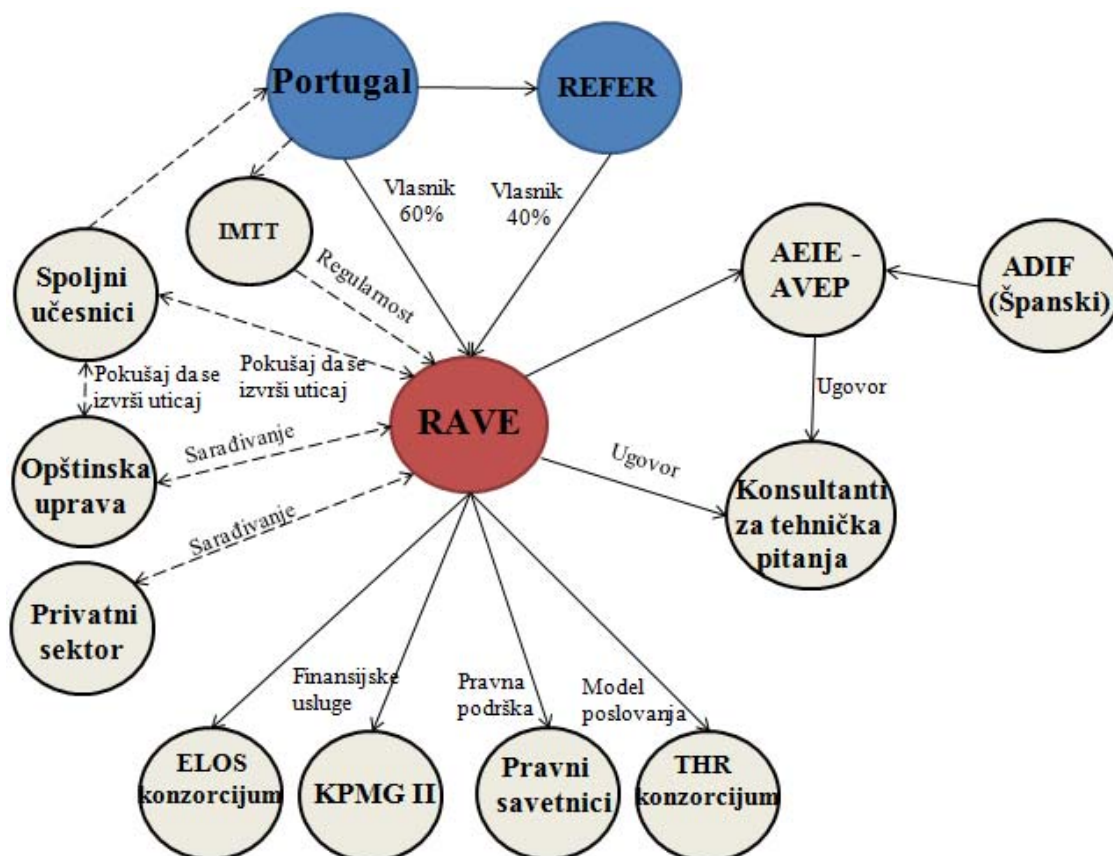
- Lisabon – Madrid: ojačanje veze između dva glavna grada i poboljšanje međunarodnih veza;
- Lisabon – Porto: kreiranje nove železničke veze između dva najveća grada Portugala;
- Porto – Vigo: jačanje veza i multimodalnosti između Porta i Galiza (Španija);
- Aveiro – Salamanka: povezivanje gradova Aveiro, Viseu i Mangualde;
- Evora – Faro: veza značajna za turizam Algarve-a.

Ukupna vrednost za prve tri etape projekta je 8,3 milijardi EUR. Trenutni status projekta je da je suspendovan u fazi projektovanja. Ugovorni okvir je fiksna cena i *cost plus*, jer je reč o javno-privatnom partnerstvu, a podrazumeva projektovanje, planiranje, izgradnju i održavanje mreže. Dužine deonica su :

1. Lisabon – Madrid: 640km,
2. Porto – Vigo: 125km i
3. Lisabon – Porto: 290km.

### 1.19.2 Učesnici na projektu

Šematski prikaz učesnika na ovom projektu dat je na slici 8.38.



Slika 8.38 Šema učesnika i njihovih relacija na Projektu 19: Železnička pruga za saobraćaj vozova velikih brzina (modifikovano iz (de Abreu e Silva i Pedro, 2012))

### 1.19.3 Upravljanje projektom

Korišćeni su svi savremeni softveri i alati u oblasti projektovanja i planiranja. *Trimble QUANTM Alignment Planning Solution* simultano upravlja svim ekološkim, kulturnim i društvenim problemima koji su prisutni prilikom planiranja ovakvih koridora.

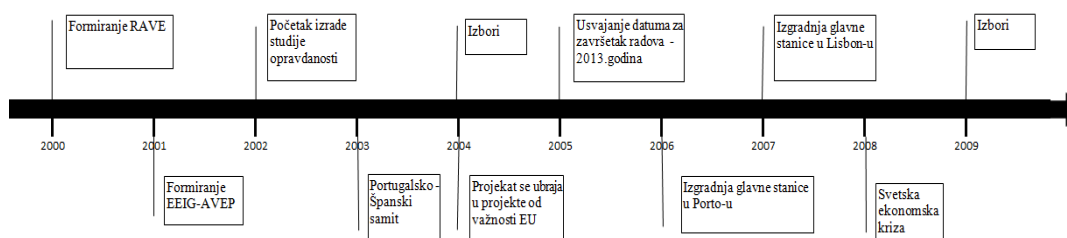
### 1.19.4 Performanse projekta

2012. godine projekat je suspendovan. Glavni aerodrom u Lisabonu se nalazi u samom centru grada. Zbog mnogih razloga, kao što su buka, zagađenje, bezbednost, već dugo se insistira na promeni njegove lokacije. Kako je uslov da železnica bude povezana sa aerodromom, planirane rute podležu velikom uticaju prilikom promene lokacije aerodroma.

### 1.19.5 Spoljašnji uticaji na projekat

Od 2007/2008. godine glavna opoziciona partija se snažno protivi ovom projektu. 2004. godine projekat je ušao u najuži izbor projekata koji su prioritet u Evropi. 2007. godina je svakako veoma značajna, jer je tada promenjena lokacija aerodroma u Lisabonu. Česti izbori i promene Vlade su dodatno uticale na projekat, uz neminomi efekat svetske ekonomske krize.

### 1.19.6 Vremenski tok realizacije projekta



Slika 8.39 Tok realizacije Projekta 19: Železnička pruga za saobraćaj vozova velikih brzina (modifikovano iz (de Abreu e Silva i Pedro, 2012))

## 1.20 Projekat 20: Nuklearna elektrana *Flamanville 3*, Francuska (*Flamanville 3 Nuclear Power Plant*)

Izvor podataka o projektu: (Locatelli i Mancini, 2012)

### 1.20.1 Osnovni podaci o objektu

Originalni naziv projekta je “Flamanville 3 Nuclear Power Plant (FL3)”. Lokacija za izgradnju je na *Cotentin* poluostrvu, u Francuskoj.



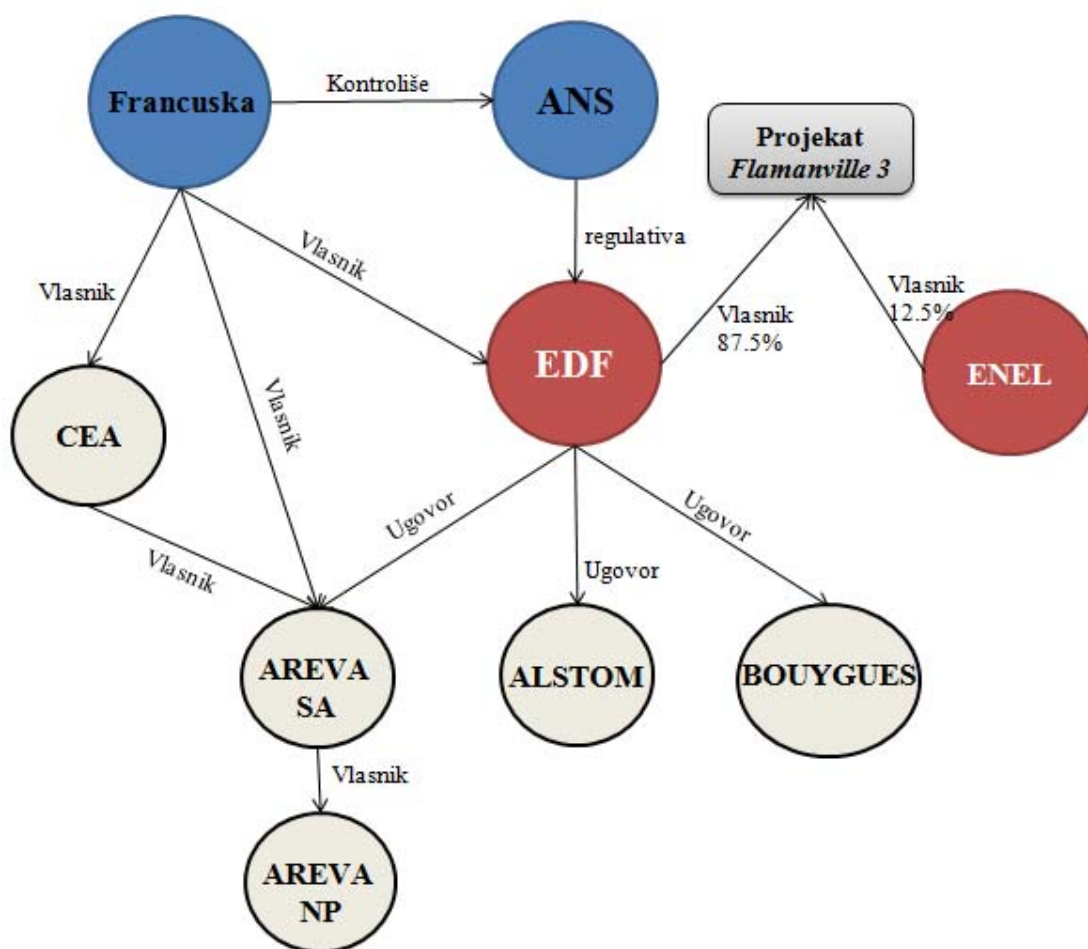
Slika 8.40 Položaj u Evropi (preuzeto iz (Locatelli i Mancini, 2012))

Cilj je da se izgradi reaktor, obezbede pomoćne usluge i da se sve poveže na električnu mrežu. Investitor je *EDF* (*Électricité de France* - Francuska elektroenergetska kompanija). On potpisuje ugovore sa ostalim partnerima (*Areva, Alstom, Bouygues...*). Planirano je da će projekat upošljavati maksimalno 3000 ljudi.

### 1.20.2 Učesnici na projektu

*EDF* je većinski vlasnik i finasira 87,5% projekta, dok ostatak finasira *ENEL*. *EDF* je odgovoran za upravljanje projektom, pregovaranje sa *ASN*-om (*Autorité de Sûreté Nucléaire*), pošto je državna uprava zadužena za regulisanje nuklearne bezbednosti i

zaštite od radijacije, zatim za ugovaranje, definisanje tehničkih referenci nuklearne elektrane i stalnu kontrolu. Kompanija *Alstom* je zadužena za instalaciju turbina, a *Bouygues* za kompletan građevinski deo posla. Kompanija AVERA SA, koja je preko 90% u vlasništvu Francuske države, odgovorna je za obezbeđivanje i kontrolu procesa proizvodnje električne energije u ovoj nuklearnoj elektrani. Dakle, Vlada Francuske kontroliše rad ANS, EDF i najbitnijeg Izvođača – AREVA-e. Odnos je šematski prikazan na Slici 8.41.



Slika 8.41 Šema učesnika i njihovih relacija na Projektu 20: Nuklearna elektrana Flamanville 3  
(modifikovano iz (Locatelli i Mancini, 2012))

### 1.20.3 Upravljanje projektom

Nema podataka.



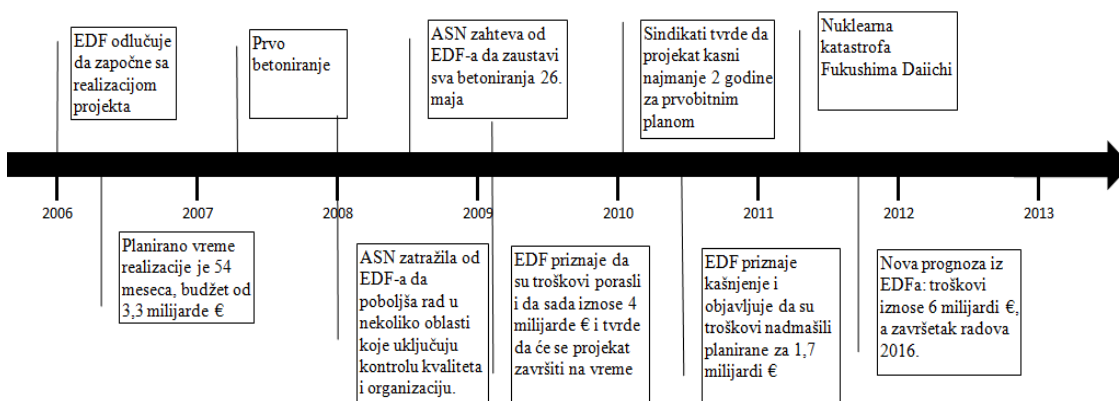
#### 1.20.4 Performanse projekta

EDF je 2006. godine počeo sa izvođenjem radova na reaktoru. FL3 je trebalo da se poveže na mrežu 2012. godine. Jula 2011. godine objavljeno je da se završetak radova očekuje u toku 2016. godine. 2005. godine procena je bila da će izgradnja koštati 3,3 milijarde EUR, da bi 2012. godine bila data nova procena u iznosu od 6 milijardi EUR, što predstavlja povećanje za 81%. Vlasti su nekoliko puta prijavile da je kvalitet ispod zahtevanog za nuklearnu industriju. Iako je bilo pokušaja da se projekat zaustavi, većina stanovništva ga podržava.

#### 1.20.5 Spoljašnji uticaji na projekat

Projekat ima punu političku podršku. Kao i u drugim slučajevima, nastoji se da se isprave greške uočene posle događaja u Fukušimi. Pravna pozadina ovakvih projekata je od esencijalnog značaja i iz potrebe za standardizacijom mera sigurnosti na nuklearnim elektranama, dolazi do promena u zakonima čime se dobijaju različiti uticaji na sam projekat. Razna ekološka udruženja su nekoliko puta pokušala da zaustave projekat.

#### 1.20.6 Vremenski tok realizacije projekta



Slika 8.42 Tok realizacije Projekta 20: Nuklearna elektrana Flamanville 3 (modifikovano iz (Locatelli i Mancini, 2012))

## 8.4 PRILOG 4: DETALJNI REZULTATI PRORAČUNA PRIMENOM SOFTVERA ZA ANALIZU PODATAKA METODAMA MAŠINSKOG UČENJA

REZULTATI PRORAČUNA ZA SKUP PODATAKA: KAPITALNI SAOBRAČAJNI PROJEKTI (30 projekata)

Y1

NO SELECTION

Loo  
SVM:  
accuracy: 0.2962962962962963  
kappa: -0.4615384615384615  
F(weighted): 0.27801827801827805  
pr0: 0.11111111111111111 re0: 0.08333333333333333  
pr1: 0.38888888888888889 re1: 0.4666666666666667

ANN:  
accuracy: 0.48148148148148145  
kappa: -0.05000000000000001  
F(weighted): 0.48148148148148145  
pr0: 0.4166666666666667 re0: 0.4166666666666667  
pr1: 0.5333333333333333 re1: 0.5333333333333333

KNN:  
accuracy: 0.3333333333333333  
kappa: -0.35000000000000001  
F(weighted): 0.3333333333333333  
pr0: 0.25 re0: 0.25  
pr1: 0.4 re1: 0.4

DT:  
accuracy: 0.5185185185185185  
kappa: 0.03305785123966928  
F(weighted): 0.5198467432950191  
pr0: 0.46153846153846156 re0: 0.5  
pr1: 0.5714285714285714 re1: 0.5333333333333333

NB:  
accuracy: 0.4074074074074074  
kappa: -0.20000000000000001  
F(weighted): 0.40740740740740744  
pr0: 0.3333333333333333 re0: 0.3333333333333333  
pr1: 0.4666666666666667 re1: 0.4666666666666667

LR:  
accuracy: 0.4074074074074074  
kappa: -0.20000000000000001  
F(weighted): 0.40740740740740744  
pr0: 0.3333333333333333 re0: 0.3333333333333333  
pr1: 0.4666666666666667 re1: 0.4666666666666667

10 x 10 folds  
SVM:  
accuracy: 0.362962962962963  
kappa: -0.3185178076985413  
F(weighted): 0.348067228924522  
pr0: 0.21994949494949495 re0: 0.175  
pr1: 0.4366271069831441 re1: 0.5133333333333334

ANN:  
accuracy: 0.5222222222222222  
kappa: 0.03895621166770454  
F(weighted): 0.522769082786977  
pr0: 0.46913086913086915 re0: 0.4916666666666667  
pr1: 0.5702884615384616 re1: 0.5466666666666667

KNN:  
accuracy: 0.40740740740740733  
kappa: -0.20463721255963163  
F(weighted): 0.40363523498223886  
pr0: 0.3313597513597514 re0: 0.30833333333333335  
pr1: 0.462217553688142 re1: 0.4866666666666667

DT:  
accuracy: 0.4814814814814815  
kappa: -0.026980519673914394  
F(weighted): 0.47987032124963164  
pr0: 0.42892237664296495 re0: 0.5333333333333334  
pr1: 0.5467249417249417 re1: 0.43999999999999995

NB:  
accuracy: 0.4222222222222222  
kappa: -0.17014167650531298  
F(weighted): 0.42202225052348386  
pr0: 0.3490675990675991 re0: 0.35  
pr1: 0.4804166666666667 re1: 0.48000000000000001

LR:  
accuracy: 0.38518518518518513  
kappa: -0.2641423947526983  
F(weighted): 0.3751562989586747  
pr0: 0.26848928848928844 re0: 0.23333333333333334  
pr1: 0.45176237161531285 re1: 0.5066666666666667

10 x 5 folds  
SVM:  
accuracy: 0.4296296296296296  
kappa: -0.18385049063889608  
F(weighted): 0.4137632868840451  
pr0: 0.3020815295815296 re0: 0.24166666666666664  
pr1: 0.4915806673546612 re1: 0.5799999999999999

ANN:  
accuracy: 0.4629629629629629  
kappa: -0.08611453956243319  
F(weighted): 0.46028302731751014  
pr0: 0.38901709401709406 re0: 0.4083333333333333  
pr1: 0.5208730158730158 re1: 0.5066666666666667

KNN:  
accuracy: 0.4851851851851851  
kappa: -0.04148746837175217  
F(weighted): 0.48243638952368456  
pr0: 0.41335997335997343 re0: 0.4333333333333334  
pr1: 0.5432967032967033 re1: 0.5266666666666667

DT:  
accuracy: 0.4962962962962963  
kappa: 0.017819917961747755

F(weighted): 0.48311928289415357  
pr0: 0.4607282346136835 re0: 0.6166666666666666  
pr1: 0.5590950715950717 re1: 0.4

NB:  
accuracy: 0.4555555555555555  
kappa: -0.10297474657530117  
F(weighted): 0.4538269426998086  
pr0: 0.3796869796869797 re0: 0.3916666666666667  
pr1: 0.5145722904546434 re1: 0.5066666666666666

LR:  
accuracy: 0.42592592592592593  
kappa: -0.1858115736320702  
F(weighted): 0.4124193557185287  
pr0: 0.32291847041847044 re0: 0.25  
pr1: 0.4809967320261439 re1: 0.5666666666666667

10 x 3 folds  
SVM:  
accuracy: 0.4703703703703703  
kappa: -0.10638096099336422  
F(weighted): 0.4451883554158703  
pr0: 0.35452214452214453 re0: 0.25  
pr1: 0.5171645021645022 re1: 0.6466666666666667

ANN:  
accuracy: 0.4962962962962963  
kappa: -0.01587028098192922  
F(weighted): 0.49488347985102826  
pr0: 0.43130536130536135 re0: 0.4583333333333333  
pr1: 0.5522931725137608 re1: 0.5266666666666666

KNN:  
accuracy: 0.5037037037037038  
kappa: -0.007396242960771379  
F(weighted): 0.5003761695017908  
pr0: 0.4343573093573093 re0: 0.4333333333333333  
pr1: 0.5541587140929247 re1: 0.5599999999999999

DT:  
accuracy: 0.4703703703703703  
kappa: -0.04984755929900121  
F(weighted): 0.4615743125626799  
pr0: 0.4077694235588972 re0: 0.525  
pr1: 0.5390176052018157 re1: 0.4266666666666666

NB:  
accuracy: 0.4407407407407407  
kappa: -0.14198719148092762  
F(weighted): 0.43539114857573774  
pr0: 0.35372960372960377 re0: 0.3333333333333333  
pr1: 0.4996428571428571 re1: 0.5266666666666666

LR:  
accuracy: 0.4111111111111111  
kappa: -0.20661658144204237  
F(weighted): 0.40324862208932394  
pr0: 0.307024087024087 re0: 0.2833333333333333  
pr1: 0.4745244238046095 re1: 0.5133333333333333

Y1

CFS

Loo  
SVM:  
accuracy: 0.4666666666666667  
kappa: -0.10775819566688338  
F(weighted): 0.452078016077583  
pr0: 0.3652525252525253 re0: 0.27499999999999997  
pr1: 0.516683865290677 re1: 0.6199999999999999

ANN:  
accuracy: 0.6000000000000001  
kappa: 0.19381201111418117  
F(weighted): 0.5978164517474861  
pr0: 0.531062271062271 re0: 0.5916666666666667  
pr1: 0.6618131868131869 re1: 0.6066666666666667

KNN:  
accuracy: 0.6333333333333334  
kappa: 0.27021191523390653  
F(weighted): 0.6342490842490841  
pr0: 0.5742857142857141 re0: 0.675  
pr1: 0.6980769230769232 re1: 0.5999999999999999

DT:  
accuracy: 0.5148148148148148  
kappa: 0.05459674252092404  
F(weighted): 0.5078842707002016  
pr0: 0.46336687306501545 re0: 0.6583333333333332  
pr1: 0.6098051948051948 re1: 0.39999999999999997

NB:  
accuracy: 0.48148148148148145  
kappa: -0.08620689655172409  
F(weighted): 0.4601307189542484  
pr0: 0.375 re0: 0.25  
pr1: 0.5263157894736842 re1: 0.6666666666666666

LR:  
accuracy: 0.5185185185185185  
kappa: 0.0  
F(weighted): 0.506012506012506  
pr0: 0.4444444444444444 re0: 0.3333333333333333  
pr1: 0.5555555555555556 re1: 0.6666666666666666

10 x 10 folds  
SVM:  
accuracy: 0.6407407407407408  
kappa: 0.2845021006375775  
F(weighted): 0.6380577701165937  
pr0: 0.5848809523809523 re0: 0.6833333333333333  
pr1: 0.715978407557355 re1: 0.6066666666666667

ANN:  
accuracy: 0.6370370370370371  
kappa: 0.28198807113099467  
F(weighted): 0.6361334961334961  
pr0: 0.5708134920634921 re0: 0.7166666666666667  
pr1: 0.7252292152292152 re1: 0.5733333333333333

KNN:  
accuracy: 0.6370370370370371  
kappa: 0.2872332173121535  
F(weighted): 0.6348616198616198  
pr0: 0.5692261904761905 re0: 0.75

pr1: 0.7374125874125875 re1: 0.5466666666666666

DT:

accuracy: 0.5555555555555556  
kappa: 0.1272930306400572  
F(weighted): 0.544286626794315  
pr0: 0.48658285642805765 re0: 0.6833333333333333  
pr1: 0.7014141414141414 re1: 0.4533333333333333

NB:

accuracy: 0.6148148148148148  
kappa: 0.23585641321382872  
F(weighted): 0.6135812814261088  
pr0: 0.5531687675070028 re0: 0.675  
pr1: 0.6912128068010422 re1: 0.5666666666666667

LR:

accuracy: 0.662962962962963  
kappa: 0.32986591567928447  
F(weighted): 0.6615685824392721  
pr0: 0.6023402822667527 re0: 0.7166666666666666  
pr1: 0.7393745470216058 re1: 0.6199999999999999

10 x 5 folds

SVM:

accuracy: 0.5592592592592593  
kappa: 0.12654180182135205  
F(weighted): 0.5561181931708603  
pr0: 0.4967629919100508 re0: 0.6250000000000001  
pr1: 0.644085497835498 re1: 0.5066666666666666

ANN:

accuracy: 0.5518518518518517  
kappa: 0.116898763422612  
F(weighted): 0.5486993670441946  
pr0: 0.4977224736048266 re0: 0.6333333333333333  
pr1: 0.6251098901098899 re1: 0.4866666666666666

KNN:

accuracy: 0.5148148148148147  
kappa: 0.05427686039122574  
F(weighted): 0.5070661030113561  
pr0: 0.46610066833751046 re0: 0.6499999999999999  
pr1: 0.5937626262626262 re1: 0.4066666666666667

DT:

accuracy: 0.4999999999999999  
kappa: 0.022951874129133232  
F(weighted): 0.48844194727209667  
pr0: 0.4444022717049033 re0: 0.6333333333333332  
pr1: 0.5922788812494695 re1: 0.3933333333333337

NB:

accuracy: 0.5037037037037037  
kappa: 0.013457632791548274  
F(weighted): 0.49902827093251234  
pr0: 0.4464872107596566 re0: 0.5416666666666666  
pr1: 0.5714105339105339 re1: 0.4733333333333333

LR:

accuracy: 0.5629629629629629  
kappa: 0.14396391402835068  
F(weighted): 0.5557228781260315  
pr0: 0.5037409700722394 re0: 0.6833333333333333  
pr1: 0.6592316017316018 re1: 0.4666666666666667

10 x 3 folds

SVM:

accuracy: 0.5333333333333333  
kappa: 0.04595595223425001  
F(weighted): 0.5281182283623629  
pr0: 0.46504273504273497 re0: 0.4333333333333333  
pr1: 0.5784598704529046 re1: 0.6133333333333333

ANN:

accuracy: 0.5074074074074074  
kappa: 0.010205966660470338  
F(weighted): 0.5045050674102398  
pr0: 0.44429343532284704 re0: 0.4916666666666666  
pr1: 0.567752117163882 re1: 0.52

KNN:

accuracy: 0.537037037037037  
kappa: 0.08314544879631311  
F(weighted): 0.5340984134614255  
pr0: 0.478989343989344 re0: 0.6  
pr1: 0.6182097069597069 re1: 0.4866666666666667

DT:

accuracy: 0.4777777777777775  
kappa: -0.05639467099081443  
F(weighted): 0.46755052847135536  
pr0: 0.407626009256444 re0: 0.425  
pr1: 0.5465204678362572 re1: 0.52

NB:

accuracy: 0.49629629629629635  
kappa: -0.012489310696573299  
F(weighted): 0.495771403564507  
pr0: 0.4330402930402931 re0: 0.4750000000000001  
pr1: 0.5532600732600732 re1: 0.5133333333333333

LR:

accuracy: 0.5222222222222223  
kappa: 0.05004904501578318  
F(weighted): 0.5214624427909721  
pr0: 0.4664300895183248 re0: 0.5583333333333333  
pr1: 0.5872173659673658 re1: 0.4933333333333335

Y1

IG

Loo

SVM:

accuracy: 0.48148148148148145  
kappa: -0.06779661016949155  
F(weighted): 0.4741161616161616  
pr0: 0.4 re0: 0.3333333333333333  
pr1: 0.5294117647058824 re1: 0.6

ANN:

accuracy: 0.48148148148148145  
kappa: -0.06779661016949155  
F(weighted): 0.4741161616161616  
pr0: 0.4 re0: 0.3333333333333333  
pr1: 0.5294117647058824 re1: 0.6

KNN:

accuracy: 0.5555555555555556  
kappa: 0.12903225806451618  
F(weighted): 0.5531135531135531  
pr0: 0.5 re0: 0.6666666666666666  
pr1: 0.6363636363636364 re1: 0.4666666666666667

DT:  
accuracy: 0.7407407407407407  
kappa: 0.4878048780487804  
F(weighted): 0.7407407407407407  
pr0: 0.6666666666666666 re0: 0.8333333333333334  
pr1: 0.8333333333333334 re1: 0.6666666666666666

NB:  
accuracy: 0.48148148148148145  
kappa: -0.050000000000000114  
F(weighted): 0.48148148148148145  
pr0: 0.4166666666666667 re0: 0.4166666666666667  
pr1: 0.5333333333333333 re1: 0.5333333333333333

LR:  
accuracy: 0.6666666666666666  
kappa: 0.30769230769230765  
F(weighted): 0.6580086580086579  
pr0: 0.6666666666666666 re0: 0.5  
pr1: 0.6666666666666666 re1: 0.8

10 x 10 folds  
SVM:  
accuracy: 0.5370370370370371  
kappa: 0.06371923260859844  
F(weighted): 0.5338790807269509  
pr0: 0.4647222222222223 re0: 0.5  
pr1: 0.5964716277874172 re1: 0.5666666666666667

ANN:  
accuracy: 0.5259259259259259  
kappa: 0.05296943072944106  
F(weighted): 0.5263544552510069  
pr0: 0.46580586080586084 re0: 0.5416666666666666  
pr1: 0.5893689643689644 re1: 0.5133333333333334

KNN:  
accuracy: 0.4962962962962962  
kappa: 0.008259258681997478  
F(weighted): 0.4921164779971668  
pr0: 0.4369516594516595 re0: 0.5916666666666669  
pr1: 0.580522533022533 re1: 0.4199999999999999

DT:  
accuracy: 0.6185185185185186  
kappa: 0.25758086736494484  
F(weighted): 0.6122087721352605  
pr0: 0.5463108137992039 re0: 0.7833333333333333  
pr1: 0.7554428904428905 re1: 0.4866666666666667

NB:  
accuracy: 0.4962962962962963  
kappa: -0.019236214267372726  
F(weighted): 0.4953826026949787  
pr0: 0.42912587412587416 re0: 0.4416666666666667  
pr1: 0.5506714608920491 re1: 0.5399999999999999

LR:  
accuracy: 0.5703703703703703  
kappa: 0.13769705451275396  
F(weighted): 0.5679815372066892  
pr0: 0.5023717948717948 re0: 0.575  
pr1: 0.6355335892177998 re1: 0.5666666666666665

10 x 5 folds  
SVM:  
accuracy: 0.5333333333333334  
kappa: 0.06129438234376296

F(weighted): 0.5303174223980512  
pr0: 0.4695254255548373 re0: 0.5166666666666666  
pr1: 0.5931918030370043 re1: 0.5466666666666666

ANN:  
accuracy: 0.5222222222222222  
kappa: 0.048291255928130786  
F(weighted): 0.519658313589348  
pr0: 0.46385989010989015 re0: 0.55  
pr1: 0.5861488511488513 re1: 0.5000000000000001

KNN:  
accuracy: 0.5185185185185185  
kappa: 0.05410980635069168  
F(weighted): 0.5142350654992721  
pr0: 0.46621351172047765 re0: 0.6166666666666666  
pr1: 0.5975407925407926 re1: 0.44000000000000006

DT:  
accuracy: 0.5296296296296296  
kappa: 0.08460567986492248  
F(weighted): 0.5200427440077776  
pr0: 0.47841509883305544 re0: 0.675  
pr1: 0.6158441558441559 re1: 0.4133333333333334

NB:  
accuracy: 0.5074074074074074  
kappa: 0.0068440245852806215  
F(weighted): 0.5063176629833422  
pr0: 0.441037296037296 re0: 0.475  
pr1: 0.5650867269984916 re1: 0.5333333333333333

LR:  
accuracy: 0.5259259259259259  
kappa: 0.05676947287769627  
F(weighted): 0.5252973690396914  
pr0: 0.46994334097275275 re0: 0.5583333333333333  
pr1: 0.5891404428904428 re1: 0.5

10 x 3 folds  
SVM:  
accuracy: 0.5259259259259259  
kappa: 0.03683906023743493  
F(weighted): 0.5235422898277157  
pr0: 0.46737762237762237 re0: 0.45  
pr1: 0.5724264705882354 re1: 0.5866666666666667

ANN:  
accuracy: 0.4666666666666666  
kappa: -0.06322503859977481  
F(weighted): 0.4609013677683672  
pr0: 0.40669146127350464 re0: 0.4833333333333333  
pr1: 0.5256089743589744 re1: 0.4533333333333333

KNN:  
accuracy: 0.4888888888888888  
kappa: -0.007036051168137708  
F(weighted): 0.4853949728432487  
pr0: 0.44486272714213887 re0: 0.5583333333333333  
pr1: 0.5438972138972139 re1: 0.4333333333333333

DT:  
accuracy: 0.45925925925925926  
kappa: -0.06731715570115447  
F(weighted): 0.4513712536740055  
pr0: 0.41666136495083855 re0: 0.5166666666666667  
pr1: 0.5096669996669997 re1: 0.4133333333333334

NB:  
accuracy: 0.46296296296296297  
kappa: -0.07447703220180002  
F(weighted): 0.4608056264120489  
pr0: 0.4108040244069656 re0: 0.45  
pr1: 0.5096661671661672 re1: 0.4733333333333333

LR:  
accuracy: 0.5111111111111111  
kappa: 0.0209506603442424  
F(weighted): 0.5108532677411988  
pr0: 0.45319139194139196 re0: 0.5083333333333334  
pr1: 0.5686721122015239 re1: 0.5133333333333334

Y2

NO SELECTION

Loo  
SVM:  
accuracy: 0.7777777777777778  
kappa: 0.5423728813559322  
F(weighted): 0.7746212121212122  
pr0: 0.8 re0: 0.6666666666666666  
pr1: 0.7647058823529411 re1: 0.8666666666666667

ANN:  
accuracy: 0.6296296296296297  
kappa: 0.25  
F(weighted): 0.6296296296296295  
pr0: 0.5833333333333334 re0: 0.5833333333333334  
pr1: 0.6666666666666666 re1: 0.6666666666666666

KNN:  
accuracy: 0.5925925925925926  
kappa: 0.19512195121951217  
F(weighted): 0.5925925925925926  
pr0: 0.5333333333333333 re0: 0.6666666666666666  
pr1: 0.6666666666666666 re1: 0.5333333333333333

DT:  
accuracy: 0.4074074074074074  
kappa: -0.1803278688524591  
F(weighted): 0.409035409035409  
pr0: 0.35714285714285715 re0: 0.4166666666666667  
pr1: 0.46153846153846156 re1: 0.4

NB:  
accuracy: 0.6666666666666666  
kappa: 0.3193277310924369  
F(weighted): 0.6647966339410939  
pr0: 0.6363636363636364 re0: 0.5833333333333334  
pr1: 0.6875 re1: 0.7333333333333333

LR:  
accuracy: 0.7037037037037037  
kappa: 0.4  
F(weighted): 0.7037037037037037  
pr0: 0.6666666666666666 re0: 0.6666666666666666  
pr1: 0.7333333333333333 re1: 0.7333333333333333

10 x 10 folds  
SVM:  
accuracy: 0.7111111111111111  
kappa: 0.39821821124103185  
F(weighted): 0.7014792363764026

pr0: 0.7366955266955266 re0: 0.5416666666666666  
pr1: 0.7003388372893017 re1: 0.8466666666666666

ANN:  
accuracy: 0.6666666666666666  
kappa: 0.32432890819866256  
F(weighted): 0.6660430682345371  
pr0: 0.6308974358974359 re0: 0.6166666666666666  
pr1: 0.6964215686274511 re1: 0.7066666666666666

KNN:  
accuracy: 0.5740740740740741  
kappa: 0.16887308076442853  
F(weighted): 0.5685797948440015  
pr0: 0.5165904958474619 re0: 0.7083333333333334  
pr1: 0.6688150738150738 re1: 0.4666666666666667

DT:  
accuracy: 0.5074074074074073  
kappa: 0.020434851691658828  
F(weighted): 0.5055691253983077  
pr0: 0.45812129047423167 re0: 0.5333333333333333  
pr1: 0.5631318681318681 re1: 0.4866666666666666

NB:  
accuracy: 0.7111111111111111  
kappa: 0.41103605313385067  
F(weighted): 0.7092399798797245  
pr0: 0.6902136752136753 re0: 0.6416666666666667  
pr1: 0.7292320261437909 re1: 0.7666666666666667

LR:  
accuracy: 0.7518518518518518  
kappa: 0.4930059820538385  
F(weighted): 0.7501776472060484  
pr0: 0.7453030303030304 re0: 0.675  
pr1: 0.7577450980392156 re1: 0.8133333333333333

10 x 5 folds  
SVM:  
accuracy: 0.6518518518518518  
kappa: 0.27993704997993485  
F(weighted): 0.643633536639314  
pr0: 0.6356204906204906 re0: 0.5083333333333334  
pr1: 0.663921998624011 re1: 0.7666666666666666

ANN:  
accuracy: 0.6481481481481481  
kappa: 0.2871202774474108  
F(weighted): 0.6473875706567707  
pr0: 0.6074109224109223 re0: 0.6000000000000001  
pr1: 0.6820914134884724 re1: 0.6866666666666666

KNN:  
accuracy: 0.5296296296296297  
kappa: 0.07632702638704285  
F(weighted): 0.5242142942274973  
pr0: 0.4794406595296688 re0: 0.625  
pr1: 0.6016944166944167 re1: 0.4533333333333333

DT:  
accuracy: 0.5333333333333333  
kappa: 0.051256521820091674  
F(weighted): 0.5207199834221712  
pr0: 0.458030858030858 re0: 0.4666666666666667  
pr1: 0.5872977349447938 re1: 0.5866666666666667

NB:

accuracy: 0.662962962962963  
kappa: 0.30904588432504687  
F(weighted): 0.6594539657916234  
pr0: 0.6409595959595958 re0: 0.5583333333333333  
pr1: 0.678766339869281 re1: 0.7466666666666667

LR:  
accuracy: 0.662962962962963  
kappa: 0.32031374343681845  
F(weighted): 0.6611545360441349  
pr0: 0.6290484025778144 re0: 0.6333333333333333  
pr1: 0.6998999903605168 re1: 0.6866666666666666

10 x 3 folds  
SVM:  
accuracy: 0.6777777777777778  
kappa: 0.3378311185746977  
F(weighted): 0.6716915366697082  
pr0: 0.6807792207792207 re0: 0.5583333333333333  
pr1: 0.6865979002937207 re1: 0.7733333333333334

ANN:  
accuracy: 0.6814814814814816  
kappa: 0.3523927675042884  
F(weighted): 0.6797680655870312  
pr0: 0.6563369963369963 re0: 0.6166666666666667  
pr1: 0.7047942253824607 re1: 0.7333333333333334

KNN:  
accuracy: 0.5592592592592593  
kappa: 0.1368341785566344  
F(weighted): 0.553892403892404  
pr0: 0.5076190476190476 re0: 0.6666666666666667  
pr1: 0.631002331002331 re1: 0.4733333333333334

DT:  
accuracy: 0.5037037037037038  
kappa: 0.009035054584489255  
F(weighted): 0.49190712223688104  
pr0: 0.4504432650253083 re0: 0.5083333333333333  
pr1: 0.5488888888888888 re1: 0.5

NB:  
accuracy: 0.6962962962962964  
kappa: 0.3780891178634822  
F(weighted): 0.6916359916196734  
pr0: 0.6902980352980352 re0: 0.6  
pr1: 0.7086103125460711 re1: 0.7733333333333333

LR:  
accuracy: 0.6888888888888889  
kappa: 0.3718295046111608  
F(weighted): 0.6876406736584229  
pr0: 0.6485422910422911 re0: 0.6666666666666666  
pr1: 0.7307763804822629 re1: 0.7066666666666668

#### Y2 transport

##### CFS

##### Loo

SVM:  
accuracy: 0.7037037037037037  
kappa: 0.38983050847457634  
F(weighted): 0.6994949494949496  
pr0: 0.7 re0: 0.5833333333333334  
pr1: 0.7058823529411765 re1: 0.8

ANN:  
accuracy: 0.7037037037037037  
kappa: 0.38983050847457634  
F(weighted): 0.6994949494949496  
pr0: 0.7 re0: 0.5833333333333334  
pr1: 0.7058823529411765 re1: 0.8

KNN:  
accuracy: 0.6296296296296297  
kappa: 0.22413793103448287  
F(weighted): 0.6143790849673202  
pr0: 0.625 re0: 0.4166666666666667  
pr1: 0.631578947368421 re1: 0.8

DT:  
accuracy: 0.18518518518518517  
kappa: -0.6500000000000001  
F(weighted): 0.18518518518518517  
pr0: 0.0833333333333333 re0: 0.0833333333333333  
pr1: 0.2666666666666666 re1: 0.2666666666666666

NB:  
accuracy: 0.8148148148148148  
kappa: 0.6218487394957982  
F(weighted): 0.8137759077450522  
pr0: 0.8181818181818182 re0: 0.75  
pr1: 0.8125 re1: 0.8666666666666667

LR:  
accuracy: 0.7777777777777778  
kappa: 0.5423728813559322  
F(weighted): 0.7746212121212122  
pr0: 0.8 re0: 0.6666666666666666  
pr1: 0.7647058823529411 re1: 0.8666666666666667

10 x 10 folds  
SVM:  
accuracy: 0.6111111111111111  
kappa: 0.20514817186801232  
F(weighted): 0.6076393458649346  
pr0: 0.5698057498057497 re0: 0.5166666666666667  
pr1: 0.6405030345471523 re1: 0.6866666666666668

ANN:  
accuracy: 0.7037037037037037  
kappa: 0.3963822043088787  
F(weighted): 0.7016251323670195  
pr0: 0.6855905205905207 re0: 0.6333333333333333  
pr1: 0.7220494864612512 re1: 0.76

KNN:  
accuracy: 0.6481481481481481  
kappa: 0.2799881651008571  
F(weighted): 0.6430027452287707  
pr0: 0.626961926961927 re0: 0.55  
pr1: 0.6719288752183489 re1: 0.7266666666666667

DT:  
accuracy: 0.45925925925925926  
kappa: -0.07943092331966492  
F(weighted): 0.4575453224783882  
pr0: 0.40257672882672885 re0: 0.4666666666666667  
pr1: 0.5174132811632812 re1: 0.4533333333333333

NB:  
accuracy: 0.7  
kappa: 0.38965125275959817  
F(weighted): 0.6976604755313123

pr0: 0.6726287601287602 re0: 0.6416666666666666  
pr1: 0.725815098644046 re1: 0.7466666666666667

LR:  
accuracy: 0.6592592592592592  
kappa: 0.3039297491322563  
F(weighted): 0.6557924284324631  
pr0: 0.640029415029415 re0: 0.5666666666666667  
pr1: 0.677960927960928 re1: 0.7333333333333332

10 x 5 folds  
SVM:  
accuracy: 0.5592592592592592  
kappa: 0.09844415976216728  
F(weighted): 0.5532868927440083  
pr0: 0.5137898212898213 re0: 0.45  
pr1: 0.5944792741658066 re1: 0.6466666666666667

ANN:  
accuracy: 0.6370370370370371  
kappa: 0.26095493905857264  
F(weighted): 0.6317979997418575  
pr0: 0.5996482683982685 re0: 0.5666666666666667  
pr1: 0.6706301374064532 re1: 0.6933333333333334

KNN:  
accuracy: 0.5703703703703704  
kappa: 0.12798627459616363  
F(weighted): 0.5659590933248578  
pr0: 0.5224336774336775 re0: 0.5  
pr1: 0.6069194397793469 re1: 0.6266666666666667

DT:  
accuracy: 0.4555555555555555  
kappa: -0.0961946937296064  
F(weighted): 0.45205212889036694  
pr0: 0.39146247543306373 re0: 0.4166666666666667  
pr1: 0.5093889525507173 re1: 0.4866666666666666

NB:  
accuracy: 0.6074074074074074  
kappa: 0.2019975660085435  
F(weighted): 0.6053907682713844  
pr0: 0.569067599067599 re0: 0.5333333333333333  
pr1: 0.6384502262443439 re1: 0.6666666666666666

LR:  
accuracy: 0.6259259259259259  
kappa: 0.23361061395373905  
F(weighted): 0.6190785012863053  
pr0: 0.5932295482295482 re0: 0.5249999999999999  
pr1: 0.6549346405228758 re1: 0.7066666666666667

10 x 3 folds  
SVM:  
accuracy: 0.5925925925925927  
kappa: 0.15960492758010975  
F(weighted): 0.5820515211877708  
pr0: 0.556117216117216 re0: 0.45  
pr1: 0.6173522040395106 re1: 0.7066666666666667

ANN:  
accuracy: 0.6074074074074074  
kappa: 0.19410553260830482  
F(weighted): 0.600626012655395  
pr0: 0.5611815961815961 re0: 0.5  
pr1: 0.6403618113912232 re1: 0.6933333333333334

KNN:  
accuracy: 0.6037037037037036  
kappa: 0.19006764311042992  
F(weighted): 0.5980651277130468  
pr0: 0.5517032967032967 re0: 0.5166666666666667  
pr1: 0.6406363334807608 re1: 0.6733333333333333

DT:  
accuracy: 0.5518518518518518  
kappa: 0.09594430177816379  
F(weighted): 0.5464539949221962  
pr0: 0.5042152292152291 re0: 0.5083333333333334  
pr1: 0.5951867413632119 re1: 0.5866666666666667

NB:  
accuracy: 0.6333333333333333  
kappa: 0.24351577643766414  
F(weighted): 0.625482655529535  
pr0: 0.6192929292929292 re0: 0.4916666666666666  
pr1: 0.6472435991940636 re1: 0.7466666666666667

LR:  
accuracy: 0.5777777777777778  
kappa: 0.140886784856631  
F(weighted): 0.5731092865125045  
pr0: 0.5327555777555778 re0: 0.5  
pr1: 0.6169126435999501 re1: 0.64

Y2

IG

loo  
SVM:  
accuracy: 0.7037037037037037  
kappa: 0.38983050847457634  
F(weighted): 0.6994949494949496  
pr0: 0.7 re0: 0.5833333333333334  
pr1: 0.7058823529411765 re1: 0.8

ANN:  
accuracy: 0.7407407407407407  
kappa: 0.47058823529411753  
F(weighted): 0.7392862708430732  
pr0: 0.7272727272727273 re0: 0.6666666666666666  
pr1: 0.75 re1: 0.8

KNN:  
accuracy: 0.7037037037037037  
kappa: 0.3793103448275863  
F(weighted): 0.6915032679738562  
pr0: 0.75 re0: 0.5  
pr1: 0.6842105263157895 re1: 0.8666666666666667

DT:  
accuracy: 0.3333333333333333  
kappa: -0.39655172413793094  
F(weighted): 0.3058823529411765  
pr0: 0.125 re0: 0.0833333333333333  
pr1: 0.42105263157894735 re1: 0.5333333333333333

NB:  
accuracy: 0.8518518518518519  
kappa: 0.6949152542372882  
F(weighted): 0.8497474747474749  
pr0: 0.9 re0: 0.75  
pr1: 0.8235294117647058 re1: 0.9333333333333333



LR:  
accuracy: 0.7037037037037037  
kappa: 0.40983606557377056  
F(weighted): 0.7045177045177046  
pr0: 0.6428571428571429 re0: 0.75  
pr1: 0.7692307692307693 re1: 0.6666666666666666

10 x 10 folds

SVM:  
accuracy: 0.5851851851851851  
kappa: 0.13557161732952044  
F(weighted): 0.5708108426489151  
pr0: 0.5493073593073593 re0: 0.3916666666666667  
pr1: 0.603373507297656 re1: 0.74

ANN:  
accuracy: 0.6814814814814816  
kappa: 0.34877152875887474  
F(weighted): 0.6775841012671477  
pr0: 0.6660556110556112 re0: 0.5916666666666667  
pr1: 0.6985225932478254 re1: 0.7533333333333333

KNN:  
accuracy: 0.5666666666666668  
kappa: 0.10983980409031338  
F(weighted): 0.5599690625696053  
pr0: 0.5151376401376402 re0: 0.4416666666666667  
pr1: 0.5992938842203548 re1: 0.6666666666666666

DT:  
accuracy: 0.4481481481481481  
kappa: -0.11736002946361226  
F(weighted): 0.44012298698933183  
pr0: 0.3722039561745445 re0: 0.3833333333333333  
pr1: 0.5035625025988804 re1: 0.5

NB:  
accuracy: 0.762962962962963  
kappa: 0.5084341072043931  
F(weighted): 0.7568694275405877  
pr0: 0.807886002886003 re0: 0.6166666666666667  
pr1: 0.7425060199518404 re1: 0.8800000000000001

LR:  
accuracy: 0.6074074074074074  
kappa: 0.20930058281826242  
F(weighted): 0.6064890518166381  
pr0: 0.5594871794871795 re0: 0.5833333333333334  
pr1: 0.6532862235803412 re1: 0.6266666666666666

10 x 5 folds

SVM:  
accuracy: 0.5888888888888889  
kappa: 0.1546688095346346  
F(weighted): 0.5802607928954651  
pr0: 0.5608122433122433 re0: 0.4583333333333333  
pr1: 0.6160133562687743 re1: 0.6933333333333331

ANN:  
accuracy: 0.6592592592592593  
kappa: 0.30280431854483986  
F(weighted): 0.6554940702366095  
pr0: 0.6323970473970475 re0: 0.5666666666666667  
pr1: 0.6810832841908694 re1: 0.7333333333333332

KNN:  
accuracy: 0.6074074074074074  
kappa: 0.20656062493647248  
F(weighted): 0.6058926151961522  
pr0: 0.5717599067599067 re0: 0.5583333333333333  
pr1: 0.6432858447022534 re1: 0.6466666666666667

DT:  
accuracy: 0.5  
kappa: -0.014189459129334123  
F(weighted): 0.4905211343179031  
pr0: 0.45289152024446144 re0: 0.4166666666666667  
pr1: 0.5387774725274725 re1: 0.5666666666666667

NB:  
accuracy: 0.6925925925925925  
kappa: 0.36640585886868776  
F(weighted): 0.6869729344114818  
pr0: 0.7037445887445888 re0: 0.5583333333333333  
pr1: 0.691593137254902 re1: 0.8

LR:  
accuracy: 0.6222222222222222  
kappa: 0.23235023461139614  
F(weighted): 0.6174342639055282  
pr0: 0.5837667887667888 re0: 0.5583333333333333  
pr1: 0.6585347332406155 re1: 0.6733333333333332

10 x 3 folds

SVM:  
accuracy: 0.6333333333333334  
kappa: 0.24627054067522774  
F(weighted): 0.6262675523574308  
pr0: 0.6184343434343434 re0: 0.5083333333333334  
pr1: 0.651062091503268 re1: 0.7333333333333334

ANN:  
accuracy: 0.6592592592592592  
kappa: 0.3146757348721197  
F(weighted): 0.6584401303984053  
pr0: 0.6209632034632036 re0: 0.6416666666666666  
pr1: 0.699825346222405 re1: 0.6733333333333333

KNN:  
accuracy: 0.6148148148148149  
kappa: 0.23380834071359255  
F(weighted): 0.6138381669774039  
pr0: 0.5639639037433154 re0: 0.65  
pr1: 0.6751223776223776 re1: 0.5866666666666667

DT:  
accuracy: 0.5629629629629629  
kappa: 0.12973648996724646  
F(weighted): 0.5602397953260022  
pr0: 0.5116666666666667 re0: 0.5916666666666667  
pr1: 0.6254901960784314 re1: 0.54

NB:  
accuracy: 0.6925925925925925  
kappa: 0.3704297609116479  
F(weighted): 0.6882246617747703  
pr0: 0.6807181707181708 re0: 0.6  
pr1: 0.7097257236227825 re1: 0.7666666666666667

LR:

accuracy: 0.6185185185185185  
kappa: 0.2310156085756065  
F(weighted): 0.6176561449218649  
pr0: 0.5722069597069598 re0: 0.5916666666666666  
pr1: 0.662132253711201 re1: 0.64

Y3

### NO SELECTION

Loo  
SVM:  
accuracy: 0.5666666666666667  
kappa: -0.18181818181818177  
F(weighted): NaN  
pr0: 0.0 re0: 0.0  
pr1: 0.6296296296296297 re1: 0.85

ANN:  
accuracy: 0.6666666666666666  
kappa: 0.24999999999999986  
F(weighted): 0.6666666666666666  
pr0: 0.5 re0: 0.5  
pr1: 0.75 re1: 0.75

KNN:  
accuracy: 0.7  
kappa: 0.18181818181818177  
F(weighted): 0.6415711947626841  
pr0: 0.6666666666666666 re0: 0.2  
pr1: 0.7037037037037037 re1: 0.95

DT:  
accuracy: 0.6  
kappa: 0.09999999999999999  
F(weighted): 0.6  
pr0: 0.4 re0: 0.4  
pr1: 0.7 re1: 0.7

NB:  
accuracy: 0.6666666666666666  
kappa: 0.16666666666666663  
F(weighted): 0.6401515151515151  
pr0: 0.5 re0: 0.3  
pr1: 0.7083333333333334 re1: 0.85

LR:  
accuracy: 0.4  
kappa: -0.22727272727272713  
F(weighted): 0.41666666666666663  
pr0: 0.21428571428571427 re0: 0.3  
pr1: 0.5625 re1: 0.45

10 x 10 folds  
SVM:  
accuracy: 0.6  
kappa: -0.11674788683801976  
F(weighted): NaN  
pr0: 0.03333333333333333 re0: 0.01  
pr1: 0.6435399211261281 re1: 0.8949999999999999

ANN:  
accuracy: 0.68  
kappa: 0.2659716599190282  
F(weighted): 0.6764007579925424  
pr0: 0.5247222222222222 re0: 0.48  
pr1: 0.7497619047619047 re1: 0.78

KNN:  
accuracy: 0.6866666666666668  
kappa: 0.12944949974124534  
F(weighted): 0.6143411002899571  
pr0: 0.6833333333333333 re0: 0.14999999999999997  
pr1: 0.6921333136850378 re1: 0.9550000000000001

DT:  
accuracy: 0.6299999999999999  
kappa: 0.19297272778271074  
F(weighted): 0.6338450471804269  
pr0: 0.45167998667998666 re0: 0.51  
pr1: 0.7394198732124428 re1: 0.69

NB:  
accuracy: 0.67  
kappa: 0.18566009618641185  
F(weighted): 0.6475172709440835  
pr0: 0.5071428571428572 re0: 0.32999999999999996  
pr1: 0.7152635046113307 re1: 0.8399999999999999

LR:  
accuracy: 0.45000000000000007  
kappa: -0.1702121531333102  
F(weighted): 0.4607048347666197  
pr0: 0.2350932400932401 re0: 0.29  
pr1: 0.5984438424492604 re1: 0.53

10 x 5 folds

SVM:  
accuracy: 0.57  
kappa: -0.15388922431142546  
F(weighted): NaN  
pr0: 0.06666666666666667 re0: 0.030000000000000006  
pr1: 0.6334354342975034 re1: 0.8399999999999999

ANN:  
accuracy: 0.6566666666666666  
kappa: 0.20292378682622575  
F(weighted): 0.6494436133709537  
pr0: 0.4906493506493506 re0: 0.41999999999999993  
pr1: 0.7273444480767135 re1: 0.7749999999999999

KNN:  
accuracy: 0.6766666666666667  
kappa: 0.09735808546292404  
F(weighted): NaN  
pr0: NaN re0: 0.13000000000000003  
pr1: 0.6864376938514871 re1: 0.95

DT:  
accuracy: 0.5833333333333333  
kappa: 0.07002664677053425  
F(weighted): 0.5835157222887896  
pr0: 0.38135947385947383 re0: 0.39  
pr1: 0.6902994951534458 re1: 0.68

NB:  
accuracy: 0.63  
kappa: 0.08664793454418154  
F(weighted): 0.6027703391209309  
pr0: 0.41326839826839823 re0: 0.26999999999999996  
pr1: 0.6899776047750875 re1: 0.8100000000000002  
LR:  
accuracy: 0.4533333333333334  
kappa: -0.10376964794558323

F(weighted): 0.46829532078381175  
pr0: 0.2796794871794872 re0: 0.41  
pr1: 0.6175175070028011 re1: 0.4750000000000001

10 x 3 folds

SVM:

accuracy: 0.61  
kappa: -0.05158319779524721  
F(weighted): NaN  
pr0: NaN re0: 0.08  
pr1: 0.6546095743337123 re1: 0.875

ANN:

accuracy: 0.6066666666666667  
kappa: 0.11420262664165101  
F(weighted): 0.6050483342075126  
pr0: 0.4084848484848485 re0: 0.41000000000000003  
pr1: 0.7056892230576441 re1: 0.705

KNN:

accuracy: 0.6666666666666667  
kappa: 0.1039031066972242  
F(weighted): 0.607426187664393  
pr0: 0.5650000000000001 re0: 0.17  
pr1: 0.687518722018722 re1: 0.9149999999999998

DT:

accuracy: 0.63  
kappa: 0.11647567642432852  
F(weighted): NaN  
pr0: 0.3916486291486292 re0: 0.35  
pr1: 0.708746393872252 re1: 0.7699999999999999

NB:

accuracy: 0.6166666666666666  
kappa: 0.05361419219608447  
F(weighted): 0.588331122778854  
pr0: 0.3882323232323232 re0: 0.25  
pr1: 0.681877350719456 re1: 0.8

LR:

accuracy: 0.4666666666666667  
kappa: -0.10408264000831018  
F(weighted): 0.4785039359274115  
pr0: 0.27824550449550445 re0: 0.37  
pr1: 0.6170099882058087 re1: 0.515

Y3

CFS

Loo

SVM:

accuracy: 0.7  
kappa: 0.3076923076923076  
F(weighted): 0.6957637997432605  
pr0: 0.5555555555555556 re0: 0.5  
pr1: 0.7619047619047619 re1: 0.8

ANN:

accuracy: 0.7666666666666667  
kappa: 0.4615384615384617  
F(weighted): 0.7633718442447582  
pr0: 0.6666666666666666 re0: 0.6  
pr1: 0.8095238095238095 re1: 0.85

KNN:

accuracy: 0.7333333333333333  
kappa: 0.2941176470588234  
F(weighted): 0.6935817805383022  
pr0: 0.75 re0: 0.3  
pr1: 0.7307692307692307 re1: 0.95

DT:

accuracy: 0.6  
kappa: 0.09999999999999999  
F(weighted): 0.6  
pr0: 0.4 re0: 0.4  
pr1: 0.7 re1: 0.7

NB:

accuracy: 0.8  
kappa: 0.55  
F(weighted): 0.7999999999999999  
pr0: 0.7 re0: 0.7  
pr1: 0.85 re1: 0.85

LR:

accuracy: 0.7  
kappa: 0.37209302325581384  
F(weighted): 0.7074030552291422  
pr0: 0.5384615384615384 re0: 0.7  
pr1: 0.8235294117647058 re1: 0.7

10 x 10 folds

SVM:

accuracy: 0.66  
kappa: 0.20469977806948272  
F(weighted): 0.6508179719284841  
pr0: 0.482958152958153 re0: 0.4199999999999999  
pr1: 0.7307766550764263 re1: 0.7799999999999999

ANN:

accuracy: 0.6766666666666665  
kappa: 0.28289519612548536  
F(weighted): 0.6783955256132517  
pr0: 0.5187645687645689 re0: 0.54  
pr1: 0.7633827215096566 re1: 0.745

KNN:

accuracy: 0.6933333333333334  
kappa: 0.23282004693769393  
F(weighted): 0.6682070704925044  
pr0: 0.5671428571428572 re0: 0.33999999999999997  
pr1: 0.725288740245262 re1: 0.8699999999999999

DT:

accuracy: 0.6433333333333333  
kappa: 0.20136431932398727  
F(weighted): 0.6434653088512551  
pr0: 0.46283605283605284 re0: 0.48  
pr1: 0.7382339315311451 re1: 0.7250000000000001

NB:

accuracy: 0.6900000000000001  
kappa: 0.2978021978021978  
F(weighted): 0.6886139961878087  
pr0: 0.5388888888888889 re0: 0.52  
pr1: 0.7634920634920634 re1: 0.775

LR:

accuracy: 0.6366666666666665  
kappa: 0.20310513947944164  
F(weighted): 0.6400752201209865  
pr0: 0.4582400932400931 re0: 0.51

pr1: 0.7423316758920473 re1: 0.7000000000000001

10 x 5 folds

SVM:

accuracy: 0.6433333333333333  
kappa: 0.17312664487695079  
F(weighted): 0.6348784020435245  
pr0: 0.46059829059829055 re0: 0.41000000000000003  
pr1: 0.7221870384517444 re1: 0.76

ANN:

accuracy: 0.6533333333333333  
kappa: 0.19585114922085387  
F(weighted): 0.645385119796327  
pr0: 0.4704184704184704 re0: 0.43  
pr1: 0.7320019828887107 re1: 0.7649999999999999

KNN:

accuracy: 0.6699999999999999  
kappa: 0.17745830885149766  
F(weighted): 0.6433392552599471  
pr0: 0.4957539682539682 re0: 0.31999999999999995  
pr1: 0.7153312918965093 re1: 0.845

DT:

accuracy: 0.6333333333333333  
kappa: 0.19650193552035505  
F(weighted): 0.635245740411619  
pr0: 0.4524239649239649 re0: 0.51  
pr1: 0.7423713414358184 re1: 0.6950000000000001

NB:

accuracy: 0.6466666666666667  
kappa: 0.1705187344661028  
F(weighted): 0.6346749507790443  
pr0: 0.44980158730158737 re0: 0.4  
pr1: 0.7235493443754314 re1: 0.77

LR:

accuracy: 0.6366666666666667  
kappa: 0.1869244411631789  
F(weighted): 0.6360791496217647  
pr0: 0.4562182262182263 re0: 0.4700000000000001  
pr1: 0.7332114007797141 re1: 0.7200000000000001

10 x 3 folds

SVM:

accuracy: 0.6366666666666667  
kappa: 0.1346697153123101  
F(weighted): 0.6202584348725473  
pr0: 0.43186202686202685 re0: 0.36  
pr1: 0.7133928433033292 re1: 0.7749999999999999

ANN:

accuracy: 0.6266666666666667  
kappa: 0.1537904887004806  
F(weighted): 0.6226768563023237  
pr0: 0.45226689976689977 re0: 0.42000000000000004  
pr1: 0.7156034806267004 re1: 0.7300000000000001

KNN:

accuracy: 0.6833333333333333  
kappa: 0.22934871051574218  
F(weighted): 0.6630292992271363  
pr0: 0.5821212121212121 re0: 0.36999999999999994  
pr1: 0.7279845583266635 re1: 0.8400000000000001

DT:

accuracy: 0.66

kappa: 0.2315521902432319  
F(weighted): 0.6559269844245008  
pr0: 0.48954711954711955 re0: 0.48999999999999994  
pr1: 0.7489652659002505 re1: 0.745

NB:

accuracy: 0.6433333333333333  
kappa: 0.16708210234526016  
F(weighted): 0.634597909317454  
pr0: 0.46611111111111103 re0: 0.39  
pr1: 0.7162704686617729 re1: 0.77

LR:

accuracy: 0.6100000000000001  
kappa: 0.11128752921435851  
F(weighted): 0.6056811382871573  
pr0: 0.40285714285714286 re0: 0.4  
pr1: 0.7084467963386728 re1: 0.715

Y3

IG

Loo

SVM:

accuracy: 0.6333333333333333  
kappa: 0.108108108108108108  
F(weighted): 0.6137710898312814  
pr0: 0.42857142857142855 re0: 0.3  
pr1: 0.6956521739130435 re1: 0.8

ANN:

accuracy: 0.5  
kappa: -0.09756097560975599  
F(weighted): 0.5054945054945055  
pr0: 0.2727272727272727 re0: 0.3  
pr1: 0.631578947368421 re1: 0.6

KNN:

accuracy: 0.7  
kappa: 0.18181818181818177  
F(weighted): 0.6415711947626841  
pr0: 0.6666666666666666 re0: 0.2  
pr1: 0.7037037037037037 re1: 0.95

DT:

accuracy: 0.5666666666666667  
kappa: 0.04878048780487811  
F(weighted): 0.5714285714285714  
pr0: 0.36363636363636365 re0: 0.4  
pr1: 0.6842105263157895 re1: 0.65

NB:

accuracy: 0.6666666666666667  
kappa: 0.2105263157894737  
F(weighted): 0.656084656084656  
pr0: 0.5 re0: 0.4  
pr1: 0.7272727272727273 re1: 0.8

LR:

accuracy: 0.6333333333333333  
kappa: 0.108108108108108108  
F(weighted): 0.6137710898312814  
pr0: 0.42857142857142855 re0: 0.3  
pr1: 0.6956521739130435 re1: 0.8

10 x 10 folds

SVM:  
accuracy: 0.5599999999999999  
kappa: -0.037907137907137886  
F(weighted): NaN  
pr0: 0.29841269841269846 re0: 0.25  
pr1: 0.6564699792960662 re1: 0.7150000000000001

ANN:  
accuracy: 0.5733333333333333  
kappa: 0.020835743204164214  
F(weighted): 0.5668833206445529  
pr0: 0.35027777777777774 re0: 0.31999999999999995  
pr1: 0.67291341991342 re1: 0.7000000000000001

KNN:  
accuracy: 0.6766666666666667  
kappa: 0.16505474917239618  
F(weighted): 0.6365127227738839  
pr0: 0.5866666666666667 re0: 0.25  
pr1: 0.702582621082621 re1: 0.89

DT:  
accuracy: 0.6333333333333334  
kappa: 0.18627911241518422  
F(weighted): 0.6348731846292821  
pr0: 0.45212121212121203 re0: 0.48  
pr1: 0.7330781499202551 re1: 0.7100000000000001

NB:  
accuracy: 0.68  
kappa: 0.2343035343035343  
F(weighted): 0.667102665036984  
pr0: 0.5283730158730158 re0: 0.39999999999999997  
pr1: 0.7321005081874646 re1: 0.82

LR:  
accuracy: 0.5833333333333333  
kappa: 0.04696301564722616  
F(weighted): 0.577228073092953  
pr0: 0.3694047619047619 re0: 0.33999999999999997  
pr1: 0.6805204216073781 re1: 0.705

10 x 5 folds  
SVM:  
accuracy: 0.5966666666666667  
kappa: 0.05045008698410489  
F(weighted): 0.5816462014391943  
pr0: 0.37243506493506495 re0: 0.31  
pr1: 0.6835980398955227 re1: 0.74

ANN:  
accuracy: 0.5766666666666667  
kappa: 0.08086864921805362  
F(weighted): 0.5819542293840445  
pr0: 0.38053613053613056 re0: 0.43999999999999995  
pr1: 0.6983144134846921 re1: 0.645

KNN:  
accuracy: 0.6666666666666667  
kappa: 0.16324809950347957  
F(weighted): 0.6360277381473777  
pr0: 0.5163636363636364 re0: 0.29  
pr1: 0.7064249545267851 re1: 0.8550000000000002

DT:  
accuracy: 0.5866666666666667  
kappa: 0.06558186119340852

F(weighted): 0.5840819088349366  
pr0: 0.36851204351204353 re0: 0.38  
pr1: 0.693159815760435 re1: 0.69

NB:  
accuracy: 0.6133333333333333  
kappa: 0.09506604830889356  
F(weighted): 0.6018221783813709  
pr0: 0.3948340548340548 re0: 0.35  
pr1: 0.6982267503663385 re1: 0.7449999999999999

LR:  
accuracy: 0.57  
kappa: 0.06725482948652185  
F(weighted): 0.5735532818397135  
pr0: 0.37414446664446666 re0: 0.43  
pr1: 0.6924782209534531 re1: 0.6400000000000001

10 x 3 folds  
SVM:  
accuracy: 0.5700000000000001  
kappa: -0.027934632132699044  
F(weighted): NaN  
pr0: 0.30143939393939395 re0: 0.24  
pr1: 0.6598428209217684 re1: 0.735

ANN:  
accuracy: 0.5700000000000001  
kappa: 0.05172579578138279  
F(weighted): 0.5715492712150106  
pr0: 0.3710578310578311 re0: 0.39  
pr1: 0.6821287874417501 re1: 0.66

KNN:  
accuracy: 0.6633333333333333  
kappa: 0.17187291566208723  
F(weighted): 0.6373416667469458  
pr0: 0.5462662337662337 re0: 0.31999999999999995  
pr1: 0.7112615327718302 re1: 0.835

DT:  
accuracy: 0.61  
kappa: 0.11616534628162527  
F(weighted): 0.6052633061755683  
pr0: 0.4066239316239316 re0: 0.41  
pr1: 0.7101148459383753 re1: 0.71

NB:  
accuracy: 0.5933333333333333  
kappa: 0.05381689517912428  
F(weighted): 0.5822449553654555  
pr0: 0.38083333333333336 re0: 0.31999999999999995  
pr1: 0.6813240093240094 re1: 0.73

LR:  
accuracy: 0.5033333333333333  
kappa: -0.06417799309685149  
F(weighted): 0.5082076113264369  
pr0: 0.2958691308691309 re0: 0.35  
pr1: 0.6353849139336756 re1: 0.58

REZULTATI PRORAČUNA ZA SKUP PODATAKA: KAPITALNI  
SAOBRAČAJNI PROJEKTI (30 projekata)  
– Y2 – rani model za predviđanje  
(za Y1 i Y3 podaci su prethodno prikazani)

LOO

Y2

NO SELECTION

SVM:

accuracy: 0.5703703703703703  
kappa: 0.11849537117221631  
F(weighted): 0.5636637491049254  
pr0: 0.5227777777777778 re0: 0.4499999999999999  
pr1: 0.6022952554841099 re1: 0.6666666666666666

ANN:

accuracy: 0.6185185185185186  
kappa: 0.2252847419959719  
F(weighted): 0.617696234320116  
pr0: 0.5713869463869464 re0: 0.5583333333333333  
pr1: 0.6547619047619048 re1: 0.6666666666666667

KNN:

accuracy: 0.6444444444444444  
kappa: 0.2868819157523462  
F(weighted): 0.6449801474464627  
pr0: 0.5903513153513152 re0: 0.65  
pr1: 0.6972985347985349 re1: 0.6400000000000001

DT:

accuracy: 0.5259259259259259  
kappa: 0.03367694700082781  
F(weighted): 0.5223818069365055  
pr0: 0.45608225108225114 re0: 0.4416666666666667  
pr1: 0.5758182503770739 re1: 0.5933333333333334

NB:

accuracy: 0.7777777777777778  
kappa: 0.5423728813559323  
F(weighted): 0.7746212121212121  
pr0: 0.7999999999999999 re0: 0.6666666666666667  
pr1: 0.7647058823529411 re1: 0.8666666666666667

LR:

accuracy: 0.6296296296296297  
kappa: 0.25  
F(weighted): 0.6296296296296297  
pr0: 0.5833333333333333 re0: 0.5833333333333333  
pr1: 0.6666666666666667 re1: 0.6666666666666667

Y2 CFS

SVM:

accuracy: 0.7666666666666666  
kappa: 0.5188916766184962  
F(weighted): 0.7628188441214387  
pr0: 0.7878787878787878 re0: 0.6500000000000001  
pr1: 0.7552696078431372 re1: 0.8600000000000001

ANN:

accuracy: 0.7592592592592592  
kappa: 0.5131504071021881  
F(weighted): 0.7590518639751483  
pr0: 0.7306993006993008 re0: 0.7333333333333334  
pr1: 0.785577731092437 re1: 0.78

KNN:

accuracy: 0.837037037037037  
kappa: 0.6641339717112398  
F(weighted): 0.8344185063417182  
pr0: 0.8803030303030303 re0: 0.7333333333333333  
pr1: 0.813112745098039 re1: 0.9200000000000002

DT:

accuracy: 0.5259259259259259  
kappa: 0.05626185584417256  
F(weighted): 0.5250893015030946  
pr0: 0.4678692630898513 re0: 0.5583333333333333  
pr1: 0.5918031968031968 re1: 0.5

NB:

accuracy: 0.7777777777777778  
kappa: 0.5423728813559323  
F(weighted): 0.7746212121212121  
pr0: 0.7999999999999999 re0: 0.6666666666666667  
pr1: 0.7647058823529411 re1: 0.8666666666666667

LR:

accuracy: 0.7407407407407406  
kappa: 0.47058823529411764  
F(weighted): 0.7392862708430732  
pr0: 0.7272727272727274 re0: 0.6666666666666667  
pr1: 0.75 re1: 0.7999999999999999

Y2

IG

SVM:

accuracy: 0.6962962962962963  
kappa: 0.3647111059854689  
F(weighted): 0.6844534092212111  
pr0: 0.7311507936507937 re0: 0.5  
pr1: 0.681374269005848 re1: 0.8533333333333333

ANN:

accuracy: 0.6555555555555557  
kappa: 0.30573311324126495  
F(weighted): 0.6555697993297258  
pr0: 0.6107342657342658 re0: 0.6333333333333333  
pr1: 0.6960714285714287 re1: 0.6733333333333333

KNN:

accuracy: 0.8111111111111111  
kappa: 0.6087353324641459  
F(weighted): 0.8069023569023569  
pr0: 0.8722222222222223 re0: 0.675  
pr1: 0.7797385620915032 re1: 0.9200000000000002

DT:

accuracy: 0.45925925925925937  
kappa: -0.08627023925610289  
F(weighted): 0.4587424434416624  
pr0: 0.39818348318348323 re0: 0.4333333333333333  
pr1: 0.5154182826976945 re1: 0.4800000000000001

NB:

accuracy: 0.7777777777777778  
kappa: 0.5423728813559323  
F(weighted): 0.7746212121212121  
pr0: 0.7999999999999999 re0: 0.6666666666666667  
pr1: 0.7647058823529411 re1: 0.8666666666666667

LR:

accuracy: 0.5185185185185184  
kappa: 0.01680672268907555  
F(weighted): 0.5158173601371355  
pr0: 0.4545454545454545 re0: 0.41666666666666663  
pr1: 0.5625 re1: 0.5999999999999999

REZULTATI PRORAČUNA ZA SKUP PODATAKA: KAPITALNI  
INFRASTRUKTURNI PROJEKTI (44 projekata)

Y1

NO SELECTION

Loo  
SVM:  
accuracy: 0.4594594594594595  
kappa: -0.19741100323624583  
F(weighted): 0.4243243243243243  
pr0: 0.2222222222222222 re0: 0.13333333333333333  
pr1: 0.5357142857142857 re1: 0.6818181818181818

ANN:  
accuracy: 0.5405405405405406  
kappa: 0.09496402877697849  
F(weighted): 0.5439065439065439  
pr0: 0.45 re0: 0.6  
pr1: 0.6470588235294118 re1: 0.5

KNN:  
accuracy: 0.4864864864864865  
kappa: -0.10015649452269153  
F(weighted): 0.47434668711264466  
pr0: 0.3333333333333333 re0: 0.26666666666666666  
pr1: 0.56 re1: 0.6363636363636364

DT:  
accuracy: 0.5405405405405406  
kappa: 0.07635829662261383  
F(weighted): 0.544615569005813  
pr0: 0.4444444444444444 re0: 0.5333333333333333  
pr1: 0.631578947368421 re1: 0.5454545454545454

NB:  
accuracy: 0.4864864864864865  
kappa: -0.05397301349325331  
F(weighted): 0.4887978751444618  
pr0: 0.375 re0: 0.4  
pr1: 0.5714285714285714 re1: 0.5454545454545454

LR:  
accuracy: 0.40540540540540543  
kappa: -0.18313953488372084  
F(weighted): 0.41065182829888713  
pr0: 0.3157894736842105 re0: 0.4  
pr1: 0.5 re1: 0.4090909090909091

10 x 10 folds  
SVM:  
accuracy: 0.49189189189189186  
kappa: -0.10351115841561036  
F(weighted): 0.46963157483019274  
pr0: 0.31768814518814514 re0: 0.23333333333333333  
pr1: 0.5612367485643348 re1: 0.6681818181818182

ANN:  
accuracy: 0.5108108108108108  
kappa: 0.017573847604387228  
F(weighted): 0.514711037601999  
pr0: 0.41429652562779495 re0: 0.5000000000000001  
pr1: 0.6032610939112487 re1: 0.5181818181818181

KNN:  
accuracy: 0.5054054054054056  
kappa: -0.06633590537845171

F(weighted): 0.4868169896471807  
pr0: 0.348778305028305 re0: 0.2733333333333333  
pr1: 0.5733388113635489 re1: 0.6636363636363637

DT:  
accuracy: 0.4594594594594594  
kappa: -0.08599800862759152  
F(weighted): 0.4597658802034458  
pr0: 0.35758069544834253 re0: 0.4399999999999999  
pr1: 0.5570710489313262 re1: 0.4727272727272728

NB:  
accuracy: 0.5189189189189188  
kappa: 0.010650855366005896  
F(weighted): 0.5201037571289489  
pr0: 0.41188258636788044 re0: 0.4333333333333333  
pr1: 0.5988113564543771 re1: 0.5772727272727273

LR:  
accuracy: 0.4756756756756757  
kappa: -0.06416292764044237  
F(weighted): 0.47859209613327547  
pr0: 0.3728483636693916 re0: 0.4200000000000000  
pr1: 0.5629908103592314 re1: 0.5136363636363637

10 x 5 folds  
SVM:  
accuracy: 0.4648648648648649  
kappa: -0.19311020760480974  
F(weighted): 0.4666666666666666  
pr0: 0.2054220779220779 re0: 0.12  
pr1: 0.537668858481567 re1: 0.7

ANN:  
accuracy: 0.45405405405405413  
kappa: -0.0978637980407094  
F(weighted): 0.4553018536041695  
pr0: 0.35243753322700694 re0: 0.4266666666666666  
pr1: 0.5466973996076163 re1: 0.4727272727272728

KNN:  
accuracy: 0.5027027027027027  
kappa: -0.06416090234335572  
F(weighted): 0.4893122600858176  
pr0: 0.35328005328005324 re0: 0.2933333333333333  
pr1: 0.5738223298995413 re1: 0.6454545454545455

DT:  
accuracy: 0.48108108108108116  
kappa: -0.0464806436679505  
F(weighted): 0.48183281205002837  
pr0: 0.3790047857087499 re0: 0.4533333333333333  
pr1: 0.5764018334606569 re1: 0.5

NB:  
accuracy: 0.4837837837837838  
kappa: -0.06736369756172142  
F(weighted): 0.4842325449694426  
pr0: 0.36578081232493 re0: 0.3733333333333333  
pr1: 0.5667043101825711 re1: 0.5590909090909090

LR:  
accuracy: 0.4513513513513514  
kappa: -0.13427338772639336  
F(weighted): 0.44717455654109195  
pr0: 0.3221383509851002 re0: 0.3333333333333333  
pr1: 0.535952537800364 re1: 0.5318181818181817

10 x 3 folds  
SVM:  
accuracy: 0.4918918918918919  
kappa: -0.10507127336589624  
F(weighted): 0.46565660535783493  
pr0: 0.3161333111333111 re0: 0.2266666666666666  
pr1: 0.5590912242871704 re1: 0.6727272727272726

ANN:  
accuracy: 0.44594594594594594  
kappa: -0.10665569188524757  
F(weighted): 0.44952295962244887  
pr0: 0.35080724509483424 re0: 0.4400000000000000  
pr1: 0.5432633667502089 re1: 0.45

KNN:  
accuracy: 0.5486486486486487  
kappa: 0.04904531247972359  
F(weighted): 0.5441227437980125  
pr0: 0.43901098901098895 re0: 0.3933333333333334  
pr1: 0.6122391304347825 re1: 0.6545454545454545

DT:  
accuracy: 0.5135135135135135  
kappa: 0.018256011758476447  
F(weighted): 0.5135257098934181  
pr0: 0.41679446450933194 re0: 0.4866666666666666  
pr1: 0.6031489871310842 re1: 0.5318181818181819

NB:  
accuracy: 0.5054054054054055  
kappa: -0.008014559883506467  
F(weighted): 0.5077962223676294  
pr0: 0.4001757457368912 re0: 0.4466666666666666  
pr1: 0.5916415214584549 re1: 0.5454545454545455

LR:  
accuracy: 0.4756756756756757  
kappa: -0.06642936636733787  
F(weighted): 0.4780243879009175  
pr0: 0.3713349550346455 re0: 0.4133333333333334  
pr1: 0.5625236141193874 re1: 0.5181818181818182

Y1

CFS

Loo  
SVM:  
accuracy: 0.7297297297297297  
kappa: 0.4729344729344729  
F(weighted): 0.7309151256519678  
pr0: 0.6190476190476191 re0: 0.8666666666666667  
pr1: 0.875 re1: 0.6363636363636364

ANN:  
accuracy: 0.6216216216216216  
kappa: 0.26210826210826205  
F(weighted): 0.6232811759127549  
pr0: 0.5238095238095238 re0: 0.7333333333333333  
pr1: 0.75 re1: 0.5454545454545454

KNN:  
accuracy: 0.6486486486486487  
kappa: 0.3347164591977871  
F(weighted): 0.644015444015444  
pr0: 0.5416666666666666 re0: 0.8666666666666667



pr1: 0.8461538461538461 re1: 0.5

DT:

accuracy: 0.4594594594594595  
kappa: -0.09792284866468827  
F(weighted): 0.46348133848133855  
pr0: 0.35294117647058826 re0: 0.4  
pr1: 0.55 re1: 0.5

NB:

accuracy: 0.6756756756756757  
kappa: 0.3546511627906977  
F(weighted): 0.678537360890302  
pr0: 0.5789473684210527 re0: 0.7333333333333333  
pr1: 0.7777777777777778 re1: 0.6363636363636364

LR:

accuracy: 0.7027027027027027  
kappa: 0.42595204513399165  
F(weighted): 0.7027027027027029  
pr0: 0.5909090909090909 re0: 0.8666666666666667  
pr1: 0.8666666666666667 re1: 0.5909090909090909

10 x 10 folds

SVM:

accuracy: 0.6486486486486488  
kappa: 0.31127506819323164  
F(weighted): 0.6505813635225399  
pr0: 0.5470255183413079 re0: 0.7533333333333333  
pr1: 0.7779575163398693 re1: 0.5772727272727272

ANN:

accuracy: 0.6000000000000001  
kappa: 0.2123558327583593  
F(weighted): 0.6018897559570934  
pr0: 0.5063246351172047 re0: 0.6733333333333333  
pr1: 0.7128217697335344 re1: 0.55

KNN:

accuracy: 0.6081081081081081  
kappa: 0.2514526745768641  
F(weighted): 0.6037091651442907  
pr0: 0.5119198506807202 re0: 0.7866666666666668  
pr1: 0.7769687038108091 re1: 0.4863636363636363

DT:

accuracy: 0.5216216216216216  
kappa: 0.02485425452358168  
F(weighted): 0.523269833839386  
pr0: 0.418109366553639 re0: 0.4666666666666667  
pr1: 0.6072134445623475 re1: 0.5590909090909092

NB:

accuracy: 0.6378378378378379  
kappa: 0.27548811948203894  
F(weighted): 0.6406449151893591  
pr0: 0.5409805764411028 re0: 0.6733333333333335  
pr1: 0.73687681212836 re1: 0.6136363636363636

LR:

accuracy: 0.6567567567567567  
kappa: 0.3271840437440637  
F(weighted): 0.6583991367273102  
pr0: 0.5563274787759914 re0: 0.7600000000000001  
pr1: 0.7834161998132586 re1: 0.5863636363636363

10 x 5 folds

SVM:

accuracy: 0.6135135135135135  
kappa: 0.2244146863746937  
F(weighted): 0.6143394868609718  
pr0: 0.5183988423744783 re0: 0.6333333333333334  
pr1: 0.711362081723335 re1: 0.6

ANN:

accuracy: 0.5702702702702703  
kappa: 0.152125664834366  
F(weighted): 0.5715454347635769  
pr0: 0.4766665705183676 re0: 0.6333333333333333  
pr1: 0.681388085598612 re1: 0.5272727272727271

KNN:

accuracy: 0.5621621621621622  
kappa: 0.15740918478257823  
F(weighted): 0.5593175528456872  
pr0: 0.4727867346231191 re0: 0.7066666666666667  
pr1: 0.7050752352222942 re1: 0.4636363636363637

DT:

accuracy: 0.5054054054054054  
kappa: -0.02890561504684771  
F(weighted): 0.4996772286584479  
pr0: 0.3809910024615907 re0: 0.3866666666666667  
pr1: 0.5871945087076667 re1: 0.5863636363636363

NB:

accuracy: 0.5972972972972973  
kappa: 0.20210308799095617  
F(weighted): 0.5986091896524093  
pr0: 0.5021679197994988 re0: 0.6533333333333333  
pr1: 0.7073955258707582 re1: 0.559090909090909

LR:

accuracy: 0.6189189189189189  
kappa: 0.24867526085290895  
F(weighted): 0.6204704779621635  
pr0: 0.523839836988814 re0: 0.6933333333333332  
pr1: 0.73281475748194 re1: 0.5681818181818181

10 x 3 folds

SVM:

accuracy: 0.527027027027027  
kappa: 0.02777907879929753  
F(weighted): 0.5239719094778594  
pr0: 0.40974252019648444 re0: 0.4600000000000001  
pr1: 0.6205129672006102 re1: 0.5727272727272728

ANN:

accuracy: 0.5405405405405406  
kappa: 0.07076055840558351  
F(weighted): 0.5396228946426589  
pr0: 0.4395863858363859 re0: 0.52  
pr1: 0.6367320358557402 re1: 0.5545454545454546

KNN:

accuracy: 0.49189189189189186  
kappa: 0.01699002756134612  
F(weighted): 0.4873199687331682  
pr0: 0.4100214761040533 re0: 0.6066666666666667  
pr1: 0.6200303643724696 re1: 0.4136363636363637

DT:

accuracy: 0.4864864864864865  
kappa: -0.048584580993809544  
F(weighted): 0.48201517665925875  
pr0: 0.36265179995443153 re0: 0.4333333333333333

pr1: 0.5877079526753439 re1: 0.5227272727272727

NB:

accuracy: 0.5243243243243243  
kappa: 0.04685551734358875  
F(weighted): 0.5265330019491624  
pr0: 0.4280632094943241 re0: 0.5266666666666666  
pr1: 0.6227903091060986 re1: 0.5227272727272727

LR:

accuracy: 0.5324324324324324  
kappa: 0.04607254465187901  
F(weighted): 0.5305601996450993  
pr0: 0.4211730199326107 re0: 0.4933333333333333  
pr1: 0.6356995331635256 re1: 0.5590909090909091

Y1

IG

Loo

SVM:  
accuracy: 0.5405405405405406  
kappa: 0.05697151424287863  
F(weighted): 0.5426086251292553  
pr0: 0.4375 re0: 0.4666666666666667  
pr1: 0.6190476190476191 re1: 0.5909090909090909

ANN:

accuracy: 0.5675675675675675  
kappa: 0.15669515669515666  
F(weighted): 0.5694642010431484  
pr0: 0.47619047619047616 re0: 0.6666666666666666  
pr1: 0.6875 re1: 0.5

KNN:

accuracy: 0.5675675675675675  
kappa: 0.1731843754189937  
F(weighted): 0.5650387229334598  
pr0: 0.4782608695652174 re0: 0.7333333333333333  
pr1: 0.7142857142857143 re1: 0.4545454545454545

DT:

accuracy: 0.4594594594594595  
kappa: -0.12121212121212126  
F(weighted): 0.4594594594594595  
pr0: 0.3333333333333333 re0: 0.3333333333333333  
pr1: 0.5454545454545454 re1: 0.5454545454545454

NB:

accuracy: 0.5135135135135135  
kappa: 0.0319767441860465  
F(weighted): 0.517806041335453  
pr0: 0.42105263157894735 re0: 0.5333333333333333  
pr1: 0.6111111111111111 re1: 0.5

LR:

accuracy: 0.5135135135135135  
kappa: 0.011869436201780452  
F(weighted): 0.5171332046332047  
pr0: 0.4117647058823529 re0: 0.4666666666666667  
pr1: 0.6 re1: 0.5454545454545454

10 x 10 folds

SVM:  
accuracy: 0.5729729729729729  
kappa: 0.11891078150681902

F(weighted): 0.5734269977528988  
pr0: 0.47150048480930834 re0: 0.4933333333333333  
pr1: 0.6468355919442876 re1: 0.6272727272727272

ANN:

accuracy: 0.5513513513513513  
kappa: 0.09408905971339128  
F(weighted): 0.552948950520381  
pr0: 0.4543849206349206 re0: 0.5333333333333334  
pr1: 0.6405122766810074 re1: 0.5636363636363637

KNN:

accuracy: 0.5432432432432432  
kappa: 0.12784846710641368  
F(weighted): 0.5383558819085136  
pr0: 0.4571753246753246 re0: 0.7133333333333334  
pr1: 0.6982315233785823 re1: 0.42727272727272736

DT:

accuracy: 0.4891891891891892  
kappa: -0.04746660868592865  
F(weighted): 0.49021062840442164  
pr0: 0.3774943391661658 re0: 0.4066666666666667  
pr1: 0.5738662367380902 re1: 0.5454545454545453

NB:

accuracy: 0.5621621621621621  
kappa: 0.10290920196641673  
F(weighted): 0.5634057679998412  
pr0: 0.46227971890510594 re0: 0.5  
pr1: 0.640373760488177 re1: 0.6045454545454545

LR:

accuracy: 0.6162162162162163  
kappa: 0.22312410692161166  
F(weighted): 0.6167283260209923  
pr0: 0.5173951422674332 re0: 0.6133333333333334  
pr1: 0.7079119769119768 re1: 0.6181818181818182

10 x 5 folds

SVM:  
accuracy: 0.5513513513513513  
kappa: 0.07403074116079136  
F(weighted): 0.5516991201575381  
pr0: 0.44484446410142997 re0: 0.4666666666666667  
pr1: 0.6289020641194554 re1: 0.6090909090909091

ANN:

accuracy: 0.5594594594594595  
kappa: 0.11924805008763883  
F(weighted): 0.5609267973391766  
pr0: 0.46666290726817045 re0: 0.5733333333333334  
pr1: 0.6548933887749676 re1: 0.55

KNN:

accuracy: 0.5459459459459459  
kappa: 0.11702770272722691  
F(weighted): 0.5461383990989255  
pr0: 0.45600895694246085 re0: 0.6533333333333333  
pr1: 0.6715834410687351 re1: 0.47272727272727266

DT:

accuracy: 0.5135135135135135  
kappa: 0.016948934225121434  
F(weighted): 0.511098490788034  
pr0: 0.41095895848217834 re0: 0.4866666666666666  
pr1: 0.6051999642869209 re1: 0.5318181818181819

NB:  
accuracy: 0.5648648648648649  
kappa: 0.13252387362433488  
F(weighted): 0.56821177334373  
pr0: 0.4691950464396285 re0: 0.5933333333333334  
pr1: 0.6655043859649123 re1: 0.5454545454545453

LR:  
accuracy: 0.5783783783783785  
kappa: 0.1579792340465045  
F(weighted): 0.5814254664015884  
pr0: 0.4810353535353535 re0: 0.6066666666666667  
pr1: 0.6806516290726817 re1: 0.559090909090909

10 x 3 folds  
SVM:  
accuracy: 0.5216216216216216  
kappa: 0.0037175951711025715  
F(weighted): 0.5189705669538826  
pr0: 0.4031388709329885 re0: 0.4  
pr1: 0.5974005060961582 re1: 0.6045454545454546

ANN:  
accuracy: 0.5054054054054055  
kappa: 0.006194835768960692  
F(weighted): 0.5067746848306857  
pr0: 0.4027831249529997 re0: 0.5000000000000001  
pr1: 0.6066835567178817 re1: 0.509090909090909

KNN:  
accuracy: 0.5108108108108109  
kappa: 0.048935615672049494  
F(weighted): 0.5087307962994795  
pr0: 0.42477853287063805 re0: 0.6133333333333335  
pr1: 0.6366676624029566 re1: 0.4409090909090909

DT:  
accuracy: 0.45405405405405413  
kappa: -0.1346563176964294  
F(weighted): 0.44854872176731336  
pr0: 0.3266331192027786 re0: 0.3133333333333335  
pr1: 0.5322072649572649 re1: 0.5499999999999999

NB:  
accuracy: 0.5054054054054056  
kappa: 0.002523732859990977  
F(weighted): 0.5086553731250607  
pr0: 0.4062046660769571 re0: 0.48  
pr1: 0.5960129490392647 re1: 0.5227272727272727

LR:  
accuracy: 0.5594594594594595  
kappa: 0.09427732496960924  
F(weighted): 0.5567706615361154  
pr0: 0.4599299719887956 re0: 0.4866666666666666  
pr1: 0.637236919114324 re1: 0.609090909090909

Y2

NO SELECTION

Loo  
SVM:  
accuracy: 0.5675675675675675  
kappa: 0.08359133126934976  
F(weighted): 0.5615242571764311  
pr0: 0.46153846153846156 re0: 0.4

pr1: 0.625 re1: 0.6818181818181818

ANN:  
accuracy: 0.6486486486486487  
kappa: 0.26339969372128647  
F(weighted): 0.6464947706327017  
pr0: 0.5714285714285714 re0: 0.5333333333333333  
pr1: 0.6956521739130435 re1: 0.7272727272727273

KNN:  
accuracy: 0.5135135135135135  
kappa: 0.051282051282051225  
F(weighted): 0.515647226173542  
pr0: 0.42857142857142855 re0: 0.6  
pr1: 0.625 re1: 0.4545454545454545

DT:  
accuracy: 0.4594594594594595  
kappa: -0.14551083591331268  
F(weighted): 0.45190532147053886  
pr0: 0.3076923076923077 re0: 0.2666666666666666  
pr1: 0.5416666666666666 re1: 0.5909090909090909

NB:  
accuracy: 0.6486486486486487  
kappa: 0.2936857562408224  
F(weighted): 0.651764846886798  
pr0: 0.5555555555555556 re0: 0.6666666666666666  
pr1: 0.7368421052631579 re1: 0.6363636363636364

LR:  
accuracy: 0.6486486486486487  
kappa: 0.2788605697151425  
F(weighted): 0.6502301250988423  
pr0: 0.5625 re0: 0.6  
pr1: 0.7142857142857143 re1: 0.6818181818181818

10 x 10 folds  
SVM:  
accuracy: 0.6135135135135135  
kappa: 0.16543698654254615  
F(weighted): 0.6006962723320592  
pr0: 0.5317832167832167 re0: 0.4000000000000001  
pr1: 0.6501819291819293 re1: 0.7590909090909091

ANN:  
accuracy: 0.6756756756756757  
kappa: 0.31292589295336865  
F(weighted): 0.6707655516301497  
pr0: 0.6188278388278388 re0: 0.5333333333333333  
pr1: 0.708474454691846 re1: 0.7727272727272727

KNN:  
accuracy: 0.4918918918918919  
kappa: 0.007307661274009283  
F(weighted): 0.4910110696663971  
pr0: 0.40605444900841314 re0: 0.5733333333333334  
pr1: 0.6099123374045974 re1: 0.4363636363636364

DT:  
accuracy: 0.5513513513513514  
kappa: 0.06531067854484277  
F(weighted): 0.548249182180163  
pr0: 0.44634228516581465 re0: 0.4333333333333334  
pr1: 0.621250436359132 re1: 0.6318181818181817

NB:  
accuracy: 0.6621621621621622

kappa: 0.31114302963148566  
F(weighted): 0.6641021716500191  
pr0: 0.5737009803921569 re0: 0.64  
pr1: 0.7354237867395762 re1: 0.6772727272727272

LR:  
accuracy: 0.6270270270270271  
kappa: 0.23002606136563125  
F(weighted): 0.6274481550590019  
pr0: 0.5410364145658264 re0: 0.5533333333333333  
pr1: 0.6894532279314889 re1: 0.6772727272727272

10 x 5 folds  
SVM:  
accuracy: 0.6405405405405407  
kappa: 0.2256067551575728  
F(weighted): 0.628907753285578  
pr0: 0.5763442113442114 re0: 0.4399999999999999  
pr1: 0.6709898434898435 re1: 0.7772727272727272

ANN:  
accuracy: 0.6837837837837839  
kappa: 0.33378264740473457  
F(weighted): 0.6800336430332903  
pr0: 0.6264348151848151 re0: 0.5599999999999999  
pr1: 0.7194704787965656 re1: 0.7681818181818182

KNN:  
accuracy: 0.5108108108108108  
kappa: 0.034900903267162595  
F(weighted): 0.512963799753047  
pr0: 0.4249214186749521 re0: 0.5533333333333333  
pr1: 0.6086260995626321 re1: 0.4818181818181818

DT:  
accuracy: 0.5405405405405406  
kappa: 0.05407202859996192  
F(weighted): 0.5401996292000136  
pr0: 0.44019525752884886 re0: 0.4533333333333333  
pr1: 0.6148674658674658 re1: 0.6000000000000001

NB:  
accuracy: 0.6675675675675675  
kappa: 0.3227429710905312  
F(weighted): 0.669319037916599  
pr0: 0.582156862745098 re0: 0.6466666666666667  
pr1: 0.7395933014354067 re1: 0.6818181818181819

LR:  
accuracy: 0.6594594594594595  
kappa: 0.2915596847063139  
F(weighted): 0.6583872180263317  
pr0: 0.5804705343675931 re0: 0.5733333333333333  
pr1: 0.7133562017692454 re1: 0.7181818181818181

10 x 3 folds  
SVM:  
accuracy: 0.6270270270270271  
kappa: 0.17463409524275664  
F(weighted): 0.5970793534642758  
pr0: 0.5533158508158509 re0: 0.3533333333333333  
pr1: 0.6523829878332921 re1: 0.8136363636363635

ANN:  
accuracy: 0.6108108108108108  
kappa: 0.1950640034891992

F(weighted): 0.61046582300451  
pr0: 0.5232539682539683 re0: 0.5266666666666667  
pr1: 0.6737554954580126 re1: 0.6681818181818182

KNN:  
accuracy: 0.5324324324324324  
kappa: 0.07296390708954884  
F(weighted): 0.5328668305876955  
pr0: 0.4425868861101058 re0: 0.5666666666666667  
pr1: 0.6331013510389941 re1: 0.5090909090909090

DT:  
accuracy: 0.5324324324324324  
kappa: 0.02708714918124295  
F(weighted): 0.5244448827959627  
pr0: 0.4237097542979896 re0: 0.4133333333333333  
pr1: 0.6055621477947486 re1: 0.6136363636363636

NB:  
accuracy: 0.6486486486486486  
kappa: 0.27661307167656235  
F(weighted): 0.6489533754375252  
pr0: 0.5627581822202565 re0: 0.5933333333333333  
pr1: 0.7148018696279566 re1: 0.6863636363636365

LR:  
accuracy: 0.6756756756756757  
kappa: 0.3289210485367918  
F(weighted): 0.6744614432337773  
pr0: 0.6033717314677067 re0: 0.6066666666666667  
pr1: 0.7306365663322184 re1: 0.7227272727272727

Y2

CFS

Loo  
SVM:  
accuracy: 0.7297297297297297  
kappa: 0.4510385756676558  
F(weighted): 0.7317406692406693  
pr0: 0.6470588235294118 re0: 0.7333333333333333  
pr1: 0.8 re1: 0.7272727272727273

ANN:  
accuracy: 0.7567567567567568  
kappa: 0.5110132158590309  
F(weighted): 0.7589141247677833  
pr0: 0.6666666666666666 re0: 0.8  
pr1: 0.8421052631578947 re1: 0.7272727272727273

KNN:  
accuracy: 0.5945945945945946  
kappa: 0.20143884892086336  
F(weighted): 0.5975645975645976  
pr0: 0.5 re0: 0.6666666666666666  
pr1: 0.7058823529411765 re1: 0.5454545454545454

DT:  
accuracy: 0.4054054054054054  
kappa: -0.20771513353115711  
F(weighted): 0.40982947232947237  
pr0: 0.29411764705882354 re0: 0.3333333333333333  
pr1: 0.5 re1: 0.4545454545454545

NB:  
accuracy: 0.7297297297297297  
kappa: 0.4510385756676558

F(weighted): 0.7317406692406693  
pr0: 0.6470588235294118 re0: 0.7333333333333333  
pr1: 0.8 re1: 0.7272727272727273

LR:  
accuracy: 0.6216216216216216  
kappa: 0.21515151515151504  
F(weighted): 0.6216216216216217  
pr0: 0.5333333333333333 re0: 0.5333333333333333  
pr1: 0.6818181818181818 re1: 0.6818181818181818

10 x 10 folds  
SVM:  
accuracy: 0.6054054054054053  
kappa: 0.1906536567307348  
F(weighted): 0.6060136775321822  
pr0: 0.5089902499461323 re0: 0.5533333333333332  
pr1: 0.680554941760353 re1: 0.6409090909090909

ANN:  
accuracy: 0.664864864864865  
kappa: 0.31424200231066773  
F(weighted): 0.6655878337289204  
pr0: 0.5793703007518797 re0: 0.6333333333333333  
pr1: 0.7362112527696051 re1: 0.6863636363636364

KNN:  
accuracy: 0.645945945945946  
kappa: 0.2938529396569122  
F(weighted): 0.6473766674666208  
pr0: 0.5557837995337995 re0: 0.6866666666666666  
pr1: 0.7463700918964077 re1: 0.618181818181818

DT:  
accuracy: 0.49729729729729727  
kappa: -0.01839400407482124  
F(weighted): 0.49878664237742293  
pr0: 0.397503395297513 re0: 0.4533333333333333  
pr1: 0.5850204315135665 re1: 0.5272727272727273

**NB:**  
**accuracy: 0.7000000000000001**  
**kappa: 0.39144949849967237**  
**F(weighted): 0.7017348583195423**  
**pr0: 0.6109543466509411 re0: 0.7066666666666667**  
**pr1: 0.7806200603811319 re1: 0.6954545454545454**

LR:  
accuracy: 0.6486486486486487  
kappa: 0.27520269127745817  
F(weighted): 0.6482690121647151  
pr0: 0.558604026692262 re0: 0.5933333333333334  
pr1: 0.7177712638238954 re1: 0.6863636363636363

10 x 5 folds  
SVM:  
accuracy: 0.6243243243243243  
kappa: 0.229527633692001  
F(weighted): 0.6249987193059676  
pr0: 0.5355118990916206 re0: 0.5733333333333333  
pr1: 0.6958021021320253 re1: 0.6590909090909091

ANN:  
accuracy: 0.6162162162162161  
kappa: 0.21693660316487837  
F(weighted): 0.6151781066917424  
pr0: 0.5335945773016711 re0: 0.5733333333333333  
pr1: 0.6891991507094483 re1: 0.6454545454545454

KNN:  
accuracy: 0.5864864864864866  
kappa: 0.16374379559778487  
F(weighted): 0.5862657307032455  
pr0: 0.4978765526362781 re0: 0.5666666666666667  
pr1: 0.6703800585379535 re1: 0.6

DT:  
accuracy: 0.5  
kappa: -0.03333513465172884  
F(weighted): 0.4974859394343255  
pr0: 0.3865182186234818 re0: 0.3933333333333333  
pr1: 0.5795824706694271 re1: 0.5727272727272726

**NB:**  
**accuracy: 0.6297297297297298**  
**kappa: 0.25132077996772806**  
**F(weighted): 0.6310190022635862**  
**pr0: 0.5417306077135798 re0: 0.6199999999999999**  
**pr1: 0.7088970614943155 re1: 0.6363636363636364**

LR:  
accuracy: 0.6135135135135136  
kappa: 0.20085260405512156  
F(weighted): 0.6124252557795195  
pr0: 0.5261450997403009 re0: 0.5333333333333333  
pr1: 0.6788220716481587 re1: 0.6681818181818182

10 x 3 folds  
SVM:  
accuracy: 0.5837837837837838  
kappa: 0.12596742587047413  
F(weighted): 0.5754285114680666  
pr0: 0.4621740626074991 re0: 0.4666666666666667  
pr1: 0.6550611178803398 re1: 0.6636363636363636

ANN:  
accuracy: 0.5621621621621621  
kappa: 0.08879304291095627  
F(weighted): 0.558912211490391  
pr0: 0.45817280758457235 re0: 0.4533333333333333  
pr1: 0.6342715617715616 re1: 0.6363636363636364

KNN:  
accuracy: 0.5432432432432432  
kappa: 0.10154386082152958  
F(weighted): 0.5443144770698033  
pr0: 0.4498759332454985 re0: 0.6133333333333334  
pr1: 0.6576576055523424 re1: 0.4954545454545454

DT:  
accuracy: 0.5243243243243243  
kappa: 0.011862570765506873  
F(weighted): 0.5191171206304577  
pr0: 0.40094671632715106 re0: 0.42000000000000004  
pr1: 0.6084069439332597 re1: 0.5954545454545453

**NB:**  
**accuracy: 0.5675675675675675**  
**kappa: 0.11247883378696247**  
**F(weighted): 0.5665179326732392**  
**pr0: 0.4655707282913165 re0: 0.5066666666666666**  
**pr1: 0.6510619072003512 re1: 0.6090909090909091**

**LR:**  
**accuracy: 0.5945945945945946**  
**kappa: 0.16666727700879935**

F(weighted): 0.5903537497263635  
pr0: 0.5064680202838098 re0: 0.5266666666666666  
pr1: 0.6660942656957924 re1: 0.6409090909090909

Y2

IG

Loo  
SVM:  
accuracy: 0.6216216216216216  
kappa: 0.24709302325581395  
F(weighted): 0.6249602543720191  
pr0: 0.5263157894736842 re0: 0.6666666666666666  
pr1: 0.7222222222222222 re1: 0.5909090909090909

ANN:  
accuracy: 0.8108108108108109  
kappa: 0.6116941529235383  
F(weighted): 0.8116623750532228  
pr0: 0.75 re0: 0.8  
pr1: 0.8571428571428571 re1: 0.8181818181818182

KNN:  
accuracy: 0.6756756756756757  
kappa: 0.34124629080118696  
F(weighted): 0.6780888030888031  
pr0: 0.5882352941176471 re0: 0.6666666666666666  
pr1: 0.75 re1: 0.6818181818181818

DT:  
accuracy: 0.3783783783783784  
kappa: -0.2758620689655172  
F(weighted): 0.38117637517487485  
pr0: 0.25 re0: 0.2666666666666666  
pr1: 0.47619047619047616 re1: 0.4545454545454545

NB:  
accuracy: 0.6756756756756757  
kappa: 0.3546511627906977  
F(weighted): 0.678537360890302  
pr0: 0.5789473684210527 re0: 0.7333333333333333  
pr1: 0.7777777777777778 re1: 0.6363636363636364

LR:  
accuracy: 0.5405405405405406  
kappa: 0.07635829662261383  
F(weighted): 0.544615569005813  
pr0: 0.4444444444444444 re0: 0.5333333333333333  
pr1: 0.631578947368421 re1: 0.5454545454545454

10 x 10 folds  
SVM:  
accuracy: 0.6270270270270271  
kappa: 0.24489236483778626  
F(weighted): 0.6295078505062269  
pr0: 0.5330680254557963 re0: 0.62  
pr1: 0.7113222450064555 re1: 0.6318181818181818

ANN:  
accuracy: 0.7081081081081082  
kappa: 0.392985103599344  
F(weighted): 0.7064896339833673  
pr0: 0.6363328664799253 re0: 0.64  
pr1: 0.7581962041687442 re1: 0.7545454545454545

KNN:

accuracy: 0.6567567567567568  
kappa: 0.3246092178011792  
F(weighted): 0.6586867513258815  
pr0: 0.5578422505539209 re0: 0.7466666666666667  
pr1: 0.7763977959604894 re1: 0.5954545454545453

DT:  
accuracy: 0.5216216216216216  
kappa: 0.01846723413905191  
F(weighted): 0.5218258517621464  
pr0: 0.4136388766032729 re0: 0.4466666666666666  
pr1: 0.6043297258297258 re1: 0.5727272727272726

NB:  
accuracy: 0.6756756756756757  
kappa: 0.35581608906093043  
F(weighted): 0.678354143562178  
pr0: 0.5779824561403508 re0: 0.74  
pr1: 0.7817165462676298 re1: 0.6318181818181818

LR:  
accuracy: 0.6054054054054054  
kappa: 0.19753126808558022  
F(weighted): 0.6076131166267196  
pr0: 0.5147473463069439 re0: 0.5733333333333333  
pr1: 0.6822719843085977 re1: 0.6272727272727272

10 x 5 folds  
SVM:  
accuracy: 0.6162162162162163  
kappa: 0.21992616664229386  
F(weighted): 0.6167493899886591  
pr0: 0.5307507739938081 re0: 0.5866666666666667  
pr1: 0.6926329191963867 re1: 0.6363636363636365

ANN:  
accuracy: 0.6324324324324324  
kappa: 0.23093153318781842  
F(weighted): 0.626795334037135  
pr0: 0.5504062552514564 re0: 0.5266666666666666  
pr1: 0.6915110931529695 re1: 0.7045454545454545

KNN:  
accuracy: 0.5810810810810811  
kappa: 0.16968944816016213  
F(weighted): 0.5819967590141508  
pr0: 0.4855119149108919 re0: 0.6333333333333333  
pr1: 0.6903179470168633 re1: 0.5454545454545454

DT:  
accuracy: 0.5135135135135135  
kappa: 0.010047489381134376  
F(weighted): 0.5118787724044678  
pr0: 0.40581230259248835 re0: 0.4666666666666666  
pr1: 0.6040280441952268 re1: 0.5454545454545453

NB:  
accuracy: 0.6513513513513514  
kappa: 0.2977066407919548  
F(weighted): 0.6537641334832249  
pr0: 0.5574428104575164 re0: 0.6666666666666667  
pr1: 0.7408779301194162 re1: 0.6409090909090909

LR:  
accuracy: 0.6189189189189188  
kappa: 0.21372253107723385  
F(weighted): 0.6186266542094782  
pr0: 0.5302943869855635 re0: 0.5466666666666666

pr1: 0.6845662138373135 re1: 0.6681818181818181

10 x 3 folds

SVM:

accuracy: 0.6135135135135135  
kappa: 0.17299336415887193  
F(weighted): 0.6031611155396087  
pr0: 0.5223094062799946 re0: 0.4333333333333334  
pr1: 0.6588500203500205 re1: 0.7363636363636363

ANN:

accuracy: 0.5891891891891892  
kappa: 0.1416197817282529  
F(weighted): 0.5854392834684656  
pr0: 0.4916042780748663 re0: 0.4733333333333333  
pr1: 0.6524119905859036 re1: 0.6681818181818182

KNN:

accuracy: 0.6000000000000001  
kappa: 0.1949492148777311  
F(weighted): 0.6002047514770794  
pr0: 0.5016017003292546 re0: 0.6133333333333333  
pr1: 0.7034803772004607 re1: 0.5909090909090908

DT:

accuracy: 0.5405405405405406  
kappa: 0.04174243174577409  
F(weighted): 0.536048410326911  
pr0: 0.43841691804927096 re0: 0.4133333333333334  
pr1: 0.6100664300074463 re1: 0.6272727272727272

NB:

accuracy: 0.6081081081081081  
kappa: 0.19264817867444695  
F(weighted): 0.6075087145242761  
pr0: 0.5162875136559347 re0: 0.5399999999999999  
pr1: 0.6781655225019069 re1: 0.6545454545454545

LR:

accuracy: 0.5756756756756756  
kappa: 0.1251679423382909  
F(weighted): 0.5747316398439855  
pr0: 0.4749648442372901 re0: 0.5  
pr1: 0.6511643610013176 re1: 0.6272727272727273

Y3

NO SELECTION

LOO

SVM:

accuracy: 0.6076923076923075  
kappa: -0.09483838056441574  
F(weighted): NaN  
pr0: NaN re0: 0.023076923076923078  
pr1: 0.648030874749141 re1: 0.9000000000000001

ANN:

accuracy: 0.6794871794871795  
kappa: 0.2862536403046946  
F(weighted): 0.6809152118623076  
pr0: 0.5203846153846154 re0: 0.5384615384615384  
pr1: 0.7644700854700853 re1: 0.75

KNN:

accuracy: 0.5974358974358973  
kappa: -0.1232890365448505

F(weighted): NaN

pr0: 0.025 re0: 0.007692307692307693  
pr1: 0.6424519632414368 re1: 0.8923076923076924

DT:

accuracy: 0.6794871794871796  
kappa: 0.23298792741319113  
F(weighted): 0.66590325092055  
pr0: 0.5286538461538461 re0: 0.4  
pr1: 0.7323522789985527 re1: 0.8192307692307692

NB:

accuracy: 0.6666666666666667  
kappa: 0.17021276595744678  
F(weighted): 0.6416040100250627  
pr0: 0.5 re0: 0.30769230769230765  
pr1: 0.7096774193548389 re1: 0.846153846153846

LR:

accuracy: 0.564102564102564  
kappa: 0.07272727272727272  
F(weighted): 0.5733051841426225  
pr0: 0.375 re0: 0.46153846153846156  
pr1: 0.6956521739130433 re1: 0.6153846153846153

10x10

SVM:

accuracy: 0.6205128205128205  
kappa: -0.04223741806049629  
F(weighted): NaN  
pr0: NaN re0: 0.06923076923076923  
pr1: 0.6581602663587958 re1: 0.8961538461538462

ANN:

accuracy: 0.6205128205128204  
kappa: 0.17265236584005206  
F(weighted): 0.6249410546964669  
pr0: 0.44142094017094025 re0: 0.49230769230769234  
pr1: 0.7290478579391623 re1: 0.6846153846153846

KNN:

accuracy: 0.6128205128205129  
kappa: -0.055148224813568035  
F(weighted): NaN  
pr0: 0.22833333333333333 re0: 0.06923076923076923  
pr1: 0.6550180776651364 re1: 0.8846153846153847

DT:

accuracy: 0.6717948717948719  
kappa: 0.2202165294923207  
F(weighted): 0.6598541356300519  
pr0: 0.5024669774669774 re0: 0.4076923076923077  
pr1: 0.7322290674348517 re1: 0.8038461538461539

NB:

accuracy: 0.6102564102564102  
kappa: 0.05854277029960921  
F(weighted): 0.5913510756836462  
pr0: 0.3868939393939394 re0: 0.27692307692307694  
pr1: 0.6821733142645268 re1: 0.7769230769230769

LR:

accuracy: 0.5358974358974359  
kappa: 0.004245252831459689  
F(weighted): 0.5431941580375577  
pr0: 0.3367510301875627 re0: 0.4000000000000001  
pr1: 0.6675599400599401 re1: 0.6038461538461538



10x5  
SVM:  
accuracy: 0.6153846153846155  
kappa: -0.0647510419492465  
F(weighted): NaN  
pr0: NaN re0: 0.046153846153846156  
pr1: 0.6531402408047147 re1: 0.9

ANN:  
accuracy: 0.6410256410256412  
kappa: 0.1983660130718954  
F(weighted): 0.6418454627133873  
pr0: 0.4633333333333334 re0: 0.476923076923077  
pr1: 0.7347222222222223 re1: 0.7230769230769232

KNN:  
accuracy: 0.6256410256410256  
kappa: -0.017925981061446758  
F(weighted): NaN  
pr0: 0.3211904761904762 re0: 0.09230769230769231  
pr1: 0.6627035716006305 re1: 0.8923076923076924

DT:  
accuracy: 0.6564102564102565  
kappa: 0.16064972238778985  
F(weighted): 0.6336199441914201  
pr0: 0.5088095238095238 re0: 0.31538461538461543  
pr1: 0.7051044333504012 re1: 0.826923076923077

NB:  
accuracy: 0.635897435897436  
kappa: 0.13127711084433769  
F(weighted): 0.6210345203963274  
pr0: 0.4285353535353534 re0: 0.34615384615384626  
pr1: 0.706241727621038 re1: 0.7807692307692308

LR:  
accuracy: 0.5641025641025641  
kappa: 0.03469004939355341  
F(weighted): 0.5657019952645711  
pr0: 0.3566814802844215 re0: 0.37692307692307697  
pr1: 0.6781478543944809 re1: 0.6576923076923078

10x3  
SVM:  
accuracy: 0.6307692307692309  
kappa: -0.022441298187216  
F(weighted): NaN  
pr0: NaN re0: 0.06923076923076923  
pr1: 0.661598636058838 re1: 0.9115384615384615

ANN:  
accuracy: 0.6538461538461539  
kappa: 0.23599254773378758  
F(weighted): 0.6554591797738585  
pr0: 0.48949579831932766 re0: 0.5153846153846156  
pr1: 0.7488393887471848 re1: 0.723076923076923

KNN:  
accuracy: 0.5871794871794872  
kappa: -0.05707211140729843  
F(weighted): 0.5418215821060709  
pr0: 0.26341269841269843 re0: 0.13846153846153847  
pr1: 0.6532510504201682 re1: 0.8115384615384615

DT:  
accuracy: 0.6282051282051282  
kappa: 0.15231811832794867

F(weighted): 0.6217211399759899  
pr0: 0.43568340972752734 re0: 0.4230769230769232  
pr1: 0.7195785804364603 re1: 0.7307692307692308

NB:  
accuracy: 0.6282051282051283  
kappa: 0.13941790952514022  
F(weighted): 0.6201733080637591  
pr0: 0.431756805286217 re0: 0.3923076923076923  
pr1: 0.7130912808455914 re1: 0.7461538461538462

LR:  
accuracy: 0.6000000000000001  
kappa: 0.12491353844976252  
F(weighted): 0.6023202704241164  
pr0: 0.41432471037734186 re0: 0.4538461538461539  
pr1: 0.711014245014245 re1: 0.6730769230769231

### Y 3 CFS

LOO:  
SVM:  
accuracy: 0.5384615384615384  
kappa: -0.026213367345442874  
F(weighted): 0.5404439138216385  
pr0: 0.31707417582417585 re0: 0.33076923076923076  
pr1: 0.6571532887402454 re1: 0.6423076923076924

ANN:  
accuracy: 0.5538461538461538  
kappa: 0.03724413950829044  
F(weighted): 0.5610817927523735  
pr0: 0.35601190476190475 re0: 0.4153846153846154  
pr1: 0.6803840579710145 re1: 0.6230769230769231

KNN:  
accuracy: 0.5897435897435898  
kappa: 0.1425598086124402  
F(weighted): 0.5998697198331204  
pr0: 0.41131535947712417 re0: 0.5384615384615385  
pr1: 0.7276773950686993 re1: 0.6153846153846153

DT:  
accuracy: 0.6846153846153846  
kappa: 0.2542857142857142  
F(weighted): 0.6749246084028692  
pr0: 0.5327272727272726 re0: 0.43076923076923085  
pr1: 0.7405172413793103 re1: 0.8115384615384615

NB:  
accuracy: 0.5897435897435896  
kappa: 0.040000000000000105  
F(weighted): 0.5802469135802469  
pr0: 0.3636363636363637 re0: 0.30769230769230765  
pr1: 0.6785714285714287 re1: 0.7307692307692307

LR:  
accuracy: 0.5384615384615384  
kappa: 0.03571428571428559  
F(weighted): 0.5499999999999999  
pr0: 0.35294117647058826 re0: 0.46153846153846156  
pr1: 0.6818181818181818 re1: 0.5769230769230768

10x10  
SVM:  
accuracy: 0.5846153846153845  
kappa: 0.08922042066565394



F(weighted): 0.5868765747652654  
pr0: 0.38942380460956316 re0: 0.43076923076923074  
pr1: 0.7003736641780121 re1: 0.6615384615384615

ANN:  
accuracy: 0.5871794871794872  
kappa: 0.12519969768409567  
F(weighted): 0.5943876974471054  
pr0: 0.4138910109498345 re0: 0.49230769230769234  
pr1: 0.7101595494587821 re1: 0.6346153846153847

KNN:  
accuracy: 0.5794871794871794  
kappa: 0.10178283430523738  
F(weighted): 0.5849465378635686  
pr0: 0.3932566208301503 re0: 0.476923076923077  
pr1: 0.7086244241866128 re1: 0.6307692307692309

DT:  
accuracy: 0.6461538461538462  
kappa: 0.20383739710424348  
F(weighted): 0.6440250806797828  
pr0: 0.48811230436230435 re0: 0.4615384615384615  
pr1: 0.7321686097510686 re1: 0.7384615384615385

NB:  
accuracy: 0.558974358974359  
kappa: 0.0013961028934934491  
F(weighted): 0.5562561435430371  
pr0: 0.3378163503163504 re0: 0.3230769230769231  
pr1: 0.665848162590098 re1: 0.676923076923077

LR:  
accuracy: 0.5794871794871794  
kappa: 0.09165605979847469  
F(weighted): 0.585270235587983  
pr0: 0.38819570135746606 re0: 0.45384615384615384  
pr1: 0.7028203077116121 re1: 0.6423076923076922

10x5  
SVM:  
accuracy: 0.5692307692307692  
kappa: -0.01525834028142344  
F(weighted): 0.5534577946543564  
pr0: 0.30967643467643463 re0: 0.2692307692307693  
pr1: 0.6646653131814423 re1: 0.7192307692307692

ANN:  
accuracy: 0.5717948717948718  
kappa: 0.08352454663827438  
F(weighted): 0.5776723071557557  
pr0: 0.3934331857512972 re0: 0.4461538461538462  
pr1: 0.6908984167794237 re1: 0.6346153846153846

KNN:  
accuracy: 0.5641025641025641  
kappa: 5.174549907251497E-4  
F(weighted): 0.5572209393971839  
pr0: 0.33336624160153566 re0: 0.30769230769230765  
pr1: 0.6660106913026824 re1: 0.6923076923076924

DT:  
accuracy: 0.6307692307692307  
kappa: 0.11682270471698256  
F(weighted): 0.6148251674645984  
pr0: 0.44088578088578084 re0: 0.3230769230769231  
pr1: 0.6978914173053495 re1: 0.7846153846153845

NB:  
accuracy: 0.535897435897436  
kappa: -0.06787512218239988  
F(weighted): 0.5294130069689271  
pr0: 0.2818248418248418 re0: 0.2615384615384616  
pr1: 0.6463100922066438 re1: 0.6730769230769231

LR:  
accuracy: 0.5128205128205129  
kappa: -0.06483683219455737  
F(weighted): 0.5171055659034922  
pr0: 0.29004948225149463 re0: 0.3307692307692308  
pr1: 0.6440226424139467 re1: 0.6038461538461538

10x3  
SVM:  
accuracy: 0.6051282051282051  
kappa: 0.033626788130485384  
F(weighted): NaN  
pr0: NaN re0: 0.24615384615384617  
pr1: 0.6758681522982437 re1: 0.7846153846153847

ANN:  
accuracy: 0.5487179487179488  
kappa: 0.033425180989609254  
F(weighted): 0.5553296424922767  
pr0: 0.3535819014147187 re0: 0.4230769230769231  
pr1: 0.6791741591741591 re1: 0.6115384615384615

KNN:  
accuracy: 0.5666666666666667  
kappa: 0.04800014226530014  
F(weighted): 0.5674889126195787  
pr0: 0.3612571930992984 re0: 0.4  
pr1: 0.6849007444168734 re1: 0.6500000000000001

DT:  
accuracy: 0.5871794871794871  
kappa: 0.03277773034894475  
F(weighted): 0.5683523286931089  
pr0: 0.3704798194581476 re0: 0.29999999999999993  
pr1: 0.6771997977512683 re1: 0.7307692307692307

NB:  
accuracy: 0.5487179487179488  
kappa: -0.011326424534005465  
F(weighted): 0.5468605182667343  
pr0: 0.3231278280542987 re0: 0.3307692307692308  
pr1: 0.6620696580488862 re1: 0.6576923076923078

LR:  
accuracy: 0.5435897435897437  
kappa: 0.029863136626744464  
F(weighted): 0.5498563926925533  
pr0: 0.346537629037629 re0: 0.4384615384615385  
pr1: 0.68265214410981 re1: 0.5961538461538461

Y3

IG  
LOO  
SVM:  
accuracy: 0.6025641025641025  
kappa: 0.12603421735497206  
F(weighted): 0.6062581362554826  
pr0: 0.40935439560439557 re0: 0.45384615384615384  
pr1: 0.7139046822742474 re1: 0.676923076923077

ANN:  
accuracy: 0.6102564102564103  
kappa: 0.19433297192825327  
F(weighted): 0.6201610582056073  
pr0: 0.43786273281242327 re0: 0.5923076923076922  
pr1: 0.7528812974465148 re1: 0.6192307692307694

KNN:  
accuracy: 0.5128205128205128  
kappa: -0.0033768510857932798  
F(weighted): 0.525591845641153  
pr0: 0.33173632610939113 re0: 0.4538461538461539  
pr1: 0.664959669925803 re1: 0.5423076923076923

DT:  
accuracy: 0.6846153846153847  
kappa: 0.26894117647058835  
F(weighted): 0.6792182622874445  
pr0: 0.5295454545454545 re0: 0.46923076923076923  
pr1: 0.7493386243386243 re1: 0.7923076923076923

NB:  
accuracy: 0.5128205128205128  
kappa: -0.11764705882352951  
F(weighted): 0.5076729559748427  
pr0: 0.25 re0: 0.23076923076923078  
pr1: 0.6296296296296297 re1: 0.653846153846154

LR:  
accuracy: 0.6923076923076924  
kappa: 0.3333333333333333  
F(weighted): 0.6971428571428572  
pr0: 0.5333333333333333 re0: 0.6153846153846153  
pr1: 0.7916666666666667 re1: 0.7307692307692307

**10x10**  
SVM:  
accuracy: 0.6307692307692309  
kappa: 0.17040843728968036  
F(weighted): 0.6299175542391818  
pr0: 0.45096251787428265 re0: 0.4461538461538462  
pr1: 0.7227479235740106 re1: 0.723076923076923

ANN:  
accuracy: 0.6230769230769232  
kappa: 0.17460743864950115  
F(weighted): 0.6253637797786735  
pr0: 0.4474427043544691 re0: 0.48461538461538467  
pr1: 0.7279797033206643 re1: 0.6923076923076923

KNN:  
accuracy: 0.5769230769230769  
kappa: 0.06819707336867442  
F(weighted): 0.5789100261103114  
pr0: 0.37774725274725274 re0: 0.40769230769230774  
pr1: 0.6907848109233733 re1: 0.6615384615384616

DT:  
accuracy: 0.6717948717948719  
kappa: 0.23222782446311857  
F(weighted): 0.6627352814485172  
pr0: 0.5224242424242425 re0: 0.43076923076923074  
pr1: 0.7367569371879717 re1: 0.7923076923076923

NB:  
accuracy: 0.5538461538461539  
kappa: -0.04106630689128053

F(weighted): 0.5429008785700951  
pr0: 0.3104551004551005 re0: 0.2538461538461539  
pr1: 0.6519456549197928 re1: 0.7038461538461538

LR:  
accuracy: 0.6871794871794872  
kappa: 0.30585981226649783  
F(weighted): 0.68772773336342  
pr0: 0.5295744606270922 re0: 0.5615384615384615  
pr1: 0.7755190027086578 re1: 0.75

10 x 5  
SVM:  
accuracy: 0.6025641025641026  
kappa: 0.1003336287406292  
F(weighted): 0.5974969112566977  
pr0: 0.41538380736910147 re0: 0.3846153846153846  
pr1: 0.6969404334282521 re1: 0.7115384615384616

ANN:  
accuracy: 0.6025641025641025  
kappa: 0.13770326311089462  
F(weighted): 0.6043298602729983  
pr0: 0.41392281631412065 re0: 0.48461538461538467  
pr1: 0.7246143850702673 re1: 0.6615384615384616

KNN:  
accuracy: 0.576923076923077  
kappa: 0.05955145797598629  
F(weighted): 0.5752010973246412  
pr0: 0.37372835497835494 re0: 0.3923076923076923  
pr1: 0.6902270531400966 re1: 0.6692307692307693

DT:  
accuracy: 0.6384615384615386  
kappa: 0.14471794871794877  
F(weighted): 0.625235943818768  
pr0: 0.4481351981351982 re0: 0.36153846153846153  
pr1: 0.7093489843489844 re1: 0.7769230769230768

NB:  
accuracy: 0.5820512820512821  
kappa: 0.04510630112321405  
F(weighted): 0.5769881712330657  
pr0: 0.37171550671550674 re0: 0.3384615384615385  
pr1: 0.6792527895826004 re1: 0.7038461538461538

LR:  
accuracy: 0.6128205128205128  
kappa: 0.1738912943231899  
F(weighted): 0.6185102227450154  
pr0: 0.43920987423309404 re0: 0.523076923076923  
pr1: 0.733251050077137 re1: 0.6576923076923077

10 x 3  
SVM:  
accuracy: 0.582051282051282  
kappa: 0.030608338046577803  
F(weighted): 0.5708270404000613  
pr0: 0.3728807303807304 re0: 0.3076923076923077  
pr1: 0.6740548955079667 re1: 0.7192307692307692

ANN:  
accuracy: 0.541025641025641  
kappa: 0.00909613566259814  
F(weighted): 0.5468176903572897  
pr0: 0.33570503842562666 re0: 0.4  
pr1: 0.6727299819851307 re1: 0.6115384615384615

KNN:  
accuracy: 0.582051282051282  
kappa: 0.057751328679986114  
F(weighted): 0.5790463045081246  
pr0: 0.37198277212983094 re0: 0.3692307692307692  
pr1: 0.6858140645042758 re1: 0.6884615384615385

DT:  
accuracy: 0.6051282051282051  
kappa: 0.0701931378201425  
F(weighted): 0.5889401435918922  
pr0: 0.3941666666666667 re0: 0.31538461538461543  
pr1: 0.686029183820788 re1: 0.7500000000000001

NB:  
accuracy: 0.5538461538461539  
kappa: -0.0035280031777156634  
F(weighted): 0.5520457700677056  
pr0: 0.33874222999222997 re0: 0.3230769230769231  
pr1: 0.6609980418825996 re1: 0.6692307692307692

LR:  
accuracy: 0.5461538461538462  
kappa: 0.011232205562604722  
F(weighted): 0.5505487449141561  
pr0: 0.34618836787567436 re0: 0.3769230769230769  
pr1: 0.6660958115958115 re1: 0.6307692307692309

REZULTATI PRORAČUNA ZA SKUP PODATAKA: KAPITALNI  
INFRASTRUKTURNI PROJEKTI (44 projekata)  
– Y1, Y2 – rani model za predviđanje  
(za Y3 podaci su prethodno prikazani)

Y1

NO SELECTION

SVM:  
accuracy: 0.4486486486486487  
kappa: -0.20044027624116495  
F(weighted): 0.424460724148354  
pr0: 0.23553807303807303 re0: 0.17333333333333333  
pr1: 0.5308366735435701 re1: 0.6363636363636365

ANN:  
accuracy: 0.4486486486486487  
kappa: -0.10180416579973173  
F(weighted): 0.4528943746126409  
pr0: 0.35408865300506165 re0: 0.44000000000000006  
pr1: 0.5438450292397661 re1: 0.4545454545454545

KNN:  
accuracy: 0.47027027027027024  
kappa: -0.13480898324703522  
F(weighted): 0.45724225966562243  
pr0: 0.3081168831168831 re0: 0.24666666666666667  
pr1: 0.5477636566332219 re1: 0.6227272727272728

DT:  
accuracy: 0.5540540540540542  
kappa: 0.10357549550844683  
F(weighted): 0.5562520580828881  
pr0: 0.45673753233350756 re0: 0.5533333333333333  
pr1: 0.6485903377369254 re1: 0.5545454545454545

NB:  
accuracy: 0.5135135135135134

kappa: 0.031976744186046506  
F(weighted): 0.5178060413354529  
pr0: 0.42105263157894735 re0: 0.5333333333333333  
pr1: 0.6111111111111111 re1: 0.5

LR:  
accuracy: 0.27027027027027023  
kappa: -0.49775112443778113  
F(weighted): 0.27355487520528776  
pr0: 0.125 re0: 0.13333333333333333  
pr1: 0.38095238095238093 re1: 0.3636363636363637

Y1

CFS

SVM:  
accuracy: 0.6324324324324326  
kappa: 0.27888783504927867  
F(weighted): 0.6344770750419018  
pr0: 0.5346248196248196 re0: 0.7266666666666667  
pr1: 0.7536842105263157 re1: 0.5681818181818181

ANN:  
accuracy: 0.6783783783783783  
kappa: 0.3712185193294425  
F(weighted): 0.6794874255857416  
pr0: 0.5763444018478343 re0: 0.7933333333333333  
pr1: 0.810952503808541 re1: 0.6

KNN:  
accuracy: 0.5945945945945946  
kappa: 0.2174707196044984  
F(weighted): 0.5943338074917024  
pr0: 0.5006211180124224 re0: 0.7333333333333333  
pr1: 0.7326190476190477 re1: 0.5

DT:  
accuracy: 0.42162162162162165  
kappa: -0.2076778255208162  
F(weighted): 0.4180935252067329  
pr0: 0.2749679487179487 re0: 0.2666666666666667  
pr1: 0.5131315789473685 re1: 0.5272727272727273

NB:  
accuracy: 0.6486486486486488  
kappa: 0.3079136690647482  
F(weighted): 0.6512226512226514  
pr0: 0.5499999999999999 re0: 0.7333333333333333  
pr1: 0.7647058823529411 re1: 0.5909090909090909

LR:  
accuracy: 0.6756756756756755  
kappa: 0.35465116279069775  
F(weighted): 0.678537360890302  
pr0: 0.5789473684210528 re0: 0.7333333333333333  
pr1: 0.7777777777777778 re1: 0.6363636363636365

Y1

IG

SVM:  
accuracy: 0.42162162162162165  
kappa: -0.20130196165787345  
F(weighted): 0.419881904068464  
pr0: 0.2794817029375853 re0: 0.28666666666666674  
pr1: 0.5159278631361012 re1: 0.5136363636363637

ANN:  
accuracy: 0.508108108108108  
kappa: 0.007992517176079506  
F(weighted): 0.5114604191111025  
pr0: 0.40681931544547645 re0: 0.4866666666666667  
pr1: 0.6016598090591898 re1: 0.5227272727272727

KNN:  
accuracy: 0.4729729729729731  
kappa: -0.030951082932368913  
F(weighted): 0.4751898140443032  
pr0: 0.3910397535340327 re0: 0.5399999999999999  
pr1: 0.5768078898225957 re1: 0.4272727272727275

DT:  
accuracy: 0.45945945945945954  
kappa: -0.11004028469255274  
F(weighted): 0.46136466855641267  
pr0: 0.34140406162464987 re0: 0.366666666666666664  
pr1: 0.5485836627140974 re1: 0.5227272727272727

NB:  
accuracy: 0.5135135135135134  
kappa: 0.011869436201780452  
F(weighted): 0.5171332046332048  
pr0: 0.4117647058823529 re0: 0.4666666666666667  
pr1: 0.5999999999999999 re1: 0.5454545454545453

LR:  
accuracy: 0.43243243243243246  
kappa: -0.18989280245022958  
F(weighted): 0.4289530910220566  
pr0: 0.28571428571428564 re0: 0.266666666666666666  
pr1: 0.5217391304347825 re1: 0.5454545454545453

Y2

NO SELECTION

SVM:  
accuracy: 0.4891891891891892  
kappa: -0.09391940492371784  
F(weighted): 0.47625085486853697  
pr0: 0.33388888888888885 re0: 0.27333333333333333  
pr1: 0.5631337181337182 re1: 0.6363636363636365

ANN:  
accuracy: 0.6000000000000001  
kappa: 0.179013339200445  
F(weighted): 0.6014276233239906  
pr0: 0.5065767973856209 re0: 0.54  
pr1: 0.6716220392879433 re1: 0.6409090909090909

KNN:  
accuracy: 0.5459459459459459  
kappa: 0.08534143491342706  
F(weighted): 0.5495808242604341  
pr0: 0.44954635362917106 re0: 0.5333333333333333  
pr1: 0.6355597326649958 re1: 0.5545454545454545

DT:  
accuracy: 0.48378378378378384  
kappa: -0.024456111406412746  
F(weighted): 0.4872104123873954  
pr0: 0.3926948051948052 re0: 0.5066666666666666  
pr1: 0.58296888053467 re1: 0.46818181818181825

NB:  
accuracy: 0.6756756756756755  
kappa: 0.32727272727272716  
F(weighted): 0.6756756756756757  
pr0: 0.5999999999999999 re0: 0.5999999999999999  
pr1: 0.7272727272727274 re1: 0.7272727272727274

LR:  
accuracy: 0.5675675675675675  
kappa: 0.08359133126934974  
F(weighted): 0.561524257176431  
pr0: 0.46153846153846156 re0: 0.39999999999999997  
pr1: 0.625 re1: 0.6818181818181818

Y2

CFS

SVM:  
accuracy: 0.6945945945945946  
kappa: 0.387390170313465  
F(weighted): 0.696962076251906  
pr0: 0.6049969900240798 re0: 0.7266666666666667  
pr1: 0.78234384982063 re1: 0.6727272727272727

ANN:  
accuracy: 0.6729729729729729  
kappa: 0.35082331968528074  
F(weighted): 0.675278741720533  
pr0: 0.5747754803675857 re0: 0.74  
pr1: 0.7821225858764558 re1: 0.6272727272727273

KNN:  
accuracy: 0.7459459459459461  
kappa: 0.49047595089402296  
F(weighted): 0.7481247573338679  
pr0: 0.6545923632610939 re0: 0.7933333333333333  
pr1: 0.8351754385964911 re1: 0.7136363636363636

DT:  
accuracy: 0.5162162162162162  
kappa: 0.03650430111806468  
F(weighted): 0.5204121917608286  
pr0: 0.42362573099415196 re0: 0.5333333333333333  
pr1: 0.6129170966632266 re1: 0.5045454545454545

NB:  
accuracy: 0.7297297297297297  
kappa: 0.43939393939393934  
F(weighted): 0.7297297297297298  
pr0: 0.6666666666666667 re0: 0.6666666666666667  
pr1: 0.7727272727272726 re1: 0.7727272727272726

LR:  
accuracy: 0.7567567567567569  
kappa: 0.5007496251874065  
F(weighted): 0.7578516250684294  
pr0: 0.6875 re0: 0.7333333333333333  
pr1: 0.8095238095238095 re1: 0.7727272727272726

Y2

IG

SVM:  
accuracy: 0.5405405405405406  
kappa: 0.05842383737569721  
F(weighted): 0.5422747747535588

pr0: 0.4368187011646764 re0: 0.4733333333333333  
pr1: 0.6214539808018069 re1: 0.5863636363636363

ANN:

accuracy: 0.6486486486486486  
kappa: 0.28650197493942897  
F(weighted): 0.6510235217594603  
pr0: 0.5597549019607843 re0: 0.6333333333333333  
pr1: 0.7250580997949418 re1: 0.6590909090909092

KNN:

accuracy: 0.681081081081081  
kappa: 0.35242754248700836  
F(weighted): 0.6833877785247108  
pr0: 0.5949754901960784 re0: 0.6733333333333333  
pr1: 0.7547744360902257 re1: 0.6863636363636363

DT:

accuracy: 0.454054054054054  
kappa: -0.08669563693465893  
F(weighted): 0.45839044037573445  
pr0: 0.3620743034055727 re0: 0.4600000000000001  
pr1: 0.5507516339869281 re1: 0.4499999999999999

NB:

accuracy: 0.7027027027027027  
kappa: 0.37672281776416555  
F(weighted): 0.7008801905353631  
pr0: 0.642857142857143 re0: 0.5999999999999999  
pr1: 0.7391304347826085 re1: 0.7727272727272726

LR:

accuracy: 0.7027027027027027  
kappa: 0.37672281776416555  
F(weighted): 0.7008801905353631  
pr0: 0.642857142857143 re0: 0.5999999999999999  
pr1: 0.7391304347826085 re1: 0.7727272727272727

## Biografija kandidata

Miljan Mikić je rođen 1982. godine u Čupriji. Gimnaziju je, kao vukovac, završio u Čupriji, 2000. god. Iste godine se upisao na Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu. Diplomirao je na Odseku za planiranje i građenje naselja 2007. god., s prosečnom ocenom 8,24. Njegov diplomski rad, iz oblasti Upravljanja projektima, izabran je za najbolji diplomski rad Katedre za menadžment, tehnologiju i informatiku u građevinarstvu za 2007. god.

Doktorske studije, na istom fakultetu, upisao je 2007. god. Sve predviđene ispite položio je, zaključno sa oktobrom 2012. god., sa prosečnom ocenom 9,88.

Nakon diplomiranja, kao inženjer planer, bio je angažovan na projektu izgradnje kompleksa „Hidrokreking”, u gradu Kiriši u Rusiji.

Za asistenta studenta doktorskih studija na Katedri za menadžment, tehnologiju i informatiku u građevinarstvu izabran je 2008. godine. Učestvovao je u izvođenju nastave na predmetima: Menadžment i tehnologija građenja, Upravljanje projektima u građevinarstvu, Građevinska ekonomija, Merenje i vrednovanje radova, Upravljanje rizicima i vrednosno inženjerstvo.

Objavio je 2 rada u naučnim časopisima (jedan u časopisu na SCI listi) i 13 radova na međunarodnim i domaćim konferencijama. Koautor je jedne monografije. Učestvuje u radu jednog domaćeg i dva međunarodna naučna projekta.

Učestvovao je u izradi više projekata organizacije i tehnologije građenja, kao i u planiranju i kontroli realizacije većeg broja investicionih projekata u zemlji. Od 2008. godine učestvuje u razvoju programskog paketa za kalkulacije u građevinarstvu „Faraon”.

Od 2011. godine učestvuje u održavanju nastave na obukama iz oblasti upravljanja infrastrukturnim projektima „Nacionalne agencije za regionalni razvoj” Republike Srbije, kao i kompanije „EU Bild”.

Posедуje napredno znanje engleskog i osnovno znanje francuskog, nemačkog i ruskog jezika.

Oženjen je i ima jedno dete.

Прилог 1.

## Изјава о ауторству

Потписани-а Милан Микић  
број индекса 924/07

### Изјављујем

да је докторска дисертација под насловом

УПРАВЉАЊЕ РИЗИЦИМА ПРИ ИЗГРАДЊИ КАПИТАЛНИХ  
ИНФРАСТРУКТУРНИХ ОБЈЕКТА У ЦИЉУ ПОВОЉАЊА ЊИХОВЕ  
ОДРЖИВОСТИ

- резултат сопственог истраживачког рада,
- да предложена дисертација у целини ни у деловима није била предложена за добијање било које дипломе према студијским програмима других високошколских установа,
- да су резултати коректно наведени и
- да нисам кршио/ла ауторска права и користио интелектуалну својину других лица.

Потпис докторанда

У Београду, 12.02.2015.

Милан Микић

Прилог 2.

## Изјава о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада

Име и презиме аутора МИЉАН МИКИЋ

Број индекса 924/07

Студијски програм ГРАЂЕВИНАРСТВО

Наслов рада УПРАВЉАЊЕ РИЗИЦИМА ПРИ ИЗГРАДЊИ ИНФРАСТРУКТУРНИХ  
ОБЈЕКТА У ЦИЉУ ПОБОЉШАЊА ЊИХОВЕ ОДРЖИВОСТИ

Ментор В. проф. др Зорана Наумовић

Потписани/а 

Изјављујем да је штампана верзија мог докторског рада истоветна електронској верзији коју сам предао/ла за објављивање на порталу **Дигиталног репозиторијума Универзитета у Београду**.

Дозвољавам да се објаве моји лични подаци везани за добијање академског звања доктора наука, као што су име и презиме, година и место рођења и датум одбране рада.

Ови лични подаци могу се објавити на мрежним страницама дигиталне библиотеке, у електронском каталогу и у публикацијама Универзитета у Београду.

Потпис докторанда

У Београду, 12.02.2015.





Прилог 3.

## Изјава о коришћењу

Овлашћујем Универзитетску библиотеку „Светозар Марковић“ да у Дигитални репозиторијум Универзитета у Београду унесе моју докторску дисертацију под насловом:

УПРАВЉАЊЕ РИЗИЦИМА ПРИ ИЗГРАДЊИ КАПИТАЛНИХ ИНФРАСТРУКТУРНИХ ОБЈЕКТА У ЦИЉУ ПОБОЉШАЊА ЊИХОВЕ ОДРЖИВОСТИ

која је моје ауторско дело.

Дисертацију са свим прилозима предао/ла сам у електронском формату погодном за трајно архивирање.

Моју докторску дисертацију похрањену у Дигитални репозиторијум Универзитета у Београду могу да користе сви који поштују одредбе садржане у одабраном типу лиценце Креативне заједнице (Creative Commons) за коју сам се одлучио/ла.

1. Ауторство
2. Ауторство - некомерцијално
3. Ауторство – некомерцијално – без прераде
4. Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима
5. Ауторство – без прераде
6. Ауторство – делити под истим условима

(Молимо да заокружите само једну од шест понуђених лиценци, кратак опис лиценци дат је на полеђини листа).

Потпис докторанда

У Београду, 12.02.2015.

