

ВИШЕКРИТЕРИЈУМСКО ВРЕДНОВАЊЕ НОВЕ ПРУГЕ ПЉЕВЉА-БИЈЕЛО ПОЉЕ-КОСОВО

Милош Кнежевић¹
 Живојин Прашчевић²
 Снежана Рутешић³
 Влатко Радовић⁴
 Младен Гогич⁵

УДК: 625.111

DOI: 10.14415/konferencijaGFS2014.138

Резиме: Нова жељезничка пруга Пљевља-Бијело Поље-Косово, предвиђена Просторним планом Црне Горе до 2020. године, може допринијети убрзаном развоју Сјеверног региона Црне Горе. У том смислу урађено је Идејно рјешење нове пруге, које је разрађено у 7 варијанти за дионицу 1 Пљевља-Бијело Поље, а у 5 варијанти за дионицу 2 Бијело Поље-Косово. Након спроведеног поступка вишекритеријумског вредновања варијантних рјешења, изабране су варијанте за обје дионице и дате смјернице за њихову даљу разраду, како би се утврдила оправданост ове инвестиције.

Кључне ријечи: Жељезничка пруга, варијантна рјешења, вишекритеријумско вредновање

1. UVOD

1.1. POSTOJEĆA ŽELJEZNIČKA MREŽA U CRNOJ GORI

Postojeću željezničku mrežu u Crnoj Gori čine jednokolosječne pruge normalne širine. Glavne dionice ove mreže su:

- Vrbnica-Bar, dio pruge Beograd – Bar koji prolazi kroz Crnu Goru,
- Podgorica – Tuzi – državna granica (dio pruge Podgorica-Skadar),
- Podgorica – Nikšić.

Ukupna dužina pruga iznosi 249,3km, a zajedno sa staničnim kolosjecima dužina je 335,46km. Puga Vrbnica-Bar u cijelosti je elektrificirana monofaznim sistemom 25 kV

¹ Prof.dr Miloš Knežević, dipl.inž.građ. Univerzitet Crne Gore, Građevinski fakultet Podgorica, Džordža Vašingtona bb, Podgorica, Crna Gora, e-mail: knezevicmilos@yahoo.com

² Prof.dr Živojin Praščević, dipl.inž.građ. Univerzitet u Beogradu, Građevinski fakultet Beograd, Bulevar kralja Aleksandra 73, Beograd, Srbija, e-mail: zika@grf.bg.ac.rs

³ Doc.dr Snežana Rutešić, dipl.inž.građ. Univerzitet Crne Gore, Građevinski fakultet Podgorica, Džordža Vašingtona bb, Podgorica, Crna Gora, e-mail: snezana.r@ac.me

⁴ Mr Vlatko Radović, dipl.inž.građ. Univerzitet Crne Gore, Građevinski fakultet Podgorica, Džordža Vašingtona bb, Podgorica, Crna Gora, tel: +382 67 500 301, e-mail: vlatko.r@ac.me

⁵ Mr Mladen Gogić, dipl.inž.građ. Univerzitet Crne Gore, Građevinski fakultet Podgorica, Džordža Vašingtona bb, Podgorica, Crna Gora, tel: +382 67 832 192, e-mail: mldjogovic@yahoo.com

50Hz, kao i pruga Nikšić – Podgorica. Pruga Podgorica – Tuzi – državna granica nije elektrificirana. Sve pruge su kategorisane kao pruge D4 (najveće dopušteno opterećenje 22,5 t/osovini ili 8 t/m'). Projektovane brzine, uslovljene minimalnim radiusom krivine i maksimalnim nagibom nivelete, kreću se od 50-80 km/h na pruzi Vrbnica - Bar, 70 km/h na pruzi Podgorica-Skadar i 60 km/h na pruzi Nikšić-Podgorica [1].

Trase pruga na željezničkoj mreži obiluju velikim brojem vještačkih objekata (120 mostova, 121 tunel, 441 propust). Željeznička mreža obuhvata veliki broj staničnih i poslovnih objekata. Industrijskim kolosjecima u Baru, Podgorici, Spužu, Danilovgradu, Kruševu i Bijelom Polju, povezani su na željezničku mrežu značajni privredni subjekti.



Slika 1.1. Pregledna karta – Saobraćajna infrastruktura – postojeće stanje

1.2. OPŠTI PODACI O PROJEKTU

Prostorni plan Crne Gore, koji je usvojen 2008. godine, definiše opšte ciljeve prostornog i društvenog razvoja države za period do 2020. godine. U dijelu specifičnih principa i ciljeva Prostornog plana po sektorima, u prostornom konceptu saobraćajne infrastrukture, posebno željezničke mreže, kao jedan od ciljeva predlažu se koridori sekundarne mreže:

- Pljevlja – Bijelo Polje i
- Bijelo Polje – Berane – Kosovo (Peć).

U pomenutom dokumentu posebno su razmatrane mogućnosti razvoja Sjevernog regiona Crne Gore. Pljevlja su prepoznata kao grad koji treba da postane rudarski i industrijski

centar regiona, pa je izgradnja pruga prema Bijelom Polju i Žabljaku, odnosno Nikšiću od posebne važnosti u njegovom daljem razvoju. Strateški gledano, ovim prugama bi se obezbijedili i uslovi za unapređenje saobraćajnih veza sa zemljama regiona.

Projektom zadatkom za idejno rješenje je predviđeno da “predmetna pruga treba da se rangira kao magistralna za međunarodni mješoviti saobraćaj i da ispuni uslove u skladu sa međunarodnim dogovorima”. Usvojeno idejno rješenje trase novopredviđene pruge treba da predstavlja optimalno rješenje dobijeno u nizu iterativnih koraka, što podrazumijeva da je neophodno primjeniti multidisciplinarni pristup u ocjeni i usvajanju varijante trase. Projektni zadatak zahtijeva da se izradi najmanje pet idejnih rješenja trase kao osnova za multikriterijumsko vrednovanje i izbor koridora nove pruge. U idejnom rješenju treba razmotriti potrebu uvođenja intermodalnog transporta [2].



Slika 1.2. Pregledna karta trase razmatrane dionice (Projektni zadatak– ŽICG AD- Podgorica)

2. ZADATAK I CILJ VREDNOVANJA

Zadatak vrednovanja varijantnih rješenja i izbora varijante trase nove željezničke pruge Pljevlja – Bijelo Polje (Ravna rijeka) – Berane – Granica sa Kosovom (u daljem tekstu Analiza) je da se na osnovu raspoložive planske, tehničke i druge dokumentacije i odgovarajućih ekspertskih ocjena, kao i ranije izvršenih ocjena i analiza, izvrši

sveobuhvatna uporedna analiza varijanti pruge za kompletnu trasu Pljevlja – granica sa Kosovom, po sljedećim osnovnim parametrima:

- troškovima izgradnje,
- eksploatacionim troškovima (prostorno-tehničkim karakteristikama),
- stabilnosti trase,
- dobiti za korisnike pruge,
- prostornim posljedicama i
- ekološkim posljedicama.

Cilj ove Analize i Idejnog rješenja (Generalnog projekta) je da se utvrdi generalna koncepcija i optimalni koridor sa ocjenom tehničko-ekonomske i ekološke podobnosti. Idejno rješenje obezbjeđuje pouzdanu tehničku dokumentaciju kao tehničko-tehnološku osnovu za procjenu investicionih ulaganja i utvrđuje ekonomske parametre i pokazatelje za izradu Prethodne studije opravdanosti. Takođe, rezultati Idejnog rješenja definišu programske uslove za izradu Idejnog projekta pruge unutar usvojenog optimalnog koridora.

3. VARIJANTNA RJEŠENJA NOVE PRUGE

Koridori novopredviđene pruge Pljevlja-granica sa Kosovom određeni su glavnim koridorskim tačkama, saglasno principima i ciljevima iz Prostornog plana Crne Gore za period do 2020. godine, i razrađeni su u dvije dionice:

- Dionica V1: Pljevlja - Bijelo Polje/Ravna Rijeka i
- Dionica V2: Bijelo Polje/Ravna Rijeka – Berane - granica sa Kosovom

Prva dionica je razrađena u sedam varijanti (dužine od 56,4km do 68,0km), a druga dionica u pet varijanti (dužine od 51,5km do 63,7km). Čvorne stanice dionica su postojeće stanice Bijelo Polje i Ravna Rijeka na pruzi Beograd-Bar.

Sve varijante pruge projektovane su sa sljedećim osnovnim projektnim karakteristikama: jednokolosječna pruga za brzinu $V \geq 100$ km/sat, minimalni radijus horizontalnih krivina $R=500$ m, minimalni radijus vertikalnih krivina $R_v=V^2=10000$ m, ($\min R_v=V^2/2=5000$ m) I maksimalni nagib nivelete $i=25\%$ na otvorenoj pruzi i u stanicama $i=1,5\%$.

Zbog prilično teškog terena za usklađivanje trase sa reljefnim formacijama, sve varijante trase karakterišu se prilično velikim brojem tunela i mostova.

Dionica 1 započinje iz Pljevalja sa platoa novoprojektovane željezničke stanice, a završava se stanicom Bijelo Polje, odnosno Ravna Rijeka u zavisnosti od varijante. Za lokaciju stanice Pljevlja razmatrano je više lokacija imajući u vidu da se radi o vrlo bitnom infrastrukturnom objektu. Kako planskim dokumentima Opštine Pljevlja nije definisan položaj stanice ravnopravno se razmatrao svaki položaj stanice.

Dionica 2 je dio buduće željezničke pruge koja treba da poveže željezničku mrežu Crne Gore sa željezničkom mrežom Kosova. Na ovoj drugoj dionici razmatrane su dvije moguće stanice na postojećoj pruzi Beograd-Bar na teritoriji Crne Gore (Bijelo Polje ili Ravna Rijeka) sa kojih bi se produžila Dionica 2 ka kosovskoj granici.

Za željezničku stanicu u Beranama su takođe razmatrane dvije lokacije. Prva lokacija je locirana na periferiji grada i tangira industrijsku zonu, čime pruža mogućnost

povezivanja ove zone sa željeznicom. Stanični plato je lociran odmah poslije izlaska trase iz Tivranske klisure na stacionaži 33+650 i na koti 697m. Druga lokacija je na suprotnoj strani grada u podnožju brda Kalenica na stacionaži 29+650 i na koti 740m.

4. POSTUPAK VREDNOVANJA

Vrednovanje varijanti koje su razmatrane u ovoj Analizi za obje dionice zasniva se na sljedećim kriterijumima: minimum troškova izgradnje, minimum eksploatacionih troškova, maksimalna stabilnost trase, maksimalna dobit za korisnike pruge, minimum negativnih prostornih posljedica i minimum ekoloških posljedica [3].

Na osnovu projektnog zadatka, za određivanje relativnih težina pojedinih kriterijuma, korišćena je uprošćena DELFI metoda, koja se zasniva na prikupljanju, analiziranju i usaglašavanju odgovora velikog broja stručnjaka za određena pitanja iz oblasti koja se istražuje. DELFI metoda je sprovedena u jednom krugu, sa većim brojem eksperata. Osjetljivost područja uticala je da se obrađivač opredijeli za uzorak od 30 učesnika. Cilj ovakvog opredjeljenja je bio da se eventualna „neobjektivnost“ kompenzira veličinom uzorka. S obzirom da se radi o ekspertskoj ocjeni jednog multidisciplinarnog projekta, anketirani učesnici (eksperti) su izabrani tako da svojim znanjem i iskustvom koje su stekli na sličnim problemima, u najvećoj mjeri mogu odgovoriti zahtjevima analize.

Najveći broj anketiranih učesnika (93.3%) su građevinski inženjeri konstruktivne i saobraćajne struke (ukupno 28), jer se prije svega radi o građevinskom poduhvatu. Ukupan staž svih građevinskih inženjera učesnika ankete iznosi 684 godine. S obzirom da se radi o projektu nove željezničke pruge, u anketi su učestvovali i jedan saobraćajni inženjer i jedan elektro inženjer sa ukupnim stažom od 60 godina na željezničkoj infrastrukturi. Ukupni staž svih učesnika ankete je 744 godine ili 24,8 godina radnog staža prosječno po učesniku ankete. U narednoj tabeli je dat pregled relativnih težina kriterijuma dobijenih ovom metodom.

Tabela 1. Relativne težine kriterijuma dobijene DELFI metodom

Minimum troškova izgradnje	Minimum eksploatacionih troškova	Maksimalna stabilnost trase	Maksimalna dobit za korisnike pruge	Minimum negativnih prostornih posljedica	Minimum ekoloških posljedica
0.23	0.21	0.19	0.17	0.11	0.10

Višekriterijumsko vrednovanje varijanti po navedenim kriterijumima izvršeno je po SAW metodi, metodi VIKOR, Monte Carlo TOPSIS metodi, TOPSIS metodi sa trouglastim fuzzy brojevima i AHP metodi.

5. REZULTATI VREDNOVANJA

Zbog kompleksnosti postupka proračuna (preko 30 pokazatelja svedenih na 13 kriterijuma, koji su dali ocjene za 6 ciljeva definisanih ovom analizom), pregled rezultata

se nije mogao dati tabelarno, već su u nastavku dati samo konačni rezultati vrednovanja po različitim metodama i izabrane varijante

5.1. RANGIRANJE PREMA SAW METODI

Metoda SAW kao najbolje varijante dionice 1 daje varijantu V1.7 Pljevlja – Bijelo Polje i dionice 2 varijante V2.3 i V2.5. Ravna Rijeka – Kosovo.

5.2. RANGIRANJE PREMA VIKOR METODI

Na osnovu vrednovanja metodom VIKOR [3] vidi se da za dionicu 1, varijanta V1.7 u bilo kom scenariju ima konstantnu prednost nad ostalim varijantama.

Za dionicu 2 izdvajaju se tri rješenja – V2.2, V2.3 i V2.5.

5.3. RANGIRANJE PREMA TOPSIS METODI

Varijanta V1.7 ima najmanju relativnu distancu od idealnog pozitivnog rješenja, pa se ona, prema TOPSIS metodi, može smatrati najprihvatljivijom za dionicu 1.

Varijanta V2.2 ima najmanju relativnu distancu od idealnog pozitivnog rješenja, pa bi se ona, prema TOPSIS metodi, mogla smatrati najprihvatljivijom za dionicu 2. Međutim, razlike u relativnim distancama od idealnih rješenja između varijante V2.2 i V2.3 su veoma male.

5.4. TOPSIS METODA SA MONTE CARLO SIMULACIJAMA

Varijanta V1.7 prema svim ovim pravilima rangiranja ima značajnu prednost u odnosu na ostale varijante dionice 1 [4].

Varijanta V2.2 prema pravilima rangiranja je najbolje rangirana za dionicu 2. Međutim, razlika između pokazatelja za rangiranje varijante V2.2 i varijante V2.3 su veoma male.

5.5. MODIFIKOVANA FUZZY TOPSIS METODA

Varijanta V1.7 prema svim pravilima rangiranja je najbolje rangirana i ima značajnu prednost u odnosu na ostale varijante dionice 1 [5,6,7,8,9].

Za dionicu 2, prema dva pravila varijanta V2.2 je najbolje rangirana, a prema dva pravila varijanta V2.3. Razlike u pokazateljima za ove dvije varijante su neznatne.

5.6. MODIFIKOVANA FUZZY AHP METODA

Za dionicu 1 varijanta V1.7 je najbolje rangirana varijanta po globalnom prioritetu varijanti računatim po dva postupka – očekivanoj vrijednosti i extent analizi [10].

Za dionicu 2 varijanta V2.3 je najbolje rangirana varijanta po globalnom prioritetu varijanti računatim po dva postupka – očekivanoj vrijednosti i extent analizi. Međutim razlika ovih pokazatelja između ove varijante i varijante V2.2 je veoma mala.

6. ZAKLJUČAK

Za dionicu 1 varijanta V1.7 Pljevlja – Bijelo Polje ima prednost u odnosu na sve ostale varijante i po metodi SAW i po metodi VIKOR, MONTE CARLO TOPSIS metodi, TOPSIS metodi sa trouglastim fuzzy brojevima i AHP metodi.

Za dionicu 2 metode predlažu skup rješenja, varijantu V 2.2, varijantu V 2.3 i varijantu V 2.5 sa različitim rangiranjem u zavisnosti od scenarija. Varijanta V 2.5, iako se javlja kao jedno od mogućih rješenja, ne prolazi pored aerodroma Berane i buduće trase autoputa, što pruža idealne mogućnosti za izgradnju intermodalnog terminala povezivanjem tri transportna sistema (vazdušni, drumski i željeznički), tako da je predlog da se isključi iz dalje analize. Predlaže se da se u narednoj fazi projektovanja pod istim uslovima tretiraju predložene varijante:

Za dionicu 1

- Varijanta V 1.7 Pljevlja – Bijelo Polje;

Za dionicu 2

- Varijanta V 2.2 Ravna Rijeka – Kosovo i
- Varijanta V 2.3 Ravna Rijeka – Kosovo.

LITERATURA

- [1] Izjava o mreži ŽICG za 2013. godinu
- [2] Idejno rješenje nove željezničke pruge Pljevlja-Bijelo Polje/Ravna Rijeka-Berane-Kosovo, 2013.
- [3] Opricović, S.: „Višekriterijumska optimizacija sistema u građevinarstvu“, Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd, 1998.
- [4] Prašević, Ž., Pavlović, S., Gogić, M., „Primjena Monte Carlo TOPSIS za rangiranje izvođača radova u tenderskim procedurama“, Proceed. of Intern. Conference „Civil Engineering – Science and Experience“, Zabljak, 2012.
- [5] Chen, S. J. Hwang C. L. Fuzzy Multiple Attribute Decisions Making : „Methods and Applications“, Springer-Verlag, Berlin, 1992.
- [6] Prašević, Ž., Prašević, N., „Application of Fuzzy TOPSIS method for multiple criteria choice objects for reconstruction and maintenance“, Proceed. of Seventh Intern. Conference „Assesment, Maintenance and Rehabilitation of Structures and Settlements“. Edited by R. Folic, Assoc. of Civil Engineers of Serbia, Zlatibor, 2011, 25-33.
- [7] Prašević, Ž., Prašević, N., „One modification of Fuzzy TOPSIS method“, Journal of Modelling in Management, Emerald, Vol. 8, 2013, 81-102.
- [8] Zadeh, L. A., „Fuzzy sets“, Information and Control, 1965,
- [9] Zadeh, L. A., „Probability measure of fuzzy events“, Journal of Mathematical Analysis and its Applications, Vol. 23, 421-428.
- [10] Prašević, Ž., Prašević, N., „Application of AHP method for multiple criteria choice objects for maintenance“, Proceed. of Eighth Intern. Conference "Assesment, Maintenance and Rehabilitation of Structures and Settlements". Edited by R. Folic, Assoc. of Civil Engineers of Serbia, Borsko jezero, 2013, 53-61.

MULTI-CRITERIA EVALUATION OF NEW RAILWAY LINE PLJEVLJA-BIJELO POLJE-KOSOVO

Summary: *New railway line Pljevlja-Bijelo Polje-Kosovo, planed in the Spatial Plan of Montenegro until 2020th, may contribute accelerated development of the Northern region of Montenegro. In the conceptual design of a new railway line is elaborated 7 variant solutins of section 1 Pljevlja-Bijelo Polje and 5 variant solutions of section 2 Bijelo Polje-Kosovo. After implementation of multi-criteria evaluation of alternative solutions, variants are selected for both sections and gives guidelines for their further development, in order to determine the reasonableness of the investment.*

Keywords: *Railway line, alternative solutions, multiple criteria choise*