

DOI: [10.46793/CIGRE37.C1.03](https://doi.org/10.46793/CIGRE37.C1.03)

C1.03

CENTRALNO-BALKANSKI KORIDOR - TRIPUT MERI, JEDNOM SECI**CENTRAL-BALKAN CORRIDOR - MEASURE THRICE, CUT ONCE****Vladan Ristić, Nebojša Vučinić, Andrija Pavićević, Jelena Đokić, Dragana Ristić***

Kratak sadržaj: Iako EMS a.d., kao operator prenosnog sistema Republike Srbije, neprekidno radi na održavanju postojeće i izgradnji nove infrastrukture za prenos električne energije, najveća ulaganja se ipak predviđaju za narednih deset do dvadeset godina. Najveći deo ovih ulaganja će biti direktno usmeren na gradnju novih 400 kV dalekovoda kojima će se povećati efikasnost prenosa energije, olakšati plasman iz obnovljivih izvora i poboljšati pouzdanost napajanja potrošača u ključnim regionima Srbije. Jedna od takvih investicija jeste i ona u gradnju Centralno-balkanskog koridora za prenos električne energije. Pod ovim pojmom se podrazumeva skup dalekovoda koji će se protezati preko čitavog centralnog dela Srbije, gde će prva faza istog direktno povezati Jagodinu i Požarevac, dok će se druga prostirati pravcem istok-zapad, od bugarske granice do lokacije Vardište. Uzimajući u obzir da je ova investicija ne ranga miliona evra, već reda veličine stotina miliona evra, veoma je važno da svaka pojedinačna sekcija predmetnog koridora zaista bude najbolja moguća sa aspekta svih zainteresovanih strana. Kako bi se ovo obezbedilo, tokom 2024. godine je pokrenuta izrada Prethodne studije izvodljivosti sa osnovnim ciljem da se odabere optimalna varijanta za gradnju novog interkonektivnog voda između Srbije i Bugarske, i to na osnovu odgovarajućeg seta tehničkih, ekonomskih i socijalnih kriterijuma. Kako se završetak ove studije očekuje tokom proleća 2025. godine, u ovom radu će biti prezentovana osnovna saznanja, kao i relevantna razmatranja izneta u njoj, zaključno sa prezentacijom varijantnog rešenja za ojačavanje veze između Srbije i Bugarske koje je, nakon finalizacije svih analiza, predloženo kao optimalno.

Ključne reči: *Prenosni sistem, Optimalni razvoj, Studije, Prekogranični kapaciteti, Međunarodni projekti, Kapitalne investicije*

Abstract: Even though JSC EMS, as the electrical energy transmission system operator of Serbia, continuously works on maintaining the existing and constructing new transmission infrastructure, the largest investments are still expected in the upcoming decade or two. The largest portion of these will be directed towards constructing new 400 kV overhead lines that will increase the transmission efficiency, improve renewable sources' integration and enhance the security of demand supply in the affected regions.

* Vladan Ristić, Akcionarsko društvo "Elektromreža Srbije", vladagenius.vr@gmail.com

Nebojša Vučinić, Elektromreža Srbije, nebojsa.vucinic@ems.rs

Andrija Pavićević, EMS AD, andrija.pavicevic@ems.rs

Jelena Đokić, EMS ad, jelena.djokic@ems.rs

Dragana Ristić, AL&SA, dragana.ristic@alisadoo.rs

One of those investments is the one dedicated to constructing Central-Balkan Corridor for energy transmission. This corridor includes series of lines that will cross entire central part of Serbia, with the first phase connecting Jagodina and Požarevac, whereas the second one will go from state border with Bulgaria to location Vardište, in the far East of Serbia. Considering that the cost of this will be in the range of hundreds of millions of euros, it is essential that each section of the corridor indeed represents the best possible option for all interested parties. To ensure this, the Prefeasibility Study has been initiated in 2024 with the goal of selecting the optimal variant for the construction of new tie-line between Bulgaria and Serbia. The assessment should be based on the predefined set of technical, economic and social criteria. The study is set to be completed in April of 2025, allowing this paper to present the most relevant conclusions of it, including the description of the chosen optimal solution for increasing the capacity on the border between Serbia and Bulgaria, in line with the identified needs.

Key words: *Transmission system, Optimal development, Studies, Interconnection capacities, International projects, Capital investments*

1 UVOD

U skladu sa pojačanom ekološkom svešću koja postaje sve zastupljenija od početka dvadeset i prvog veka naovamo, mnoge industrijske i privredne grane prolaze kroz značajne izmene, pri čemu je svim ovim izmenama zajedničko to što za cilj imaju što izraženije smanjenje uticaja na životnu sredinu i klimatske promene. Među granama koje su u najvećoj meri pogođene takvim tendencijama se svakako nalazi i elektroenergetika, gde je objašnjenje za ovo moguće pronaći u dve međusobno povezane okolnosti. Naime, prvi aspekt koji je neophodno uzeti u obzir jeste taj da su se u prošlosti elektroenergetski sistemi u primetnoj meri oslanjali na termogeneratorske kapacitete za proizvodnju potrebnih količina energije. Ovi kapaciteti su uglavnom bazirani na sagorevanju fosilnih goriva, što je dovelo do toga da budu označeni kao jedni od zagađivača za koje je potrebno naći ekološki prihvatljivu alternativu. Naravno, tu treba uzeti u obzir i to da su zalihe fosilnih goriva konačne, te da bi, čak i da su emisije štetnih gasova uzrokovane njihovim radom jednake nultim, bilo potrebno blagovremeno razmišljati o zamenskim kapacitetima. Uz to, druga okolnost na koju se skrenuta pažnja u prethodnom delu teksta je ta da su se varijabilni obnovljivi izvori energije (posebno vetroelektrane i solarne elektrane) doživele procvat kako sa tehničke, tako i sa ekonomske strane u prethodnim godinama, te da se veoma često diskutuje o tome da će sistemi budućnosti biti oslonjeni upravo na rad elektrana iz te dve kategorije [1-2].

Ono o čemu se, međutim, daleko manje govori jeste to da povlačenje termoelektrana iz pogona i prebacivanje njihove uloge na varijabilne obnovljive kapacitete može da dovede i do izraženih problema u radu elektroenergetskih sistema, pri čemu je tu posebno značajno obratiti pažnju na problematiku balansiranja i obezbeđivanja dovoljnih količina fleksibilnosti za rad sistema. Tu se mora istaći da je balansiranje sistema odgovornost operatora prenosnog sistema, u skladu sa čime se od strane tih operatora moraju predvideti odgovarajuće aktivnosti u svrhe garantovanja nesmetanog rada sistema u uslovima diktiranim energetsom tranzicijom. Jedan od resursa koje operatori mogu koristiti za povećanje fleksibilnosti sistema jeste pojačavanje veza ka susednim sistemima, to jest, izgradnja novih interkonektivnih vodova. Rastom prekograničnih kapaciteta se obezbeđuje to da se, u slučaju nedostatka energije u posmatranom sistemu, ta energija može uvesti iz nekog od susednih sistema. Sa druge strane se obezbeđuje i da, u slučajevima u kojima bi u predmetnom sistemu postojao višak energije, ta energija može da se izveze prema nekom od povezanih susednih sistema u kome bi se u predmetnom trenutku pojavila potreba za njom.

Problematika uvoza i izvoza značajnih količina električne energije je veoma bitna u slučajevima u kojima bi se ovakvi disbalansi dogodili naglo, pri čemu je povećana mogućnost da se to desi upravo jedan od nedostataka integracije velikih količina varijabilnih obnovljivih izvora u sistem [3-4]. Upravo se rad [4] zasniva na razvijanju metodologije koja se bavi analizama vremenskih serija relevantnih sistemskih i klimatskih parametara u satima koji prethode naglim promenama u snagama proizvodnji vetroelektrana u oblasti od interesa. Ova metodologija, koja predstavlja samo jedan od predloga načina na koji se posledice ovakvih događaja mogu ublažiti u velikoj meri, bazirana je na probabilističkoj analizi i na podešavanju osetljivosti variranjem broja sati u vremenskoj seriji koja se posmatra. Preciznost ove metodologije je u istom radu potvrđena na primeru realnih merenja brzina vetra i snaga rada vetroelektrana u Alberti, u Kanadi, i to između avgusta 2011. godine i jula 2012. godine. Ukoliko bi se, sa druge strane, kao adekvatan primer za razmatrani fenomen uzele solarne elektrane, postalo bi jasno da je neočekivana pojava oblaka dovoljna da u značajnoj meri umanju snagu njihove proizvodnje za veoma kratko vreme, što bi se, ukoliko sistem nije pripremljen za takve slučajeve, moglo odraziti pogubno po njegov rad.

Kako bi se spremnost prenosnog sistema Republike Srbije na ovakve uslove podigla na još viši nivo nego što je to sada slučaj, EMS a.d., kao operator prenosnog sistema, za nastupajući period predviđa intenzivna ulaganja u nove 400 kV pravce kojima će se značajno povećati kapaciteti na granicama prema čak šest susednih zemalja. Među koridorima koji su najavljeni se nalaze:

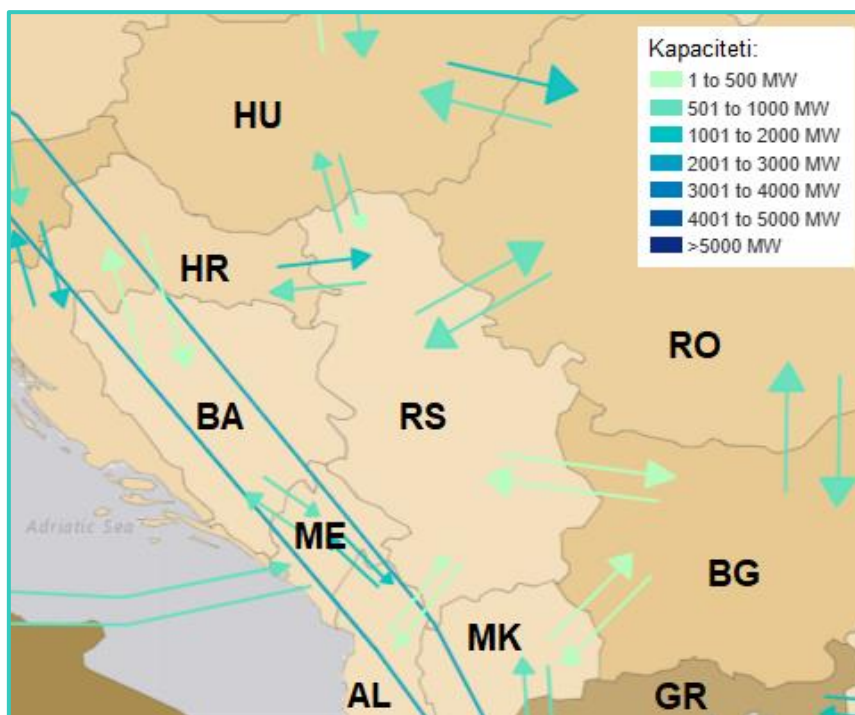
- Transbalkanski koridor za prenos električne energije, čijom će se izgradnjom povećati dostupni kapaciteti na granicama Srbije sa Crnom Gorom i sa Bosnom i Hercegovinom;
- Panonski koridor za prenos električne energije, čijom će se gradnjom povećati prenosni kapacitet na granici između Srbije i Mađarske;
- Severni CSE koridor za prenos električne energije, nakon čijeg će završetka biti uvećan prenosni kapacitet na granici između Srbije i Rumunije;
- Centralno-balkanski koridor za prenos električne energije, nakon čijeg će završetka biti povećan dostupan kapacitet na granici Srbije i Bugarske;
- Novi 400 kV dalekovod između TS Sombor 3 (Srbija) i TS Ernestinovo (Hrvatska).

Što se tiče ovog rada, on će se, od projekata iz navedene liste, fokusirati na Centralno-balkanski koridor za prenos električne energije. Kako bi obim ovog koridora bio adekvatno utvrđen, EMS a.d. je tokom aprila 2024. godine započeo izradu Prethodne studije izvodljivosti (uz finansijsku podršku investicionog okvira za Zapadni Balkan – *WBIF*) za ovaj projekat. Uzimajući u obzir to da predviđeno trajanje izrade ove studije bilo godinu dana, ovaj rad se smatra prvom prilikom da se rezultati i zaključci do kojih se u njoj došlo prezentuju stručnoj javnosti. Kako bi to moglo biti realizovano na odgovarajući način, rad je organizovan tako da će u drugom poglavlju biti predstavljen proces identifikacije sistemskih potreba koji se sprovodi na evropskom nivou, pri čemu će posebna pažnja biti pridana potrebama za povećanjem kapaciteta koje se primećene na granici Srbije i Bugarske. Nakon toga će se u trećem poglavlju predstaviti varijantna rešenja od kojih je u ovoj studiji bilo potrebno odabrati optimalno, da bi način na koji je vršeno poređenje različitih opcija bio do detalja razložen u okviru Poglavlja 4. Konačno su dobijeni rezultati, u koje spadaju finalne sume vrednosti odabranih indikatora za svako od varijantnih rešenja, kao i sama preporuka varijantnog rešenja shodno kom je poželjno nastaviti sa realizacijom projekta, prikazani u Poglavlju 5 ovog rada. Na samom kraju rada se nalazi zaključak u kome su ponovo istaknuti neki od najbitnijih ishoda studije, da bi se rad završio navođenjem narednih aktivnosti koje će EMS a.d. da preduzme u cilju blagovremene realizacije Centralno-balkanskog koridora.

2 PROCES IDENTIFIKACIJE SISTEMSKIH POTREBA

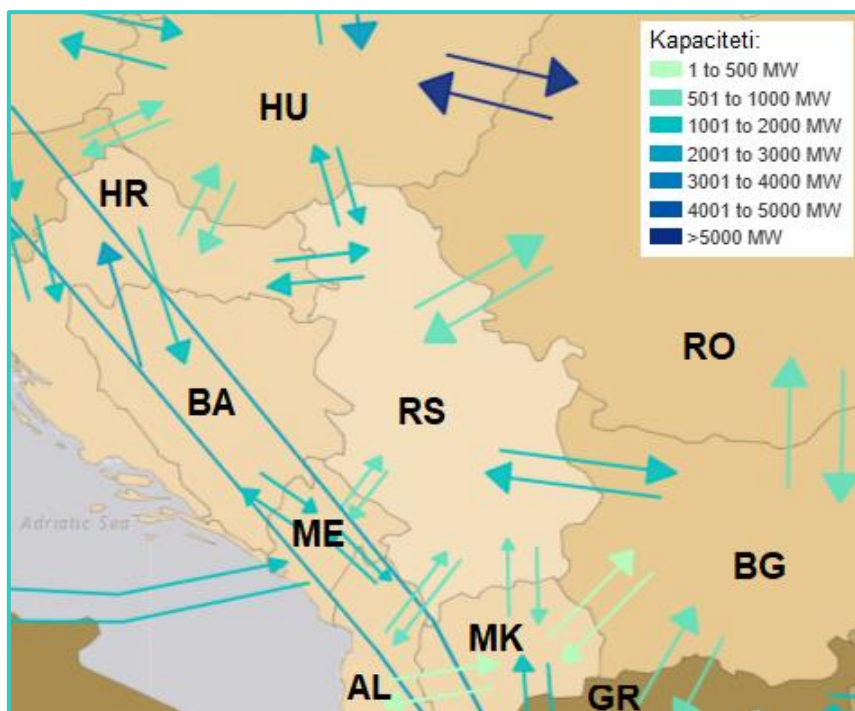
Kao što je i navedeno u uvodnom delu ovog rada, novi interkonektivni dalekovodi predstavljaju jedan od osnovnih resursa pomoću kojih operatori prenosnih sistema mogu obezbediti to da se rad njihovih sistema odvija neometano i u godinama koje dolaze. Međutim, kako bi se gradnja ovih vodova realizovala na optimalan način, potrebno je ispuniti jedan veoma bitan uslov, a to je to da aktivnosti operatora prenosnih sistema koji učestvuju u gradnji novog dalekovoda moraju biti harmonizovane. U suprotnom bi moglo doći do situacije u kojoj bi jedan od dva operatora završio svoje aktivnosti i podigao novi dalekovod na delu trase koji prolazi po teritoriji države iz koje taj operator dolazi, dok drugi operator ne bi ni otpočeo sa radovima. Ovo bi automatski značilo da bi prvi operator planirao svoj budžet i rasporedio raspoložive resurse tako da gradnju novog interkonektivnog voda završi što pre, a da pozitivne efekte koje bi očekivao ne bi mogao osetiti sve dok drugi operator ne kompletira svoje aktivnosti. To bi dalje značilo i da bi prvi od ova dva operatora potencijalno ugrozio i dinamiku realizacije nekih drugih projekata za koje bi mu trebali isti resursi, pošto bi ih podredio predmetnom interkonektivnom vodu, a da za tim ne bi bilo nikakve realne potrebe. Kako bi se ovakve nemile situacije izbegle, aktivnosti operatora sistema za prenos električne energije se usaglašavaju u Pan-evropskom desetogodišnjem planu razvoja prenosnih sistema (eng. *Ten-Year Network Development Plan – TYNDP*), izrađenom od strane evropske asocijacije ovakvih operatora (eng. *European Network of Transmission System Operators for Electricity – ENTSO-E*). Ovaj plan se, shodno regulatornom okviru u Evropskoj uniji, izrađuje jednom na svake dve godine, tako da je aktuelna verzija ovog plana finalizirana tokom 2024. godine. Iako ovaj plan i dalje čeka na odobrenje od strane nadležnih tela EU, ne očekuje se da će delovi koji će biti navedeni u nastavku ovog poglavlja biti menjani tokom tog procesa, tako da ih je moguće koristiti kao adekvatnu referencu i kao prikladan pokazni primer.

Jedan od najznačajnijih koraka u izradi ovog planskog paketa predstavlja proces identifikacije sistemskih potreba (eng. *Identification of System Needs – IoSN*) na granicama u okviru ENTSO-E asocijacije. Pod ovim procesom se podrazumeva definisanje granica na kojima bi u narednom periodu bilo ekonomski opravdano predvideti nove interkonektivne dalekovode. Ova procedura se radi za unapred određene vremenske horizonte, pri čemu se kao rezultati procesa dobijaju ne samo granice na kojima treba sagledavati nove investicije u prekogranične kapacitete za prenos električne energije, već i konkretne iznose snaga za koje bi ti kapaciteti trebalo da budu uvećani. Više o ovom procesu, ulaznim pretpostavkama koje su bile usvojene pre njegovog početka, kao i metodologiji na osnovu koje se vrši optimizacija grupacije investicija koje, kada se na nivou cele Evrope primene istovremeno, daju najbolje moguće rezultate sa ekonomske tačke gledišta može se naći u izveštaju koji je napravljen specijalno na tu temu i objavljen na internet stranici ENTSO-E asocijacije [5]. Ovaj izveštaj se, naravno, odnosi na proces koji je bio sproveden pri izradi Pan-evropskog plana razvoja 2024, ali treba napomenuti da ovakvi izveštaji postoje i za prethodna izdanja tog paketa. Što se tiče Pan-evropskog plana iz 2024. godine, za njega su kao relevantne godine korišćene u procesu definisanja sistemskih potreba za povećanjem kapaciteta usvojene 2030, 2040. i 2050. godina. Rezultati koji su dobijeni ovim proračunima prikazani su kako u numeričkoj formi, tako i u formi geografske mape na kojoj su strelicama odgovarajućih boja data potrebna povećanja prenosnih kapaciteta koja su ležala u nekom od definisanih opsega (primera radi, jedna boja strelica je korišćena za povećanja prekograničnih kapaciteta u opsegu između 1 i 500 MW, druga za opseg od 500 do 1000 MW, i tako dalje). Ovo je urađeno kako bi se rezultati prikazali na način koji bi bio jasan čak i laicima i olakšalo izvlačenje zaključaka na temu optimalnog razvoja prenosne mreže Evrope u narednom periodu. Na Slici 1 su prikazani rezultati ovog procesa za region Jugoistočne Evrope, dobijeni za 2040. kao relevantnu godinu.



Slika 1: Identifikovane sistemske potrebe za 2040. godinu (TYNDP 2024).

Vizuelizacije rezultata slične onoj koja je predstavljena na Slici 1 su takođe dostupne bilo kome ko je zainteresovan i mogu se naći u odgovarajućem delu zvanične internet stranice ENTSO-E asocijacije [6]. Odavde se može zaključiti da je, u poređenju sa trenutnim stanjem, u regionu u kome se Srbija nalazi potrebno povećati prenosne kapacitete na gotovo svim granicama, i to u narednih petnaest godina. Trebalo bi napomenuti da je ovo u potpunosti usklađeno sa planovima EMS a.d. o izgradnji novih interkonektivnih kapaciteta, te se, osim interne potrebe za dodatnom fleksibilnošću sistema, i ovo može uzeti kao argument u korist što hitnije realizacije projekata između prenosnog sistema Srbije i susjednih sistema. Primera radi, može se videti da je u ovom procesu preporučeno da se prenosni kapacitet između Srbije i Mađarske poveća, pri čemu iznos potrebnog povećanja leži u opsegu između 500 i 1000 MW. Ako se ovo uporedi sa poslednjim izdanjima Pan-evropskog plana razvoja i Plana razvoja prenosnog sistema Republike Srbije, tu bi se moglo doći do zaključka da je način za postizanje ovakvog povećanja već sagledan kroz projekat izgradnje Panonskog koridora za prenos električne energije, pri čemu treba istaći i to da je zvanični rok za realizaciju tog koridora postavljen na 2030. godinu, što znači da će ovakvo povećanje prenosnog kapaciteta biti ostvareno i mnogo pre vremenskog horizonta iz postupka identifikacije sistemskih potreba [7]. Slično tome, između Srbije i Hrvatske je preporučeno da se prenosni kapacitet poveća, pri čemu bi povećanje u smeru od Srbije ka Hrvatskoj trebalo da se nalazi u granicama između 500 i 1000 MW, dok bi od Hrvatske ka Srbiji povećanje trebalo da iznosi i preko 1000 MW. U skladu sa time, planirano je da se do 2038. godine izgradi novi 400 kV dalekovod između TS Sombor 3 u Srbiji i TS Ernestinovo u Hrvatskoj. Od interesa za projekat Centralno-balkanskog koridora za prenos električne energije su ovde, ipak, vrednosti potrebnih povećanja kapaciteta koje su dobijene za granicu između Srbije i Bugarske. Kao što se sa priložene slike može videti, i za ovu granicu je dobijeno da bi u narednom periodu trebalo povećati prenosni kapacitet, gde bi povećanje, nezavisno od smjera koji se posmatra, trebalo da iznosi između jednog i 500 MW. Slično ovome, na Slici 2 se mogu videti rezultati identifikacije sistemskih potreba koja je sprovedena za 2050. godinu kao vremenski horizont od interesa, pri čemu strelice različitih boja i ovde imaju značenje identično značenju koje su imale na Slici 1.



Slika 2: Identifikovane sistemske potrebe za 2050. godinu (TYNDP 2024).

Ako bi se ova mapa uporedila sa onom koja je predstavljena na Slici 1, lako bi se moglo utvrditi da se granice koje su istaknute kao pogodne za povećanje kapaciteta u 2040. godini ponavljaju i u 2050. godini, pri čemu veoma često dolazi i do porasta preporučenog iznosa novih kapaciteta za prenos električne energije. Takav je slučaj i na granici između Srbije i Bugarske, gde je rast prenosnog kapaciteta koji bi bio ekonomski opravdan sada smešten u granicama između 1000 i 2000 MW. Na ovom mestu je potrebno napomenuti i to da se za sve projekte koji su prijavljeni za Pan-evropski plan razvoja u okviru njegove izrade obavlja uporedna analiza troškova i koristi (eng. *Cost-Benefit Assessment – CBA*). Takva analiza se radi prema metodologiji koja se stalno unapređuje, pri čemu se svaka verzija ove metodologije koja se zvanično odobri za korišćenje može pronaći na internetu. Tako se trenutno aktuelna verzija, označena kao verzija 4.0, može pronaći na stranici ENTSO-E asocijacije [8]. Prilikom vršenja prijave projekata za ovaj plan se od onoga ko prijavu vrši zahteva da je isprati i odgovarajućim setom tehničkih i ekonomskih karakteristika projekta. Osnovni ulazni podaci o projektima se, zajedno sa rezimeom rezultata *CBA* procesa za svaki od projekata, takođe mogu naći na internet stranici ENTSO-E asocijacije, u delu posvećenom Pan-evropskom planu razvoja, gde je za svaki od projekata napravljena po jedna lična karta. Ako bi se pogledala lična karta koja se odnosi na Centralno-balkanski koridor, koji se u ovom planskom paketu vodi pod brojem 342 [9], moglo bi se doći do značajnog broja saznanja o ovom projektu, poput toga da se ovaj projekat smatra jednim od ključnih za razmenu energije između istočnih i zapadnih delova regiona Jugoistočne Evrope, te da će blagovremena izgradnja internih sekcija u Srbiji doprineti kako sigurnosti snabdevanja potrošača u centralnoj Srbiji, tako i nesmetanoj evakuaciji energije proizvedene u varijabilnim obnovljivim izvorima čije se priključenje očekuje u Južnom Banatu i Braničevskom regionu. Pored pozitivnog uticaja na zelenu tranziciju regiona, projekat će u velikoj meri doprineti integraciji tržišta električne energije i smanjivanju razlika cena u susednim sistemima. Uz ovo, predviđa se i da će projekat imati pozitivan uticaj na opštu dobrobit evropskog društva, te da će povećanje prekograničnog kapaciteta koje će biti obezbeđeno njime predstavljati adekvatan odgovor na potrebe prikazane na Slikama 1 i 2. Više o očekivanim pozitivnim efektima će biti rečeno u narednim poglavljima.

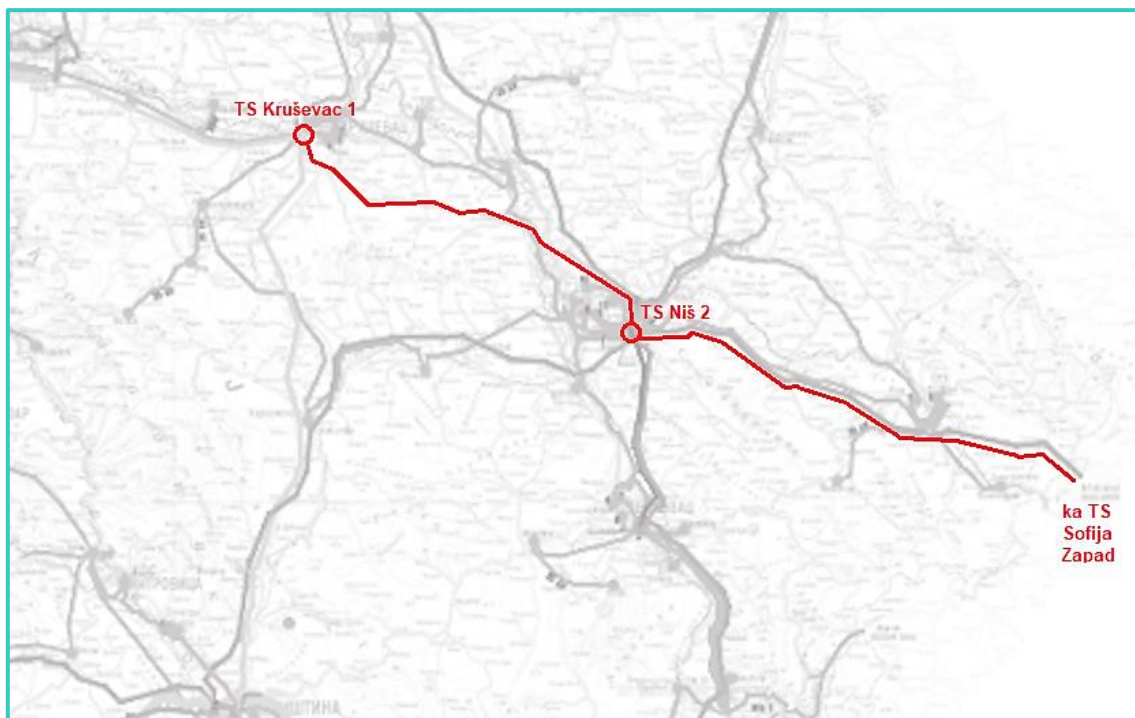
3 VARIJANTNA REŠENJA CENTRALNO-BALKANSKOG KORIDORA

U skladu sa temom rada, ovde bi se trebalo vratiti na to da je za Centralno-balkanski koridor u toku druge polovine 2024. godine i prvog kvartala 2025. godine obavljena kompletna Prethodna studija izvodljivosti, finansijski podržana od strane *WBIF* investicionog okvira. Treba naglasiti i to da je međunarodni značaj ovog projekta o kome je reči bilo na kraju prethodnog poglavlja još jedanput potvrđen i time što su od strane ovog međunarodnog fonda dobijena bespovratna sredstva namenjena striktno izrađivanju predmetne studije. Kao glavni cilj studije je na samom njenom početku postavljen odabir boljeg varijantnog rešenja prema kome se može nastaviti sa procesom realizacije ovog projekta. Kako bi se ova varijantna rešenja razumela što jasnije, ovde bi trebalo napomenuti da se Centralno-balkanski koridor sastoji iz više sekcija, datih u nastavku:

- gradnja dvosistemskog 400 kV dalekovoda TS Jagodina 4 – TS Požarevac 3 (uz gradnju nove TS Požarevac 3 i raspleta 400 kV dalekovoda oko nje);
- gradnja interkonektivnog 400 kV dalekovoda između Srbije i Bugarske;
- gradnja 400 kV dalekovoda TS Kraljevo 3 – TS Kruševac 1 – 400 kV postrojenje koje se nalazi južno od Kruševca (uz podizanje TS Kruševac 1 na 400 kV naponski nivo);
- gradnja 400 kV dalekovoda TS Kraljevo 3 – RP Požega – lokacija Vardište, pri čemu bi se vod od budućeg RP Požega do Vardišta gradio kao dvosistemski sa opremanjem oba sistema provodnika kako bi se kod Vardišta mogao, po principu „ulaz-izlaz“, spojiti na IV sekciju Transbalkanskog koridora, to jest, na dvosistemski interkonektivni vod kojim će biti spojene TS Bajina Bašta (Srbija), TS Pljevlja 2 (Crna Gora) i TS Višegrad (BiH).

Iz priloženog spiska sekcija se može zaključiti u kojoj će meri izgradnja Centralno-balkanskog koridora doprineti sigurnosti, stabilnosti i bezbednosti rada sistema Srbije, pri čemu bi se ovaj zaključak mogao učiniti još jasnijim ako bi se uzelo u obzir to da će deo koridora od Kruševca ka zapadu zapravo poslužiti za zamenu dotrajale 220 kV infrastrukture novom infrastrukturom 400 kV naponskog nivoa. Takođe, mora se uzeti u obzir i to da će povezivanje voda od budućeg RP Požega na IV sekciju Transbalkanskog koridora zapravo poslužiti i za ojačavanje veze RHE Bistrica sa ostatkom prenosnog sistema Srbije nakon završetka njene gradnje i priključenja, što će biti veoma važno za rad sistema u decenijama koje dolaze. Prva navedena sekcija, tj. gradnja novog voda od TS Jagodina 4 do TS Požarevac 3, predstavlja ključnu investiciju kojom će biti olakšan plasman energije iz najavljenih obnovljivih izvora energije na teritoriji Južnog Banata i Braničevskog regiona, te je doneta odluka da ta sekcija bude prva na kojoj će se raditi. Ona je proglašena prvom fazom koridora, tako da je rok za njenu izgradnju postavljen na 2030. godinu. Ostale sekcije predstavljaju drugu fazu projekta, a njihov završetak se očekuje u 2034. godini.

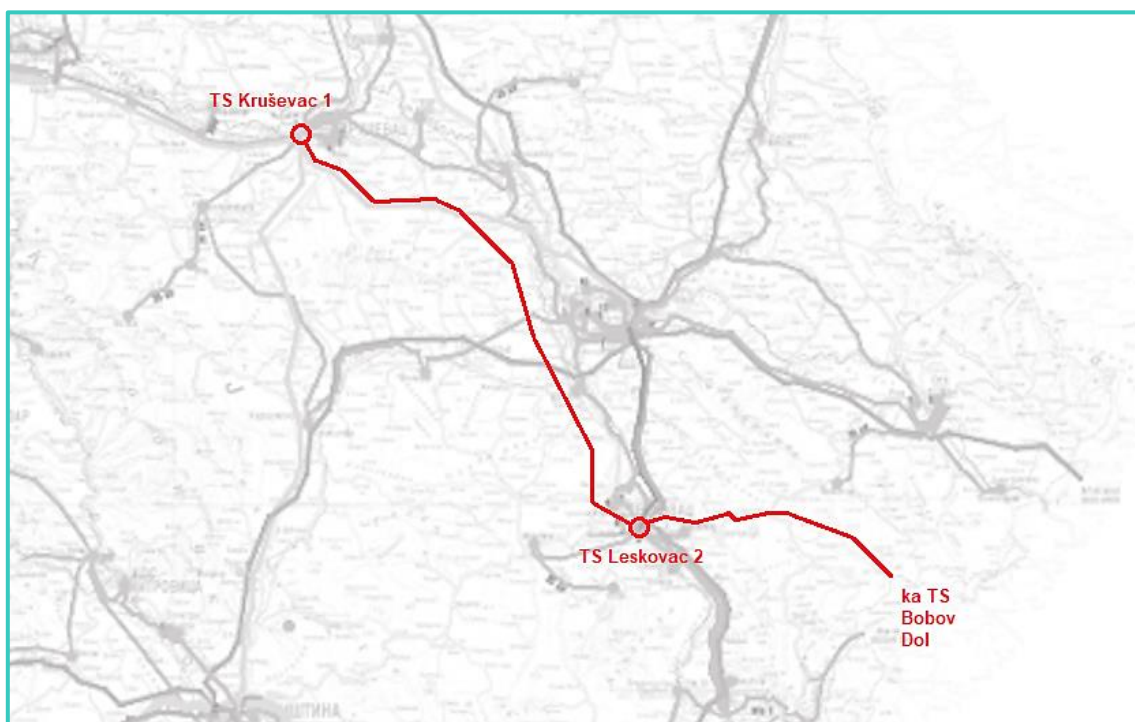
Ukoliko bi se dati spisak sekcija analizirao malo pažljivije, zaključilo bi se da su u njemu dve stvari ostale nerazjašnjene. Prvo je to od koje do koje transformatorske stanice bi bio izgrađen novi interkonektivni dalekovod između Srbije i Bugarske. Drugo je to do kog bi se postrojenja protezao 400 kV vod koji bi krenuo od TS Kruševac 1 i bio usmeren ka jugu. Upravo tu i leže varijantna rešenja između kojih je trebalo napraviti selekciju u sklopu Prethodne studije za ovaj koridor. Prvo varijantno rešenje koje je posmatrano bi podrazumevalo to da se interkonektivni vod gradi od TS Niš 2 do TS Sofija Zapad, čime bi se faktički duplirala postojeća veza između te dve transformatorske stanice. Pošto je za preostali interni dalekovod postavljeno jednostavno pravilo po kome bi se TS Kruševac 1 povezala direktno sa polaznom tačkom interkonektivnog dalekovoda, ova varijanta je podrazumevala izgradnju novog internog dalekovoda od TS Niš 2 do TS Kruševac 1. Uprošćeni prikaz predmetne opcije može se videti na mapi datoj na Slici 3.



Slika 3: Varijantna rešenja za Centralno-balkanski koridor – opcija 1.

Ovo rešenje je predstavljalo logičan prvi predlog za realizaciju predmetnih sekcija, pošto bi se vod između TS Kruševac 1 do TS Niš 2 protezao trasom postojećeg 220 kV dalekovoda kojim su ove dve transformatorske stanice povezane, dok bi novi interkonektivni dalekovod bio vođen uz postojeći dalekovod između ista dva postrojenja. Ipak, nakon što je ovaj predlog iznet, počete su diskusije između EMS a.d. i ESO EAD (bugarskog operatora prenosnog sistema), pri čemu se došlo do zaključka da bi moglo biti od koristi da se razmotri i alternativna opcija. Naime, sa strane EMS a.d. je naglašeno to da bi kroz Centralno-balkanski koridor pogodno bilo sagledati i rešenje problema primećenog u Planu razvoja prenosnog sistema Srbije za period od 2023. do 2032. godine [10], gde su pri simulacijama ispada 400 kV voda od TS Niš 2 do TS Leskovac 2 dobijana velika preopterećenja 110 kV dalekovoda između Niša i Leskovca. Kako bi se ovakvi problemi mogli otkloniti, zaključeno je da bi bilo dobro pojačati vezu između TS Leskovac 2 i ostatka prenosnog sistema Srbije. Pored toga, od strane ESO EAD je naznačeno da se u sistemu Bugarske očekuje priključenje velikih kapaciteta obnovljivih izvora energije, uz napomenu da se priključenje značajnog broja fotonaponskih elektrana očekuje u regionu južno od trase voda između TS Niš 2 i TS Sofija Zapad. U skladu sa time, od strane bugarskog operatora je rečeno da bi povoljno sa aspekta priključenja tih obnovljivih izvora bilo planiranje novog dalekovoda koji bi prolazio bliže regionu u kome su ove elektrane najavljene. Na samom kraju, u EMS a.d. se došlo i do zaključka da bi novi vod bilo povoljno voditi u blizini Niša, ali bez uvođenja u TS Niš 2. Naime, u planovima EMS a.d. se odavno nalazi nova transformatorska stanica 400/110 kV koja bi bila locirana u severnim delovima Niša, pri čemu će dinamika gradnje ovog objekta biti definisana u skladu sa potrebama potrošača u Nišu. Ukoliko bi se novi 400 kV vod završio u TS Niš 2, tada bi i nova transformatorska stanica u koju bi taj vod bio uveden prema principu „ulaz-izlaz“ bila direktno povezana na TS Niš 2, tako da bi u slučaju većih havarija moglo doći i do simultanog ispada oba postrojenja. Time bi sigurnost napajanja potrošnje u Nišu mogla da bude ugrožena. Ako bi se izbeglo završavanje voda u TS Niš 2, onda bi nova transformatorska stanica (i dalje povezana na taj novi vod) predstavljala nezavisni izvor napajanja potrošača od TS Niš 2, što će svakako doprineti povećanju pouzdanosti napajanja konzuma lociranog u Nišu.

U skladu sa datim razmatranjima, doneta je odluka da se predvidi i alternativna opcija, shodno kojoj bi TS Kruševac 1 bila direktno vezana na TS Leskovac 2. Istovremeno, ovom varijantom bi se sagledala i izmenjena opcija za novi interkonektivni vod, pri čemu bi se taj vod protezao od TS Leskovac 2 u Srbiji prema TS Bobov Dol u Bugarskoj (uz potencijalno uvođenje voda u TS Červena Mogila, takođe u Bugarskoj). Ova varijanta je proglašena za povoljniju sa aspekta oba operatora sistema čiji bi sistemi bili povezani, ali je za konačan sud o tome prema kojoj je od dve opcije bilje nastaviti projekat ipak morala doneti studija. Provizorni prikaz druge opcije se može videti na mapi na Slici 4, u sličnom formatu koji je za prvu opciju korišćen na Slici 3.



Slika 4: Varijantna rešenja za Centralno-balkanski koridor – opcija 2.

Naravno, na ovom mestu je potrebno podsetiti na to da su ove slike čisto ilustrativne prirode i da se, shodno tome, ne mogu smatrati indikatorima konačnih trasa dalekovoda čija će izgradnja biti realizovana u sklopu Centralno-balkanskog koridora. Nakon predstavlja varijantnih rešenja, može se preći i na opis metodologije prema kojoj je rađeno njihovo poređenje i konačan odabir.

4 METODOLOGIJA ZA KOMPARACIJU VARIJANTNIH REŠENJA

Kao što je i naglašeno na kraju prethodnog odeljka, ovo poglavlje će biti posvećeno tome da se ukratko opiše metodologija koja je korišćena za poređenje predstavljenih varijantnih rešenja za gradnju Centralno-balkanskog koridora za prenos električne energije. Ono što je ovde potrebno naglasiti je to da je ovo, kao i kod svake studije ovog tipa, predstavljalo veoma težan zadatak u kome je bilo potrebno uključiti veliki broj faktora koji potencijalno mogu uticati na mogućnost gradnje dalekovoda. Primera radi, to što bi neka opcija sa čisto tehničke strane bila povoljnija od druge opcije ne bi značilo ništa ako bi se naknadno ispostavilo da trasa kojom bi dalekovod obuhvaćen tom opcijom morao proći bila nepristupačna, što bi značajno otežalo gradnju voda i dovelo do povećanih troškova i odlaganja realizacije. Da bi se to izbeglo, kreiran je princip po kome je analiza smatrana višekriterijumskom, pri čemu je svakom od faktora koji bi uticali na izbor varijante trebalo pripisati odgovarajući opseg vrednosti i težinski činilac koji mu pripada. Usvojeni iznosi ovih parametara se mogu videti u Tabeli 1, datoj na početku naredne stranice.

Tabela 1: Težinski faktori korišćeni pri višekriterijumskoj analizi.

br.	Faktori u analizi	Težinski faktor [0,1]	Rezultat procene [0,10]	Konačan rezultat [0,10]
I – nemonetizovani benefiti (maksimalno 15)		/	/	/
1	Smanjenje emisija CO ₂	0,9		
2	Uticaj na integraciju obnovljivih izvora energije	0,9		
3	Smanjenje emisija ostalih GHG gasova	0,9		
II – monetizovani benefiti (maksimalno 30)		/	/	/
1	Ukupna ulaganja u projekat	0,9		
2	Uticaj na društvenu dobrobit	0,8		
3	Smanjenje sistemskih gubitaka	0,7		
III – procena lokacije i trase (maksimalno 30)		/	/	/
1	Dužina trase	0,6		
2	Dostupnost parcela (ukrštanja i prepreke)	0,6		
3	Klimatski parametri	0,4		
4	Dostupnost parcela (prostorni planovi)	0,8		
IV – uticaj na životnu sredinu (maksimalno 15)		/	/	/
1	Postojanje zaštićenih zona	0,8		
V – društveni elementi (maksimalno 10)		/	/	/
1	Blizina naseljenih mesta	0,8		
2	Postojanje kulturnog i arheloškog nasleđa	0,6		
Ukupan rezultat (maksimalno 100)		/	/	/

Odavde je jasno da je, prilikom izrade predmetne komparativne analize, vođeno računa da se u njoj zaista obuhvati što više faktora koji bi potencijalno mogli postati relevantni u nekoj od faza realizacije ovog koridora. Svaka od pet grupa faktora učestvuje u finalnom zbiru sa maksimalno onoliko bodova koliko je u tabeli naznačeno uz njen naziv. Veća vrednost konačnog zbira ovde ukazuje na to da je neka varijanta povoljnija sa aspekta sistema od druge analizirane varijante.

5 DOBIJENI REZULTATI

Nakon što su od strane konsultanata izrađene odgovarajuće analize, i jednoj, i drugoj opciji su dodeljene odgovarajući iznosi za svaku od grupa parametara koje su navedene u Tabeli 1. Potom su za obe razmatrane opcije sračunati konačni zbrovi, da bi, na kraju postupka, opcija za koju je dobijen veći konačni zbir bila odabrana kao optimalna i kao ona prema kojoj bi trebalo da se planira nastavak aktivnosti na realizaciji projekta. U ovom poglavlju će biti predstavljeni iznosi nekih od indikatora uz čiju pomoć je sprovedena evaluacija.

Ovde bi trebalo obratiti pažnju na to da vrednosti koje će biti prikazane ovde odgovaraju četvrtoj koloni iz Tabele 1, tako da leže u opsegu od 0 do 10, gde iznos od 10 odgovara najboljem uticaju na sistem, dok vrednost od 0 odgovara najlošijem uticaju analiziranog varijantnog rešenja sa tačke gledišta sistema Srbije.

Što se tiče daljeg postupka, treba pojasniti da su, nakon što je po svakom kriterijumu opcijama pripisana neka vrednost, te vrednosti množene težinskim faktorima iz treće kolone Tabele 1. Na kraju je suma ovakvih proizvoda za faktore iz iste kategorije normalizovana kako bi se svela na maksimalnu vrednost prikazanu u Tabeli 1 uz naziv svake od kategorija parametara. Naravno, iz Tabele 1 se može videti da je za neke od kategorija dodeljivanje težinskih faktora možda bilo i suvišno (posebno se misli na četvrtu kategoriju u kojoj se nalazi samo jedan indikator), ali je i za njih doneta odluka da se težinski faktori ostave u analizama kako u svrhe doslednosti, tako i u cilju omogućavanja poređenja međusobne važnosti težinskih faktora iz različitih kategorija.

Primeru radi, monetizovani i nemonetizovani benefiti iz Tabele 1 izračunavani su tako što su za obe analizirane opcije kreirani odgovarajući tržišni i mrežni simulacioni modeli, nakon čega su vrednosti ovih indikatora računane u skladu sa zvaničnom *CBA* metodologijom, već pomenutom u Poglavlju 2 ovog rada. Kao vremenski horizont za koji su modeli pravljani je ovde posmatrana 2030. godina. Tržišni modeli su korišćeni kako bi se izračunali pozitivni efekti projekta prema jednom delu ovih kriterijuma (svi benefiti iz prve dve kategorije, izuzev smanjenja sistemskih gubitaka i ukupnih ulaganja u projekat), kao i za definisanje snaga kojima bi elektrane trebalo da rade i snaga razmena energije sa susednim sistemima u mrežnim modelima. Mrežni modeli su potom iskorišćeni za računanje varijacija sistemskih gubitaka u odabranim karakterističnim režimima rada sistema. Ocene koje su davane prema kriterijumima koji su zavisili od proračuna urađenih na odgovarajućem skupu simulacionih modela mogu se videti u Tabeli 2, u nastavku.

Tabela 2: Vrednosti indikatora dobijenih iz simulacionih modela.

Oznaka	Faktori u analizi	Opcija 1	Opcija 2
B1	Uticaj na društvenu dobrobit	1	1
B2	Smanjenje emisija CO ₂	8	8
B3	Uticaj na integraciju obnovljivih izvora energije	9	9
B4	Smanjenje emisija ostalih GHG gasova	8	8
B5	Smanjenje sistemskih gubitaka	8	9

Trebalo bi napomenuti i da su ovde kao oznake analiziranih indikatora korišćene oznake od B1 do B5. Ove oznake su preuzete direktno iz *CBA* metodologije ENTSO-E asocijacije. Takođe, treba reći i to da se kao indikator B4 ovde pominje smanjenje emisije ostalih GHG gasova. Tu se pod pojmom GHG podrazumevaju gasovi čija emisija u atmosferu dovodi do pojave efekta staklene bašte. Može se uvideti da su za sve indikatore koji su zavisili od tržišnih modela obema varijantama date identične vrednosti. Ovo ima veze sa time što je dobijeno da su, iz perspektive povećanja prenosnih kapaciteta na granicama, obe varijante gotovo identične, u skladu sa čime je dobijeno da je i njihov uticaj sa aspekta tržišta električne energije takođe skoro pa isti. Ipak, kako je opcija 2 pokazala nešto veće smanjenje gubitaka električne energije u prenosu (razlika između varijanti je procenjena na preko 10 GWh na godišnjem nivou), to je upravo toj varijanti data blaga prednost sa tačke gledišta indikatora koji su određivani na osnovu rađenih simulacija.

Naredni set parametara koji je posmatran prilikom selekcije optimalnog varijantnog rešenja za gradnju Centralno-balkanskog koridora odnosio se na procene lokacije i trase, i to prevashodno iz perspektive pristupačnosti predložene trase i karakteristika reljefa duž predložene trase. Ovi parametri, čiji su iznosi prikazani u Tabeli 3, svrstavani su u treću kategoriju iz Tabele 1, te se može videti da je suma njihovih skaliranih vrednosti svođena na maksimalnu vrednost od 30.

Tabela 3: Vrednosti indikatora iz treće definisane kategorije.

Br.	Faktori u analizi	Opcija 1	Opcija 2
1	Dužina predložene trase voda	3	6
2	Dostupnost parcela (ukrštanja i prepreke)	2	2
3	Klimatski parametri	6	5
4	Dostupnost parcela (prostorni planovi)	3	5

Na prvom mestu bi ovde bilo potrebno istaći to da je dužina predložene trase dalekovoda koji bi bili građeni ukoliko bi bila odabrana druga varijanta bila nešto kraća od dužine koja bi bila pripisana prvoj varijanti. Konkretno, u prvom slučaju bi dužina trase dalekovoda kroz teritoriju Srbije bila oko 165 km, dok bi u slučaju izbora druge opcije ova dužina pala na 150 km. Zbog ovakve razlike je drugoj varijanti i data prednost sa ovog aspekta. Ovo se direktno odrazilo i na troškove koje bi realizacija svakog rešenja zahtevala, tako da je za drugu varijantu dobijeno da je jeftinija od prve za približno 12%. Evidentno je da ovo predstavlja značajnu uštedu, tako da je, po kriterijumu potrebnih ulaganja iz druge kategorije, prvoj varijanti data ocena 5, dok je za drugu varijantu stavljena ocena 6. Što se tiče klimatskih parametara, ovde je prvoj varijanti data blaga prednost zato što bi u drugoj predloženoj varijanti jedan deo trase voda prelazio po delu terena na nadmorskoj visini većoj od 1000 m. Ovo podrazumeva i nešto teže klimatske uslove, što je dovelo do malo manje vrednosti predmetnog indikatora. Konačno, sa aspekta dostupnosti parcela na osnovu prostornih planova, prednost je data drugoj varijanti. Ovo je pre svega tako zato što je širenje TS Niš 2 gotovo pa neizvodljivo, dok je proširenje TS Leskovac 2 i uvođenje voda u tu transformatorsku stanicu ne samo moguće, već i dosta jednostavno. Konačno, postoje i indikatori koji su se odnosili na zaštitu životne sredine i na socijalne aspekte, to jest, indikatori iz četvrte i pete kategorije date u Tabeli 1. Ocene prema ovim indikatorima navedene su u Tabeli 4, pri čemu treba napomenuti da su i ove ocene, a i ocene iz Tabele 3, dodeljivane nakon poseta regionima kroz koje bi trase trebalo da prođu i pregledanja relevantne prostorne dokumentacije.

Tabela 4: Vrednosti indikatora iz četvrte i pete definisane kategorije.

Br.	Faktori u analizi	Opcija 1	Opcija 2
1	Postojanje zaštićenih zona	6	5
2	Blizina naseljenih mesta	8	10
3	Postojanje kulturnog i arheloškog nasleđa	10	10

Odavde se može videti da je prema kriterijumu postojanja zaštićenih zona blaga prednost data prvoj opciji, ali uz napomenu da bi se ocena druge opcije takođe mogla povećati ukoliko bi se trasa koja je analizirana u ovoj studiji izmenila tako da prolazi kroz manji broj zaštićenih zona.

Po kriterijumu blizine naseljenih mesta, nešto veća prednost je data drugoj analiziranoj opciji, za šta razlog leži u tome što bi uvođenje predmetnih dalekovoda u TS Niš 2 podrazumevalo to da njihove trase prolaze makar u blizini naseljenih mesta, ako ne i kroz sama naseljena mesta. Kako je poznato da ovo može uzrokovati brojne poteškoće koje variraju od težeg pribavljanja potrebnih dozvola za izvođenje radova, pa sve do otvorenih sabotaza, odlučeno je da se drugoj opciji ovde da veća vrednost izabranog indikatora. Konačno, sa aspekta kulturnog i arheološkog nasleđa, ni za jednu od dve varijante nisu viđeni ikakvi problemi, pa im je dodeljen maksimalan skor. Time je kompletirano ocenjivanje varijantnih rešenja prema pojedinačnim kriterijumima.

Kada su vrednosti svakog pojedinačnog indikatora sračunate za svaku od posmatranih varijanti, moglo se preći i na izračunavanje finalnog skora za obe predložene opcije. Ovo je rađeno tako što su, nakon normalizacije i svođenja na odgovarajuće maksimalne nivoe, ocene oba rešenja za svih pet grupa kriterijuma sabrane. Rezultati dobijeni na ovaj način su prikazani u Tabeli 5.

Tabela 5: Finalno ocenjivanje varijantnih rešenja.

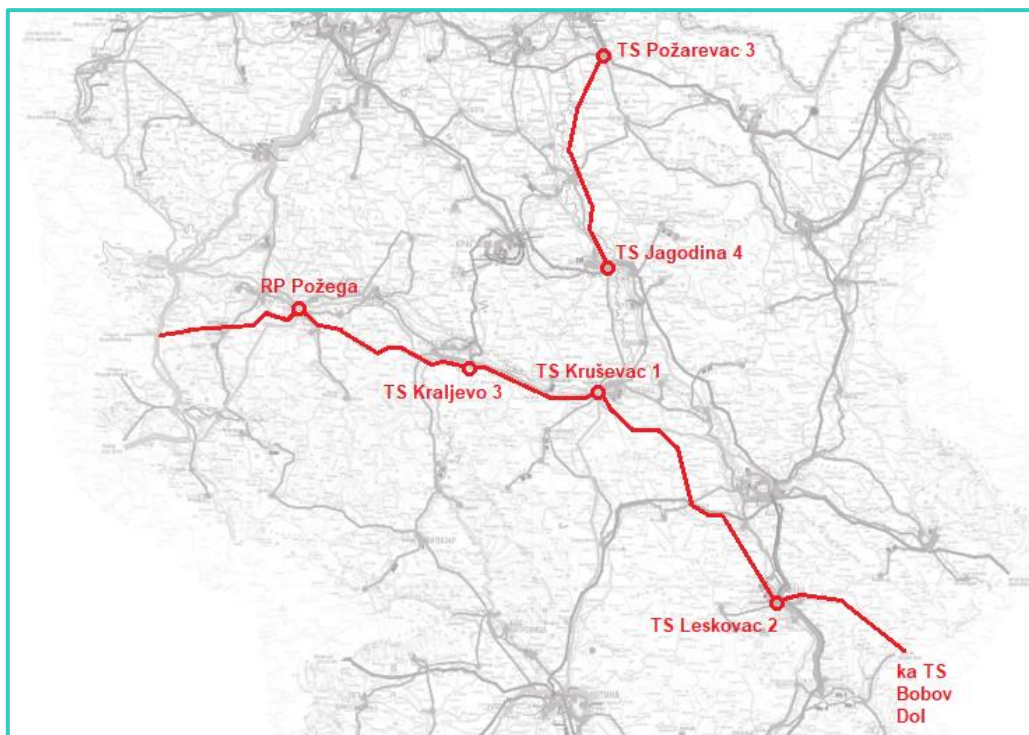
Posmatrana opcija	Ukupan skor
Opcija 1	53,73
Opcija 2	59,13

Odavde se, napokon, može videti to da je finalni skor druge opcije bio nezanemarljivo veći od finalnog skora prve opcije, tako da je ovo rešenje ono koje je kroz konačnu verziju ove studije predloženo za realizaciju. U skladu sa time, upravo će obim projekta koji je definisan drugom razmatranom varijantom biti iskorišćen kada ovaj projekat bude prijavljivan za potrebe novog Pan-evropskog plana razvoja prenosnog sistema, čije se objavljivanje planira za 2026. godinu.

6 ZAKLJUČAK

U radu su ukratko predstavljeni zaključci i rezultati do kojih se došlo u okviru Prethodne studije izvodljivosti koja je urađena za Centralno-balkanski koridor za prenos električne energije. Ova studija je rađena u periodu od aprila 2024. godine do aprila 2025. godine. Osnovni cilj studije bilo je određivanje varijantnog rešenja shodno kome bi trebalo nastaviti sa realizacijom projekta gradnje ovog koridora. Kako bi se ovo moglo uraditi, sprovedene su odgovarajuće analize, kao i pregledi postojećih dokumenata i stanja na terenu, nakon čega je odabrano optimalno rešenje. Obuhvat Centralno-balkanskog koridora, određen po rezultatima studije, prikazan je na Slici 5.

Naravno, kako čitavo razmatranje ne bi ostalo u striktno teorijskom domenu, na ovom mestu je potrebno napomenuti i to da je EMS a.d. već otpočeo sa pripremnim aktivnostima za izgradnju prve faze ovog koridora, to jest, novog dvosistenskog 400 kV dalekovoda kojim će se povezati postojeća TS Jagodina 4 i buduća TS Požarevac 3. Uz to, u prvu fazu ulazi i izgradnja 400 kV postrojenja u TS Požarevac 3, kao i uvođenje oba 400 kV dalekovoda koja sa južne strane sada ulaze u RP Drmno u ovo novo postrojenje po principu „ulaz-izlaz“. Ovakvim blagovremenim delovanjem će se obezbediti to da se sa realizacijom ove faze i završi onda kada je i planirano, odnosno 2030. godine. Nakon toga će se sa obe strane granice pristupiti i realizaciji preostalih sekcija ovog koridora u skladu sa odabranim varijantnim rešenjem.



Slika 5: Odabrani obuhvat Centralno-balkanskog koridora za prenos električne energije.

Još jedanput treba podsetiti na to da je upravo rešenje koje je odabrano kroz razmatranu studiju ono koje je na početku bilo proglašeno kao povoljnije iz perspektive oba zainteresovana operatora, što dodatno potvrđuje pouzdanost izvučenih zaključaka i opravdava optimizam da će ovaj projekat, nakon završetka, zaista predstavljati jedan veoma bitan garant fleksibilnosti i stabilnosti sistema ne samo u dve države između kojih će se novi vodovi protezati, već i u čitavom regionu Jugoistočne Evrope.

7 LITERATURA

- [1] Q. Hassan, et al., *The renewable energy role in the global energy Transformations*; Renewable Energy Focus, vol. 48, 2024, 100545, ISSN 1775-0084. doi: 10.1016/j.ref.2024.100545.
- [2] I.A. Nassar i M.M. Abdella, *Impact of replacing thermal power plants by renewable energy on the power system*; Thermal Science and Engineering Progress, vol. 5, 2018, pp. 506-515, ISSN 2451-9049. doi: 10.1016/j.tsep.2018.02.002.
- [3] Z. Xiang, X. Yang, S. Zhang, L. Xu i W. Xu, *Evaluating and Dispatching Flexibility in Power System with High-Penetration New Energy*; 2023 International Conference on Power System Technology (PowerCon 2023), Jinan, Kina, 2023, pp. 1-5, doi: 10.1109/PowerCon58120.2023.10331172.
- [4] J. Heckenbergerova, P. Musilek i J. Marek, *Analysis of wind speed and power time series preceding wind ramp events*; 15th International Scientific Conference on Electric Power Engineering, Brno-Bystrc, Češka, 2014, pp. 279-283, doi: 10.1109/EPE.2014.6839490.
- [5] ENTSO-E asocijacija, *Identification of the System Needs Study Methodology*; 2024, dokument dostupan na stranici: <https://www.entsoe.eu/outlooks/tyndp/2024>, pristupljeno u aprilu 2025.

- [6] ENTSO-E asocijacija, *Study Explorer – System Needs*; 2024, platforma javno dostupna na stranici <https://www.entsoe.eu/outlooks/tyndp/2024>, pristupljeno u aprilu 2025.
- [7] V. Ristić, N. Vučinić, S. Bošković, I. Trkulja, M. Žikić i D. Ristić, *Panonski koridor – od potrebe do projekta*; CIGRE Srbija 2023, Zlatibor, Srbija, 2023, pp. 1025-1037. doi: 10.46793/CIGRE36.1025R.
- [8] ENTSO-E asocijacija, *4th ENTSO-E Guideline for Cost Benefit Analysis of Grid Development Projects*; 2024, dokument javno dostupan na sledećoj internet stranici: <https://www.entsoe.eu/news>, pristupljeno u aprilu 2025.
- [9] ENTSO-E asocijacija, *Project Sheets for TYNDP 2024 – Project 342*; 2024, dostupno na adresi: <https://tyndp2024.entsoe.eu/projects-map>, pristupljeno u aprilu 2025.
- [10] EMS a.d., *Plan razvoja prenosnog sistema za period od 2023. do 2032. godine*; 2023, dokument dostupan na adresi: <https://ems.rs/planovi-razvoja>, pristupljeno u aprilu 2025.