

## PRORAČUN POKAZATELJA POUZDANOSTI SISTEMA IZVORA

S.ŠKULETIĆ, Elektrotehnički fakultet, Crna Gora  
V.RADULOVIĆ, Elektrotehnički fakultet, Crna Gora  
M.GUBIĆ, Elektrotehnički fakultet, Crna Gora

### UVOD

Izgradnja izvora planira se tako da se sa željenim tehničkim karakteristikama i na ekonomičan način zadovolje potrebe potrošača električne energije. Optimalna rješenja dobijaju se uravnotežavanjem dva suprotna kriterijuma:

1. Smanjivanje investicionih troškova,
2. Održavanje visokog nivoa pouzdanosti snadbijevanja potrošača električnom energijom.

Optimalni plan izgradnje izvora nije lako ostvariti u praksi zbog teškoća u procjenama šteta usljed iznenadnih isključenja potrošača, neisporučene električne energije i usljed nesigurnosti prognoza potrošnje električne energije i slučajnosti hidroloških prilika, koje su važne kod elektroenergetskih sistema sa znatnim udjelom hidroelektrana.

U radu je dat opis i prikaz proračuna pokazatelja pouzdanosti sistema izvora. U teorijskom dijelu rada objašnjeno je na koji se način vrši: modelovanje izvora, formiranje tabele raspoloživih kapaciteta izvora, modelovanje potrošnje i analiza pouzdanosti sistema izvora. Na osnovu prikazanih metoda sprovedene su analize i proračun pokazatelja pouzdanosti za sistem izvora u Crnoj Gori. Modelovani su postojeći izvori u Crnoj Gori (osim malih hidroelektrana), kao i izvor čija se izgradnja planira u doglednoj budućnosti. Formirane su tabele raspoloživih kapaciteta za izvore pojednično, a zatim primjenom jedne od metoda za formiranje tabele raspoloživih kapaciteta dobijena je zajednička tabela raspoloživih kapaciteta. Na kraju je izvršena analiza pouzdanosti sistema izvora i to za dva konkretna slučaja. U prvom slučaju izvršen je proračun pokazatelja pouzdanosti za sistem koga čine HE Perućica, HE Piva i TE Pljevlja, a u drugom proračun za sistem koga čine HE Perućica, HE Piva, TE Pljevlja i planirana TE Pljevlja 2.

### 1. MODELOVANJE IZVORA

Pod pojmom izvor može se podrazumijevati jedna generatorska jedinica elektrane ili ekvivalentna generatorska jedinica za grupu generatorskih jedinica jednakih karakteristika. Pojam generatorska jedinica uključuje, pored samog generatora i sve ostale komponente elektrane koje omogućavaju njen normalan rad.

U proračunima pouzdanosti koji se rade u sklopu planiranja razvoja složenih elektroenergetskih sistema izvori se najčešće predstavljaju modelima sa dva stanja [1]:

- stanjem sa punom raspoloživošću instalisanog kapaciteta i
- stanjem potpunog ispada iz pogona.

U eksploataciji se dešava da generatorska jedinica zbog manjih kvarova ili drugih neregularnosti u pogonskom ili električnom dijelu postrojenja izvjesno vrijeme raspolaže samo dijelom svog instalisanog kapaciteta, tj. izvor se nalazi u tzv. „oslabljenom stanju“. U toku eksploatacije može doći do više oslabljenih stanja koja se karakterišu različitim stepenom raspoloživosti kapaciteta. U praktičnim proračunima se model sa oslabljenim stanjima zamjenjuje približno ekvivalentnim modelom sa dva stanja [1].

U elektranama često ima nekoliko generatorskih jedinica sa jednakim tehničkim karakteristikama. Generatorske jedinice istih karakteristika mogu se, u analizama pouzdanosti, grupisati tako da se smanji ukupni broj stanja izvora koja treba obuhvatiti. Ekvivalentni izvor koji obihvata  $n$  generatorskih jedinica sa dva stanja ima  $n+1$  stanje, umjesto  $2^n$  stanja koliko bi se imalo kada generatorske jedinice ne bi bile grupisane. Ovaj model se može primijeniti i u slučaju kada generatorske jedinice imaju i oslabljena stanja. Tada se generatorske jedinice zamjenjuju svojim približno ekvivalentnim modelima sa dva stanja [1].

Model sa dva stanja dobro opisuje karakteristike onih izvora koji su neprekidno u radu ili su im prekidi u radu relativno kratki, u poredjenju sa trajanjem rada. Izuzetak su vršne elektrane sa izraženim intermitentnim pogonom. U analizama pouzdanosti za potrebe planiranja ovakvi se izvori mogu predstaviti modelom koji uzima u obzir da se kvar izvora može dogoditi u periodu kada je on u rezervi, što nema direktnih posljedica na rad sistema. Izvor je neraspoloživ samo u slučaju kada se kvar dogodi u periodu kada je izvor potreban sistemu [1].

U praktičnim analizama koje se rade za potrebe planiranja obično se koriste modeli sa dva stanja za sve izvore bez razlike, nezavisno od načina njihovog rada. Razlozi za ovakav pristup su nedovoljno tačno poznavanje svih pokazatelja koji su potrebni za sastavljanje složenijih modela i izuzetno veliko povećavanje ukupnog broja stanja koja bi trebalo analizirati u proračunima pouzdanosti sistema zbog složenijih modela izvora.

## 2. RASPOLOŽIVA SNAGA IZVORA

Za proračun pokazatelja pouzdanosti potrebno je obrazovati tabelu raspoloživosti kapaciteta za sve izvore sistema. Metode koje se najčešće koriste za formiranje tabele raspoloživog kapaciteta sistema izvora su primjena Kronekerove algebre i rekurzivna metoda [1]. Osnovni principi njihove primjene u kratkim crtama su dati u narednom tekstu.

### 2.1 Primjena Kronekerove algebre

U proračunima pokazatelja pouzdanosti napajanja potrošača potrebno je obrazovati tabelu raspoloživih kapaciteta tj. potrebno je imati podatke o stanjima u kojima se izvor može naći, kao i vjerovatnoće tih stanja.

Izvor  $k$  može se opisati sa vektorom vjerovatnoća stanja:

$$P_k = [p_1 \dots p_n] \quad (2.1)$$

gdje je:

$P_k$  - vektor vjerovatnoća stanja kojim se opisuje izvor  $k$ ,

$p_1 \dots p_n$  - vjerovatnoće stanja u kojima se nalazi izvor  $k$ .

i dijagonalnom matricom raspoloživih kapaciteta:

$$x_k = \text{diag}(x_1 \dots x_n) \quad (2.2)$$

gdje je:

$x_k$  - dijagonalna matrica raspoloživih kapaciteta izvora  $k$ ,

$(x_1 \dots x_n)$  - raspoloživi kapaciteti izvora  $k$  u pojedinim stanjima.

U matrici  $x_k$  raspoloživi kapaciteti izvora u pojedinim stanjima poredjani su po glavnoj dijagonali istim redom kao odgovarajuće vjerovatnoće stanja u vektoru  $P_k$ .

Vektor vjerovatnoća mogućih koincidencija stanja  $n$  izvora dobija se kao Kronekerov proizvod njegovih vektora vjerovatnoća:

(2.3)

a matrica ukupno raspoloživih snaga u navedenim stanjima kao Kronekerov zbir matrica raspoloživih snaga izvora:

(2.4)

## 2.2 Rekurzivna metoda

Tabela raspoloživosti kapaciteta sistema izvora može se obrazovati postupnim uključivanjem izvora. Ovaj postupak koristi formule za određivanje raspodjele vjerovatnoća slučajnih veličina koje se dobijaju sabiranjem slučajnih, međusobno povezanih veličina, sa poznatim raspodjelama vjerovatnoća.

Izrazi za diskretno raspodijeljene slučajne veličine dobijaju se pomoću relacija:

(2.5)

(2.6)

gdje su:

$i$  - raspodjele vjerovatnoća  $i$  vjerovatnoće raspoloživih kapaciteta nakon uključivanja razmatranog novog izvora,

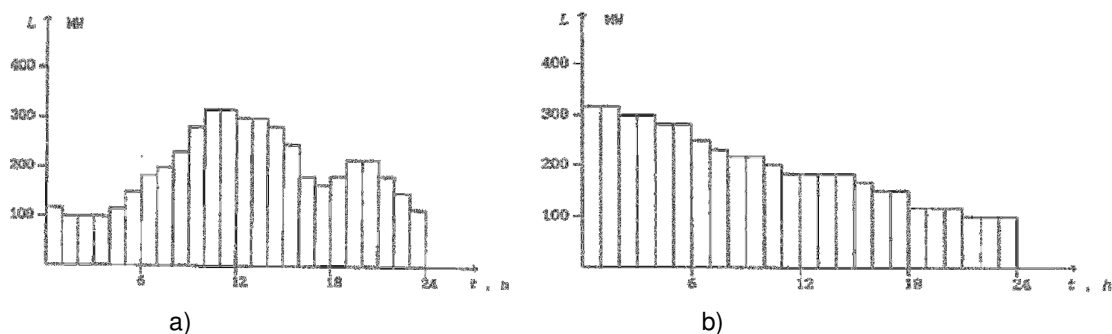
$z$  - raspoloživi kapaciteti postojećih izvora,

- moguće vrijednosti raspoloživih kapaciteta novog izvora,

- vjerovatnoće mogućih vrijednosti raspoloživih kapaciteta novog izvora.

## 3. MODELI POTROŠNJE

Potrošnja se u eksploataciji prati evidentiranjem aktivne snage koja se preuzima iz elektroenergetskog sistema, u jednakim vremenskim razmacima. Ako se snaga potrošnje predstavlja kao funkcija vremena u koordinatnom sistemu dobija se hronološka kriva potrošnje. U analizama pouzdanosti često se koristi kriva trajanja potrošnje koja se iz hronološke krive dobija tako što se snage poredjaju po vrijednostima od najveće ka najmanjoj, a ne kako se stvarno tokom vremena odvijaju. Na slici 1 prikazana je: a) hronološka kriva trajanja za potrošnju u toku dana koja je dobijena jednosatnim mjerenjem, b) dnevna satna kriva trajanja potrošnje [1].



Slika 1. a) hronološka kriva trajanja za potrošnju u toku dana koja je dobijena jednosatnim mjerenjem, b) dnevna satna kriva trajanja potrošnje

Osnovne veličine krivih potrošnje su maksimalna snaga  $P$  i energija koju je potrošač u posmatranom vremenskom period preuzeo iz elektroenergetskog sistema:

(3.1)

gdje je:

- električna energija koju je potrošač preuzeo iz elektroenergetskog sistema,

$P$  - električna snaga,

$T$  - vremenski period za koji je data odgovarajuća kriva potrošnje.

U nekim analizama pouzdanosti, umjesto satne godišnje krive trajanja koristi se godišnja kriva trajanja dobijena uz pretpostavku da maksimalne dnevne snage traju svih 24 h [1]. Modelovanje potrošnje u proračunima pouzdanosti je neophodno, jer se pomoću krive trajanja potrošnje određuje očekivana neisporučena električna energija potrošačima.

#### 4. ANALIZA POUZDANOSTI IZVORA SISTEMA

Stacionarna vrijednost neraspoloživosti izvora sistema je vjerovatnoća da sistem u nekom slučajno izabranom trenutku posmatranja u toku razmatranog perioda T, na primjer jedne godine, neće moći vršiti svoju funkciju. Neraspoloživost se izračunava kao [1]:

$$U = \frac{\tau}{T} \quad (4.1)$$

gdje je:

$\tau$  - ukupno trajanje deficitarnih stanja u toku perioda T,  
T - vremenski period za koji se izračunava neraspoloživost sistema.

Raspoloživost izvora sistema izračunava se pomoću relacije:

$$A = 1 - U \quad (4.2)$$

Trajanje deficitarnih stanja  $\tau$  određuje se iz satne krive trajanja potrošnje u periodu T kao matematičko očekivanje trajanja deficitarnih situacija kod svih mogućih stanja proizvodnog sistema opisanih parametrima p i x.

$$\tau = \sum_i P(X = x_i) \cdot t_i = \sum_i p_i \cdot t_i \quad (4.3)$$

gdje je :

$x_i$  – raspoloživa snaga sistema u stanju i.  
 $p_i$  – vjerovatnoća da je sistem u stanju i.  
 $t_i$  - trajanje deficitarne situacije u stanju i izvora sistema.

Za sistem izvora izračunava se i energetska indeks nepouzdanosti koji se definiše relacijom:

$$EIU = \frac{\Delta W}{W} \quad (4.4)$$

gdje  $\Delta W$  predstavlja matematičko očekivanje neisporučene energije potrošačima usljed kvarova izvora u toku perioda posmatranja T. Ovo matematičko očekivanje određuje se pomoću satne krive trajanja potrošnje i parametara p i x za sistem izvora kao:

$$\Delta W = \sum_i p_i \cdot \Delta W_i \quad (4.5)$$

U relaciji (4.5)  $\Delta W_i$  predstavlja neisporučenu energiju potrošačima kada se sistem izvora nalazi u stanju i i raspolaže snagom  $x_i$ , a  $p_i$  vjerovatnoću pomenutog stanja izvora sistema. Energija  $\Delta W_i$  jednostavno se određuje iz satne krive trajanja potrošnje:

$$\Delta W_i = \int_0^{t_i} (L - x_i) \cdot dt = \int_0^{t_i} P \cdot dt - x_i \cdot t_i \quad (4.6)$$

gdje je:

P - električna snaga,  
 $x_i$  – raspoloživa snaga sistema u stanju i.  
 $t_i$  - trajanje deficitarne situacije u stanju i izvora sistema.

Neisporučena energija  $\Delta W$  se označava sa LOEE (Loss Of Energy Expectation).

Energetski indeks pouzdanosti definiše se kao:

$$EIR = 1 - EIU \quad (4.7)$$

Na osnovu matematičkog modela sistema izvora i potrošnje datih u poglavljima 2, 3 i 4 urađen je program u programskom jeziku MATLAB koji omogućava proračune pokazatelja pouzdanosti za sistem izvora. Primjena programa je ilustrovana na primjerima proračuna pokazatelja pouzdanosti sistema izvora u Crnoj Gori.

## 5. PRORAČUN POKAZATELJA POUZDANOSTI ZA SISTEM IZVORA U CRNOJ GORI

Radi ilustracije proračuna pokazatelja pouzdanosti analizirana je pouzdanost sistema za dva slučaja: U prvom slučaju (sistem izvora 1) se vrši proračun pokazatelja pouzdanosti za postojeći sistem izvora u Crnoj Gori, koga čine HE Perućica, HE Piva i TE Pljevlja (male hidroelektrane nijesu obuhvaćene u proračunima). U drugom slučaju ((sistem izvora 2)) se vrši proračun pokazatelja pouzdanosti kada se u postojeći sistem izvora koga čine HE Perućica, HE Piva i TE Pljevlja uključi planirana TE Pljevlja 2. U tabeli 1 dati su raspoloživi kapaciteti izvora u Crnoj Gori [3], [4], [5]. HE Piva na osnovu sporazuma Elektroprivrede Srbije i Elektroprivrede Crne Gore radi za Elektroprivredu Srbije. Crna Gora na osnovu toga dobija 115 MW bazne energije, odnosno 230 MW u periodu kada je TE Pljevlja u remontu [4].

TABELA 1 – RASPOLOŽIVI KAPACITETI IZVORA U CRNOJ GORI

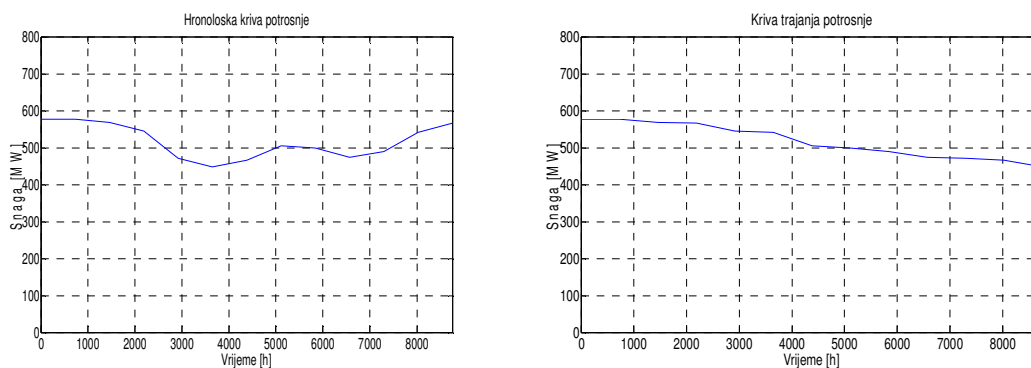
HE Perućica	
Raspoloživi kapacitet $x_i$ [MW]	Vjerovatnoća stanja $i$
285	0,0821
145	0,4383
55	0,4657
0	0,0136

HE Piva	
Raspoloživi kapacitet $x_i$ [MW]	Vjerovatnoća stanja $i$
230	0,0821
115	0,9041
0	0,0136

TE Pljevlja	
Raspoloživi kapacitet $x_i$ [MW]	Vjerovatnoća stanja $i$
218,5	0,7
0	0,3

TE Pljevlja 2	
Raspoloživi kapacitet $x_i$ [MW]	Vjerovatnoća stanja $i$
210	0,8
0	0,2

Na slici 2 prikazane su planirana godišnja hronološka kriva i kriva trajanja potrošnje u Crnoj Gori za 2011. godinu prema podacima Elektroprivrede Crne Gore [2].



Slika 2. Planirana hronološka kriva i kriva trajanja potrošnje u Crnoj Gori za 2011. godinu

Godišnja hronološka kriva trajanja potrošnje dobijena je na osnovu planirane potrošnje električne energije po mjesecima, dok je godišnja kriva trajanja potrošnje dobijena sortiranjem od mjeseca sa najvišom potrošnjom električne energije ka mjesecu sa najmanjom potrošnjom električne energije. Ukupna potrošnja električne energije prema planu za 2011. je iznosila 4503,28 GWh [2]. Pri analizi pouzdanosti izvora sistema potrebno je raspolagati sa tabelom raspoloživih kapaciteta sistema, koja se dobija primjenom Kronekerove algebre ili rekurzivnom metodom, na osnovu poznatih tabela raspoloživih kapaciteta izvora pojedinačno.

## 5.1 Analiza pouzdanosti sistema izvora 1

Pod sistemom izvora 1 podrazumijeva se sistem izvora koga čine HE Perućica, HE Piva i TE Pljevlja. Primjenom Kronekerove algebre ili rekurzivne metode (u ovom primjeru korišćena je Kronekerova algebra) dobijaju se raspoloživi kapaciteti za sistem izvora 1 (kolone 1 i 2 u tabeli 2). Pomoću krive trajanja potrošnje (slika 2) određuje se neisporučena električna energija potrošačima  $\Delta W_i$  pri određenim raspoloživim kapacitetima u kojima se posmatani sistem može naći (kolona 3 u tabeli 2). Primjenom relacija (4.1) - (4.7) dobijaju se rezultati analize pouzdanosti sistema 1 (kolone 4, 5 i 6 u tabeli 2).

TABELA 2 – RASPOLOŽIVI KAPACITETI I REZULTATI ANALIZE POUZDANOSTI SISTEMA 1

1	2	3	4	5	6
$x_i$ [MW]	$p_i$	$\Delta W_i$ [GWh]	$t_i$ [h]	$p_i t_i$ [h]	$p_i \Delta W_i$ [GWh]
515	0,0020	213,11	4280	8,56	0,43
618,5	0,0519	0	0	0	0
400	0,0222	999,3	8760	194,47	22,18
503,5	0,0007	266,4	5010	3,5	0,19
285	0,0003	2006,7	8760	2,62	0,6
593,5	0,0251	0	0	0	0
375	0,0107	1218,3	8760	93,73	13,03
478,5	0,2773	398,92	6470	1794,13	110,62
260	0,1188	2225,7	8760	1040,68	264,41
363,5	0,0041	1319	8760	35,91	5,4
145	0,0017	3233,1	8760	14,89	5,49
503,5	0,0267	266,4	5010	133,76	7,11
285	0,0114	2006,7	8760	99,86	22,87
388,5	0,2947	1100	8760	2581,57	324,17
170	0,1263	3014,1	8760	1106,38	380,68
273,5	0,0044	2107,4	8760	38,54	9,27
55	0,0019	4021,5	8760	16,63	7,64
448,5	0,0007	529,57	8660	0,31	0,37
230	0,0003	2488,5	8760	2,62	0,74
333,5	0,0086	1581,8	8760	75,33	13,6
115	0,0036	3495,9	8760	31,53	12,58
218,5	0,0001	2589,2	8760	0,87	0,26
0	0,00005	4503,28	8760	0,43	0,26
<b>UKUPNO</b>				<b>7276,32</b>	<b>1201,9</b>

Pomoću relacija datih u poglavlju 4 dobijaju se pokazatelji pouzdanosti dati u tabeli 3.

TABELA 3 – POKAZATELJI POUZDANOSTI SISTEMA IZVORA 1

Pokazatelj	$\tau$	U	A	$\Delta W$	EIU	EIR
Relacija	(4.3)	(4.1)	(4.2)	(4.5)	(4.4)	(4.7)
Vrijednost	7276,32 [h]	83,1%,	16,9%	1201,9[GWh]	0,2668	0,7332

Na osnovu analiza pouzdanosti vidi se da će 83,1% vremena od ukupnog vremena posmatranja sistem 1 biti neraspoloživ, dok će svega 16,9% vremena biti u raspoloživom stanju. Takođe, sistem 1 je u deficitu tj. nedostaje 1201,9 [GWh] električne energije. Deficit električne energije uslovljava i malu vrijednost energetske indeksa pouzdanosti (kada je deficit električne energije jednak nuli, onda je energetski indeks pouzdanosti jednak jedinici). Analizom dobijenih rezultata zaključuje se da je u cilju poboljšanja pokazatelja pouzdanosti potrebno uključiti nove izvore.

## 5.2 Analiza pouzdanosti izvora sistema 2

Pod sistemom izvora 2 podrazumijeva se sistem izvora koga čine HE Perućica, HE Piva, TE Pljevlja i planirana TE Pljevlja 2. Primjenom Kronekerove algebre ili rekurzivne metode (u ovom primjeru korišćena je Kronekerova algebra) dobija se tabela raspoloživih kapaciteta za sistem izvora 2 (kolone

1 i 2 u tabeli 4). Pomoću krive trajanja potrošnje (slika 2) određuje se neisporučena električna energija potrošačima  $\Delta W_i$  pri određenim raspoloživim kapacitetima u kojima se posmatani sistem može naći (kolona 3 u tabeli 4). Primjenom relacija (4.1) - (4.7) dobijaju se rezultati analize pouzdanosti sistema 1 (kolone 4, 5 i 6 u tabeli 4).

TABELA 4 – RASPOLOŽIVI KAPACITETI I REZULTATI ANALIZE POUZDANOSTI SISTEMA 2

1	2	3	4	5	6
$x_i$ [MW]	$p_i$	$\Delta W_i$ [GWh]	$t_i$ [h]	$p_i t_i$ [h]	$p_i \Delta W_i$ [GWh]
515	0,0004	213,11	4280	1,71	0,1
618,5	0,0103	0	0	0	0
400	0,0044	999,3	8760	38,54	4,39
503,5	0,00014	266,4	5010	0,69	0,04
285	0,00006	2006,7	8760	0,52	0,12
593,5	0,005	0	0	0	0
375	0,0021	1218,3	8760	18,39	2,56
478,5	0,0554	398,92	6470	358,43	21,34
260	0,0237	2225,7	8760	207,61	54,75
363,5	0,0008	1319	8760	7	1,06
145	0,0003	3233,1	8760	2,62	0,97
503,5	0,0053	266,4	5010	26,28	1,63
285	0,0022	2006,7	8760	19,27	4,41
388,5	0,0589	1100	8760	515,96	64,79
170	0,0252	3014,1	8760	220,75	75,95
273,5	0,0008	2107,4	8760	7	1,68
55	0,0004	4021,5	8760	3,5	1,61
448,5	0,00014	529,57	8660	1,22	0,04
230	0,00006	2488,5	8760	0,52	0,15
333,5	0,0017	1581,8	8760	14,89	2,69
115	0,0007	3495,9	8760	6,13	2,2
218,5	0,00002	2589,2	8760	0,17	0,05
0	0,00001	4503,28	8760	0,09	0,05
725	0,0016	0	0	0	0
828,5	0,0415	0	0	0	0
610	0,0178	0	0	0	0
713,5	0,0006	0	0	0	0
495	0,0002	312,28	5740	1,15	0,06
803,5	0,02	0	0	0	0
585	0,0086	0	0	0	0
688,5	0,2218	0	0	0	0
470	0,095	504,41	7800	741	47,91
573,5	0,0032	44,79	1360	4,35	0,02
355	0,0013	1393,48	8760	11,39	1,81
713,5	0,0213	0	0	0	0
495	0,0091	312,28	5740	52,23	2,84
598,5	0,2357	0	0	0	0
380	0,1010	1174,48	8760	884,76	118,62
483,5	0,0035	463,28	6270	21,94	1,62
265	0,0015	2181,88	8760	13,14	3,27
658,5	0,0006	0	0	0	0
440	0,0002	648,88	8760	1,75	0,13
543,5	0,0069	64,1	2920	20,15	0,44
325	0,0029	1656,28	8760	25,4	4,8
428,5	0,00008	749,62	8760	0,7	0,06
210	0,00004	2663,68	8760	0,35	0,11
<b>UKUPNO</b>				<b>3229,6</b>	<b>422,27</b>

Pomoću relacija datih u poglavlju 4. dobijaju se pokazatelji pouzdanosti za sistem 2, a koji su dati u tabeli 5.

TABELA 5 – POKAZATELJI POUZDANOSTI SISTEMA IZVORA 1

Pokazatelj	$\tau$	U	A	$\Delta W$	EIU	EIR
Relacija	(4.3)	(4.1)	(4.2)	(4.5)	(4.4)	(4.7)
Vrijednost	3229,6 [h]	36,8%,	63,2%	422,27 [GWh]	0,0937	0,9063

Na osnovu analiza pouzdanosti vidi se da će 36,8% vremena od ukupnog vremena posmatranja sistem 2 biti neraspoloživ (83,1% kod sistema 1), dok će 63,2% biti u raspoloživom stanju (16,9% kod sistema 1). Takođe, sistem 2 je u deficitu tj., nedostaje 422,27[GWh] električne energije (1201,9 [GWh] za sistem 1).

Upoređivanjem podataka iz analize pouzdanosti sistema 1 i analize pouzdanosti sistema 2 zaključuje se da uključivanjem novog izvora u sistem pozitivno utiče na pokazatelje pouzdanosti. Međutim i pored toga sistem 2 je u deficitu električne energije, što znači da je potrebno uključivanje novih izvora električne energije kako bi se deficit u potpunosti eliminisao, i na taj način se postigli još bolji pokazatelji pouzdanosti.

## ZAKLJUČAK

U radu je opisan način proračuna pokazatelja pouzdanosti sistema izvora. Pored teorijskog dijela u kome je objašnjeno modelovanje izvora, formiranje tabela raspoloživih kapaciteta izvora, modelovanje potrošnje i analize pouzdanosti sistema izvora, u radu su uradjeni i konkretni primjeri analize pouzdanosti sistema izvora Crne Gore. Za potrebe proračuna pokazatelja pouzdanosti urađen je program u programskom paketu MATLAB, koji na osnovu matematičkog modela Kronekerove algebre omogućava modelovanje sistema izvora. Program ima vrlo jednostavan interfejs i omogućava brže i jednostavnije proračune pokazatelja pouzdanosti.

Rezultati proračuna pouzdanosti za razmatrane primjere u radu su pokazatelji pouzdanosti postojećeg sistema izvora u Crnoj Gori (osim malih hidroelektrana), pri čemu je uzet u obzir i uticaj uključenja planirane TE Pljevlja 2 u postojeći sistem. Analizom dobijenih rezultata se zaključuje da se stavljanjem novog izvora u pogon pouzdanost sistema povećava. Naime, za slučaj sistema izvora koji obuhvata planiranu TE Pljevlja 2 pokazuje se da:

- neraspoloživost sistema se smanjuje sa 0,831 na 0,368 (treba težiti da ta vrijednost bude jednaka nuli),
- raspoloživost sistema se povećava sa 0,169 na 0,632 (treba težiti da ta vrijednost bude jednaka jedinici),
- deficit električne energije se smanjuje sa 1201,9 [GWh] na 422,27 [GWh] (treba težiti da ta vrijednost bude nula),
- energetska indeks nepouzdanosti sistema se smanjuje sa 0,2668 na 0,0937 (treba težiti da ta vrijednost bude jednaka nuli),
- energetska indeks pouzdanosti sistema se povećava sa 0,7332 na 0,9063 (treba težiti da ta vrijednost bude jednaka jedinici).

S obzirom da elektroenergetske sisteme čini veliki broj izvora različitih karakteristika, buduća istraživanja treba da obuhvata doradu programa koji korisniku omogućava formiranje tabele raspoloživih kapaciteta izvora sistema, mogućnost uključivanja novih izvora i formiranje modela krive trajanja potrošnje električne energije i primjenom drugih metoda.

## LITERATURA

- [1] Dr Jovan M. Nahman: "Metode analize pouzdanosti elektroenergetskih sistema", IDP Naučna knjiga, Beograd, 1992.
- [2] Energetski bilans Crne Gore za 2011. godinu, Ministarstvo ekonomije Crne Gore, 2010.
- [3] Strategija razvoja energetike Crne Gore do 2025. godine, Bijela Knjiga, Ministarstvo za ekonomski razvoj Crne Gore, 2007.
- [4] Izvještaj o poslovanju Elektroprivrede Crne Gore A.D. Nikšić za 2010. godinu, Nikišić, 2011.
- [5] Elektroprivreda Crne Gore ([www.epcg.co.me](http://www.epcg.co.me))



Kontakt informacije autora:

Prof. dr Sreten Škuletić  
Elektrotehnički fakultet – Univerzitet Crne Gore  
Cetinjski put bb  
81000 Podgorica  
MONTENEGRO  
e-mail: [skuletic@ac.me](mailto:skuletic@ac.me)

Doc. dr Vladan Radulović  
Elektrotehnički fakultet – Univerzitet Crne Gore  
Cetinjski put bb  
81000 Podgorica  
MONTENEGRO  
e-mail: [vladanra@ac.me](mailto:vladanra@ac.me)

Spec. Sci Mijo Gubić  
e-mail: [kormanmg@t-com.me](mailto:kormanmg@t-com.me)