

**EPCG AD.NIKŠIĆ**

**FC DISTRIBUCIJA  
SEKTOR ZA RAZVOJ**

**ELABORAT OPTIMALNOG TEHNIČKOG RJEŠENJA PRIKLJUČKA**

**ZA**

**mHE-e NA RIJEKAMA KUTSKA I MOJANSKA**

**PODGORICA 06 09 .2013.GODINE**

## ELABORAT

optimalnog tehničkog rješenja priključka mHE-a na vodotocima Kutska i Mojanska u slivu rijeke Zlorečice na distributivnu mrežu

Za izgradnju malih elektrana na vodotocima Kutska i Mojanska rijeka u slivu rijeke Zlorečice, opština Andrijevica, za koje Ministarstvo ekonomije namjerava raspisati tender za davanje vodotoka na koncesiju, Sektor za razvoj u FC Distribuciji, uradio je Elaborat optimalnog tehničkog rješenja priključka malih elektrana na distributivnu mrežu.

Za potrebe izrade ovog elaborata korišćeni su podaci iz Pilot projekta: Mogućnost privrednog razvoja korištenjem vodnog potencijala: Mojanska Rijeka–Peručica –Zlorečica u opštini Andrijevica(N.Čupin). U navedenom dokumentu su definisane snage i energija vodotoka, sa konceptom njihovog korišćenja i naznačene lokacije za izgradnju objekata za proizvodnju električne energije. Energetske mogućnosti ovih vodotoka prema urađenom elaboratu su 10,3 MW. Zahtjevom Ministarstva ekonomije za izradu Elaborata za priključenje malih elektrana na distributivnu mrežu na vodotocima Kutske i Mojanske rijeke, definisane su snage malih elektrana od 2.5MVA, odnosno ukupne snage 7,5 MVA.

U cilju davanja mišljenja o mogućnosti prključenja mHE –a na distributivnu mrežu, potrebno je analizirati mogućnosti optimalnog tehničkog rješenja priključka uvažavajući: stanje mreže, udaljenost malih elektrana od distributivne mreže, parametre voda, priključnu snagu male elektrane, max i min. opterećenja izvoda, kao i parametre napojne TS 110/35/10 kV Andrijevica.

Optimalno tehničko rješenje priključenja elektrane mora pomiriti zahtjeve i Operatora distributivnog sistema i korisnika mreže, te biti prihvatljivo za obje strane. Za Operatora, tehničko rješenje priključenja je prihvatljivo, ako ispunjava sledeće uslove: a) priključenjem elektrane nije narušena stabilnost pogona i raspoloživost mreže, b) parametri i okolnosti u mreži su unutar dopuštenih granica, c) tehničko rješenje je usklađeno s planovima razvoja mreže, d) njime su minimizirani negativni učinci priključenja elektrane na distributivnu mrežu, ako se priključenjem elektrane ne umanjuju stečena prava ostalim korisnicima mreže.

Za korisnika mreže tehničko rješenje priključenja je prihvatljivo, kada su ukupni troškovi priključenja minimalni uz maksimalnu raspoloživost mreže, kojom mu je omogućena neometana i neprekinuta isporuka proizvedene električne energije u mrežu za određenu priključnu snagu.

### PARAMETRI KOJI ODREĐUJU TEHNIČKO RJEŠENJE PRIKLJUČKA ELEKTRANE

Tehničko rješenje priključka elektrane na distributivnu mrežu obuhvata tehničko rješenje priključka i tehničko rješenje stvaranja uslova u mreži. Tehničko rješenje priključka elektrane podrazumijeva, da priključena elektrana ispunjava uslove primjerenog paralelnog rada s mrežom (kvalitet električne energije, proizvodnja reaktivne energije, u dozvoljenim granicama ( $\cos \phi$ ), zaštita itd.).

Tehničko rješenje priključka elektrane zavisi od više činilaca. Osnovni činoci su parametri same elektrane od kojih su najznačajni:

- priključna snaga male elektrane,
- lokacija elektrane,
- vrsta elektrane i
- broj obračunskih mjernih mjesta (OMM) na lokaciji.

Priključna snaga elektrane, uz lokaciju najviše utiče na tehničko rješenje priključka. Drugi važan činilac, o kojem zavisi tehničko rješenje priključka elektrane, je postojeća elektroenergetska mreža, sa parametrima, na koju se mala elektrana može priključiti, a koji utiču na tehničko rješenje priključka:

- konfiguracija mreže u blizini elektrane,
- raspored i priključna snaga postojećih elektrana u lokalnoj mreži,
- udaljenost mreže od planirane lokacije elektrane,

- opterećenje mreže ( dnevni dijagram opterećenja ),
- rezerve u napojnoj TS s automatskom naponskom regulacijom ( kruta mreža ),
- plan razvoja mreže i
- priključci u realizaciji.

Upoređenjem opterećenja u postojećoj mreži s priključnom snagom elektrane utvrđuje se relativni značaj elektrane u lokalnoj mreži, čime je određen intezitet uticaja elektrane na mrežu. Važno je razmotriti, postoji li u mreži razmatranoj za priključak elektrane već priključena elektrana ili se planira priključenje elektrane, jer se u tom slučaju analize i kriteriji kod donošenja tehničkog rješenja priključenja elektrane bitno usložnjavaju.

U slučaju da su za elektranu već izdati uslovi za priključenje, operator je dužan "čuvati" rezerve u mreži koja prema uslovima i tehničkom rješenju priključka datom u uslovima pripada elektrani, u roku važenja od jedne godine. Zato se elektrane s važećim uslovima tretiraju kao postojeći proizvođači.

U konkretnom slučaju Studijom o priključivanju i radu distribuiranih izvora energije u Crnoj Gori, predviđeno je na ovom izvodu priključenje mHE "Jošanica" snage 0,6MW i mHE "Kuti" snage 1MW, koje je potrebno uzeti u razmatranje. Za ove male elektrane studijom je predviđeno priključenje na izvodu Konjuhe, preko novog razvodnog postrojenja, koje je predviđeno da se gradi u mjestu Đuliće. U prostorno planskoj dokumentaciji opštine Andrijevića (Prostorni plan), predviđena izgradnja nove TS 35/10 kV Đuliće.

#### ELABORAT OPTIMALNOG TEHNIČKOG RJEŠENJA PRIKLJUČKA (EOTRP)

Opseg mreže razmatrane elaboratom, zavisi, osim od tokova snaga u lokalnoj mreži (razmatra se mreža u kojoj se osjeti uticaj elektrane), i o nadređenoj trafo stanici najbližoj elektrani s mogućnošću naponske regulacije, odnosno održavanju približno fiksnog napona, uz uvažavanje najvećeg pada napona duž voda u najranjivijem izvodu trafopodručja (u maksimumu potrošnje bez proizvodnje elektrana, ali uz minimalnu potrošnju i maksimalnu proizvodnju elektrana), čime je ograničen raspoloživi raspon naponske regulacije energetskog transformatora u nadređenoj TS. U konkretnom slučaju nadređena trafostanica je TS 110/35/10 kV Andrijevića. Mjesto priključenja budućih elektrana u slivu Kutske i Mojanske rijeke planirano je u novoj TS 35/10 kV Đuliće.

Opseg proračuna definisan je studijskim zadatkom za izradu EOTRP-a, između ostalog obuhvata proračun kratog spoja, proračun i analizu tokova snaga, (analiza strujno - naponskih prilika) razmatrane mreže u postojećem i budućem stanju, (uključujući planirane elektrane, čije je priključenje razmatrano i za koje su već urađeni elaborati), a mjesto priključenja im je u mreži obuhvaćeno ovim elaboratom za normalno i n-1 uklopno stanje za svaku razmatranu moguću varijantu priključka za slučajeve:

- a) maksimalna potrošnja elektrane, bez proizvodnje elektrane u maksimumu potrošnje,
- b) maksimalna proizvodnja elektrana, bez potrošnje elektrane u minimumu potrošnje,
- c) nagli nestanak proizvodnje (ispad elektrane pri maksimalnoj proizvodnji) u maksimumu potrošnje,

#### KRITERIJI ZA IZBOR OPTIMALNOG TEHNIČKOG RJEŠENJA

Varijanta tehničkog rješenja priključka uključuje i izbor mjesta priključenja, te mjesta i konfiguracije priključnog postrojenja a smatra se mogućim ako u razmatranim stanjima mreža zadovoljava slijedeće uslove.

a) Moguć je trajni pogon elektrane-korisnika mreže (proizvođača/kupca), odnosno snadbijevanje/preuzimanje električne energije, prema zatraženoj priključnoj snazi korisnika mreže (u oba smjera) u normalnom uklopnom stanju mreže i uz mogućnost zadovoljenja kriterija n-1 (osim izuzetnih slučajeva).

b) Strujno-naponske prilike na svim mjestima u razmatranoj mreži se zadržavaju unutar dopuštenih po Pravilima o funkcionisanju distributivnog sistema (iznosi napona,  $\cos \phi$ ), te nema preopterećenja elemenata mreže.

Kriteriji za izbora optimalne varijante priključka:

- pozitivan (ili što manji negativan) utjecaj elektrane na naponske okolnosti u mreži
- minimalni gubici u mreži (u normalnom uklopnom stanju)
- zadržavanje stečenih prava postojećih korisnika mreže
- mogućnost zadovoljenja kriterija n-1
- minimalni troškovi priključenja (priključka i stvaranja uslova u mreži)
- minimalno vrijeme realizacije priključenja (vrijeme realizacije priključka i stvaranja uslova u mreži.
- ostali relevantni tehno-ekonomski i imovinsko-pravni kriteriji koji uslovljavaju izvodivost priključka.

Na osnovu jasno postavljenih kriterijuma i utvrđene metodologije za priključivanje malh elektrana na distributivnu mrežu, urađene su analize i Elaborati o mogućnostima i uslovima priključenja mHE –a u slivu rijeka Kutska i Mojanska sa snagama definisanim u zahtjevu Ministarstva ekonomije, uvažavajući rješenja iz studije za priključenje malih elektrana "Kuti" i "Jošanica".

Analize su rađene na osnovu definisnog metodološkog procesa koji se sastoji od četiri sklopa:

- priprema modela mreže
- određenje parametara na mjestu priključenja proizvodne jedinice
- analiza tehničkih mogućnosti priključenja distribuiranih proizvodnih jedinica i
- ekonomska analiza

Model mreže je ključni element za korektnu analizu i potrebno je da prikaže stvarnu fizičku mrežu. Oblikuje se korišćenjem odgovarajuće programske aplikacije koja omogućava izvođenje analiza u prenosnoj i distributivnoj mreži.

Model mreže je rađen na osnovu topoloških i atributivnih podataka elektroenergetskih elemenata.

Za potrebe analize distribuiranih proizvodnih jedinica dovoljno je da se modeluju srednjenaponske distributivne mreže s dijelom 110 kV prenosne mreže.

Svaka promjena napona u SN mreži uzrokuje promjenu napona u NN mreži na koju je priključena većina potrošača. Zbog toga model, bez obzira na predviđen naponski nivo priključenja DI, mora obuhvatiti i NN mrežu, barem do nivoa TS 10/0.4 kV, uključujući pripadajuće distributivne transformatore i opterećenje.

Distributivnim transformatorima potrebno je odrediti odgovarajući odvojak regulacije. Pravilno podešenje odvojka ključno je za utvrđivanje stvarnih napona u NN distributivnoj mreži. Ukoliko napon nije poznat, potrebno ga je odrediti simulacijama s prosječnih opterećenja i simuliranjem automatske regulacije distributivnih transformatora u odgovarajućoj "load flow" aplikaciji.

Kod analize uticaja DI na rad distributivne mreže, još prije izvođenja analiza postavlja se pitanje, koliki je uopšte uticaj izvora s njegovom nazivnom snagom S<sub>DI</sub> na promjenu napona. U čvorištu mreže, gdje se napon zbog pogona DI minimalno promijeni, njegov uticaj možemo zanemariti. Drugim riječima ta tačka za DI predstavlja krutu mrežu s nadomjesnom impedansom  $Z_{km} = 0\Omega$ . Za električki udaljene tačke koje su topološki iza tačke krute mreže, DI u najboljem slučaju ima manji uticaj i prouzrokuje manje oscilacije.

Dopuštena granica promjene određena je kriterijumom o maksimalnoj dopuštenoj promjeni napona  $\Delta U_{tm}$  zbog rada DI u tački krute mreže. Dopuštena promjena napona  $\Delta U_{tm}$  u tački T<sub>m</sub> zbog rada DI  $\Delta U_{tm} = 0,005$ . Na osnovu određene tačke krute mreže i urađenog minimalnog modela distributivne mreže definiše se mogućnost priključenja DI na mrežu. DI se može priključiti na mrežu ukoliko se ne ugrožava pouzdanost rada i kvalitet isporuke električne energije konačnom potrošaču. To znači:

- DI u mreži ne smije prouzrokovati začepljenja
- DI ne smije bitno pogoršati naponske prilike kod potrošača.

Pošto su potrošači priključeni na 0,4kV NN mrežu, naponski kriterijum ograničava napon u NN mreži. U SN mreži dopuštena je promjena napona koja ne prekoračuje naponski kriterijum u NN mreži, koji je definisan i kreće se u dozvoljenim granicama  $0.4 \leq U_n \leq 0,42$

Studijom su analizirane mogućnosti priključenja malih elektrana "Kuti" i "Jošanica" uz modelovanje 10 Kv mreže sa izvodom Konjuhe sa usvajanjem tačke krute mreže na 110 kV starni TS 110/35/10 kV Andrijevića.

Priključenje ovih malih elektrana predviđeno je na 10 kV naponski nivo u RP Đuliće, koje bi bilo izgrađeno za potrebe priključenja ovih malih elektrana. Pored RP, za stvaranje optimalnih uslova priključenja ovih malih elektrana i zadovoljenje uslova dozvoljene promjene napona u NN mreži, koja mora biti u dozvoljenim granicama  $0,4 \leq U_n \leq 0,42$ , neophodno je uraditi rekonstrukciju i pojačanje postojeće mreže na potezu TS Andrijevića – RP Đuliće vazдушnim vodom vodom AlFe 3x70/12 mm<sup>2</sup> u dužini cca 6 km. Sa ovako urađenim pojačanjima imamo odstupanje napona malo iznad granica dovoljenog 0,423 za slučaj min potrošnja- max proizvodnja.

Analize za priključenje malih elektrana u slivu Rijeka Kutska i Mojanska na ED mrežu, rađene su na osnovu metodologije za analizu mogućnosti i uslova priključenja na ED mrežu, koja je data u Studiji o priključivanju i radu DI energije u elektro energetsom sistemu Crne Gore, koju je za potrebe Ministarstva uradio Institut „Milan Vidmar „ iz Slovenije.

Za potrebe analiza, određene su krute tačke mreže i urađeni modeli minimalne mreže za područja na kojima budući investitori namjeravaju graditi male elektrane. Modelovanje mreža rađeno je na osnovu podataka koji su dobijeni od ED Berane, za izvod Konjuhe u opštini Andrijevića. Analize mogućnosti i uslova priključenja, rađene su u programskom paketu SINCAL. Analizirana su priključenja malih elektrana za najnepovoljnija pogonska stanja: max potrošnja – min proizvodnja ; min potrošnja- max proizvodnja, uz uvažavanje rješenja datih u studiji, za priključenje malih elektrana “Jošanica” i “Kuti”.

Na osnovu urađenih analiza i dobijenih rezultata, može se konstatovati slijedeće:

Priključenje malih elektrana na vodotocima Kutske i Mojanske rijeke nije moguće na postojeću mrežu i izvod Konjuhe. Priključenjem na postojeću mrežu, naponske prilike u mreži se usložavaju i dostižu enormno visoke vrijednosti, tako da je priključenje na postojeću mrežu nemoguće. Naročito se dobijaju visoke vrijednosti napona za vrijeme minimalne potrošnje i maksimalne proizvodnje.

Analizirana je i mogućnost priključenja malih elektrana na postojeću mrežu, nakon izgradnje nove TS 35/10 kV Đuliće. Dio postojeće potrošnje sa izvoda Konjuhe :Jošanica; Kuti i Bojoviće, napaja će se iz nove TS 35/10kV Đuliće. Dobijeni rezultati iz analize za priključenje malih elektrana, na izvode postojeće potrošnje, koji se napajaju iz nove TS, su takođe visoko iznad dozvoljenih kriterija, pa priključenje malih elektrana nije moguće, a što je vidljivo iz datog primjera naponskih prilika u mreži.

Analiza priključenja malih elektrana, preko nove TS 35 /10 kV ( 2x4 ) MVA Đuliće, koja bi bila izgrađena u mjestu Đuliće, novo izgrađenim 10 kV vodovima od malih elektrana do nove trafostanice, gdje je studijom predviđena izgradnja RP 10 kV, za priključenje malih elektrana “Jošanica “ i “ Kuti”, pokazala je, da su vrijednosti analiziranih parametra u dozvoljenim granicama. Priključenje malih elektrana na 10 kV sabirnice nove TS Đuliće, pored sigurnog i kvalitetnog prenosa proizvedene električne energije, doprinosi i poboljšanju naponskih prilika u postojećoj mreži, što se vidi iz analiziranog primjera. Rješenje priključenja malih elektrana, na predloženi način je u saglasju, sa rješenjem datim u studiji za priključenje malih elektrana “Jošanica” i “Kuti”, a što je moralo biti poštovano ovim Elaboratom.

Na osnovu urađenih analiza za priključenje malih elektrana, sa različitim tehničkim rješenjima za izradu priključka i različitim mjestima priključenja, može se zaključiti, da je priključenje malih elektrana u slivu Kutske i Mojanske rijeke, novim 10kV vodovima u TS 35/10 kV Đuliće, tehnički prihvatljivo i ekonomski povoljno rješenje.

TS Đuliće 2x4 MVA sa :

- šest izvodnih 10 kV ćelija ; jedna izvodna ćelija 35 kV ; dvije transformatorske ćelije ( 35 kV i 10 kV ),
- napojni 35 kV dalekovod od TS 110/35 /10 kV Andrijevića ( provodnicima AlFe 95/15 mm<sup>2</sup>) dužine cca 6 km
- priključenje malih elektrana na Mojanskoj rijeci je kablom Al 150 mm<sup>2</sup>; ili vazдушnim vodom (provodnicima AlFe 70/12 mm<sup>2</sup> ), cca 6 km .
- priključenje malih elektrana u slivu Mojanske rijeke bilo bi izvedeno po sistemu (ulaz – izlaz), zavisno od rasporeda i lokacije malih elektrana .
- priključenje malih elektrana u slivu Kutske rijeke je kablom Al 150 mm<sup>2</sup> ili vazдушnim vodom (provodnicima AlFe 70/12 mm<sup>2</sup>) cca 7 km, takođe po sistemu ulaz-izlaz , ukoliko je opredeljenje investitora za više malih elektrana.

Za priključenje malih elektrana mogu se koristiti postojeće trase 10 kV vodova, ukoliko je opredeljenje investitora za priključenje vazdušnim vodom, što bi se u tom slučaju radili dvosistemski vodovi. Jedan sistem vodova bi služio za postojeću potrošnju a drugi sistem vodova za priključenje malih elektrana.

Procjena orijentacione vrijednosti investicije za priključenje malih elektrana na vodotocima Kutska i Mojanska Rijeka iznosila bi po stavkama.

Nova TS 35 /10 kV ,2 x 4 MVA ,	500.000
Napojni 35 kV dalekovod provodnicima AlFe 95 / 15 mm <sup>2</sup> cca 6 km	360.000
Priključni kablovski vod Al 150 mm <sup>2</sup> cca 6 km	300.000
Priključni kablovski vod Al 150 mm <sup>2</sup> cca 7 km	350.000
Ukupna procijenjena orijentaciona vrijednost radova za priključenje malih elektrana u slivu Kutske i Mojanske rijeke inosi :	1.510.000 EUR.

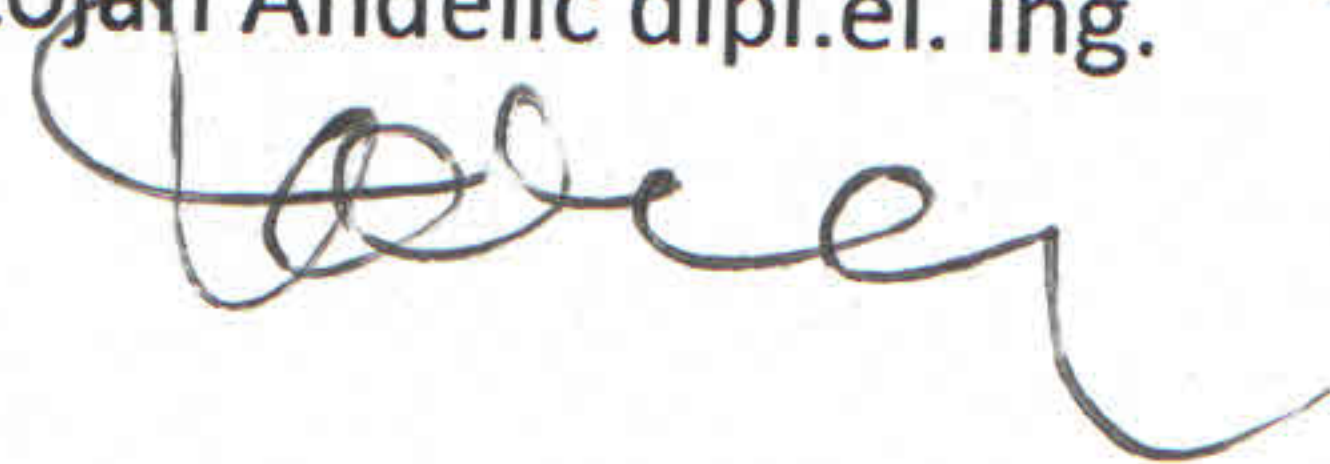
U Elaboratima su data tehnička rješenja za priključenje malih elektrana na distributivni sistem sa orijentacionim dužinama priključnih vodova i orijentacionim cijenama za priključenje malih elektrana. Napominjemo, da je kod lokalnih samouprava potrebno pokrenuti postupke za izmjene Prostornih planaova, radi obezbjeđenja koridora za izgradnju priključnih vodova.

Prilozi:

- mapa sa konceptom korištenja vodotoka iz Pilot projekta
- izvod iz Studije o priključenju iradu distribuiranih izvora energije u elektroenergetskom sistemu Crne Gore sa rješenjem priključenja mHE "Jošanica" i "Kuti"
- analize rađene u programskom paketu Sincal za različita mjesta priključenja DI i različite snage DI sa različitim parametrima vodova.

Na osnovu sprovedenih analiza i više razmatranih mogućnosti priključenja malih elektrana, uvažavajući zadate parametre i usvojene kriterijume, definisani su naponski nivoi i određena mjesta priključenja malih elektrana.

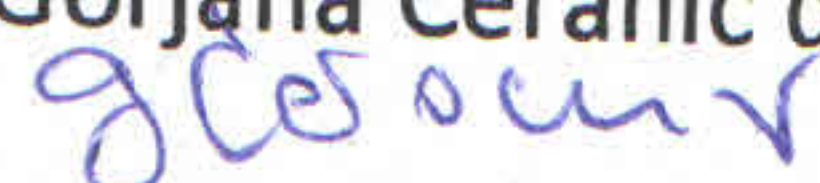
Obrađivač: Stojan Anđelić dipl.el. ing.



Služba za priključke

Šef službe

Gorjana Čeranić dipl.el.ing



Sektor za razvoj

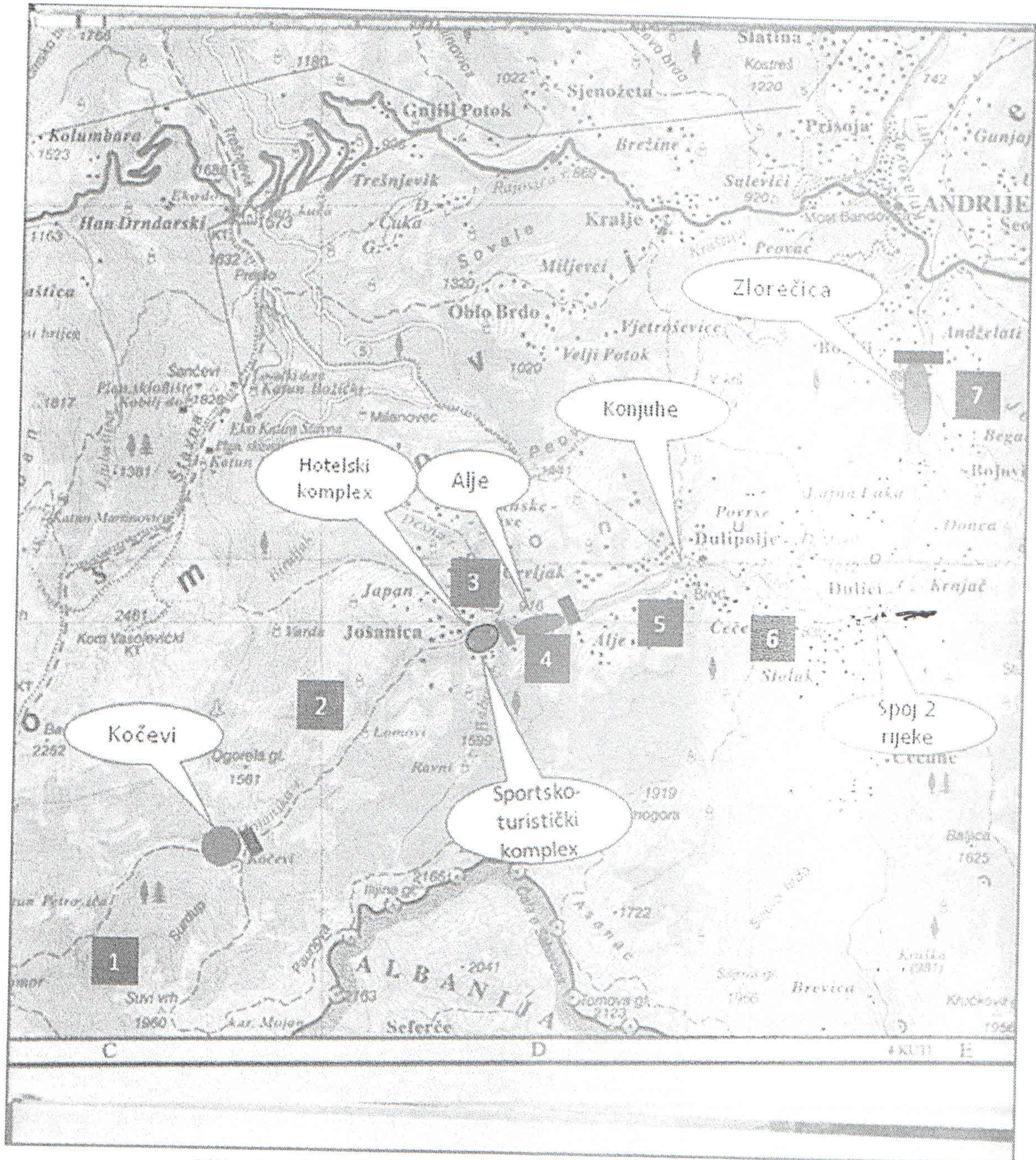
Rukovodilac sektora

Ranko Vuković dipl.el.ing



#### 4. Koncept korištenja vodotoka

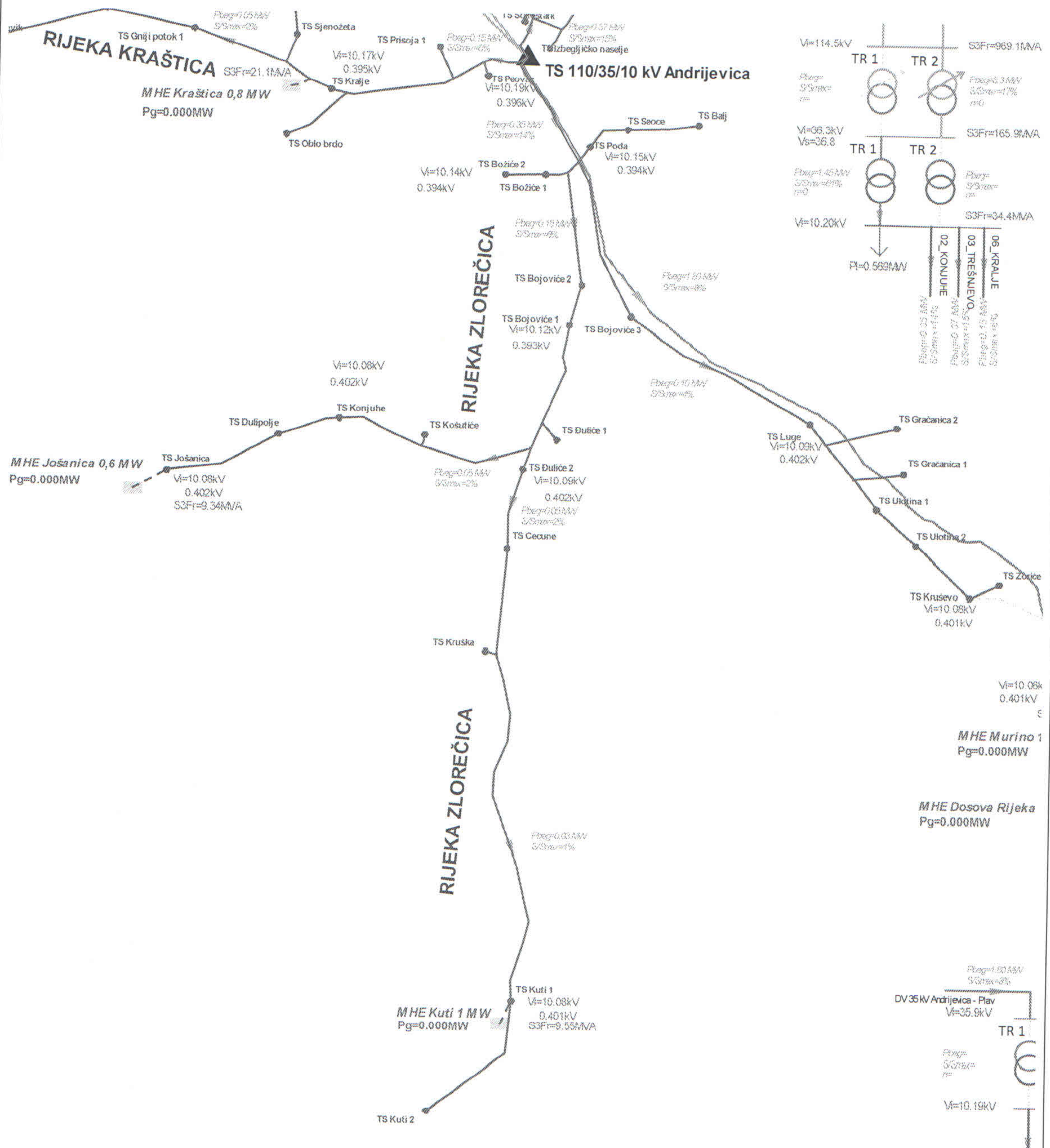
Korištenje vodotoka najviše ovisi o prirodnim uvjetima, pa ćemo s tog aspekta analizirati svaku od 7 dionica, koje su prikazane na slici 11, napominjući da su podaci s kojima u ovom trenutku raspolažemo, relativno oskudni, pogotovo što se tiče veličine protoka.



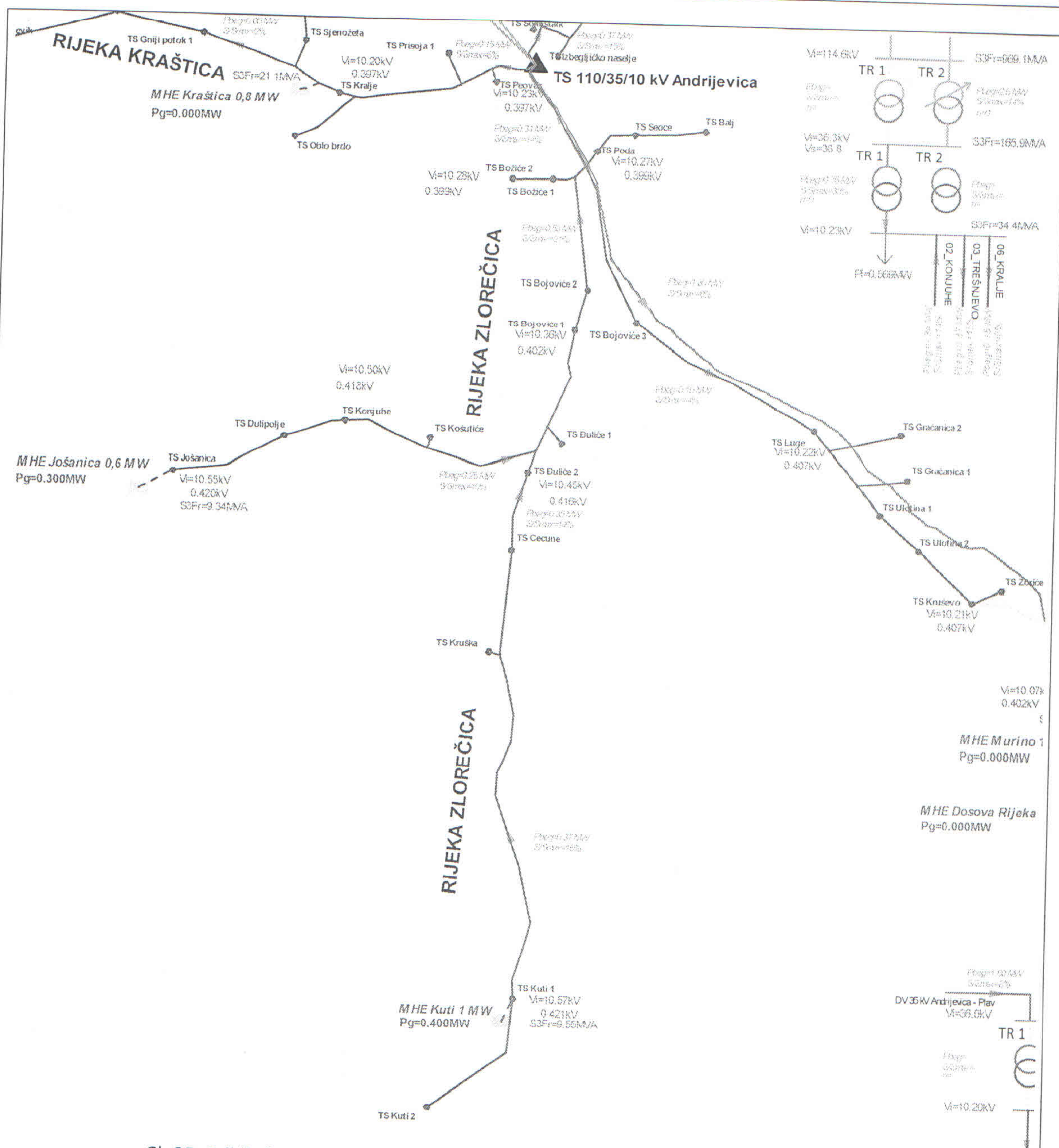
Slika 11 Mogući energetsko-privredni objekti na vodotoku

**Min potrošnja** - unutar granica kriterijuma - unutar granica kriterijuma  
(min 0,394 kV, max 0,402 kV)

Rezultati:







Sl. 25: Priklučenjem MHE na obližnju 10 kV mrežu, minimalna opterećenja, 2011.

Max gubici:	<b>1,697 MW</b>	Godišnji gubici:	<b>4554,2 MWh</b>
-------------	-----------------	------------------	-------------------

**4.b VARIJANTA A: nova rasklupna stanica RS 10 kV Đuliće**

Potrebna pojačanja:	Procjena investicije u EUR
	<b>Σ990.000</b>
- nova rasklopna stanica RS Đuliće (četiri izvodna čelje)	250.000
- rekonstrukcija napajalnog voda RS Đuliće (izvod Konjuhe od TS Andrijevica) u vazdušni vod AIFe 70/12 mm <sup>2</sup> dužine cca. 6 km)	180.000
- priključenje mHE Jošanica kroz novi izvod od RS Đuliće (kabal Al 70mm <sup>2</sup> , 6 km)	240.000

TS 35/10KV ANDRIJEVICA

2.5 MVA      2.5 MVA

JEDNOLINNA ŠEMA  
 DV10KV- IZVOD  
 KONJUHE

A-B-3 x 35 mm<sup>2</sup>- Al-Fe  
 B-C-3 x 25 mm<sup>2</sup>- Al-Fe  
 B-K-3 x 25 mm<sup>2</sup>- Al-Fe  
 A-D-3 x 25 mm<sup>2</sup>- Al-Fe  
 K-E-3 x 25 mm<sup>2</sup>- Al-Fe i K-F



STS 10/0.4KV  
 J05ANICA, 100KVA



# GEOGRAFSKI PRIKAZ PRIKLJUČENJA MHE NA ED MREŽU

ANDRIJEVICA 110/35/10 kV

ANDRIJEVICA

ĐULIĆE 35/10 kV

ĐULIĆE 10

KRALJE

Opština Andrijevica

MHE 3

MHE KUTI

MHE 1

MHE 2

Andrijevica

Murino

9

35 KV DV  
ANDRIJEVICA  
ĐULICE

TS 35/10 KV  
ĐULICE

10 KV DALEKOVOD  
ZA MHEKUTI

MHE KUTI

10 KV DALEKOVOD ZA MHE NA  
MOJANSKOJ RIJEI

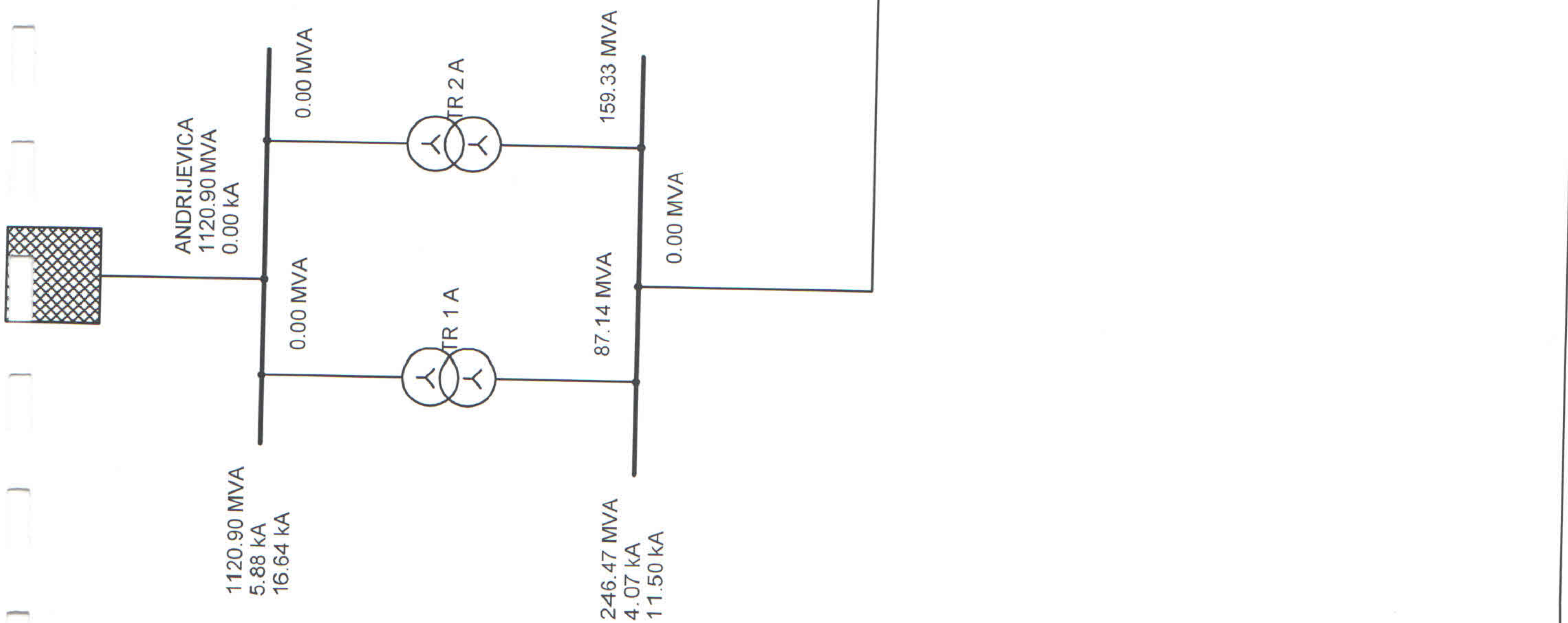
MHE 2

MHE 3

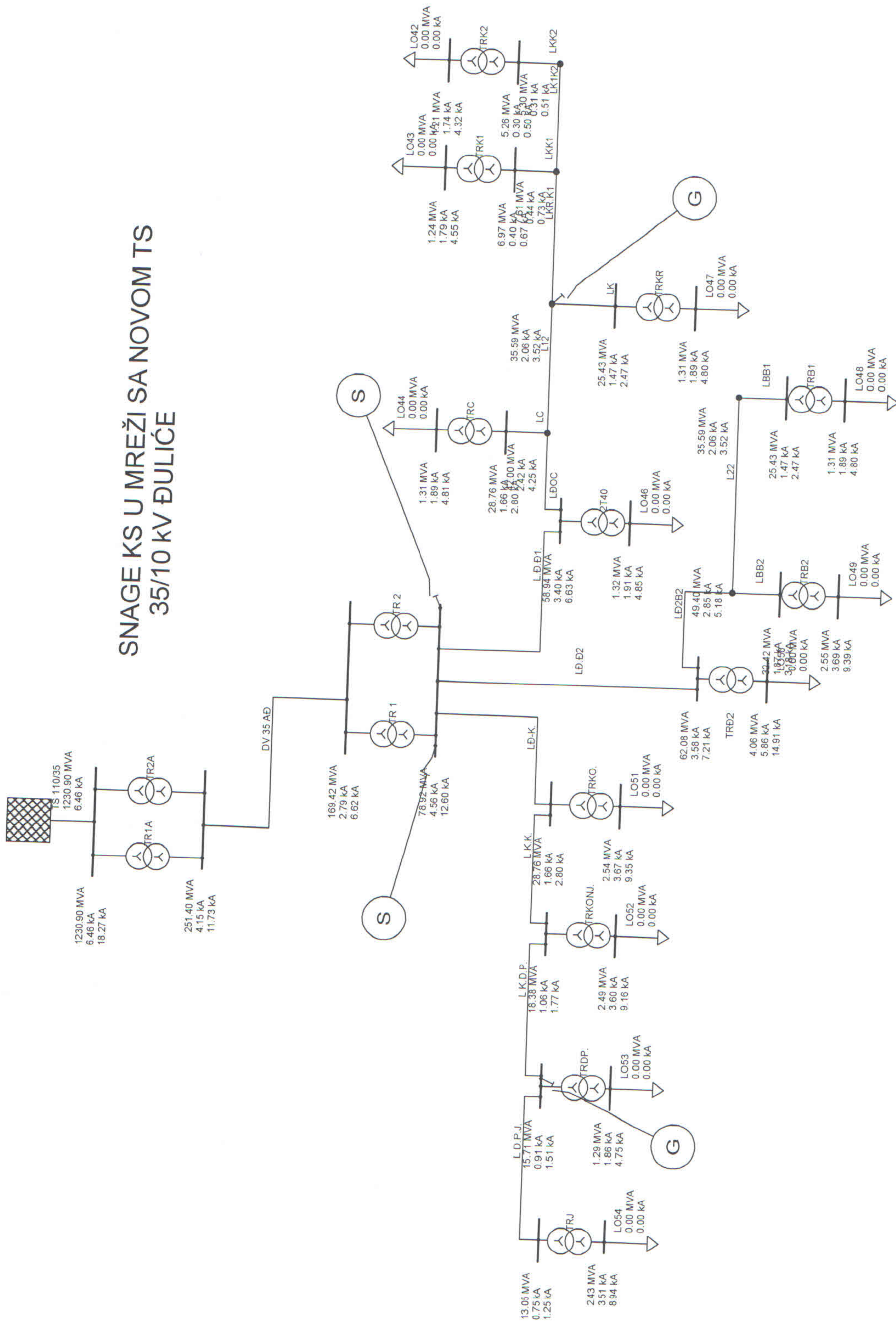
MHE 1



# PRORAČUN SNAGA KS U TS 35/10 ĆU LIĆE



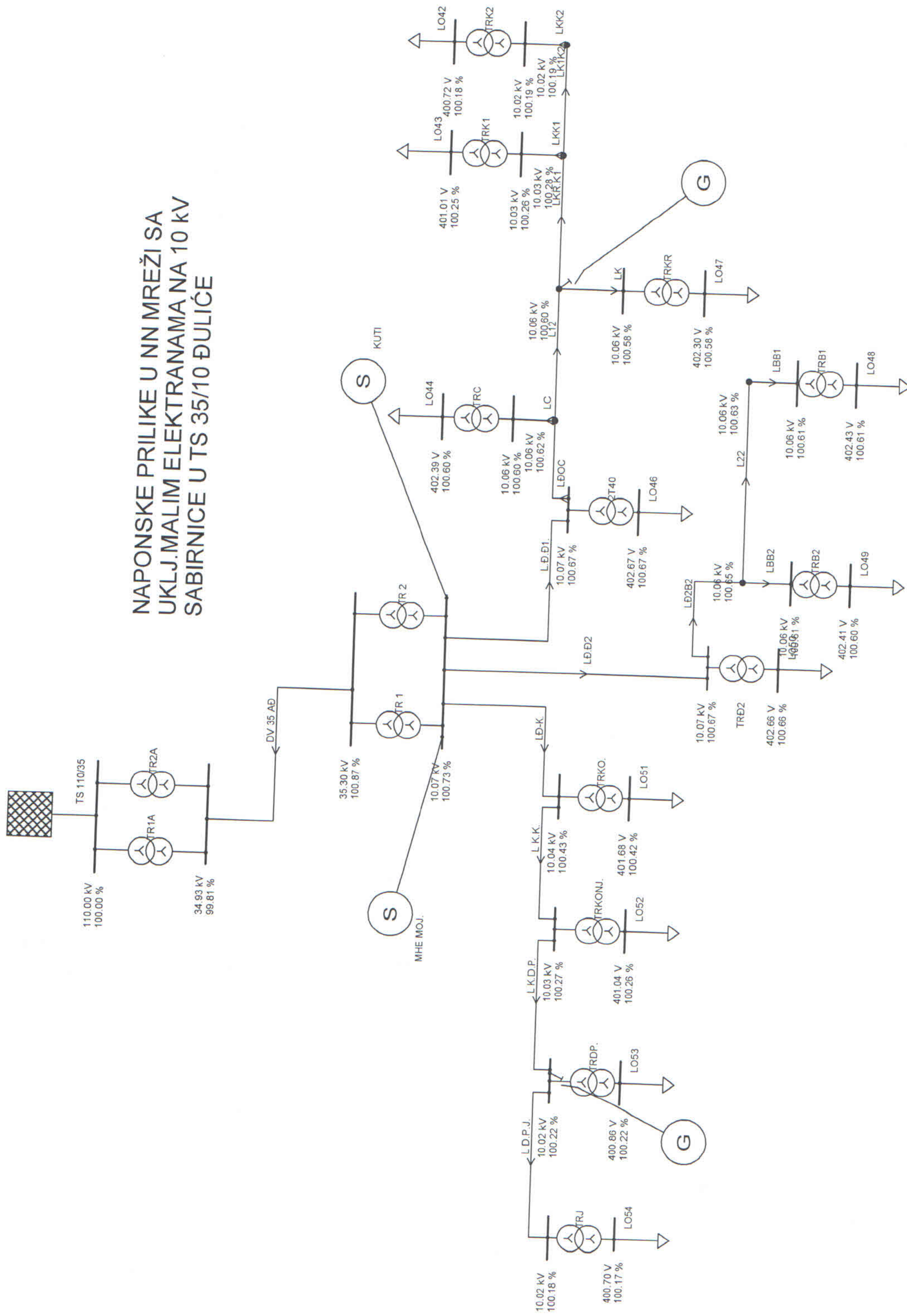
# SNAGE KS U MREŽI SA NOVOM TS 35/10 KV ĐUČIĆE







NAPONSKE PRILIKE U NN MREŽI SA  
UKLJ.MALIM ELEKTRANAMA NA 10 KV  
SABIRNICE U TS 35/10 ĐUĹIĆE



NAPONSKE PRILIKE U NN MREŽI SA PRIKLJUČENIM MALIM  
ELEKTRANAMA NA POSTOJEĆU MREŽU, IZVODI KUTI I MOJANSKA  
NOVA TS ĐULIĆE

