

University of Split Faculty of Electrical Engineering, Mechanical Engineering and Naval Architecture



OPTIMALNO PLANIRANJE RAZVOJA DISTRIBUCIJSKIH MREŽA BAZIRANO NA MJEŠOVITOM CJELOBROJNOM LINEARNOM PROGRAMIRANJU

Damir Jakus, Josip Vasilj,
Barbara Matić, Maro Kalinić



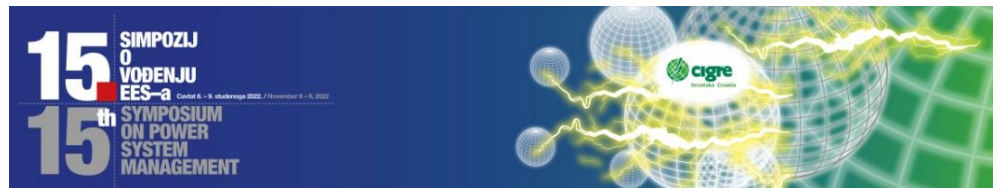
Planiranje razvoja DM

○ Zadatak planiranja distribucijske mreže:

- Optimalno dimenzioniranje komponenti za pouzdan rad DM
- Ispunjenje parametara kvalitete električne energije
- Učinkovito iskorištavanje postojeće mreže te koordinacija planova razvoja DM i PM
- Osigurati sve navedeno na troškovno učinkovit način

○ Kriteriji planiranja distribucijske mreže srednjeg napona:

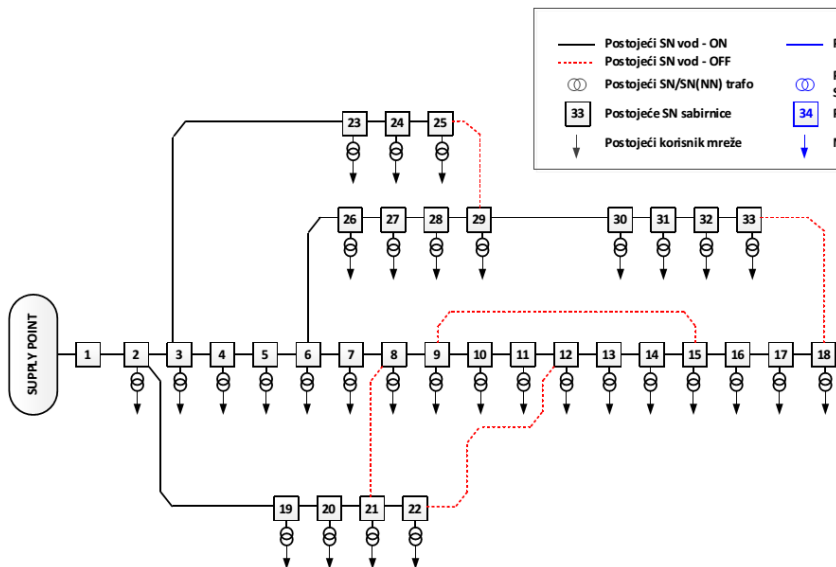
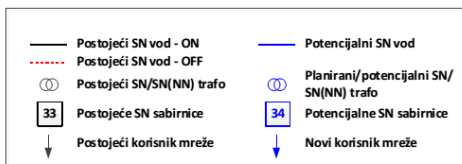
- **Tehnički:** dopuštena opterećenja elemenata DM, dopuštena naponska odstupanja, indikatori pouzdanosti napajanja,...
- **Ekonomski:** usporedba različitih planova razvoja DM temeljem izračuna neto sadašnje vrijednosti metodom diskontiranja novčanih tokova;
- **Kriteriji za obnovu distribucijske mreže:** starost elemenata DM, postupna zamjena naponske razine 10kV s 20kV,...



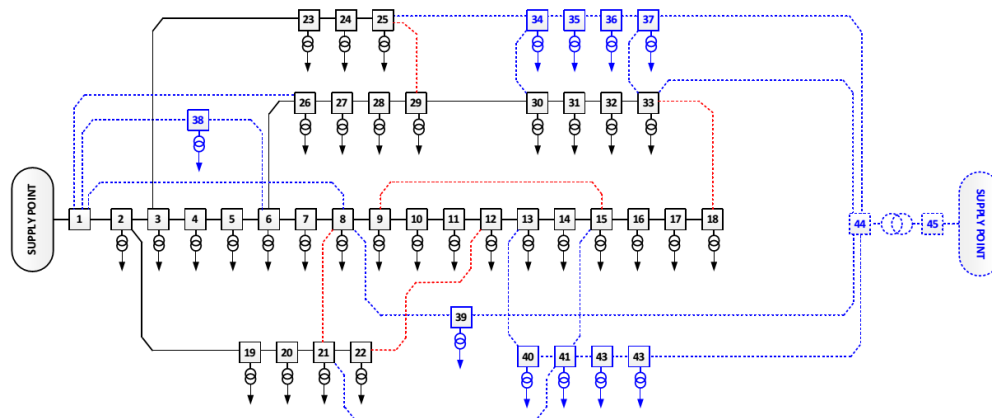
Planiranje razvoja DM - primjer

POSTOJEĆE STANJE MREŽE

Legenda:

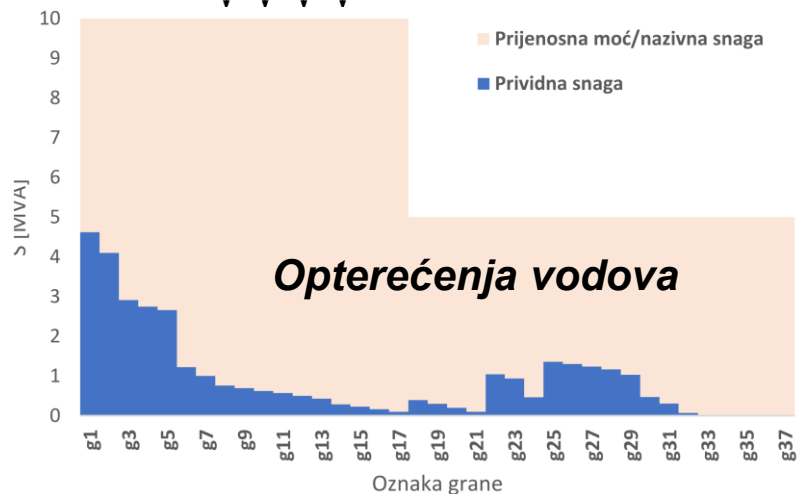
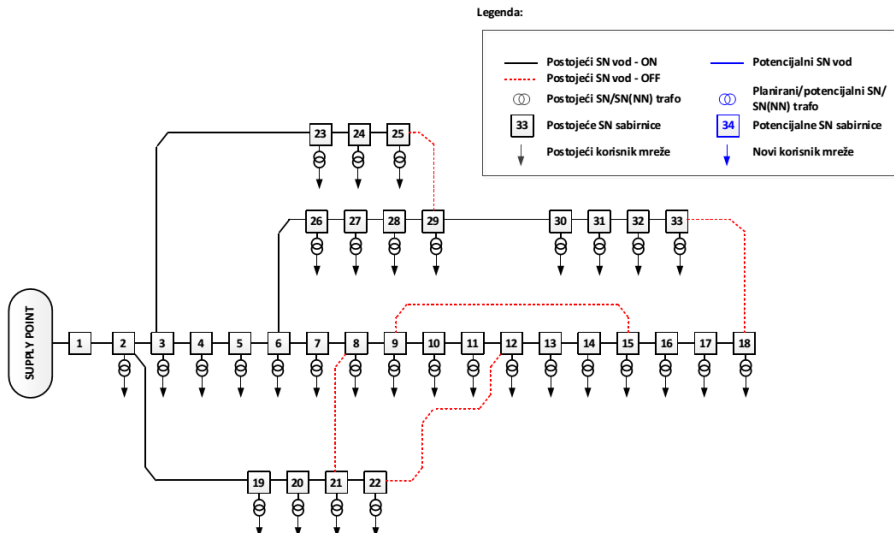


NOVI KORISNICI MREŽE TE RAZLIČITE OPCIJE PRIKLJUČKA



Planiranje razvoja DM – primjer

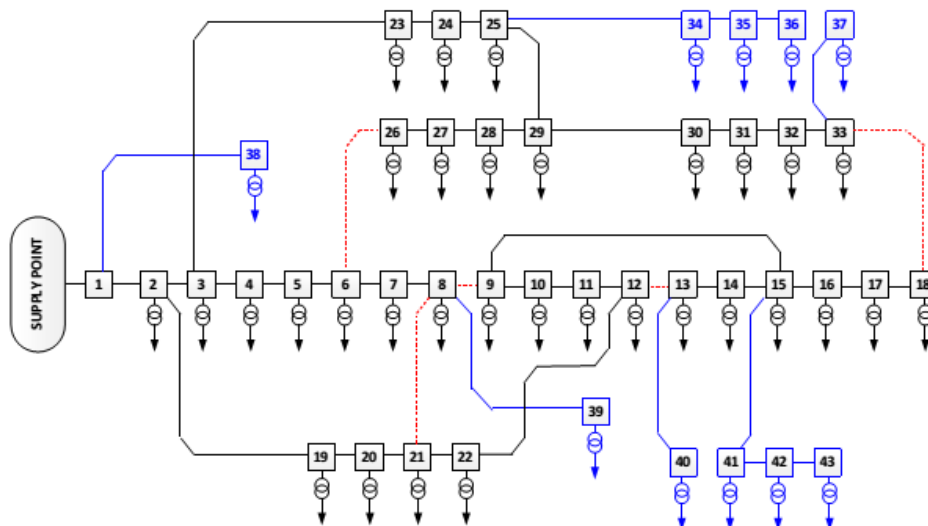
-analiza postojećeg stanja-



Naponski profil – vršno opterećenje



Planiranje razvoja DM – rezultati

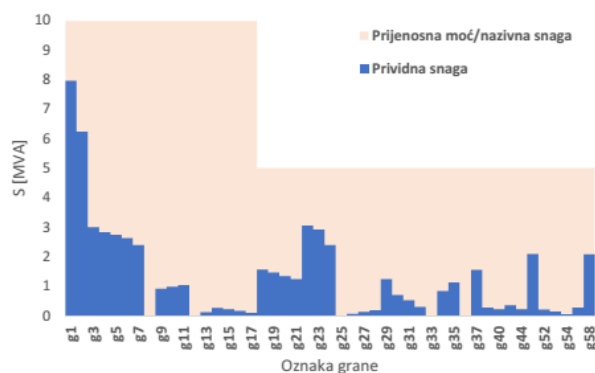
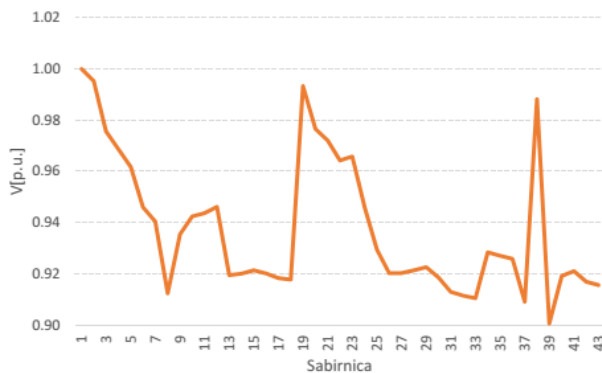


Postojeća mreža

Poč. čvor	Kraj. čvor	Status ON=1/OFF=1
1	2	1
2	3	1
3	4	1
4	5	1
5	6	1
6	7	1
7	8	1
8	9	1 => 0
9	10	1
10	11	1
11	12	1
12	13	1 => 0
13	14	1
14	15	1
15	16	1
16	17	1
17	18	1
2	19	1
19	20	1
20	21	1
21	22	1
3	23	1
23	24	1
24	25	1
6	26	1 => 0
26	27	1
27	28	1
28	29	1
29	30	1
30	31	1
31	32	1
32	33	1
32	33	1
8	21	0
9	15	0 => 1
12	22	0 => 1
18	33	0
25	29	0 => 1

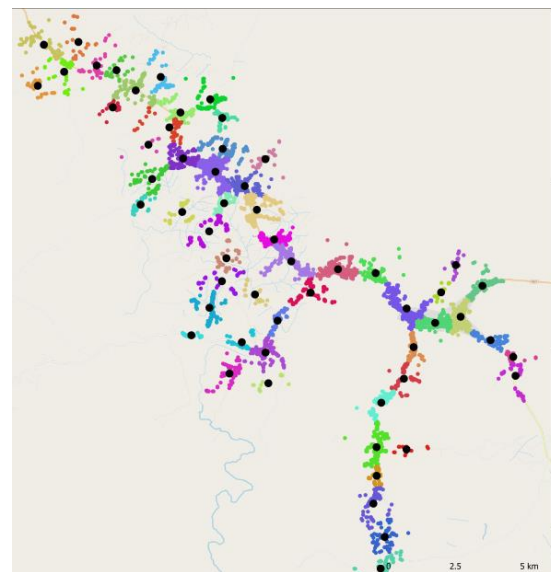
Novi dio mreže

Poč. čvor	Kraj. čvor	Status ON=1/OFF=1
34	35	1-new
35	36	1-new
25	34	1-new
33	37	1-new
8	39	1-new
41	42	1-new
42	43	1-new
13	40	1-new
15	41	1-new
1	38	1-new



Q.1. Kako se za potrebe planiranja određuju vrijednosti ulaznih podataka - lokacije novih TS SN/NN i njihova opterećenja, te skup planiranih (novih) SN vodova?

- Lokacije novih TS SN/NN unose se u model temeljem priključnih zahtjeva novih većih korisnika odnosno analizom postojećeg stanja u mreži temeljem kojeg je moguće detektirati postojeća područja u kojima dolazi do visokog opterećenja postojećih TS SN/NN. Moguća je djelomična automatizacija kroz npr. klasteriranje potrošačkih čvorišta, međutim i kroz takve postupke uglavnom se dobije samo načelna indikacija.
- Skup planiranih(novih) SN vodova definira planer uvažavajući pri tom prostorna/vlasnička ograničenja. Skup SN dionica koje su kandidat za pojačavanje/zamjenu također definira planer, a algoritam automatski izabire optimalna pojačanja u mreži pri tom odbacujući ona koja nisu nužna s obzirom na očekivane prilike u mreži.
- U dijelu izbora trasa novih SN kabela, postupak definiranja trasa za nove kabele može se u određenoj mjeri automatizirati preklapanjem s drugim izvorima podataka poput OSM.



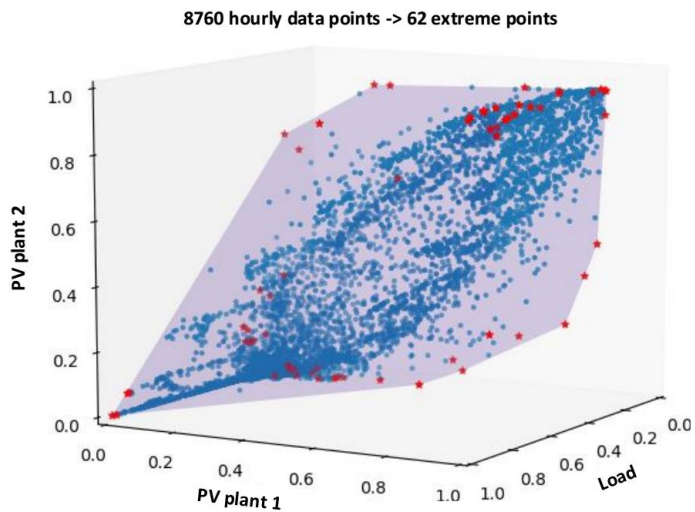
Q.2. Kako bi se u ovakvom modelu mogli uzeti u obzir distribuirani izvori priključeni na distribucijsku mreži i da li bi onda bilo dovoljno vrednovati (analizirati) samo vršni konzum (potrošnja)?

- Čak i u osnovnoj varijanti koja podrazumijeva pasivne DM **bolje je uvažiti više scenarija potrošnje** (primjerice kroz diskretizaciju krivulje trajanja potrošnje) budući da se u tom slučaju **u funkciju cilja mogu uključiti i troškovi nabavke energije za pokriće gubitaka**.
- **U slučaju priključka DI**, za potrebe planiranja u mogući skup pojačanja/nadogradnje mreže bilo bi **potrebno unijeti moguće varijante priključka za svaki od DI**, pri čemu bi **algoritam** na automatski način **odabrao optimalnu varijantu priključka** minimizirajući troškove razvoja na razini cijele razmatrane DM.
- U slučaju priključka DI potrebno uvažiti više različitih scenarija. **Ključno osigurati dobru reprezentativnost prilika u mreži (uz relativno malo različitih scenarija)**, a s druge strane uvažiti i ekstremne situacije koje se realno mogu pojaviti u mreži.

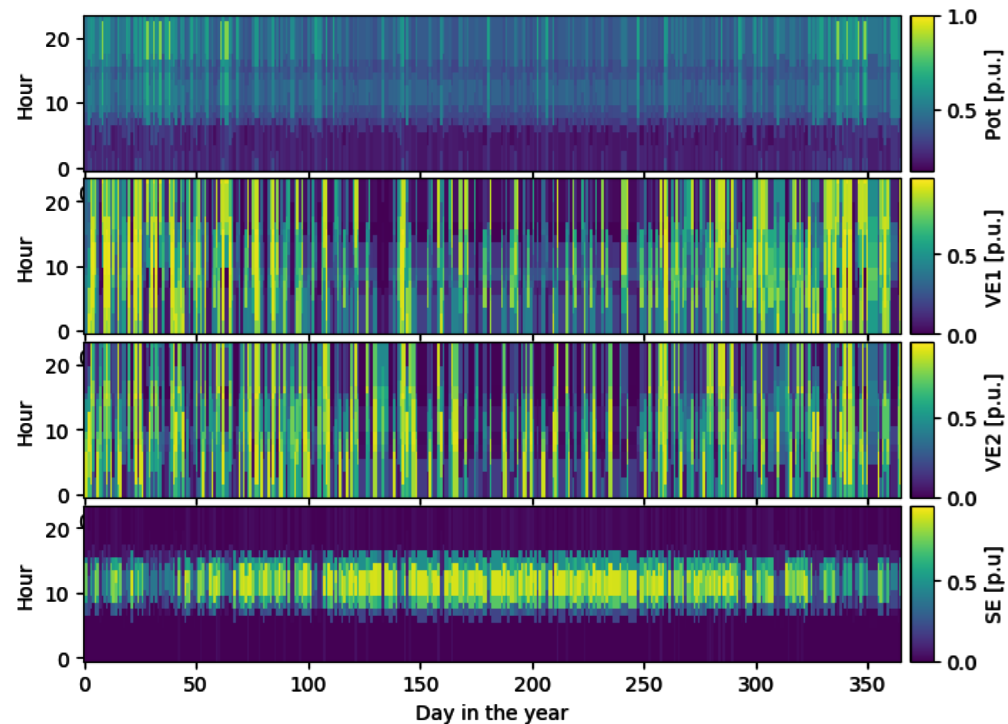
Q.2. Kako bi se u ovakvom modelu mogli uzeti u obzir distribuirani izvori priključeni na distribucijsku mreži i da li bi onda bilo dovoljno vrednovati (analizirati) samo vršni konzum (potrošnja)?

Reduciranje scenarija

Detekcija ekstremnih pogonskih točaka



Reduciranje scenarija



Q.3. Koliko je vrijeme izvođenja algoritma na najvećem testnom primjeru kojeg ste analizirali?

- Općenito **problem optimalnog razvoja distribucijskih mreža** predstavlja **složeni optimizacijski model** koji osim utvrđivanja optimalnog plana razvoja (investicija u nove vodove/transformatore ili zamjenu postojećih, investicija u nove pojne točke,..) optimira topologiju postojeće/nove mreže (**rekonfiguracija DM**) pri tom uvažavajući radikalnost pogona i povezanost mreže. U tom smislu, problem je dosta **složeniji od primjerice razvoja prijenosne mreže**.
- Samo **vrijeme rješavanja**, iako može biti poprilično, **u pravilu i nije toliko presudno** s obzirom da se ne radi o operativnim odlukama već strateškom planiranju razvoja.
- **Vrijeme izvođenja ovisi o brojnim faktorima**: u prvom redu ovisi o broju binarnih varijabli koje se odnose na postojeće grane koje se mogu uključivati/isključivati, broj novih vodova/transformatora koji se razmatraju, broju potencijalnih novih pojnih točaka) , postavljenom pragu konvergencije (MIP gap), zadanoj početnoj točki, načinu linearizacije jednadžbi tokova snaga, broju scenarija kojima se modelira potrošnja/proizvodnja,...



Q.4. Je li korektno za potrebe planiranja SN mreža koristiti granice napona u iznosu +/- 10%?

- Prema normi HRN EN 50160:2012, dopuštena odstupanja napona u distribucijskoj mreži srednjeg i niskog napona su:
 - Trajno dopušteno odstupanje napona na mjestu priključka korisnika distribucijske mreže: nazivni napon $\pm 10\%$,
 - Dopušteno odstupanje napona na mjestu priključka korisnika distribucijske mreže za vrijeme trajanja poremećaja: nazivni napon $+10\% / -15\%$.
- U postupku planiranja razvoja distribucijske mreže koriste se drugačija dopuštena odstupanja napona od onih definiranih normom HRN EN 50160:2012 za pogon mreže, tako je dopušteni pad napona u mreži 10(20) kV u postupku planiranja:
 - $\pm 8\%$ u normalnim pogonskim prilikama
 - $\pm 12\%$ u izvanrednim pogonskim prilikama
- Ove vrijednosti uvažavaju pričuvu spram zahtjeva norme HRN EN 50160:2012 i uzimaju u obzir mogućnosti regulacije napona u transformatorskim stanicama 110/SN, 35/SN i SN/NN, a ne vrednuju utjecaj elektrana u paralelnom pogonu s distribucijskom mrežom.





Zahvaljujemo na pažnji !

- Damir Jakus
FESB
damir.jakus@fesb.hr
- Barbara Matic
FESB
barbara.matic.00@fesb.hr
- Josip Vasilj
FESB
jvasilj@fesb.hr
- Maro Kalinić
HEP Proizvodnja
maro.kalinic@hep.hr

