

# ANALIZA GUBITAKA OGRANAKA EPS DISTRIBUCIJA PRIMENOM STATISTIČKIH METODA

Branislav Radović  
Nenad Stanković

## KRATAK SADRŽAJ

Razdvajanjem delatnosti isporuke električne energije od snabdevanja i osnivanjem operatora distributivnog sistem, gubici električne energije postaju predmet posebnih razmatranja. Gubici direktno utiču na smanjenje troškova i povećanje neto prihoda od pristupa distributivnom sistemu. Brojni faktori utiču na gubitke električne energije i njihova složena međuzavisnost otežava kvantifikaciju uticaja svakog faktora pojedinačno. Cilj ovog rada je da se gubici razmatraju primenom statističkih metoda. Polazni podaci su raspoloživa godišnja i mesečna energija i isporučena energija po mesecima za svaki ogranak kao vremenska serija u periodu od 2008 do 2017. Analiziran jedugoročni trend promene godišnjih gubitaka. Primenom regresione analize ispitaće se postojanje statistički linerane korelacije promene mesečnih gubitaka sa promenom raspoložive energije za svaki ogranak. Ocena reprezentativnosti regresionog modela za svaki ogranak utvrdiće se na osnovu koeficijenta detreminacije. Detaljno je analizirana funkcija procenta mesečnih gubitaka u godini za tri godine. Pretpostvaljena je i ispitana hipoteza da je procenat godišnjih gubitaka u pozitivnoj linernoj korelaciji sa rasponom procenta mesečnih gubitaka. Ispitana je statistička značajost koeficijenta regresije primenom Studentovog T-testa. Rezultati radaće omogućiti da se ogranci rangiraju i grupišu po različitim kriterijumima. Dat je predlog za način ocene kvaliteta očitavanja mernih mesta. Rezultati analize mogu se koristiti i primenjivati kod dugoročnih i kratkoročnih sagledavanja problematike gubitaka, kao i u oceni rezultata planiranja gubitaka ogranaka. Puna upotrebljivost rezultata analize je u kombinaciji sa rezultatima primene metoda za utvrđivanje godišnjih i mesečnih tehničkih gubitaka električne energije. Predloženi su pravci narednih istraživanja.

**Ključne reči:** gubici električne enrgije, regresiona analiza, koeficijent determinacije, t-test

## THE ANALYSIS OF LOSSES OF BRANCHES OF EPS DISTRIBUCIJA BY APPLICATION OF STATISTICAL METHODS

### ABSTRACT

By unbundling of the activity of electrical delivery from supply, as well as by establishing the distribution system operator, electrical losses become the subject of special considerations. The losses directly influence on reducing the costs and increasing the net income from access to distribution system. Numerous factors influence on electrical losses, but their complex interdependence makes it difficult to quantify the influence of each factor individually. The aim of this paper is to consider the losses by application of statistical methods. Starting data are available annual and monthly energy and annual losses and the losses per month for each branch as time series. The long-term trend of change in annual losses has been analysed. The existence of a statistically linear correlation of the change in monthly losses with the change of available energy has been examined using the regression analysis for each branch. The assessment of representativeness of regression model for each branch will be determined on the basis of coefficient of determination. The function of the percentage of monthly losses in years was analyzed in detail for three years for each branch. The hypothesis that the percentage of annual losses is in a positive linear correlation with the range of monthly loss rates is assumed. Statistical significance of regression coefficient has been tested by the application of Student's t-test. The result of the paper enable that the branches to be ranked according to different criteria. The proposal for a method for assessing the quality of reading measuring device on an annual basis has been explained. The results of the analysis can be used and applied in long-term and short-term perception of issues of losses, as well as in the assessment of results of planning the losses of the branches. The full usefulness of the results of the analysis is combined with the results of the application of methods for determining the annual and monthly technical electrical losses. The directions of further research are proposed.

**Key words:** electrical losses, regression analysis, coefficient of determination, t-test,

Banislav Radodović , email [branislav.radovic@epsdistribucija.rs](mailto:branislav.radovic@epsdistribucija.rs), mob 0648372050  
Nenad Stanković , email [nenad.s.stankovic@epsdistribucija.rs](mailto:nenad.s.stankovic@epsdistribucija.rs), mob 0648372410

## UVOD

Predmet ovog rada jesu ukupni godišnji i mesečni gubici električne energije ogranaka EPS distribucija u periodu 2008 do 2017 godine. Trenutna praksa planiranja, analiziranja i praćenja ostvarenja plana gubitaka električne energije zasnovana je na ukupnim godišnji gubicima, zbog čega nije bilo moguće razdvojeno analizirati tehničke i komercijalne gubitke, već samo primeniti statističke metode na ukupnim gubicima. To naravno značajno umanjuje korisnost i primenjivost dobijenih rezultata analize, ali sigurno doprinosi da se stručno preispita pristup planiranju gubitaka po ogranacima, kao i da se kritički sagledaju dobijeni rezultati i oceni mogućnost primene pojedinih zaključaka.

U prvom delu rada analiziran je procenat ukupnih gubitaka u period od deset godina i analizirana je njegova dinamika sa ciljem identifikovanja ogranaka sa različitom dinamikom smanjenja gubitaka. Osnovno razvrstavanje ogranaka po pitanju uspešnosti dugoročnog smanjenja gubitaka izvršena je na osnovu prosečne stope smanjenja procenta godišnjih gubitaka. Zbog velike različitosti ogranaka prikazana su dva karakteristična ogranka po pitanju ostvarenja rezultata smanjenja gubitaka.

U drugom delu rada je analizirana korelacija mesečnih gubitaka sa raspoloživom energijom i statistički je ispitana osnovanost, u praksi česte primene, linearnog modela korelacije. U ovom delu je ukazano da je kvalitet podataka o isporučenoj energiji ograničavajući faktore primene statističkih analiza.

U drugom delu rada detaljno su analizirani mesečni gubici po ogranacima u poslednje tri godine. U ovom delu se došlo do značajnih zaključaka za koje autori pretpostavljaju da mogu imati primenjivost kod ocene kvaliteta godišnjeg očitavanja isporučene energije , kao i mogućnost primene za prve grube projekcije procene godišnjih gubitaka nakon isteka prve polovine godine. Iz tih razloga je u trećem delu statistički testirana hipoteza da postoji statistički značajna pozitivna linearna korelacija između godišnjih gubitaka sa rasponom mesečnih gubitaka. Detaljno je prezentovano statističko testiranje upotrebom t- testa za proveru navedene hipoteze. Utvrđena linearna zavisnost je grafički prikazana na uzorku od 27 ogranaka.

U zaključku su navedeni relevantni rezultati dobijeni analizom, kao i argumenti koji ukazuju na nužnost promene pristupa kod planiranja gubitaka i navedeni su pravci narednih analiza.

Treba istaći da je analizom obuhvaćeno 26 ogranaka i distributivno područje Beograda kao jedna celina. Jedan ogranak je izuzet iz razmatranja jer veličina iskazanih gubitaka od preko 30 % ukazuje da verovatno ima nedostatak sa ulaznim bilansnim podacima o raspoloživoj i isporučenoj energiji što bi onemogućilo izvođenje validnih statističkih zaključaka. Treba istaći da su posebnu vrstu teškoća u razmatranju predstavljale organizacione promene promene kod pojedinih poslovnica i ogranaka, kao i promene pripadnosti pojedinih delova konzuma različitim organizacionim jedinicama tokom vremena. Naime, pojedini pogoni i ogranci menjali su svoj status tako da je otežano bilo organizovati podatke koji se koegzistentno odnose tokom 10 godina na isti konzum. Organizacija podataka na istovetan način svih ogranaka zahtevala je dosta rada s obzirom da su podaci o raspoloživoj i isporučenoj energiji tokom 10 godina na različit način organizovani. U radu je primenjen dosledan princip, da su dobijeni podaci o raspoloživoj isporučenoj energiji osnova za sva izračunavanja i smatrani kao tačni, tako da sva eventualna manja odstupanja o gubicima koja su uočena nisu usaglašavana sa dobijenim podacima. Takođe, treba istaći da je samo jednom izvršena korekcija isporučene energije gde su iskazani mesečni gubici negativni, najverovatnije zbog neočitavnja u tom mesecu i pogrešno izvršene procene u tom mesecu. U svim drugim slučajevima nije vršena nikakva korekcija i pored uočenih nelogičnosti u smislu izuzetno niskih ili pak visokih gubitaka u pojedinim mesecima za pojedine ogranke. S obzirom na obimnost podataka 10 godina, 12 meseca za 28 ogranaka, zatim raspoloživa energija, isporučena energija, apsolutni gubici i procenat gubitaka u radu su prezentovani samo najrelevantniji podaci kako ulazni tako i oni koji se odnose na zaključke.

Navedene napomene i metodološki korektna postupanja u analizi dosledno je sprovedeno i provereno za ogranke na konzumnom području Vojvodine tokom svih 10 godina, dok su za ostala područja autori mogli da se oslone samo na osnovu dobijenih podataka.

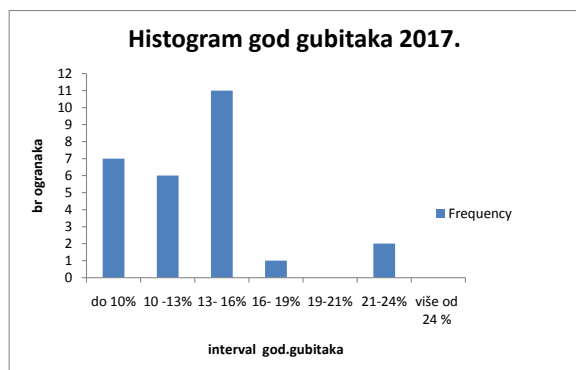
## 1. ANALIZA NIVOVA GODIŠNJIH GUBITAKA OGRANAKA I NJEGOVOG TRENDA

Detaljna analiza trenda gubitaka svakog ogranka tokom deset godina prevazišla bi dozvoljeni obim ove anlike zbog čega se prezentuju rezultati koji će jasno ukazati kod kojih ogranaka postoji stabilan trend smanjenja ukupnih gubitaka, kod kojih ne postoji , i navedena su samo karakteristična zapažanja za pojedine ogranke. U tabeli 1 su prezentovani procenti godišnjih gubitaka za svih 27 ogranaka ODS-a u periodu 2008.- 2017.

ogranak	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	pros. vred.
OG1	13.10	14.45	14.08	12.83	11.84	11.12	10.21	10.02	9.65	9.21	11.65%
OG2	12.68	13.70	13.41	12.56	11.55	10.76	9.30	9.38	9.04	8.82	11.15%
OG3	13.14	14.27	14.42	13.14	12.29	11.25	10.49	10.78	10.38	10.25	12.06%
OG4	14.22	15.20	14.77	13.93	12.85	12.39	12.28	12.23	11.78	10.87	13.10%
OG5	14.32	15.42	15.15	13.52	12.48	12.23	11.29	10.84	10.44	9.92	12.63%
OG6	12.63	13.24	12.67	12.40	11.90	10.78	10.51	10.15	9.77	8.90	11.21%
OG7	12.64	12.63	12.42	11.60	11.00	9.97	9.38	8.89	8.57	8.28	10.51%
OG8	25.46	24.74	26.04	28.60	27.25	25.61	24.94	23.97	21.27	21.17	24.91%
OG9	9.11	8.30	7.84	8.36	8.40	8.07	7.85	7.62	7.23	7.39	8.00%
OG10	10.98	9.88	9.72	10.20	10.29	9.58	9.31	8.99	7.51	7.79	9.38%
OG11	19.29	20.32	20.42	20.09	19.68	18.02	17.79	16.80	15.68	15.96	18.44%
OG12	21.13	20.50	19.28	19.69	18.76	16.82	16.97	16.81	15.18	14.48	17.95%
OG13	27.21	27.46	26.55	26.34	26.01	25.06	25.72	23.31	21.61	23.23	25.25%
OG14	16.32	16.61	16.64	16.61	15.70	18.69	18.38	15.63	14.95	14.16	16.36%
OG15	18.17	18.03	17.22	16.05	15.79	16.49	15.51	14.55	13.72	13.51	15.94%
OG16	19.67	20.46	21.00	20.73	19.52	19.47	20.35	18.93	17.21	16.77	19.45%
OG17	14.66	15.24	15.95	14.05	14.20	14.71	15.12	14.51	12.99	12.99	14.46%
OG18	14.34	15.14	15.67	15.37	15.08	14.30	14.08	14.64	13.32	13.66	14.55%
OG19	12.29	14.16	13.98	13.77	13.46	13.77	13.12	13.58	12.17	12.59	13.29%
OG20	13.83	14.89	13.34	13.66	13.41	13.36	14.29	15.15	13.70	13.19	13.88%
OG21	16.49	16.88	16.92	15.74	16.45	15.34	14.95	14.40	13.72	13.94	15.46%
OG22	13.33	14.08	13.74	13.00	14.00	15.12	13.69	14.65	14.15	13.97	13.96%
OG23	14.91	14.08	13.85	12.30	12.28	12.44	11.59	11.78	11.03	11.19	12.51%
OG24	12.36	13.99	14.00	13.76	14.07	14.68	13.47	14.40	13.86	13.60	13.80%
OG25	13.29	14.15	14.30	13.92	13.84	12.89	12.15	12.59	12.71	13.17	13.30%
OG26	8.59	8.88	7.77	7.42	7.72	17.01	15.43	15.18	14.15	14.01	10.23%
OG27	19.61	18.66	18.45	17.05	16.59	16.65	15.73	16.50	12.67	12.33	16.29%

Jasno se uočavaju značajne razlike nivoa godišnjih gubitaka kod pojedinih ogranaka, što najbolje ilustruje da je minimalna prosečna vrednost godišnjih gubitaka kod OG 9 iznosi 8,00 % dok najveću srednju vrednost ima OG 13 od 25,25 %. Isti ogranaci imaju najmanje i najveće iskazan procenat gubitaka u 2017 u iznosu od 7,39 % i 23,23% respektivno.

Izvršena je analiza raspodela broja ogranaka u zavisnosti od visine godišnjih gubitaka za 2017 godinu. Histogram je prezentovan slikom 1, a relativna učestanost za raspodelu po intervalu od 3 % gubitaka i tabelom 2.



Sl.1 Histogram br ogranaka po visini gubitaka u 2017

Tab.2 Raspodela br ogranaka po % god. gubitaka u 2017

interval	Učestanost	Rel učestanost
do 10%	7	25,9%
10 -13%	6	22,2%
13- 16%	11	40,7%
16- 19%	1	3,7%
19-21%	0	0,0%
21-24%	2	7,4%
više od 24 %	0	0,0%
<b>UKUPNO</b>	<b>27</b>	<b>100,0%</b>

Statistika godišnjih gubitaka za 2017 godinu jasno ukazuje da postoje tri dominantne grupe ogranaka, najbrojnija sa učestvom od preko 40% ogranaka kod kojih su gubici 13-16%, druga grupa kojoj pripada 26% ogranaka sa gubicima ispod 10% i treća grupa u kojoj učestvuju 22% ogranaka sa gubicima od 10 do 13%. Dva ogranka imaju gubitke preko 21%, za koje dodatno treba proveriti bilansne podatke.

Ovo jasno ukazuje da se stručno planiranje i precizno zadavanje veličine smanjenja gubitaka po ograncima ne može kvalitetno da se definiše samom osnovu analize ukupnih gubitaka. Pristup kod zadavanja smanjenja godišnjih gubitaka po mišljenju autora treba da bude zasnovan na analizi netehničkih gubitaka i identifikovanju ogranaka sa vrednostima iznad vrednosti koje bi bile prihvaćene kao umerene i fokusiranje na njihovom smanjenju. Samo diferenciran pristupom po pitanju dinamike smanjenja netehničkih gubitaka jedinstven ODS može imati uspeha u neposrednom periodu, a nakon toga i sofisticiranijim pristupom daljnje stabilno smanjenje kod svih ogranaka.

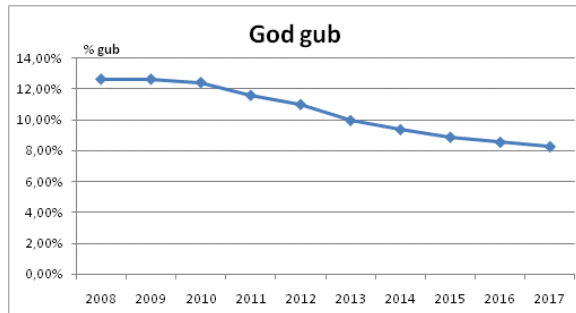
Za analizu dinamičkih pojava kod vremenskih serija, kao što su godišnji gubici električne energije, uobičajeno se koristi analiza trenda. Ne ulazeći u detaljnija objašnjenja, trend predstavlja dinamičku srednju vrednost promene neke veličine i izražava osnovnu tendenciju promene tokom razmatranog perioda. Za analizu trenda uobičajeno je da se koriste pokretni proseci. S obzirom na prirodu problema kao i da se jednostavnim grafičkim prikazom godišnjih gubitaka jasno uočava trend i promena njegove dinamike, u cilju jasnije kvantifikacije i razvrstavanja ogranaka po dugoročnim rezultatima smanjenja ukupnih gubitaka, smatramo da je primereno analizirati prosečnu stopu smanjenja procenta gubitaka svakog ogranaka u desetogodišnjem periodu.

Tabela 3: Prosečna godišnja stopa smanjenja procenta gubitaka u periodu 2008 – 2017.

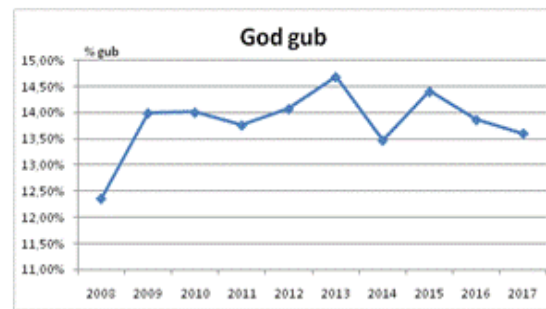
<b>OGRANAK</b>	<b>OG27</b>	<b>OG7</b>	<b>OG12</b>	<b>OG5</b>	<b>OG2</b>	<b>OG1</b>	<b>OG6</b>	<b>OG10</b>	<b>OG15</b>	<b>OG23</b>	<b>OG4</b>	<b>OG3</b>	<b>OG9</b>	<b>OG11</b>
pr. stopa smanj % gub	5,0%	4,6%	4,1%	4,0%	4,0%	3,8%	3,8%	3,7%	3,2%	3,1%	2,9%	2,7%	2,3%	2,1%
<b>OGRANAK</b>	<b>OG8</b>	<b>OG21</b>	<b>OG16</b>	<b>OG13</b>	<b>OG14</b>	<b>OG17</b>	<b>OG18</b>	<b>OG20</b>	<b>OG25</b>	<b>OG19</b>	<b>OG22</b>	<b>OG24</b>	<b>OG26</b>	
pr. stopa smanj % gub	2,0%	1,8%	1,8%	1,7%	1,6%	1,3%	0,5%	0,5%	0,1%	-0,3%	-0,5%	-1,1%	-5,6%	

Zapaža se da je prosečna godišnja stopa smanjenja procenta gubitka kod 15 ogranaka veća od 2%, da smanjenje od 1% do 2% ima 5 ogranaka, tri ogranaka imaju smanjenja gubitaka ispod 1%, dok čak 4 ogranaka imaju veće iskazane gubitke u 2017 nego što su bili 2008. godine. Ovo jasno ukazuje da nezavisno od nivoa gubitaka dugoročno gledano postoji značajna razlika između ogranaka po osnovu stabilnosti i stepena smanjenja procenta gubitaka.

Zbog obima analize prezentovane se samo karakteristična zapažanja za pojedine ogranke. Svi ogranci se mogu razvrstati u više grupa, a navešćemo moguću klasifikaciju koja ukazuje na kvalitativnu različitost po pitanju vrste dinamike kretanja godišnjih gubitaka: stalni ili stalno smanjenje gubitaka nakon 2010. godine, rast gubitaka do 2010. godine, a nakon toga smanjenje gubitaka, više prepoznatljivih trendova i netrend. Karakteristična dva ekstremna primera koji ilustruju različite rezultate na smanjenju gubitaka su prikazani. Ogranci koji imaju od 2010. godine permanentno smanjenje gubitaka u odnosu na ogranke koji imaju promenljive trendove kretanja gubitaka ili pak imaju netrend, postižu bolje rezultate u dugoročnoj politici smanjenja gubitaka.



SI 2 : Konstantno smanjenje % gubitaka OG 7



SI 3 Ne trend - OG 24

## ISPITIVANJE KORELACIJE MESEČNIH GUBITAKA I RASPOLOŽIVE ENRGIJE

Poznato je da je raspoloživa mesečna energija jedan od najtačnijih i najpouzdanijih podataka u ograncima elektrodistribucija. Takođe, da tačnost isporučene mesečne energije zavisi od više faktora među kojima su kvalitet i blagovremenost očitavanja jedni od najuticajnijih. Iz tih razloga u praksi se prve procene, pogotovu dok se još ne raspolaže podatkom o isporučenoj energiji ( proces očitavanja traje više dana), o mesečnim gubicima obavljaju na osnovu podataka o raspoloživoj energiji. Zbog toga je na osnovu mesečnih podataka za svaki ogranak statistički utvrđena korelacija mesečnih gubitaka sa raspoloživom energijom. Treba istaći da korekcije zbog očitavanja u januaru i maju nije vršena, što sigurno umanjuje iskazani stepen korelacije.

Obim rada i njegov primarni cilj opredelio je da se kod ispitivanja korelacije koristi linearna regresiona analiza zbog jednostavnosti modela. Prvo zbog činjenice da se u praksi to radi , mada je jasno da on ne odgovara prirodi problema, zatim zbog činjenice da je za više ogranaka proračunom za više ogranaka utvrđeno da linerni model ima visok koeficijent determinacije. Shodno primarnom cilju rada, raspoloživom prostoru i jednostavnosti modela, to neće negativno uticati na glavne izvedene zaključke. Detaljna analiza modela treba da bude predmet posebnih ispitivanja. Koeficijenti linerane regresije apsolutne vrednosti mesečnih gubitaka sa raspoloživom energijom za periodod 10 godina i koeficijent determinacije  $R^2$  utvrđen je korišćenjem statističkog modula Excella i prikazan je u tabeli.

Tabela 4 Koficijenti linearne regresije zavisnosti mesečnih gubitaka od raspoložive energije

ogranak	OG8	OG16	OG15	OG4	OG17	OG5	OG14	OG2	OG19	OG13	OG1	OG20	OG3
konst	-30727	-11285	-11223	-24143	-106096	-19060	-12627	-21176	-18883	-12586	-7045	-54070	-15460
magib	0.485	0.379	0.396	0.371	0.305	0.336	0.350	0.296	0.343	0.509	0.273	0.383	0.341
$R^2$	0.94	0.94	0.98	0.97	0.87	0.84	0.83	0.90	0.79	0.79	0.79	0.79	0.77
ogranak	OG11	OG24	OG12	OG7	OG22	OG21	OG6	OG23	OG25	OG27	OG9	OG10	OG26
konst	-8561	-12925	-17162	-5477	-16194	-10410	-9000	-4432	-18764	-4396	-14793	-1782	2728
magib	0.462	0.312	0.456	0.258	0.450	0.400	0.231	0.304	0.402	0.290	0.182	0.160	0.041
$R^2$	0.74	0.74	0.65	0.65	0.58	0.57	0.53	0.47	0.47	0.46	0.46	0.35	0.22

Koeficijent determinacije (kvadrat koeficijenta korelacije) izražava koji je udeo ukupnih varijacija gubitaka objašnjen modelom odnosno varijacijama raspoložive energije. Zapažaju se značajne razlike između ogranaka i da 8 ogranaka ima vrednost  $R^2$  veću od 80 %, koja ukazuje na jaku zavisnost gubitaka od raspoložive energije. Čak 11 ogranaka ima vrednost  $R^2$  manju od 0,7 što ukazuje da se nekritički ne može primenjivati linerani model. Za ogranak 26 postoji jasan diskontinuitet od 2013 godine kako u raspoloživoj energiji tako i u procentu gubitaka, što ukazuje da je najverovatnije došlo do izmene konzuma koji nije adekvatno ubuhvaćen i na diskontinuitet na bilansiranju. Za ogranak 10 niska vrednost koeficijenta determinacije kvadratne funkcije mesečnih gubitaka ukazuje na loš kvalitet mesečnog očitavanja koje utiče na iskazane gubitke na mesečnom nivou, što ima izrazito nisku korelaciju sa raspoloživom energijom i pored niske vrednosti godišnjih gubitaka.

Može se zaključiti da se statistički linearni model zavisnosti mesečnih gubitaka od raspoložive energije ne može primenjivati ni za grubu procenu gubitaka za sve ogranke . Ograničenost obima rada onemogućila je prezentovanje parcijalnih analiza drugih statističkih analiza, ali je na više ogranaka analizom standardizovanih rezultata pokazano da su najveća odstupanja vrednosti modela u decembru i januaru , što je iz iskustva poznato i evidentno kod analiza mesečnih gubitaka. Autorima je ta činjenica poznata, ali svesno nisu vršili korekcije kako bi dosledni bili u stističkoj analizi. Takođe je utvrđeno da i kod ogranaka koji imaju nizak novo gubitaka, a kod kojih mesečna raspodela

procenta gubitaka znatno odstupa od parabole, imaju dosta nisku vrednost  $R^2$ , što ukazuje da podatak o mesečnoj isporučenoj energiji nije kvalitetan. Obim rada ne dozvoljava da se vrši ispitivanjauticaja dužine perioda razmatranja na intenzitet korelacije gubitaka i raspoložive energije i da se upoređuju različiti modeli regresije.

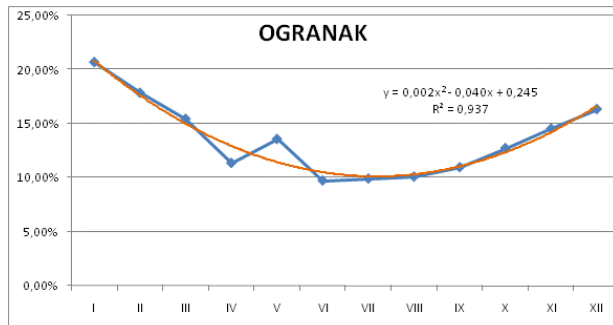
## ANALIZA PROCENTA MESEČNIH GUBITKA PO OGRANCIMA

Za svaki ogranak izvršena je detaljna analiza procenta mesečnih gubitaka za poslednje tri godine. Prema saznanjima autora Dr Spirić je prvi ukazao u radu/3/ da procenat mesečnih gubitaka najbolje opisuje kvadratna regresija. Polazeci od toga, primenom statističkog modula u excellu, utvrđeni su parametri parabole koji odgovaraju procentu mesečnih gubitakatokom godine. Istovremeno su utvrđeni koeficijenti determinacije regresije

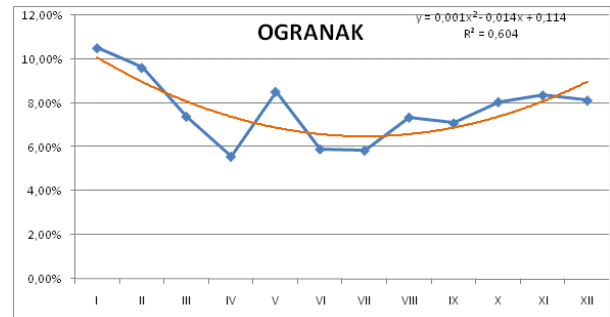
Zbog obimnosti prezentovaće se koeficijenti regresija samo za 2017 godinu i koeficijent determinancije  $R^2$  za tri poslednje godine i grafik za dva karakteristična ogranka.

Tabela 5 Koeficijenti kvadratne raspodele procenta mesečnih gubitaka za 2107 ( a-kv koef, b-lin. koef, c- konst)

OGRANAK	OG1	OG22	OG27	OG8	OG16	OG2	OG5	OG13	OG23	OG14	OG15	OG17	OG6	OG12
a	0.0021	0.0028	0.0021	0.0053	0.003	0.002	0.002	0.0046	0.0022	0.0034	0.0021	0.0029	0.002	0.0028
b	-0.0304	-0.0403	-0.0304	-0.0747	-0.0438	-0.0276	-0.0295	-0.0664	-0.0321	-0.0495	-0.0315	-0.0417	-0.0282	-0.0418
c	0.173	0.2456	0.2053	0.3931	0.2814	0.1585	0.1773	0.4066	0.1931	0.2731	0.2216	0.235	0.1626	0.2614
$R^2$ 2017	0.94	0.94	0.94	0.93	0.93	0.9	0.9	0.9	0.9	0.87	0.87	0.86	0.85	0.85
$R^2$ 2016	0.91	0.67	0.41	0.85	0.56	0.9	0.89	0.7	0.73	0.76	0.56	0.46	0.93	0.61
$R^2$ 2015	0.91	0.82	0.72	0.9	0.88	0.9	0.89	0.81	0.83	0.8	0.88	0.89	0.93	0.61
OGRANAK	OG21	OG3	OG19	OG18	OG4	OG11	OG24	OG9	OG26	OG25	OG7	OG10	OG20	srd vred
a	0.0022	0.002	0.0029	0.002	0.0026	0.0027	0.0027	0.015	0.0022	0.002	0.0015	0.001	0.0023	
b	-0.321	-0.0312	-0.0404	-0.0288	-0.0364	-0.039	-0.0312	-0.0214	-0.0325	-0.0294	-0.216	-0.0141	-0.0313	
c	0.2233	-0.1961	0.2252	0.235	0.2015	0.2681	0.1931	0.1331	0.2297	0.2103	0.1408	0.1141	0.2097	
$R^2$ 2017	0.85	0.84	0.84	0.83	0.8	0.8	0.79	0.77	0.75	0.74	0.62	0.6	0.56	0.83
$R^2$ 2016	0.53	0.93	0.16	0.5	0.93	0.83	0.69	0.41	0.74	0.34	0.74	0.44	0.17	0.64
$R^2$ 2015	0.41	0.93	0.82	0.61	0.92	0.89	0.83	0.78	0.78	0.53	0.74	0.44	0.54	0.78



SI4. Regresija procenta mesečnih gubitaka OG22



SI 5. Regresija procenta mesečnih gubitaka OG 10

Može se zaključiti da kvalitet očitavanja isporučene energije značajno utiče navrednost koeficijenta determinacije mesečnih gubitaka. Snažno se nameće hipoteza da koeficijent determinacije može da bude mera ocene kvaliteta očitavanja na godišnjem nivou koje, sa drugim pokazateljima o broju neočitanih mernih mesta, broju reklamacija itd, treba da se potvrdi. Nameću se granice koje su za diskusiju, a autori ih iznose na osnovu detaljnijih sagledavanja da vrednosti sa  $R^2$  većim od 0,9 odgovaraju kvalitetnim očitavanjima, za dijapazon 0,85 do 0,9 dobra, dasu slabijeg kvaliteta ispod 0,85, dosta slabog kvaliteta sva ispod 0,8, a naročito ispod 0,7. Uočava sa de je kod većeg broja ogranka u jednom sektoru u 2016 postojao sistemski problem u vezi očitavanja..Analizom se uočava da zbog rasporeda radnih i neradnih dana, zbog državnih i verskih praznika početkom januara i početkom maja postoje objektivne okolnosti koje utiču na kvalitet očitavanja. Navedeni efekat se ne manifestuje podjednako kod svih ogranka, što ukazuje da pored objektivnih okolnosti značajan je uticaj i drugih faktora.

Mera kvaliteta očitavanja je kompleksna kategorija, ovo je jedan pokazatelj koji obuhvata i dužinu trajanja očitavanja tako da koeficijenti determinacije raspodele mesečnih gubitaka daju osnovanu pretpostavku da se kvalitet godišnjeg očitavanja može grubo oceniti njegovom vrednošću.



## ISPITIVANJE POZITIVNE LINEARNE KORELACIJE PROCENTA GODIŠNJIH GUBITKA SA RASPONOM MESEČNIH GUBITAKA

Analizom je uočeno da ogranci sa visokim procentom godišnjih gubitaka imaju i visoke vrednost raspona mesečnih gubitaka. To u statističkom smislu nameće hipotezu da postoji pozitivna linearna korelacija godišnjih gubitaka sa rasponom mesečnih gubitaka. Jasno da ova pretpostavka ima utemeljenje da veća neravnomernost procenta mesečnih gubitaka je posledica sezonskih priraštaja potrošnje pre svega na niskom naponu, kao i iskustveno saznanje da povećanje potrošnje u zimskom periodu prate pored povećanih tehničkih gubitaka i povećani komercijalni gubici, što sve zajedno ima za posledicu i povećanje procenta ukupnih gubitaka. Ovde je zavisna promenljiva srednja aritmetička vrednost godišnjih gubitaka ogranka za period od deset godina, a nezavisna promenljiva je srednja aritmetička vrednost raspona mesečnih gubitaka ogranka.

Tabela 6. Aritmetička sredina % godišnjih i raspona % mesečnih gubitaka

<b>ogranak</b>	OG10	OG9	OG26	OG7	OG6	OG23	OG15	OG2	OG19	OG25	OG22	OG18	OG1	OG20
<b>arit. sred. % god gubitka</b>	9.42%	8.02%	11.62%	10.54%	11.30%	12.54%	15.90%	11.12%	13.29%	13.30%	13.97%	14.56%	11.65%	13.88%
<b>art sred raspon % mes gub</b>	7.68%	8.28%	8.83%	9.34%	10.23%	10.40%	10.45%	10.92%	11.32%	11.42%	11.42%	11.78%	11.79%	12.05%
<b>ogranak</b>	OG5	OG4	OG21	OG3	OG27	OG24	OG14	OG16	OG17	OG11	OG12	OG8	OG13	
<b>arit. sred. % god gubitka</b>	12.56%	13.05%	15.48%	12.04%	16.43%	13.82%	16.37%	19.41%	14.44%	18.41%	17.96%	24.91%	25.25%	
<b>art sred raspon % mes gub</b>	12.19%	12.21%	12.28%	12.52%	12.91%	12.97%	13.10%	13.36%	13.74%	17.14%	17.94%	21.65%	22.38%	

Postavljena je nulta hipoteza:  $H_0$ : Linerni koeficijent linearne regresije godišnjih gubitaka i raspona mesečnih gubitaka nije statistički značajan. Alternativna hipoteza je  $H_a$ : Linerni koeficijent regresije godišnjih gubitaka i raspona mesečnih gubitaka je statistički značajan.

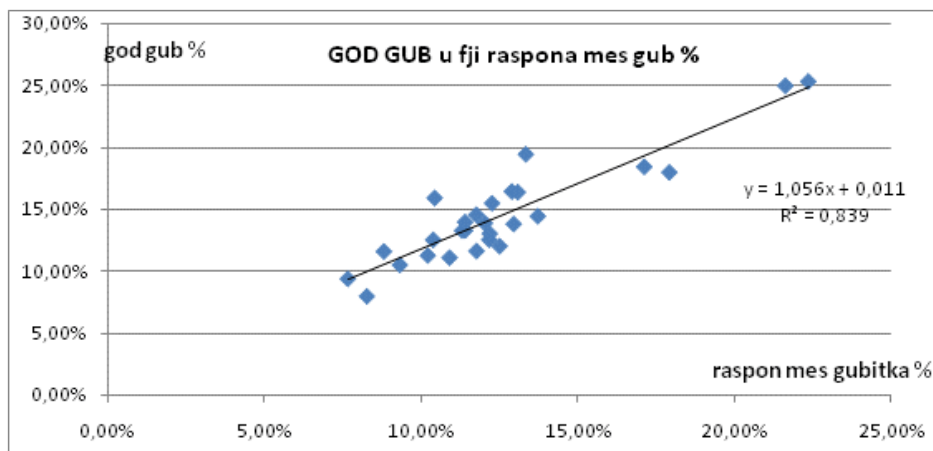
Testiranje hipoteze na uzorku od  $n = 27$  ogranka sa pragom značajnosti  $\alpha = 0,05$  izvršeno je korišćenjem statističkog modula u Excelu.

Tabela 7. Rezultati regresione analize sa pragom značajnosti od 0,05

koef. regresije	vrednost	t-stat	p-value	R2	kor. R2	značajnost
intercept	0,012	0,976	0,338	0,84	0,83	NE
slope	1,056	11,45	2,00E-11			DA

Za linerni koeficijent (slope) regresije utvrđena je statistička vrednost p-value  $= 2 \cdot 10^{-11}$ . Kako je dobijena vrednost p-value značajno manja od usvojenog praga značajnosti  $\alpha = 0,05$ , nulta hipoteza  $H_0$  se odbacuje. To implicira da se prihvata alternativna hipoteza  $H_a$ , odnosno da postoji statistički značajna linearna veza procenta godišnjih gubitaka sa rasponom procenta mesečnih gubitaka. Dobijena vrednost p-value pokazuje da je alternativna hipoteza ispunjena i sa pragom značajnosti 0,001. Koeficijent determinacije (kvadrat koeficijenta korelacije) za utvrđenu linernu regresiju iznosi 0,84. To znači da udeo objašnjenih varijacija modelom u ukupnim varijacijama procenta godišnjih gubitaka prinosi 84%.

Sprovedeni statistički Studentov t-test je pokazao da za 27 ogranka tokom deset godina, postoji statistički značajna linerna veza procenta godišnjih gubitaka sa godišnjim rasponom procenta mesečnih gubitaka. Praktična promena linearne korelacije za svaki ogranak zahteva prethodno testiranje i potvrdu navedene hipoteze za konkretan ogranak.



Sl 6. Zavisnost % godišnjih gubitaka od raspona % mećnih gubitaka

## ZAKLJUČAK

Analiza omogućava da se navedu, po prirodi stvari, dve različite grupe zaključaka. Jedni neposredno vezano za rezultate analize i drugi koji proističu iz šireg pristupa i sagledavanja problematike gubitaka.

Osnovni zaključak rezultata analize jesteda postoje značajne i kvalitativne razlike o stanju ukupnih gubitaka i postignutih rezultata među ograncima. Rezultate ostavrene u predhodnim godinama na smanjnuju gubitaka neophodno je adekvatno uvažiti u postupku planiranja.

Bitan zaključak analize jeste da tačnost podataka o raspoloživoj mesečnoj energiji, nije takav da obezbeđuje mesečne podatke koji omogućavaju primenu statističkih metoda za mesečna razmatranja. Ovo se odnosi i na ogranke sa niskim nivoom gubitaka. Analiza sugerise da kod analiza sličnog tipa treba izvršiti korekcije mesečnih podataka o isporučenoj energiji usled pomenog očitavanja u januaru i maju, što je uglavnom posledica rasporeda radnih i neradnih dana.

Postoje značajne razlike među ograncima po osnovu vrednosti ukupnih godišnjih gubitaka. Utvrđena je kvalitativno različita dinamika kretanja godišnjih gubitaka tokom deset godina, što ukazuje na nejednaku uspešnost ogranaka na polju stabilnog dugoročnog trenda smanjenja godišnjih gubitaka. Različiti rezultati u smanjenju ukupnih gubitaka ilustrativno izražava prosečna godišnja stopa smanjenjaprocenta godišnjih gubitaka tokom 10 godina koja ima raspon od 5 % pačak do negativnih vrednosti.

Analiza je pokazalada se uobičajen postupak koji se primneju u praksi da se procene mesečnih gubitaka vrše lineranim modelom sa raspoloživom energijom ne može ni kvantitativno primenjivati bez prethodnog statističkog testiranja. Mada nelineran model ne odgovara prirodi veze ukupnih gubitaka i raspoložive energije, pokazuje se da u kvantitativnom smislu ima ogranaka kod kojih je koeficijent determinacije linernestističke zavisnosti visok.

Analize su pokazale da se može postaviti petpostavka da je raspodela procenata ukupnih mesečnih gubitaka u godini kvadratna funkcija. Ogranci su grupisani po visini koeficijenta determinacije utvrđene korelacije. Utvrđena zakonitost omogućava da se pored postojećih uvede i dodatna godišnja ocena kvaliteta očitavanja upotrebom koeficijentom determinancije regresionog modela. Predložene su granice vrednosti koeficijenta za ocenu kvaliteta godišnjeg očitavanja. Uočeni sui ogranaci kod kojih je vrednost  $R^2$  više godina nizak. U 2017 godini kvalitet očitavanja je značajno poboljšan u odnosu na 2016 godinu.

U radu je primenom Studentovog t testa pokazano da postoji statistički značajna pozitivna linerana korelacija godišnjih gubitaka sa rasponom mesečnih gubitaka. Ova korelcija omogućava da se relativno rano izvrše procene godišnjih gubitaka. Primenu navedenekorelacije za svaki ogranak treba i prethodnim testiranjem potvrditi.



Analiza nedvosmisleno pokazuje da planiranje gubitaka i zadavanja visine ukupnih godišnjih gubitaka po ograncima zahteva značajne izmenetrenutnog pristupa u ovoj oblasti. Da bi ODSostvario uspešno postavljene zadatke na smanjenju ukupnih gubitaka neophodno je da razdvojeno razmatra tehničke i komercijalne gubitke. Logika stvari nameće da dinamiku smanjenja gubitaka po ograncima treba utvrditi na osnovu zadatog cilja da svi ogranci za narednih 5 ili 10 godina imaju isti prihvatljiv nivo komercijalnih gubitaka. U skladu sa tim, treba definisati različitu godišnju dinamiku smanjenja komercijalnih gubitaka, a time i ukupnih gubitaka, po ograncima. ODS može da očekuje izvesno i u kratkom periodu značajno smanjenje godišnjih gubitaka samo ukoliko se ogranci sa visokim komercijalnim gubicima utvrde kao glavni nosioci smanjenja ukupnih godišnjih gubitaka, a ostalo ogranci da održe već uspostavljeni trend smanjenja komercijalnih gubitaka.

Rad omogućava daljne analize i istraživanja, pre svega, na osnovu razdvojenog razmatranja tehničkih i komercijalnih gubitaka. Analize treba usmeriti na mesečnu rasodela tehničkih i komercijalnih gubitaka. Detaljno treba ispitati koji regresioni model dobro izražava zavisnost gubitka od raspoložive energije za konkretne parametre mreže i strukture i karakteristika potrošnje konkretnog ogranka. Na osnovu toga može se istražiti koliko je marginalno povećanje tehničkih gubitaka, a koliko marginalno povećanje komercijalnih gubitaka usled povećanja raspoložive energije. Dobijeni rezultati omogućiću da se po tom osnovu ogranci grupišu i u skladu sa tim može imati realna očekivanja za svaki ogranak za smanjenje ukupnih godišnjih gubitaka u narednom kratkoročnom, i dugoročnom periodu.

## LITERATURA

1. Z. Ivković, "Matematička statistika", Naučna knjiga, Beograd, 1980.
2. S. Vukadinović, "Elementi teorije verovatnoće i matematičke statistike", Privredni pregled, Beograd, 1981.
3. J. Spirić, A. Jović, M. Nikolić, Praćenje i analiza kumulativnih gubitaka električne energije u distributivnom sistemu (bez direktnih potrošača) PD "Jugoistok", Međunarodno regionalno tematsko savetovanje, Iriški Venac, 2010.
4. N. Novčić, N. Rikalo, Netehnički gubici u mreži ZP Elektrohercegovina a.d. Trebinje – stečena iskustva imjere na njihovom smanjenju: analiza strukture netehničkih gubitaka i njihove učestće u ukupnim gubicima električne energije u distributivnoj delatnosti, Međunarodno regionalno tematsko savetovanje, Iriški Venac, 2010.
5. D. Milošević, N. Vrecelj, N. Šušnica, V. Stanojević, "Uticaj načina modelovanja distributivnih mreža na proračun tokova snaga", V. Banja, CIRED 2016.
6. "Operativni plan aktivnosti na smanjenju gubitaka u isporuci električne energije u ODS-u za 2017. godinu", Interni akt, EPS Distribucija Beograd, 2017.
7. "Operativni plan aktivnosti na smanjenju gubitaka u isporuci električne energije u ODS-u za 2018. godinu", Interni akt, EPS Distribucija Beograd, 2017.