

Јадранка М. Јањанин<sup>1</sup>, Милан М. Даниловић<sup>2</sup>, Жељко Р. Јовановић<sup>1</sup>

## Анализа потребних месечних количина електричне енергије произведене из обновљивих извора енергије за надокнаду губитака у преносном систему

<sup>1</sup> Акционарско друштво „Електро mreжа Србије” Београд\*<sup>2</sup> Агенција за енергетику Републике Србије<https://doi.org/10.18485/epij.2025.3.1.2>

Стручни рад

### Кључне поруке

- Варијабилност средњих сатних вредности техничких губитака у преносном систему
- Апроксимација производње електрана из ОИЕ
- Могућност надокнаде техничких губитака у преносном систему из ОИЕ

### Кратак садржај

У току је „зелена“ транзиција – кретање енергетског сектора ка климатској неутралности до 2050. године и стога је битно благовремено планирати и осигурати одрживост постојећих процеса. Идентификација могућности и избор акција су неизоставни у планирању будућег рада. Неретко се догађа да изабраном акцијом не постижемо жељене резултате, па се морамо подвргнути итеративним процесима. Како би се избегла примена брзих акција и немогућност спровођења потребних анализа, кључно је на време осматрати и осмишљавати процесе, поготово уколико проистичу из законски дефинисаних дужности.

Када говоримо о оператору преносног система, као једну од дужности из Закона о енергетици препознајемо набавку електричне енергије за надокнаду техничких губитака у преносном систему. У овом раду ћемо се посветити детаљнијој анализи изабраног начина набавке техничких губитака у преносној мрежи из обновљивих извора енергије. Аутори рада су изабрали ветар, сунце и отпад као изворе електричне енергије које ће користити у планирању набавке електричне енергије за надокнаду губитака. Овај рад представља наставак анализе која је започета у раду „Обновљиви извори енергије као ресурс за куповину електричне енергије за надокнаду губитака у преносном систему”. Са нивоа сагледавања годишњих потреба електричне енергије за надокнаду губитака у преносном систему произведену из обновљивих извора енергије спуштамо се на месечни ниво.

Овај рад може послужити као смерница за ублажавање укупних ризика и неизвесности оператора преносног система приликом набавке електричне енергије за надокнаду техничких губитака у преносном систему на путу ка чистој енергији до 2050. године. Кроз рад ћемо сагледати да ли је један од основних принципа транзиције да је прелазак на чисту енергију објективан и инклузиван, оправдан у случају оператора преносног система.

### Кључне речи

Апроксимација производње из обновљивих извора енергије, губици, климатска неутралност

#### Напомена:

Овај чланак се тематски надовезује на текст *Обновљиви извори енергије као ресурс за куповину електричне енергије за надокнаду губитака у преносном систему*, који је објављен 1. новембра 2024. у другом, специјалном издању „Електропривреде”, посвећеном изабраним награђеним радовима на 36. саветовању CIGRE Србија

Примљено: 16. децембар 2024.

Рецензирано: 16. јануар 2025.

Измењено: 1. фебруар 2025.

Одобрено: 13. фебруар 2025.

\*Кореспондирајући аутор: Јадранка Јањанин, +381 64 8408 661

Имејл: [jadranka.janjanin@ems.rs](mailto:jadranka.janjanin@ems.rs)

## 1. УВОД

Политичке смернице Европске комисије и даље су усмерене ка остваривању циљева постављених у Европском „зеленом” договору, [1]. Захваљујући европским мерама, обновљиви извори енергије (ОИЕ) достигли су рекордан ниво, чинећи 50% производње електричне енергије у ЕУ током 2023. године, [1].

Према наводима у Директиви Европске уније (ЕУ) 2013/2413, енергетски сектор тренутно у ЕУ доприноси са преко 75% укупних емисија гасова са ефектом стаклене баште, и зато су ОИЕ од фундаменталног значаја за постизање климатске неутралности ЕУ до 2050. године, [2]. У јулу 2021. године, као део пакета за Европски „зелени” договор, Европска комисија је предложила да се до 2030. године удвостручи удео обновљиве енергије у енергетском миксу, у поређењу са 2020. годином, како би достигао проценат удела од најмање 40%, [2].

У раду [3] напоменуто је да неколико европских оператора преносног система тежи да набавку електричне енергије за надокнаду техничких губитака (у даљем тексту: губитака) оствари из ОИЕ како би допринели решавању проблема емисије гасова са ефектом стаклене баште и покушано је да се сагледа по ком плану би оператор преносног система у Републици Србији могао да набавља електричну енергију за надокнаду губитака и нађе се међу операторима који ће олакшати „зелену” транзицију. Полазна тачка за анализу потреба оператора преносног система за електричном енергијом на месечном нивоу ће бити апроксимација годишње укупно остварене производње по типу електрана, у периоду 2019–2023. године, у односу на обрачунске вредности губитака приказаних у Табели I, [3], уважавајући корекцију обрачунских вредности губитака за 2023. годину.

Табела I Апроксимација годишње укупно остварене производње по типу електрана, у периоду 2019–2023. године, у односу на обрачунске вредности губитака. Извор: [3]

| Година        |                   | 2019                               | 2020    | 2021    | 2022    | 2023    |
|---------------|-------------------|------------------------------------|---------|---------|---------|---------|
| Тип електране | Инсталисана снага | Годишња производња електрана [MWh] |         |         |         |         |
| на отпад      | 110 MW            | 674.520                            | 676.368 | 674.520 | 674.520 | 674.520 |
| на ветар      | 30 MW             | 66.559                             | 72.583  | 80.528  | 70.237  | 78.861  |
| на сунце      | 50 MW             | 63.108                             | 73.709  | 50.066  | 49.245  | 41.183  |
| Укупно [MWh]  |                   | 804.187                            | 822.660 | 805.114 | 794.002 | 794.564 |
| Губици [MWh]  |                   | 805.914                            | 798.352 | 844.972 | 801.999 | 926.420 |

За изабране типове електрана и наведене године из Табеле I у наставку рада биће разложена потреба за електричном енергијом за надокнаду губитака по месецима.

## 2. АПРОКСИМАЦИЈА РАДА ЕЛЕКТРАНА НА ОИЕ

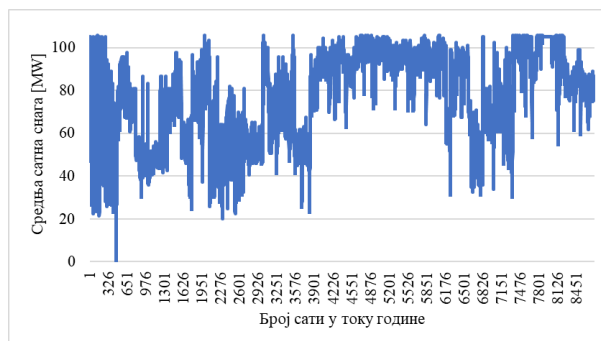
### 2.1 Електрана на отпад

У новембру 2024. године свечано је отворено прво постројење за енергетско искоришћење отпада у Србији одобрено снаге од око 35 MW. Ова електрана термички обрађује чврст, неопасан, комунални отпад и производи „зелену” топлотну и електричну енергију. Реализацијом изградње ТЕ-ТО Винча, нове санитарне депоније, постројења за поновно искоришћење грађевинског отпада и отпада од рушења, и постројења за третман процедних вода, ова инвестиција представља кључан корак ка унапређењу одрживог управљања комуналним отпадом у Београду и значајном побољшању квалитета животне средине, [4].

Изградња ТЕ-ТО Винча има вишеструке бенефите као што су унапређење еколошке и социјалне средине, затварање старе депоније, која представља значајан ризик по животну средину у региону, смањење емисије гасова који доприносе ефекту стаклене баште, спречавање негативних утицаја на животну средину, као што је нарушавање околног предела због одлагања отпада на депонију, и локално загађење воде и ваздуха, [4].

На основу података објављених на платформи [5], земље у нашем окружењу које у својим производним капацитетима имају инсталисане електране на отпад су Словенија, Аустрија, Хрватска, Мађарска и Бугарска. Електране на отпад у овим земљама постоје већ неколико година што нам је било од помоћи приликом процене дијаграма сатних вредности производње.

Последњих месеци ТЕ-ТО Винча је у свом раду показала да постиже средње сатне вредности производње блиске инсталисаној снази. Руководећи се овом чињеницом и сатним дијаграмима производње мађарске електране на отпад, одлучили смо да апроксимацију средњих сатних вредности производње из електране на отпад инсталисане снаге 110 MW извршимо у складу са дијаграмом на Слици 1, за све посматране године, уз уважавање чињенице да је 2020. година била преступна, односно са 366 дана.



Слика 1. Апроксимација средњих сатних вредности производње из електране на отпад инсталисане снаге 110 MW на годишњем нивоу

Дијаграм производње са Сlike 1 одговара укупној годишњој производњи електране на отпад инсталисане снаге 110 MW од 674.520 MWh за све године у периоду посматрања 2019–2023. године, осим преступне када износи 676.368 MWh.

Производња посматране електране на отпад по месецима у складу са апроксимираним дијаграмом је приказана у Табели II.

Табела II Производња електране на отпад по месецима, у периоду 2019–2023. године

| MWh       | 2019/2021/<br>2022/2023 | 2020   |
|-----------|-------------------------|--------|
| Јануар    | 49.400                  | 49.400 |
| Фебруар   | 37.900                  | 39.748 |
| Март      | 51.815                  | 51.815 |
| Април     | 36.973                  | 36.973 |
| Мај       | 52.771                  | 52.771 |
| Јун       | 56.757                  | 56.757 |
| Јул       | 71.147                  | 71.147 |
| Август    | 71.064                  | 71.064 |
| Септембар | 63.724                  | 63.724 |
| Октобар   | 48.097                  | 48.097 |
| Новембар  | 70.028                  | 70.028 |
| Децембар  | 64.844                  | 64.844 |

Као што је наведено у раду, [3], вредност губитака се у највећем броју сати у току године креће између 90 MW и 110 MW, тако да производња електране на отпад даје сигурност оператору преносног система да ће обезбедити неспорни део електричне енергије за надокнаду губитака.

За рад електране на отпад инсталисане снаге 110 MW потребно је обезбедити довољну количину комуналног чврстог отпада како би се реализовао апроксимирани дијаграм производње. Осврнули смо се мало на статистичке податке комуналног отпада земаља у Европи које у производњи електричне енергије користе електране на отпад. Како бисмо утврдили домаћи потенцијал за обезбеђивање довољне количине комуналног чврстог отпада за производњу електричне енергије из електране на отпад инсталисане снаге 110 MW, посматрали смо укупно генерисани комунални отпад [6] и укупно инсталисану снагу свих производних група по типу производње електране на отпад, [7], по изабраним зонама трговања у 2022. години (Табела III).

Табела III Укупно генерисани комунални отпад и инсталисана снага производних група по типу производње електране на отпад у изабраним зонама трговања у 2022. години.

| Зона трговања      | Генерисани комунални отпад по становнику [kg/становнику], [6] | Број становника [x 1.000.000], [8,9] | Укупно генерисани комунални отпад по зони трговања [x 1.000.000 kg] | Укупно инсталисана снага производних група по типу производње електране на отпад [MW], [7] |
|--------------------|---------------------------------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| (1)                | (2)                                                           | (3)                                  | (4)=(2)x(3)                                                         | (5)                                                                                        |
| Немачка–Луксенбург | 1.314                                                         | 85,1                                 | 111.821,4                                                           | 1.832                                                                                      |
| Француска          | 539                                                           | 68,2                                 | 36.759,8                                                            | 968                                                                                        |
| Белгија            | 677                                                           | 11,7                                 | 7.920,9                                                             | 384                                                                                        |
| Аустрија           | 835                                                           | 9,1                                  | 7.598,5                                                             | 80                                                                                         |
| Мађарска           | 406                                                           | 9,6                                  | 3.897,6                                                             | 49                                                                                         |
| Србија             | 295                                                           | 6,6                                  | 1.947,0                                                             | 32                                                                                         |
| Бугарска           | 445                                                           | 6,4                                  | 2.848,0                                                             | 6                                                                                          |
| Словенија          | 487                                                           | 2,1                                  | 1.022,7                                                             | 6                                                                                          |
| Хрватска           | 478                                                           | 3,9                                  | 1.864,2                                                             | 6                                                                                          |

Из Табеле III закључује се да је инсталисана снага производних група по типу производње електране на отпад у зони трговања Србија најближа зони трговања Мађарска док је укупно генерисани комунални отпад дупло мањи од мађарског. У поређењу са зоном трговања Немачка–Луксембург укупно генерисани комунални отпад у Србији је око 57 пута мањи. Све ово нам указује да би било потребно пре изградње електране на отпад инсталисане снаге 110 MW испитати на који начин се може обезбедити довољна количина комуналног чврстог отпада у зони трговања Србија.

## 2.2 Електрана на ветар

Електране на ветар су први пут прикључене на преносни систем Републике Србије крајем 2018. године и до децембра 2024. године је њихова инсталисана снага достигла 477 MW. Одређивању инсталисане снаге електране на ветар потребне за надокнаду дела губитака спроведено је на основу апроксимираних сатних вредности производње из електрана на ветар у периоду 2019–2023. године. За апроксимацију производње из електране на ветар коришћене су обрачунске средње сатне вредности снаге и утврђена је вредност инсталисане снаге од 30 MW.

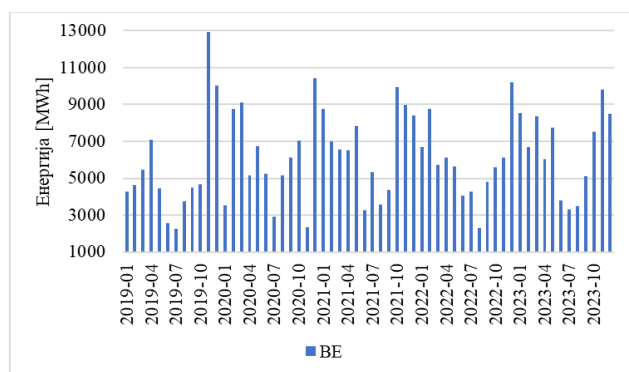
Израђени су дијаграми средњих сатних вредности производње из електране на ветар инсталисане снаге 30 MW са сваку годину периода посматрања од 2019. до 2023. године који су приказани на Слици А.1, датом у Додатку 1 овог чланка.

Производња посматране електране на ветар по месецима у складу са апроксимираним дијаграмима је приказана у Табели IV.

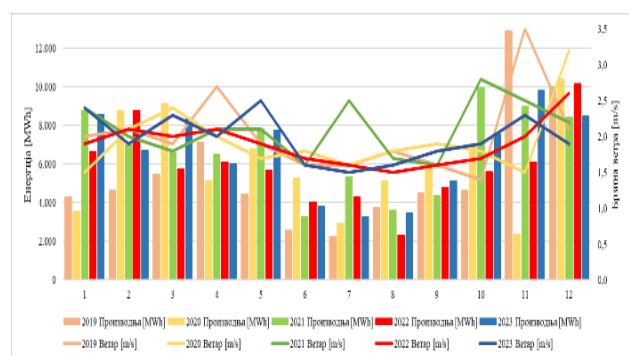
Табела IV Производња електране на ветар по месецима, у периоду 2019–2023. године

| MWh       | 2019   | 2020   | 2021  | 2022   | 2023  |
|-----------|--------|--------|-------|--------|-------|
| Јануар    | 4.297  | 3.546  | 8.749 | 6.673  | 8.539 |
| Фебруар   | 4.611  | 8.777  | 7.007 | 8.747  | 6.692 |
| Март      | 5.459  | 9.128  | 6.575 | 5.720  | 8.374 |
| Април     | 7.093  | 5.139  | 6.494 | 6.120  | 6.021 |
| Мај       | 4.463  | 6.756  | 7.840 | 5.653  | 7.753 |
| Јун       | 2.546  | 5.262  | 3.269 | 4.050  | 3.789 |
| Јул       | 2.263  | 2.925  | 5.334 | 4.296  | 3.291 |
| Август    | 3.727  | 5.137  | 3.577 | 2.305  | 3.470 |
| Септембар | 4.502  | 6.107  | 4.362 | 4.791  | 5.098 |
| Октобар   | 4.673  | 7.035  | 9.920 | 5.586  | 7.545 |
| Новембар  | 12.909 | 2.350  | 8.996 | 6.107  | 9.818 |
| Децембар  | 10.016 | 10.421 | 8.405 | 10.189 | 8.471 |

Графички приказ производње електране на ветар по месецима, у периоду 2019–2023. године (Слика 2) јасно указује на варијабилност производње од метеоролошких параметара, превасходно од брзине ветра. Остварена брзина ветра је посматрана за територију Београда. Изграђене електране на ветар у Србији нису у овој области, али је податак довољно прецизан да се опише зависност производње електране на ветар од овог параметра.



(а)



(б)

Слика 2. Производња из електране на ветар инсталисане снаге 30 MW за период 2019–2023. године; (а) у континуитету по месецима; (б) упоредни приказ са средњом брзином ветра по месецима у наведеном периоду

У појединим месецима разлика у производњи досеже изнад 10 GWh, односно у истом месецу у

различитим годинама производња може бити пет пута већа. Највећи узрок овако велике разлике у произведеној електричној енергији је брзина ветра. Разлика између средњих вредности брзине ветра на месечном нивоу у месецима са највећом разликом у произведеној електричној енергији је била 2 m/s.

### 2.3 Електрана на енергију сунца

Једна од главних предности концентрованих соларних електрана (CSP електране) у односу на соларне фотонапонске електране (PV електране) јесте та што може бити опремљена растопљеним солима у којима се може складиштити топлота, омогућавајући генерисање електричне енергије и када нема сунчевог зрачења, [10].

Приликом одређивања инсталисане снаге електране на сунце потребне за надокнаду дела губитака коришћени су доступни подаци са платформе ENTSO-E за транспарентност, за зону трговања Хрватска за период 2019–2023. године, [5]. На основу података о укупно оствареној производњи по типу електране на сунце начином PV, [11], утврђено је да је потребна инсталисана снага електране на сунце 50 MW. Након тога је урађена апроксимација сатних вредности производње за период посматрања.

Израђени су дијаграми средњих сатних вредности производње из соларне PV електране, инсталисане снаге 50 MW, за сваку годину периода посматрања од 2019. до 2023. године, који су приказани на Слици А.2, датом у Додатку 1 овог чланка.

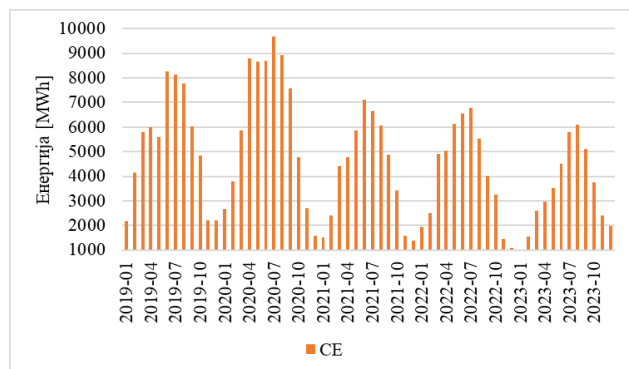
Производња посматране соларне PV електране по месецима у складу са апроксимираним дијаграмима приказана је у Табели V.

Табела V Производња соларне PV електране по месецима, у периоду 2019–2023. године

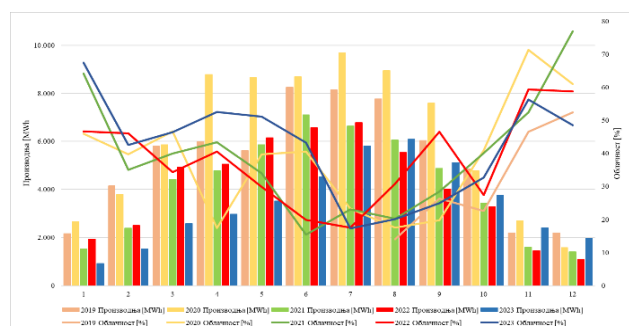
| MWh       | 2019  | 2020  | 2021  | 2022  | 2023  |
|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Јануар    | 2.162 | 2.658 | 1.529 | 1.935 | 921   |
| Фебруар   | 4.145 | 3.791 | 2.392 | 2.500 | 1.534 |
| Март      | 5.790 | 5.859 | 4.421 | 4.919 | 2.587 |
| Април     | 5.987 | 8.782 | 4.778 | 5.050 | 2.975 |
| Мај       | 5.609 | 8.658 | 5.851 | 6.141 | 3.517 |
| Јун       | 8.251 | 8.692 | 7.097 | 6.567 | 4.522 |
| Јул       | 8.131 | 9.691 | 6.639 | 6.775 | 5.811 |
| Август    | 7.760 | 8.940 | 6.058 | 5.529 | 6.088 |
| Септембар | 6.037 | 7.584 | 4.874 | 4.006 | 5.108 |
| Октобар   | 4.854 | 4.779 | 3.438 | 3.268 | 3.757 |
| Новембар  | 2.189 | 2.701 | 1.594 | 1.454 | 2.398 |
| Децембар  | 2.193 | 1.574 | 1.395 | 1.101 | 1.965 |

Током протеклих неколико деценија догодио се значајан пад трошкова производње електричне енергије из соларних PV електрана и очекује се да ће се употребом соларних PV електрана тај тренд наставити уз повећање ефикасности и побољшања поузданости, издржљивости и дужег века трајања електрана, [12]. Међутим, оно што можемо закључити из графичког приказа производње соларне PV електране по месецима, у периоду 2019–2023. године (Слика 3), јесте сезонска зависност од временских

услова, односно потенцијала сунца и облачности. У овом раду смо користили остварену облачност за територију Београда уз претпоставку да је идентична за посматрану електрану у посматраном периоду.



(a)



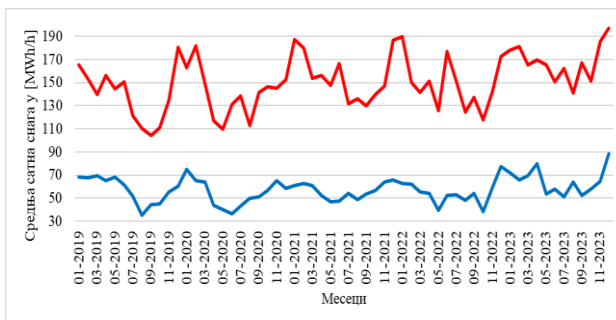
(б)

Слика 3. Производња из електране на сунце инсталисане снаге 50 MW за период 2019–2023. године; (а) у континуитету по месецима; (б) упоредни приказ са облачношћу по месецима у наведеном периоду

Са Слика 3 закључујемо да разлика у производњи ове електране на сунце у току истог месеца у различитим годинама достиже вредност од око 5 GWh, односно може бити скоро три пута већа. Битан разлог за остваривање овако велике разлике у производњи је облачност. Разлика између средњих вредности облачности на месечном нивоу за посматрани месец са највећом производњом је била три пута мања за исти тај месец са најмањом производњом.

### 3. ГУБИЦИ У ПРЕНОСНОЈ МРЕЖИ

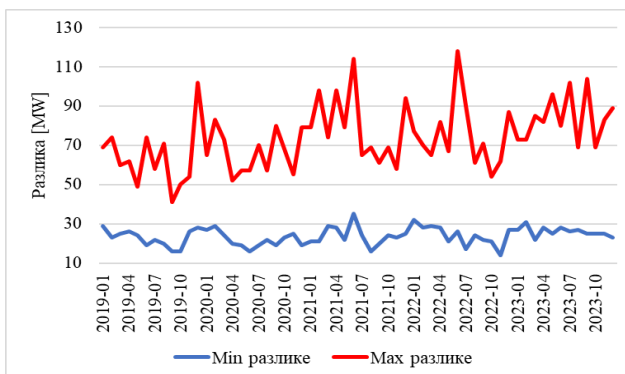
Осврнућемо се на кретање минималних и максималних обрачунских средњих сатних вредности губитака за период посматрања од 2019. до 2023. године (Слика 4).



Слика 4. Минималне и максималне средње сатне вредности губитака по месецима за период 2019–2023. године. Извор: [3]

Са Слика 4 уочава се да се минималне средње сатне вредности губитака крећу у опсегу од 35,5 MW до 88,3 MW, док се максималне средње сатне вредности губитака крећу у опсегу од 104,2 MW до 197,3 MW.

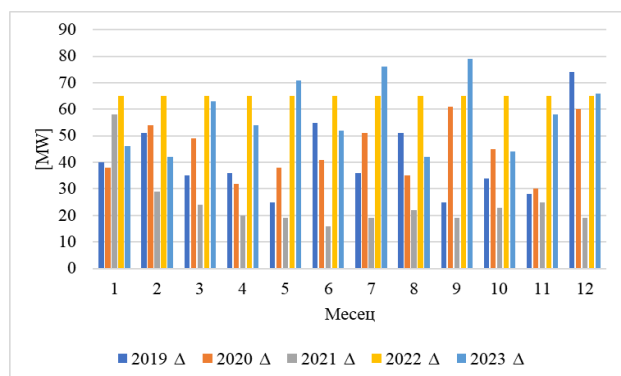
У току једног дана није очекивано да ће се јавити и минимална и максимална средња сатна вредност губитака за одређени месец. Стога, да би боље била схваћена флукутација губитака на дневном нивоу унутар једног месеца, посматрали смо разлику између минималне и максималне средње сатне вредности губитака на дневном нивоу, по месецима (Слика 5).



Слика 5. Разлика између минималне и максималне средње сатне вредности губитака на дневном нивоу по месецима за период 2019–2023. године

Са Слика 5 може се видети да у зависности од године посматрања у истом месецу разлика између минималне и максималне средње сатне вредности губитака на дневном нивоу се може кретати од 19 MW до 79 MW.

Упоредне разлике између минималне и максималне средње сатне вредности губитака на дневном нивоу приказане су на Слици 6.



Слика 6. Упоредни приказ разлике између минималне и максималне средње сатне вредности губитака на дневном нивоу по месецима за период 2019–2023. године

Слика 6 нам открива непредвидивост кретања губитака по месецима у току године и управо ова непредвидивост омогућава да се за њихову надокнаду користе интермитентни ОИЕ.

#### 4. АНАЛИЗА ОДСТУПАЊА ОБРАЧУНСКИХ САТНИХ ВРЕДНОСТИ ГУБИТАКА ОД АПРОКСИМИРАНЕ ПРОИЗВЕДЕНЕ ЕЛЕКТРИЧНЕ ЕНЕРГИЈЕ ИЗ ОИЕ

У идеалним ситуацијама прогнозиране вредности губитака одговарале би обрачунским вредностима губитака. Под овом претпоставком започињемо анализу одступања обрачунских сатних вредности губитака од апроксимираних произведених електричне енергије из ОИЕ.

За период посматрања од 2019. године до 2023. године у сваком сату смо упоредили збир апроксимираних произведених изабраних ОИЕ у складу са Поглављем 2 и вредности обрачунских губитака. На основу спроведеног прорачуна добили смо резултате из Табеле VI (а) – (г).

На основу Табеле VI добија се јасна слика о количинама електричне енергије које је потребно докупити (мањак), односно продати (вишак) како би балансна група на тржишту електричне енергије која у свом саставу има губитке била у потпуности избалансирана. Агрегирањем месечних података из Табеле VI на годишњи ниво добијамо Табелу VII на основу које закључујемо да се на годишњем нивоу мањак електричне енергије може кретати од око 13% до скоро 20% док се вишкови могу кретати од око 6% до око 16% у односу на годишњу вредност губитака.

Табела VI Одступање апроксимираних произведених од обрачунских вредности губитака по месецима у периоду 2019–2023. године; (а) укупна производња; (б) обрачунски губици; (в) мањак енергије; (г) вишак енергије

| MWh       | 2019   | 2020   | 2021   | 2022   | 2023   |
|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Јануар    | 55.859 | 55.604 | 59.678 | 58.008 | 58.860 |
| Фебруар   | 46.656 | 52.316 | 47.299 | 49.147 | 46.126 |
| Март      | 63.064 | 66.760 | 62.811 | 62.454 | 62.776 |
| Април     | 50.053 | 50.936 | 48.245 | 48.143 | 45.969 |
| Мај       | 62.843 | 68.185 | 66.462 | 64.565 | 64.041 |
| Јун       | 67.554 | 70.711 | 67.123 | 67.374 | 65.068 |
| Јул       | 81.541 | 83.763 | 83.120 | 82.218 | 80.249 |
| Август    | 82.551 | 85.141 | 80.699 | 78.898 | 80.622 |
| Септембар | 74.263 | 77.415 | 72.960 | 72.521 | 73.930 |
| Октобар   | 57.624 | 59.911 | 61.455 | 56.951 | 59.400 |
| Новембар  | 85.126 | 75.079 | 80.618 | 77.589 | 82.243 |
| Децембар  | 77.053 | 76.839 | 74.644 | 76.134 | 75.280 |

(а)

| MWh       | 2019   | 2020   | 2021   | 2022   | 2023   |
|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Јануар    | 79.109 | 82.401 | 83.982 | 85.231 | 83.859 |
| Фебруар   | 68.208 | 75.196 | 76.311 | 64.235 | 73.986 |
| Март      | 79.692 | 73.995 | 78.363 | 68.618 | 80.263 |
| Април     | 73.545 | 53.931 | 71.216 | 66.616 | 85.683 |
| Мај       | 74.514 | 50.725 | 68.381 | 59.107 | 70.315 |
| Јун       | 70.306 | 57.238 | 66.950 | 60.943 | 71.214 |
| Јул       | 59.314 | 62.359 | 62.993 | 61.647 | 66.531 |
| Август    | 55.245 | 60.244 | 58.602 | 60.694 | 69.758 |
| Септембар | 49.675 | 58.162 | 59.726 | 63.307 | 68.391 |
| Октобар   | 52.191 | 73.139 | 66.322 | 62.337 | 71.426 |
| Новембар  | 65.332 | 72.160 | 65.560 | 67.633 | 85.229 |
| Децембар  | 78.783 | 78.802 | 86.565 | 81.630 | 99.766 |

(б)

| MWh       | 2019   | 2020   | 2021   | 2022   | 2023   |
|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Јануар    | 23.924 | 27.444 | 26.272 | 28.396 | 25.882 |
| Фебруар   | 22.072 | 23.354 | 29.465 | 15.678 | 27.916 |
| Март      | 17.745 | 12.277 | 17.347 | 11.381 | 18.852 |
| Април     | 24.089 | 9.189  | 23.635 | 19.310 | 39.776 |
| Мај       | 13.938 | 2.171  | 8.294  | 4.447  | 10.294 |
| Јун       | 6.902  | 1.231  | 7.716  | 4.147  | 10.187 |
| Јул       | 148    | 525    | 322    | 601    | 896    |
| Август    | 27     | 105    | 66     | 183    | 755    |
| Септембар | 413    | 615    | 1.304  | 2.411  | 3.452  |
| Октобар   | 4.439  | 16.234 | 9.628  | 9.604  | 13.829 |
| Новембар  | 459    | 4.446  | 1.514  | 2.074  | 7.289  |
| Децембар  | 6.992  | 7.561  | 16.559 | 9.905  | 25.022 |

(в)

| MWh       | 2019   | 2020   | 2021   | 2022   | 2023   |
|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Јануар    | 674    | 647    | 1.968  | 1.173  | 883    |
| Фебруар   | 520    | 473    | 453    | 590    | 56     |
| Март      | 1.117  | 5.085  | 1.795  | 5.217  | 1.365  |
| Април     | 597    | 6.151  | 664    | 837    | 62     |
| Мај       | 2.267  | 19.630 | 6.375  | 9.905  | 4.020  |
| Јун       | 4.150  | 14.705 | 7.889  | 10.578 | 4.041  |
| Јул       | 22.375 | 21.929 | 20.449 | 21.172 | 14.614 |
| Август    | 27.333 | 25.001 | 22.163 | 18.387 | 11.619 |
| Септембар | 25.001 | 19.868 | 14.538 | 11.625 | 8.991  |
| Октобар   | 9.872  | 3.006  | 4.761  | 4.218  | 1.803  |
| Новембар  | 20.253 | 7.365  | 16.572 | 12.030 | 4.303  |
| Децембар  | 5.262  | 5.597  | 4.638  | 4.409  | 536    |

(г)

Табела VII Одступање апроксимиране производње од обрачунских вредности губитака по годинама у периоду 2019–2023. године

| Година        |                   | 2019                               | 2020    | 2021    | 2022    | 2023    |
|---------------|-------------------|------------------------------------|---------|---------|---------|---------|
| Тип електране | Инсталисана снага | Годишња производња електрана [MWh] |         |         |         |         |
| на отпад      | 110 MW            | 674.520                            | 676.368 | 674.520 | 674.520 | 674.520 |
| на ветар      | 30 MW             | 66.559                             | 72.583  | 80.528  | 70.237  | 78.861  |
| на сунце      | 50 MW             | 63.108                             | 73.709  | 50.066  | 49.245  | 41.183  |
| Укупно [MWh]  |                   | 804.187                            | 822.660 | 805.114 | 794.002 | 794.564 |
| Мањак [MWh]   |                   | 121.148                            | 105.152 | 142.122 | 108.137 | 184.150 |
| Вишак [MWh]   |                   | 119.421                            | 129.457 | 102.265 | 100.141 | 52.293  |
| Губици [MWh]  |                   | 805.914                            | 798.352 | 844.972 | 801.999 | 926.420 |

Одступање сатне вредности производње од потрошње, у нашем случају губитака, неизоставни је део рада електроенергетског система, стога је битно радити прецизне прогнозе производње и прецизне прогнозе потрошње/губитака како би се благовремено прорачунао очекивани мањак, односно вишак електричне енергије и осмислио начин како да се мањак надокнади, односно вишак потроши или прода.

## 5. ЗАКЉУЧАК

Транзиција ка климатској неутралности захтева трансформацију електроенергетског система вођену огромним улагањима како би се интегрисао велики број обновљивих извора енергије и нових технологија у циљу сигурног и одрживог рада преносног система доступног за тренутне и будуће кориснике, као и остварило оптимално функционисање и даљи развој јединственог европског тржишта електричне енергије.

Климатске промене узрокују чешће екстремне временске прилике, као што су суше и олује, које додатно могу повећати варијабилност и неизвесност производње и потрошње, а понекад утичу и на доступност мрежне инфраструктуре. У оваквим околностима неизвесност прогнозе расте и грешке у планирању су неминовне. Што је већа неизвесност у раду електроенергетског система, то је прогноза губитака тежа, односно губици су теже предвидиви.

Ослањање на производњу електричне енергије из извора зависних од временских прилика захтева одговарајуће мере којима се могу превазићи ситуације када ветар и сунце нису довољни да електране које их користе као ресурсе својом производњом покрију потребну количину губитака или су пак претерани па производња из ових електрана превазилази потребне количине.

Тренутно се европски оператори преносног система не могу похвалити софтверским решењима са прецизним прогнозама губитака на временском хоризонту дан унапред када се лакше може обезбедити потребна количина електричне енергије за надокнаду губитака било на билатералном или на организованом тржишту дан унапред. У будућности ће се настојати да

се уложе додатни напори у циљу развијања софистицираних алата који ће унапредити квалитет прогнозе губитака. Доста наде се полаже у решења на бази вештачке интелигенције.

На унутардневном временском хоризонту прогнозе губитака су прецизније, али је неизвеснија могућност набавке, односно продаје очекиваног мањка, односно вишка електричне енергије. Превазилажење тренутног недостатка понуде и потражње за електричном енергијом на унутардневном временском хоризонту очекујемо да ће се догодити спајањем домаћег тржишта електричне енергије са јединственим европским тржиштем. Ступањем на снагу Закона о изменама и допунама Закона о енергетици „Сл. гласник РС” бр. 94/2024, Република Србија је преузела одредбе тзв. Пакета за интеграцију електричне енергије који садржи девет прописа ЕУ, међу којима се налазе и они који треба да омогуће спајање тржишта електричне енергије.

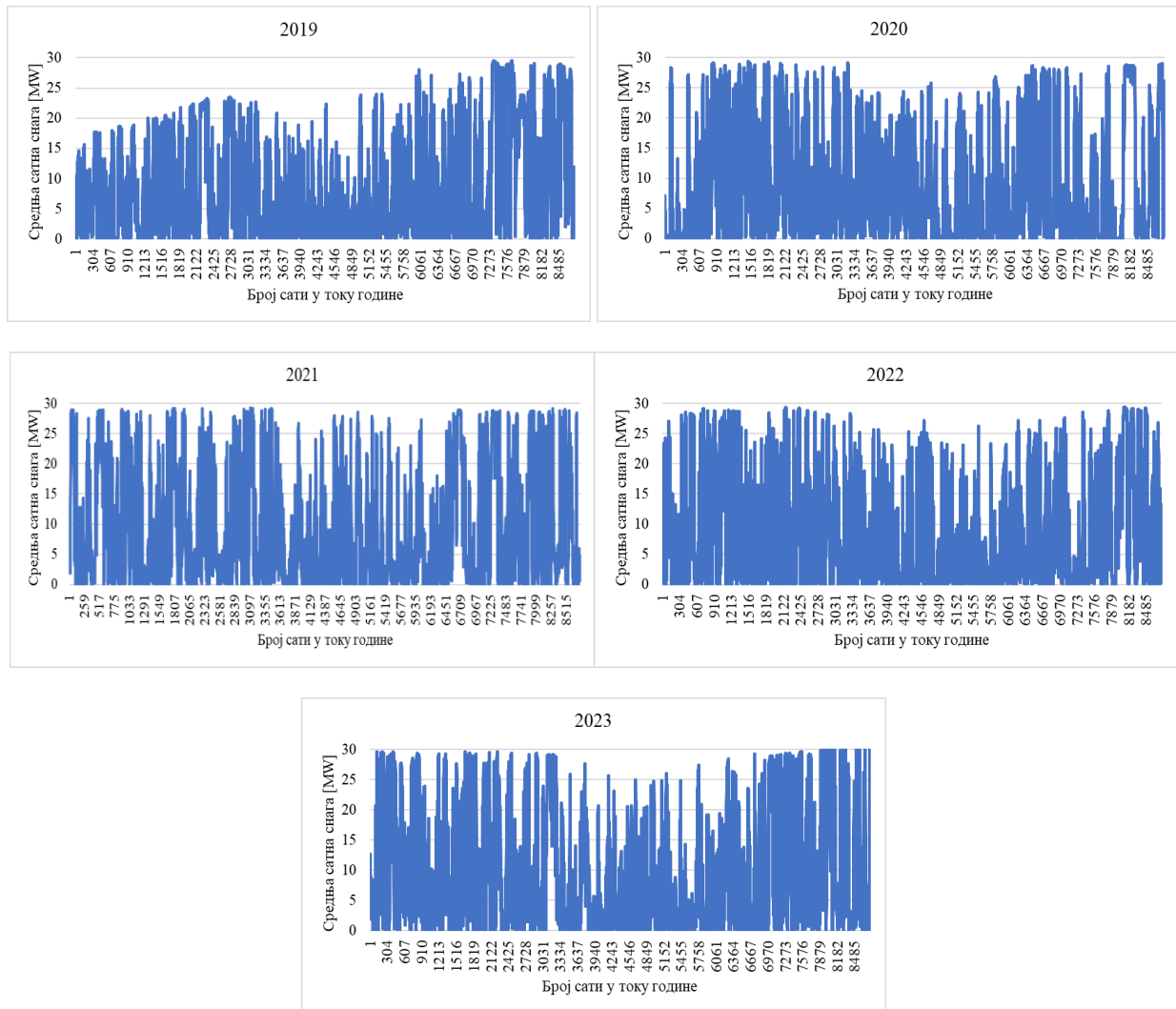
Обрачунске вредности губитака за посматрани период од пет година у прошлости шаљу нам сигнал да је вредност средње сатне снаге губитака у само 0,06% сати пала испод 45 MW, што указује да из производног портфеља електрана на ОИЕ у сваком сату током године морамо обезбедити ову вредност, односно изабрати ресурс који ће омогућити приближно константну производњу у сваком сату.

## ЛИТЕРАТУРА

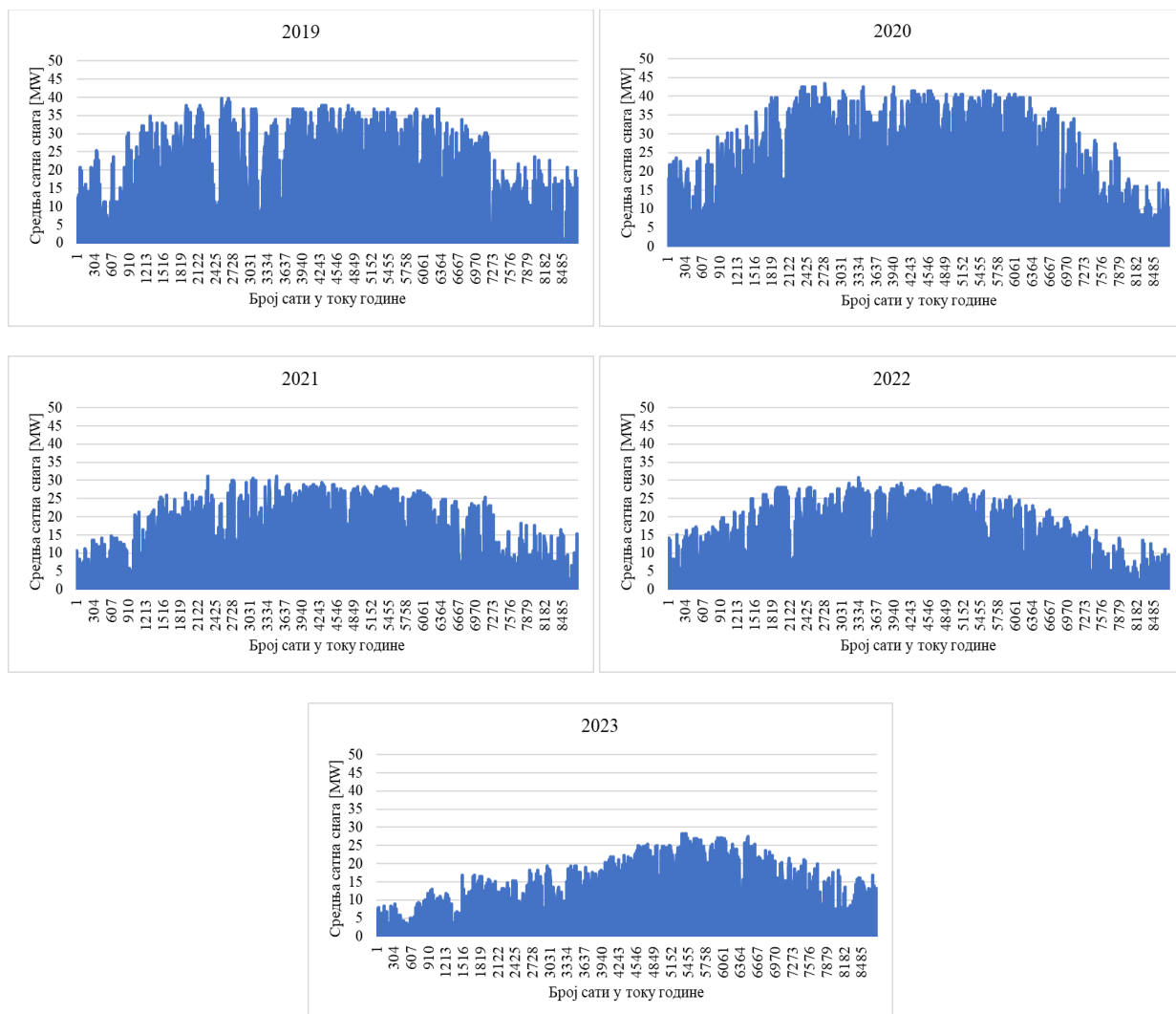
- [1] Ursula von der Leyen, Candidate for the European Commission President, „Political Guidelines for the Next European Commission 2024–2029“, pp. 5,8, [Internet]. Доступно на: [https://commission.europa.eu/document/e6cd4328-673c-4e7a-8683-f63ffb2cf648\\_en](https://commission.europa.eu/document/e6cd4328-673c-4e7a-8683-f63ffb2cf648_en)
- [2] Directive (EU) 2023/2413 of the European Parliament and of the Council of 18 October 2023 amending Directive (EU) 2018/2001, Regulation (EU) 2018/1999 and Directive 98/70/EC as regards the promotion of energy from renewable sources, and repealing Council Directive (EU) 2015/652 [Internet]. Доступно на: <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2023/2413/oj>
- [3] Јадранка М. Јањанин, Жељко Р. Јовановић, Јелена Ј. Обрадовић, „Обновљиви извори енергије као ресурс за куповину електричне енергије за надокнаду губитака у преносном систему ЕМС АД Београд”, „Електропривреда”, Год. 2, Бр. 2, 2024, 49-61, [Internet]. Доступно на: <https://epijournal.eps.rs/radovi/09%20Janjanin-Jovanovic-Obradovic%20Final%20CIR%20za%20publikovanje-v2.pdf>
- [4] Бео чиста енергија д. о. о, [Internet]. Доступно на: <https://www.bcenergy.rs/rs/projekat-jpp-u-oblasti-upravljanja-otpdom-u-beogradu/ciljevi-i-benefiti-projekta/>
- [5] ENTSO-E Transparency Platform, [Internet]. Доступно на: <https://transparency.entsoe.eu/generation/r2/actualGenerationPerProductionType/show>

- [6] Eurostat, „Municipal waste statistics”, [Internet]. Доступно на: <https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/SEPDF/cache/10360.pdf>
- [7] ЕМС АД Београд, „Правила о објављивању кључних тржишних података”, [Internet]. Доступно на: <https://ems.rs/wp-content/uploads/2022/08/Pravila-o-objavlivanju-kljucnih-trzisnih-podataka-preciscen-tekst-20220307-1.pdf>
- [8] Eurostat, „Population on 1 January”, [Internet]. <https://ec.europa.eu/eurostat/web/interactive-publications/demography-2024#population-structure>
- [9] Република Србија Републички завод за статистику, „Кључни показатељи - Процењен број становника на дан 1. јануар 2023. године”, [Internet]. <https://www.stat.gov.rs/sr-latn/oblasti/stanovnistvo/procene-stanovnistva>
- [10] IRENA, [Internet]. Доступно на: <https://www.irena.org/Energy-Transition/Technology/Solar-energy>
- [11] IRENA, [Internet]. Доступно на: <https://www.irena.org/Energy-Transition/Technology/Wind-energy>
- [12] Solar Power Europe, [Internet]. Доступно на: <https://www.solarpowereurope.org/interests/research-innovation>

## ДОДАТАК 1



Слика А.1. Апроксимација средњих сатних вредности производње из електране на ветар инсталисане снаге 30 MW за период 2019–2023. године



Слика А.2. Апроксимација средњих сатних вредности производње из електране на сунце инсталисане снаге 50 MW за период 2019–2023. године

## БИОГРАФИЈЕ



**Јадранка Јањанин** је рођена у Београду. Дипломирала је на Електротехничком факултету Универзитета у Београду на смеру Електроенергетски системи и скоро 20 година ради у оператору преносног система ЕМС АД Београд.

Свој радни век започела је у Дирекцији за управљање преносним системом где остаје до 2012. године, након чега прелази у Дирекцију за тржиште електричне енергије. Тренутно је на позицији руководиоца Сектора за прорачун и набавку електричне енергије за надокнаду губитака у преносном систему. Досадашњим радом је стекла експертизу из области тржишта електричне енергије, а нарочито у вези са набавком и продајом електричне енергије на билатералном и организованом тржишту електричне енергије, прогнозом рада преносног система, процесима планирања и извештавања, енергетским билансом оператора преносног система, доделом преносних капацитета и спајањем тржишта електричне енергије. Члан је Организованог маркетиншког комитета за организовано тржиште електричне енергије у Србији SEEPEX.

У подручју међународне сарадње учествује у радним тимовима и групама у оквиру европске асоцијације ENTSO-E, регионалних група у контексту WB6 и радних тимова које предводе USAID/USEA.



**Милан Даниловић** је рођен у Ивањици. Дипломирао је на Електротехничком факултету Универзитета у Београду на смеру Електроенергетски системи и већ скоро 20 година је активно присутан у самом

врху електроенергетског сектора Републике Србије. Радни век започео је у Диспечерском центру ЕПС-а, Дирекцији за трговину, а затим преко послова стручног сарадника за послове Управног одбора, а затим и Надзорног одбора ЕПС-а, радно искуство стиче у ЕПС Снабдевању на пословима комерцијалног снабдевања.

У својој досадашњој каријери је стекао експертска знања из области планирања и управљања производњом електричне енергије, тржишта електричне енергије са акцентом на снабдевање електричном енергијом, регулаторних питања из области енергетике. Тренутно се налази на позицији члана Савета Агенције за енергетику Републике Србије. Учесник је домаћих и регионалних саветовања из области електротехнике.



**Жељко Јовановић** је рођен у Чачку. Основне и мастер студије је завршио на Електротехничком факултету Универзитета у Београду на смеру Електроенергетски системи и 2013. године стиче звање мастер инжењер електротехнике и рачунарства.

У ЕМС АД Београд започиње рад 2014. године у Дирекцији за тржиште електричне енергије, где је и данас запослен. Налази се на позицији шефа Службе за прорачун електричне енергије за надокнаду губитака у преносном систему. Поседује знање из области билатералног и организованог тржишта електричне енергије, са посебним акцентом на прогнозу техничких губитака у преносној мрежи и куповину и продају електричне енергије за њихову надокнаду.

Учесник је домаћих и регионалних саветовања из области електротехнике.

Jadranka M. Janjanin<sup>1</sup>, Milan M. Danilovic<sup>2</sup>, Zeljko R. Jovanovic<sup>1</sup>

# Analysis of Required Monthly Amounts of Electrical Energy Produced from Renewable Energy Sources for Covering Transmission System Losses

<sup>1</sup> EMS JSC Belgrade, Belgrade, Serbia\*<sup>2</sup> Energy Agency of the Republic of Serbia

Professional paper

## Highlights

- Variability of average hourly values of technical transmission system losses
- Approximation of power plant production from RES
- Possibility to cover technical transmission system losses from RES

## Abstract

The transition to climate neutrality by 2050, the so-called "green" transition is underway and therefore it is important to plan and ensure the sustainability of existing processes. Identification of opportunities and selection of actions are indispensable in planning future work. It often happens that the chosen action does not achieve the desired results, so we have to undergo iterative processes. In order to avoid the application of quick actions and the impossibility of conducting the necessary analyses, it is crucial to observe and design processes in time, especially if they arise from legally defined obligations.

When we talk about the transmission system operator, we recognize the procurement of electrical energy for covering of technical transmission system losses as one of the obligations from the Energy Law. In this paper, we will devote ourselves to a more detailed analysis of the chosen method of procurement of technical transmission system losses from renewable energy sources. The authors of the paper chose wind, sun and waste as sources of electrical energy that they will use in planning the procurement of electrical energy for covering transmission system losses. This paper is a continuation of the analysis that was started in the paper "Renewable Energy Sources as a Resource for the Procurement of Electrical Energy for Covering Transmission System Losses". From the level of looking at the annual needs of electrical energy for covering of transmission system losses produced from renewable energy sources, we go down to the monthly level.

This paper can serve as a guideline for mitigating the overall risks and uncertainties of transmission system operators during procurement of electrical energy for covering technical transmission system losses on the way towards clean energy by 2050. In the paper, we will analyze whether one of the basic principles of the transition, i.e. that the transition to clean energy is objective and inclusive, is justified in the case of transmission system operator.

## Keywords

Approximation of production of electrical energy from renewable energy sources,  
Climate neutrality, Losses

Received: December 16<sup>th</sup>, 2024Reviewed: January 16<sup>th</sup>, 2025Modified: February 1<sup>st</sup>, 2025Accepted: February 13<sup>th</sup>, 2025

\*Corresponding author: Jadranka Janjanin, +381 64 8408 661

E - mail: [jadranka.janjanin@ems.rs](mailto:jadranka.janjanin@ems.rs)

### Note:

This article thematically follows on from the text *Renewable Energy Sources as a Resource for the Procurement of Electrical Energy for Covering Transmission System Losses*, which was published on November 1, 2024 in the second, Special Edition of "Electric Power Industry Journal", dedicated to selected award-winning papers at the 36<sup>th</sup> CIGRE Serbia Conference.

