

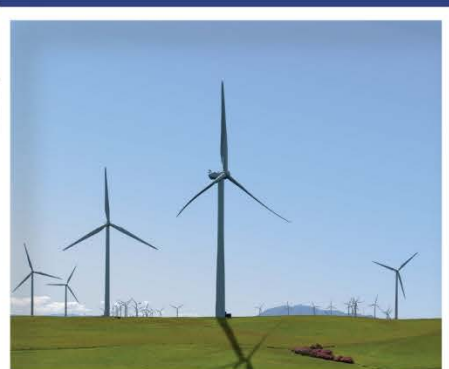


Hrvatski operator prijenosnog sustava d.d.



MJESEČNI IZVJEŠTAJ O PROIZVODNJI VJETROELEKTRANA U HRVATSKOJ

MONTHLY REPORT ON WIND POWER PLANT GENERATION IN CROATIA



Prosinac/**December 2023**

SADRŽAJ



CONTENTS

| SADRŽAJ | | stranica/ page | CONTENTS | |
|---------|---|-------------------|----------|---|
| 1. | PREGLED OSNOVNIH PARAMETARA VJETROELEKTRANA U HRVATSKOJ | 5 | 1. | BASIC PARAMETERS OVERVIEW OF WIND POWER PLANTS IN CROATIA |
| 2. | OSTVARENA PROIZVODNJA VJETROELEKTRANA | 10 | 2. | REALIZED WIND POWER PLANT GENERATION |
| 3. | PROMJENJIVOST PROIZVODNJE VJETROELEKTRANA | 17 | 3. | WIND POWER PLANT GENERATION VARIABILITY |

POPIS TABLICA

| | |
|-----------|---|
| TABLICA 1 | OSNOVNI PARAMETRI VJETROELEKTRANA U REDOVNOM POGONU |
| TABLICA 2 | OSNOVNI PARAMETRI VJETROELEKTRANA U POKUSNOM RADU |

stranica/
page

LIST OF TABLES

| | |
|---------|---|
| TABLE 1 | BASIC PARAMETERS OVERVIEW OF WIND POWER PLANTS IN NORMAL OPERATION |
| TABLE 2 | BASIC PARAMETERS OVERVIEW OF WIND POWER PLANTS IN TESTING OPERATION |

POPIS SLIKA

| | |
|----------|--|
| SLIKA 1 | LOKACIJE VE U HRVATSKOJ |
| SLIKA 2 | SATNA PROIZVODNJA SVIH VJETROELEKTRANA |
| SLIKA 3 | KRIVULJA TRAJANJA ANGAŽIRANE SNAGE SVIH VE I KUMULATIVNA PROIZVODNJA VE U PROMATRANOM RAZDOBLJU U JEDINIČNIM VRIJEDNOSTIMA |
| SLIKA 4 | STANDARDNA DEVIJACIJA SATNE PROIZVODNJE VJETROELEKTRANA U JEDINIČNIM VRIJEDNOSTIMA |
| SLIKA 5 | DNEVNA PROIZVODNJA SVIH VJETROELEKTRANA |
| SLIKA 6 | KRIVULJA TRAJANJA DNEVNE PROIZVODNJE VJETROELEKTRANA |
| SLIKA 7 | USPOREDBA SATNOG DIJAGRAMA OPTEREĆENJA SUSTAVA I PROIZVODNJE VJETROELEKTRANA |
| SLIKA 8 | UDIO PROIZVODNJE VJETROELEKTRANA U POKRIVANJU SATNOG OPTEREĆENJA ELEKTROENERGETSKOG SUSTAVA |
| SLIKA 9 | MAKSIMALNA POZITIVNA I MAKSIMALNA NEGATIVNA PROMJENA SATNE PROIZVODNJE VE U MJESECU |
| SLIKA 10 | STATISTIČKA RASPODJELA SATNIH PROMJENA PROIZVODNJE VE |

stranica/
page

LIST OF FIGURES

| | |
|-----------|--|
| FIGURE 1 | WPP LOCATIONS IN CROATIA |
| FIGURE 2 | HOURLY GENERATION OF ALL WIND POWER PLANTS |
| FIGURE 3 | DURATION CURVE OF ENGAGED CAPACITY OF ALL WIND POWER PLANTS AND CUMULATIVE GENERATION IN GIVEN TIMEFRAME IN PER UNIT |
| FIGURE 4 | STANDARD DEVIATION OF HOURLY GENERATION OF ALL WIND POWER PLANTS IN PER UNIT |
| FIGURE 5 | DAILY GENERATION OF ALL WIND POWER PLANTS |
| FIGURE 6 | AVERAGE DAILY WPP GENERATION DURATION CURVE |
| FIGURE 7 | COMPARISON BETWEEN HOURLY SYSTEM DEMAND AND WPP GENERATION |
| FIGURE 8 | WPP GENERATION SHARE IN COVERING POWER SYSTEM DEMAND |
| FIGURE 9 | MAXIMUM POSITIVE AND MAXIMUM NEGATIVE WIND POWER PLANT HOURLY OUTPUT VARIATION DURING THE MONTH |
| FIGURE 10 | STATISTICAL DISTRIBUTION OF WPP HOURLY OUTPUT VARIATIONS |

1.

PREGLED OSNOVNIH PARAMETARA VJETROELEKTRANA U HRVATSKOJ



BASIC PARAMETERS OVERVIEW OF WIND POWER PLANTS IN CROATIA

U prikazu osnovnih parametara vjetroelektrane dijelimo u dvije grupe:

- 1) vjetroelektrane u redovnom pogonu i
- 2) vjetroelektrane u pokusnom radu.

U prosincu 2023. godine je u Hrvatskoj u redovnom pogonu bilo 25 vjetroelektrana, s ukupno instaliranom snagom od 834,15 MW i odobrenom snagom priključenja u iznosu od 824,85 MW (tablica 1).

U probnom pogonu / izgradnji bile su još 3 vjetroelektrane, ukupne instalirane snage od 326 MW, a ukupno odobrene priključne snage 312 MW (tablica 2).

Najviše vjetroelektrana smješteno je na lokacijama u Šibensko-kninskoj županiji (9), Zadarskoj županiji (7+2 u pokusnom radu), Splitsko-dalmatinskoj županiji (6), Dubrovačko-neretvanskoj županiji (2) i Ličko-senjskoj županiji (1+1 u pokusnom radu) (slika 1).

Najveći broj vjetroelektrana (16+3 u pokusnom radu) priključen je na prijenosnu mrežu (220 kV i 110 kV), dok su ostale priključene na srednjenaponsku distribucijsku mrežu (35, 30 i 10 kV).

In basic parameters overview wind power plants are divided in two groups:

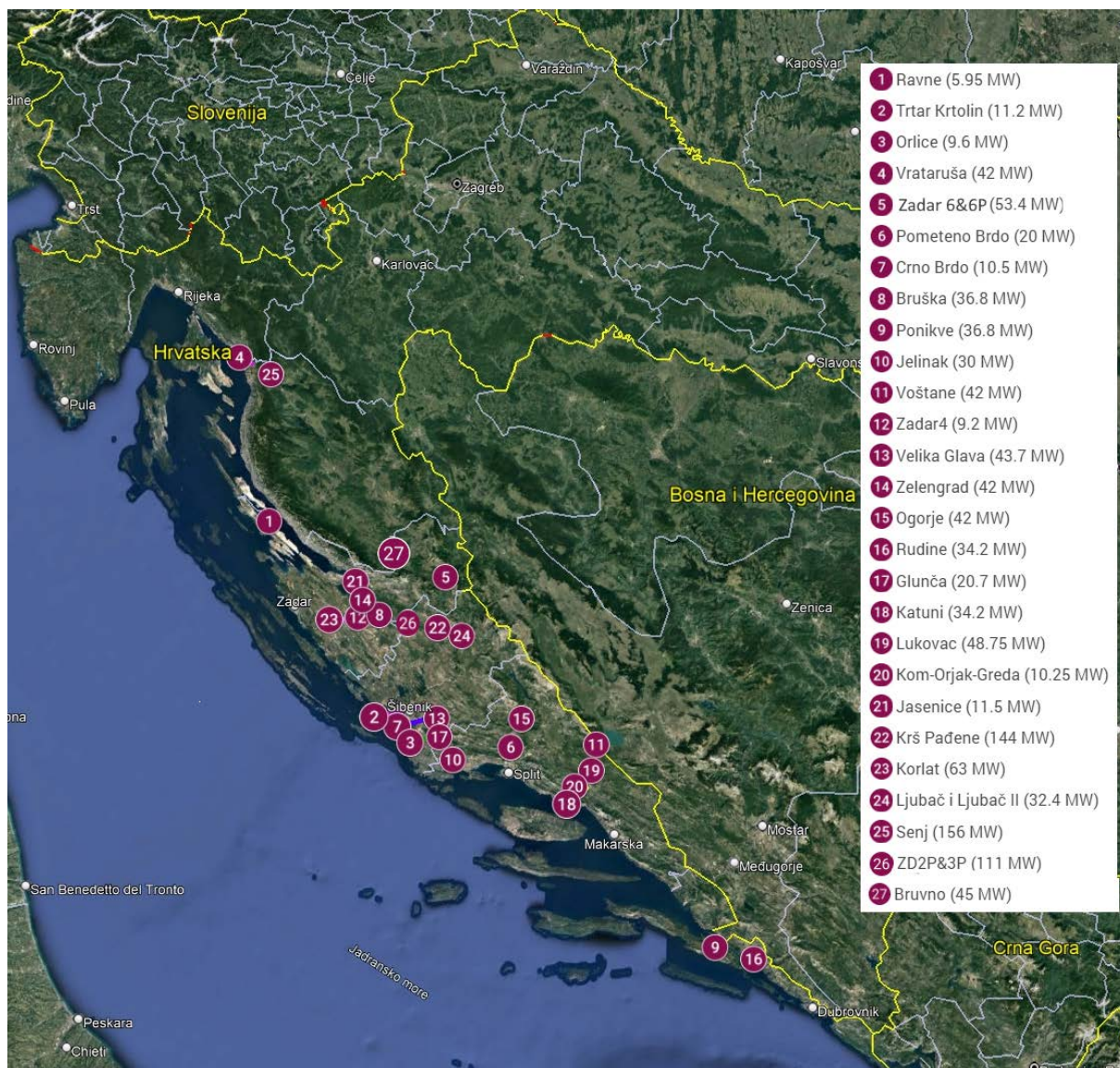
- 1) wind power plants in normal operation
- 2) wind power plants in testing operation or under construction.

In December 2023 in Croatia there were 25 wind power plants with total installed capacity of 834.15 MW and total approved connection capacity of 824.85 MW (Table 1).

There were 3 wind power plants in testing operation / construction, with total installed capacity of 326 MW and total approved connection capacity of 312 MW (Table 2).

The largest number of wind power plants are located in Šibensko-kninska County (9), Zadarska County (7+2 in test operation), Split-Dalmatia County (6), Dubrovačko-Neretvanska (2) and in Ličko-senjska County (1 + 1 in test operation).

The largest number of wind power plants (16+3 in test operation) are connected to transmission network (220 kV and 110 kV), while the rest are connected to the mid-voltage distribution network (35, 30 and 10 kV).



Slika 1 Lokacije VE u Hrvatskoj
Figure 1 WPP locations in Croatia

Tablica 1 Osnovni parametri vjetroelektrana u redovnom pogonu

Table 1 Basic parameters overview of wind power plants in normal operation

| Br No | Naziv VE WPP name | Lokacija (županija/općina) Location (county/municip.) | Ukupna instalirana snaga (MW) Total installed capacity (MW) | Ukupno odobrena snaga priključenja (MW) Total approved connected capacity (MW) | Napon priključenja (kV) Connection voltage (kV) | U redovnom pogonu od In normal operation since |
|-----------------|----------------------|--|--|---|--|---|
| 1 | Ravne | Zadarska/Pag | 5,95 | 5,95 | 10 | 2005 |
| 2 | Trtar Krtolin | Šib-Knin/Šibenik | 11,2 | 11,2 | 30 | 2007 |
| 3 | Orlice | Šib-Knin/Šibenik | 9,6 | 9,6 | 30 | 2009 |
| 4 | Vrataruša | Lič-Senj/Senj | 42 | 42 | 110 | 2010 |
| 5 | Zadar 6&6P | Zadarska/Gračac | 53,4 | 54 | 110 | 2011 / 2017 |
| 6 | Pometeno Brdo | Split-Dalm/Split | 20 | 20 | 110 | 2010 / 2011 / 2012 / 2015 |
| 7 | Crno Brdo | Šib-Knin/Šibenik | 10,5 | 10 | 10 | 2011 |
| 8 | Bruška | Zadarska/Benkovac, Obrovac | 36,8 | 36 | 110 | 2011 |
| 9 | Ponikve | Dub-Neret/Ston | 36,8 | 34 | 110 | 2012 |
| 10 | Jelinak | Šib-Knin/Marina, Seget | 30 | 30 | 110 | 2013 |
| 11 | Voštane | Split-Dalm/Trilj | 42 | 40 | 110 | 2013 |
| 12 | Zadar4 | Zadarska/Benkovac | 9,2 | 9,2 | 10 | 2013 |
| 13 | Velika Glava | Šib-Knin/Drniš, Šibenik, Unešić | 43,7 | 43 | 110 | 2014 |
| 14 | Zelengrad | Zadarska/Obrovac | 42 | 42 | 110 | 2014 |
| 15 | Ogorje | Split-Dalm/Muč | 42 | 44 | 110 | 2015 |
| 16 | Rudine | Dub-Neret/Dubrovačko primorje | 34,2 | 35 | 110 | 2015 |
| 17 | Glunča | Šib-Knin/Šibenik | 20,7 | 22 | 110 | 2016 |
| 18 | Katuni | Split-Dalm/Šestanovac | 34,2 | 39 | 110 | 2016 |
| 19 | Lukovac | Split-Dalm/Cista Provo | 48,75 | 48 | 110 | 2018 |
| 20 | Kom-Orjak-Greda | Split-Dalm/Blato na Cetini | 10,25 | 10 | 35 | 2020 |
| 21 | Jasenice | Zadarska/Jasenice | 11,5 | 10 | 35 | 2020 |
| 22 | Krš Pađene | Šib-Knin/Ervenik | 144 | 142 | 220 | 2021 |
| 23 | Korlat | Zadarska/Korlat | 63 | 58 | 110 | 2021 |
| 24 | Ljubač | Šib-Knin/Vrbnik | 21,6 | 20 | 35 | 2022 |
| 25 | Ljubač II | Šib-Knin/Vrbnik | 10,8 | 9,9 | 35 | 2022 |
| UKUPNO TOTAL | | | 834,15 | 824,85 | | |

Tablica 2 Osnovni parametri vjetroelektrana u pokusnom radu

Table 2 Basic parameters overview of wind power plants in testing operation

| Br No | Naziv VE WPP name | Lokacija (županija/općina) Location (county/municip.) | Ukupna instalirana snaga (MW) Total installed capacity (MW) | Ukupno odobrena snaga priključenja (MW) Total approved connected capacity (MW) | Napon priključenja (kV) Connection voltage (kV) | Trenutni status Current status |
|-----------------|----------------------|--|--|---|--|------------------------------------|
| 1 | Senj | Lič-Senj/Senj | 156 | 156 | 220 | Pokusni rad / Testing operation |
| 2 | ZD2P&3P | Zadarska/Benkovac, Obrovac | 125 | 111 | 110 | Pokusni rad / Testing operation |
| 3 | Bruvno | Zadarska/Gračac | 45 | 45 | 110 | Pokusni rad / Testing operation |
| UKUPNO TOTAL | | | 326 | 312 | | |

2.

OSTVARENA PROIZVODNJA VJETROELEKTRANA



REALIZED WIND POWER PLANT GENERATION

U ovom poglavlju prikazani su podaci o ostvarenoj proizvodnji svih VE u Hrvatskoj. Ukupna mjesečna proizvodnja svih VE u prosincu 2023. godine iznosila je 243658,18 MWh. Na slici 2 prikazana je ukupna satna proizvodnja svih VE u ovom mjesecu. Pri tom je najveća ostvarena satna proizvodnja iznosila 969,15 MWh i ostvarena je 15.12.2023 godine u 12 h, a najmanja 0,02 MWh ostvarena 19.12.2023 godine u 12 h. Satna proizvodnja veća od 300 MWh ostvarena je tijekom 298 sati u prosincu 2023. godine. Prosječna satna proizvodnja svih VE iznosila je 327,5 MWh.

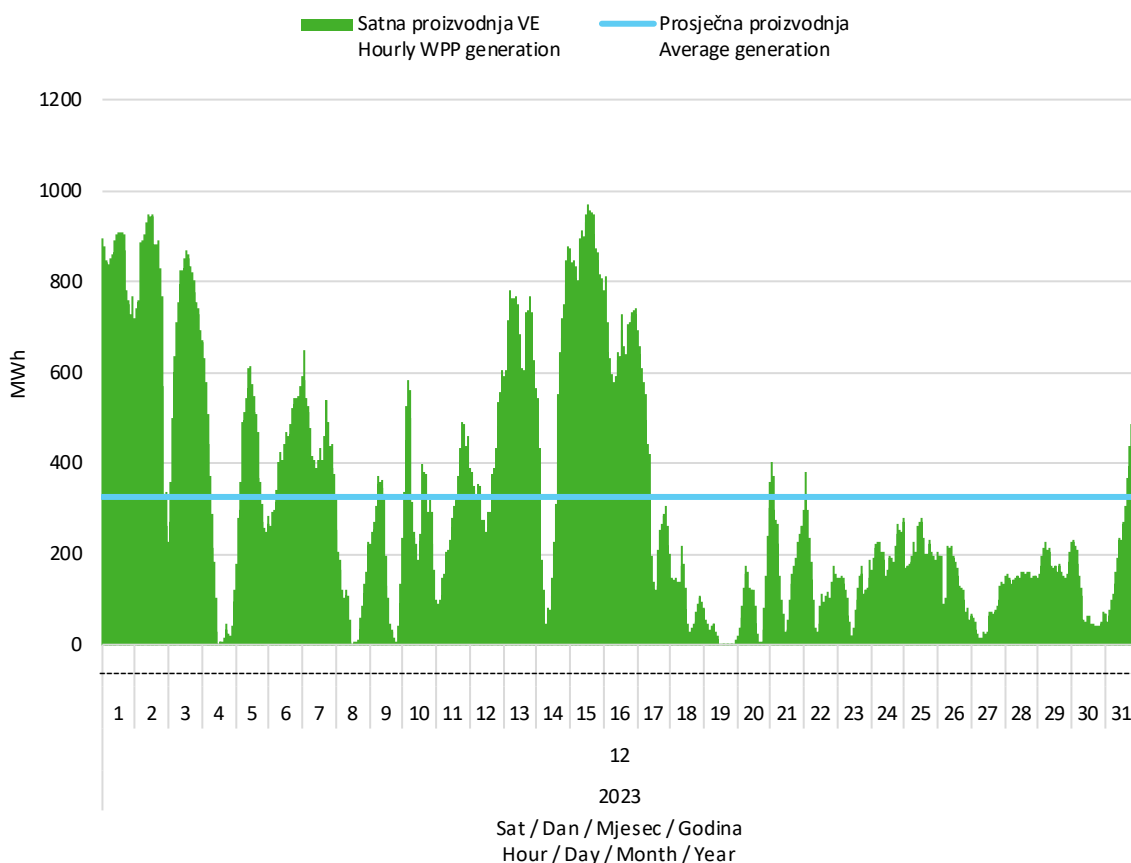
Krivulja trajanja angažirane snage svih VE izražena je specifično u odnosu na instaliranu snagu VE (*engl.* „per unit“ ili p.u.), a za prosinac 2023. godine prikazana je na slici 3 zajedno s krivuljom kumulativne proizvodnje.

Faktor iskorištenja snage svih VE u ovom mjesecu iznosio je 28,23%.

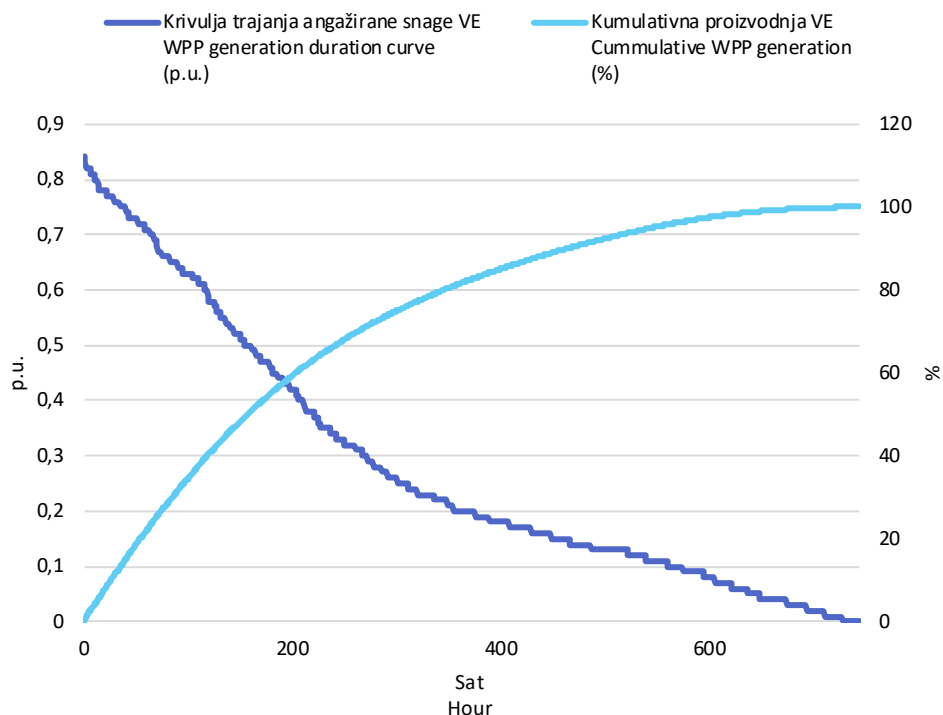
Wind power plant total output in Croatia is presented in this Chapter. Total wind power plant generation in December 2023 was 243658.18 MWh. Figure 2 shows hourly wind power plant generation in this month. Maximum hourly output was 969.15 MWh and it was realized on 15.12.2023 at 12 h, while minimum output was 0.02 MWh on 19.12.2023 at 12 h. Hourly production higher than 300 MWh occurred in 298 hours in December 2023. Average hourly wind power plant generation was 327.5 MWh.

Duration curve of engaged capacity of all wind power plants is expressed in p.u. (per unit of installed WPP capacity) in December 2023 on the Figure 3, along with cumulative generation curve.

Capacity factor of all wind power plants in this month was 28.23%.



Slika 2 Satna proizvodnja svih vjetroelektrana u prosincu 2023. godine
Figure 2 Hourly generation of all wind power plants in December 2023



Slika 3 Krivulja trajanja angažirane snage svih VE i kumulativna proizvodnja VE u prosincu 2023. godine u jediničnim vrijednostima

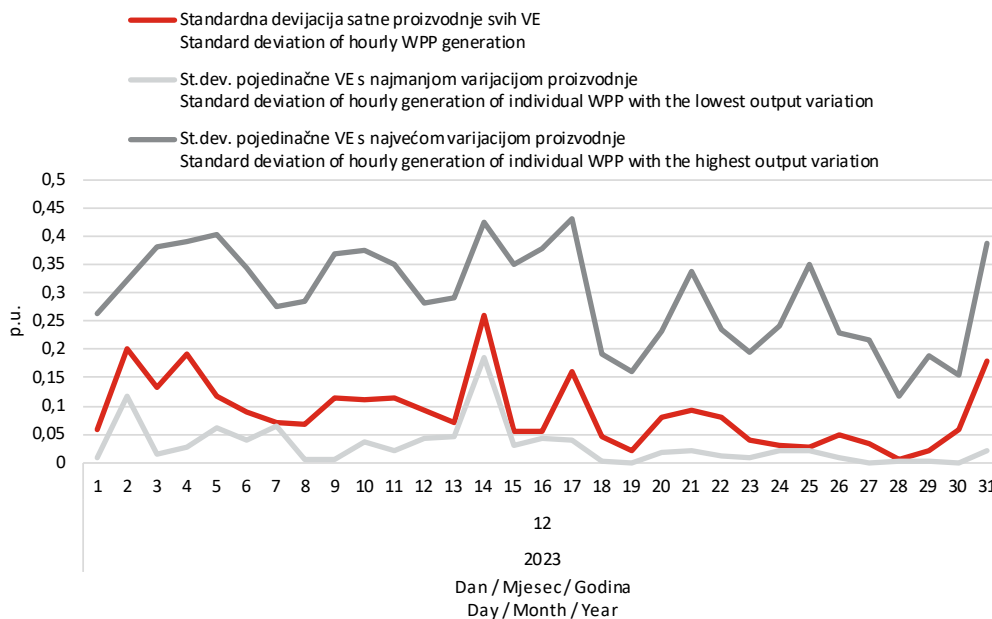
Figure 3 Duration curve of engaged capacity of all wind power plants and cumulative generation in December 2023 in per unit

Jedna od osnovnih karakteristika proizvodnje VE je promjenjivost. Na slici 4 prikazana je standardna devijacija ukupne satne proizvodnje svih VE na dnevnoj razini i u ovom mjesecu kretala se u rasponu 0,005 – 0,26 p.u., gdje p.u. (per unit - jedinična vrijednost) podrazumijeva udio u ukupno instaliranoj snazi svih VE. Prosječna standardna devijacija u ovom mjesecu iznosila je 0,088 p.u.

Premda su sve VE u Hrvatskoj smještene na relativno malom prostoru, postoje značajne razlike u promjenjivosti satne proizvodnje pojedinih VE. Na slici 4 su pored standardne devijacije satne proizvodnje svih VE prikazane i standardne devijacije satne proizvodnje pojedinačnih VE s najvećom, odnosno najmanjom varijacijom proizvodnje u ovom mjesecu. Očito je standardna devijacija pojedinačne VE s najvećom varijacijom proizvodnje značajno veća od standardne devijacije proizvodnje svih VE.

One of the basic characteristic of wind power plant generation is its intermittency. Figure 4 shows standard deviation of total wind power plant hourly output on daily basis. In this month it was in the range 0.005 – 0.26 p.u., where p.u. (per unit) refers to the share in total installed capacity of all wind power plants. Average standard deviation was 0.088 p.u.

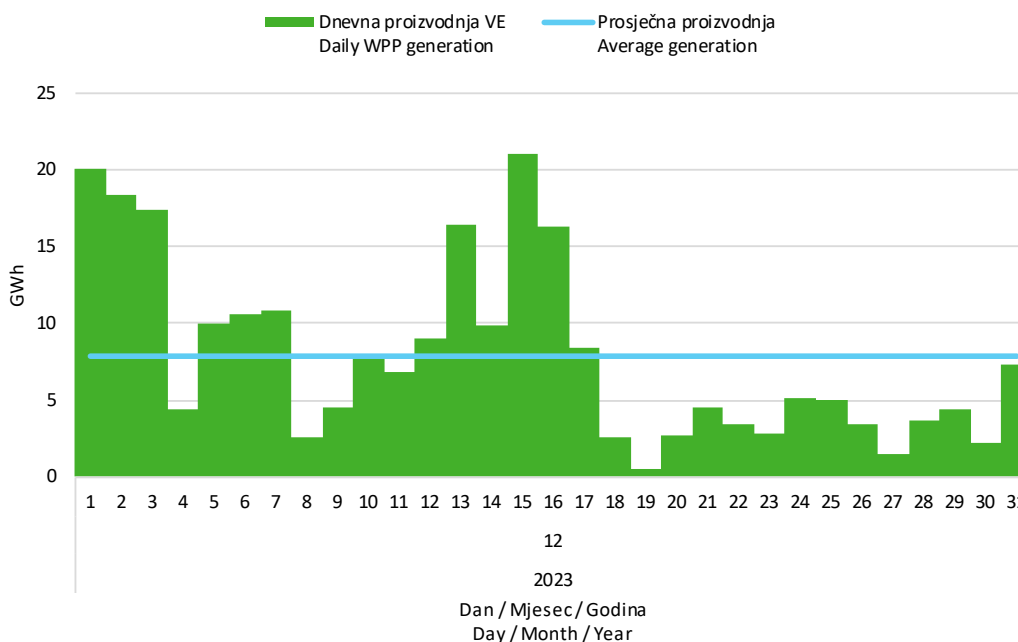
Even though all wind power plants in Croatia are located on relatively small area, there are significant differences among individual wind power plants' generation variations. Beside standard deviation of all wind power plants output, Figure 4 shows standard deviation of individual wind power plants with maximum and minimum generation variations. Clearly, standard deviation of individual wind power plant with the largest output variation is significantly larger than standard deviation of all wind power plants' output.



Slika 4 Standardna devijacija satne proizvodnje vjetroelektrana u jediničnim vrijednostima
 Figure 4 Standard deviation of hourly generation of all wind power plants in per unit

Pored podataka o satnoj proizvodnji VE analiziraju se i podaci o dnevnoj proizvodnji VE. Na slici 5 prikazana je ukupna dnevna proizvodnja svih VE i u ovom mjesecu kreće se u rasponu 0,48 GWh (ostvareno 19.12.2023 godine) – 21 GWh (ostvareno 15.12.2023 godine). Prosječna dnevna proizvodnja svih VE iznosila je 7,86 GWh.

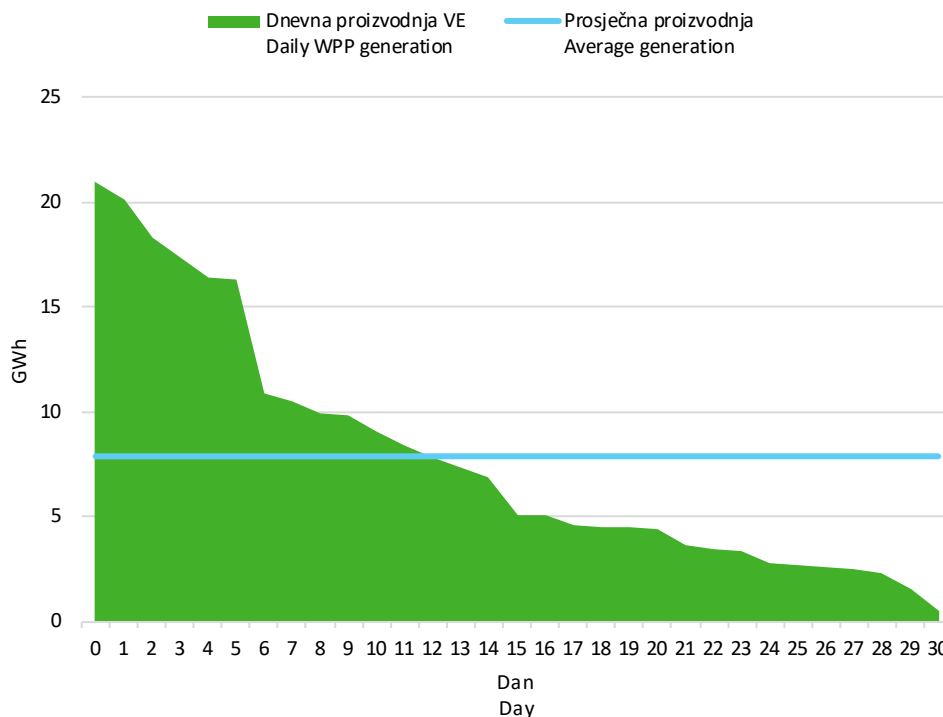
In addition to hourly output, data on daily wind power plants output are analyzed. Figure 5 shows total daily wind power plant generation in this month within the range of 0.48 GWh (19.12.2023) – 21 GWh (15.12.2023). Average daily generation was 7.86 GWh.



Slika 5 Dnevna proizvodnja svih vjetroelektrana u prosincu 2023. godine
 Figure 5 Daily generation of all wind power plants in December 2023

Podaci o dnevnoj proizvodnji svih VE prikazani su krivuljom trajanja i na slici 6.

Daily generation of all wind power plants are shown on the following Figure 6 with duration curve.

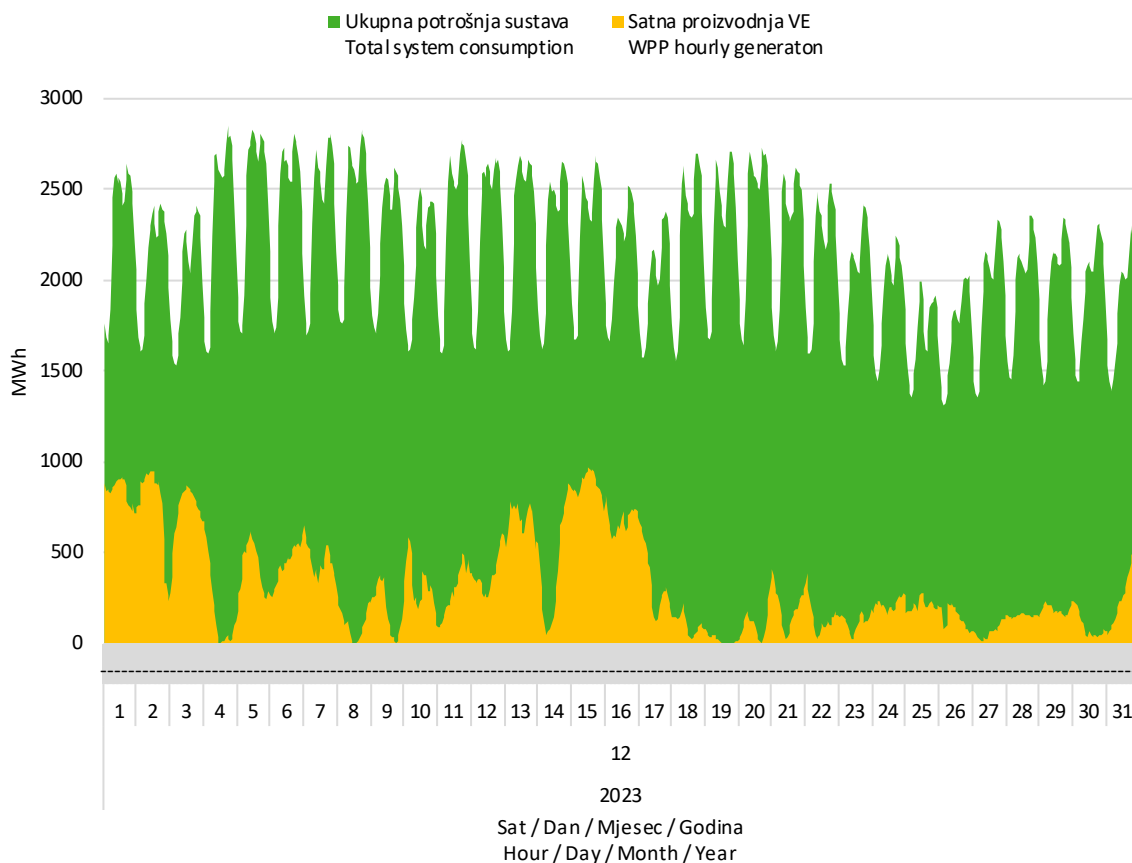


Slika 6 Krivulja trajanja dnevne proizvodnje vjetroelektrana u prosincu 2023. godine

Figure 6 Average daily WPP generation duration curve in December 2023

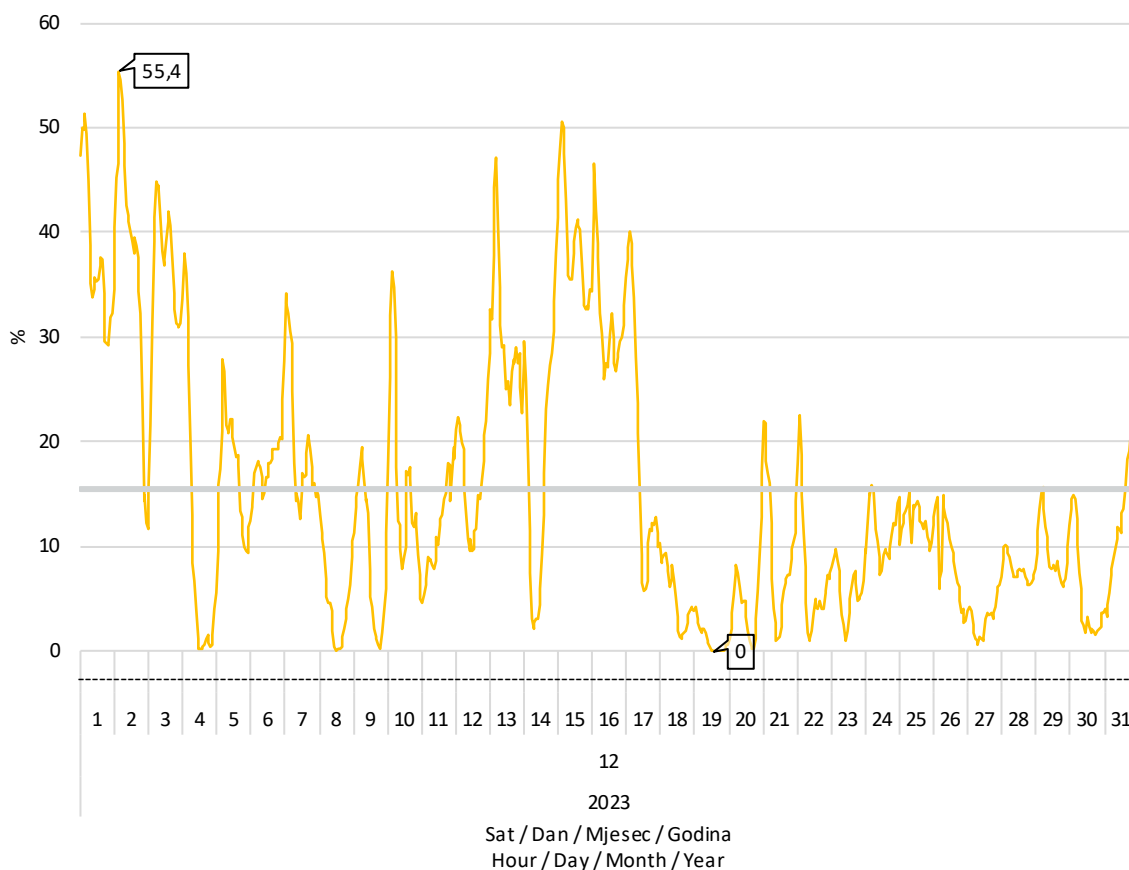
U posljednje vrijeme VE imaju sve veću ulogu u pokrivanju opterećenja elektroenergetskog sustava Hrvatske. Na slici 7 prikazana je usporedba satnog dijagrama opterećenja sustava i proizvodnje VE, a na slici 8 prikazan je udio proizvodnje VE u pokrivanju satnog opterećenja sustava. U ovom mjesecu taj udio kreće se u rasponu od 0% do najviše 55,4% (ostvareno na 2.12.2023 u 3 h), a bio je veći od 15% tijekom 285 sati.

Wind power plants are having an increasing role in covering power system demand in Croatia. Figure 7 shows comparison between hourly demand diagram and wind power generation. Figure 8 shows share of wind power plant generation in covering hourly power system demand. In this month this share was ranging from 0% to 55.4% (2.12.2023 at 3 h), while it was larger than 15% in 285 hours.



Slika 7 Usporedba satnog dijagrama opterećenja sustava i proizvodnje vjetroelektrana u prosincu 2023. godine

Figure 7 Comparison between hourly system demand and WPP generation in December 2023



Slika 8 Udio proizvodnje vjetroelektrana u pokrivanju satnog opterećenja elektroenergetskog sustava u prosincu 2023. godine

Figure 8 WPP generation share in covering power system demand in December 2023

3.

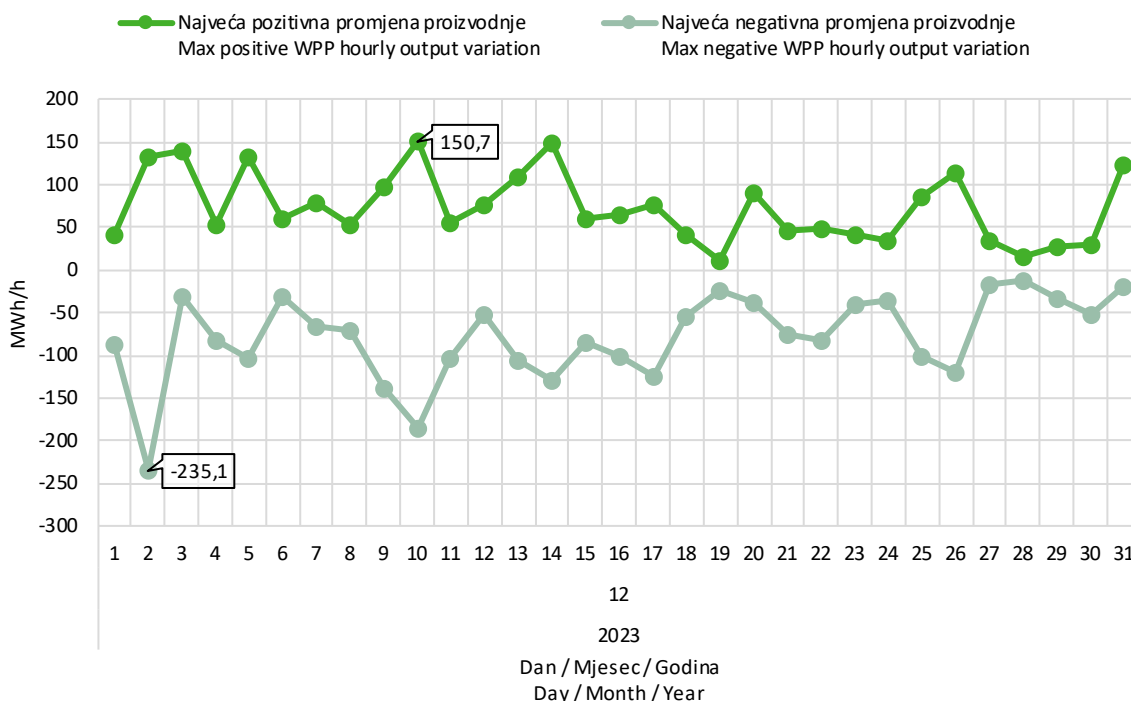
PROMJENJIVOST PROIZVODNJE VJETROELEKTRANA



WIND POWER PLANT GENERATION VARIABILITY

Za vođenje elektroenergetskog sustava od posebnog je interesa promjenjivost proizvodnje VE. Na slici 9 prikazana je maksimalna pozitivna i maksimalna negativna promjena satne proizvodnje VE u ovom mjesecu. Drugim riječima, prikazana je razlika ostvarene prosječne proizvodnje VE u dva uzastopna sata. Najveća pozitivna satna promjena proizvodnje VE iznosila je 150,7 MW, ostvarena na 10.12.2023 godine, dok je najveća negativna satna promjena proizvodnje VE iznosila -235,1 MW, ostvarena na 2.12.2023 godine. Prosječna pozitivna satna promjena proizvodnje u ovom mjesecu iznosila je 73,54 MW, a prosječna negativna -78,37 MW.

For power system control wind power plant output variation is of utmost interest. Maximum positive and maximum negative wind power plant hourly output variations are given on the Figure 9. In other words, the difference between in hourly WPP output in two consecutive hours is shown. The largest positive hourly WPP output variation was 150.7 MW, realized on 10.12.2023. The largest negative hourly WPP output variation was -235.1 MW, realized on 2.12.2023. Average positive hourly WPP output variation in this month was 73.54 MW, while average negative hourly WPP output variation was -78.37 MW.

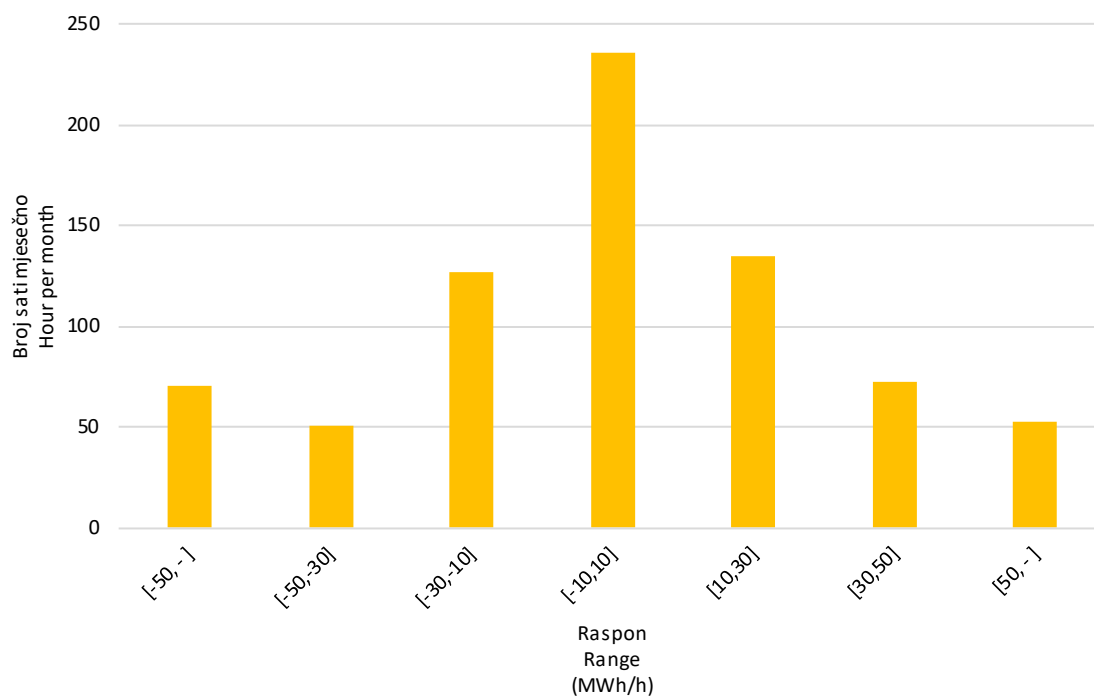


Slika 9 Maksimalna pozitivna i maksimalna negativna promjena satne proizvodnje VE u prosincu 2023. godine

Figure 9 Maximum positive and maximum negative wind power plant hourly output variation in December 2023

Najveći broj satnih promjena proizvodnje VE događa se u rasponu od -30 MWh/h do +30 MWh/h, 498 sati ili 66,94% vremena ovog mjeseca, kako je prikazano slikom 10. Apsolutna vrijednost promjene proizvodnje VE iznad 50 MWh/h (dakle i pozitivne i negativne promjene) pojavile su se u 123 sati, odnosno 16,53% vremena u ovom mjesecu.

The largest amount of WPP hourly output variation was in the range -30 MWh/h to +30 MWh/h, 498 hours, or 66.94% of this month, as shown on the Figure 10. Absolute value of WPP hourly output variations above 50 MWh/h (including both positive and negative variations) happened in 123 hours or 16.53% of this month.



Slika 10 Statistička raspodjela satnih promjena proizvodnje VE u prosincu 2023. godine

Figure 10 Statistical distribution of WPP hourly output variations in December 2023

IZDAVAČ:

Hrvatski operator prijenosnog sustava d.d.
Kupska 4, 10 000 Zagreb, Hrvatska

PUBLISHER:

Croatian Transmission System Operator Plc.
Kupska 4, 10 000 Zagreb, Croatia

ODGOVORNA OSOBA:

Dr.sc. Igor Ivanković

RESPONSIBLE PERSON:

Igor Ivanković, PhD

UREDNIK:

Sektor za vođenje EES-a

EDITOR:

System Operation Department

AUTORSKA PRAVA:

Hrvatski operator prijenosnog sustava d.d.
Kupska 4, 10 000 Zagreb, Hrvatska

COPYRIGHT:

Croatian Transmission System Operator Plc.
Kupska 4, 10 000 Zagreb, Croatia