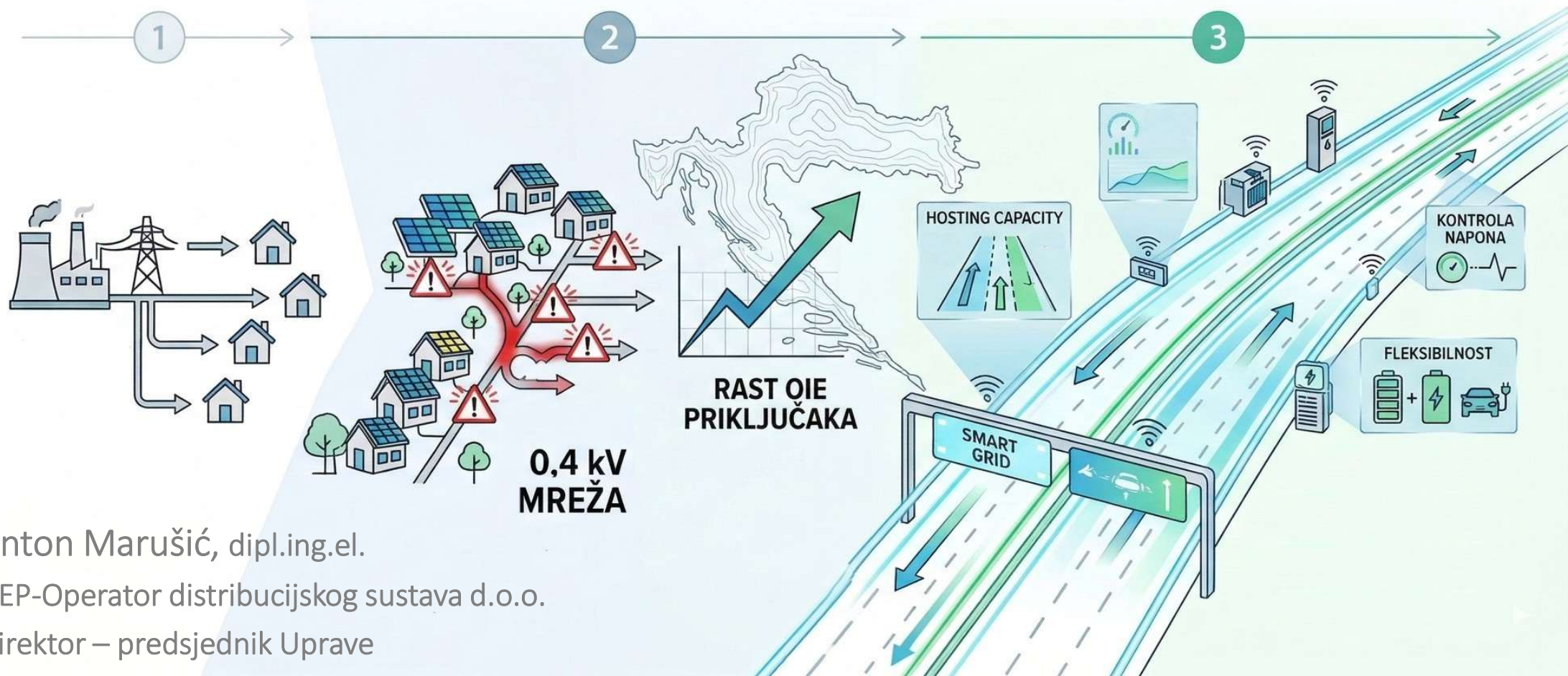




DISTRIBUCIJSKA MREŽA U UVJETIMA ENERGETSKE TRANZICIJE



Anton Marušić, dipl.ing.el.

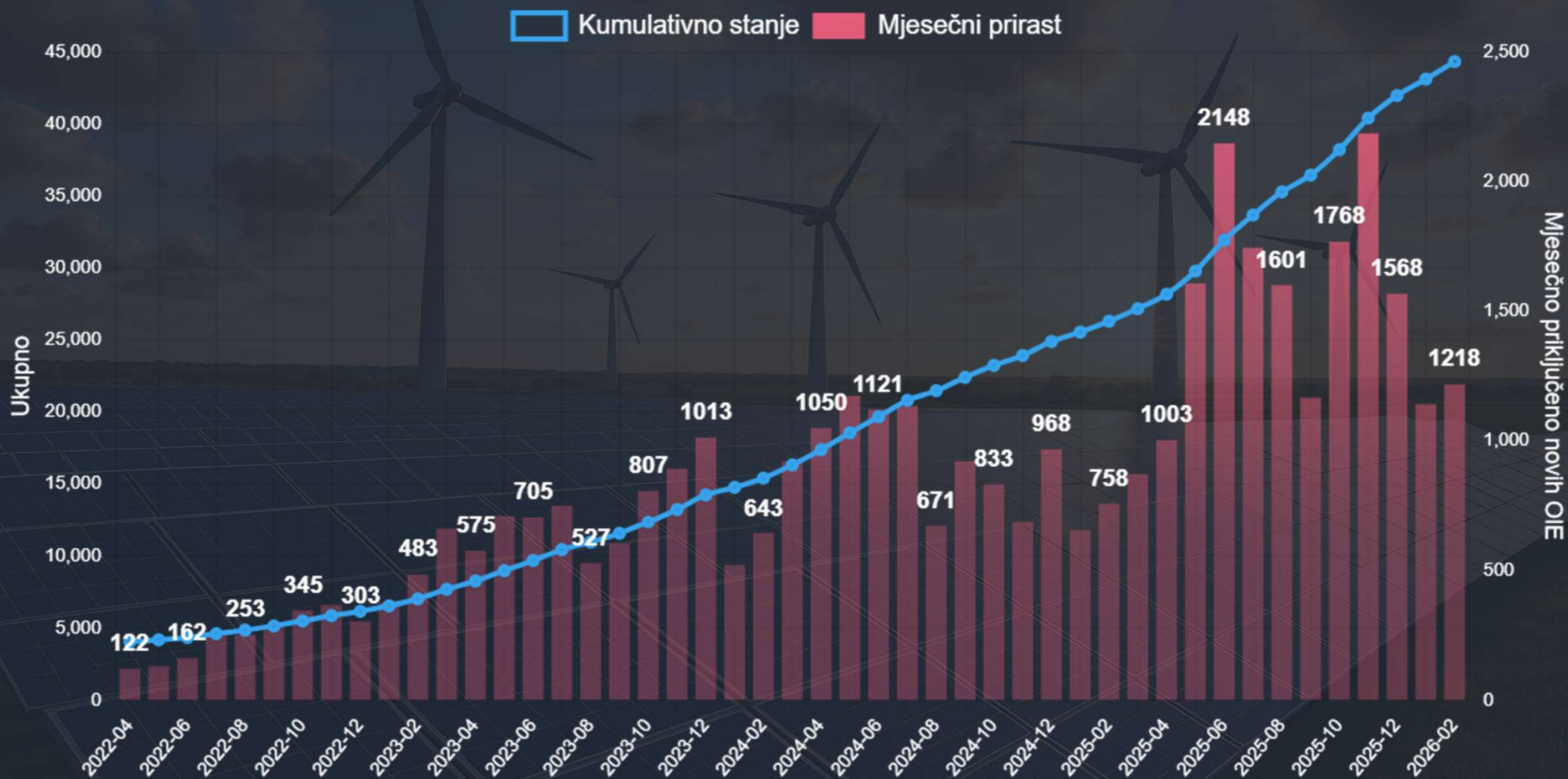
HEP-Operator distribucijskog sustava d.o.o.

Direktor – predsjednik Uprave

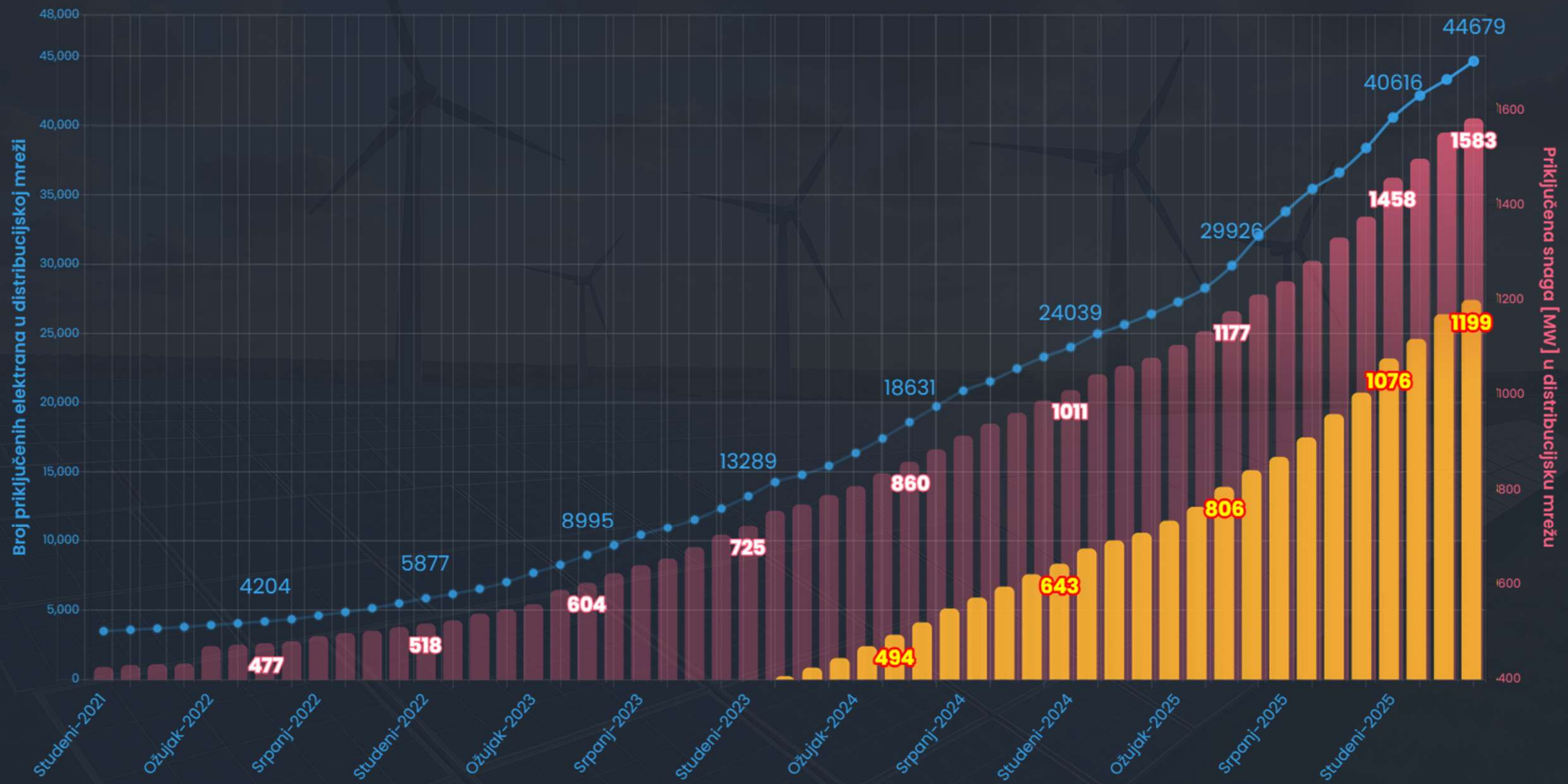
Sadržaj prezentacije:

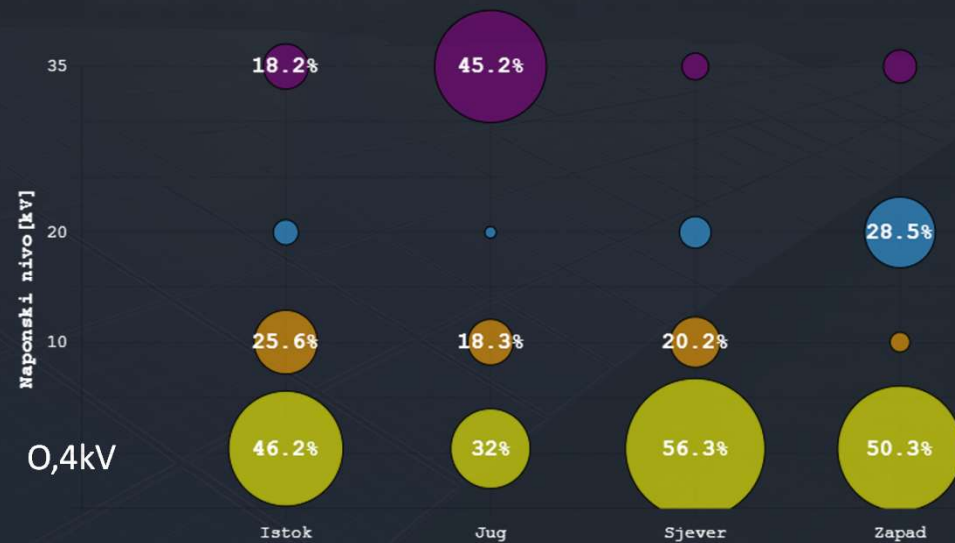
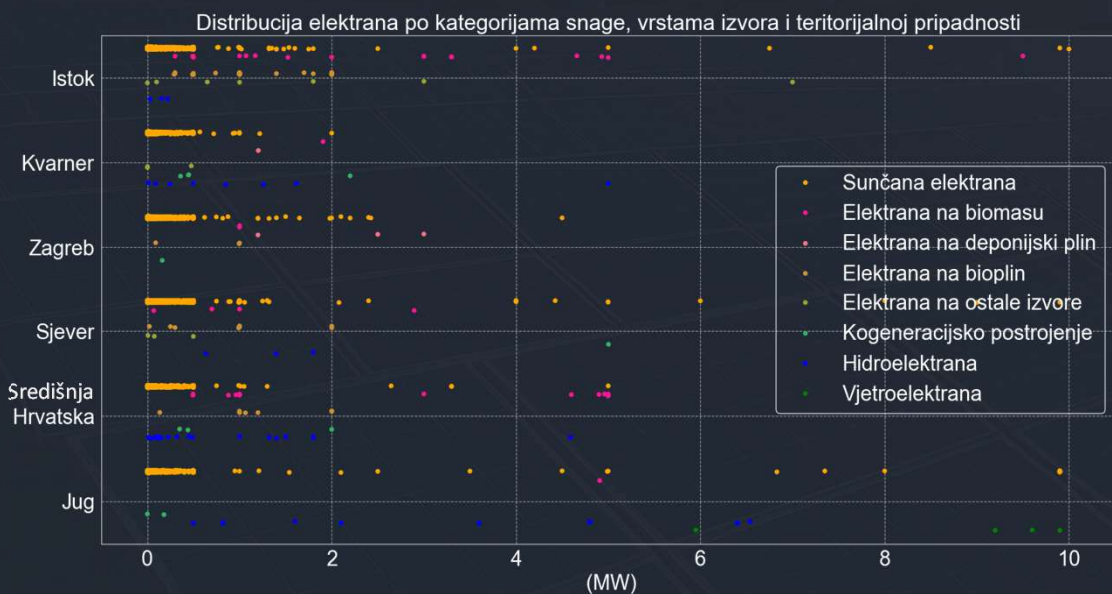
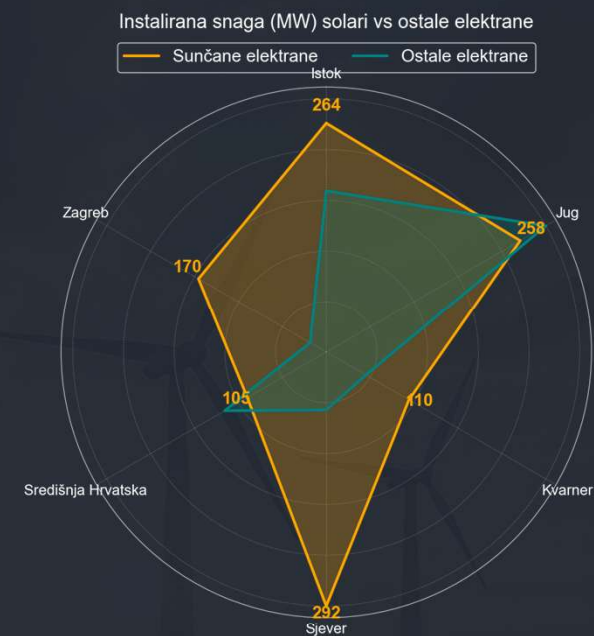
- Dinamika rasta DIE, prostorna raspodjela i naponske razine priključaka
- Dvosmjerni tokovi u aktivnoj mreži: Osjetljivost sustava na intermitentnost meteoroloških prilika
- Tehnički izazovi naponskih prilika i rješenja kroz fleksibilnost
- Digitalna transformacija upravljanja: Implementacija naprednih sustava i razvoj namjenskih procesnih aplikacija

Dinamika priključenja proizvodnih postrojenja na distribucijsku mrežu

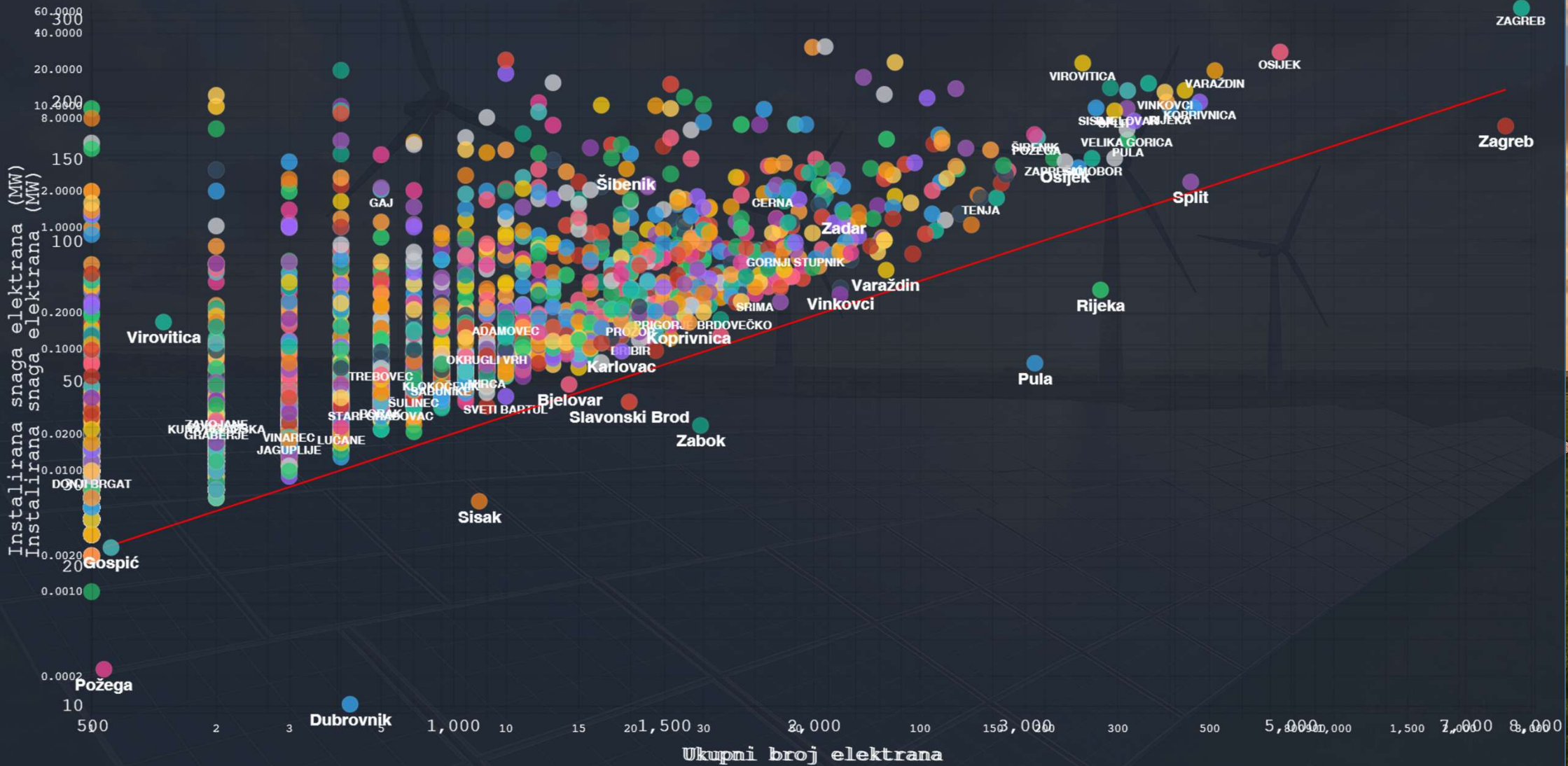


Dinamika priključenja proizvodnih postrojenja na distribucijsku mrežu

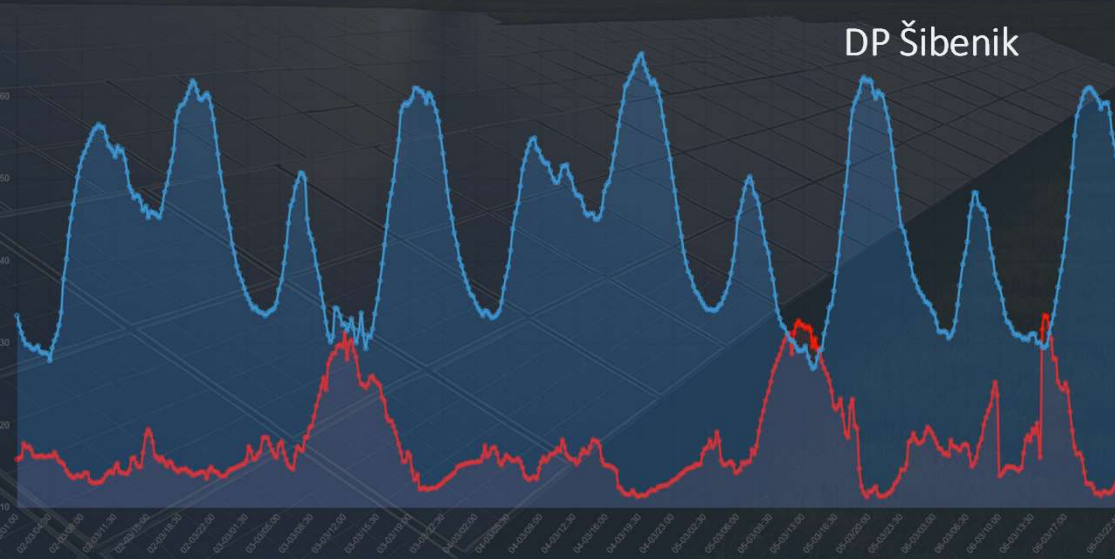
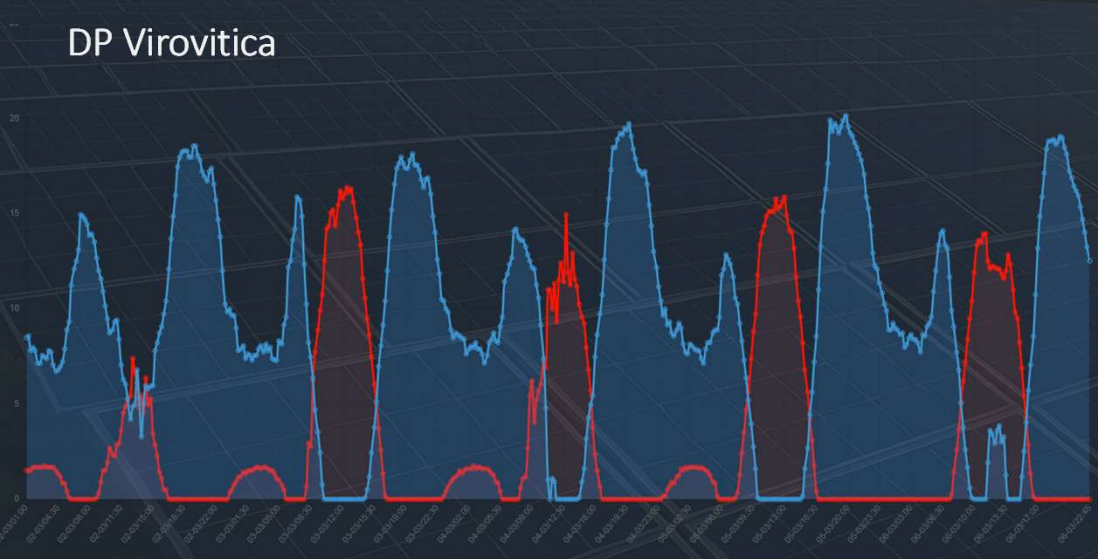
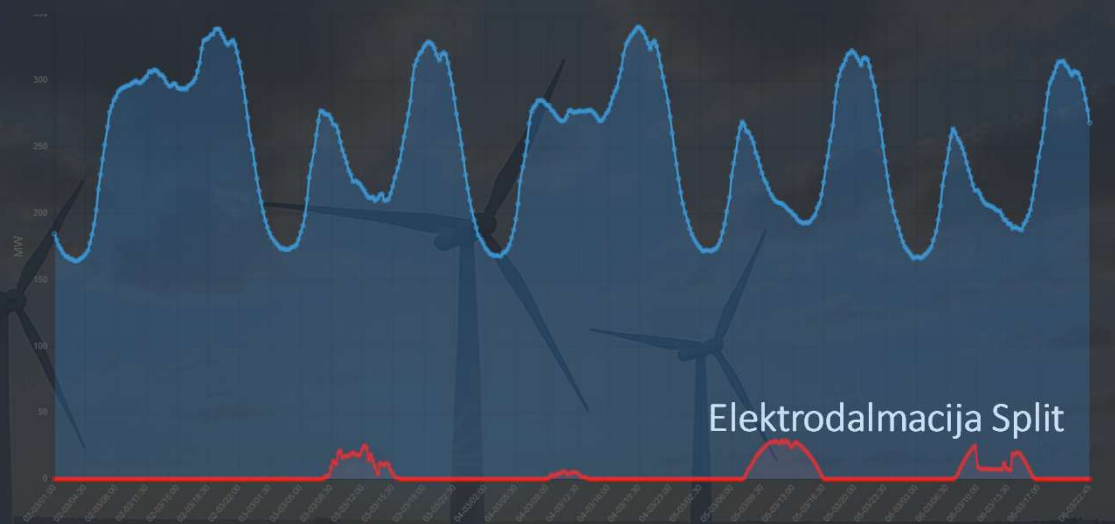




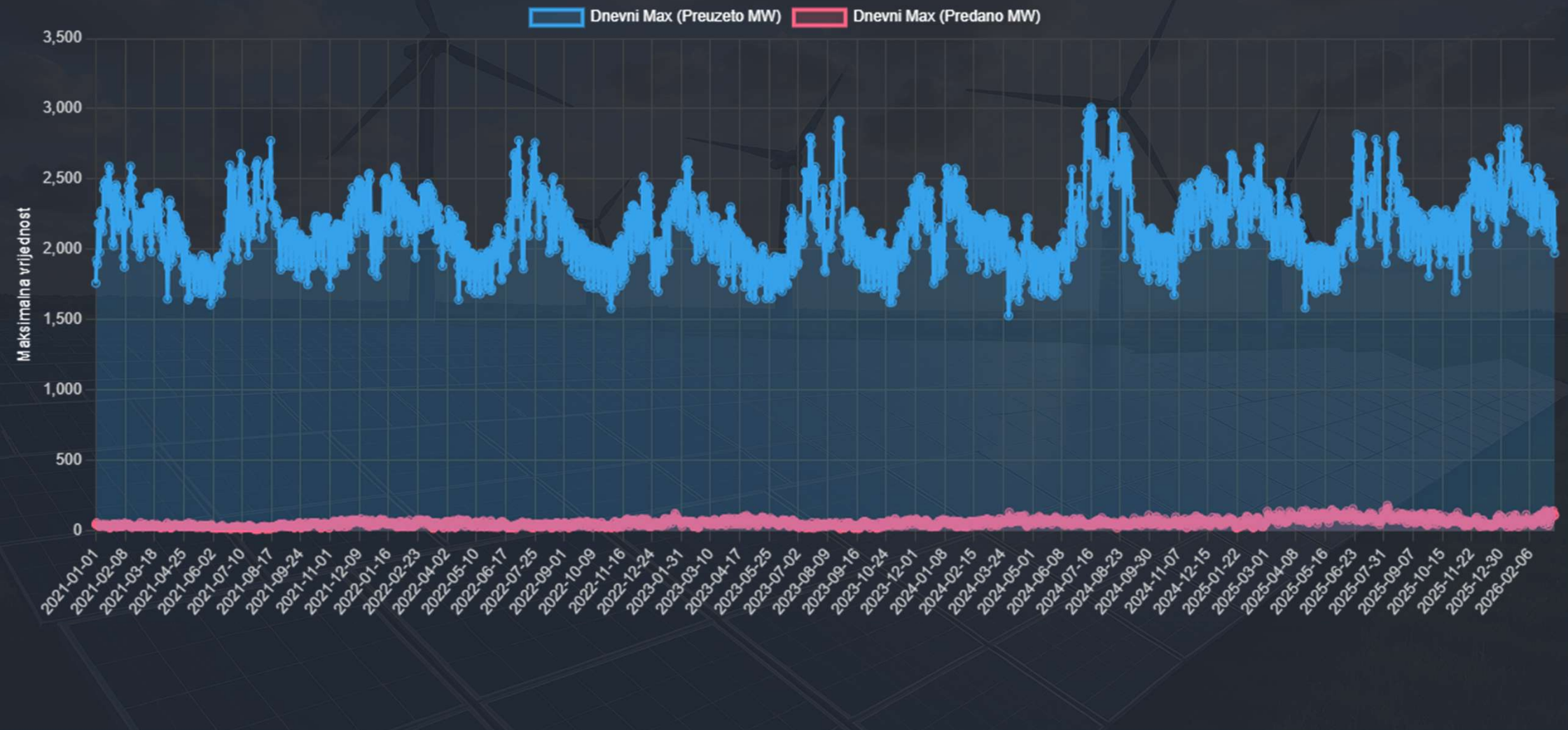
Prostorna raspodjela elektrana na distribucijskoj mreži



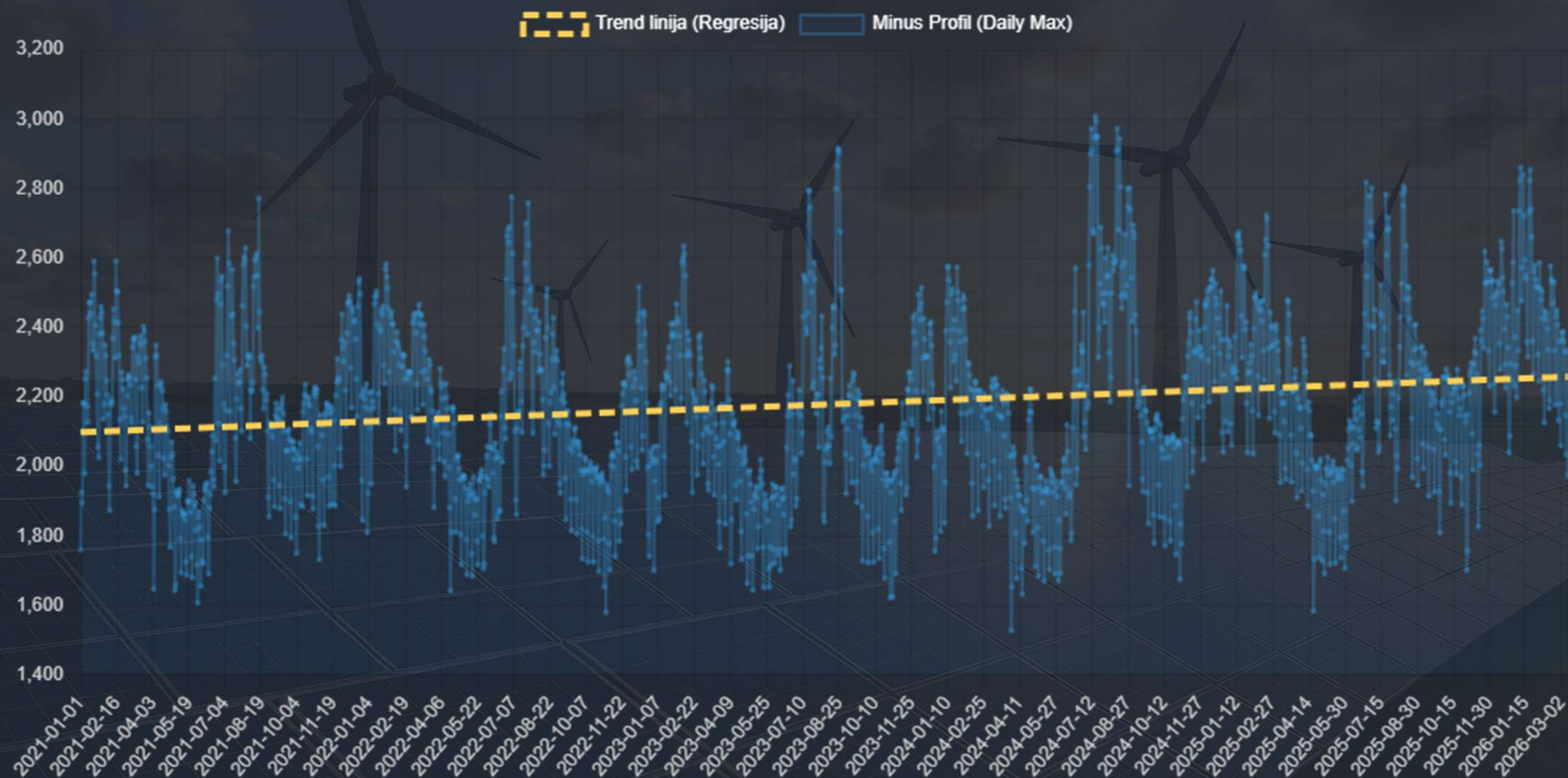
Dijagrami opterećenja na sučelju s prijenosnom mrežom



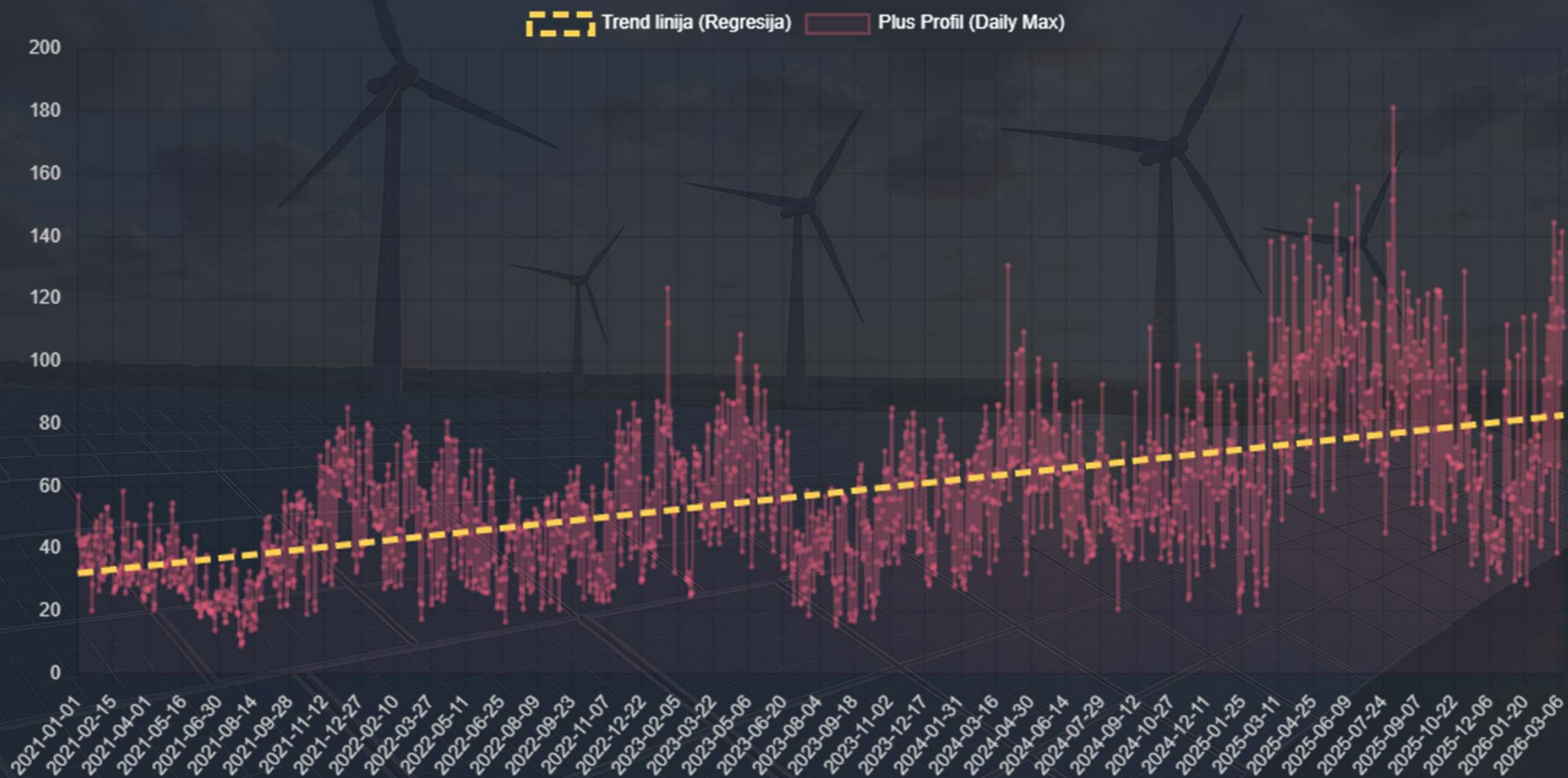
Sučelje TSO / DSO zadnjih 5 godina



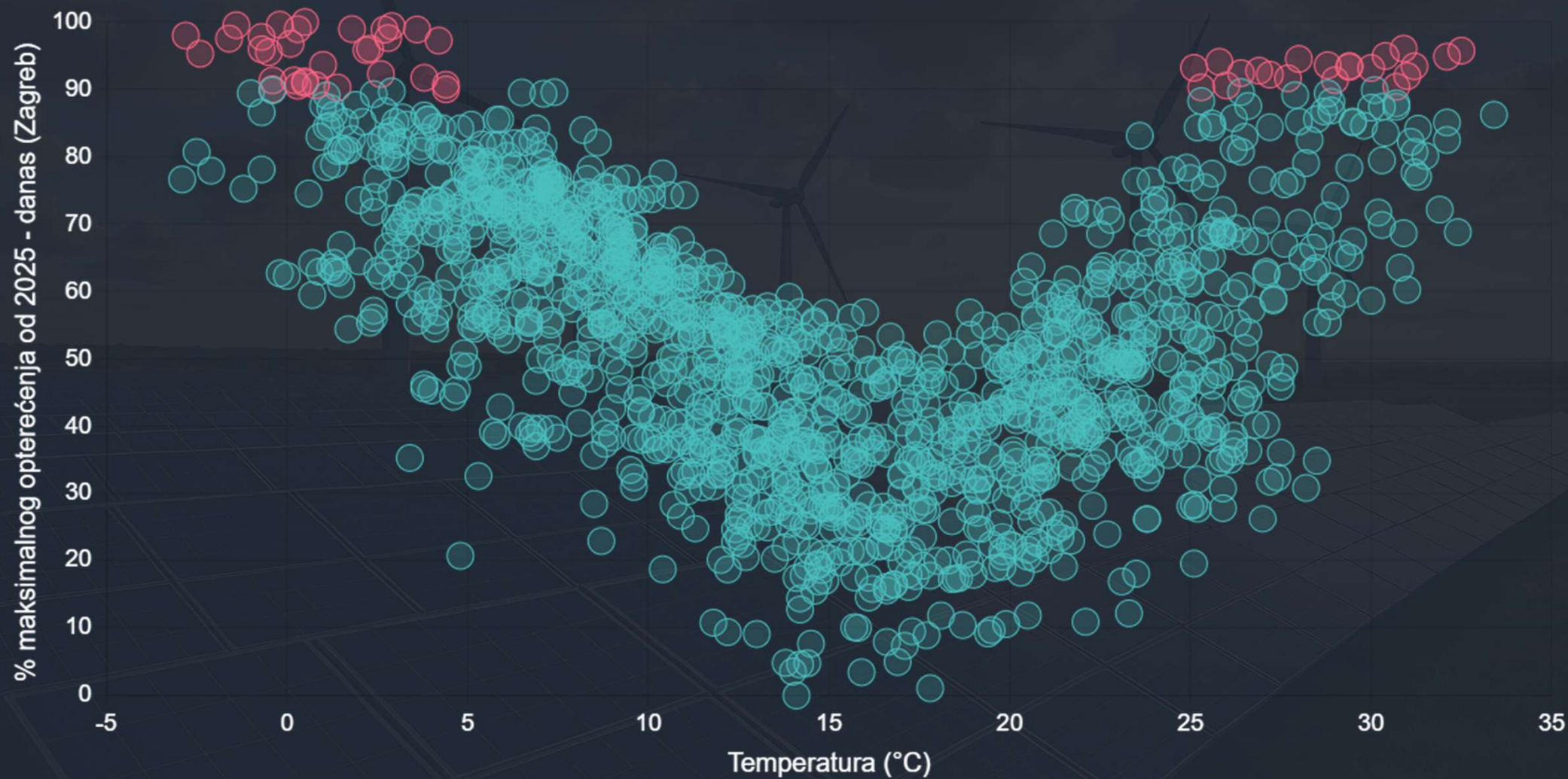
Trend rasta dnevnih maksimuma (preuzeto MW)

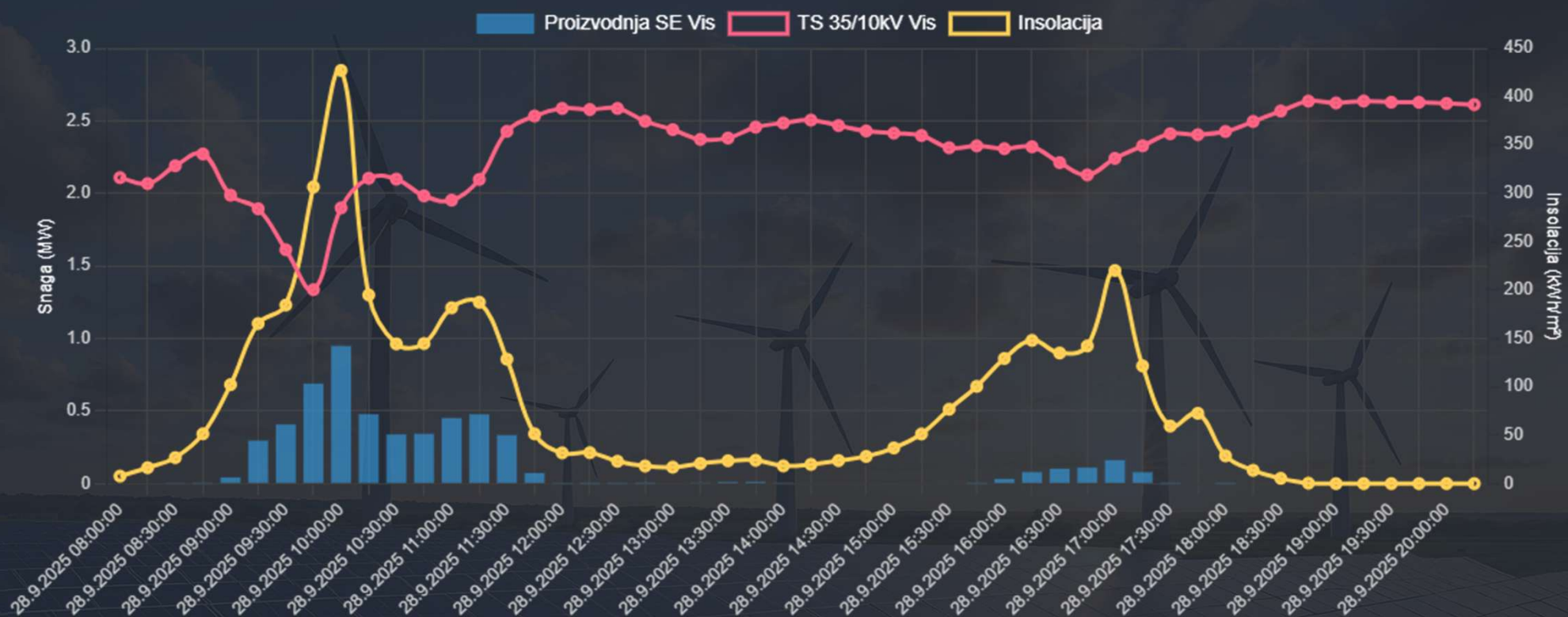


Trend rasta dnevnih maksimuma (predano MW)

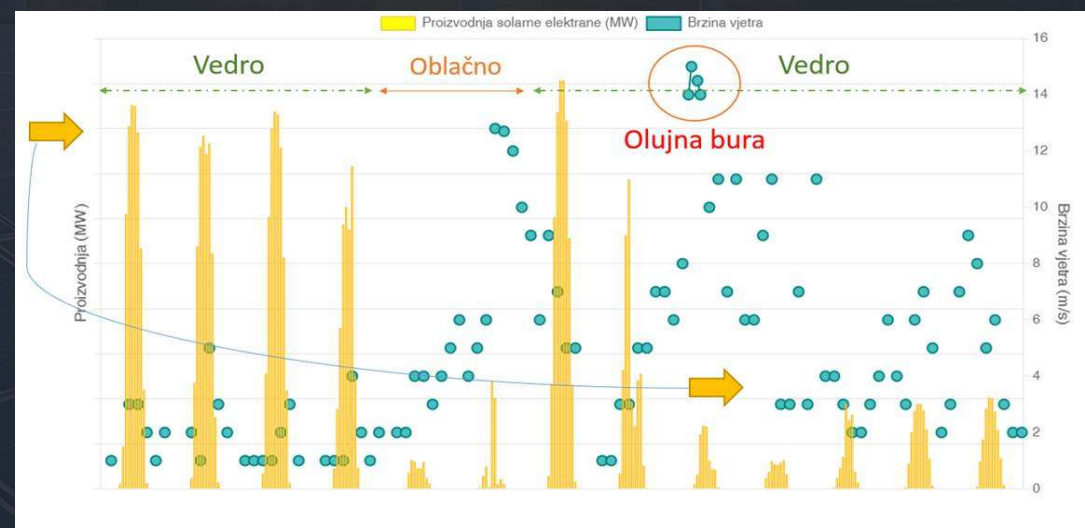
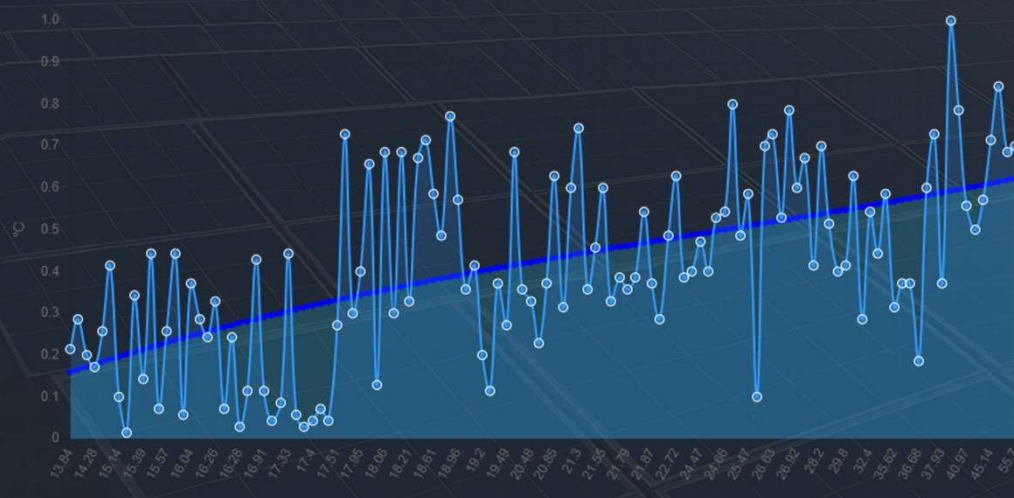
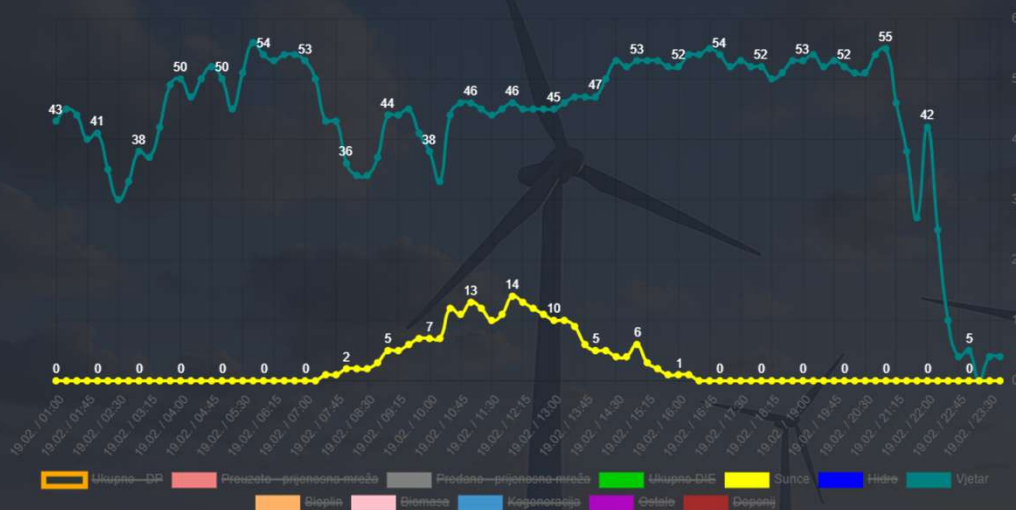


Osjetljivost sustava na intermitentnost meteoroloških prilika

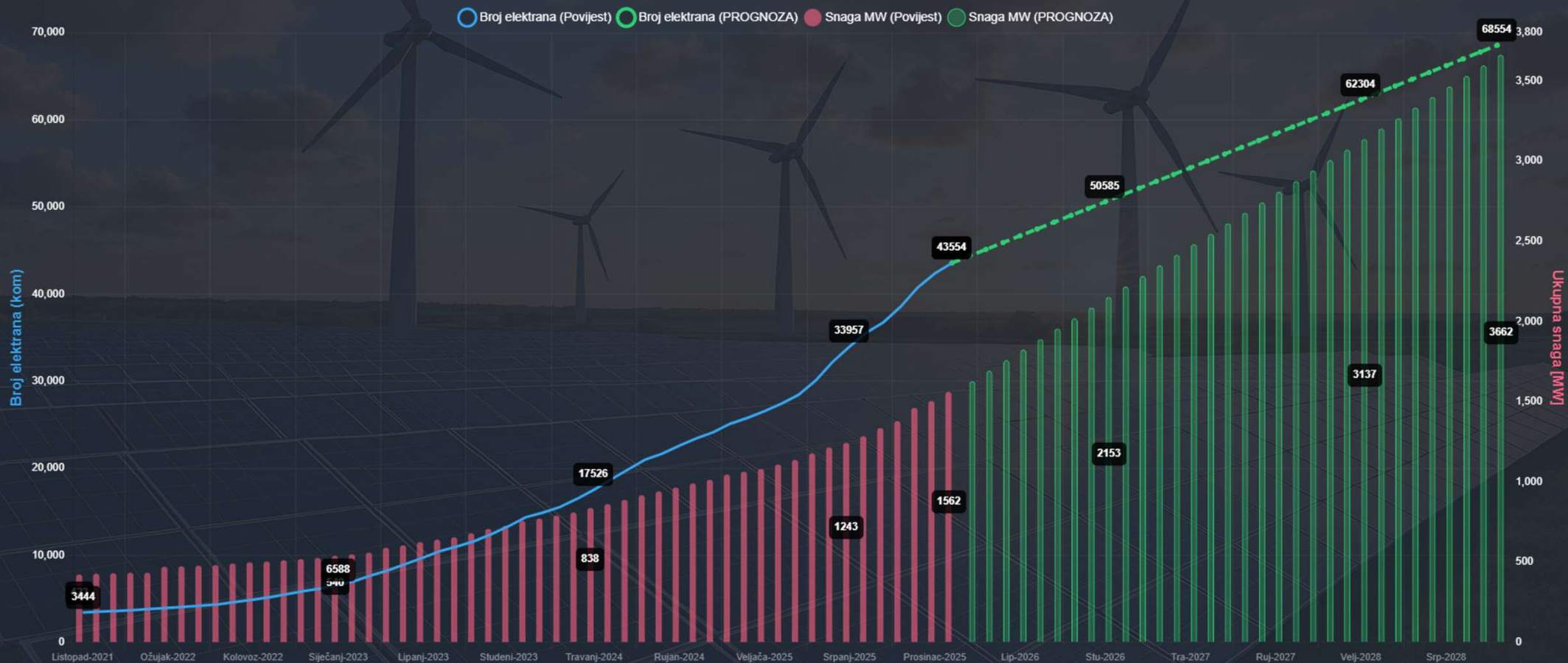




Osjetljivost sustava na intermitentnost meteoroloških prilika

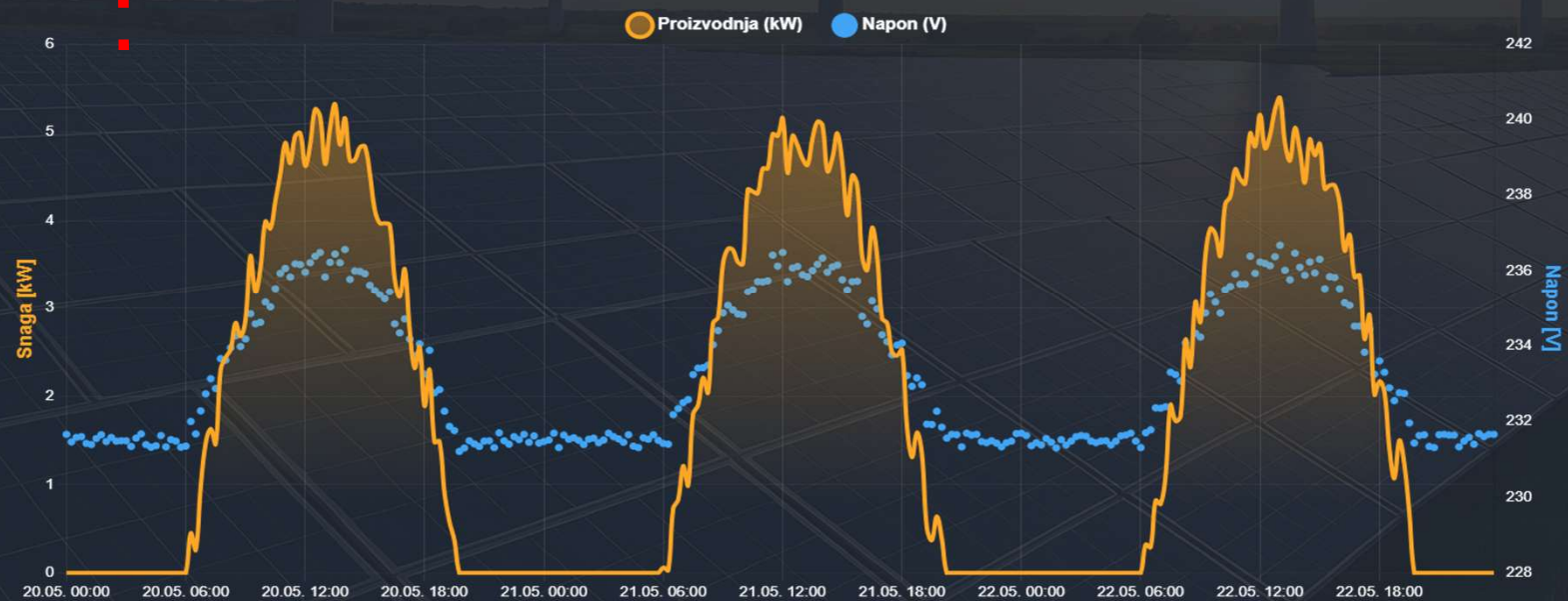
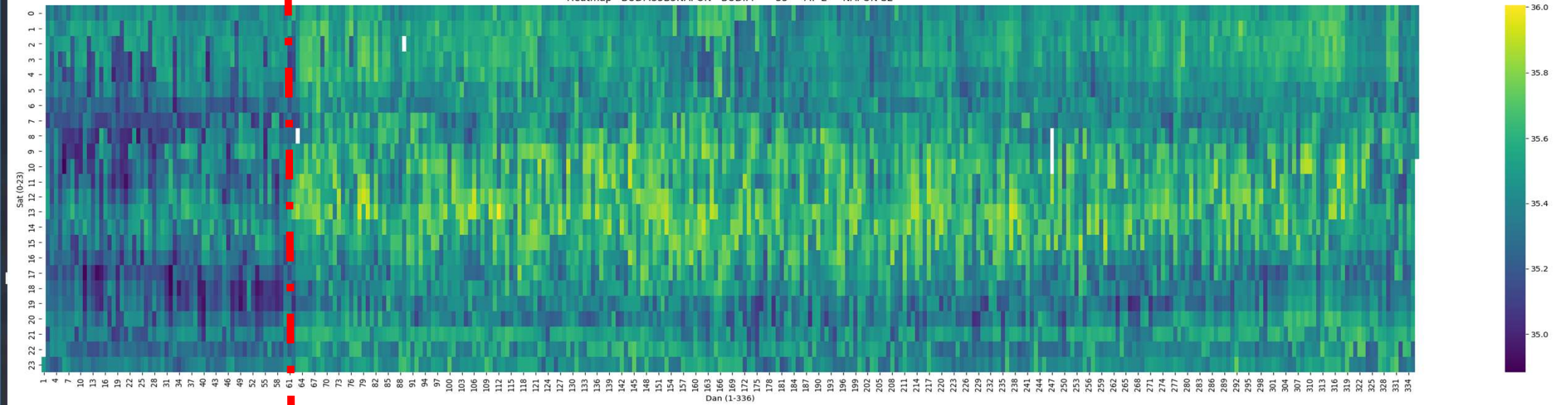


Nastavak tranzicije – novi val rasta elektrana



Distribucija električnog napona po mreži i vremenu

Heatmap - BUDM35B5NAPON - BUDIM 35 MP-2 NAPON S2



Hosting capacity, fleksibilnost sustava



Digitalna transformacija sustava

DIGITALNI INPUTI (SENZORIKA I PODACI)

AMI + MDM

Prikupljanje i validacija masovnih podataka s pametnih brojila.

GIS Sustav

Topološki model mreže i prostorni raspored elemenata.

IoT & SCADA

Mjerenja napona i struja u trafostanicama u realnom vremenu.

Meteo AI

Predikcija proizvodnje FNE na temelju satelitskih snimaka.

NAPREDNO UPRAVLJANJE (INTELLIGENCE LAYER)

ADMS

Napredno upravljanje distribucijom. Optimizacija mrežnih stanja, FLISR algoritmi i mrežna analitika.

DERMS

Upravljanje distribuiranim izvorima. Koordinacija solara, baterija i EV punionica za stabilnost mreže.

 **CYBERSECURITY LAYER: Enkripcija podataka i zaštita kritične infrastrukture**

APLIKATIVNA VRIJEDNOST (OPTIMIZACIJA)

FLISR

Automatsko lociranje kvara i rekonfiguracija mreže (Self-healing).

VVO / CVR

Naponska optimizacija za smanjenje gubitaka i bolju osmotrivost.

VPP / Flex

Virtualne elektrane i upravljanje fleksibilnošću potrošača.

Asset Mgmt

Prediktivno održavanje opreme na temelju analize opterećenja.

Razvoj procesnih aplikacija

Odaberi layer:

1. Naponska analiza

- ☒ Maksimalni napon
- ☐ Srednja, vrj. napon
- ☐ Minimalni napon

2. Smjer potrošnje

- ☐ Maxa potrošnja [kW]
- ☐ Max / instalirano (%)

3. Instalirana snaga transformatora

- ☐ Proračun iz GIS-a

4. Smjer proizvodnje

- ☐ Max proizvodnja [kW]
- ☐ Max / instalirano (%)

5. Elektrane informator po trafostanici

- ☐ Spojeno [kW] na mrežu
- ☐ Planirano [kW]

Legenda

- > 253 V
- 248–253 V
- ≤ 247 V

Indikativna kontrola Maksimalni naponi

U budućnosti...

SN Trafostanice

VN vodovi

SN vodovi

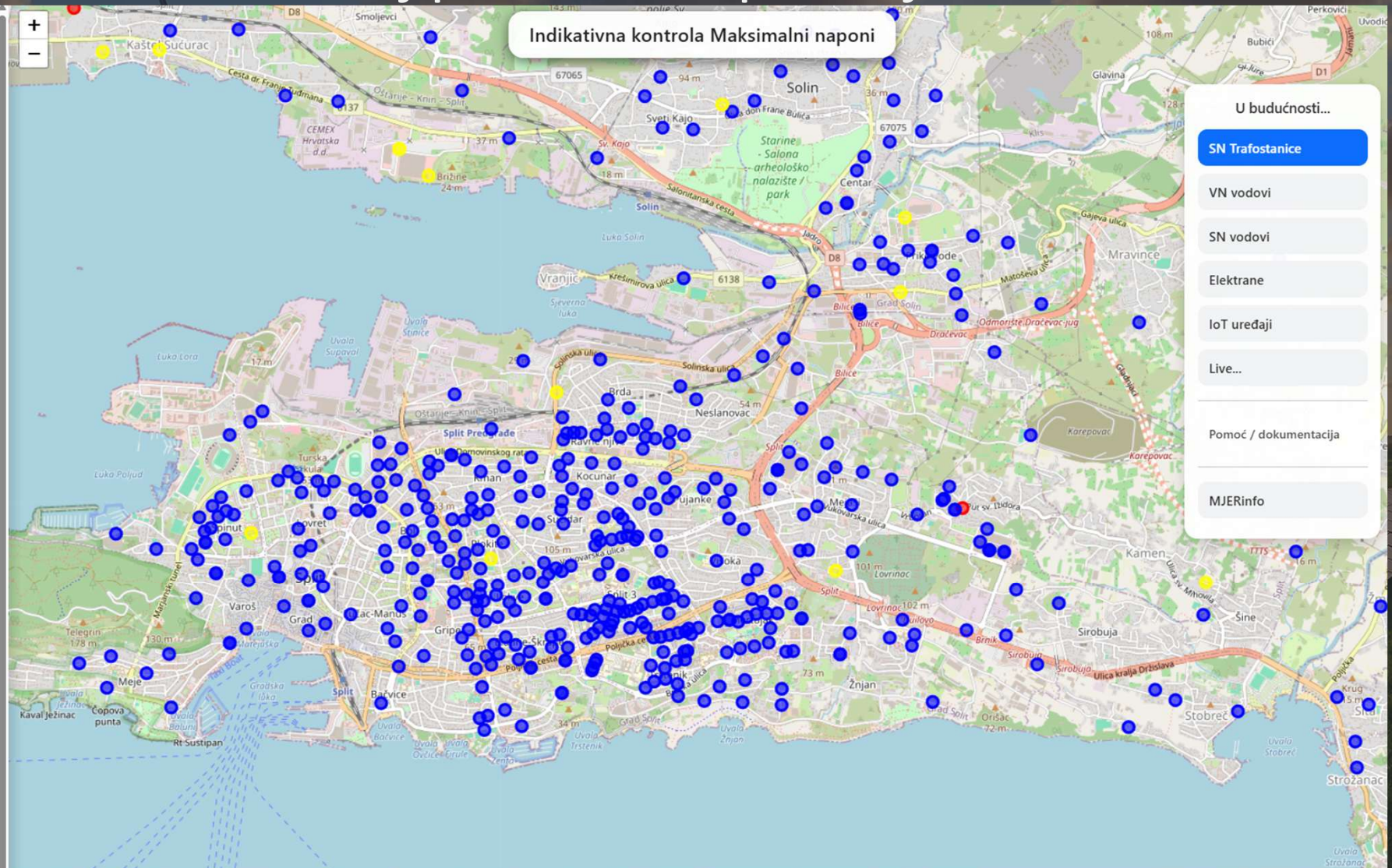
Elektrane

IoT uređaji

Live...

Pomoć / dokumentacija

MJERinfo



Razvoj procesnih aplikacija

- Indikativna kontrola napona na elektranama priključenim na distribucijsku mrežu

DP 4013 7.4.2025. – 12.8.2025.

» Odaberi elektranu za dodatnu analizu mjesečnih vremenskih serija

Filter:

Legend:

■ > 253 V
 ■ 248,4 V - 253 V
 ■ 241,5 V - 248,4 V
 ■ 218,5 V - 248,5 V
 ■ 211,6 V - 218,5 V
 ■ 207 V - 211,6 V
 ■ < 207 V

■ > 253 V
 ■ 248,4 V - 253 V
 ■ 241,5 V - 248,4 V
 ■ 218,5 V - 248,5 V
 ■ 211,6 V - 218,5 V
 ■ 207 V - 211,6 V
 ■ < 207 V

Elektrana	Maksimum	Srednja vrj.	Minimum	TS ID	TS Naziv	NN Izvod	br.dana >253V	br.dana >207V	Obrađeno dana
	247.1	238.37	200.7	ITS08	BOL 7 (KUPINA)	SK 6	0	1	128
	246.9	239.09	202.6	ITS08	BOL 7 (KUPINA)	SK 9	0	1	128
	246.2	237.51	221.2	ITS08	BOL 7 (KUPINA)	SBITS08	0	0	128

Status i Projekcije Elektrana prema Niskonaponskim Izvodima i Trafostanicama

Niskonaponski izvod:

🔍 SN trafostanica:

● VN trafostanica:

bol

■ Aktivne elektrane ■ Planirane elektrane ■ Potrošači

NAZIV IZVODA	VNTS	VNTS	BROJ	KW	BROJ	KW	BROJ	KW
SK 6	Z09000000000	3TS27 BOL	2	15.49	0	0.0	158	1591.22
KOMPENZACIJA	F00000000000	3TS27 BOL	0	0.0	1	3.68	37	319.06
SBI.TSI08	80000000000000000000	3TS27 BOL	1	11.02	0	0.0	0	0.0
SK 3	E0000000000000000000	3TS27 BOL	0	0.0	1	5.0	78	721.34
SK 6	C0000000000000000000	3TS27 BOL	1	7.7	0	0.0	33	383.54
SK 9	G00000000000000000000	3TS27 BOL	1	3.68	0	0.0	27	327.14
SK 5	F0000000000000000000	3TS27 BOL	1	10.0	0	0.0	13	252.57
SK 6	F0000000000000000000	3TS27 BOL	0	0.0	1	63.0	28	357.76

Podaci za elektranu 75003916 u vremenskom razdoblju od 18.06.2023. do 19.06.2023.

⚡ Napon f_1, f_2, f_3 (V)

» Podaci za 11.10.2024. u vremenskom razdoblju od 17.09.2024. do 18.09.2024.

Struja f_1, f_2, f_3 (A)

Napon f1,f2,f3 (V)



	BROJ MJERENJA	MAKSIMUM	SREDNJA VRIJEDNOST	MINIMUM
L1	275	93.6	50.03	23.2
L2	275	76.0	36.93	16.0
L3	275	57.6	32.91	16.0

	BROJ MJERENJA	MAKSIMUM	SREDNJA VRIJEDNOST	MINIMUM
L1	275	253.8	247.13	241.1
L2	275	253.9	247.30	241.7
L3	275	253.2	247.02	240.9

▼ ▲ Tokovi snage kroz transformator (kW)

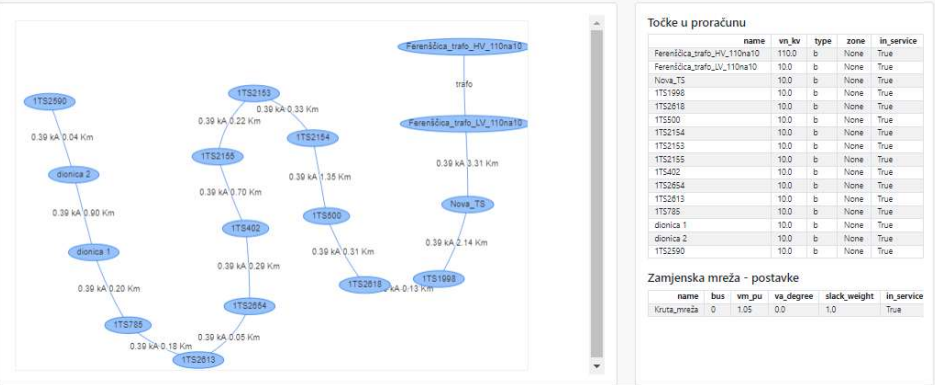


Razvoj procesnih aplikacija

Distribucijska mreža: Naponska analiza po TS



Podaci o distribucijskoj mreži



Elektrane u mreži

name	bus	p_mw	vm_pu	sn_mva	min_q_mvar	max_q_mvar	scaling	slack	in_service	slack_weight	type	power_station_trafo
SOLAR_KA_1	9	0.5	1.01	NaN	NaN	NaN	1.0	False	True	0.0	NaN	NaN
SOLAR_KA_2	13	0.5	1.01	NaN	NaN	NaN	1.0	False	True	0.0	None	NaN
SOLAR_KA_3	15	0.1	1.01	NaN	NaN	NaN	1.0	False	True	0.0	None	NaN

Tereti u mreži

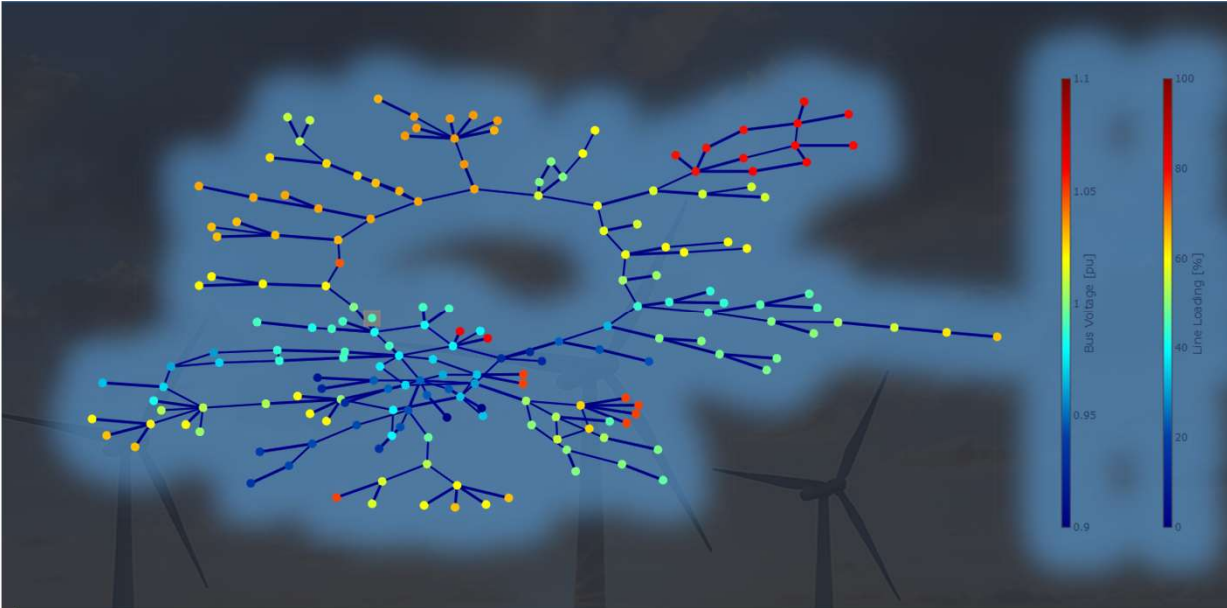
name	bus	p_mw	q_mvar	const_z_percent	const_l_percent	sn_mva	scaling	in_service	type
Teret1	1	28.850	0.01	0.0	0.0	NaN	1.0	True	wye
Teret_Nova_TS	2	1.965	0.01	0.0	0.0	NaN	1.0	True	wye
Teret ITS1998	3	0.258	0.01	0.0	0.0	NaN	1.0	True	wye
Teret ITS2618	4	0.133	0.01	0.0	0.0	NaN	1.0	True	wye
Teret ITS500	5	0.587	0.01	0.0	0.0	NaN	1.0	True	wye
Teret ITS2154	6	0.320	0.01	0.0	0.0	NaN	1.0	True	wye
Teret ITS2153	7	0.320	0.01	0.0	0.0	NaN	1.0	True	wye
Teret ITS2155	8	0.294	0.01	0.0	0.0	NaN	1.0	True	wye
Teret ITS402	9	0.100	0.01	0.0	0.0	NaN	1.0	True	wye
Teret ITS2654	10	0.100	0.01	0.0	0.0	NaN	1.0	True	wye
Teret ITS2613	11	0.204	0.01	0.0	0.0	NaN	1.0	True	wye
Teret ITS785	12	0.133	0.01	0.0	0.0	NaN	1.0	True	wye
Teret ITS2590	15	0.160	0.01	0.0	0.0	NaN	1.0	True	wye

Kabeli/vodovi

name	std_type	from_bus	to_bus	length_km	r_ohm_per_km	x_ohm_per_km	c_nf_per_km	g_us_per_km	max_i_ka	df	parallel	type	in_service
kabel 1 - 20 kV, XHE 49-A 3X(1X185)	None	1	2	3.307	0.164	0.129	188.000	0.0	0.385	1.0	1	None	True
kabel 2 - 20 kV, XHE 49-A 3X(1X185)	None	2	3	2.140	0.164	0.129	188.000	0.0	0.385	1.0	1	None	True
kabel 3 - 20 kV, XHE 49-A 3X(1X185)	None	3	4	0.133	0.164	0.129	188.000	0.0	0.385	1.0	1	None	True
kabel 4 - 20 kV, XHE 49-A 3X(1X185)	None	4	5	0.311	0.164	0.129	188.000	0.0	0.385	1.0	1	None	True
kabel 5 - 20 kV, XHE 49-A 3X(1X185)	None	5	6	1.348	0.164	0.129	188.000	0.0	0.385	1.0	1	None	True
kabel 6 - 20 kV, XHE 49-A 3X(1X185)	None	6	7	0.333	0.164	0.129	188.000	0.0	0.385	1.0	1	None	True
kabel 7 - 20 kV, XHE 49-A 3X(1X185)	None	7	8	0.222	0.164	0.129	188.000	0.0	0.385	1.0	1	None	True
kabel 8 - 20 kV, XHE 49-A 3X(1X185)	None	8	9	0.698	0.164	0.129	188.000	0.0	0.385	1.0	1	None	True
kabel 9 - 20 kV, XHE 49-A 3X(1X185)	None	9	10	0.292	0.164	0.129	188.000	0.0	0.385	1.0	1	None	True
kabel 11 - 20 kV, XHE 49-A 3X(1X185)	None	10	11	0.052	0.164	0.129	188.000	0.0	0.385	1.0	1	None	True
kabel 12 - 20 kV, XHE 49-A 3X(1X185)	None	11	12	0.176	0.164	0.129	188.000	0.0	0.385	1.0	1	None	True
kabel 13 - 20 kV, XHE 49-A 3X(1X185)	None	12	13	0.200	0.164	0.129	188.000	0.0	0.385	1.0	1	None	True
kabel 14 - 20 kV, XHP 48-A 3X(1X 185)	None	13	14	0.900	0.164	0.110	280.255	0.0	0.390	1.0	1	None	True
kabel 15 - 20 kV, XHE 49-A 3X(1X185)	None	14	15	0.040	0.164	0.129	188.000	0.0	0.385	1.0	1	None	True

Transformatori

name	lv_bus	hv_bus	sn_mva	vm_lv_kv	vm_hv_kv	vk_percent	vlr_percent	pfe_kv	i0_percent	shift_degree	tap_phase_shifter	parallel	df	in_service
prvi trafo	0	1	63.0	110.0	10.0	18.0	0.32	22.0	0.04	0.0	False	1	1.0	True



Tokovi snaga po vodovima

	name	p_from_mw	q_from_mvar	p_to_mw	q_to_mvar	pl_mw	ql_mvar	i_from_ka	i_to_ka	i_ka	vm_from_pu	va_from_degree	vm_to_pu	va_to_degree	loading_percent
0	kabel 1 - 20 kV, XHE 49-A 3X(1X185)	3.553066	0.718817	-3.487431	-0.687991	0.065635	0.030826	0.200732	0.200960	0.200960	1.042647	-4.850130	1.021238	-5.452883	52.197318
1	kabel 2 - 20 kV, XHE 49-A 3X(1X185)	1.522431	0.677991	-1.513054	-0.683706	0.009377	-0.005715	0.094219	0.094523	0.094523	1.021238	-5.452883	1.014156	-5.552472	24.951340
2	kabel 3 - 20 kV, XHE 49-A 3X(1X185)	1.255054	0.673706	-1.254624	-0.674175	0.000430	-0.000469	0.081092	0.081114	0.081114	1.014156	-5.552472	1.013773	-5.556278	21.055391
3	kabel 4 - 20 kV, XHE 49-A 3X(1X185)	1.121624	0.664175	-1.120780	-0.665398	0.000844	-0.001222	0.074236	0.074291	0.074291	1.013773	-5.556278	1.012945	-5.562457	19.294304
4	kabel 5 - 20 kV, XHE 49-A 3X(1X185)	0.533780	0.655398	-0.532229	-0.662328	0.001551	-0.006931	0.048178	0.048539	0.048539	1.012945	-5.562457	1.010648	-5.532810	16.065660
5	kabel 6 - 20 kV, XHE 49-A 3X(1X185)	0.212229	0.652328	-0.211976	-0.654138	0.000252	-0.001810	0.039188	0.039297	0.039297	1.010648	-5.532810	1.010256	-5.517903	13.257045
6	kabel 8 - 20 kV, XHE 49-A 3X(1X185)	-0.108024	0.644138	0.108176	-0.645356	0.000152	-0.001218	0.037326	0.037401	0.037401	1.010256	-5.517903	1.010112	-5.502985	12.126175
7	kabel 9 - 20 kV, XHE 49-A 3X(1X185)	-0.402176	0.635356	0.402813	-0.639061	0.000637	-0.003705	0.042979	0.043182	0.043182	1.010112	-5.502985	1.010000	-5.441667	10.224321
8	kabel 10 - 20 kV, XHE 49-A 3X(1X185)	-0.002813	0.273458	0.002849	-0.275189	0.000035	-0.001731	0.015633	0.015733	0.015733	1.010000	-5.441667	1.009899	-5.434228	1.060500
9	kabel 11 - 20 kV, XHE 49-A 3X(1X185)	-0.102849	0.265189	0.102856	-0.265497	0.000007	-0.000308	0.016261	0.016278	0.016278	1.009899	-5.434228	1.009890	-5.432569	1.217939
10	kabel 12 - 20 kV, XHE 49-A 3X(1X185)	-0.306856	0.255497	0.306901	-0.256521	0.000045	-0.001025	0.022828	0.022867	0.022867	1.009890	-5.432569	1.009920	-5.424504	1.015050
11	kabel 13 - 20 kV, XHE 49-A 3X(1X185)	-0.439901	0.246521	0.439993	-0.247662	0.000082	-0.001140	0.028628	0.028662	0.028662	1.009920	-5.424504	1.010000	-5.413576	1.050500
12	kabel 14 - 20 kV, XHP 48-A 3X(1X185)	0.060017	-0.093057	-0.060001	0.084985	0.000017	-0.008072	0.006330	0.005947	0.006330	1.010000	-5.413576	1.010000	-5.424292	0.050500
13	kabel 15 - 20 kV, XHE 49-A 3X(1X185)	0.060001	-0.084985	-0.060000	0.084744	0.000001	-0.000240	0.005947	0.005936	0.005947	1.010000	-5.424292	1.010000	-5.424779	0.040100

Tokovi snaga prema transformatorima

	name	p_hv_mw	q_hv_mvar	p_lv_mw	q_lv_mvar	pl_mw	ql_mvar	i_hv_ka	i_lv_ka	vm_hv_pu	va_hv_degree	vm_lv_pu	va_lv_degree	loading_percent
0	prvi trafo	32.476228	3.504814	-32.403066	-0.728817	0.073162	2.775996	0.163282	1.794725	1.050000	0.000000	1.042647	-4.850130	99.999999

Razvoj procesnih aplikacija

Hvala na pažnji!



Pitanja?