



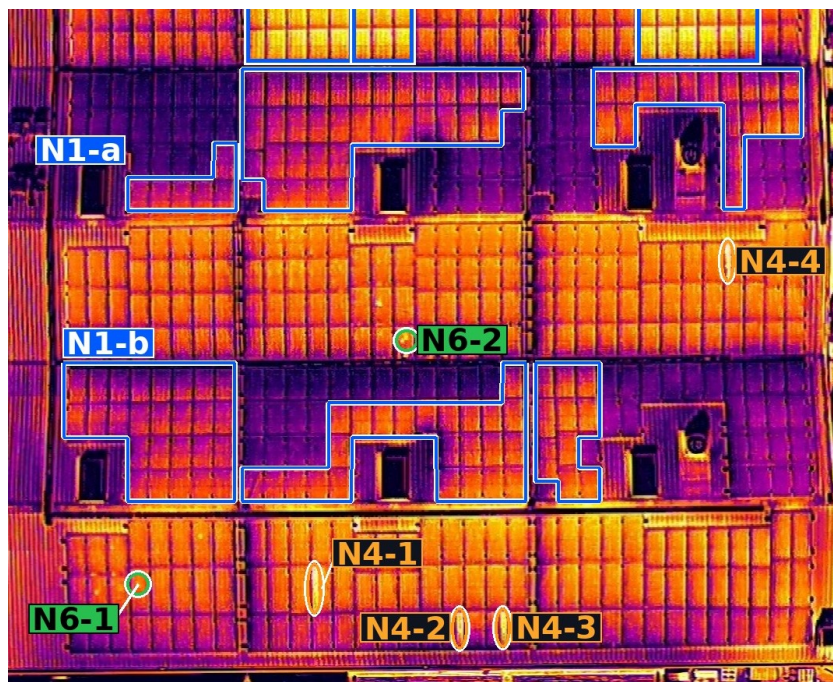
**BALEZH
SKYFLEET**

Termografski pregledi
sončnih elektrarn z dronom

DEMO POROČILO

Termografski pregled strešne sončne elektrarne

Industrijski objekt (500–1000 kWp) • Slovenija • september 2026



Termografski mozaik dela strehe z označenimi ugotovitvami

VSEBINA	izvleček ključnih ugotovitev iz dejanskega poročila
NAROČNIK	anonimiziran – objavljeno s soglasjem
IZVAJALEC	Balezh Skyfleet · Žiga Kržičnik
OPREMA	DJI Mavic 3T · DJI Thermal Analysis Tool · Fluke IRR1-SOL

1. Na kratko

To je izvleček iz dejanskega termografskega pregleda strešne sončne elektrarne na industrijskem objektu (velikostni razred 500–1000 kWp, moduli na prisojni in osojni strani strehe). Podatki o naročniku, lokaciji, projektni dokumentaciji in finančnih vplivih so izpuščeni. Namen je prikazati, katere vrste odstopanj lahko zazna termografski pregled z dronom in kako se ugotovitve predstavijo naročniku.

8 nizov

z znaki zmanjšane ali prekinjenega odvzema moči

≈ 9 %

nazivne moči pregledane SE je vezane v teh osmih nizih

87 °C

najvišja izmerjena temperatura vroče točke

17

lokalnih nepravilnosti na modulih in celicah – poleg osmih nizov

Delež ≈ 9 % predstavlja nazivno moč modulov v nizih, kjer je bilo zaznano termografsko odstopanje. Dejanski vpliv na proizvodnjo je mogoče določiti šele z analizo podatkov nadzornega sistema oziroma z električnimi meritvami.

Ključne ugotovitve

Oznaka	Ugotovitev	Resnost
N1	6 nizov na osojni strani z znaki zmanjšane ali prekinjenega odvzema moči – 118 modulov, ΔT 4,4–8,5 °C	VISOKA
N2	2 niza na prisojni strani z enakim vzorcem – 37 modulov, ΔT 5,4–7,7 °C	VISOKA
N3	Izrazita vroča točka – 87,1 °C, ΔT 42,8 °C (maks.)	VISOKA
N4	Toplejša tretjina modula (obvodna dioda) – 7 modulov	SREDNJA
N5	Vroče točke na osojni strani – 3 moduli	SREDNJA
N6	Manjše toplejše točke (celice, nečistoče) – 6 mest	NIZKA
O1	Odboji in segrevanje obrob strešnih oken – ni napaka	INFO

VISOKA

prednostno ukrepanje

SREDNJA

načrtovan pregled

NIZKA

spremljanje

INFO

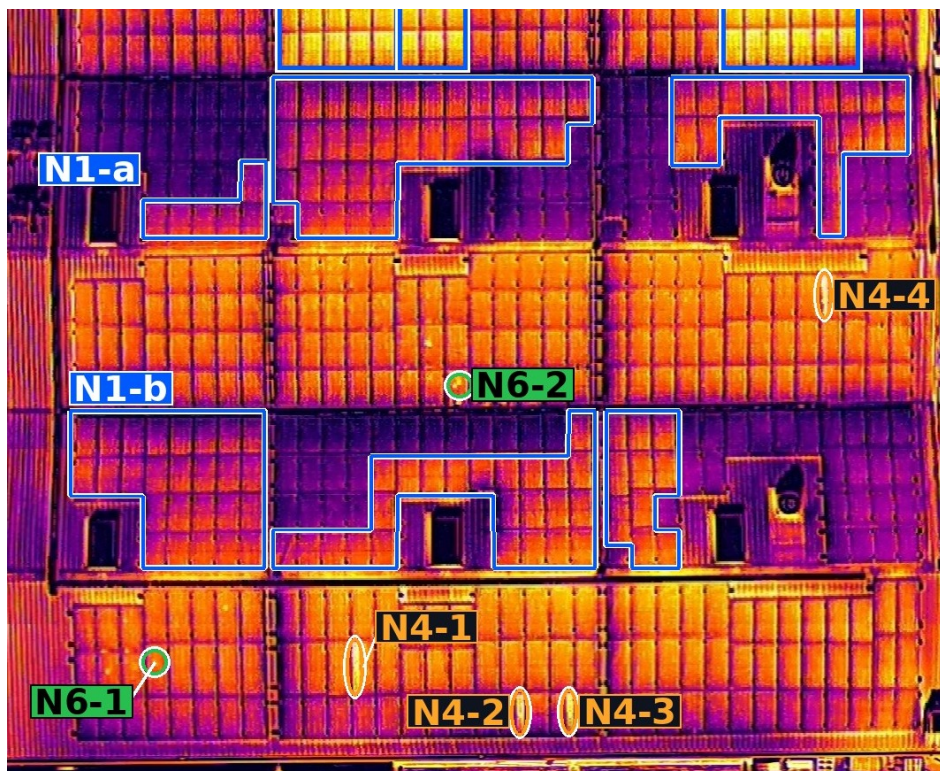
ni napaka

Metoda. Vse ugotovitve, ki vplivajo na proizvodnjo, so podprte z radiometričnimi meritvami, preverjene na ponovnem preletu z drugega položaja in povezane z vezavo nizov iz projektne dokumentacije naročnika. Vzrok (varovalka, konektor, DC-vhod razsmernika ...) potrdi naročnik v nadzornem sistemu ali z meritvami na mestu – poročilo pove, kje točno iskati.

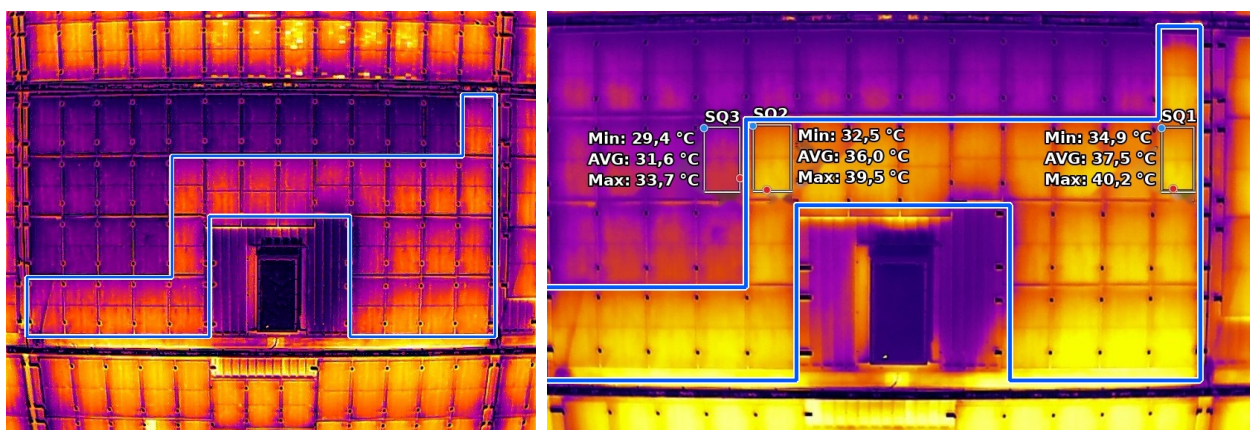
2. Primeri ugotovitev

N1 - nizi na osojni strani

Na osojni strani strehe prejmejo moduli manj sončnega sevanja, zato so v normalnem delovanju hladnejši od modulov na prisojni strani. Šest nizov (118 modulov) v dveh skupinah, N1-a in N1-b, je bilo med pregledom enakomerno toplejših od sosednjih modulov na osojni strani – za 4,4–8,5 °C v povprečju modula.



Slika 1 – Termografski mozaik dela strehe (referenčni prelet). Na osojni strani so moduli v normalnem delovanju hladni (vijolično); modro obrobljeni skupini N1-a in N1-b sta enakomerno toplejši in se modul za modulom ujemata z vezavo nizov v projektni dokumentaciji.



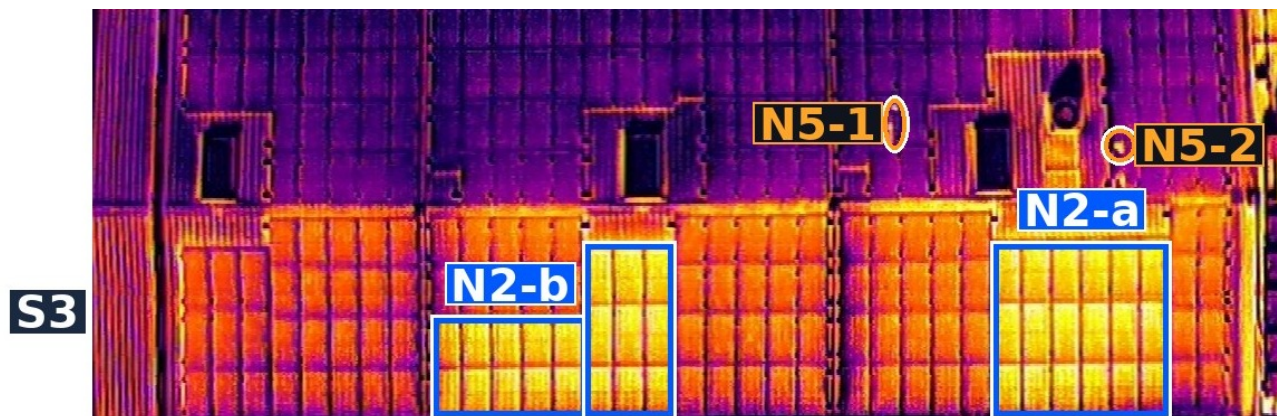
Slika 2 – Del skupine N1-b, zasukano v enako orientacijo kot slika 1. Levo: poševni termografski posnetek – toplejši nizi (oranžno) ob hladnih. Desno: radiometrična meritev istega območja v DJI Thermal Analysis Tool – modula na toplejših nizih 37,5 °C (SQ1) in 36,0 °C (SQ2) proti modulu na normalnem nizu 31,6 °C (SQ3), ΔT 5,9 oziroma 4,4 °C. Modra črta: meja skupine N1-b kot na sliki 1. Oznake meritev so po zasuku ponovno izpisane.

Zakaj je to pomembno: modul, ki ne oddaja pričakovane električne moči v niz, pretvori več sončne energije v toploto in je zato enakomerno toplejši. Vzorec, ki sledi vezavi niza, kaže na verjeten vzrok na ravni niza, na primer pregorelo varovalko, prekinjen konektor ali izpad DC-vhoda razsmernika, in je manj značilen za posamezne okvare modulov. Dokončen vzrok je treba potrditi z nadzornim sistemom ali električnimi meritvami na mestu. Takšni nizi lahko mesece ostanejo neopaženi, če

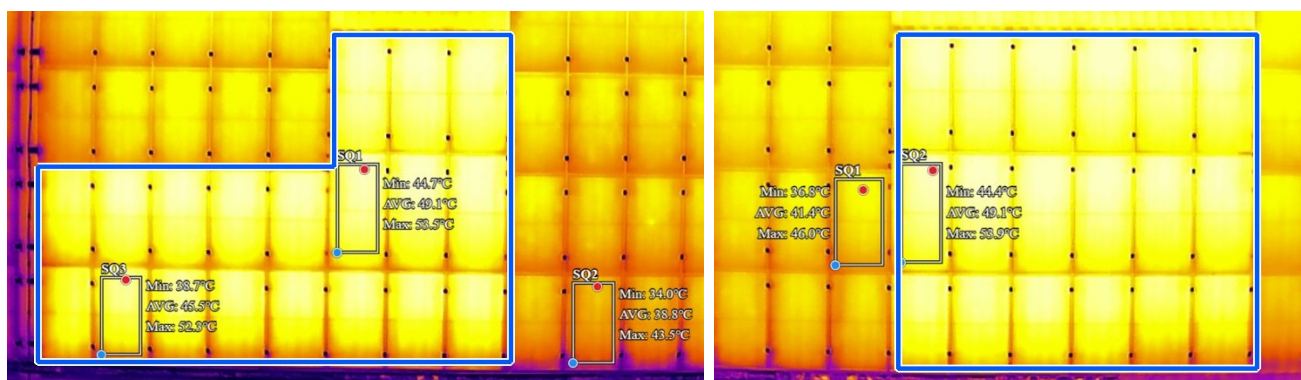
nadzorni sistem ne spremlja tokov posameznih nizov.

N2 - nizi na prisojni strani

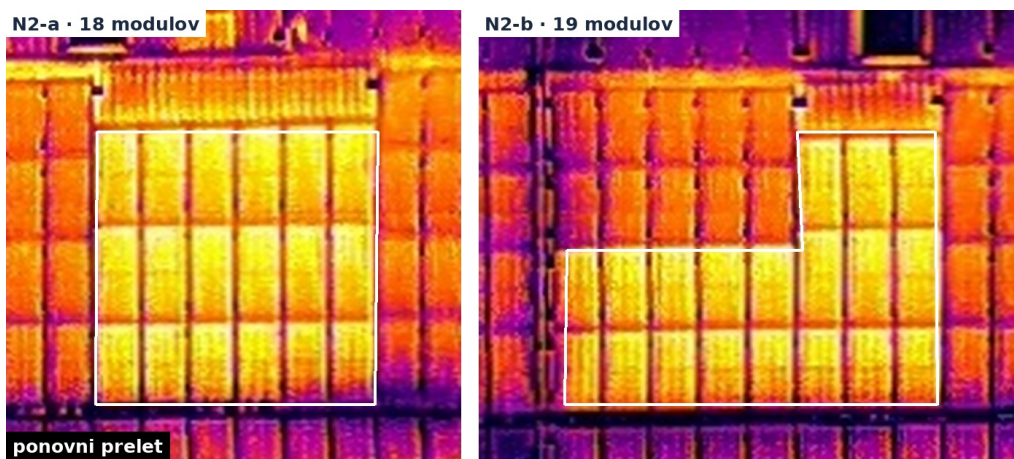
Enak vzorec je bil zaznan tudi na prisojni strani: dva strnjena bloka modulov (skupaj 37 modulov) sta bila med pregledom enakomerno toplejša od sosednjih modulov v isti vrsti – za 5,4-7,7 °C v povprečju modula. Ugotovitev je podprta s tlorisom, radiometričnimi meritvami in ponovnim preletom.



Slika 3 – Izsek iz termografskega tlorisa (referenčni prelet). Bloka N2-a (18 modulov) in N2-b (19 modulov) na prisojni strani sta enakomerno toplejša (rumeno) od sosednjih modulov (oranžno). Obrisa se modul za modulom ujemata z vezavo dveh nizov v projektni dokumentaciji. Zgoraj osojna stran z ločenima ugotovitvama N5.

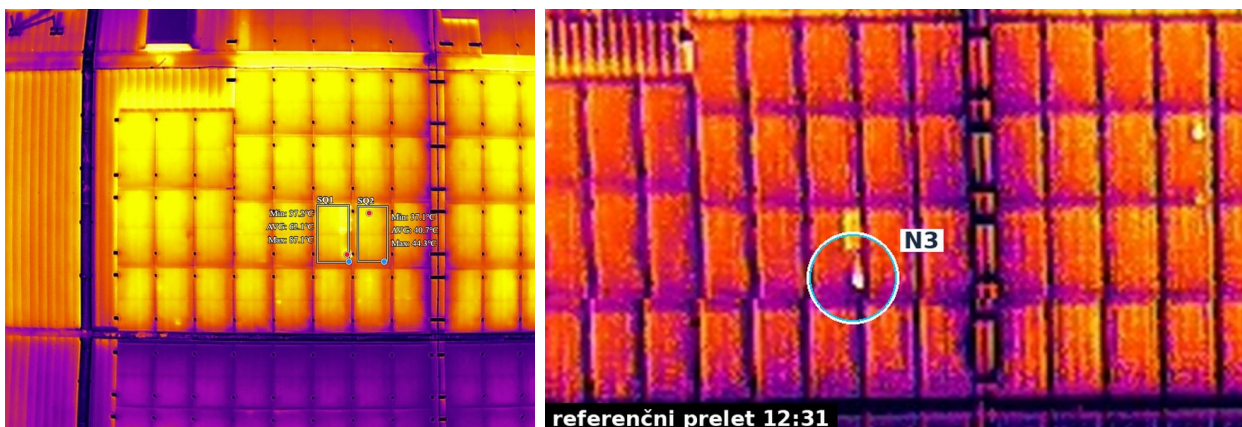


Slika 4 – Radiometrični meritvi v DJI Thermal Analysis Tool. Levo, N2-b: modula v bloku (SQ3, SQ1) 45,5 °C in 49,1 °C proti normalnemu modulu (SQ2) 38,8 °C – ΔT 6,7 °C v isti vrsti. Desno, N2-a: modul v bloku (SQ2) 49,1 °C proti sosednjemu normalnemu modulu (SQ1) 41,4 °C – ΔT 7,7 °C. Modra črta: meja bloka kot na sliki 3. Segretje je enakomerno po celem modulu, brez lokalnih vročih točk.



Slika 5 – Oba bloka na ponovnem preletu pol ure pozneje: pojav je ponovljiv in ne gre za odboj.

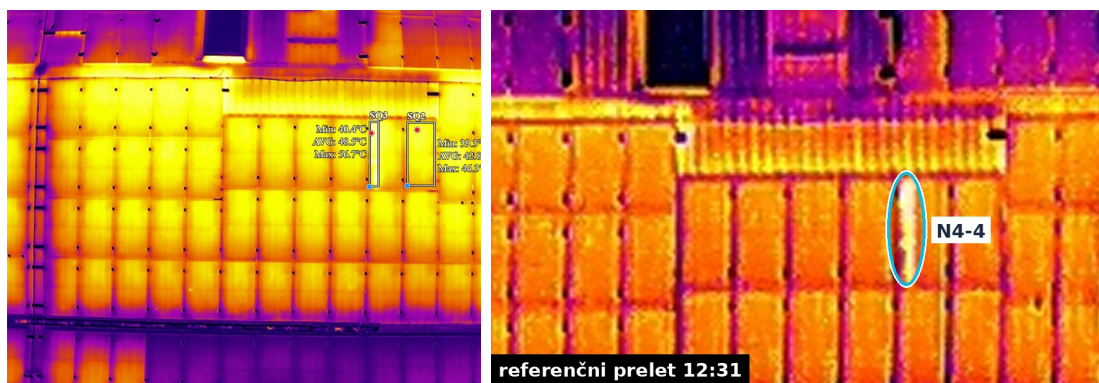
N3 - vroča točka 87 °C



Slika 6 – Skupina celic, pregreta do 87,1 °C (povprečje polja 62,1 °C proti 40,7 °C na referenčnem modulu). Desno: isto mesto na ponovnem preletu.

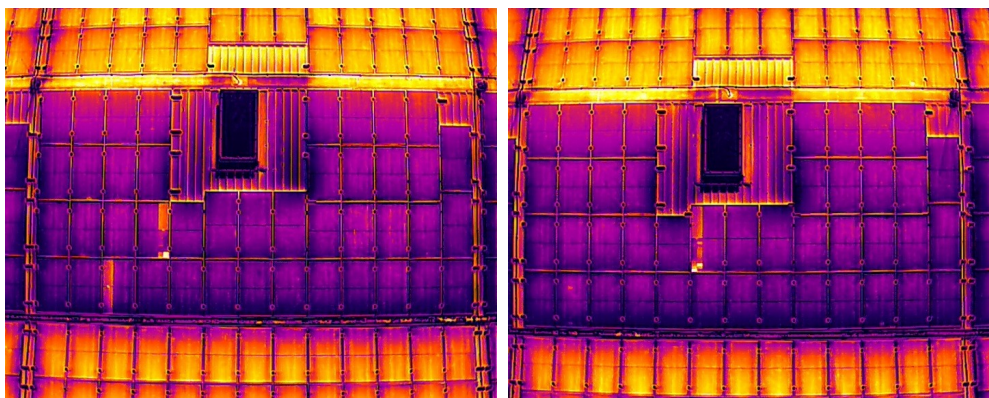
Izmerjena temperaturna razlika nad 40 °C pomeni izrazito lokalno toplotno odstopanje in zahteva prednostno preverjanje na mestu. Dolgotrajno lokalno pregrevanje lahko povzroči nadaljnjo degradacijo modula; naročniku je priporočen prednostni pregled na mestu in zamenjava ob potrditvi. Takšna odstopanja uvrščamo med ugotovitve z najvišjo prioriteto za nadaljnjo obravnavo.

N4 - tretjina modula (obvodna dioda)



Slika 7 – Enakomerno toplejša tretjina modula (48,5 °C proti 42,8 °C na sosednjem modulu): toplotni vzorec, skladen z aktivirano obvodno diodo oziroma električnim odstopanjem v pripadajočem delu modula. Priporočena je meritev I-U krivulje.

O1 - kaj ni napaka



Slika 8 – Toplejši pas ob obrobi strešnega okna, ki se enako ponovi na dveh različnih segmentih: odboj oz. segrevanje obrobe, ne napaka modula. Takšne lise prepoznamo in izločimo, da naročnik ne išče napak, ki jih ni.

3. Kako delamo

- **Prelet z dronom** DJI Mavic 3T z radiometrično termalno kamero ločljivosti 640 × 512 in RGB-kamero. Pregled izvedemo ob ustreznem in dovolj stabilnem sončnem obsevanju, ki ga na mestu izmerimo z merilnikom Fluke IRR1-SOL. Med pregledom evidentiramo tudi okoljske pogoje in morebitne vplive vetra, oblačnosti, odbojev ter delnega senčenja.
- **Radiometrične meritve** v DJI Thermal Analysis Tool – vsaka ugotovitev proti referenčnemu modulu v isti vrsti istega posnetka. Vsi temperaturni podatki so pridobljeni iz radiometričnih posnetkov, kar omogoča naknadno preverjanje meritev in sledljivost rezultatov.
- **Preverjanje ponovljivosti** na ponovnem preletu z drugega položaja; odboje izločimo.
- **Natančna lokacija:** tloris z oznako vsakega modula, po potrebi povezava z načrtom vezave nizov in razsmerniki.
- **Vrednotenje na podlagi načel IEC TS 62446-3** in razvrstitev po resnosti (visoka / srednja / nizka).
- **Previdna razlaga:** jasno ločimo termografsko opažanje, verjetno razlago in vzrok, ki ga potrdijo električne meritve.

Kaj dobi naročnik

- Poročilo s povzetkom, tabelo ugotovitev, tlorisom in podrobnim opisom vsake ugotovitve s slikami in meritvami.
- Prioritete in roke ukrepanja ter konkretna priporočila za vzdrževalca (katere nize preveriti v nadzornem sistemu, katere module meriti).
- Scenarijsko oceno možnega vpliva na proizvodnjo.
- Jasno dokumentirani pogoji, metoda in omejitve zagotavljajo sledljivost ugotovitev ter omogočajo učinkovito nadaljnjo obravnavo pri vzdrževalcu ali upravljavcu SE.
- Po želji ponovni pregled po odpravi napak.

Prednosti termografskega pregleda z dronom

- | | |
|------------------------------------|--|
| ✓ pregled velike SE v kratkem času | ✓ podpora preventivnemu vzdrževanju |
| ✓ brez izklopa elektrarne | ✓ pomoč pri zmanjševanju izgub proizvodnje |
| ✓ zgodnje odkrivanje napak | ✓ dokumentirana sledljivost ugotovitev |