

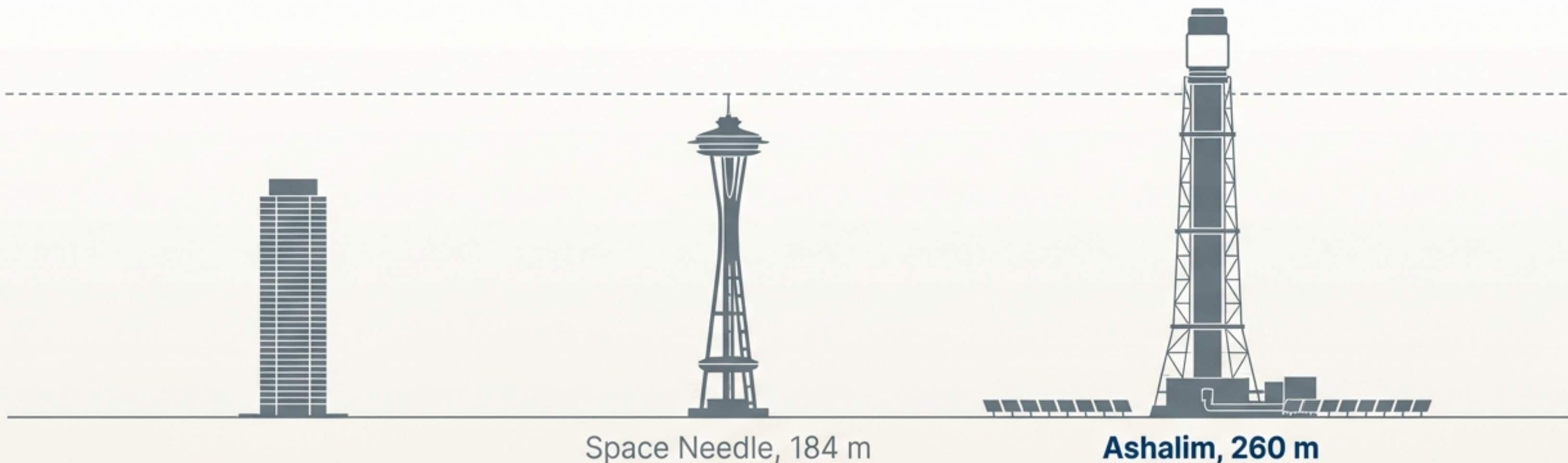
Drugo sonce v puščavi: Solarni stolp Ashalim

Inženirski čudež, ki rešuje najtežji
problem sončne energije.

Lokacija: Negev, Izrael. Ta 260-metrski
svetilnik kljubuje logiki in napaja
civilizacijo še dolgo po sončnem zahodu.



Struktura nemogočih dimenzij



Višina: **260 metrov** (najvišji solarni stolp na svetu)

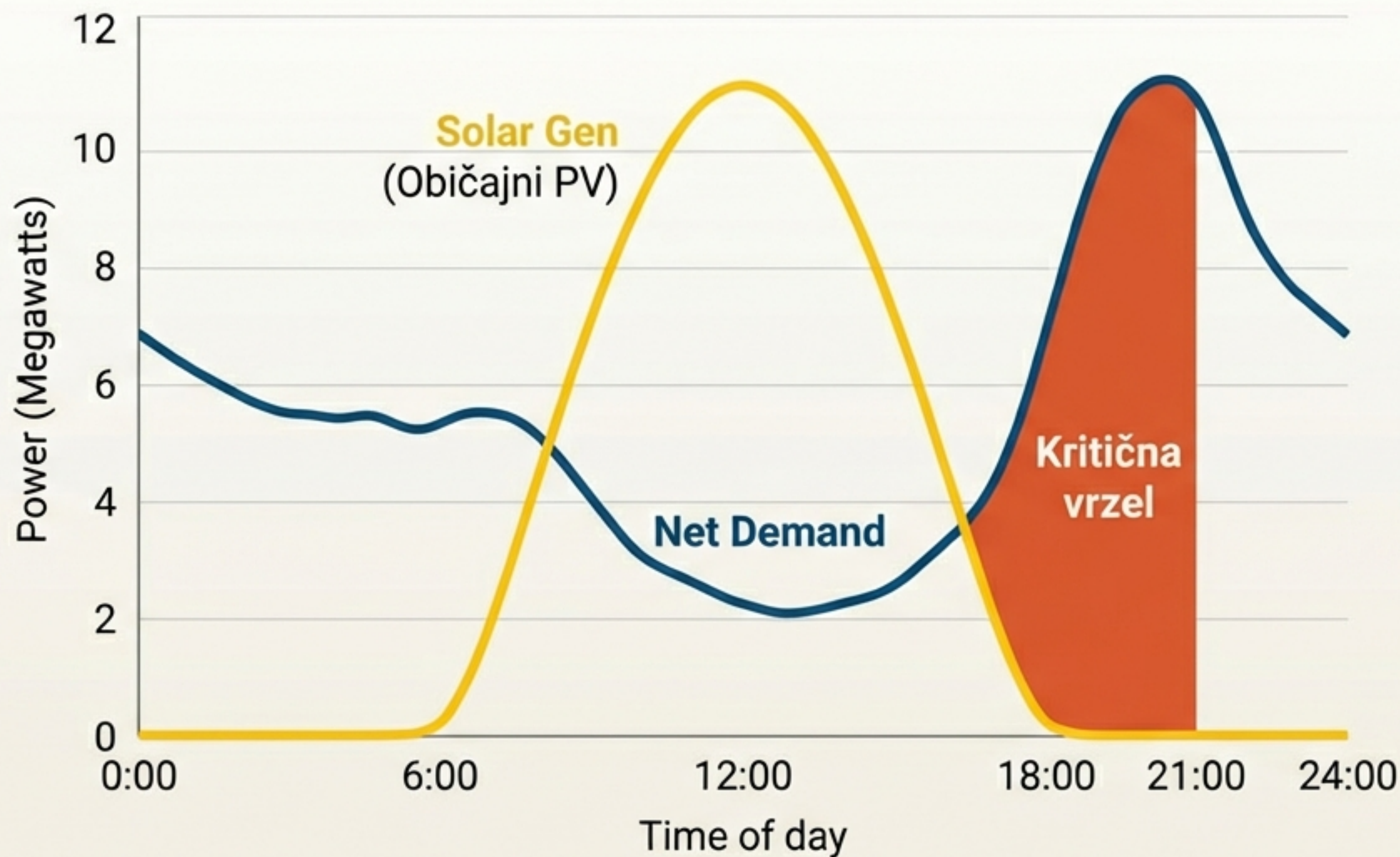
Lokacija:
Puščava Negev

Polje: **50.600 ogledal** (heliostatov)

Zmogljivost: **Energija za 120.000 domov**

To ni znanstvena fantastika, temveč elektrarna industrijskega obsega. Za razliko od običajnih solarnih panelov, ki ležijo ravno, Ashalim potrebuje vertikalnost za fokusiranje svetlobe iz tisočih kotov v eno samo točko.

Problem 'račje krivulje'



Običajni PV paneli so neuporabni, ko ljudje dejansko potrebujejo energijo – med večerno konico (kuhanje, polnjenje EV, klima). Trenutno to vrzel polnimo s plinom.

Ashalim deluje kot časovni stroj za sončno svetlobo in premakne proizvodnjo v ta večerni termin.

CSP proti PV: Drugačen pristop

Fotovoltaika (PV)



Pretvarja svetlobo neposredno v elektriko.
Poceni, a brez vgrajene shrambe.

Sonce → Silicij → Elektroni

Koncentrirana solarna energija (CSP)



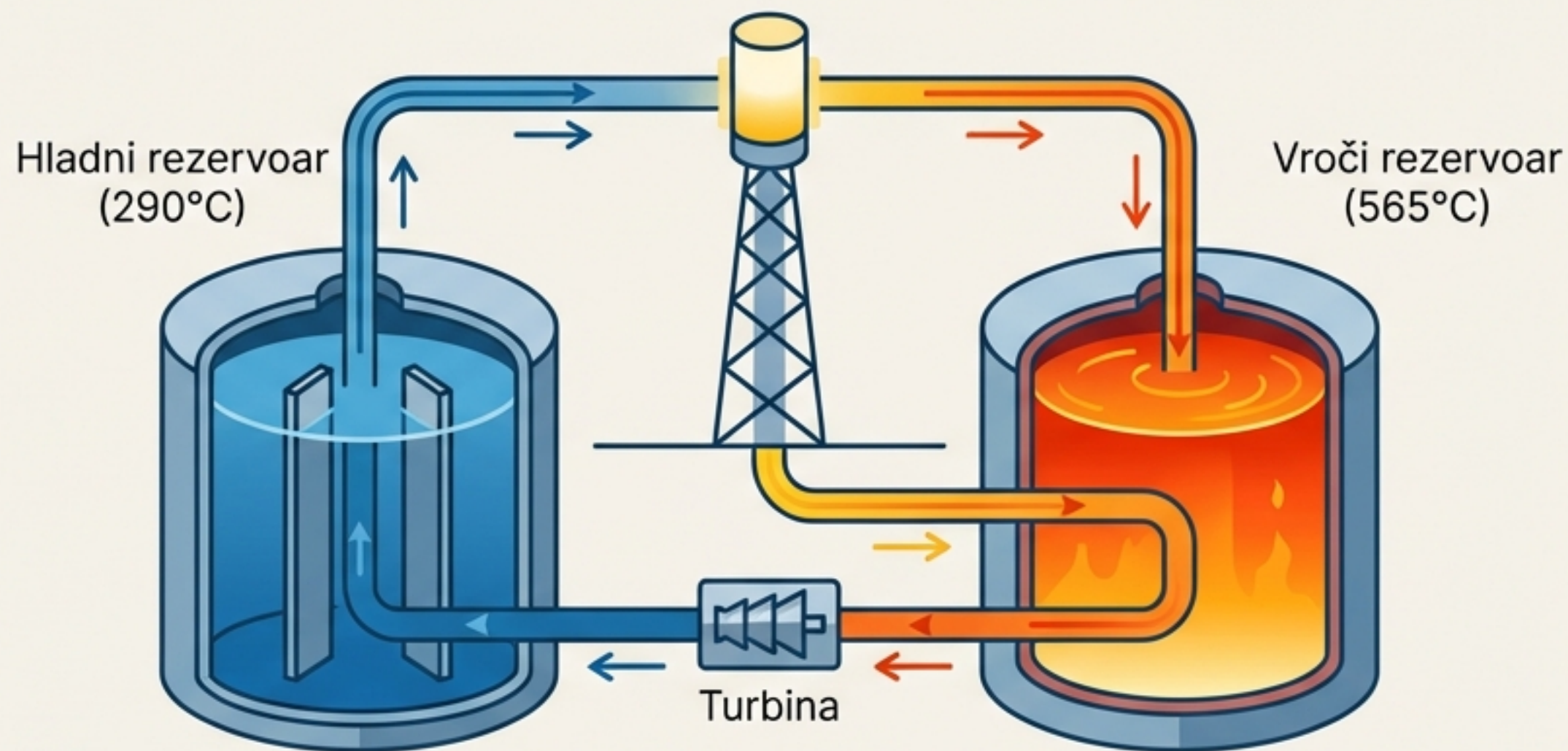
Uporablja ogledala za ustvarjanje enormne
toplote. Kompleksno, a s shrambo.

Sonce → Ogledala → Toplota → Para

PV paneli so se pocenili za 90 %, a imajo usodno napako: ne morejo shranjevati energije.
CSP ne ustvarja elektrike takoj – zbira toploto. In toploto je veliko lažje shraniti kot elektriko.

Skrivno orožje: Staljena sol

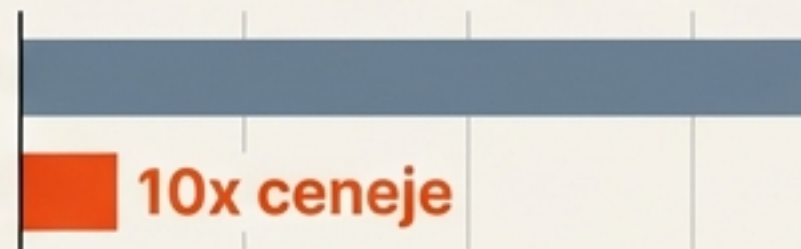
- **Mešanica:** 60 % natrijev nitrat + 40 % kalijev nitrat.
- **Učinkovitost:** 98 % toplotna učinkovitost. Izgubi le $\sim 1^{\circ}\text{C}$ toplote na dan.
- Baterije so predrage za omrežno shranjevanje. Sol je nestrupena, negorljiva in poceni. Omogoča 4,5 ure delovanja v popolni temi.



Cena shranjevanja (na kWh)

Litij-ionske baterije (\$200–\$300)

Staljena sol (\$20–\$30)



Helioštati: 50.600 računalniško vodenih ogledal



- **Velikost:** $\sim 20 \text{ m}^2$ (velikost parkirnega mesta).
- **Natančnost:** Podmilimetrska natančnost.
- **Sledenje:** Položaj se posodablja vsakih nekaj sekund.

Če ogledalo zgreši le za 0,1 stopinje, žarek popolnoma zgreši sprejemnik. Sistem nenehno preračunava položaj sonca, lom svetlobe v ozračju in nagib vetra za vsako posamezno ogledalo v polju.

Sprejemnik: Srce zveri



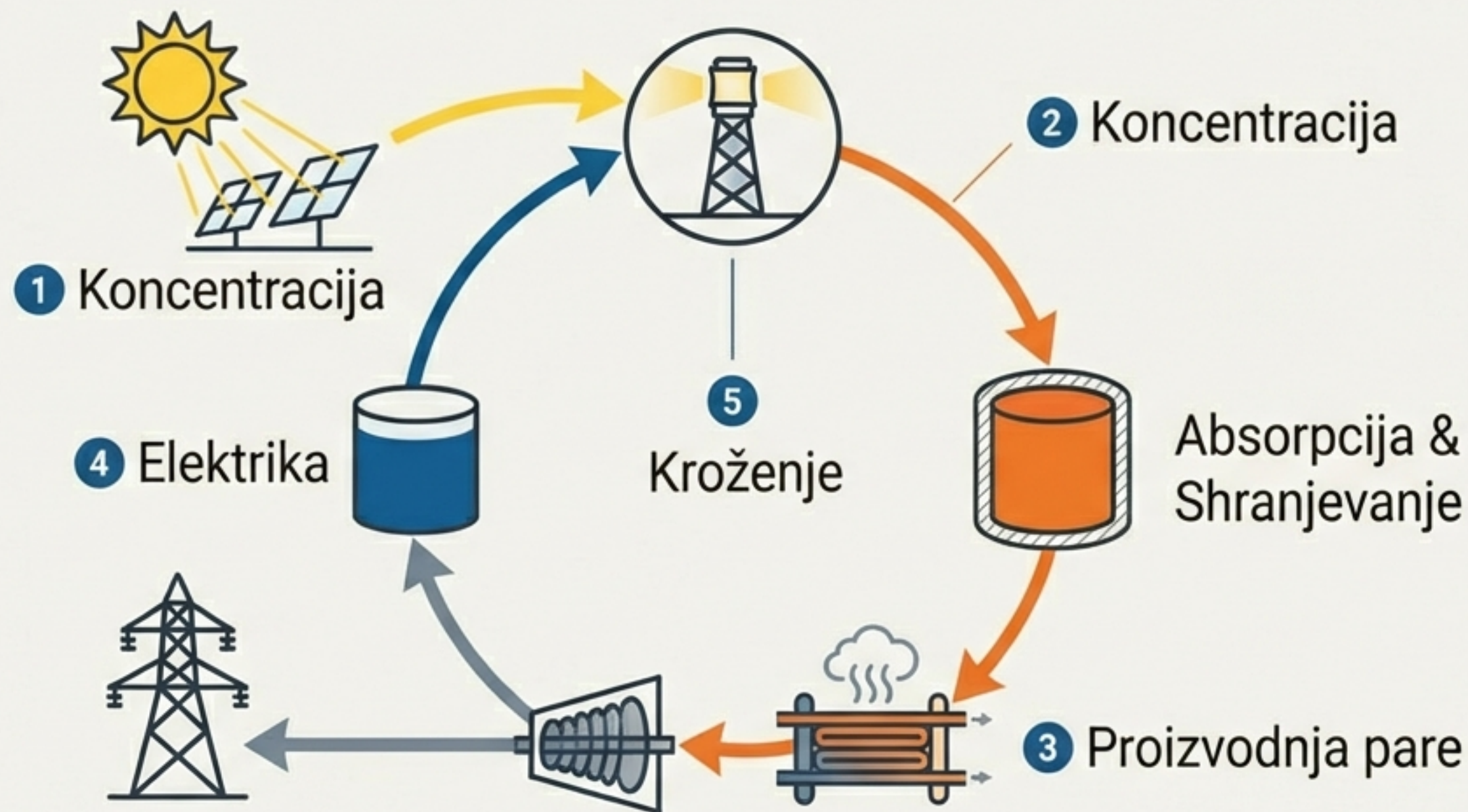
Temperatura:
 $290^{\circ}\text{C} \rightarrow 550^{\circ}\text{C}+$

Gostota energije:
 $600\text{--}1.000 \text{ kW/m}^2$

Ekvivalent 1.000 električnim grelnikom vode na eni sami klubski mizici.

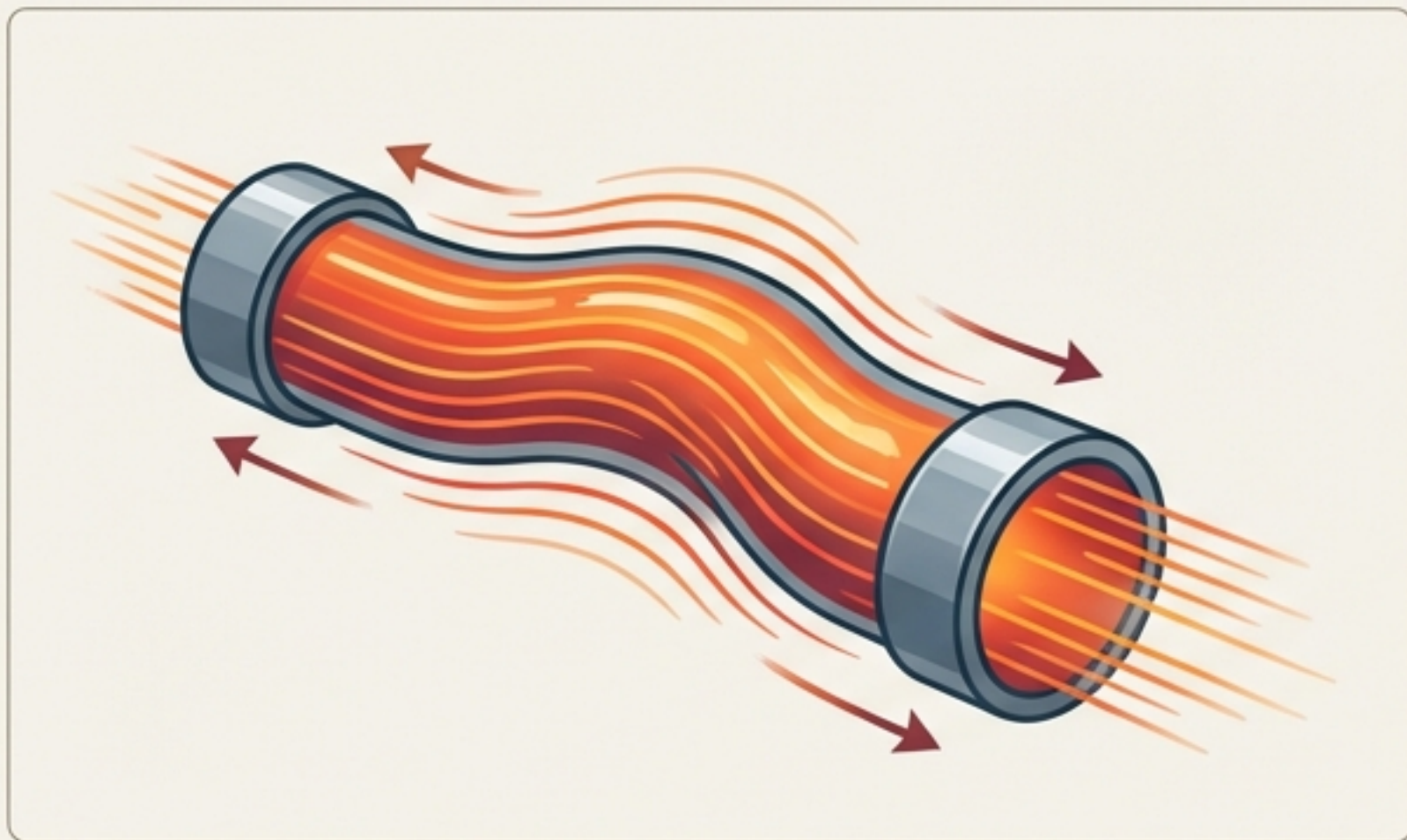
Sprejemnik je ogromen toplotni izmenjevalnik iz cevi z visoko vsebnostjo niklja. Prenese obremenitve, ki bi stopile navadno jeklo, in prenaša koncentrirano sončno energijo v tekočo sol.

Zaprt krog energije



Sol se nikoli ne porabi. Neskončno kroži kot prenašalec toplote, ki poganja parno turbino (150 atmosfer pritiska).

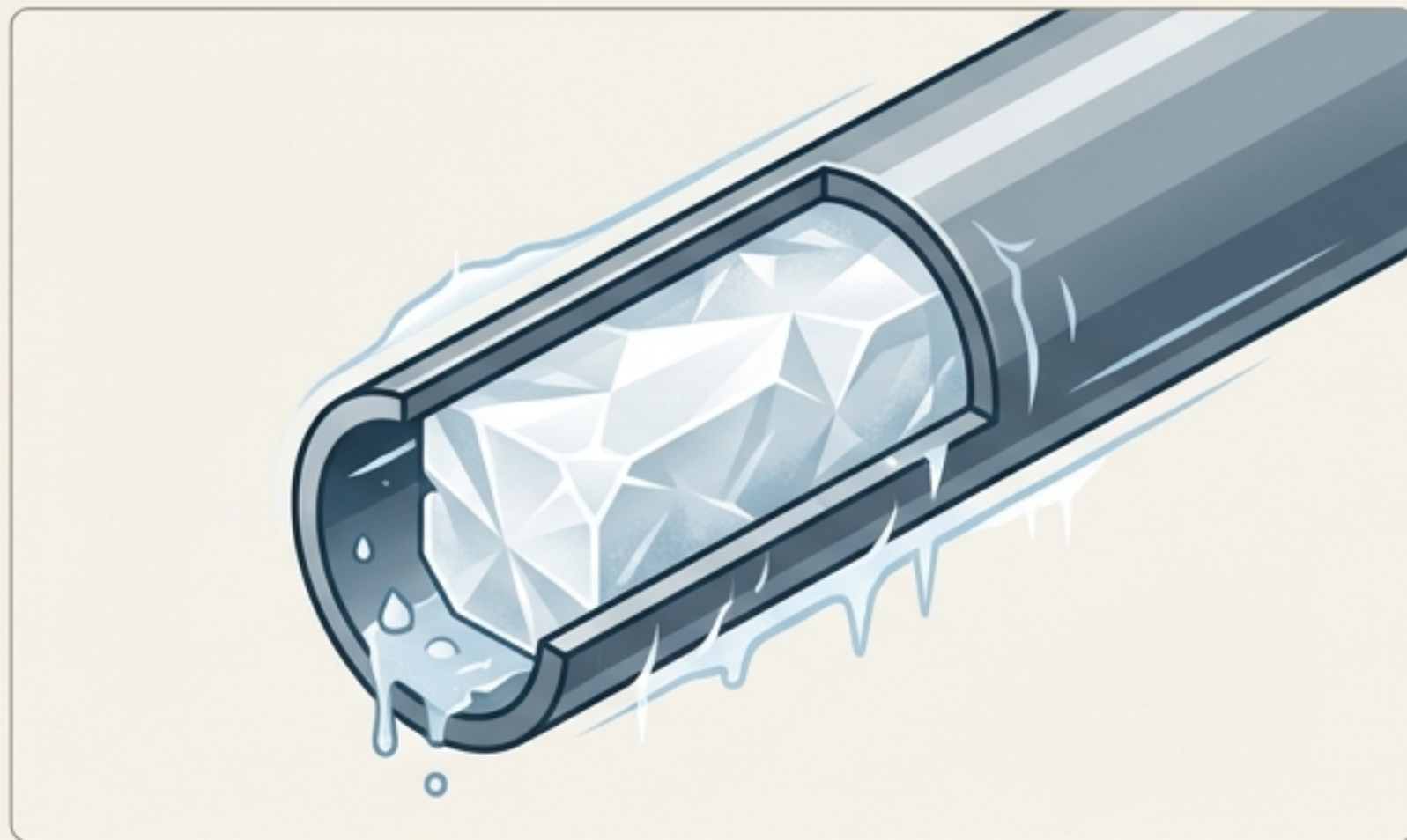
Brutalni inženirski izzivi



Termična ekspanzija

Cevi sprejemnika se vsako jutro podaljšajo za več centimetrov.

Rešitev: Fleksibilni spoji.



Strjevanje soli

Sol zmrzne v kamen pri 220°C . Če se sistem ustavi, je uničen.

Rešitev: Električno ogrevanje.

Upravljanje tekočine, ki se pri 500°C obnaša kot voda, pri 220°C pa spremeni v kamen, zahteva popolnost. Ena sama puščanja ali zamrznjena cev lahko objekt zapre za več mesecev.

Okoljski in operativni davek

Trajnost je kompromis. Rešujemo podnebje z zmanjšanjem ogljika, a lokalno moramo upravljati porabo vode in varovati divje živali pred intenzivno vročino (akustična odvrčala).

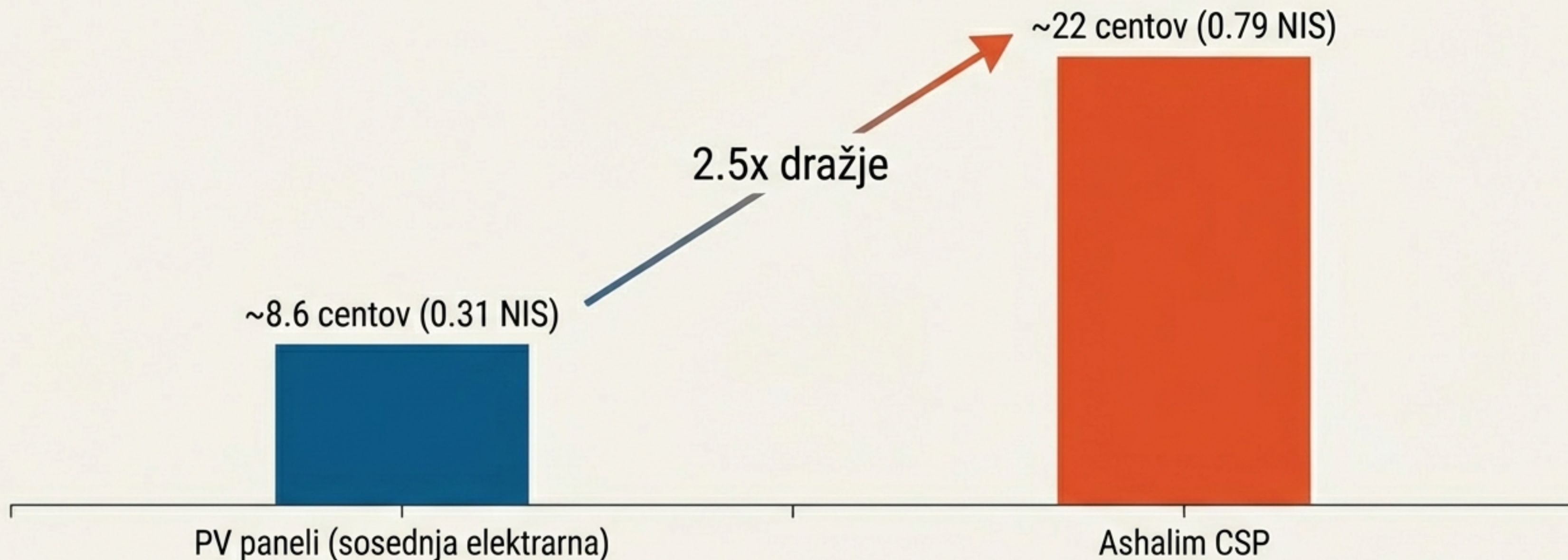


Voda in prah: Ogledala je treba prati z demineralizirano vodo v puščavi.



Nevarnost za ptice: Ptice, ki preletijo koncentriran žarek, lahko zgorejo ($>500^{\circ}\text{C}$).

Ekonomska realnost: Cena

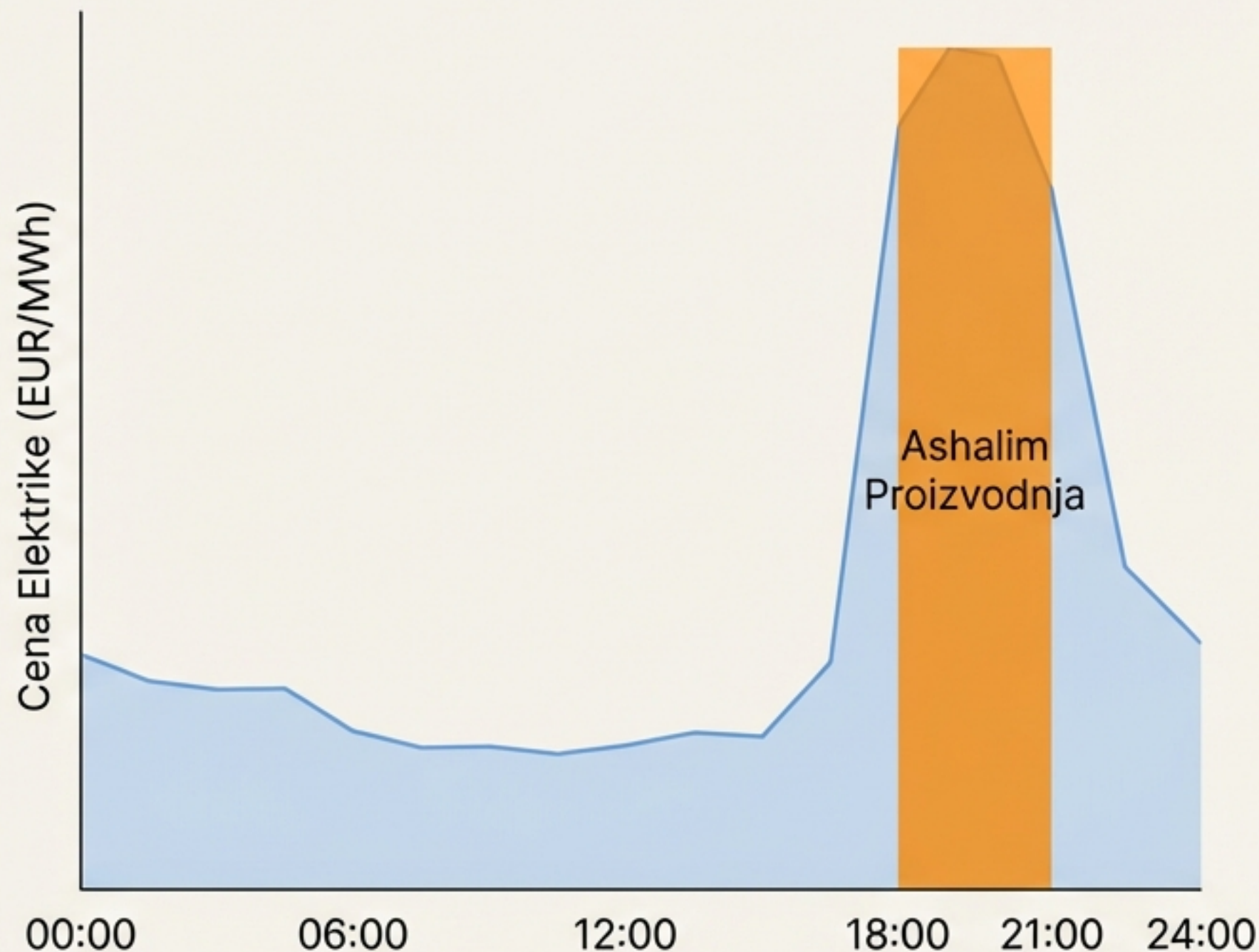


Zakaj graditi stolp, ki proizvaja elektriko po dvojni ceni sosednjih panelov? Če gledamo le ceno na kilovatzo uro, se CSP zdi neuspeh. Toda cena ni enako kot vrednost.

Plačilo za razpoložljivost

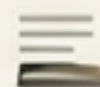
Ne plačujete za elektriko,
plačujete za zanesljivost.

Med večernimi konicami cene elektrike poskočijo za 3-5x. Ashalim tekmuje s plinskimi elektrarnami, ne s poldnevnimi sončnimi paneli. To je “Dispatchability” – energija na zahtevo, ko PV proizvede nič.



Globalni kontekst: Kje CSP zmaga?

CSP težko tekmuje s poceni baterijami, vendar uspeva v strateških vlogah – zagotavljanje energetske varnosti ali napajanje 24-urne industrije.



1. **Visoko sevanje:** Zahteva puščave ($\text{DNI} > 2000 \text{ kWh/m}^2$).
2. **Potreba po shrambi:** Omrežja, ki potrebujejo 12+ ur rezerve.
3. **Industrijska toplota:** Rudarstvo ali razsoljevanje.

Prednosti in slabosti



Prednosti

- 24/7 energija (prilagodljivost)
- Stabilizacija omrežja (vrtilna masa)
- Brez redkih kovin / degradacije litija
- Neodvisnost od uvoza fosilnih goriv



Slabosti

- Visoki kapitalni stroški (\$4000-\$6000/kW)
- Geografske omejitve (le puščave)
- Kompleksno vzdrževanje
- Vpliv na divje živali

Prihodnost je mešanica rešitev

CSP ni edini odgovor, je pa vitalno orodje.
Sonce za dan, veter – za vetrovno vreme,
CSP za noč in industrijo.

“Prihodnosti ne gradimo z izbiro najcenejše možnosti, temveč s pametno kombinacijo orodij.”