

Signal v šumu

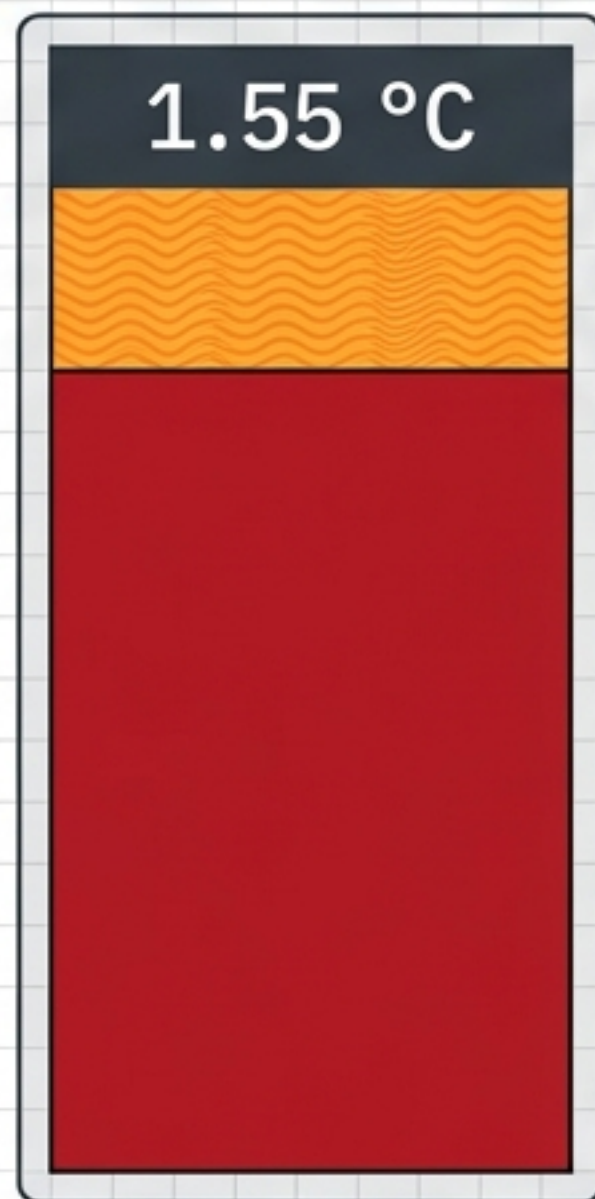
Sistemska analiza prvega leta nad $1,5\text{ }^{\circ}\text{C}$
in njenih posledic za Pariški sporazum



Kognitivni in matematični prevod
podnebnega mejnika v okvir dinamike sistemov.

Opazovana anomalija leta 2024 je prebila sistemsko mejo

Preseganje je matematična seštevalnica dveh glavnih komponent: antropogenega vpliva in naravne variabilnosti.



SIGNAL: 1.31 °C (razpon 1.1–1.7 °C)

Človeško povzročeno segrevanje (čisti dolgoročni antropogeni trend).

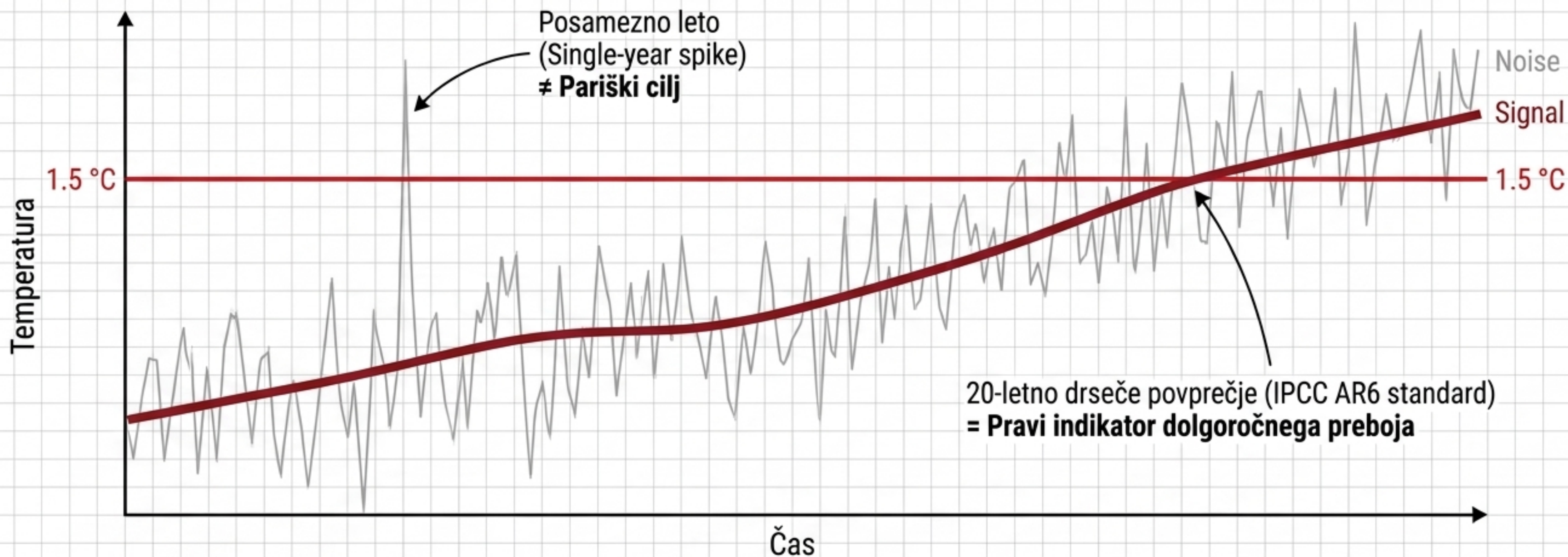
ŠUM: + 0.24 °C

Vpliv naravnih dejavnikov in variabilnosti, primarno močnega pojava El Niño v ciklu 2023–2024.

Kontekstni podatek: V letu 2023 je bila globalna temperatura 1.43 °C nad predindustrijsko dobo, s čimer se je cikel anomalije začel.

Definicija Pariškega sporazuma temelji na dolgoročnem povprečju

En sam posamezen presežek ne pomeni, da je sistem trajno prešel v novo stanje.



Dilema: Ali lahko edinstveno točko (leto 2024) uporabimo kot zanesljiv zgodnji indikator, da je sistem že vstopil v kritično 20-letno obratovalno obdobje?

Matematična formulacija hipoteze prehoda

Analiza časovnega zamika med prvim izoliranim opozorilom in trajnim vstopom v kritično okno.

$$\Delta t = t_{1yr} - t_{20yr}$$

t_{1yr}

Čas (leto) prvega posameznega preseganja temperaturne meje (npr. 2024).

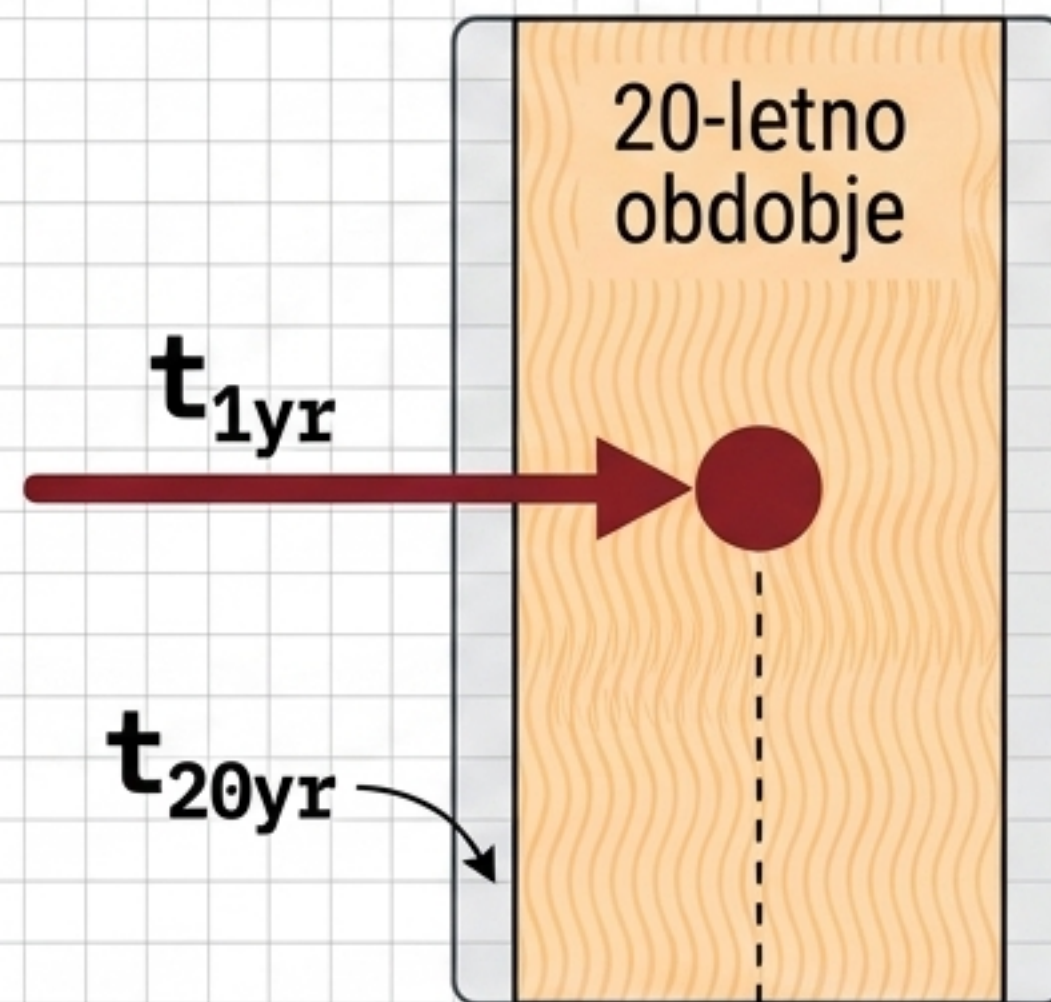
t_{20yr}

Čas (leto) dejanskega vstopa v prvo 20-letno obdobje s povprečjem enake meje.

Δt

Časovni zamik med obema dogodkoma.

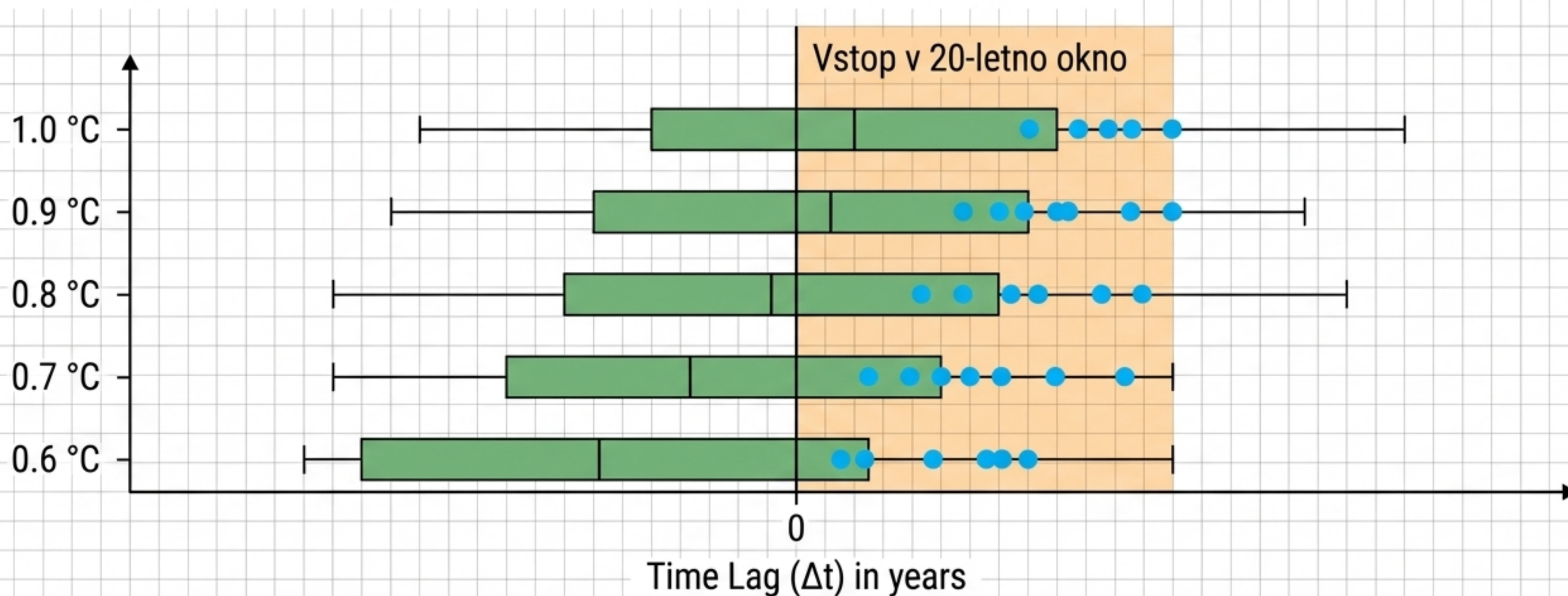
SISTEMSKI POGOJ (HIPOTEZA)



Če je $\Delta t \geq 0$, potem prvo opozorilno leto pade natančno **ZNOTRAJ** kritičnega 20-letnega okna preboja.

Zgodovinski podatki potrjujejo predvidljivo obnašanje sistema

Pretekli mejniki od 0,6 °C do 1,0 °C razkrivajo konsistenten sistemski vzorec brez izjem.



Empirični dokaz: V vseh dosedanjih primerih v zgodovini je prvo izolirano leto opozorila **VEDNO** padlo znotraj prvega 20-letnega obdobja iste meje.

Podatki dokazujejo, da simulacijski modeli zelo zanesljivo zajamejo nedavno dinamiko globalnega temperaturnega signala.

Filtriranje simulacijskih virov (CMIP6 Modeli)

Dvig zanesljivosti z uporabo izključno modelov, ki so zmožni replicirati opazovani trend.

Vhodni podatki:

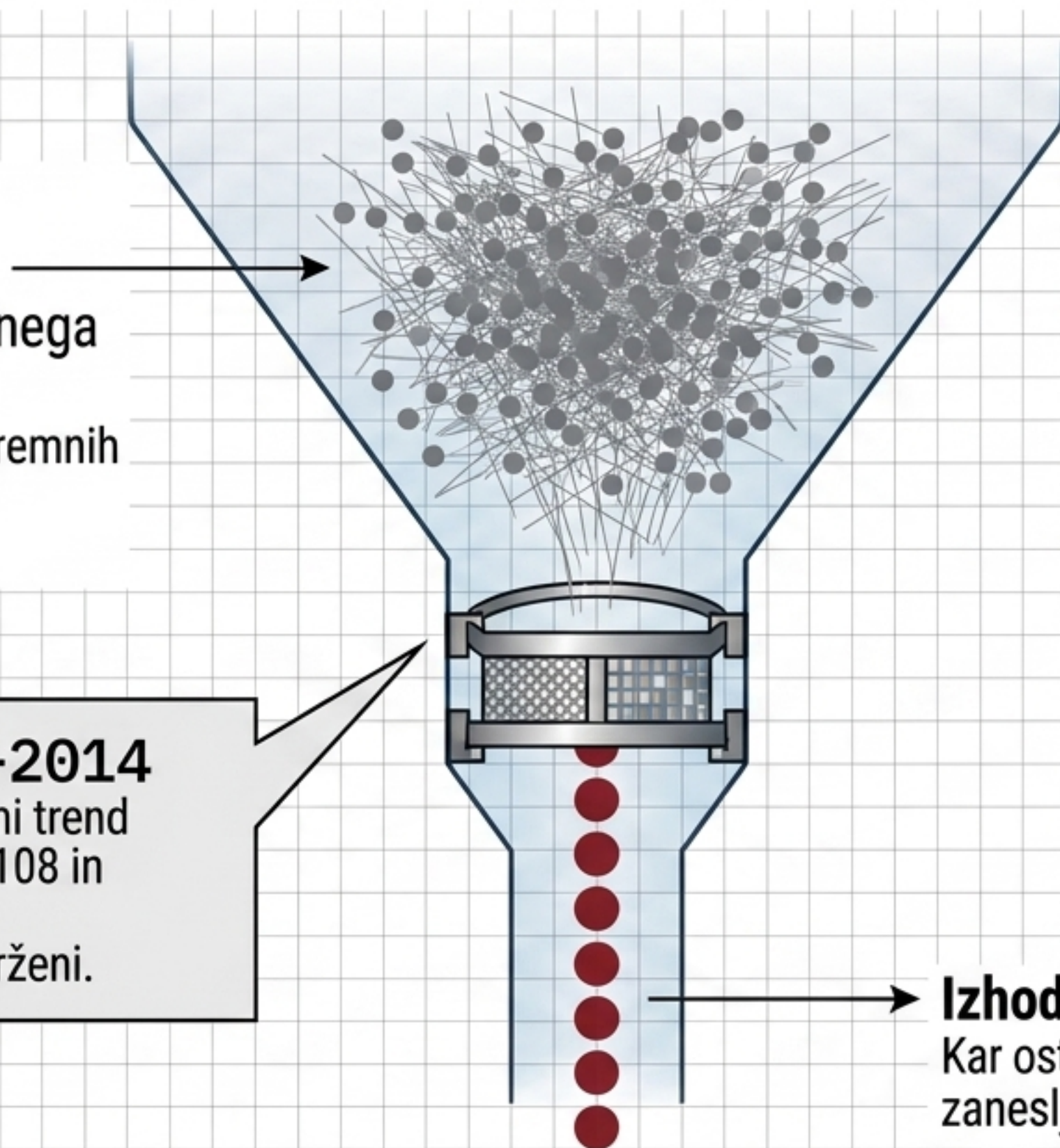
Vse simulacije CMIP6

(Sklopljeni model primerjalnega projekta faze 6)

Vključuje vse scenarije, od ekstremnih zmanjšanj emisij (SSP1-1.9) do pospešene rasti (SSP5-8.5).

CONSTRAINT 1981–2014

Modeli morajo kazati povprečni trend segrevanja natančno med 0.0108 in 0.0263 °C/leto. Modeli z nerealistično dinamiko so zavrženi.



Izhod: Robusten, kalibriran nabor.

Kar ostane, so visoko umerjeni instrumenti za zanesljivo napoved prihodnjega preboja.

Diagnostična matrika verjetnosti za mejo 1,5 °C

Pod realističnimi scenariji prvo 1,5 °C leto predstavlja skoraj absolutno gotovost vstopa v preboj.

Scenarij emisij (SSP)	Verjetnost, da smo že v 20-letnem oknu ($\Delta t \geq 0$)
SSP5-8.5 & SSP3-7.0 (Visoke emisije)	96% – 100% (Praktično gotovo)
SSP2-4.5 (TRENUTNE POLITIKE)	100% (Absolutna gotovost)
SSP1-2.6 & SSP1-1.9 (Agresivna mitigacija)	73% – 75% (Zelo verjetno)

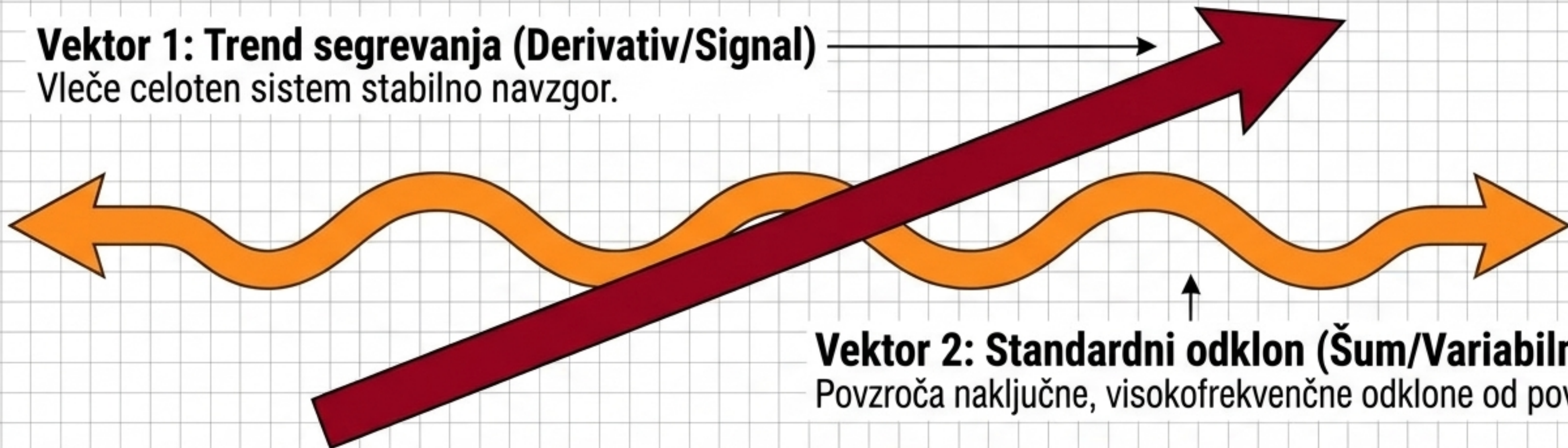
Zaključek:
V scenariju, ki najbolje opisuje trenutne globalne politike in ukrepe (SSP2-4.5), modeli brez izjeme predvidevajo, da prvo posamezno leto nad 1,5 °C pade neposredno znotraj 20-letnega kritičnega obdobja.

Sistemska mehanika: Razmerje Signal/Šum (SNR)

Odnos med dolgoročno hitrostjo segrevanja in kratkoročnim nihanjem določa čas prehoda.

Vektor 1: Trend segrevanja (Derivativ/Signal)

Vleče celoten sistem stabilno navzgor.



Vektor 2: Standardni odklon (Šum/Variabilnost)

Povzroča naključne, visokofrekvenčne odklone od povprečja.

STANJE A: Slab trend / Visok šum

Ekstremni odkloni ("lažni alarmi") se pogosto pojavijo daleč pred tem, ko povprečje doseže mejo ($\Delta t < 0$).

STANJE B: Močan trend / Nizek šum

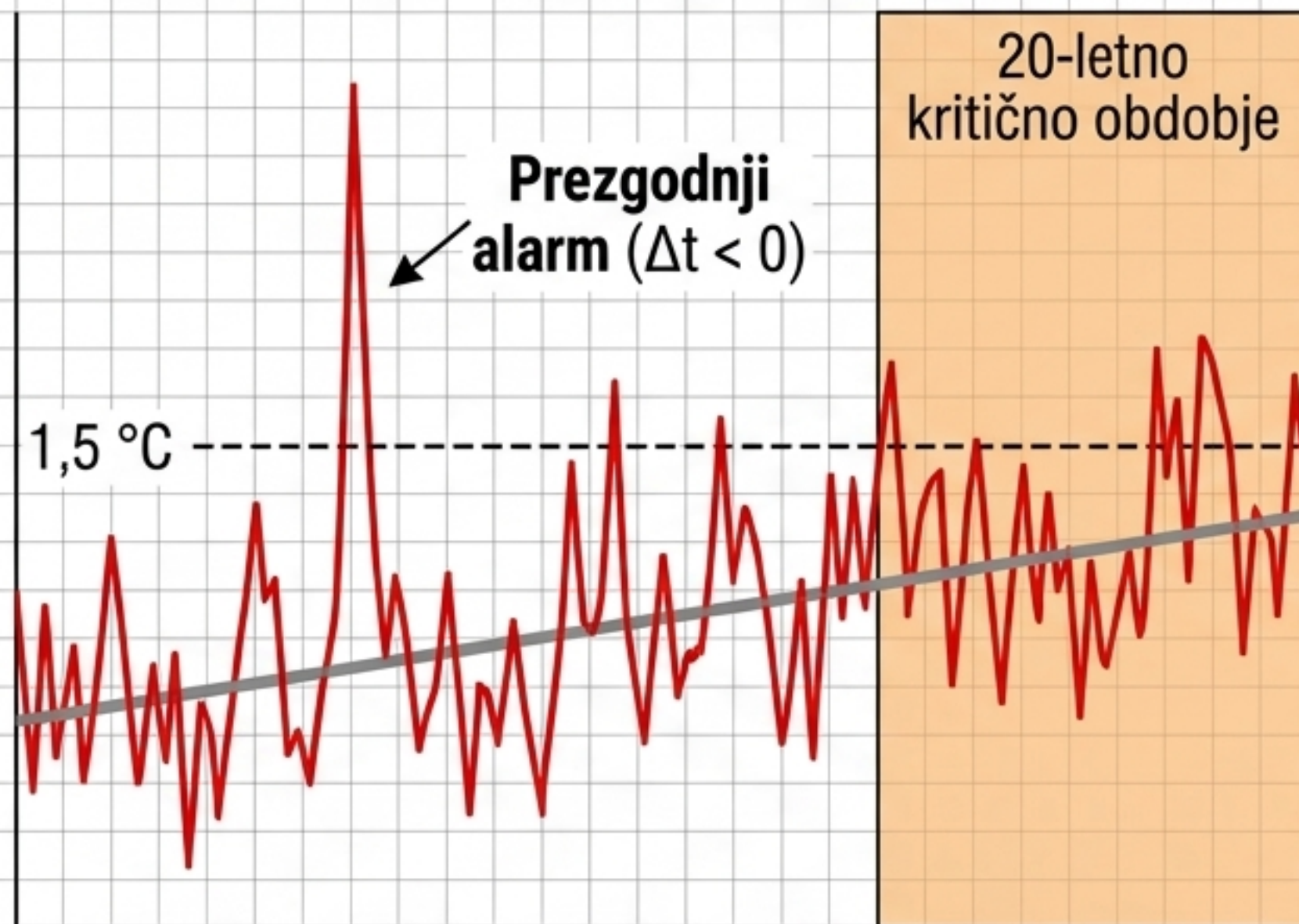
Trend raste tako strmo, da šum nima priložnosti za lažne alarme. Prvi skok se zgodi šele ob samem vstopu v obdobje ($\Delta t > 0$).

STATUS: Trenutni podnebni sistem deluje v režimu Stanje B.

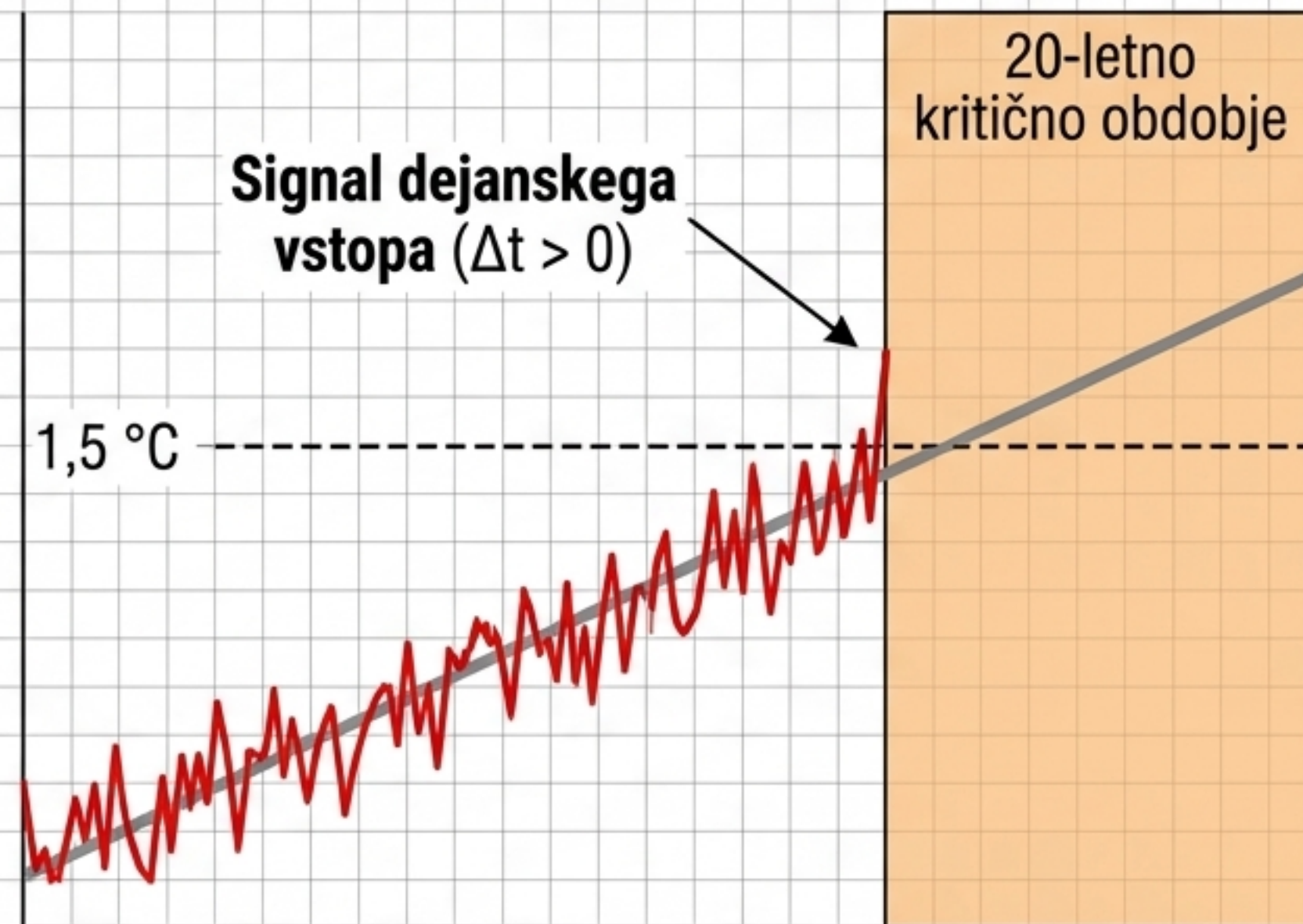
Vizualizacija dinamike močnega trenda

Visok naklon hitro potegne posamezna ekstremna leta v dolgoročno povprečje.

Scenarij šibkega trenda



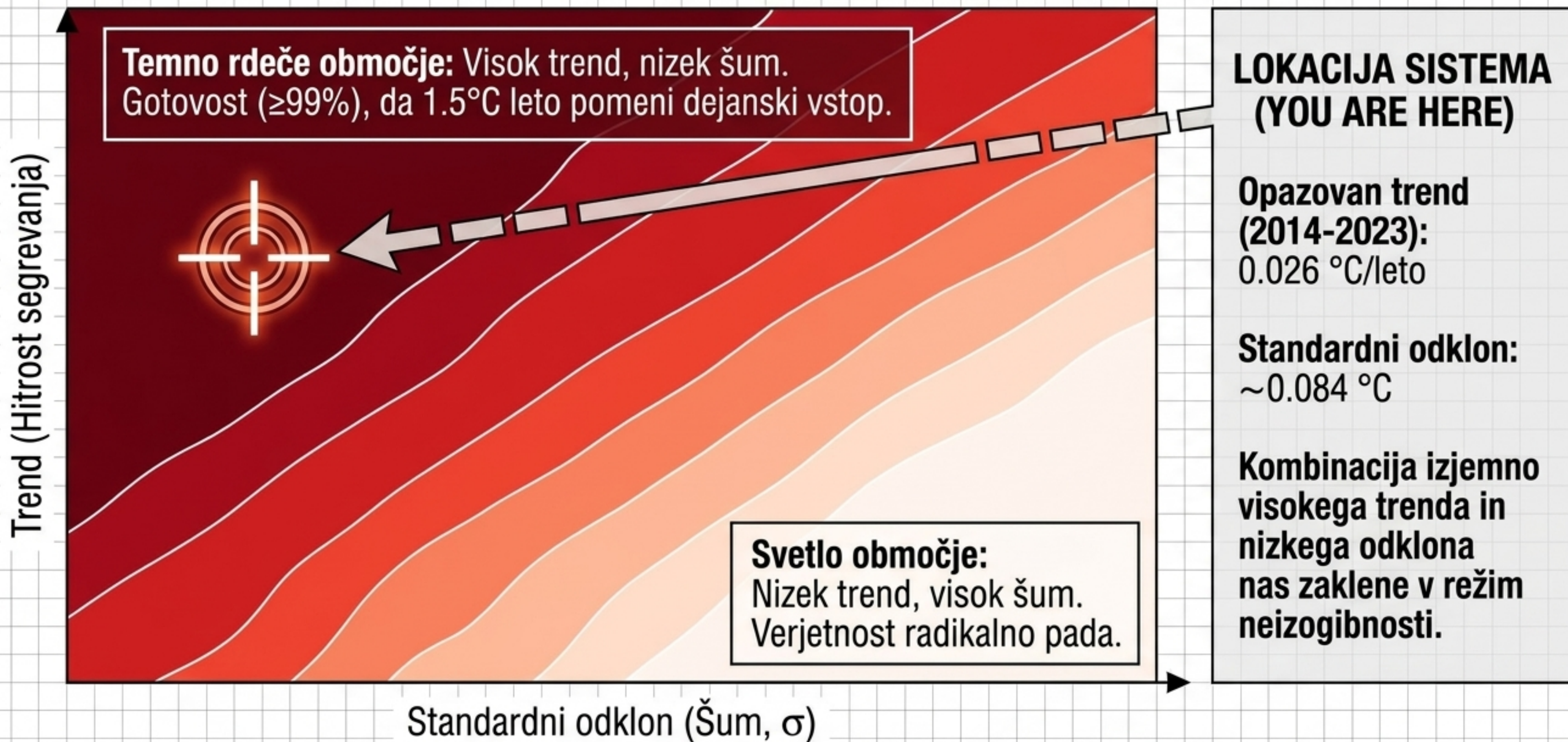
Trenutna realnost: Močan trend



Matematično dejstvo: Nizek standardni odklon naravne variabilnosti glede na izjemno strmino trenutnega trenda popolnoma preprečuje velike 'lažne alarme'.

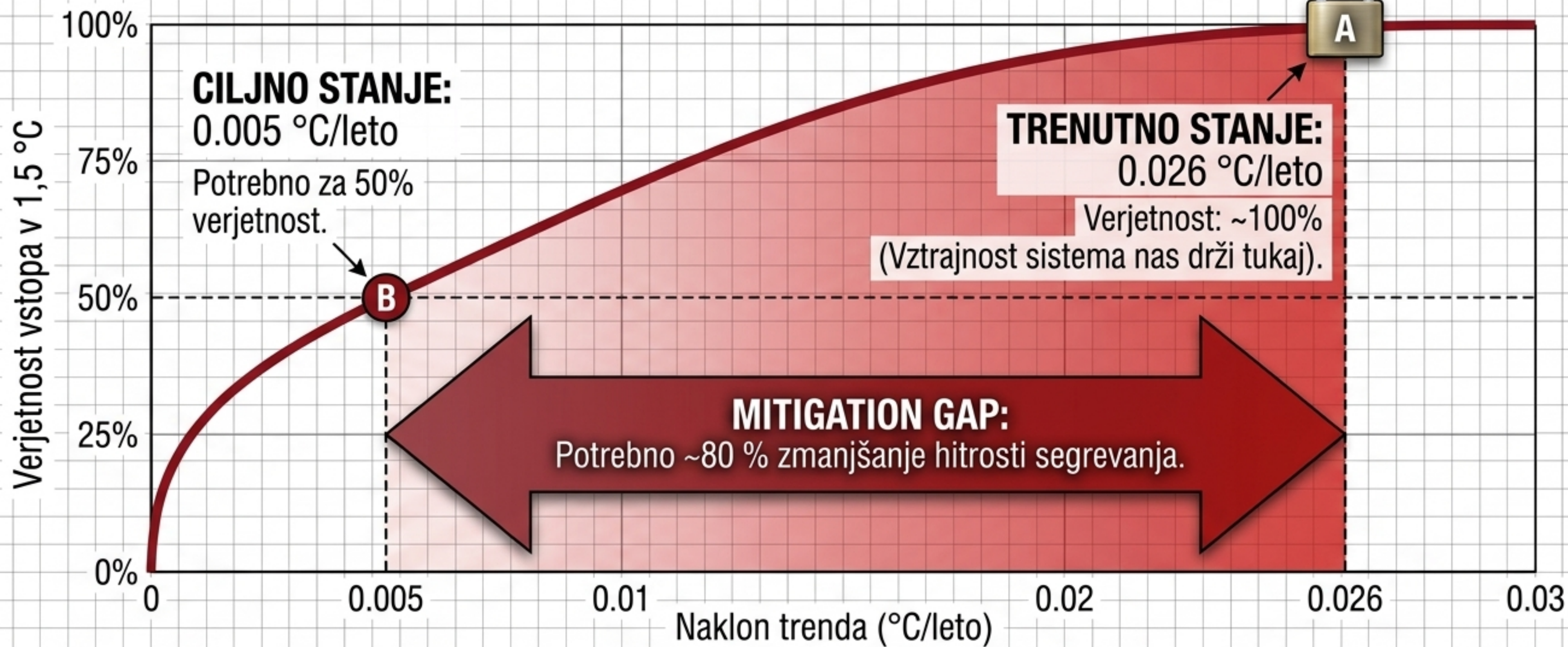
Operativni fazni prostor podnebnega sistema

Idealiziran eksperiment in natančna trenutna lokacija našega planetarnega trenda.



Sistemska kontrola: Možnost spremembe trajektorije

Znižanje verjetnosti prehoda zahteva drastično in takojšnje 'zaviranje' naklona trenda.



Inženirski sklep: To drastično 'zaviranje' sistema je mogoče doseči izključno z ekstremno agresivno mitigacijo emisij v naslednjih dveh desetletjih.

Vpliv neupoštevanih zunanjih motenj na sistem

Kratkoročni dejavniki po letu 2015 povečujejo amplitudo šuma, a ne preobrnejo nizkofrekvenčnega trenda.

Known Unknowns



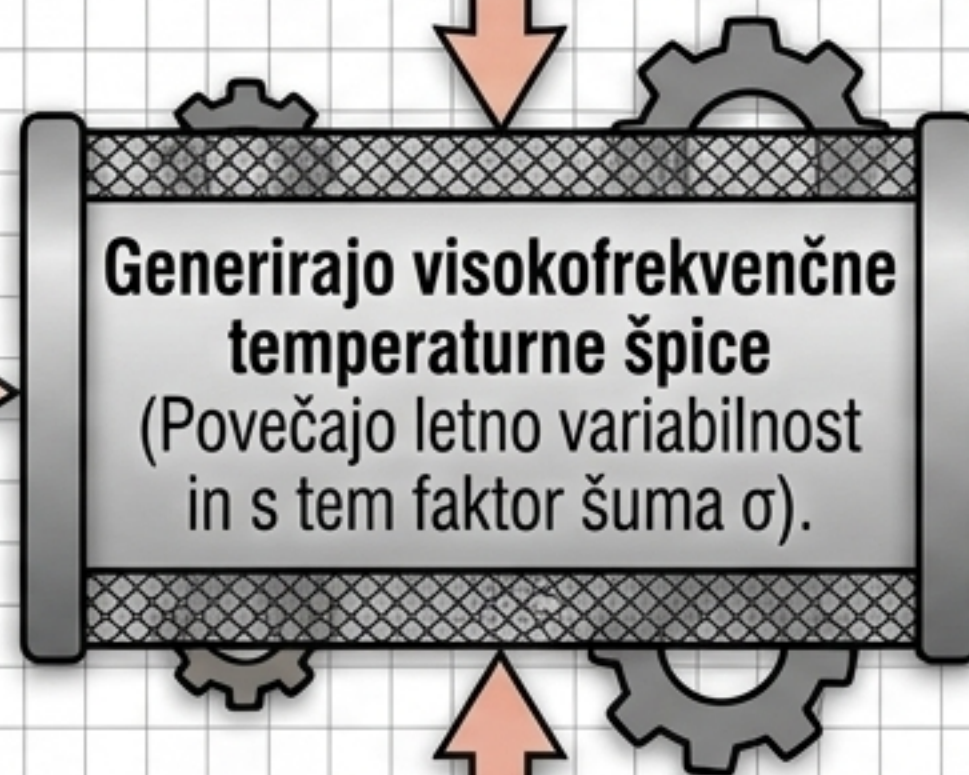
Zmanjšanje emisij žvepla
(čistejši ladijski promet poveča prepustnost sončne svetlobe).



Pandemija Covid-19
(Nenadni, kratkoročni padci aerosolov).



Izbruh Hunga Tonga
(Vnos vodnih hlapov povzroči temperaturni dvig).

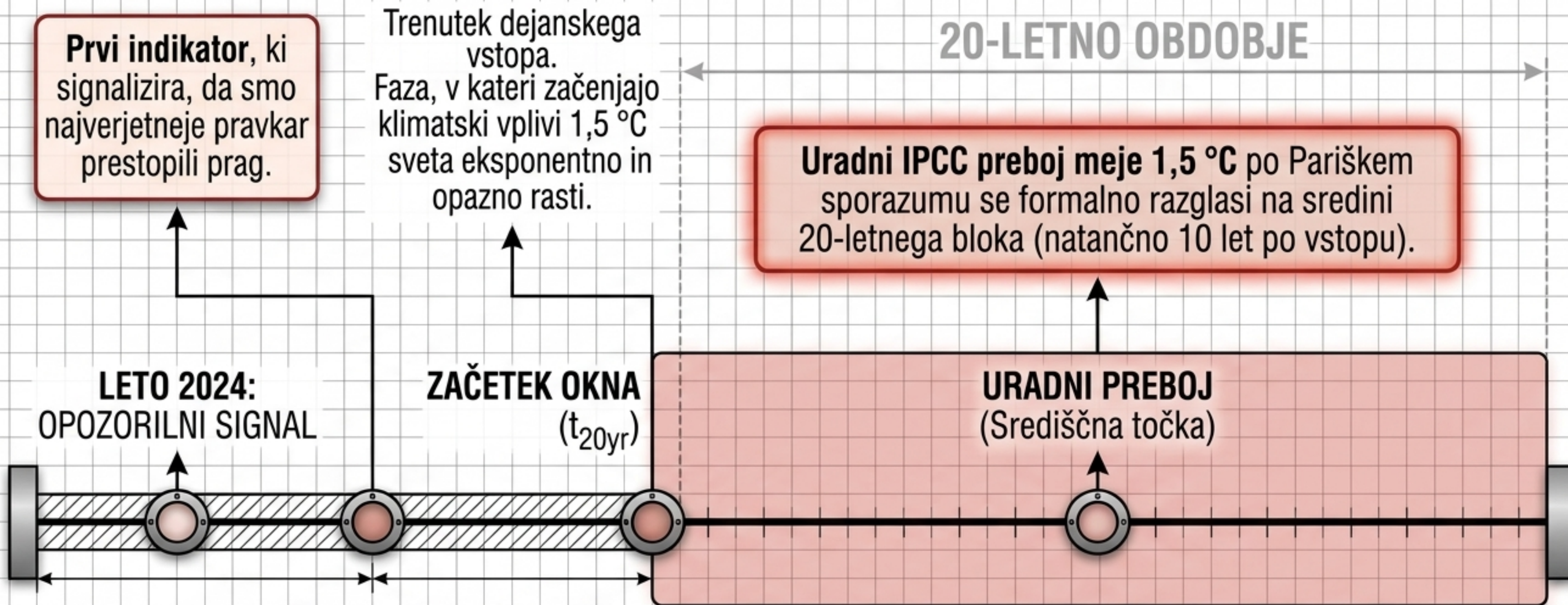


**Vpliv na dolgoročni
človeško povzročen
trend ostaja obrozen.**

Če so modeli podcenjevali realen trend zaradi teh motenj, to pomeni, da so naše ocene verjetnosti **v resnici še BOLJ konzervativne in zanesljive.**

Arhitektura časa: Kdaj uradno prebijemo Pariško mejo?

Kritično tehnično razlikovanje: "Vstop v obdobje" ni enako "Uradni preboj meje".



Sklep: Leto nad 1,5 °C nam daje 10-letno predhodno okno pred uradnim razglasom preseganja na sredini obdobja, kar omogoča strateško prilagajanje.

Sinteza mehanike prehoda (Prelomna točka)

Matematična resničnost pozitivnega derivativa in inercije določa neizogibnost trenutne tranzicije.

OPAZOVANJE

Anomalija leta 2024 (1,55 °C) ni izolirana statistična napaka ali ali zgolj prehoden vpliv El Niña.

INERCIJA

Dolgoživost podnebnih dejavnikov vzdržuje **naklon in maso sistema** ne glede na takojšnje rešitve.

DERIVATIV

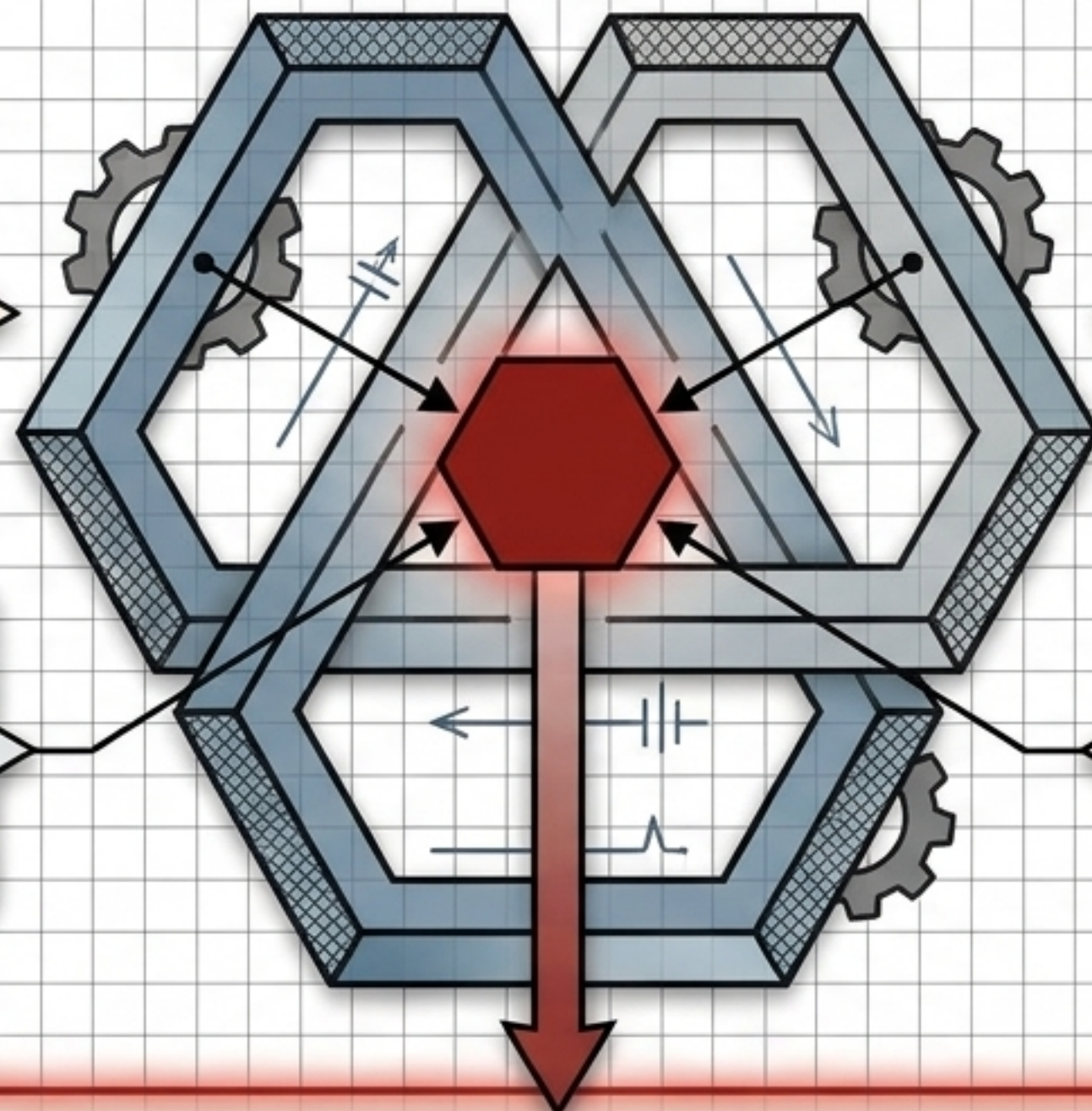
Strmina globalnega temperaturnega trenda **preprečuje velike lažne alarme** pred dejanskim vstopom.

INERCIJA

Dolgoživost podnebnih dejavnikov vzdržuje **naklon in maso sistema** ne glede na takojšnje rešitve.

Aha-Moment

ZAKONITOST SISTEMA: V sistemih, ki jih definira izrazito močan pozitivni trend in velika vztrajnost, se prvi opozorilni signali ne pojavijo prezgodaj. Pojavijo se **SELE TAKRAT**, ko je dolgoročna sprememba faze že neizogibno nastopila in je zaklenjena.



Od analize signala k strateškemu ukrepanju

Potrjeno opozorilo ni razlog za fatalizem, temveč jasen mandat za obvladovanje sistemskih tveganj.

[01] ZGODNJE OPOZORILO

1. Leto 2024 je matematično potrdilo vstop v obdobje, kjer se bodo znanstveno predvideni vplivi 1,5 °C toplejšega sveta materializirali v praksi.

Teoretični model napovedi je bil uspešno realiziran.

[02] SISTEMSKO PRILAGAJANJE

2. Znanje o potrjenem prehodu diktira nujno prekalibracijo ocenjevanja tveganj. Prihodnja infrastruktura, oskrbovalne verige in sistemi upravljanja morajo biti dimenzionirani za operativne parametre stabilno nad mejo 1,5 °C.

[03] PREPREČITEV PRESEGANJA

3. Radikalno in takojšnje zaviranje trenda segrevanja (cilj: 0.005 °C/leto) je edini preostali mehanizem, ki lahko **zadrži končno pregrevanje sistema daleč pod tveganim vrhom** (well below 2 °C). **Hitrost inercialskega zaviranja je kritična.**