

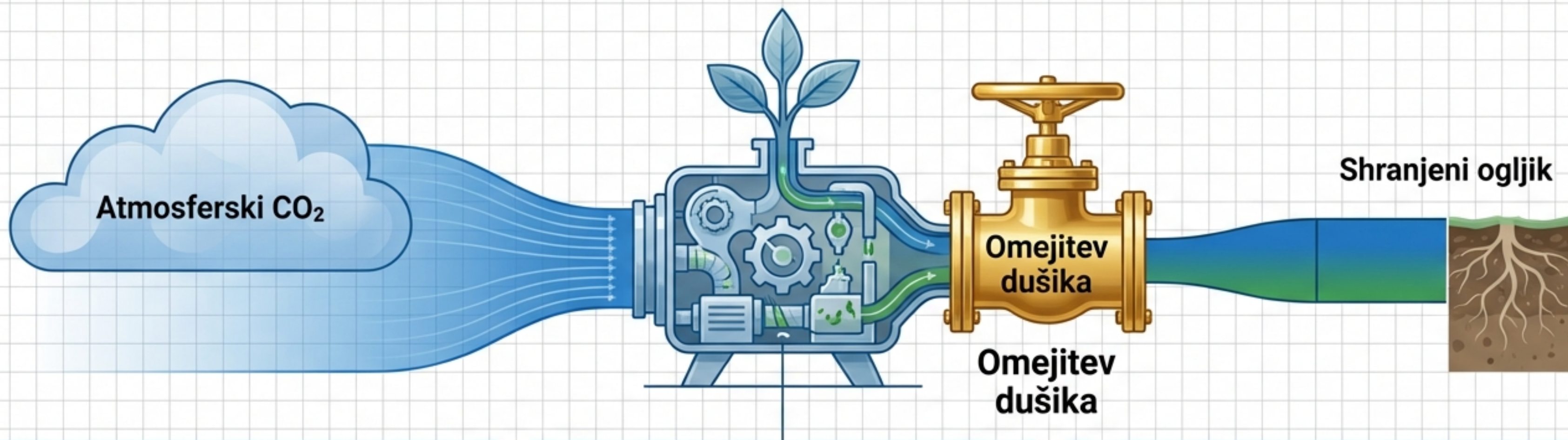


Skrita napaka v podnebnih modelih

Kako napačni izračuni biološke fiksacije dušika izkrivljajo napovedi o prihodnjih ponorih ogljika.

Poročilo o diagnostiki modelov zemeljskega sistema (ESM) na podlagi nove globalne sinteze empiričnih podatkov.

Rastline absorbirajo naš ogljik, a dušik določa mejo zmogljivosti



Gnojenje s CO₂

Naraščajoče koncentracije CO₂ spodbujajo fotosintezo, zaradi česar zemeljska biosfera absorbira približno četrtno vseh antropogenih emisij.

Ozko grlo

Ta učinek gnojenja s CO₂ upada. Za pretvorbo dodatnega ogljika v biomaso rastline nujno potrebujejo dušik.

Rešitev biosfere

Biološka fiksacija dušika (BNF) je glavni naravni vir "novega" dušika. Način, kako to modeliramo, določa našo prihodnjo podnebno sliko.

Empirični podatki rušijo ravnovesje v trenutnih modelih

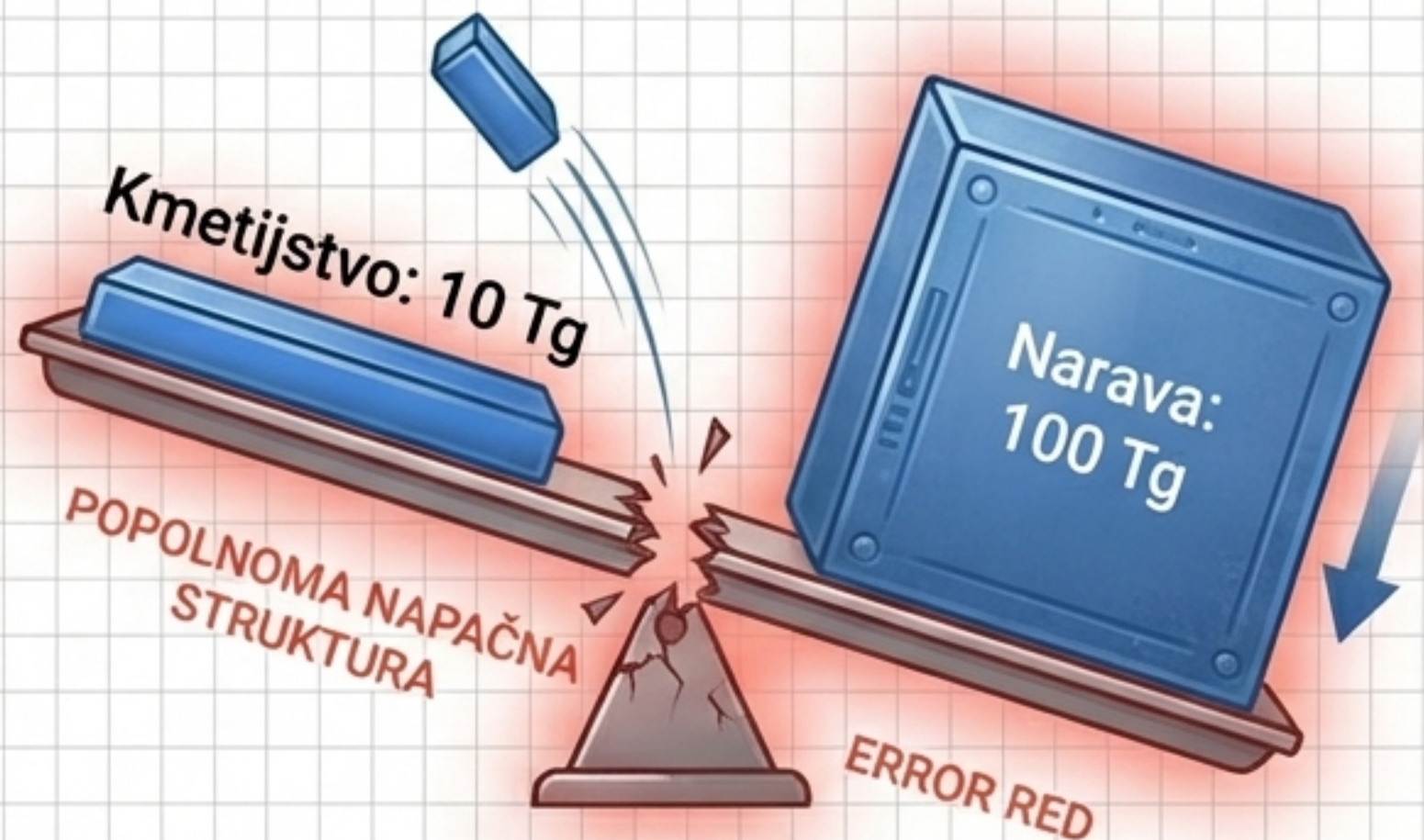
Nova globalna sinteza (več kot 6.600 meritev) razkriva, da čeprav modeli zemeljskega sistema (ESM) približno zadenjejo skupno globalno vsoto BNF (111 Tg vs 120 Tg), je njihova notranja struktura popolnoma napačna.

Empirična realnost



↓
Skupaj: ~120 Tg N/leto

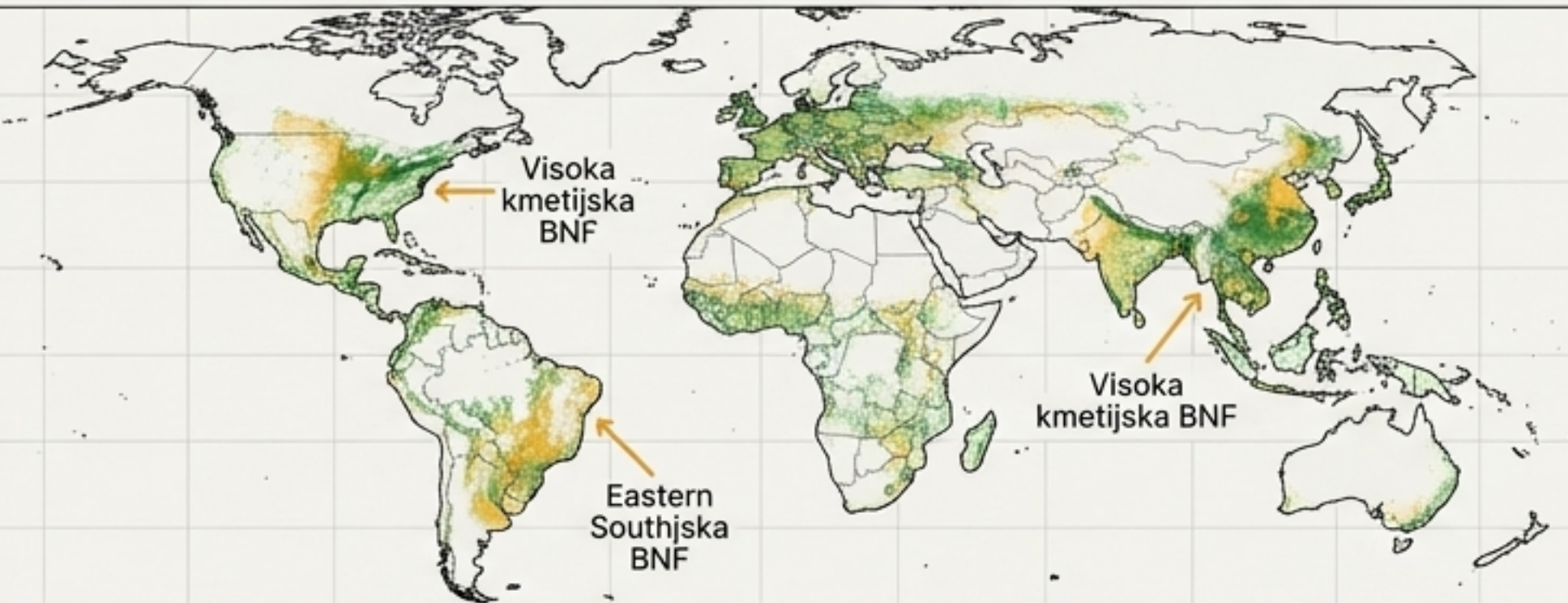
Modelirana realnost



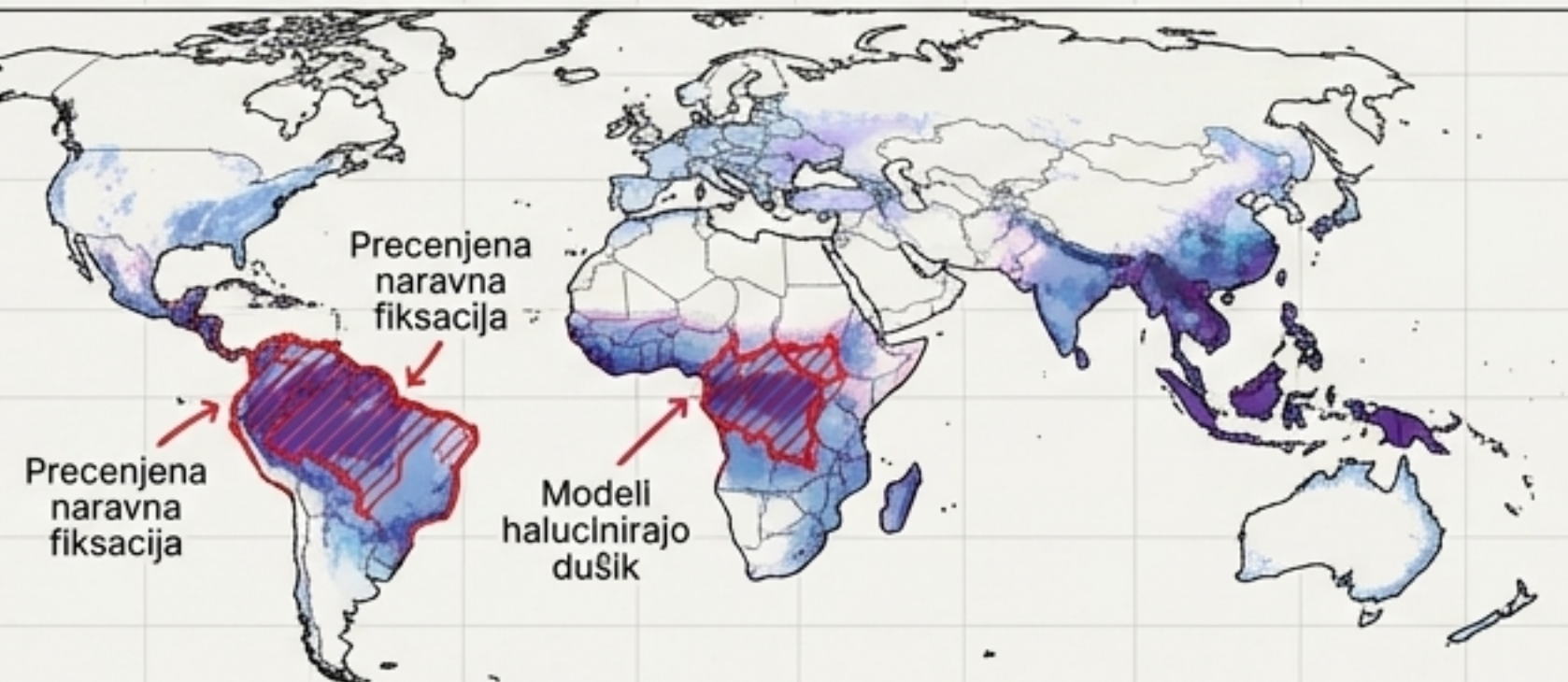
Geografija napake: Kmetijstvo je podcenjeno, narava precenjena

Modeli večinoma ne razlikujejo med naravnimi in kmetijskimi ekosistemi. Posledično podcenjujejo fiksacijo na kmetijskih območjih za 46 Tg N/leto in precenjujejo naravno fiksacijo za 35 Tg N/leto.

Agricultural Amber
Realnost:
Kmetijska žarišča



Data Blue
Modeli:
Precenjena tropa



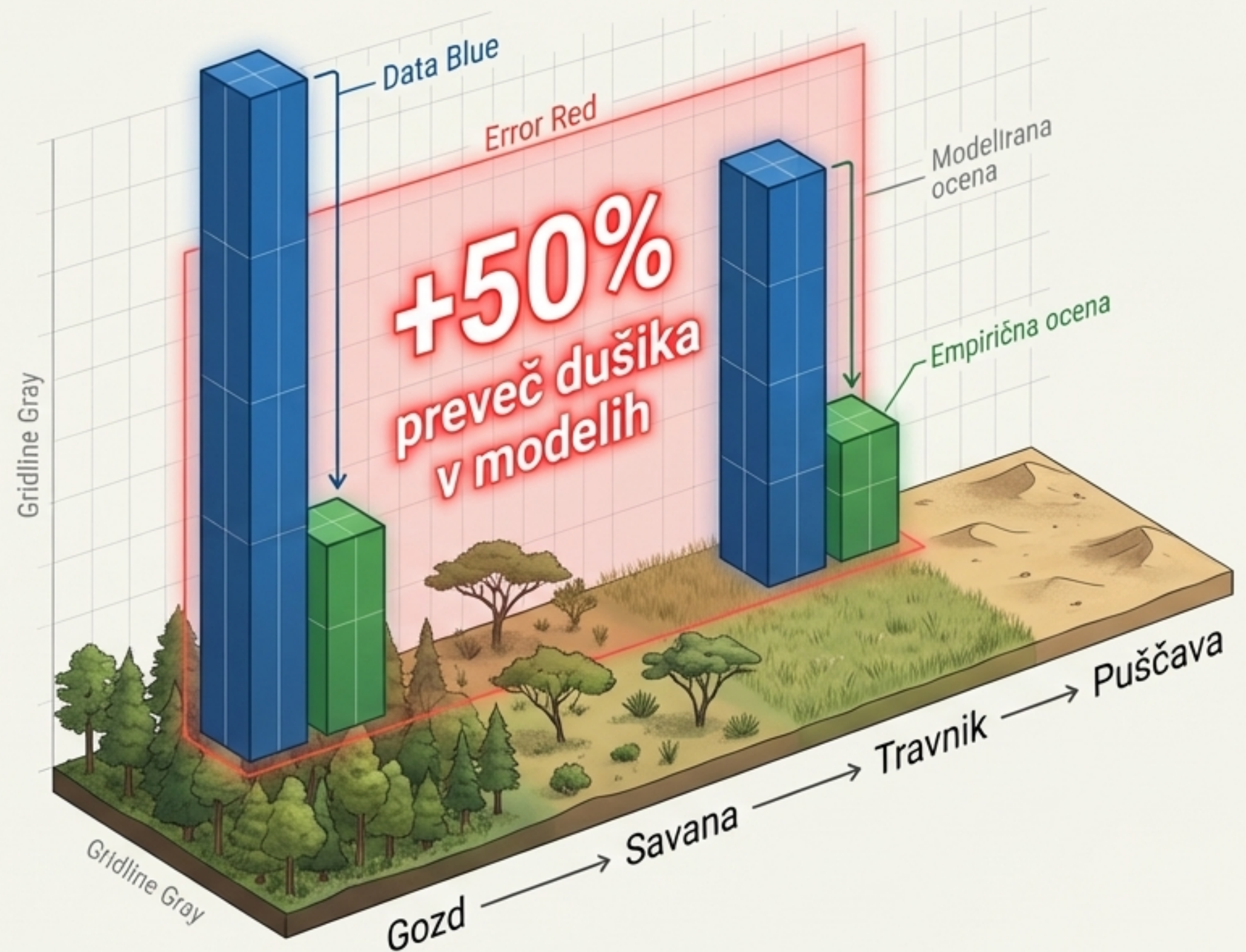
Največji ponori ogljika skrivajo največje precenitve dušika

Napaka ni enakomerno porazdeljena. **ESM drastično precenjujejo BNF v gozdovih in travnikih.**



Robot (Roboto)

Kritična posledica: To so natanko tisti biomi z najvišjo proizvodnjo ekosistema (NEP). Precenjevanje dušika v teh regijah neposredno vodi v precenjevanje zmoglosti biosfere, da absorbira ogljik.



Modeli ne ločijo med ključnima viroma dušika

Prostoživeče bakterije prispevajo več kot polovico naravnega fiksiranega dušika, vendar ga modeli obravnavajo na enak način kot simbiotičnega. To ustvarja strukturno iluzijo preobilja dušika za drevesa.

The BNF Typology Matrix	
Simbiotični BNF	Prostoživeči BNF
 - Vstopi neposredno v rastlino. - Podpira takojšnjo rast. - Znaša 28 Tg N/leto.	 - Vstopi v tla in steljo. - Prispeva več kot polovico naravnega BNF (36 Tg N/leto).
Status v modelih: Samo 2 od 5 osnovnih modelov sploh razlikujeta med njima.	

Nobena od treh trenutnih arhitektur modelov ni popolna

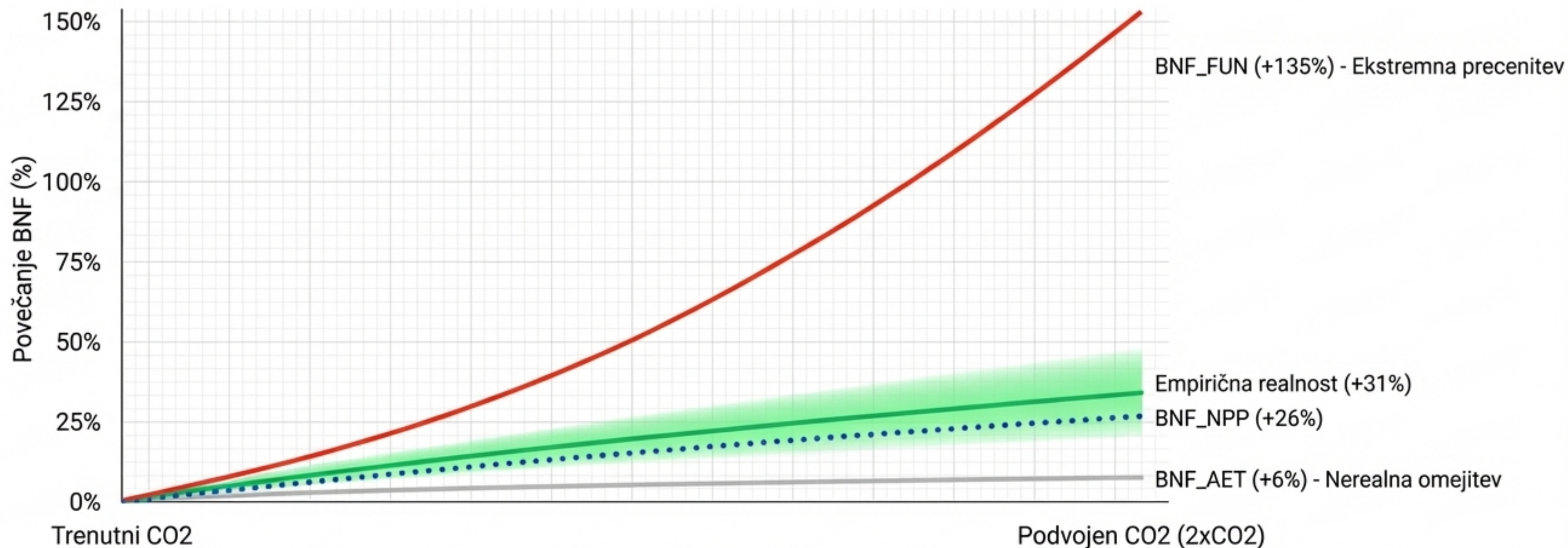
Zanašanje na izhlapevanje (AET) ali zgolj produkcijo biomase (NPP) spregleda biološko realnost fiksacije dušika. Nove mehanistične metode (FUN) so boljše, a prav tako skrivajo pasti pri napovedovanju prihodnosti.

The ESM Architecture Matrix



Pri podvojitvi CO2 se napovedi modelov drastično razidejo

Čeprav različni modeli kažejo podobne rezultate v sedanosti, ob simulaciji podvojitve CO2 povsem odpovejo. Ena skrajnost duši rast (BNF_AET), druga pa ustvarja nemogoče količine dušika (BNF_FUN).

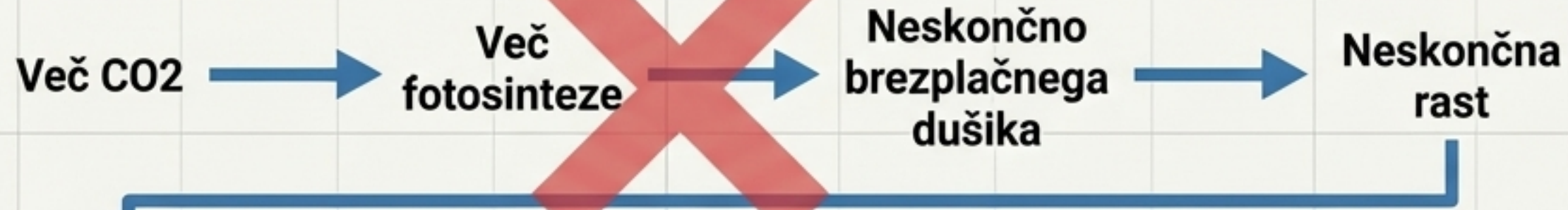


Ignoriranje biološke cene dušika ustvarja lažno rast

Fiksacija dušika ni brezplačna. Rastline morajo mikrobom "plačati" z ogljikom. Modeli, ki te respiracijske cene ne upoštevajo, pri naraščajočem CO₂ padejo v neskončno zanko rasti, kar umetno napihne učinek gnojenja s CO₂.

The Carbon-Nitrogen Economy Diagram

Fenomenološki
modeli BNF_NPP



Realnost /
Model FUN



Zmerna, realistična rast
(Rastlina bankrotira na
ogljiku v iskanju dušika)

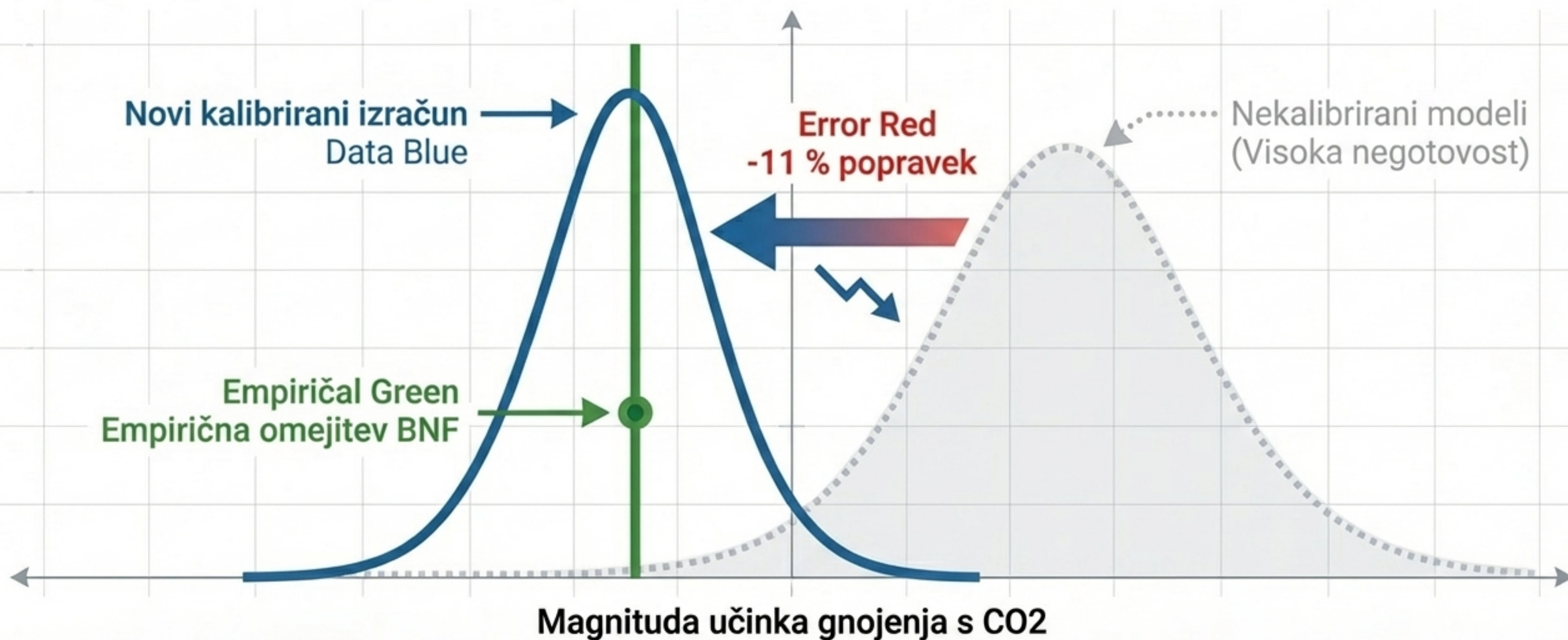
Precenjen dušik se prevede v 11 % umetnega ponora ogljika

Zaradi napačne kalibracije modelov v gozdovih in na travnikih ustvarimo "fantomski dušik", ki podpira ujetje dodatnih 7,1 Pg ogljika na leto. Ko modele popravimo, se napovedan globalni učinek gnojenja s CO₂ zmanjša za približno 11 %.

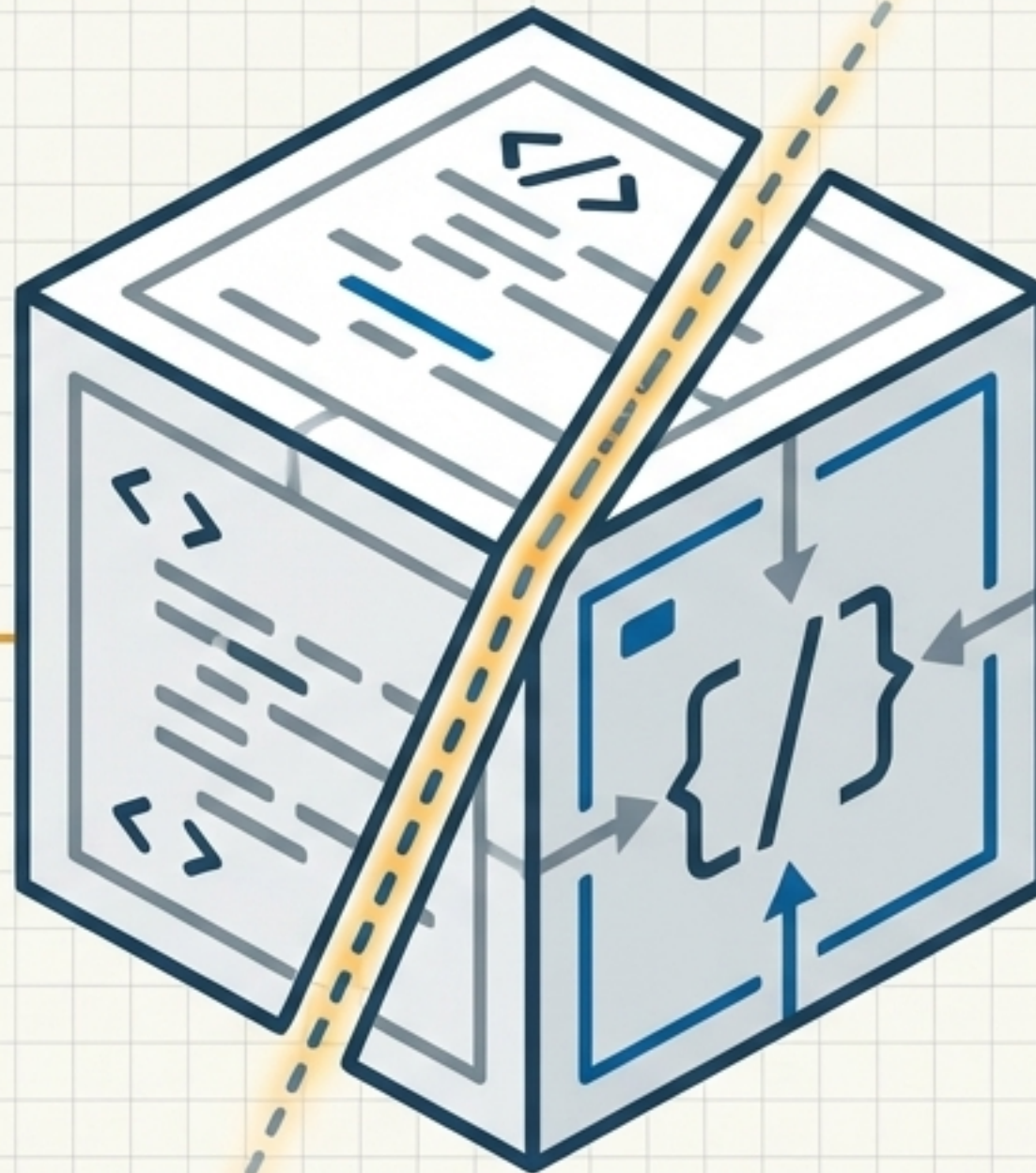


Nova empirična omejitev zožuje stožec negotovosti

Z uporabo okvira 'pojavnih omejitev' (emergent constraints) smo obstoječe ESM prisilili, da se uskladijo z novo empirično sintezo BNF. Rezultat je premik verjetnosti: bistveno manjši, a veliko bolj realističen učinek gnojenja s CO₂.



Načrt za ESM, 1. korak: Ločitev kmetijstva in narave



- Kmetijski BNF usmerjajo človeško upravljanje in sestava pridelkov (zlasti stročnice).
- Zelo visoke stopnje fiksacije na majhnih površinah.

- Naravni BNF usmerjajo fiziološki procesi in podnebje.
- Porazdeljeno čez ogromne biome (gozdovi, travniki).

Ukrep za modelarje: Razvoj ločenih modulov, da preprečimo maskiranje kmetijskega primanjkljaja z naravnim presežkom. To je ključno tudi za pravilno modeliranje emisij dušikovih plinov.

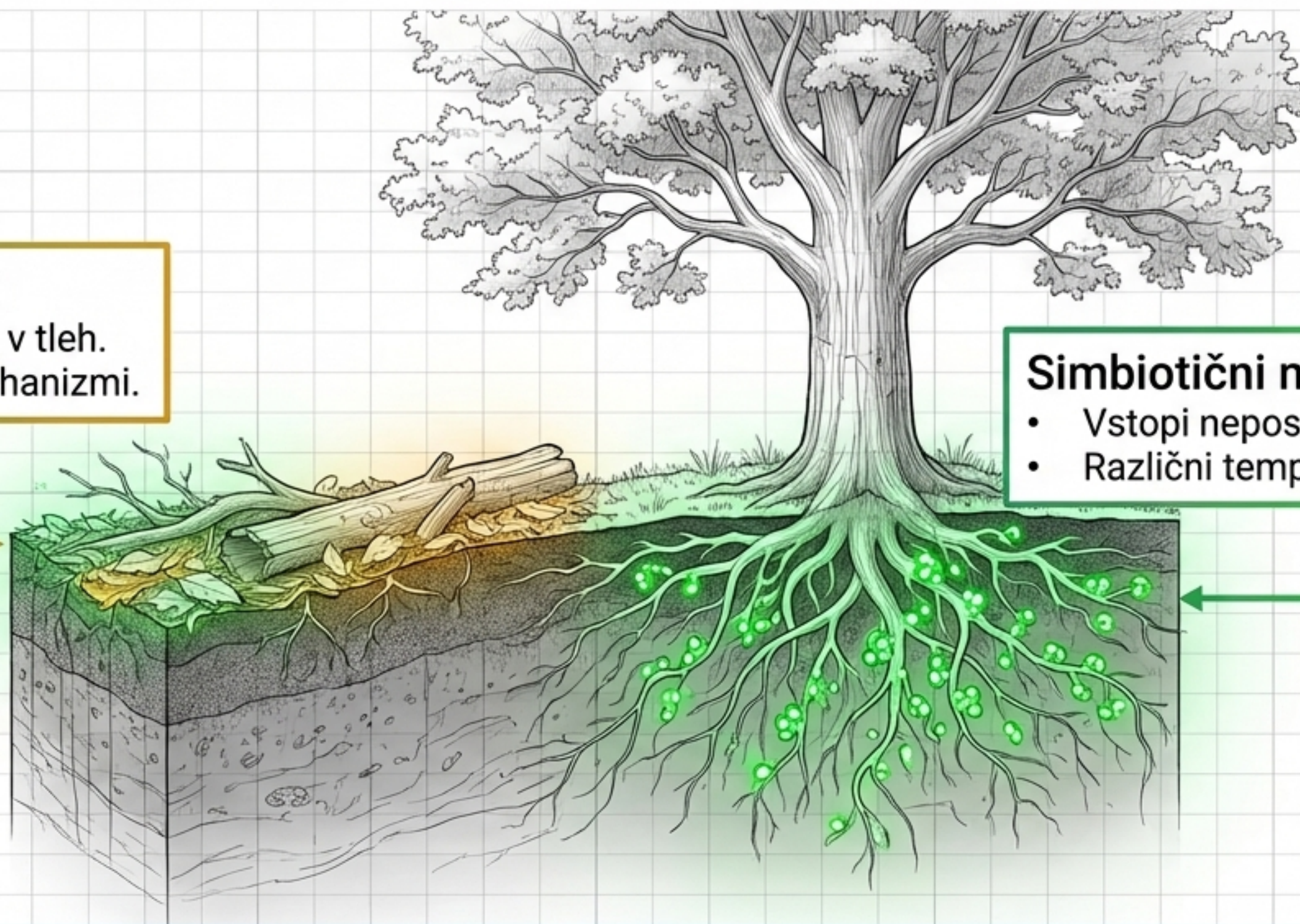
Načrt za ESM, 2. korak: Prepoznavanje prostoživečih mikrobov

Prostoživeči mikrobi

- Obogati prst in zaloge v tleh.
- Drugačni nadzorni mehanizmi.

Simbiotični mikrobi

- Vstopi neposredno v rastlino.
- Različni temperaturni optimumi.



Ukrep za modelarje: Strukturno ločevanje teh dveh procesov znotraj modelov kopenske površine, saj oskrbujejo popolnoma različne zaloge dušika.

Načrt za ESM, 3. korak: Posodobitev enačb in mehanizmov

Za modele, ki jih je težko strukturno prenoviti čez noč, je prvi preprost korak uporaba primarne produkcije (NPP) namesto izhlapevanja (AET). Dolgoročni cilj vseh ESM pa mora biti integracija cene ogljika.

Takojšnji korak

Zamenjava AET z NPP kot primarnim pogonom v fenomenoloških modelih.

Srednjeročni cilj

Vključitev cene ogljika (respiracijski strošek) v preproste enačbe, da preprečimo neskončno rast.

Prihodnost modeliranja

Popoln prehod na napredne mehanistične modele (npr. FUN), ki simulirajo fiziološke omejitve zaradi pomanjkanja N in P (fosforja).

Kalibrirana leča: Prihodnost natančnega podnebnega modeliranja

Sposobnost biosfere, da nas reši pred naraščajočim CO₂, je manjša, kot kažejo trenutni modeli. S prilagoditvijo ESM na nove empirične omejitve lahko ustvarimo varnejše in natančnejše podnebne napovedi.

Problem



ESM precenjujejo naravni BNF, kar umetno poveča ponor ogljika za 11 %.

Podatki



120 Tg N/leto. Podcenjeno kmetijstvo, drastično precenjeni gozdovi in travniki.

Rešitev



Ločitev kmetijstva in narave. Ločitev mikrobov. Uvedba ogljične cene dušika.