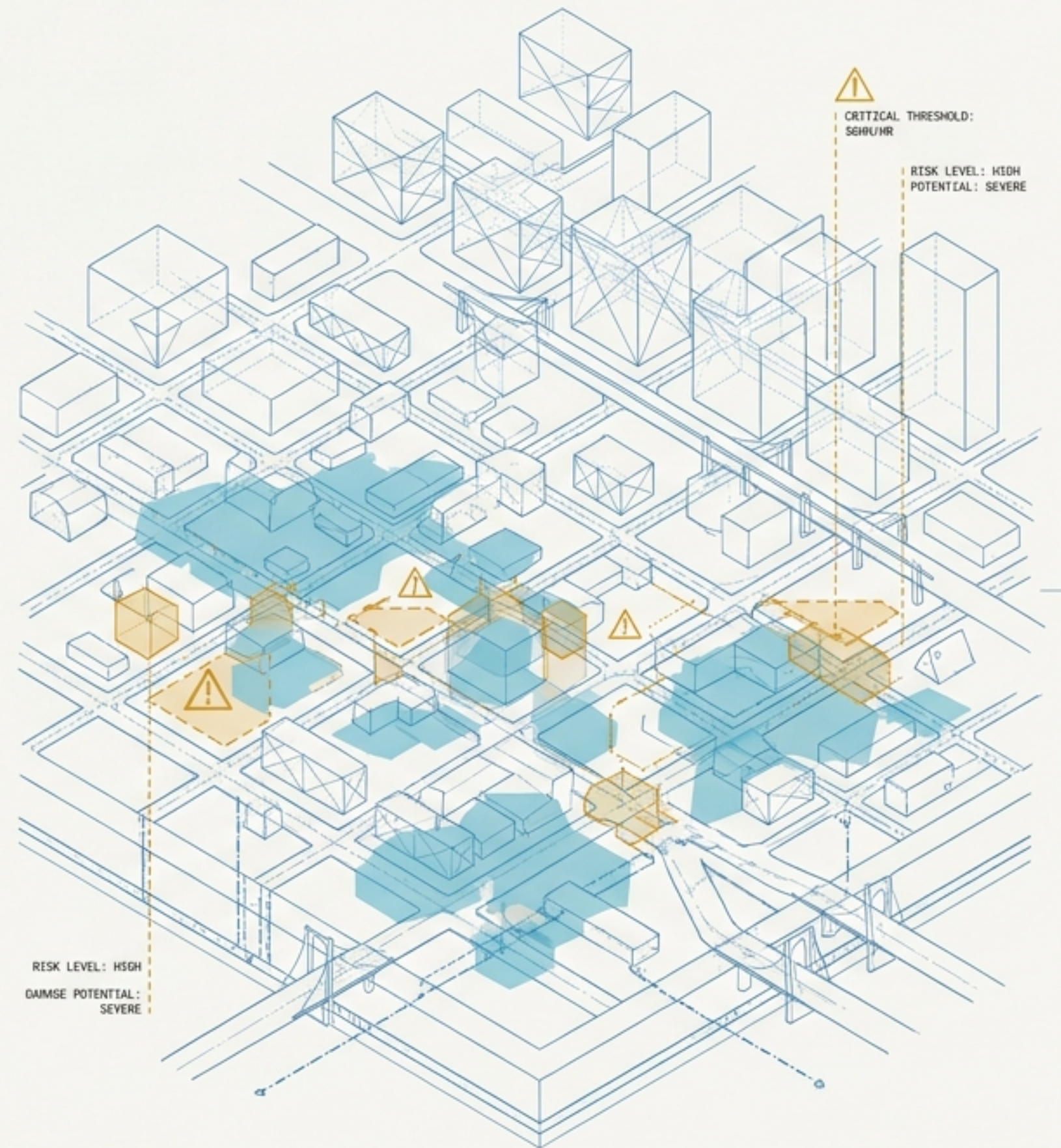


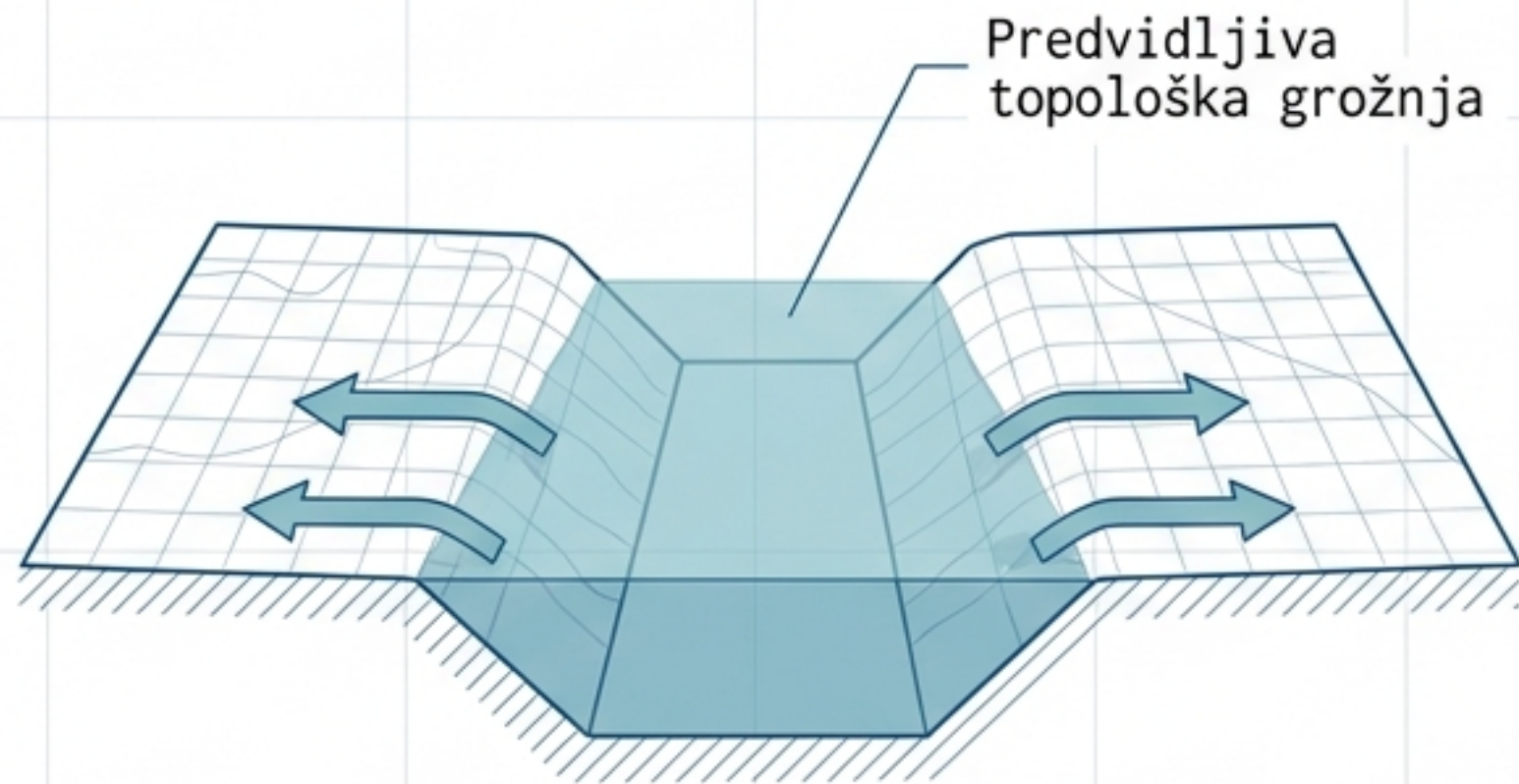
# Nevidna grožnja: Sistemska in diagnostična analiza pluvialnih poplav v ZDA

Študija primera Nelson-Mercer  
et al. (2025): Kako fuzija  
podatkov razkriva  
odpoved modelov poplavnih  
tveganj in paradoks  
človeškega odziva.

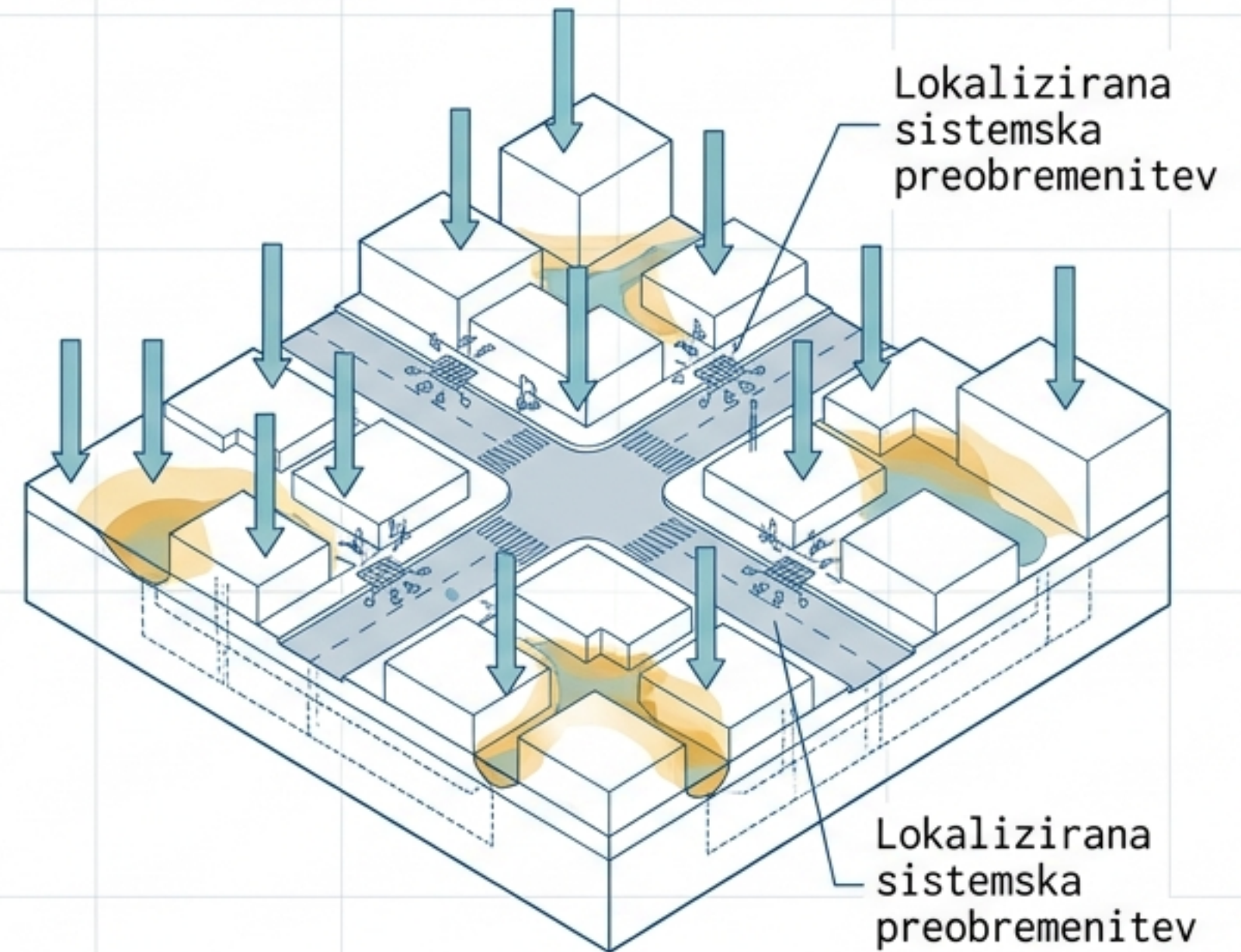
Ciljna publika:	Univerzitetni študenti inženirstva in tehnologij
Ključna metodologija:	Integracija NFIP, USGS in NLDAS-2



# Mehanika poplav: Horizontalni preliv proti vertikalni preobremenitvi

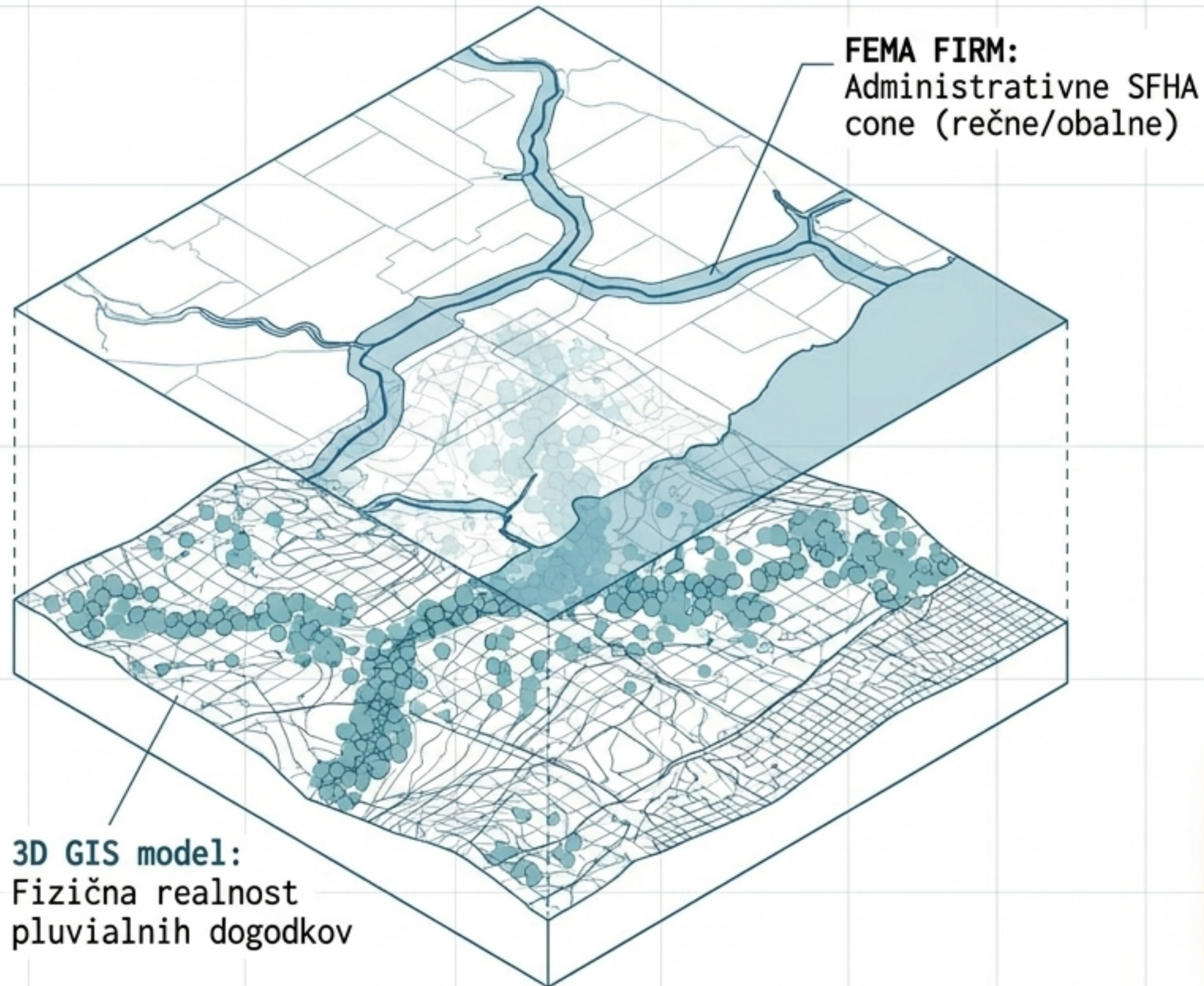


**Fluvialne in obalne poplave:** Voda narašča iz obstoječih vodnih teles (rek, oceanov). Enostavnejše za makro-modeliranje s pomočjo topografije.



**Pluvialne (padavinske) poplave:** Voda iz intenzivnih padavin preplavi kapaciteto površinske in podzemne drenaže (ne glede na bližino vodnih teles). Lokaliziran pojav, izjemno težaven za modeliranje zaradi kompleksne interakcije infrastrukture in naklonov terena.

# Sistemska slepa pega: Omejitve FEMA FIRM modelov



## Trenutni arhitekturni standard:

Zemljevidi stopenj poplavne ogroženosti (FIRM) določajo SFHA (Special Flood Hazard Areas) na podlagi verjetnosti 100-letnih rečnih in obalnih poplav (1% letna verjetnost).



## Inženirska napaka modela:

FIRM modeli strukturno ignorirajo pluvialna tveganja. Nepremičnine izven SFHA (Non-SFHA) so uradno obravnavane kot področja z 'nizkim do zmernim tveganjem', kjer zavarovanje ni obvezno.

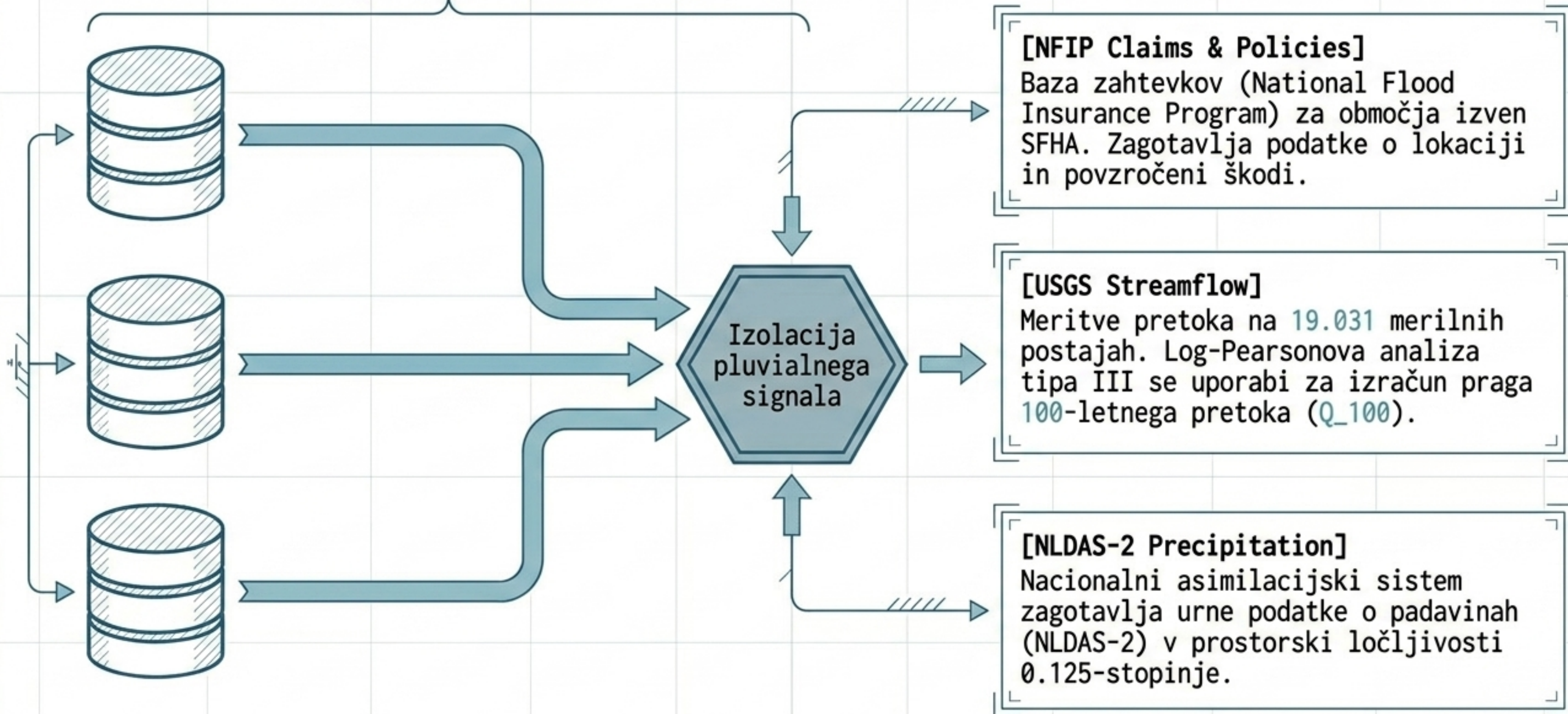


## Posledica:

Nastane obsežen razkorak med fizično realnostjo padavinskih ekstremov in zarisanim administrativnim tveganjem.

# Podatkovna arhitektura: Integracija za detekcijo signala

Združevanje treh virov za obdobje 1978-2021



# Diagnostični filter: Logika pragov pretoka

Nivo 1: 2.570.089 (Vsi NFIP zahtevki)



Filter: Samo Non-SFHA

Nivo 2: 704.131 (Non-SFHA zahtevki)



Filter: Prisotnost USGS meritev in popolni podatki

Nivo 3: 216.994 (Analizirani zahtevki)

Pretok  $\geq$  100-letni (Q<sub>100</sub>)

Pretok  $<$  100-letni (Q<sub>100</sub>)



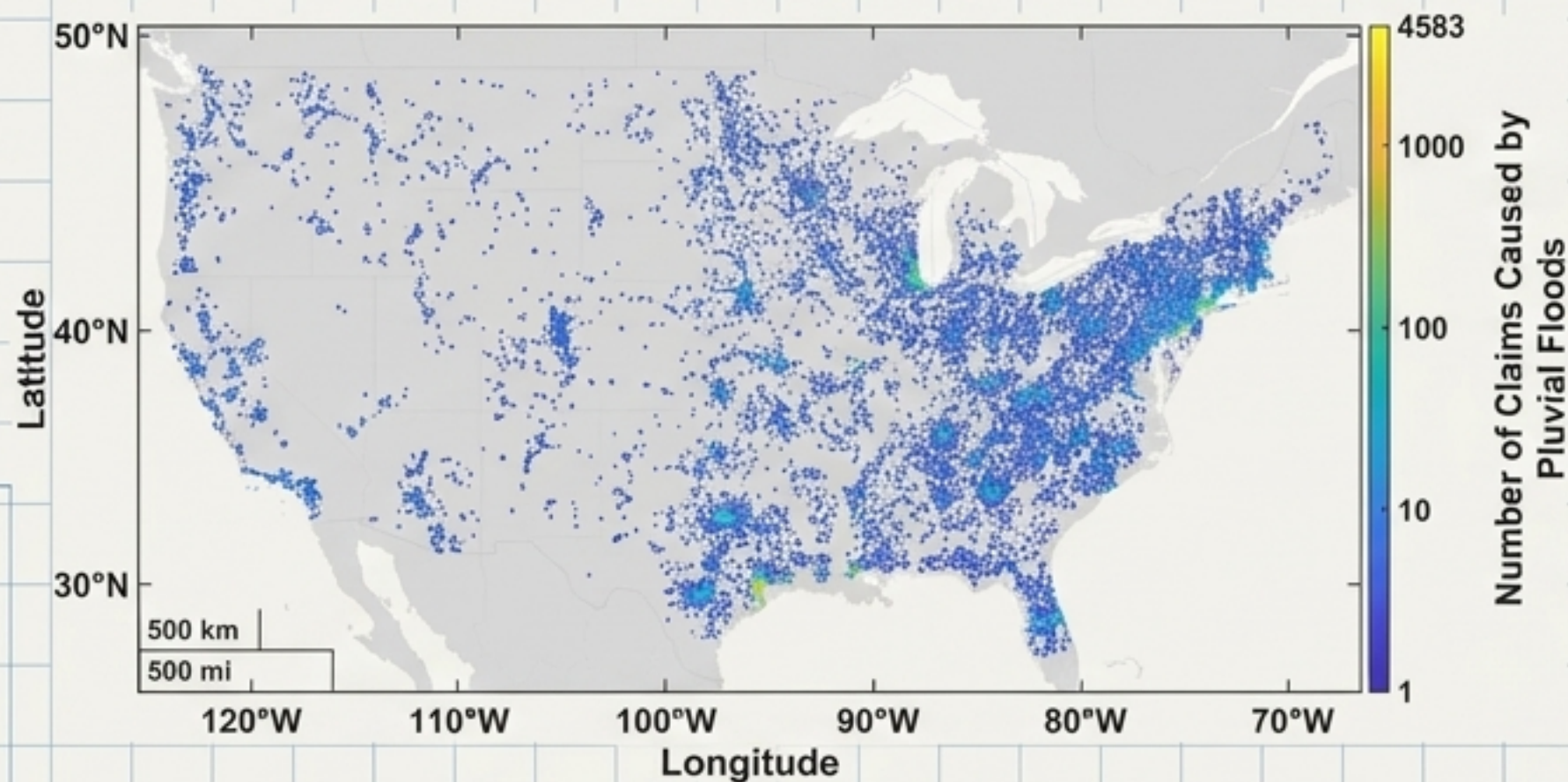
27.885 zahtevkov  
(100-letni+ dogodki)

189.109 zahtevkov  
(Pluvialne poplave)

## Algoritemski predpostavke:

Če je hiša zunaj 100-letnega poplavnega območja poplavljena, pretok reke v tistem trenutku pa je bil manjši od 100-letnega ekstrema, reka ni mogla prestopiti bregov do te hiše. Vzrok je nujno lokalna pluvialna (padavinska) preobremenitev.

# Razkritje obsega: 87,1 % zahtevkov izven rečnih con



## Dominantni mehanizem:

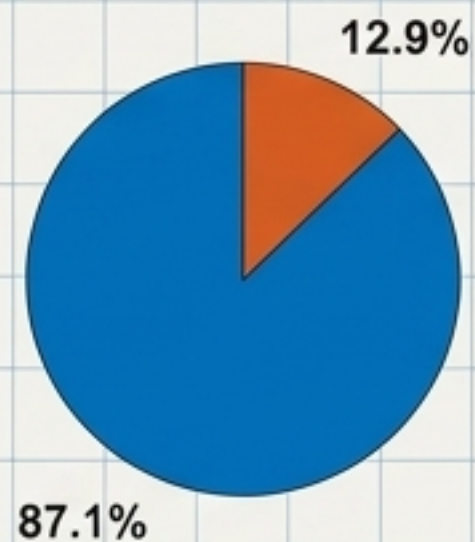
Od vseh analiziranih poplavljenih nepremičnin izven uradnih poplavnih območij, je bilo kar 87,1 % uničenih zaradi pluvialnih dogodkov.

## Občutljivost modela:

Tudi ob upoštevanju strožjega 50-letnega praga pretoka reke, pluvialne poplave še vedno predstavljajo ogromnih 82,2 % zahtevkov.

## Dogodki nizke povratne dobe:

Kar 68,6 % pluvialnih zahtevkov se je zgodilo pri rečnem pretoku, ki ustreza manj kot 1-letni povratni dobi.



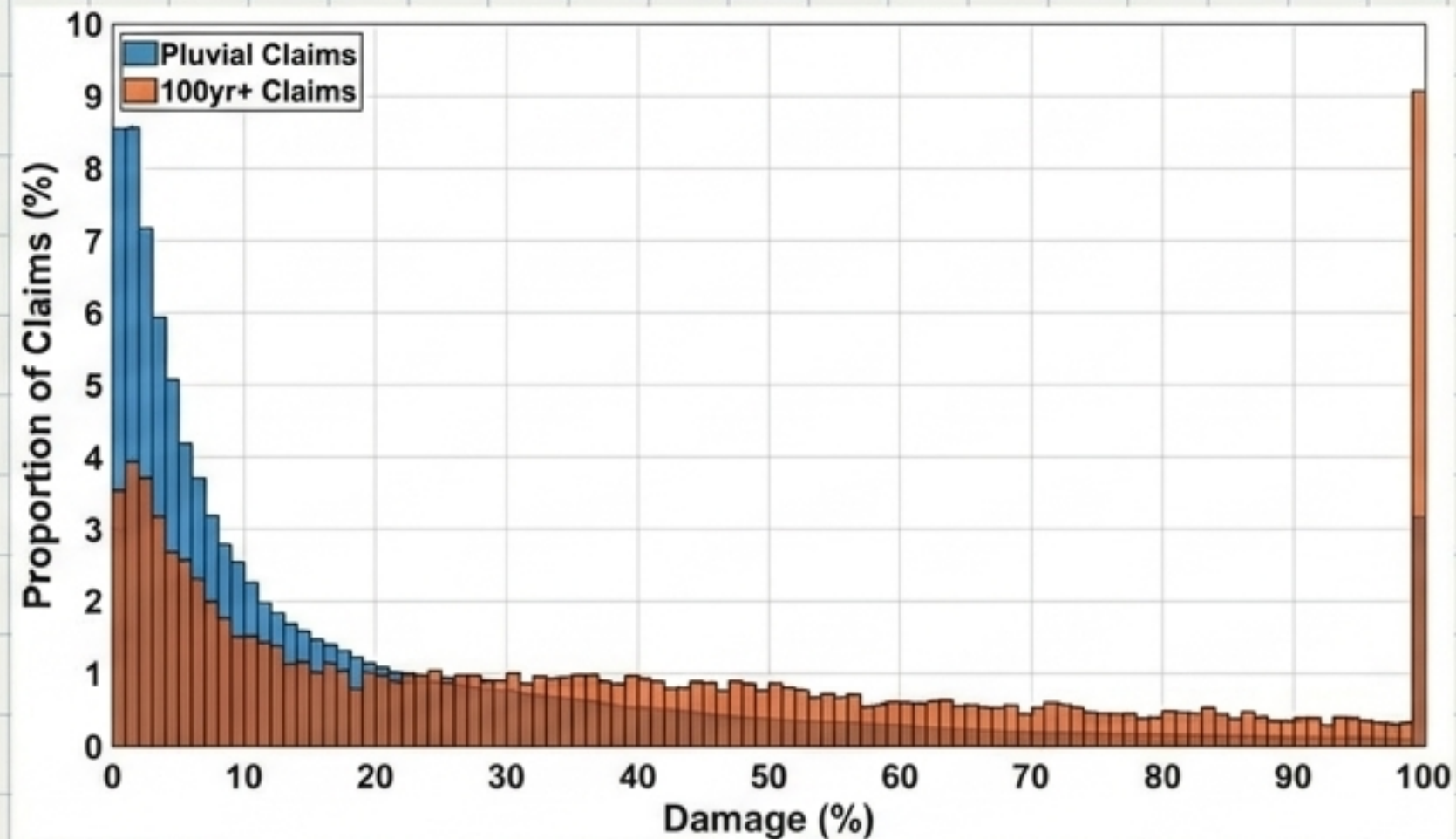
## Diagnostična primerjava tipov tveganj

Metrika	Pluvialne poplave (Vertikalne)	100-letni+ dogodki (Horizontalni)
Pogostost v Non-SFHA	87,1 % vseh zahtevkov	12,9 % vseh zahtevkov
Mediana stopnje poškodbe	9,4 % vrednosti nepremičnine	31,7 % vrednosti nepremičnine
Mediana finančne škode	9.508 USD na zahtevek	51.250 USD na zahtevek
Skupno finančno breme	4,0 milijarde USD	2,3 milijarde USD

### Inženirski sklep

Pluvialni dogodki povzročajo manjšo mediano škodo na individualni ravni, vendar zaradi svoje ogromne pogostosti presegajo skupno makroekonomsko breme ekstremnih rečnih poplav za 1,7 milijarde dolarjev.

# Ekonomska asimetrija in akutna vozlišča odpovedi



## Visoka asimetrija (Skewness):

Distribucija finančne škode je močno nagnjena v desno. Večina zahtevkov predstavlja manjše poškodbe, vendar obstaja "dolg rep" katastrofalnih izgub.

## Pravilo 9/50:

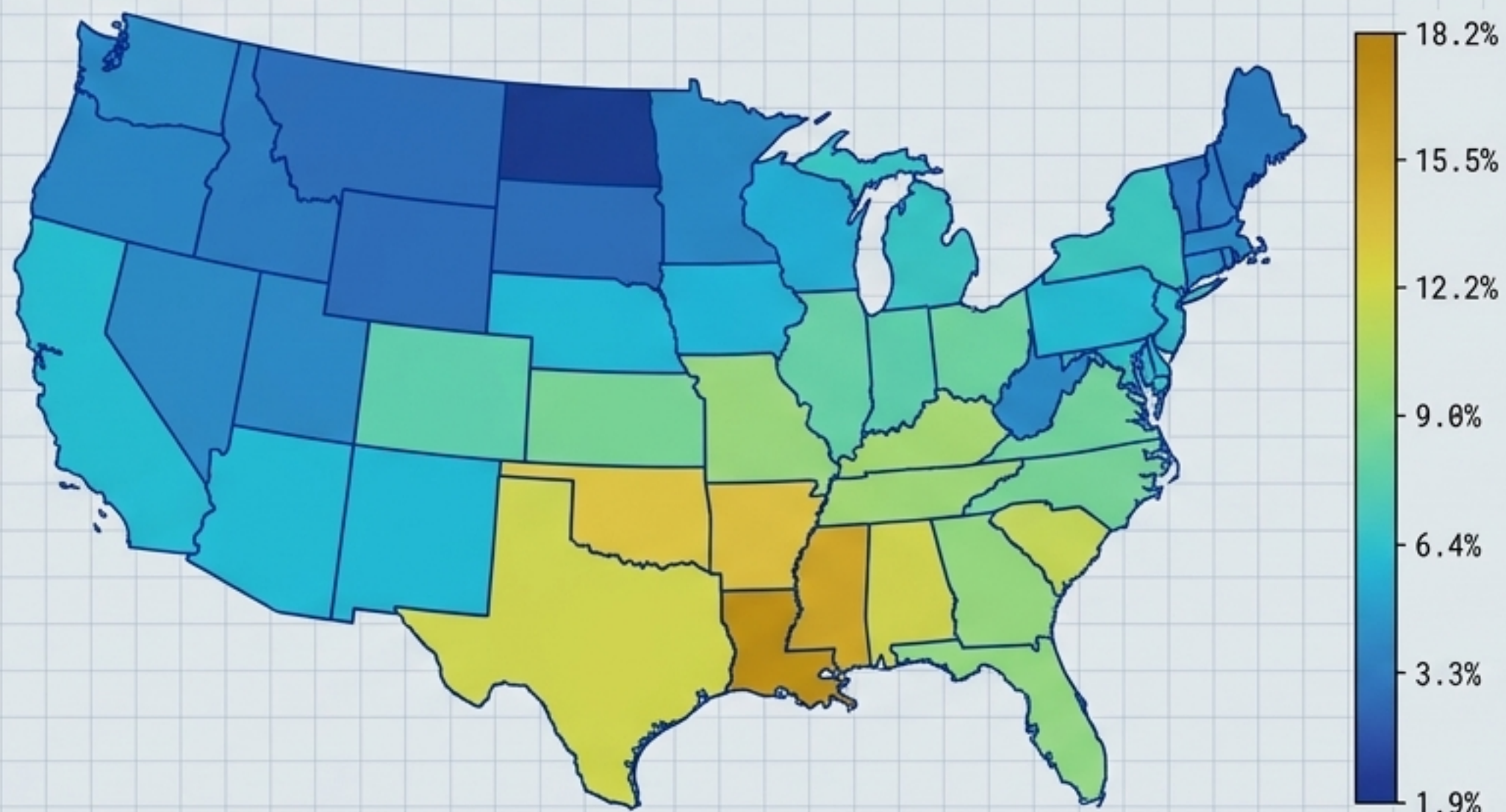
Točno 50 % celotnih izplačil za pluvialne poplave (2 milijardi od 4 milijard USD) izhaja iz samo največjih 9 % zahtevkov.

9 % zahtevkov = 50 % proračuna

## Inženirski sklep:

Podatki nakazujejo na obstoj specifičnih 'akutnih vozlišč' (območja popolne odpovedi drenažne infrastrukture), in ne zgolj na enakomerno razpršeno, vseprisotno težavo.

# Geoprostorska dinamika: Južna obalna anomalija



## Nacionalno povprečje

Mediana škode posamezne države znaša 7,4 %.

## Južni rdeči pas

Pet južnih zveznih držav (Louisiana, Teksas, Arkansas, Oklahoma, Misisipi) nosi sistemsko najtežje breme.

## Državni ekstrem

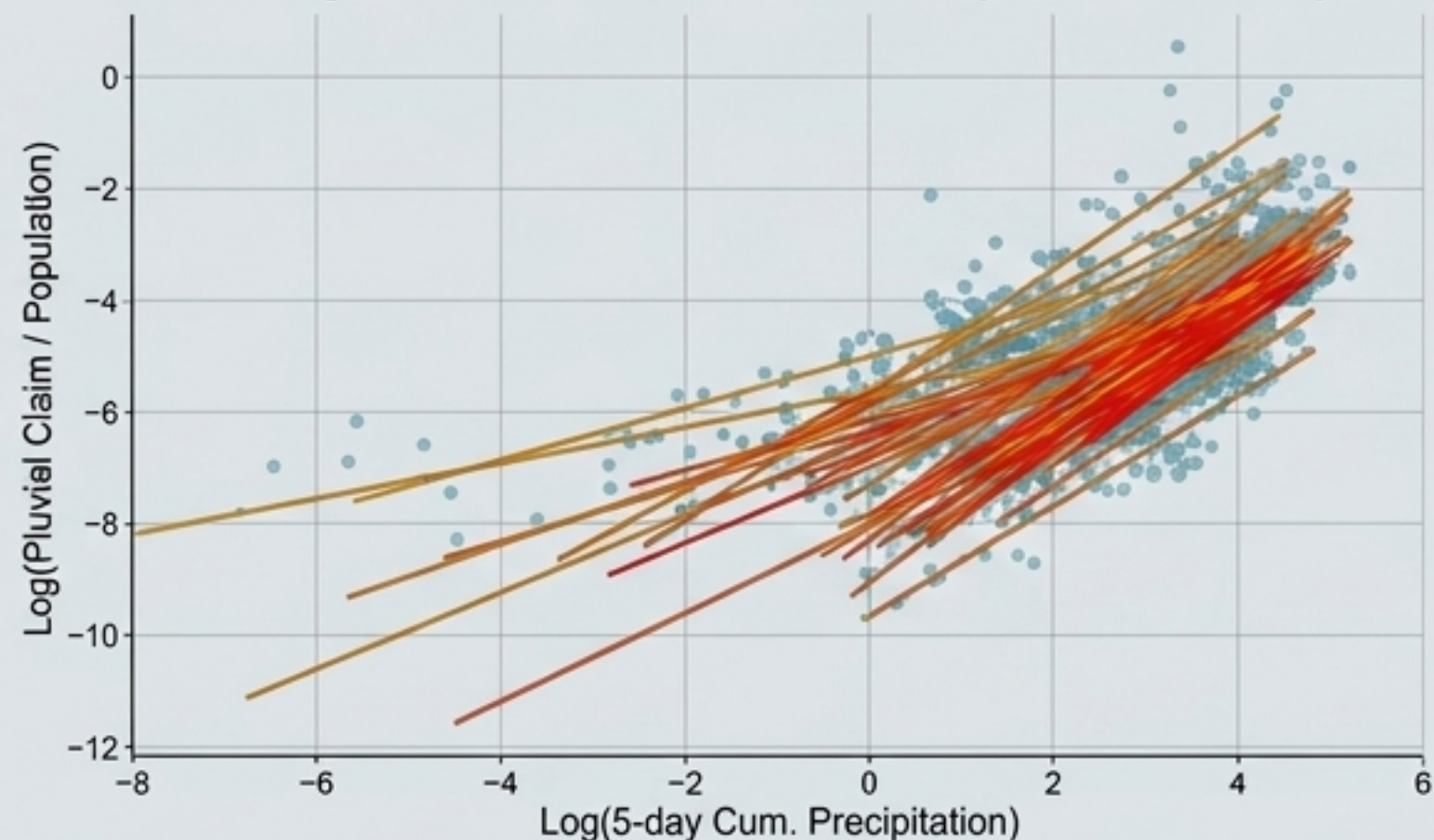
Louisiana izstopa z 18,2-odstotno mediano pluvialne škode. V nasprotju s tem ima Severna Dakota le 1,9-odstotno mediano.

## Splošni gradient

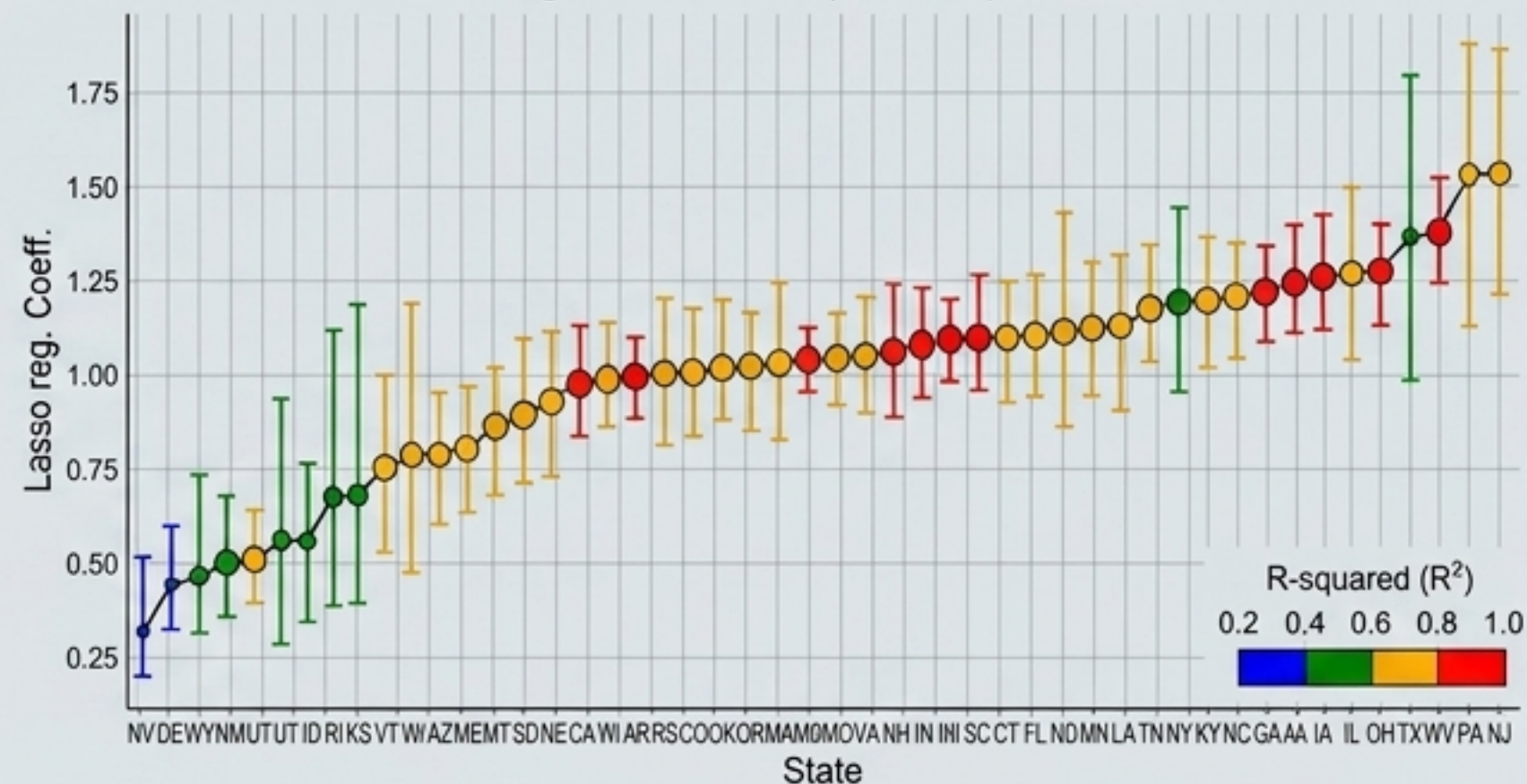
Zvezne države zahodno od reke Misisipi na splošno utrpijo bistveno manjšo pluvialno škodo kot vzhodna polovica.

# Hidrometeorološki model: Občutljivost na padavine

Lasso Regression: Pluvial Claims vs. Precipitation Sensitivity



State-Level Lasso Reg. Coefficients (Ranked)



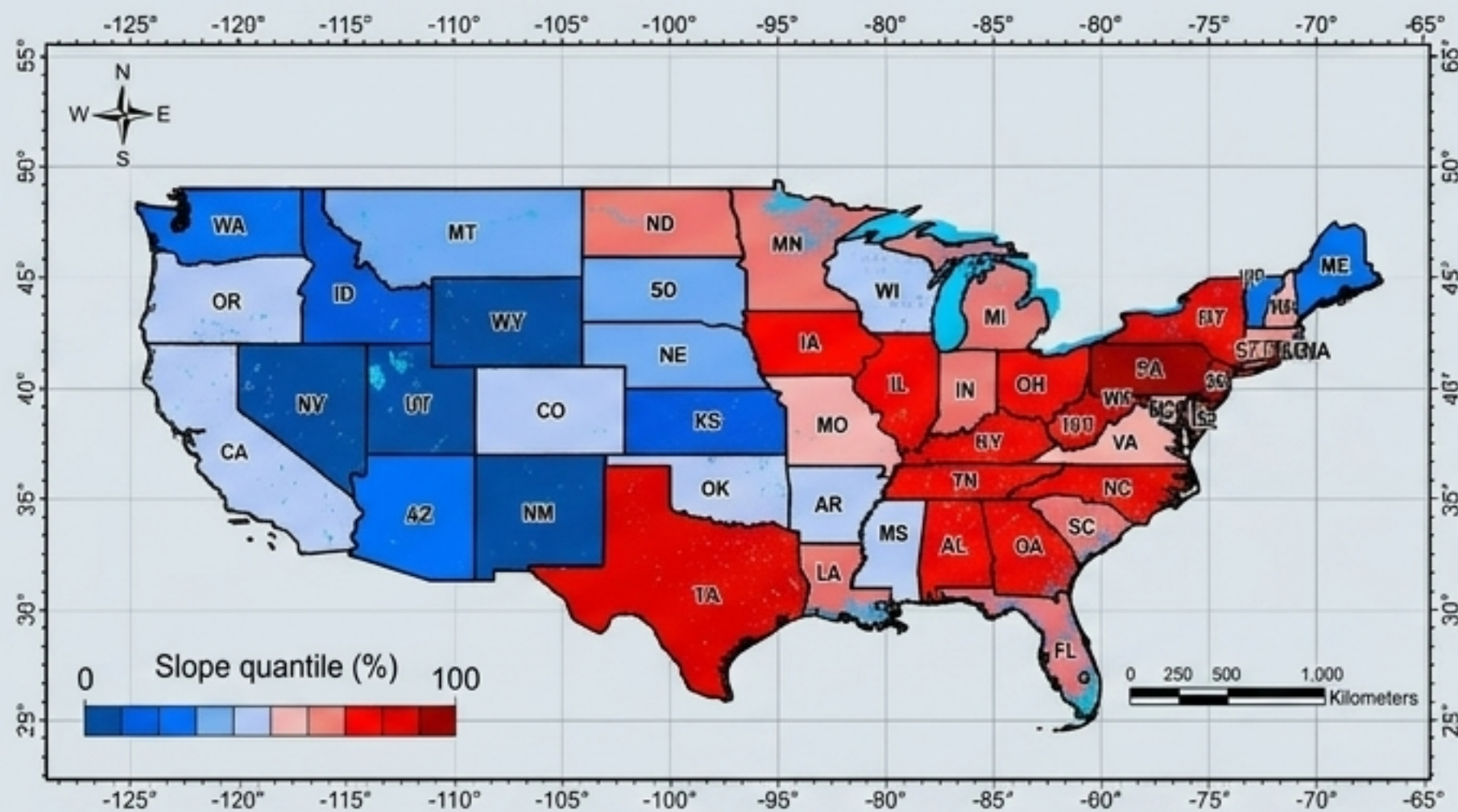
## Struktura modela

- **Metodologija:** Uporaba Lasso regresije (L1 regularizacija za preprečevanje preprileganja podatkov / overfitting).
- **Enačba:**  $y = \log(\text{št. pluvialnih zahtevkov} / \text{prebivalstvo})$  v odvisnosti od  $x = \log(5\text{-dnevne kumulativne padavine})$ .

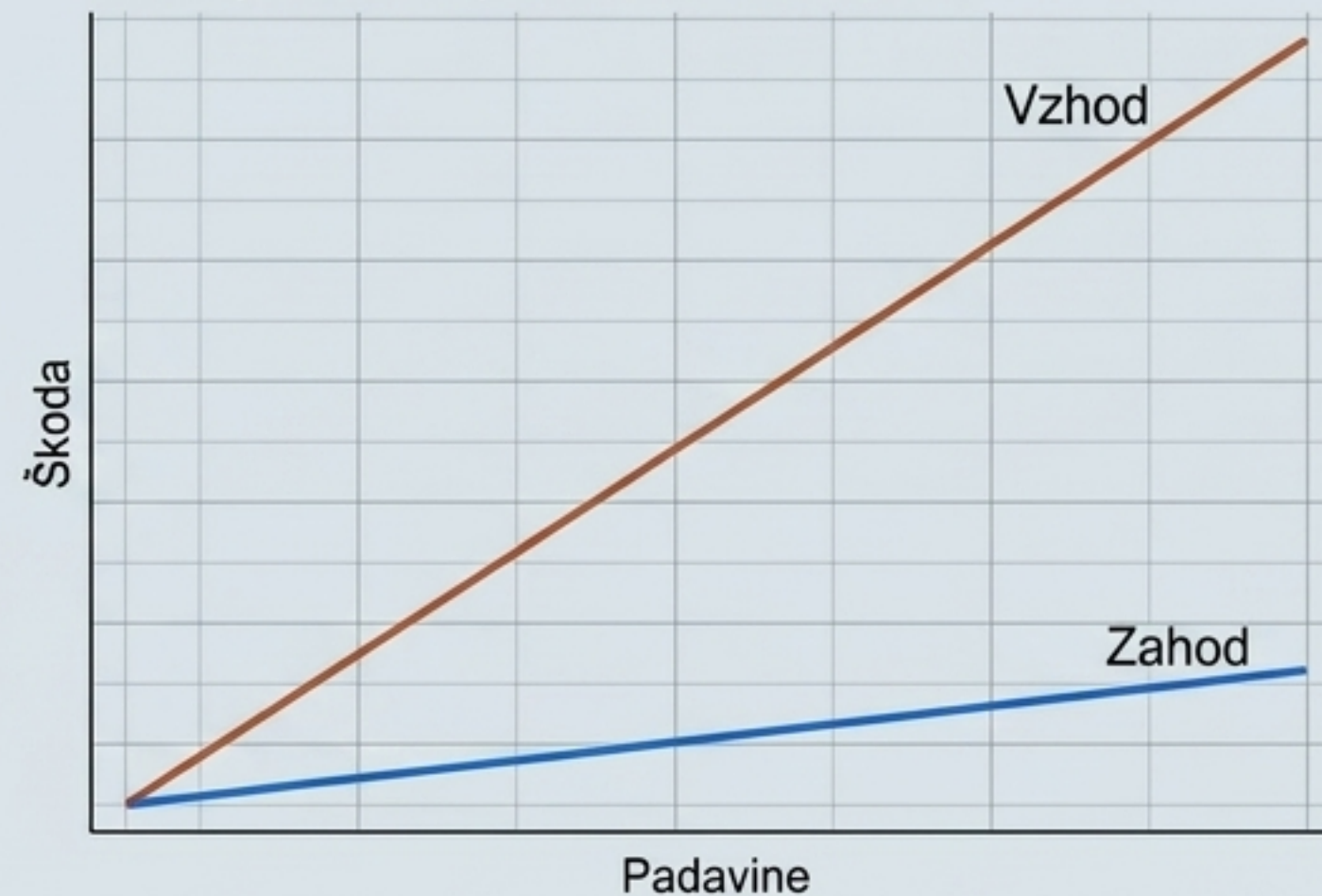
## Diagnostične ugotovitve

- **Splošni trend:** Vseh 48 držav celinskih ZDA kaže statistično značilno povečanje pluvialnih zahtevkov ob povečanju 5-dnevni kumulativni padavin.
- **Skrajnosti modela:** Najšibkejša systemska povezava se nahaja v Nevadi (koeficient 0,319), najmočnejša pozitivna povezava pa v New Jerseyju (koeficient 1,540).

# Vzhodno-zahodni prelom v občutljivosti sistemov



Primerjava občutljivosti: Zahod vs. Vzhod



## Ključni inženirski vpogled:

Vzhodni del ZDA kaže bistveno strmejši naklon občutljivosti kot Zahod.

### Kaj to pomeni v praksi?

Za povsem enako količino padavin Vzhodne države zabeležijo neprimerno večje število pluvialnih zahtevkov na prebivalca.

Vzhodni del ZDA kaže bistveno strmejši naklon občutljivosti kot Zahod.

### Kaj to pomeni v praksi?

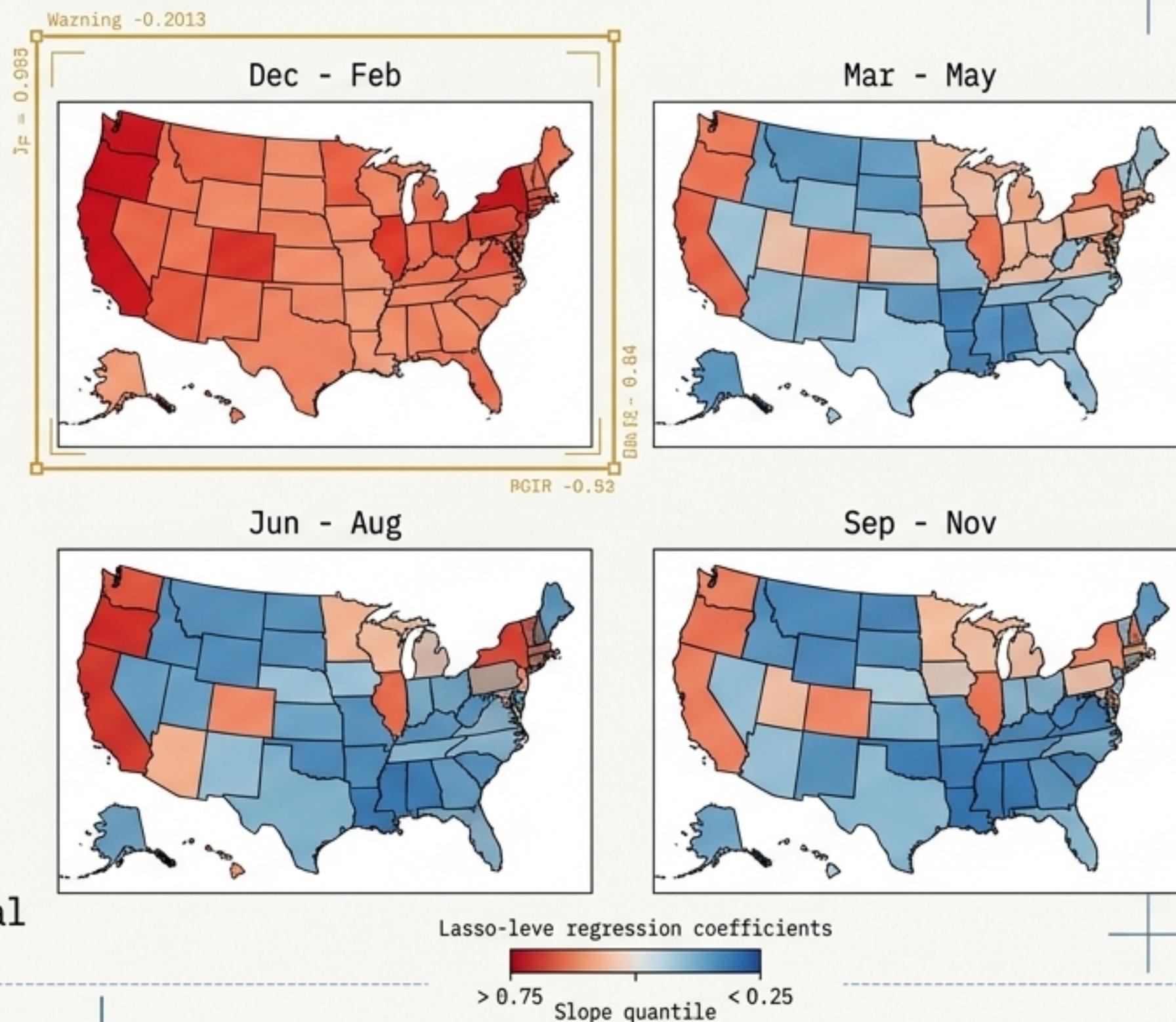
Za povsem enako količino padavin Vzhodne države zabeležijo neprimerno večje število pluvialnih zahtevkov na prebivalca.

### Predvideni vzroki (Hipoteze):

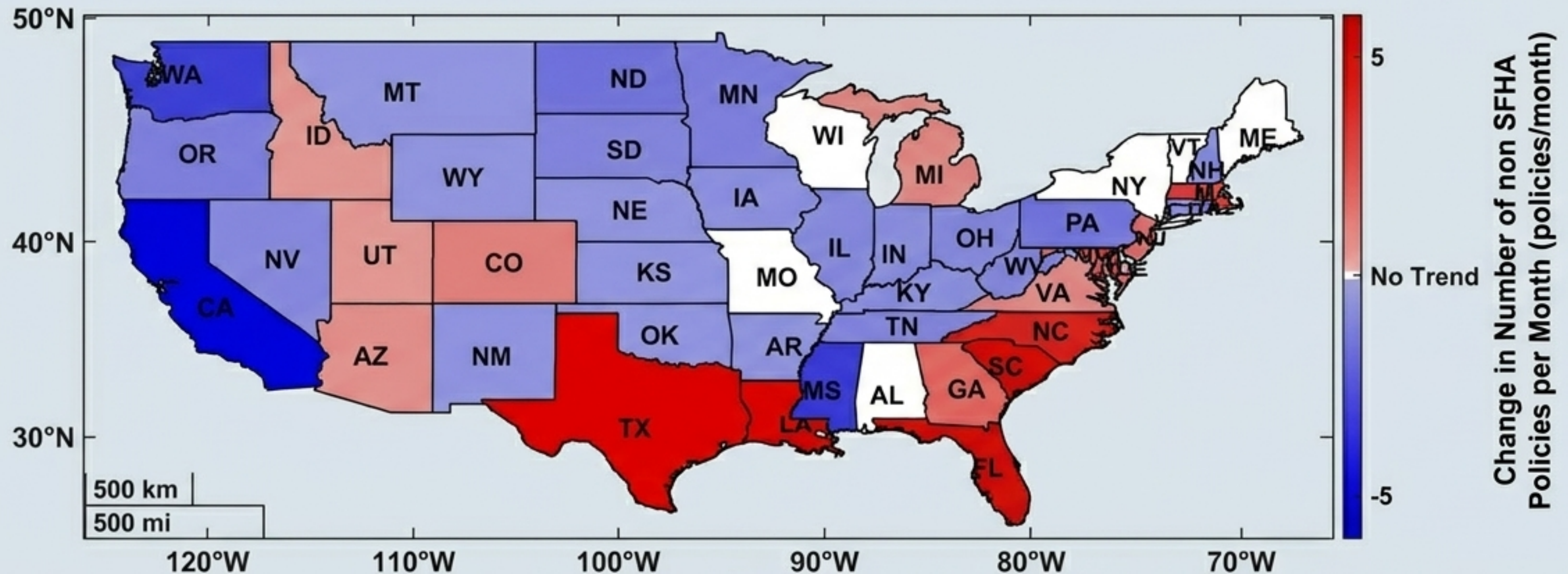
- Večja koncentracija infrastrukture v tveganih topoloških depresijah.
- Višja predhodna vlažnost tal (land-surface wetness).
- Drenažni sistemi, ki niso dimenzionirani za sodobne hidro-maksimume.

# Časovna dinamika: Sezonske vulnerabilnosti

- Vzhod in Srednji Zahod:
  - Relativno konstantna občutljivost urbanih in ruralnih drenažnih sistemov na padavine čez vse štiri letne čase.
- Zahod (Zimska anomalija):
  - Številne zahodne države (npr. Kalifornija, Oregon) pokažejo drastično povečanje korelacije med padavinami in pluvialnimi poplavamami le v zimskih mesecih (Dec-Feb).
- Hidrometeorološki sprožilec:
  - To povečanje ranljivosti strogo sovпада s pojavom t.i. "Atmosferskih rek" (Atmospheric rivers) ob obali Tihega oceana ter obdobjem višje naravne saturacije tal, ki zniža vpojni potencial ozemlja.



# Paradoks zavarovanja: Krčenje systemskega ščita



## Odpoved povratne zanke

Kljub dokazanemu povečevanju pogostosti padavinskih ekstremov se absorpcijska (finančna) sposobnost družbe systemsko zmanjšuje.

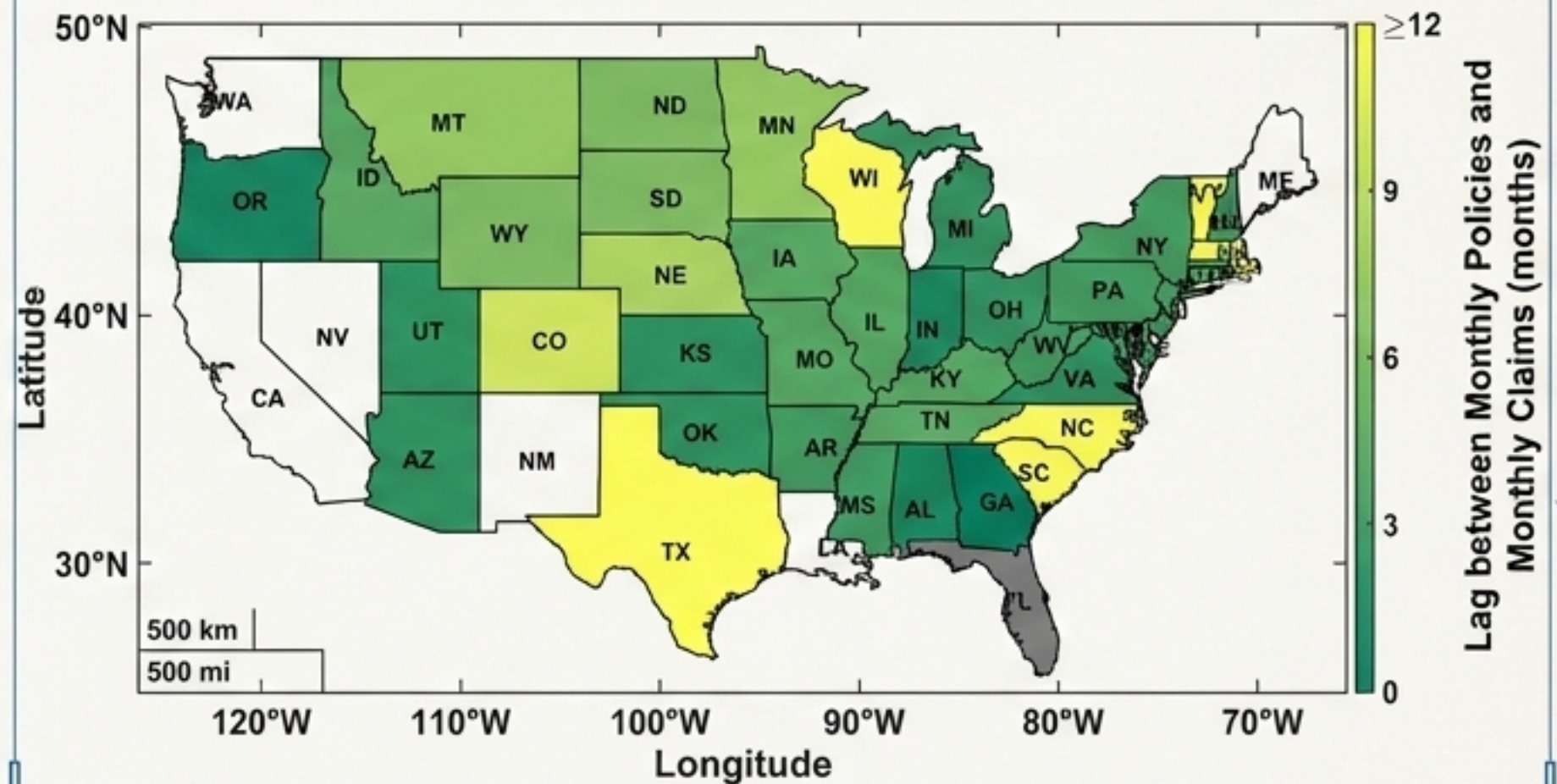
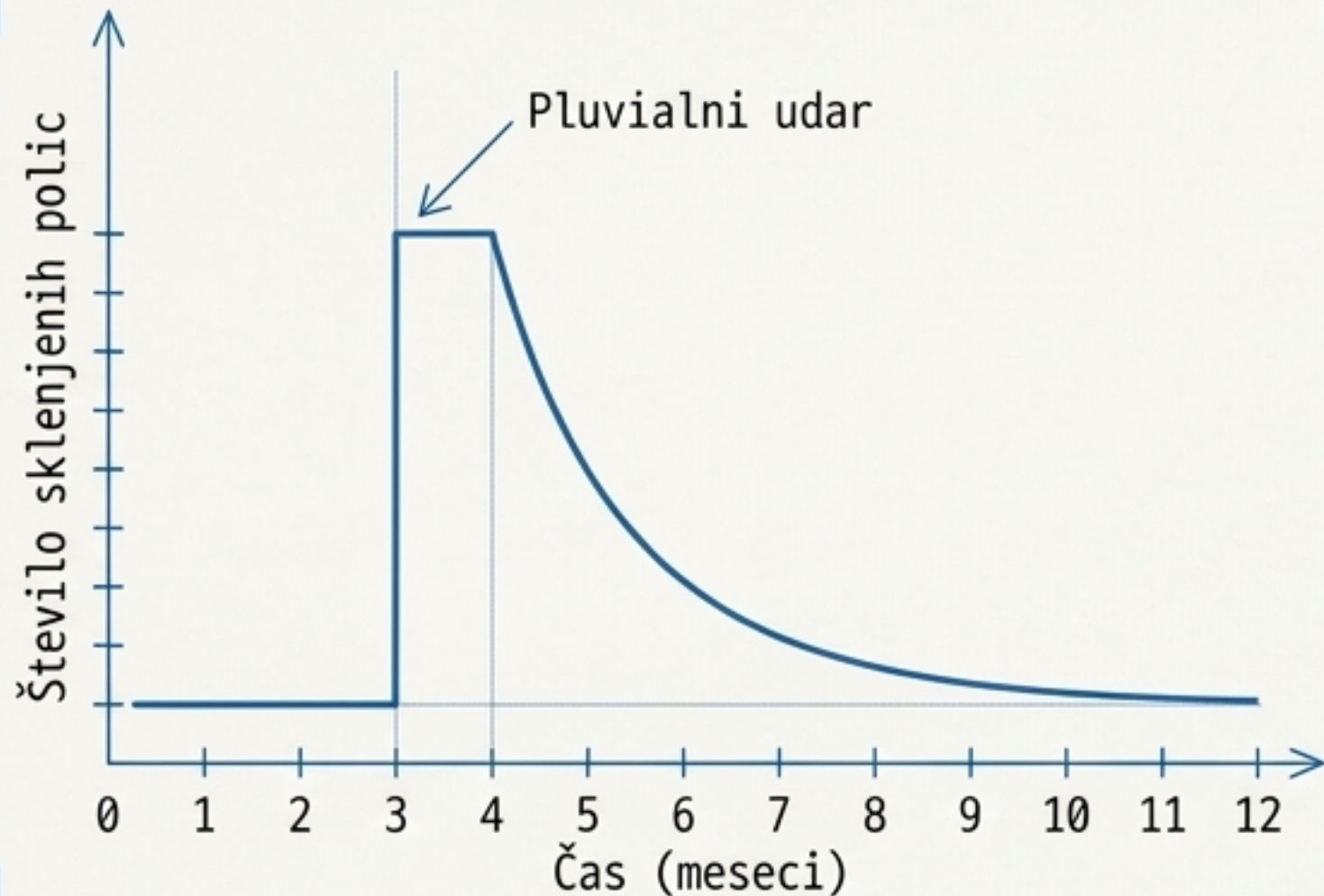
## Negativni trend (2010-2021)

V kar 51,0 % zveznih držav (25 od 49) je z analizami opazen statistično pomemben upad števila aktivnih NFIP polic izven uradnih SFHA območij.

## Inženirske izjeme

Povečanje zavarovanj je prisotno zgolj na geografsko najbolj izpostavljenih obalah (Vzhod in Mehiški zaliv) in v specifičnem grozdu gorskih držav (Idaho, Utah, Kolorado, Arizona).

# Vedenjski mehanizem: Učinek impulza in upada



Križna korelacija:

Analiza zakasnitve (lag time) med mesečnimi pluvialnimi škodnimi dogodki in sklenitvami novih polic.

Zakasnitev (Lag time):

Srednja vrednost zakasnitve pri odzivu prebivalstva je natanko 3 mesece.

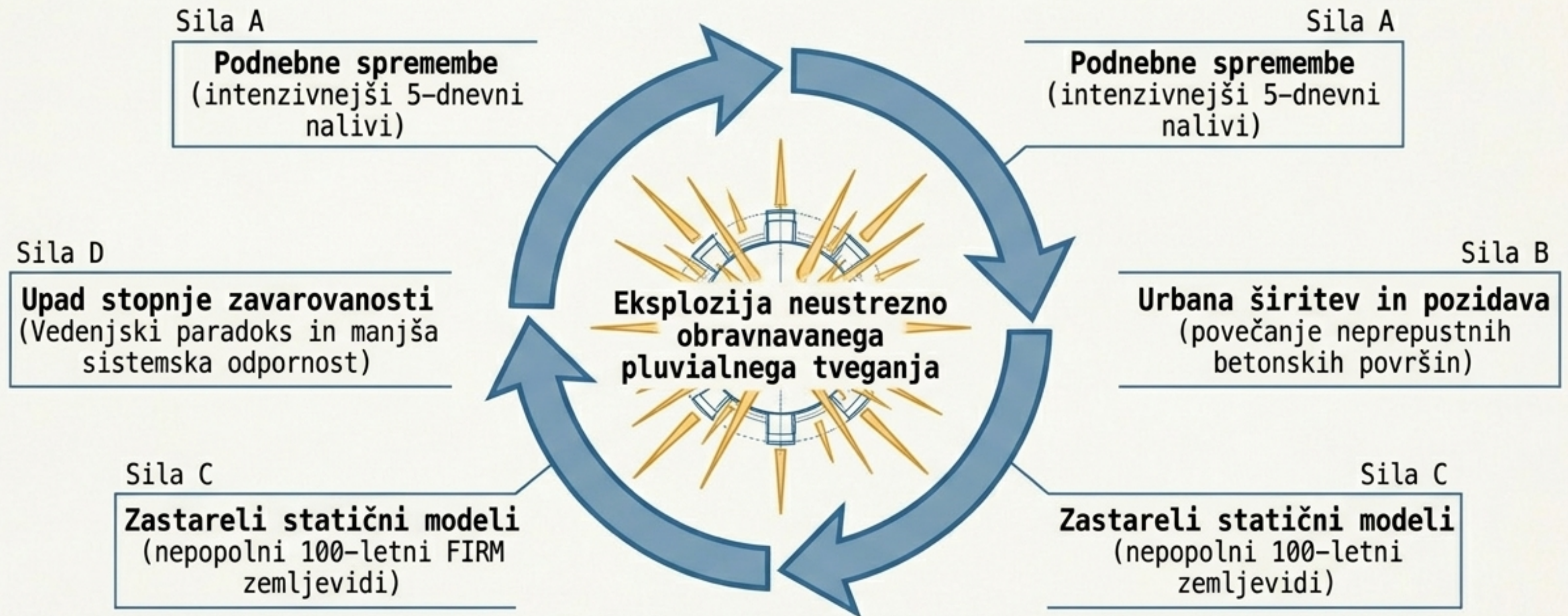
Matematika odziva (Decay):

Lastniki doživijo panični nakup polic neposredno po poplavnem dogodku. Brez obvezne regulative se interes hitro ohladi in vrne na osnovno, nezavarovano raven.

# Sistemi gonilniki paradoksa tveganja

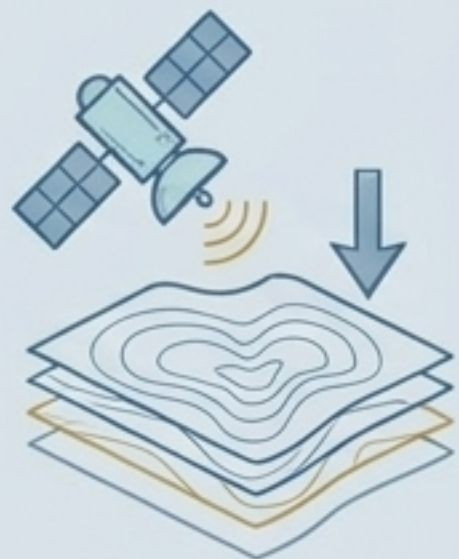


# Konvergenca tveganj: Zanka sistemske ranljivosti



**Ključna ugotovitev:** Pluvialno tveganje ni le meteorološki pojav. Je rezultat **inženirske in informacijske slepe pege**, ki jo ojačuje podnebna resničnost ter pomanjkljivo upravljanje prostora.

# Implikacije za prihodnost inženiringa in urbanizma



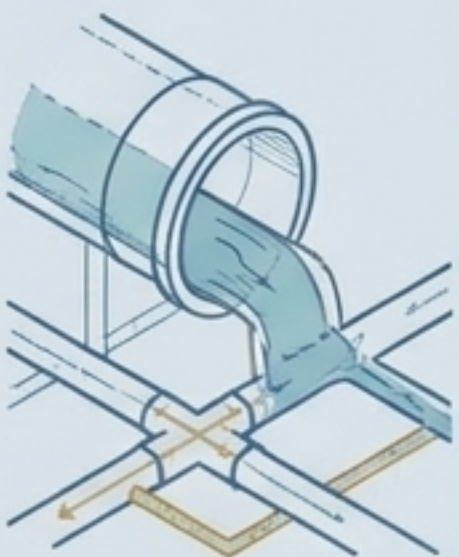
## Dinamično kartiranje tveganj

Prehod iz statičnih topografskih (100-letnih) modelov na dinamične simulacije pluvialnih povodij in topoloških depresij (npr. pobuda FEMA Risk Rating 2.0).



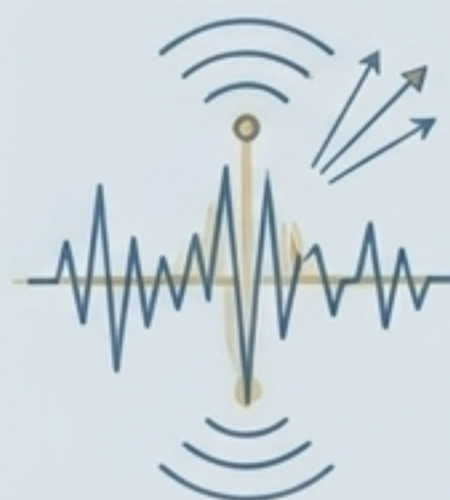
## Lokalizirano napovedovanje

Potreba po realnočasovnih visoko-ločljivostnih hidroloških modelih, ki upoštevajo mikro-urbanistične ovire, saturacijo tal in propustnost površin.



## Nadgradnja drenažnih sistemov

Oblikovanje pametnejših zadrževalnih in prelivnih drenažnih sistemov, specifično v vzhodnih in južnih zveznih državah, ki dokazano izkazujejo največjo infrastrukturno občutljivost na padavine.



## Komunikacijski inženiring

Podatki potrjujejo, da mora biti komunikacija o tveganjih kontinuirana, ne le 3-mesečni impulz po katastrofi. Nujno je preprečevanje zanašanja na pomanjkljive administrativne zemljevide.