



# Nevidna grožnja v rekah Himalaje

Kako spregledan transport talnih plavin ogroža podnebno varnost, hidroenergetsko infrastrukturo in preskrbo s hrano za 1,7 milijarde ljudi.

# Krvožilje Tretjega tečaja in temelj azijske varnosti

## 10

Velikih rečnih sistemov izvira na Tibetanski planoti.

## 9 milijonov km<sup>2</sup>

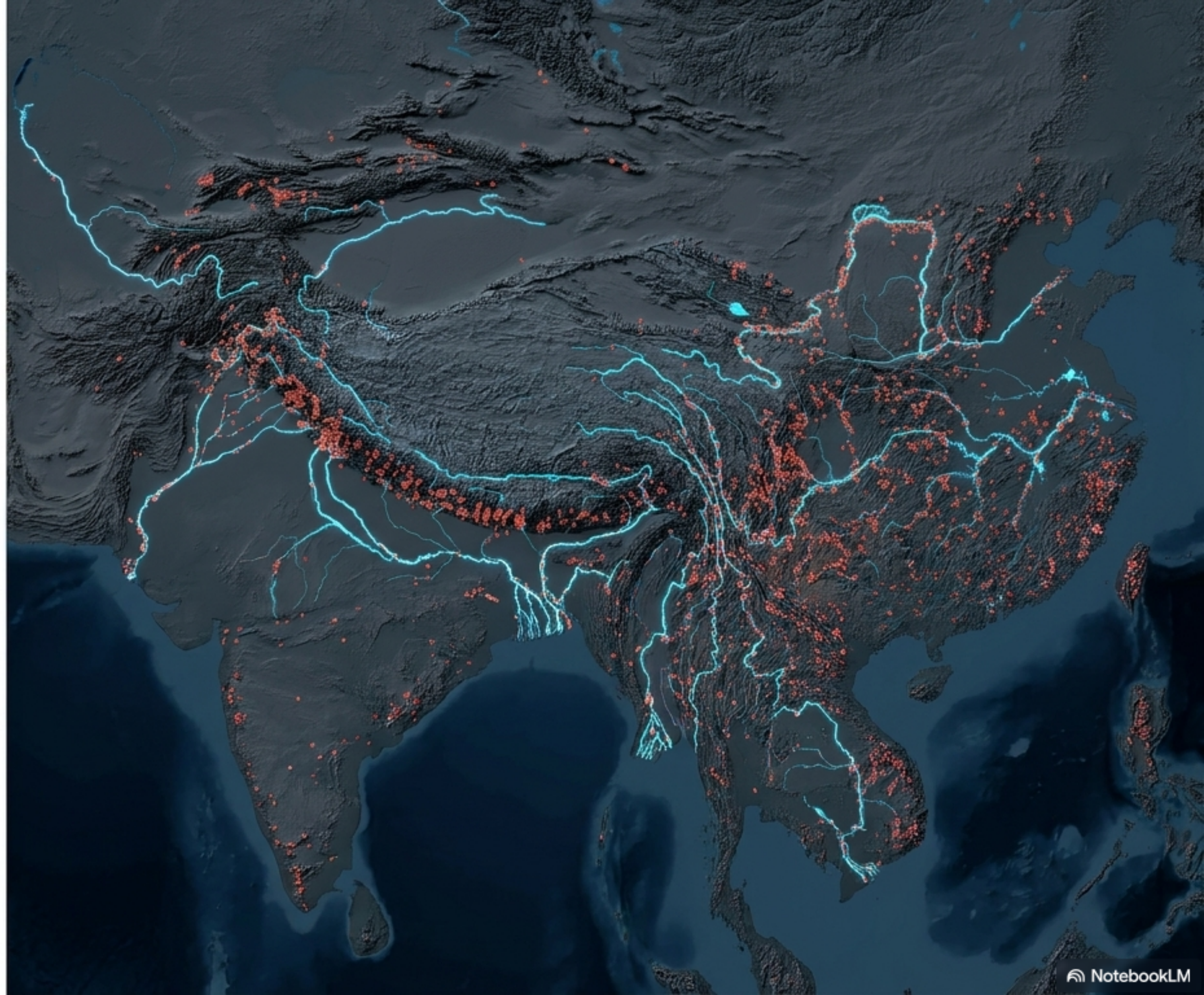
Velikost celotnega porečja, ki definira morfologijo regije.

## 240 milijonov

Ljudi v gorskih regijah, ki živijo neposredno ob teh rekah.

## 1,7 milijarde

Ljudi v spodnjem toku, odvisnih od vode za kmetijstvo in hidroenergijo.



# Paradoks podatkov: Kar merimo, ni vse, kar se premika

## Lebdeče plavine (Suspended load)

Trenutni morfodinamični modeli in merilne postaje se zanašajo izključno na **drobne delce** v vodnem stolpcu.



## Talne plavine (Bedload)


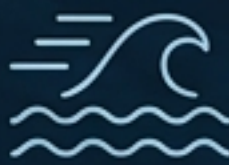

Ključni element transporta v strmih gorskih rekah ostaja **popolnoma neizmerjen**. Sklepanje o celotni količini sedimenta zgolj iz lebdečih plavin je **nevarno netočno**.



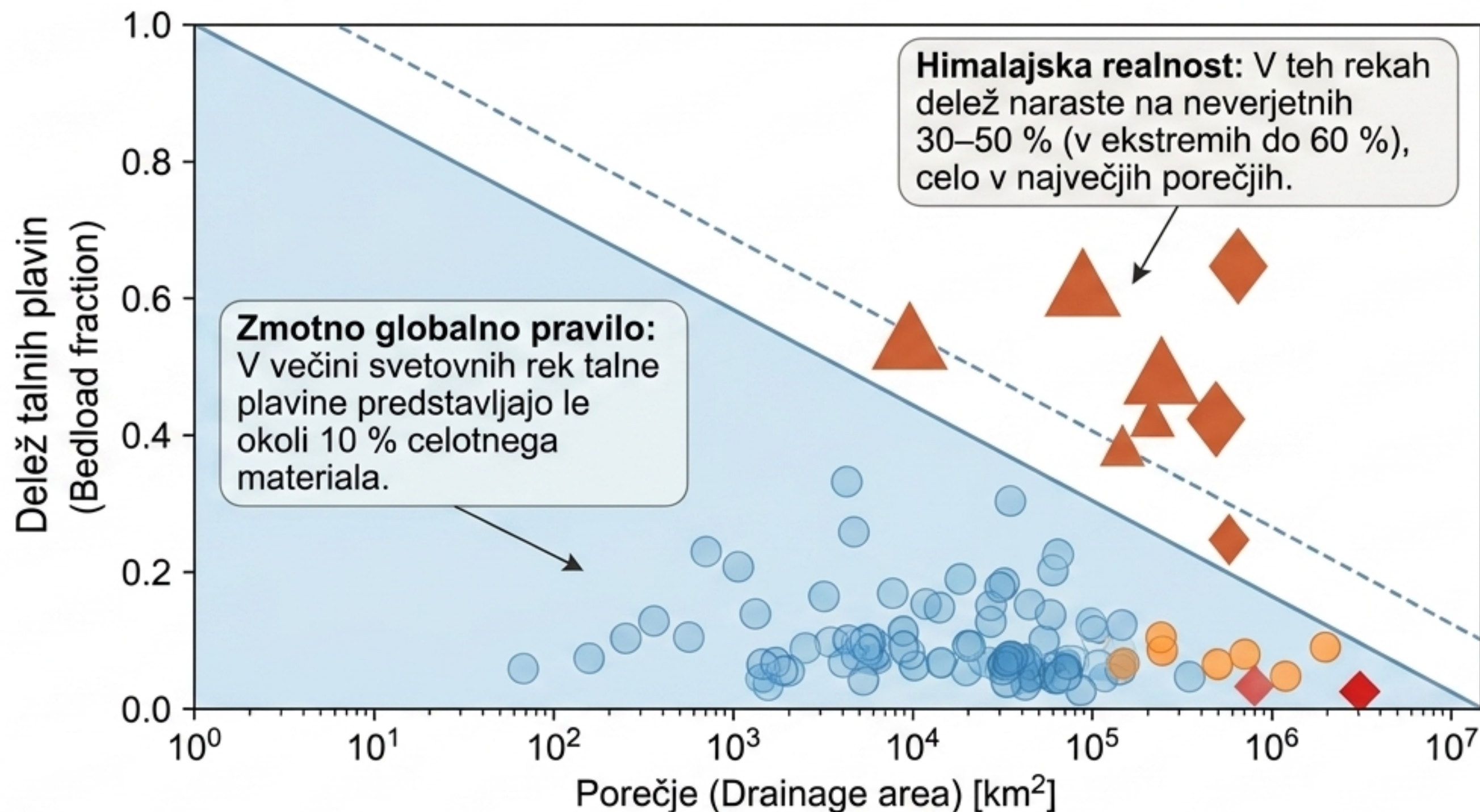
# Dva obraza rečnih plavin

## Lebdeče plavine

## Talne plavine

 <b>Fizične lastnosti</b>	Fin pesek in mulj.	Prodniki, velike skale in masivni balvani.
 <b>Način premikanja</b>	Nošene s tokom znotraj vodnega stolpca.	Skakanje, drsenje in kotaljenje po rečnem dnu.
 <b>Tarča uničenja</b>	Abrazija in počasna obraba hidro-turbin.	Fizično uničevanje prelivnih polj in tunelov ter nepovraten dvig rečnega dna.

# Himalajska izjema razbija globalne modele



**Zakaj takšno odstopanje?** Ekstremni tektonski dvigi, krhka litologija, intenzivni monsuni in stalna moč strižnih napetosti na rečnem dnu omogočajo neprekinjen transport gigantskih količin materiala.

# Kaskadni učinek podnebnih sprememb na rečno dno



Temperature v regiji Tretjega tečaja rastejo 2x hitreje od globalnega povprečja.



Umik ledenikov in ekstremno deževje sprožajo plazove, podore in drobirske tokove.



Ogromne količine grobega skalnatega materiala naenkrat vstopijo v rečni sistem.



Ekstremno povečan transport talnih plavin popolnoma spremeni strugo reke.

**Podnebne spremembe ne pomenijo le več vode v rekah – pomenijo drastično več uničujočih skal in sedimenta, ki drvijo proti infrastrukturi.**

# Skrita cena nevidnih skal na infrastrukturo

## A: Akumulacijsko jezero (Zamašitev in poplave)

Hitro odlaganje masivnega grobega materiala dviguje dno. To zmanjšuje kapaciteto jezera in povečuje tveganje za katastrofalne poplave v zaledju.

## B: Prelivna polja in tuneli (Strukturne poškodbe)

Za razliko od finega peska, masivne skale med visokimi vodami prebijajo in uničujejo zaščitne strukture, kar zahteva draga popravila.

## C: Turbinski sistemi (Dodatna obraba)

Lebdeči sediment uničuje turbine, talne plavine pa popolnoma destabilizirajo hidrodinamiko pretoka v zajetje.

**Nesprijete grobe plavine je izjemno težko in finančno uničujoče fizično odstraniti iz zajezitev, ko se enkrat tam naberejo.**



# Epica skrajnosti: Anatomija reke Brahmaputre

**2.200 m**

Najstrmejši padec na svetu v zgolj 250 km (Veliki kanjon Yarlung Tsangpo).

**100.000 m<sup>3</sup>/s**

Maksimalni pretok ob ledeniških izbruhih (povprečje sicer 20.000 m<sup>3</sup>/s) – neukrotljiva moč.

**+40 %**

Pričakovano povečanje celotnega bremena sedimentov do leta 2100.

Pri reki takšne silovitosti in velikosti je delež kotalječih se talnih plavin gigantski – a doslej še nikoli izmerjen.

# Tri ovire na poti do resnice na rečnem dnu



## Neprizanesljivo okolje

Ogromne hitrosti vode, velike globine in strmi padci. Fizično spuščanje mrež in lovilcev skal v takšnih pogojih še nikoli ni bilo uspešno ali varno izvedeno.



## Nedostopnost in cena

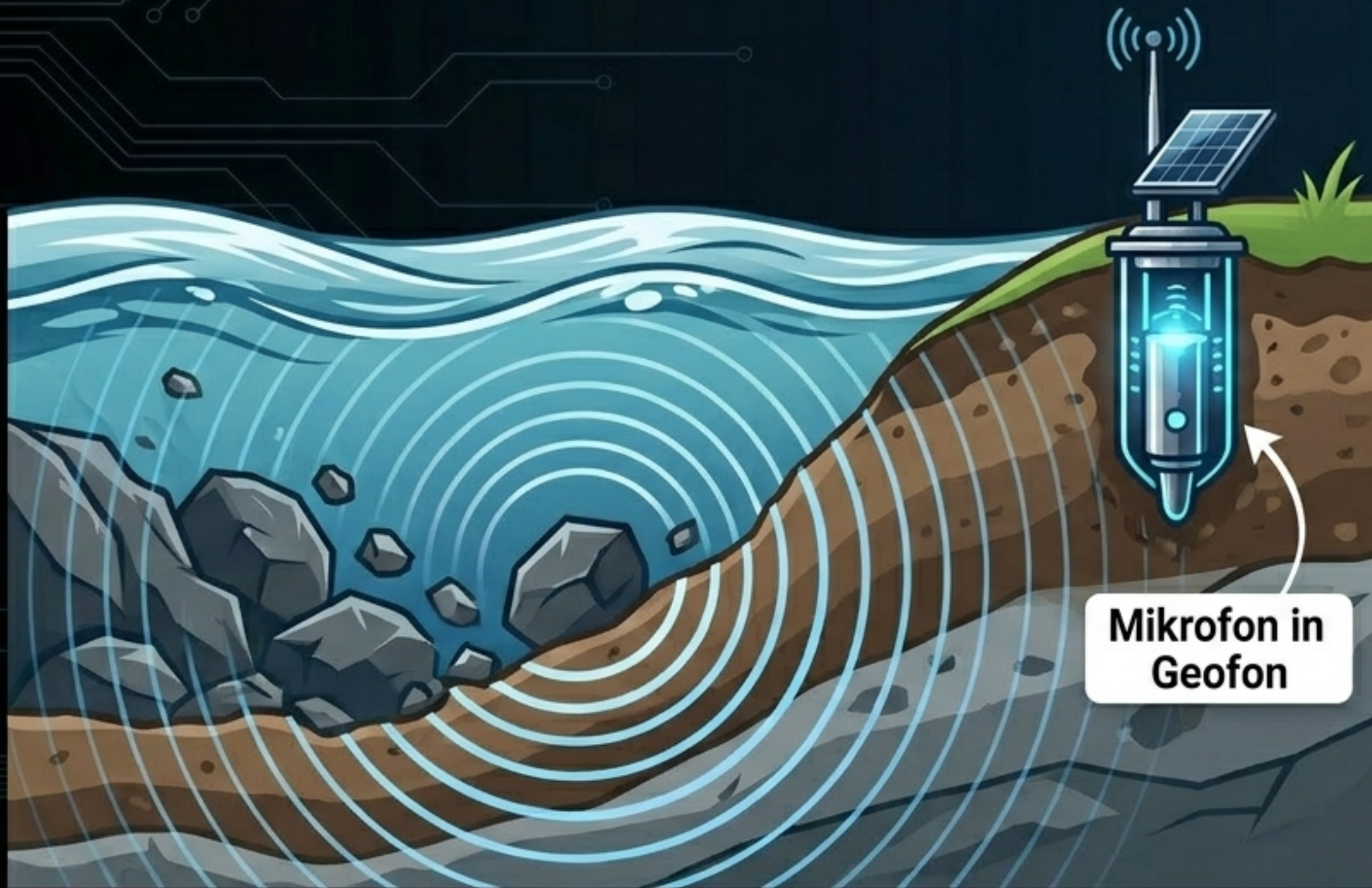
Najbolj kritični deli rek so odročni. Gradnja merilne infrastrukture zahteva nove ceste in energetske priključke, kar povzroča ekološko škodo in astronomske stroške.



## Zastarela mreža

Trenutne hidrološke postaje, čeprav zbirajo podatke o pretoku in lebdečih plavinah, tehnološko niso opremljene za zaznavanje premikanja talnega materiala.

# Premik paradigme: Poslušanje namesto lovljenja



- **Okoljska seizmologija**  
Namesto nevarnih poskusov fizičnega lova skal, prihodnost temelji na indirektnih, pasivnih akustičnih metodah.
- **Kako deluje**  
Senzorji na varnem bregu neprekinjeno snemajo potresne in zvočne valove, ki jih ustvarjajo skale med udarjanjem in drsenjem po dnu reke.
- **Ključne prednosti**  
Omogoča varno, dolgoročno in zvezno zbiranje podatkov o količini plavin brez poseganja v samo reko, kar drastično zniža stroške.

# Strateški načrt za premostitev slepe pege

## CELOVITA REŠITEV: INOVATIVNI NADZOR REČNEGA DNA



### Temeljna znanost in oprema

Nujno usmerjeno financiranje v moderno infrastrukturo hidroloških postaj. Stare senzorje morajo dopolniti novi seizmični sistemi za merjenje talnih plavin.



### Odprti podatki in fuzija

Posamezne meritve niso dovolj. Ustvariti je treba odprte, dostopne platforme, ki združujejo podatke iz različnih virov za dvig transparentnosti in natančnosti modelov.



### Sodelovanje brez meja

Povezava odločevalcev ključnih držav v regiji s svetovnimi raziskovalnimi institucijami in visokotehnološkimi podjetji za skupno reševanje prioritarnih izzivov.

# Skale na dnu krojijo prihodnost celine

## Evucija planeta

(Tektonske spremembe planote)



## Podnebna varnost

(Ekstremni vremenski dogodki)

Merjenje  
talnih plavin

## Človeški obstoj

(Preskrba 1,7 milijarde ljudi)

Znanje o tem, kaj se premika na dnu reke, določa varnost na njenih bregovih.  
Ustrezno ukrepanje je nujno za preprečitev regionalne katastrofe.