

## EU PROJEKT PANNONIAN.GW

PRIPREMILI:  
Lidija Tadić, Tamara Brleković, Josip Janjić

## Analiza podzemnih voda Panonske nizine: utjecaji na okoliš, poljoprivredu i vodnu bilancu

**Cilj projekta "Usuglašavanje zajedničkog monitoringa i modeliranje podzemnih voda Panonske nizine" (PANNONIAN.GW) jest povezivanje nacionalnih mreža opažanja podzemnih voda, harmonizacija njihova monitoringa i procjena utjecaja klimatskih promjena na vodnu bilancu, okoliš i poljoprivrednu u širokoj regiji Panonske nizine, s težištem na održivome upravljanju vodnim resursima.**

### Uvod

Plitke podzemne vode pod izravnim su utjecajem oborina, ali i drugih elemenata vodne bilance, a vrlo su rijetko u fokusu znanstvenih istraživanja. Međutim, režim podzemnih voda omogućuje vitalnost terestrijalnog ekosustava održavanjem baznog dotoka i bilanca vode u tlu, pri čemu se ne misli samo na prirodne ekosustave, već i na poljoprivredne površine. Važnost tog problema prepoznata je u sklopu programa *Danube Region Programme* koji se bavi provedbom EU-ove strategije na vodnome području Dunava. Projekt "Usuglašavanje zajedničkog monitoringa i modeliranje podzemnih voda Panonske nizine" (engl. *Harmonisation of joint monitoring and modelling of groundwater system of Pannonian Plain - PANNONIAN.GW*) prihvaćen je za financiranje kao projekt *Seed Money Facility* (SMF) i započeo je 1. rujna 2024. SMF jest specifična kategorija projekata jer su to startni projekti kojima se započinje razvijati neki strateški i inicijalni projekt veće regije, a kojim će se ostvariti strateški ciljevi podunavskih zemalja (*EU Strategy EUSDR*, <https://danube-region.eu/>).

SMF projekti traju 12 mjeseci i tijekom tog razdoblja provode se pripreme za prijavu većih projekata koji se poslije mogu prijavljivati na druge natječaje i izvore financiranja (Horizon, Life, Interreg i slični). Projektni prijedlog koji se

bavi trendovima plitkih podzemnih voda velike geografske cjeline u središte sliva Dunava prepoznat je kao potencijalno vrijedan istraživanja. Partneri na projektu su Građevinski i arhitektonski fakultet Osijek (Hrvatska) kao voditelj, Sveučilište javnih usluga Budimpešta, Fakultet vodnih znanosti, Baja (Mađarska), Akademija znanosti i umjetnosti Slovenije, Ljubljana (Slovenija), Subotica Tech, Subotica (Srbija) i Nacionalni institut za upravljanje vodama, Bukurešt (Rumunjska). Pridruženi strateški partneri su Tehničko sveučilište Košice (Slovačka), Tehničko sveučilište Bukurešt (Rumunjska), Grad Oraše (Bosna i Hercegovina) te Poljoprivredni institut Osijek i Zeleni Osijek (Hrvatska).

Prema nekim istraživanjima, plitke podzemne vode utječu na 22 do 32 % Zemljine površine. Utjecaj plitkih podzemnih voda na pouzdanost proizvodnje hrane, ali i na ublažavanje poplava, interaktivna uloga poplava na prihranjivanje te vrste podzemnih voda te utjecaj podzemnih voda na cijelokupnu vodnu bilancu vrlo je velik. Sve europske zemlje koje se nalaze na području Panonske nizine kao područja istraživanja imaju svoje nacionalne mreže opažanja razine podzemnih voda različite razvijenosti i različite gustoće opažačke mreže. Hrvatska, Mađarska, Srbija, Slovenija, Rumunjska, Bosna i Hercegovina te Slovačka dijelom se svojih nacionalnih teritorija (ili u cijelosti) nalaze na području Panonske nizine, velike aluvijalne zaravni

okružene Alpama, Karpatima i Dinaridima. Zajedničko im je svojstvo velik udio poljoprivrednih površina s vrlo gustom mrežom površinske odvodnje, ali i velika zastupljenost travnjačkih i šumskih površina. Ukupna površina analiziranog područja iznosi oko 200.000 km<sup>2</sup>.

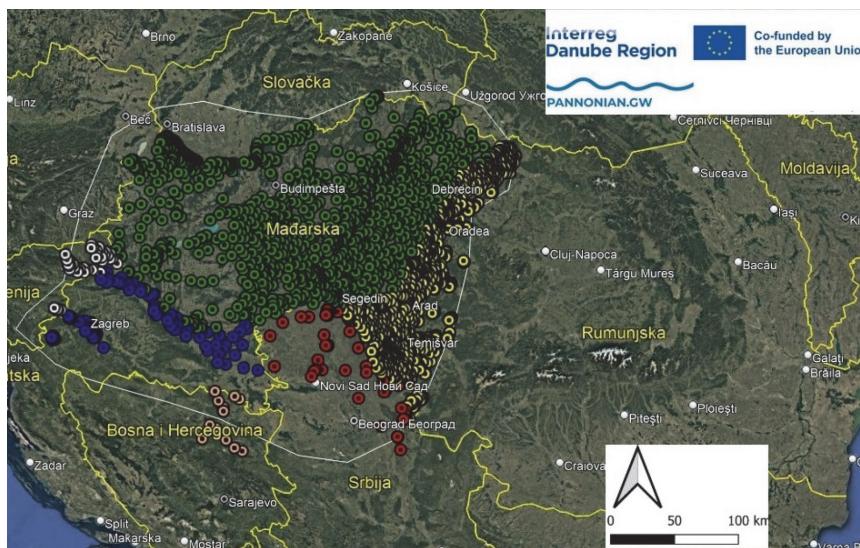
Jedini mogući način analize potencijalnih promjena u režimu podzemnih voda jest primjenom transnacionalnog pristupa, bez administrativnih granica. Činjenica je da mnoge zemlje dijele svoja slivna područja sa susjednim zemljama, ali je to da postoje brojna administrativna ograničenja koja onemogućavaju prostorne analize širih razmjera. Zato je projektom obuhvaćeno nekoliko ciljeva:

- povezati nacionalne opažačke mreže razine podzemnih voda na području Panonske nizine i dati preporuke za poboljšanje monitoringa (harmonizaciju)
- utvrditi potencijalni utjecaj klimatskih promjena na razine plitkih podzemnih voda
- utvrditi kritične točke i potencijalne posljedice sniženja razine podzemnih voda na okoliš i poljoprivrednu (vodnu bilancu)
- kreirati plan rada za budući projekt (budžet, partneri, zainteresirane institucije, izvori financiranja).

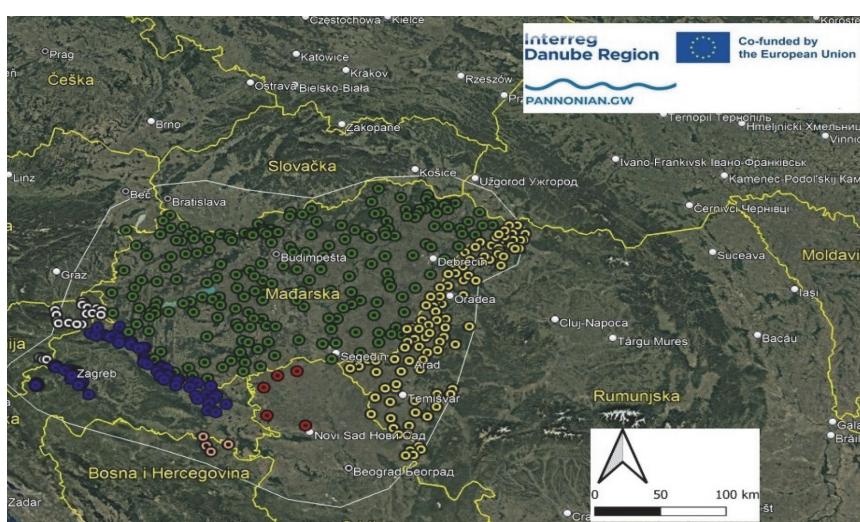
Objavljena istraživanja upućuju na znatnija sniženja razina podzemnih voda u pojedinim europskim regijama, pa i u podunavskim zemljama, koja su uglavnom uzrokovana klimatskim promjenama, točnije promjenama u oborinskom režimu. Pritom ni antropogeni faktor ne smije biti zanemaren. Ovim se projektom ta hipoteza želi provjeriti na teritorijima zemalja na području Panonske nizine.

### Dosadašnji rezultati projekta

Nacionalne mreže opažanja razina podzemnih voda u većini su zemljama uklju-



Slika 1. Cjelokupna mreža opažanja podzemnih voda Panonske nizine

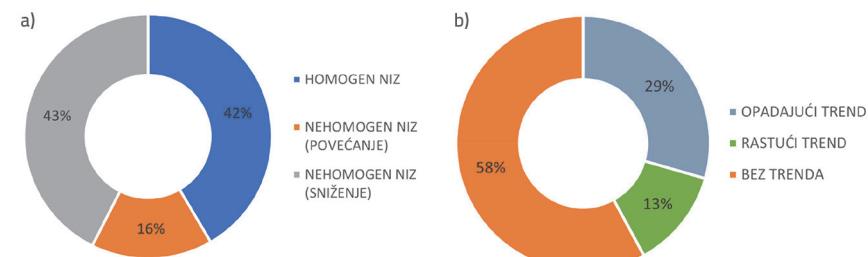


Slika 2. Reducirana mreža opažanja podzemnih voda Panonske nizine

čenih u projekt dobro razvijene i relativno ravnomjerno pokrivaju cijeli teritorij, a neki su hidrološki nizovi dulji od 50 godina. Ukupan broj piezometara kojima se mijere razine podzemnih voda po svim nacionalnim mrežama vrlo je velik, a na analiziranome području ih je 3233 (slika 1.), no samo je 419 lokacija dalje analizirano (slika 2.) jer se samo na 419 opažačkim mjestima moglo izdvajati razdoblje kontinuiranog opažanja dovoljno dugo za statističku analizu, a to je razdoblje od 1990. do 2022. (33 godine).

Broj piezometara smanjen je iz više razloga: nizovi podataka nisu bili dovoljno dugi; bilo je više prekida u opažanjima u trajanju od nekoliko godina; podaci nisu bili pouz-

dani zbog podataka koji su upućivali na pogreške; bilo je više piezometara u jednom opažačkom grijezdu. Zbog tog je odabran samo jedan kao reprezentativan. U svako-

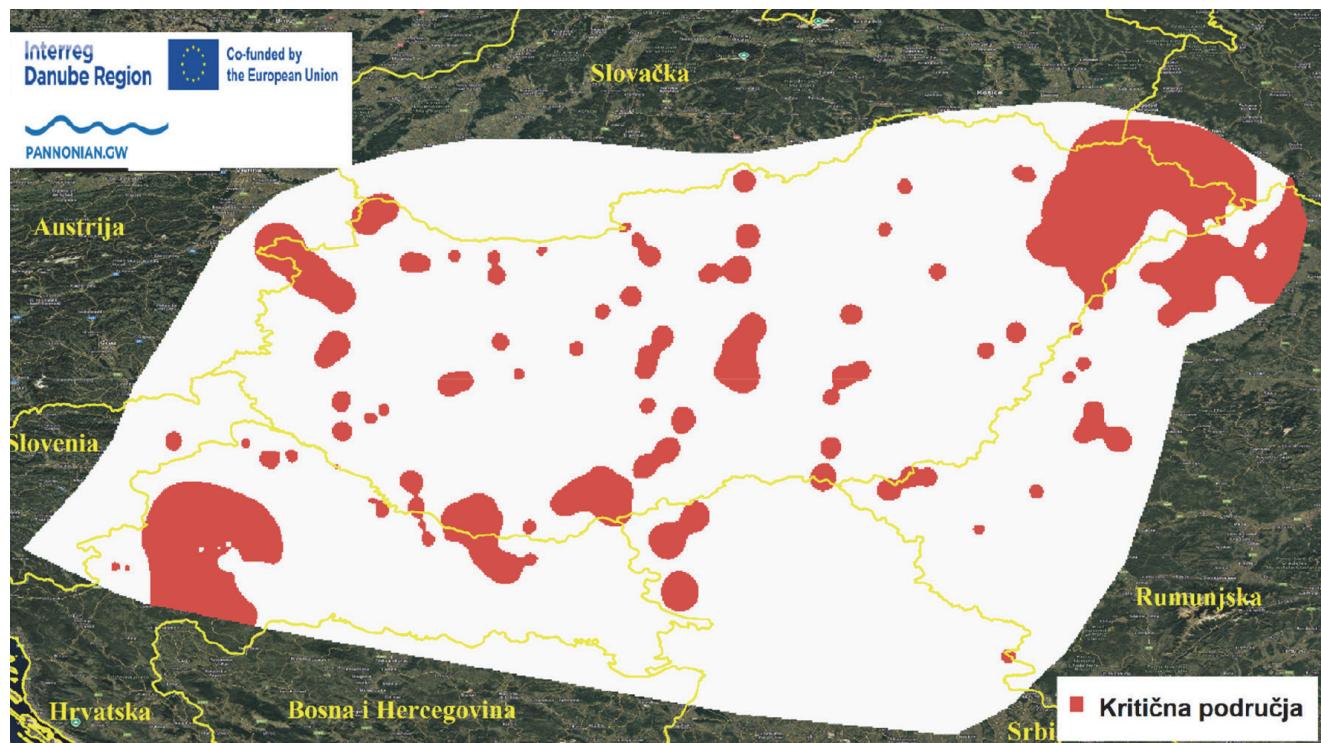


Slika 3. a) Udio homogenih i nehomogenih nizova opažanja razina podzemnih voda (1990. - 2022.); b) udio nizova opažanja razina podzemnih voda sa statistički znatnim opadajućim i rastućim trendovima (1990. - 2022.).

me bi slučaju za analizu trendova bilo bolje da su nizovi duži, ali to bi dodatno znatno reduciralo broj piezometara. Na hidrološke nizove godišnjih razina podzemnih voda (1990. - 2022.) primjenjeni su osnovni statistički testovi: test homogenosti nizova (SNHT test) i Mann-Kendallov trend-test, a uspoređene su srednje dekadne razine podzemnih voda, a na kartama prikazane su prostorne raspodjele rezultata.

Testovi homogenosti omogućuju uočavanje veličine promjena i vrijeme kada se neka promjena pojavit u duljem vremenskom nizu podataka. Vrlo se često primjenjuje u hidrologiji, posebno za uočavanje utjecaja izazvanih klimatskim promjenama. U ovome projektu test je primjenjen na sva nizove opažanja podzemnih voda u razdoblju od 1990. do 2022. te je dobiven uvid u to je li niz od 33 godine srednjih godišnjih razina podzemne vode homogen ili nije. Ako nije homogen, važno je utvrditi kada se ta promjena pojavit u je li ona pozitivna ili negativna, odnosno raste li srednja godišnja razine podzemne vode ili opada. Na slici 3.a prikazani su rezultati koji pokazuju da je udio homogenih razina podzemnih voda i onih koji su nehomogeni, i to s pojmom smanjenja srednjih godišnjih razina podzemne vode, gotovo jednak (42 % odnosno 43 %), dok su povećanja srednjih godišnjih razina uočena na 16 % piezometara. Pritom su najčešće godine promjene (*break year*) zabilježen početkom 21. stoljeća i poslije.

Mann-Kendallov trend-test proveden je i radi ispitivanja statistički znatnih trendova. Od svih analiziranih piezometara više od polovine (58 %) ne pokazuje statistički znatne trendove. Opadajući trend ima



Slika 4. Kritična područja Panonske nizine s obzirom na sniženje razina podzemnih voda

29 %, a 13 % uzlazni ili rastući (slika 3.b). Najveći udio piezometara s opadajućim, statistički znatnim trendom nalazi se u Hrvatskoj, na slivu rijeke Save (oko 70%). Prostorna raspodjela dobivenih rezultata prikazana je i grafički (slika 4.), čime su dobivena kritična područja s obzirom na sniženja razine podzemnih voda. Najveće cjeline na kojima je prisutno izrazitije sniženje podzemnih voda (na godišnjoj vremenskoj skali) jesu sliv rijeke Save u Hrvatskoj, granična područja između Slovenije i Mađarske te Mađarske i Hrvatske i najveća cjelina uz mađarsku i rumunjsku granicu.

Detaljni rezultati objavljeni su u izvješću *Report on output S01*, zajedno s kartografskim prilozima ove faze projekta (odnosi se na prvi šest mjeseci), a mogu se potražiti na mrežnoj stranici projekta: <http://www.gfos.unios.hr/homepage/harmonization-of-joint-monitoring-and-modelling-of-groundwater-system-of-pannonian-plain>.

### Umjesto zaključka

Ishodi ovog istraživanja rezultat su objedinjavanja monitoringa nacionalnih opa-

žačkih mreža šest zemalja, što je znatan pomak u opažanjima i analizi ponašanja podzemnih voda. Projektom se pokazalo da je problem podzemnih voda na velikome području sliva Dunava vrijedan daljeg istraživanja te zaključak u stvari predstavlja popis brojnih otvorenih pitanja:

- Zašto se pojavljuju i porasti i sniženja razina podzemnih voda na relativno geografski homogenome prostoru?
- Što karakterizira područja s povećanjima i snižavanjem razina podzemnih voda (tlo, gospodarstvo, klimatske specifičnosti i sl.)?
- Kada se proces snižavanja dominantly počeo pojavljivati?
- Jesu li uzrok samo klimatske promjene ili je antropogeni faktor jednako utjecajan?
- Kakva je slika promjena razina podzemnih voda na kraćoj vremenskoj skali, odnosno kakve su sezonske promjene (npr. ljeti)?
- Kako se mijenja vodna bilanca područja?
- Može li se očekivati drastičnije stanje u idućih nekoliko desetaka godina?
- Koje se posljedice po okoliš i gospodarstvo mogu očekivati?

Utjecaj podzemnih voda na ublažavanje poplava kao i interaktivna uloga poplava na prihranjivanje plitkih podzemnih voda. Traženje odgovora na ova pitanja bio bi cilj puno većega i složenijega projektnog prijedloga koji se planira prijaviti. U njega bi se uključile i one zemlje koje trenutačno ne participiraju u ovome projektu, a svojim (manjim) dijelom teritorija također pripadaju Panonskoj nizini i podaci iz tih zemalja upotpunili bi sliku. U daljnje istraživanje potrebno je uključiti multidisciplinarni tim stručnjaka zainteresiranih za tu problematiku (šumare, agronomi, biologe i sl.).

### Izvori:

<https://danube-region.eu/>  
<http://www.gfos.unios.hr/homepage/harmonization-of-joint-monitoring-and-modelling-of-groundwater-system-of-pannonian-plain>

### Pripremili:

Autori priloga su: prof. dr. sc. Lidija Tadić, izv. prof. dr. sc. Tamara Brleković, Josip Janjić, mag. ing. aedif., Građevinski i arhitektonski fakultet Sveučilišta J. J. Strossmayera u Osijeku