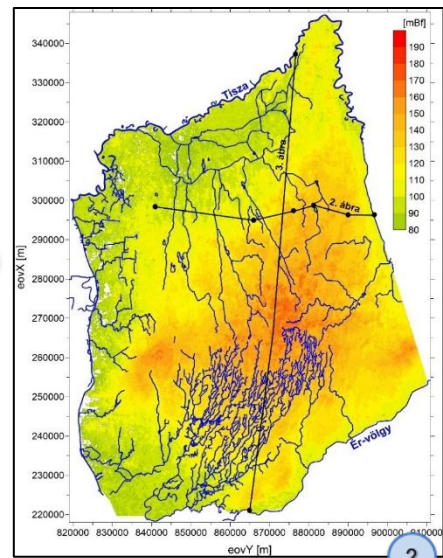
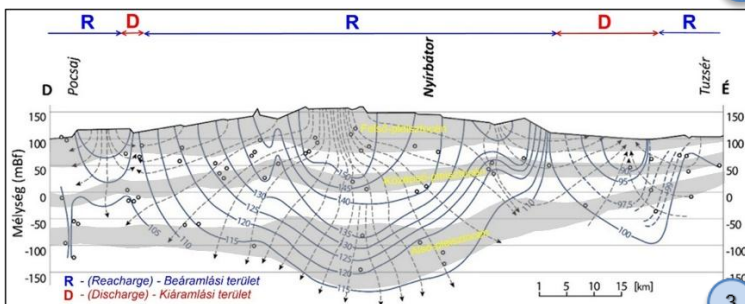
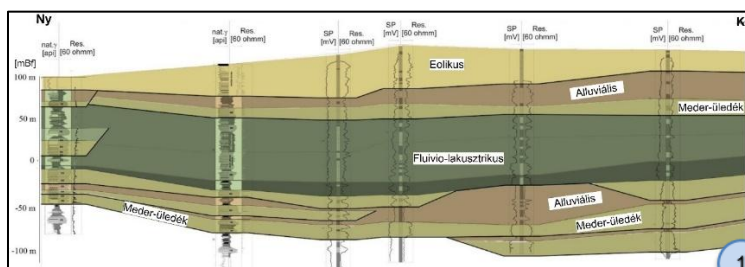


## A felszín alatti vízkészlet változásainak vizsgálata a fenntartható vízgazdálkodás érdekében - RRF-2.3.1-21-2022-00008 VVNL 3/C alprojekt

*A klímaváltozás hatásainak és ezek kezelésének numerikus szimulációja a Nyírség területén*

A Víztudományi és Vízbiztonsági Nemzeti Laboratórium (VVNL) létrehozására, és kutatási alprojektjeinek megvalósítására irányuló, Magyarország Helyreállítási és Ellenállóképességi Terve RRF-2.3.1-21 kódszámú, nemzeti laboratóriumok létrehozása, komplex fejlesztése című felhívásra benyújtott, RRF-2.3.1-21-2022-00008 azonosítószámú pályázat keretében az Országos Vízügyi Főigazgatóság (OVF) a 3/C. jelű, „A felszín alatti vízkészlet változásainak vizsgálata a fenntartható vízgazdálkodás érdekében” tárgyú alprojektnek a vezetője. Az OVF, a Felső-Tisza-vidéki Vízügyi Igazgatóság (FETIVIZIG), a Tiszántúli Vízügyi Igazgatóság (TIVIZIG) és a Szegedi Tudományegyetem (SZTE) a projekt közös közérdekű vízgazdálkodási céljainak megvalósítására irányuló együttműködés kialakítása érdekében együttműködési megállapodást kötött egymással.

Az alprojekt vizsgálatai igazolták, hogy a Nyírség területe hatékony „korai figyelmeztető” jelzőrendszer az Alföld éghajlatváltozás okozta talajvíz-csökkenésének, mivel egységes, hidraulikailag folytonos áramlási rendszer, jól definiálható beáramlási és kiáramlási zónákkal. Ideális laboratóriumként szolgál a klímaváltozás hatásainak tanulmányozásához, és a negatív hatások mérséklését szolgáló beavatkozások teszteléséhez.

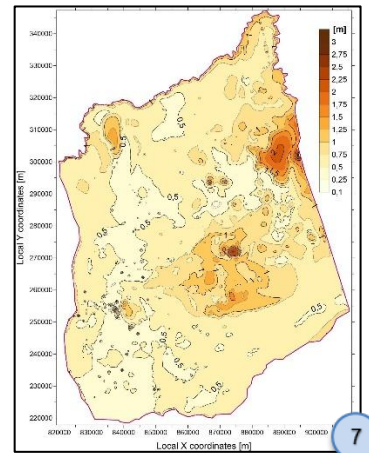
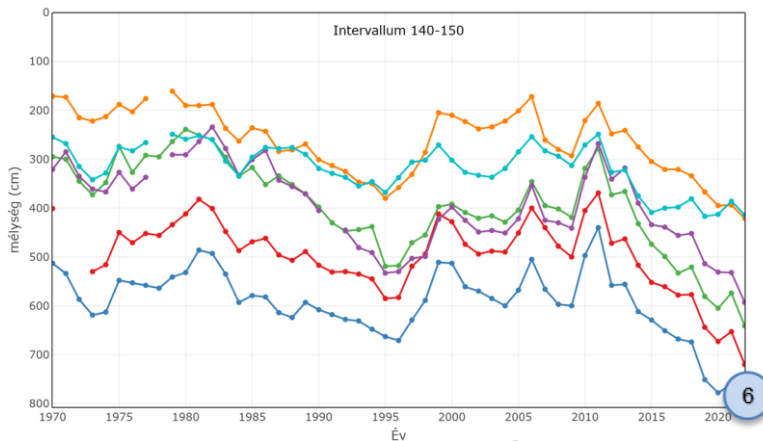


Az elvi modell felállítását követően, adatfeldolgozások után, elkészült a Nyírség és Hajdúhát mintaterületre a 7 rétegű 3D hidrodinamikai modell (129\*91 km, 200\*200 m gridháló), mely permanens és tranziens állapotban (tartós vízszintemelés talajvízre gyakorolt hatását vizsgálja) is fut; száraz és nedves időszakra is kalibrált.

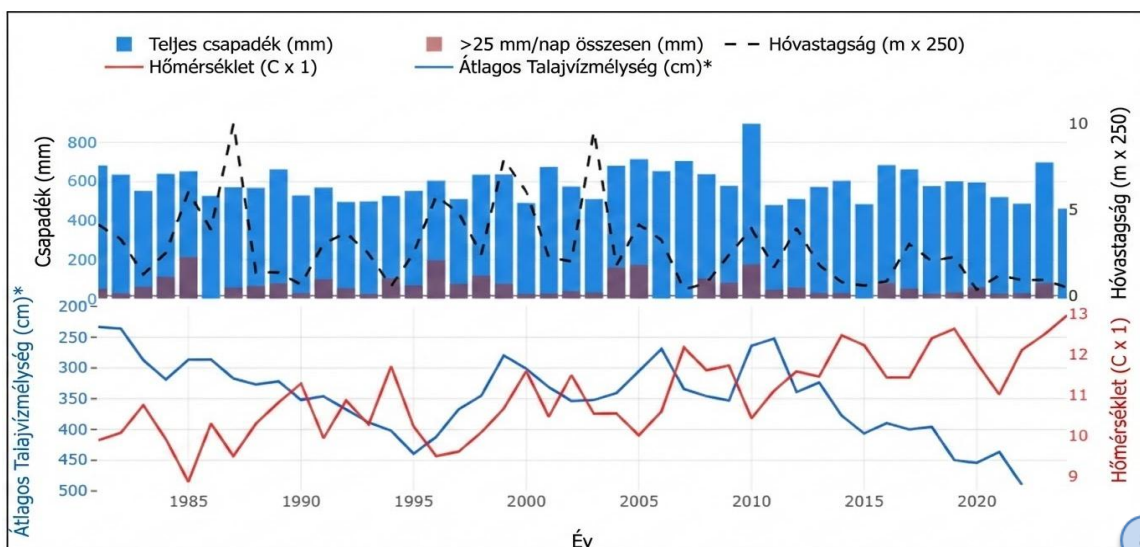


Modellréteg sorszám	$K_h$ [m/nap]	$K_v$ [m/nap]	Porozitás $n_0$
1.	0,23 – 0,91	0,049 – 0,23	0,2
2.	0,12 – 10,8	0,005 – 0,1	0,2
3.	0,17 – 1,93	0,001 – 0,012	0,08
4.	0,32 – 6,78	0,017 – 0,19	0,2
5.	0,34 – 4,71	0,0005 – 0,0075	0,06
6.	1,15 – 19	0,01 – 0,1	0,23
7.	0,1	0,001	0,15

Az éghajlatváltozás és a vízkivételek vízszint-süllyedésben játszott szerepének vizsgálatára a vízszintek és csapadékadatok statisztikai elemzése alapján a hosszú távú monitoring adatok a talajvízszint egyértelmű csökkenését mutatják a magasabban fekvő utánpótlódási területeken 2010 után (körülbelül 125–130 mBf felett), míg az alacsonyabb területeken gyengébb vagy jobban puffertelt változások figyelhetők meg. Ezen kívül, a vizsgálati terület szélén található folyóvölgyekben is megfigyelhető volt vízszintcsökkenés. Az eredmények szerint, a talajvízadóban 2010 és 2022 között 5,21 km<sup>3</sup> térfogattal csökkent a talajvízzel kitöltött térfogat, ami a Nyírség területét figyelembe véve átlagosan 102 cm-es vízszintcsökkenést jelent; 20%-os porozitást feltételezve ez 1.042 millió m<sup>3</sup> vízhiány.

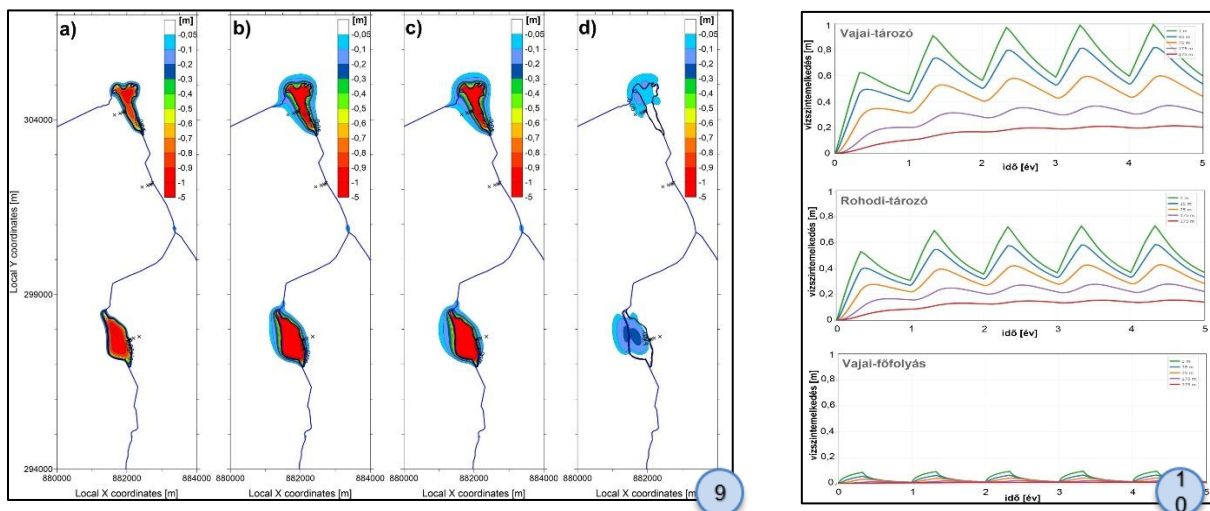


A CHIRPS és az ERA5-Land adatbázisokból származó hidroklimatikus indikátorok a csapadékmennyiség erős évközi változékonyságát, valamint monoton növekvő felmelegedési trendet (2000 óta 1,8 °C) és a tárolt hó mennyiségének jelentős csökkenését mutatják. Ezek a tényezők csökkentik a hatékony utánpótlást és növelik a párolgási igényt. Ezen megfigyelések kalibrált numerikus áramlási modellbe való integrálásával kimutattuk, hogy 2050-re, a Nyírség területén a talajvízszint további széles körű csökkenése várható, ahol legnagyobb csökkenés a magasabb térszíneken, az utánpótlódási zónában következik be. A növekvő vízkivétel ugyan felerősíti a talajvízszint-süllyedését, lokálisan, a koncentrált vízkiviteli helyeken ez akár számottevő is lehet, de a regionális csökkenésnek a klímaváltozás a fő okozója. Azonban jelentős kockázat, hogy víztermelés nagyobb része illegális kutakból származik, ezek lokalizálására saját módszert fejlesztettünk.



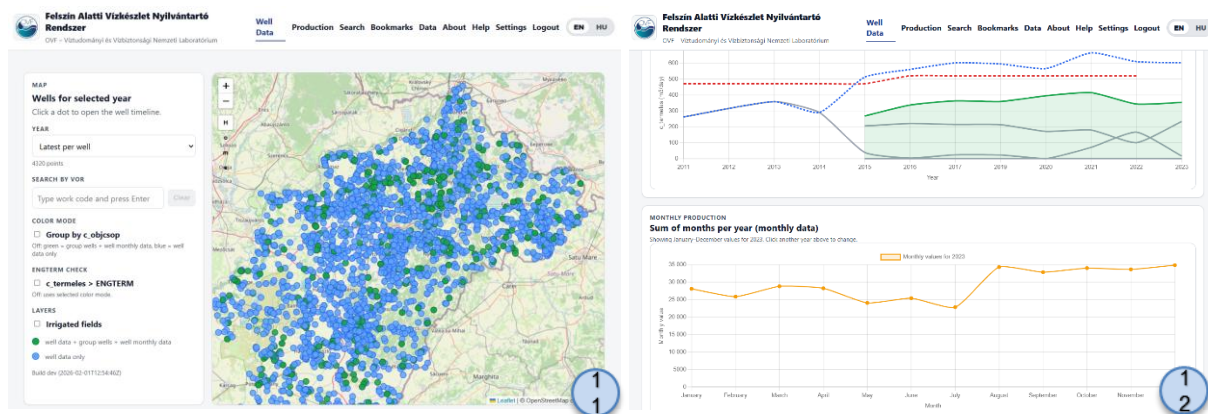
A vízmérleghez az illegális kutak termelésének becslése szükséges, helyük meghatározásához egy széles-spektrumú műholdas adatok (Landsat8 felvételek, NDVI és LST (felszín hőmérséklet)) elemzésén nyugvó, új metodikát dolgoztunk ki; precíz térbeli szűrés és vizualizációs technikák alkalmazásával.

A permanens vízpótlási vizsgálatok során a csatornák esetében 1 m, a vizsgált tározók (Vajai és Rohodi) esetében 1,5 m vízszintemelkedést állítottunk be a modellben. A hatásterület szélét 5 cm-es emelkedésként határoztuk meg, amely permanens modellezés szerint 180–300 méterre van a csatornától, tavak esetében ez az érték 800–1200 m. A tranziens szimuláció során vizsgáltuk a virtuális megfigyelőkutak vízszintjének időbeli alakulását a különböző távolságokban; ennek eredményei szerint a talajvízszint-emelkedés a tavak közvetlen közelében elérte az egy métert, hatása az ötödik utánpótlódási időszak végére mindössze 250–400 méterre terjedt, miközben a csatornában a vízszintemelkedés alig volt kimutatható.



A mesterséges utánpótlási intézkedések (MAR) elősegíthetik a talajvízszint lokális regenerálódását a tározó-tavak közelében, a hatás azonban átmeneti, sugara korlátozott, még tartós vízpótlás esetén is. A model adatok azt mutatják, hogy a víz közvetlen beinjektálása a víztartó rétegbe a vízadó utánpótlásának leghatékonyabb módja, ugyanakkor a MAR önmagában nem tudja ellensúlyozni az áramlásrendszer-szintű hiányokat. Míg az emberi tevékenység mérsékelheti vagy felerősítheti a negatív változásokat, azok irányát nem változtathatja meg. Összességében az eredmények hangsúlyozzák az intézkedések kombinálásának szükségességét, mint például a célzott utánpótlás, a vízkivételek fokozott monitorozása (beleértve a nem regisztrált vízkivételt is), valamint a mezőgazdaságban a vízigényekkel kapcsolatos intézkedések meghozatala. Létfontosságú az adat-vezérelt felszín alatti vízgazdálkodási rendszer felé való elmozdulás, amely a monitoring és az operatív információkat egyetlen, folyamatosan frissített munkafolyamatba integrálja („Digital Twin”). Ezeket a stratégiákat integrált adatokkal és modellezési folyamatokkal kell alátámasztani, ennek előkészítése a projektben megkezdődött.

A felszínalatti archív mennyiségi adatokat korszerű, mesterséges intelligencia használaton és gépi tanuláson alapuló egységes adatstruktúrába rendeztük. Legfontosabb eredménye az integrált kút adatportál, amely a statikus táblázatokból származó tisztított kimeneteket egy működőképes környezetté alakítja át a rendelkezésre álló kút rekordok (termelés, törzsadatok, engedély adatok) számszerűsítésére, vizualizálására és értékelésére.



**Publikáció (Q1, Water):** Szanyi, J.; Abdulhaq, H. A.; Hegyi, R.; Gál, T.; Szabó, É.; Lossos, L.; Tóth, E. Assessment of Changes in Groundwater Resources Due to Climate Change for the Purpose of Sustainable Water Management in Hungary. Preprints 2026, 2026012237. <https://doi.org/10.20944/preprints202601.2237.v1>

#### Ábrajegyzék:

1. ábra A Nyírség nyugat-keleti irányú szedimentológiai szelvénye (nyomvonal: lásd 2. ábra) (Püspöki et al. 2013 módosítva)
2. ábra A Nyírség terepszintje a vízfolyásokkal
3. ábra A Nyírség É-D-i irányú felszín alatti áramlási szelvénye, az áramlás rezsimjellegeinek feltüntetésével, ahol a vonalak az ekvipotenciális vonalakat, a szaggatott vonalak az áramlási irányokat, a karikák, a kutak helyét jelölik (nyomvonal: lásd 2. ábra) (Marton 1981 alapján)
4. ábra A modell nyugat-keleti metszete az ekvipotenciális vonalakkal [m]
5. ábra Modellrétegek hidrodinamikai paraméterei
6. ábra Tranziens modell depressziója [m] 120 nap elárasztás, 245 nap aszály váltakozása 5 éven keresztül a) első évi elárasztás, b) harmadik évi elárasztás, c) ötödik évi elárasztás, d) ötödik évi aszályos időszak után
7. ábra A virtuális megfigyelőkutak vízszintjének változása az átmeneti vízutánpótlási helytől különböző távolságokban az idő függvényében 3 helyszínen
8. ábra A 140 és 150 méter tengerszint feletti magasság közötti talajvízszint-adatok idősorai 1970 és 2022 között
9. ábra Sekély talajvízszint-csökkenés mértéke Nyírségben 2010 és 2022 között [m]
10. ábra Az éves csapadékmennyiség (kék oszlop), ebből heves esőzések (>25 mm/nap) hozzájárulása (barna oszlop) és a hóvastagság (szaggatott vonal), valamint alatta a levegő hőmérséklete (piros vonal) és az átlagos talajvízmélység (kék vonal) alakulása 1980 és 2024 között.
11. ábra Kút adatportál nyitóoldala
12. ábra Kút adatportálon termelések megjelenítése