

Lefolyás számítás kérdései

Dr. Kozák Péter Ph.D.,¹ Dr. Benyhe Balázs²

Kivonat: A hagyományos lefolyás számítás metodikai háttere és az abból levezetett számítási és méretezési eljárások az ideális vízgyűjtők elméleti összegyülekezési e folyamatait képezik le. Az ideális összegyülekezési folyamatok valós körülmények közötti megvalósulása jellemzően csak a hegy- és dombvidéki vízgyűjtők esetében valósul meg. A terepi körülmények között az összegyülekezési folyamat –a síkvidéki vízgyűjtőkön- szoros kapcsolatban van a talajvízzel, azonban a csatornák távolhatásának kérdésköre nem kellően feltárt. A dolgozat keretén belül a vízelvezető csatornák távolhatásának számítási eljárása kerül ismertetésre, részben numerikus modellezési vizsgálatok, részben pedig a szakirodalmi kutatási eredmények alkalmazásával.

Kulcsszavak: összegyülekezés, szivárgás, szivárgási együttható, csatornák távolhatása

1. Bevezetés

A vízgyűjtők összegyülekezési folyamatainak vizsgálata alapvető fontosságú a levezetendő vízmennyiségek meghatározása szempontjából. A folyamatok helyes, a valóságos összefüggéseken alapuló elemzése nélkülözhetetlen a csatornákra érő vízterhelések meghatározásának szempontjából. Habár napjainkban a vízhiányok kérdésköre uralja a „köz”-érdeklődését, azonban klímaváltozási vizsgálatok ráirányították a figyelmet arra, hogy a csapadékösszegek konstans értéke mellett a jövőben a területileg elszórtan megjelenő, a korábbi tapasztalatoktól eltérően megjelenő szélsőértékek előfordulására kell számítani, növekvő csapadékintenzítások mellett. Korunk hidrológusainak, vízéptő mérnökeinek egyrészt adekvát választ kell adni a vízhiányos időszakok következményeinek hatékony megelőzésére, mérséklésére, másrészt biztosítani kell a megnövekedett csapadékintenzítások következtében fellépő vízterhelések, károkozásmentes „kezelését”³.

A megoldandó feladatot tovább bonyolítja, hogy a vízgyűjtőkön jelentkező terhelések jelentős része, már nem a természetes –csapadék alapú- összegyülekezési folyamatok eredménye. A települési tisztított szennyvizek, a belterületi- és külterületi termálvízhasznosítás csurgalékvizei, vagy a vonalas infrastruktúra rendszerek (pl: úthálózat) mind dinamikus hatást gyakorolnak, terhelést adnak át a vízelvezető rendszerek elemeire, azok elvezetési kapacitásait hosszabb-rövidebb időre jelentősen korlátozhatják.

¹ Nemzeti Községi Egyetem Víz tudomány Kar, egyetemi docens/ Alsó-Tisza vidéki Vízügyi Igazgatóság, igazgató

² Alsó-Tisza vidéki Vízügyi Igazgatóság Vízrajzi és Adattári osztály

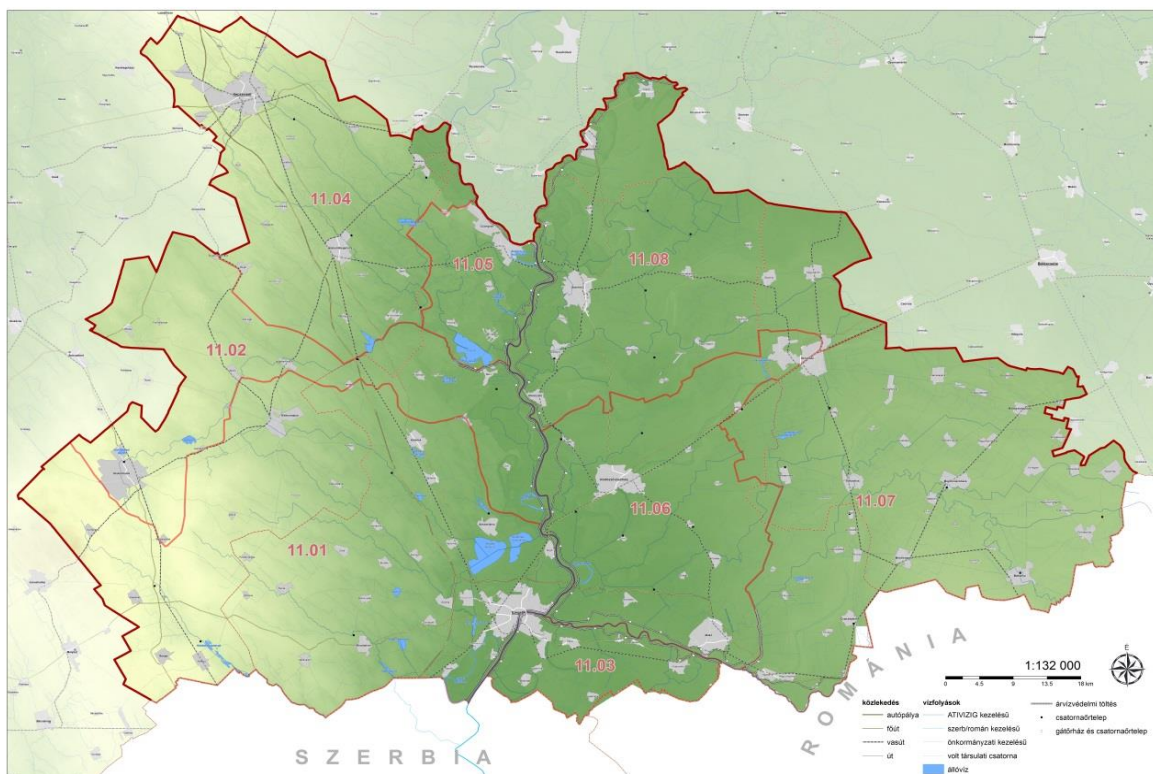
³ A keletkezett vizek gyors elvezetése helyett, a lefolyás késleltetés, tározás, vízmegosztás és átvezetés prioritása meg fog növekedni.

A fentiekben röviden ismertetett logikai okfejtésből látszik, hogy a csapadéktevékenység hatására bekövetkező összegyülekezés meghatározó jelentőségű a vízgyűjtő szempontjából, azonban az így keletkező terhelések hatásait időszakosan akár felül is írhatják az antropogén tevékenysége következményei.

Jelen dolgozat keretében a szivárgási jelenségek egyik meghatározó eleme kerül vizsgálat alá, az összegyülekezés azon fázisa, amikor a vízgyűjtő felszínéről a víz a csatornába kerül. A vizsgálatok céljai az alábbiak:

- a felszíni összegyülekezési folyamatok eredményeként a vízgyűjtő teljes területéről eljut-e víz a csatornába,
- meghatározható-e egy olyan csatorna hatástávolság elméleti módon, amelyen kívül a víz már nem kerül a csatornába, illetve amennyiben ezen állítás igazolást nyer, annak milyen következményei azonosíthatók.

Vizsgálatainkat az Alsó-Tisza vidéki vízügyi Igazgatóság területére terjesztettük ki. (1. ábra). Fő célunk az volt, hogy megválaszoljuk azt a kérdést, hogy a jelenlegi feltételek mellett, a csatornák távolthatása számszerűsíthető e, illetve ez alapján definiálható-e a csatornák szerepe a vízgyűjtő vizeinek elvezetésében.



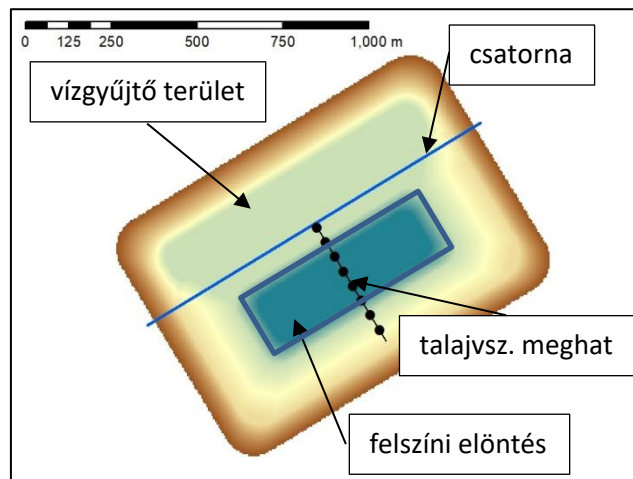
1. ábra A vizsgálati terület Készítette: Benyhe B. 2023.

2. Az alkalmazott vizsgálati eljárás

A vizsgálatok célja annak a maximális távolságnak a meghatározása volt ahonnan a felszíni víz a talajon keresztül a csatornába jut. A talajfelszínen elhelyezkedő víz felszíni elöntésként került definiálásra. A beszivárgás a talajvíz felszínének változásával került jellemzésre, melyet a vizsgálat megkezdésétől számított 10, 20, 30, 40, 50 és 60. napra határoztuk meg.

A vizsgálat végrehajtása során egy elméleti vízgyűjtő került definiálásra a MIKE-SHE numerikus modell környezetben. A modellben meghatározott, csatornaszelvényre merőlegesen 0,2 méteres vízszintű elöntés, mint belvízi elöntés lett meghatározva (2. ábra). A vizsgálatok során az összegyűlekezési folyamat elemire vonatkozóan az alábbi elhanyagolások kerültek végrehajtásra:

- A párolgás elhanyagolásra került a vizsgálatok során, mert annak modellbeli szerepeltetéséhez nem állt rendelkezésre kellően megbízható szakirodalmi adat.
- A vizsgálatok során horizontális talajvíz rezsimek sem kerültek definiálására a maximális elérési távolság meghatározhatóságának biztosítására.



2. ábra Az elméleti modell felépítése Készítette: Benyhe B. 2023.

A felszíni elöntéstől a csatorna irányában előzetesen meghatározott távolságokban (25, 50, 100, 150 m) meghatározásra kerültek a kialakuló vízszintek az idő függvényében.

A modellbe beépített csatorna paraméterei az alábbiak voltak:

- vízhozam: $Q= 1 \text{ m}^3/\text{s}$
- fenékszélesség: $B= 2 \text{ m}$
- vízmélység: $H=1\text{m}$
- részűhajlás: $Ro= 1:2$
- vízszin esés: $l= 0,0001$

A csatorna paramétereire vonatkozóan elsődlegesen a valós állapotokhoz illeszkedő értékek beépítése volt az elsődleges szempont szempont, hiszen ezek biztosították a valós összegyülekezési folyamatok leképezését.

A vizsgálat előkészítése során kiemelt figyelem irányult a szivárgási tényezőkre, hiszen a szivárgási jelenséggel kapcsolatosan a szivárgási tényező szerepe meghatározó, amint azt a vízmozgás differenciál egyenletéből levezetett általános Darcy-egyenlet mutatja:

$$S_s \frac{\partial h}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(k_x \frac{\partial h}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(k_y \frac{\partial h}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(k_z \frac{\partial h}{\partial z} \right)$$

ahol

k_x, k_y, k_z – az x, y, z irányú szivárgási tényező [m/s]

S_s – a fajlagos tárolási tényező [1/m]

t – az idő [s]

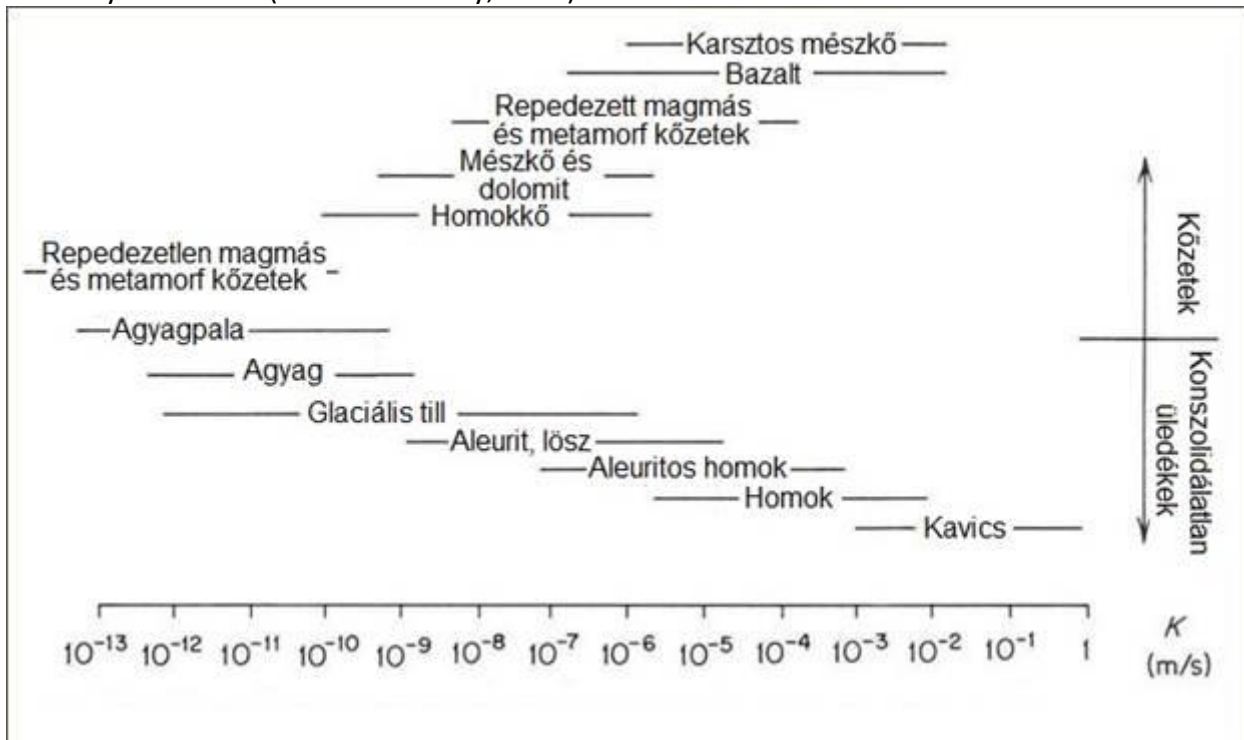
h – a hidraulikus emelő magasság [m]

Az egyenletben kiemelten szereplő szivárgási tényezők valamennyi térrész irányában mutatják a szivárgási tényező meghatározó szerepét. A valós vízgyűjtő szituációkhoz kapcsolódóan fontos a helyesen felvett szivárgási tényező. A szakirodalmi hivatkozások a szivárgási tényezőkre a talajtípusokhoz kapcsolódóan adnak meg értékeket, amelyek között akár jelentős átfedések is tapasztalhatók (Vermes, 1997):

Talaj	Szivárgási tényező (cm/s)
Agyag	10^{-7}
Homokos agyag	10^{-7} - 10^{-5}
Agyagos homok	10^{-5} - 10^{-3}
Iszap	10^{-3} - 10^{-2}
Tőzeg	10^{-4} - 10^{-3}
Finom homok	10^{-4} - 10^{-3}
Homok	10^{-3} - 10^{-2}
Durva homok	10^{-2} - 10^{-1}

1. táblázat A talajok szivárgási tényezője Forrás: Vermes, 1997

A hidraulikus vezetőképesség és permeabilitás értékei 12-13 nagyságrendű skálán mozognak (3. ábra). Értékeik legalább nagyságrendi ismerete fontos. A jó vízvezetők K tényezője 10^{-2} - 10^{-5} m/s (kavics, kavicsos homok, homok), a gyenge vízvezetők, vízfogók 10^{-5} - 10^{-9} m/s (finom homok, iszap, lösz), míg az agyagok igen jó vízfogók, ezek vezetőképessége 10^{-9} m/s-nál is alacsonyabb értékű (Freeze & Cherry, 1979).



3. ábra Különböző kőzet és üledék típusokra jellemző hidraulikus vezetőképesség (K) értékek Forrás: Freeze és Cherry, 1979.

Tekintettel a vizsgálati terület természetes talajadottságaira (Kozák, 2013) a vizsgálati területen az alábbi hidraulikus vezetőképességi értékek vannak jelen (Várallyay, 2006) alapján:

Fizikai talajféleség	Telített talaj hidraulikus vezetőképessége		Kiterjedés az ATIVIZIG területén	
	cm/nap	mm/h	km ²	%
Homok	>1000	>417	2405	28
Homokos vályog	100-1000	41,7-417	1039	12
Vályog	10-100	4,17-41,7	3039	36
Agyagos vályog	1-10	0,41-4,17	1547	18
Agyag	0,1-1	0,04-0,41	426	6

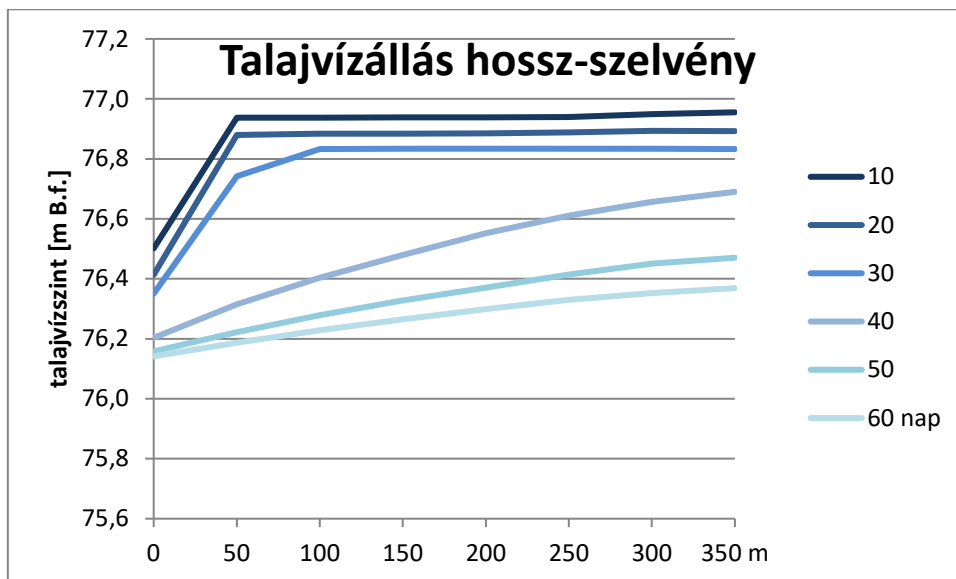
2. táblázat Vezetőképességi értékek és kiterjedésük a vizsgálati területen Forrás: Várallyay 2006

A vizsgálati terület talajadottságaihoz kapcsolódóan látható, hogy a homok és a vályog talajú területek dominanciája jellemző.

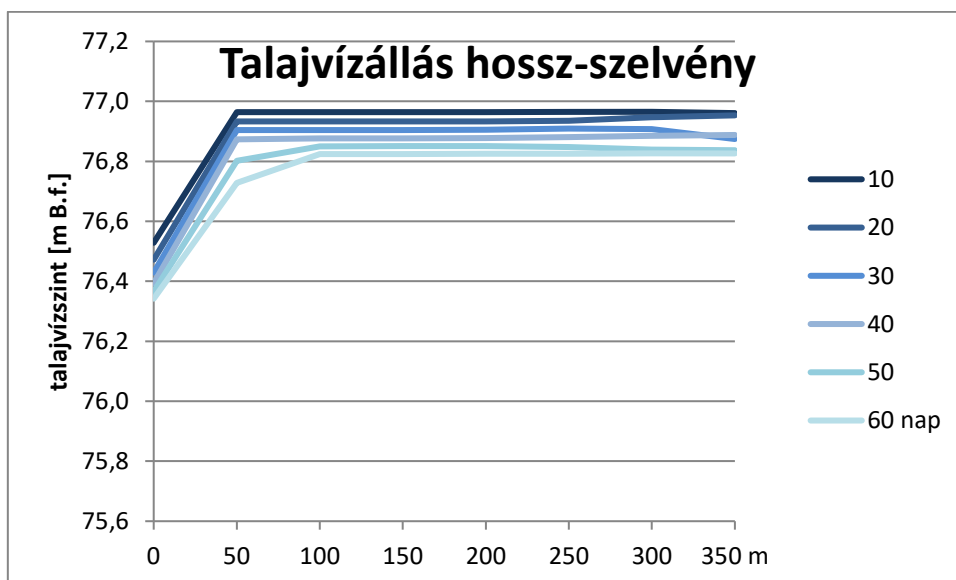
3. A vizsgálati eredmények

A szimulációs vizsgálatok során a különböző talajfajták esetében meghatározásra került a talajvíz helyzete az előzetesen meghatározott távolságokban. A talajfajták, illetve azok modellbe beépített szivárgási tényezői igazodtak az Alsó-Tisza vidékének meghatározó talajfizikai jellemzőihez (Kozák, 2013).

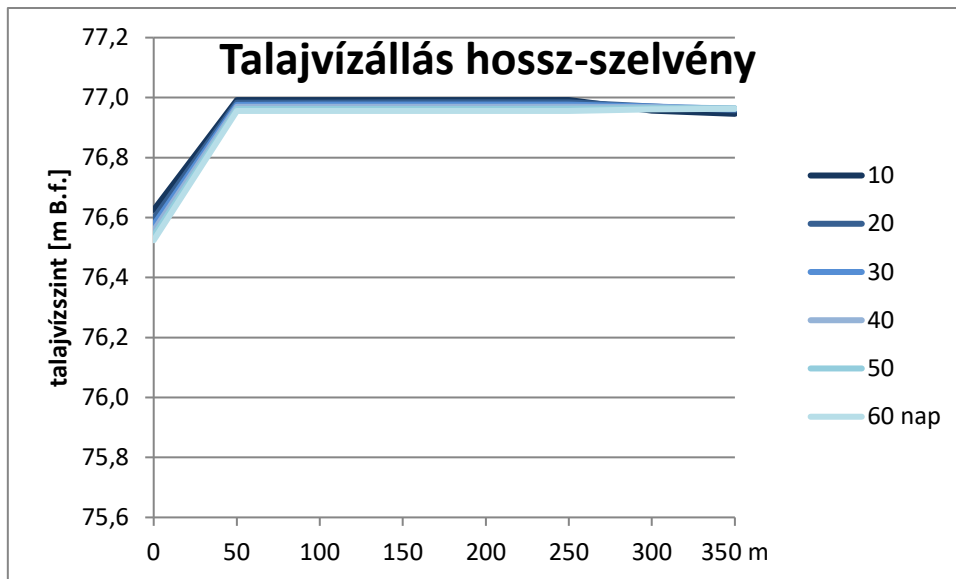
A vizsgálati eredmények az alábbi ábráson kerülnek bemutatásra:



4. ábra 25 m távolságban lévő elöntés, $k=10^{-5}m/s$ Készítette: Benyhe B. 2023.



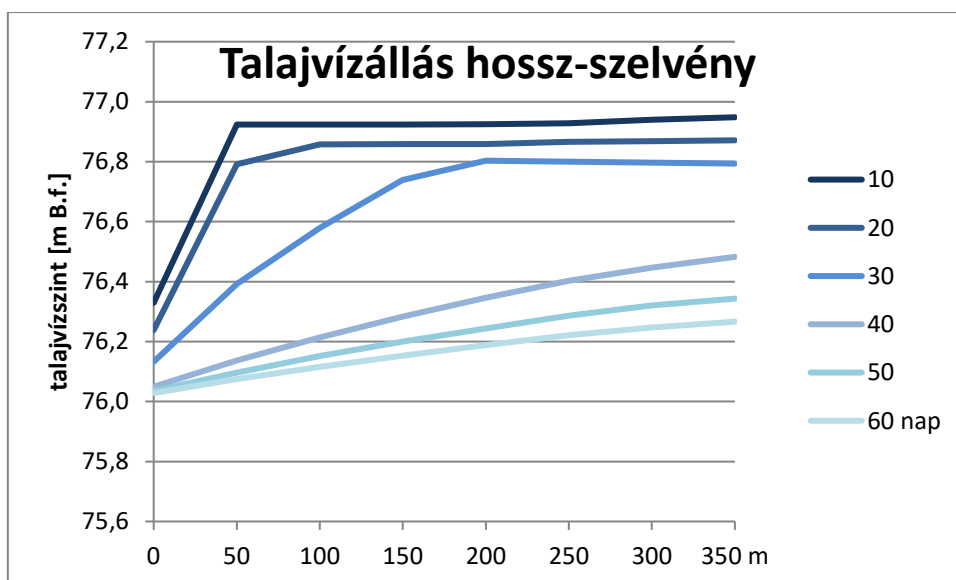
5. ábra 50 m távolságban lévő elöntés, $k=10^{-5} m/s$ Készítette: Benyhe B. 2023.



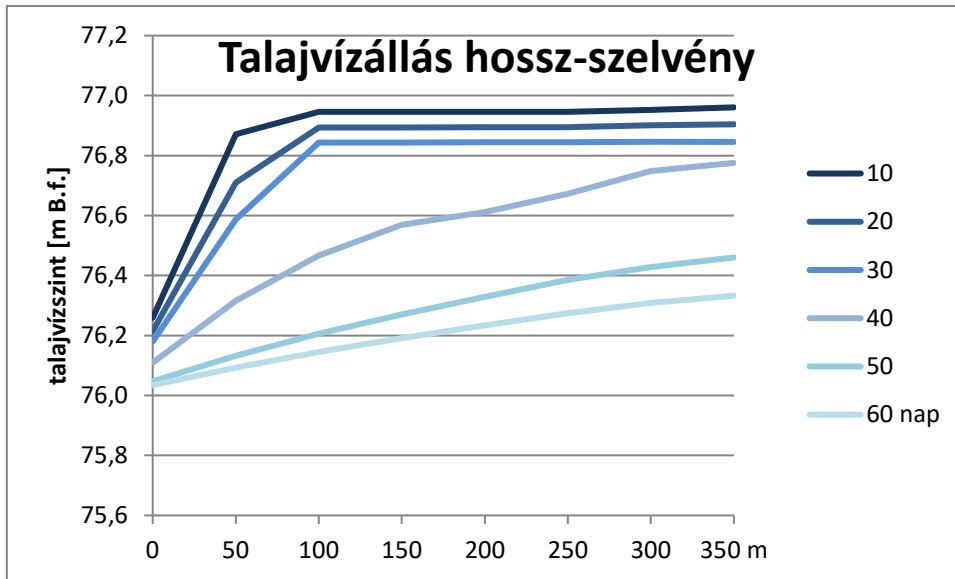
6. ábra 100 m távolságban lévő előntés, $k=10^{-5}$ m/s Készítette: Benyhe B. 2023.

Az ábrák alapján megállapítást nyert, hogy a $k=10^{-5}$ m/s szivárgási tényezőnél, csekély mértékben csökkentek a kialakuló talajvízszintek a vizsgálati időszak alatt. A vizsgálati sor végrehajtása után megállapításra került, hogy a $k=10^{-5}$ m/s szivárgási tényezőjű talajfajták esetében a csatornák maximális távolhatásának mértéke $L=100$ m.

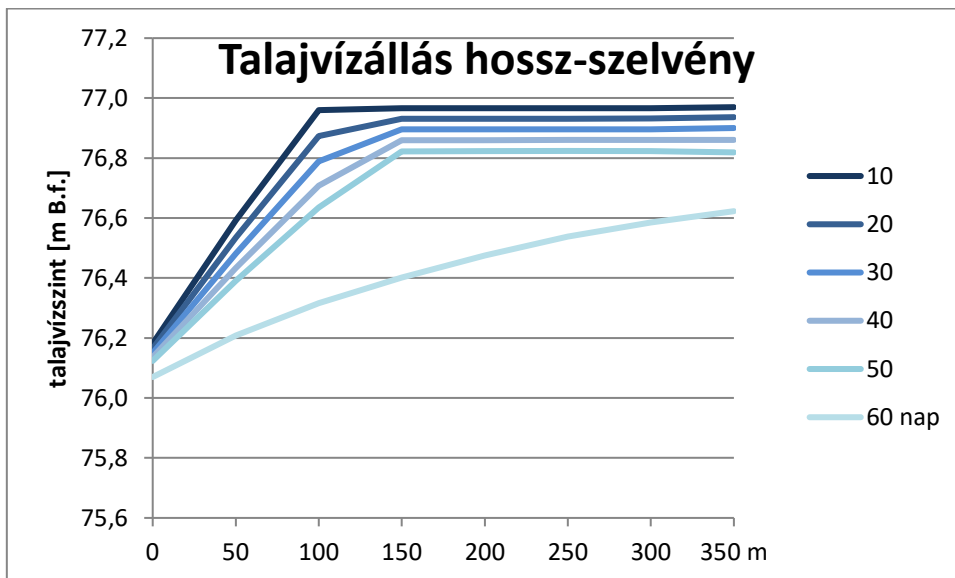
A vizsgálatok második szakaszában a modellben a $k=10^{-5}$ m/s szivárgási tényező értéke került változtatásra $k=10^{-4}$ m/s-ra, mely alapján meghatározásra kerültek a talajvízszintek. Az eredményeket az alábbi ábrsorozat mutatja be:



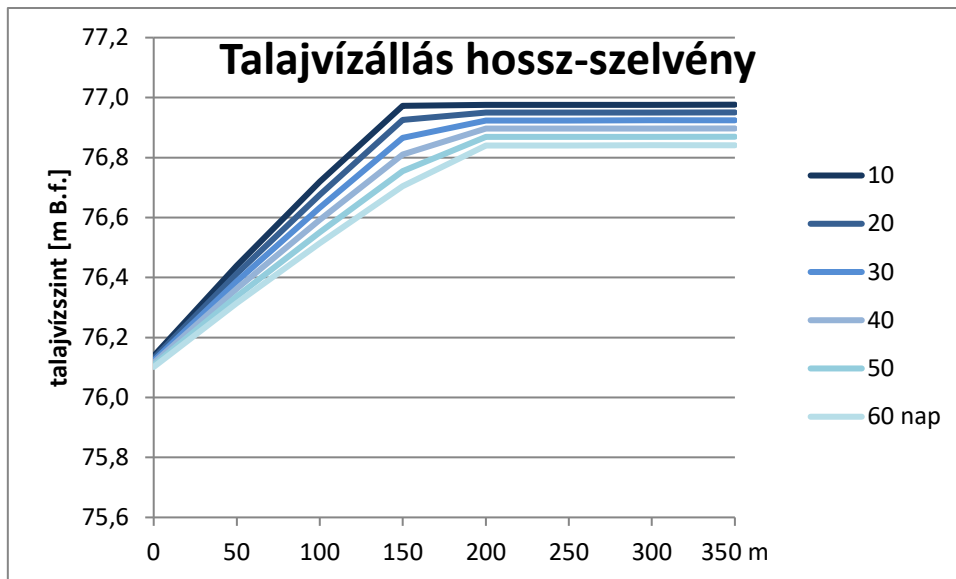
7. ábra 25 m távolságban lévő előntés, $k=10^{-4}$ m/s Készítette: Benyhe B. 2023.



8. ábra 50 m távolságban lévő előntés, $k=10^{-4}$ m/s Készítette: Benyhe B. 2023.



9. ábra 100 m távolságban lévő előntés, $k=10^{-4}$ m/s Készítette: Benyhe B. 2023.



10. ábra 150 m távolságban lévő elöntés, $k=10^{-4}$ m/s Készítette: Benyhe B. 2023.

A szimulációs eredmények alapján, megállapítható, hogy a felvett elöntés távolságától függően -az idő függvényében- egyre kisebb mértékű annak a talajvízszintre gyakorolt hatása. A talajvízszintek egyre csökkenő mértékű süllyedése ráirányítja a figyelmet a csatorna leszívó hatásának távolsággal fordítottan csökken. Amíg a 25 m-re feltételezett elöntés esetében a maximális vizsgálati időtartam alatt a talajvíz szintje mintegy 70 cm-t süllyedt, addig a 150 m-re feltételezett elöntés esetében a süllyedés mértéke ugyanezen időtartam alatt nem érte el a 20 cm-t. A vizsgálatok során feltételezésre került, hogy a kialakuló leszívási görbe minden esetben a csatornában feltételezett vízszintbe köt be. A vizsgálati sor végrehajtása után megállapításra került, hogy a $k=10^{-4}$ m/s szivárgási tényezőjű talajfajták esetében a csatornák maximális távolhatásának mértéke $L=150$ m.

A vizsgálatok következő szakaszában a vizsgálati terület jellemző talajfajtáira vonatkozóan - a fenti vizsgálati eljárás alkalmazásával - meghatározásra került a felszíni vízvezető hálózat távolhatása.

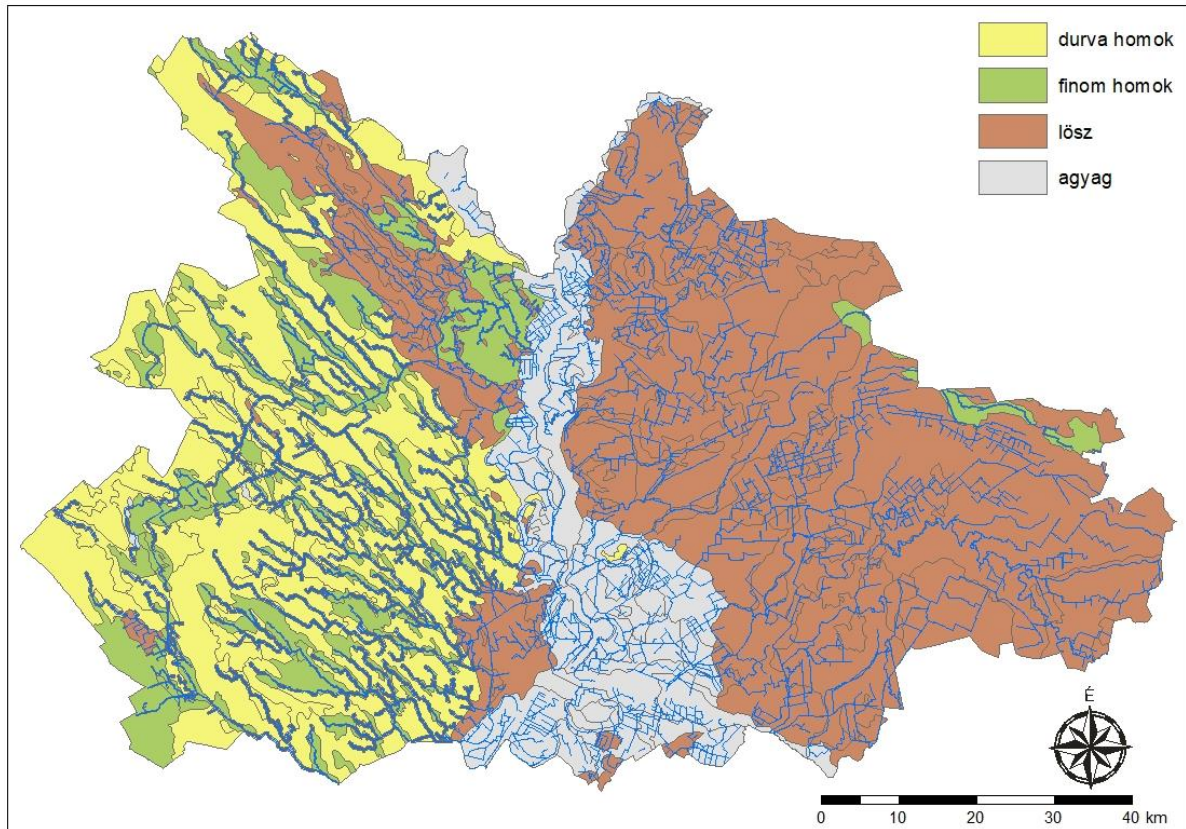
A kisebb szivárgási tényezők estében a távolhatás mértéke $L=80-100$ méter közötti távolságra adódott.

A kapott értékek összhangban vannak dr. Völgyesi István által a Duna-Tisza közti Homokhátság területén végrehajtott terepi vizsgálatainak eredményeivel.

4. A vizsgálati eredmények értékelése a vizsgálati területen

A meghatározott hatástávolságok felszerkesztésre kerültek az igazgatóság vízhálózati térképének digitális állományára. Ezáltal előállt a csatornahálózat hatástávolsági térképe. A

vizsgálati területen **6734 km** hosszú csatornahálózat található. Az igazgatóság vagyonkezelésében lévő csatornák esetében a távolhatással érintett terület **452 km²**-t tesz ki az igazgatóság által kezelt mintegy **4662 km** hosszúságú csatorna esetében. A nem állami kezelésű **2070 km** hosszú csatornahálózat esetében a hatásterület **200 km²**-re adódik.



3. ábra Vízvezető hálózat hatásterülete Készítette: Benyhe B. 2023.

Figyelembe véve, hogy a teljes vizsgálati terület mintegy **8400 km²** kiterjedésű, abból a csatornák távolhatásában érintett területek nagysága **652 km²**. A fentiek alapján a terület mintegy **8%-ának** vízvezetésében vesz részt a csatornahálózat, a távolhatással érintett területen kívül eső részről a maximális vizsgálati idő alatt nem a csatorna irányába szivárog a felszíni víz. Valószínűsíthető, hogy az áramlás vagy a mélyebb talajrétegek felé - függőleges irányú beszivárgással -, vagy bekapcsolódva valamely felszín alatti áramlási rezsimbe - a csatornák fenékszintjénél mélyebben - történik a víz elvezetése (Varsányi, Palcsu, & Kovács, 2011).

Fontos hangsúlyozni azt, hogy a vizsgálatok egyik fontos kiindulási feltétele volt a párolgás elhanyagolása –a távolhatás maximális potenciális értékének meghatározása érdekében-. A valós körülmények között a párolgás a vizsgálatok során feltételezett időtartamok alatt jelentős vízelvonást képes gyakorolni mind a felszín, mind a talaj vonatkozásában –tovább csökkentve a csatornák távolhatását.

5. Következtetések, javaslatok

A vizsgálatok során meghatározásra került a csatornák távolhatásának potenciális mértéke. A potenciális távolhatás területe jelentősen elmarad a vizsgálati terület kiterjedésétől. Mindezek alapján a csatornahálózat a csapadéktevékenység okozta terhelések elvezetésében közvetlenül csak kis területre – közvetlen távolhatás területe - kiterjedően vesz részt, illetve azon területekről vezet el felszíni vizeket, amelyekről összegyűjtött vizeket közvetlenül bevezetésre kerülnek.

A csatornák távolhatásának meghatározza és annak területi kiterjedése kijelöli azon területeket ahonnan a víz a vizsgálatok során feltételezett maximális 60 napon belül a csatornába tud jutni. Vagyis ennél távolabbi területekről a víz közvetlenül nem képes a csatornába jutni, tehát az ennél távolabbi területek víztelenítésére közvetlenül a csatorna nem képest hatást gyakorolni.

Napjainkban sokszor megfogalmazásra kerül, hogy a területen tapasztalható vízhiány kialakulásának elsődleges okozója a felszíni vízvezető hálózat, a meglévő csatornarendszer. A vizsgálati eredmények bemutatták, hogy a csatornába történő szivárgásnak a vizsgálati területen térbeli és időbeli korlátai vannak, vagyis messze nem képes akkora hatást gyakorolni a terület vízvezetésére, mint amekkorát tulajdonítanak számára.

Természetesen közvetett módon, a felszíni alatti vízáramlások - pl: talajvízáramlások - keresztezése révén a csatornába bejuthat távolabbi területekről érkező vízkészlet is. Azonban fontos azt rögzíteni, hogy a talajban történő a felszíni áramlási sebességekhez viszonyított több nagyságrenddel kisebb áramlási sebességek következtében ez a víztömeg szinte soha nem a közelmúlt csapadék tevékenységeiből származik, hanem azt jelentős idővel megelőzően bekövetkezett eseményekből származó és az aktuális nyomásviszonyok megváltozása révén a csatornába jutó vízmennyiség [5].

A vizsgálatok elsődleges célja a csatornák távolhatásának meghatározása volt a vizsgálati területen. A kapott eredmények alapján a vízrendszerek méretezését célszerű a jövőben új megközelítéssel elvégezni. Javasolt külön választani **a vízrendszert érő közvetlen terheléseket** –amelyek a csatorna közvetlen vízgyűjtőről érkeznek- és a talajvizek által **a csatornát közvetve érő terheléseket** elkülönítetten meghatározni.

A vizsgálatok más talajfizikai jellemzőkkel történő végrehajtásával további területek vízvezetési potenciáljáról kaphatunk teljesebb képet, más vízgyűjtőkre vonatkozóan.

Irodalomjegyzék

Freeze, A., & Cherry, J. (1979). *Groundwater*. Englewood Cliffs, New Jersey 07632: Prentice-Hall, Inc.

Kozák, P. (2013). *Belvizek kezelésének lehetőségei az Alsó-tiszai vízgyűjtőkön a 2010/11 és a 2013. évi belvizek tapasztalati alapján* (Magyar Hidrológiai Társaság XXXI. Országos Vándorgyűlés. kötet). Budapest: Magyar Hidrológiai Társaság. Forrás: www.hidrologia.hu/mht/letoltes/vgy2013_programfuzet.pdf

Várallyay, G. (2006). *Magyarország talajainak vízraktározó képessége* (Agrokémia és Talajtan. kötet). Budapest: Akadémiai Kiadó.

Varsányi, I., Palcsu, L., & Kovács, L. (2011). *Groundwater flow system as an archive of palaeotemperature: Noble gas, radiocarbon, stable isotope and geochemical study in the Pannonian Basin* (Applied Geochemistry. kötet). Elsevier. Forrás: www.elsevier.com/locate/apgeochem

Vermes, L. (1997). *Vízgazdálkodás*. Budapest: Szakktudás Kiadó Ház Rt.