

MŰSZAKI FÖLDTUDOMÁNYI KÖZLEMÉNYEK

A Miskolci Egyetem közleménye
86. kötet, 1. szám (2017)



MISKOLCI EGYETEMI KIADÓ
2017

A kiadvány főszerkesztője:

DR. KOVÁCS FERENC
az MTA rendes tagja
a Műszaki Földtudományi Kar Szerkesztőbizottságának elnöke

Szerkesztő:

DR. GOMBKÖTŐ IMRE
egyetemi docens
Miskolci Egyetem
Nyersanyagelőkészítési és Környezeti Eljárástechnikai Intézet

ISSN 2063-5508

TARTALOMJEGYZÉK

<i>Kovács Ferenc:</i>	
Köszöntő	5
<i>Faitli József:</i>	
Kontinuitási elmélet diszperz anyagrendszerek különféle berendezésekben való eltérő viselkedésének a jellemzésére	11
<i>Debreczeni Ákos:</i>	
Gondolatok a biztosítószerkezetek célszerű beépítési idejéről és a pótbiztosítások szerepéről	23
<i>Szabó Roland–Mucsi Gábor:</i>	
Lignittípusú, pernyealapú, geopolimer habok előállítására és tulajdonságai	30
<i>Mádai Ferenc–Hámor Tamás:</i>	
A nyersanyagkutatás engedélyeztetésének hatékonysága az EU tag- államaiban a MINLEX-tanulmány adatainak tükrében	40
<i>Magyar Tamás–Horváth Ágnes–Gombkötő Imre</i>	
Elhasznált nyomtatott áramkört lapok mechanikai előkészítése az értékes fémek visszanyerése érdekében	50
<i>Turai Endre–Ilyés Csaba–Szűcs Péter:</i>	
Talajvízszint-adatok spektrális feldolgozásának eredményei	60
<i>Zákányi Balázs–Szűcs Péter–Kántor Tamás–Székely István–Farkas Géza:</i>	
Egy perlitbánya meddőhányójának megcsúszását kiváltó hidro(geo)lógiai okok vizsgálata	69
<i>Zákányiné Mészáros Renáta–Vadászi Marianna:</i>	
A szénhez kötött metán (CBM) mint nem hagyományos energiaforrás – Általános helyzetkép	80
<i>Molnár József–Tompai Richárd:</i>	
A bányászati tervezés Bányászati és Geotechnikai Intézetben kialakított számítógépes módszerei	87
<i>Horváth Ágnes–Gombkötő Imre–Nagy Sándor:</i>	
Másodnyersanyag gazdálkodás az elektronikai hulladékok vonatkozásában, valamint két példa mechanikai úton történő dúsításra	95
<i>Nyíri Gábor–Zákányi Balázs–Szűcs Péter:</i>	
Parti szűrőrendszerek hidrodinamikai modellezése az MNV2-modul segítségével	107
<i>Vadászi Marianna–Zákányiné Mészáros Renáta:</i>	
A szénhez kötött metán környezeti hatásai	118

<i>Galyas Anna Bella–Szunyog István–Tihanyi László:</i>	
Az egységes európai gázminőségi előírások hatása a hazai földgázellátó rendszerbe betáplált gázminőségekre	129
<i>Gombkötő Imre–Debreczeni Ákos–Bárányné Frucht Éva–Böhm József:</i>	
Talajvíz uránmentesítésére használt reaktív gát hosszútávú működésének vizsgálata	138
<i>Magyar Tamás–Virág Zoltán:</i>	
Elektronikai hulladékok kritikus elemeinek primer fellelhetősége.....	145
<i>Majoros Livia:</i>	
Toxikus fémek dúsulásai és azok földtani háttere tokaji-hegységi rekultivált hulladéklerakó helyeken.....	154
<i>Tihanyi László–Szunyog István:</i>	
Szén-dioxid-kibocsátás – Tények és remények	171
<i>Túrai Endre–Szilvási Marcell:</i>	
Rekultivált hulladéklerakó szennyezettségének vizsgálata.....	181
<i>Mucsi Gábor–Szutorcsik Lilla–Gombkötő Imre–Csőke Barnabás:</i>	
Különböző módon előkészített mészkő minták örölhetőségi és közetfizikai jellemzői.....	193
<i>Bokányi Ljudmilla:</i>	
Kétparaméteres flotáláskinetikai modell szemcsék kölcsönhatásával	206

PARTI SZŰRÉSŰ RENDSZEREK HIDRODINAMIKAI MODELLEZÉSE AZ MNV2-MODUL SEGÍTSÉGÉVEL

NYIRI GÁBOR¹–ZÁKÁNYI BALÁZS²–SZÜCS PÉTER³

Absztrakt: Magyarország ivóvízellátásában fontos szerepet játszanak a parti szűrésű vízbázisok. Ezen vízbázisokra támaszkodik a hazai vízellátás mintegy 35–40%-ban, valamint távlati vízbázisaink 75%-ban. A parti szűrésű vízbázisok fő víztermelő műtárgyai a csápos kutak, melyek megfelelő módon, és területre telepítve, a csökutakkal szemben nagy hozamot tudnak szolgáltatni. Munkánk során a csápos kutak hidraulikai viszonyaival foglalkozunk. A Leo Ranney által kifejlesztett kúttípus manapság a parti szűrésű rendszerek fontos vízkivételi műve, mely a világ nagy folyói mentén megtalálhatóak. Célunk, hogy a Modflow programcsomag MNV2-moduljának alkalmasságát vizsgáljuk a csápos kutak hidraulikai modellezésére, független számítástechnikai eszközök segítségével. Célunk az MNV- modul kalibrálása, melyet két független modellezési eljárás eredményéhez viszonyítunk. A kalibrálás szükséges lépés ahhoz, hogy a későbbiekben valós földtani környezet modellezésére is sor kerüljön.

Kulcsszavak: Hidrodinamikai modellezés, parti szűrésű rendszerek, MNV2 modul

BEVEZETÉS

Hazánk stratégiai vízügyi ágazata az ivóvízellátás, ahol kitüntetett szerepet kapnak a parti szűrésű vízbázisok. A parti szűrés jogszabályban foglalt definíciója a következő: felszíni víz közelében lévő felszín alatti vízbázis, melyben a vízkivételi művek által termelt víz utánpótlódása 50%-ot meghaladó mértékben a felszíni vízből történő beszivárgásból származik (123/1997. [VII. 18.] Korm. rendelet). Az országos ivóvízellátás mintegy 35–40%-a parti szűrésű vízbázisból származik. Ma Magyaror-

¹ Nyiri Gábor
PhD-hallgató,
Miskolci Egyetem, Hidrogeológiai – Mérnökgeológiai Intézeti Tanszék
hgnyg@uni-miskolc.hu

² Dr. Zákányi Balázs
egyetemi adjunktus,
Hidrogeológiai-Mérnökgeológiai Intézeti Tanszék, Miskolci Egyetem
hgzb@uni-miskolc.hu

³ Dr. Szűcs Péter
egyetemi tanár,
Hidrogeológiai-Mérnökgeológiai Intézeti Tanszék, Miskolci Egyetem,
MTA–ME Műszaki Földtudományi kutatócsoport
hgszucs@uni-miskolc.hu

szágon a lakosság 40%-a; közel négymillió ember napi vízigényét fedezik parti szűrészű vízbázisokból. Távlati ivóvízbázisaink 75%-a parti szűrészű, vagyis a jövőbeli vízkészlet-gazdálkodásban is óriási szerepet játszanak (KÁRMÁN 2013).

Ezen vízbázisok fő vízkivételi műtárgya a kút, illetve a kutak egy speciális típusa a csápos kút. Ezen kúttípusra jellemző, hogy egy függőleges aknából úgynevezett csápokot hajtanak ki, vízszintes, vagy közel vízszintes irányban. Előnyük, hogy egy kút segítségével a hasznos szűrőfelület megnövekszik, ezáltal nagyobb hozamot lehet elérni.

Munkánk során ezen csápos kutak szivárgáshidraulikai viszonyaival foglalkozunk. Célunk, hogy a Modflow MNV2-modulját kalibráljuk független szoftverek segítségével, és ezáltal meggyőződjünk a modul használhatóságáról, illetve használati korlátairól.

1. PARTI SZÜRÉS A HAZAI VÍZGYŰJTŐ-GAZDÁLKODÁSI TERVBEN

Az Európai Unió számára fontos, hogy fenntartható vízgazdálkodást folytassunk, hiszen a víz „örökség”, melyet jelen korunkban úgy kell használnunk, hogy a jövő nemzedéke számára is elérhető legyen a megfelelő minőségű és mennyiségű ivóvíz. Ezen megfontolásból jött létre az EU vízpolitikája, a *Víz Keretirányelv*, mely 2000. december 22-én lépett hatályba az EU tagállamaiban, és hazánk csatlakozása óta Magyarországra nézve is kötelező. A *Víz Keretirányelv* célja, hogy felszíni, és felszín alatti vizeink, valamint a vizekkel kapcsolatban lévő védett területek jó állapotba kerüljenek. E célok eléréséhez szükséges intézkedéseket a Vízgyűjtő-gazdálkodási Terv foglalja össze.

A Vízgyűjtő-gazdálkodási Terv a felszín alatti vizeket a következőképpen kezeli:

Felszín alatti víznek nevez minden olyan vizet, ami a föld felszíne alatt a telített zónában helyezkedik el és közvetlen kapcsolatban van a földfelszínnel vagy az altalajjal. Felszín alatti víztestnek nevezi a felszín alatti víznek egy víztartón vagy víztartókon belül lehatárolható részét.

A geológia alapján háromféle felszín alatti víztartó típust különít el:

- porózus (uralkodóan törmelékes üledékes kőzetekben),
- karszt (karbonátos kőzetekben),
- hegyvidéki (hegyvidékek vegyes összetételű kőzeteiben, kivéve a főkarsztot).

A porózus, és karszt esetében a hőmérséklet alapján megkülönböztet hideg ($T < 30\text{ °C}$), valamint termál ($T > 30\text{ °C}$) vizeket.

Sérülékenység szempontjából a porózus víztesteket sekély (hagyományosan úgynevezett „talajvíz”), illetve nem sekély (hagyományosan „rétegvíz”) részre osztja. Ezen felosztás alapján a sekély porózus hideg vizek közé sorolja a parti szűrészű rendszereket is. A sekély porózus víztestek számát részvízgyűjtőként az 1. táblázat mutatja, mely alapján láthatjuk, hogy a 185 víztest közül 55 ebbe a kategóriába tartozik.

1. táblázat

Sékely porózus víztestek száma részvízgyűjtőkén

	Sékely porózus víztestek száma
Duna részvízgyűjtő	23
Tisza részvízgyűjtő	22
Dráva részvízgyűjtő	5
Balaton részvízgyűjtő	5
Magyarország	55

t

A VGT adatbázisában 15 db víztesten 91 db parti szűrészű vízbázis van, melyből 51 db üzemelő, és 41 db távlati. A víztestek közül 7 db van, melyen csápos kúttal történő vízkivétel zajlik, ezen 7 víztestet a 2. táblázat szemlélteti.

2. táblázat

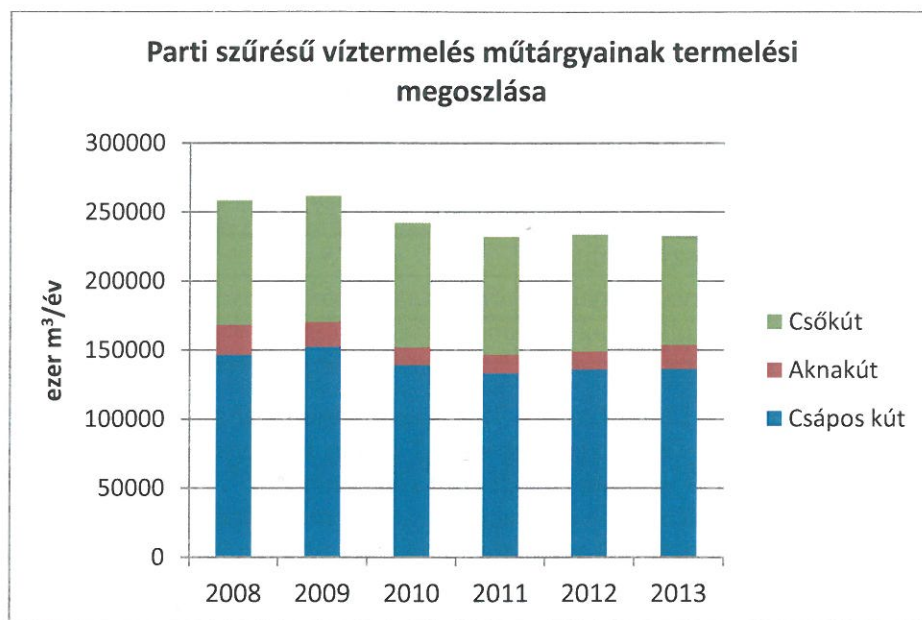
Csápos kúttal termelt víztestek

Víztestek, melyekben csápos kúttal történő vízkivétel zajlik	
Víztest kódja	Megnevezés
sh 1. 6.	Dunántúli-középhegység – Duna-vízgyűjtő Visegrád – Budapest
sp 1. 13. 1.	Duna bal parti vízgyűjtő – Vác-Budapest
sp 1. 13. 2.	Szentendrei-sziget és egyéb dunai szigetek
sp 1. 14. 2.	Duna-Tisza köze – Duna-völgy északi rész
sp 1. 4. 2.	Dunántúli-középhegység északi peremvidéke hordaléktér
sp 1. 9. 1.	Duna jobb parti vízgyűjtő – Budapest-Paks
sp 3. 1. 1.	Mura-vidék

(VGT alapján)

Parti szűrészű vízbázisok termelésére főként a következő kúttípusokat használjuk a magyar gyakorlatban: a „hagyományos” csókutak, aknakutak, valamint a csápos kutak. A csápos kutak előnye a csókutakkal szemben, hogy a vékony vízadók esetében a szűrők vízszintes elhelyezésével megnövekedik a hasznos szűrőfelület, ezáltal nagyobb hozamot érhetünk el egy kút telepítésével.

A VGT 2008 és 2013 közötti időszakra vonatkozóan termelési adatokat is megad, mely alapján látszik a csápos kutak víztermelésének nagy aránya. A különböző vízkivételi művek termelésének arányát szemlélteti az 1. ábra.



1. ábra: Kúttípusok víztermelésének megoszlása (VGT alapján)

Az 1. ábrán láthatjuk, hogy a parti szűrésű rendszerek vízkivételi művei között előkelő helyet foglalnak el a csápos kutak, melyek a vizsgált öt év alatt a parti szűrésű vízkivételek több mint felét, átlagosan 140,4 millió m³ vizet termeltek évente. Megvizsgáltuk azt, hogy egy adott víztermelő mű milyen darabszámmal éri el ezt a termelési arányt, melyet a 3. táblázat mutat.

3. táblázat

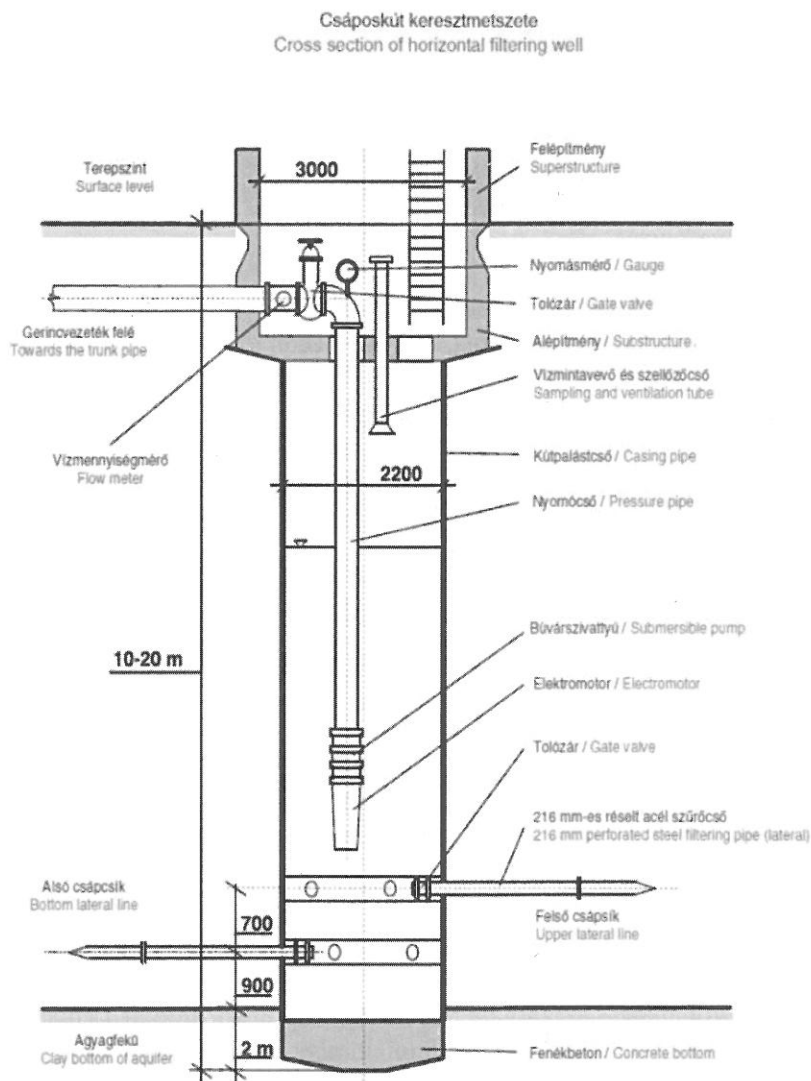
Vízkivételi művek száma, és termelési aránya

	Száma	Víztermelési hányad (%)
Csápos kutak	221	59
Aknakutak	31	7
Csőkutak	894	34

A 3. táblázatban látható, hogy Magyarországon nagyjából négyszer annyi parti szűrésű rendszerre telepített csőkút található, mint csápos kút, a parti szűrésű víznek viszont csak 34%-át termelték.

A VGT adatait figyelembe véve megállapítható, hogy hazánk ivóvízellátása körülbelül 35%-ban parti szűrésű rendszerekre épül, és a teljes ivóvízellátás körülbelül 20%-a csápos kutak segítségével valósul meg. Ezek alapján fontos a csápos kutak hidraulikai viszonyainak minél jobb megismerése, hogy üzemeltetésük, és védelmük minél hatékonyabban működjön.

2. CSÁPOS KUTAK FELÉPÍTÉSE, KIALAKÍTÁSA



2. ábra: A Duna-kút Kft. által kivitelezett csápos kút típus
(Forrás: Duna-Kút Kft.)

A csápos kutak feltalálója Leo Ranney, aki ezen kúttípusokat sekély mélységű olajtárolók termeltetésére alkalmazta (SZÉKELY 2011). Első alkalmazására 1927-ben Texas államban került sor. Hamar kiderült azonban, hogy ezen kúttípusok, nem csak az olajtermelésben hasznosíthatóak, hanem a folyók menti kavicsteraszok megcsapolására is alkalmasak. Első vízügyi alkalmazása 1933-ban Londonban történt (CHITTARANJAN et al. 2002).

Előnyük a függőleges kutakkal szemben, hogy vékony vízadók esetében a szűrők vízszintes elhelyezésével megnövekedik a hasznos szűrőfelület, ezáltal nagyobb hozamot érhetünk el egy kút telepítésével. A Duna-Kút Kft. által tipikusan kialakított csáposkút típust szemlélteti a 2. ábra.

A kútkialakítás menete a következő:

- kútna süllyesztése,
- csápok kihajtása,
- tisztító szivattyúzás.

A csápok kihajtása többféle módon történhet:

- Ranney-módszer, melynek alapja, hogy a kőzetet víznyomással fellazítják, és a szűrő behelyezése sajtolással történik.
- A Fehlmann-módszer esetében először egy béléscsővet helyeznek el a vízadóban, majd később kerül bele a szűrőcső a béléscső visszahúzásával.
- A Preussag-módszer a Fehlmann-módszer továbbfejlesztett változata, ugyanis az eredeti formáció, és a szűrőcső közé egy kavics szűrőréteget helyeznek el (BABAC et al. 2009).

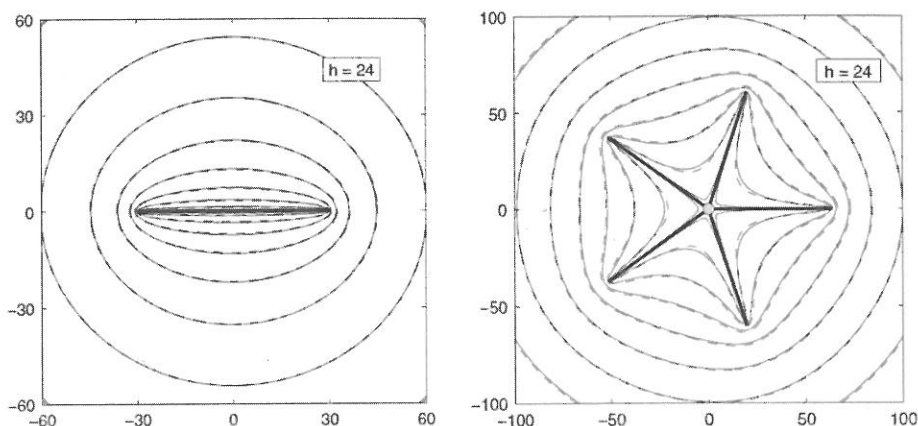
3. A MODELL FELÉPÍTÉSE, ÉS A KALIBRÁCIÓ MENETE

A modellezéshez a Groundwater Modeling System 10.1-es verzióját alkalmaztuk, melyben a Modflow programcsomag megtalálható. A Modflow szoftver egyik modulja a Multi Node Well 2 (MNV2), mely egy olyan véges differenciámódszert alkalmazó program, amely egyaránt alkalmas több szinten szűrőzött kutak, horizontálisan elhelyezett, valamint ferdén fűrt kutak szivárgási viszonyainak szimulálására.

A modellezés során a következő paramétereket kellett megadnunk a csápokra vonatkozóan:

- csápok mélysége,
- csápok átmérője,
- csápok hossza,
- csápokra vonatkozó szivárgási veszteség számítási módját (Thiem, Skin, General)

A kalibráció alapja Bakker, és szerzőtársai, valamint dr. Székely Ferenc munkája alapján történt. A szerzők két kúttípust vizsgáltak: egy vonalban elhelyezett, valamint egy ötágú csápos kutat (3. ábra). Bakker és szerzőtársai az analitikus elemek módszerét alkalmazta egy 3D-s verzióban, valamint egy többretegű esetben, míg dr. Székely Ferenc az általa kifejlesztett Colwell-szoftvert használta, mely fél analitikus módszert alkalmaz (SZÉKELY, 2011). A kutak és a földtani környezet modellezéséhez szükséges paramétereit az 4. táblázat tartalmazza. A peremfeltételeket tekintve minden esetben fix peremeket alkalmaztunk. A modell vastagságnak megfelelő kezdeti vízszinttel (24 m).



3. ábra: Egy vonalban elhelyezett, és ötágú csápos kút
(BAKKER et al. 2005).

4. táblázat

A modellre vonatkozó fontosabb adatok

	Csápok egy vonalban	Ötágú csápos kút
Szivárgási tényező (m/d)	150	150
Modell vastagsága (m)	24	24
Csápok mélysége (m)	21	21
Csápos kút hozama (m ³ /d)	12 000	60 000
Csáphossz (m)	30	60
Csápok belső sugara (m)	0,15	0,15

Elsődleges célunk az, hogy meghatározott pontokon a megfelelő modellezési körülmények megválasztásával közelítőleg hasonló vízszinteket kapjunk az MNV2 segítségével, mely bizonyítja majd az MNV2-modul alkalmasságát. A modellezés során körvonal menti utánpótlódást szimuláltunk, vagyis a kúthoz csak oldalsó irányból áramlik víz, nincs csapadék, illetve folyó hatás. A kalibrációhoz a következő adatokat használtuk:

- a kút közepétől számított 100 m távolságban lévő vízszint,
- vízszint a legfelső rétegben ($x = 0$; $y = 0$ helyen),
- vízszint a csápok mélységében ($x = 0$; $y = 0$ helyen).

A modell felépítése után lefuttattuk a programot, majd a fent említett vízszinteket megvizsgáltuk. Elsőként a kút közepétől számított 100 m távolságban lévő vízszint vizsgálata történt meg (ezt tekintik a már említett szerzők a tápterület határának). Amennyiben a vízszint nem 24 méternek adódott, a fix peremek vízszintjeit a különbséggel növeltük, így elérve azt, hogy 100 m távolságban a vízszint 24 m legyen,

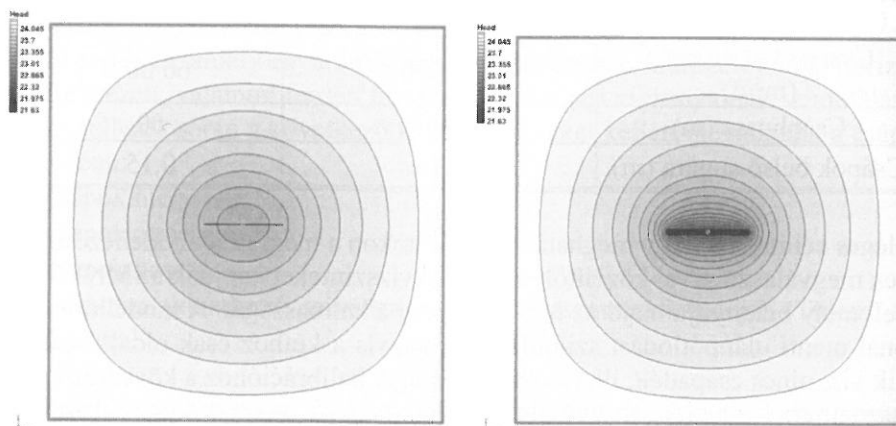
és így összehasonlítható legyen a fent említett szerzők modellezésével. Mindezek után a modell közepén ($x = 0$; $y = 0$ helyen) történő vízszintek vizsgálata történt meg. Amennyiben nem adtak két tizedesig azonos értéket a Bakker és szerzőtársai által, valamint Székely Ferenc eredményeivel, a modellt pontosítottuk. A pontosítás eszközei a következők:

- rétegek számának növelése,
- rácsháló osztásközeinek sűrítése,
- modell területének növelése,
- skin-hatás figyelembe vétele.

Amint a módszerek egyikével változtattuk a modellt, újból megvizsgáltuk a már említett vízszinteket, és újból végeztük a kalibrálást. A megfelelő pontosságot jelenleg még nem sikerült elérnünk, tehát egy folyamatban lévő munkáról beszélhetünk.

4. EDDIG ELÉRT EREDMÉNYEK

Mindkét csápos kút típusnál törekedtünk arra, hogy a lehető legjobban közelítsük a vízszinteket. Az eddig elért eredményeket az alábbiakban közöljük: Az egy irányban létesített csápos kút, valamint az ötágú csápos kút esetében is elmondható, hogy a modellezési körülményeket eddig a rácsháló sűrítéssel, valamint a rétegek számának növelésével módosítottuk, tehát eddig nem használtunk ki minden változtatási lehetőséget. Mindezek ellenére elmondható, hogy közelítünk a jó megoldás felé.



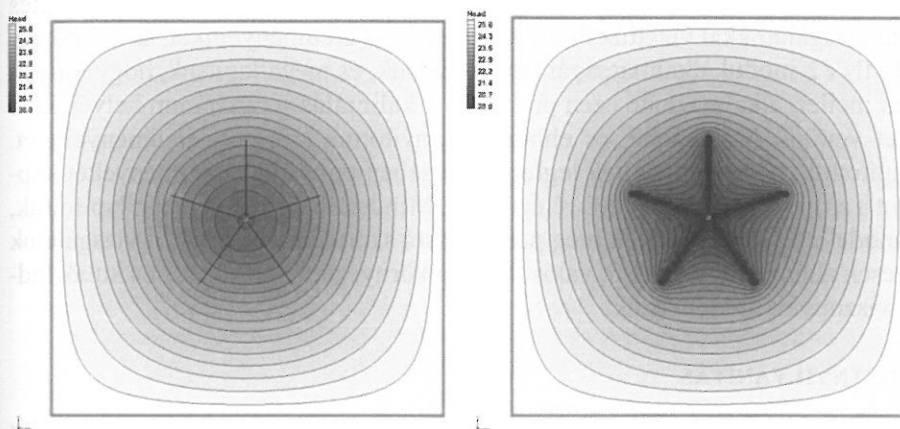
4. ábra: Vízszintek az első rétegben, valamint a csáp mélységében (egy vonalban létesített csápok).

Az egyirányban létesített csáp esetén a 4. ábra mutatja a kialakult vízszinteket az első rétegben, valamint a csáp mélységében, a legjobb közelítés viszonylatában. A számszerűsített összehasonlítást az 5. táblázat mutatja. Az AEM, illetve a 3D AEM rövidítések a Bakker és szerzőtársainak eredményeire utalnak, míg a Colwell a dr. Székely Ferenc által kifejlesztett program eredményeit mutatja.

5. táblázat
Vízszintek összehasonlítása (egy vonalban létesített csápok)

	MNV2	AEM	3D AEM	COLWELL
Vízszint az első rétegben (m)	23,289	23,42	23,43	23,43
Vízszint a csápban (m)	21,649	23,34	22,41	22,39

A 5. táblázatban szereplő vízszinteket látva elmondható, hogy a legfelső rétegben lévő vízszintek jobban közelítik a kívánt értékeket, míg a csáp mélységében lévő vízszintek nagyobb eltérést mutatnak. A nagyobb eltérés oka lehet a skin-hatás figyelmen kívül hagyása, melynek megállapítása további vizsgálatokat igényel.



5. ábra: Vízszintek a legfelső rétegben, valamint a csáp mélységében (ötágú csáposkút)

Az 5. ábra mutatja az ötágú csápos kút esetében kialakuló vízszinteket a legfelső rétegben, valamint a csáp mélységében. A számszerűsített értékek a 3. táblázatban láthatóak.

6. táblázat
Vízszintek összehasonlítása (ötágú csápos kút)

	MNV2	AEM	3D AEM	COLWELL
Vízszint az első rétegben (m)	21,5	21,44	21,46	21,45
Vízszint a csápban (m)	20,09	20,74	20,82	20,78

Az 5. ábrán lévő vízszint eloszlásról elmondható, hogy a csáp mélységében az úgynevezett pókhálós forma jól kirajzolódik, míg a legfelső rétegben ez már elkenet jelentkezik. A vízszintek összehasonlításánál ugyanaz figyelhető meg, mint az egy

irányban létesített csáposkútnál, miszerint a felsőbb rétegben jobban sikerült közelíteni a vízszintet mint a csáp mélységében, feltehetően ugyanazon okokra visszavezethetően.

Mindezen eltérések tudatában a modellek pontosítása még nem ért véget, a többi pontosításhoz eszközzel kívánjuk bemutatni a későbbiekben az MNV2 modul alkalmasságát.

ÖSSZEFOGLALÁS

Munkánkban a parti szűrésű vízbázisok egyik kiemelt vízkivételi művével, a csápos kutakkal foglalkoztunk. Megvizsgáltuk a parti szűrésű rendszerek termelésében lévő szerepüket, és megállapítottuk, hogy a hazai ivóvízellátásban nagy jelentőséggel bírnak, hiszen az ivóvíztermelés nagyjából 20%-ban támaszkodik ezen kúttípusokra. Hidraulikai modellezést végeztünk két típusú csápos kútra, egyik esetben egy egyenes vonalban létesített, másik esetben egy ötágú csápos kútra vonatkozóan. Előzetes független vizsgálatokkal vetettük össze a modellezési eredményeinket, és célunk az, hogy az MNV2-modul alkalmasságát bebizonyítsuk, és megállapítsuk, hogy milyen feltételek mellett alkalmazható ezen program. A kalibrálás során három helyen lévő vízszintet vettünk figyelembe, és ehhez viszonyítottuk a kapott eredményeinket. Megállapítottuk, hogy a modellek legfelső rétegében pontosabb eredményeket kaptunk mint a csáp mélységében lévő rétegekben. Mindezek fényében megállapítottuk, hogy a modellezési eredmények még pontosításra szorulnak, és további vizsgálatok szükségesek ahhoz, hogy eredeti, valós földtani környezetben lévő csápos kutak hidraulikai viszonyait modellezzük.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A kutatómunka a Miskolci Egyetemen működő Alkalmazott Földtudományi Kutatóintézet GINOP-2.3.2-15-2016-00010 jelű *Földi energiaforrások hasznosításához kapcsolódó hatékonyság növelő mérnöki eljárások fejlesztése* projektjének részeként – a Széchenyi 2020 Terv keretében – az Európai Unió támogatásával, az Európai Strukturális és Beruházási Alap társfinanszírozásával valósul meg.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] 123/1997. (VII. 18.) Korm. rendelet a vízbázisok, a távlati vízbázisok, valamint az ivóvízellátást szolgáló vízellátási létesítmények védelméről
- [2] BABAC, D.–BABAC, P.: *Wells with horizontal drains. Theory, practice, calculation examples*. Belgrade, 2009.
- [3] BAKKER, M.–KELSON, V. A.–LUTHER H. K.: Multilayer analytic element modeling of radial collector wells. *Groundwater*, 2005, 43, No. 6, 926–934.
- [4] CHITTARANJAN, G.–MELIN, G.–LINSKY, R. B.: *Riverbank filtration, improving source - water quality*. 2002.

- [5] KÁRMÁN K.: *A parti szűrészű vízbázisok, és jelentőségük*. Magyar Tudomány, 2013.
- [6] SZÉKELY F.: *Hidrogeológiai határok, kútrendszerek, és csápos kutak analitikus modellezése*. Kúthidraulikai modellezés és adatelemzés előadás, Eötvös Lóránd Tudományegyetem, 2011.
- [7] Vízyűjtő-gazdálkodási Terv, 2015.