

EÖTVÖS LORÁND TUDOMÁNYEGYETEM TERMÉSZETTUDOMÁNYI KAR  
Földtudományi Doktori Iskola  
Földtan-Geofizika Doktori Program

**PETHŐ SÁNDOR**

Parti szűrésű víztermelés hidraulikai vizsgálata a Duna mentén  
Egy új kutatási megközelítés

Doktori értekezés tézisei

Földtudományi Doktori Iskola  
Vezető: Dr. Monostori Miklós egyetemi tanár

Földtan-Geofizika Doktori Program  
Vezető: Dr. Monostori Miklós egyetemi tanár

Témavezető: Mádlné Dr. Szőnyi Judit egyetemi docens  
Eötvös Loránd Tudományegyetem  
Természettudományi Kar  
Földrajz- és Földtudományi Intézet  
Geológiai és Környezetfizikai Központ  
Általános és Alkalmazott Földtani Tanszék

Budapest, 2008

## Előzmények, problémafelvetés

A parti szűrésű (PS) víztermelés kezdeti, 1810-es alkalmazása óta eltelt két évszázad alatt (Ray et al. 2003) e rendszerek működésének számos törvényszerűségére fény derült, azonban sok kérdés még ma sem tisztázott kellőképpen. A víz természetes úton lezajló hatékony biológiai, vegyi és fizikai szűrésének egyes részletei mellett a felszíni és a felszín alatti víz pontos hidraulikai kapcsolata sem ismert teljes részleteiben a folyamat során.

A PS víztermelő rendszerek nemzetközi és hazai szakirodalomban közölt hidraulikai vizsgálati módszerei a változékony környezeti feltételek, a kutatási körülmények nehézségei és a rendszerek felépítéséből adódó összetett működése miatt nem kellőképpen kidolgozott, ezért ezekkel nem adható teljeskörű, ugyanakkor részleteit tekintve pontos válasz azok működési mechanizmusára, paramétereinek precíz meghatározására vonatkozóan.

A PS nemzetközi és hazai víztermelési gyakorlatot tekintve egyaránt meghatározó szerepe (Wein 1883, Cséry 1993, Csernyánszék és Várszegi 1993, Kontúr 1993, Ray et al. 2003, Léczfalvy 2004, Liebe 2002, Wang et al. 2007, Wu et al. 2007) a fentiek tükrében indokoltá teszi a megismerését célzó hidraulikai vizsgálatok körének áttekintését.

A hidraulikai kutatás aspektusából a víztermelő PS rendszerek működésére, elemeinek leírására, és ezzel a rendszerek komplex megismerésére irányulóan az alábbi főbb kérdéskörök fogalmazható meg:

- Mekkora és hogyan számítható a PS termelőút által okozott hidraulikus depresszió a part menti felszín közeli vízadóban?
- Mekkora és hogyan mérhető, illetve számítható a PS termelőút által okozott hidraulikus depresszió a meder alatti vízadóban, és egyúttal mekkora a meder alatti távolhatás mértéke?
- A különböző eredetű vizek jelenléte miatt milyen keveredési arányokkal számolhatunk a PS termelőútból kitermelt víz esetében?
- Mekkora a mesterséges és/vagy természetes hatásra a mederfenéken kialakuló rossz vízvezetőképességű réteg hidraulikus ellenállása és szivárgási tényezője?
- Mekkora a PS víztermelés hatására a folyóból történő közvetlen felszíni vízbeszivárgást a felszín alá közvetítő mederfelület kiterjedése?

Az e kérdéskörök megválaszolását célzó, szakirodalomban közölt vizsgálati módszereket nem tartom kielégítően pontosnak és/vagy egyszerűen alkalmazhatónak, annak ellenére, hogy alapelgondolásait tekintve helytállóak.

További problémaként értékelem, hogy az önálló rész módszerek nem építenek egymás eredményeire és így egy adott PS rendszer ezekkel jelenlegi formájukban egységében nem vizsgálható.

## **Kutatási célkitűzések**

A PS víztermelés nemzetközi és hazai jelentősége, ugyanakkor a megismerését célzó vizsgálati elemek hiányosságai okán célokom egy új, egységes PS hidraulikai kutatási megközelítés kidolgozása, a szakirodalomban közölt vizsgálati módszerek felülvizsgálatával, egyszerűsítésével, pontosításával, és új kutatási módszerek bevezetése alapján történő integrálásával az alábbiak szerint:

- A parton és közvetlenül a mederben végzett hidraulikai mérések eredményei alapján választ kívánok adni a PS víztermelő kút távolhatására mind a háttér, mind a meder alatt, mely utóbbi ezidáig csak közvetett módon és bizonytalanannak ítéltető becslési eljárások révén volt közelíthető.
- A közvetlenül a mederben végzett mérésekkel meg kívánom határozni a víztermelés hatására a partélnél kialakuló vízszint-leszívás nagyságát, valamint az aktív mederfelület kiterjedését.
- Igazolni kívánom, hogy előzetes hidrogeológiai kutatási eredményekre támaszkodva a PS rendszerek vizsgálata bizonyos fokú egyszerűsítések mellett elvégezhető és hogy a rendszer transzformációja során a valós partél mellett további két tengely meghatározása szükséges a meder oldali és a part menti régióra végzendő hidraulikai számítások levezetéséhez. Továbbá be kívánom mutatni az ún. hatékony és látszólagos partéltípusok, mint új, a PS víztermelő rendszerek kutatására használandó tengelyek meghatározásának módszerét.
- Hidraulikai számításokkal választ kívánok adni a kitermelt víz keveredési arányaira, a felszíni és a felszín alatti vízből történő vízhozzájárulás mértékére.
- Be kívánom mutatni, hogy a felszín közeli vízádot megcsapoló PS kút víztermelése nyomán a part menti régióra kiterjedő hidraulikus depresszió adott pontra vonatkozó mértéke milyen számítási módszerrel adható meg a PS kutatás szempontját kielégítő legnagyobb pontossággal.
- Meg kívánom határozni a mederfenéken a természetes folyamatok, vagy a PS víztermelés hatására kialakuló rossz vízvezető, ún. mederközvetítő réteg szivárgáshidraulikai paramétereit.
- Az elért eredmények alapján be kívánom mutatni a PS vízádot tartós üzemben, előírányzott vízmennyiséggel megcsapoló csökutak, -kútsorok kialakítási lehetőségét.

## Mintaterületek, alkalmazott módszerek

A kutatás kiinduló tárgyát a közéműködéssel végzett földtani, hidraulikai vizsgálatokkal és azok adatainak általam történt elemzésével feltárt Duna menti PS mintaterületek képezték. Ezeken próba PS víztermelő kút és meghatározott geometria szerint vízszint-figyelő objektumok kerültek kialakításra. A partoldali potenciométerek a próbatermelő kúton áthaladó, a folyó partjára (partél) merőleges szelvényben (kitüntetett szelvény) és a kút tengelyében arra merőlegesen kerültek elhelyezésre. Ezeken kívül a vízzel feltöltött mederben mederszondák (SMARAGD-GSH Kft. 2000 szerint) kerültek telepítésre.

A terepen különböző víztermelési és környezeti állapotok mellett mért vízszint-adatok a fedett víztartók permanens deprimált hidraulikus terét leíró Dupuit-Thiem-féle (Dupuit 1863, Thiem 1906) megoldáson alapuló, a folyó hatását szimuláló forrás-nyelő alapú megközelítésekkel (Forchheimer 1935, Dietz 1943, Bochever 1968, Bochever et al. 1978, 1979) kerültek feldolgozásra. További, kiindulásként alkalmazott módszerek a Bochever et al. (1979) és Völgyesi (1993) vízkeveredés számítására ismertetett eljárások, valamint Dupuit (1863), Thiem (1906) és Kazmann (1948) távolság-leszívás adatértéklő módszeren alapuló eljárásai.

Bemutatásra kerültek az eredeti módszerek hiányosságai, alkalmazhatóságuk elvi problémái, ugyanakkor egyszerűsítésekkel, pontosító eljárásokkal, újonnan közölt hidraulikai módszerekkel ismertetésre került egy, a PS hidraulikai vizsgálatát egységesen tárgyaló új katatási megközelítés.

## Tézisek

1. Meghatároztam a PS folyamatának fogalmát az alábbiak szerint: Álló, vagy folyó vizek partjai mentén, a felszíni és a felszín alatti víz között természetes úton létrejövő, és/vagy mesterséges módon előidézett hidraulikus potenciálkülönbség hatására kialakuló felszín alá irányuló vízforgalom, melynek nyomán a felszíni víz a mederfenék szűrő rétegén keresztülszivárogva jut be a meder alatti vízádába és abban, a partoldal felé történő áramlással a felszín alatti vízrendszer részévé válik.
2. Előkészítő hidrogeológiai és hidraulikai vizsgálatokkal bemutattam a PS rendszerek sematikus leképezésének módszerét. A sematizált rendszer elemei: A) konstans vastagságú és szivárgási tényezőjű vízszintes felszín közeli vízáadó; B) konstans vastagságú és szivárgási tényezőjű vízszintes, rossz vízvezető képességű fedő; C) vízszintes felszínű, nagy (több 10 m)

vastagságú vízrekesztő fekü; D) függőleges, vízzáró oldalfalú, konstans mélységű meder; E) konstans (0,1-1 m) vastagságú, a kutatás kezdetén ismeretlen szivárgási tényezőjű mederközvetítő réteg; F) vízszintes, a felszíni víz aktuális vízállásával megegyező felszín közeli hidraulikus potenciálszint.

3. Ismertettem egy új, egységes hidraulikai kutatási megközelítést, mely a PS víztermelő rendszerek elemeire fókuszáló kérdéskörök megválaszolását célozza. Tisztáztam a saját fejlesztésű, illetve kritikailag értékelt, pontosított, és egyszerűsített szakirodalmi vizsgálati módszerek egymáshoz való viszonyait, egymásra épülő logikai kapcsolódási pontjait és ezeket folyamatábrán mutattam be. A vizsgálatok tárgya kiinduláskor a valós rendszer, mely az előkészítő vizsgálatokat követően a hidraulikailag egyenértékű sematizált rendszerrel kerül helyettesítésre. A további kutatásnak két fő iránya: A) a part oldali hidraulikai vizsgálatok: ezekkel a termelőkút kiöri, part menti hidraulikus depresszió számítási módszere pontosítható; B) a meder oldali hidraulikai vizsgálatok: ezekkel a mederközvetítő réteg hidraulikai ellenállása ( $c_c$  [d]), szivárgási tényezője ( $K_0$  [m/d]), valamint az aktív mederfelület nagysága ( $A$  [m<sup>2</sup>]) és a folyamatban résztvevő vízhozamkomponensek ( $Q=Q_F+Q_M+Q_P$ ) arányai adhatók meg (ahol:  $Q$ : teljes kitermelt vízhozam [m<sup>3</sup>/d],  $Q_F$ : folyóból származó vízhozam [m<sup>3</sup>/d],  $Q_M$ : meder alatti vízádóból származó vízhozam [m<sup>3</sup>/d],  $Q_P$ : háttérből, a felszín közeli vízádóból származó vízhozam [m<sup>3</sup>/d]).
4. A saját fejlesztésű kutatási eljárásokra rendszerértékelő szakkifejezéseket vezettem be, a már meglévő kifejezésekkel együtt egységes fogalomrendszert alakítottam ki és ezeket külön szöszedetben közöltem.
5. Meghatároztam a PS víztermelő kút által a meder alatti vízádóban előidézett hidraulikus depresszió mértékét, vízzel telített folyómederben kiképzett ideiglenes mederszondák mérési adatain nyugvó számításokkal. A meder alatti hidraulikus depresszió jellemző adatait, egzakt kifejezésekkel a kitüntetett szelvényben adom meg, melyek a: A) PS kút meder alatti valós (hidraulikailag hatékony) távolhatásának ( $R_H$  [m]) mértéke; B) valós vízszint-leszívás ( $s_v$  [m]) mértéke a valós partél alatt; C) hidraulikus depressziós görbe egyenlete.
6. Bevezettem a hatékony partélt, mint transzformációs rendszeremet, mellyel a sematizált folyó közelítően tökéletes (felszín közeli vízádót függőleges – és ekkor már vízvezető tulajdonságú – mederfallal teljes vastagságában harántoló, de nem mederellenállás mentes) folyóvá képezhető le. Ez a transzformált partél típus alkalmas a meder oldali hidraulikai folyamatokra

vonatkozó számítások egyszerűsített elvégzésére. A hatékony partél helyzetét a hatékony meder alatti távolhatás ( $R_H$  [m]) értéke alapján, a valós partél ( $x_0$  [m]) meder irányú, önmagával párhuzamosan történő eltolásával ( $\Delta L_H$  [m]) adtam meg:  $\Delta L_H = R_H - x_0$  [m].

7. Meghatároztam az aktív hatékony partélszakasz ( $2y_H$  [m]) hosszát. Ez az a transzformált partélszakasz, mellyel a folyó felől (folyóból) ( $Q_F$  [ $m^3/d$ ]) és a meder alatti vízádóból ( $Q_M$  [ $m^3/d$ ])) származó együttes ( $Q_{F+M}$  [ $m^3/d$ ]) vízhozam megadható. Hosszát a PS termelőkút Dupuit-Thiem-módszerrel (Dupuit 1863, Thiem 1906) számított, háttérre kiterjedő távolhatása ( $R_P$  [m]) által meghatározott kör és az  $R_H$  [m] alapján megadott hatékony partél egyenesének metszéspontjai alapján adtam meg:  $2y_H = 2 \sqrt{R_P^2 - R_H^2}$  [m].

8. A teljes kitermelt vízhozam ( $Q$  [ $m^3/d$ ]), a meder alatti hatékony távolhatással ( $R_H$  [m]) megadott hatékony partél helyzete, valamint az aktív hatékony partélszakasz félhosszának ( $y_H$  [m]) ismeretében, Bochever et al. (1979) nyomán pontosítva, a PS víztermelés során a folyó felől érkező összes vízhozam ( $Q_{F+M}$  [ $m^3/d$ ]) nagyságát a következő összefüggés szerint adtam meg:  $Q^* = th \frac{\text{arc sinh}(0,85 y^*) + \sqrt{0,085 y^*}}{2}$  (ahol  $y^* = y_H/R_H$ ,  $Q^* = Q_{F+M}/Q$ ) és ezzel  $Q_{F+M} = QQ^*$  [ $m^3/d$ ].

9. A folyó felől érkező összes vízhozam ( $Q_{F+M}$  [ $m^3/d$ ]) Völgyesi-féle mederkapcsolati hatásfokkal,  $MH = \frac{s_L - s_V}{s_L} * 100$  [%] (Völgyesi 1993)

félkvantitatív módon szétválasztható a folyóból ( $Q_F$  [ $m^3/d$ ]) és a meder alatti vízádóból ( $Q_M$  [ $m^3/d$ ])) a PS termelőkúthoz érkező vízhozamkomponensekre (ahol  $s_V$ : valós leszívás a valós partél alatt a kitüntetett szelvényben [m];  $s_L$ : látszólagos leszívás a valós partél alatt a kitüntetett szelvényben [m];). MH [%] értéke Völgyesi (1993) nyomán eddig bizonytalanul volt megadható, továbbá  $Q_{F+M}$  [ $m^3/d$ ] sem volt ismert, ezért MH [%] egy becsült kapcsolati aránynak volt értékelhető.

Az MH [%] pontosított nagyságát a kitüntetett szelvényben a valós partélnél mederszonda adatokból számított valós vízszint-leszívás adattal ( $s_V$  [m]), valamint a háttértávolhatás ( $R_P$  [m]) során meghatározott depressziós görbe egyenletének  $x = -x_0$  [m] helyen felvett értékével ( $s_L$  [m]) adtam meg.

10. A  $Q$  [ $m^3/d$ ],  $Q_F$  [ $m^3/d$ ] és  $Q_M$  [ $m^3/d$ ] vízhozamkomponens-értékek ismeretében a PS víztermelő rendszerben lezajló vízkeveredést a következőképpen

számítottam ki:  $Q=Q_F+Q_M+Q_P$  [ $m^3/d$ ], [%] (ahol  $Q_P$  [ $m^3/d$ ], [%]: háttérből származó vízhozamkomponens a többi ismert adat alapján kerül kifejezésre).

11. A PS kút víztermelése nyomán, a meder alatt egy ún. látszólagos (nem valós) távolhatás is mérhető. A látszólagos meder alatti távolhatás ( $R_L$  [m]) mértékét a kitüntetett szelvényben, a PS termelőkút és a valós partél ( $x_0$  [m]) között kialakított potenciometerek mérési adatain nyugvó számításokkal határoztam meg.

12. Bevezettem a látszólagos partél fogalmát, mint második transzformációs rendszer elemet, amellyel a sematizált folyó szintén közelítően tökéletes, de a hatékony partéltől eltérő helyzetű folyóvá képezhető le, a partoldalra vonatkozó hidraulikus depresszió-számítások érdekében. A látszólagos partél helyzetét a látszólagos meder alatti távolhatás ( $R_H$  [m]) értéke alapján, a valós partél ( $x_0$  [m]) meder irányú, önmagával párhuzamosan történő eltolásával ( $\Delta L_L$  [m]) adtam meg:  $\Delta L_L=R_L-x_0$  [m].

13. Meghatároztam a PS víztermelő kút part menti régióban kialakuló hidraulikus depressziós terének megbízható számítási módszerét hatféle megoldás azonos adatokkal történő tesztelésével. Ezek értékelése alapján a legalkalmasabb kifejezés a probléma meghatározására a fedett víztartók permanens víztermelését leíró Dupuit-Thiem-féle (Dupuit 1863, Thiem 1906) megoldáson alapuló ún. forrás-nyelő módszer (Forchheimer 1935, Dietz 1943), Bochever (1968) és Bochever et al. (1978, 1979) által a mederellenállást ( $R_1$ ) is figyelembe vevő megoldása, az újonnan bevezetett látszólagos partél alkalmazása mellett:  $s=\frac{Q}{2\pi Kb}(\ln\frac{\rho}{r}+R_1)$ , ahol: s: maximális eredő leszívás nagysága egy vizsgált, a PS termelőkút távolhatása alá eső part oldali ponton [m]; Q: víztermelő kút hozama [ $m^3/d$ ]; K: felszín közeli vízáadó szivárgási tényezője [m/d]; b: felszín közeli vízáadó vastagsága [m];  $\rho$ : a vizsgált pont folyót helyettesítő, látszólagos kúttól való távolsága [m] (látszólagos partéllal megadott szimmetriatengely szerint); r: ugyanazon pont távolsága a termelőkúttól [m].

A képletben a megoldani kívánt s-en kívül a mederellenállás hatását összegző  $R_1$  paraméter értéke sem ismert. Bochever (1968) és Bochever et al. (1978, 1979)  $R_1$ -re közölt összetett matematikai megoldása helyett,  $R_1$ -re a valós partélre vonatkozóan egyszerűsített kifejezést vezettem be az alábbiak szerint fejezem ki:  $R_1=s_v\frac{2\pi Kb}{Q}$  [-] (komponensek jelentését lásd az előzőekben).

$R_1$  valós partéle meghatározott értékéből Bochever (1968) és Bochever et al. (1978, 1979) nyomán a mederellenállásra közvetlenül jellemző rendszerállandó ( $\alpha$  [1/m]) értékét az alábbiak szerint adtam meg:

$$R_1 = -2e^x Ei(-x) [-] \text{ és ebből } \alpha = \frac{x^-}{x_0} [1/m] \text{ (ahol: } x^- \text{ az } R_1 \text{ függvénykapcsolat}$$

nyomán kifejezett tényező [-];  $x_0$ : valós partél távolsága a PS termelőkúttól [m];  $\alpha$ : mederközvetítő rétegre jellemző mutató, mely Bochever et al. (1978, 1979)

nyomán:  $\alpha = \sqrt{\frac{K_0}{K_1 b_1 b_0}} [1/m]$ . Az  $\alpha$  mutató általam ismertetett egyszerű

kifejezése után bármely vizsgált  $x$  [m] pontra meghatároztam  $x^-$  értékét, az  $x^- = \alpha x$  kifejezés szerint. Az eljárással  $R_1$  értékét bármely vizsgált pontban aktuálisan és egyszerű módon meghatározhatóvá tettem, mellyel a part oldali vízsint-leszívásra ( $s$  [m]) vonatkozó egyenlet megadását egyszerűsítettem. Bochever et al. (1978) nyomán a megoldás  $y \neq 0$  esetén is alkalmazható.

14. Az  $\alpha$  mutató (Bochever et al. 1978, 1979) általam közölt egyszerű meghatározási módja nyomán, továbbá a meder alatti vízadóra előzetes kutatással meghatározott  $K_1$  [m/d] és  $b_1$  [m] értékeket ismeretében, a mederközvetítő féligáteresztő réteg hidraulikus ellenállását a következőképpen adtam meg:  $c_0 = b_0 / K_0$  [d], Hantush (1956, 1960) nyomán.

15. A mederközvetítő réteg szivárgási tényezőjét ( $K_0$  [m/d]) szélsőértékei megadásával, a rá vonatkozó hidraulikus ellenállás ( $c_0$  [d]) bemutatott módon meghatározott értéke és a szakirodalomban rá vonatkozóan közölt, jellemző vastagsági szélsőértékek ( $b_0 = 0,1-1$  m) (Rákóczi 1997, Schubert 2003 és Rűck 2007) segítségével, Hantush (1956, 1960) nyomán  $K_0 = b_0 / c_0$  [m/d] formában adtam meg.

16. A felszíni víz beszivárgását a felszín alá közvetítő aktív mederfelület kiterjedését Darcy (1856), e problémára módosított képlete alapján

$$\left\{ (Q_F = -AK_0 \frac{dh_A}{dl} \text{ (ahol: } Q_F \text{: folyóból származó vízhozam [m}^3\text{/d]; } A \text{: szivárgási felület [m}^2\text{]; } K_0 \text{: mederközvetítő réteg szivárgási tényezője [m/d]; } dh_A \text{: átlagos hidraulikus potenciálesés [m]; } dl \text{: potenciálesés vonatkoztatási távolsága [m])} \right\}$$

a következő kifejezéssel adtam meg:  $A = -\frac{Q_F}{dh_A} c_0$ , a  $dh_A$  [m] viszonyítási

távolságára vonatkozó, általam rögzített  $dl = b_0$  [m] megkötés mellett. A megkötést a felszíni víz és a meder alatti vízadó vízének eltérő, de



rendszerenként azonos hidraulikus potenciálállapota alapján tettem meg, mivel ezek alapján a két víztípus közötti hidraulikus potenciálesés a mederközvetítő rétegben, az annak vastagságával ( $b_0$  [m]) kifejezhető szakaszon játszódik le.

A  $dh_A$  [m] értékét a valós ( $x_0$  [m]) és látszólagos ( $R_L$  [m]) partél helyzete, valamint a meder alatti hidraulikus depressziós görbe egyenlete ismeretében, integráláson alapuló területszámítási módszerrel határozhatam meg.

## **Munka jelentősége, eredmények alkalmazhatósága**

A kutatási eredmények legfőbb tudományos jelentősége az a megközelítés, amely 1) egységes keretbe foglalja a korábban csak egyes paraméterek meghatározásaira szolgáló összefüggéseket és 2) bizonyos pontokon továbbfejleszti azokat. Ezáltal tudományosan megalapozott keretrendszert kínál a PS rendszerek egységes és összehasonlítható vizsgálatához

A kutatás eredményei a gyakorlat számára közvetlenül hasznosíthatók:

- alapot nyújthatnak egy adott jövőbeni PS víztermelő telep megvalósíthatósági és üzemeltetési tervének elkészítéséhez;
- működő PS vízműtelepek esetén üzemelési esettervek készíthetők egy-egy kút termelésből való váratlan (szennyezés), vagy tervezett (karbantartás) kiválására, a szükséges vízmennyiség többi kútból, megfelelő arányban történő biztonságos pótlására.
- bemenő és kalibrációs adatként használhatók egy PS víztermelő rendszert vizsgáló 3D numerikus hidraulikai modellhez.

## **Irodalomjegyzék**

Bochever F. M. (1968): Raszcszetü ekszpluatacionnüh zapaszov podzemnüh vod. (orosz) – NERDA, Moszkva, 325 p.

Bochever F. M., Lapshin N. N. és Khokhlatov E. M. (1978): Calculs hydrogéologiques des puits suités à proximité des rivières. (francia) – Bulletin du Bureau de Recherches Géologiques et Minières, deuxième série, section III, 1-1978, Paris, pp. 11-20.

Bochever F. M., Lapshin N. N. és Oradovszkaja A. E. (1979): Zasczita podzemnüh vod ot zagrjaznyenija. (orosz) – NERDA, Moszkva, 255 p.

Csernyánszky L. és Várszegi Cs. (1993): A Fővárosi Vízművek partiszűrész rendszerének kialakítása, üzemeltetése. – Hidrológiai Közlöny 73/3, pp. 133-138.

- Cséry P. (1993): 125 éves a Fővárosi Vízművek. – Hidrológiai Közlöny 73/3, pp. 129-131.
- Darcy H. (1856): Les fontaines publiques de la ville de Dijon. (francia) – Victor Dalmont, Paris, 647 p.
- Dietz D. N. (1943): De toepassin van invloedsfuncties bij het berekenen van de verlaging van het groundwater tengevolge van wateronttrekking. (holland) – Water 27/6, pp. 51-54.
- Dupuit J. (1863): Études théoriques et pratiques sur le mouvement des eaux dans les canaux découverts et à travers les terrains perméables. (francia) – 2eme édition, Dunot, Paris, 304 p.
- Forchheimer F. (1935): Hidraulika. (orosz) – ONTI, Szovjetunió.
- Hantush, M. S. (1956): Analysis of data from pumping test in leaky aquifers. – Am. Geophys. Union Trans. 37, pp. 702-714.
- Hantush, M. S. (1960): Modification of the theory of the leaky aquifers. – Journ. Geophys. Res. 65, pp. 3713-3725.
- Kazmann R. G. (1948a): The induced infiltration of river water to wells. – Transactions of the 1948 of the American Geophysical Union 29/1, pp. 85-99.
- Kontúr Á. (1993): Partiszűrész vízbeszerzés a Fővárosi Vízműveknél. – Hidrológiai Közlöny 73/3, pp. 139-141.
- Léczfalvy S. (2004): Felszín alatti vizeink. – ELTE Eötvös Kiadó, Budapest, 819 p.
- Liebe P. (2002): Tájékoztató, Felszín alatti vizeink. – Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium, Budapest, 56 p.
- Rákóczy L. (1997): A folyómeder kolmatálódásra hajlamos részeinek lehatárolása a mederanyag elemzése alapján. – Vízügyi Közlemények 79/3, pp. 394-400.
- Ray C., Schubert J., Linsky B. R. és Melin G. (2003): Introduction. – in: (Eds.) Ray C., Melin G. és Linsky B.R., Kluwer Academic Publishers, P.O. Box 17, 3300 AA Dordrecht, The Netherlands, pp. 1-15.
- SMARAGD-GSH Kft. (2000): DMRV Rt. Leányfalui vízbázis összefoglaló jelentés II. kötet; Biztonságba helyezési terv. - Kutatási jelentés, Budapest, 136 p.
- Thiem G. (1906): Hydrologische Methoden. (német) – Gebhardt, Leipzig, 56 p.
- Völgyesi I. (1993): Mederkapcsolati határfok: a parti szűrész víztermelés fontos paramétere. – Hidrológiai Közlöny 73/5, pp. 261-264.
- Wang W. és Zhang G. (2007): Numerical simulation of groundwater flowing to horizontal seepage wells under the river. – Hydrogeology Journal 15, pp. 1211-1220.

- Wein J. (1883): Budapest Főváros nyilvános vízművei. – Pesti Könyvnyomda Rt., Budapest, 50 p.
- Wu Y., Hui L., Wang, H. és Li Y. (2006): Effectiveness of riverbank filtration of removal nitrogen from heavily polluted rivers: a case study of Kuihu River, Xuzhou, Jiangsu, China. – Environ. Geol. 52, pp. 19-25.

## **Értekezés témájában megjelent publikációk jegyzéke**

### Referált cikkek

- Pethő S.**, Mádlné Szőnyi J. és Tóth J. (2004): A kislalföldi-medence regionális felszín alatti vízáramlási képe hidraulikai adatfeldolgozás alapján. – Földtani kutatás, XLI/2, pp. 13-20..
- Pethő S.**, Ács V., Gondárné Sőregi K., Gondár K., Kun É., Svasta J. és Tóth Gy. (2008 (in press)): The function of the numerical hydraulic modelling in the case of the determination of the environmental status of transboundary groundwater bodies. – Annual Report of the Geological Institute of Hungary, 2007.

### Konferencia kiadványok

- Pethő S.** (1998): Felszín alatti vízáramrendszerek a Kislalföld területén. – Tudományos Diákköri Dolgozat, Összefoglaló, VI. Országos Felsőoktatási Környezettudományi Diákkonferencia, 1998. május 27-29., Előadások összefoglalói (szerk. Valkó L. és André Zs.), Budapesti Műszaki Egyetem, Budapest, 114 p.
- Mádlné Szőnyi J., **Pethő S.**, Tóth J. és Mohácsiné Simon G. (1999): Felszín alatti vízáramlások vizsgálata a Kislalföld területén a vízbázisok védelme érdekében. – in (szerk. Liebe P.) : VI. Konferencia a felszín alatti vizekről, 1999. március 17-18., Felszín Alatti Vizekért Alapítvány VI. Konferencia kiadványa, Siófok, 8 p.
- Balassa G., Gondár K., Gondárné Sőregi K., Horváth A. és **Pethő S.** (2003): Parti szűrésű ivóvízbázisok diagnosztikájának tapasztalatai. – in (szerk. Liebe P.): Felszín alatti vizeink kutatása, feltárása, hasznosítása és védelme I., Felszín Alatti Vizekért Alapítvány X. Konferencia kiadványa, Jubileumi kötet, Budapest-Balatonfüred, pp. 1-14.
- Pethő S.**, Kun É., Ács V., Tóth Gy. és Svasta J. (2008): Numerikus hidraulikai modellezés szerepe a határ menti közös felszín alatti víztestek környezetállapotának és fenntartható használatának meghatározásában. – in (szerk. Liebe P.): XV. Konferencia a felszín alatti vizekről, 2008. március 26-27., Felszín Alatti Vizekért Alapítvány XV. Konferencia kiadványa, Balatonfüred, 10 p.