

A visszatöltődés mérése is szükséges Próbaszivattyúzások kiértékelésének összehasonlítása

Napjainkban a szivárgási tényező helyszíni vizsgálatokkal történő meghatározására egyre nagyobb igény mutatkozik. Az építőmérnöki gyakorlatban leggyakrabban az építkezések megkezdése előtt, a munkatér víztelenítésének tervezéséhez van szükség arra, hogy minél pontosabban meghatározzuk ezt a talajfizikai jellemzőt. A helyszíni vizsgálatoknak fontos szerepük van a kitermelhető vízkészlet megállapításában is.

A gyakorlatban ritkán fordul elő olyan eset, amikor a helyszíni vizsgálathoz és annak kiértékeléséhez minden adat rendelkezésre áll, a vizsgált kút kialakítása és a mérés körülményei megfelelnek az elméletben előírtak. Ilyenkor könnyű helyzetünk van, hiszen a számítás egyszerűen elvégezhető a szakirodalomból jól ismert formulák, összefüggések alkalmazásával. Amint azonban valami hiányzik, például a talajmechanikai feltárás nem ad elegendő információt a réteghatárokról, vagy a vizsgálathoz nem szakszerűen kialakított kutakat használunk, a kapott eredmények nagymértékben eltérhetnek a valóságos szivárgási tényezőtől.

A terepen, kútban végezhető vizsgálatoknak számos fajtája ismert. Jelen cikkben ezek közül a próbaszivattyúzással és a nyeletéssel foglalkozunk. Próbaszivattyúzáshoz lehetőleg teljes kút kiépítése szükséges, ami azt jelenti, hogy a vizsgált réteg aljáig (feküjéig) mélyítjük a kutat. Ha feltételezzük, hogy a kúttal alatti szivárgás elhanyagolható, és a teljes kút kiépítése aránytalanul nagy költségeket jelentene, akkor ettől a kitételől el lehet tekinteni.

Ez esetben a kúttalpon átmenő vízszintes síkot tekintjük hasonlósíknak. A vizsgálatoknál a vízhozamot a felfutási időszaktól eltekintve állandó értéken tartjuk, és a kialakuló depressziós görbe vagy a vízszintsüllyedés folyamata alapján számíthatjuk a szivárgási tényezőt. Amennyiben a vizsgálat kellően hosszú ideig tart, kialakul a permanens szivárgási állapot a talajban, és a leszívási tölcser állandósul. Ilyen vizsgálatok esetében szükséges észlelőkutak kialakítása. Számításra egyensúlyi módszerek használhatók. Nempermanens leszívás esetén számításkor figyelembe kell venni az időbeli változást, mivel nem alakul ki állandósult vízmozgás. A nyeletési (slug test) lényege, hogy a kútban hirtelen vízszintváltozást idézünk elő. Ez történhet egy súlyos, megfelelő térfogatú tárgy hirtelen beejtésével, kiemelésével, illetve pillanatnyinak tekinthető vízrátöltéssel, vízkimeréssel.

Kiértékelési módszerek

Permanens szivattyúzási vizsgálatok kiértékelésére a kútképletet, Dupuit módszert használhatjuk, melynél a tárolhatást több észlelőkút használatával

vehetjük figyelembe. Ekkor szabadkút-rú talajvízre az alábbi képletet használjuk (1. ábra):

$$k = \frac{Q}{\pi} \frac{\ln \frac{x_1}{x_2}}{y_1^2 - y_2^2}$$

ahol

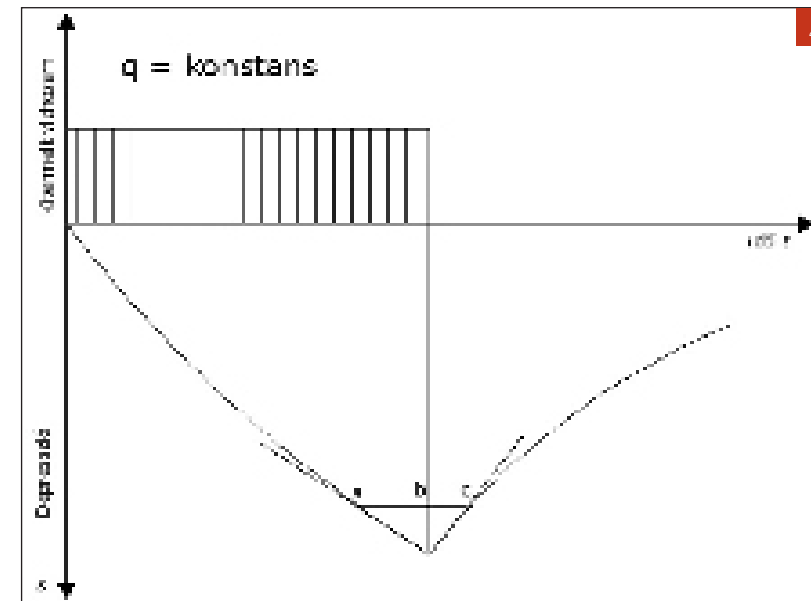
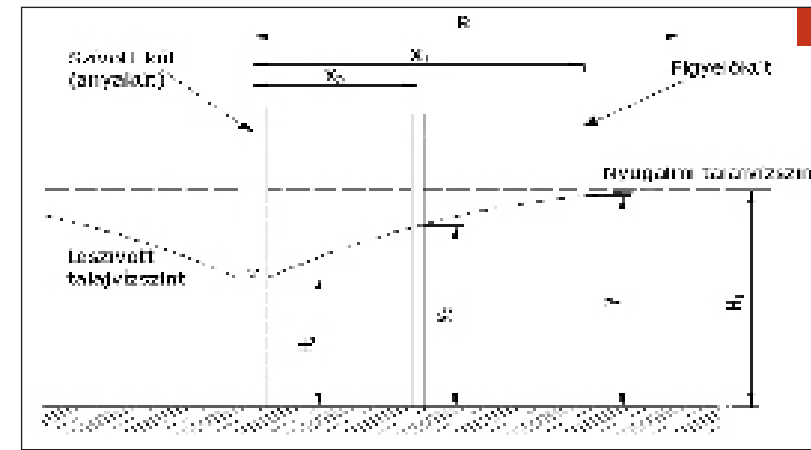
- x_1 távolabbi figyelőkút távolsága a szivott kúttól [m],
- x_2 közelebbi figyelőkút távolsága a szivott kúttól [m],
- y_1 távolabbi figyelőkútban a leszívást követő vízszlopmagasság [m],
- y_2 közelebbi figyelőkútban a leszívást követő vízszlopmagasság [m].

Nempermanens vizsgálatoknál a kitermelhető vízhozam becslésére használható Porchet összefüggése, mely a leszívási és visszatöltődési görbe meredekségét használja fel (2. ábra).

$$Q_{st} = q \frac{ah}{ac}$$

Ebből a hozamból a kút alapterületével osztva megkapjuk a szivárgás sebességét, ami függőleges szivárgás esetén, azaz $l=1$ -et feltételezve megegyezik a vertikális szivárgási tényezővel, izotróp talaj esetén a szivárgási tényezővel, azaz $k=Q/A$. Szűrőzött kút esetén az áramlás a palást mentén jön létre, így a szivárgási tényezőt a hozamnak a szűrőzött palást területével való osztásából kaphatjuk.

A legtöbb olyan módszer, ami a szivattyúzás nempermanens vízmozgással jellemezhető szakaszának kiértékelésére szolgál, Theis összefüggéseiből indul ki, melynél a depresszió időbeli változása:



$$s(r, t) = \frac{Q}{4\pi T} \int_0^{\frac{r^2 S}{4t}} \frac{e^{-u}}{u} du = \frac{Q}{4\pi T} W(u)$$

ahol:

- Q szivattyúzott hozam [m³/s],
- t szivattyúzás kezdetétől eltelt idő [s],
- S tárolási tényező [-],
- T transzmisszivitás [m²/s],

$W(u)$ Theis-féle kútfüggvény, ahol

$$u = \frac{r^2 S}{4Tt}$$

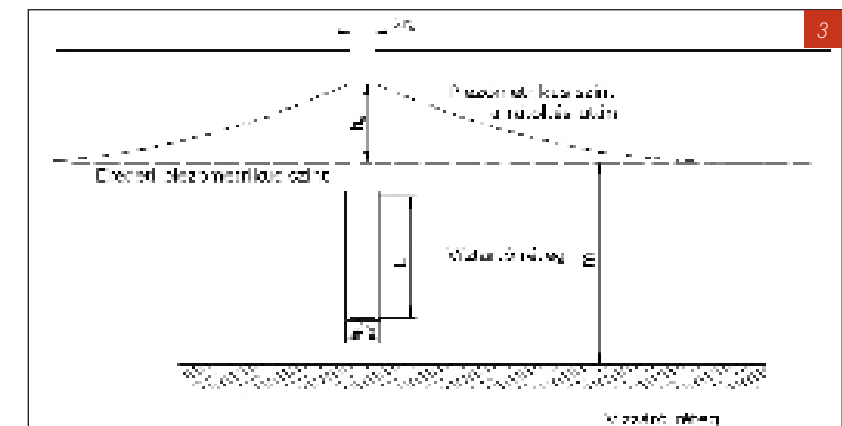
Az exponenciális integrál megoldása Taylor-sorba fejtéssel kapható meg. Egyszerűsítése a Cooper-Jacob módszer, ahol kellően kis u érték esetén csak a sor első két tagját vesszük figyelembe. Mivel a kútfüggvény tartalmazza a szivott kúttól való távolságot, elméletileg nem használható egykutas vizsgálatokhoz. Azonban visszatöltődés-vizsgálat esetén ez a probléma kiküszöbölhető, bár a kúttellenállást továbbra is figyelmen kívül hagyja.

1. ábra. Dupuit-féle összefüggés jelöléseinek értelmezése szabadfelszínű talajvíz esetére

2. ábra. Porchet módszer

3. ábra. Bouwer-Rice módszer

1. kép (jobbra fent). A 2NF anyakút szivattyúzása



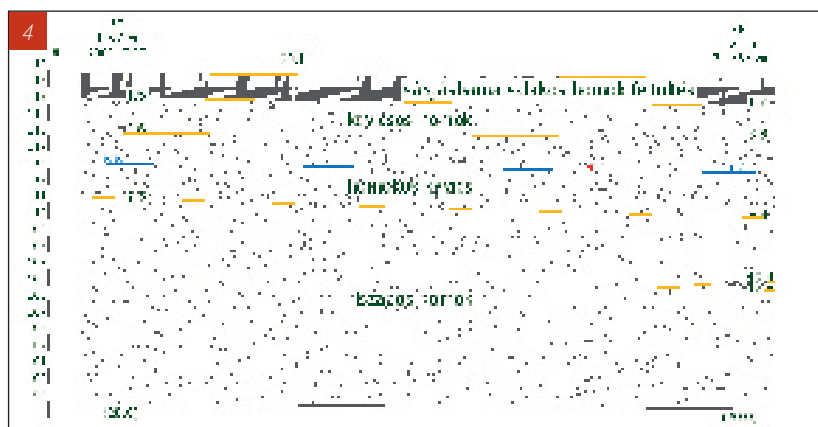
Nyeletési vizsgálatokhoz a Bouwer-Rice-féle eljárást alkalmaztuk (3. ábra), illetve becslést végeztünk a folytonossági egyenletről kiindulva.

Esettanulmányok

Az alábbiakban három területet mutatunk be röviden az ott végzett vizsgálatokkal és annak kiértékelésével.

Kőbányán, egy építési területen

2005 nyarán mélyítették talajmechanikai feltáró fúrásokat. Két külön tömbben, melyeket alig száz méter távolságra egymástól, lényegesen eltérő talajadottságokkal találkoztunk. A nyugati oldalon a 20 méteres furatok aljáig homokos, kavicsos rétegek találhatók, míg a keleti részen már 6-7 méteres mélységben megjelenik a pannon agyag és iszap. A kivitelezés megkezdésekor a munkatér víztelenítésének meghatározása érdekében próbaszivattyúzást irányoztak elő, melyet 2008 februárjában és márciusában végeztek el. Vizsgálatok két kútsorra készültek. A 2NF és 4NF 10 méter mély anyakúttá képzett fúrások mellett két, egymásra merőleges irányban 3-3 megfigyelőkutat helyeztek el. Az



4. ábra. Rétegszelvény Kőbánya 2NF kútjához

5. ábra. Kőbánya leszívási idősor

6. ábra. Kőbánya rövidített adatsor

7. ábra. Kőbánya 21-es kút leszívásának kiértékelése Cooper-Jacob módszerrel (AQTESOLV)

8. ábra. Kutak helyszínrajzi elrendezése, Budafoki út

9. ábra. Budafoki út, leszívási idősor

10. ábra. Kutak helyszínrajzi elrendezése

anyagutakat 4 méter hosszban szűrőzték. A 2NF kút esetében a szivattyúzott réteg homokos kavics, illetve iszapos homok (4. ábra), míg a 4NF anyagútnál a szűrőzött rész majdnem egészében az agyagban helyezkedik el.

A 2NF anyagutakat először 300 liter/perc hozammal szivattyúzták, ám a kút néhány perc alatt leszívta. Második alkalommal 2008. március 3-án kezdték el 130 l/p-cel a szivattyúzást, amit 75 óra 35 percen keresztül végeztek. A leszívás az anyagútban 2 m körüli vízszintcsökkenést eredményezett, mely időben nem állandósult. A megfigyelőkutakban 10–40 cm közötti süllyedés jelentkezett. Ez időben enyhe növekvő tendenciát mutatott (5. ábra). A visszatöltődést másfél órán át mérték.

A 4NF kút 4 l/p hozamú szivattyúzása mellett fél óra alatt kiürült. Itt visszatöltődés-értékeket mértek. A kísérletet még öt alkalommal megismételték.

A kútképlet használatában problémát okozott, hogy a víztartó fekvését nem tárták fel a fúrások, így különböző viszonyításokat feltételeztünk, és mindegyikre elvégeztük a számítást. Az így kapott szivárgási tényező a ho-

mokra 10^{-4} m/s nagyságrendű. Permanens szivárgásra a Porchet-féle eljárás alkalmazása nem megfelelő. A leszívási görbe első pontja – a 30 perces szivattyúzáshoz tartozó leszívásérték – esetén még nempermanens áramlás volt jellemző. Így elvégeztük a számítást a leszívási adatsor rövidítésével. A leszívási görbén csak az első pontot vettük figyelembe, és a visszatöltődést ehhez illesztettük (6. ábra). A szivárgási tényező ebből m/s-ra adódott. Cooper és Jacob szabadútkrű talajvízre vonatkozó analízisét is alkalmaztuk. Ezt a szivattyúzás közben kialakuló, időben egyre jobban állandósuló vízmozgásra azért végezhetjük el, mert a leszívás növekedése a megfigyelőkutakban végig érzékelhető volt. A vízszintek ingadozása miatt azonban a kiegyenlítő egyenesre nem illeszkednek a pontok (7. ábra).

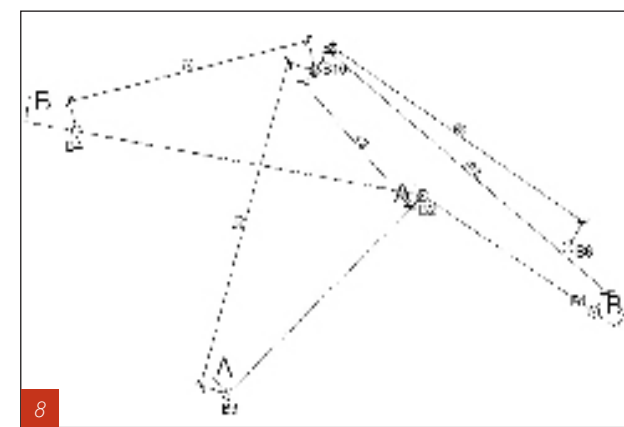
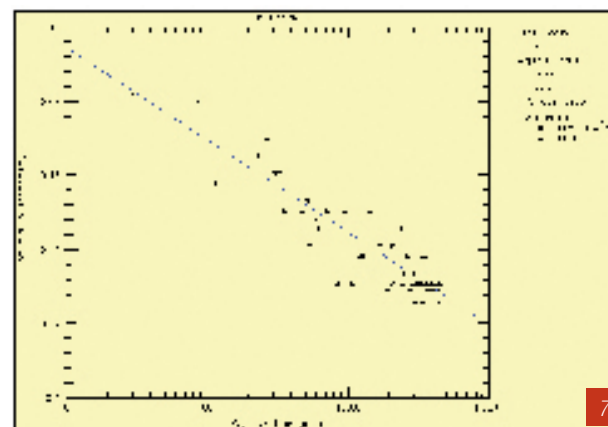
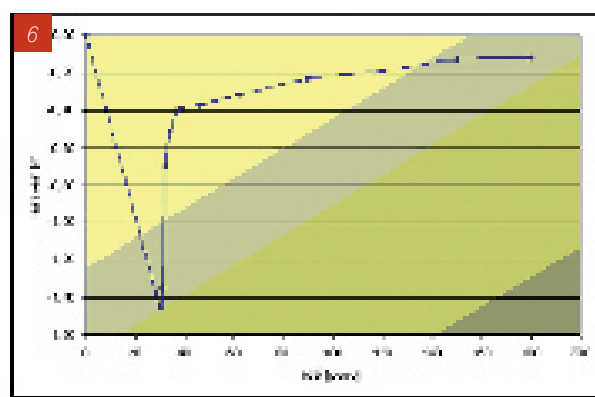
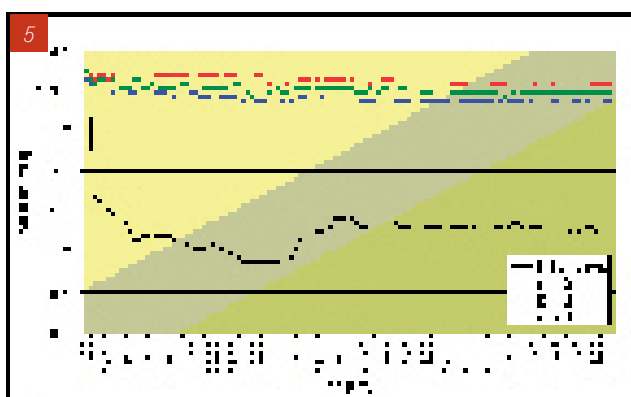
A hasznos térfogatot kifejező tárolási tényező (S) értéke a 21-es és az anyagút kivételével 10^{-5} nagyságrendű, ami szintén arra utal, hogy a modell alapfeltételezései közül a nempermanens áramlás nem valósult meg. A különböző kutakra kapott eredmények nagyjából azonos,

$2,0–2,5 \times 10^{-4}$ m/s körüli szivárgási tényezőt adtak.

A visszatöltődési adatokból Theis módszerrel határoztuk meg a szivárgási tényezőt: 20 m rétegvastagságnál 1×10^{-4} m/s.

A 4NF kútban végzett vizsgálatokra Porchet és Theis módszerét alkalmaztuk. A Porchet módszerhez a leszívási görbe nem ismert, de a kiürülés nagyjából fél órát vett igénybe, így ezzel számoltunk. Mind a hat esetben 2×10^{-5} m/s körüli szivárgási tényező adódott, ami az agyagra viszonylag nagy értéknek számít. A Theis módszerrel a kút alját feltételeztük viszonyításúknak, így 4×10^{-7} m/s értéket kaptunk, ami a talajmechanika ismeretében reális eredménynek számít.

A Budafoki úton egy építkezés előkészületeként, a munkatér víztelenítéséhez szükség volt a szivárgási tényező helyszíni vizsgálattal való meghatározására. A vizsgált területen 9 fúrást mélyítettünk, melyek közül öt készült célzottan talajmechanikai, négy pedig környezetföldtani állapotfelmérés céljából. A furatok 15,1 méter mélyek a 13,5 méteres B2-es fúrás kivételével. A próbaszivattyúzáshoz nem alakítottak



ki külön kútsort, csak egy 8,30 méter mély, alján egy méter hosszban szűrőzött anyagutakat készítettek, melyet B10-nek jelölünk. Megfigyelőkútként a megelévő, csövezett fúrások szolgáltak. A kutak helyzetét a 8. ábra szemlélteti.

Az anyagút esetében a fúrás homokot és homokos kavicsréteget harántolt. A megfigyelőkutak alja ugyan kiscelli agyagban található, és nincsenek a homokban szűrőzve, de valószínűsíthetjük, hogy a furatok kialakításának következtében, mint például a csőpalást és a furat fala közötti résben kialakuló szivárgás miatt, a vizsgált rétegben kialakuló vízszintváltozásokat kellő gyorsasággal követni képesek.

A próbaszivattyúzást 56 órán keresztül végezték 40 l/p hozammal. Az anyagútban 1,2 m-es depresszió alakult ki. A megfigyelőkutakban a süllyedés néhány centiméter volt (9. ábra).

A szivattyúzáskor a vízszint állandósult, permanens áramlás jött létre. A kiértékelések között így elsődleges jelentősége a Dupuit módszernek van. A víztartó alsó határa a kiscelli agyag, melynek felszíne nagyjából 93 méterrel a tengerszint felett található. Ezzel szá-

mított szivárgási tényező a B2, B3 B4 és B6 kutakra $1,3 \times 10^{-4}$ m/s. A B1 kút és a B2 - B6 kútpárt vizsgálva az előzőhöz képesti eltérés elhanyagolható ($1,4 \times 10^{-4}$ m/s és $1,7 \times 10^{-4}$ m/s).

A nempermanens áramlás kiértékelésére szolgáló módszerek közül a Cooper-Jacob-féle eljárást alkalmaztuk. Ezt a vizsgálatot azokra a kutakra végeztük el, melyeknél a kezdeti nempermanens szakasz elkülöníthető volt. Az eredmények közelítették a Dupuit-féle kútképlettel kapott szivárgási tényezőket ($\sim 2 \times 10^{-4}$ m/s). A kétféle számítással tehát jól használható értékeket kaptunk a vizsgált talajra.

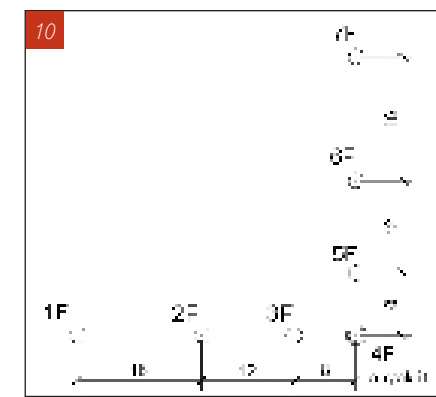
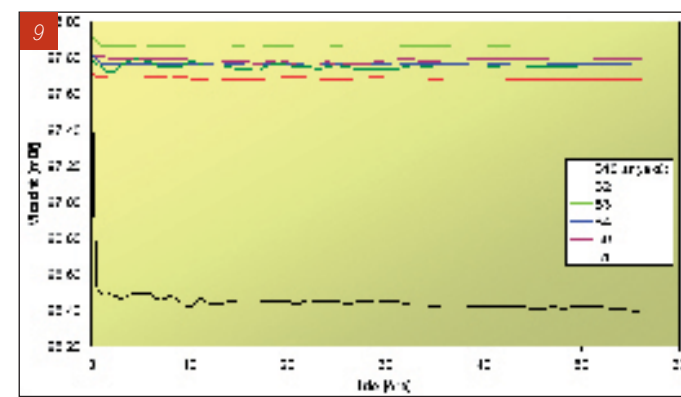
A harmadik terület egy **Buda környéki építkezés** helyszíne. Itt kiépítettek egy kútcsoportot egy anyagúttal és két, egymásra merőleges irányban három-három megfigyelőkúttal (10. ábra).

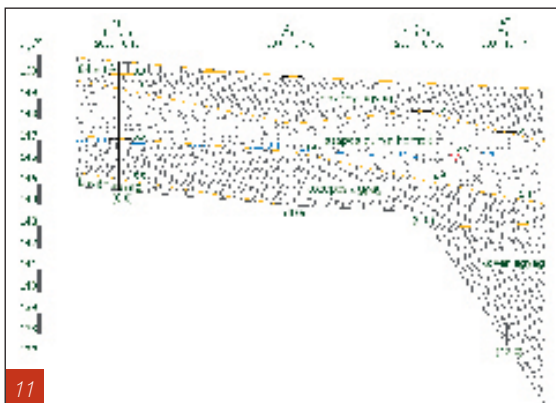
A 4F jelű anyagút 12 m mély furatban készült 125 mm átmérőjű cső alkalmazásával. A kút alján egy méter iszapos, és fölötté két méter szűrőzött szakasz található. A figyelőkutak 6 m mélyek, 110 mm átmérőjűek.

A felszínen 0,5-2,0 m vastagságban sovány agyag található, mely alatt iszapos durva homokot harántoltak a fú-

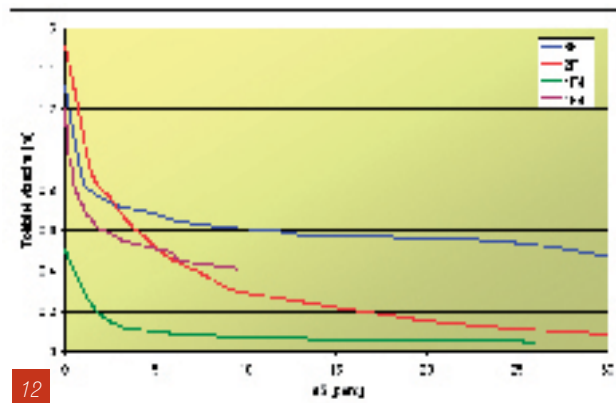
rások. A 3,5-5,0 m közötti mélységben kezdődő közepes agyagréteg alatt 5,5-6,5 m mélységben kővér agyag alapközet helyezkedik el. Az anyagút szűrőzött része és a többi kút alja közepes vagy kővér agyagban van (11. ábra). Az anyagutakat először 16 l/p hozammal, majd a szivattyú teljesítményét lefojtva, 5 l/p hozammal leszítették, és rögzítették a teljes visszatöltődés időpontját. Az észlelőkutakban az anyagút leszívásának hatására nem mutatkozott vízszintváltozás. Így az 1F és 7F kutakra is elvégezték 16 l/p hozammal a szivattyúzást, és a visszatöltődést több időpontban is mérték. Második alkalommal lehetőségünk volt szivattyúzási és nyeletési vizsgálat végzésére is. Az anyagútban és az 1F, 7F megfigyelőkutakban végeztünk szivattyúzást, ez alkalommal 12 l/p hozammal. A leszívás és visszatöltődés ideje alatt is gyakran mértük a vízszintet. Vízrátöltéssel nyeletési kísérletet a 2F, 4F és 6F kutakban hajtottunk végre, ezek közül az anyagútban kettőt is (12. ábra).

A szivattyúzási vizsgálatok alatt az áramlás nempermanens állapotban maradt, nem alakult ki állandó leszív-





11



12

vás, tehát a Dupuit-féle kútképlet nem használható a szokott formában. A leszívási hatástávolságot figyelembe vévő képlettel számoltunk. Mivel a szomszédos kutakban a leszívás nem volt érzékelhető, $R = 2 \text{ m}$ hatástávolságot vettünk figyelembe. A képletnek erre a paraméterre esetünkben nem jelentős az érzékenysége. Az anyakútnál a szűrőzött zóna az agyagban található, így viszonyítósíknak a furat alját tekintettük. Mivel a leszívás minden esetben a kúttalpig történt, a különböző méréseknel csak a szivattyúzás hozama tér el a képlet behelyettesítésekor. Ebből is látható, hogy ez a módszer ilyen mérés kiértékelésére nem kellő biztonsággal alkalmazható. 12 l/p hozam mellett $2,6 \times 10^{-6} \text{ m/s}$ lett az eredmény.

Az 1F és 7F kutak esetében nincs szűrőzött rész, emiatt nem vízszintes, hengersizmetrikus áramlás jön létre, hanem a cső alsó nyílása körül gömbszimmetrikus. Emiatt a számításhoz a kút talpa alatti egy méteres talajréteget is figyelembe vettük a vízszlopmagasság meghatározásánál. A szivárgási tényezőre $2 \times 10^{-5} \text{ m/s}$ adódott. Az előzőhöz viszonyított egy nagyságrend eltérés a vízszlopmagasság különbségének tudható be.

Az anyakútra és a megfigyelőkutakra a különböző kialakítás miatt eltérő szivárgási irány jellemző. Porchet módszerével a szűrőzött kútra 5 l/p és 12 l/p hozamú szivattyúzásra 3 és $2 \times 10^{-5} \text{ m/s}$, míg 16 l/p mellett $2 \times 10^{-6} \text{ m/s}$ adódott. A leszívási és visszatöltődési görbék meredekségének függvényében a megfigyelőkutakra 10^{-3} nagyságrendű értékeket kaptunk. Látszik tehát, hogy lényeges különbség adódik a kútkialakításból, a szivárgási felület és irány feltételességéből.

A leszívás rövid ideig tartott, emiatt a Cooper-Jacob módszerrel történő kiértékelésnél $u=0,1$, ami 5% hibát eredményez, az adatsor közepére esik. Ez az 5%-os hiba azonban esetünkben nem is érzékelhető. Több pontot a leszívási görbén csak a második vizsgálat alkalmával mértünk, így erre végeztük a számítását.

Az anyakútra az előzőekben is alkalmazott viszonyítósík használatával $1 \times 10^{-6} \text{ m/s}$ szivárgási tényezőt kaptunk, míg az 1F és 7F megfigyelőkutakra fél nagyságrenddel nagyobb értéket.

A visszatöltődési adatok Theis módszerrel történő kiértékelését végeztük el (13. ábra). Az 1F és 7F kutakra néhány 10^{-7} m/s szivárgási tényezőt kaptunk eredményül. Az anyakútra ezzel szemben 10^{-8} érték adódott.

A nyeletési vizsgálatok folytonossági egyenletből levezetett kiértékelésénél különbséget kell tenni az anyakút és a megfigyelőkutak között. Az anyakút esetében ugyanis hengersizmetrikus, vízszintes áramlás alakul ki a szűrőzött palást mentén, míg a megfigyelőkutaknál azzal a közelítéssel élünk, hogy az áramlás függőleges. Így az anyakútra mindkét nyeletés végső szakaszán néhány 10^{-5} eredmény adódott. Ugyanez igaz a 2-es kútra, míg a 6-os kút esetében egy nagyságrenddel nagyobb szivárgási tényezőt kaptunk. Bouwer-Rice módszerét alkalmazva néhány paraméter beállítása problémát okozott, ugyanis a rétegvastagság felvétele ismételtelen nem volt magától értetődő, és a megfigyelőkutaknál nem volt szűrőzött rész, pedig a módszer csak hengersizmetrikus áramlás kiértékelését teszi lehetővé. Az anya-

11. ábra. 1F-4F kutak közti rétegszelvény

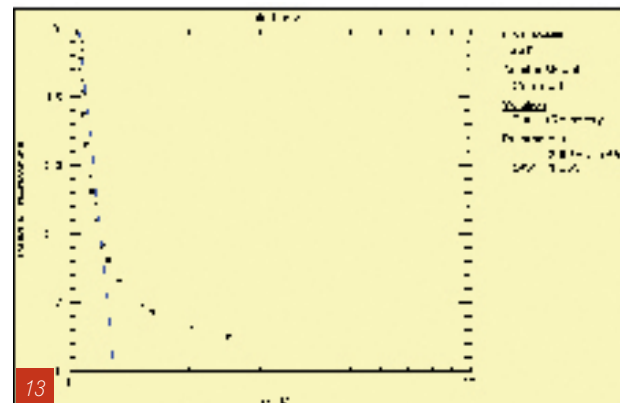
12. ábra. Vízzint alakulása vízártólés után

kút mindkét nyeletésére tíz méteres rétegvastagságot feltételezve a kezdeti meredekségből $2 \times 10^{-5} \text{ m/s}$, míg a későbbi adatokból az elsőre $7 \times 10^{-7} \text{ m/s}$, a másodikra $2 \times 10^{-6} \text{ m/s}$ szivárgási tényező adódott. A 6-os kútra öt méter rétegvastagság feltételezése mellett $3,8 \times 10^{-6} \text{ m/s}$ lett a szivárgási tényező értéke. A 2-es kútra hasonló beállítással a kezdeti szakasz adataiból $2 \times 10^{-5} \text{ m/s}$, a későbbi szakasz adataiból $7,7 \times 10^{-6} \text{ m/s}$ adódott.

A harmadik területre számított eredmények közül a legmegfelelőbb a visszatöltődés módszerrel kapott szivárgási tényező. Ezt közelíti még a nyeletés. A leszívás kiértékelése a fenti módszerekkel itt nem ad helyes eredményt, mivel a kútbeli tárolás ilyen gyors kútkiürülésnél nem elhanyagolható.

A módszerek alkalmazhatósága, összegzés

Porchet módszerénél megfigyelhető, hogy amennyiben a furat becsővezett, szűrőzött szakasz nélküli, az eredmények nem tükrözik a vizsgált talajnak megfelelő szivárgási tényezőt. Ilyen esetekben a vártnál nagyobb értékeket kaptunk, míg ugyanaz a vizsgálat egy szűrőzött kútra az elvárthoz közelebbi eredményt hozott permanens közeli szivárgási állapot esetén is. Az is látszik, hogy míg homokban, iszapos homokban jó eredményeket adott a módszer, addig az agyagra megmaradt az egy-két nagyságrend hiba. Ezek alapján a Porchet módszer alkalmazá-



13

13. ábra. 4F kút visszatöltődésének kiértékelése Theis módszerével
2. kép (jobbra fent). Szivattyúzott B10 kút a Budafoki úton

sát csak homokos, legfeljebb iszapos rétegek vizsgálatára javasoljuk, szűrőzött kútban végzett vizsgálat esetére. Ez a szivárgási tényező nagyságrendi közelítésére alkalmas, ezzel nem előzi meg a laborvizsgálatok pontosságát. Agyagos területen a leszívás mérése a gyors kiürülés miatt nehézkes, általában kevés érték áll rendelkezésre a kiértékeléshez. Amennyiben túl rövid a leszívási szakasz, nem tekinthetünk el a kútbeli tározódástól sem. Ilyen esetekben a Cooper-Jacob módszer várhatóan túl nagy szivárgási tényezőt eredményez, és a visszatöltődési módszerrel kapott eredmények állnak közelebb a valós szivárgási tényezőhöz. A mérésekhez alkalmazott kút, kútcsoport kialakítása előtt megfelelő talajmechanikai feltárássra van szükség. Ha mérések végzésére költségsökkentés miatt kizárólag a talajmechanikai, becsővezett fúrásokat alkalmazuk, akkor a szivárgási tényező nagyságrendi meghatározásához leginkább a rövid idejű leszívási és visszatöltődési vizsgálatot javasoljuk gyakori vízszintészlelés mellett. Egyik lehetőség, hogy agyagos talajok esetén túl gyors, néhány perces a kiürülés. Ekkor inkább a visszatöltődés értékek vizsgálatára érdemes hagyatkozni. Szemcsés talajoknál érdemes a leszívás kiértékelését, illetve a teljes vizsgálatát is elvégezni. A Budafoki úton végzett mérésből kiderül, hogy az is jó megoldás lehet, ha a meglévő feltárási fúrások mellé készül egy megfelelő rétegben szűrőzött anyakút. Ekkor végezhető rövid idejű

nempermanens, és szemcsés talaj esetén hosszabb idejű permanens szivattyúzási vizsgálat is.

A hosszantartó vizsgálat több megfigyelőkúttal a Dupuit módszerrel kiértékelve jó eredményt ad nagy átteresztőképességű talajoknál, ha a megfigyelőkutakban jól mérhető a leszívás hatása, és valóban kialakul az egyenes leszívás. A szivattyúzás kezdeti szakaszában, a nempermanens áramlás ideje alatt fontosnak tartjuk nagyobb gyakorisággal, félpercenként, néhány percenként végezni a vízszintészlelést a süllyedés sebességének megfelelően. Ezzel lehetőség nyílik a kezdeti szakaszra is több módszerrel végezni a kiértékelést. A vizsgálat időtartamát, és ezzel költségét is csökken-

teni lehet, ha a mérés közben regisztrált értékekből kitűnik, hogy a vízszint állandósult. A túl hosszú vizsgálatok, ha a vízszint érzékenyen reagál a kis vízhozam-változásokra, fölöslegesek. Szintén lényeges, hogy visszatöltődést mérjünk a leszívás után, mind permanens, mind nempermanens szivattyúzás alkalmával. A mérést közvetlenül a szivattyú leállása után meg kell kezdeni. A vízszintészlelés gyakoriságát a helyszíni viszonyoknak megfelelően kell meghatározni.

[Hajnal Géza kutatómunkájához anyagi támogatást nyújt a Bolyai János Kutatási Ösztöndíj (BO00063/08/6).]

Jobbágy Réka
Hajnal Géza
Vasvári Vilmos

Irodalomjegyzék

- BEAR J. 1979: *Hidraulics of Groundwater*
- HAJNAL G., GÖRÖG P., JOBBÁGY R., KŐSZELY Á. 2008: *Szivárgási tényező meghatározása különféle módszerekkel, Mérnökgeológia Közetmechanika 2008, Műegyetemi Kiadó, Budapest*
- HAMVAS F. 1986: *Munkaterek víztelenítése, Tankönyvkiadó, Budapest*
- J. Boonstra, R.A.L. Kselik 2001: *SATEM 2002: Software for Aquifer Test Evaluation, International Institute for Land Reclamation and Improvement, Wageningen, The Netherlands*
- KOVÁCS GY. 1972: *A szivárgás hidraulikája, Akadémiai Kiadó, Budapest*
- KRUSEMAN G. P., DE RIDDER N. A. 1994: *Analysis and Evaluation of Pumping Test Data, International Institute for Land Reclamation and Improvement, Wageningen, The Netherlands*
- MADARASSY L. ET AL. 1983: *Mezőgazdasági talajcsővezés, Mezőgazdasági Kiadó, Budapest*
- NAGY L. 2008: *Áteresztőképességi együttítható összehasonlító vizsgálata, Dr. Kézdi Árpád Emlékkonferencia, BME Geotechnika Tanszék*
- RICHTER L., VARGA GY. 2006: *A talajok „k” szivárgási tényezője meghatározásának problémái és egyszerűbb módjai a vízgazdálkodási létesítményekhez, Tudományos anket*
- UBELL K. 1954: *A víztartó rétegek vízádóképességének meghatározására szolgáló módszerek összehasonlítása, Vízügyi Közlemények, 1954. 2.*
- UBELL K. 1958: *Az elméleti kúthidraulika módszereinek gyakorlati alkalmazása, Vízügyi Közlemények, 1958. 3.*
- VASVÁRI V. 2004: *Próbászivattyúzások kiértékelése, Kézirat*