

Repedezett kőzetek szivárgáshidraulikai vizsgálata

Készítette:

Karay Gyöngyi,

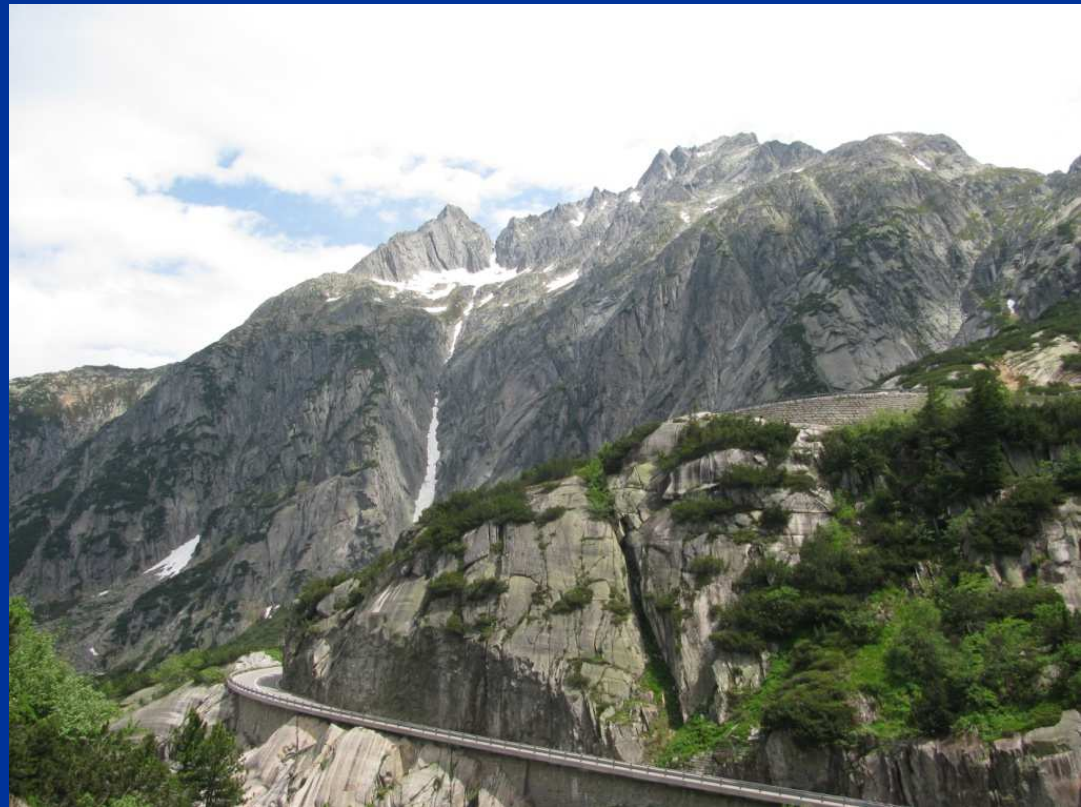
Dr. Hajnal Géza

BME Vízépítési és

Vízgazdálkodási Tanszék

Dr. Vasvári Vilmos

Kultech Kft.



2013. április 17. Konferencia a felszín alatti vizekről

Tartalom

1. A kutatás alapjai,
2. A kettős porozitás elmélete,
3. Próbaszivattyúzások kiértékelési módszerei,
4. Néhány módszer részletesebb bemutatása,
5. Vizsgálatok az Aqtesolv programmal,
6. További kutatási irányok.



A kutatás alapjai

- A repedezett kőzetekben való folyadékmozgás vizsgálata a nagyvilágban...
 - Society of Petroleum Engineers Journal,
- ... és Magyarországon.
 - bányászat és bányavízvédelem,
 - aktualitás, gyakorlati szempontok (Bátaapáti, metró, karsztok, vízszerezés, bányászat).
- Felhasznált alapl művek:
 - német, angol és magyar nyelvű szakirodalmak,
 - Juhász J., Kovács Gy, Krusemann - de Ridder, M. Tóth T., Öllős G., Ően, Z., Streltsova, T. D., Vasvári V.,
 - És sokan mások...



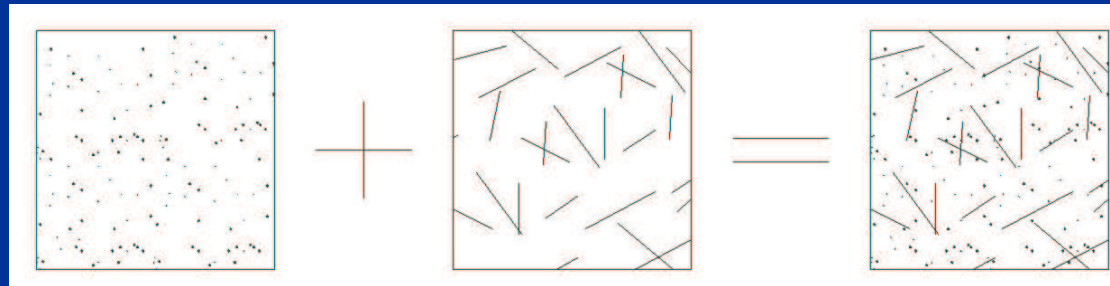
A kettős porozitás elmélete

A kőzeteket a víz tározására és a szivárgásra rendelkezésre álló tér szerint három csoportba sorolhatjuk (Juhász 2002):

Porózus

Hasadozott

Kettős porozitású



Elsődleges porozitás

- Kőzetmátrix pórusüregei,
- Kőzettel egyidős.

Másodlagos porozitás

- Kőzetblokkok közötti repedések,
- Kőzettel egyidős, vagy utólagos (tektonikus mozgások, erózió).

Pórusközi áramlás

Próbaszivattyúzások kiértékelési módszerei - Kettős porozitás

	Egyszerűsítések	Újdonság	Ismeretlenek	Használhatóság
Barrenblatt et. al 	Figyelman kívül hagyja: <ul style="list-style-type: none"> • a blokkok és a repedések közötti interakciót, • a vízvezető réteg reakcióját, • a tagoltságok összenyomhatóságát. 		<ul style="list-style-type: none"> • blokkok: S, k • repedések: T • repedezettségi tényező, • geometriátényező. 	Jó elméleti ugródeszka, sok továbbfejlesztése van.
Warren-Root 	Elhanyagolja: <ul style="list-style-type: none"> • kútvesztések, • kútbeli tárolás. 	<ul style="list-style-type: none"> • repedések összenyomhatóságát figyelembe veszi. 	<ul style="list-style-type: none"> • blokkok: S, k • repedések: S, k • $\omega, \lambda,$ • alaki- és geometriátényező 	Termelőkutakra ad összefüggést.
Kazemi et. al 		<ul style="list-style-type: none"> • a víztartó, a repedések és a blokkok geometriájában változtat, • alaki tényező. 	Lsd. Warren-Root	Megfigyelő kutakra ad összefüggést, az átmeneti szakaszt pontosítja

Próbaszivattyúzások kiértékelési módszerei - Kettős porozitás

	Egyszerűsítések	Újdonság	Ismeretlenek	Használhatóság
<p>Bulton-Streltsova</p> 	<ul style="list-style-type: none"> a repedésekben 1D áramlás alakul ki. 	<ul style="list-style-type: none"> a repedésekben és a kőzetblokkban a leszívást külön összefüggéssel adja meg. 	<ul style="list-style-type: none"> blokkok: S, k repedések: S, k repedezettségi tényező, repedésvast. 	<p>Csak korlátozottan használható.</p>
<p>Şen</p> 	<ul style="list-style-type: none"> a kútba csak a repedésekből áramlik víz. 	<ul style="list-style-type: none"> az áramlás bármilyen irányban létrejöhet, repedések tárolása és transzmisszivitása 	<ul style="list-style-type: none"> blokkok: S, T repedések: S, T alaki tényező. 	<p>A feltételezés csak ritkán fordul elő a természetben, kiegészítésekkel használható, erős matek!</p>
<p>Moench</p> 		<ul style="list-style-type: none"> skin-hatás figyelembevétele kútnál és repedéseknél. 	<ul style="list-style-type: none"> blokkok: S, k repedések: S, k skinek, kúttárolás, forrástag. 	<p>Jól használható a gyakorlatban, sok új tényezőt vezet be, erős matematikát igényel.</p>
<p>Bourdet-Gringarten</p> 			<ul style="list-style-type: none"> blokkok: S, k repedések: S, k $\omega, \lambda,$ geometriatény., blokk vastagság. 	<p>Legáltalánosabban használható módszer, egyszerűsíthető.</p>

Próbaszivattyúzások kiértékelési módszerei - Egyedi repedések

	Egyszerűsítések	Újdonság	Ismeretlenek	Használhatóság
Párhuzamos repedés	<ul style="list-style-type: none"> • repedések érdeksége << tágassága 		Közet k-jának meghatározása	Nem teljes önmagában.
Gringarten-Witherspoon	<ul style="list-style-type: none"> • véges hosszú függőleges repedés. 	<ul style="list-style-type: none"> • idő-leszívás kapcsolat Green-függvényekkel 	<ul style="list-style-type: none"> • S, T • függőleges repedés félhossza. 	Bonyolult matematika, túlzott idealizálás.
Gringarten-Ramey	<ul style="list-style-type: none"> • homogén, izotróp, nyomás alatti közeg, • sík repedés. 		<ul style="list-style-type: none"> • S, T. 	Kevés tényezős módszer bonyolult matematika.
Ramey-Gringarten	<ul style="list-style-type: none"> • homogén, izotróp, nyomás alatti közeg, • nem sík repedés. 	<ul style="list-style-type: none"> • repedésben való tárolás figyelembe vétele. 	<ul style="list-style-type: none"> • S, T • tárolási konstans. 	Kevés tényezős módszer bonyolult matematika.
Jenkins-Prentice	<ul style="list-style-type: none"> • homogén, izotróp • áramlás repedés mentén. 		<ul style="list-style-type: none"> • blokk: S, T • repedés hossza, távolsága a kúttól. 	Legegyszerűbb, könnyen használható.
Gringarten-Ramey	<ul style="list-style-type: none"> • repedés mentén egyenletes áraml. 		<ul style="list-style-type: none"> • vízszintes és függőleges k. 	Sok változós, bonyolult.
Többszörös vízszintes	<ul style="list-style-type: none"> • 1D és 2D áramlások sugárirányban. 	<ul style="list-style-type: none"> • kútbeli tárolás. • rep. összenyom. 	<ul style="list-style-type: none"> • nyomásmagasság, • rep.tágasság. 	Leghasználhatóbb.

Néhány képlet...

Warren-Root módszer:

$$s(r,t) = \frac{Q}{4 \cdot \pi \cdot T_{rep}} W(u_{rep}^*, \lambda, \omega)$$

$$W(u_{rep}^*, \lambda, \omega) = 2,3 \lg(2,25 u_{rep}^*) + Ei - \left(\frac{\lambda u_{rep}^*}{\omega(1-\omega)} \right) - Ei \left(- \frac{\lambda u_{rep}^*}{(1-\omega)} \right)$$

Şen-módszer:

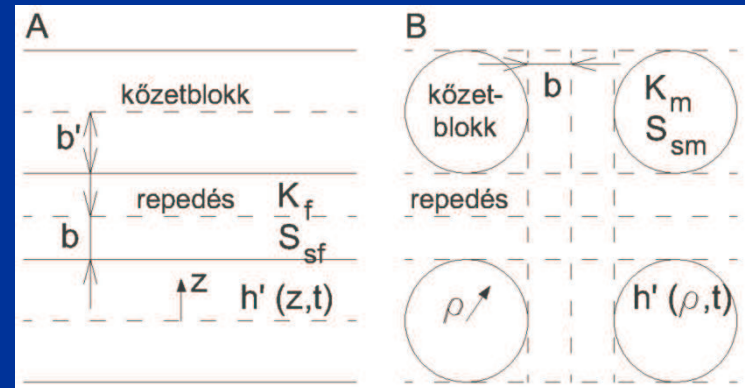
$$W\left(u_{rep}, \frac{r}{B_{rep}}\right) = \int_{u_{rep}}^a \frac{e^{-xC(x)}}{x} dx$$

$$C(x) = \frac{1 + \frac{S_b}{S_{rep}} [1 - e^{-\beta(x)}]}{1 + \frac{T_b}{T_{rep}} [1 - e^{-\beta(x)}]}$$

$$\beta(x) = \frac{1}{4} \frac{S_b}{S_{rep}} \left(\frac{r}{B} \right)^2 \frac{1}{x}$$

Moench-módszer:

$$h_{B,D} = \frac{2 \cdot [K_0(x) + x \cdot S_k \cdot K_1(x)]}{p \{ p \cdot W_D [K_0(x) + x \cdot S_k \cdot K_1(x)] + x \cdot K_1(x) \}}$$



A változók

neve	jele	mérték- egysége	vizsgált tartomány	reális tartomány
Repedés tárolási tényezője	S_{rep}	-	10^{-1} - 10^{-7}	10^{-3} - 10^{-5}
Blokkok tárolási tényezője	S_b	-	10^{-1} - 10^{-7}	
Repedés szivárgási tényezője	k_{rep}	m/s		10^{-4} - 10^{-13}
Blokkok szivárgási tényezője	k_b	m/s		
Repedés transzmisszivitása	T_{rep}	m^2/s	10^{-1} - 10^{-7}	10^{-4} - 10^{-6}
Blokkok transzmisszivitása	T_b	m^2/s	10^{-1} - 10^{-7}	
Vízhozam	Q	m^3/s	10^{-1} - 10^{-4}	10^{-1} - 10^{-4}
Leszívási mélység	s	m	0,01-100	0,01-100

A Warren-Root módszer

Kezdeti szakaszon:

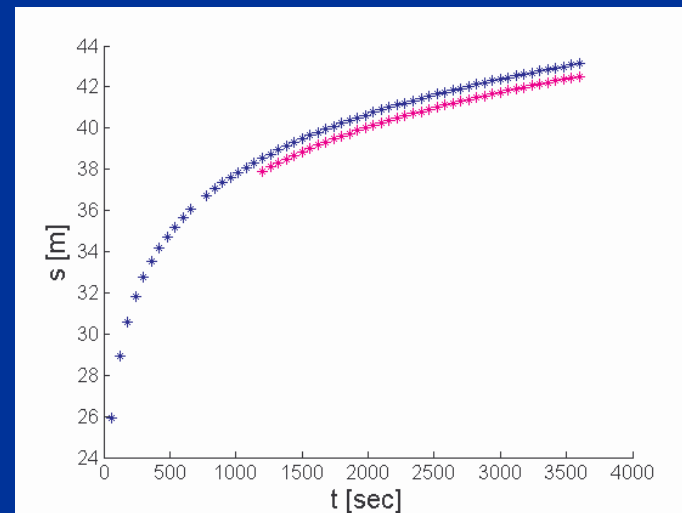
$$s = \frac{2,3 \cdot Q}{4 \cdot \pi \cdot T_{rep}} \lg \frac{2,25 \cdot T_{rep} \cdot t}{S_{rep} \cdot r_k^2}$$

- vizsgálatok T_{rep} , S_{rep} , t és Q variálásával,
- valós leszívás-visszatöltődési adatsorok vizsgálata,
- irreális változócsoportok kiszűrése,
- meredekségvizsgálat.

Kései szakaszon:

$$s = \frac{2,3 \cdot Q}{4 \cdot \pi \cdot T_{rep}} \lg \frac{2,25 \cdot T_{rep} \cdot t}{(S_{rep} + \beta S_b) \cdot r_k^2}$$

- csak akkor ad eltérést, ha $S_b \gg S_{rep}$,
- ekkor a s értéke kisebb lesz.



Vizsgálatok Aqtesolv-ban

Bad Schönau

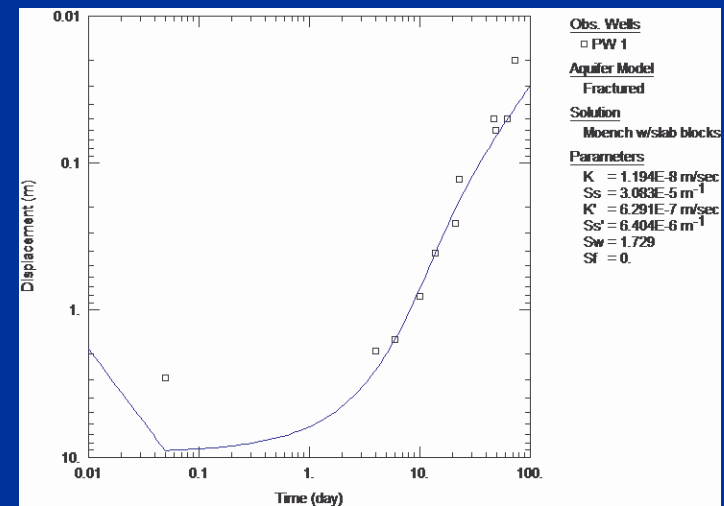
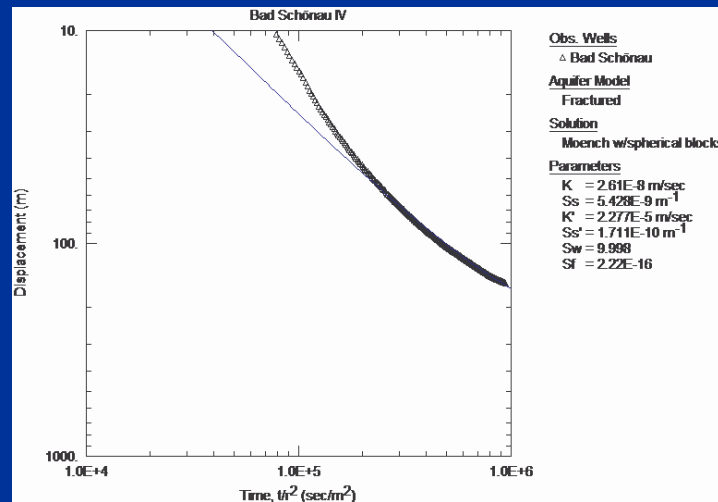
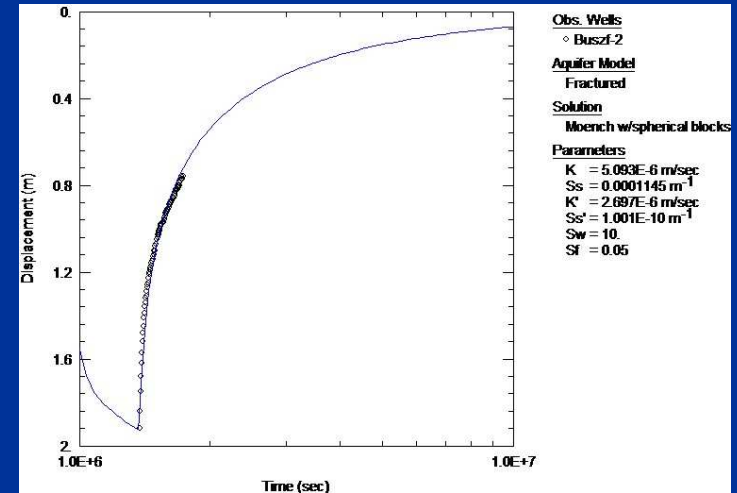
- átalakult, kristályos kőzet.

Balatonudvari

- karbonátos kőzetek.

Budai Várhegy

- budai márga.



Karay-Hajnal-Vasvári: Repedezett kőzetek szivárgáshidraulikai vizsgálata

További kutatási irányok

- adattári kutatás,
- konkrét leszívás-visszatöltődési adatsorok keresése és vizsgálata,
- további módszerek megismerése és használata,
- gyakorlati használhatóság megfogalmazása.



(Farkas D. képe)

Karay-Hajnal-Vasvári: Repedezett kőzetek
szivárgáshidraulikai vizsgálata

Köszönöm a figyelmet!



Balatonudvari megfigyelőkút

Köszönet az adatszolgáltatásért Csepregi Andrásnak!