

HIDROGEOLÓGIA

BSc kurzus

**A szivattyúk, a kutakban végzett
termeltetési vizsgálatok**

Papp Márton – Dr. Kovács Balázs – Dr. Szanyi János

kovacs.balazs@gama-geo.hu

szanyi@iif.u-szeged.hu

papp.marton@geo.u-szeged.hu

Szegedi Tudományegyetem

2011

Miről lesz szó...

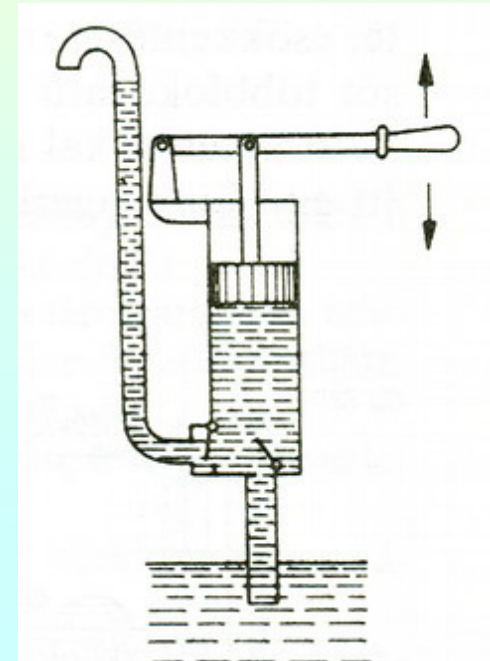
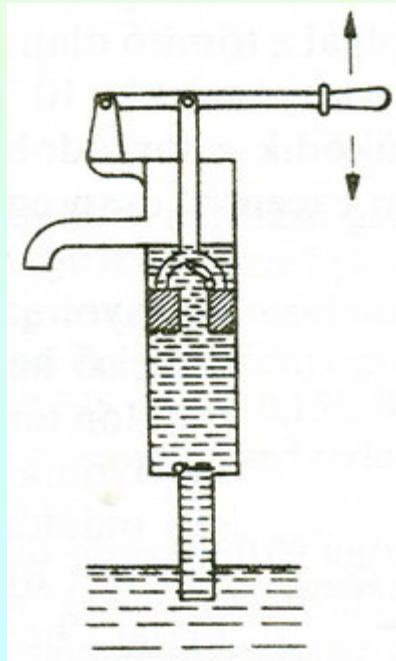
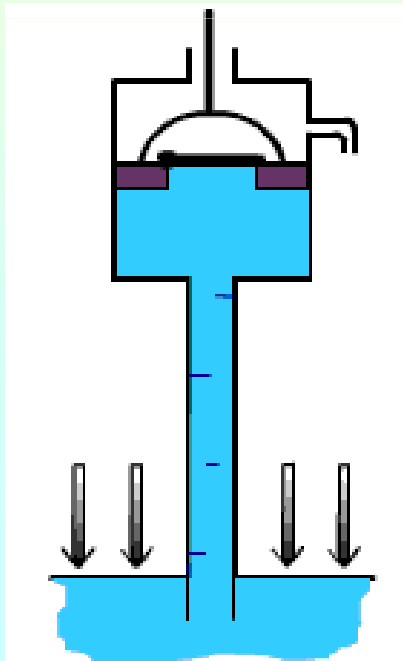
- Szivattyúkról általában, típusai
- Leszívás és visszatöltődés mérésről általában
- A kutakban végzett termeltetési vizsgálatok és azok kiértékelésének módjai
- Szivattyútesztek során kapott eredmények

Szivattyúk, mint egyszerű gépek

Általában cseppfolyós vagy gáznemű anyagokat egyik helyről egy másik helyre szállító gép.

Legtöbbször folyékony anyagok, leginkább víz csöveken keresztüli mozgatására alkalmazzák.

A legegyszerűbb, a levegőnyomással működő *szivattyú* egy térfogat kiszorításos gép, amely a folyadékot elméletileg csak kb.10 m, a gyakorlatban 7-8 m magasra képes felemelni, ellentétes irányban nyomókúttal elméletileg 10 m-es emelőmagasság érhető el.



A szivattyúk

Típusok:

- Centrifugálszivattyú
- Membránszivattyú
- Búvárszivattyú
 - Gigant-Booster pumpa
 - mélykútszivattyú – csőkútszivattyú
 - merülőszivattyú (tisztavíz- vagy zagyszivattyú)
- Perisztaltikus pumpa

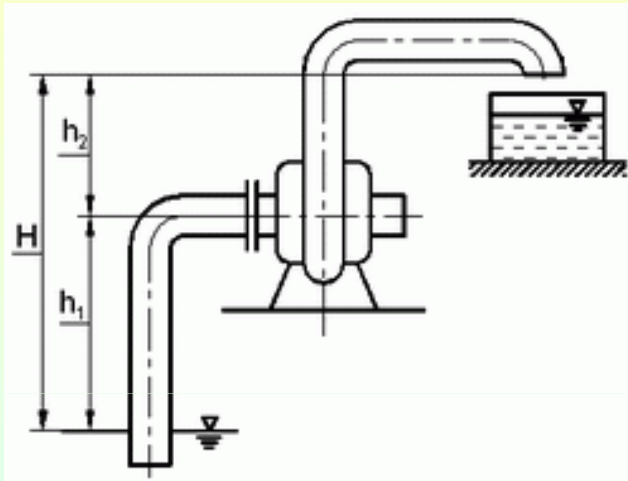
Jellemzők:

- Szívómélység
- Emelő(nyomó)magasság
- Hozam
- Szivattyú karakterisztika (Hozam – nyomómagasság összefüggés)
- Külső átmérő
- Csőcsatlakozási átmérő

Hozamszabályozás:

- fojtás csappal
- frekvenciaváltással

Centrifugálszivattyúk

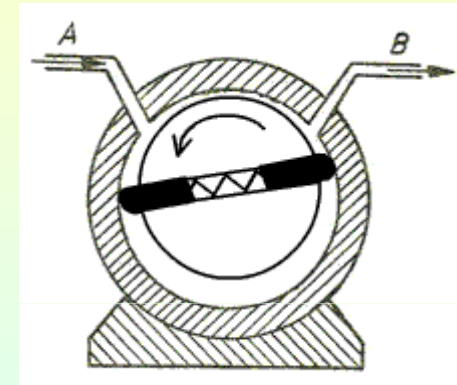


Folyadékszállítás centrifugál szivattyúval:

h_1 = **szívómagasság**

h_2 = **nyomómagasság**

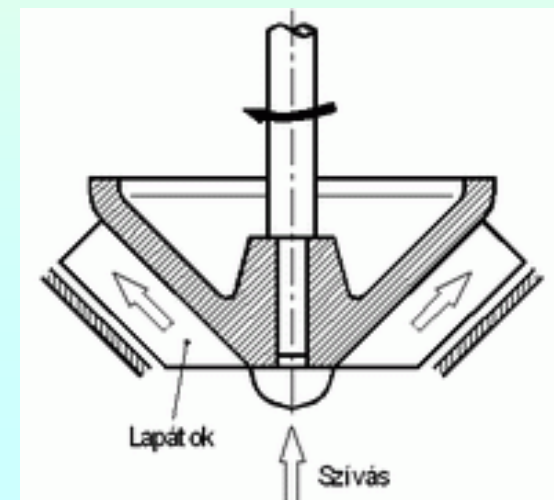
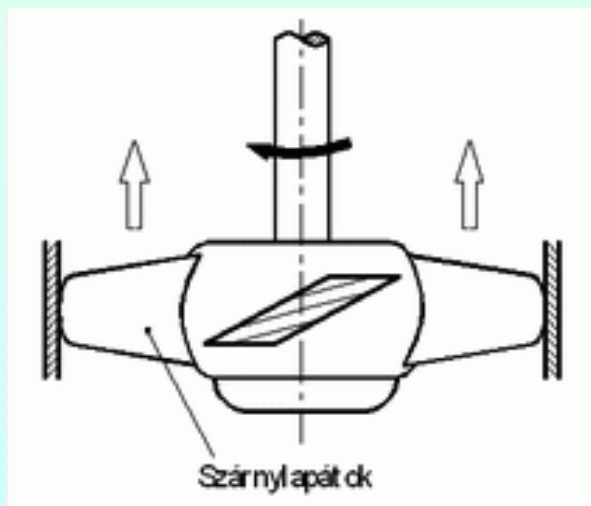
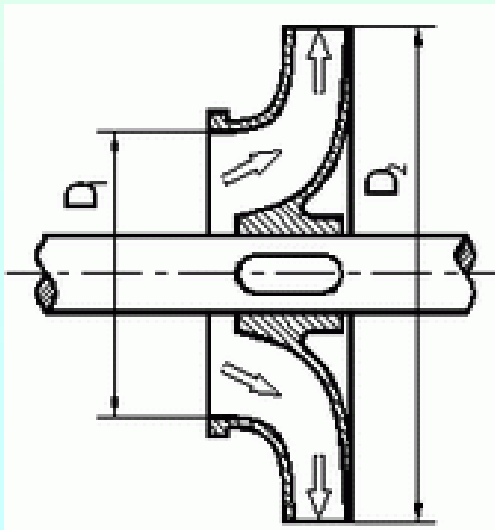
H = **szállítómagasság**



radiális átömlésű járókerék

axiális átömlésű járókerék

félaxiális átömlésű járókerék



Centrifugálszivattyúk

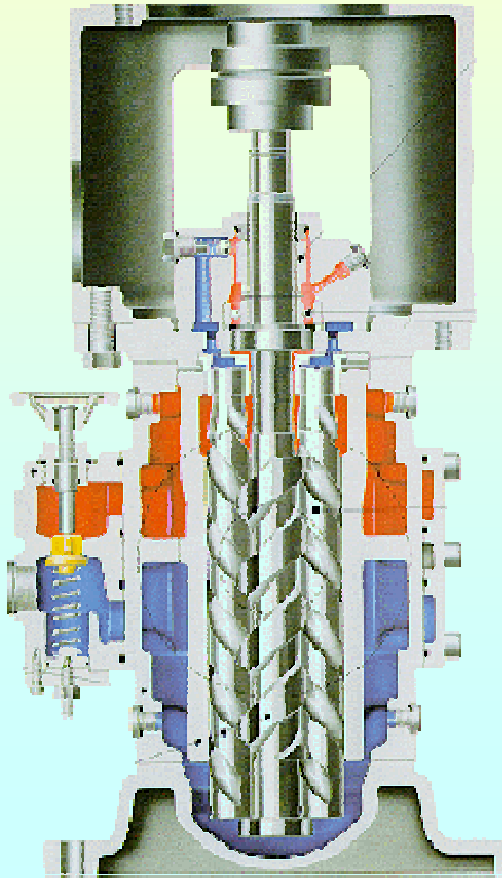
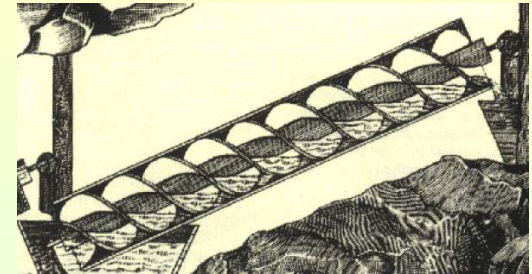


MŰSZAKI ADATOK

Motor	230 V/ 50 Hz
Teljesítmény	800 W
Járókerekek száma	1-lépcsős
Max. szállítómagasság	38 m
Max. folyadékszállítás	3400 l/ó
Max. szívómélység	9 m
Max. folyadék hőmérséklet	35 C°
Csatlakozó méret	1"

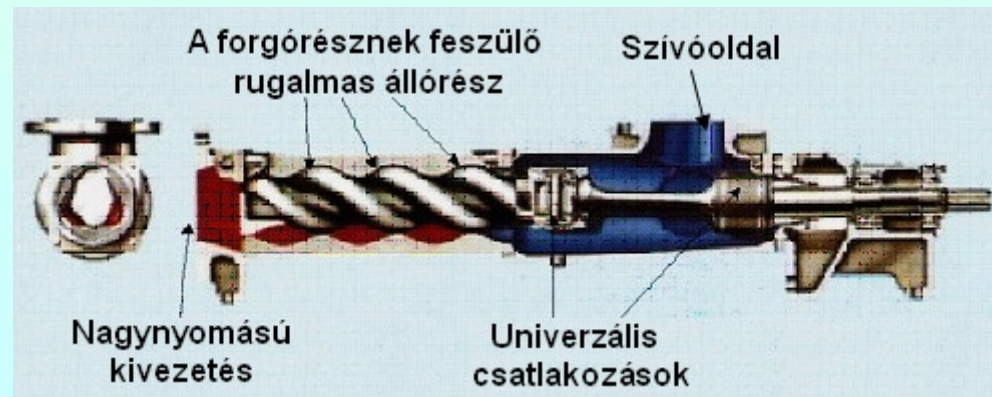
Csavarszivattyú

A csavarszivattyú olyan szivattyú, amelynek házában egy- vagy többmenetes forgó orsó szállítja a folyadékot. Működési elve hasonló az *Arkhimédészi csavaréhoz*.



Létezik háromorsós változata is (*baloldali ábra*). A szívótérből a nyomótér felé haladó folyadék nyomása növekszik.

Hosszabb orsó esetén nagy nyomás (350 bar) érhető el. Jó hatásfokú, üzembiztos szerkezet. Elsősorban a vegyiparban használatos

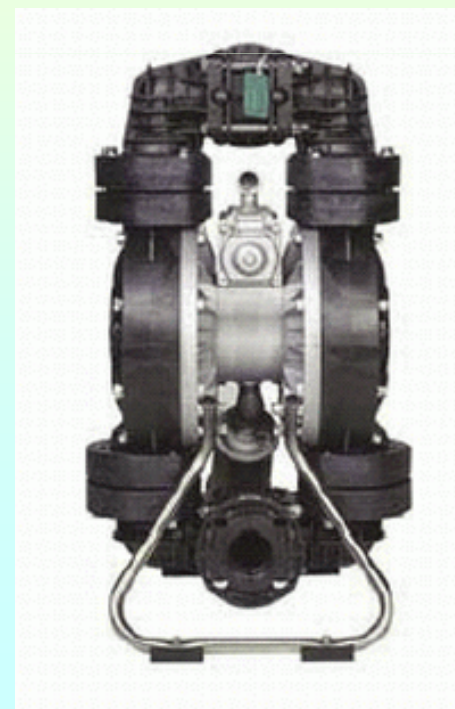
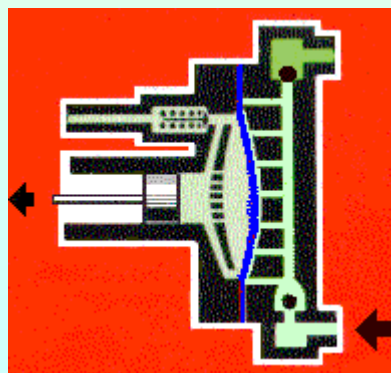


Membránszivattyúk

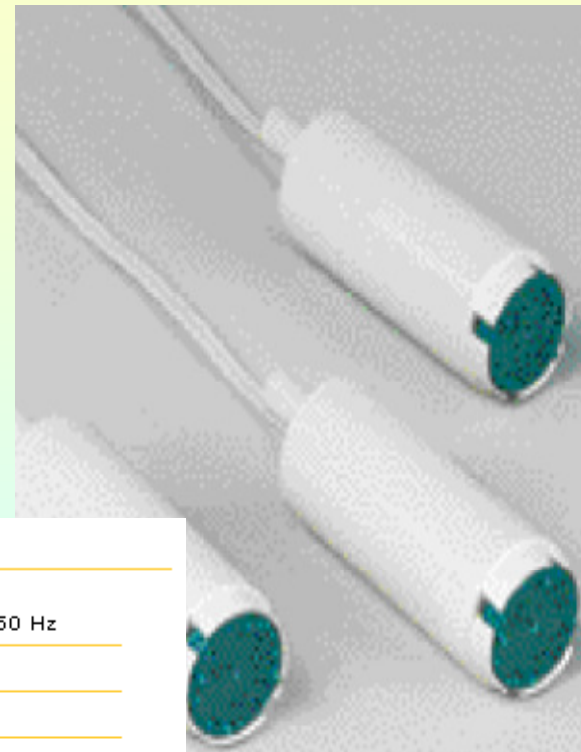
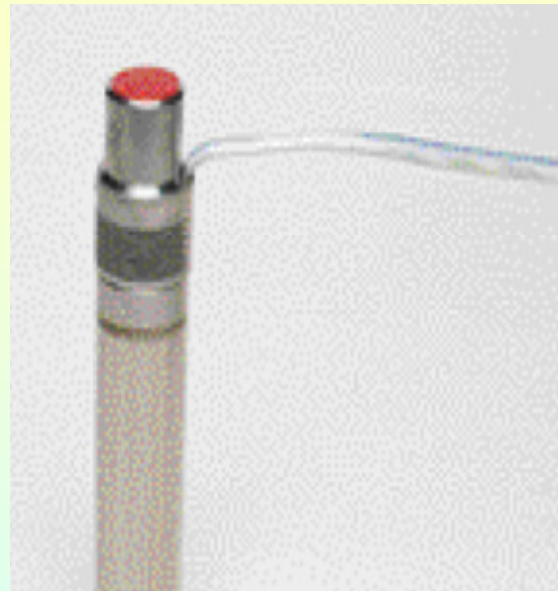
A **térfogatkiszorítás** elvén működő kompresszorok különleges képviselője.

A membránkompresszort főleg adagolásra használják. Ugyanezen az elven működő szivattyú jellegzetes alkalmazása az autók üzemanyag- adagolása az AC-pumpa.

Zagyszállításra azért alkalmas, mert nem tartalmaz berágódásra hajlamos súrlódó alkatrészt. Kiválóan alkalmas a vegyiparban erősen maró hatású gázok, gőzök, folyadékok és a szilárd port is tartalmazó gázok továbbítására.



Búvárszivattyúk



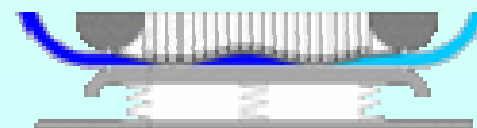
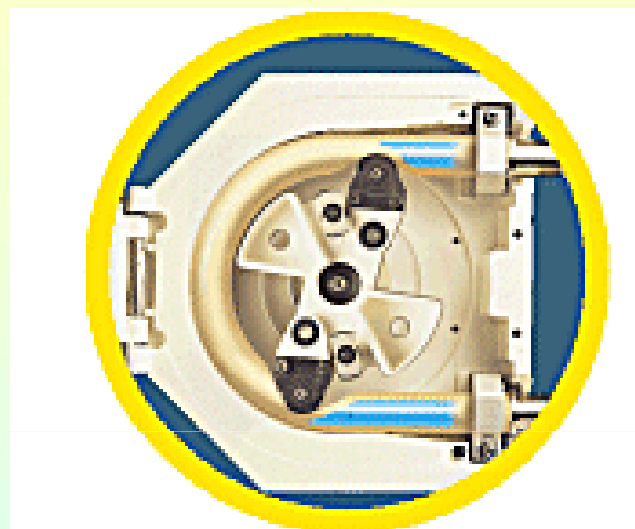
MŰSZAKI ADATOK

Motor	230 V/ 50 Hz
Teljesítmény	1000 W
Járókerekek száma	8
Max. szállítómagasság	60 m /6,6 bar
Max. folyadékszállítás	4800 l/ó
Kábelhossz	15 m
Max. folyadékhőmérséklet	35 C°
Csatlakozó méret	1" belső

Merülőszivattyú



A perisztaltikus pumpa



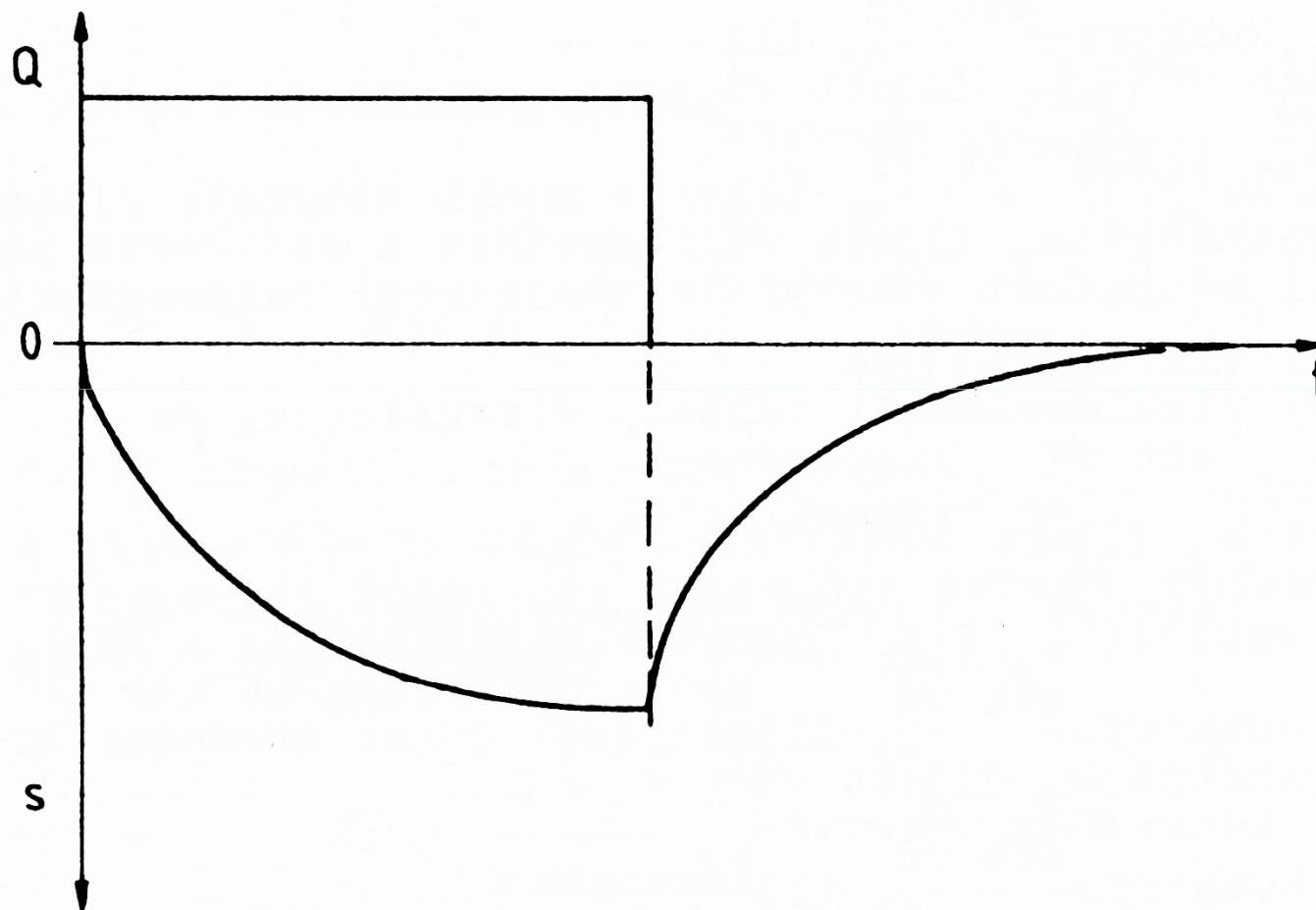
Környezeti mintavételezések során alkalmazott szivattyúk és azok területei

						Talajvíz paraméterek													
						szervetlen						szerves			radio- aktív	biológiai			
		Készülék	becsült maximális mintavételi mélység	Minimális kút átmérő	Minta szállítási ráta/ térfogat *	fajlagos elektromos vezetőkép- esség	pH	redox	főbb ionok	nyomelemek	nitrát filuorid	oldott gáz	nem illékony	illékony	TOC	TOX	rádium	teljes alfa és béta	kóliform baktérium
Hordozható szívó és emelő mintázó eszközök	Mértő	Nyitott bailer	nincs határ	12,7mm	Változó	○	■	■	○	○	○	■	○	■	■	■	○	■	○
		Pontforrás bailer	nincs határ	12,7mm	Változó	○	○	○	○	○	○	■	○	■	○	○	○	■	○
		Fecskendő bailer	nincs határ	38,1mm	0,03-0,7 l/p	○	○	○	○	○	○	■	○	○	■	■	○	○	○
	pozitív vízkiszorítás (búvárszivattyúk)	Fogas-kerék	60,96 m	50,8mm	0-1,9 l/p	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	■
		Membrán	121,92 m	38,1mm	0-7,5 l/p	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
		Perifériális rotorú	48,768 m	50,8mm	0-4,5 l/p	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	■
		Dugattyús	152,4 m	38,1mm	0-1,9 l/p	○	■	■	○	○	○	■	○	○	■	■	○	○	■
		Centrifugál	Változó	38,1mm	Változó	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
		Perisztaltikus	7,9248 m	12,7mm	0,03-1,1 l/p	○	■	■	○	○	○	■	○	■	■	■	○	■	○
		gáz emelésű szivattyú	Változó	25,4mm	Változó	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	Gáz kontakt	gáz-vezérlésű szivattyú	45,72 m	25,4mm	0,7 l/p	○	■	■	○	■	○	■	○	■	■	■	○	■	■
		pneumatikus	nincs határ	Nincs határ	0,03-0,49 l/p	○	○	○	○	○	○	■	○	■	■	■	○	○	○

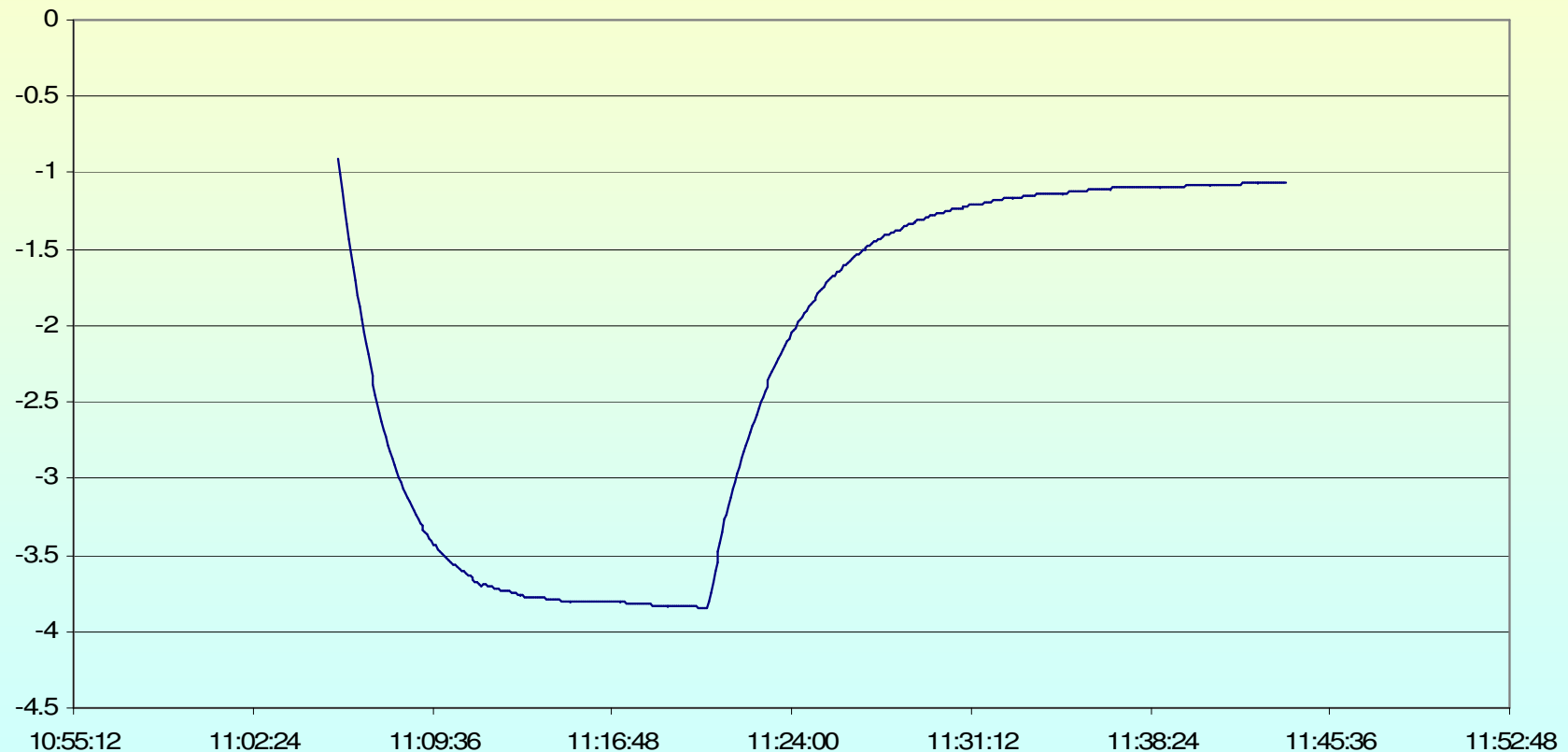
Leszívás-visszatöltődés mérés



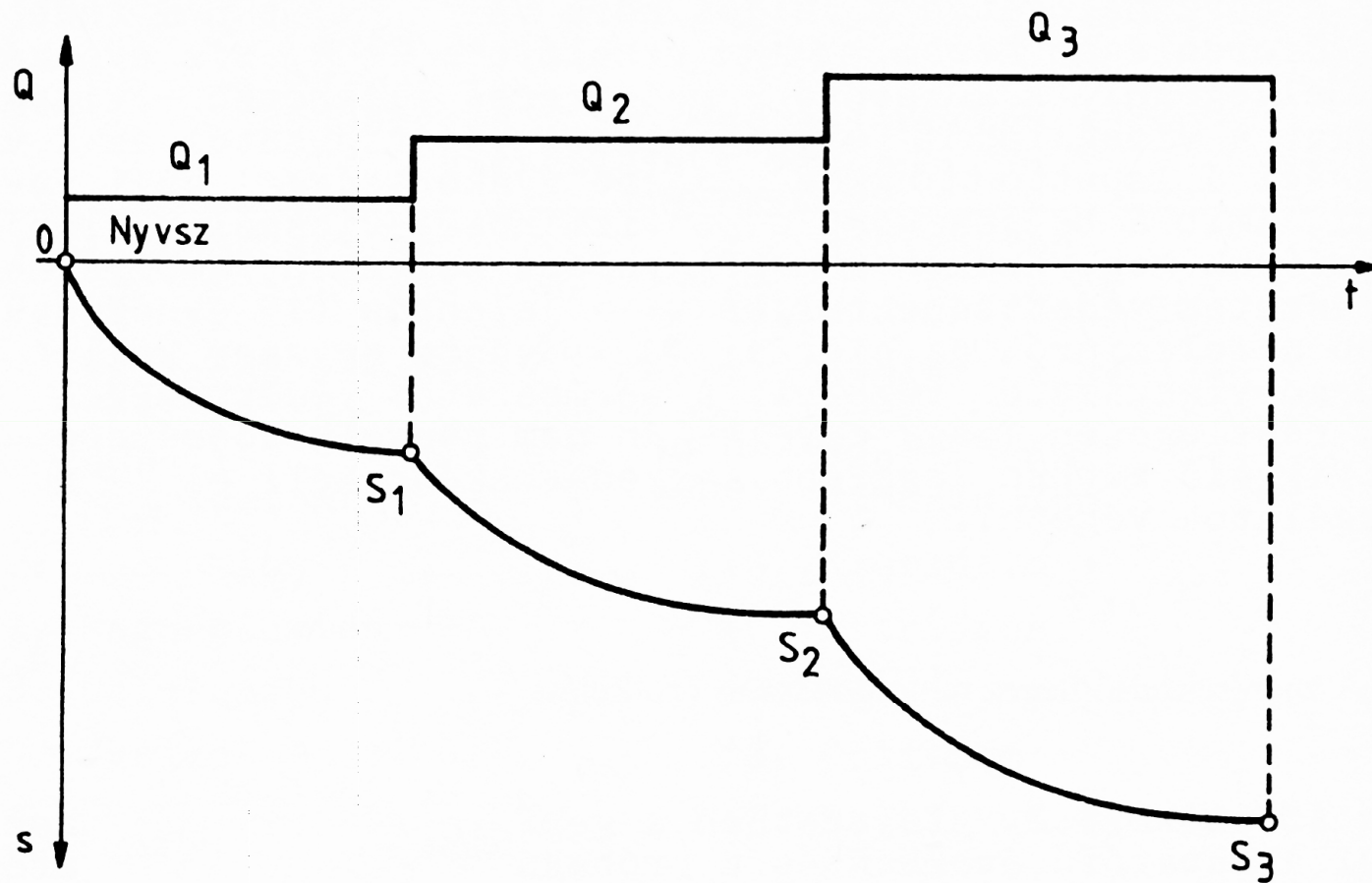
Visszatöltődés kvázi stacionér szivattyúzás után



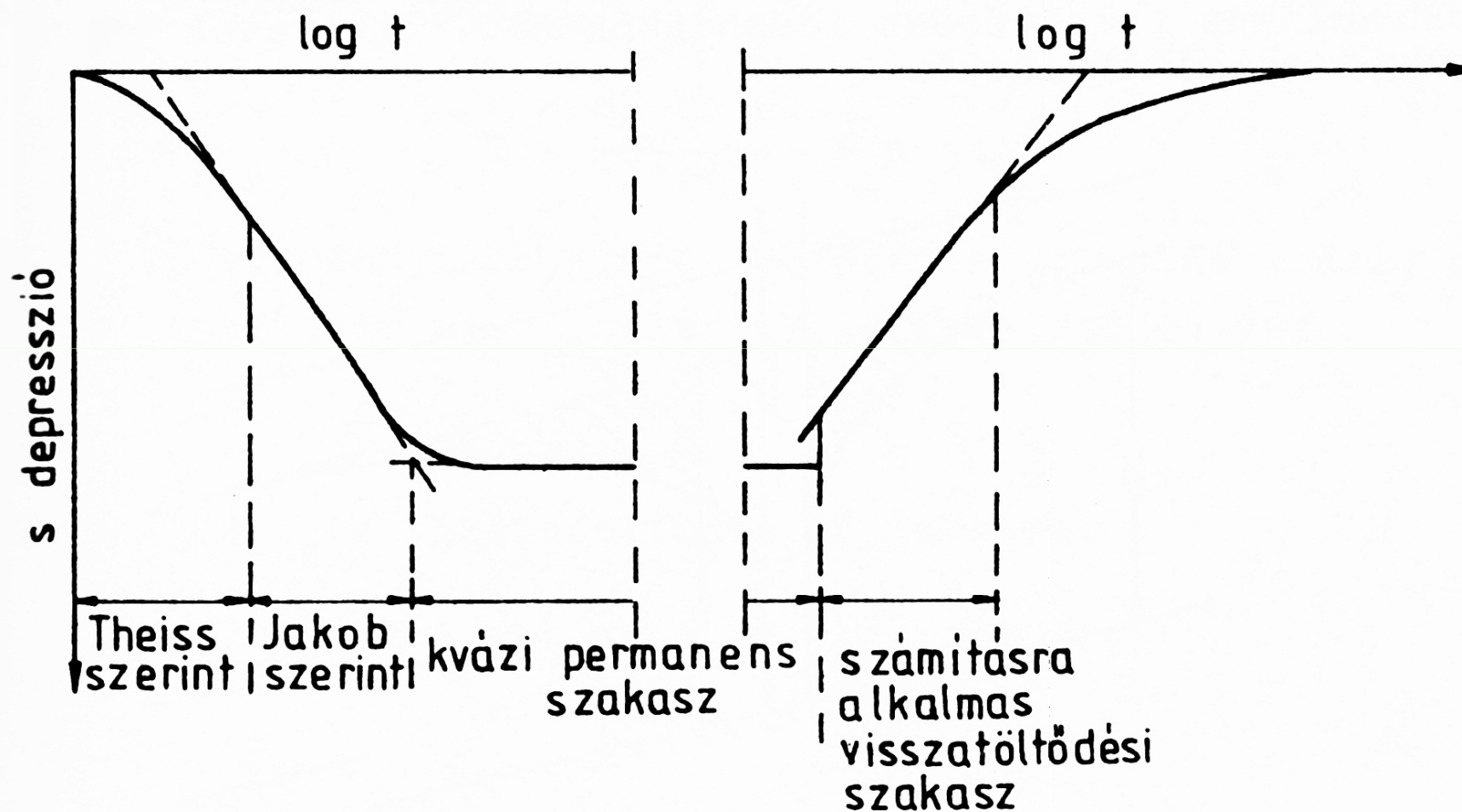
Tipikus leszívás-visszatöltődési görbe (Hajdúböszörmény, G6/A kút)



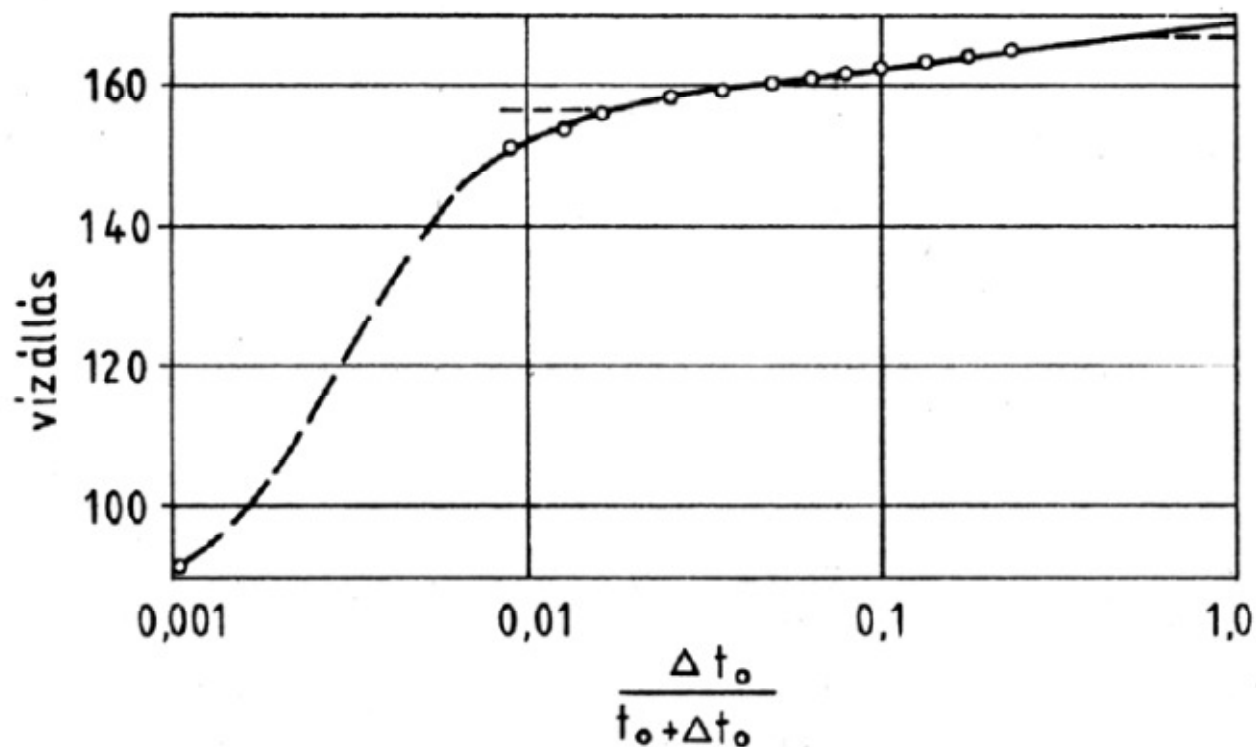
Vízhozam és depresszió idősor



A szivattyúzás egyes jellegzetes fázisai



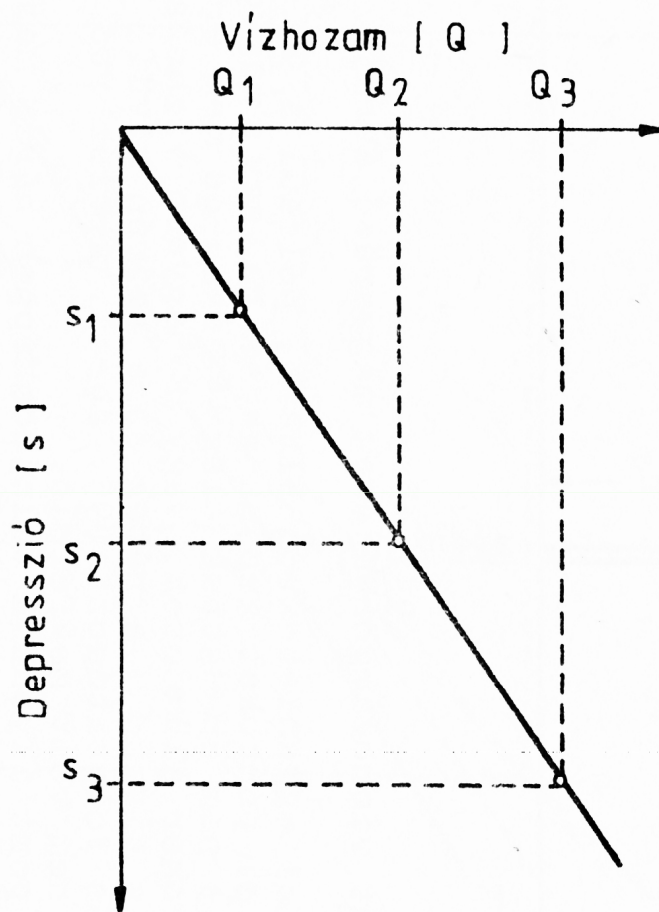
A talpnyomás emelkedési görbe tipikus alakja a jellemző szakaszokkal



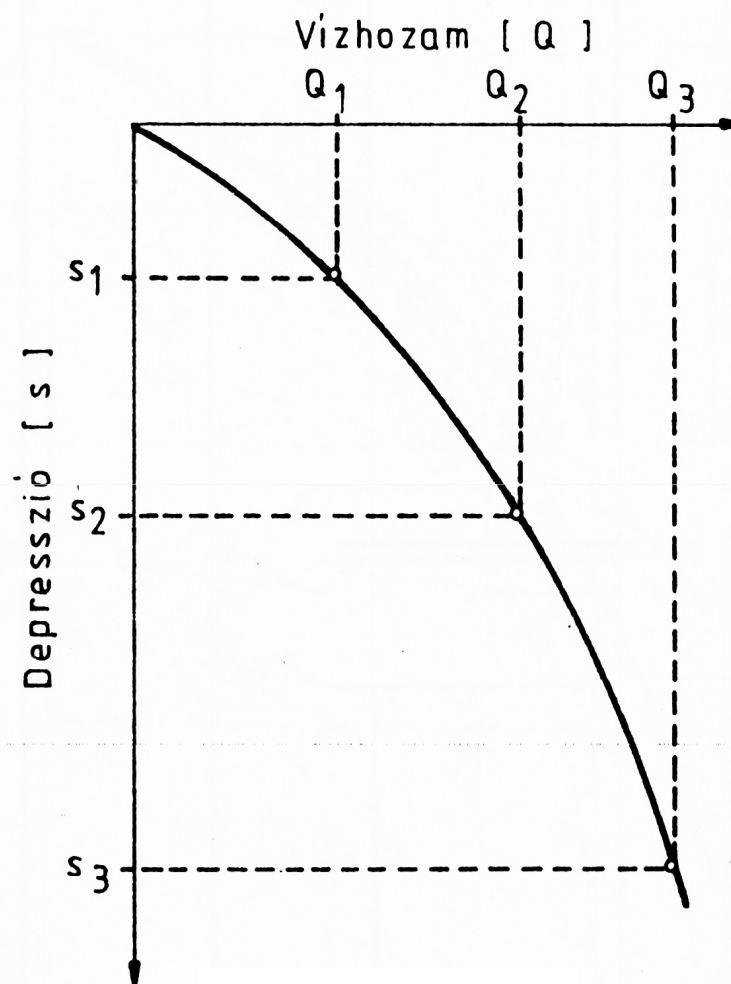
I. szakasz	II. szakasz	III. szakasz
------------	-------------	--------------

- I szakasz: az utánáramlástól és a kútkörzet áteresztőképességétől zavart szakasz, a kútkörnyékre jellemző
II szakasz: a számítás alapjául szolgáló egyenes szakasz, a depresszióterületre jellemző
III szakasz: a tápterület befolyásolta görbe hossza

Kút vízhozamgörbéje

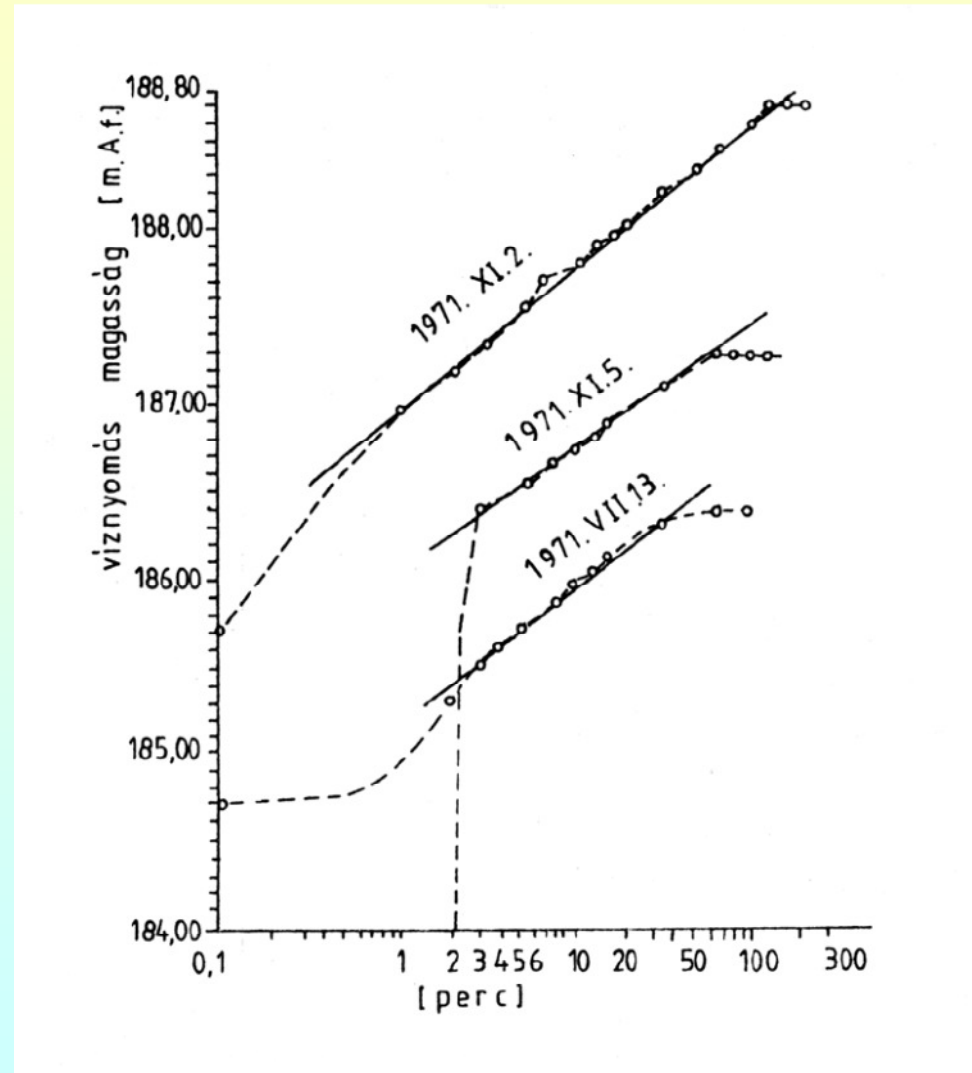


Nyomás alatti



Nyitott rendszer

A Szentesi Alkotmány Tsz. 1. sz kútjának visszatöltődés görbéi



Szivattyútesztek kiértékelése

- A hidrogeológusok feladata a felszín alatti vízkészletek meghatározása, valahányszor a vizet, mint gazdasági értéket használják (pl. ivóvíz, ipari víz, öntözés stb.).
- A felszín alatti vízkészletek meghatározásakor az információk közül talán a legfontosabb: a **víztartó tározása** és **transzmisszivitása**.
- A víztartók vízadó- és tározási képességének meghatározása érdekében szivattyúteszteket végzünk.
- A szivattyúteszteknek sok fajtája létezik. A megfelelő teszt(ek) kiválasztása a víztartó típusától, a kívánt információ mennyiségétől (és pontosságától), és végül a program költségvetésétől függ.

Szivattyútesztek kiértékelése

- A szivattyútesztek legmodernebb módszerei C. V. Theis – 30-as évek közepén leírt eljárásán alapulnak. Theis (1935) eredeti egyenletét, mely egy "ideális" víztartó viselkedését írja le, a víztartók hidraulikai paramétereinek szivattyútesztekkel történő meghatározására használhatjuk.
- Az elmúlt évtizedek során Theis eredeti egyenletét módosították annak érdekében, hogy "nem-ideális" víztartókra és más szivattyúzási módszerek esetén is lehessen számításokat végezni.
- A különböző típusú szivattyútesztek elméletének és elemzésének az alapja a **kúthidraulika mérnöki tudományága**, amely a hidrogeológia egyik sarokkövének tekinthető.
- Szivattyúteszteket a megcélzott víztartó hidraulikai tulajdonságainak (transzmisszivitás és tározás) meghatározása érdekében végeznek

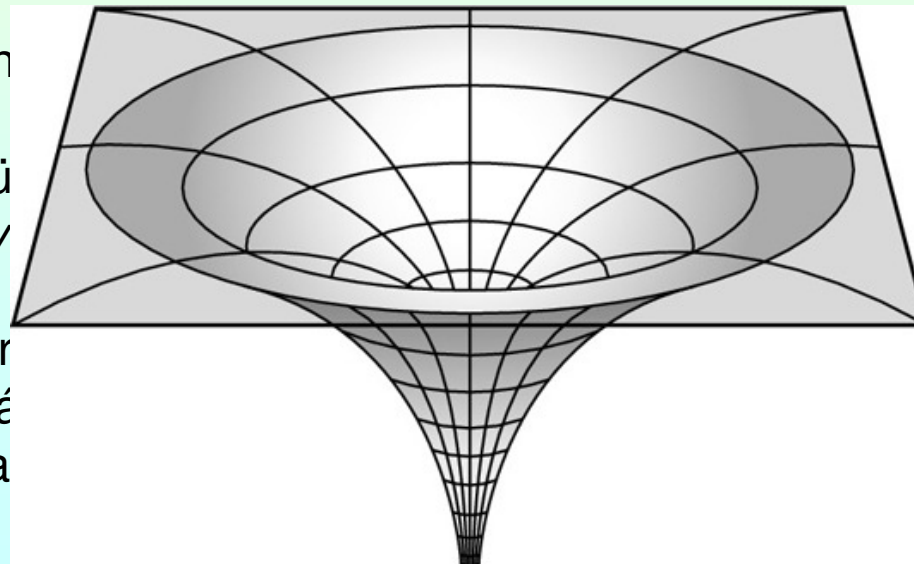
Szivattyútesztek kiértékelése

- A tesztek alapelve nagyon egyszerű: egy kútból vizet szivattyúznak miközben mérik a víztartó reakcióját. A szivattyúzás miatt bekövetkezett vízszintsüllyedést leszívásnak (s) nevezzük, definíciója:

$$s = h_0 - h$$

- A vízszintek csökkenése a szivattyúzott kút körül sugárirányban terjed szét, mely egy tölcsér alakú mélyedést hoz létre a víztartó vízszintjében. Ezt nevezzük depressziós tölcsérnek.

- Egy szivattyútesztnél a szivattyúzott kút mellett megfigyelő kút szűrővel mérjük a víztartó vízszintjét



egy vagy több, elhelyezett egy olyan kút, melyben

- A szivattyúteszt során a mértékét, távolságát egyenletbe, meghatározzuk

lejét, a leszívás megfelelő kút-áramlási szivátása!!!

Víz kivételi és visszatöltődés mérések

Szivattyúzási tesztek elvégzéséhez a következő számítási módszerek léteznek:

- Theis (1935)
- Cooper-Jacob Time-Drawdown (1946)
- Cooper-Jacob Distance-Drawdown (1946)
- Cooper-Jacob Time-Distance-Drawdown (1946)
- Hantush-Jacob (Walton) (1955)
- Neuman (1975)
- Moench (1993)
- Moench Fracture Flow (1984)
- Theis Steptest (1935)
- Cooper-Jacob Steptest (1946)
- Theis Recovery (1935)
- Hantush-Bierschenk Well Loss (1964)
- Specific Capacity Test
- Theis Prediction (teszt megtervezés)

Visszatöltődési vizsgálatokhoz rendelkezésre álló módszerek:

- Hvorslev (1951)
- Bouwer-Rice (1976)
- Cooper-Bredehoeft-Papadopoulos (1967)

A Theis megoldás nyomásalatti víztartókra

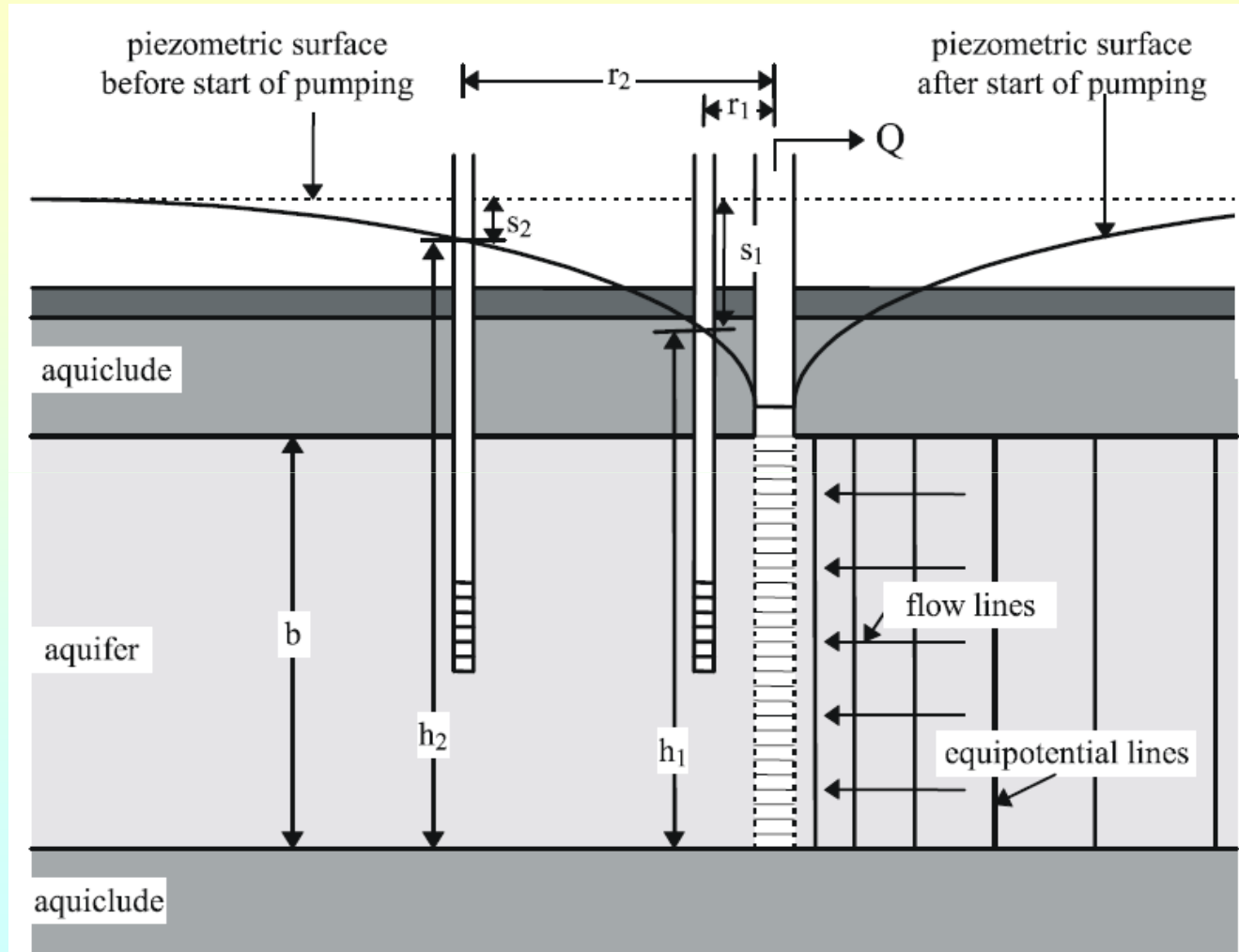
Ahhoz, hogy a Theis módszert használhassuk, a víztartónak számos feltételnek kell megfelelnie:

- vízszintes
- fedett, azaz két impermeábilis réteg határolja (felül és alul)
- látszólag végtelen kiterjedésű
- homogén és izotróp
- állandó vastagságú
- a szivattyúzás megkezdése előtt a víztartóban mindenhol azonos a hidraulikus emelkedési magasság
- csak egy szivattyúzott kút lehet a víztartóban
- állandó hozammal kell szivattyúzni
- a kútnak a víztartó teljes vastagságában szűrőzöttnek kell lenni
- a fúróluk a víztartóhoz képest kicsi
- a víztartóban pillanatnyilag tárolt vizet kell kitermelni.

Adatigény:

- Vízszintcsökkenés – idő adatsor a figyelőkútban
- A termelőkút és a figyelőkút véges távolságban legyenek
- Termelési hozam állandó

A Theis megoldás nyomásalatti víztartókra



Ideálisan nyomásalatti víztartóban végzett szivattyútesztet.

Részben nyomásalatti víztartók

A részben fedett, ún. áteresztő, vagy szivárgó (leaky) víztartó a szivattyúzás folyamán a határoló vízrekesztő rétegekből is kap vizet.

A fedő rétegek kétféleképpen szolgáltathatnak vizet a szivattyúzott vízvezető számára:

- egyrészt a bennük tárolt víz szabadon bocsátásával
- másrészt további víztartókból származó víz közvetlen átengedésével.

Egy szivattyúteszt alatt, a víztartóban (és a határoló vízfogókban) a csökkenő hidraulikus emelkedési magasságot a szivattyúzás által előidézett hidraulikus gradiens értékek okozzák.

A víz, a víztartóba történő szivárgásával kisebb leszívást okoz, mint ami a Theis egyenletből következne. Megszerkesztve a leszívási görbét az idő függvényében egy részben fedett (leaky) víztartó esetén, az idő előrehaladtával a görbe jellegzetesen kiegyenesedik, a határoló vízfogókon – a szivattyúzott kút felé – történő vízátszivárgás következtében.

A fedett víztartókba történő vízszivárgás problematikájával két kutatócsoport foglalkozott alaposan: Hantush és Jacob (1955), Hantush (1956, 1960, 1964), valamint később Neumann és Witherspoon (1969a, 1969b, 1972).

Részben nyomásalatti víztartók

A részben fedett (leaky) víztartók vizsgálati módszerét Hantush írta le a Theis módszer kiterjesztésével, felhasználva a víztartóra és a vízvezetőre vonatkozó alábbi feltételeket:

1. a víztartó vízszintes
2. látszólag végtelen a területi kiterjedése
3. homogén és izotróp
4. a vastagsága állandó
5. a szivattyúzás megkezdése előtt a hidraulikus emelkedési magasság értéke konstans a víztartóban
6. csak egy termelő kút lehet a víztartóban
7. a szivattyúzás hozama állandó
8. a kút kis átmérőjű kell legyen, figyelembe véve a víztartó paramétereit
9. a víztartóban lévő víz a szivattyúzás hatására azonnal felszabadul.

Hantush megoldása megkívánja a következő speciális feltételeket a rendszerre vonatkozólag:

10. az áramlás függőleges a vízfogóban és vízszintes a víztartóban
11. a vízrekesztőből nem származik (nem szabadul fel) tárolt víz
12. a vízfogóban (vagy a felsőbb víztartóban) lévő vízszint konstans marad a szivattyúzás teljes időtartama alatt, (mivel ebben az esetben a víz utánpótlódását végtelennek tekinthetjük).

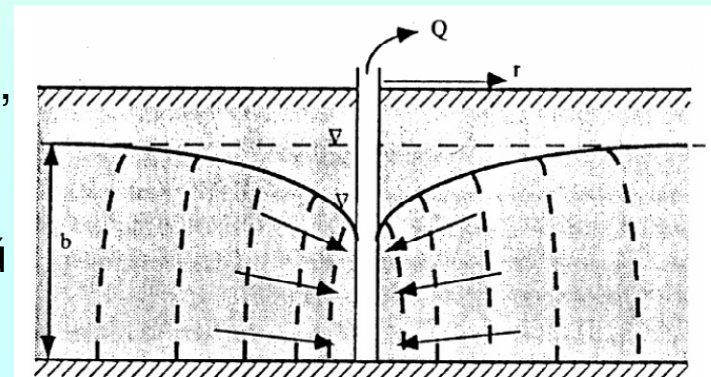
Részben nyitott víztartók

A részben nyitott víztartó esetén a talajvíztükör képezi a felső hidraulikai határt. A részben nyitott víztartók, szivattyútesztek során másként viselkednek, mint a fedett víztartók.

Az utóbbiakban a szivattyúzás hatására alapvetően két mechanizmus révén szabadul fel víz a tározás alól. Szerepet játszik egyrészt a közetváz kompaktiója, másrészt a csökkenő folyadéknomás hatására a víz tágulása (főként e két paraméter határozza meg számszerűleg a fajlagos tározást, S_0).

Részben nyitott víztartók esetén a tározás alól felszabaduló kitermelt víz egyrészt szintén a kompaktió és a tágulás eredménye, azonban jelentősebb a pórustér víztelenedéséből származó víz mennyisége (ami számszerűleg a fajlagos hozammal, S_y , adható meg).

Mivel a fajlagos hozam bármely részben nyitott víztartó esetén általában nagyságrendekkel nagyobb, mint egy fedett víztartó tározóképesége, ebből következően a részben nyitott víztartóból azonos depresszió létrehozása mellett nagyobb mennyiségű víz termelhető ki.



Részben nyitott víztartók

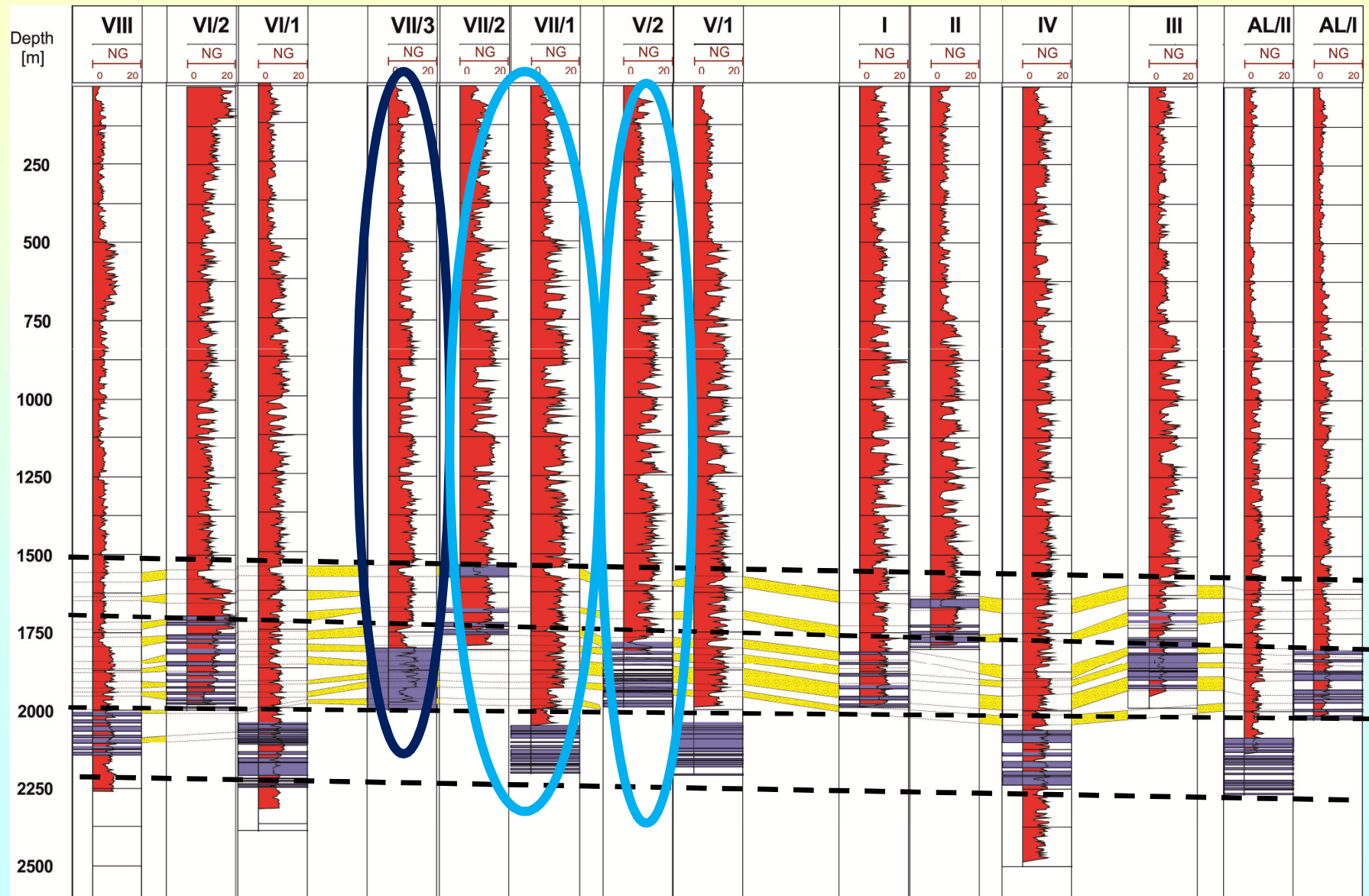
Egy részben nyitott víztartóban végzett szivattyúteszt során, a megfigyelő kútban mért leszívási görbén három jellegzetes szakaszt lehet megkülönböztetni: korai, középső és késői szakaszokat.

Közvetlenül a szivattyúzás megkezdésekor a kitermelt víz a fluidum tágulásából és a víztartó kompaktációjából származik, ezért a víztartóban észlelhető leszívás értékek egy jellegzetes Theis típusú görbét határoznak meg.

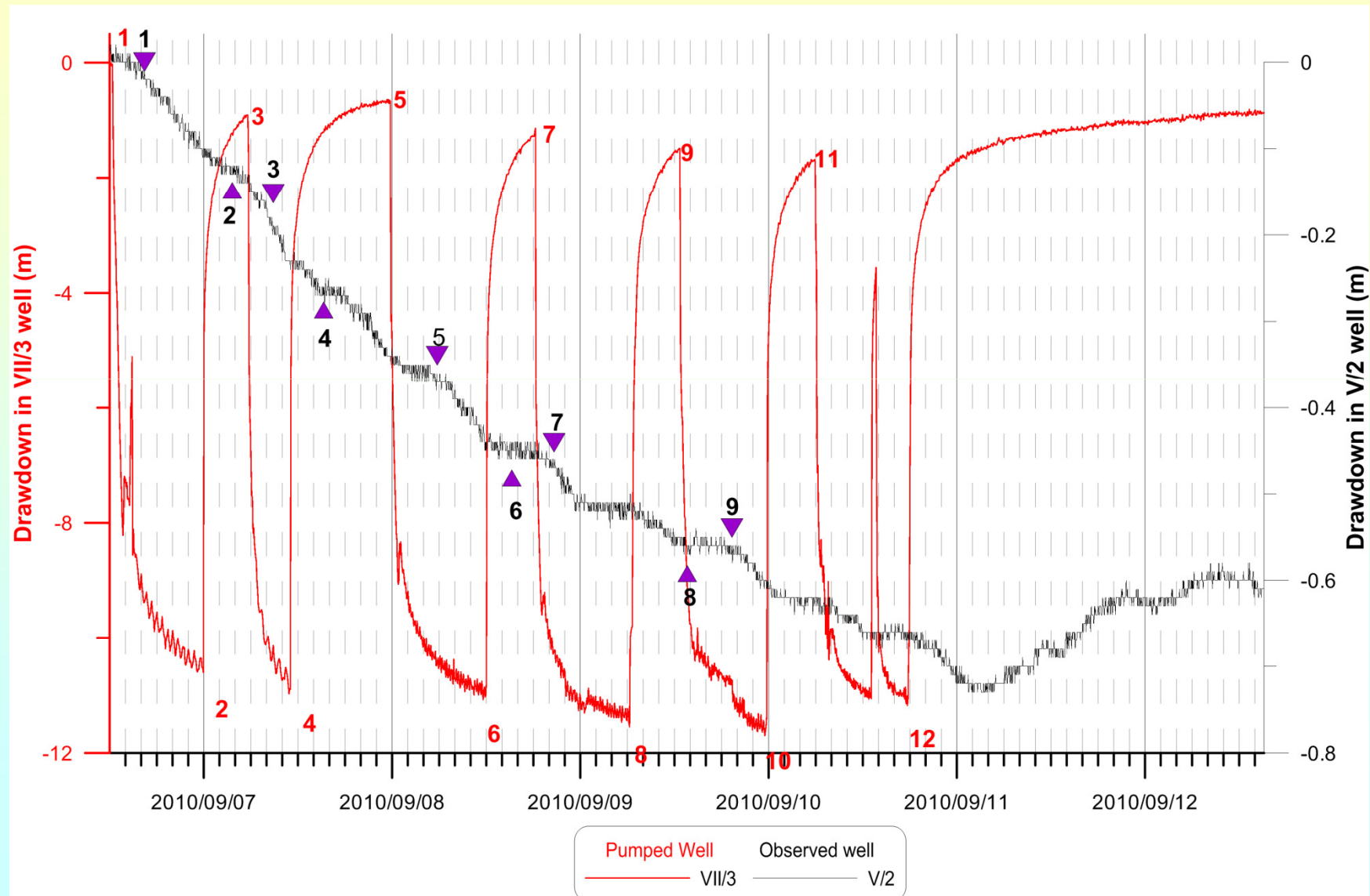
Később, kis idővel a szivattyúzás kezdete után, az idő-leszívás görbe konstanssá válik, jelezve a részben nyitott víztartó leszívás görbéjének második jellegzetes szakaszát, az ún. gravitációs megcsapoló szakaszt. Ekkor a kútban a vártnál alacsonyabb leszívás a víztartó pórusainak víztelenedéséből származó vízzel magyarázható. A szivattyúzás hatására víztartóban függőleges ekvipotenciális felületek alakulnak ki, illetve a víztükör helyzete hasonló lesz ahhoz a tölcsér alakú depressziós potenciálfelülethez, ami fedett víztartó termelésekor jön létre.

A szivattyúzás folytatásával az idő-leszívás görbe ismét a Theis típus szerint fog viselkedni. Ezt a víztartó víztelenedésével kialakuló "depressziós tölcsér" termelt kút körüli kiterjedése okozza. A fenti folyamatok hatására így módon, részben nyitott víztartó esetén egy jellegzetes három szakaszú 'S'-alakú idő-leszívás görbe jön létre.

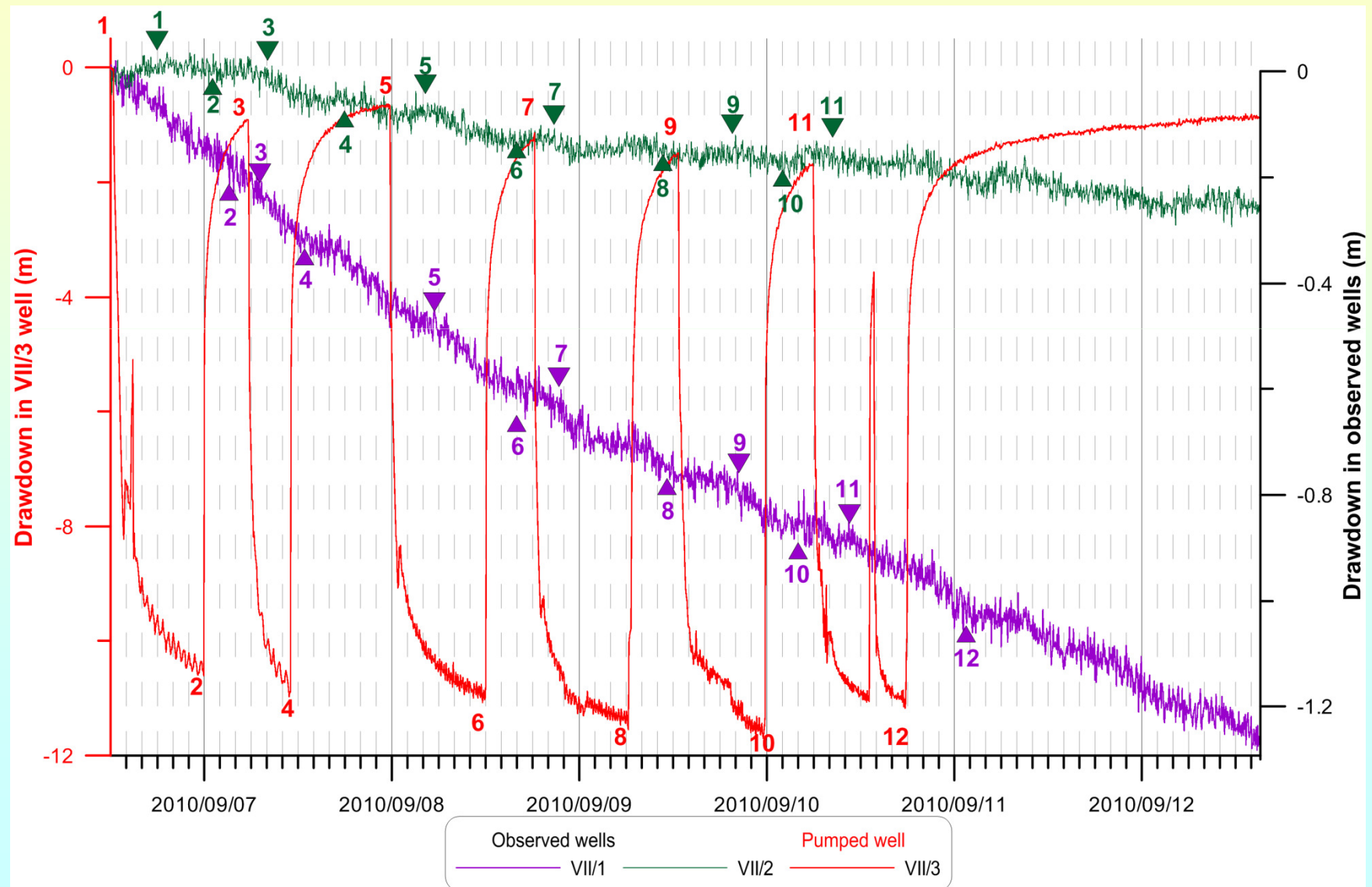
Korreláció TG szelvények alapján



Rétegirányú rángatásos teszt



A függőleges irányú rángatásos teszt



Meghatározott szivárgási tényezők (m/nap)

Sorszám	Rétegirányú	Felső és középső között	Alsó és középső között
1	0.23	0.76	1.24
2	1.13	4.26	1.01
3	0.31	1.27	7.67
4	0.64	1.56	1.07
5	0.19	0.96	0.78
6	0.87	1.49	3.87
7	1.70	2.21	3.07
8	0.16	2.3	2.49
9	0.02	0.9	1.2

