

JEM 410 **KUYU HİDROLİĞİ**

Prof. Dr. Mehmet ÇELİK

Uzman Dr. Şebnem Arslan

Araş. Gör. Süleyman Selim Çallı

DERSİN AMACI

“Tanımlanan bir hidrojeolojik sistemde, uygun işletme koşullarını ve yöntemini belirlemek, sistemin hidrojeolojik özelliklerini hesaplayarak sürdürülebilir yönetim biçimi hakkında görüş oluşturmaktır.”

Konu Başlıkları

- Kuyuların donanımı/tasarımı, malzemeleri ve geliştirilmesi
- Kuyularda debi deneme pompaları
- Kuyu ve akifer karakteristiklerinin hesaplanmasında hidrojeoloji yöntemleri (Dengeli ve dengesiz rejimler)
- Kuyularda sınır koşulları ve girişim olayı
- Kaptaj çalışmaları
- Sıcak ve mineralli su kaynakları
- Sondajların jeofizik loglarla incelenmesi

Yararlanılacak kaynaklar:

- Canik, B., 1998, Hidrojeoloji, 286 s.
- Domenico, P.A., Schwartz, F.W., Physical and Chemical Hydrogeology, 506 s.
- Todd, D.K., Mays, L.W., 2005, Groundwater Hydrology, 636 s.
- Schwartz, F.W., Zhang, H., 2003, Fundamentals of Ground water, 583 s.



Su Sondaj Kuyusu

Kuyu Donanımı

Muhafaza Borusu

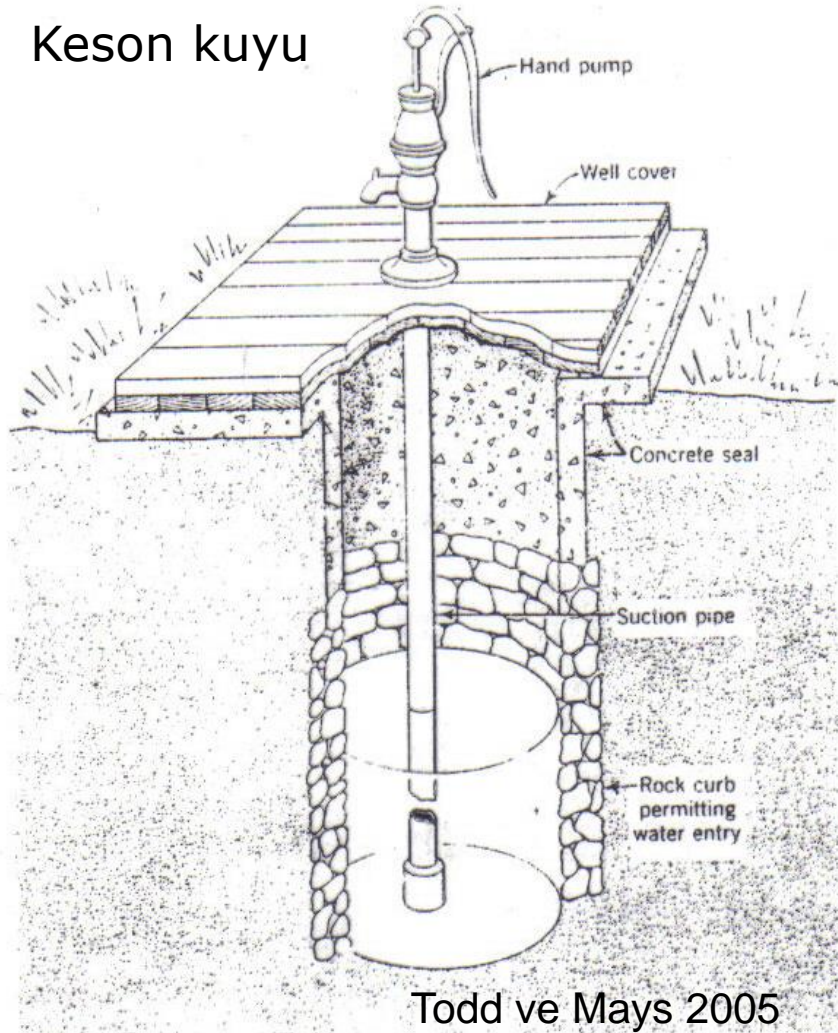
Kuyu Filitresi

Bir sondaj kuyusunun
iřletmeye uygun hale
getirilmesi için kuyuda
gerekli görülen yerlere
muhafaza borusu, filtre,
tecrit malzemesi ve
duruma göre çakıl
konulması gerekir
(Canik, 1998).

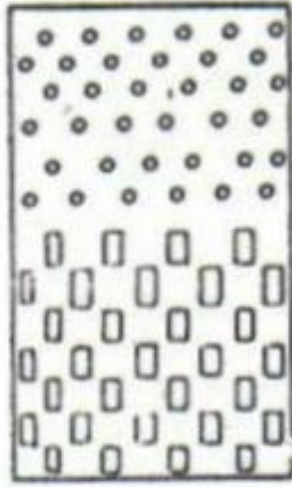


Donanımı yapılmış kuyuya bir örnek

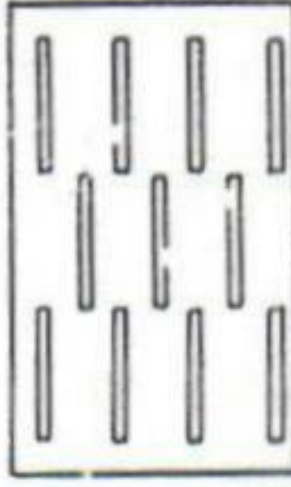
Keson kuyu



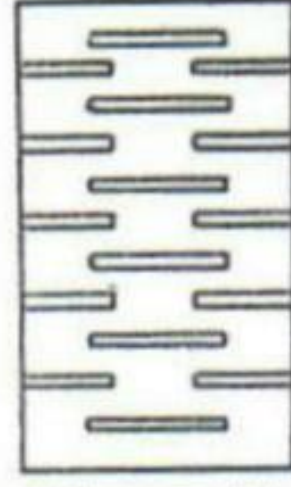
Todd, D.K., Mays, L.W., 2005, Groundwater Hydrology, 636 s.



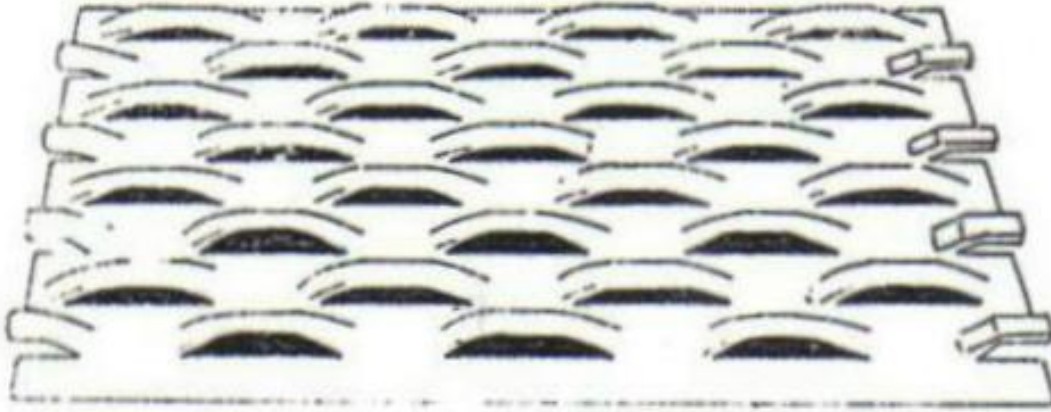
Yuvarlak ve dikdörtgen



Boyuna yarıklı



Enine yarıklı



Köprü tipi

Canik 1998

Filtre Tipleri

Enine yarıklı Filtre



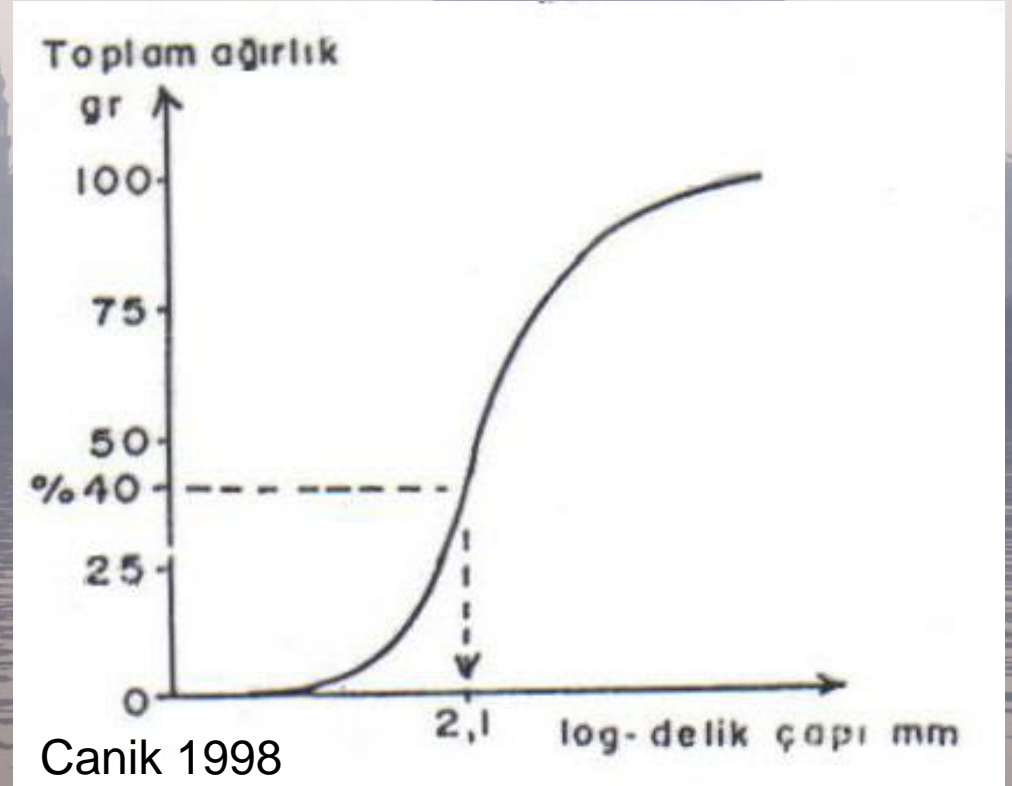
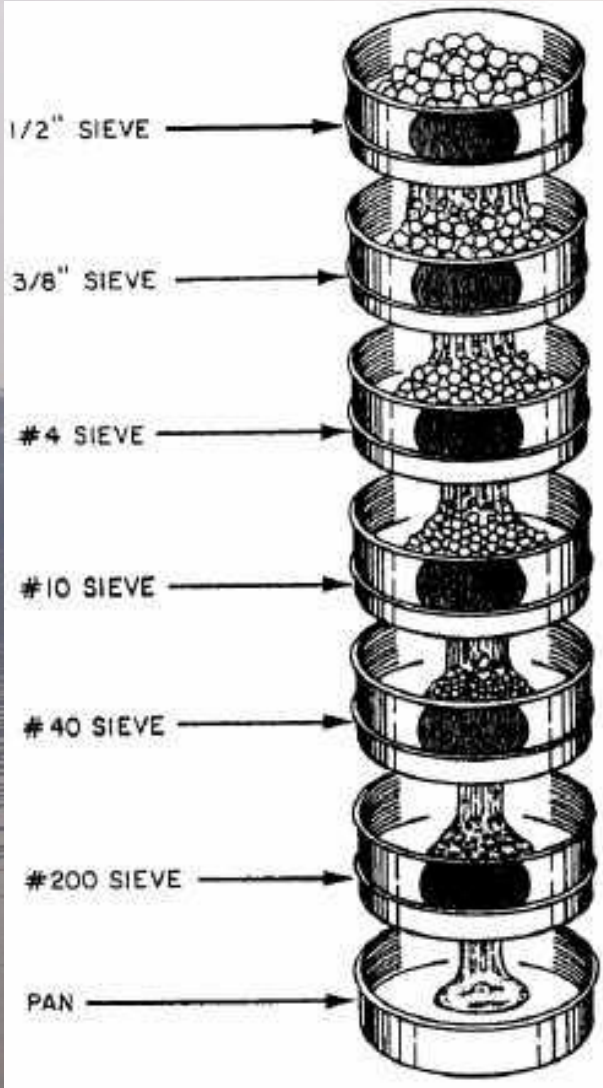
Enine yarıklı Filtre (yakından görünüş)



Elek analizi

- Kuyu açılması planlanan akifer formasyonu gevşek malzemesinin elek analizi kullanılarak filtre açıklığı ve çakıl iriliği belirlenir.

Elek Takımı ve Eklenik Eğri Çizimi



Eklenik eğriden **filtrasyon açıklığının** tayini

Elek açıklıkları

(<http://enginemechanics.tpub.com/14080/css/Sieve-Analysis-127.htm> adresinden alınmıştır)

Canik, B., 1998, Hidrojeoloji, 286 s.

Filtre boyu

Serbest akiferlerde

Basınçlı akiferlerde

Homojen ve heterojen ortamlar

Filtre çapı

Kuyuya giren suyun hızı ile ilgilidir.

Kuyu verimi ve filtre açıklık %si

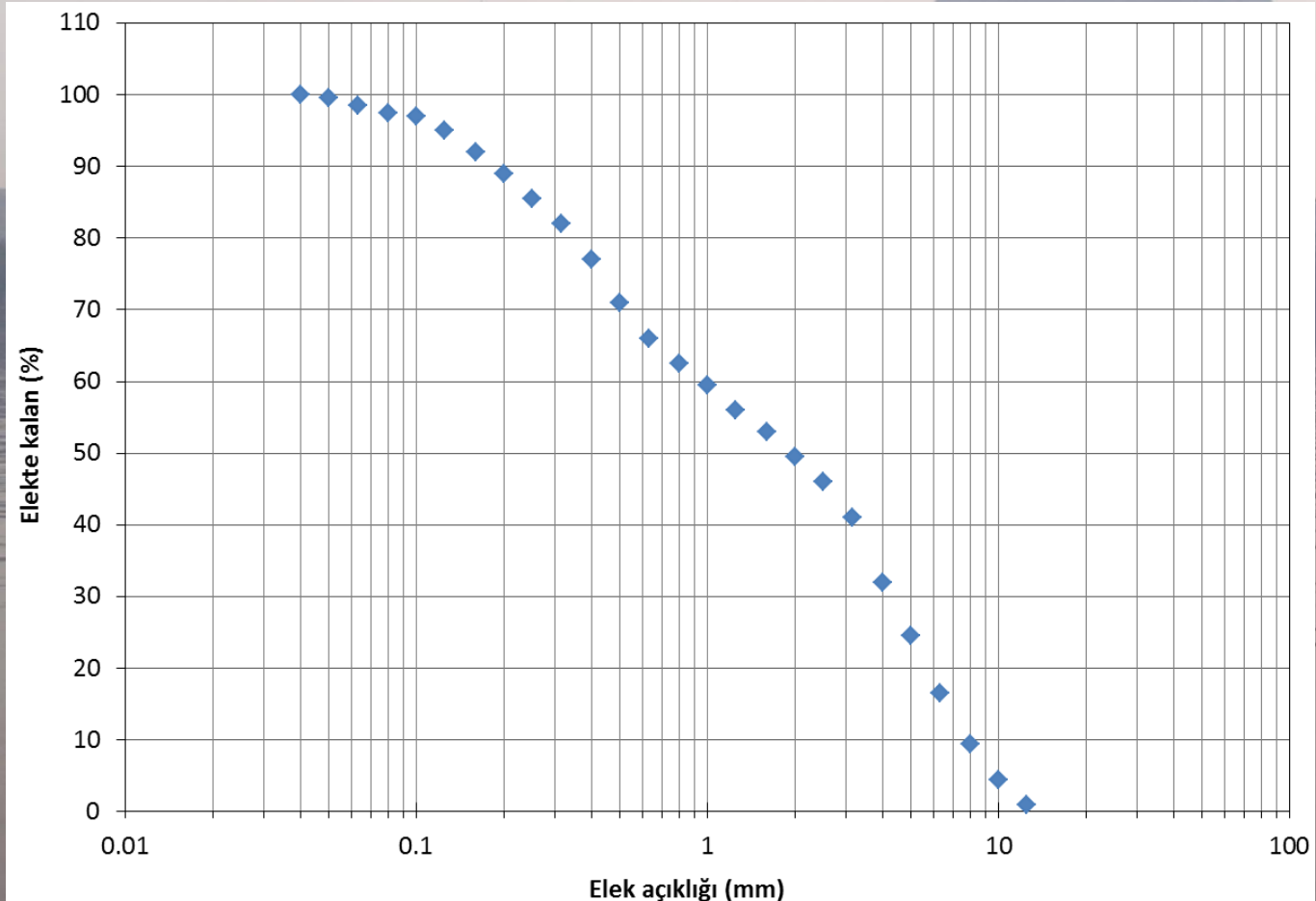
Su Kuyusu Tasarımında Dikkat Edilecek Genel Hususlar

- Serbest ve Basıncılı akifer ayrı ayrı projelendirilir,
- Serbest akiferlerin %30-50'si, basınçlı akiferlerin %70-80'i filitrelenir,
- Kuyu çapı/Matkap çapı ile kuyu içi boruları arasında uygun çaplar seçilmeli,
- Heterojen akiferlerde, ince ve iri kum veya çakılların ardalanmasında, üstteki filitrenin altına gelecek filitre en fazla iki kat daha fazla açıklıkta olabilir, aksi taktirde araya üçüncü bir filitre daha koymak gerekir,
- İnce-iri malzeme ardalanmalarında, üstteki ince malzemenin karşısına konan filitre en az 90 cm de iri malzemenin üst bölümüne karşı gelecek şekilde programlanmalıdır.

Su Kuyusu Tasarımında Dikkat Edilecek Genel Hususlar (devam)

- Akiferlerde filitre konacak yer, su taşıyan tabakaların ortasına gelecek şekilde ayarlanmalı,
- Filtreler kapalı borularla ardalanmalı olarak yerleştirilir (Örn; 8 m filitre, 4 m kapalı boru gibi),
- Dinamik seviyenin üzerine filitre konulmaz,
- Kuyu tabanına en az 4 m kapalı boru yerleştirilir.
- Kuyularda suyu istenmeyen seviyeler kapalı boru ve tecrit işlemlerinin yapılmasını gerektirir

Uygulama: Akifer formasyondan alınan gevşek malzemenin elek analizi yapılmıştır. Sonuçlara göre 1000 gram ağırlığındaki numunenin kümülatif eğrisi çizilmiştir. Kuyuda; akifer formasyondan atılacak malzemenin %40 olması durumunda, kullanılacak filtre açıklığı ve çakıl iriliğini belirleyiniz.



Sondaj kuyusu ve Boruların Çaplarının İdeal Aralıkları

Delik Çapı	Boru Çapı	Hesaplanan ideal boru çapı aralığı		İdeal aralığa düşen API boru çapları
		Min.	Max.	
6 ^{1/8}	4 ^{1/2}	3,875	4,750	4 ^{1/8} , 4 ^{3/4}
6 ^{1/4}	4 ^{1/2}	3,750	4,875	4 ^{3/8} , 4 ^{3/4}
6 ^{3/4}	4 ^{1/2}	3,250	5,125	3 ^{1/2} , 4 ^{1/8} , 4 ^{3/4} , 5
7 ^{7/8}	4 ^{1/2}	2,125	6,125	3 ^{1/2} , 4 ^{1/8} , 4 ^{3/4} , 4 ^{3/4} , 5, 6
	5 ^{1/2}	4,225	6,125	4 ^{3/4} , 5, 6
8 ^{3/8}	5 ^{1/2}	3,725	6,500	4 ^{1/8} , 4 ^{3/4} , 5, 6, 6 ^{1/4} , 6 ^{1/2}
	6 ^{5/8}	6,405	6,500	6 ^{1/2}
8 ^{1/2}	5 ^{1/2}	6,280	6,750	6 ^{1/2} , 6 ^{3/4}
	6 ^{5/8}	6,812*	6,750	6 ^{3/4}
8 ^{3/4}	6 ^{5/8}	6,03	7,125	6 ^{1/4} , 6 ^{1/2} , 6 ^{3/4} , 7
	7	6,562	7,125	6 ^{3/4} , 7
9 ^{1/2}	7	6,812	7,625	6, 6 ^{1/4} , 6 ^{1/2} , 7, 7 ^{1/4}
	7 ^{5/8}	7,500	7,625	7 ^{3/8} , γ
9 ^{7/8}	7	5,437	8,000	6, 6 ^{1/2} , 6 ^{3/4} , 7, 7 ^{1/4} , 7 ^{3/4} , 8
	7 ^{5/8}	7,125	8,000	7 ^{1/4} , 7 ^{3/4} , 8
10 ^{3/8}	7 ^{5/8}	6,375	8,500	6 ^{1/2} , 6 ^{3/4} , 7, 7 ^{1/4} , 7 ^{3/4} , 8, 8 ^{1/4}
	8 ^{5/8}	8,625*	8,500	8 ^{1/4}
11	8 ^{5/8}	8,250	9,625	8 ^{1/4} , 9, 9 ^{1/2}
12 ^{1/4}	9 ^{5/8}	9,000	10,125	9, 9 ^{1/2} , 9 ^{3/4} , 10
	10 ^{3/4}	11,250*	10,125	10
13 ^{3/4}	10 ^{3/4}	9,750	11,250	9 ^{3/4} , 10, 11
14 ^{3/4}	11 ^{3/4}	8,750	12,000	9, 9 ^{1/2} , 9 ^{3/4} , 10, 11, 12, γ
17 ^{1/2}	13 ^{3/8}	11,250	13,375	12, γ
20	16	14,000	14,750	14, γ
24	18 ^{5/8}	15,500	16,750	16, γ
26	20	16,000	19,500	16, γ

*Bu durumlarda, eşitlik açırı yüksek değerler üreten en düşük ideal sondaj borusu boyutlarını belirlemek için kullanılır. Özel bir sondaj çapı için en uygun sondaj borusu boyutlarının hesaplanmasıyla ilgili detaylı açıklama için Wood ve Lubinski (1954)' e bakınız.

γ API standartlarına uygun değildir (API: Amerikan Petrol Enstitüsü) (Drilco, 1979).

Filtre Açıklığı-Elek Numarası Karşılaştırma Tablosu

Jeolojik Meteryal Tane Boyu Aralığı	Jonson Delik Açıklığı No.	Elek No.	Elek No.	Tyler		U.S. Standart		
				Elek Açıklığı		Elek No.	Elek Ağırlığı Inc.	
				Inc	mm			
Kil ve silt	-	-	400	0,0015	0,038	400	0,0015	
	-	-	325	0,0017	0,043	325	0,0017	
	-	-	270	0,0021	0,053	270	0,0021	
	-	-	250	0,0024	0,061	230	0,0024	
	-	-	200	0,0029	0,074	200	0,0029	
İnce kum	-	-	170	0,0035	0,088	170	0,0035	
	-	-	150	0,0041	0,104	140	0,0041	
	-	-	115	0,0049	0,124	120	0,0049	
	6	90	100	0,0058	0,147	100	0,0059	
	7	80	80	0,0069	0,175	80	0,0070	
	8	70	65	0,0082	0,208	70	0,0083	
Orta kum	10	60	60	0,0097	0,246	60	0,0098	
	12	50	48	0,0116	0,295	50	0,0117	
	14	-	42	0,0138	0,351	45	0,0138	
	16	-	35	0,0164	0,417	40	0,0165	
	18	40	-	0,0180	0,457	-	0,0180	
	20	-	32	0,0195	0,495	35	0,0197	
Kaba kum	23	-	28	0,0232	0,589	30	0,0232	
	25	30	-	0,0250	0,635	-	0,0250	
	28	-	24	0,0267	0,701	25	0,0280	
	31	-	-	0,0310	0,788	-	0,0310	
	33	20	20	0,0328	0,833	20	0,0331	
	35	-	-	0,035	0,889	-	0,0350	
	39	-	16	0,039	0,991	18	0,0394	
	47	-	14	0,046	1,168	16	0,0469	
	Çok kaba kum	56	-	12	0,055	1,397	14	0,0555
		62	-	-	0,062	1,590	-	0,062
66		10	10	0,065	1,651	12	0,0661	
79		9	9	0,078	1,981	10	0,0787	
Çok ince çakıl	93	14	14	0,046	1,168	16	0,0931	
	94	12	12	0,055	1,397	14	0,0094	
	111	-	-	0,062	1,590	-	0,0111	
	125	10	10	0,065	1,651	12	0,125	
	132	9	9	0,078	1,981	10	0,132	
	157	5	5	0,156	3,962	5	0,157	
İnce çakıl	187	4	4	0,185	4,699	4	0,187	
	223	3 ^{1/2}	3 ^{1/2}	0,221	5,613	3 ^{1/2}	0,223	
	250	-	-	0,250	6,350	14	0,250	
	263	3	3	0,263	6,680	-	0,263	
	312	2 ^{1/2}	2 ^{1/2}	0,312	7,925	5 ^{1/6}	0,312	
	375	0,371	0,371	0,317	9,423	3 ⁸	0,375	
		438	0,441	0,441	0,441	11,20	7 ^{1/6}	0,438
500		0,525	0,525	0,525	13,33	12	0,500	

Sondaj kuyusu ve Boruların İdeal Çap Aralığı

Kuyu Çapı (mm)	İdeal Boru Çapı Aralığı		İdeal Aralıkta Düşen API Boru Çapları (mm)
	Min.	Max.	
156	98,4	121	105, 121
159	95,3	124	105, 121
171	82,6	130	88.9, 105, 121, 127
200	54	156	79.4, 88.9, 105, 121, 152
	107	156	121, 127, 152
213	94,6	165	105, 121, 127, 152, 159, 165
	163	165	165
216	160	171	165, 171
	γ173	171	171
222	153	181	159, 165, 171, 178
	167	181	171, 178
241	173	194	152, 159, 165, 178, 184
	191	194	194*
251	138	203	152, 159, 165, 171, 178, 184, 197, 203
	181	203	184, 197, 203
270	162	216	165, 171, 178, 184, 197, 203, 210
	γ219	216	210
279	210	244	210, 229, 241
311	229	257	229, 241, 248, 254
	γ286	257	254
349	248	286	248, 254, 279
375	222	305	229, 241, 248, 254, 279, 305*
445	286	340	305*
508	356	375	356*
610	394	425	406*
660	406	495	406*

γ : API standardında yok

Filtrelerin Açıklık Yüzdeleeri

Filtre Çapı	Delik numarası	Sürekli delik açıklığı		Panjur tipi filtre (max. açık alan)		Köprü tipi delik açıklığı		Mill (değirmen) tipi delikli (dikey)		Plastik sürekli delik açıklığı		Delikli plastik	
		in ² / ft	%	in ² / ft	%	in ² / ft	%	in ² / ft	%	in ² / ft	%	in ² / ft	%
4" ID	20	44	25	-	-	-	-	-	-	22	13	-	-
	60	90	52	-	-	19	12	8	5	52	30	18	11
8" ID	30	80	25	-	-	-	-	-	-	57	18	26	8
	60	135	41	10	3	17	6	15	5	93	29	47	14
12" ID	95	165	51	15	5	-	-	23	7	-	-	-	-
	30	77	16	-	-	12	3	-	-	-	-	-	-
	60	135	28	20	4	33	7	21	5	-	-	52	11
	95	182	38	30	7	-	-	32	7	-	-	-	-
	125	214	45	39	9	68	14	43	9	-	-	-	-
16" OD	30	97	16	-	-	16	3	-	-	-	-	52	9
	60	169	28	24	4	35	6	27	5	-	-	-	-
	95	228	38	35	6	-	-	41	7	-	-	-	-
	125	268	45	47	8	78	13	55	9	-	-	-	-

OD: Boru dış çapı, ID: Boru iç çapı

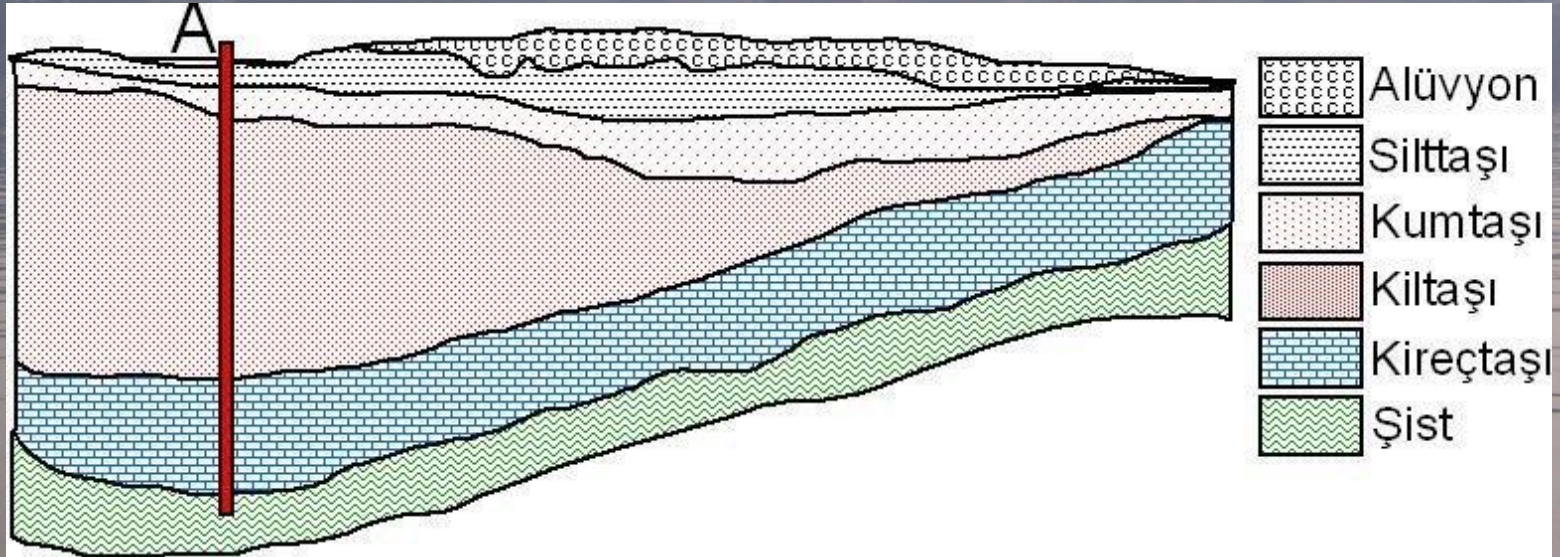
Farklı Pompaj Debileri İçin Önerilen Kuyu Çapları *

Beklenen kuyu verimi		Normal pompa boyutları		Kuyu cidarının optimum boyutu γ		Kuyu cidarının en küçük boyutu γ	
gpm	m ³ /gün	inc	mm	in	mm	in	mm
<100	<545	4	102	6 ID	152 ID	5 ID	127 ID
75-175	409-954	5	127	8 ID	203 ID	6 ID	152 ID
150-350	818-1910	6	152	10 ID	254 ID	8 ID	203 ID
300-700	1640-3820	8	203	12 ID	305 ID	10 ID	254 ID
500-1000	2730-5450	10	254	14 OD	356 OD	12 ID	305 ID
800-1800	4360-9810	12	305	16 OD	406 OD	14 OD	356 OD
1200-3000	6540-16400	14	356	20 OD	508 OD	16 OD	406 OD
200-3800	10900-20700	16	406	24 OD	610 OD	20 OD	508 OD
3000-6000	16400-32700	20	508	30 OD	762 OD	24 OD	610 OD

* Özel pompa bilgisi için, kuyu tasarım mühendisi pompa, beklenen verimi, kuyubaşı koşullarına, gerekli pompaj verimini sağlayan pompa yerleştirir.

γ Düşey türbin pompaları için, kuyu cidarının boyutları, pompaların dış çapına vs hem dalgıç motorun hem de pompaların çapına bağlıdır.

Uygulama: Tavan seviyesi 100 m, tabanı 150 m derinlikte bulunan basınçlı bir kireçtaşı akiferinde piyezometrik seviye 15 m derindedir. Özgül debisi 3 l/s/m olan kuyudan 60 l/s debi ile su alınması planlanmaktadır. Buna göre Şekilde gösterilen A noktasında açılacak bir kuyuda oluşacak dinamik seviyeyi ve kullanılacak filtrenin karakteristiklerini hesaplayınız. Kuyunun tasarımını çizerek yapınız.



Şekil. Kuyu yerini ve akiferi gösterir kesit.

Ortalama Kuyu Verimi-Pompa apı İlişkisi

Kuyu Verimi (l/s) Pompa apı (in)

1-5	4
5-15	6
10-25	8
20-50	10
40-60	12
50-80	14
70-100	16
100-200	18

	Kuyu apları (İn)					
	6"	12"	18"	24"	36"	48"
Göreceli Verimler	100	111	119	125	135	143
		100	107	112	121	128
			100	105	111	120
				100	108	110
					100	106

Su Kuyusu Boyutlarının Tasarımında yapılması gereken işlemler

- Statik seviyenin belirlenmesi, dinamik seviyenin belirlenmesi,
- Özgül debinin hesaplanması, $[\ddot{O}.D. = (T/130)(1-C)]$, $[T = (d_{10})^2 \times H]$, C: filitre kaybı (düz filitrelerde %10-20, köprü tipi filitrelerde %20-30 dolayındadır).
- Kuyu çapı ve boru çapının belirlenmesi; koruma borusu çapı, pompa çapından en az 1, en fazla 4 inç büyük olmalı,
- Sondaj deliği çapı, koruma borusu çapından en az 2 inç, en çok 8 inç daha geniş olmalıdır. Özel olarak çok kalın çakıl zarfı istenen kuyular, bu sınırlamanın dışındadır.

Su Kuyusu Boyutlarının Tasarımında yapılması gereken işlemler (devamı)

Delik derinliği; kuyunun verimi (Q), özgül debi x düşüm kadardır. Özgül debi iletkenlikle, iletkenlik de akifer kalınlığı ile orantılıdır. Su kuyuları geçirimsiz tabana kadar delinmesi gerekir. 1000 m ve daha derin kuyularda tabana kadar delmek ekonomik olmaz.

Filtre bölgeleri (heterojen ve homojen akiferler, serbest ve basınçlı akifer),

Filtre boyu: Önce filtre verimi (Q_f) hesaplanır ($Q_f = V \times S$), sonra filtre boyu (L_f) hesaplanır ($L_f = Q/Q_f$). V: filtreden içeri süzülen suyun akış hızı, S: 1 m filtrenin deliklerinin toplam alanı, Q: Kuyu verimi.

Filtre çapı: Filtre uzunluğunun kurallara uymadığı durumlarda daha geniş çaplı bir filtre ile hesap yapılır.

Boru Malzemesi

Çelik Boru Tipleri	Birleşim		Önerilen Uygulama Alanları
Düşük Karbonlu Çelik	Karbon Demir	mak. %0.8 Dengeli	Korozyon etkisi bulunmayan ve kabuklaşma olmayan sularda
405 tip Pas. Çelik	Krom Alüminyum Demir	min. %11.5 mak. %0.3 Dengeli	Düşük ile orta dereceli korozyon etkisi bulunan sularda
304 tip Pas. Çelik	Krom Nikel Manganez Karbon Demir	min. %18 min. %8 mak. %2 mak. %0.08 Dengeli	Yüksek debili ve korozyonlu kuyularda ve kuyu filitresi olarak da kullanılır.
3161 tip Pas Çelik	Krom Nikel Molbdenit Karbon Demir	min. %16 min. %10 min. %2 mak. %0.03 Dengeli	Orta dereceli tuz içeren sularda kullanılır. 304 numaralı çelikten daha dayanıklıdır.
Marangoz 20Cb-3	Nikel Krom Bakır Molbdenit Manganez Demir	min. %32 min. %19 min. %3 min. %2 mak. %2 dengeli	Basınç çatlaklarına, oyulma ve kırılma gibi etkilere karşı dayanıklıdır. Çok tuzlu ve su sıcaklığının 100 F (38 C) olduğu alanlarda kullanılır.
Monel 400	Nikel+Kobalt Bakır Demir Manganez	min. %63 min. %28 max. %2.5 mak. %2	Yüksek derecede sodyum klorid (deniz suyu) içeren alanlarda kullanılır. Hidrojen sülfüre karşı aşırı hassastır.
Incoloy 825	Nikel+Kobalt Demir Krom Molbdenit Bakır	min. %38 min. %22 min. %19.5 min. %2.5 min. %1.5	Aşırı tuzlu sularda düşük korozyon gösterir. Kırılmaya, oyulmalara ve çatlamalara karşı dayanıklıdır. Jeotermal, petrol, gaz ve enjeksiyon kuyularında kullanılır.
Inconel 600	Nikel+Kobalt Krom Demir	min. %72 min. %14 %6-10	Çatlamalara karşı çok dirençlidir. Jeotermal, petrol, gaz ve enjeksiyon kuyularında kullanılır.
Hastelloy C	Nikel Molbdenit Krom Demir Tungsten Vanidyum	min. %51 min. %15 min. %14.5 min. %4 mak. %2.5 mak. %0.35	Aşırı koroziv, alanlarda (tuzlu, basınçlı gazlı ve sıcaklığın 93 C derecenin üzerindeki kuyularda kullanışlıdır. Genelde Jeotermal, petrol, gaz ve enjeksiyon kuyularında kullanılır.

Tablo 1- Çeşitli Kuyu Borularının kompozisyonu ve uygun kullanım alanları.



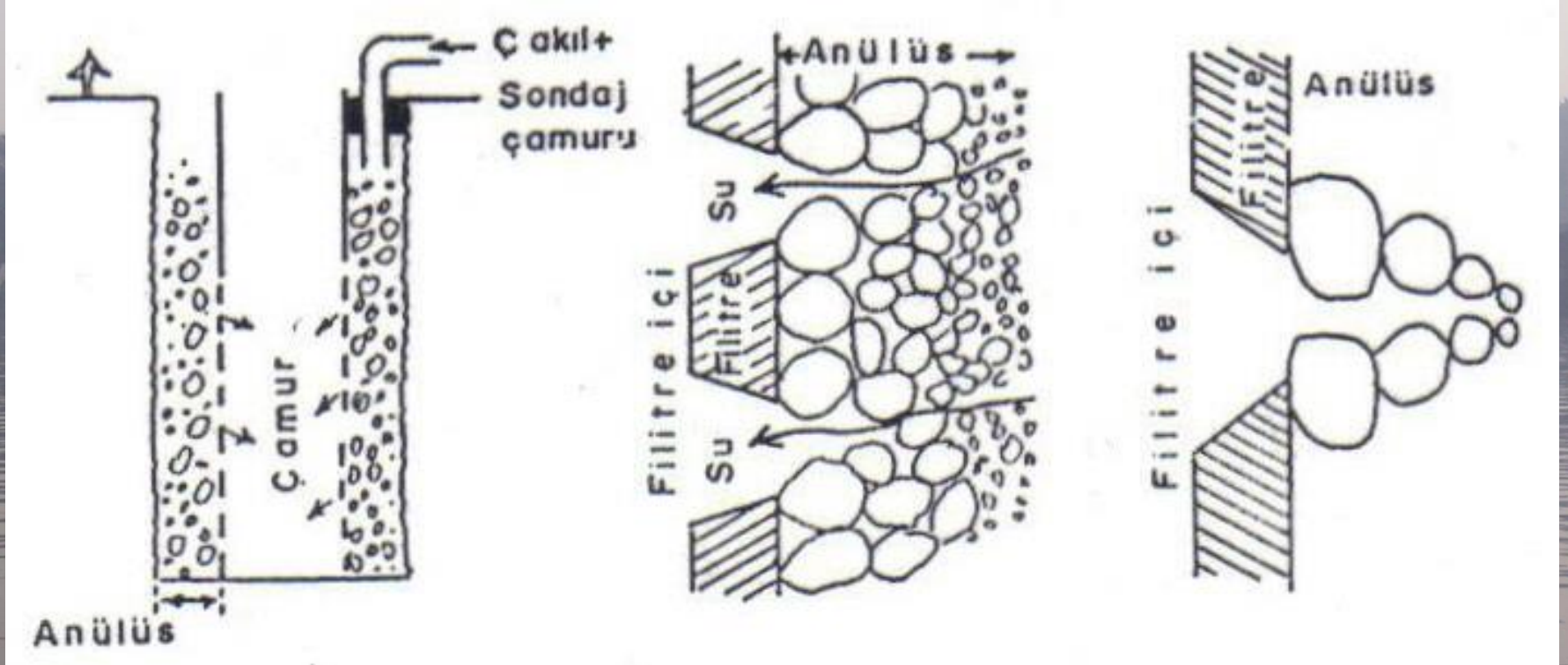


Jeotermal Sondaj (Çoban hamamı, Ayaş, Ankara)



**ÇAKILLAMA,
KUYU İNKİŞAFI,
DENEME POMPAJLARI**

ÇAKILLAMA-ÇAKIL İRİLİĞİ



Çakılama ve çakılın filtre dışında boylanması



Alüvyonda açılan kuyuda inkişaf sonrası filtre-
formasyon çakılı ilişkisi

Çakıllamanın Yararları

- Kuyunun duvarının yıkılmasını önler,
- İnce malzemelerin (ince kum, silt, kil) filitreleri tıkammasını önler,
- İnce malzemelerin kuyu çevresinde birikerek akifer verimini düşürmesini önler,
- İşletme sırasında ince kumların pompanın fan ve çanaklarını aşındırmasını önler,
- İnce malzeme tulumba ile fazla miktarda dışarı atılırsa, kuyuda büyük boşlukların oluşmasını ve tehlikeli göçmeleri önler.

Çakıl zarfı Johnson (1963)

$D_{90} < 0.254$ ve $C_u < 3$ ise (ince taneli, homojen materyal için) çakıl zarfı gerekli ve en ince taneli formasyona göre tasarlanmalı.

Elekte kalan verisine göre;

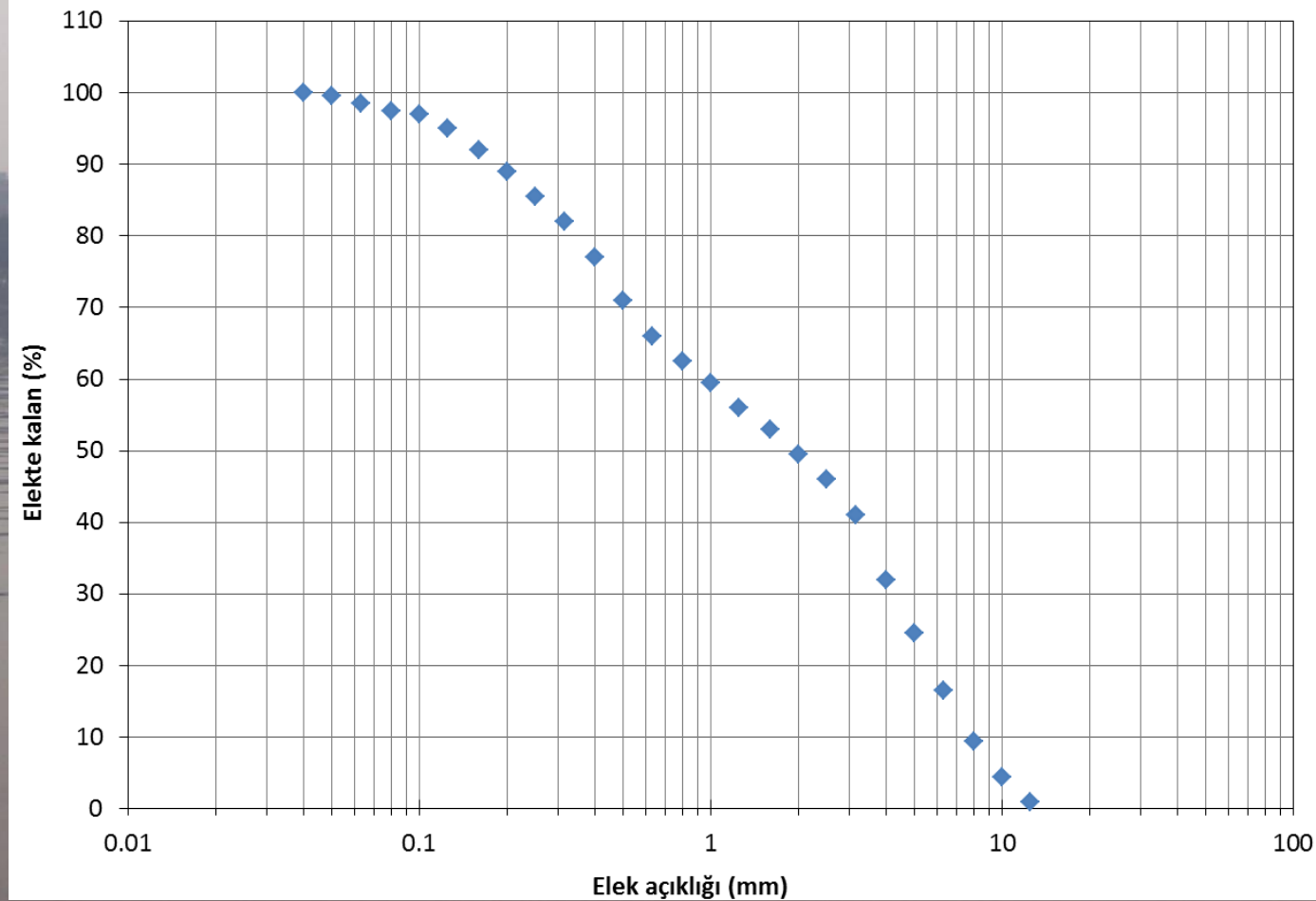
D_{70} çakıl zarfı $\geq 4 * D_{70}$ akifer

$< 6 * D_{70}$ akifer

Çakıl zarfı kullanılacaksa filtre yarıklar aralıkları kum-çakıl zarfının %90-%99'unu tutabilmelidir.

Johnson, A.I, 1963, Filter-pack and well-screen design, U.S. Geological Survey Open-File Report,

Aşağıda akifer malzemedan alınmış örnekte yapılmış elek analizi sonuçları grafiğe geçirilmiştir. Bu örnek için Johnson (1963) ve U.S. Bureau of Reclamation (1977) kriterlerine göre bir çakıl zarfı nasıl tasarlanır? Çakılama yapılacaksa filtre açıklığı nasıl belirlenmelidir?



KUYU İNKİŞAFI-KUYU GELİŞTİRME YÖNTEMLERİ

Aşırı pompalama yöntemi

Yıkama yöntemi

Pistonla çalkalama yöntemi

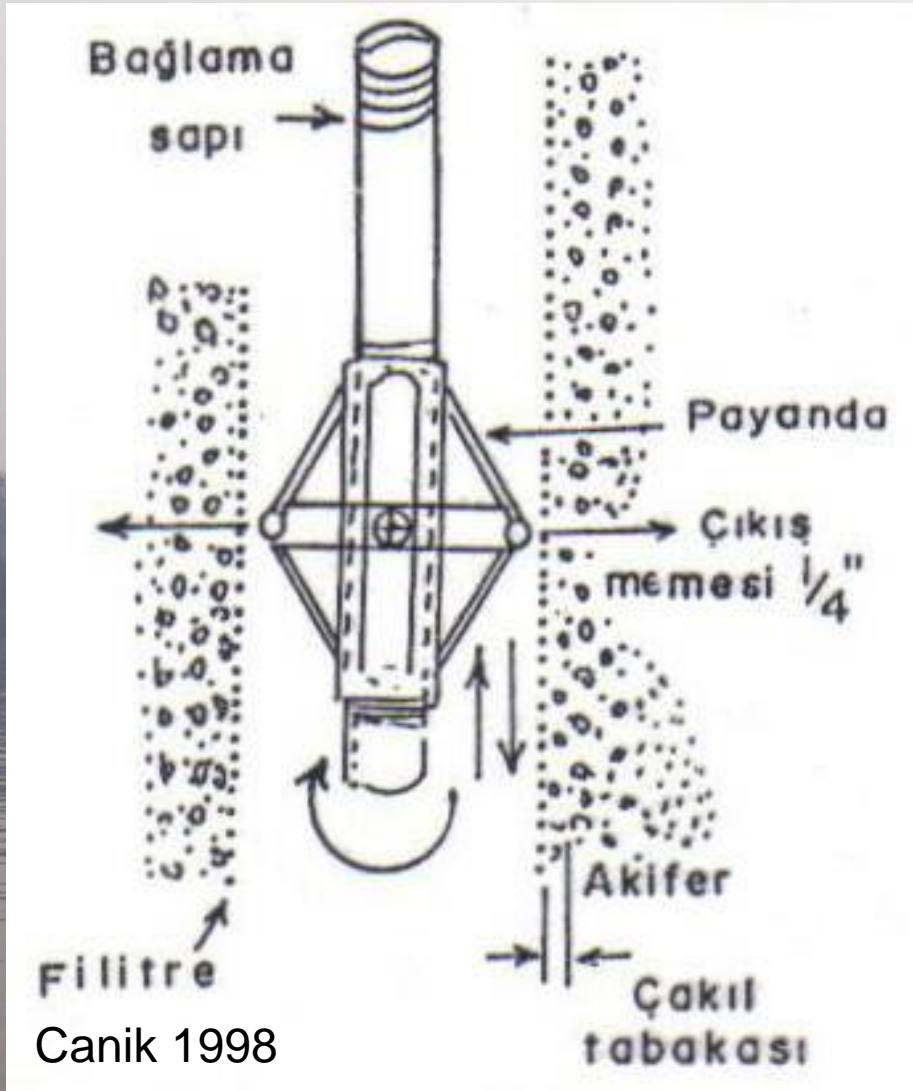
Basınçlı hava yöntemi

Jet yöntemi

Aşırı pompalama yöntemi: Kuyudan veriminin 1.5 katı kadar su çekilir ve maksimum düşüm elde edilir. Kuyuya doğru olan yeraltısuyu akım hızının artmasıyla, akiferin ince malzemesi ve yıkama neticesinde sondaj çamuru kuyuya taşınır ve pompaj ile atılır.

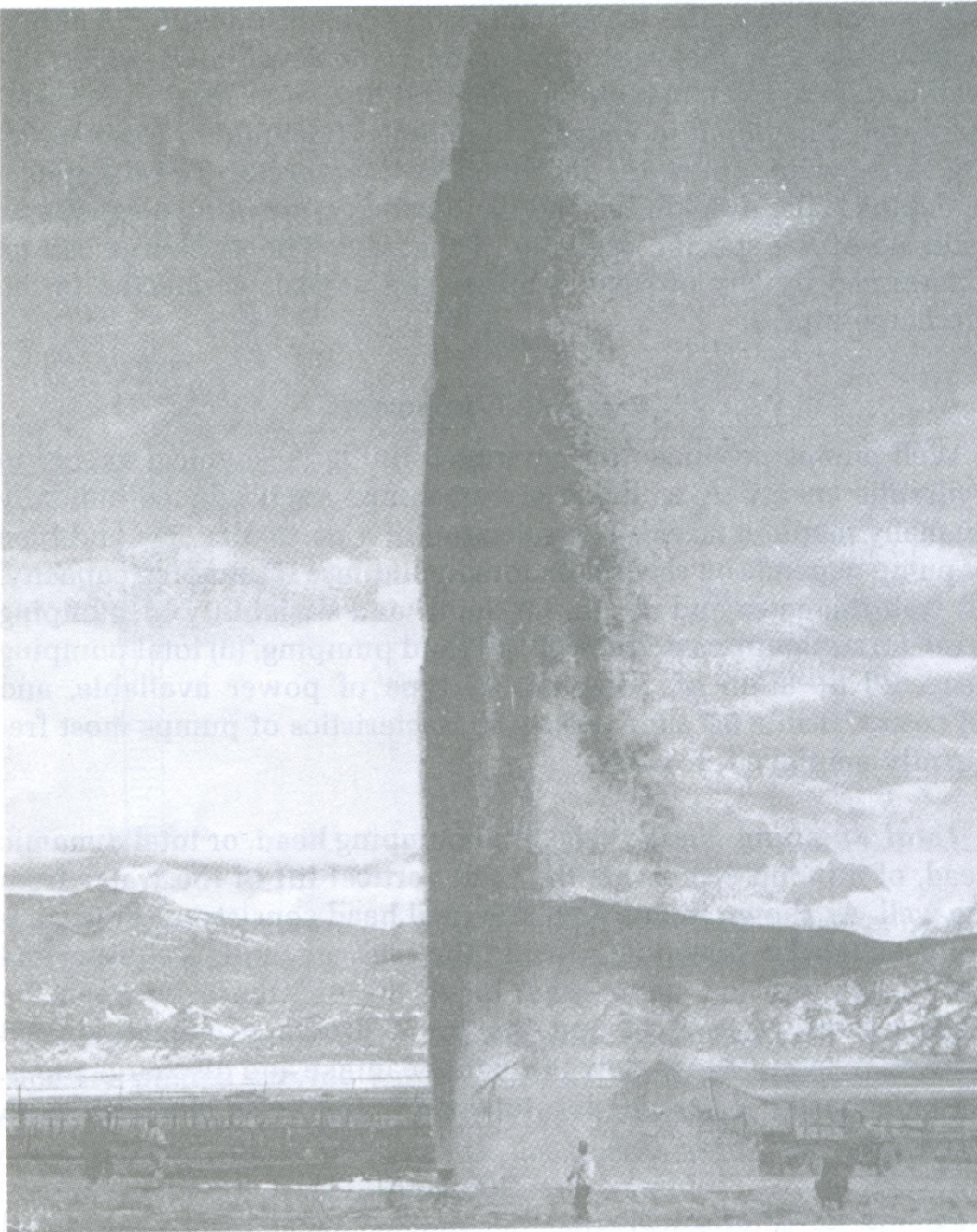
Yıkama yöntemi: Kuyuya hızla su doldurulup pompa ile veya beyler kovası ile boşaltılır.

Pistonla çalkalama yöntemi: Tahta veya kösele piston akiferin üst seviyesine 1 m kadar iner, çıkar. Bu iniş çıkış sırasında oluşan akım ile akifere ait ince malzeme kuyuya taşınır.



Jet ile kuyu geliştirme

Jet yöntemi:
Jetle kuyu içine
püskürtülen su içine
reaktif madde katılır.



Kuyu Gelişimini tamamlayabilmek için , bazen kuyuya, kuyuda yapılan basınçlı hava ve asitleme işlemlerinden sonra

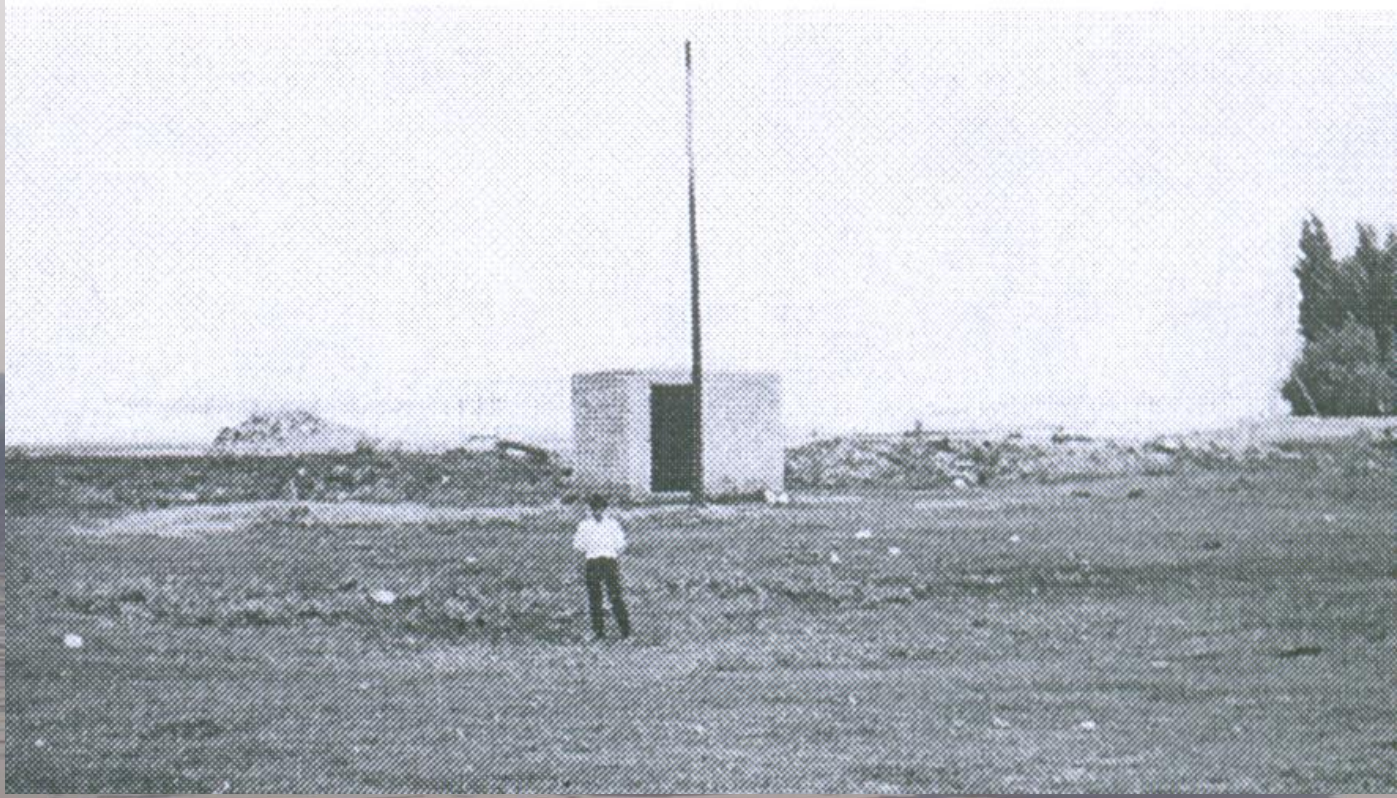
katı CO₂ blokları (kuru buz)

ilave edilir. Süblimleşmeyle serbest kalan CO₂ gazının toplanması kuyu içinde basınç oluşmasına ve çamurlu suyun püskürmesine sebep olur.

(yandaki resimde, kuyudan 40 m püskürme olmuştur. Utah, Amerika)



Dipsiz Gölü
Sazlıca, Niğde



Pompaj kuyusu ve öküntüsü; Niğde,
Sazlıca kasabası dolayı (Yıl: 1995)

Sazlıca kasabası-Niğde

Çökme
alanı

Terkedilmiş
kuyu

Terkedilmiş sondaj yeri ve çöküntü alanı (Yıl: 2006)



POMPAJ TERİMLERİNİN AÇIKLAMASI

Dengeli rejim

Dengesiz rejim

Statik seviye

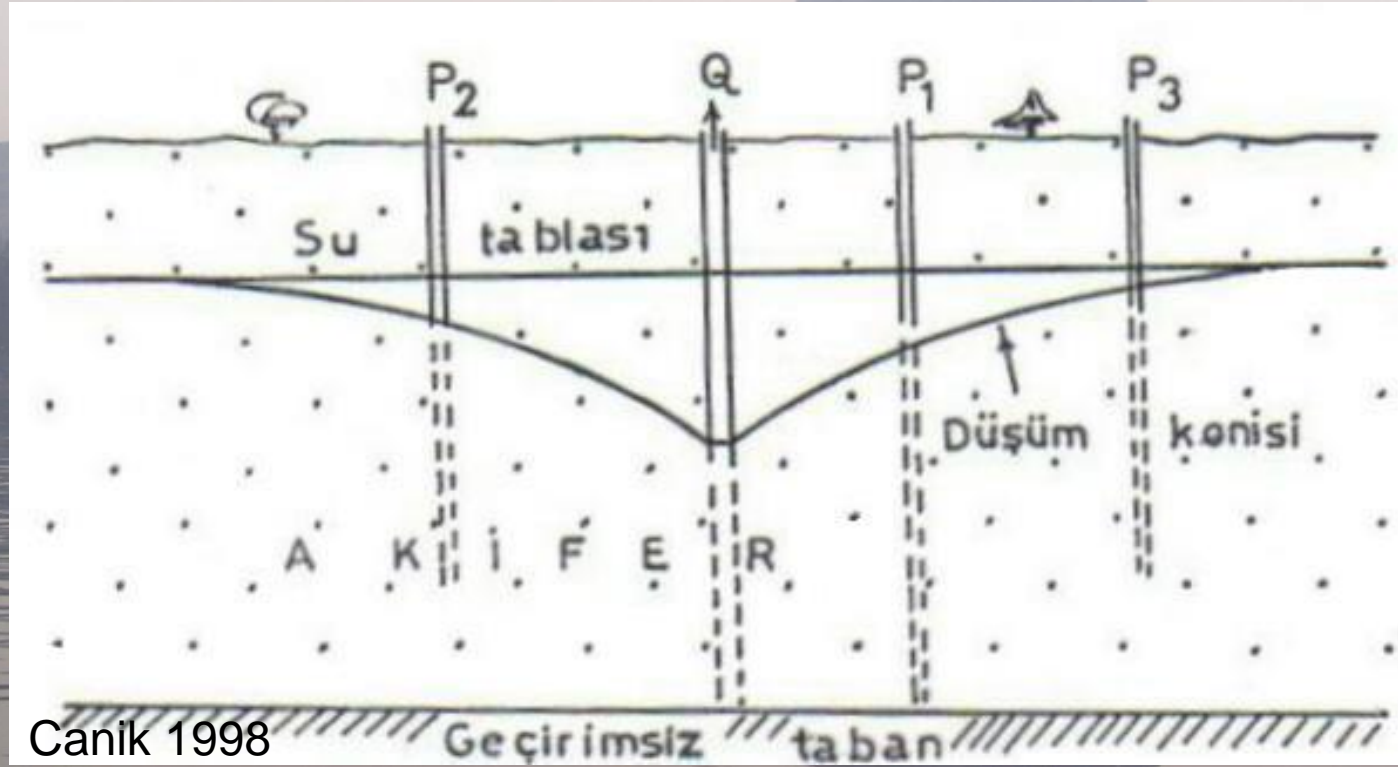
Dinamik seviye

Düşüm

Düşüm konisi

Etki alanı yarıçapı

Gözlem kuyusu



Düşüm konisi

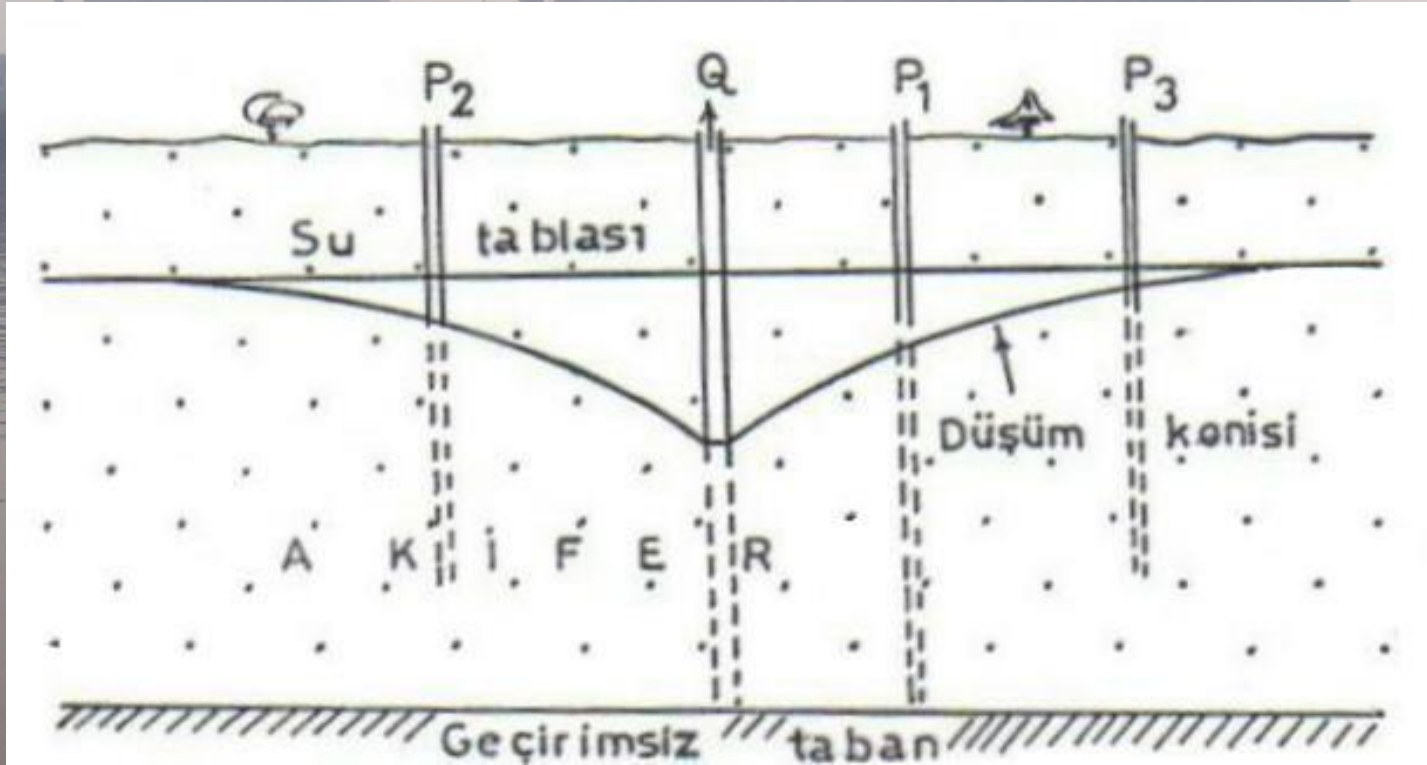
Dengeli rejim– Permanen rejim: Sabit debi ile pompalanan kuyuda su seviyesinin sabit kalması durumu

Dengesiz rejim- Tranzituar rejim: Kuyuda sabit debi ile pompaj yapılırken su seviyelerinin düşmesi durumu

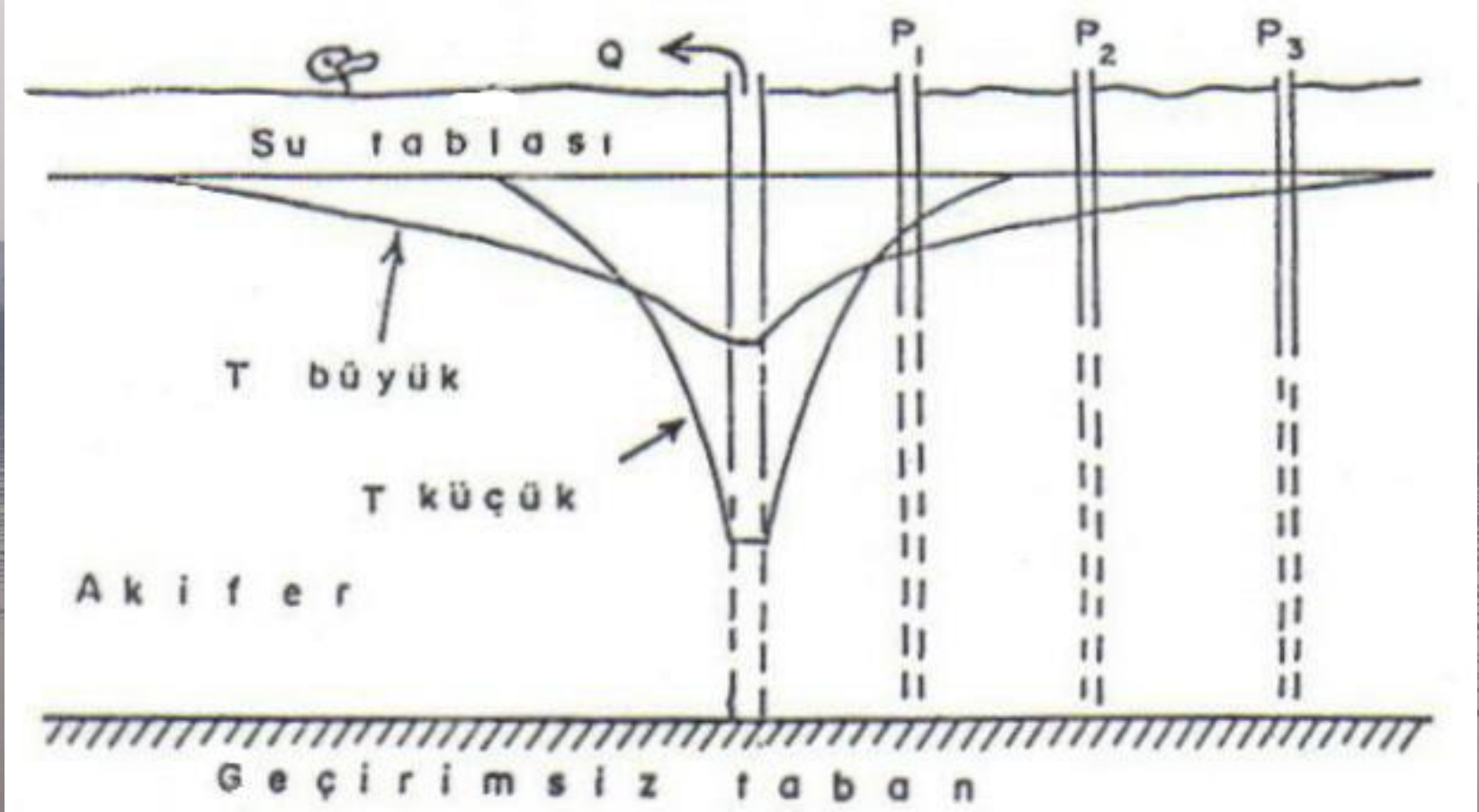
Statik seviye: Doğal denge halinde su seviyesi (çekim vs. yok)

Dinamik seviye: Pompaj durumunda bozulan denge sonrasında kuyu içinde ölçülen su seviyesidir.

Düşüm konisi: Pompaj veya başka şekillerde içinden su alınan bir kuyunun çevresinde kuyuda alçalan su seviyeleri ile oluşan dinamik seviyenin koni şeklindeki konumuna denir.

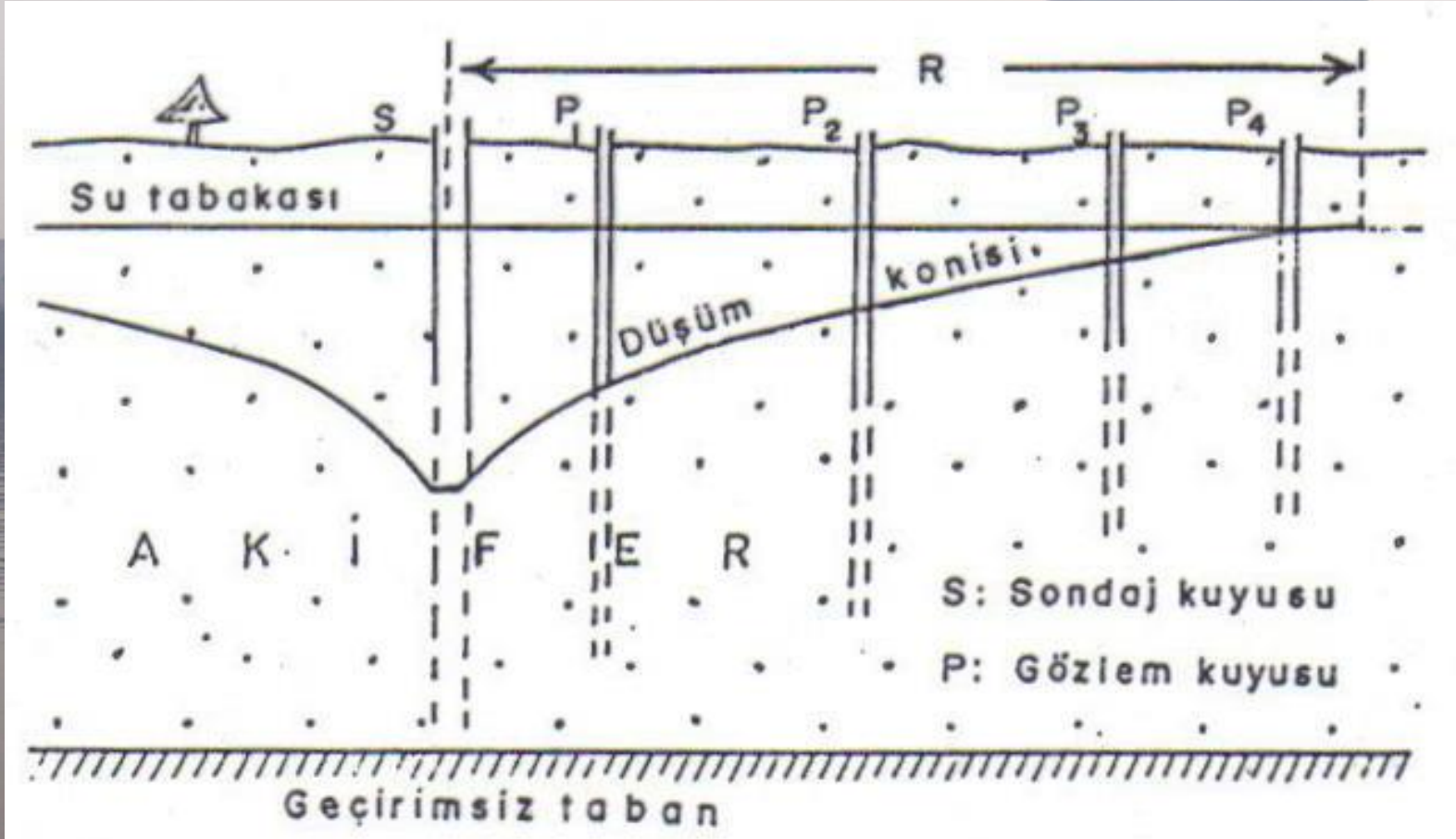


Düşüm konisi şekli ve boyutu pompaj debisine, pompaj süresine, kuyu etki alanı içinde bulunan beslenme ve boşalım koşullarına, akiferin iletimliliğine bağlı olarak değişir.



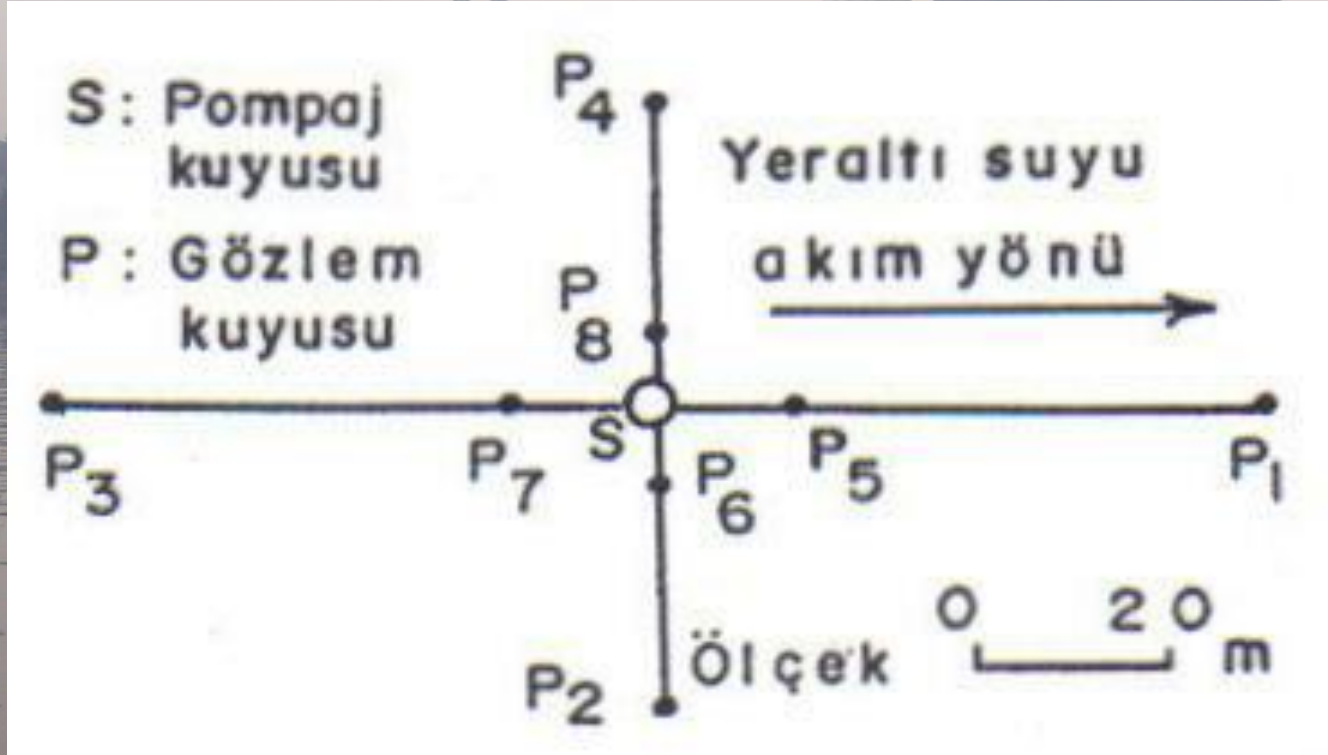
İletimliliğe bağlı olarak düşüm konisinin durumu

Etki alanı yarıçapı: Kuyu merkezi ile düşümün sıfır olduğu yer arasındaki uzaklık (teorik olarak).



Etki alanı yarı çapının tayini

Gözlem kuyusu (Piyezometre): Küçük çaplı sondaj. Sondaj kuyusu etrafındaki düşüm konisinin durumunu kontrol etmek ve akifer karakteristiklerini belirlemek için gerekli verilerin elde edilmesi için kullanılır.



Gözlem kuyularının yerleşim planı

DEBİ DENEME POMPAJINDA GEREKLİ MALZEMELER

SEVİYE İNİŞ KAĞIDI

KUYU _____ GÖZLEM KUYULARI _____

X _____
Y _____
Z _____

STATİK SEVİYE :

TARİH	SAAT	SANIYE	DİNAMİK SEVİYE (m)	DÜŞÜMLER				ORİFİMETRE YÜK-SEKİĞİ	DEBİ (m ³ /s)	GÖZLEMLER
				KUYU	P ₁	P ₂	P ₃			

Pompajda seviye iniş kağıdı



Elmalı (Antalya) Polyesi Alüvyonunda pompa testi çalışması



Foto 6.2a. Eymir kuyusunda pompa testi yapılmaktadır

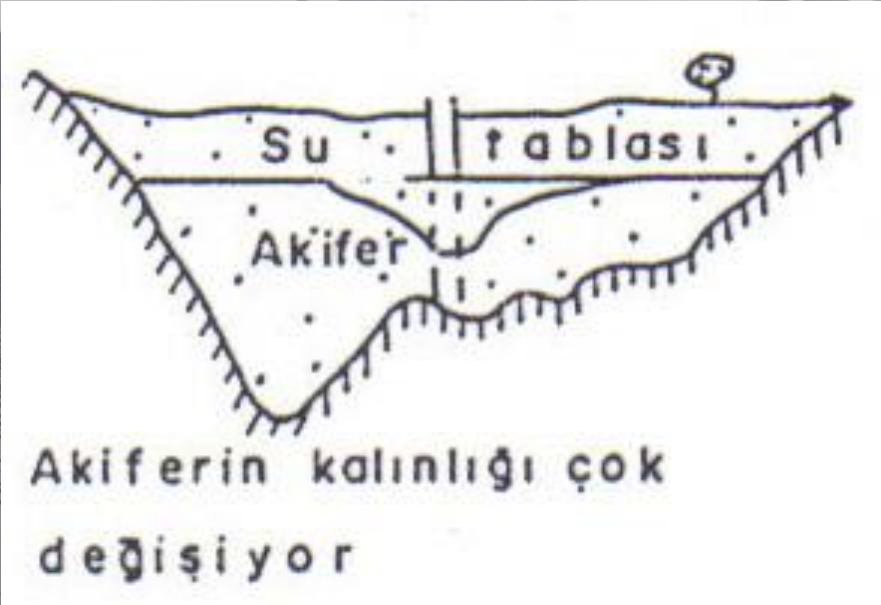


Foto 6.2b. S-7 nolu kuyuda pompa testi esnasında su seviye ölçümü yapılmaktadır

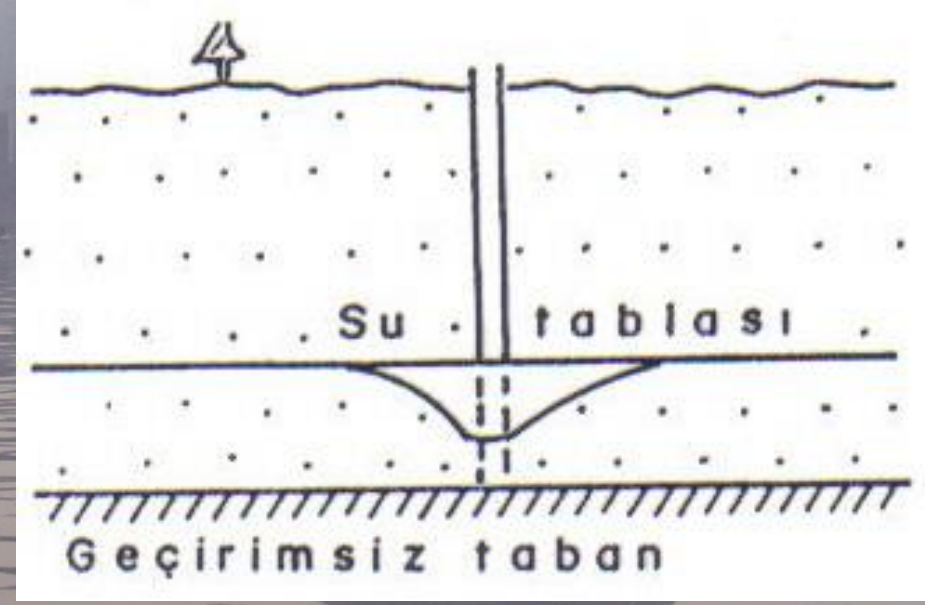
**Manisa-Soma'da
pompa testi
çalışması**



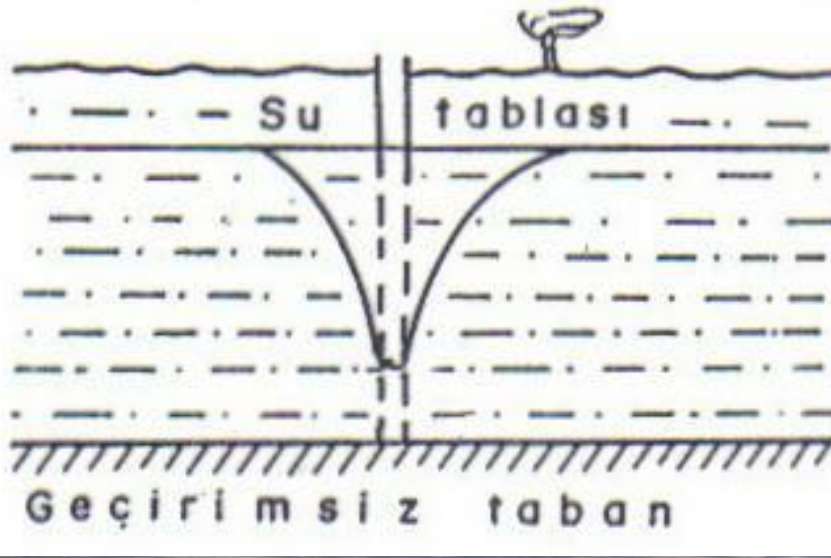
DEBİ DENEME POMPAJINDA HATALI YORUMA NEDEN OLABİLECEK AKİFER ÖZELLİKLERİ



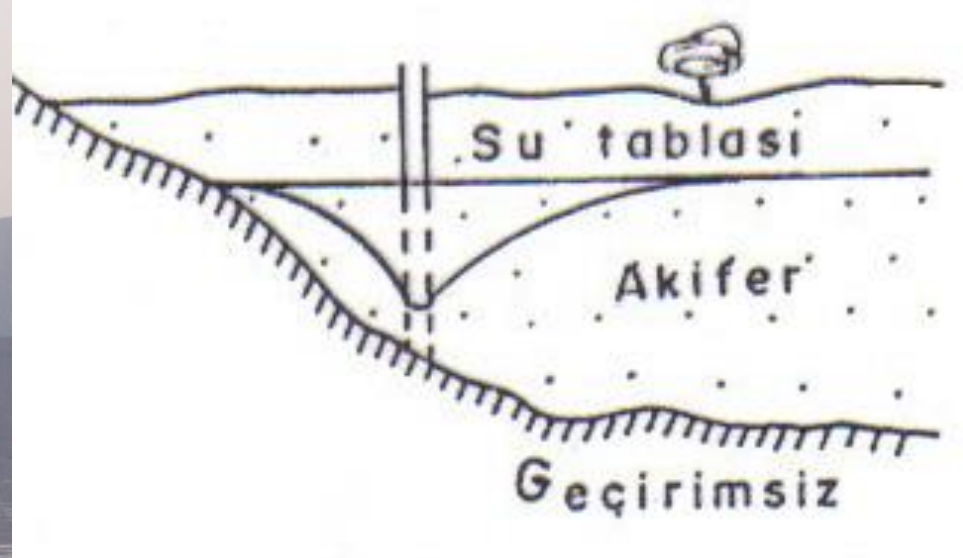
Akifer kalınlığının çok değişmesi



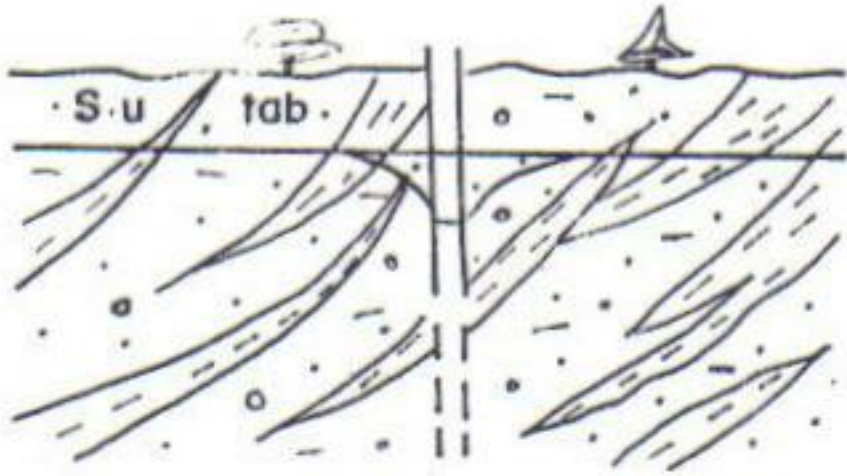
Akifer kalınlığının az olması



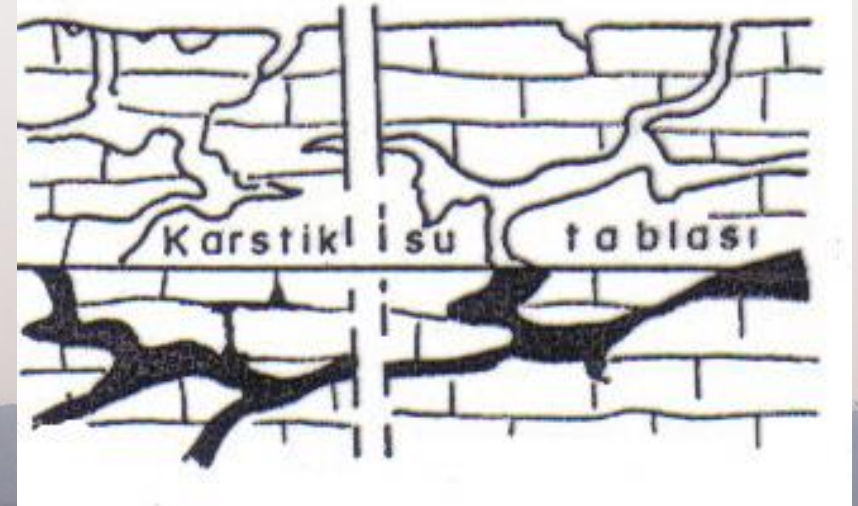
Akiferin geçirimsizliğinin az olması



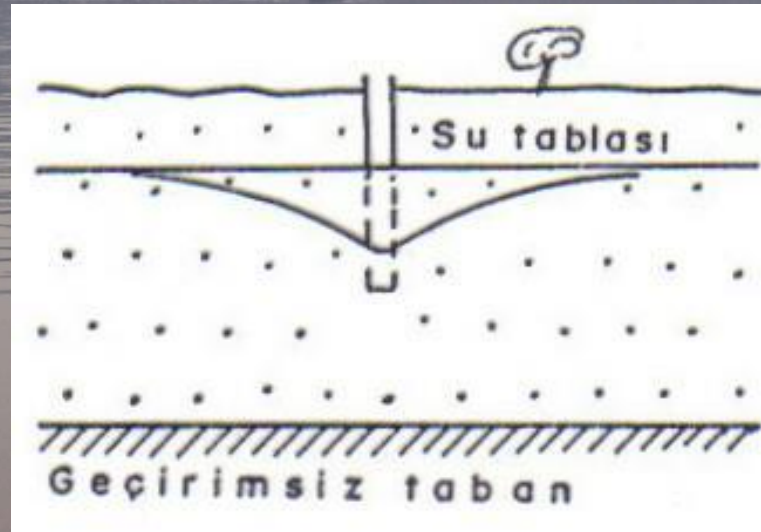
Kuyu yakınında geçirimsiz sınır olması



Akiferin çok heterojen olması

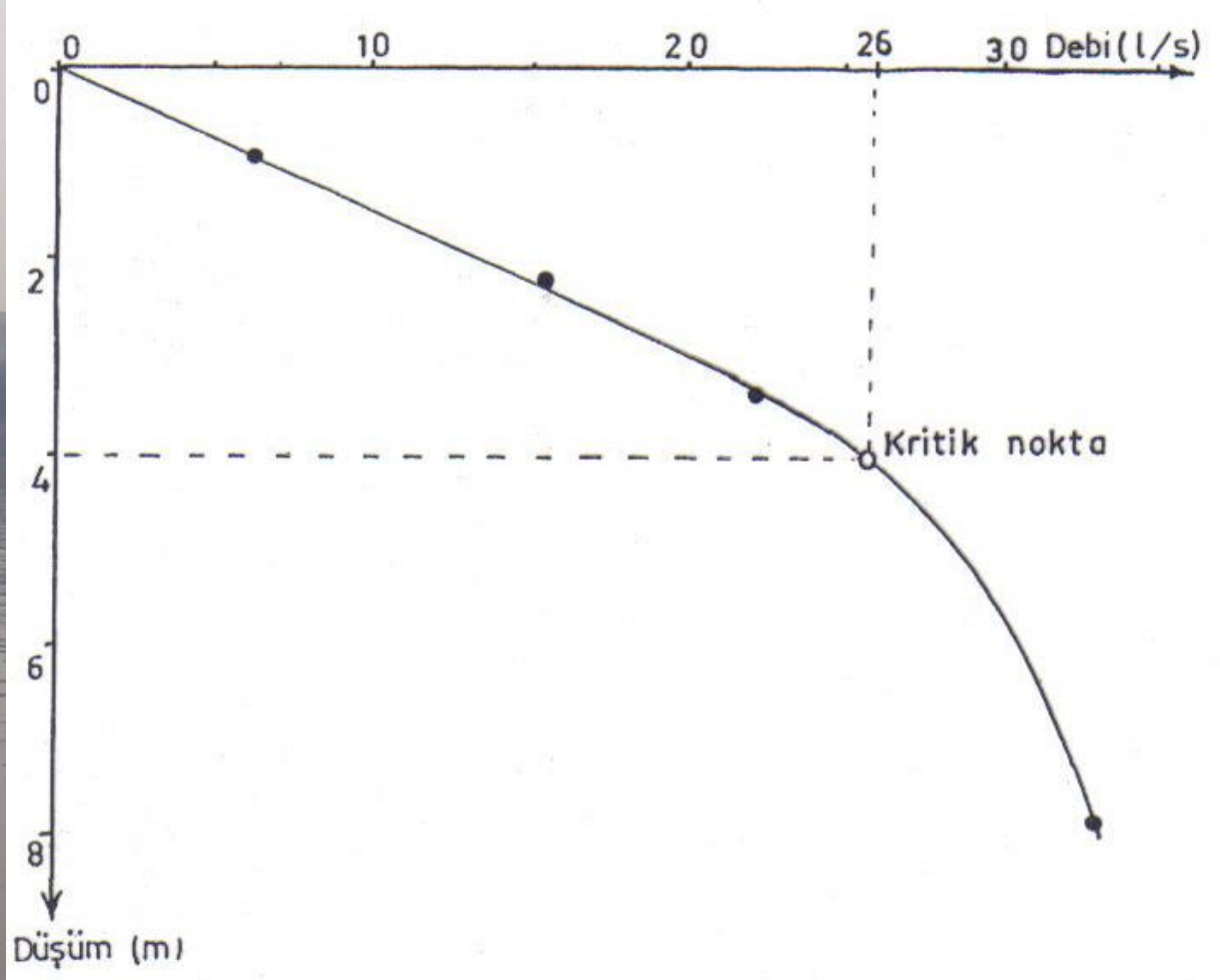


Akiferin karstik olması



Sondajın tüm akiferleri katetmemesi

DEBİ DENEME POMPAJİ - DEBİ KADEMELERİ



Pompaj kuyusu ayırtman eğrisi

Yeni açılan bir kuyuda değişik kademelerde pompaj yapılarak kuyunun maksimum işletme debisi bulunmak isteniyor. Aşağıdaki verilere göre kuyunun maksimum işletme debisini hesaplayınız.

Pompaj kademeleri	Dengeli rejim debisi - m ³ /saat	Düşüm
1.	45	0,55
2.	80	1,05
3.	105	1,45
4.	130	3,15

Bu uygulama ile bir pompaj kuyusuna ait ayırtman eğrisi çizilerek kuyunun maksimum işletme debisi belirlenir.

KUYU VE AKİFER KARAKTERİSTİKLERİNİN HESAPLANMASINDA

HİDROJEOLOJİ YÖNTEMLERİ

Dengeli (Permanen) Rejim - (Dupuit, Theim, Schoeller, Wenzel, Kozeny, Porchet Yöntemleri)

Drenaj Hendekleri

Serbest Akiferler

Basınçlı Akiferler

Dengesiz (Tranzituar) Rejim

Theis Yöntemi

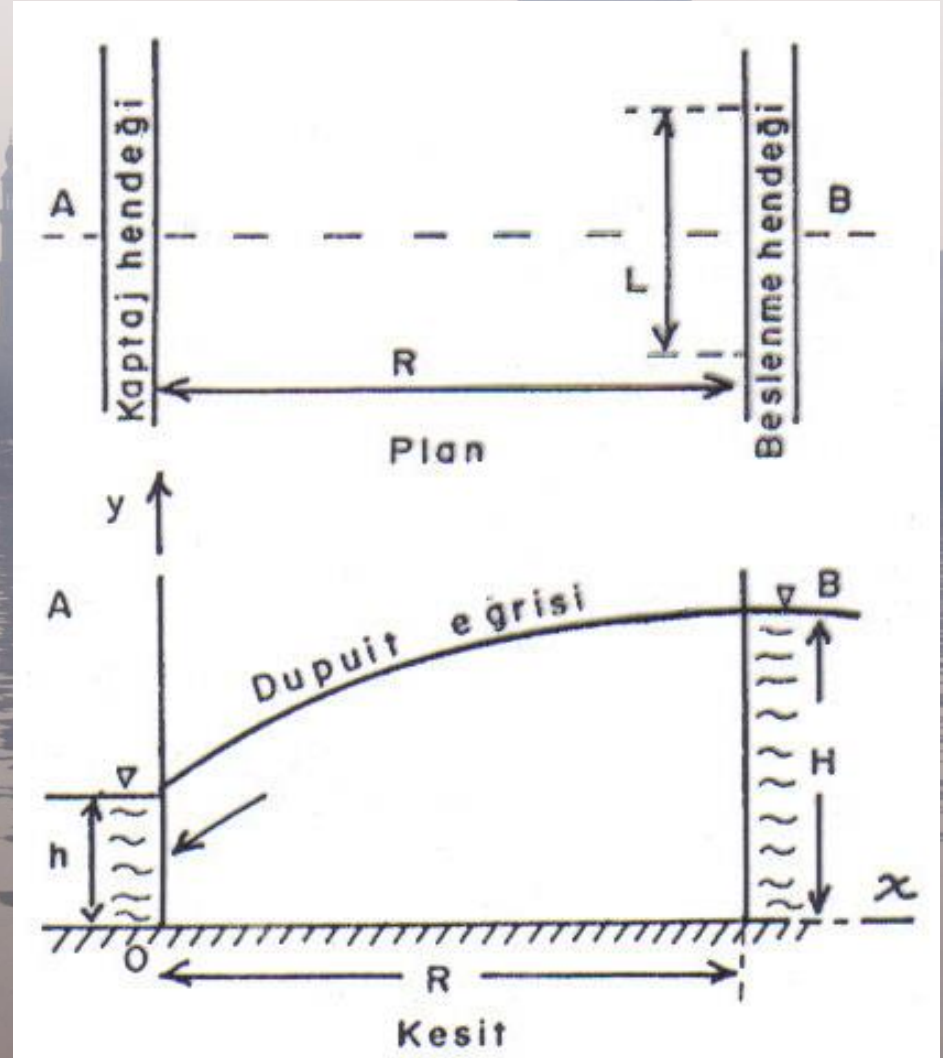
Cooper-Jacob Yöntemi

Chow Yöntemi

Houpeurt-Pouchan Yöntemi

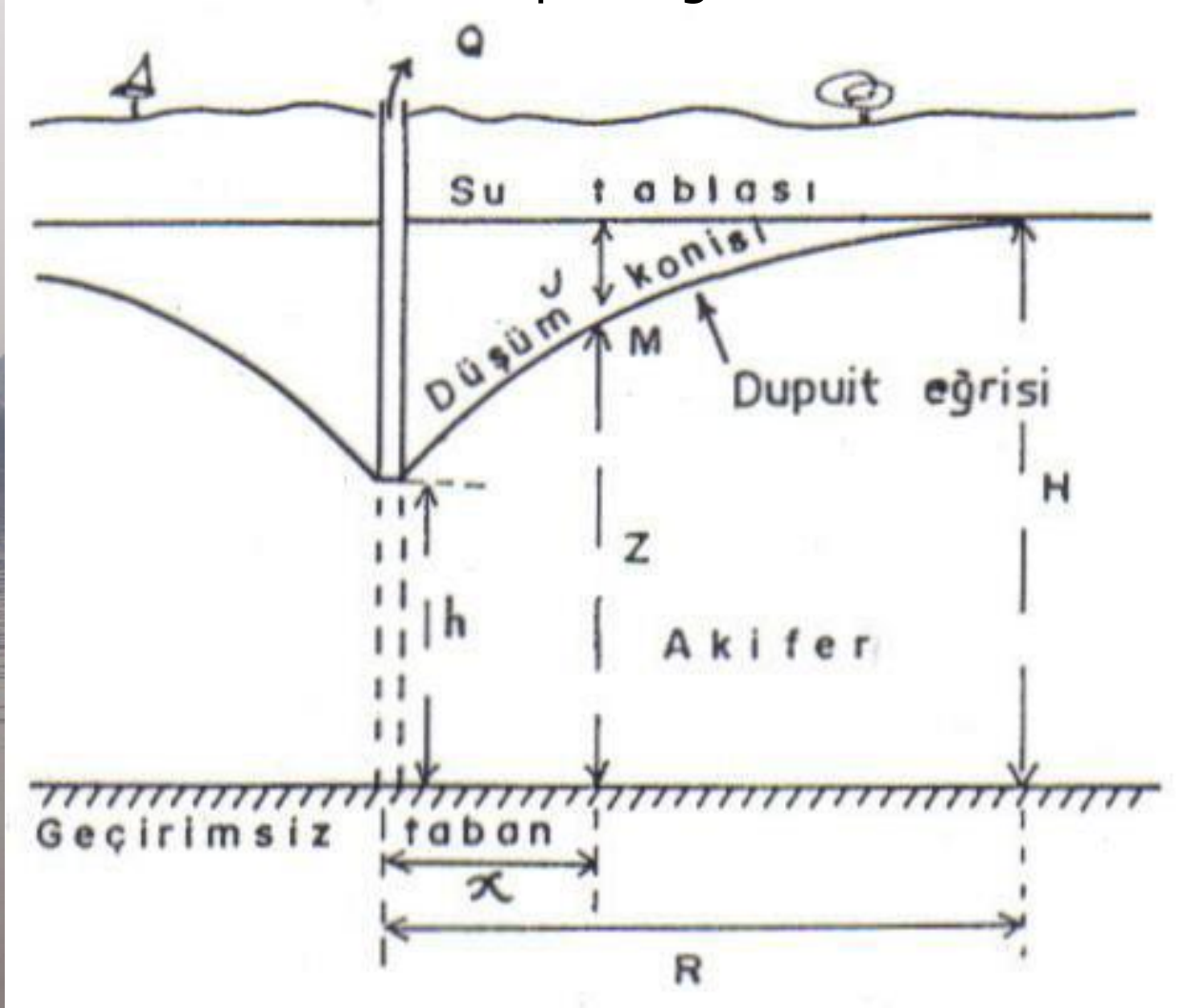
DRENAJ – KAPTAJ HENDEKLERİ

Bir beslenme hendeğinden bir drenaj hendeğine olan yeraltısuyu akımının şekildeki gibi olduğu görülebilir.



SERBEST AKİFERLER

Dupuit eğrisi

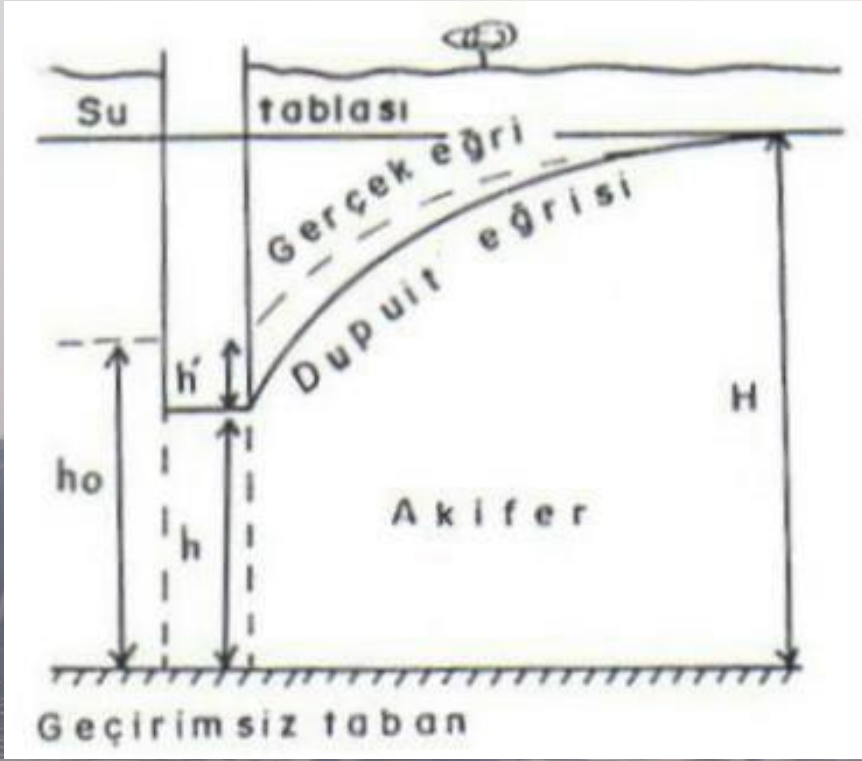


Dupuit, J., 1863, Etudes theoriques et pratiques sur le mouvement des eaux dans les canaux decouverts et a travers les terrains permeables, 2eme edition; Dunot, Paris, 1863

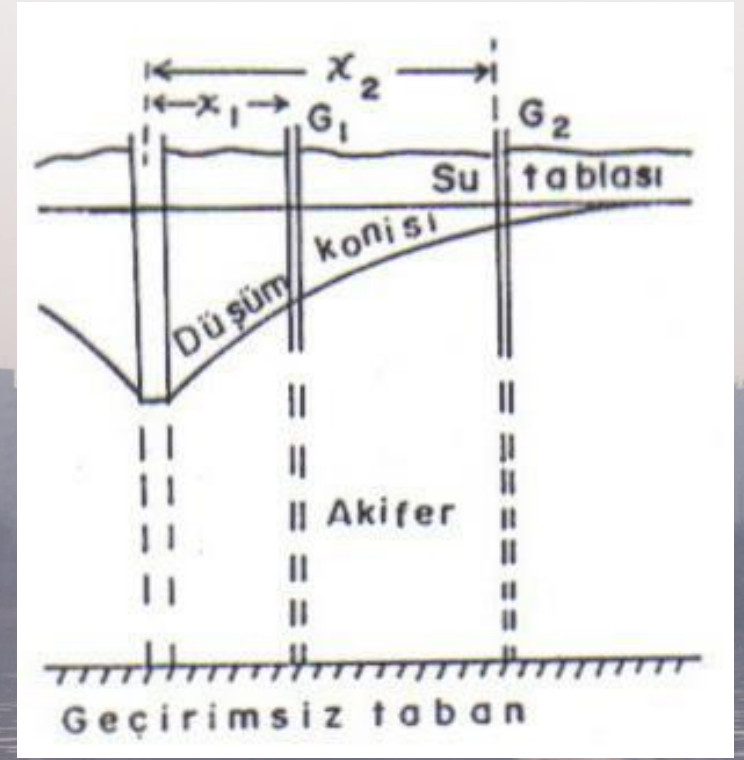
Canik, B., 1998, Hidrojeoloji, 286 s.

Koşullar:

- Sondaj geçirimsiz tabana ulaşmış
- Su akımı laminer
- Geçirimsiz taban formasyonu yatay
- Kuyuda permanent rejim gerçekleşmiş
- Sondaj yapılan yer ve çevresinde akifer geçirimsizliği sabit
- Akifer formasyon homojen



Serbest akiferde gerçek eğri ve Dupuit eğrisi



Serbest akiferde pompaj ve gözlem kuyuları

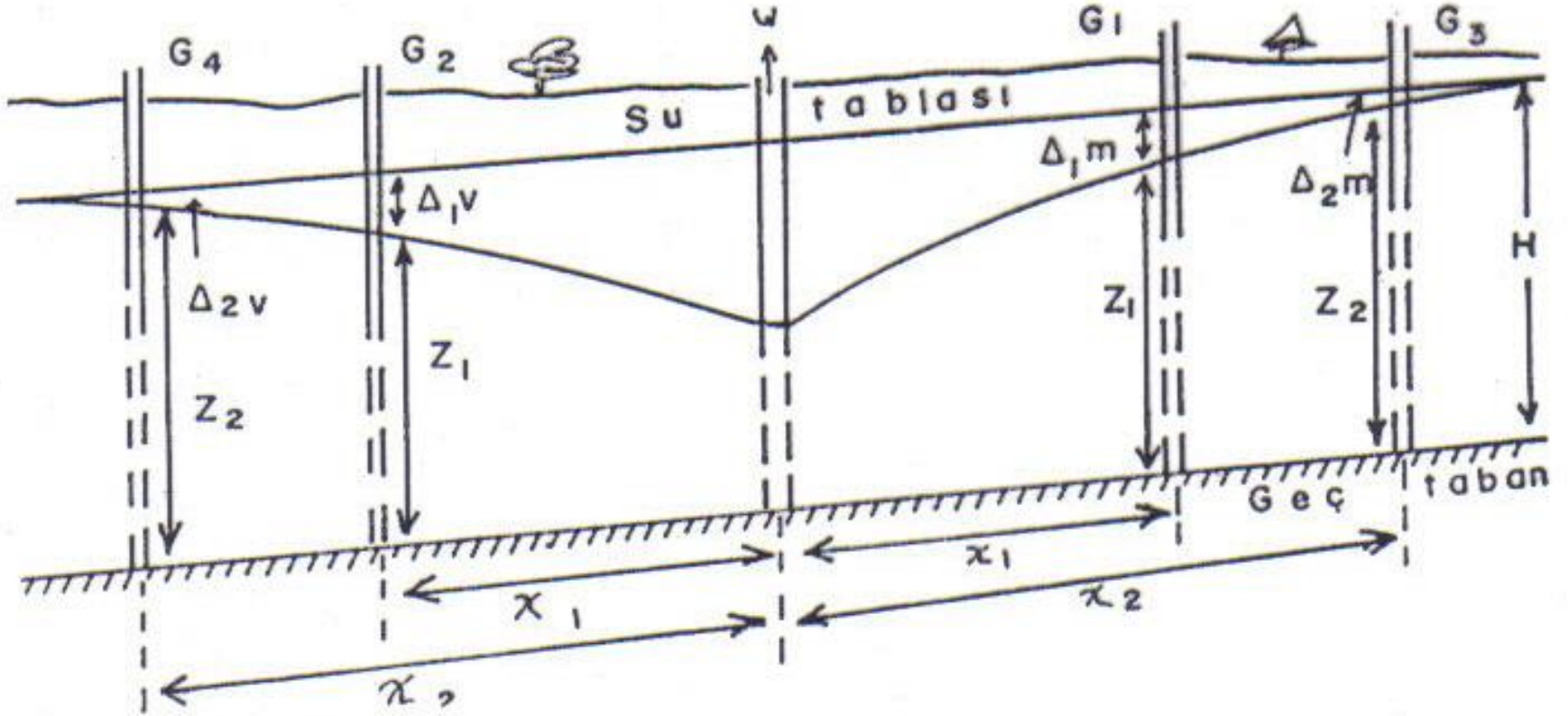
$$q = \frac{\pi K (H^2 - h^2)}{\log_e R / r}$$

Uygulama sorusu: Kalınlığı 33 m olan geçirimsiz tabanı yatay serbest bir akiferde açılan 50 cm çapındaki sondaj kuyusunda permanent rejimde saatte 80 m³ debi ile pompaj yapılmaktadır. Pompaj kuyusunun 18 ve 45 m uzağındaki iki gözlem kuyusundaki düşümler sırasıyla 1.8 m ve 1.1 m olarak ölçülmüştür. Buna göre;

- a) Akiferin T ve K parametrelerini hesaplayarak akiferi yorumlayınız.
- b) Etki alanı yarıçapını hesaplayınız.
- c) Pompaj kuyusu içinde oluşacak düşümü hesaplayınız.
- d) Kuyu çapı %100 arttırıldığı zaman pompaj debisinde gözlenecek değişimi hesaplayınız.

WENZEL YÖNTEMİ (1942)

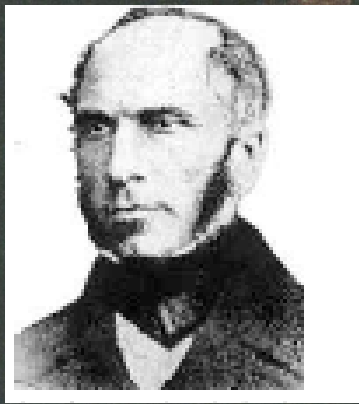
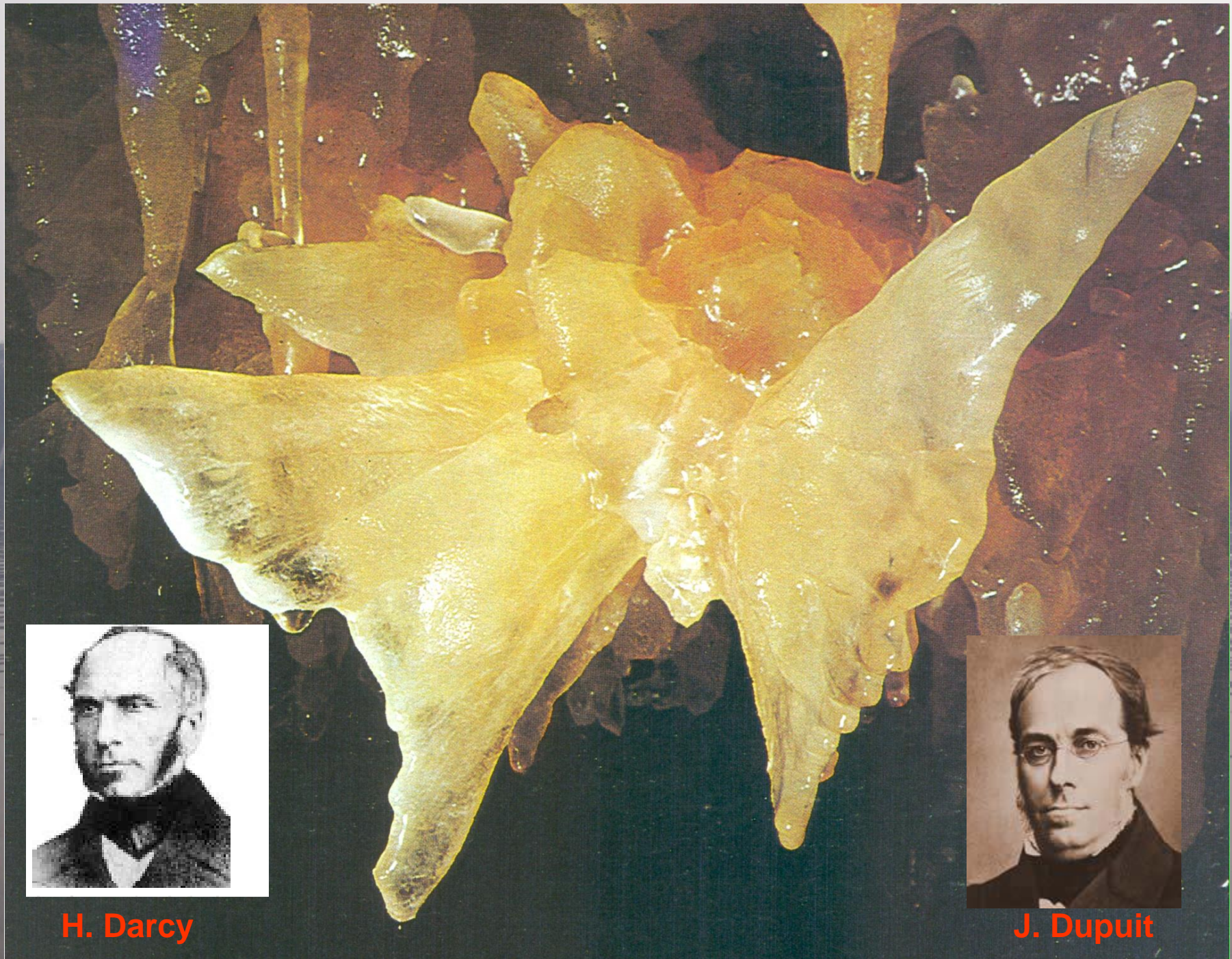
UYGULAMA KOŞULLARI



Geçirimsiz tabanı eğik serbest akiferde pompaj ve gözlem kuyuları

Wenzel, L.K. Fishel, V.C., 1942, Methods for determining permeability of water-bearing materials, United States Department of the Interior Water-Supply Paper 887, 202 s.

Canik, B., 1998, Hidrojeoloji, 286 s.



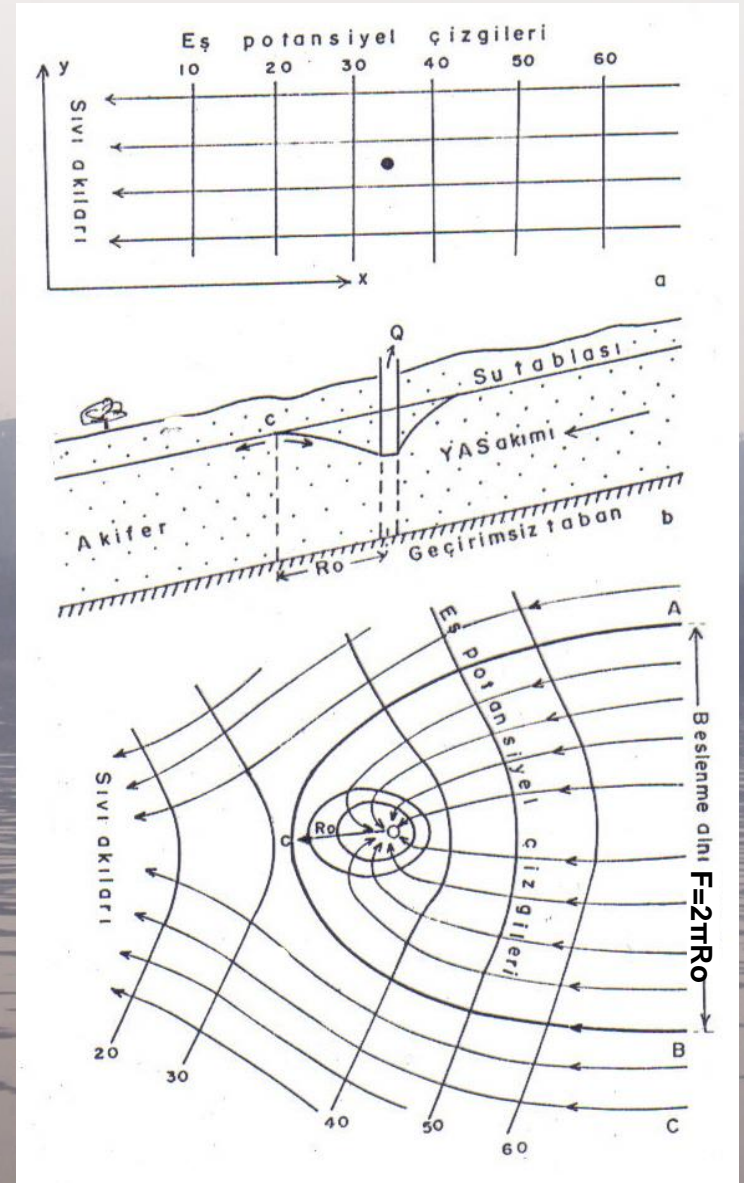
H. Darcy



J. Dupuit

Geçirimsiz tabanı eğik serbest akiferde pompaj sırasında durum

KOZENY (1953) ve SCHOELLER (1956) YÖNTEMLERİ



Kozeny, J. 1953. *Hydraulik: Ihre Grundlagen und praktische Anwendung*. Springer-Verlag, Vienna.

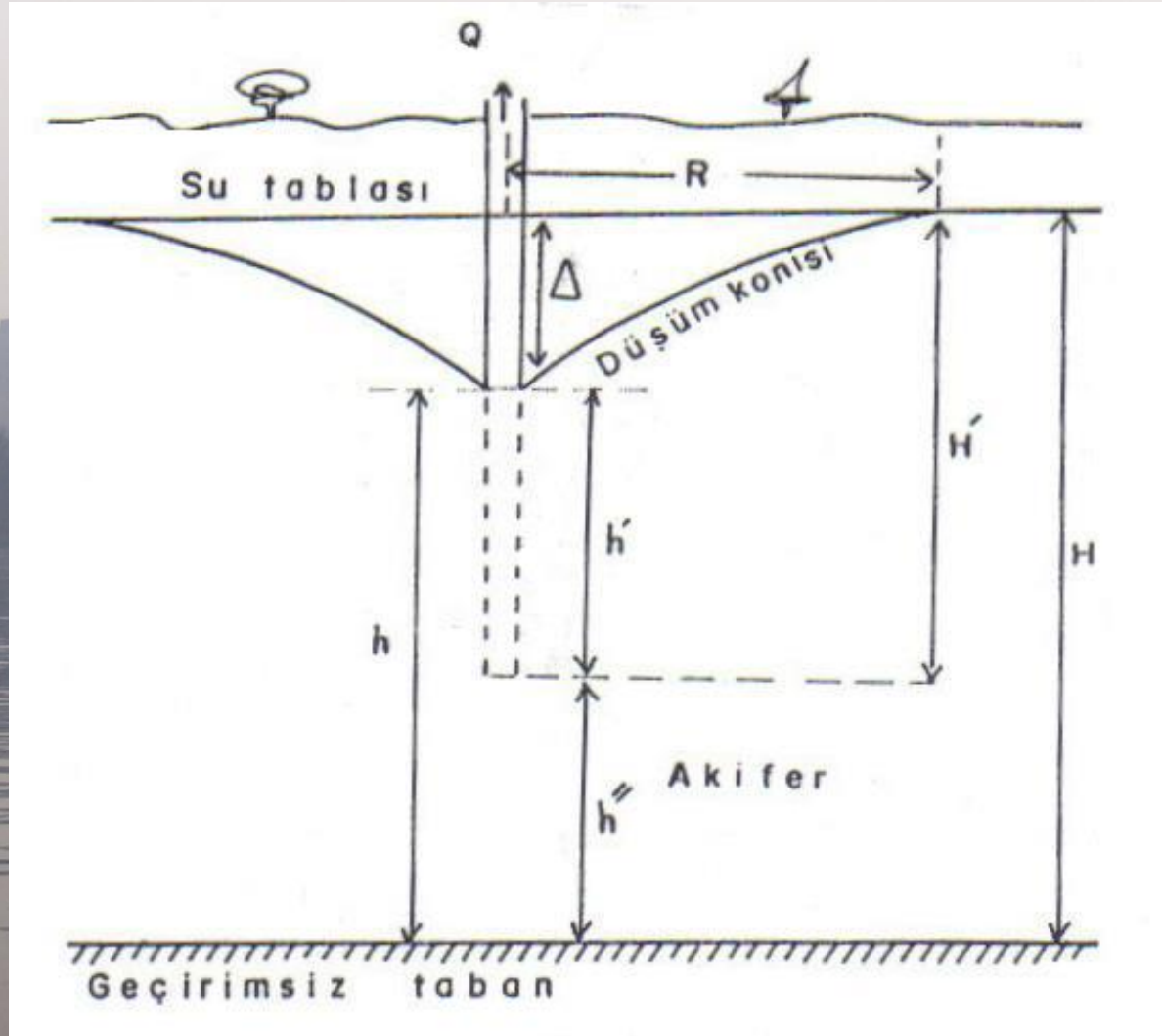
Canik, B., 1998, *Hidrojeoloji*, 286 s.

Geçirimsiz Taban formasyonu eğik olan serbest akiferlerde pompalama durumunda h değerine bağlı olarak R_0 değerinin hesaplanması için Schoeller Formülü kullanılır (Schoeller 1956).

Serbest akiferlerde sondaj geçirimsiz tabana ulaşmamış ise Prochet formülü kullanılabilir.

Schoeller, H., 1956, *Geochimie des eaux souterraines, Application aux cauxdes gisements de petrole*, Soc. Des editor Technip, Paris.

PORCHET YÖNTEMİ



Serbest akiferde kuyu geçirimsiz tabana ulaşmamış

PORCHET YÖNTEMİ

H: Geçirimsiz taban üzerindeki akifer kalınlığı- m

H': Pompajdan önce kuyudaki su seviyesinin yüksekliği- m

h': pompaj sonucu su seviyesi- m

h: Geçirimsiz tabandan itibaren pompaj yapılan kuyuda kalan su yüksekliği

h'': Kuyu tabanının geçirimsiz tabana mesafesi- m

$$q = \frac{\pi K \Delta (H' + h' + r)'}{\log_e R / r}$$

Dengeli Rejimde Basınçlı Akiferler

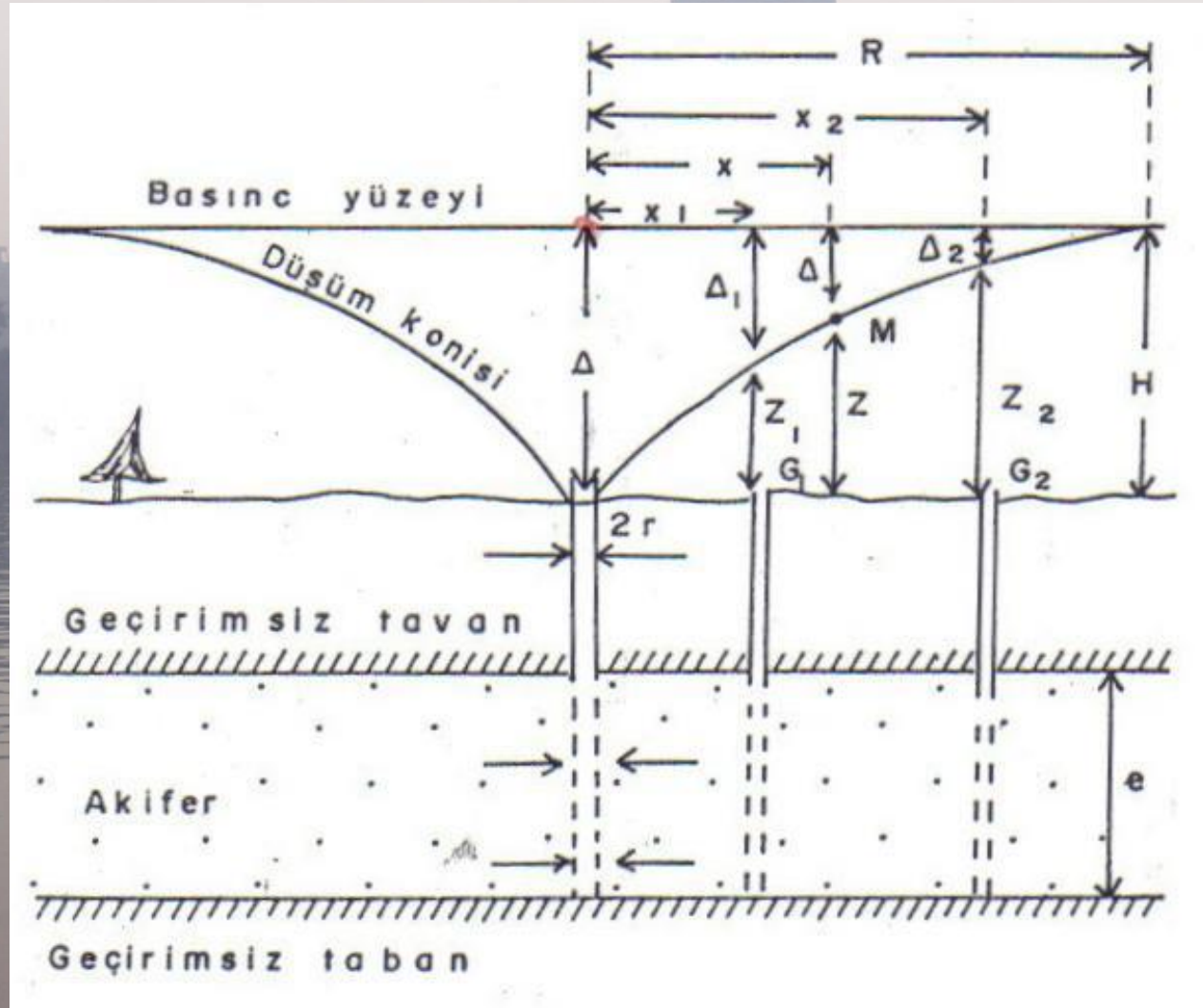
Dengeli rejimde basınçlı akiferlerde pompaj sonucunda oluşan durumu ortaya koymak ve akifer karakteristiklerini belirlemek için yine Dupuit formülü kullanılabilir. Bu formül serbest akiferlerde kullanılan Dupuit formülüne göre farklılık göstermektedir. Geçirimsiz tabanı eğik basınçlı akiferlerde de Wenzel formülü kullanılır.

Dupuit, J., 1863, Etudes theoriques et pratiques sur le mouvement des eaux dans les canaux decouverts et a travers les terrains permeables, 2eme edition; Dunot, Paris, 1863

Wenzel, L.K. Fishel, V.C., 1942, Methods for determining permeability of water-bearing materials, United States Department of the Interior Water-Supply Paper 887, 202 s.

Basıncı akiferde pompaj ve gözlem kuyuları

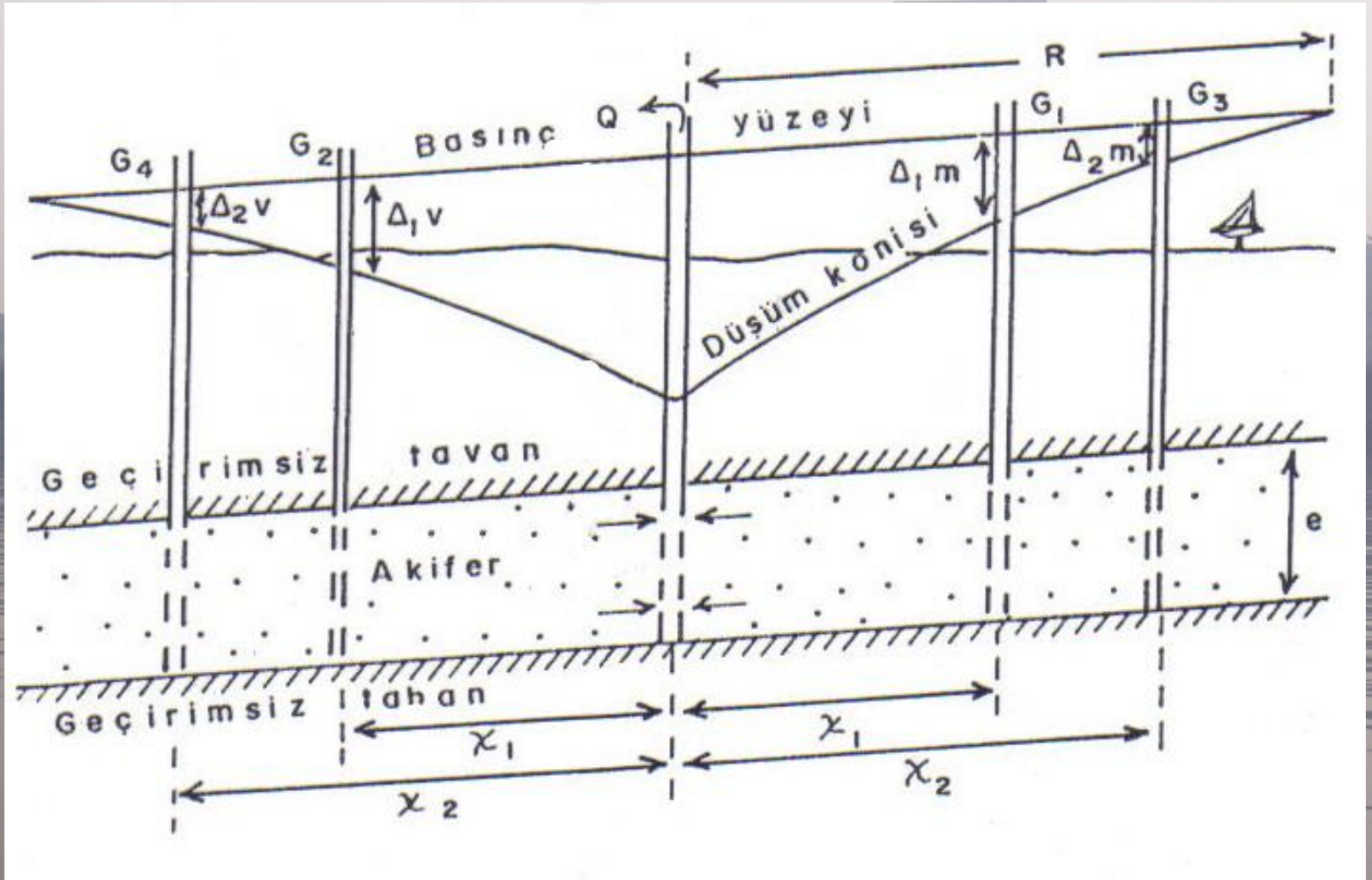
DUPUIT
VE
THIEM
YÖNTEMLERİ



$$q = \frac{2\pi K e \Delta}{\log_e R/r}$$

Uygulama sorusu: Geçirimsiz tabanı yatay olan 52 metre kalınlığındaki basınçlı bir akiferde yapılan pompaj deneyinde permanent rejim debisi 30 l/s dir. Kuyudan 8,5 metre uzakta açılan gözlem kuyusunda düşüm 3,4 metredir. Akiferin permeabilitesi $6 \cdot 10^{-4}$ m/s olduğuna göre kuyudan 18 metre uzakta ikinci gözlem kuyusunda ölçülecek düşümü hesaplayınız.

WENZEL YÖNTEMİ



Geçirimsiz tabanı eğik basınçlı akiferde pompaj sırasında durum

Uygulama sorusu: Geçirimsiz tabanı eğik olan 75 metre kalınlığındaki basınçlı akiferde açılan kuyudaki pompajda, permanen rejim debisi saatte 75 m³'dür. Kuyunun memba ve mansap tarafına 8 metre ve 15 metre uzaklıkta 4 gözlem kuyusu yapılmıştır. Permanen rejim süresince, bu kuyulardan memba tarafındakilerde düşüm, pompaj kuyusuna yakın olanda 10 metre, uzak olanda 7 metre; mansap tarafta ise pompaj kuyusuna yakın olanda 12 metre, uzak olanda 8 metre ölçülmüştür. Akiferin transmisivitesini ve permeabilitesini hesaplayınız.

DENGESİZ REJİM YÖNTEMLERİ

Dengesiz rejimde kuyu ve akifer karakteristikleri belirlenirken kuyuda pompaj sırasında dengeli rejime geçiş beklenmez (Theis 1935). Dengesiz rejim formüllerinin kullanılabilmesi için gerekli bazı koşullar vardır.

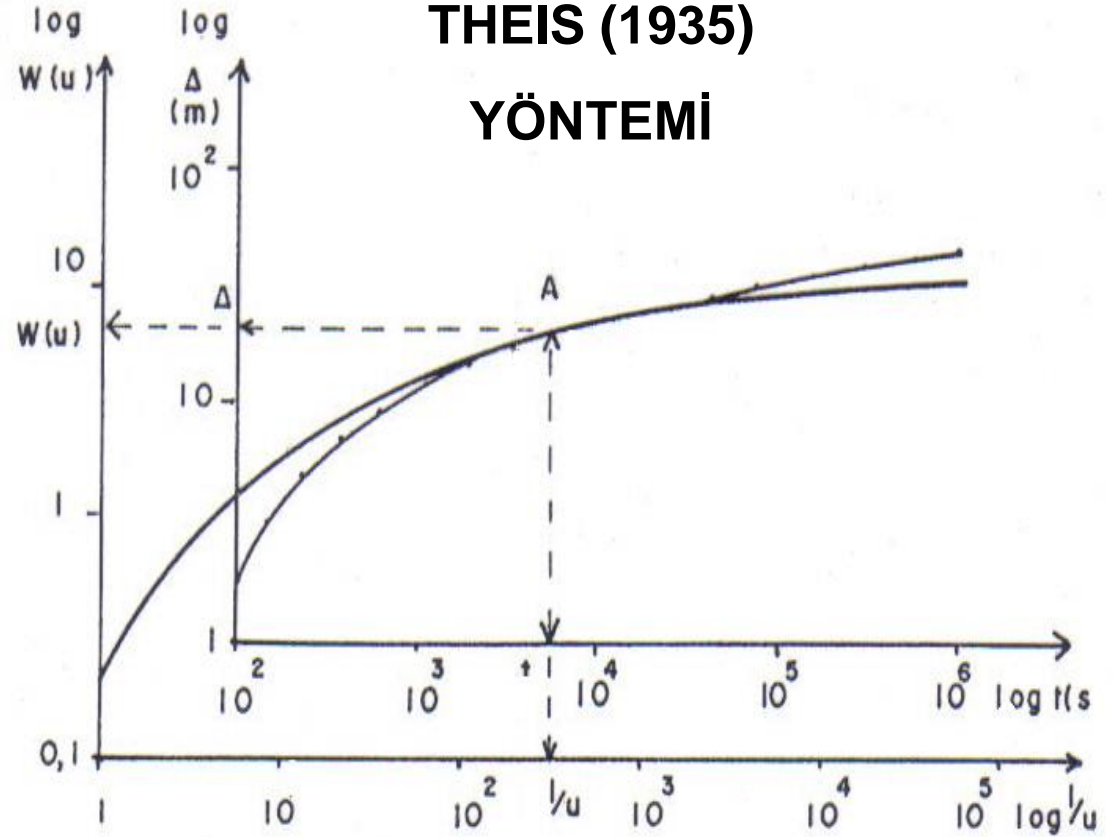
Theis, C.V., 1935. The relation between the lowering of the piezometric surface and the rate and duration of discharge of a well using groundwater storage, Am. Geophys. Union Trans., vol. 16, pp. 519-524



1900-1987



THEIS (1935) YÖNTEMİ



Theis tip ve deneysel eğrilerin çakıştırılması

$$T = \frac{QW(u)}{4\pi\Delta}$$

$$S = \frac{4Ttu}{r^2}$$

Theis Tip Eğrisi Değerleri

1/u	W(u)	1/u	W(u)	1/u	W(u)	1/u	W(u)
1,00	0,219	11,11	1,92	111,11	4,14	1111,11	6,44
1,11	0,26	12,50	2,03	125,00	4,26	1250,00	6,55
1,25	0,31	14,28	2,15	142,85	4,39	1428,57	6,69
1,42	0,37	16,66	2,30	166,66	4,54	1666,66	6,84
1,66	0,45	20,00	2,47	200,00	4,73	2000,00	7,02
2,00	0,56	25,00	2,68	250,00	4,95	2600,00	7,25
2,50	0,70	33,33	2,90	333,33	5,23	3333,33	7,53
3,33	0,91	50,00	3,35	500,00	5,64	5000,00	7,94
5,00	1,22	100,00	4,04	1000,00	6,33	10000,00	8,63
10,00	1,82						

Uygulama sorusu: Basıncılı bir akiferden 30 l/s'lik sabit bir debi ile çekim yapılmaktadır. Bu kuyudan 60 m uzaklıktaki bir gözlem kuyusunda zamana karşılık düşümler ölçüldüğüne göre Theis yöntemi ile iletimlilik (T) ve depolama katsayılarını (S) hesaplayınız.

t (s)	Düşüm (m)	t (s)	Düşüm (m)
60	0.201	1440	0.72
90	0.266	1800	0.76
120	0.302	2400	0.81
150	0.359	3000	0.85
180	0.369	3600	0.88
240	0.415	4800	0.927
300	0.455	6000	0.965
360	0.485	7200	1
480	0.534	9000	1.04
600	0.567	10800	1.072
720	0.601	12600	1.1
840	0.635	14400	1.12
1080	0.672		

Cooper-Jacob yöntemi

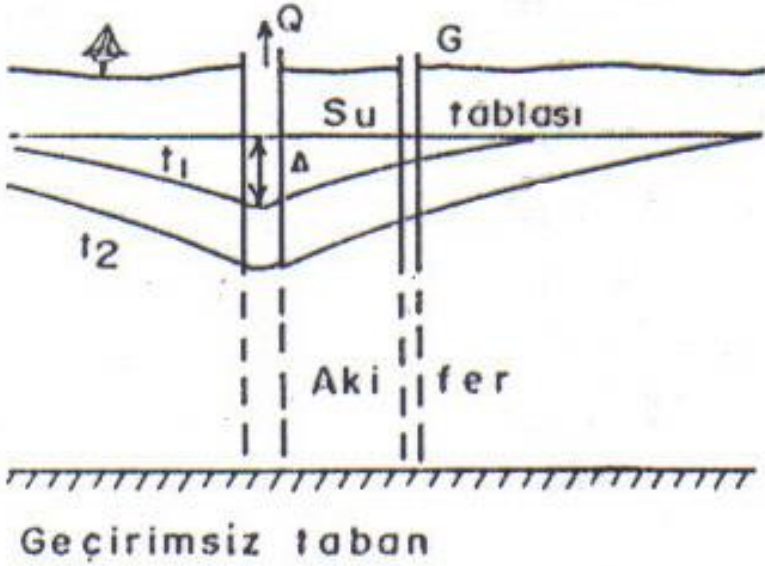
Cooper ve Jacob 1946 yılında dengesiz rejimde kuyu pompajı sırasında elde edilen verileri yarı logaritmik çözüm yoluyla yorumlamışlar. Cooper-Jacob yönteminde deneme pompajı sonuçları yarı logaritmik kağıt üzerine ordinat eksenine düşüm, logaritmik apsis eksenine zaman gelecek şekilde nakledilir (Canik 1998).

Bu formülün Theis'in düşümü veren formülünden çıkarılması detaylarına aşağıda verilen referanslardan ulaşılabilir.

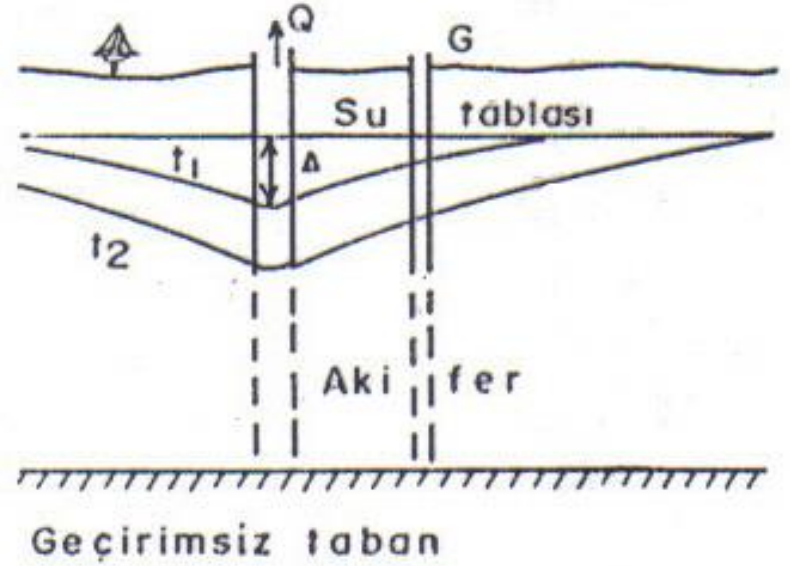
Canik, B., 1998, Hidrojeoloji, 286 s.

Cooper, H.H., Jacob, C.E. , 1946. A generalized graphical method for evaluating formation constants and summarizing well field history, Am. Geophys. Union Trans., vol. 27, pp. 526-534.

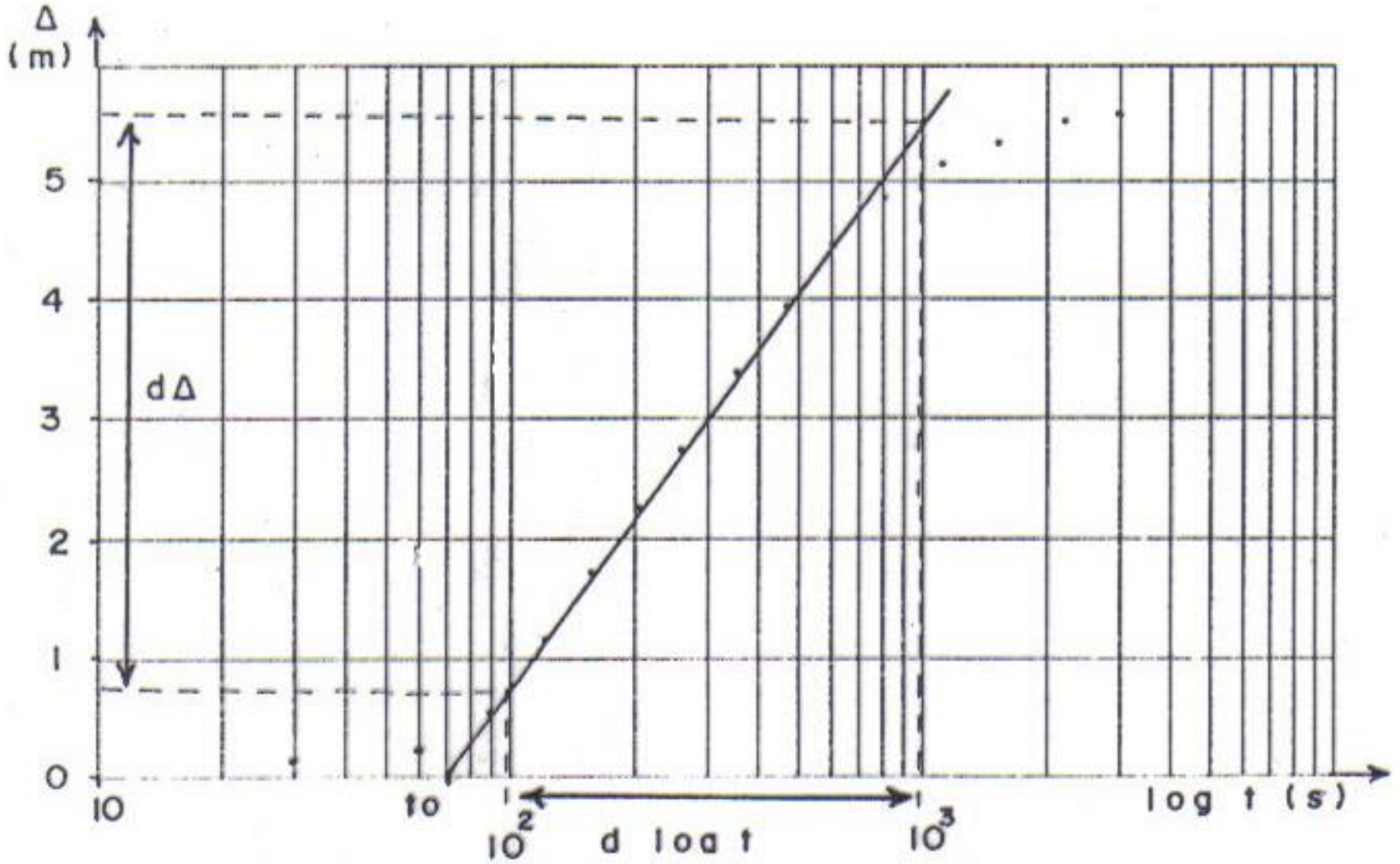
Cooper-Jacob Yönteminin İrdelenmesi



$$\Delta = f \log \phi t$$



$$\Delta = f \log \phi / r^2$$



Yarılog düşüm-zaman grafiğinde, Cooper-Jacob yönteminin uygulanması

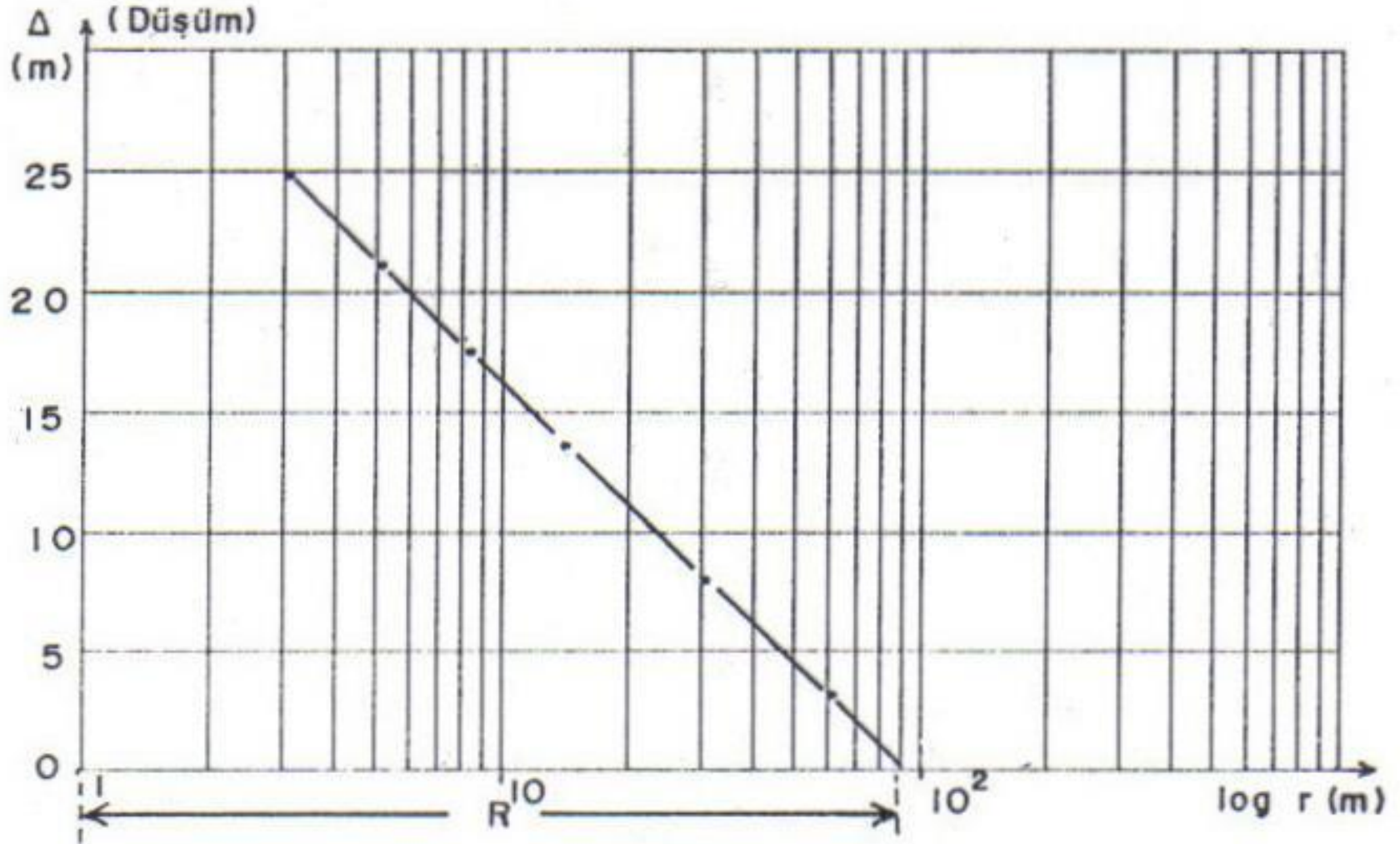
$$T = \frac{0.183Q}{d\Delta}$$

$d\Delta$

Bir logaritmik devire karşılık gelen düşüm değeri

$$S = \frac{2.25Tt_0}{r^2}$$

Cooper, H.H., Jacob, C.E. , 1946. A generalized graphical method for evaluating formation constants and summarizing well field history, Am. Geophys. Union Trans., vol. 27, pp. 526-534.



Etki alanı yarıçapının çizim yöntemi ile bulunması

Uygulama sorusu: Basıncılı bir akiferden 30 l/s'lik sabit bir debi ile çekim yapılmaktadır. Bu kuyudan 60 m uzaklıktaki bir gözlem kuyusunda zamana karşılık düşümler ölçüldüğüne göre Theis yöntemi ile iletimlilik (T) ve depolama katsayılarını (S) hesaplayınız.

t (s)	Düşüm (m)		t (s)	Düşüm (m)
60	0.201		1440	0.72
90	0.266		1800	0.76
120	0.302		2400	0.81
150	0.359		3000	0.85
180	0.369		3600	0.88
240	0.415		4800	0.927
300	0.455		6000	0.965
360	0.485		7200	1
480	0.534		9000	1.04
600	0.567		10800	1.072
720	0.601		12600	1.1
840	0.635		14400	1.12
1080	0.672			

Chow yöntemi

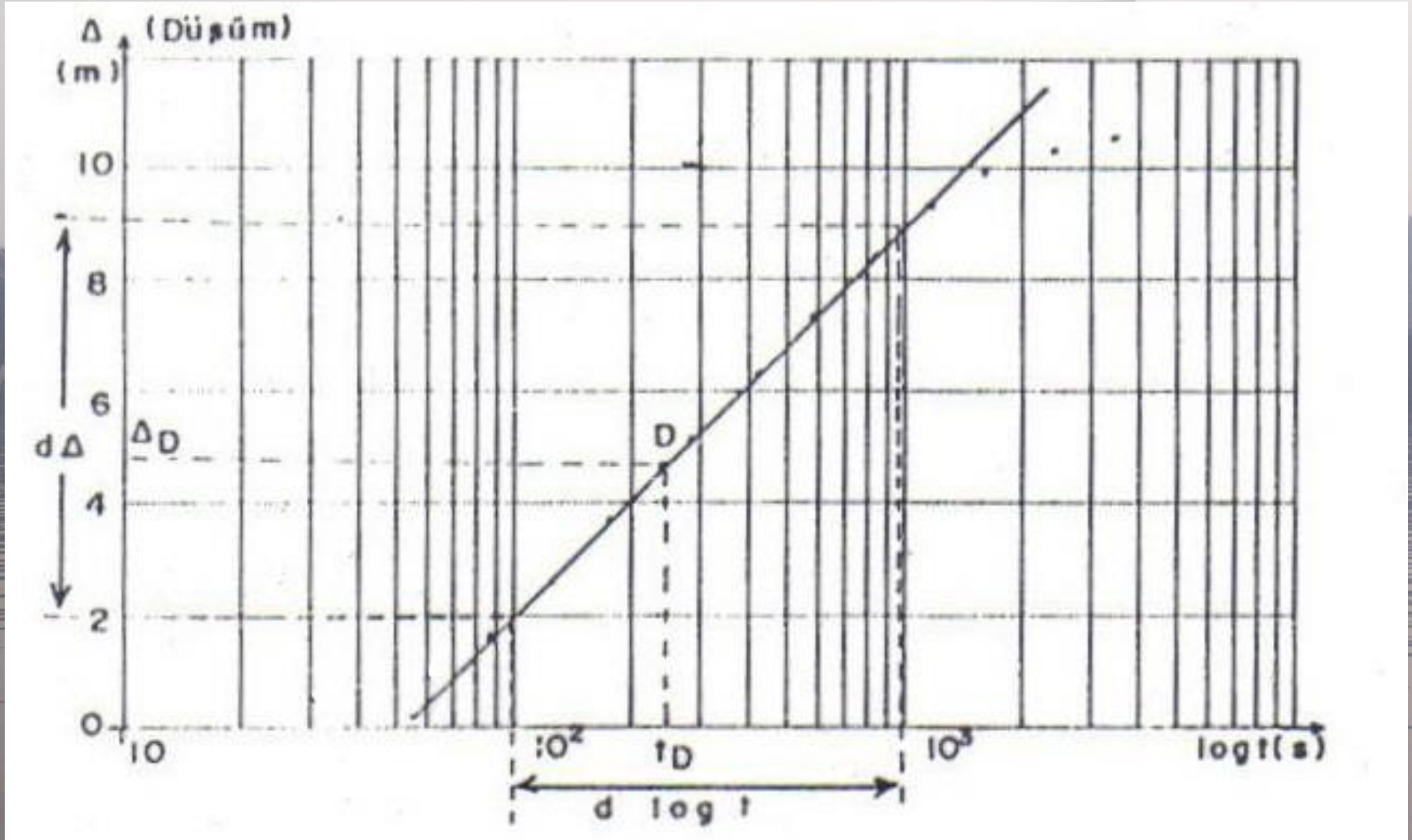
Bu yöntemde Theis (1935) ve Cooper-Jacob (1946) yöntemleri birlikte kullanılmaktadır. Bu yöntemi uygulayabilmek için $F(u)$, $W(u)$ ve u değerleri arasındaki ilişkiyi gösteren bir abağa ihtiyaç vardır.

Chow, V.T., 1952, On the determination of transmissibility and storage coefficients from pumping test data, Trans. Am. Geophys. Union, vol. 33, pp. 397-404.

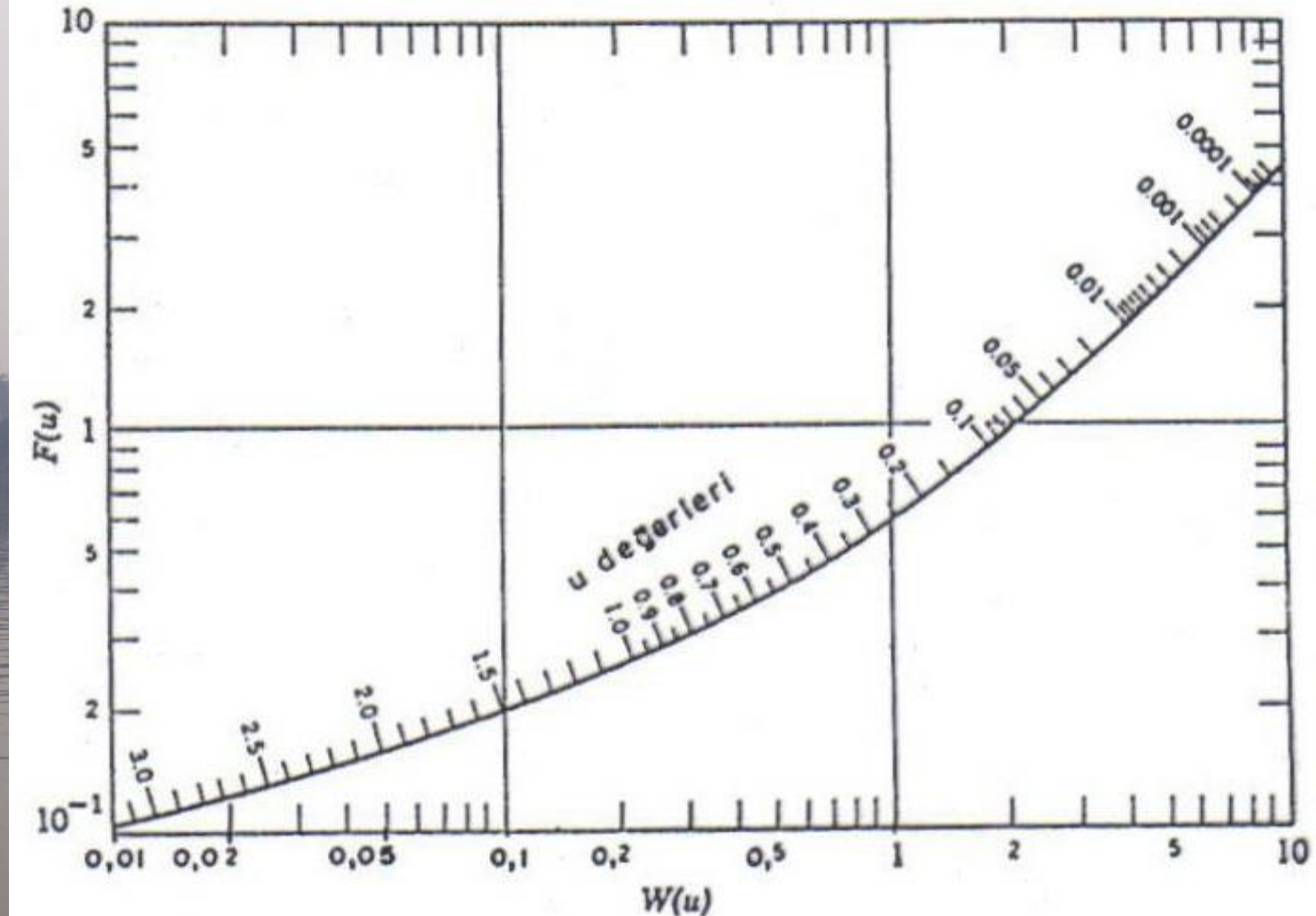
Cooper, H.H., Jacob, C.E. , 1946. A generalized graphical method for evaluating formation constants and summarizing well field history, Am. Geophys. Union Trans., vol. 27, pp. 526-534

Theis, C.V., 1935. The relation between the lowering of the piezometric surface and the rate and duration of discharge of a well using groundwater storage, Am. Geophys. Union Trans., vol. 16, pp. 519-524.

CHOW YÖNTEMİ

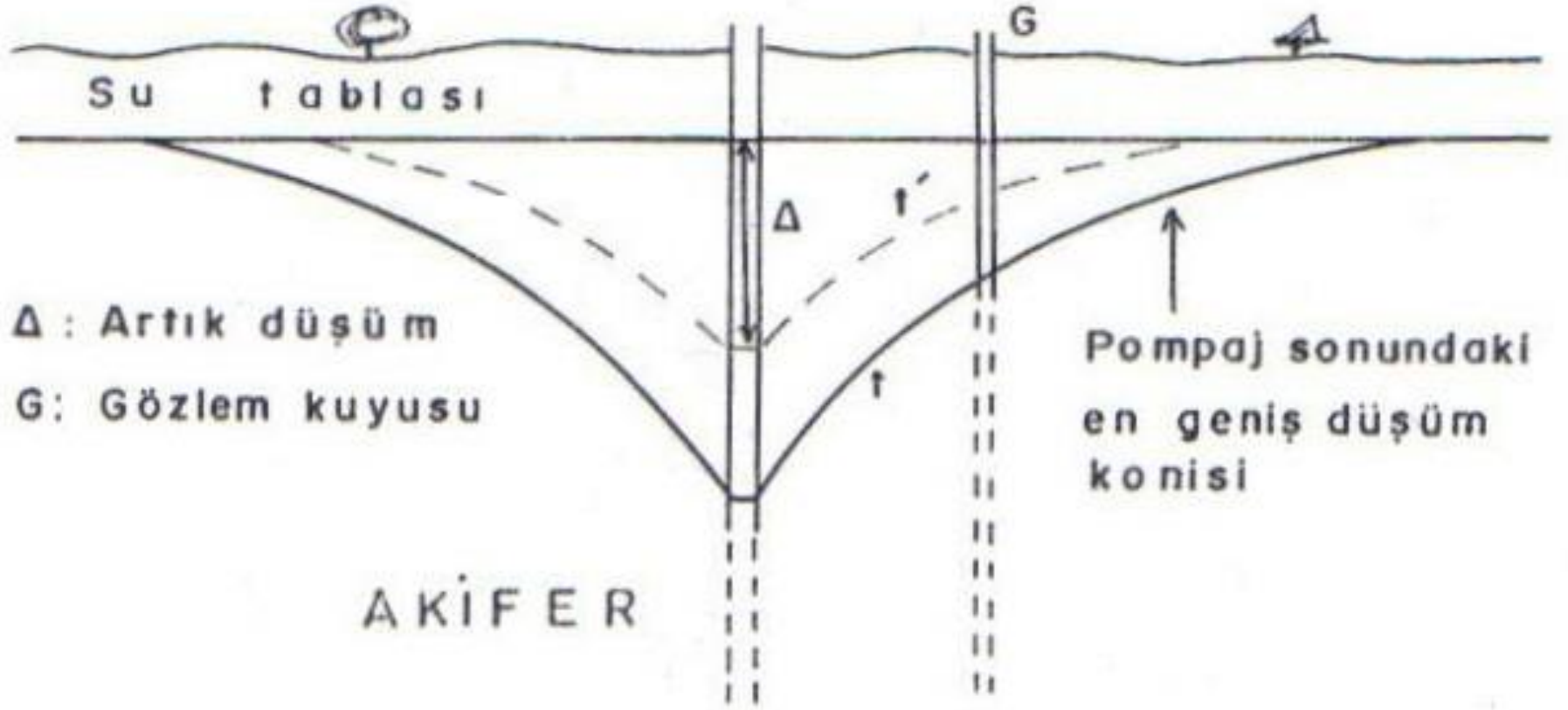


Yarılog düşüm-zaman grafiğinde, Chow yönteminin uygulanması



$F(u)$, $W(u)$, ve u değerleri arasındaki ilişki (Chow'a göre)

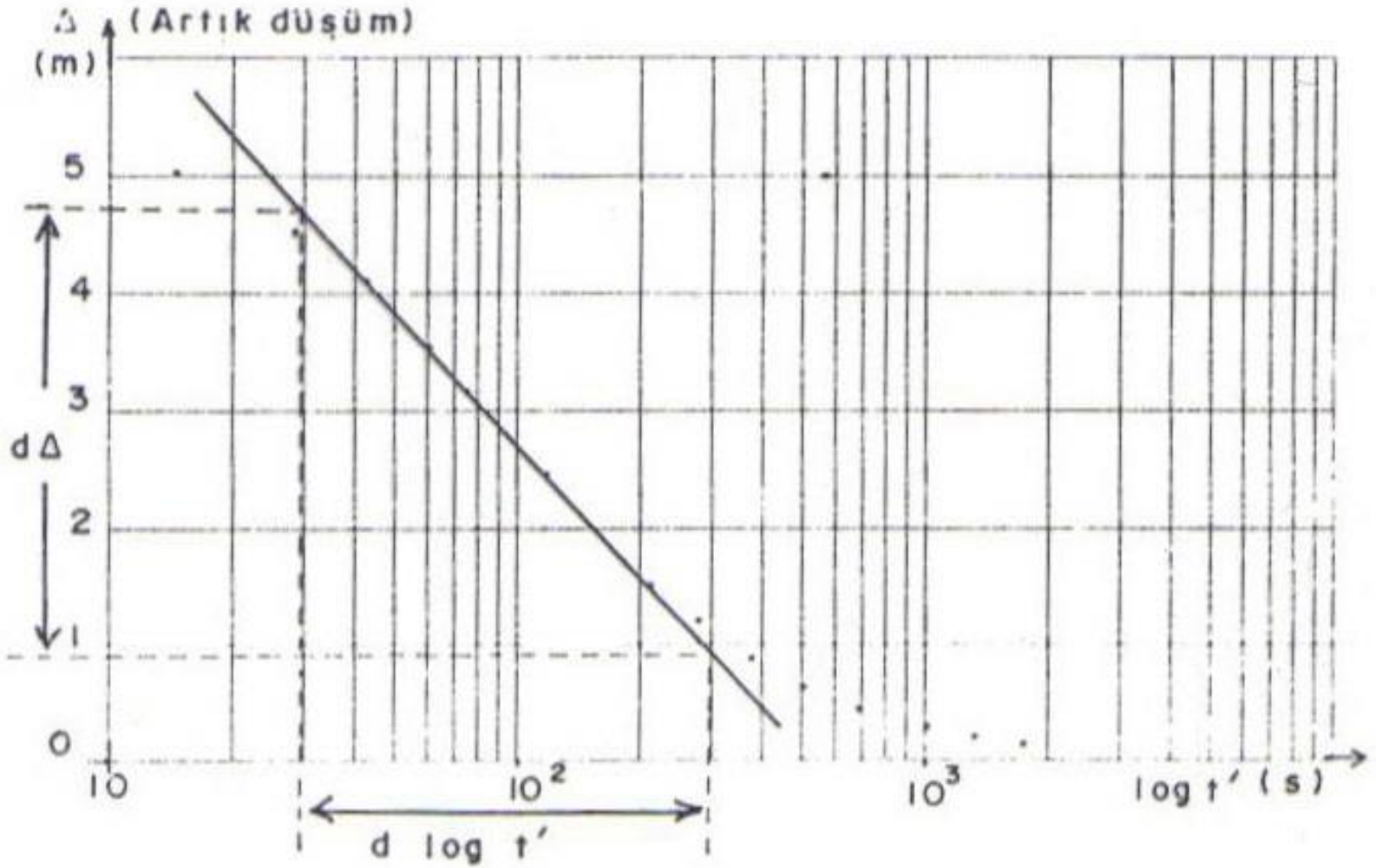
THEIS YÜKSELİM YÖNTEMİ



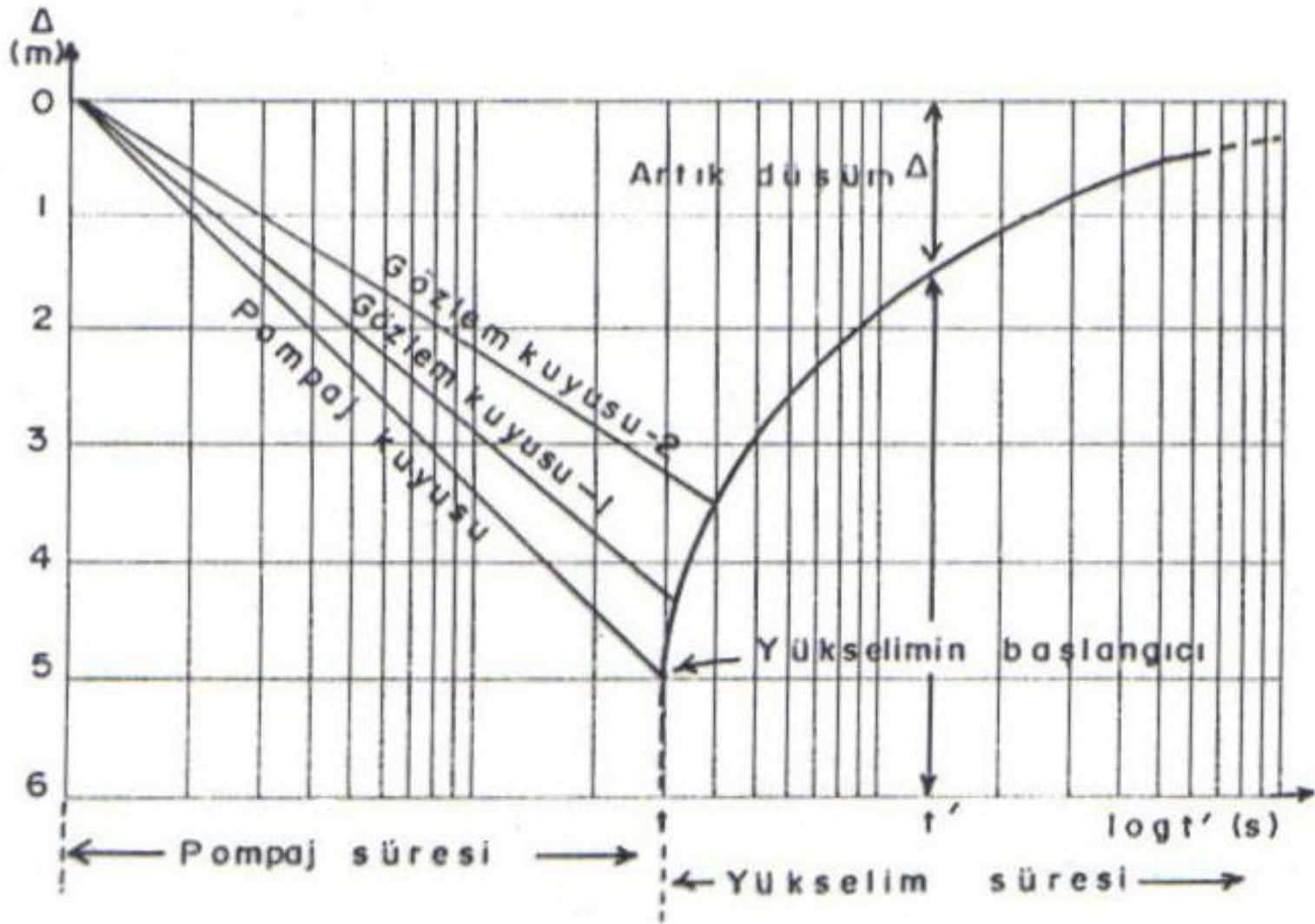
Yükselim yöntemi kuyuda artık düşüm değeri

Yükselim yönteminde pompaj sona erdikten sonra pompaj ve gözlem kuyuları içinde su seviyeleri artmaya başlar. Bu sırada elde edilecek yükselim verisi de akifer transmissivitesini belirlemede kullanılır. Bu yöntem sadece sabit debi ile pompaj yapılan ve tabana ulaşmış kuyularda geçerlidir (Theis 1935).

Theis, C.V., 1935. The relation between the lowering of the piezometric surface and the rate and duration of discharge of a well using groundwater storage, Am. Geophys. Union Trans., vol. 16, pp. 519-524.



Yarılog artık düşüm-zaman grafiğinde yükselim yönteminin uygulanması



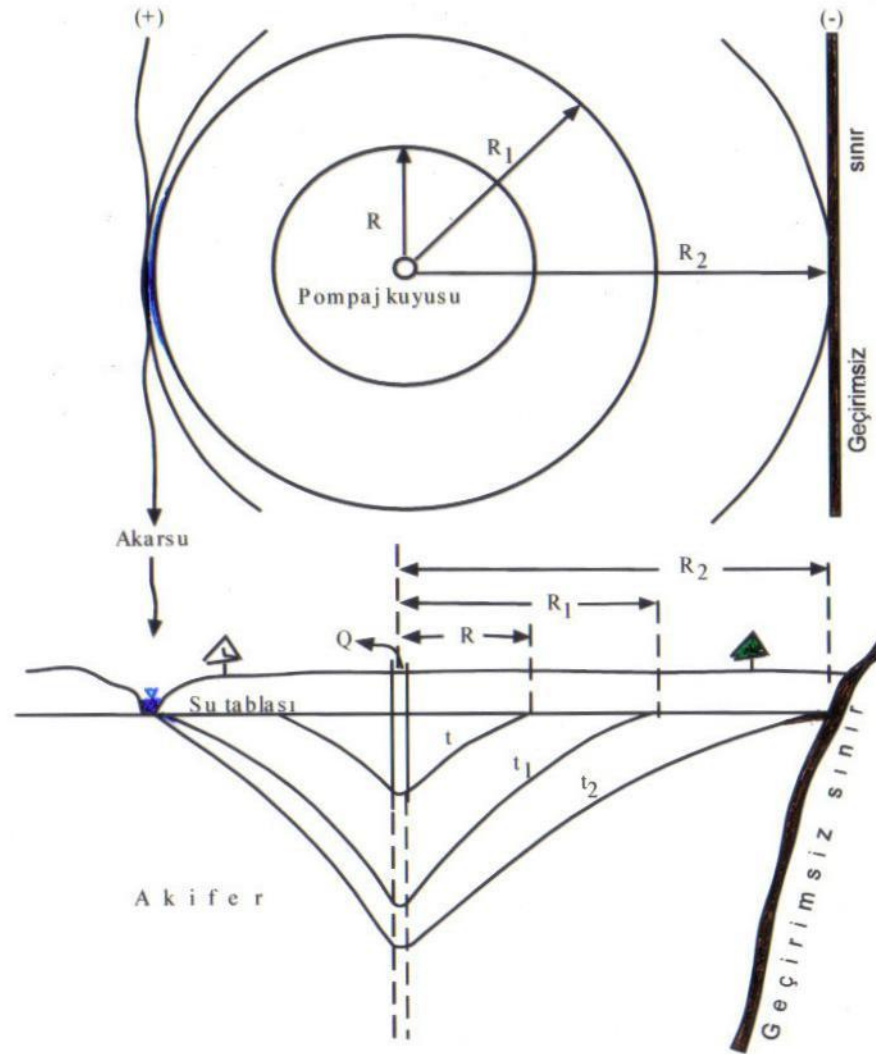
Pompaj ve gözlem kuyularında yükselme

KUYULARDA SINIR KOŞULLARI

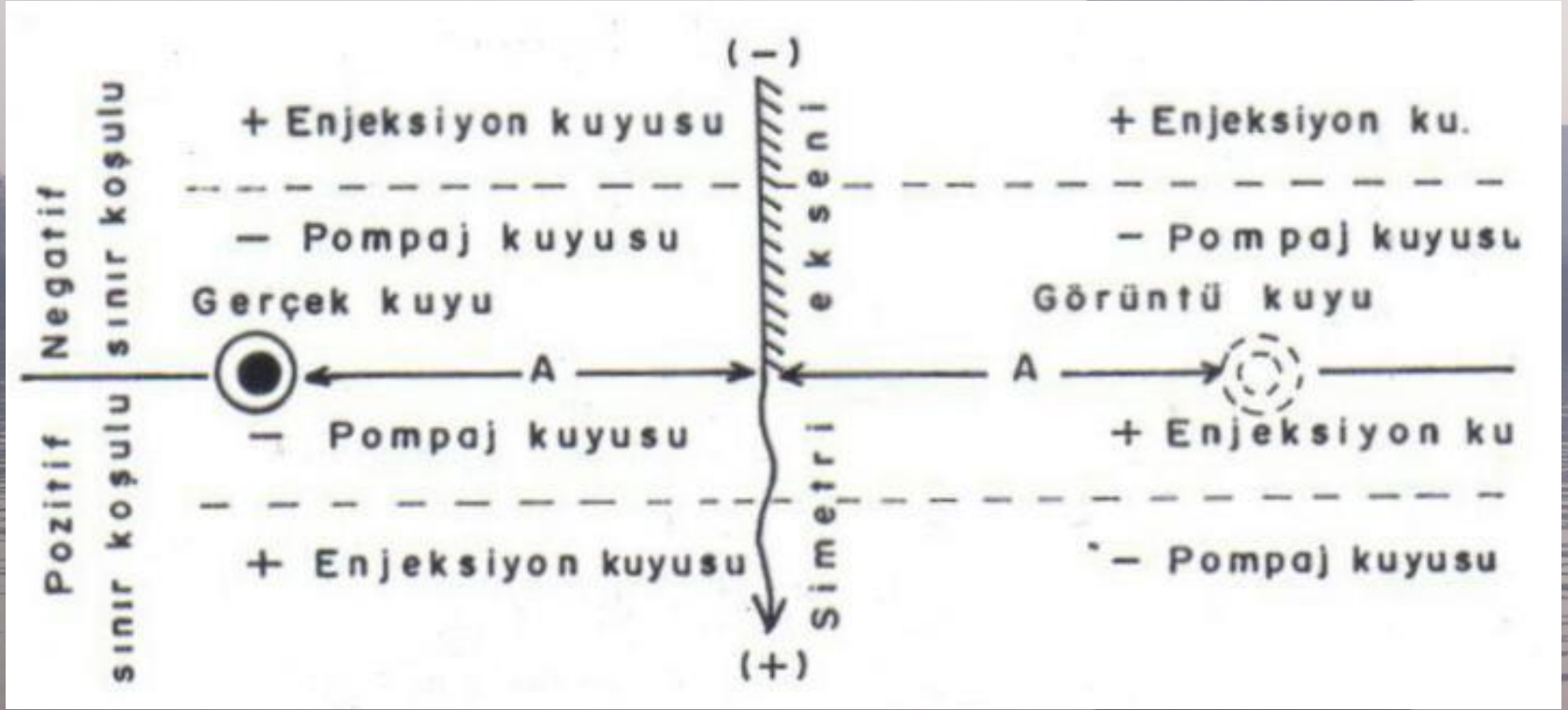
VE

GİRİŞİM OLAYI

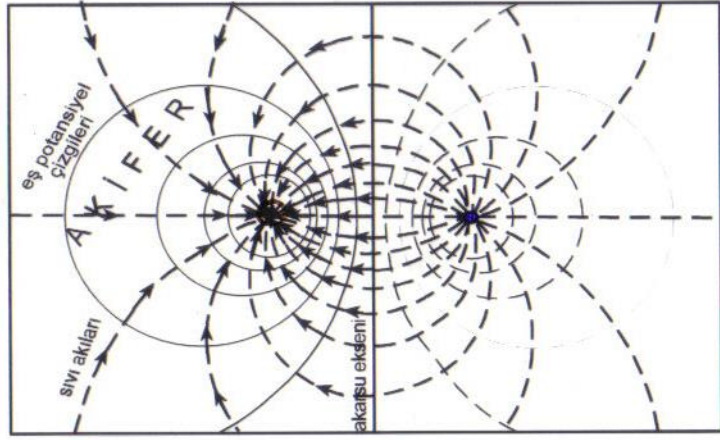
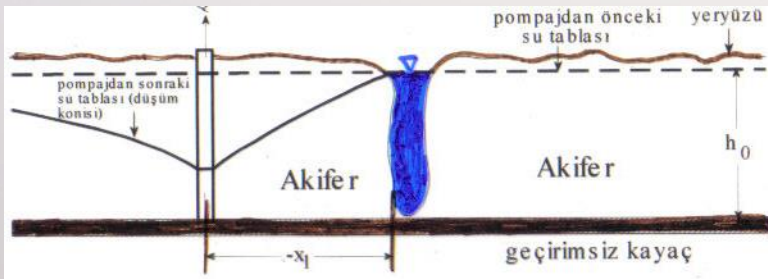




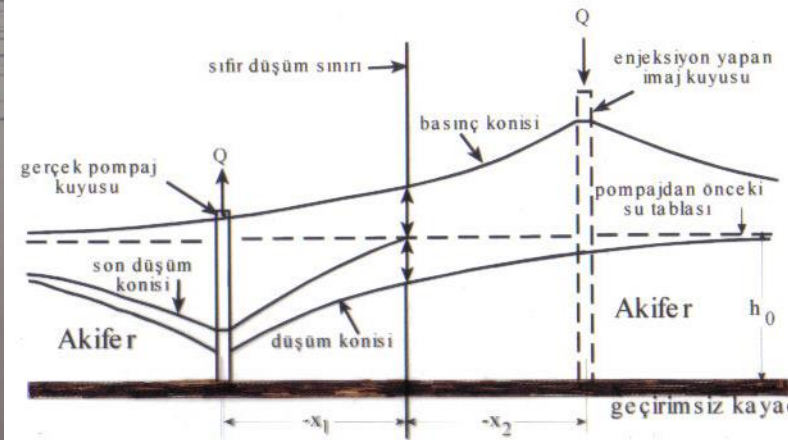
İki farklı sınır arasındaki pompaj kuyusundaki durum



Farklı sınır ve koşulda gerçek ve görüntü kuyularının işlevi

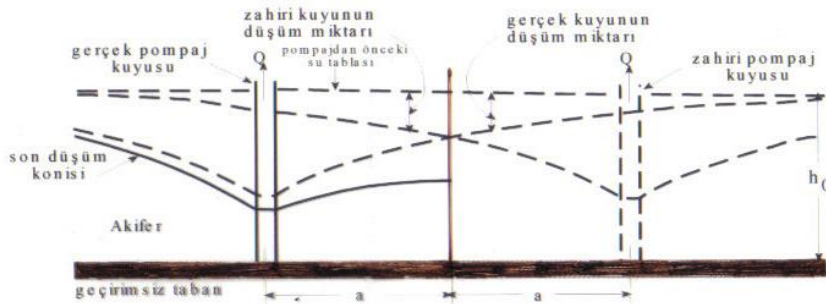
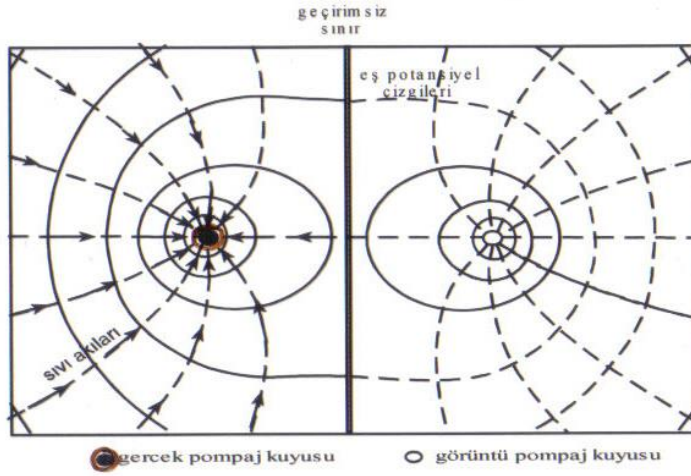
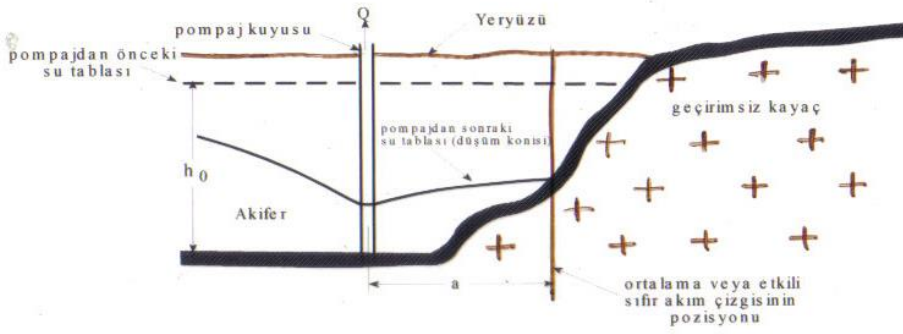


● gerçek pompaj kuyusu ● görüntü enjeksiyon kuyusu



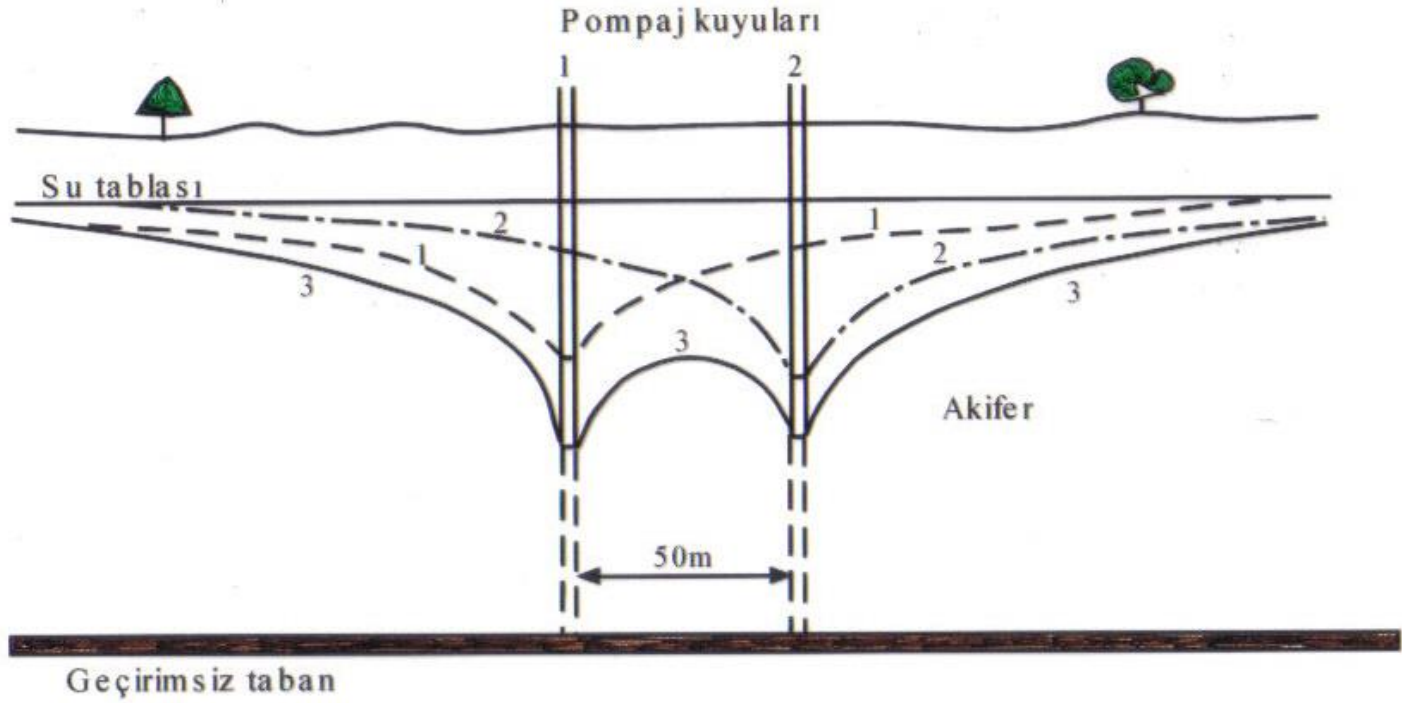
Pozitif sınır koşulu



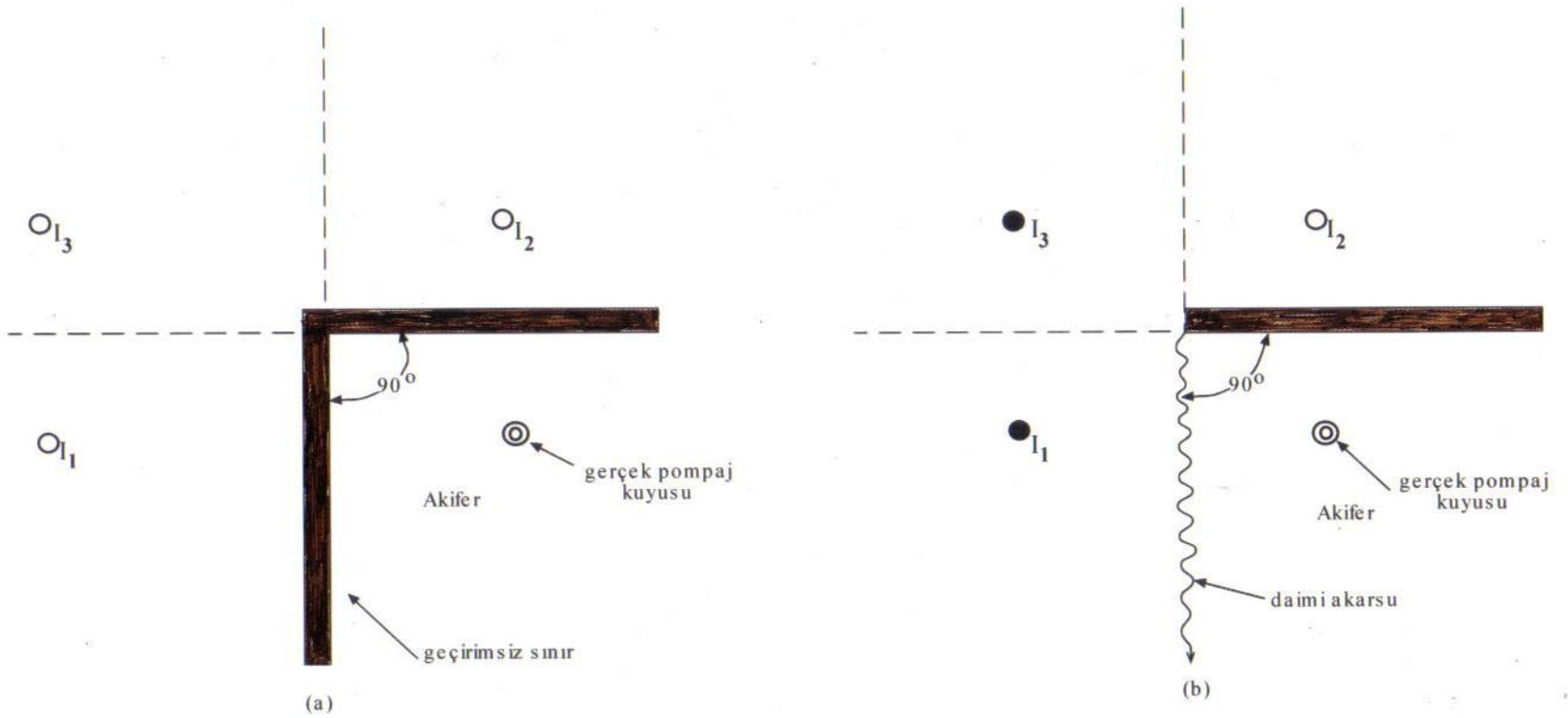


Negatif sınır koşulu





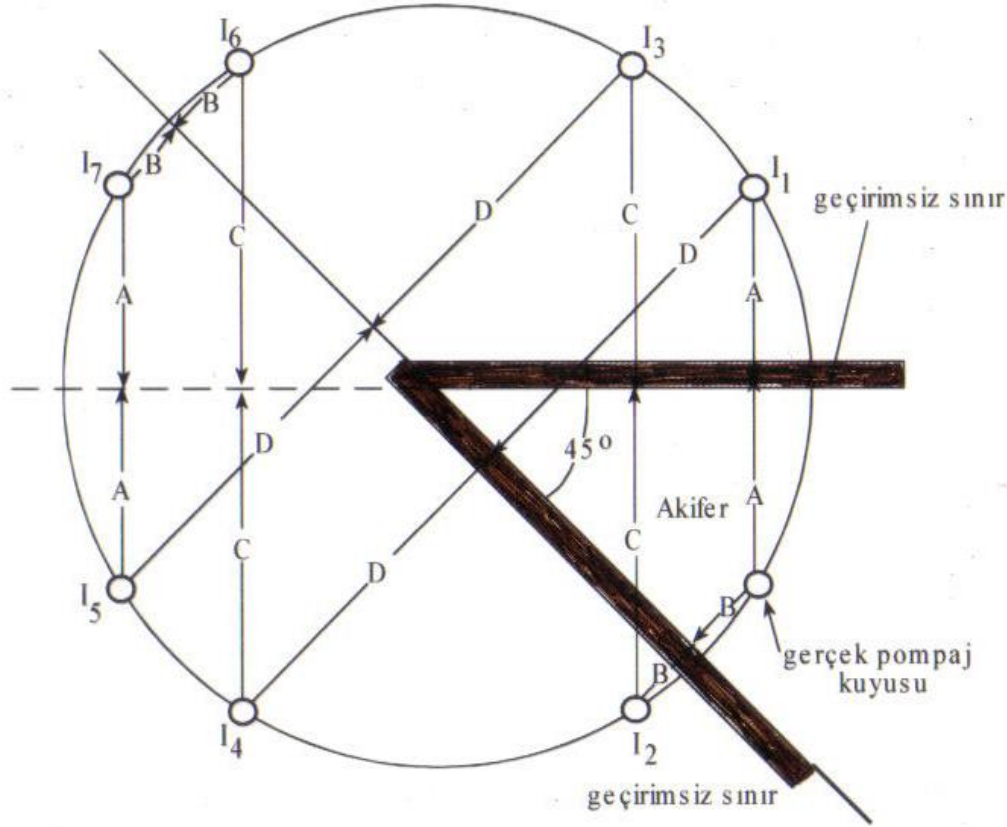
İki pompaj kuyusu dolayında girişimle oluşan düşüm konisi



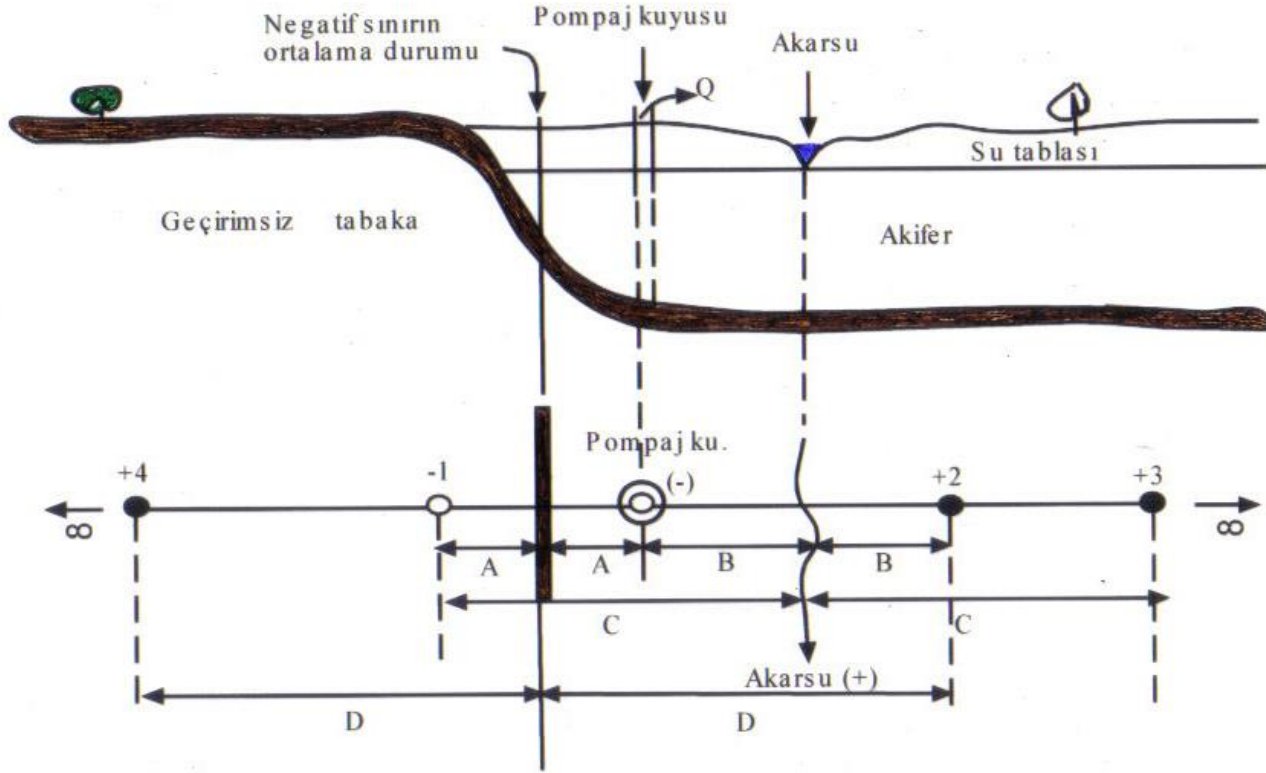
Bir pompaj kuyusunun görüntü kuyu sistemi planları:

(a) aralarında 90 derece açı bulunan iki negatif sınır

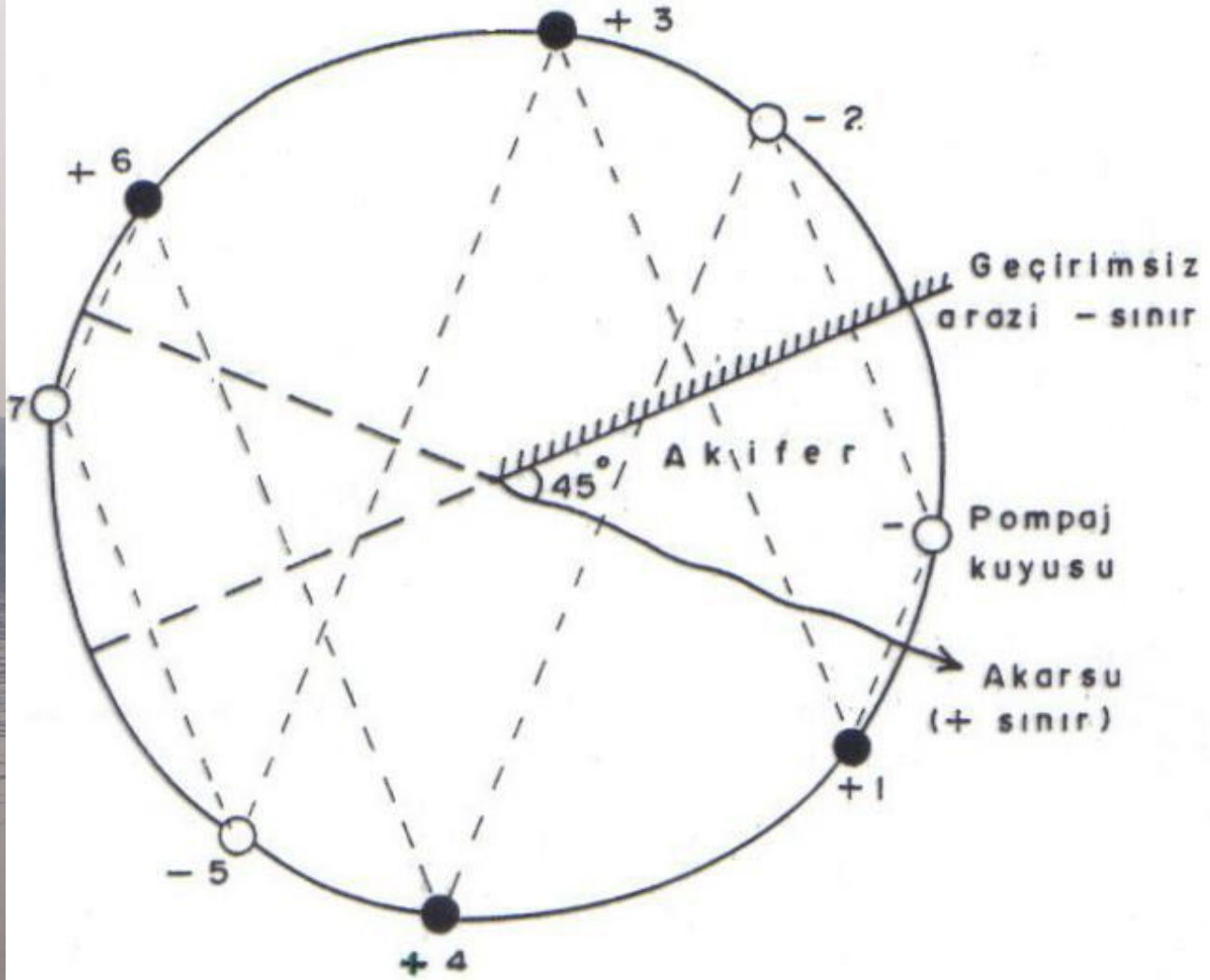
(b) aralarında 90 derece açı bulunan pozitif ve negatif sınırlar



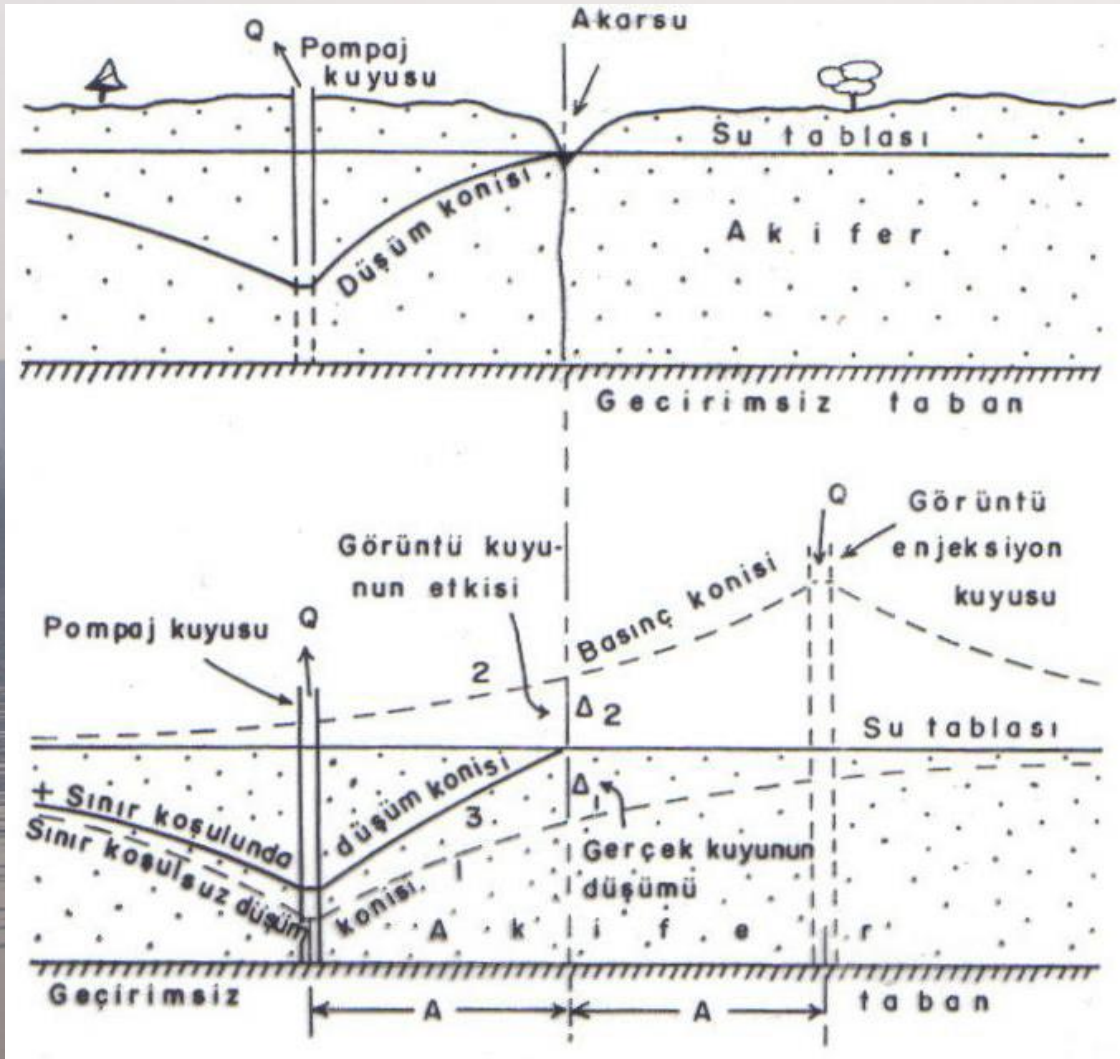
Aralarında 45 derece açı bulunan 2 negatif sınır arasındaki pompaj kuyusunun görüntü kuyu sistemi planı



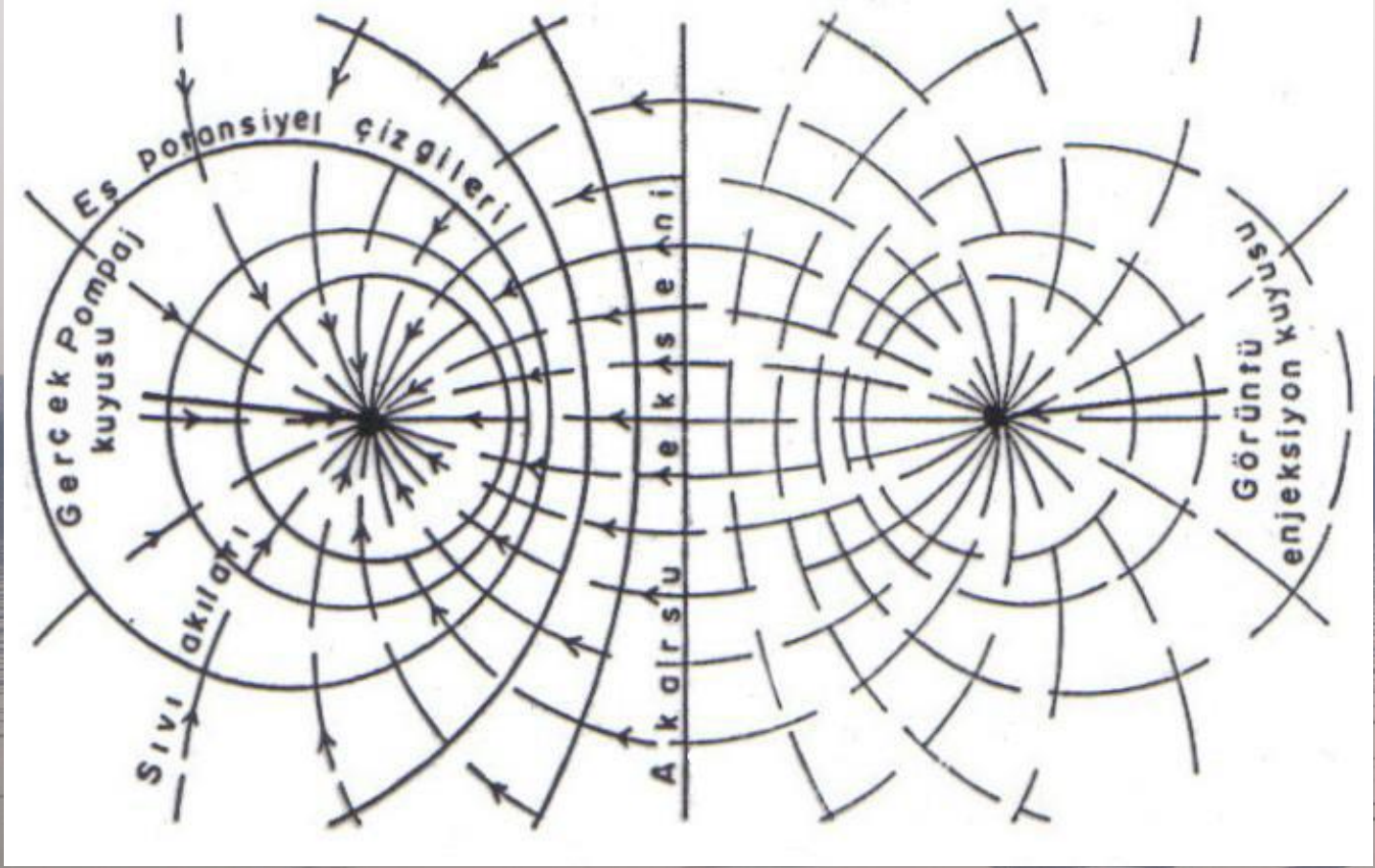
Birbirine paralel pozitif ve negatif iki sınır arasındaki bir pompaj kuyusunun görüntü kuyu sistemi planı



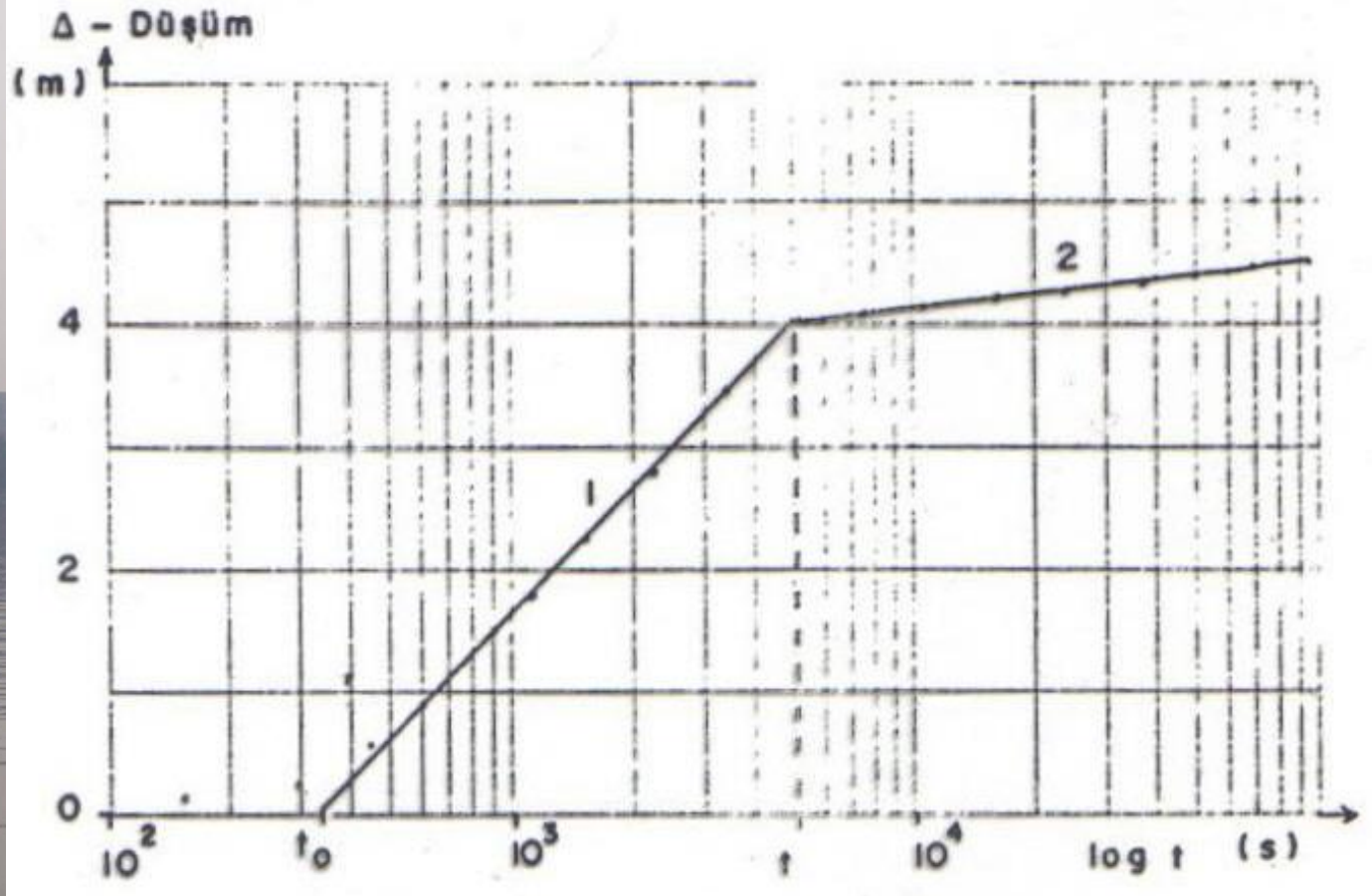
Aralarında 45° açı bulunan (+) ve (-) iki sınır arasındaki pompaj kuyusunun görüntü kuyu sistemi planı



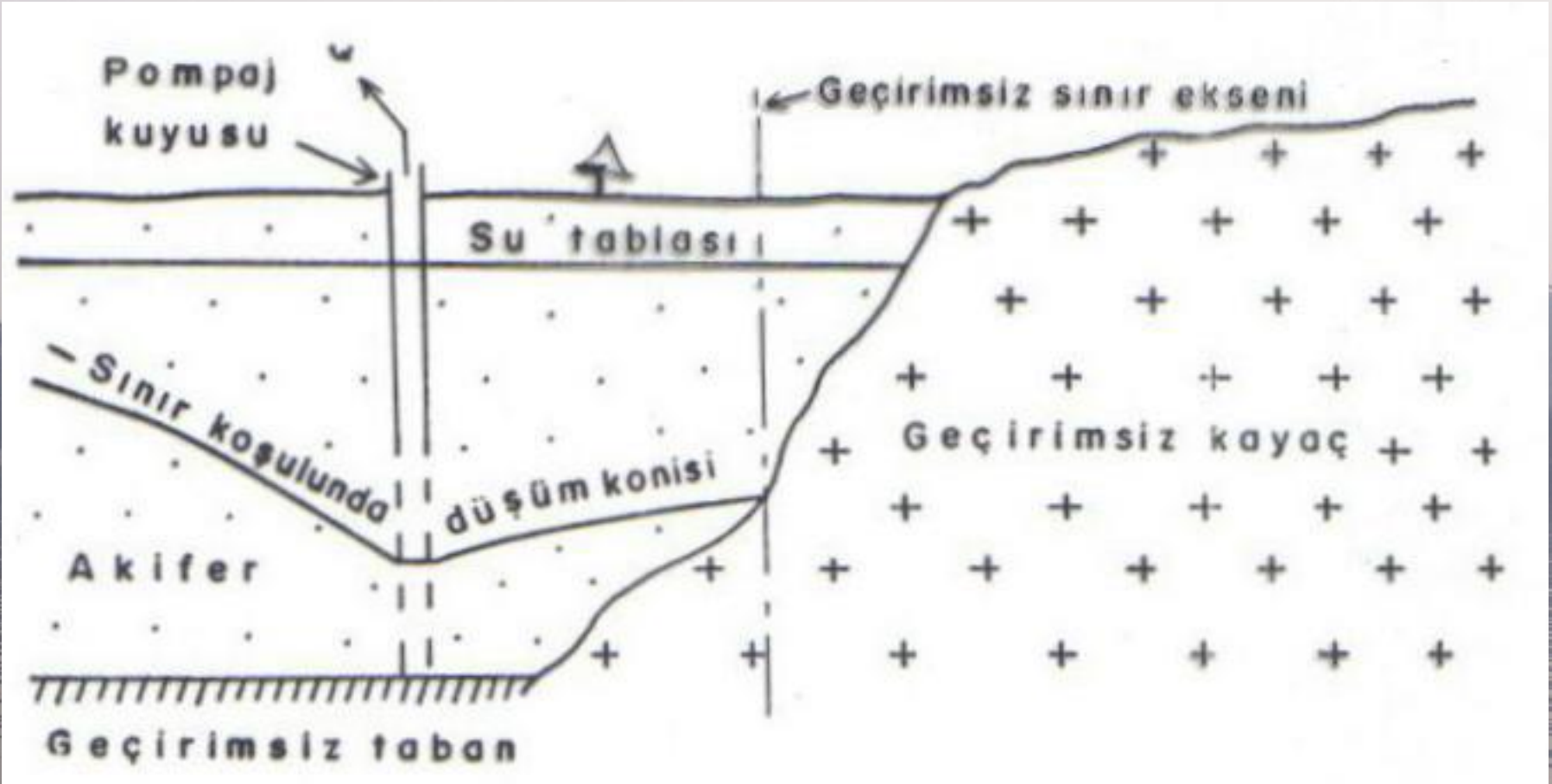
Pozitif sınır koşulunda oluşan düşüm konisi



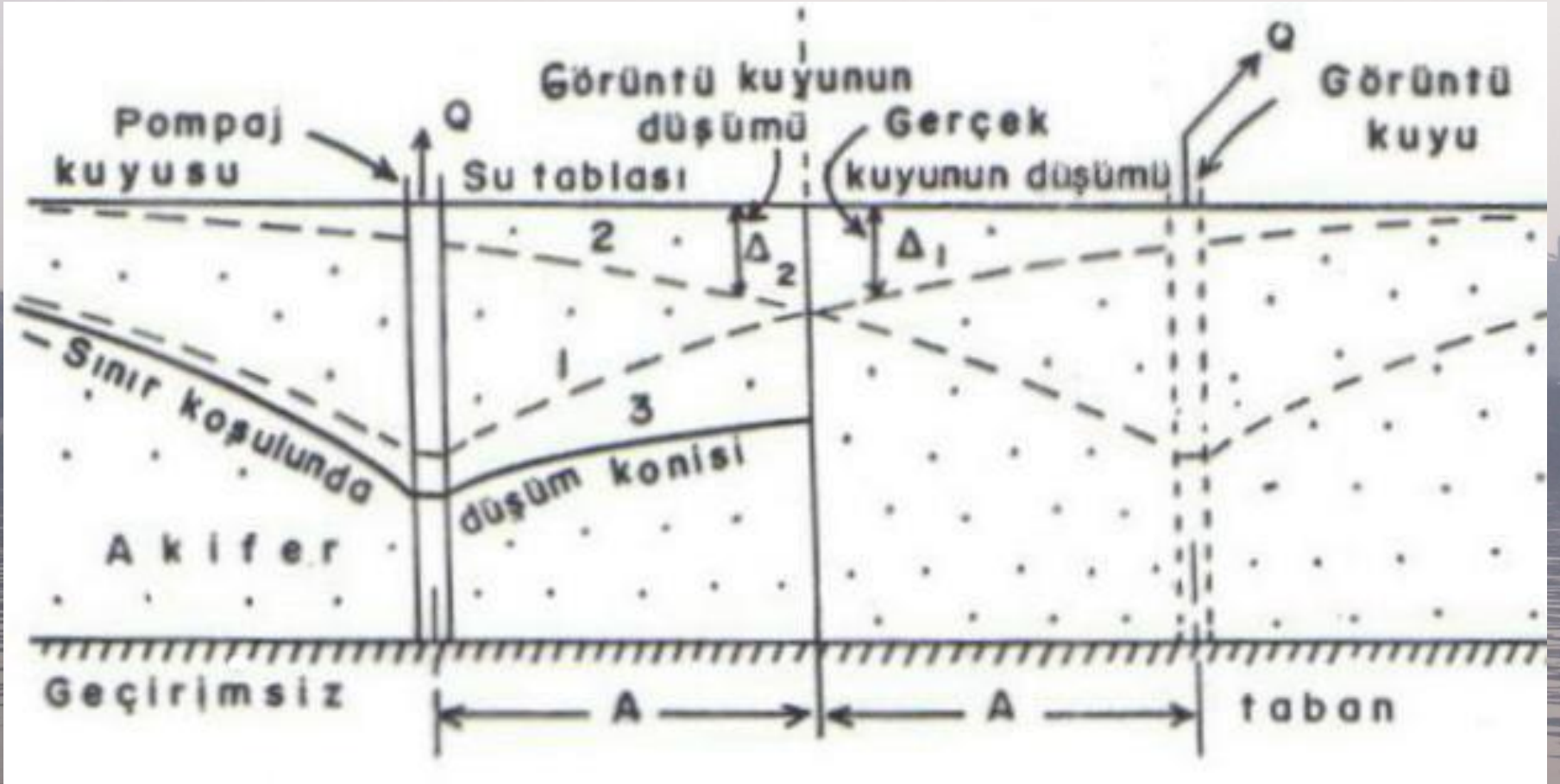
Pozitif sınır koşulunda oluşan yeraltı suyu akım ağı



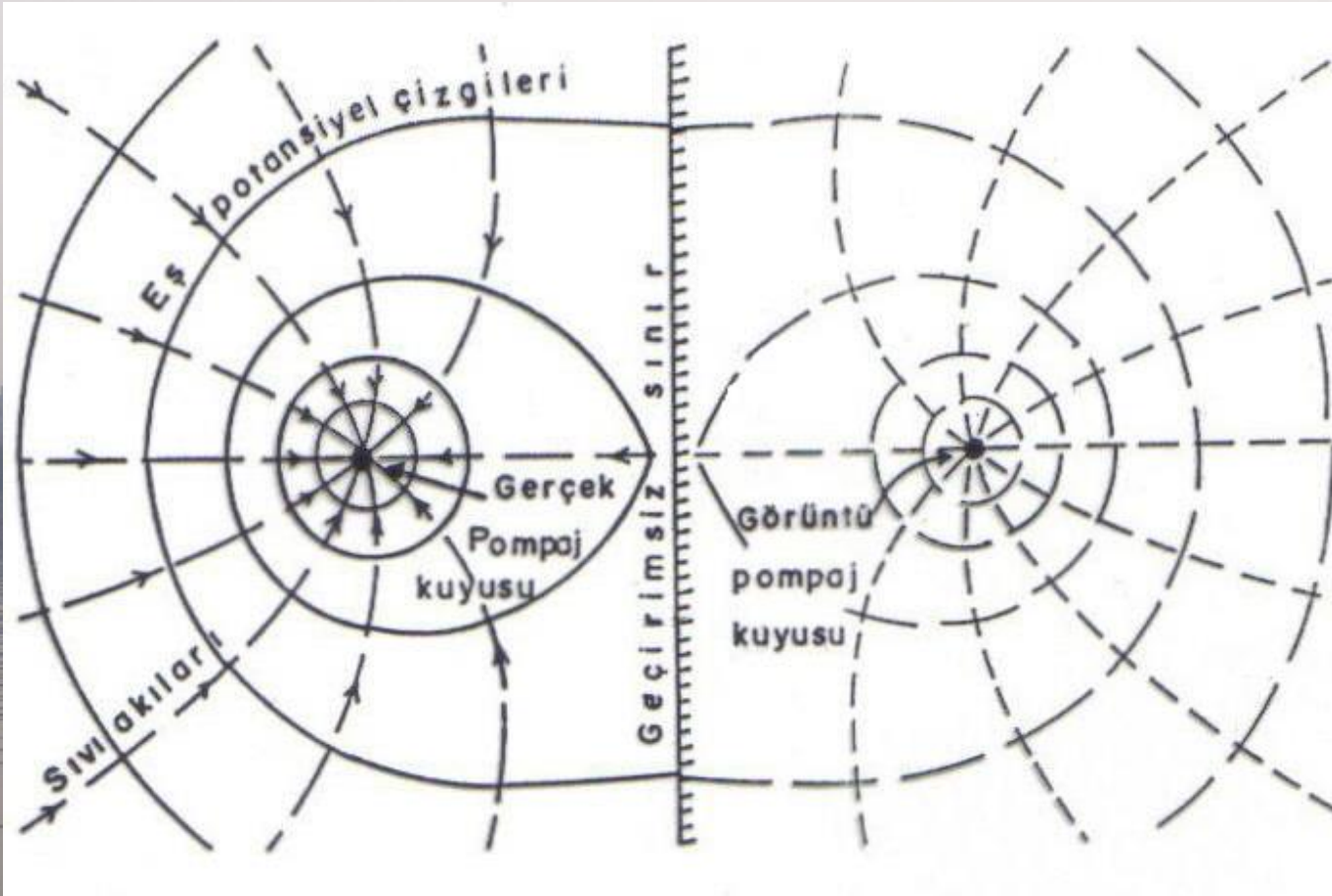
Pozitif sınır koşulunda oluşan zamana bağlı düşüm grafiği



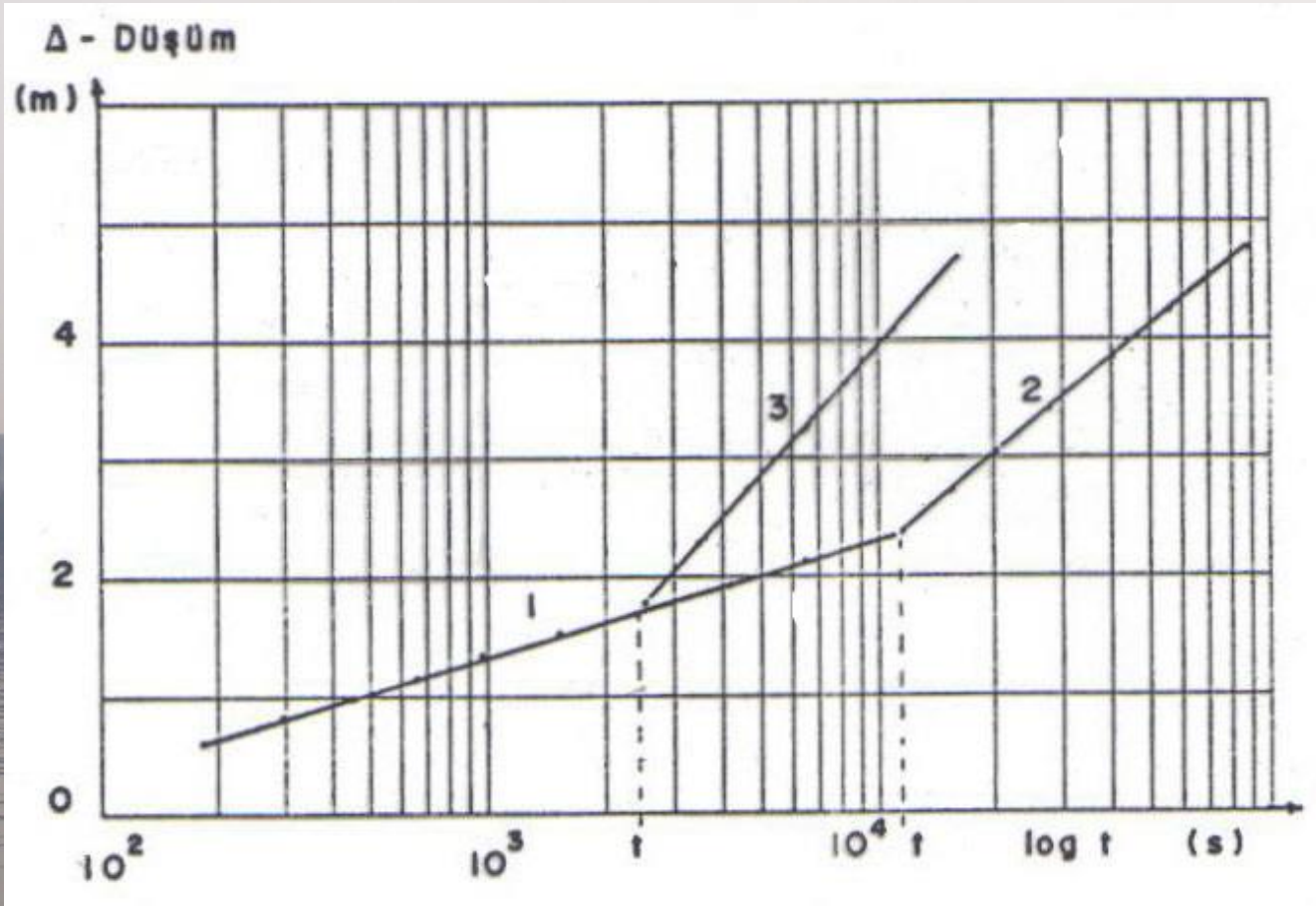
Negatif sınır koşulunda gerçek kuyunun düşüm konisi



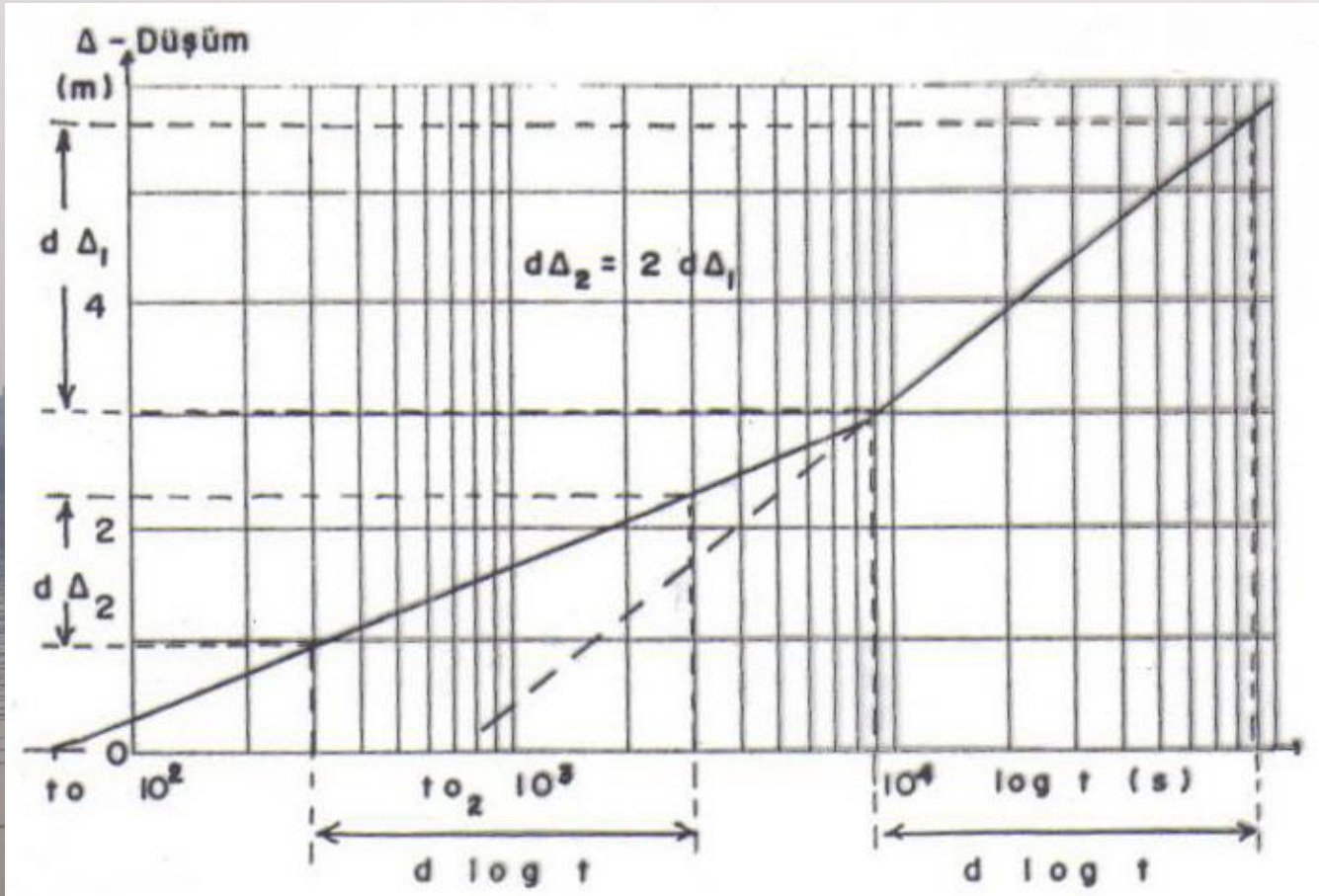
Negatif sınır koşulunda gerçek ve görüntü kuyunun düşüm konisi



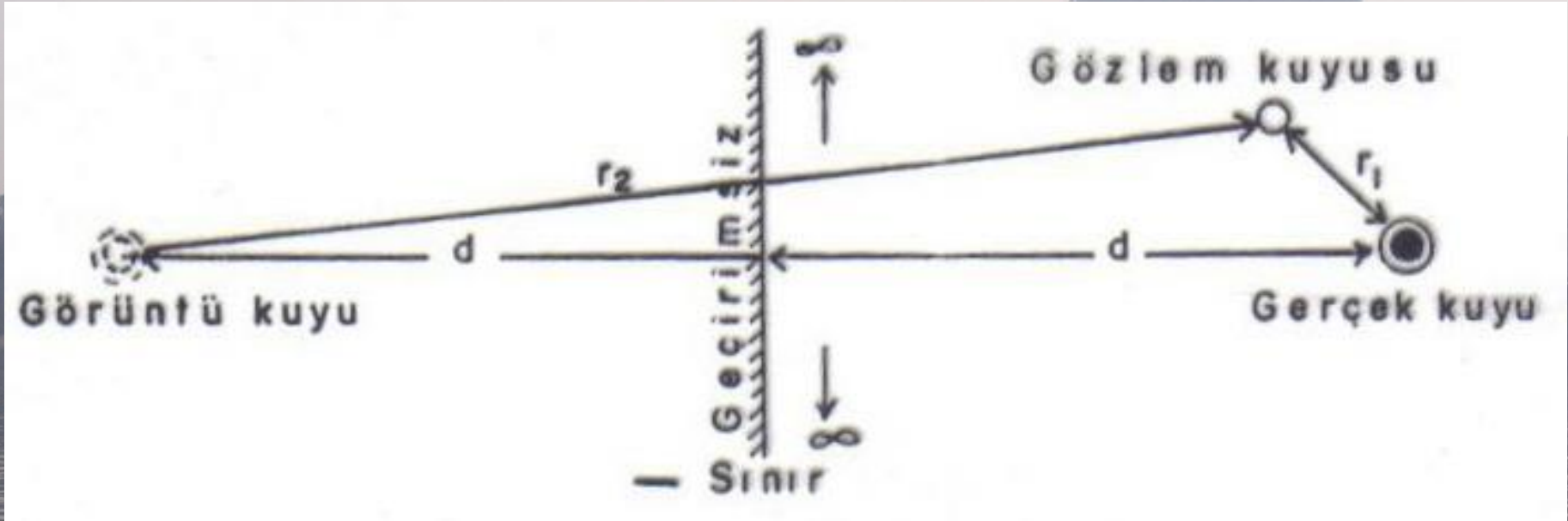
Negatif sınır koşulunda yeraltı suyu akım ağları



Negatif sınır koşulunda zamana bağlı düşüm grafiği



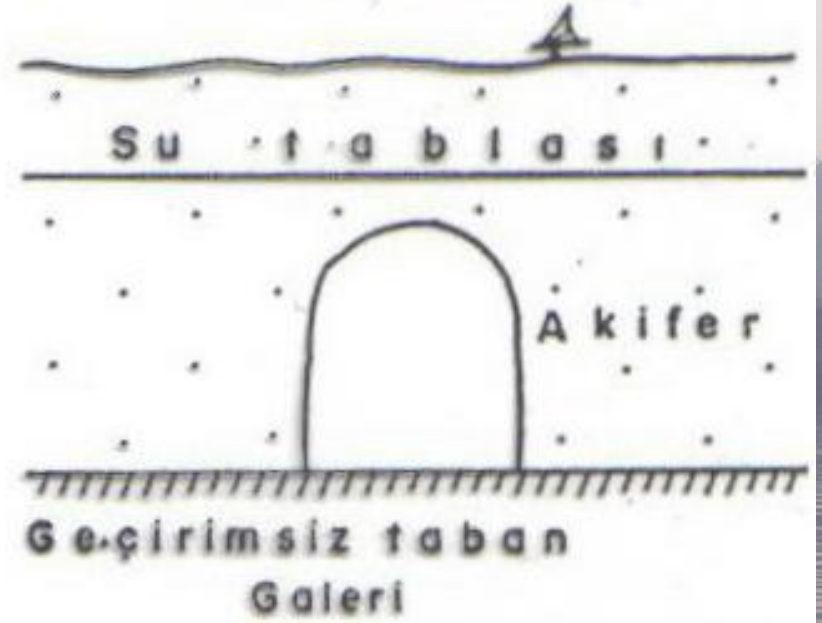
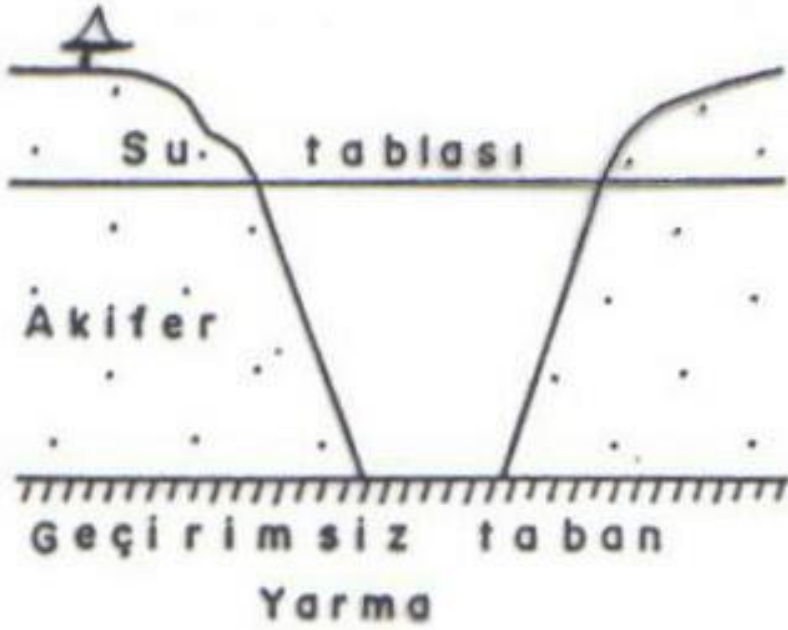
Negatif sınır koşulunda zamana bağlı düşüm grafiği



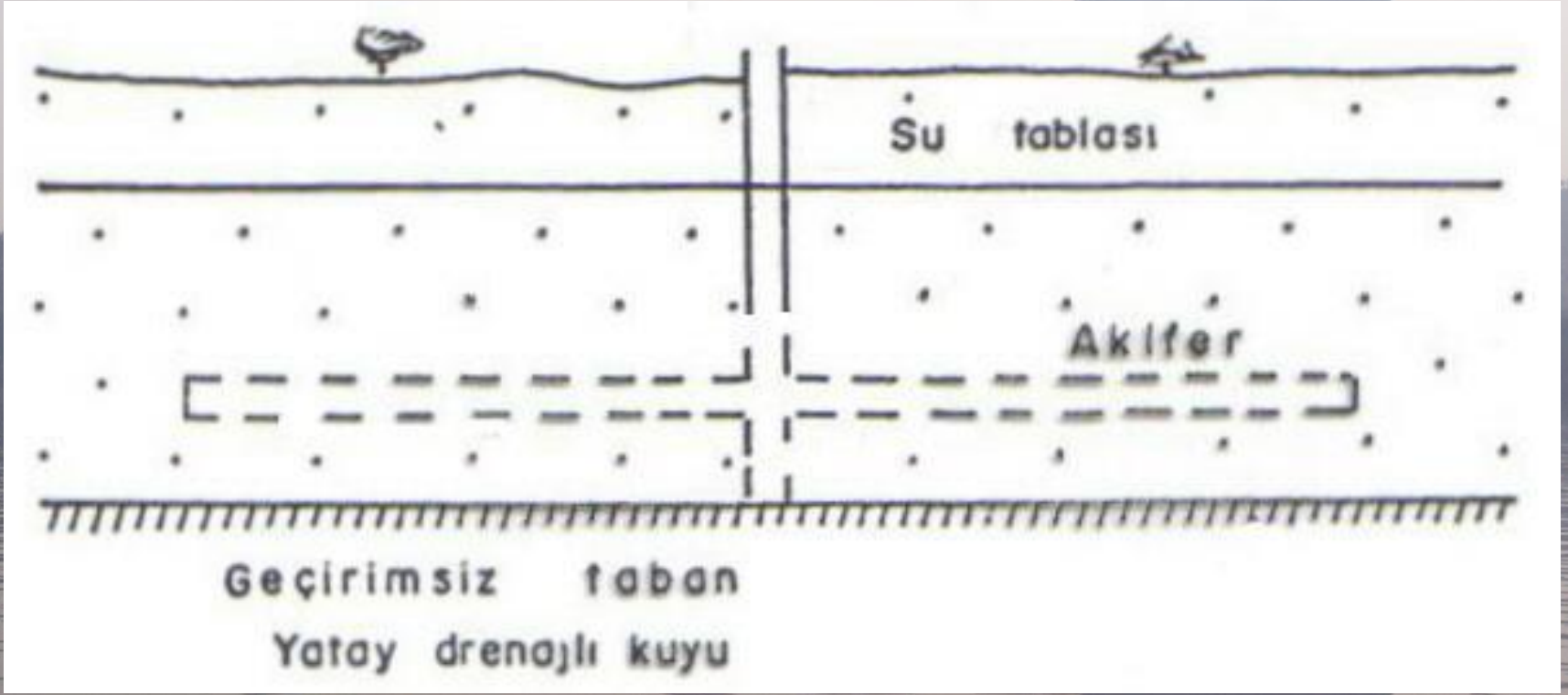
Negatif sınır koşulunda gerçek kuyunun sınıra uzaklığı



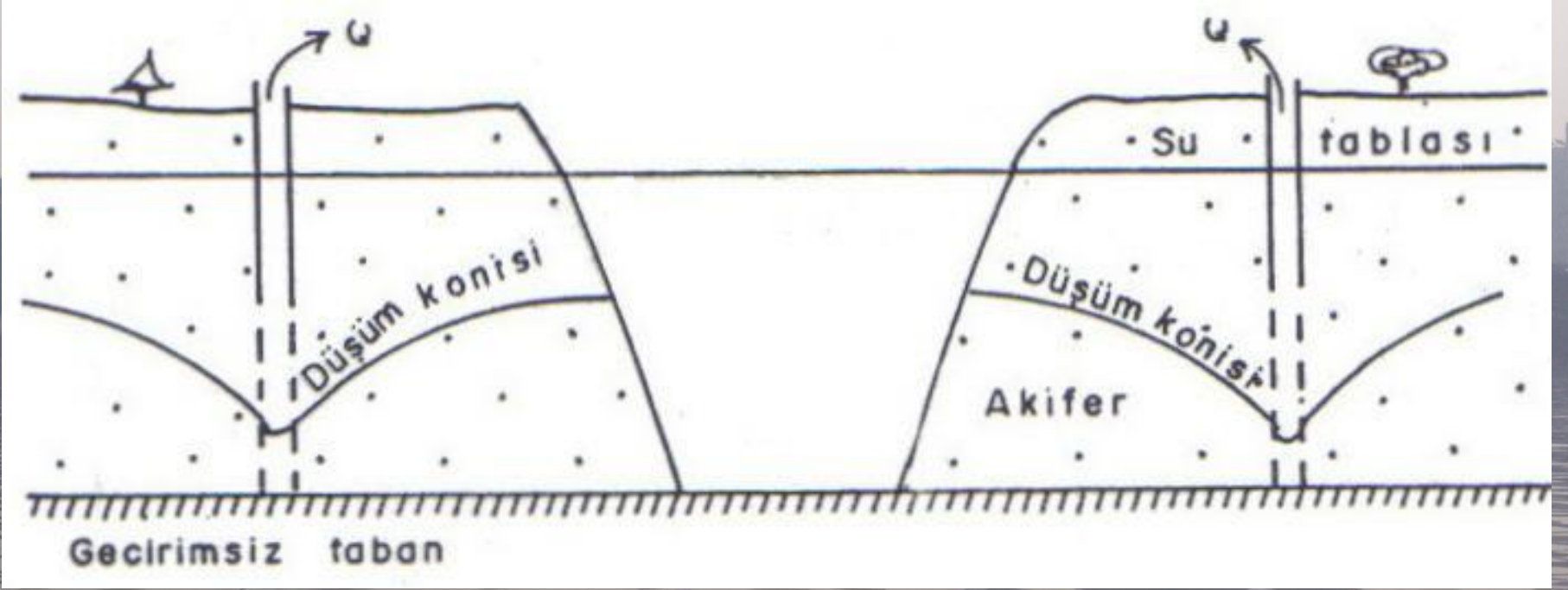
KAPTAJ
ÇALIŞMALARI



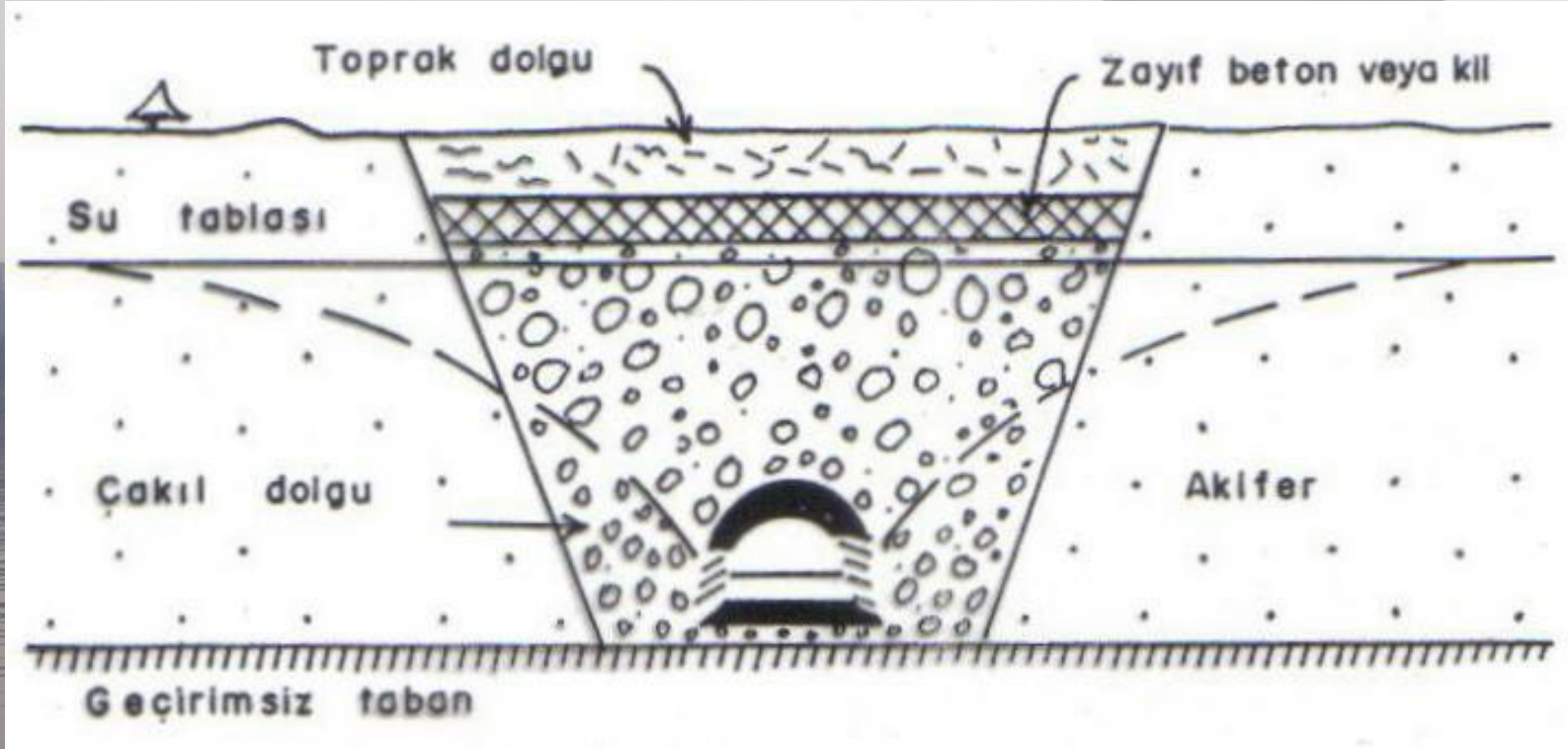
Yatay kapyaj



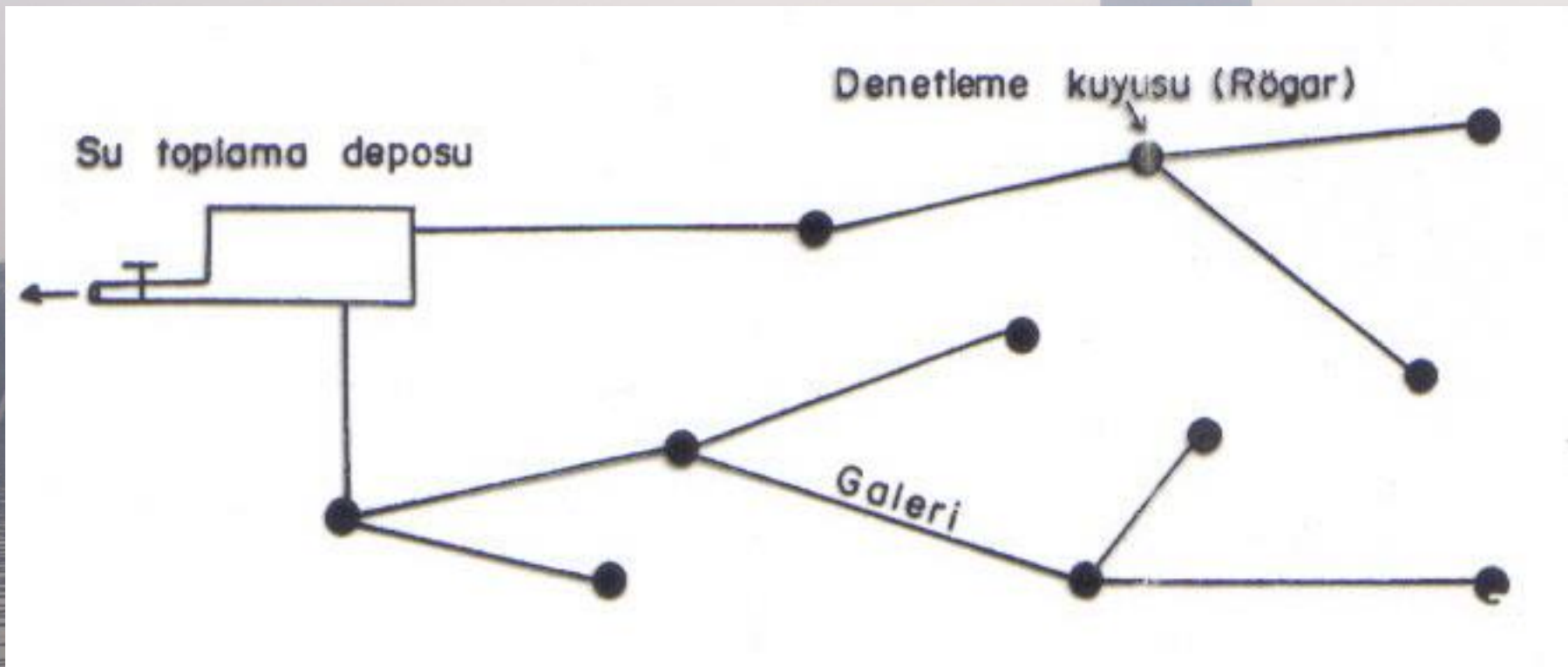
Karışık kaptaj



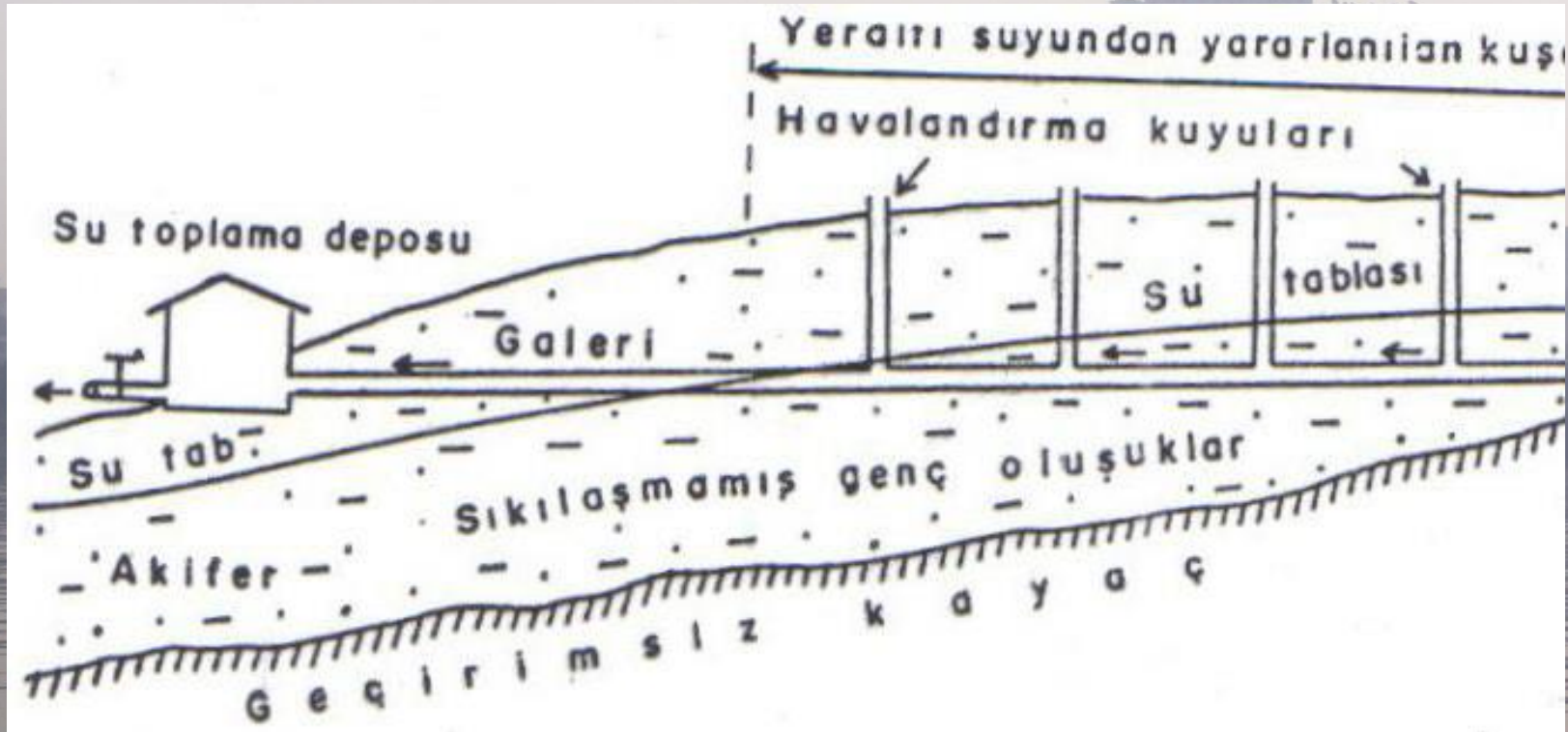
Yatay kaptajda su tablasının düşürülmesi



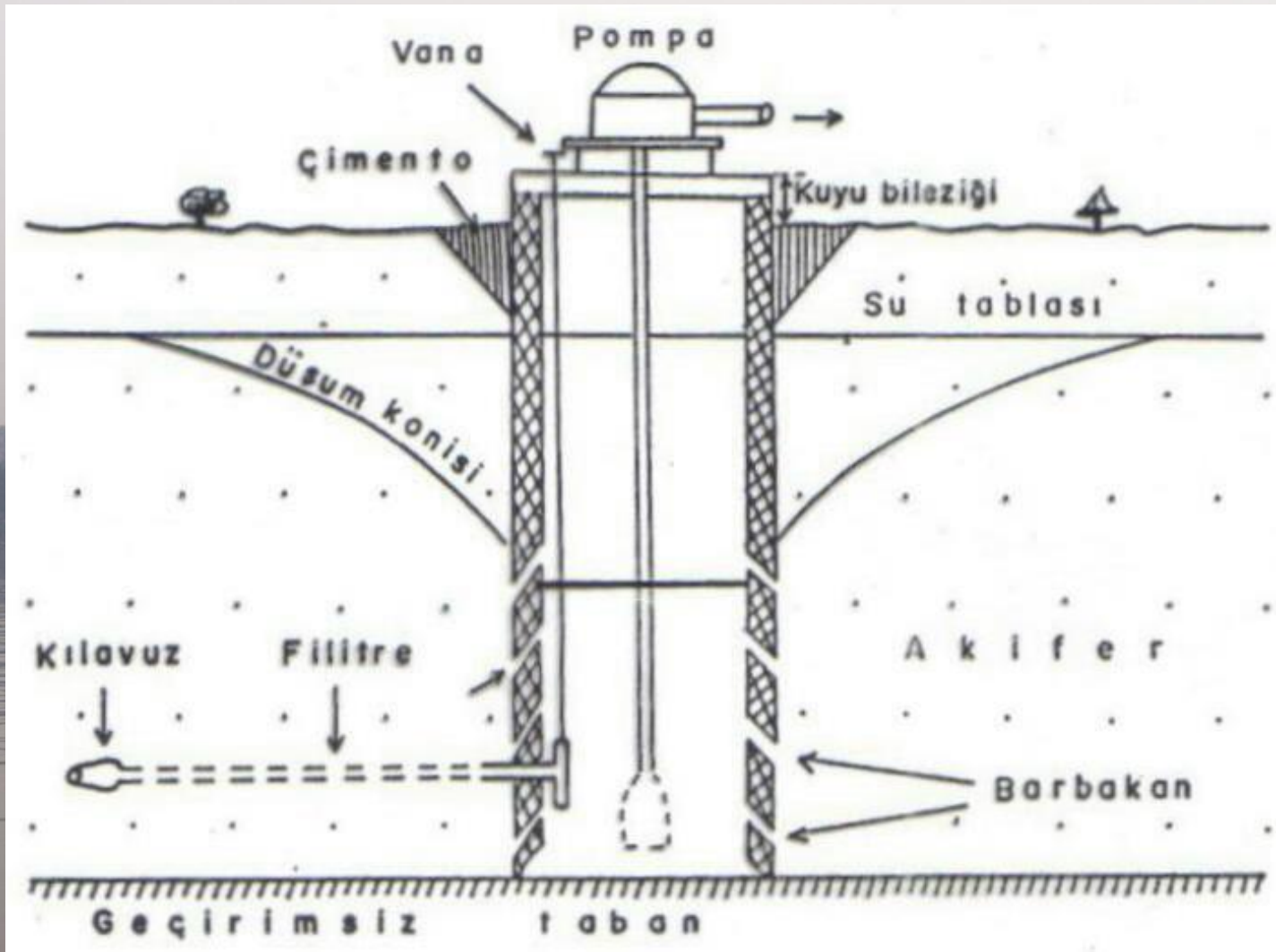
Drenaj hendeğinin enine kesiti



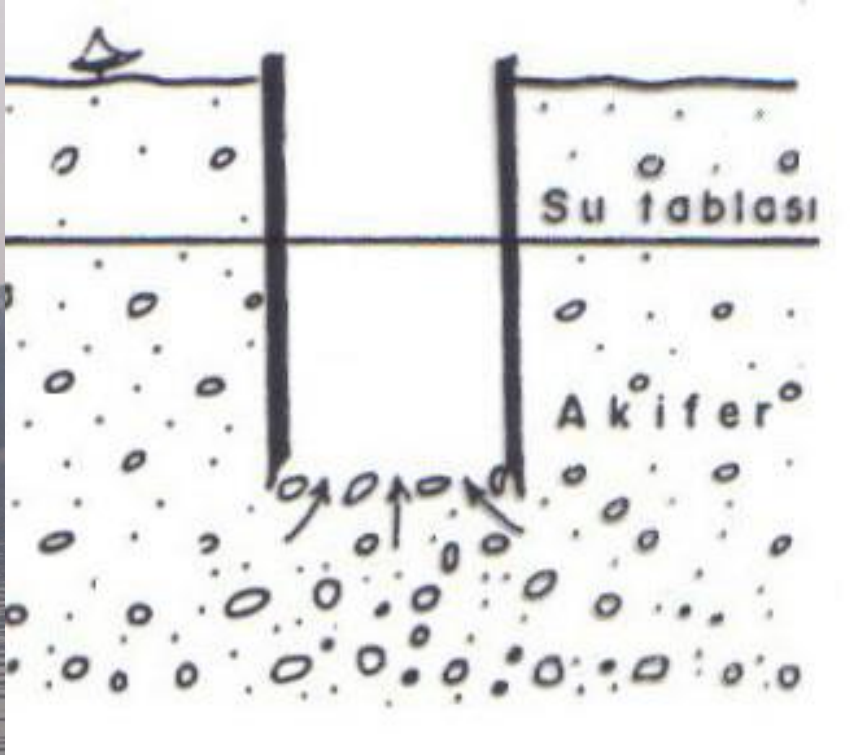
Yeraltı galerileri (Kehriz veya kanatlar)



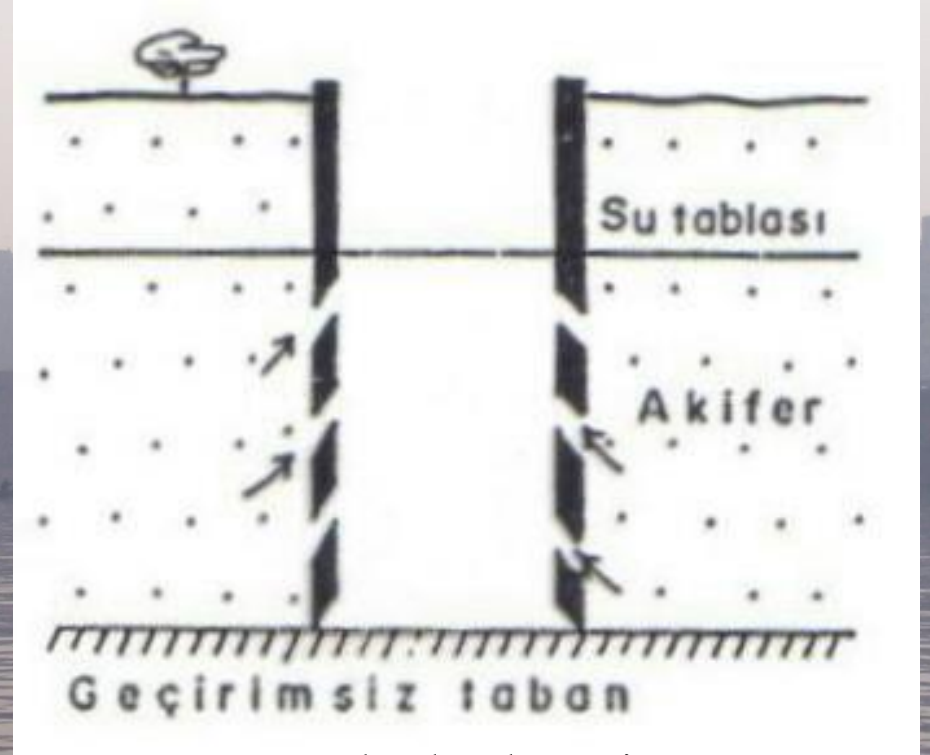
Bir yeraltı galerisinin boyuna kesiti



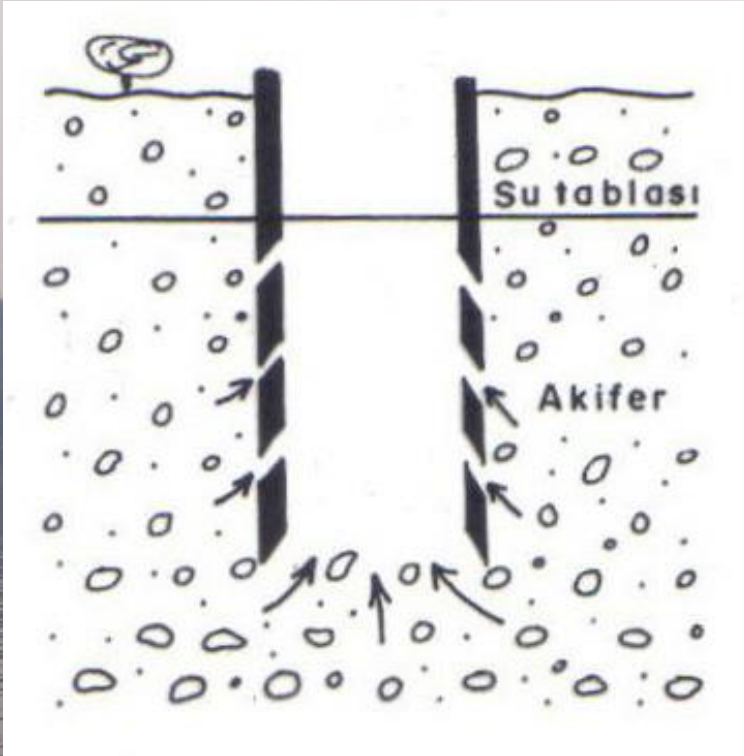
Yatay drenajlı keson kuyu



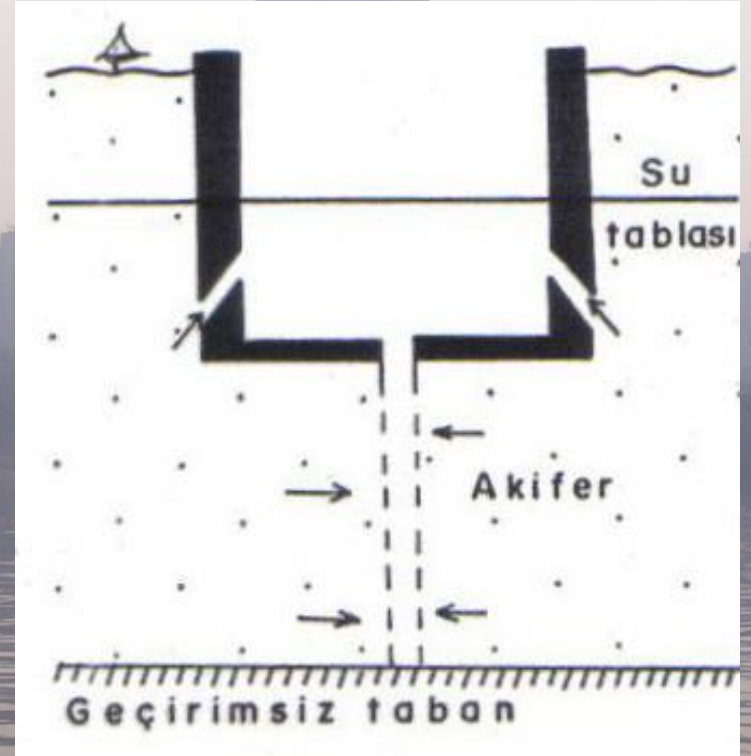
Dipten kaptaj



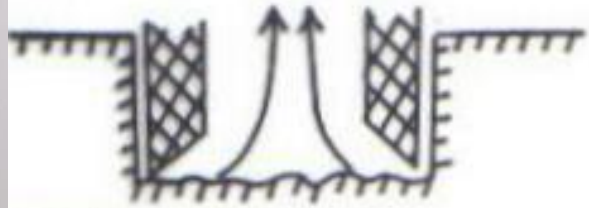
Yanlardan kaptaj



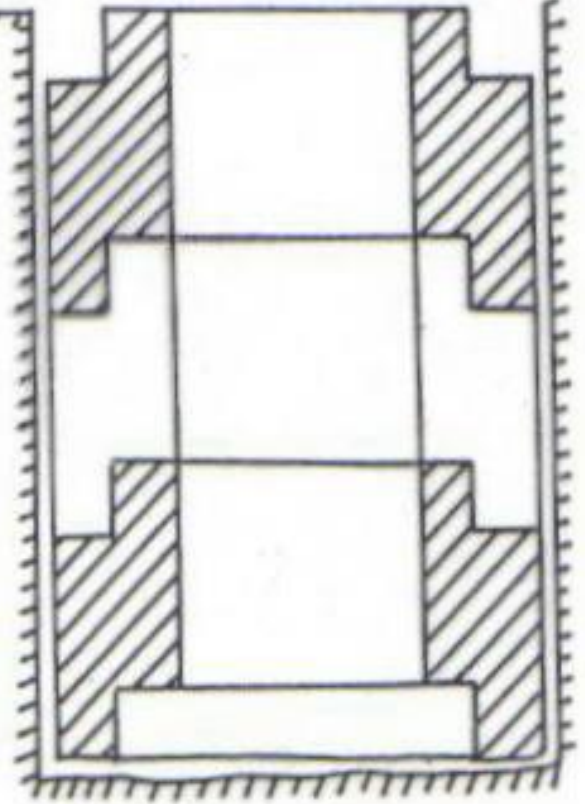
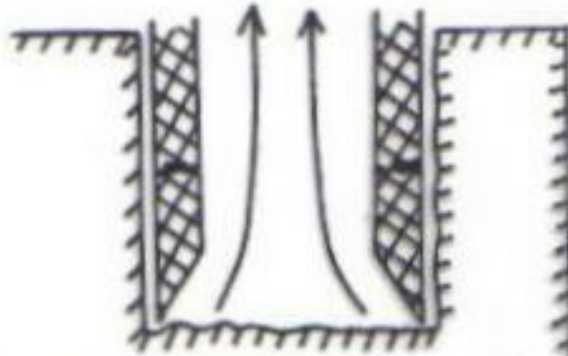
Dipten ve yanlardan kaptaj



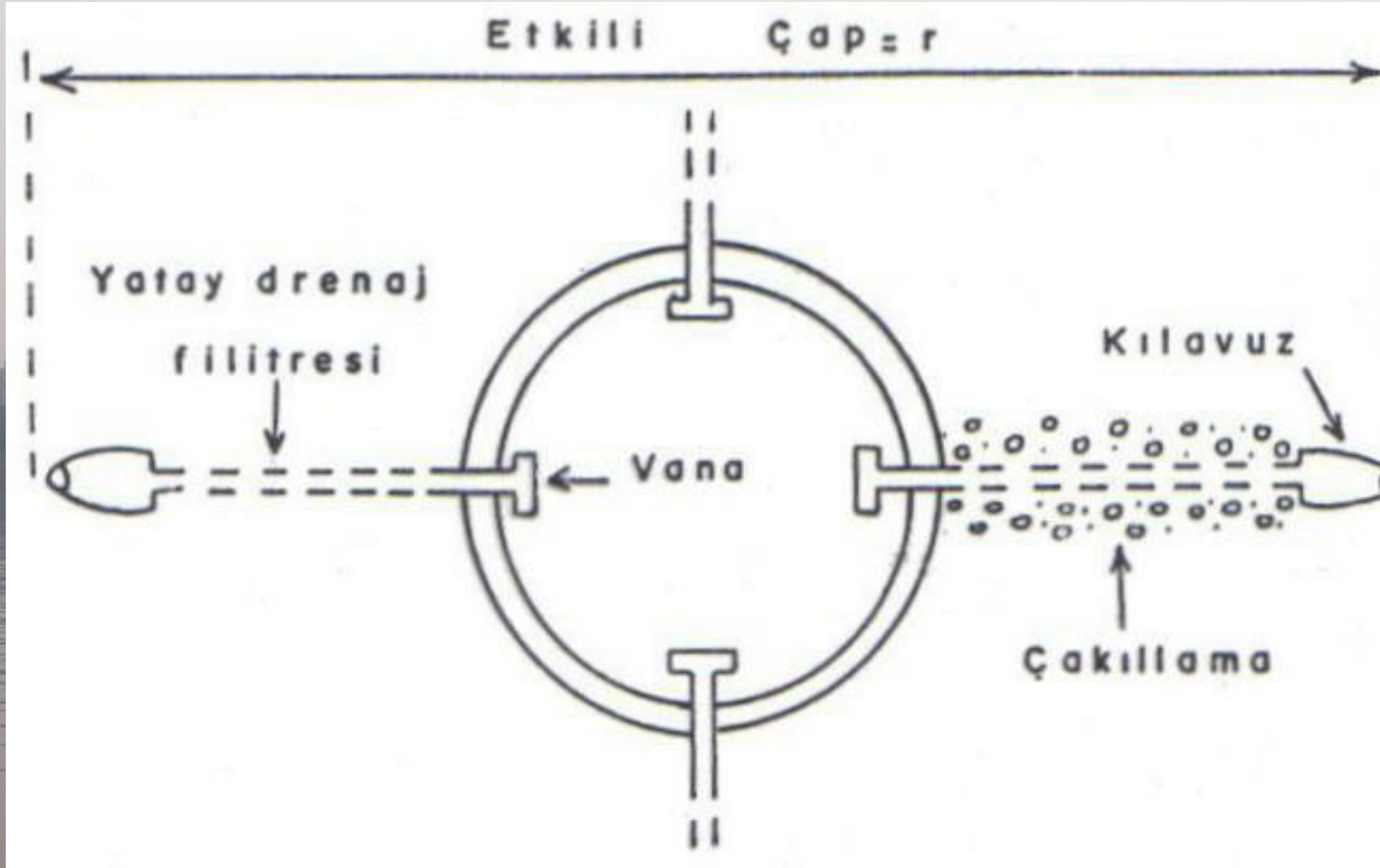
Keson kuyu ve dibinden sondajla kaptaj



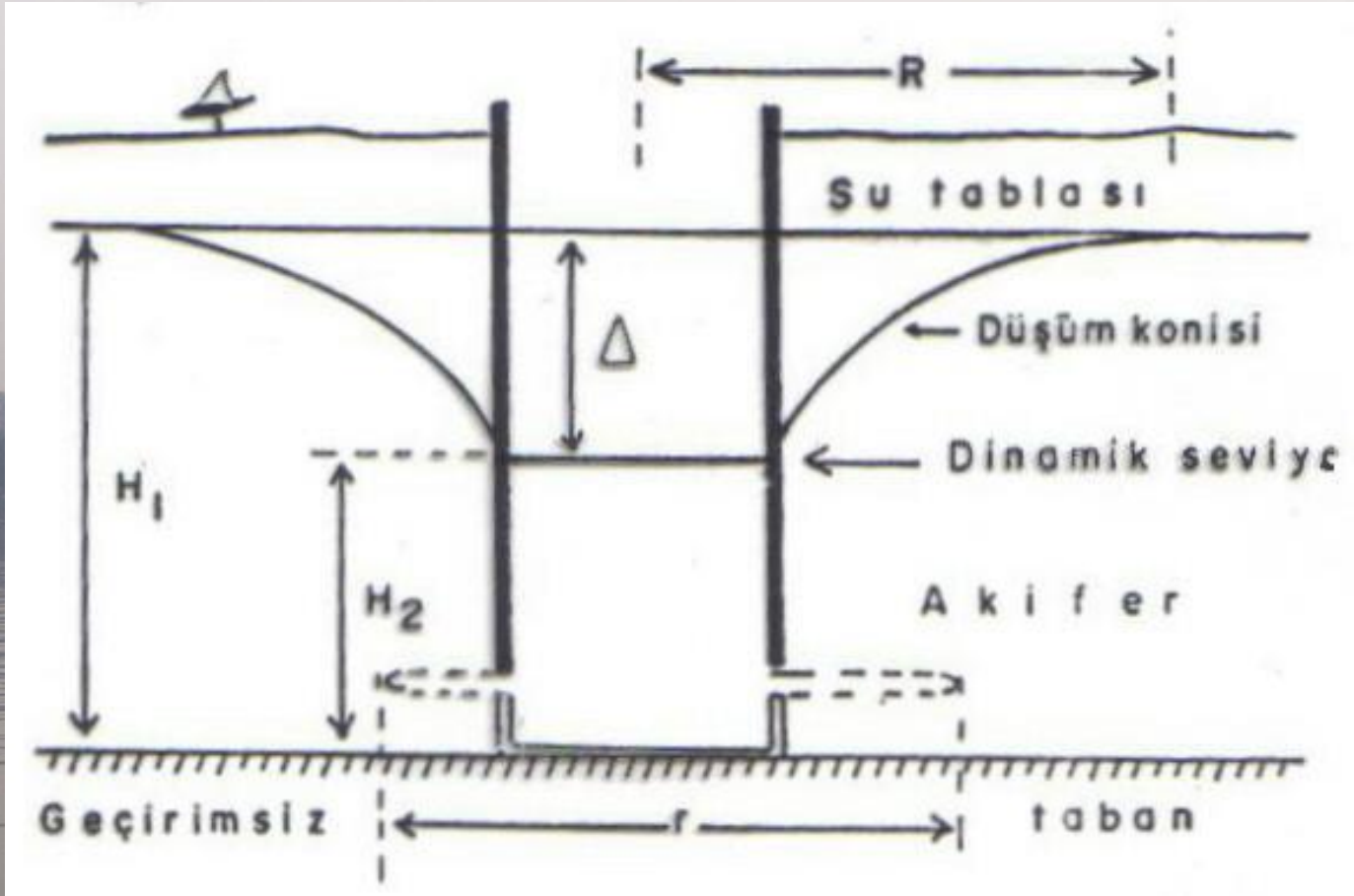
Açılan çukura
prefabrike büz
yerleştirilmesi veya betonla
kaplanarak keson kuyu yapımı



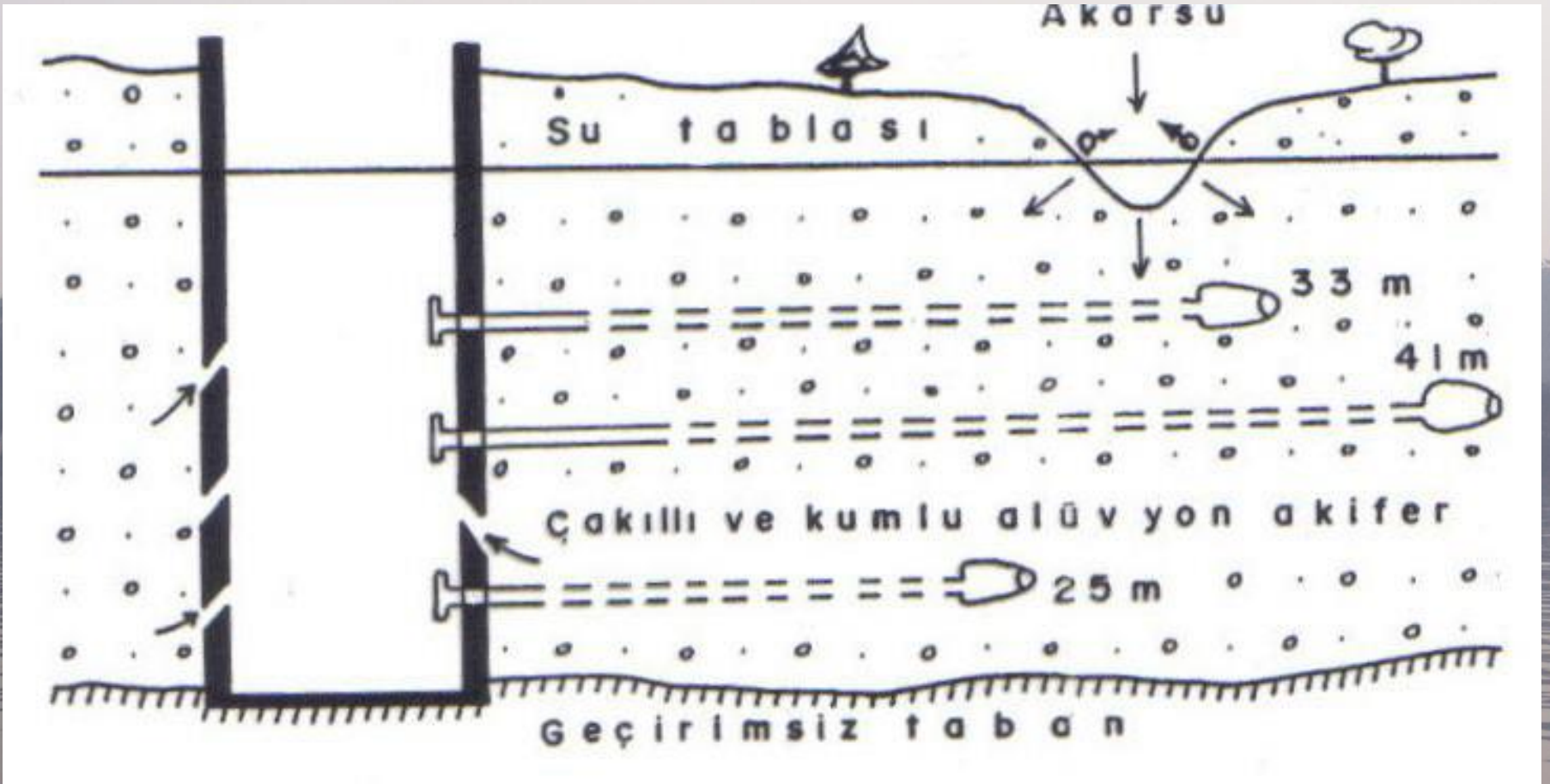
Beton kaplama ve prefabrike keson kuyular



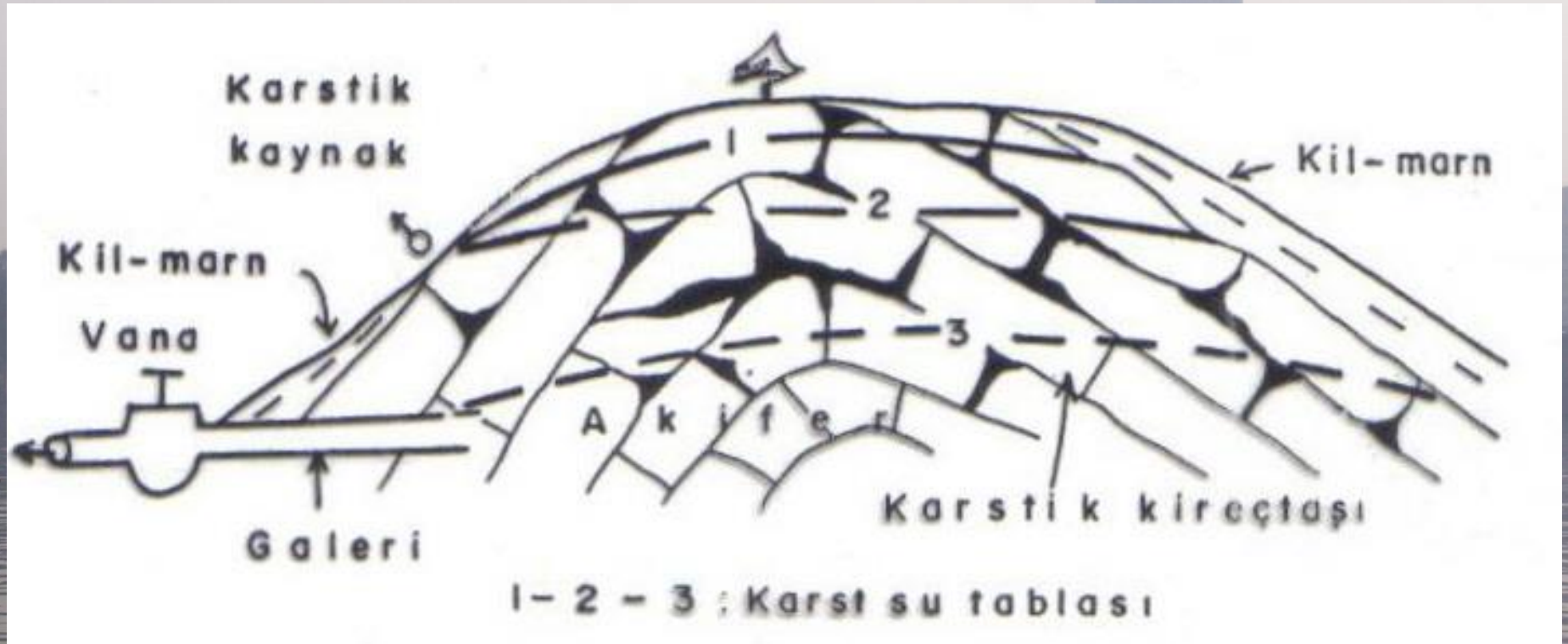
Yatay drenajlı kuyunun üstten görünüşü



Karışık kaptajda terimlerin anlamı



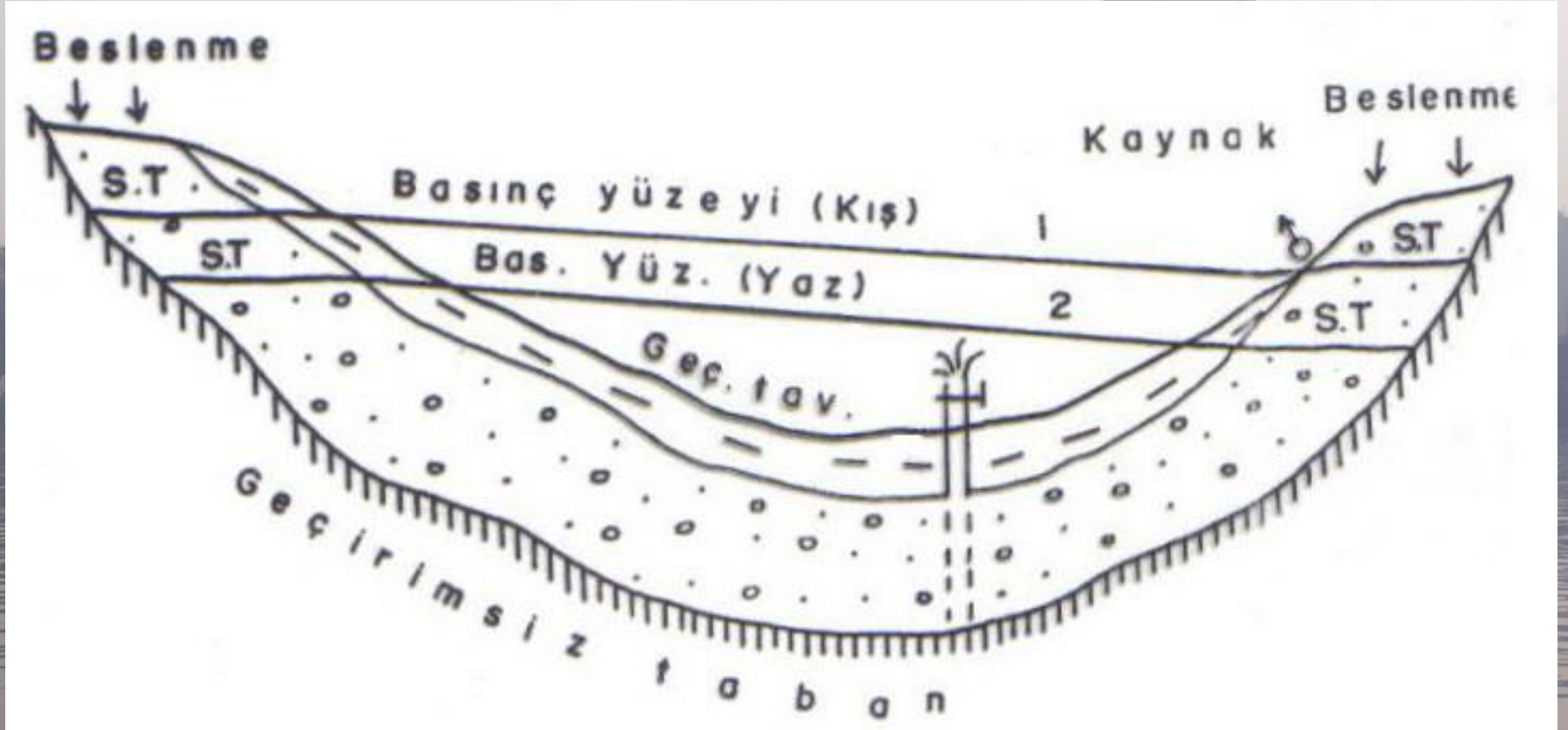
Keson kuyunun akarsu tabanında yatay drenlerle beslenmesi



Karstik akiferde galeri ile kaptaj







Basıncılı akiferden yararlanma

