

(0503505) SU TEMİNİ

Yrd. Doç. Dr. A.Dilek ATASOY

KAYNAKLAR

- Su Temini ve Çevre Sağlığı (Prof. Dr. Mehmet Karpuzcu, İTÜ İnşaat Fak. Çevre Müh. Böl.)
 - Su ve Atıksu Teknolojisi-Su Getirme ve Kullanılmış Suları Uzaklaştırma Esasları (Prof. Dr. Yılmaz Muslu, Bilim Teknik Yayınevi)
 - Su Temini ve Atıksu Uzaklaştırılması Uygulamaları (Prof. Dr. Dincer Topacık, Prof. Dr. Veysel Eroğlu, İTÜ İnşaat Fak. Matbaası.)
- Su Getirme ve Kanalizasyon (Prof. Dr. Adem Baştürk)

DERSİN İÇERİĞİ

- . Giriş ve Genel Bilgiler
- . Su ihtiyacı ve Su kaynakları
 - Nüfus tahmin metotları
 - Proje süresi
 - Birim su sarfiyatları
- . Yüzeysel ve Yer altı Sularının Derlenmesi
- . Suların İletilmesi
- . Suların Biriktirilmesi (İçme suyu hazneleri)
- . Suların Dağıtılması (İçme suyu şebekeleri)

GİRİŞ

- Bir insanın günde 3 ila 5 L içme suyuna ihtiyacı vardır.
- Toplumların hayat standartı yükseldikçe kullanma suyu ihtiyacı fert başına günde 100 ile 400 litreyi bulmaktadır.
- Toplumların gelişmişliği evlerinde uygun kalitede ve yeterli su bulunmasına bağlıdır.
- Toplumlar büyüdükçe suyun temini ve kullanılmış suların zararsız hale getirilmesi daha çok önem kazanmıştır.

- Yeteri kadar temiz su ve kullanılmış su uzaklaştırma tesisleri bulunmayan toplumlarda kolera, tifo gibi salgın hastalıklar ortaya çıkmaktadır.
- Bir belde için öncelikle su temini önem kazanarak temiz su tesisleri planlanıp inşa edilmektedir.
- Kanalizasyon ve arıtma tesislerinin inşasına ise çevre şartlarının bozulmasından sonra başlanmaktadır.

- Günümüzde yeteri kadar suyu ve kanalizasyon tesisleri bulunmayan ülkeler geri kalmış veya az gelişmiş ülkeler sınıfına sokulmaktadır.
- Toplumların ihtiyaçı olan gerekli **suyun temin edilmesi**, ikinci olarak ta kullanılmış olan bu suların çevreye zarar vermeden uzaklaştırılması hayati önemi olan iki konudur.

SU İLE GEÇEN HASTALIKLAR

- Su, hastalık yapan bazı organizmalar için çok uygun bir ortam teşkil eder.
- Tekniğine uygun şekilde projelendirilip inşa edilmeyen su tesislerinin işletilmesi sırasında hastalık yapan bakteriler suya karışmaktadır.
- İçme suyuna bulaşan kirletici maddeler zemine sızan kirli sulardan ve bilhassa kullanılmış su kanallarından kaynaklanmaktadır.

- Kesintili alışan içme suyu şebekelerinde su borularının zaman zaman boşaltılmış olması, pis su kanallarından sızan atık suların bu borulara girmesine sebep olur.
- Memba ve kuyular ise, çevredeki tarım sahalarından ve fosseptik çukurlarından sızan pis sularla kirlenebilirler.
- Sonuçta kolera, tifo, sarılık, dizanteri, ocuk felci, mantar, uyuz, trahom gibi hastalıklar bulaşabilmektedir.

SU KAYNAKLARININ PLANLANMASI

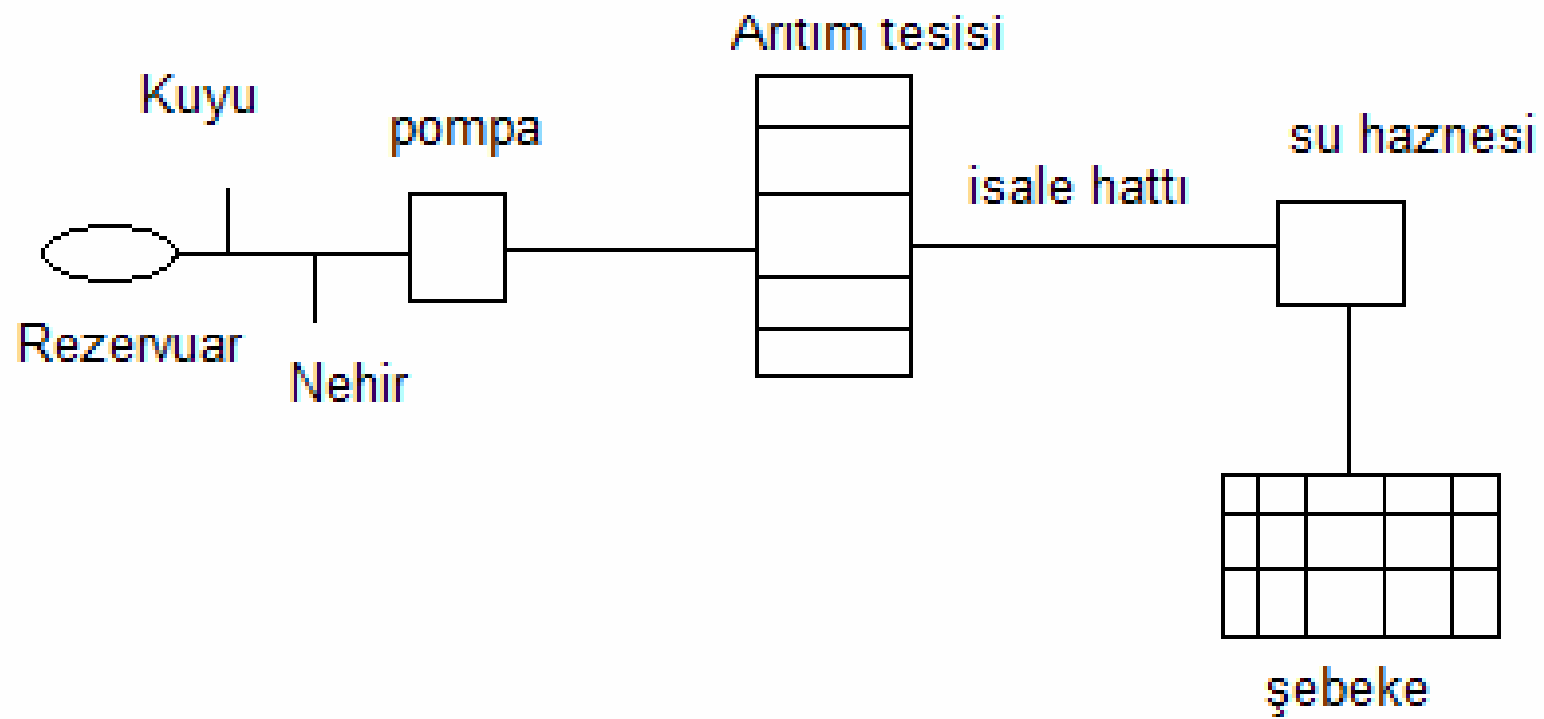
- Bir su ortamı, suyun temin edildiği içme suyu kaynağı olarak kullanılabilirdiği gibi, atık sular için bir alıcı ortam olarak ta görev almaktadır.
- Dolayısıyla her ÷lke kendi su kaynaklarının en uygun bir şekilde kullanılmasını sağlayan plan ve programları hazırlamak zorundadır.
- Ülkenin yağış, buharlaşma durumları, yer altı ve yer üstü sularının miktarı, depolama ve beslenme potansiyelleri tespit edilmelidir.

Planlamaya yönelik alınacak önlemler

- Yeni su kaynakları aranarak su rezervlerine aktarılmalıdır.
- Yer altı ve yer üstü su kaynaklarının kirlenmesinin önlenmesi gereklidir.
- Arıtım metot ve teknikleri geliştirilmelidir.
- Tuzlu sulardan tatlı su elde edilmesi ve kullanılmış sulardan faydalanılması gibi yöntemler geliştirilmelidir.
- Su kayıplarının ve aşırı su kullanımının önlenmesi gereklidir.

SU TEMİNİ TESİSLERİNİN ELEMANLARI

- Uygun kalitede ve yeterli miktarda suyun temin edildiği su kaynağı (Kaynak)
- Suların kaynaktan alınmasını sağlayan yapılar (Kaptaj)
- Kaynaktan alınan suların kullanılacak bölgeye iletilmesini sağlayan tesisler (İletim veya İsale hattı)
- Gerekli olması halinde kaynaktan alınan ham suları temizlemeye yarayan tesisler (Arıtım tesisi)
- İhtiyaç bölgesine getirilmiş olan suyu ihtiyaç sahiplerine dağıtan sistem (Şebeke)



SU İHTİYACI VE SU KAYNAKLARI

Su ihtiyacının tespiti

- Su temini tesislerinin plan ve projelendirilmesinde ilk olarak yapılacak iş, toplumun su ihtiyacının tespit edilmesidir.
- Su temini tesisleri, proje inşaatının tamamlandığı tarihte ve bu tarihten 25 ila 30 yıl sonraki ihtiyacı karşılayacak şekilde boyutlandırılır.

- Bir su temini tesisinde, su miktarının ihtiyacı emniyetle ve sürekli bir şekilde karşılayacak derecede bol, kalitesinin iyi, tat ve kokusunun uygun olması gerekir.
- Yerleşim merkezlerinin büyümesi, nüfusun zamanla artması, hayat seviyesinin yükselmesi ve sanayileşme su ihtiyaçlarını zamanla arttırır.

Su ihtiyacının tayin edilmesinde Şu faktörler göz önünde bulundurulur:

- Proje süresi (yıl)
- Fert başına günde sarf edilen su miktarı
(L/Nüfus.gün)
- Yerleşim merkezinin proje süresi sonundaki nüfusu
(kişi)

Bu değerler güvenli bir şekilde hesaplandıktan sonra projelendirmeye esas olacak debi bulunabilir. Ayrıca tahmin edilen bu debinin belirli bir yüzdesi de Şebeke ve ev tesisatındaki sızmalardan oluşan kayıplar olarak hesaba katılmalıdır.

PROJE SÜRESİ

Projenin yapıldığı tarihten proje şartlarının gerçekleştiği tarihe kadar geçen süreye denir.

Proje süresinin tespitinde şu faktörler göz önünde tutulur:

- Tesislerin ve donatım elemanlarının faydalı ve ekonomik ömrü
- Yatırım ve işletme masrafları
- İleride tesisin geliştirilmesinin güç veya kolay olması

- Eldeki mevcut mali imkanlar
- Tesisin tam kapasiteyle yüklenemediği yıllardaki çalışma durumu
- Proje süresi zarfında paranın satın alma gücündeki azalma (Enflasyon)
- Borçlanma ile finans bulunması durumunda ödenecek faiz miktarı

Ülkemizde su temini tesislerinin proje süresi, İller Bankası tarafından 30 yıl olarak belirlenmiştir. Dolayısıyla su temini ve çevre sağlığı tesisleri 30 yıl sonraki nüfusun da ihtiyacını karşılayacak şekilde boyutlandırılır.

BİRİM SU SARFIYATI

- Bir toplumun su ihtiyacı, toplumdaki fertlerin bir günde kullandıkları su miktarı esas alınarak hesaplanır.
- Bunun için bir insanın içme, kullanma, bulaşık, çamaşır vb. ev işleri için ortalama olarak günde kaç litre su kullandığı bilinmelidir.

Birim su sarfiyatına tesir eden faktörler şunlardır:

- Yerleşim merkezinin nüfusu (Büyükşehirlerde fert başına su sarfiyatı daha yüksektir)
- İklim (Sıcak ve kurak iklimlerde, sıcakların uzaması durumunda su sarfiyatı artar.)
- Şehir suyu ile sulanan park ve bahçelerin fazlalığı
- Başka su kaynaklarının varlığı ve bu kaynaklardan su temin etme imkanı

- Suyun kalitesi
- Hayat standartı ve eğitim seviyesi
- Sanayi ve ticaret merkezlerinin durumu
- Kanalizasyon tesislerinin durumu
- Şebekedeki basınç (Basınçlı su sarfiyatı arttırır)
- Sarfiyatların ölçülmesi
- Suyun fiyatı

- İnsan başına su sarfiyatının birimi, L/N .gün dür. (q) ile gösterilir.
- Yerleşim merkezlerindeki birim su sarfiyatları, yılın çeşitli aylarında ve ayın farklı günlerinde değişik değerler alır.
- Bu değişimler, ort. günlük, max günlük ve max saatlik sarfiyatlar olarak ifade edilir.

Ortalama günlük su sarfiyatını (q_{ort}) bulmak için:

Toplam insan sayısı ve 1 yılda sarf edilen su miktarının tespit edilmesi gerekir. 1 yıllık kullanılan toplam su miktarını Q_T ile gösterirsek ve suyu kullanan nüfus N ise;

$$q_{ort} = Q_T / 365.N \quad (L/N.gün) \text{ olarak ifade edilir.}$$

Max günlük sarfiyat, ortalama günlük su sarfiyatının 1.3 ila 2 katıdır. Ülkemizde bu değer, İller Bankası yönetmeliğinde 1.5 kabul edilmektedir.

Fert başına günlük su sarfiyatları

<u>Nüfus</u>	<u>q_{\max} (L/N.gün)</u>
≤ 3000	90
3001-5 000	90-100
5001-10000	100-120
10000-30000	120-150
30001-50000	150-180
50001-100000	180-250

Şehirler büyüdükçe kişi başına günlük su tüketimi artmakta ve günün saatlerine göre sarfiyatlarda görülen değişmeler azalmaktadır. Endüstride kullanılan su miktarı endüstrinin tipine, büyüklüğüne bağlı olarak çok değişir. Kullanılan su miktarı üretilen birim madde başına L cinsinden ifade edilir.

Mesela;

1 kg çelik üretimi için 100-200 L su

1 kg şeker üretimi için 100 L su

1 kg kağıt üretimi için 150-300 L su kullanılır.

Su temini tesislerinin çeşitli elemanlarının boyutlandırılmasında esas alınan birim su sarfiyatları çok değişiktir.

Kaptaj tesisleriyle hazne ve isale hatlarının projelendirilmesinde max günlük su sarfiyatı, Su ve kanal şebekeleriyle pompa kapasitesinin tayininde max saatlik debiler göz önüne alınır.

Akım Karakteristikleri (Debinin Mevsimlik, Günlük, Saatlik Dalgalanmaları)

- $\text{Max } Q_g = \alpha \cdot \text{Ort. } Q_g$
- $\text{Max } Q_{st} = \beta \cdot \text{Max. } Q_g$

α ve β katsayıları İller Bankası Yönetmeliğine göre 1.5 olarak alınır.

Q_g : Günlük debi

Q_{st} : Saatlik debi

- $\text{Max } Q_g$: yaz aylarında su tüketiminin en fazla olduğu dönemlerde kullanılan debi
- $\text{Max } Q_{st}$: En çok su sarf edilen bir yaz gününün belirli bir saatindeki max debi

SORU: 20 konutluk bir iskan bölgesinde, her konutta 4 kişi oturduğuna ve $Max q_g = 250 \text{ L/N.gün}$ olduğuna göre en büyük debiyi m^3/st cinsinden hesaplayınız ($\beta=1.5$).

- Çözüm

$$\text{Maks } Q_g = 20 \times 4 \times 250 = 20 \text{ m}^3/\text{gün}$$

$$\text{Maks } Q_s = (\beta) (\text{Maks } Q_g) = (1.5 \times 20)/24 = 1.25 \text{ m}^3/\text{saat}$$

SORU: Bir kasabanın maksimum saatlik sarfiyatı $Max q_{st} = 450 \text{ L/N.gün}$ dür. Civarda yapılan araştırmalardan, temin edilebilecek su miktarı, sabit ve devamlı bir debi olarak $0.1 \text{ m}^3/\text{sn}$ bulunmuştur. Buna göre a) Bu debi ile su ihtiyacı karşılanabilecek nüfus sayısını bulunuz. b) Su iletimi tulumlarla yapıldığına göre, 30 senelik bir proje süresi zarfında terfi edilen toplam su hacmi ne olur?

a) Yaz aylarında kasabanın susuz kalmaması için Maks Q_g debisi kaynaktan depoya basılmalıdır (Saatlik salınımlar depodan karşılanır).

$$\text{Maks } q_g = \text{Maks } q_s / \beta = 450 / 1.5 = 300 \text{ L/N.gün}$$

$$Q = 100 \text{ L/sn} = N \cdot \text{Maks } q_{\text{gün}} / 24.3600$$

$$100 = N \cdot 300 / 86400$$

$$N = 28800 \text{ kişi}$$

b) Uzun periyotlar için su hacimleri Ort q_g debisinden hesaplanmalıdır (Çünkü bu debi su sarfiyatının senelik değişiminden bulunmuştur).

$$\text{Ort } q_g = \text{Maks } q_g / \alpha = 300 / 1.5 = 200 \text{ L/N.gün}$$

$$V = \text{Su hacmi} = 28800 \cdot 200 \cdot 365 \cdot 30 \cdot (10)^{-3} \text{ m}^3$$

$$V = 63.072.000 \text{ m}^3$$

NÜFUS TAHMİN HESAPLARI

Su temini tesislerinin boyutlandırılmasında esas alınacak debi, tesisten ihtiyacını karşılayacak nüfus ile fert başına 1 günde kullanılan su miktarının çarpılması suretiyle bulunabilir. Bu nedenle yerleşim merkezinin proje süresi sonundaki nüfusunun doğru bir şekilde tahmin edilmesi gerekir. Bu amaçla çeşitli metotlar geliştirilmiştir:

NÜFUS TAHMİN METOTLARI

- Grafik metot
- Aritmetik artış metodu
- Geometrik artış metodu
- İller Bankası metodu

- **Soru 1:** Bir kasabanın 30 yıl sonraki su ihtiyacının karşılanması amacıyla yapılan bir projelendirmede kasabanın 1945'te nüfusu 4000, 1980 nüfusu 7000 olarak bulunmuştur. Kasabanın 2014'te nüfus ve su ihtiyaçlarını Aritmetik artış, Geometrik artış ve İller Bankası metotlarıyla bulunuz ($q_{max}=170$ L/N.gün).

- **Soru 2:** 1945 senesi nüfusu 25.000, 1980 nüfusu 145.000 kişi olan bir yerleşim merkezine ait çeşitli su temini tesislerinin projelendirilmesinde göz önünde tutulacak debileri İller Bankası formülüne göre bulunuz (ort $q_g = 200$ L/N.gün). Projeye 1980 yılında başlanacak ve 2 yıl inşaat süresi alınacaktır.

$$Q_{\text{menba}}, Q_{\text{pompa}}, Q_{\text{isale}}, Q_{\text{depo}}, Q_{\text{şebeke}} = ?$$

NÜFUS YOĞUNLUĞU

İyi bir projelendirme için, toplam nüfusun bölgelere göre dağılımı bilinmelidir. Genellikle bölge tipine göre nüfus yoğunluğu (kişi/hektar) aşağıdaki şekilde alınabilir:

Tek aileli evlerde 20 ila 50

Çok aileli bloklarda 50 ila 300

Apartmanlarda 300 ila 1000

İşyerlerinde 50 ila 100

Sanayi bölgelerinde 100 ila 150

SU KAYNAKLARI

- Yer kürede yaklaşık olarak $1,4 \cdot 10^9$ km³ su bulunmaktadır. Bunun yaklaşık % 97'si okyanuslarda, % 3'ü göllerde, nehirlerde ve yer altı su yataklarında bulunur.
- Su Temini açısından en değerli sular, atmosferde oluşan yağışlar ve yer üstü ve yer altında oluşan tatlı sulardır. Yerkürede bulunan suların en önemli kaynağı yağmurlardır.

SU KAYNAKLARININ SINIFLANDIRILMASI

- Yerleşme merkezleri için su kaynakları 2 ana grupta incelenebilir.

a) Yer altı suları b) Yüzey suları

Yer altı suları kendi arasında:

1)Membalar

2)Kuyular

3)Sızdırma boruları

4)Sızdırma galerileri olmak üzere dörde ayrılır.

Yüzey suları

- a) Büyük göller
- b) Küçük göller
- c) Baraj gölleri
- d) Nehirler

olarak sınıflandırılır. (Yağmur suları da bu gruba dahil edilebilir. Kalite bakımından en uygun su kaynağı, memba ve yer altı sularıdır.

KAYNAK SEÇİMİ

- Herhangi bir topluluğun ihtiyacı olan su miktarı tayin edildikten sonra yapılacak ikinci önemli iş, bu ihtiyacı karşılayacak en uygun su kaynağının seçilmesidir.
- İhtiyaçlar sadece bir kaynaktan karşılanabileceği gibi, birkaç kaynaktan da temin edilebilir. Bu durumda suların şebekeye verilmeden önce karıştırılması gerekir.

Kaynak seçiminde üç faktör göz önünde bulundurulmalıdır:

- Kaynaktan sürekli olarak alınabilecek su miktarı
- Kaynak suyunun kalitesi ve su kalitesinin zamanla değişimi
- Gerekli suyun kaynaktan temin edilmesi halinde, maliyeti

İyi bir su temini tesisinin projesinin hazırlanabilmesi için, toplumun su ihtiyacını temin etmek üzere kullanılacak değişik su kaynakları araştırılır. Her kaynak için yukarıda verilen faktörler incelenerek sonuçlar karşılaştırılır ve en uygun kaynak seçilir.

- Örneğin, arıtım gerektirmeden cazibe ile suyu iletilebilen kaynaklar ilk önce seçilebilir.
- Arıtım gerektirmeyen ama pompa ile iletilebilen sular ikinci olarak düşünülmelidir.
- Basit arıtım gerektiren ve cazibe ile iletilebilen sular üçüncü olarak düşünülür.
- Hem arıtım hem de pompa tesisleri gerektiren sular en son düşünülmelidir.

SULARIN ÖZELLİKLERİ

- Doğal sular çözünmüş ve askıda katı maddeleri içerirler. Genellikle suyu kullanılabilir hale getirmek için bu maddeler ya tamamıyla sudan ayrılır veya miktarları belirli bir değerin altına düşürülür.
- İçme sularındaki mineral maddelerin tamamen sudan ayrılması gerekmez. Mutlak olarak saf olan sular da içmek için uygun değildir.

- Doğal sularda bulunan yabancı maddeler bu suların temas ettiği hava, toprak ve kullanılmış sulardan karışır.
- İçme sularının özellikleri her ülkenin kendi koyduğu standartlar ile tespit edilmektedir.
- Ülkemizde TSE tarafından hazırlanan TS 266 nolu standart içme suları standartıdır. Herhangi bir kaynağın suları derlenmeden önce, su kalitesinin bu standartlara uygun olup olmadığı araştırılmalıdır.

Suların özellikleri 4 grupta ele alınır:

- Fiziksel Özellikler
- Kimyasal Özellikler
- Bakteriyolojik Özellikler
- Radyoaktif Özellikler

Suların Fiziksel Özellikleri

- Sıcaklık (Tavsiye edilen değer 7-12 °C arası)
- Bulanıklık (Suyun berrak olması gerekir. Sudaki bulanıklık, silt, kil, parçalanmış organik madde ve bakterilerin varlığından ileri gelir.)
- Renk (Suyun renkli olması, su içerisinde çözünmüş veya kolloid halde yabancı maddelerin bulunduğunu gösterir.)
- Tat ve Koku (Canlı veya ölmüş haldeki mikroorganizmalar, çözünmüş H₂S, metan, CO₂ gibi gazlar, org. madde, NaCl ve demir bileşikleri suya tat ve koku verirler.)

Kimyasal Özellikleri

Yer altı sularının kimyasal özellikleri, suyun süzüldüğü zeminin cinsine, yüzeysel suların kimyasal özellikleri ise hidrolojik havzanın karakterlerine bağlıdır.

- pH değeri (suyun asit veya alkali karakterde olduğunu gösterir.)
- CO₂ (fazla miktarda CO₂ içeren sular, temas halinde buldukları metallerde korozyona sebep olur. Sulardaki CO₂, serbest halde bulunabileceği gibi, CO₃ ve HCO₃ olarak ta bulunabilir.

Kimyasal Özellikleri

- Sertlik derecesi (Suların sertliği 2 grupta incelenir. Geçici ve kalıcı sertlik. Geçici sertlik Ca ve Mg tuzlarından ileri gelir. Bu tür sertlik suyun kaynatılmasıyla giderilebilir. Kalıcı sertlik ise Ca ve Mg'un sülfat, klorür, nitrat ve silikat tuzlarından ileri gelir. Kalıcı ve geçici sertliğin toplamı suyun toplam sertlik derecesini belirler.

Kimyasal Özellikleri

- Demir (suya kötü bir tat verir. Fe miktarının 0,2 veya 0,3 mg/L 'yi geçmemesi gerekir.
- Manganez (Suda genellikle demirle birlikte bulunur. Mn konsantrasyonunun 0,1 mg/L 'den az olması istenir. Daha büyük değerler suyun tadını bozabileceği gibi, suya siyah renk verir.
- Klorürler (Sudaki klorür kons. 250 mg/L 'den fazla olmamalıdır. Bu miktardan fazla olması durumunda sağlık açısından tehlike olmasa bile tat olarak su içilemez hale gelir.

Kimyasal Özellikleri

- Azot bileşikleri (azot suda amonyak, nitrit ve nitrat şeklinde bulunur. Amonyak ve nitritin bulunması organik bir kirlenmeyi gösterdiğinden, detaylı bir bakteriyolojik inceleme gerekir. İçme suyunda amonyak, nitrit ve nitratın bulunmaması istenir.)
- Toplam organik madde (organik madde, bakteri ve mantarların suda çoğalmalarına neden olurlar. 3,5 mg/L den fazla olmaması istenir. Bu değeri aşması durumunda suda bakteriyolojik inceleme istenir.

Kimyasal Özellikleri

- Zehirli maddeler (suda belirli bir limitin üzerinde bulunması halinde insan sağlığı için zararlı olan maddelerdir. Bu maddelerin üst limitleri şunlardır:

Kurşun	0,05 mg/L
Arsenik	0,05 mg/L
Krom	0,05 mg/L
Kadmiyum	0,01 mg/L
Florür	1,5 mg/L
Selenyum	0,01 mg/L
Siyanür	0,20 mg/L
Baryum	1,00 mg/L

Bakteriyolojik Özellikleri

- Sulara hastalık yapan bakteri ve mikroorganizmaların varlığı ancak bakteriyolojik deneylerle ortaya çıkar. Suların bakterilerle kirlenmesi, kanal sularının, yerleşim bölgelerinden gelen kirli yağış sularının temiz sular ile karışması sonucu ortaya çıkar. Bakteriyolojik özelliklerin tayini için su temini tesisinin bütün kısımlarından yeterli sıklıkta numune alıp analiz edilmelidir.

Bakteriyolojik Özellikleri

- Nüfusu 2.000 ila 10.000 arasında olan yerlerde 2 ayda bir
- 10.000 ila 20.000 arasında olan yerlerde ayda bir
- 20.000 ila 50.000 arasında olan yerlerde 15 günde bir
- 50.000 ila 100.000 arasında olan yerlerde 4 günde bir
- 100.000 den fazla olan yerlerde ise her gün numune alınmalıdır.

Radyoaktif Özellikleri

Radyoaktif maddeler sulara tabi yollardan ve aşağı. kaynaklardan karışır:

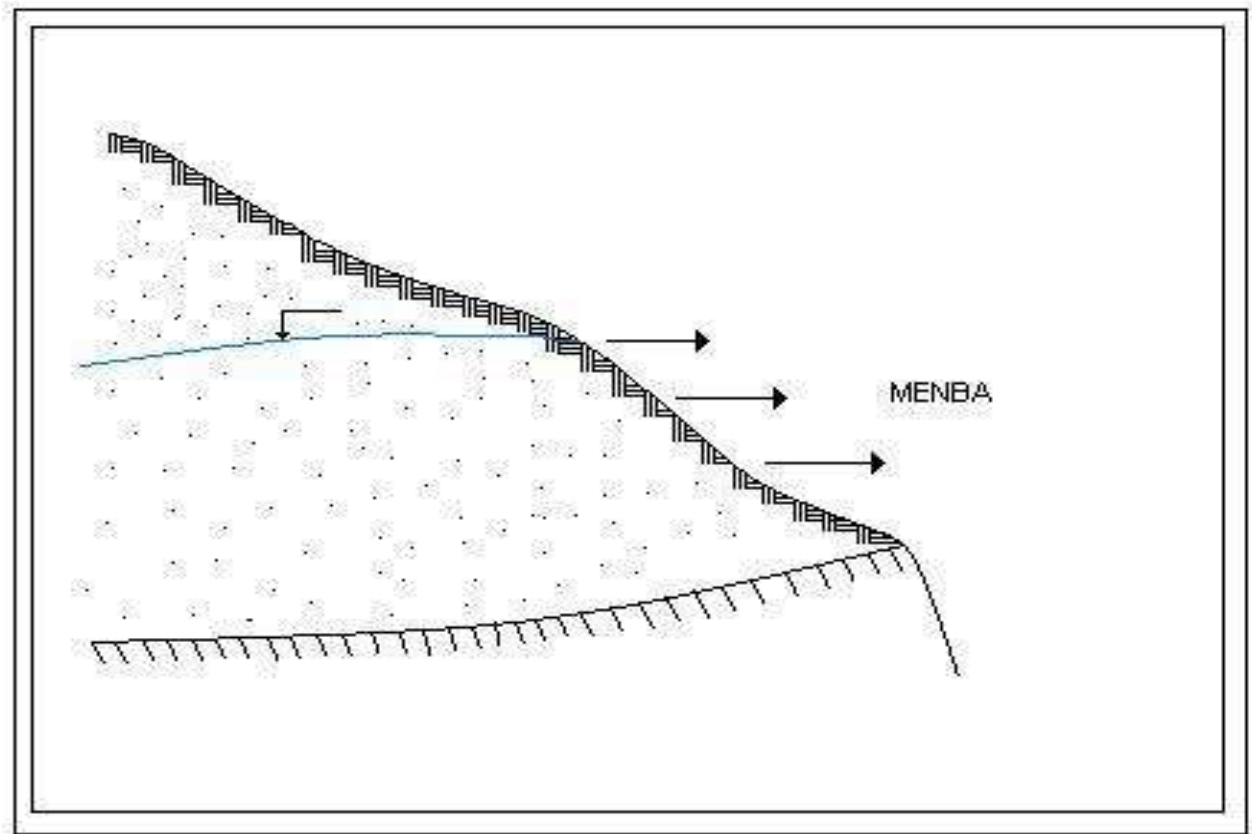
- Atomik enerji kullanan sanayi tesislerinden (Nükleer santraller)
- Nükleer deneme merkezlerinden
- Tıpta veya diğer araştırmalarda kullanılan radyoaktif maddelerden
- Uranyum maden işletmelerinden

Radyoaktif kirleticilerin uzaklaştırılmasında, gerekli tedbirlerin alınması ve özel bir itina gösterilmesi gerekir. Aksi halde çevreye radyoaktif maddelerin yayılması mümkündür.

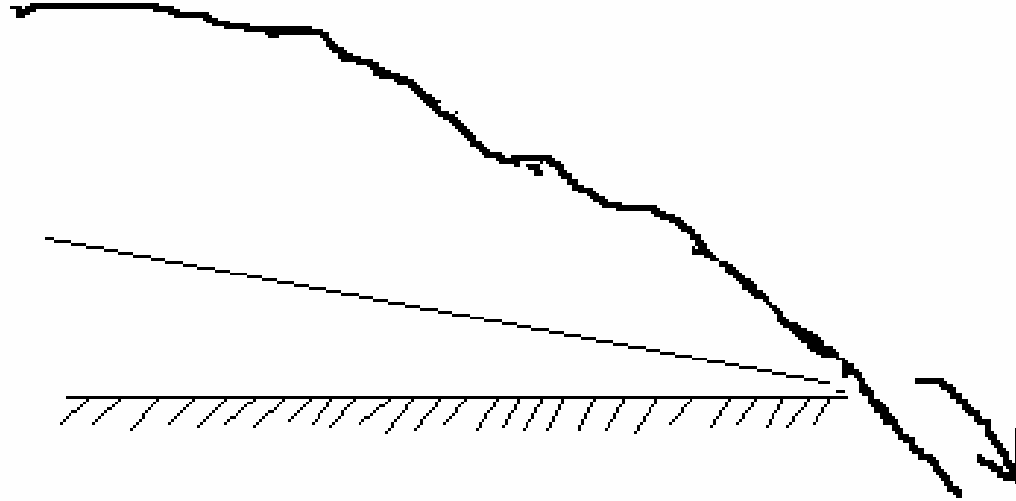
SULARIN DERLENMESİ (SU ALMA YAPILARI)

Memba çeşitleri:

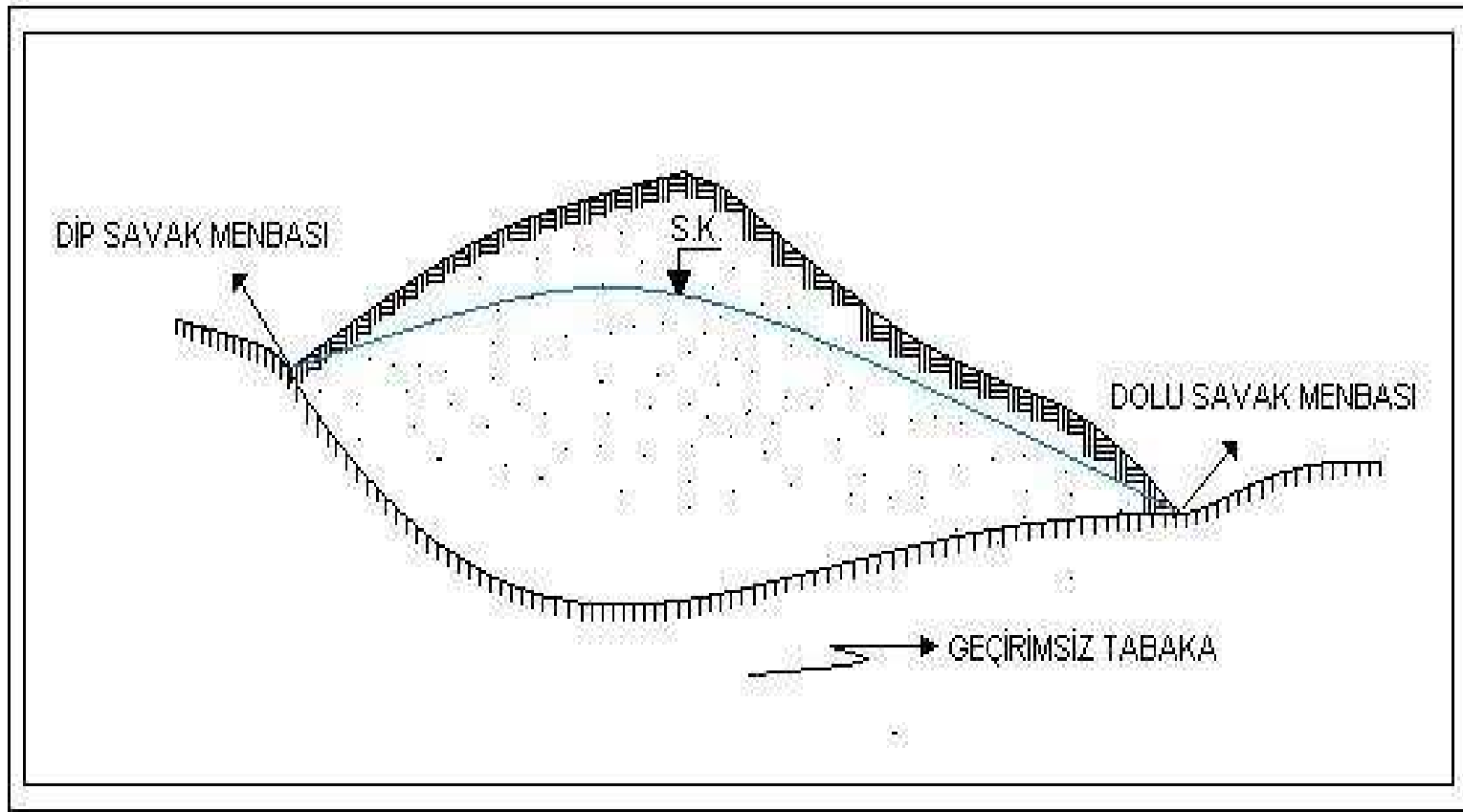
- **Yamaç membaları**, vadinin geçirimli tabakayı kesmesi sonucu meydana gelir.



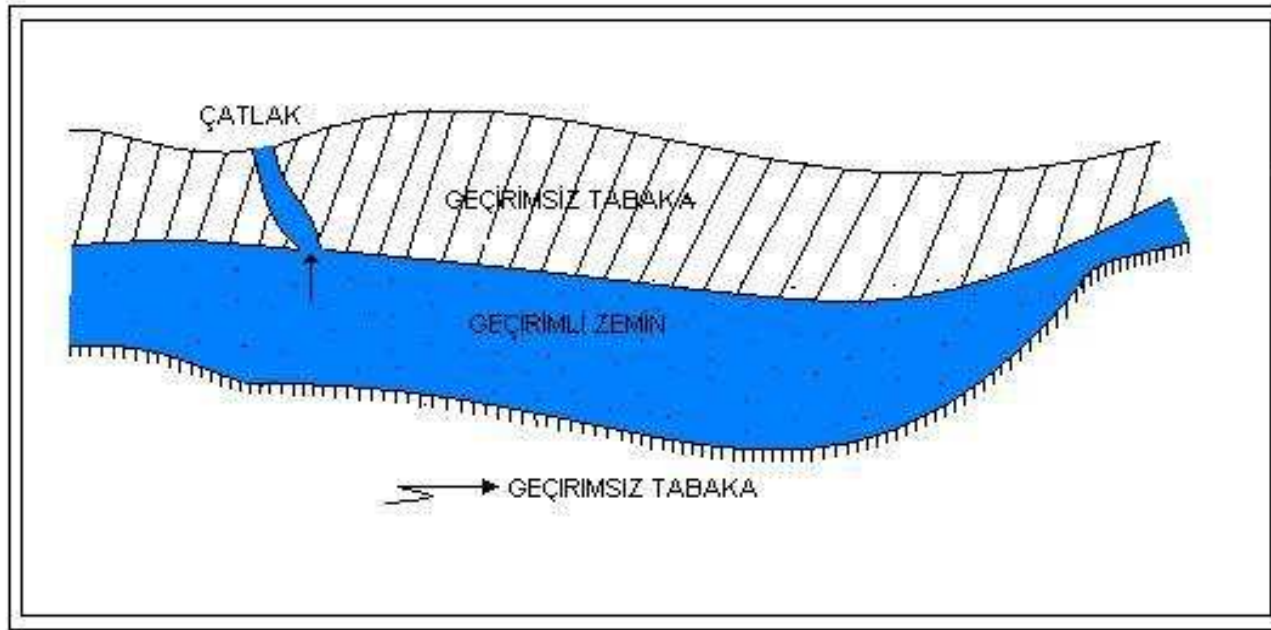
- **Tabaka membalar**, vadinin su taşıyan tabakanın altındaki geçirimsiz tabakayı kesmesi sonucu meydana gelir. Burada yer altı suyu akışı bir çizgi boyunca açığa çıkar.



- **Savak membaları**, Yer altı suyu yüzeyi ile geçirimsiz tabakanın eğimlerinin zıt yönde olması halinde ortaya çıkar. Dolu ve dip savak membası olarak iki çeşittir. Dip savak membasının verimi daha yüksektir.



- Zeminin çatlak ve boşluklarında oluşan membalar, iki geçirimsiz tabaka arasında kalan yer altı suyu üstteki tabakanın çatlak ve yarıklarından yeryüzüne çıkarak tabaka çatlağı membasını oluşturur. Bu tip pınarların verimleri üniform olmakla beraber mevsimsel değişimler olabilir. Verim, çatlağın düzgünlüğü ve temizliğine bağlıdır.



- Yer altı boşluklarındaki su kütlelerinin oluşturduğu membalar, Yer altı boşluklarında kütle halinde hareket eden sular, bu boşlukların zeminle irtibatlı olduğu bir noktadan açığa çıkar ve memba oluşturur

MEMBA DEBİLERİ

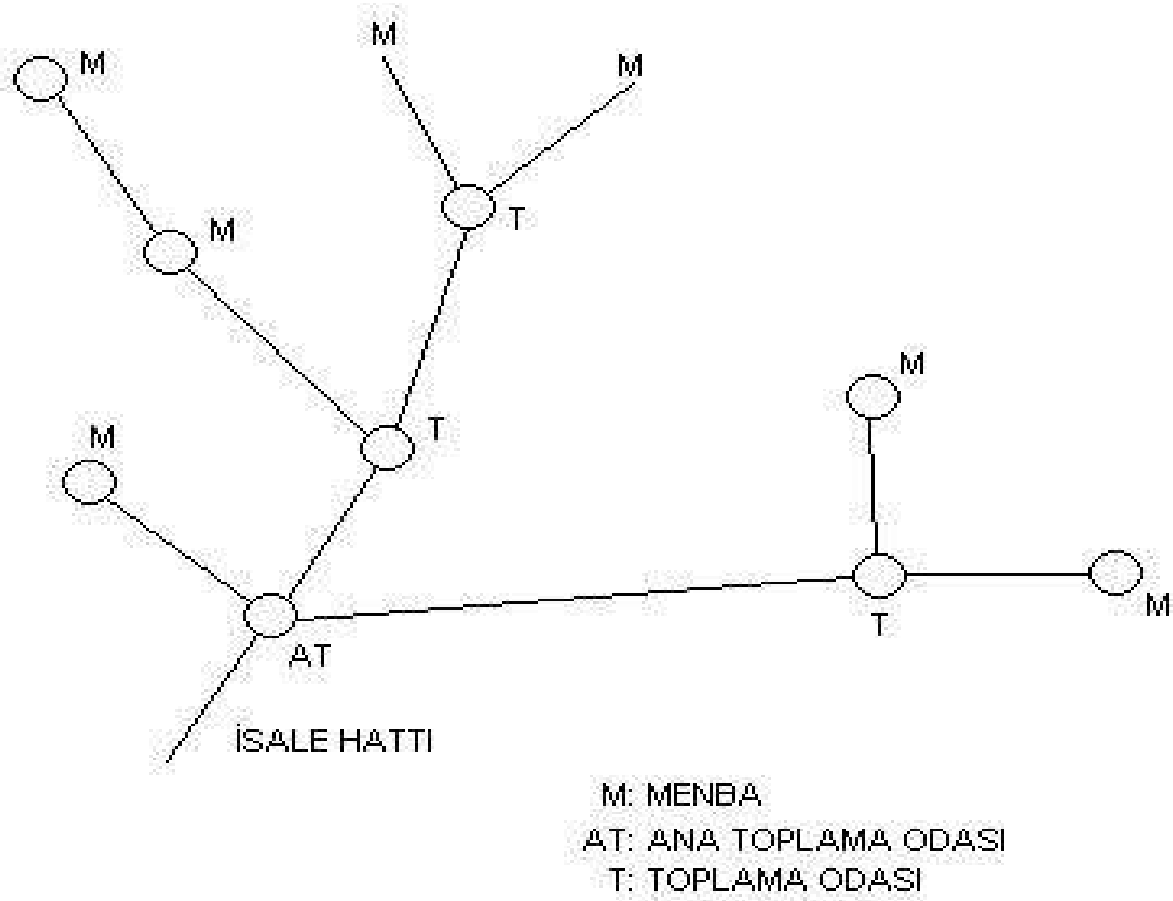
Bir membadan alınabilecek su miktarı şu faktörlere bağlıdır:

- Su taşıyan tabakanın porozitesi
- Membanın morfolojik yapısı
- Zeminin sızdırma kapasitesi
- Beslenme havzasının büyüklüğü
- Bölgenin topoğrafyası
- Yağışların şiddet, süre ve frekansı
- Zemindeki bitki örtüsü
- Yağış bölgesindeki meteorolojik şartlar

- Su temini bakımından en uygun olan memba debileri, mevsimlere göre fazla değişmeyen membalardır. Debisi çok değişken olan membalar, hem su miktarı hem de su kalitesi bakımından uygun değildir.
- Bu tip membalarda yağışlar yeteri kadar süzülmeden yer altı suyuna karıştığından, membaların suyu kirlenebilir.

MEMBA SULARININ KAPTAJI

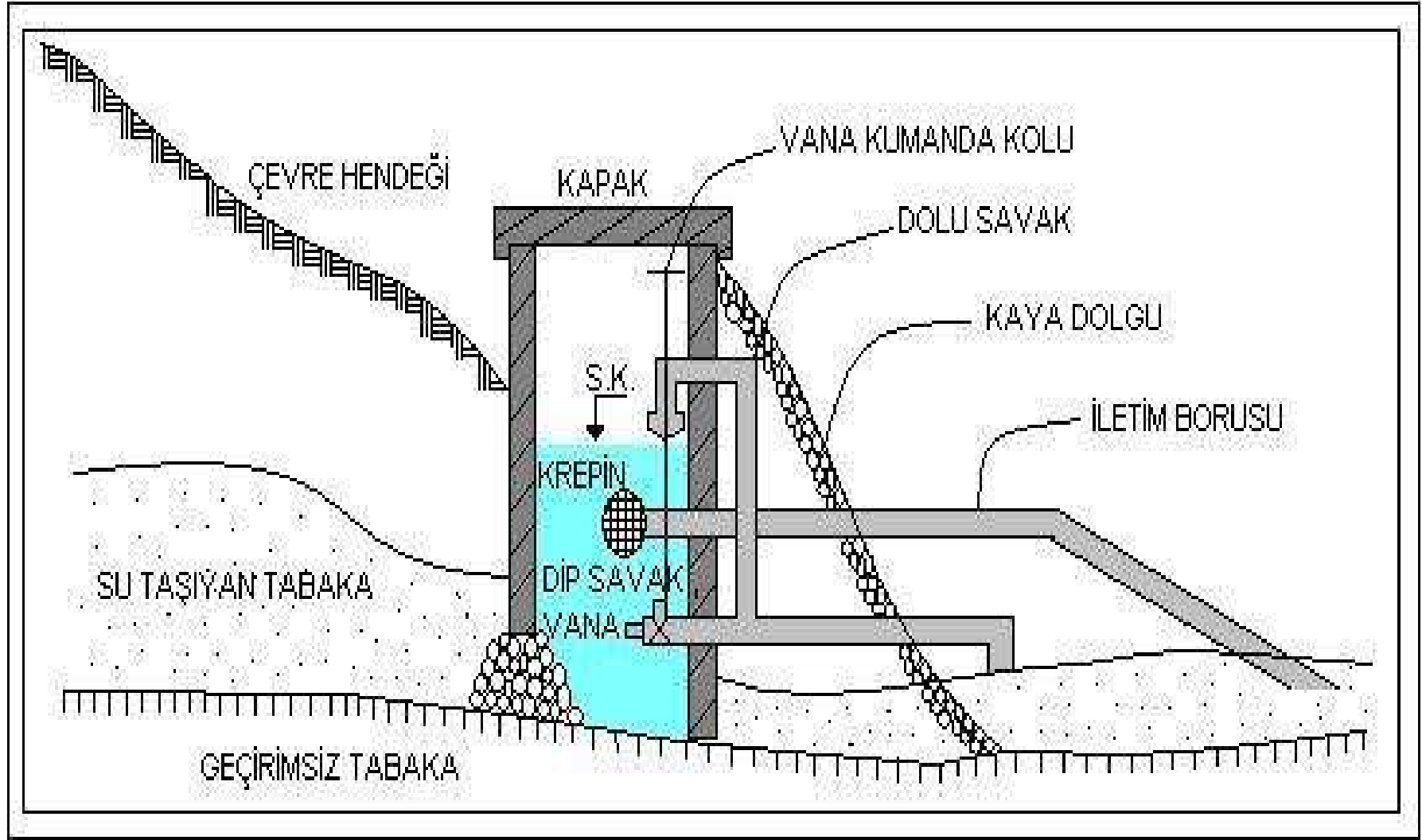
Memba sularının derlenmesi, memba tipine, zemin cinsine ve suyun debisine bağlı olarak çok değişik şekillerde yapılır. Genel olarak bir membranın suyu ayrı olarak toplanır. Bununla birlikte bazı hallerde bir havzadaki membaların suları grup halinde de derlenir.



Şekil : Grup halindeki menbaların kaptajı

YAMAÇ MEMBALARININ KAPTAJI

- Membada su toplama tesisi bir odadan ibarettir. En basit şekliyle bu oda tek bölmeden meydana gelir.
- Toplama odaları; giriş, çıkış, dolu ve dip savak borularıyla donatılmıştır.
- Genel olarak toplama odaları, biri su diğeri teçhizat bölmesi olarak 2 bölmeli yapılır. Su bölmesi su hızının 10 cm/sn olduğu kabulüyle boyutlandırılır.
- Memba sularının ince kum sürüklemesi halinde, su bölmesinden önce bir kum tutucu bölme yapılır.



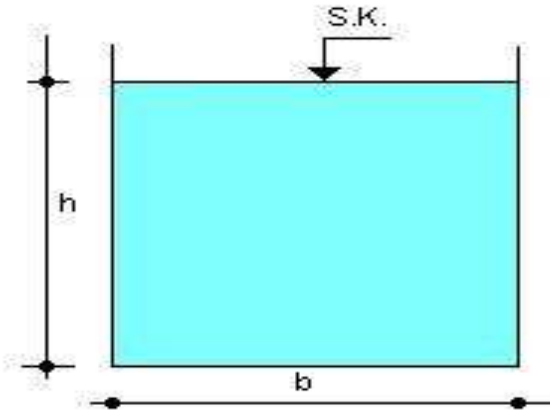
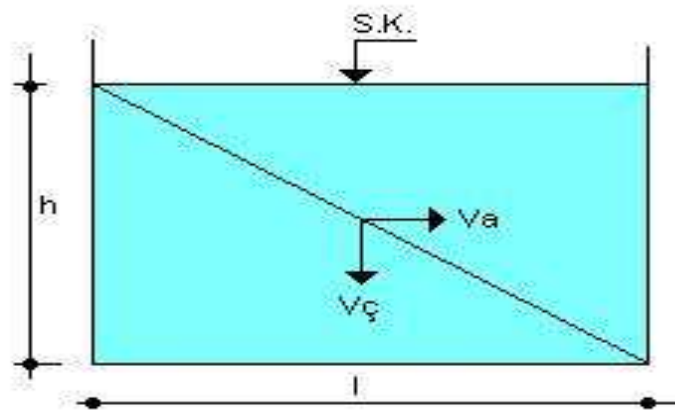
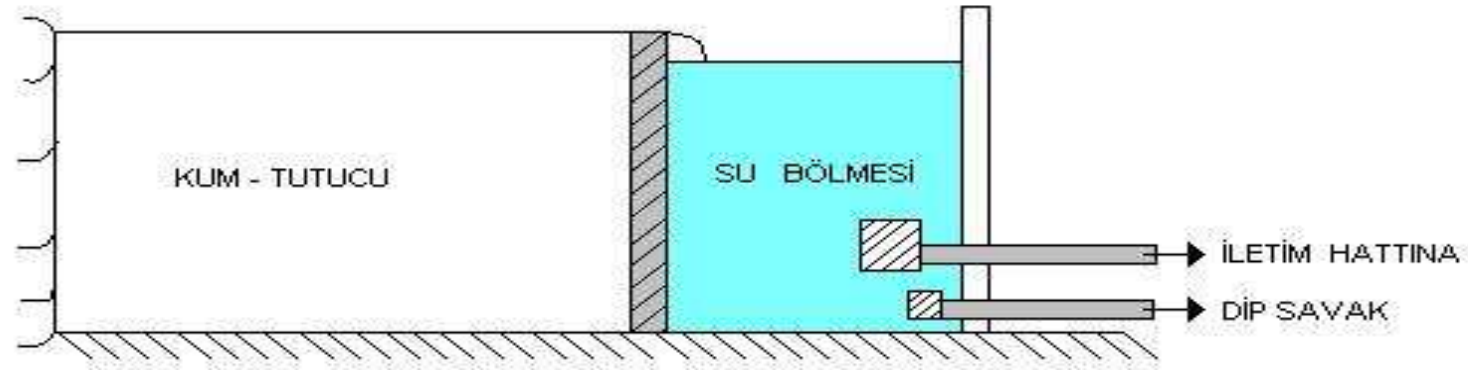
Şekil : Tek gözlü toplama odası ile membadan su alınması

Bu tipteki toplama odası ile zemin çatlağındaki membaların kaptajı da yapılabilir.

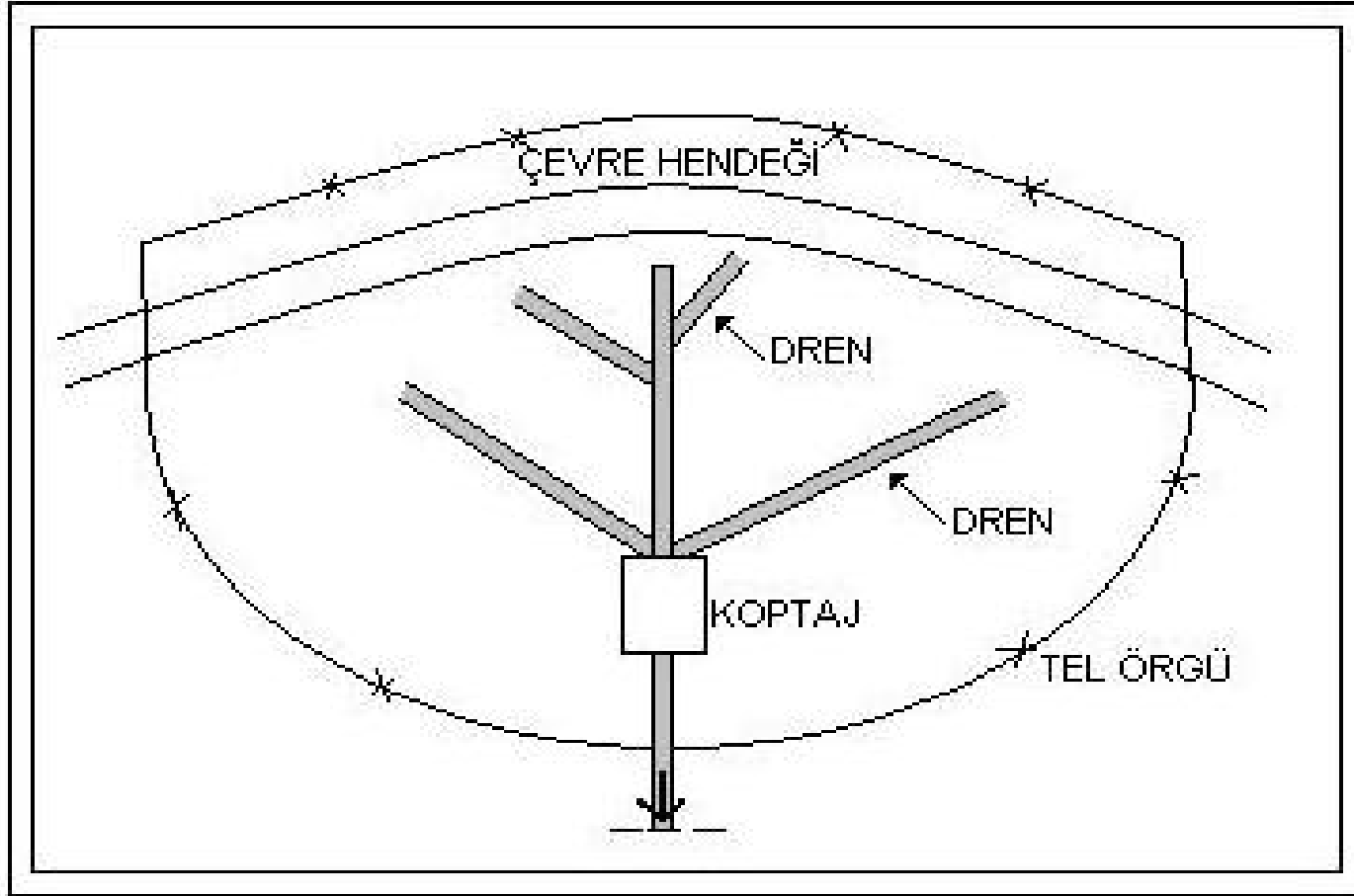
KUM TUTUCU BÖLMENİN HESABI

- Membalardan alınan suların ince kumları sürüklemesi halinde bu kumların isale ve şebekede işletme güçlükleri doğurmaması için sulardan ayrılması gerekir.
- Bundan dolayı memba kaptajlarında su bölmesinden önce bir kum tutma bölgesi teşkil edilir. Kum tutucuların boyutlandırılması için, sudan ayrılması istenen en küçük kum tanesinin çapı, özgül ağırlığı ve su sıcaklığı bilinmelidir.

- Kum tutucu bölme, o şekilde boyutlandırılmalıdır ki, çökmesi istenen tanecik, suyun yatay doğrultudaki çökme hızı ile h mesafesini almış olsun ve bölmenin tabanına inerek biriksinsin.
- Kum tutucu bölmenin hesabında esas alınacak akış hızı $V_a \leq 5$ cm/sn olacak şekilde seçilir. Kum tanesinin çökme hızı, tanenin çapına ve suyun sıcaklığına bağlı olarak değişir.
- Ayrıca çökme hızı, Reynolds sayısına bağlı olarak hesapla da bulunabilir.



Memba suyu, su alma odasının yanında toplu bir halde bulunuyorsa, 1-2 m uzunluğunda bir drenaj yapılır. Memba sızıntı şeklinde ve geniş bir alanda ise sular dren boruları ile toplanır.



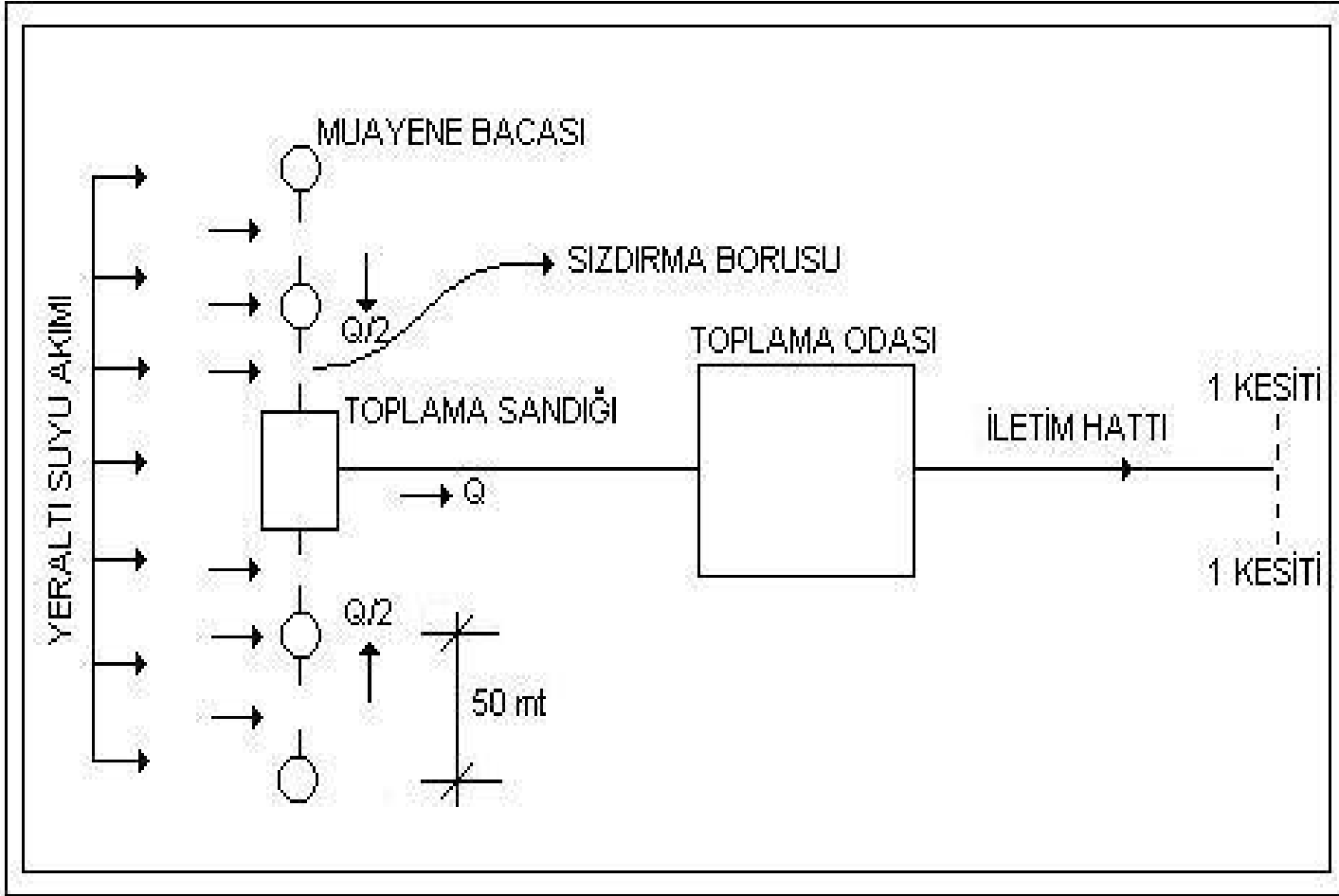
Kaptaj çevresinden gelebilecek istenmeyen suların zararını önlemek için çevre hendeği yapılır.

TABAKA MEMBALARININ KAPTAJI

- Tabaka membalarının sularını toplayan tesisler, sızdırma galerileri veya boruları, toplama sandığı, suları toplama sandığından toplama odasına ileten boru ve toplama odasından ileri gelir.
- Tabaka membalarından suların toplanmasında büyük debiler için sızdırma galerileri, küçük debiler için sızdırma boruları kullanılır.
- Sızdırma boruları membranın maksimum debisi esas alınarak, su hızı 0,2-0,4 m/sn ve yarı dolu olarak boyutlandırılır.
- Sızdırma boruları 10 cm' den daha küçük çapta olamaz.
- Sızdırma boruları ile toplanan sular toplama sandığına getirilir. Sızdırma boruları üzerinde her 50 m' de bir kontrol bacası konur.

TABAKA MEMBALARININ KAPTAJI

- Sızdırma borularına suyun girdiği kesimlerde, kum, çakıl filtreleri teşkil edilir.
- Yağış sularının dren borularına girişini önlemek için filtrenin üstü beton perde ile onunda üstü kil tabakası ile örtülür.
- Suları toplama sandığından, toplama odasına götüren boru yarı dolu olarak ve 0,5 m/sn' lik hıza göre boyutlandırılır.
- Toplama sandığındaki maks. su seviyesi, sızdırma borularının en az 20 cm taban seviyesinin altında olmalıdır.



Şekil : Tabaka Membalarının Kaptaj Elemanları

MEMBA KAPTAJLARINA AİT GENEL HUSUSLAR

Membalardan emin ve sürekli bir şekilde su alabilmek için,

- Memba kaptajı yapılırken mevcut doğal durum hiçbir zaman bozulmamalıdır.
- Küçük su damarları mümkün olduğu kadar dikkatli kazılarak meydana çıkartılmalıdır.
- Hiçbir şekilde dinamitle patlatma yapılmamalıdır.

- Suyun akımına mani olacak ve suyu kabartacak hiçbir tesis bulunmamalıdır.
- Kaptaj üzeri izole edilmeli, 1-2 m kalınlığında toprak dolgu yapılmalıdır.
- Kaptaj kapakları içeriye yabancı madde girmeyecek şekilde tecrit edilmelidir.
- Yağmur sularının membaya girmesini önlemek için kaptaj çevresine çevirme hendeki yapılmalıdır.

- Ağaç kökleri drenleri tı kayabileceği için, kaptaj dan itibaren en az 20 m mesafede ağaç bulunmamalıdır.
- Kaptajların kirlenmesini önlemek için kaptaj bölgesinde iki kademeli koruma bölgesi teşkil edilmelidir. Birinci kademede kaptajın çevresi membranın durumuna göre 30-200 m mesafede tel örgü ile çevrilir bu bölgeye insan ve hayvan girmemeli, kirletmeye sebep olacak hiçbir tesise izin verilmemeli. İkinci kademede ise çöp dökme yerleri, deri sanayi gibi kaptaja zarar verebilecek büyük tesislere izin verilmemelidir.

YERALTI SULARININ OLUŐUMU

- Yer altı suyu, zemin yüzeyinin altında su taşımaya elverişli jeolojik formasyonlardaki boşlukları dolduran ve büyük yerleşim merkezlerinin ihtiyaçlarının karşılanmasında kullanılabilen su yataklarıdır.
- Yer yüzüne düşen yağışların belirli bir miktarı zemin içerisine süzülerek yer altı su yatağını oluşturur. Pratik olarak bütün yer altı suları, yüzey suyu orijinlidir.

- Yer altı suları tabii olarak yağmurlar, nehirler, göller ve baraj göllerinden beslenebilirler. Suni olarak yer altı sularını besleyen kaynaklar ise, sulamadaki fazlalıktan zemine sızan sular, su kanallarından sızan sular, yer altı suyunu beslemek için zemine verilen sulardır.
- Bir yer altı suyu yatağından emniyetli bir şekilde alınabilecek su miktarı, su yatağını besleyen ve bu yataktan alınan su miktarı arasındaki dengeye bağlıdır.

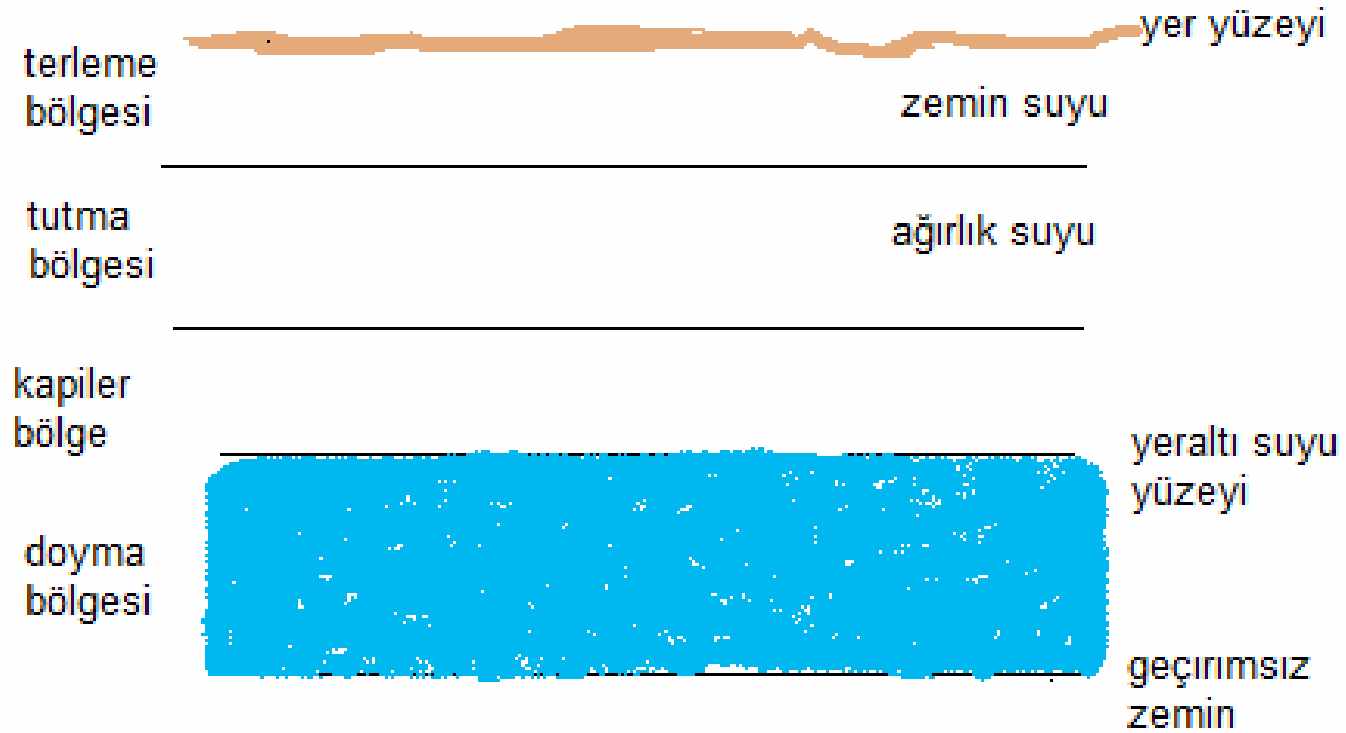
Yer altı sularının zemin içindeki durumları

- Yer altı suyu bakımından zeminler genel olarak 2 gruba ayrılırlar.
- İçinde suların toplanmasına ve akışına imkan veren zeminler; **geçirimli zeminler**
- Suların akışına imkan vermeyen zeminler ise **geçirimsiz zeminler** olarak adlandırılır.

Zemin içinde yer altı suyu

- a) Boşluklarında kısmen su kısmen hava bulunan havalanma bölgesi
- b) Boşlukları tamamen suyla dolu olan doyma bölgesinde bulunur.
- Suyu doymuş bölgenin üst sınırı yer altı suyu yüzeyini meydana getirir.
- Bunun üzerinde suyun zemin daneleri arasındaki boşluklardan emildiği, “kapiler bölge” ve bunun da üzerinde “tutma bölgesi” yer alır.

- En üstte ise bitkiler tarafından kullanılan “terleme bölgesi” bulunmaktadır.
- Su temini bakımından önemli olan doyma bölgesindeki sudur.

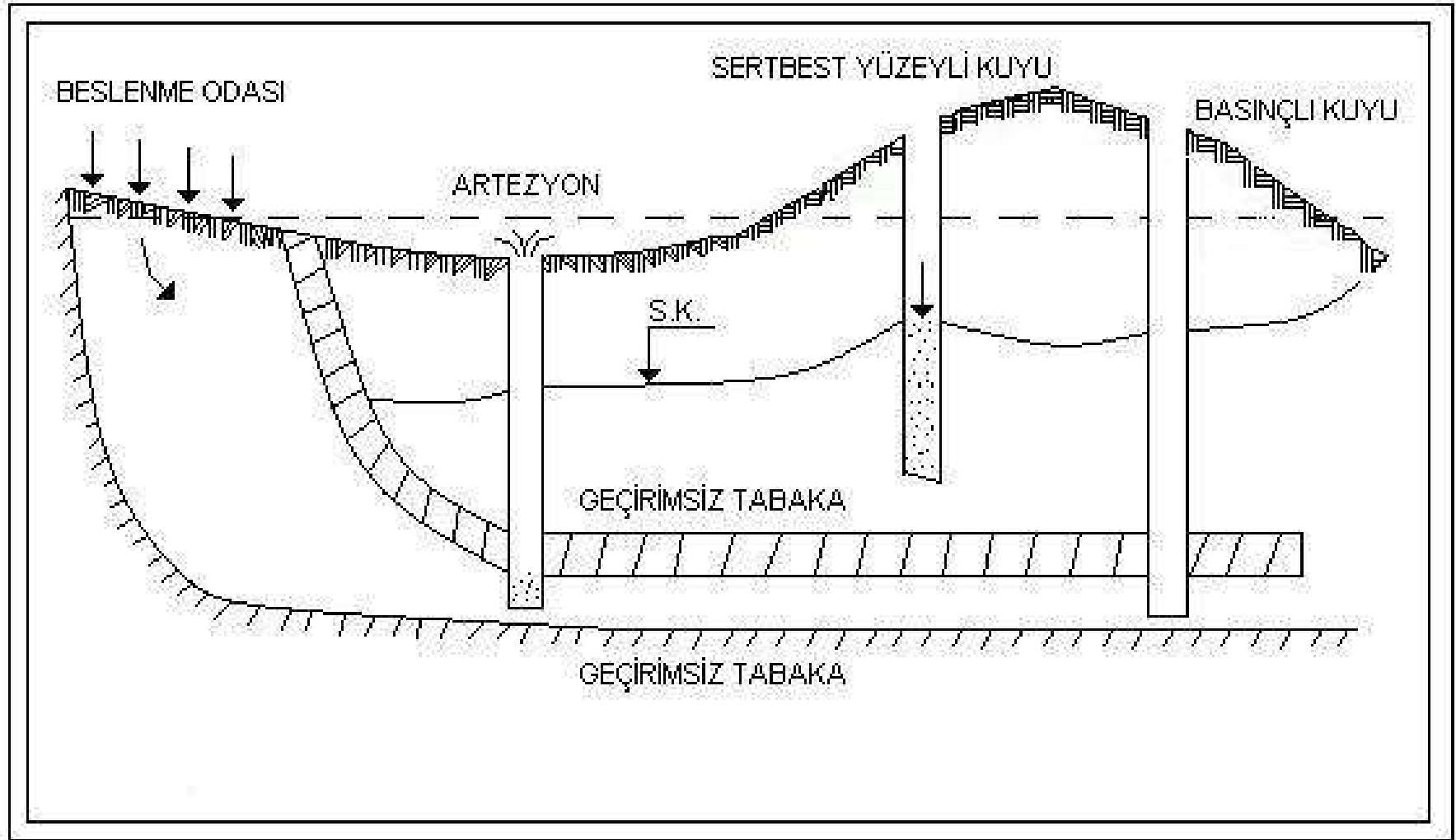


Akifer ve eşitleri

Boşlukları tamamen yer altı suyu ile doymuş olan ve bu suyu bir noktadan diğerine iletebilen formasyonlara akifer (su taşıyan tabaka) denir.

- **Serbest yzeyli akiferler** : Bu tip akiferlerde su yzeyi dalgalı bir biçimde suyun dolma ve boşalma alanına, kuyulardan çekilen debiye ve zeminin permeabilitesine bağlı olarak değişir.

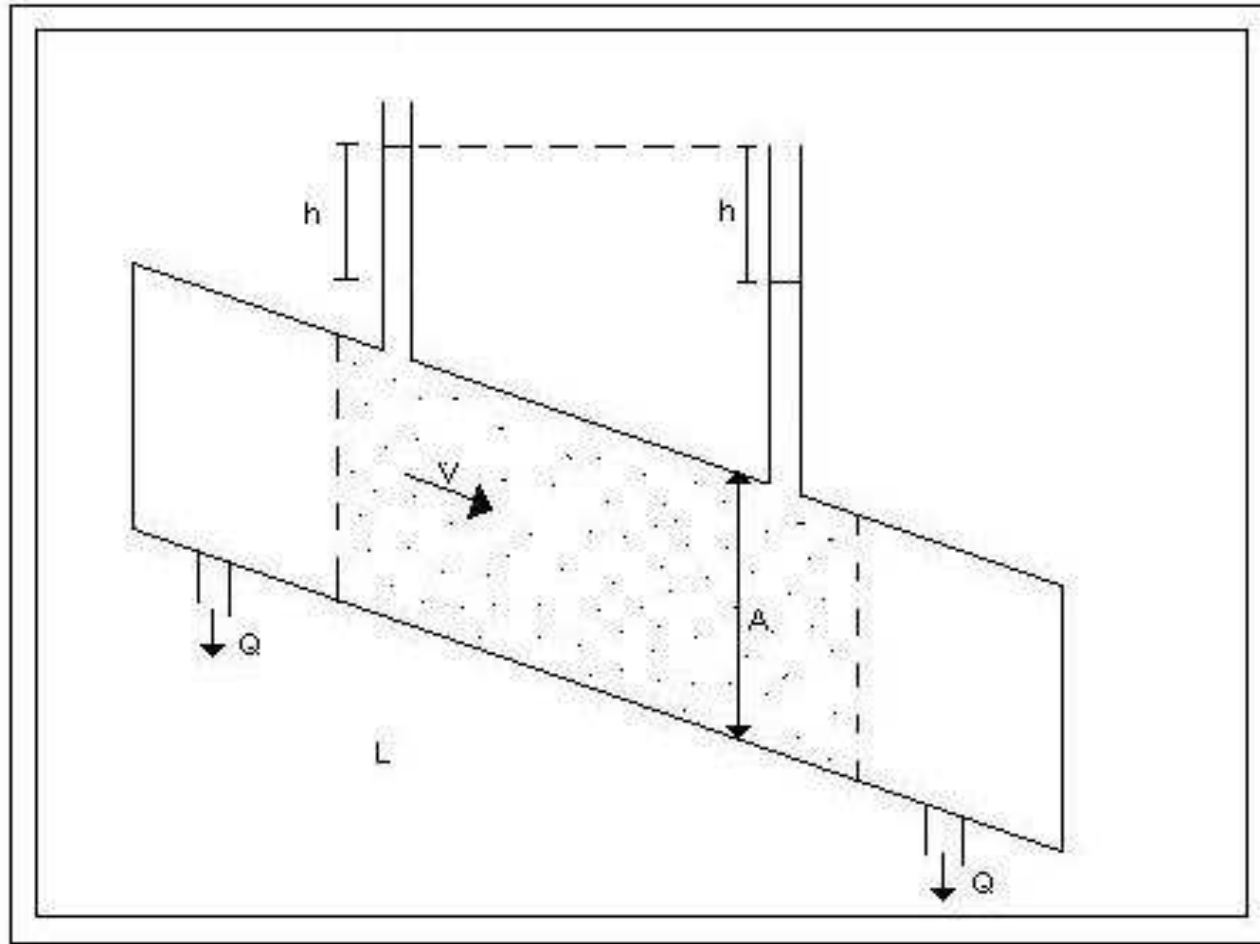
Akiferde depolanan su hacmindeki değişmeye bağlı olarak su yzeyi alçalır veya yzkselir. Yer altı su yzeyi akifere giren kuyulardaki statik su seviyesi (kuyudan su çekilmemesi halindeki seviye) ile belirlenir.



- **Basınçlı akiferler** : Bu tip akiferler su taşıyan tabakanın geçimsiz iki tabaka arasında sıkışması halinde ortaya çıkarlar ve bunlara artezyen adı verilir. Yer altı suyunun basıncı atmosfer basıncından büyüktür. Bu tip akiferlerde bir kuyu açılınca yer altı suyu sıkışmış tabakanın tabanından piyezometre yüzeyine kadar kendiliğinden yükselir. Basınçlı akiferlerde açılmış kuyulardaki su yüzeyinin yükselip alçalması, su hacmindeki değişmelerden çok basınçtaki değişimlere bağlıdır. Bundan dolayı basınçlı akiferlerde bulundurdukları suyun miktarında çok az bir değişmeyle beslenme bölgesinden suyu alarak ihtiyaç bölgesine iletebilirler.

YERALTISUYU HİDROLİĞİ

Darcy Kanunu



Darcy kanununun tatbik edilmesi için;

- Zemin küçük taneli malzemelerden meydana gelmeli.
- Akım laminer olmalı.
- Ortam homojen ve izotrop olmalı.
- Altta yatay ve geçirimsiz bir tabaka vardır.
- Akım permanantdır, yani zamana bağılı olarak rejim değişmez.

HİDROLİK İLETKENLİĞİN TAYİNİ

K hidrolik iletkenlik kat sayısının tayini aşağıdaki gibi yapılır:

- Tahmin metodu
- Laboratuvar metodu
- Elek analizi ve Ampirik formüller
- Arazide ölçüm

- **Tahmin metodu:** Elde hiç veri yoksa, zemin cinsine ve jeolojik formasyonlara bağlı olarak verilen tablolardan bulunabilir.

Örneğin Kaba akıl için K hidrolik iletkenlik değeri: $1,74 \cdot 10^{-3}$ m/sn.

- **Laboratuvar Metodu:** Doyma bölgesinden alınan zemin numuneleri örselenmeden laboratuvara getirilerek, permeametreler yardımıyla belirlenebilir.

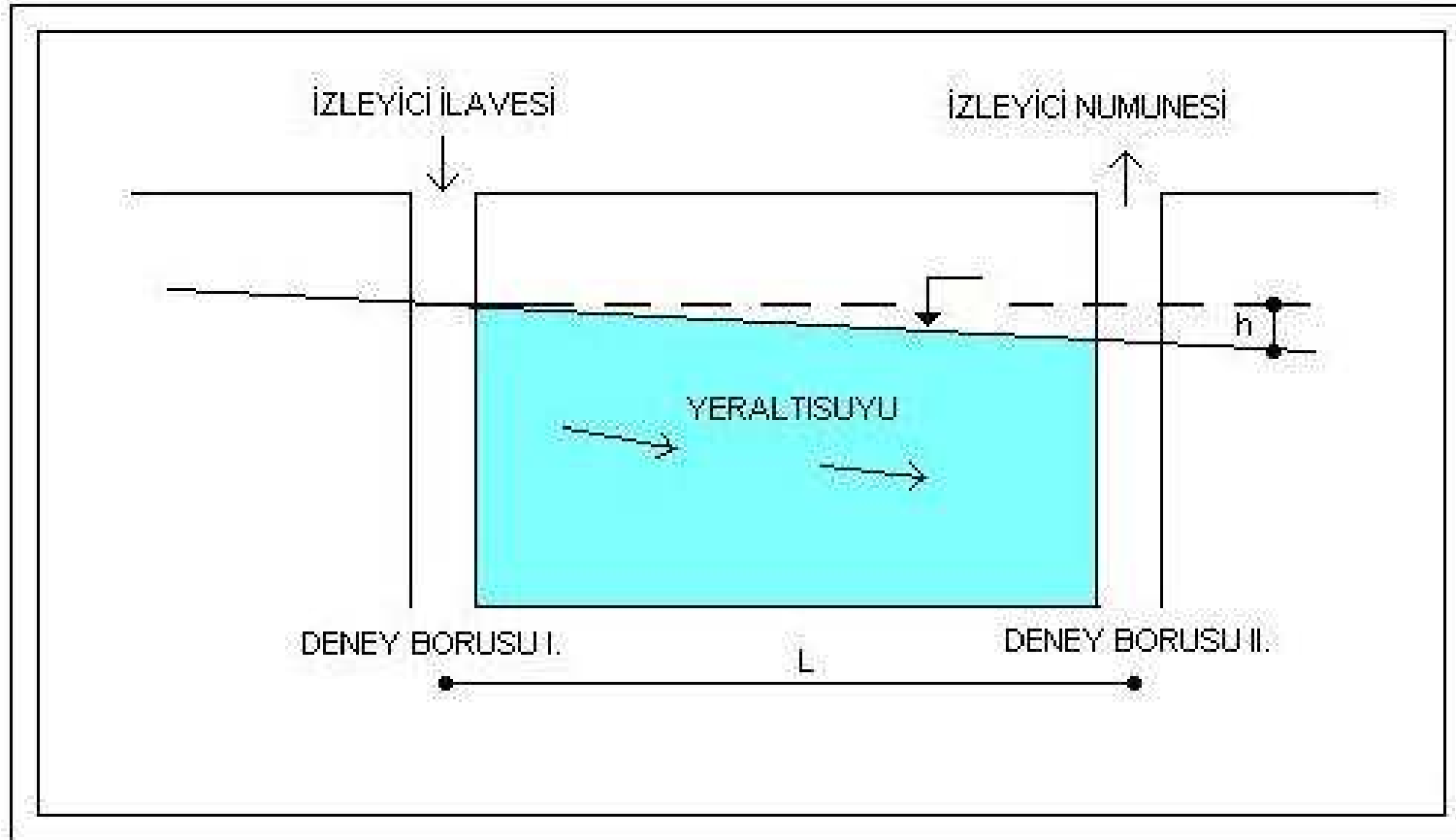
$$K = Q.L/h.A.t$$

- **Elek Analizi ve Ampirik Formüller:** Ortamın hidrolik iletkenliği tane büyüklüğü ile bağlantılıdır. Zeminin granülometrisi eğrisi çizilerek, bu eğriden zemin numaralarını %10 ve 60' ını geçiren elek çarpanları okunur zeminin etkili tane çapıdır.

Zeminin üniformluk kat sayısı; $U = d_{60}/d_{10}$

$U < 5$ ise $K = 116 \cdot d_{10}^2$ $K; (\text{cm/sn}), d_{10}; (\text{cm})$

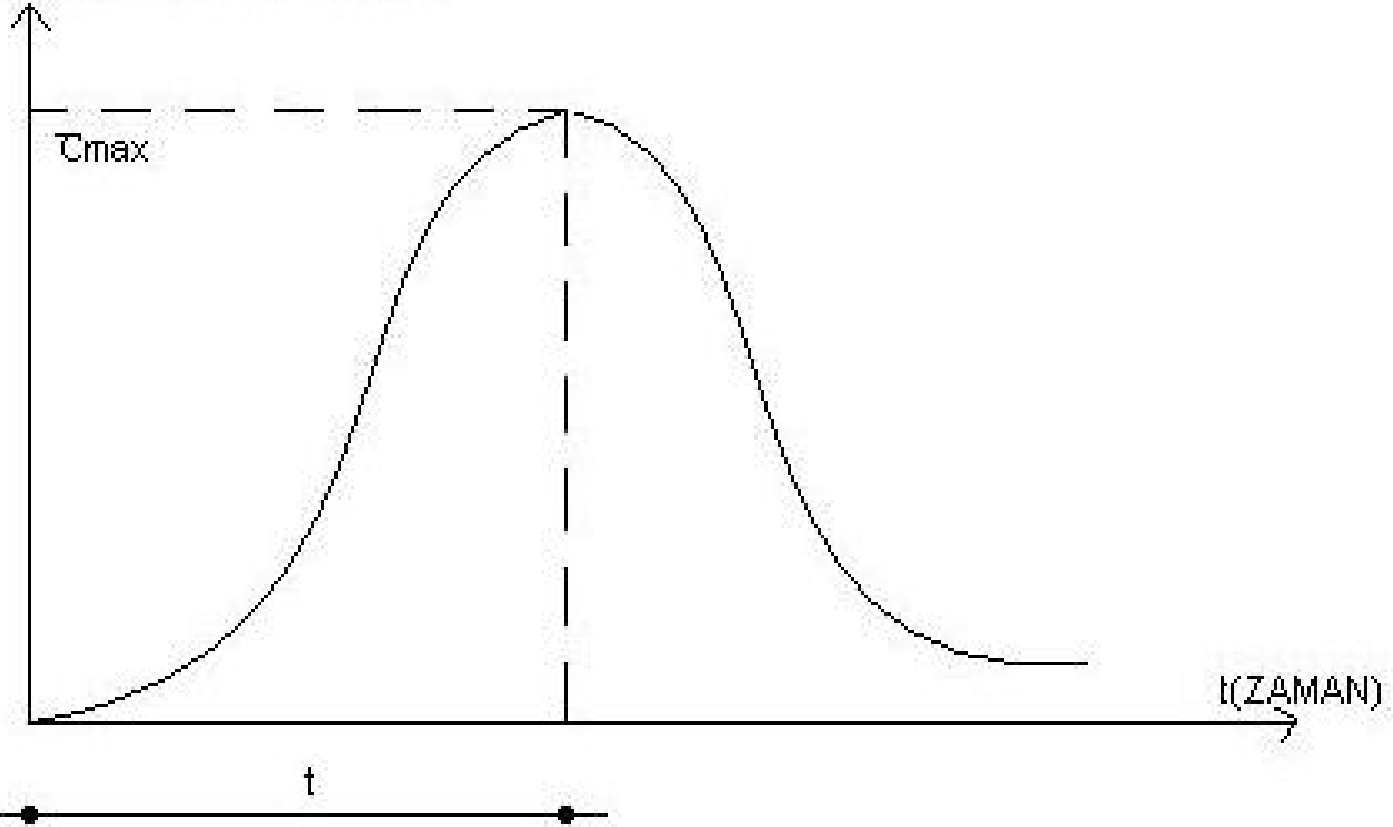
- **Hidrolik İletkenliğin Arazide Ölçülmesi:**
 - a) İzleyici Madde Testi (Deney Boruları)
 - b) Kuyularda Pompa Deneyi
- İzleyici maddeler ile hidrolik iletkenliğin ölçülmesi için zeminde iki adet deney borusu teşkil edilir. Borular arası mesafe, ve izleyicilerin bir borudan diğerine ulaşması için geçen sürenin ölçülmesi yardımıyla suyun hızı bulunur, borulardaki su seviyelerinden eğim ölçülür ve Darcy denklemi uygulanır.



- 1 nolu borudan izleyici madde (boya, tuz yada radyoaktif madde) yer altı suyuna ilave edilir.
- 2 nolu borudan belirli aralıklarla numune alınıp, konsantrasyon ölçülür ve konsantrasyonun zamanla değişimi çizilir.
- Konsantrasyonun max. olduğu noktadaki zaman değeri, izleyicinin 1 borusundan 2 borusuna ulaşması için geçen süredir.

$$K = L^2 / h.t \quad \text{şeklinde hesaplanır.}$$

İZLEYİCİ KONSANTRASYONU



K değerinin zeminin gerçek hidrolik iletkenliğine eşit olabilmesi için, deney boruları arası mesafe fazla olmamalı ve yer altı suyunun akış yönü doğru olarak bilinmelidir.

YERALTI SULARININ OLUŐUMU

- Yer altı suyu, zemin yüzeyinin altında su taşımaya elverişli jeolojik formasyonlardaki boşlukları dolduran ve büyük yerleşim merkezlerinin ihtiyaçlarının karşılanmasında kullanılabilen su yataklarıdır.
- Yer yüzüne düşen yağışların belirli bir miktarı zemin içerisine süzülerek yer altı su yatağını oluşturur. Pratik olarak bütün yer altı suları, yüzey suyu orijinlidir.

- Yer altı suları tabii olarak yağmurlar, nehirler, göller ve baraj göllerinden beslenebilirler. Suni olarak yer altı sularını besleyen kaynaklar ise, sulamadaki fazlalıktan zemine sızan sular, su kanallarından sızan sular, yer altı suyunu beslemek için zemine verilen sulardır.
- Bir yer altı suyu yatağından emniyetli bir şekilde alınabilecek su miktarı, su yatağını besleyen ve bu yataktan alınan su miktarı arasındaki dengeye bağlıdır.

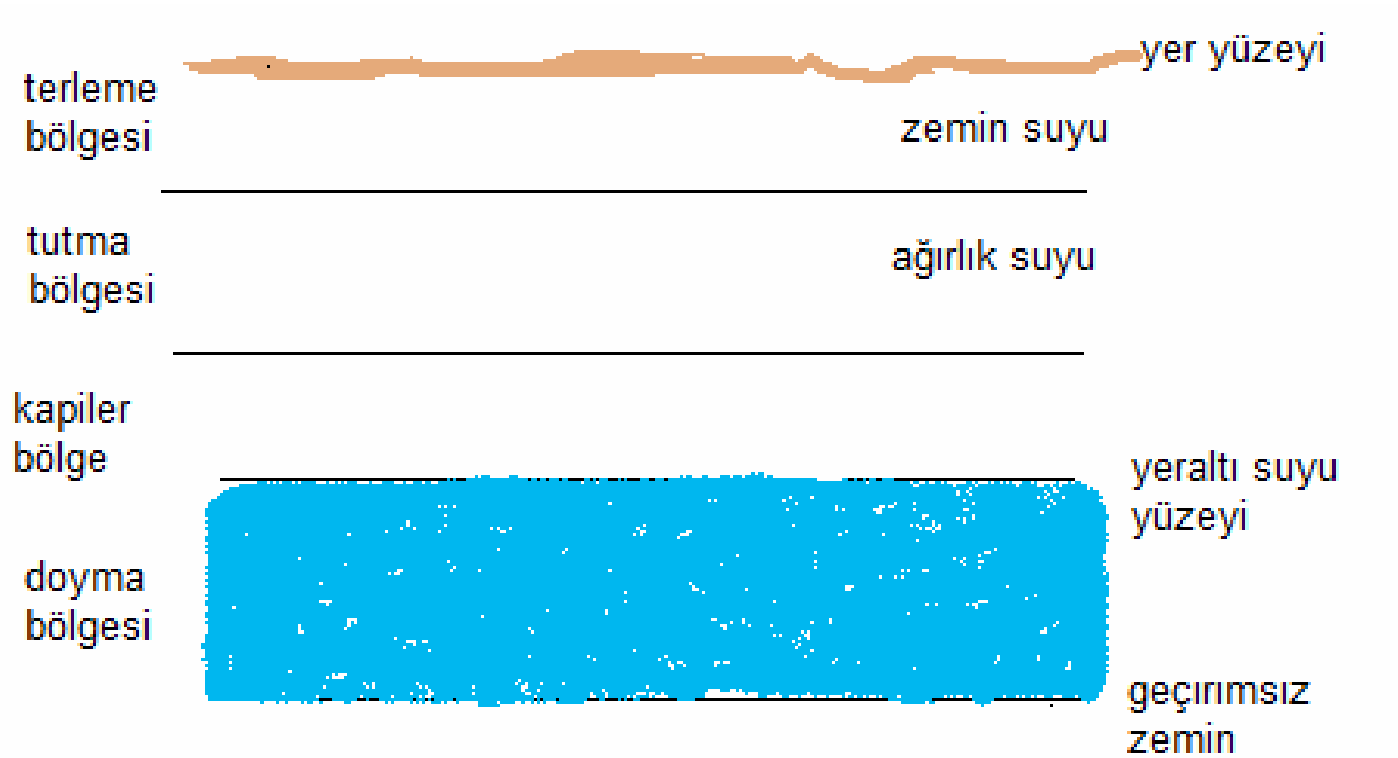
Yer altı sularının zemin içindeki durumları

- Yer altı suyu bakımından zeminler genel olarak 2 gruba ayrılırlar.
- İçinde suların toplanmasına ve akışına imkan veren zeminler; **geçirimli zeminler**
- Suların akışına imkan vermeyen zeminler ise **geçirimsiz zeminler** olarak adlandırılır.

Zemin içinde yer altı suyu

- a) Boşluklarında kısmen su kısmen hava bulunan havalanma bölgesi
- b) Boşlukları tamamen suyla dolu olan doyma bölgesinde bulunur.
- Suyu doymuş bölgenin üst sınırı yer altı suyu yüzeyini meydana getirir.
- Bunun üzerinde suyun zemin daneleri arasındaki boşluklardan emildiği, “kapiler bölge” ve bunun da üzerinde “tutma bölgesi” yer alır.

- En üstte ise bitkiler tarafından kullanılan “terleme bölgesi” bulunmaktadır.
- Su temini bakımından önemli olan doyma bölgesindeki sudur.

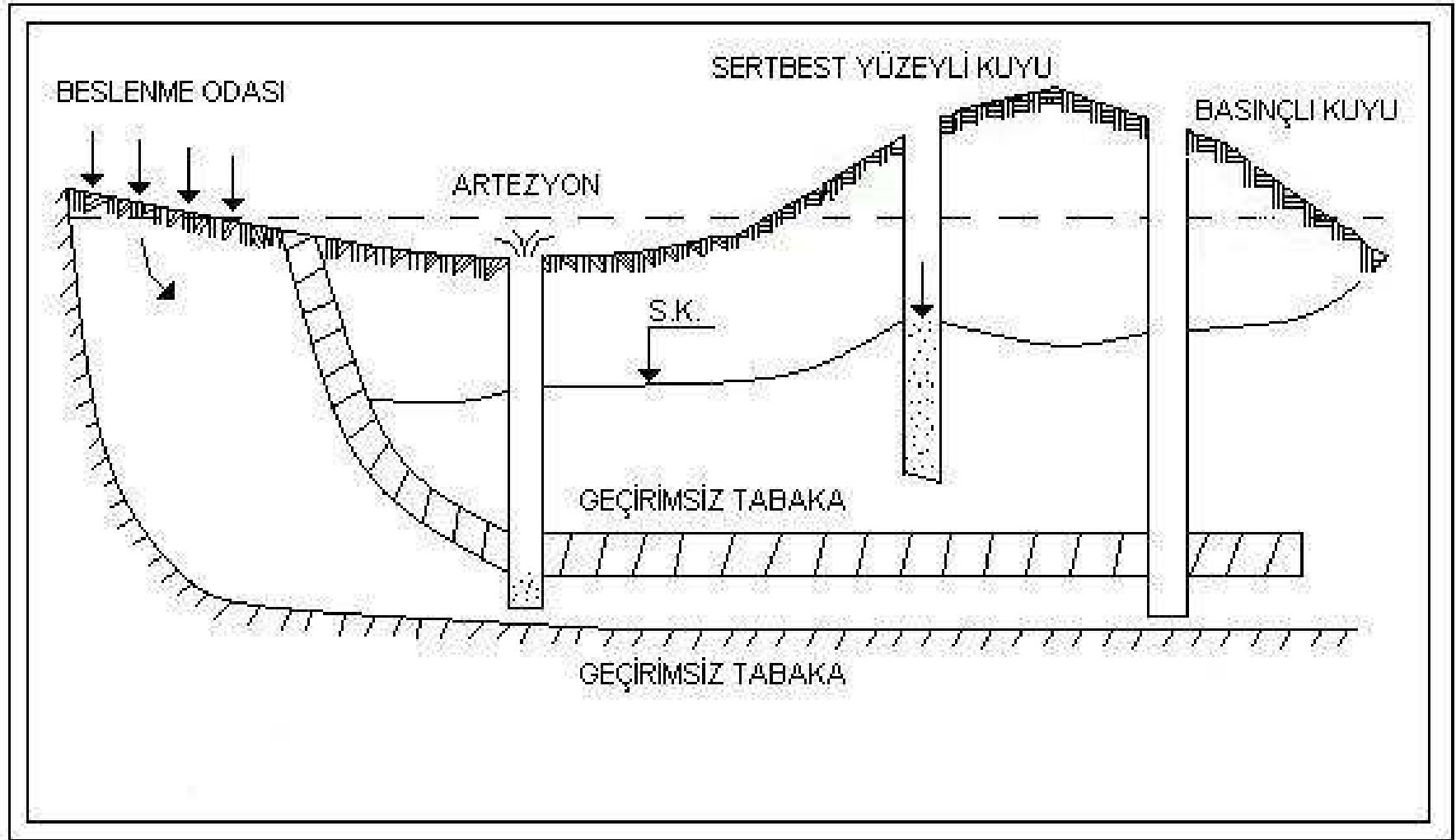


Akifer ve eşitleri

Boşlukları tamamen yer altı suyu ile doymuş olan ve bu suyu bir noktadan diğerine iletebilen formasyonlara akifer (su taşıyan tabaka) denir.

- **Serbest yzeyli akiferler** : Bu tip akiferlerde su yzeyi dalgalı bir biçimde suyun dolma ve boşalma alanına, kuyulardan çekilen debiye ve zeminin permeabilitesine bağlı olarak değişir.

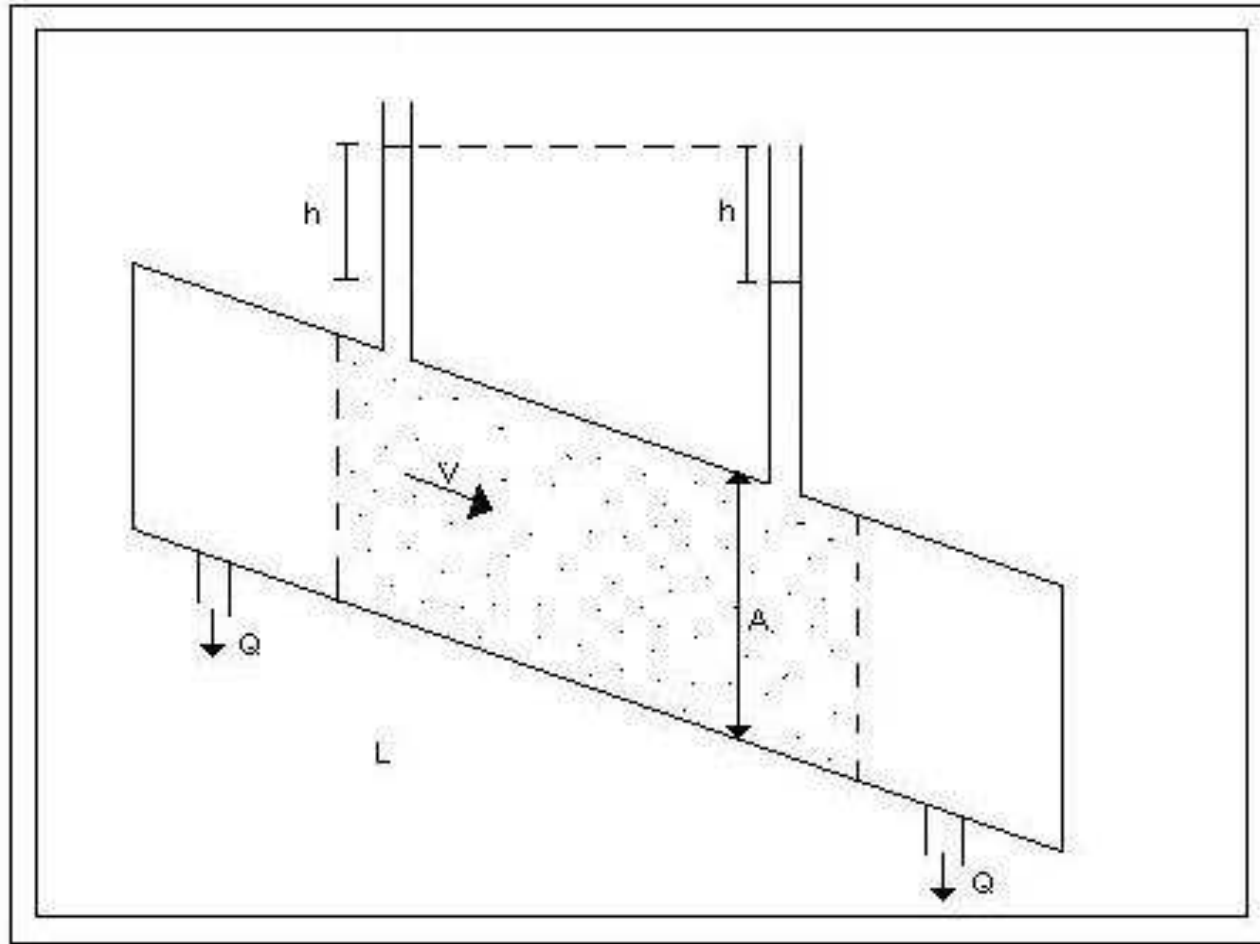
Akiferde depolanan su hacmindeki değişmeye bağlı olarak su yzeyi alçalır veya yzkselir. Yer altı su yzeyi akifere giren kuyulardaki statik su seviyesi (kuyudan su çekilmemesi halindeki seviye) ile belirlenir.



- **Basınçlı akiferler** : Bu tip akiferler su taşıyan tabakanın geçimsiz iki tabaka arasında sıkışması halinde ortaya çıkarlar ve bunlara artezyen adı verilir. Yer altı suyunun basıncı atmosfer basıncından büyüktür. Bu tip akiferlerde bir kuyu açılınca yer altı suyu sıkışmış tabakanın tabanından piyezometre yüzeyine kadar kendiliğinden yükselir. Basınçlı akiferlerde açılmış kuyulardaki su yüzeyinin yükselip alçalması, su hacmindeki değişmelerden çok basınçtaki değişimlere bağlıdır. Bundan dolayı basınçlı akiferlerde bulundurdukları suyun miktarında çok az bir değişmeyle beslenme bölgesinden suyu alarak ihtiyaç bölgesine iletebilirler.

YERALTISUYU HİDROLİĞİ

Darcy Kanunu



Darcy kanununun tatbik edilmesi için;

- Zemin küçük taneli malzemelerden meydana gelmeli.
- Akım laminer olmalı.
- Ortam homojen ve izotrop olmalı.
- Altta yatay ve geçirimsiz bir tabaka vardır.
- Akım permanantdır, yani zamana bağılı olarak rejim değişmez.

HİDROLİK İLETKENLİĞİN TAYİNİ

K hidrolik iletkenlik kat sayısının tayini aşağıdaki gibi yapılır:

- Tahmin metodu
- Laboratuvar metodu
- Elek analizi ve Ampirik formüller
- Arazide ölçüm

- **Tahmin metodu:** Elde hiç veri yoksa, zemin cinsine ve jeolojik formasyonlara bağlı olarak verilen tablolardan bulunabilir.

Örneğin Kaba akıl için K hidrolik iletkenlik değeri: $1,74 \cdot 10^{-3}$ m/sn.

- **Laboratuvar Metodu:** Doyma bölgesinden alınan zemin numuneleri örselenmeden laboratuvara getirilerek, permeametreler yardımıyla belirlenebilir.

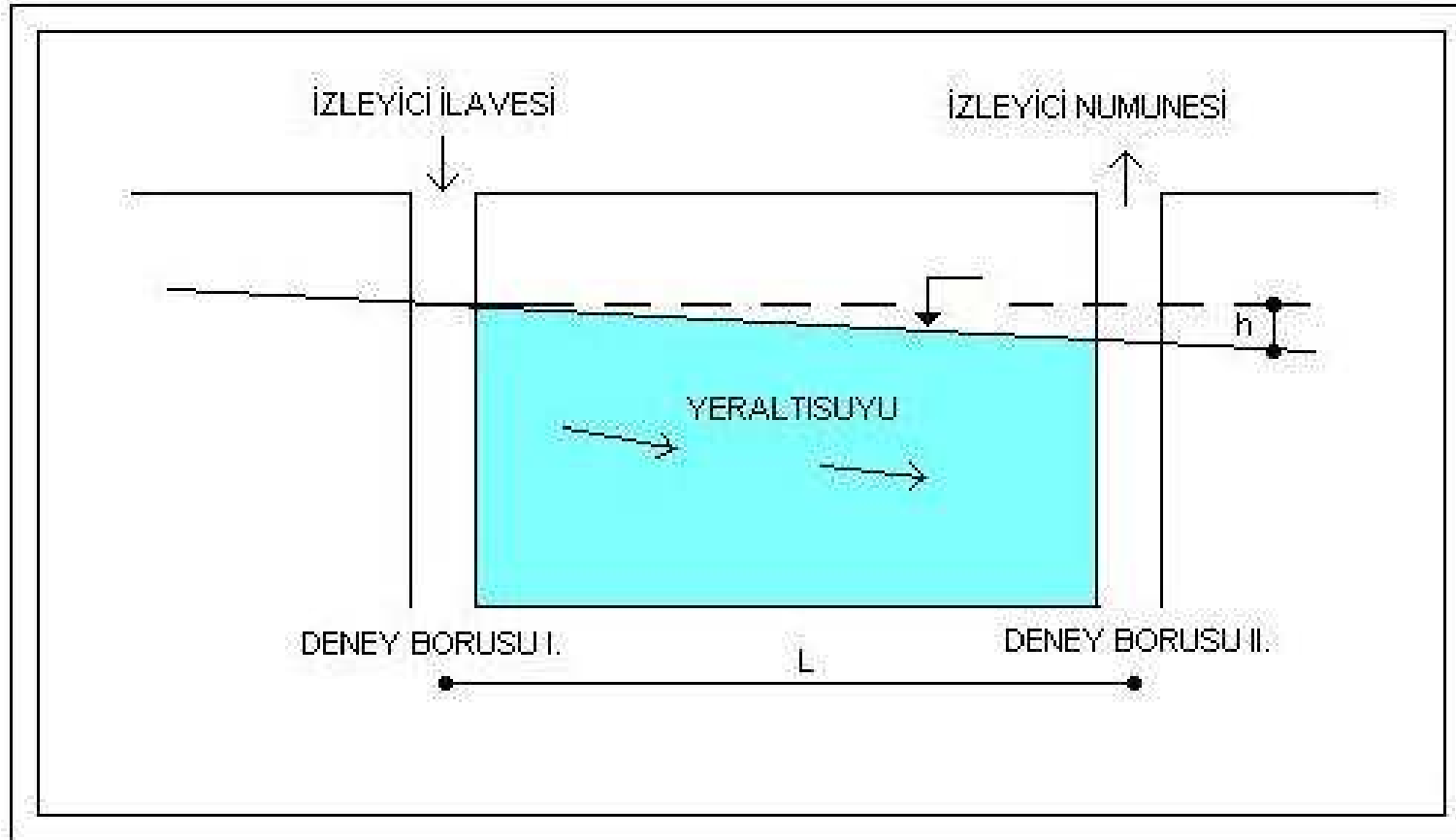
$$K = Q.L/h.A.t$$

- **Elek Analizi ve Ampirik Formüller:** Ortamın hidrolik iletkenliği tane büyüklüğü ile bağlantılıdır. Zeminin granülometrisi eğrisi çizilerek, bu eğriden zemin numaralarını %10 ve 60' ını geçiren elek çarpanları okunur zeminin etkili tane çapıdır.

Zeminin üniformaluk kat sayısı; $U = d_{60}/d_{10}$

$U < 5$ ise $K = 116 \cdot d_{10}^2$ $K; (\text{cm/sn}), d_{10}; (\text{cm})$

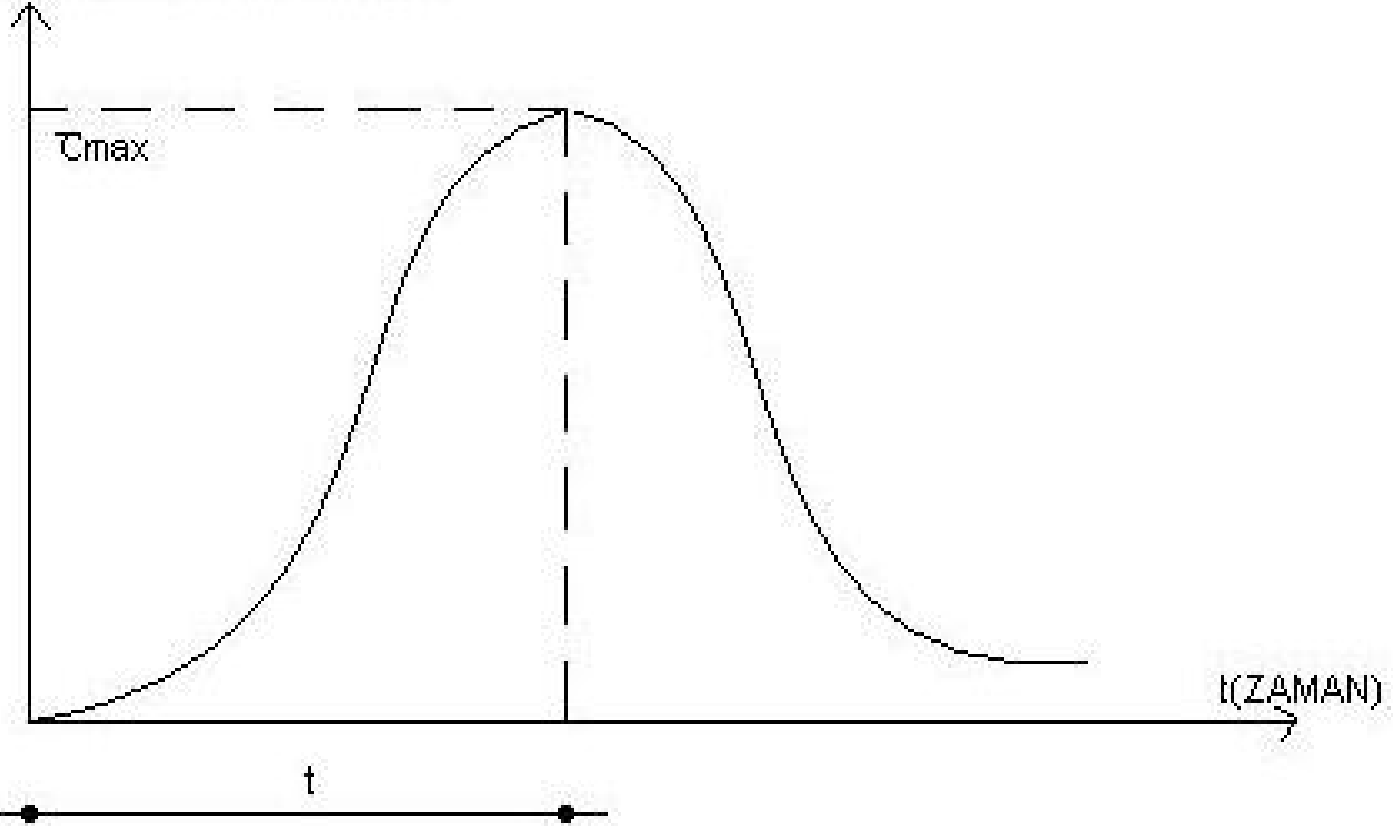
- **Hidrolik İletkenliğin Arazide Ölçülmesi:**
 - a) İzleyici Madde Testi (Deney Boruları)
 - b) Kuyularda Pompa Deneyi
- İzleyici maddeler ile hidrolik iletkenliğin ölçülmesi için zeminde iki adet deney borusu teşkil edilir. Borular arası mesafe, ve izleyicilerin bir borudan diğerine ulaşması için geçen sürenin ölçülmesi yardımıyla suyun hızı bulunur, borulardaki su seviyelerinden eğim ölçülür ve Darcy denklemi uygulanır.



- 1 nolu borudan izleyici madde (boya, tuz yada radyoaktif madde) yer altı suyuna ilave edilir.
- 2 nolu borudan belirli aralıklarla numune alınıp, konsantrasyon ölçülür ve konsantrasyonun zamanla değişimi çizilir.
- Konsantrasyonun max. olduğu noktadaki zaman değeri, izleyicinin 1 borusundan 2 borusuna ulaşması için geçen süredir.

$$K = L^2 / h.t \quad \text{şeklinde hesaplanır.}$$

İZLEYİCİ KONSANTRASYONU



K değerinin zeminin gerçek hidrolik iletkenliğine eşit olabilmesi için, deney boruları arası mesafe fazla olmamalı ve yer altı suyunun akış yönü doğru olarak bilinmelidir.

KUYULAR

- Bir su kuyusu en basit şekli ile yer altı sularını yeryüzüne çıkarmak için zemin içerisinde düşey doğrultuda açılan boşluktur.
- Bazen de kuyular yer altı araştırmaları için suni olarak yer altı suyunu beslemek için veya kullanılmış suları uzaklaştırmak için açılabilir.
- Kuyu tipinin ve inşa metodunun seçimi, kuyuların kullanma amacına, temin edilecek suyun miktarına, yer altı suyunun deriliğine ve jeolojik şartlara ve ekonomik faktörlere bağlıdır.

Kuyular üç grupta incelenir.

- Deney kuyuları
- Basit ve hazneli kuyular
- Derin borulu kuyular

Deney Kuyuları

- Yeni bir bölgede bir kuyu inşa etmeden önce deney kuyularının açılması gerekir.
- Deney kuyuları, yer altı suyunun derinliği, suyun kalitesi, akiferin fiziksel özelliklerini ve kalınlığını belirlemek için açılır. Böylece iyi sonuç vermemesi muhtemel ve pahalı olan kuyuların inşasından vazgeçilebilir.
- Deney kuyuları sondaj makineleri, döner sondaj metotları ve enjeksiyon metotlarından biriyle açılır. Deney kuyularından iyi netice alınırsa bu kuyular geliştirilerek normal kuyu haline dönüştürülür.
- Deney kuyuları açılırken rastlanan değişik jeolojik formasyonlar derinlikleri ile birlikte kayıt edilir, bu kayıtlara kuyu kütüğü denir.

Basit Hazneli Kuyular

- Yer altı suyunun fazla derinde olmadığı zeminlerde el aletleri veya kazım makineleri ile 1-10m çapında ve 20m derinliğe kadar açılan kuyulara basit hazneli kuyular denir. Çapları genellikle 3m'nin altındadır.küçük çaplı hazneli kuyular küçük yerleşim bölgelerinin veya tek bir evin ihtiyacını karşılayacak kapasitededir.
- Kuyu evresi tuğla, taş,beton(geçirimsiz) vb. maddelerle kaplanır.

- Çapları 2m den küçük olan kuyular hazır beton halkalardan inşa edilir. Byk ve derin hazneli kuyularda kazı ilerledikçe kaplamaları aşağıya doğru indirmek sureti ile kuyu inşa edilir. Bu kuyulara keson kuyu denir.
- Keson içerisindeki zemin aletlerle kazılır, alt kısmı boşalan keson kendi ağırlığıyla aşağı iner, diğer taraftan kesonun st kısmı yer yüzünde yapılmaya devam eder. Keson hangi derinlikten su alacaksa, keson yanlarında o derinlikte barbakanlar (su alma delikleri) teşkil edilir.

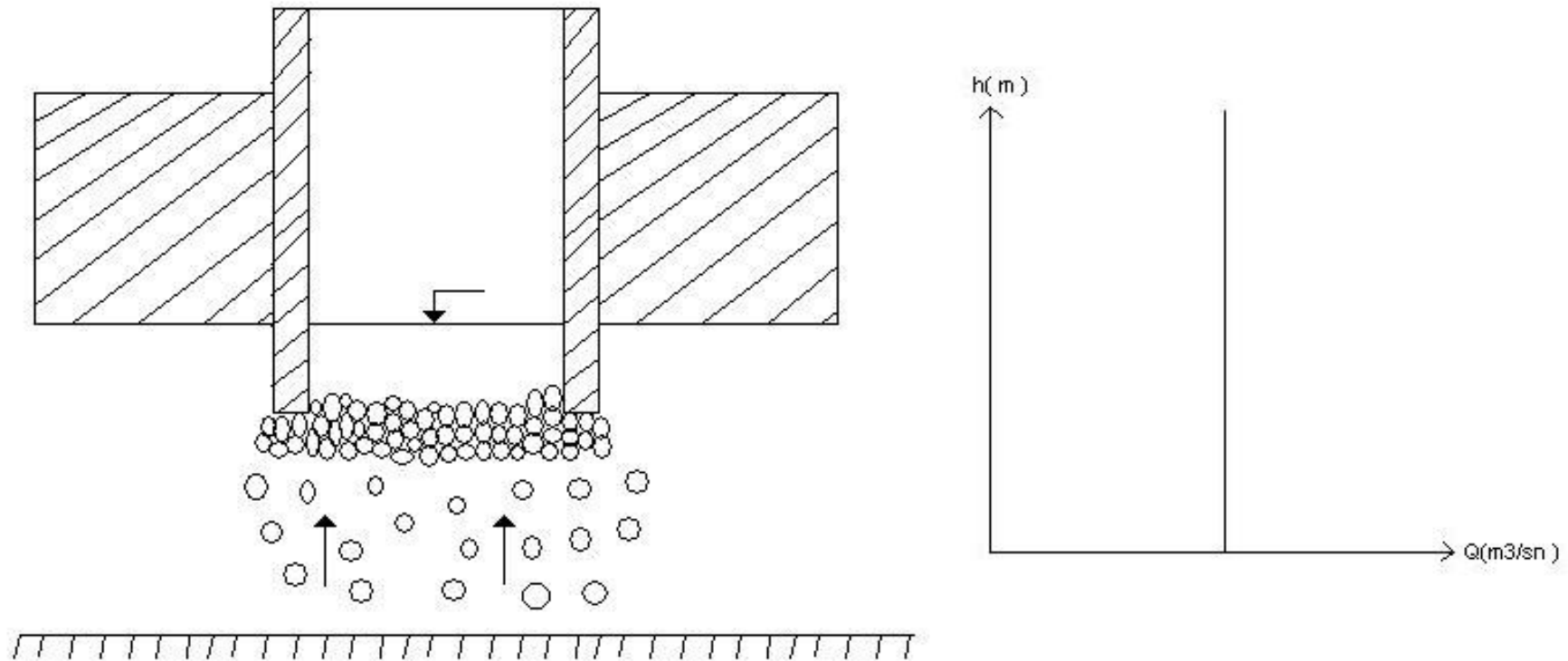
- Kuyu tabanından gelen sular tabandaki kumları harekete geçirmemelidir. Tulumbanın emme borusu kuyu tabanından en az 1 m yukarıda olmalıdır.
- Eğer ince kum geliyorsa, tabanın üzerine, aşağıdan yukarıya doğru tane boyutları büyüyen ve toplam kalınlığı en az 25 cm olmak üzere bir filtre tabakası teşkil edilir.
- Kuyuda su seviyesi alçalmasının maksimum olması halinde, kuyudaki su yüksekliği 2m'den az olmamalıdır. Hazneli kuyular, konsolide olmamış ve alüvyonlu zeminlerde su temininde sık kullanılır ve basit metotlarla açılabilir. Kuyunun kuruda inşası için aşağıdaki metotlardan biri uygulanır.

- 1) Zemin yer altı suyu seviyesine kadar kazıldıktan sonra pompa vasıtası ile su boşaltılır.
- 2) Kuyu etrafında açılan deliklere CO₂ gazı doldurulur ve yer altı suyunun kuyu çukuruna girmesi önlenir.
- 3) Kuyu çukurunun etrafına borular yerleştirilerek, yer altı su seviyesi düşürülür.
- 4) Keson usulü ile kuyu açılır.

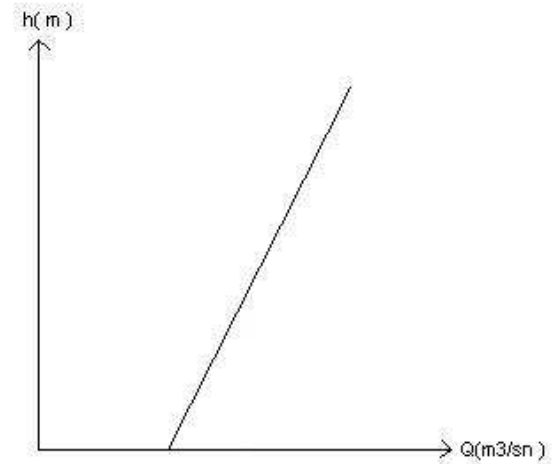
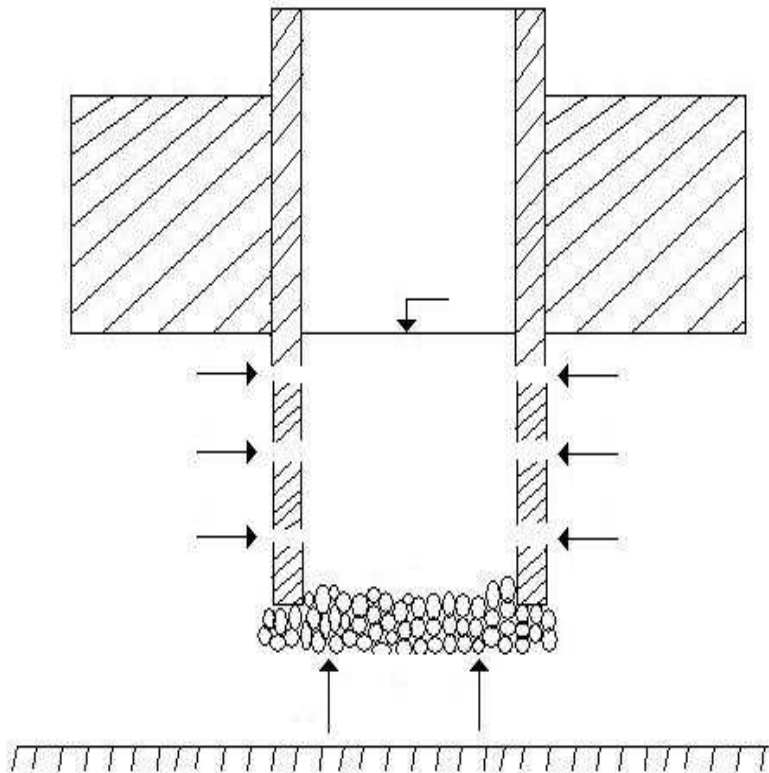
Hazneli kuyular, su alma şekillerine göre üç grupta incelenebilir:

- **A) Sadece tabandan su alan hazneli kuyular:**
Küçük grupların su ihtiyacı için açılır ve kuyunun geçirimsiz tabakaya kadar indirilmesi gerekmez.
- **B) Hem tabandan, hem yanlardan su alan kuyular:** Kuyunun derinliği birinciye göre daha fazladır. Yan cidarlarda bırakılan boşluklar, toplam yan yüzeyin $1/4$ ' ü kadardır.
- **C) Sadece yanlardan su alan hazneli kuyular:**
Kuyu geçirimsiz zemine kadar iner. Bu tip kuyularla daha çok su alınır.

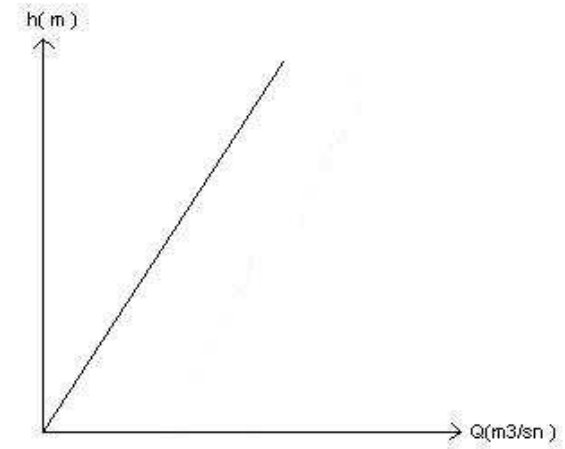
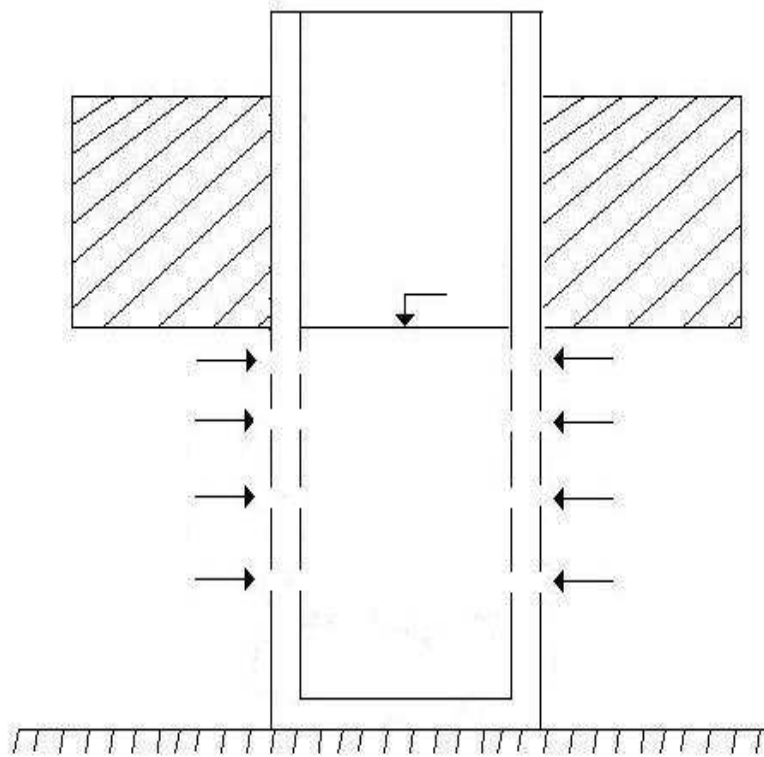
Sadece tabandan su alan hazneli kuyular



Hem tabandan, hem yanlardan su alan kuyular



Sadece yanlardan su alan hazneli kuyular



BORULU KUYULAR

- Borulu kuyular, birbirine ekli boru parçalarını zemin içine indirmek sureti ile teşkil edilir.
- Bu kuyulara su, indirilmiş yer altı seviyesinin altında kalan boru parçaları üzerinde açılmış deliklerden girer.
- İnşa edilmeleri kolaydır. Çapları küçüktür ve kirlenme tehlikesi azdır. Her türlü yer altı suyu tabakasından su temin edilebilir.

- Derin tabakalardan su alınabildiğinden, debileri mevsimlere göre fazla değişmez. Çeşitli yer altı suyu tabakalarından aynı anda su alınabilir, istenmeyen su tabakasının geçilmesi kolaydır.
- Borulu kuyular sığ ve derin olmak üzere iki grupta toplanır.

Sığ kuyular inşa metoduna göre;

1) Çakma Kuyular:

Bu kuyular birbirine eklenmiş boru parçalarının bir şahmerdanla zemine çakılması sureti ile teşkil edilir, en alttaki borunun üzeri deliklidir.Çapları 2,5-10 cm arasındadır.derinlikleri 15 m yi geçmez. İyi netice alınması için yer altı suyu derinliğinin 3-5 m olması istenir. Verimleri 100-250 m³/gün arasındadır.

2) Burgu ile Açılan Kuyular:

Yer altı su seviyesinin zemin yüzeyine yakın olduğu, konsolide olmamış akiferlerde inşa edilir. Küçük ihtiyaçlar için en ucuz metottur. Motorla çevrilen burgularla 1 m çapında ve zemin özelliklerine göre 30 m' ye kadar kuyu açılabilir.

3) Enjeksiyon Metodu İle Açılan Kuyular:

- Zemin içerisine püskürtülen su jetlerinin parçalayıcı etkilerinden faydalanarak inşa edilirler. Büyük çaplı bir muhafaza borusu içerisine yerleştirilen küçük çaplı borudan bir tulumba ile yüksek basınçlı su püskürtülür.
- Su zemini gevşetir ve kesici alet kolayca ilerler. Püskürtülen su, parçalanan zemini dışarı atarken muhafaza borusu zemin içerisine ilerler. Bu metotla 3-10 cm çaplı ve 15m derinliğinde kuyular açılır.
- Verimleri düşüktür ve konsolide olmamış zeminlerde iyi netice verirler. Daha çok gözetleme kuyusu olarak açılır.

Derin kuyular;

Derin kuyular çeşitli tip ve büyüklükteki sondaj makineleri ile açılır. Sondaj metotları üç şekilde olabilmektedir.

- Darbeli sondaj metodu
- Döner sondaj metodu
- Döner darbeli sondaj metodu

Darbeli sondaj metodu,

- 8-60cm çaplı ve 600m derinlikte kuyular açılabilir. Konsolide olmuş ve sert zeminlerde daha etkilidir.
- Bir şahmerdan yardımıyla kesici ve parçalayıcı aletler zemine vurularak delik açılır. Kazılan malzeme dışarı atılarak açılan deliğe boru indirilir.

Döner sondaj metodu,

- Çeşitli zeminlerde sıvı devirli veya havayla açılabilen sondaj kuyuları bu gruba girer.
- 45-180 cm çap ve 150 m derinliğe kadar değişen boyutlarda kuyular açılabilir.

Döner darbeli sondaj metodu

- Son zamanlarda geliştirilmiş bir metottur. Sondaj sıvısı yerine hava kullanılır. Döner sondaj takımı bir çekiçe delik tabanına saniyede 10-15 darbe indirir. Bu metotla saniyede 0.3 m derinliğinde delik açılabilmektedir.

KUYULARIN DONATIMI

- Kuyular zeminde açıldıktan sonra donatılarak tamamlanmalıdır.
- Kuyuların tamamlanması için kuyunun kaplanması, kaplamanın çimento şerbeti ile takviyesi, kum çakıl filtrelerinin seçimi ve yerleştirilmesi, kuyu başlık hücresinin teşkili ve uygun teçhizatın seçilmesi gerekir.

1) Kuyu Kaplaması (muhafaza borusu):

- Çeşitli metotlarla açılan kuyu boşluğunu cidarlarda meydana gelebilecek çökmelere karşı korur ve yüzeyden yer altı suyu yatağına kadar uzanan sondaj deliğinin sürekliliğini temin eder.
- Yüzeyden sızan suların ve yer altında istenmeyen tabakalardaki suyun kuyuya girmesini önler.

- Kendisini tutamayan zeminlerde kuyu cidarının dış yüzeyinden de kaplanması gerekir. Pompa muhafaza borusunun çapı tulumba gövdesinin çapından en az 5 cm daha büyük olmalıdır.
- Korozyonun problem olacağı yer altı sularında metal olmayan pişmiş kil, asbestli çimento, plastik ve fiberglas tipi borular kullanılabilir.
- Muhafaza boruları, sondaj deliği açıldıktan sonra kuyu boşluğuna indirilerek inşa edilebilir.

2) Kuyunun imentolanması

- Kuyu muhafaza borusu teŖkil edildikten sonra, etrafı ember Ŗeklinde imentolanarak, istenmeyen suların girmesi ve korozyonla muhafaza borusunun aŖınmasını önler, ayrıca boŖluklu zeminlerin stabilitesi temin edilir.

3) Filtre Borusu

- Gevşek zeminlerde açılan kuyularda kuyu içine kuyu boşluğuna filtre borusu yerleştirilir. Veya muhafaza borusunun alt kısmı filtre şeklinde yapılır.
- Filtre boruları kuyu içine kum sürüklenmesini önler, hidrolik direnci azaltarak kuyu içerisine fazla su girmesini sağlar.
- Filtre borusu üzerindeki delikler, daire ,yarık veya panjur şeklinde olabilir.
- Filtre borusu delikleri kolay tıkanmayacak kadar ve zeminin kuyu içerisine akmasını önleyecek kadar büyük olmalıdır. Filtre borusu delikleri 1-6 mm arasındadır.

- Filtre borusu yüzeyindeki deliklerin toplam yüzeyinin, boru yüzeyine oranı min 0.15 olmalıdır.
- Filtre borusu kuyudan alınacak debiyeye yer altı suyu yatağının kalınlığına bağı olarak seçilir.
- Filtre borusu, kauçuk kaplı çelik, reçine ve plastik kaplı çelik, paslanmaz çelik, font, bakır, pirinç, asbestli çimento ve PVC gibi malzemelerden yapılabilir.

- Yer altı sularının filtre borularına giriş hızları ile zeminin hidrolik iletkenliği arasında bir bağlantının olduğu yapılan çalışmalarda gözlenmiştir.
- Optimum filtre giriş hızları, filtre borusunun boyutlarına bağlı olarak;

$V_f = Q / c.\pi.d_f.L_f.P$ eşitliği ile hesaplanabilir.

V_f : Optimum filtre giriş hızı

Q : Kuyudan çekilen debi

c : Tıkanma katsayısı (0.5)

d_f : Filtre borusunun çapı

L_f : Filtre borusunun boyu

P : Filtre borusundaki toplam delik alanların yüzdesi

Kuyu filtrelerinde optimum giriş hızları

<u>k (m/gün)</u>	<u>Vf (m/dk)</u>
>250	3.7
250	3.4
200	3.0
160	2.7
120	2.4
100	2.1
80	1.8
60	1.5
40	1.2
20	0.9
<20	0.6

- Bir yer altı suyu yatağı için akifer kalınlığına, zemin cinsine, kuyudan alınan debiye ve filtre tipine bağılı olarak uygun filtre borusu çapı ve filtre borusu boyu seçilebilir.
- Zeminin üniformluk katsayısının (d_{60}/d_{10}) 5'ten küçük veya 5'e eşit olması durumunda filtre borusundaki deliklerin büyüklüğü zemin tanelerinin % 40 ila 50'sini tutacak şekilde seçilir.

- Üniformluk katsayısının 5'ten büyük olması halinde, bu delikler zemin tanelerinin % 30'u ile 50'sini tutacak şekilde seçilir. Bu durumlarda filtre borusundaki deliklerin çapı d_{50} ile d_{80} olacak şekilde seçilir.
- Yer altı su yatağının durumuna göre filtre borularındaki su hızı 1.2-2.0 m/sn arasında kalacak şekilde çap seçilebilir.
- Filtre borusunun çapı, muhafaza borusunun çapına; muhafaza borusunun çapı da kullanılacak tulumbanın çapına bağlı olarak seçilir.

Kum-Çakıl Filtreleri

- İnce daneli, gevşek zeminlerde açılan kuyularda filtre borusunun deliklerinin küçültülmesi gerekir.
- Pratikte bunun mümkün olmadığı veya zor olduğu gerekçesiyle delikleri küçültmek yerine; filtre borusunun etrafına kum-çakıl filtresi teşkil edilir.
- Kum-çakıl filtreleri ya dışarıda hazırlanarak zemin içine indirilir, veya zemin içinde oluşturulur.

Kuyularda oluşturulan kum-çakıl filtreleri;

- Akiferi stabilize eder.
- Kuyuya kumların girmesini ve sonuçta pompaların aşınmasını minimuma indirir.
- Filtre borusundaki deliklerin büyük çapta yapılmasına ve max giriş yüzeyinin sağlanmasına imkan verir.
- Kuyu etrafında permeabilitesi yüksek bir tabaka oluşturarak etkili kuyu yarıçapını ve dolayısıyla kuyu verimini artırır.

- Kum-çakıl filtrelerinin max dane çapı 1 cm civarındadır. Filtre tabakalarının kalınlıkları ise 6-15 cm arasında değişir.
- Filtre borusu içine yerleştirilecek Emme Borusu (ve klape) içinde su hızı 0.7-1.0 m/sn olmalıdır (Yük kayıplarının az olması için).

Kum çakıl Filtrenin dane çapının tayin edilebilmesi için;

- Önce zeminin granülometri eğrisi çizilir.
- Bu egride üniformaluk katsayısı olan C_u ve d_{80} ile d_{90} bulunur. $C_u = d_{60}/d_{10}$
- Eğer $C_u < 3$ ise $d_1 = (4-6) \cdot d_{80}$
- Eğer $3 \leq C_u < 5$ ise $d_1 = (4-6) \cdot D_{90}$

Hesaplanan bu çaplar, filtre borusundaki delik çaplarının en az 3 katı olmalıdır. Eğer bu şart sağlanmazsa 2. bir tabaka; bu da yeterli olmazsa 3. bir tabaka seçilebilir.

- Bu durumda her tabaka bir öncekinin 4 ila 6 katı bir çapta olmalıdır.

$$d_2 = (4-6) \cdot d_1$$

$$d_3 = (4-6) \cdot d_2$$

SULARIN İLETİLMESİ (İSALE)

- Suyun temin edileceği kaynaktan derlenen suların ihtiyaç bölgelerine götürülmesine yarayan tesislere isale (iletim) hattı denir.
- İsale hatları genel olarak suyu taşıyan bir eleman (boru , açıkkanal, galeri, tünel, akedük) ile bu elemanın gerektirdiği teçhizattan meydana gelir.

İSALE HATTI ÇEŞİTLERİ

İsale hatları akımın şekline göre,

- Serbest yüzeyli
- Basınçlı

İsale hatları olmak üzere 2 tiptir.

Boru ve tulumbaların bulunmadığı dönemlerde, mecburi olarak serbest yüzeyli İsale ile sular iletilmekteydi.

Basınçlı isale hatları da,

- Cazibeli isale
- Terfili isale

olmak üzere 2 tipte oluşturulabilir.

Serbest yüzeyli isale hatlarının basınçlı isale hatlarına nazaran bazı mahsurları vardır.

Bu mahsurlar:

- İsale hattının güzergahı yönünde açık kanallar ve galeriler belirli bir eğimde olacakları için özel yapılar gerektirirler. Ancak borularda böyle bir olay söz konusu değildir. Her tip zeminde döşenebilirler.
- Kirlenmeye karşı korunma yönünden serbest yüzeyli isalelerde suyun her zaman için kirlenmesi mümkündür. Ancak borularda bu problem yoktur.
- Serbest yüzeyli isalelerde debilerin ayarlanması zordur. Borularda ise debiler kolayca ayarlanabilir.

BASINÇLI İSALE HATLARI

- Basınçlı isale hatlarında, serbest yüzeyli isalede rastlanan tat, koku ve renk bozulmalarıyla kirlenme tehlikesi ortadan kaldırılmış olur. Ayrıca isale hatlarının boyları kısalmır. Boruların taşınması ve döşenmesi kolaydır.
- İsale hatlarında yüksek hızlar, vanaların açılıp kapanması, pompaların ani olarak durması ve çalışması gibi durumlar, meydana gelen su darbelerini önemli ölçüde arttırmırlar

- Ayrıca yüksek hızlar, borularda aşınmalara sebep olur. Düşük hızlar ise su içindeki askıda maddelerin çökmesine sebep olur. Bu sebeplerden dolayı isale hatlarında tavsiye edilen hız değerleri, 0,6 ila 1,8 m/sn arasında değişir. Özel durumlarda daha yüksek hızlara müsaade edilebilir.
- İsale hatlarında kullanılacak borunun çapı ihtiyaca göre değişmekle birlikte, 100 mm den küçük çaplı boruların kullanılmaması istenir.
- İsale hatlarında çelik, font, asbestli çimento, galvanizli sac, betonarme ve PVC borular kullanılabilir.

Boru çaplarının hesabı

- İsale edilecek debiye, tavsiye edilen hız limitlerine ve yük kayıplarına göre bir boru çapı seçilir. İhtiyaç debisinin iletilmesi sırasında meydana gelebilecek yük kayıplarının mevcut yükten daha büyük olmaması gerekir.
- İsale hatlarının boru çapları, bilinen hidrolik formüllerden biriyle hesaplanabilir. Bunlar;
 - Darcy-Weisbach
 - Hazen williams
 - Dandl Colebrook formülleridir

- Darcy-Weisbach denklemi:

$$\Delta h = \lambda \cdot L \cdot V^2 / 2 \cdot g \cdot D$$

$$J = V^2 \cdot \lambda / 2 \cdot g \cdot D$$

λ : (f) pürüzlülük (sürtünme) katsayısı

Δh : yük kaybı

L: boru boyu

D: boru çapı

V: ortalama hız

- Hazen Williams denklemi:

$$V = 0,85.C.(D/4)^{0,63} .J^{0,54} \quad Q = 0,278.C.D^{2,63} .J^{0,54}$$

C: hazen katsayısı (95-130)

- Prandtl Colebrook denklemi

$$V = [-2\log(2,51.\gamma /D.(2.g.3.D)^{1/2} + k/D.3,71)].(2.g.J.D)^{1/2}$$

- Uzun isale hatlarında yersel yük kayıpları, sürekli kayıplar yanında ihmal edilebilir derecede küçüktür ve hesaplanmaz.
- Ancak, içmesuyu şebekelerinin hesabında Colebrook formülündeki k pürüzlülük katsayısı, 0.1 yerine 0.4 olarak alınmalıdır
- (İsale hatlarında $k=0.1$ şebekede $k=0,4$ alınır).

CAZİBELİ İSALE

- Kaptaj kotunun şehir suyu haznesinin giriş kotundan yeteri kadar büyük olması halinde sular cazibeyle iletilir.
- Topoğrafik harita üzerinde işaretlenen plan yardımıyla önce zemin profili, sonra da boru profili çizilir.
- İsale borusunun profili çizildikten sonra mevcut hidrolik yüke ve iletilecek debiye göre boru çapı tayin edilir.

Cazibeli İsale Hattında Donatım Elemanları

- Borularda akışın kesintisiz bir şekilde sağlanması, boruların gerektirdiği hallerde boşaltılması, boruların çeşitli zararlardan korunması, gerektiğinde yüksek basınçların düşürülmesi vb. şartların yerine getirilmesi için borular çok sayıda işletme ve elemanlarla donatılır. Cazibeli isale hatlarında kullanılan donatım elemanları vanalar, vantuzlar (hava vanaları), maslaklar ve tespit kitleleridir.
- **1) Vanalar :** Cazibeli isale hatlarında kullanılan vanalar.
 - a) Tevkif (kapatma)vanalar
 - b) Tahliye (boşaltma) vanaları
 - c) Basınç kırıcı vanalar.

- İletim hattında meydana gelen arızaların tamirlerini yapabilmek için suyun kesilmesi işlemi, isale hattında belirli aralıklarla yerleştirilen tevkif vanaları yardımıyla yapılır.
- Tahliye vanaları boruların alçak yerlerinde biriken tortuları temizlemek ve hattı boşaltmak için güzergahın en çukur noktalarında teşkil edilir.
- Basınç kırıcı vanalar, borudaki akışın basınç altında oluşmasını temin etmek üzere maslakların ve haznelerin girişine konur.

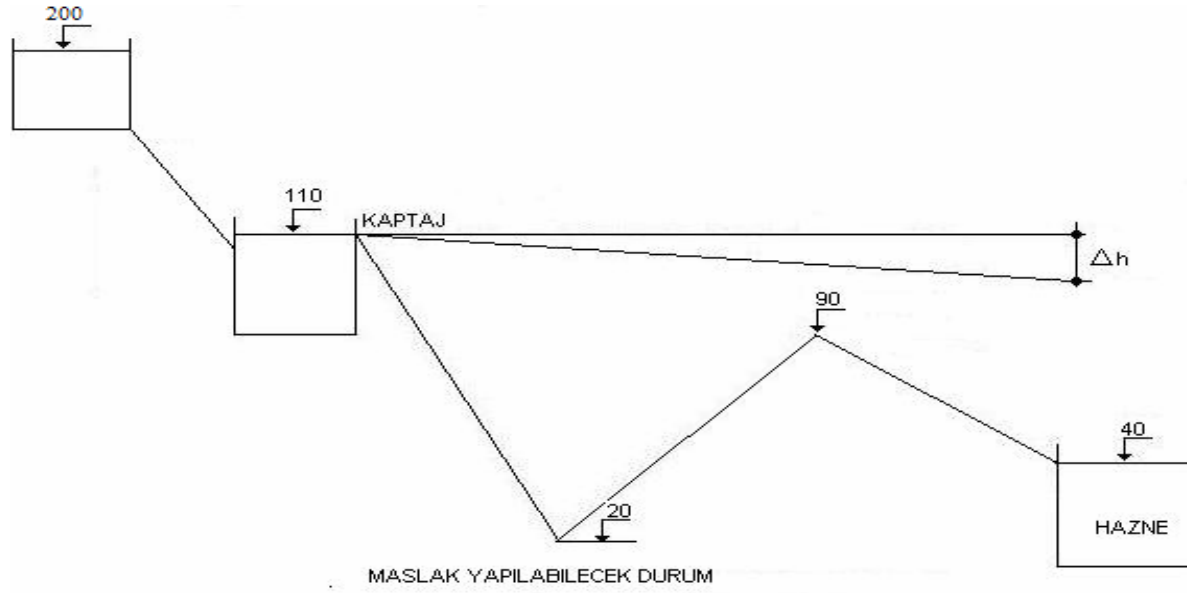
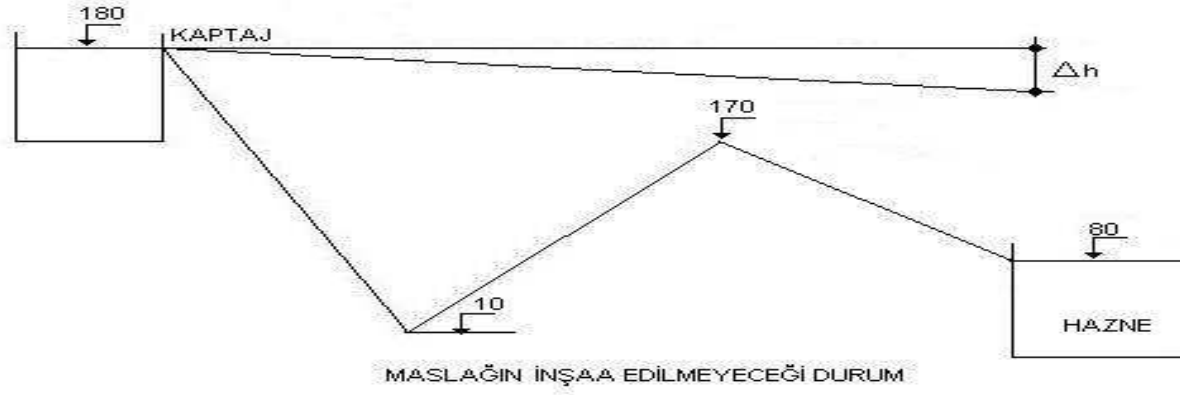
2) Vantuzlar (hava vanaları): Suyun içerisinde erimiş halde bulunan hava miktarı basıncın artmasıyla birlikte artar. Basıncın herhangi bir şekilde azalması halinde eriyik halindeki havanın bir kısmı serbest halde açığa çıkar. İsale hatlarının yüksek noktalarında sık sık rastlanan bu durumda, boru içinde açığa çıkan hava boşaltılmazsa boru kesiti daralır ve suyun akışına mani olur, neticede boru hattının verimi düşer. Bunu önlemek için isalenin yüksek noktalarında hava boşaltma tertibatı konur.

- Bir diğer durum da boruların ani olarak boşaltılması sonucu ortaya çıkar. Borunun kırılması halinde su boşılırken, boruya hava girmediği takdirde boru içerisinde vakum oluşur ve boruda göçmeler olabilir. Bu durumu önlemek için isale hattına, boruya hava girmesini temin eden cihazlar yerleştirilebilir. Borudaki havanın tahliyesini ve gerektiğinde de boru ya hava girmesini sağlayan cihazlara vantuz adı verilir.

3) Hava Bacaları

Piyezometre çizgisi ile boru eksenini arasındaki mesafenin büyük olmadığı hallerde (30 m'ye kadar) vantuz vazifesini görmek üzere hava bacası yerleştirilir.

- **4) Maslaklar (basınç düşürücüler):** İsale hatlarında su basıncının fazla olduğu bölgelerinde, yüksek basınçlara dayanıklı boruların seçilmesi gerekir, bu durum ise maliyeti arttırır. Bunu önlemek için imkan olan durumlarda basınç düşürücüler kullanılarak basınçların azaltılması sağlanır. (atmosfer basıncına iner)
- Basınç düşürücüler basit olarak giriş , çıkış, boşaltma boruları ile dolu savakla donatılmış bir haznedir. Basınç düşürücünün yeri, mansap tarafındaki kritik noktadan yeteri kadar yukarıda seçilmelidir.



5) Tesbit kütleleri

Boruların dik eğimli yerlerde döşenmesi durumunda veya dirseklerin bulunduğu yerlerde boruların kaymasını veya ayrılmasını önlemek için konulan kütlelere tesbit kütleleri denir.

TERFİLİ İSALE

- Kaptajdaki su kotunun hazne kotundan daha düşük olması halinde, suyun pompalarla yükseltildiği isaledir.
- Terfi tesisleri genel olarak kaptaj civarında inşa edilir. Mümkün olduğu takdirde isale hattı devamlı yükselerek hazneye ulaşmalıdır.
- Suların kaptajdan hazneye yükseltilmesinde pistonlu tulumbar ve santrifüj tulumbar olmak üzere 2 tip tulumba kullanılır.

Pistonlu tulumbalar

- Pistonlu tulumbaların emme yükseklikleri daha fazla ve randımanı da daha yüksektir.
- Basılan su miktarı terfi yüksekliğiyle değişmez.
- Bu tulumbalar pahalıdır ve çok yer kaplar.

Santrifüj tulumbalar

- Emme yükseklikleri daha az, verimleri daha düşüktür.
- Basma yüksekliği arttıkça basılabilecek debi azalır.
- Bu tulumbalar daha az yer kaplar ve devreye çabuk girer.

Tulumbaların gücü;

- Buhar beygiri cinsinden: $N = Q.H/75.\mu$
- Kwat-saat cinsinden: $N = Q.H/102.\mu$

Q: Terfi debisi (L/sn)

H: Basma yüksekliği

μ : Toplam randıman

N: Tulumba gücü

Pistonlu tulumbalar $Q/H < 1/30 - 1/50$ için ekonomiktir.

Terfi Merkezi İçin Yer Seçimi

Terfi merkezinin yeri seçilirken aşağıdaki hususlara dikkat edilmelidir.

- Tesisin bulunduğu yere kolayca gidilip gelinmeli, makine ve teçhizatın kolayca taşınması için yol kenarları tercih edilmelidir.
- Feyezan bölgesinin dıŐında olmalıdır.
- Taşıma gücü fazla olan zeminler seçilmelidir.
- Y.A.S.S. fazla yüksek olmamalıdır.
- Bu Şartlar sağlanamadığı taktirde sular bir n tulumba ile kaptajdan alınır ve yukarıdaki Şartların sağlandığı yerde inşa edilen ana terfi merkezine basılır.

Suların isale hattı boyunca mümkün olan yere kadar cazibe ile iletilip, bu noktadan itibaren tulumba ile yükseltilmesi bazı hallerde daha ekonomiktir.

Tulumba Sayısı Ve Seçimi

- Her terfi merkezi için biri yedek olmak üzere en az iki tulumba seçilir. Aynı karakterde olan tulumbalar sıra ile çalıştırılır. Tulumbaların sayısı sarfiyat salınımlarına göre tayin edilir.

Pratikte en çok karşılaşılan haller:

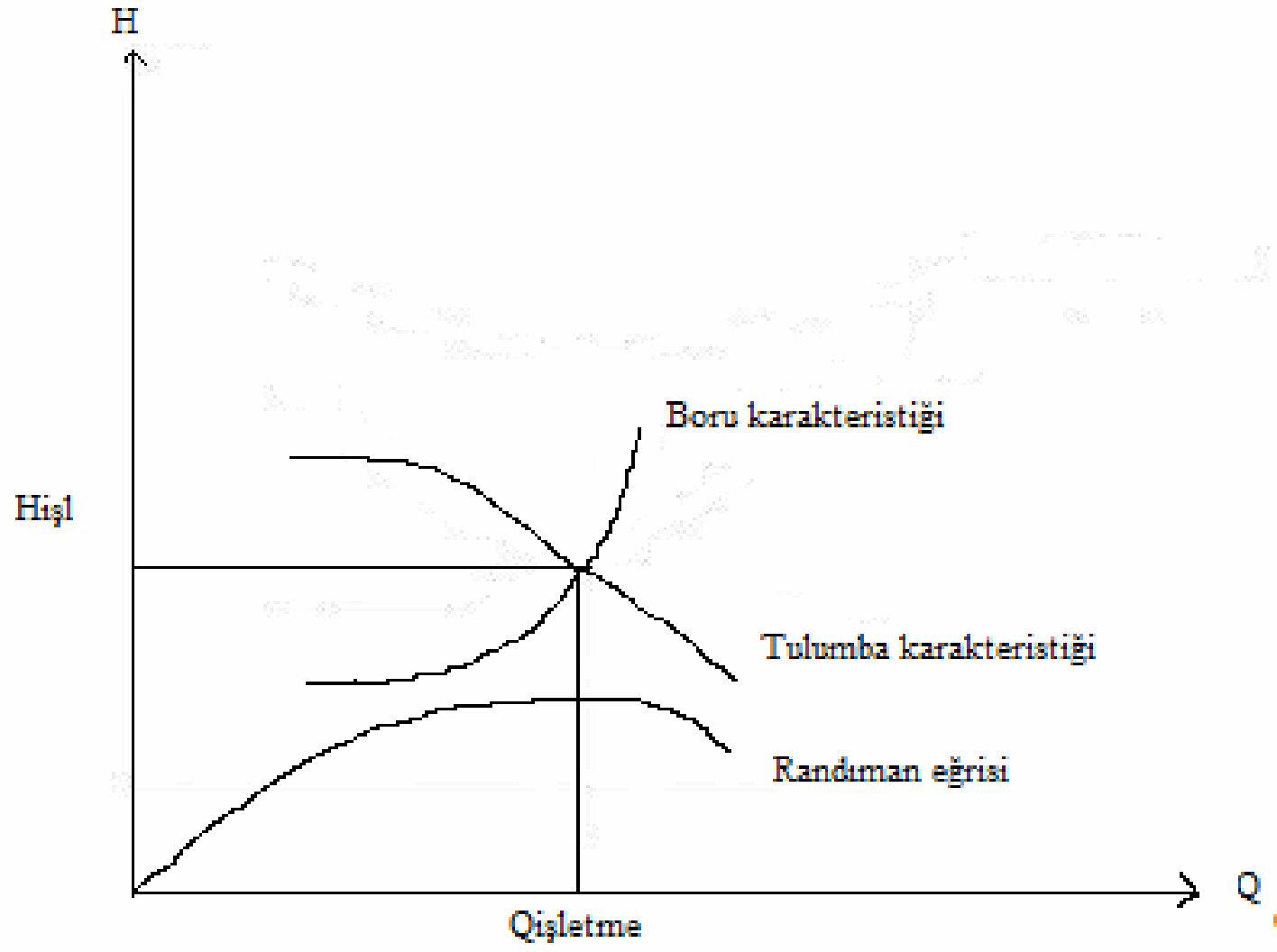
- $Q_{\max} = 2 \cdot Q_{\min}$ ise; her birinin kapasitesi Q_{\min} 'a eşit olan üç tulumba seçilir. Biri yedek, biri min. debide çalışır. Sarfiyatın maks. olması halinde 2 tulumba beraber çalışır.
- $Q_{\max} = 3 \cdot Q_{\min}$ ise;
 - a) Her birinin kapasitesi Q_{\min} 'a eşit olan dört tulumba seçilir. Biri yedek, biri min. Debiyi iletir. Ortalama sarfiyatta ikinci, maks. sarfiyatta da üçüncü tulumba devreye girer.
 - b) Verimi Q_{\min} 'a eşit bir, $2/3 Q_{\max}$ 'a eşit iki olmak üzere üç tulumba seçilir. Büyük tulumbalardan biri yedektir.

Tulumba seçiminde aşağıdaki faktörler göz önünde tutulur:

- Günlük su ihtiyacı
- En fazla su sarf edilen günde tulumbarın çalışma süresi
- Elektrik enerjisinin gündüz ve gece saatlerindeki fiyatı
- Kaptajın verimi
- Mümkün olan işletme kapasitesi
- Terfi borusunda kabul edilebilecek yük kaybı ve terfi yüksekliği

Tulumba ve Boru Karakteristikleri

- Uygun tulumbanın seçimi için tulumba karakteristik eğrisi ile boru karakteristik eğrisi aynı eksen takımında çizilir.
- İki eğrinin kesim noktasına tekabül eden değerler iletilecek debiye ve terfi yüksekliğine eşittir.
- Tulumba karakteristik eğrisi, (Q, H) , basma yüksekliğinin debi ile değişimidir. Boru karakteristiği ise borudaki yük kayıplarının debi ile değişimini gösterir.



- Tulumbarın randımanı, debi ve basma yüksekliğine bağlıdır.
- Terfi merkezlerinde sarfiyatın fazla olduğu saatlerde birden fazla tulumba bir yerden su alıp aynı hazneye basarlar.

Basınç Artırma Merkezleri

- İhtiyaç debisinin proje süresinden daha kısa bir sürede artması sonucu mevcut isale hattından geçen debinin artırılması gerekebilir.
- Bu fazla debiyi borudan iletmek için terfi yüksekliğinin artırılması lazımdır.
- Çoğu zaman bu fazla basınç, mevcut borunun iletme basıncını geçer. Bu taktirde hat üzerinde uygun bir yerde bir tulumba tesisi daha teşkil edilir.
- Bu tulumba tesisine “basınç artırma merkezi” denir.

- Cazibeli isale hatlarında kullanılan donatım elemanları, **maslak hariç** aynen terfili isale hatlarında da kullanılır.
- Ayrıca terfili isale hatlarında tulumbaların ani olarak durması neticesinde tesisin hasar görmemesi için geri tepme klapeleri ve denge bacaları teşkil edilir.

Denge (Hava) Kazanları

- Tulumbarın ani olarak durması sonucu borularda su darbesi meydana gelir.
- Aslında su darbesi bir yüksek basınç şokudur; önlenmesi gerekir.
- Tulumbarın durmasından hemen önce borudaki hız üniformdur.
- Atalet kuvvetinden dolayı su hareketi tulumba ile birlikte ani olarak duramaz; bir süre devam eder.

- Bu durumda tulumbanın hemen yanındaki boru kısımlarında basınç düşer.
- Bu olaya **depresyon** adı verilir.
- Bu depresyon dalgası, sesin sudaki hızına eşit bir hızla boru içerisine doğru ilerler.
- Bu hız, suyun elastisite modülü yardımıyla hesaplanabilir.

Depresyon miktarı; ΔP

$$\Delta P = a.V_0/g$$

a: sesin sudaki hızı

V_0 : tulumba durmadan hemen önceki su hızı

g: yerçekim ivmesi

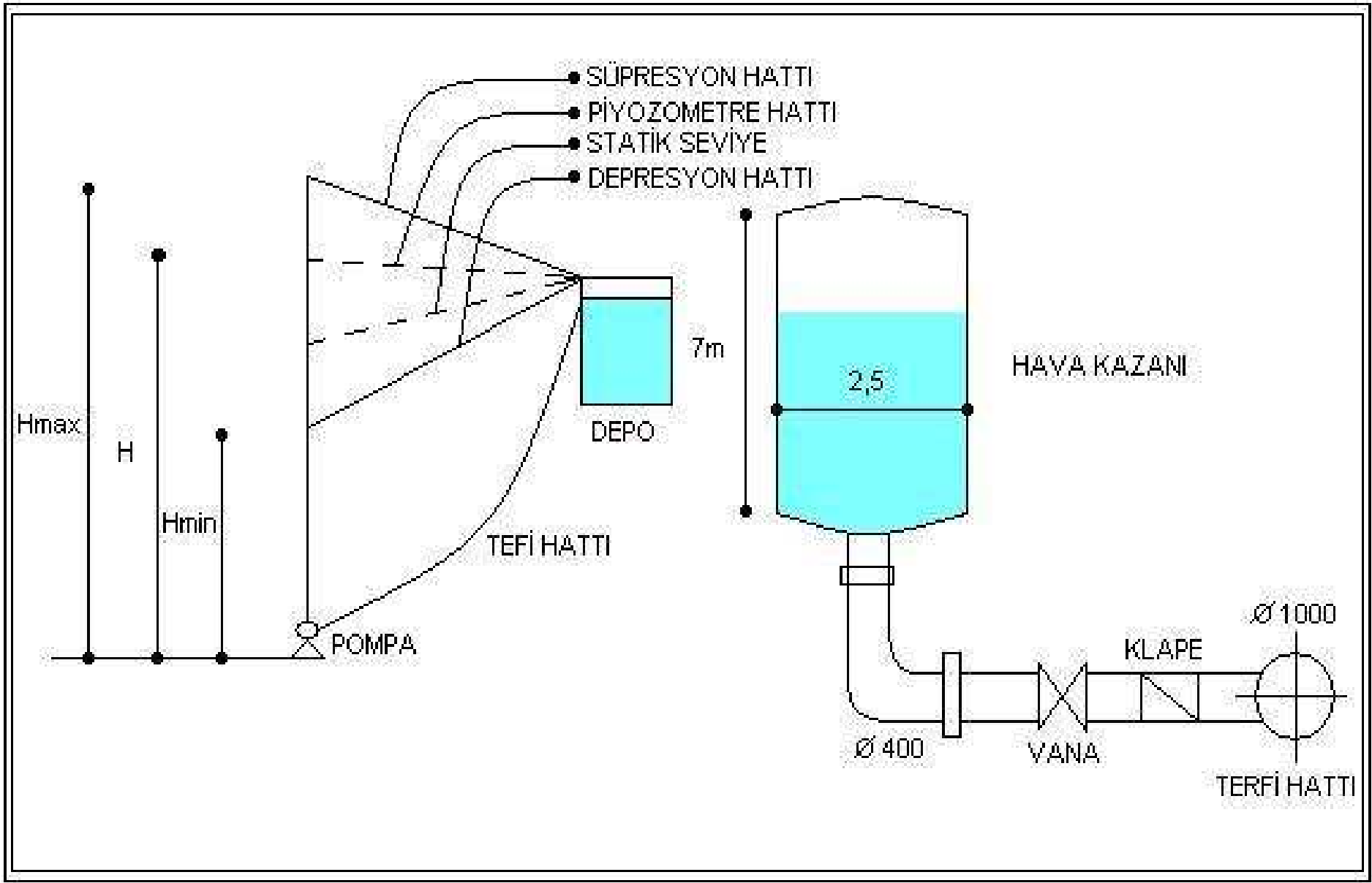
Depresyon dalgası sırasında borudaki basınç, P_d ;

$$P_d = H - (a.V_0/g)$$

H: borudaki dalganın geçişi anından hemen önceki piyezometre yüksekliğidir.

- Borudaki dalga boru sonundaki haznedan yansıyarak geri döner ve bu sırada basınç artışı meydana gelir.
- Bu basınç artışına sürpresyon denir. Basınç azalışı ve artışı mutlak değer olarak birbirine eşittir.
- Sürpresyon basıncı, P_s
 $P_s = H + (a.V_0/g)$ ifadesi ile hesaplanır.

- Sürpresyon esnasında su darbesi meydana gelir. Böylece borudaki basınç; $(H-(a.Vo/g))$ ile $(H+(a.Vo/g))$ değerleri arasında salınım yapar.
- Borulardaki su darbelerinin önlenmesi için denge kazanları bir boru ile tulumbalardan hemen sonra terfi borusuna bağlanır.
- Depresyon sırasında su kazandan boruya, sürpresyon zamanında ise borudan kazana geçerek depresyon ve sürpresyon basınçlarını azaltır.
- Kazan içerisindeki hava sıkışıp gevşemek suretiyle basınç durumunu ayarlar.



Denge kazanının yaklaşık hacmi ampirik formüllerle hesaplanır.

$$V_k = [(6400 (V-V_0)^2 / \Delta P^2) - 1].D$$

V_0 : Motor durmadan önceki su hızı

V : Motor durduktan sonraki su hızı

D : Boru çapı

$$\Delta P = a.V_0.0.8/g \quad (\text{pratikte } 0.8 \text{ ile çarpılır})$$

a : sesin sudaki hızı

$$a = 9900/[48,3+K.(D/e)]$$

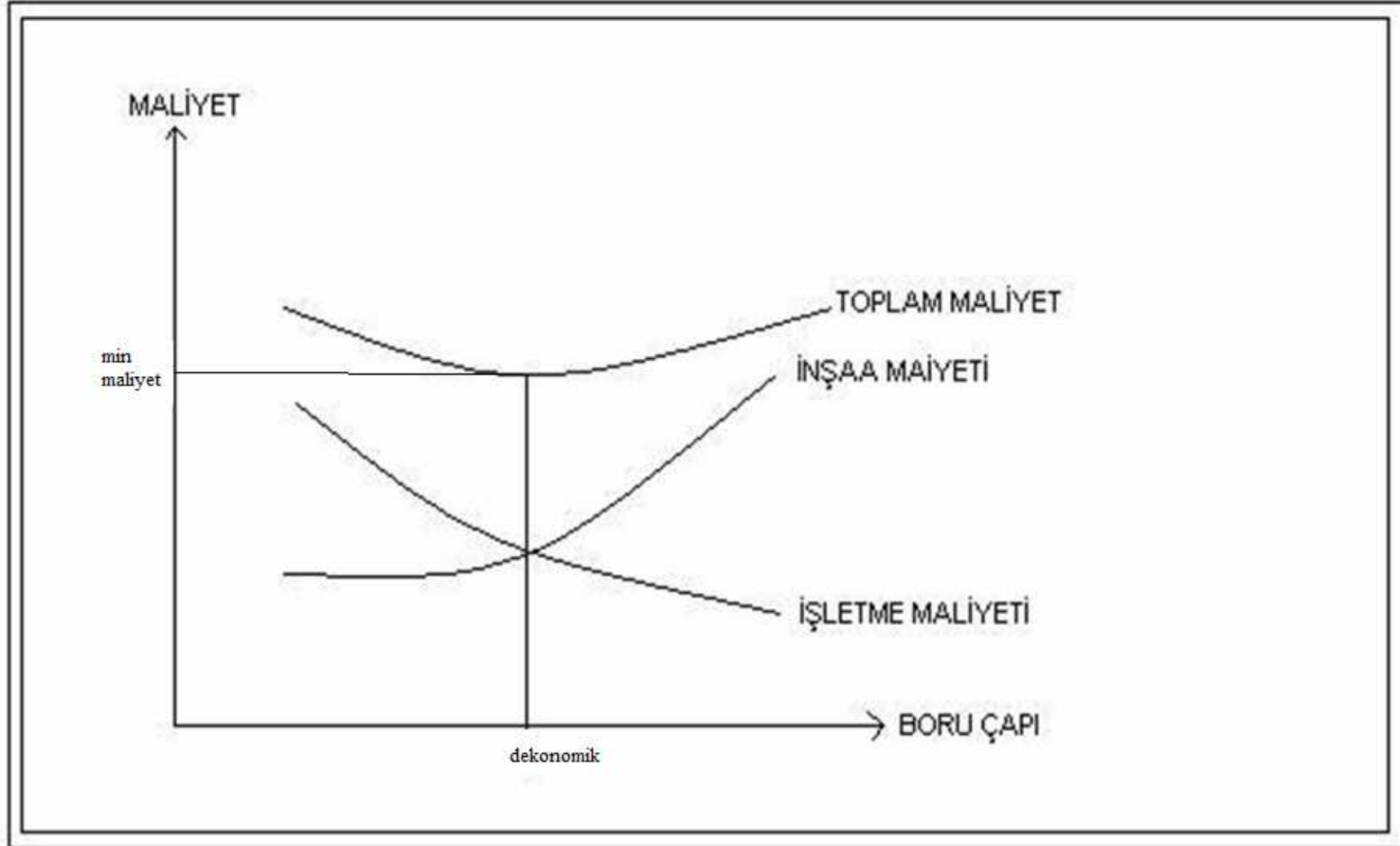
e : Boru et kalınlığı K : Boru cinsine bağlı bir sabit

(K değerleri, çelik- 0,5 / font için-1 / kurşun-beton-5 / asbest için-4,4 / betonarme -0,5 / ahşap-10)

Ekonomik Boru apı Hesabı

- Terfili isale hatlarında toplam maliyet i minimum yapan bir boru çapının belirlenmesi gerekir, bu çapa ekonomik bou çapı denir.
- Terfi hatlarında toplam maliyet, inşa maliyeti ve işletme (bakım onarım, yedek parça, enerji vb.) maliyeti olmak üzere iki maliyetin toplamı olarak hesaplanır.
- İnşa ve tesis maliyeti boru çapı büyüdükçe artar, buna karşılık belirli bir debi iletirken boru çapı büyüdükçe boruda ki yük kaybı ve buna bağlı olarak bterfi yüksekliği azalacağından işletme maliyeti azalır.

Bu maliyetler bir grafik üzerinde gösterilirse;



- Ekonomik analize esas olacak çaplar, ön yaklaşım olarak “Bresse formülüyle” hesaplanabilir. Bu da,

$$d_{\text{ekonomik}} = (1,35-1,5) \cdot Q^{1/2}$$

olarak belirtilir. En az üç boru çapı için maliyet hesapları yapılarak maliyeti minimum yapan boru çapı seçilmelidir.

- İşletme maliyeti pratikte, enerji maliyeti olarak düşünülebilir (diğer masraflar bütün borular için yaklaşık eşit kabul edilebilir).

Senelik işletme maliyeti:
$$A_1 = \frac{1000.Q.E.b}{102\eta}$$

Q (m³/sn), H (terfi yüksekliği ,m)

E (enerji fiyatı ,TL/kw-sa), b (tulumba yıllık çalışma süresi, saat)

η (pompa verimi), H=H+J.L

Tesis masrafı:
$$A_2 = \frac{p}{100} . P$$

p (faiz ve amortisman yüzdesi) P (Birim boy maliyeti)

Toplam maliyet ise yaklaşık formülü ile hesaplanan ekonomik boru çapının civarındaki en az 3-4 boru için hesaplanır.

İÇME SUYU HAZNELERİ (DEPOLAR)

- Kaptajdan isale hatları ile alınan sular bir haznede biriktirildikten sonra kullanım alanına dağıtılır. Gerçekte hazneler isale hattı ile şebeke arasında bir düzenleme yapısıdır; dolayısıyla isale ve şebeke ile birlikte incelenmelidir. Cazibeli isalede sular sabit bir debi ile akar, bu durumda sarfiyat salınımlarını karşılayabilmek için hazne inşaatı gereklidir.

- Halbuki terfili isalelerde tulumbarın debisi değiştirilmek suretiyle sarfiyattaki salınımlar dengelenebilir. Fakat buradan terfili isalelerde haznedan vazgeçilebilir şekildeki bir sonuç çıkarmak da hatalıdır. Bu tip uygulama işletmede çok güçlükler çıkarır. İsale hatlarında arıza olabileceği ve su alma yerinde çeşitli tamir ve bakımlar yüzünden şebekeye su verilemeyeceği dikkate alınırssa hazne yapılması gereği ortaya çıkar.

- Ayrıca hazne yapılmayan sistemlerde boru çapları ve tulumba güçleri büyüdüğünden maliyet artar. İsale hatlarına başlanabilmesi için hazne yerinin tayin edilmesi gerekir.
- Bunun için şebedeki en yüksek ve en alçak noktaların kotları bilinmelidir. Yüksek ve alçak noktalar arasındaki kot farkının 50 m' den fazla olması halinde şebeke katlara ayrılarak birden fazla hazne yapılır.

İçme suyu haznelerinin görevleri

- Sarfiyatların dengelenmesi
- İşletme emniyeti
- Gerekli basıncın temini
- Yangın söndürme suyunun temini
- Memba ve ara haznesi olarak vazife görmesi

Haznelerin Sınıflandırılması

Şekil ve malzeme yönünden:

Belirli hacimdeki su miktarını biriktirmek üzere inşa edilecek hazneye verilebilecek en ekonomik geometrik şekil küredir, ancak küre şeklindeki haznelerin inşası zordur. Küreden sonra gelen ikinci ekonomik şekil silindirdir. 1000-5000m arasındaki hazneler betonarmeden, daha büyük hacim ve hazneler ise metal ve ön gerilmeli betondan yapılır. Dikdörtgen ve kare şeklindeki hazneler kagir yapılabilir. Dikdörtgen hazneler, beton, betonarme veya ön gerilmeli betondan da yapılabilir.

- Hacmi 100 m³ ten küçük olan haznelerin dikdörtgen kesitli yapılması ekonomiktir. Depoların kenar uzunluklarının ekonomik açıdan kısa olması istenir. Uzun kenarın kısa kenarın 4/3'üne eşit olması hali, kullanılan malzemeyi minimum ve maliyeti de en ekonomik yapan durumdur.

Hazne Hacmi Yönünden:

Hazneler hazne hacmi yönünden üç grupta incelenir;

- Küçük hazneler $V < 500 \text{ m}^3$
- Orta büyüklükte hazneler $500 \text{ m}^3 \leq V \leq 5000 \text{ m}^3$
- Büyük hazneler $V > 5000 \text{ m}^3$

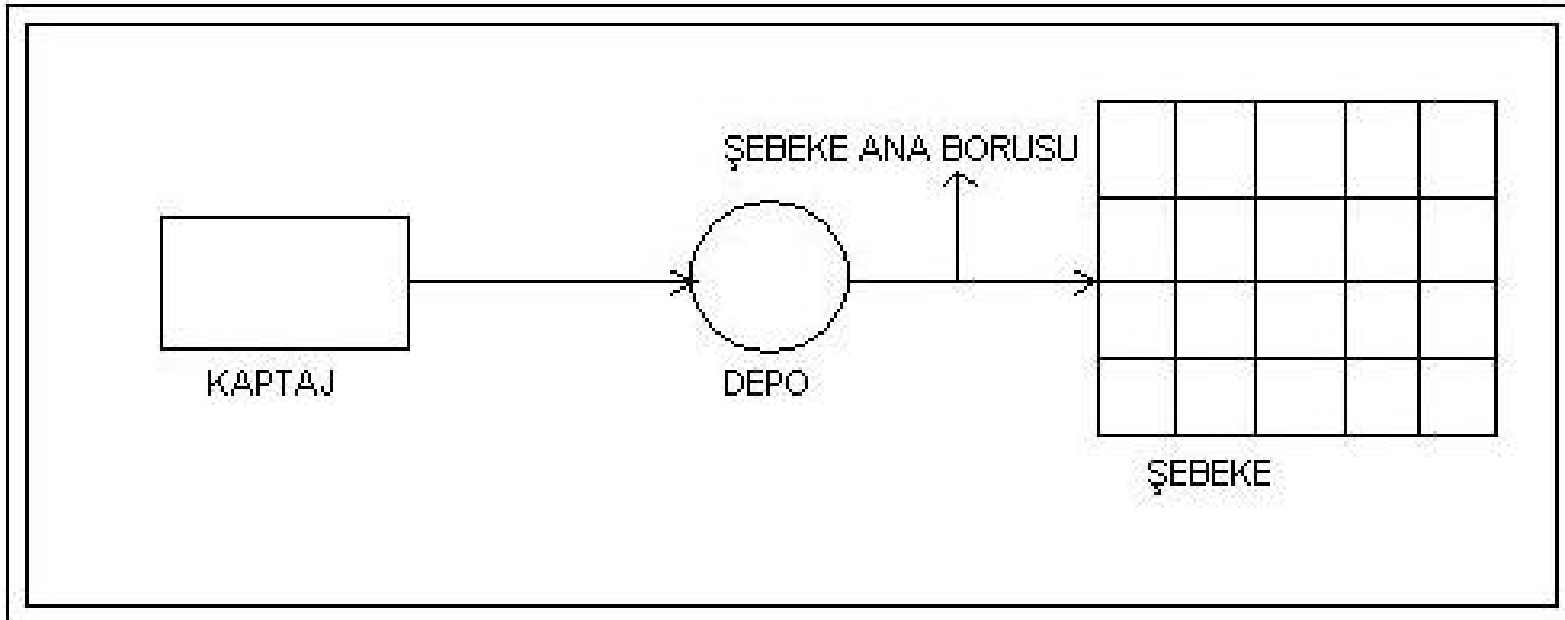
Hazne hacmi seçilirken, suyu haznede fazla bekletmenin kaliteyi bozduğu, büyük hazneler için yer bulmanın zor olduğu ve inşaat masraflarının fazla olduğu dikkate alınmalıdır.

Haznenin Zemindeki Durumu Yönünden :

- **Gömülü Hazneler:** Yerleşim merkezi civarında yeteri kadar yüksek kotlu tepelerin bulunması halinde inşa edilir. Hazne üzeri 0,5-1,0 m. arasında toprakla örtülür. Hazne mimarisi basit olup, sabotaja karşı emniyetlidir. Sıcaklıktan etkilenmezler.
- **Yarı Gömülü Hazneler:** Gömülü hazneler için gerekli topografik şartlar aynen istenir. Ancak haznenin bir kısmı zemin üzerinde bırakılarak su kotu artırılabilir, kazı bakımından ekonomik olabilirler, fakat ısıya karşı tecrid (yalıtım) özel maddelerle yapılır.
- **Ayaklı Hazneler:** Bu hazneler şehir merkezi civarında şebekedeki gerekli basıncı sağlayacak şekilde yüksek noktaların bulunmaması halinde inşa edilir. Sabotaj bakımından emniyetli değildir. Ayrıca inşaat maliyeti büyük olduğundan (gömülü haznelere göre 4 misli fazla) hacimleri fazla büyük tutulmamalıdır. 50 yıllık ihtiyaca göre boyutlandırılırlar. Hazne hacmi $100-1000\text{m}^3$, su yükü 5-7 m. dir.

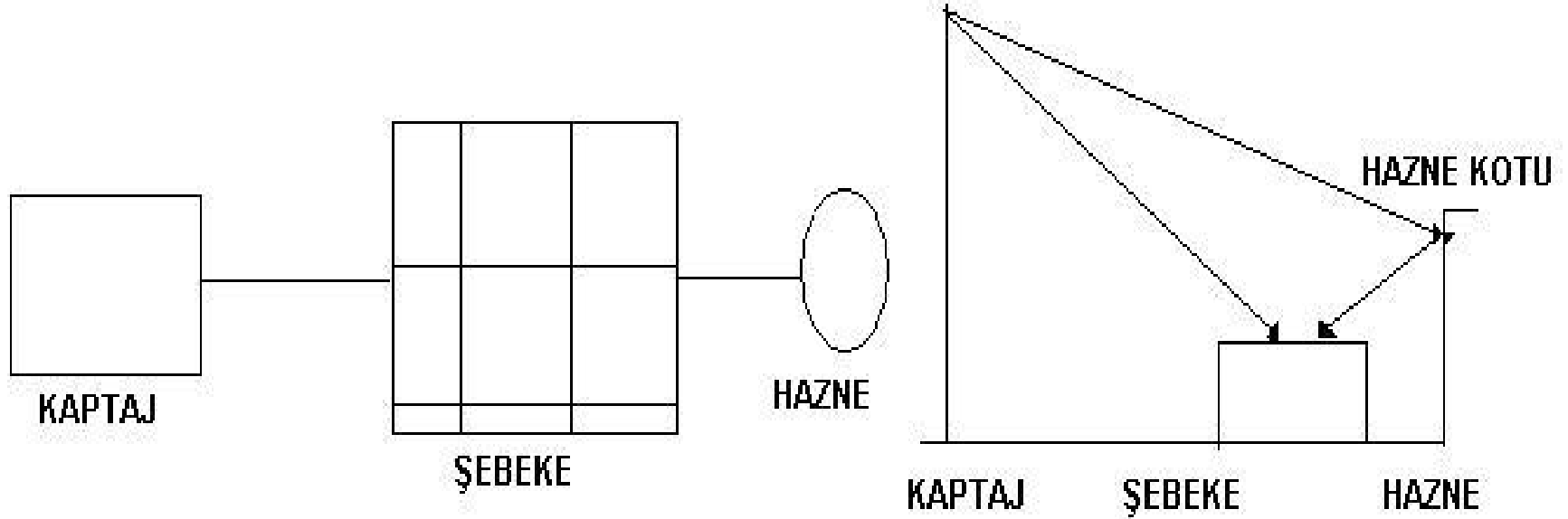
Hazne Yeri Yönünden:

Baş Hazneleri : Hazne kaptajla şehir arasında inşa edilir. Pompaj yüksekliği sabittir. Depodaki nsu devamlı olarak değiştiği için tazedir. Şebekedeki basınçlar üniform değildir. Şebeke bir taraftan beslendiği için normal olarak basınç giriş tarafında yüksek , uç tarafta küçüktür. Bu sebeple terfi masrafları yüksektir.

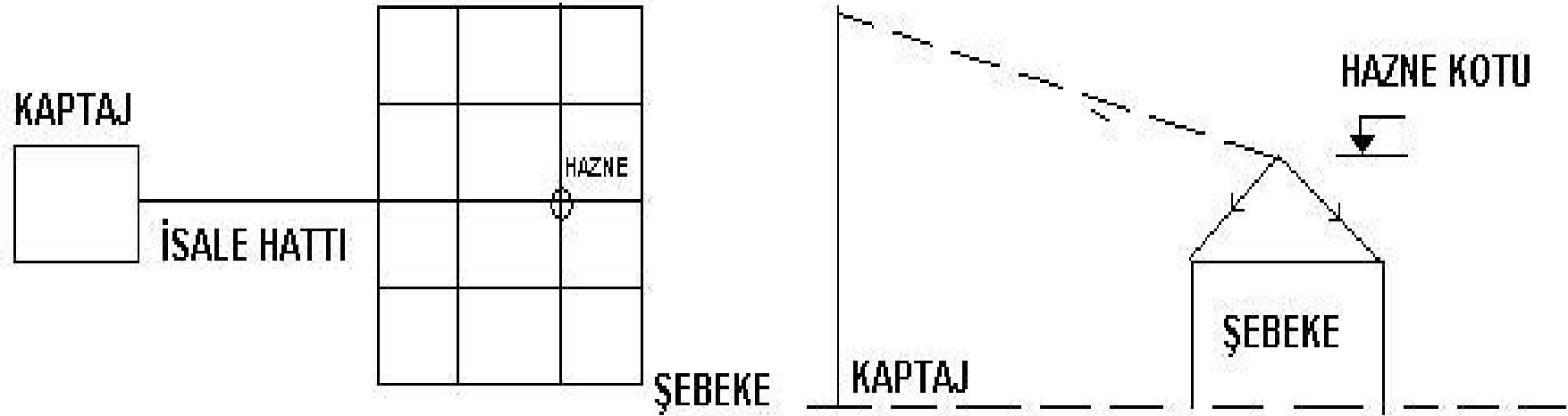


Uç Hazneleri : Gerçekte en uygun hazne yeri en fazla su sarfedilen bölgenin ağırlık merkezidir. Ancak buralarda ya yeteri kadar yüksek bir tepe yoktur ya da şehir mimarisi yönünden istenmez . Bu durum da hazne kaptaja göre şehrin öbür tarafında inşa edilir. Bu uç haznelerinde , hazneye suyu getiren ve şebekeye suyu götüren boru tek borudur. Pompaj edilen suyun bir kısmı depoya gelir, bir kısmı doğrudan şebekeye verilir. Kent iki taraftan su alabilir, bu durumda boru çapları küçülür. İşletme emniyeti yüksektir, basınçlar üniformdur. Haznedeki suyun bayatlama ihtimali fazladır. Terfi yüksekliği ve işletme masrafları düşüktür. Çünkü suyun bir kısmı hazneye yükseltilir, geri kalanı şebekede dağıtılır.

Uç hazneleri;



Merkezi Hazne : Depo şehir merkezindedir. Çok iyi bir çözüm yolu olan bu durum daha çok ayaklı kuleler şeklindeki depolardan sağlanır. Su kısa bir yolla kullanıma verilir. Kaptaj ile depo arasındaki iletim hattı maksimum günlük ihtiyaca göre boyutlandırılır, bundan dolayı hidrolik yönden uygundur, kayıpları az olur.



Haznelerdeki su derinliği ve hazne kotunun tayini

Küçük ve orta büyüklükteki hazneler için su derinliği 2,5-6,0 m arasında değişir. Su derinliği belirlenirken , depo duvarı cinsi , deponun oturacağı zeminin taşıma gücü, hazne kotu ve haznenin büyüklüğü dikkate alınmalıdır. Su derinliğinin fazla seçilmesi halinde en kesit alanı küçüldüğünden, hazne yerinden tasarruf edilerek bir ekonomi sağlanabilirse de, yüksek hazneleri zemine gömmek daha zor olabilir.

İller Bankası Yönetmeliğinde haznelerdeki su yükseklikleri şu şekildedir:

Gömme Depo Hacmi (m3)	Su Yüksekliği (m)
50-350	3,00
400-500	3,50
600-900	4,00
1000-2000	5,00
>2000	6,00

- Uygulamada İller Bankası tarafından hazırlanmış çeşitli hacimler için tip projeler mevcuttur.
- Haznelerdeki su kotu şebekedeki su sarfiyatına bağlı olarak değişir. Hidrolik bakımdan en yüksek noktanın kotu, şebekede istenen min işletme basıncı (30 m) ve hazneyle en yüksek nokta arasındaki yük kayıpları toplanarak hesaplanır
- Haznedeki min su kotuna hazne su derinliği ilave edilerek haznenin maks. su kotu ve haznenin yerinin kotu bulunur.
- Hazne tabanı %0,5-1 eğimli olmak üzere yapılır. Bu eğim, uzak köşeden dip savak çukuruna doğru olmalıdır.
- Tavan döşemesi betonarme yapılır.
- Depodaki suyun dışarıya kaçmasını ve kirli suların depoya sızmasını önleyerek şekilde iç ve dış yalıtım yapılmalıdır.

Hazne Yapılacak Yerin Özellikleri

- Depo yeri mümkün olduğu kadar şebekeye yakın seçilmelidir, böylece sürtünme kayıpları min. olur. Haznenin çok yükseğe yapılmasına gerek kalmaz. Şehre giden ana boru kısaldığı için kırılma vb. arızalar sık olmaz. Su alma yerinden depoya olan iletim hattının boyu bir miktar uzamasına rağmen, daha kalın çaptaki şebeke ana borusu kısılır.
- Yeterince yüksek olmalıdır. (Şebekenin alçak noktası 80 m yüksek noktası 20 m. lik basınç sağlamalı)
- Şebekedeki basınç dağılımını mümkün olduğu kadar uniform kılacak yer olmalıdır.
- İstimlak edilecek yerin pahalı olmaması gerekir.
- Kirlenmeye karşı iyi korunmuş ve ulaşılması kolay bir yer olmalıdır.
- Şebekedeki boru boyunu ve çapını artırmamalıdır.

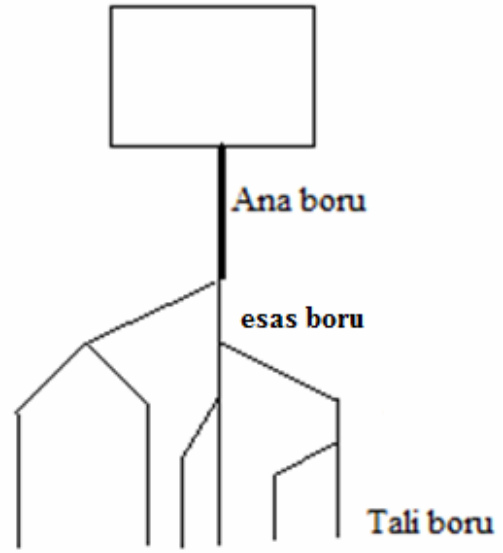
İÇMESUYU ŞEBEKELERİ

- İsale hattı ile haznelere getirilen suları sarfiyat yerlerine dağıtan boru sistemine içme suyu şebekesi adı verilir.
- Şebeke boruları, her binada yeteri kadar basınçlı suyu sağlayacak şekilde planlanır. Devamlı su ile dolu ve basınç altında bulunmalıdır, aksi takdirde kirlenme ihtimali artar.
- Şebeke boruları ev ihtiyaçları ile birlikte sanayi, yangın, bahçe sulama ve diğer ihtiyaçları da temin edecek kapasitede olmalıdır.
- Hazne ile şebeke arasında su dağıtmayan ve sadece suyu haznedenden şebekeye ileten bir şebeke ana borusu mevcuttur.

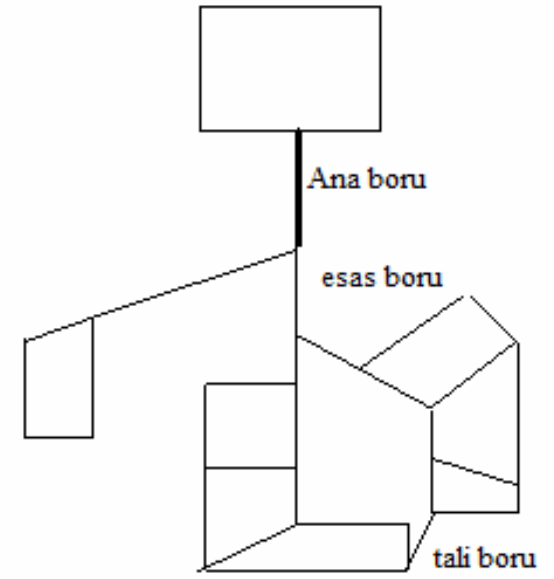
Şebeke Tipleri

- Şehrin 1/2000 ölçekli imar planı üzerinde şebeke planı çizilir.
- Yerleşim merkezinin topoğrafik durumu, max. ve min. basınçlar ve debiler dikkate alınarak şebeke planına karar verilir.
- Şebeke planları,
 - 1) Dalsistem
 - 2) Esas boruları dal sisteminde olan ağ sistemi (gözlü şebeke)
 - 3) Esas boruları kapalı bir çevre oluşturan ağ sistemi (kapalı şebekeler) olmak üzere üç grupta incelenebilir.

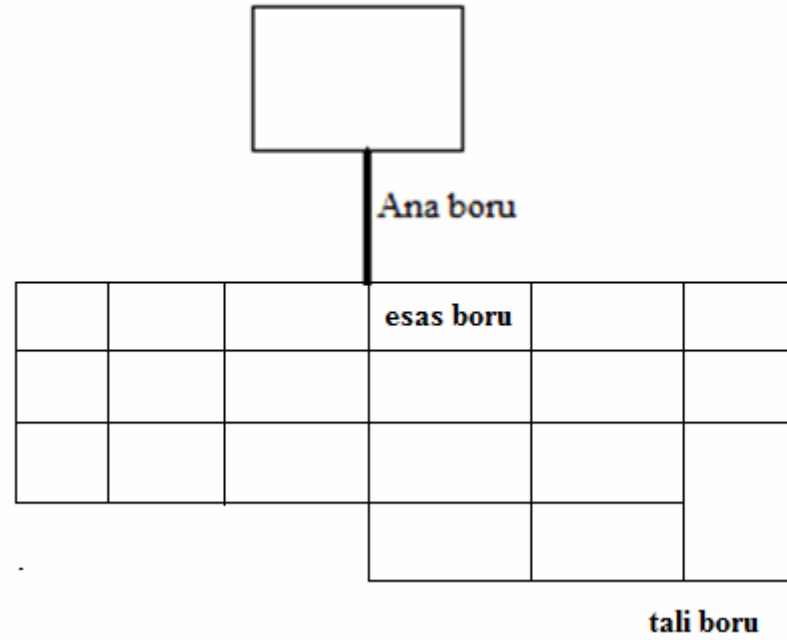
DAL SİSTEMİ



GÖZLÜ ŞEBEKE



KAPALI ŞEBEKE



- Dal sisteminde; borular sadece bir yönden beslenirler.
- Borulardan birinin kırılması halinde borunun kırılan noktasının mansap tarafında kalan kısmı susuz kalır.
- Ayrıca boru uçlarında sular durgun halde bulduklarından suyun bayatlama ve soğuk havalarda donma ihtimali fazladır.
- Yine boru uçlarında zamanla madde birikerek tıkanmalara sebep olur.

- Ancak boru sayısı az ve boyları kısa olduğundan, şebeke hesapları basit olup, en ekonomik çözümdür.
- Ağ sistemindeki borular, iki yönden beslendiklerinden işletme emniyetleri yüksek olup, kırılma durumunda borular vanalar yardımıyla tecrit edilir ve küçük bir kısım susuz kalır.

- Ağ sistemindeki şebekeler, işletme yönünden daha emniyetli olup, sarfiyat salınımlarına kolayca cevap verebilirler.
- Hesapları ancak basitleştirilerek yapılabilir.
- Boru boyları uzun olduğundan biraz pahalıdır.

Şebekedeki Çap, Hız ve Basınç değerleri

- Şehir şebekelerinde 80 mm den küçük çapta boru kullanılmamalıdır.
- Üzerinde yangın musluğu bulunan kuyular en az 100 mm çapında seçilmelidir.
- Şebeke borularında 1 büyük çap kendinden küçük çapa göre iki kat debi geçirmesine rağmen, maliyeti ancak % 20 daha fazladır. Dolayısıyla büyük çapların tercihi yoluna gidilmelidir.

Şebekedeki Çap, Hız ve Basınç değerleri

- Şebeke borularındaki su hızı, 0,5 m/sn den az ve 1,5 m/sn den fazla olmamalıdır (Ortalama hız, 1m/sn)
- Şebekeden beslenen binaların en yüksek kotlu musluğunda 5 m lik bir basınç arzu edilir.
- Dolayısıyla maks. basınç 80 m nin üzerine çıkmamalıdır.

Şebekedeki Çap, Hız ve Basınç değerleri

- Minimum işletme basıncı ise nüfusa göre,
- Nüfusu 50.000 nin altında olan yerlerde 10 m'ye
- Nüfusu 50.000 nin üstünde olan yerlerde ise 20 m'ye kadar düşürülebilir.
- Proje hesaplarında işletme basıncınının 30 m civarında alınması tavsiye edilir.

Şebekelerin Donatımı

- İşletme esnasında, şebekeden beklenen görevlerin tam olarak elde edilebilmesi için şebeke boruları, bazı yardımcı teçhizatla donatılır. Bunlar yangın muslukları, kapatma vanaları, tahliye vanaları, sulama muslukları, şebeke düğüm noktaları ve boru parçalarıdır.

Yangın Muslukları

- Yangın musluklarının yerleri bölgedeki itfaiye teşkilatının yerine göre seçilir.
- Mümkün mertebe köşelere yerleştirilir.
- Önemli binaların bulunduğu yerlerde daha sık arayla yerleştirilmelidir.
- Şebeke boruları üzerinde 100-150 m'de bir yangın muslukları yerleştirilir.
- Şebeke planında yangın muslukları merkez olmak üzere 75 m yarıçaplı çizilen dairelerin bütün binaları içine alması gerekir.
- Yangın musluklarının min. çapları 80 mm'dir ve ya yaya kaldırımlarının altında yada kaldırım üzerinde sütun şeklinde tesis edilir.

Kapatma (Tevkif) Vanaları

- Şebekede tamir ve bakım için borularda zaman zaman suyun kesilmesi amacıyla boru üzerine kapatma vanaları konur.
- Nüfusu 10.000 olan yerlerde her bir boruyu şebekeden tecrit etmek yerine bir bölgenin tecriti esasına göre vanalar yerleştirilir.
- Nüfusu 10.000 den büyük olan yerlerde her boruyu şebekeden ayırt edecek şekilde 300 ila 500 m de bir vana konur.

Tahliye Vanaları

- Şebekenin alçak kotlu noktalarına ve boru sonlarında zaman zaman biriken çökeltileri temizlemek ve gerektiğinde boruları boşaltmak için tahliye vanaları konur.
- Binalardaki musluklar, şebeke için vantuz görevi görürler.

Sulama Muslukları

- Sokakların temizlenmesi, park ve bahçelerin sulanması için uygun ve gerekli yerlere sulama muslukları konur.

Şebeke Dügüm Noktaları ve Boru Özel Parçaları

- İçme suyu şebekelerinde birden fazla borunun birbirine bağlandığı noktalara düğüm noktası adı verilir.
- Bu noktalarda boruları birbirine bağlamak ve gerekli ayırmaları yapmak için her boru cinsine göre özel parçalar kullanılır.
- Şebeke planlanırken, bu özel parçalardan mümkün olduğu kadar az kullanmaya dikkat etmelidir. Böylece hem malzemedен tasarruf edilmiş olur, hem de şebekenin daha uygun hidrolik şartlarda çalışması sağlanır. Çünkü düğüm noktaları şebeke akımının yön değiştirdiği yerler olduğundan şebekenin en çok zorlanan yerleridir.

Yangın suyu Miktarı

- Bir yangın ile mücadele sırasında yangın musluklarına bağlanan hortumlarla şebekeden su alınır. Etkili bir şekilde mücadele için, hortumun ucundaki çelik ağızlıktan 20 m'lik bir basınç yüksekliği altında $Q=1000$ lt/dak'lık standart bir su jeti fışkırtılabilmelidir. İstisnai yangın tehlikesinin mevcut olmaması halinde max. Qsaat debisine ilave edilecek yangın debisi değerleri İller Bankası İçme Suy Yönetmeliğine göre;

Nüfus	Ana Boru	Esas Boru	Tali Boru
$N < 10.000$	5 lt/sn	5 lt/sn	2,5 lt/sn
$10.000 < N < 50.000$	10 lt/sn	5 lt/sn	2,5 lt/sn
$N > 50.000$	20 lt/sn	10 lt/sn	5 lt/sn

Şebeke Borularının Hesabı

- Şebeke boruları maksimum saatlik sarfiyata göre hesaplanır. Ayrıca yerleşim merkezinin nüfusuna göre her boruya bir miktar yangın debisi ilave edilir.
- Önce şebekede dağıtılacak debi bulunur.
$$Q_d = N \cdot q_{maks} \cdot 1,5 / 86400$$

- İçme suyu şebekeleri

- 1)Ölü noktalar metodu

- 2)Hardy-Cross metodu

- 3)Newton-Rapshon metodu

- 4)Lineer teori

metotlarından biriyle hesaplanabilir. Bunlardan

1. metot hariç diğerleri bilgisayarla çözülür.

Ölü Noktalar metoduyla şebeke hesabı

- Bu metotta dal sistemindeki şebekelerin hesabında en uçtaki noktadan başlanarak hazneye doğru hesap yapılır.
- Önce her borunun dağıttığı debilerin hesaplanması gerekir.
- Bu amaçla bölgelerdeki nüfus yoğunlukları tespit edilir.
- Sokaktaki binaların durumuna göre 1m sokak uzunluğuna düşen nüfus sayısına bakılarak bütün sokaklara birer yoğunluk katsayısı verilir.

- Bu katsayı boru boyları ile çarpılarak itibari boru boyları bulunur.
- Birim boyda dağıtılan debi: $q = Q_d / \sum L_i$ ile hesaplanır.

L_i : itibari boruların toplam boyu

- Birim boyda dağıtılan debi ise, $q = q \cdot L_i$

$L_i = k \cdot L$ (k: yoğunluk katsayısı L: gerçek uzunluk)

$$\sum l_i = \sum k \cdot L$$

- Ağ şeklindeki şebekelerin ölü noktalar metodu ile hesaplanabilmesi için her kapalı göz için bir ölü nokta seçilerek ağ sistemi dal sistemine dönüştürülür.