

SU GETİRME ve KENTSEL DRENAJ KANALİZASYON SİSTEMLERİ



Prof. Dr. Mehmet ARDIÇLIOĞLU

Kasım 2021

KAYSERİ

www.mehmetardiclioglu.com

SU GETİRME ve KENTSEL DRENAJ KANALİZASYON SİSTEMLERİ

- **SU İHTİYACININ VE SARFIYATININ HESABI**
- **SULARIN DERLENMESİ (KAPTAJ)**
- **SULARIN İLETİLMESİ**
- **SULARIN DEPOLANMASI**
- **SU DAĞITIM SİSTEMLERİ (İÇME SUYU ŞEBEKESİ)**
- **EVSEL ATKSU DRENAJ SİSTEMLERİ**
- **YAĞMURSUYU TOPLAMA SİSTEMLERİ**

Prof. Dr. Mehmet ARDIÇLIOĞLU

Kasım 2021

KAYSERİ

Önsöz

Tüm canlılar için yaşamsal öneme sahip temiz suların yeryüzünde zamansal ve mekânsal dağılımı oldukça değişkenlik göstermektedir. Son yıllarda artan nüfus ve sanayileşmeye bağlı, insan kaynaklı çevresel etkilerle, kısıtlı olan temiz su kaynakları olumsuz etkilenmektedir. Özellikle nüfusun hızlı ve düzensiz arttığı yerleşim bölgelerinde, temiz sulara ulaşmak güç ve pahalı olmaktadır. Suları yerleşim bölgelerine gerekli kalitede ve miktarda getirebilmek için büyük yatırımlar gereken alt yapı sistemlerine ihtiyaç duyulur. Ayrıca bu sular kullanılarak atıksu haline geldikten sonra en kısa yoldan toplanarak arıtma tesisine iletilmesi gerekmektedir.

İnşaat ve Çevre mühendisliği proje, uygulama ve işletme çalışmaları kapsamında ele alınan su temini ve kullanılmış sularla birlikte yağmur sularını yerleşim bölgelerinden uzaklaştırmak için gerekli çalışmalar bu kitapta ele alınmıştır. Birinci bölümde su getirme tesislerini oluşturan yapılar ve bu yapıların ekonomik ömürleri verilmiş, yerleşim bölgelerinin kullanım amacına bağlı nüfus yoğunlukları, nüfus tahmin yöntemleri ve su ihtiyaçlarının nasıl belirleneceği açıklanmıştır. İkinci bölümde su temini amaçlı kaynak seçimi, yüzeysel ve yeraltı suları ve bu suların çıkartılması için gerekli yapılar ve bu yapıların hidrolik hesaplamaları örnekler ile ele alınmıştır. Üçüncü bölümde suların kaynak ile depo arasında iletimini sağlayan isale hatları ve bu hatlarda kullanılan boru ve donatıları hakkında bilgi verilmiştir. Cazibeli ve terfilisaleler örnekler ile açıklanmıştır. Dördüncü bölümde içme suyu depoları, haznelere alınarak, depoların amacı, özellikleri, çeşitleri, yer seçimi ve boyutlandırması örneklerle açıklanmıştır. Beşinci bölümde ise içme suyu şebekeleri hakkında bilgiler verilerek ülkemizde önerilen İller Bankası Yöntemine göre şebeke hesaplamaları örnekler ile açıklanmıştır. Altıncı bölümde evsel atıksu miktar ve özellikleri hakkında bilgiler verilerek bu suları uzaklaştırmak için gerekli yapıların hidrolik hesabı ve inşası hakkında bilgiler verilmiştir. Yedinci bölümde ise yağmur suyu toplama sistemleri hakkında bilgiler verilerek yağış şiddeti, süresi ve tekerrürüne bağlı yüzeysel akış miktarının hesabı, ayrıca yağmur suyu giriş ızgaralarının yerleştirilmesi ve çeşitleri açıklanmıştır. Evsel ve yağmur suyu sistemlerinin hesabı için gerekli tabloların doldurulması örnekler ile açıklanmıştır.

Bu çalışmanın özellikle inşaat ve çevre mühendisliği öğrencileri ile planlama ve uygulama mühendislerine yararlı olmasını dilerim. Kitap üzerindeki olası öneri, eleştiri ve hataların iletilmesi durumunda daha faydalı bir kaynak olacağı düşüncesiyle, hayırlı olmasını diliyorum.

Prof. Dr. Mehmet ARDIÇLIOĞLU

Kasım 2021, KAYSERİ

mehmet.ardiclioglu@gmail.com

www.mehmetardiclioglu.com

İÇİNDEKİLER

GİRİŞ

SU GETİRME

BÖLÜM 1

SU İHTİYACININ VE SARFIYATININ HESABI

1.1	Su Getirme Tesisleri	1
1.2	Proje Süresi	5
1.3	Nüfus Dağılımı ve Yoğunluğu	5
1.4	Nüfus Tahmin Yöntemleri	6
1.4.1	İller Bankası Yöntemi	7
Örnek 1.1	Nüfus hesabı	8
Örnek 1.2	Nüfus hesabı	8
1.5	Gelecekteki Su İhtiyacının Belirlenmesi	9
1.5.1	İnsan İhtiyacı	9
1.5.2	Hayvan İhtiyacı	11
1.5.3	Sanayi İhtiyacı	11
1.6	İletim Debisi	11
1.7	Ünitelerin Çalışacağı Debiler	12
Örnek 1.3	Su ihtiyacı	13
Örnek 1.4	Su ihtiyacı	13

BÖLÜM 2

SULARIN DERLENMESİ (KAPTAJ)

2.1	Su Temini Amacıyla Kaynak Seçimi	15
2.2	İller Bankası Tarafından Tercih Edilen Kaynak Seçimi Sıralaması	15
2.3	İçme ve Kullanma Suyu Kaynakları	17
2.4	Yüzeysel Suların Toplanması	17
2.4.1	Nehirlerden Su Alınması	18
2.4.2	Göl ve Haznelerden Su Alma	19
2.4.3	Yüzey ve Taban Sularının Özellikleri	19
2.5	Yeraltı Suları	20
2.5.1	Yeraltı Sularının Alınmasına Etkiyen Jeolojik Faktörler	20
2.5.2	Su Taşıyan Tabakalar, Akiferler	21
2.5.3	Menbaların Verimleri	22
2.6	Yeraltı Sularının Düşey Tesislerle Alınması Proje ve İnşaat Esasları	24
2.6.1	Hazneli Kuyular	24
2.6.2	Borulu Kuyular	26
2.7	Yeraltı Sularını Alma Yapılarının Hidroliği	28
2.7.1	Serbest Akiferlerde Kuyulara Doğru Basıncısız Akım	28
2.7.2	Optimum Debi	30
Örnek 2.1	Serbest yüzeyli akiferde açılan kuyudan alınabilen debi	31
2.7.3	Basıncılı Su Taşıyan Zeminlerde Açılan Kuyuların	32

Örnek 2.2 Basınçlı akiferde açılan kuyudan alınabilen debi	33
--	----

BÖLÜM 3

SULARIN İLETİLMESİ	35
3.1 İletim (İsale) Hatları	35
3.2 İsale Hattı Güzergâh Seçiminde Dikkat Edilecek Konular	37
3.3 İsale Hatlarının Sayısı	38
3.4 Boru Donatıları	39
3.5 Yapıldıkları Malzemelere Göre Boruların Özellikleri	41
3.5.1 Font-Duktil Borular	41
3.5.2 Çelik Borular	42
3.5.3 CTP – CTE (Cam elyaf Takviyeli Polyester)	42
3.5.4 Beton ve Betonarme Borular	43
3.5.5 Plastik Borular	44
3.6 Boruların Üstündeki Dolgu Yüksekliği	45
Örnek 3.1 Cazibeli isale	46
Örnek 3.2 Cazibeli isale	48
3.7 Terfilî (Pompa) İsale	50
3.7.1 Terfi Merkezinin Yer Seçimi	51
3.7.2 Pompa Sayısı ve Seçimi	51
3.7.3 Pompa Seçiminde Dikkate Alınacak Faktörler	51

3.8	Yük Kayıplarının Hesabı	52
3.9	Pompa ve Motor Gücü	53
3.10	İletim (İsale) Hattı Ekonomik Çap Hesabı	54
	Örnek 3.3 Terfilisi İsale	55
	Örnek 3.4 Terfilisi İsale	58

BÖLÜM 4

SULARIN DEPOLANMASI	61	
4.1	Depo	61
4.2	Depoların Sınıflandırılması	61
4.3	Projelendirmeye Esas Olan Faktörler	62
	4.3.1 Düzenleme Faktörü	62
	4.3.2 Emniyet bakımından	62
	4.3.3 Şebeke Basıncı Bakımından	62
4.4	Gömme Depolar Hacmi ve Boyutları	62
	4.4.1 Depo Hacminin Belirlenmesi	62
	4.4.2 Yangın Hacmi	63
	4.4.3 Gömme Hazne Boyutları	64
4.5	Ayaklı Depolar	66
4.6	Depo Yeri ve Krepin Kotunun Tayini	66
	Örnek 4.1 Cazibeli İsale, depo hacim ve yerinin belirlenmesi	68

Örnek 4.2 Terfili isale, depo hacim ve depo yerinin belirlenmesi	73
Örnek 4.3 Terfili isale, depo hacim ve depo yerinin belirlenmesi	77

BÖLÜM 5

SU DAĞITIM SİSTEMLERİ (İÇME SUYU ŞEBEKESİ)	83
5.1 Dal Sistemi	83
5.2 Ağ Sistemi	84
5.3 İçme Suyu Dağıtım Şebekesinin Teşkili	84
5.3.1 Caddelerdeki Boru Adedi	85
5.3.2 Su Şebekelerinde Çap	86
5.3.3 Su Şebekelerinde Hız	86
5.3.4 Su Şebekelerinde Basınç	86
5.4 Şebeke Donatıları	86
5.5 Su Dağıtım Sisteminin Katlara Ayrılması	88
5.6 Şebeke Hesap Planı	90
5.7 Şebeke Hesabına Esas Olacak Gözlerin Tespiti	91
5.8 Ölü Nokta Yerinin Seçimi ve Dengeleme Hesapları	91
5.9 İçme Suyu Şebekesinin Ölü Nokta Metodu ile Hesabı	92
5.10 Şebeke Hesap Tablosunun Doldurulması	94
5.11 Şebeke İnşaat Planının Çizimi	97
5.12 Düğüm Noktalarının Teşkili	98

Örnek 5.1 Dal şebeke	99
Örnek 5.2 Ağ şebeke örneği	102

KENTSEL DRENAJ –KANALİZASYON SİSTEMLERİ

BÖLÜM 6

EVSEL ATIKSU DRENAJ SİSTEMLERİ	105
6.1 Kentsel Drenaj	105
6.2 Kanalizasyon Sistemlerinin İnşası	108
6.3 Tesislerin Ekonomik Ömrü	109
6.4 Binaların Atık Su Tesisatı	110
6.5 Kullanılmış Su Miktarı	111
6.6 Kullanılmış Suların Özellikleri	113
6.7 Kanalizasyon Şebekesinin Özellikleri	114
6.8 Kanal Çapları	118
6.9 Kanal Derinliğinin Tayini	118
6.10 Kanalların Hendeklere Döşenmesi	120
6.11 Kanal Kesitleri	122
6.12 Kanal Boy Kesitlerinin Geçirilmesi	123
6.13 Kanal Eğimlerinin Belirlenmesi	124
Örnek 6.1	128
6.14 Maksimum ve Minimum Akış Hızları	133
6.15 Minimum Su Derinliği	133

6.16 Kanalizasyon Bacaları	134
6.17 Muayene Bacası (Menhol / Rögar)	135
6.18 Düşümlü Bacalar	137
6.19 Rögar- Parsel Bacası	141
6.20 Atık Su Kanallarının Hidrolik Hesabı	142
6.20.1 Manning Denklemi	142
6.20.2 Kutter Formülü	142
Örnek 6.2	143
Örnek 6.3	146
6.21 Kanalizasyon Hesap Tablosunun Doldurulması	151
Örnek 6.4	154

BÖLÜM 7

YAĞMURSUYU TOPLAMA SİSTEMLERİ	161
7.1 Yağmur Suyu	161
7.2 Yağmur Suyu Şebeke Planı	162
7.3 Yağmursuyu Izgarası – Menhol	163
7.4 Yağış Analizleri	164
7.5 Yüzeysel Akış	168
7.6 Drenaj Alanı (Havza)	170
7.7 Giriş Süresi	171
7.8 Akış Süresi	172

7.9 Toplanma Süresi	172
7.10 Hesap Yağmuru	172
7.11 Ayrık Sistem Yağmur Suyu Şebeke Hesap Tablosunun Doldurulması	173
7.12 Yağmursuyu Giriş Izgaralarının Yerleştirilmesi	177
7.13 Meskûn Bölge Yollarında Yağmursuyu Drenajı ve Giriş Yerleri	181
7.14 Bordür Taşında Bırakılan Giriş Yerleri	182
7.15 Bordür Taşında Bırakılan Düz Girişler	183
7.16 Bordür Taşında Bırakılan Çukurlaştırılmış (Basınçlı) Girişler	184
7.17 Bordür Taşında Bırakılan Saptırıcı Girişler	184
7.18 Cadde Arkına Konan Izgaralı Giriş Yerleri	185
7.19 Ark ve Bordür Girişinin Birlikte Çalıştığı Birleşik Girişler	185
7.20 Cadde Boyunca Yerleştirilmiş Izgaralı Girişler (C.B.Y.G)	187
Örnek 7.1	188
Kaynaklar	193

Su Getirme

BÖLÜM 1

SU İHTİYACININ VE SARFIYATININ HESABI

1.1 Su Getirme Tesisleri

Su getirme ve kullanılmış suları uzaklaştırma (kanalizasyon) yapılarının amacı, tabiattaki mevcut dengeyi bozmaksızın suları ekonomik şartlarla kaynaklarından alarak, insan toplulukları ve endüstri ihtiyaçlarının emrine sunulması ve kullanılmış sular ile birlikte yağmur sularının da uzaklaştırılmasıdır.

Su tüm canlılar için yaşamsal öneme sahip bir maddedir. Dünyadaki suyun toplam hacmi **1.4 milyar km³** olarak tahmin edilmekte ve bu suların **%97.5** 'i denizlerde tuzlu halde bulunmaktadır. Tatlı su kaynakları ise toplam su hacminin yaklaşık **%2.5** 'ini oluşturur. Tatlı suların çok büyük kısmı (**%2**) kuzey ve güney kutbunda, dağlarda kar ve buz halinde olup, kalan **%0.5** 'i ise, bütün dünyaya eşit olmayan şekilde dağılmış, yeraltı ve yerüstü suları ile tatlı su göllerinde bulunmaktadır.

Güneş enerjisi ve yer çekim kuvveti etkileri sonucu katı, sıvı ve gaz hallerinden birinde bulunan su, atmosfer, litosfer ve hidrosfer arasında hiç durmadan dolaşır. Yeryüzündeki suyun denizden buharlaşarak atmosfer, yağış ve akarsu ile tekrar denize ulaşması sırasında takip ettiği yola hidrolojik çevrim denir. Bu çevrimde bulunan suyun zamansal ve mekânsal dağılımı çok farklılık gösterir.

Yerleşim bölgelerinin su ihtiyaçlarını karşılayabilmek için suyun bulunduğu yerden (kaynak) alınarak kullanılacağı yere getirilmesi gerekir. Bu amaçla su getirme tesisleri dediğimiz oldukça maliyetli yapıların, planlanarak inşaatı gerekir. Ülkemizde su getirme projelerinin yapımında İller Bankası'nın hazırlamış olduğu konuyla ilgili şartnameler geçerlidir (İller Bank. 1992). Yerleşim bölgelerine ait öncelikle harita ve imar planları hazırlanarak, su getirme projeleri ele alınır.

Su toplumlara birçok amaçlarla getirilir. Bunlardan en önemlileri; yeme içme suları, banyo ve temizlik, bitki örtüsü, yangına karşı can ve mal korunmasını sağlamak, çok sayıda ve değişik endüstriyel işlemler için, pis sular ve endüstriyel atıkların suyla

Su Getirme

taşınarak uzaklaştırılması olarak sıralanabilir. Sulardan bu çok çeşitli istifade Őekillerini mümkün kılan mühendislik tesisleri Şunlardır:

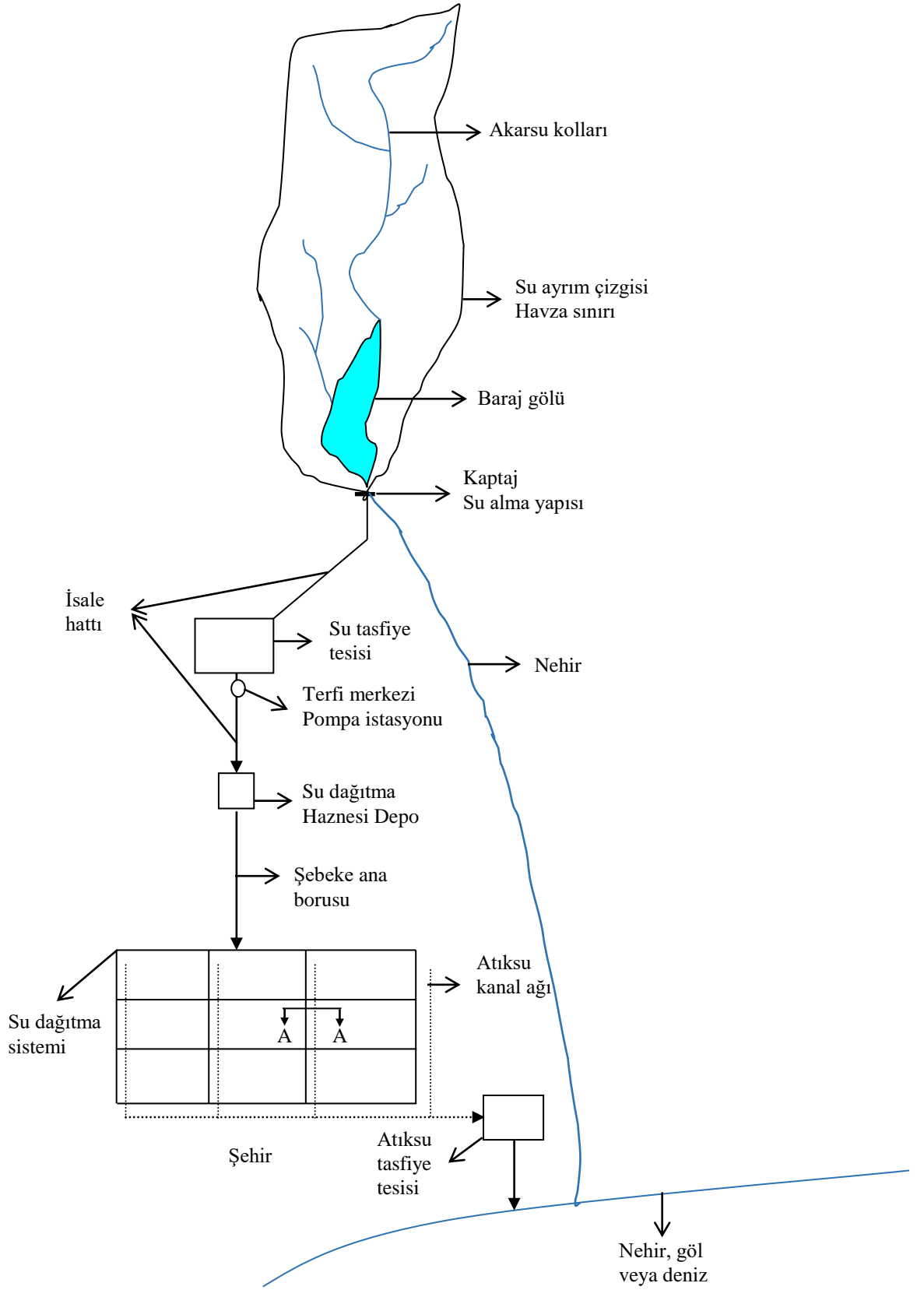
- a) Su getirme tesisleri,
- b) Kullanılmış suları uzaklaştırma tesisleri.

Bir su getirme tesisinin genel Şeması Şekil 1.1 de verilmiştir. Şekilden görüleceği gibi bir su getirme tesisi;

- (a) Kaptaj (su alma) yapısı,
- (b) Tasfiye (arıtma) tesisi,
- (c) Terfi merkezi (pompa istasyonu),
- (d) İsale (iletim) hattı,
- (e) Hazne (depo),
- (f) Şebeke ana borusu ve
- (g) Şebeke'den meydana gelmektedir.

Su getirme tesisleri Őimdiki ve makul bir gelecekteki ihtiyaçları sürekli olarak karşılamaya yetecek miktardaki suyu kaynağından alır veya fazla suları ihtiyaca yetmeyen zamanlarda kullanılmak üzere biriktirerek zaman zaman yetersiz olan kaynağı, sürekli olarak ihtiyacı karşılayacak hale getirir. Su alma yerinde sular kalitece yeterli değil ise tasfiye tesisleri toplanan suyu hizmet edeceği maksatlara elverişli hale getirir. Kirlenmiş sular dezenfekte edilir. Estetik olarak görünüşü kötü veya tadı bozuk olan suları kullanıma uygun hale getirilir. İletme ve dağıtma tesisleri, derlenmiş ve tasfiye edilmiş suları insan topluluğuna nakleder ve burada suyu yeterli miktarda ve gerekli basınçta abonelere dağıtırlar.

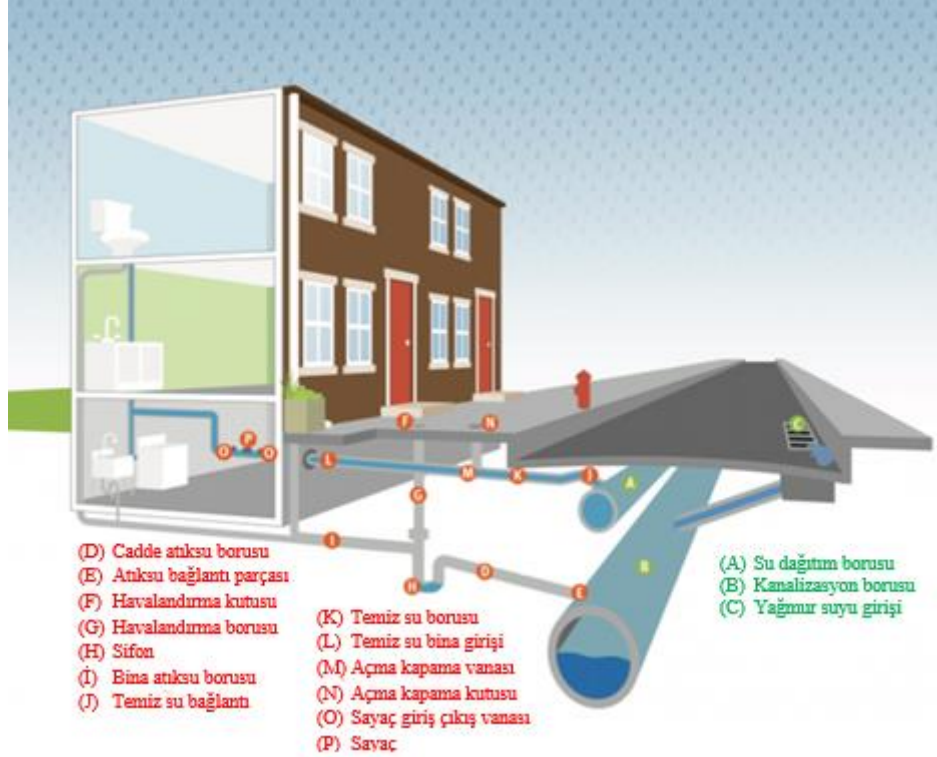
Su Getirme



Şekil 1.1 Su getirme tesislerinin genel şeması

Su Getirme

Şekil 1.1 de gösterilen yerleşim bölgesindeki bir sokağa ait A-A kesitindeki alt yapı donatılarının görünümü Şekil 1.2 de verilmiştir. Şekilden görüleceği üzere caddede yağmur suyu ve evsel atıksu tek bir kanalizasyon ağına bağlanmıştır (Birleşik sistem). Binalara su getiren temiz su borusu (Esas boru) ile bina arasındaki donanımlar şekilde gösterilmiştir.



Şekil 1.2 Yerleşim bölgesindeki bir sokağa ait alt yapı donanımları,

(www.abington.psu.edu)

Çatı üzerine gelen sular, çatı yüzeyinde eğim düzenlemesi yapılarak belli noktalarda veya düzlemlerde toplanır. Toplanan sular az katlı yapılarda çatı kotundan doğrudan zemine veya diğer bir çatı yüzeyine (eğimli çatılarda saçak bölümünden ve teras çatılarda çörlen, yağmur suyu iniş borusu aracılığıyla) aktarılır. Çok katlı yapılarda oluklar ve yağmur iniş borusu aracılığıyla zemin kotuna yakın bölümden serbest olarak zemine bırakılır veya yağmur suyu toplama kanalına bağlanır.

Şehir ve kasabalara getirilecek içme sularına ait projelerin hazırlanması ve uygulamaya aktarılması için gereken düzenlemeler “İçmesuyu Projesine ait Şehir ve Kasaba

Su Getirme

İçmesuyu Projelerinin Hazırlanmasına ait Yönetmelik” de (İller Bankası, 1992) açıklanmıştır.

1.2 Proje Süresi

Planlanan su getirme sisteminin ve bunların değişik kısımlarının ihtiyacı karşılayabileceği yılların sayısına *proje süresi* denir. Ayrıca proje süresi tesisin faydalı ömrüne yeni ilavelerin yapılabilme kolaylığına nüfus ve endüstrinin büyüme hızına, tesis için sarf edilecek olan paranın teminindeki güçlük ve faizlere bağlıdır Tablo 1.1.

Tablo 1.1 Su getirme ve kanalizasyon tesislerinin proje süreleri

Yapının Tipi	Özel karakteristikler	Proje Süresi (yıl)
Su getirme		
Büyük Barajlar ve Kanallar	Büyütmek zor ve pahalı	25-50
Kuyular, Su dağıtma şebekeleri	Tevsii Kolay Nüfus Artışı ve Faiz Küçük	20-25
Filtre Tesisleri	Nüfus Artışı ve Faiz Yüksek	10-15
Kullanılan Suların Uzaklaştırılması		
Toplayıcılar, Ara Toplayıcılar	Genişletilebilir zor ve masraflı	40-50
Yağmur Kanalları	Tevsii Kolay	
Tasfiye Tesisleri	Nüfus Artışı ve Faiz Küçük Nüfus Artışı ve Faiz Yüksek	20-25 10-15

1.3 Nüfus Dağılımı ve Yoğunluğu

Bir yerleşim bölgesinde suyun dağıtılması, nüfus yoğunluğunun ve bölgeyi oluşturan çeşitli tipten alanların, iskân durumunun veya kullanılma şeklinin tahmin edilmesini gerektirir. Bu amaçla nüfus yoğunluğu genel olarak hektar başına düşen insan sayısı olarak ifade edilir. Buna göre alanların sınıflandırılması ve beklenen nüfus yoğunlukları Tablo 1.2. de gösterilmiştir.

Su Getirme

Tablo 1.2 Yerleşim bölgelerinin imar durumuna bağlı nüfus yoğunlukları

1	Oturma Bölgeleri	Hektar Başına Düşen Nüfus
a	Tek aileli ikametgâhlar, büyük parseller	10-40
b	Tek aileli ikametgâhlar, küçük parseller	40-90
c	Çok aileli ikametgâhlar	40-250
d	Apartman veya kira evleri	250-2500
2	İş ve ticaret bölgeleri	40-80
3	Endüstri bölgeleri	10-40
4	Park ve oyun sahaları	25-50

Verilen bir meskûn bölgede yaşayan nüfus sayısı hakkında en iyi bilgi kaynağı resmi bir nüfus sayımıdır. Ülkemizde genel nüfus sayımları Başbakanlık Devlet İstatistik Enstitüsü tarafından yapılmaktadır. (ilk nüfus sayımı Ekim 1927, son nüfus sayımı 30 Kasım 1997 de yapılmıştır).

İçme suyu ve kanalizasyon tesisleri belli bir süre sonraki ihtiyacı karşılayacak şekilde yapılır. Yapılacak tesisin bu süre sonunda ihtiyaca cevap vermesi gerekir. İhtiyacın genişliği ise tesisi kullanacak nüfus sayısı ile orantılıdır. O halde proje süresi sonundaki yani gelecekteki nüfusu bilmek gerekir.

1.4 Nüfus Tahmin Yöntemleri

Gelecekteki nüfusu tam olarak veren herhangi bir yöntem mevcut değildir. Çünkü bir toplumun nüfus artışı çok sayıda değişik faktörlerin etkisine bağlıdır. Bunların gelecekte ne şekilde gelişeceğini şimdiden tam olarak kestirmek mümkün değildir. Bir bölgenin gelecekteki nüfusunu tahmin etmek için kullanılan hesap yöntemlerinin başlıcaları aşağıda verilmiştir.

- 1- Aritmetik artış yöntemi
- 2- Geometrik artış yöntemi
- 3- İller Bankası yöntemi
- 4- Benzer şehir yöntemi

Su Getirme

1.4.1 İller Bankası Yöntemi

Halen nüfus tahminleri “İller Bankası İçme Suyu Talimatnamesi” ne göre yapılmaktadır. Yürürlükte olan talimatnameye göre şehir ve kasabaların içme suyu ve kanalizasyon projelerinde esas alınan nüfus hesabı aşağıdaki gibi yapılmaktadır. Bu metot, artış hızı sınırlanmış bir geometrik artış yöntemidir.

$$N_g = N_y \left(1 + \frac{P}{100} \right)^n \quad (1.1)$$

$$P = \left(\sqrt[a]{\frac{N_y}{N_e}} - 1 \right) \times 100 \quad (1.2)$$

N_g = Gelecekteki nüfus

N_y = En son nüfus sayısı

n = Kaç yıl sonraki nüfus isteniyorsa

P = Nüfus artış katsayısı

N_e = Eski nüfus sayısı

a = En son sayım yılı - Eski sayım yılı

$P = 1-3$ arasında çıkarsa hesaplanan değer alınacak

$P > 3$ çıkarsa 3 alınacak

$P < 1$ çıkarsa 1 alınacak

Su Getirme

Örnek 1.1

Bir kasabanın 1955 sayımına göre nüfusu 10 000 kişi, 1980 sayımındaki nüfusu 16 000 kişi olduğuna göre kasabanın 30 yıl sonraki nüfusunu bulunuz.

$$a = 1980-1955 = 25 \text{ yıl}$$

$$N_y = 16000$$

$$N_e = 10000$$

$$P = \left(\sqrt[a]{\frac{N_y}{N_e}} - 1 \right) * 100$$

$$P = \left(\sqrt[25]{\frac{16000}{10000}} - 1 \right) * 100 = 1.9 \text{ aynen alınır.}$$

$$N_g = N_y \left(1 + \frac{P}{100} \right)^n$$

$$N_{30} = 16000 \left(1 + \frac{1.9}{100} \right)^{30} = 28141 \text{ kişi}$$

Örnek 1.2

Bir şehrin nüfus sayımı neticeleri aşağıda verilmiştir. Bu şehrin 2010 yılındaki nüfusunu; İller Bankası yöntemine göre belirleyiniz.

Yıl	Nüfus
1980	185 000
1990	188 000
2000	220 000

Su Getirme

$$P_{1980-1990} = \left(\sqrt[10]{\frac{188000}{185000}} - 1 \right) * 100 = 0.16$$

$$P_{1980-2000} = \left(\sqrt[20]{\frac{220000}{185000}} - 1 \right) * 100 = 3.53$$

$$P_{1990-2000} = \left(\sqrt[10]{\frac{220000}{188000}} - 1 \right) * 100 = 1.58$$

En büyük nüfus artış katsayısı $P=3.53 > 3$. Olduğundan $P=3$ alınır.

$$N_{30} = 220000 \left(1 + \frac{3.0}{100} \right)^{10} = 295662 \text{ kişi olarak tahmin edilir.}$$

1.5 Gelecekteki Su İhtiyacının Belirlenmesi

Gelecekteki nüfus hesaplandıktan sonra bu nüfustaki topluluğun su ihtiyacının belirlenmesi gerekir. Yerleşim bölgelerine su sadece insan ihtiyaçları için getirilmez. Bölgede yaşayan canlı hayvan sayısı, endüstrinin sayısı ve özelliklerinin de göz önüne alınması gerekir.

1.5.1 İnsan İhtiyacı

Su sarfiyatı; iklim, hayat standardı kanalizasyon sisteminin durumu, ticari ve sanayi faaliyetlerin çeşidi, suyun fiyatı ve kalitesi, su dağıtma sistemindeki basınç ve benzeri etkenlerden dolayı geniş sınırlar içerisinde değişmektedir. Aynı zamanda kişi başına düşen su sarfiyatı mevsime, güne ve saate göre de değişir. Bir insan için bir yılda sarf edilen toplam su miktarının 365 de birine ortalama günlük sarfiyat denilir ve **litre/nüfus-gün** birimi ile ifade edilir ve q_{ort} olarak gösterilir.

En sıcak mevsimin en sıcak gününde bir kişi için sarf edilen su miktarına ise maksimum günlük su sarfiyatı denilir ve q_{mak} olarak gösterilir.

En sıcak ayın en sıcak gününün en çok su kullanılan (örneğin öğle) saatine göre hesaplanan günlük su sarfiyatına ise maksimum saatlik sarfiyat veya maksimum

Su Getirme

günlük maksimum sarfiyat denilir ve $makq_{mak}$ olarak gösterilir. Yurdumuzda yapılan projelerde maksimum günlük sarfiyat ortalama sarfiyatın 1.5 katı, maksimum saatlik sarfiyatta maksimum günlük sarfiyatın 1.5 katı, veya yıllık ortalama sarfiyatın 2.25 katı olarak alınır. Buna göre:

$$q_{mak} = 1.5 q_{ort} \Rightarrow makq_{mak} = 1.5 q_{mak} \Rightarrow makq_{mak} = 2.25 q_{ort} \quad (1.3)$$

Yerleşim bölgesindeki bir kişinin günlük ortalama su ihtiyacı, yerleşim bölgesinin nüfusuna bağlı olarak İller Bankası III numaralı talimatnamesinde verilmiştir Tablo 1.3.

Tablo 1.3. Günlük ortalama su sarfiyatı

Gelecekteki Nüfus (N_g)	q_{ort} (lt/nüfus-gün)
$N_g \leq 3\ 000$	60
$3\ 000 < N_g \leq 5\ 000$	70
$5\ 000 < N_g \leq 10\ 000$	80
$10\ 000 < N_g \leq 30\ 000$	100
$30\ 000 < N_g \leq 50\ 000$	120
$50\ 000 < N_g \leq 100\ 000$	170
$100\ 000 < N_g \leq 200\ 000$	200
$200\ 000 < N_g \leq 300\ 000$	225
$300\ 000 < N_g$	İdare karar verir

Tabloda bulunan su miktarının birimi lt/nüfus-gün dür. Boru boyutlandırmasında lt/sn birimi geçerli olduğundan bulunan değer lt/sn birimine çevrilir.

$$Q_{in} = \frac{N_g q_{ort}}{86400} \text{ (lt / sn)} \quad (1.4)$$

Su Getirme

1.5.2 Hayvan İhtiyacı

Büyük şehirlerde gerek yoksa da köy ve küçük kasabalarda hayvan su ihtiyacı önemli miktar tuttuğundan onun ayrıca hesaba sokulması gerekir. Hayvan ihtiyacı olarak:

Büyük baş hayvan için 50lt/gün-hayvan

Küçükbaş hayvan için 15lt/gün-hayvan

değerleri kullanılır. Hayvan ihtiyacı olarak belirleyebileceğimiz debi ise aşağıdaki formül ile hesaplanır.

$$Q_{ha} = \frac{N_b \cdot 50 + N_k \cdot 15}{86400} \text{ lt / sn} \quad (1.5)$$

Q_{ha} = hayvan ihtiyacı

N_b = Büyük baş hayvan adedi

N_k = Küçükbaş hayvan adedi

1.5.3 Sanayi İhtiyacı

Sanayi suyu ihtiyacı büyük sanayinin yer aldığı organize sanayi bölgelerinde $Q_{BS} = 0.50 - 0.85 \text{ lt/sn Ha}$ (Hektar), küçük sanayinin yer aldığı sitelerde $Q_{KS} = 0.35 - 0.50 \text{ lt/sn Ha}$ mertebesinde olmaktadır. Çok büyük ve münferit sanayi tesislerinde ise ihtiyacı üretim cins ve miktarına göre tahmin etmek gerekir.

1.6 İletim Debisi

Kentin ihtiyacı için depoya iletilmesi gereken su miktarı insan, hayvan ve sanayi su ihtiyaçlarının toplamıdır.

$$Q_{iletim} = Q_{insan} + Q_{hayvan} + Q_{san} \text{ (lt / sn)} \quad (1.6)$$

Projesi yapılan kentin yakınındaki bir yerleşme yerine su verilmesi planlanıyor ise gerekli su debisi özel debi olarak iletim debisinin hesabında göz önüne almak ve kent çıkışında da uç debi olarak hesaplara dâhil etmek gerekir.

Su Getirme

İletim debisi bulunduktan sonra yuvarlatılmak istenirse İller Bankası özel şartnamesine göre aşağıdaki tablodaki değerlere göre yuvarlatma yapılmalıdır.

Tablo 1.4 İletim debisi yuvarlatma değerleri (lt/s)

Q_{iletim}	Yuvarlatma değeri Lt/sn
$Q_{iletim} < 10$	0.5
$10 < Q_{iletim} < 50$	1
$50 < Q_{iletim}$	5

Örneğin: $Q_{ile} = 5.15$ lt/sn ise 5.50 lt/sn ye

$Q_{ile} = 30.45$ lt/sn ise 31.00 lt/sn ye

$Q_{ile} = 78.15$ lt/sn ise 80.00 lt/sn ye yuvarlatılabilir.

1.7 Ünitelerin Çalışacağı Debiler

Bir içme suyu tesisinde depoya kadarki, depo dahil, üniteler maksimum günlük su sarfiyatına (q_{mak}), depodan sonraki kısımlar ise maksimum saatlik sarfiyata ($makq_{mak}$) göre hesaplanır

Su alma (kaptaj) yapısı, arıtma (tasfiye) tesisi, su iletim (isale) hattı ve şebeke ana borusu debileri hesaplanırken günde 24 saat su aktığı düşünülür. Terfi (pompaj) halinde su, pompa çalışma süresinde akacağından isale hattı debisi bu müddete göre hesaplanır. Eğer arıtma tesisi de pompanın çalışmasına bağlı ise o da pompa çalışma müddetine göre hesaplanır. Debi genellikle lt/sn olarak bulunur.

Su Getirme

Örnek 1.3

Gelecekteki nüfusu 100 000 olarak tahmin edilen bir şehrin ortalama günlük su ihtiyacı $q = 200$ lt/N-gün için şehrin ortalama, mak günlük, mak saatlik ve boyutlandırılmada kullanılacak su sarfiyatını bulunuz. Depoya getirilecek olan insan su ihtiyacını lt/s olarak belirleyiniz.

Ortalama günlük su sarfiyatı : $0.2 * 100\ 000 = 20\ 000\ m^3/gün$

Mak Günlük su sarfiyatı : $1.5 * 20\ 000 = 30\ 000\ m^3/gün$

Mak saatlik su sarfiyatı : $(1.5 * 30\ 000) / 24 = 1875\ m^3/saat$

$$Q_{in} = \frac{30\ 000}{86400} = 0.347\ lt / sn$$

Örnek 1.4

Gelecekteki projelendirmeye esas alınacak nüfusu 56 500 kişi olan kasabanın iletim debisi belirlenecektir. Bu kasabada 500 büyükbaş, 8500 küçükbaş hayvan vardır.

Tablo 1.3 den 56 500 nüfus için kişi başına ortalama su ihtiyacı:

50 000 – 100 000 kişi için q_{ort} 120 – 170 lt/ nüfus-gün olarak verilmiştir. 56 500 nüfus için enterpolasyon yapılırsa $q_{ort} = 126.5$ lt/N-gün

$$Q_{in} = \frac{56500 * 1.5 * 126.5}{86400} = 124.08\ lt / sn$$

$$Q_{Hay} = \frac{500 * 50 + 8500 * 15}{86400} = 1.765\ lt / sn$$

$$Q_{ilet} = 124.08 + 1.765 = 125.85\ lt / sn$$

Yuvarlatma yapılarak $Q_{ilet} = 130$ lt/s alınır.

Su Getirme

Su Getirme

BÖLÜM 2

SULARIN DERLENMESİ (KAPTAJ)

2.1 Su Temini Amacıyla Kaynak Seçimi

Bir şehir, kasaba veya küçük yerleşim bölgesinin nüfusu ve su ihtiyacı hesaplandıktan sonra yapılacak iş, o yerleşme bölgesi için kalite bakımından uygun, miktarca yeterli su kaynağını belirlemektir. Hesaplanan ihtiyacın büyüklüğüne göre su, ya bir tek kaynaktan veya birkaç kaynaktan temin edilebilir. Su alma yapılarına genel olarak kaptaj denir. İçme suyu tesislerinin yapımında en büyük hatalar kaptajların inşası sırasında yapılmaktadır. Bu nedenle konuya etüt ve proje sırasında gerekli önem verilmelidir.

Kaynak seçiminde aşağıdaki üç durum göz önünde bulundurulmalıdır.

- 1- Kaynaktan devamlı olarak çekilebilecek debinin miktarı,
- 2- Kaynak suyunun kalitesi ve bunun zamanla değişimi,
- 3- Maliyet (Tesis maliyeti + İşletme maliyeti).

Alternatif su kaynaklarında yukarıda yazılan üç durum karşılaştırılır, sonuçta en ekonomik ve kalitece en uygun olana karar verilir.

2.2 İller Bankası Tarafından Tercih Edilen Kaynak Seçimi Sıralaması

- 1- Yerleşim bölgesine 10km mesafede ve içme suyu özellikleri bakımından uygun, cazibe ile iletilebilen sular diğerlerine tercih edilir.
- 2- Yukarıdaki özelliklere sahip birden fazla kaynağı varsa, işletme ve tesis masrafları %25 fazlasına kadar kalitesi iyi olan kaynak tercih edilir.
- 3- 1. ve 2. Maddelerin dışında kalan durumlarda, işletme tesis masrafları %25 fazlasına kadar, cazibe ile iletilebilen sular tercih edilir. Şayet karşılaştırma bir yer altı suyu ile yapılıyorsa, işletme ve tesis masrafları %35 fazlasına kadar, yer altı suyu tercih edilir.

Ülkemizde içme suyu kalitesini gösteren standart *TS 266* da tanımlanmıştır. Standartta bu sulara bulunmasına müsaade edilen ve izin verilen maksimum değerler tabloda gösterilmiştir.

Su Getirme

Tablo 2.1 TS 266 İçme Suyu Standartları

PARAMETRE	BİRİM	TAVSİYE EDİLEN DEĞER	İZİN VERİLEN MAKS. DEĞER
ORGANOLEPTİK PARAMETRELER			
GÖRÜNÜM		BERRAK-RENKSİZ	
KOKU		KOKUSUZ	
FİZİKO-KİMYASAL PARAMETRELER			
SICAKLIK	°C	12	25
pH		6,5<pH<8,5	6,5<pH<9,2
RENK	Pt-Co	1	20
BULANIKLIK	NTU	5	25
İLETKENLİK	µs/cm	400	2000
KLORÜR	mg/l	25	600
SERBEST KLOR	mg/l	0,1	0,5
SÜLFAT	mg/l	25	250
KALSİYUM	mg/l	100	200
MAGNEZYUM	mg/l	30	50
SERTLİK	mg/l		50
SODYUM	mg/l	20	175
POTASYUM	mg/l	10	12
ALÜMİNYUM	mg/l	0,05	0,2
TOPLAM ÇÖZÜNMÜŞ MADDE (TDS)	mg/l		1500
NİTRAT	mg/l	25	50
NİTRİT	mg/l		0,1
AMONYUM	mg/l	0,05	0,5
KJELDAHL AZOTU	mg/l		1
BOR	µg/l	1000	2000
DEMİR	µg/l	50	200
MANGAN	µg/l	20	50
BAKIR	µg/l	100	3000
ÇİNKO	µg/l	100	5000
FOSFOR	µg/l	400	5000
FLORÜR	µg/l		1500
BARYUM	µg/l	100	300
GÜMÜŞ	µg/l		10
TOKSİK MADDELER			
ARSENİK	µg/l		50
KADMİYUM	µg/l		5
SİYANÜR	µg/l		50
KROM	µg/l		50
CİVA	µg/l		1
NİKEL	µg/l		50
KURŞUN	µg/l		50
ANTİMON	µg/l		10
SELENYUM	µg/l		10
MİKROBİYOLOJİK PARAMETRELER			
TOPLAM KOLİFORM	ad/100 ml		0
TOPLAM BAKTERİ	ad/ml	100	500
RADYOAKTİVİTE			
ALFA AKTİVİTESİ	Bq/l	0,037	0,037
BETA AKTİVİTESİ	Bq/l	0,37	0,37

Su Getirme

2.3 İçme ve Kullanma Suyu Kaynakları

1) Yerüstü suları

- Nehirler
- Gller, Barajlar
- Deniz suları

2) Yeraltı suları

- Menba Pınarlar: Kendiliğinden yeryüzüne çıkan yeraltı suları
 - Yamaç menbaları
 - Tabaka menbaları
 - Savak menbaları
 - Zemin atlak ve boşluklarında oluşan menbalar
- Kuyular
 - Sığ, hazneli kuyular
 - Derin, borulu kuyular

3) Yağmur suyu

- Sarnıçlar

2.4 Yüzeysel Suların Toplanması

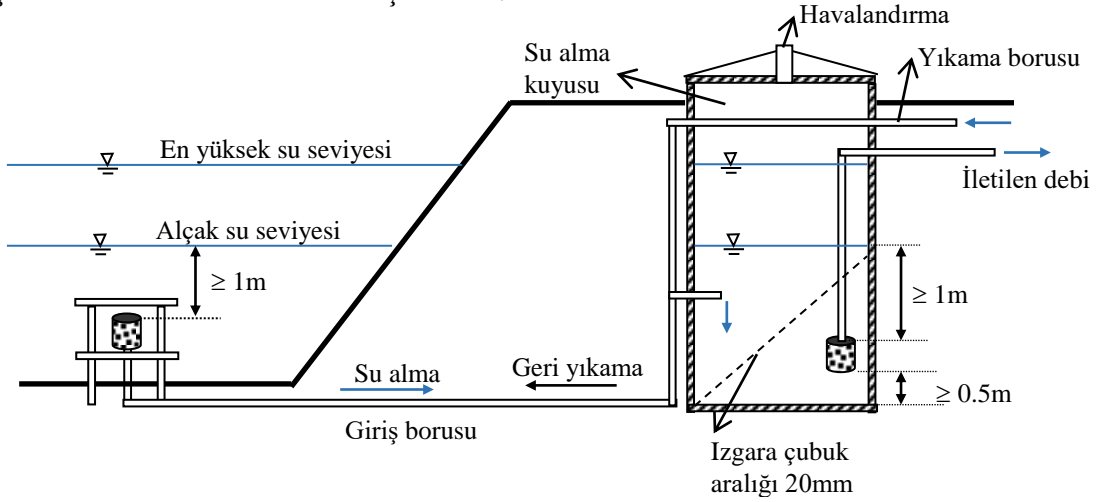
Menba ve yeraltı sularının mevcut olmadığı veya isalelerin ekonomik bulunmadığı hallerde göl ve nehirlerden içme suyu temin edilir. Akarsu veya göllerin yakınında bulunan beldeler eğer akarsuyun debisi veya göl ve rezervuarın kapasitesi, senenin bütün mevsimlerinde gerekli miktarda suyu çekmeye yeterli ise ihtiyaçlarını bu kaynaklardan sürekli olarak temin edebilirler. Eğer en kurak ayda akarsudan alınacak debi akarsuyun bu aydaki debisinden küçük fakat ona yakın ise akarsu üzerinde bir eşik yaparak suları bir miktar kabartmak gerekir. Bu suretle suların derivasyon galerisine kolaylıkla girmesi sağlanır. Eğer en kurak ayda akarsudan alınacak debi akarsuyun bu esnadaki debisinden çok fazla ise bu takdirde bir baraj yaparak bunun arkasında suni bir göl projelendirilmekten başka bir çare yoktur.

Su Getirme

2.4.1 Nehirlerden Su Alınması

Bir akarsuyun ya kenarından ya yatağından veya yatağın altından su alınabilir. Kenardan (Şevden) su almak için önce akarsuya dik olarak bir galeri inşa edilir. Menfez tabanının nehirdeki su seviyesinden daha aşağıda bulunmasına dikkat edilir ve kanalın sonunda bir su alma kuyusu veya toplama odası inşa edilir.

Herhangi bir akarsuyun ortasından akan sular kenarlara nazaran daha temizdir. Bu nedenle nehrin ortasından ve tabandan 1m yukarıdan su alınması tercih edilir. Bu amaçla suyun alınacağı yer tespit edilir. Buradan sahile kadar boru döşenir. Bu boru bir isale galerisi veya su alma kuyusunda son bulur. Nehirdeki su alma ağzının etrafı kafes şeklinde bir iskele ile korunur Şekil 2.1.



Şekil 2.1 Nehirden su alınması

Bir akarsuda alçak su seviyesi tabana çok yaklaşırsa su alma kuyusuna yeterli miktarda ve basınçta su almaya imkân yoktur. Zira su alma borularında suyun en az 60cm'lik bir basınç altında akması istenir. Öncelikle akarsuyun tabanı taranır ve buraya delikli font bir sandık konur. Bunun etrafı kum-çakıl filtresiyle doldurulur.

Nehirlerden Su Alma Yapısının Kısımları

- 1- Çan şeklinde veya silindirik bir su alma ağzı (süzgeç veya krepin),
- 2- Krepini koruyacak ve onu destekleyecek tertibat,
- 3- Su alma borusu veya kanalı,
- 4- Sürgülü kapak veya vana,
- 5- Su alma kuyusu,

Su Getirme

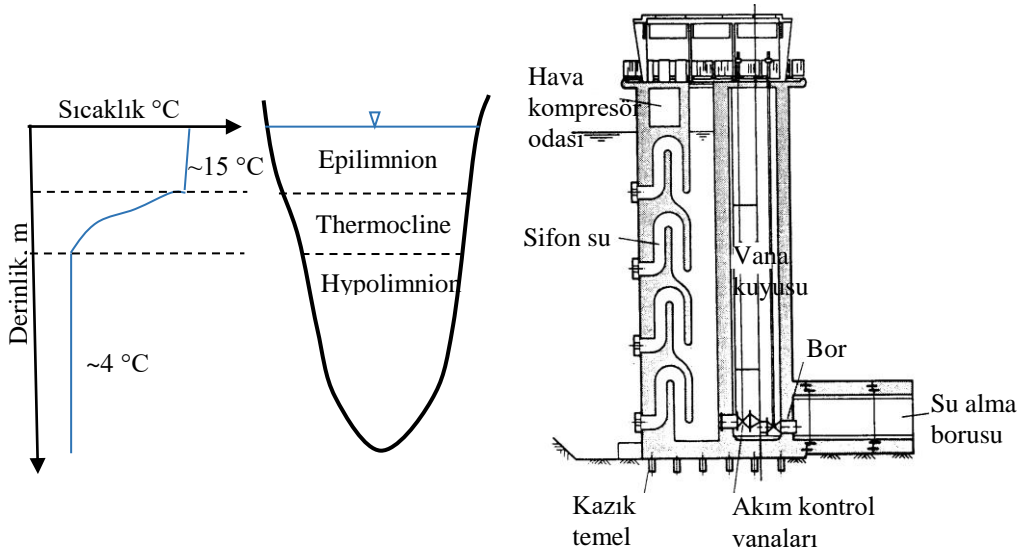
- 6- Kuyu içinde gerekli ise emme borusu ve dip klape,
- 7- Terfi ile isale halinde pompa tesisi.

2.4.2 Göl ve Haznelerden Su Alma

Göllerden su alınırken kirletici kaynakların hâkim rüzgâr yönünün yüzey ve yüzey altı akımları ile gemilerin seyir çizgilerinin göz önünde tutulması gerekir. Sahil sularının alınmasından sakınılmalı ve kirletici kaynakları hesaba katılmalıdır. Su alma yapısı şehrin memba tarafında yer almalıdır. Su alma yapısı rüzgârın esme yönüne göre meydana gelecek akıntılara bağlı olarak çeşitli derinliklerden su alınmaya çalışılmalıdır. Örneğin rüzgâr sahilden uzaklaşacak yönde estiğinde temiz taban suları alınabilmelidir. Tersine rüzgâr sahile doğru esip yüzeydeki temiz suları, su alma yapısına sürüklediği zamanda yüzeydeki su alma yapılarının açılarak bu suların alınması gereklidir.

2.4.3 Yüzey ve Taban Sularının Özellikleri

Nehir ve göllerde yüzey sularından uzak durulmalıdır. Bu sular hem sıcak hem de yüzücü maddeler içerir. Serin göl sularını almak için termoklin tabakası göz önünde tutulmalıdır. Termoklin su sıcaklığının birden bire azalarak +4 °C civarına indiği bir tabakadır. Su +4°C de en yoğun durumdadır. Termoklin ve altındaki tabakada su hareketleri en az durumundadır. Bu nedenle termoklin tabakasının altından su alınması gereklidir. Şekilde, baraj rezervuarından çok seviyeli sifon su alma kulesi gösterilmiştir.



Şekil 2.2 Sıcaklığın derinlikle değişimi ve su alma yapısı

Su Getirme

2.5 Yeraltı Suları

2.5.1 Yeraltı sularının Alınmasına Etkiyen Jeolojik Faktörler

Yeraltı suyu kapasitesinin tam olarak bilinmesi istendiğinde yeraltı su bölgelerinin jeolojisine ait detaylı bilgilere ihtiyaç duyulur. Bu bilgiler araziye gezmek, mevcut yol yarmalarını, tünelleri ve taş ocaklarını incelemek sureti ile elde edilebileceği gibi, daha detaylı olarak kuyuların açılması sırasında zemine ait tutulan çeşitli tabakaların derinlikleri ve özelliklerini gösteren kayıtlardır. Jeolojik bakımdan yer kabuğu, püskürük, tortul ve metamorfik kütlelerden yapılmıştır.

Püskürük kütleler iç ve dış püskürük olmak üzere ikiye ayrılır. İç püskürük kütleler: İri masif kütleler olduğundan ancak boşluk içerdikleri ve çatlak oldukları takdirde yeraltı suyu taşırlar. Su alma tesislerinin bu çatlak ve boşluklara rast gelmesi gerekir. Böyle yerlerden alınan sular genel olarak 90m yi geçmeyen derinliklerden çıkarılır. İç püskürük kütlelerden bazalt iyi bir su tabakasıdır. Granitin hava tesirlerine maruz kalarak dağılması ile silisli kumlar ve çakıllar meydana gelir. Bunlar en verimli su tabakalarıdır. Dış püskürük kütleler magmanın yeryüzüne çıkıp katılaşmasından meydana geldiği için çok gözenekli olabilir. Çatlak boşluk ve çok miktarda mağara şeklinde oyuklar ihtiva edebilir. Bu gibi yerlerde yeraltı su haznesinden ziyade yeraltı derelerine rastlanır.

Tortul kütleler dört sınıfa ayrılabilir. Kalker (kireçtaşı), şist, kum taşı ve konglomeralar. Kireçtaşları kesif ve geçirimsiz ise de suda erimiş karbondioksit in meydana getirdiği asiditenin tahrip edici etkilerine maruz kaldıkları zaman yarık, çatlak ve boşluklar ihtiva ederler. Zamanla buralarda yeraltı akarsu ve gölleri teşekkül eder ve bunlar büyük pınarları meydana getirir. Kumtaşları çok geçirimli olabilir. Bunların sutaşıma kapasiteleri taneler arasındaki boşlukların tabii çimento ile doldurulma derecelerine bağlıdır.

Tortul kütlelerin basınç ve ısı tesiri altında başkalaşmasından meydana gelen metamorfik kütlelerin hiçbirinin önemli bir su verimi yoktur. Mermerler, Konsolide killerden oluşan arduvaz ve şistler, Gnayslar metamorfik kütlelere örnektir.

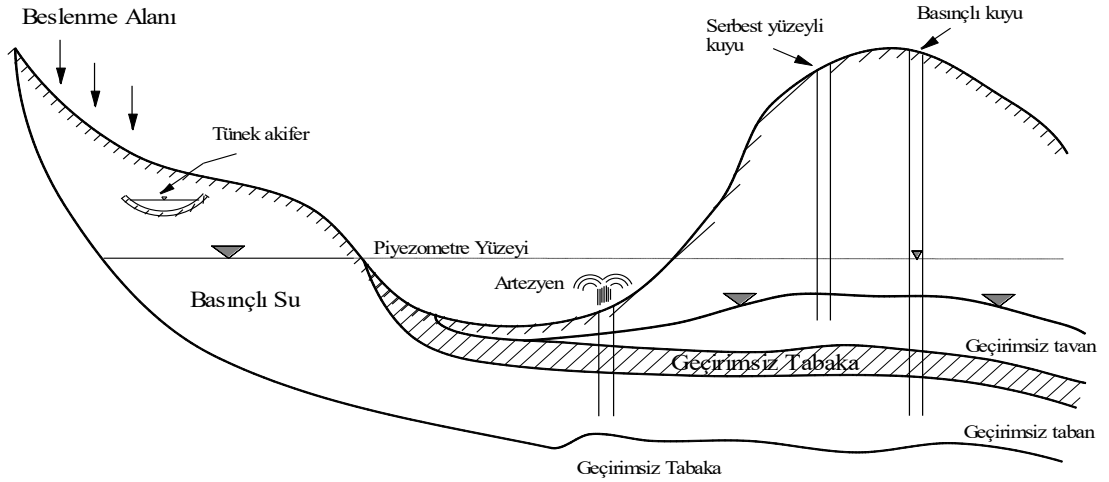
Su Getirme

2.5.2 Su Taşıyan Tabakalar, Akiferler

Yer altı suyu, yer kabuğunu oluşturan kayalar ve toprağın boşluk ve çatlaklarında bulunur. Bu sular **Akifer** denilen jeolojik formasyonlarda birikir. Bir başka deyişle, yer altı suyu, yağışın zemine süzülen ve yeraltının boşluk, çatlak ve yarıklarında toplanan sudur. Akifer su taşıyan tabaka demektir. Genel olarak yer küresindeki tatlı suyun büyük bir kısmı yeraltında bulunur.

Bir akarsuyun drenaj havzası veya yağış alanı olduğu gibi bir yeraltı suyu haznesinin de buna benzer bir drenaj alanı mevcuttur. Yeraltı suyunun drenaj alanı, yeraltı su yüzüne ait su ayırım çizgilerinin kapattığı alanı teşkil eder. Genellikle yeryüzüne ait su ayırım çizgisi, yeraltı su yüzeyine ait su ayırım çizgisi ile üst üste düşmez. Yeraltı sularının zemin yüzüne çıkması ile **menbalar** (pınarlar) meydana gelir.

Su seviyesinin durumuna göre akiferler basınçlı (artezyen), basınçsız (serbest) ve yarı basınçlı olmak üzere üç gruba ayrılırlar. Şekil 2.3 de bunlar görülmektedir (Emiroğlu, 2005).



Şekil 2.3 Serbest ve basınçlı akiferlerin şematik kesitleri

1- Serbest Yüzeyli Akifer-Yer Altı Su Yatakları

Üzerinde geçirimsiz bir örtü bulunmayan akifere denir. Serbest yüzeyli yer altı suyu yataklarında su yüzeyi dalgalı bir biçimde, suyun dolma ve boşalma alanına,

Su Getirme

kuyulardan çekilen debiye ve zeminin permeabilitesine bağılı olarak değişir. Akiferde depolanan su hacmindeki değişmeye bağılı olarak su yüzeyi alçalır veya yükselir.

2- Basınçlı Akifer-Yer Altı Suyu Yatakları

İki geçirimsiz tabaka ile sınırlı basınçlı su içeren akifere denir. Bu tip su yatakları su taşıyan tabakanın geçirimsiz iki tabaka arasında sıkışması halinde oluşur. Basınçlı akiferlere, artezyen adı da verilir.

3- Asılı veya Tünek Akiferler

Bu akiferler bir çeşit serbest akifer olarak kabul edilir. Yer yüzeyinden süzölen su yerin derinliğine doğru doymamış bölgede mercək veya çanak şekilli geçirimsiz birimlerin üzerinde toplanarak akiferi oluşturur. Bu tür oluşan akiferlerde yer altı suyunun miktarı tünek akiferin geometrisine bağılıdır (Dumlu ve diğ., 2006).

2.5.3 Menbaların Verimleri

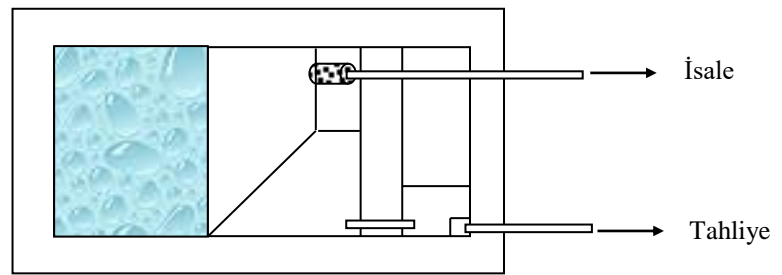
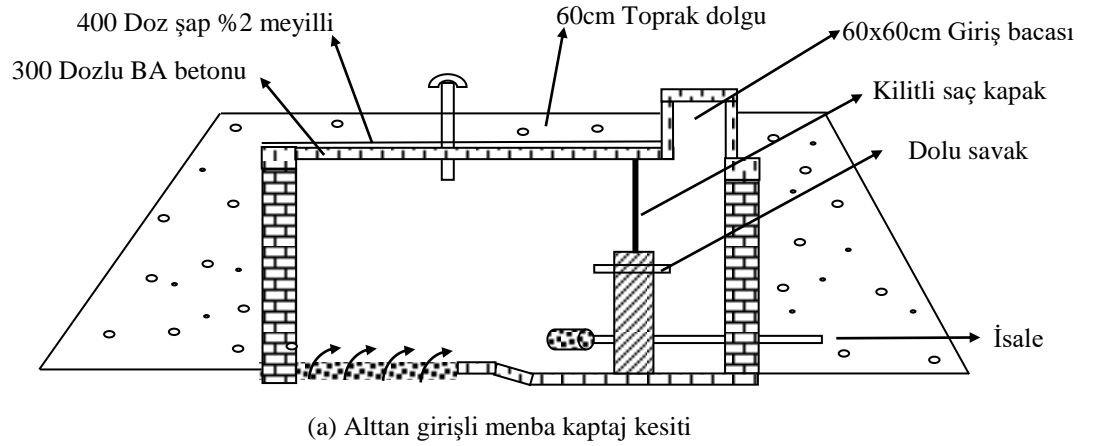
Menbaların emniyetli verimlerini ortaya çıkarabilmek için en aşığı bir sene boyunca 8 ila 14 günde bir memba debisi ölçölmelidir. Bilhassa şiddetli yağışlardan ve karların erimesinden sonra ve uzun süren kurak devreleri takiben menbaların debileri ölçölmelidir. Eğer uzun süre ölçüm yapılamıyorsa mevcut ve benzeri kaynaklarla kıyaslama yapılır. Minimum ve maksimum debilerde bakteriyolojik incelemeler uzun süre yapılmalıdır. Şekil 2.4 de Kayseri Kapuzbaşı Menbalarının (Şelale) bir görünümü verilmiştir.

Menba sularının derlenmesi menba tipine, zemin cinsine ve suyun debisine bağılı olarak farklı şekillerde yapılır. Menbada su toplama tesisi bir odadan ibarettir. En basit şekli ile bu oda tek bölmeden oluşur. Bunların vanaları dışarıdadır. Bunlar, toplama odaları giriş-çıkış, dolu ve dip savak boruları ile donatılmıştır. Genellikle toplama odaları biri su, diğeri teçhizat bölmesi olmak üzere iki bölmeli yapılır. Su bölmesi, su hızının 10cm/s olduğu kabulü ile boyutlandırılır. Menba sularının ince kum süröklemesi halinde su bölmesinden önce bir kum tutucu bölme yapılır Şekil 2.5.

Su Getirme



Şekil 2.4 Karstik kaynak pınar, Kayseri Kapuzbaşı şelaleleri (acikders.ankara.edu.tr)



Şekil 2.5 Alttan girişli menba kaptajı

Minimum ve maksimum debiler arasındaki oran suyun yeraltında süzülme derecesini gösterir. Bu oran 1/1 ile 1/8 arasında olmalıdır. Debiler daha fazla değişiyorsa yağış

Su Getirme

alanı üzerinde pek çok sayıda çatlak var demektir. Bu oranın 1/50 den daha küçük olması zemin sularının iyi bir şekilde süzülmediğini ifade eder. Böyle hallerde su kalitesi şüphe ile karşılanmalıdır. Bir yeraltı su kaynağının ilmi olarak incelenmesi için jeolojik, hidrolojik ve hidrolik sisteminin birbirinden ayrılarak incelenmesi gerekir.

2.6 Yeraltı Sularının Düşey Tesislerle Alınması Proje ve İnşaat Esasları

Yeraltı sularını toplayan düşey tesisler, yani kuyular, inşa şekillerine göre şu kısımlara ayrılır.

1- Hazneli kuyular

- (a) Adi kuyular
- (b) Yatay ve diyagonal filtrelili kuyular

2- Borulu kuyular

- (a) Burgu ile açılan kuyular
- (b) Çakma kuyular
- (c) Sondaj usulü açılan kuyular
 - 1- Döner sondaj
 - 2- Darbeli sondaj

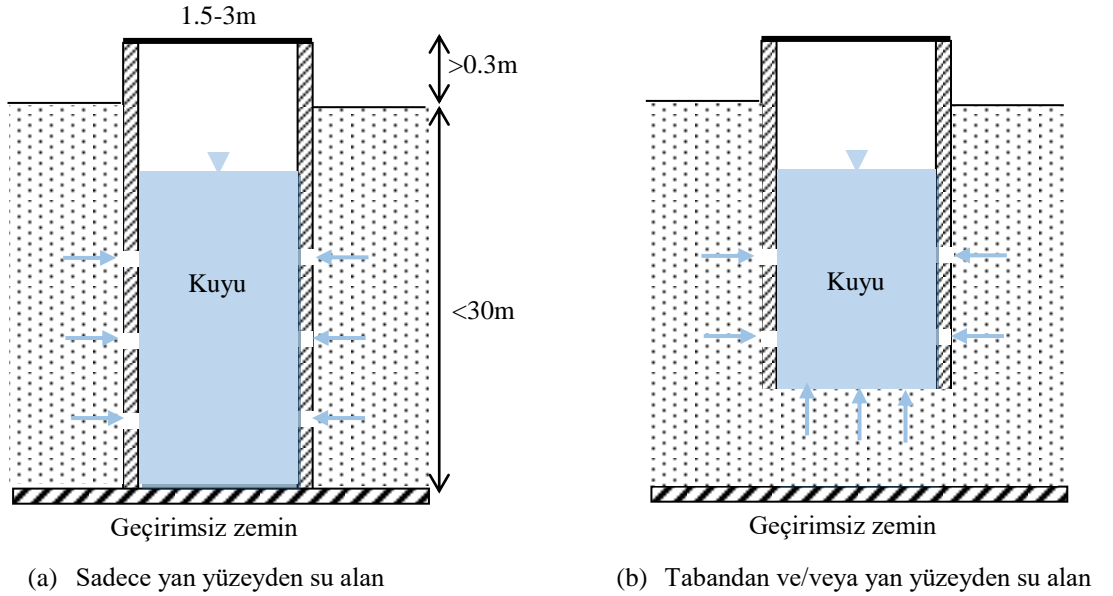
2.6.1 Hazneli Kuyular

Bunlar, kazma, kürek ve benzeri kazı makineleriyle açılan kuyulardır. Özellikle sığ tabakalarda (yeraltı suyunun yüzeye yakın olduğu bölgede) açılır. Çapları 3m den büyük olması ve sürekli olarak su alınmaması halinde kuyu içinde uzun zaman bekleyen su bayatlar. Bu nedenle böyle büyük çaplı kuyular içme suyu ihtiyacı için elverişli sayılmazlar. 1.5m den daha küçük çaplı kâgir kuyu inşa edilmez. Nadiren 30m den daha derin yapılır.

Hazneli kuyuların üstünlükleri şöyle sıralanabilir. (a) Çaplarının büyük olması nedeniyle içlerinde su depo edebilirler. (b) Çapları büyük olduğundan verimsiz ve sığ tabakalardan su almak mümkündür. (c) Göl ve nehir sahillerinden en az 50m uzakta açılan hazneli kuyular, kirli yüzeysel suların süzülerek temizlenmesini sağlar.

Su Getirme

Sakıncaları şunlardır: (a) Çapları büyük olduğundan, rüzgâr ve yağış suları ile kirlenme tehlikesine maruzdur. (b) Derin su tabakalarında yapılmazlar. Kirlenmeyi önlemek için tercihen betondan bir kapak yapılır. Kapak tabii zemin seviyesinden 30cm yukarıda olmalıdır. Motor platformu yüksek su seviyesinin en aşağı 0.5-0.8m yukarısında yapılır. Tulumbalar dinamik su seviyesinden en fazla emme yüksekliği kadar yukarıda olur. Kuyuya su cidarlarda bırakılmış boşluklardan girer. Bu boşlukların alanı inşa şekline göre yan yüzey alanının $\alpha = 1/4$ ila $1/5$ katı olur. α katsayısı ile hesaplanan bu yüzey alanı müsaade edilen maksimum giriş hızıyla çarpılırsa kuyudan alınabilecek en büyük debi elde edilir. Kuyunun geçirimsiz tabakaya kadar inmesi durumuna bağlı olarak sular ya yanlardan ya sadece tabandan yahut da her ikisinden birlikte kuyuya girerler Şekil 2.6.



Şekil 2.6 Hazneli kuyular

Hazneli kuyuların çapları yeterince büyük olduğundan kuyu cidarında borulu kuyularda olduğu gibi ayrıca kum çakıl filtresi yapılmaz. Ancak su kuyunun tabanından giriyorsa bilhassa ince taneli zeminlerde kuyu tabanına üç tabakaya kadar kum-çakıl filtresi serilebilir. Kum çakıl filtresi teşkilinden maksat, harekete geçen kum tanelerini tutmak ve zeminin boşalmasını önlemektir.

Su Getirme

Hazneli kuyularda müsaade edilen maksimum giriş hızı, Sichardt'a göre;

$$V_{mak.} = \frac{\sqrt{k}}{15} \quad (2.1)$$

k = zemin geçirimsizlik, permeabilite katsayısı (m/s)

V_{mak} = müsaade edilen maksimum kuyu giriş hızı (m/s)

Buna göre kuyuya giren debi:

$$Q = V_{mak} \cdot A_t + V_{mak} \cdot A_y \quad (2.2)$$

$$Q = \pi \cdot r^2 \cdot \frac{\sqrt{k}}{15} + 2 \cdot \pi \cdot r \cdot h \cdot \alpha \cdot \frac{\sqrt{k}}{15} \quad (2.3)$$

Q= Kuyudan alınabilecek debi,

A_t = Kuyu taban alanı,

A_y = Kuyu yan yüzey su giriş alanı,

r= Kuyu yarı çapı,

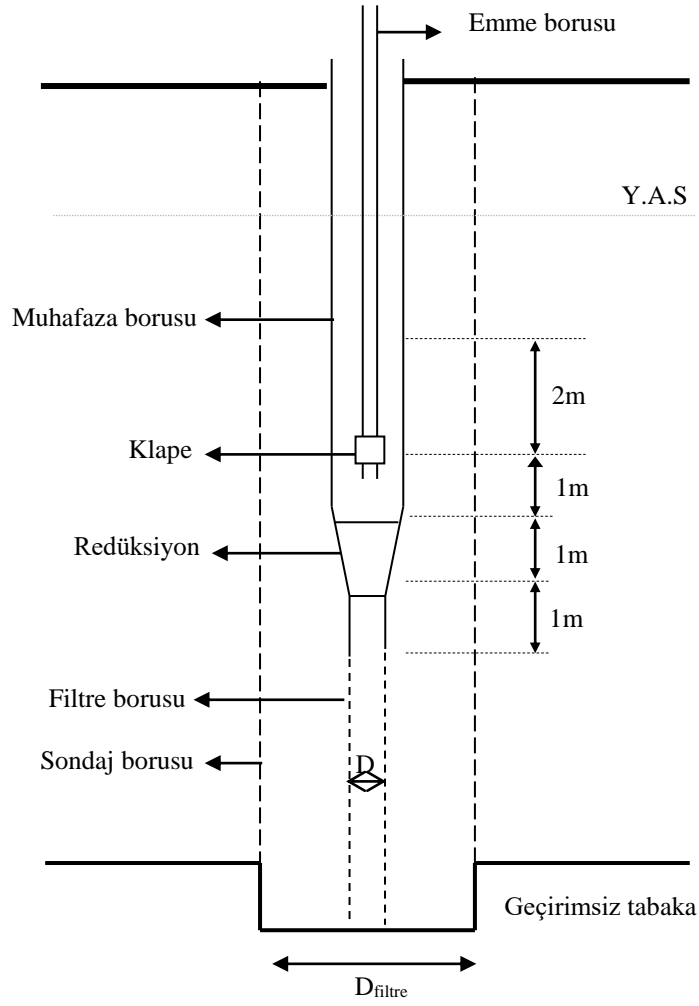
h= Kuyu yüksekliği,

α = Kuyu yan cidarlarındaki boşlukların kuyu yan yüzeyine oranı.

2.6.2 Borulu Kuyular

Boru parçaları ile teşkil edilen kuyulardır. Su kuyulara borunun yan cidarlarında bırakılan deliklerden girer. Kuyunun tabanı normal olarak kapatılır. Daha ucuza mal olmaları, daha çabuk inşa edilebilmeleri ve kirlenme ihtimalinin az olması nedeniyle hazneli kuyulardan daha fazla yapılırlar. Bir borulu kuyunun esas kısımlarını suyun kuyu içine girdiği filtre borusu ile buna bağlı olan ve zemin yüzüne kadar yükselen muhafaza borusu oluşturur Şekil 2.7. Filtre borusunun etrafı kum-çakıl malzeme ile doldurulur. D_{filtre} çapındaki bu kum çakıl filtresini zemin içine yerleştirmek için zeminde bir boşluk açmak gerekir. Bu boşluk çeşitli kuyu açma metotları ile D çaplı bir boruyu zemine indirerek sağlanır. Buna sondaj borusu adı verilir. Bunun içine delikli filtre borusu bağlanmış durumda olarak muhafaza borusu indirilir.

Su Getirme



Şekil 2.7 Borulu kuyu kesiti

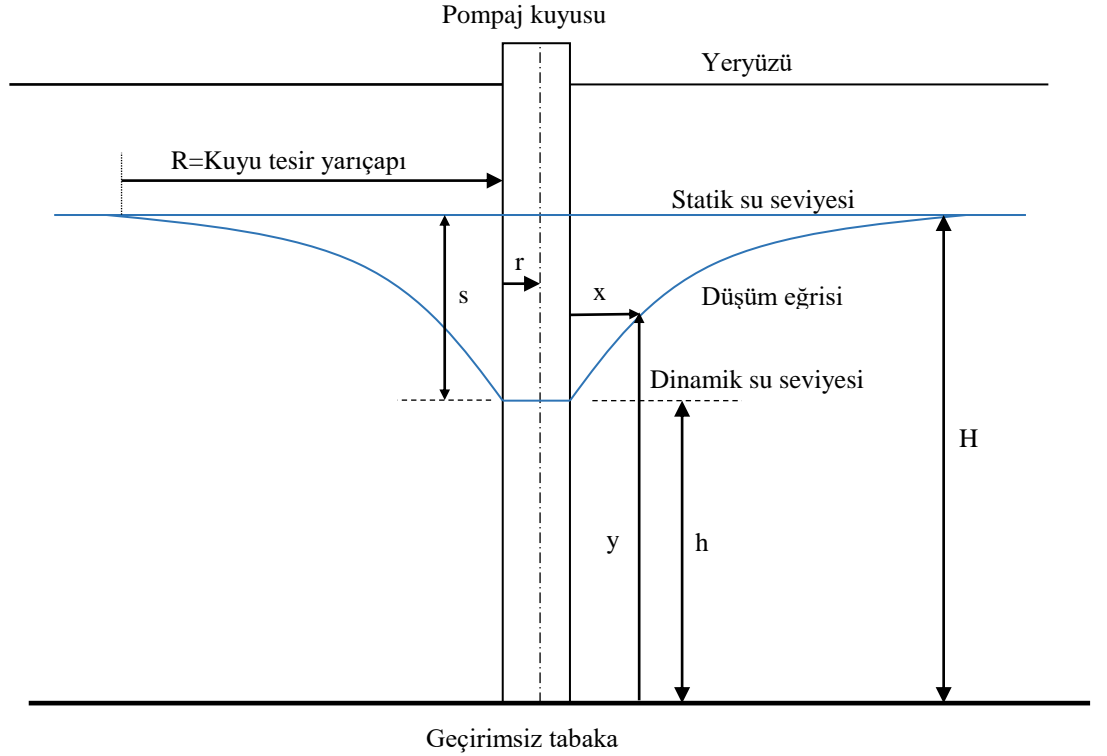
Bu iki boru arasındaki boşluk kum-çakıl ile doldurulur ve taneli filtre teşkil edilir. Bu işler tamamlandıktan sonra suyun filtre borusuna girebilmesini sağlamak üzere sondaj borusu tamamen veya kısmen çekilip çıkarılır. Tamamlanmış bir kuyunun filtre borusunun içine emme borusu indirilir ve buna tulumba bağlanır. Kirlenmeyi önlemek için muhafaza borusunun üst ucu zeminden en az 30cm yukarda kesilmelidir.

Su Getirme

2.7 Yeraltı Sularını Alma Yapılarının Hidroliği

2.7.1 Serbest Akiferlerde Kuyulara Doğru Basınçsız Permenan (Düzenli) Akım

Basınçsız bir yer altı su tabakasındaki bir kuyuya doğru su hareketi bu kuyunun su tabakasının tabanına kadar nüfus etmesi, akımın düzenli olması ve su yüzeyinin yatay kabul edilmesi şartıyla Dupuit prensibine göre formüle edilebilir.



Şekil 2.8 Basınçsız akiferde açılan kuyu

Kuyu ile aynı eksenli bir dış sınıra sahip olan ve şekilde görüldüğü gibi bu sınırla kuyuya doğru meydana gelen radyal akım ele alınırsa x yarıçaplı ve y yükseklikli herhangi bir silindirik yüzeyinden giren debi;

$$Q = V A = 2\pi x y k \frac{dy}{dx} \quad (2.4)$$

olur. Burada Q : kuyunun debisi, x ve y Dupuit alçalma eğrisi üzerindeki herhangi bir noktanın koordinatlarıdır. Serbest yüzeyli bir yeraltı su haznesi içindeki kuyu yarıçapı r ve kuyunun tesir yarıçapı R olmak üzere debi ifadesi integre edilirse;

Su Getirme

$$Q = 2\pi x y k \frac{dy}{dx} \Rightarrow \frac{Q}{x} dx = 2\pi k y dy \quad (2.5)$$

$$Q \ln x = \pi k y^2 + c \quad (2.6)$$

x=r için y=h

x=R için y=H yazılırsa

$$c = Q \ln(r) - \pi k h^2$$

yukarda yerine konulursa:

$$Q \ln x = \pi k y^2 + Q \ln(r) - \pi k h^2$$

kuyunun beslenme yarı çapı için ifade düzenlenirse:

$$Q \ln(R) = \pi k H^2 + Q \ln(r) - \pi k h^2$$

$$Q \ln[\ln R - \ln r] = \pi k (H^2 - h^2)$$

$$Q = \pi k \frac{(H^2 - h^2)}{\ln\left(\frac{R}{r}\right)} \quad (2.7-a)$$

$$Q = 1.36k \frac{(H^2 - h^2)}{\text{Log}\left(\frac{R}{r}\right)} \quad (2.7-b)$$

Q=Dupit debisi, zeminin teorik olarak verebileceği debi (m³/s)

k=Permeabilite katsayısı, m/s

H=Su taşıyan tabaka kalınlığı, m

h=Kuyudaki su derinliği, m

r=Kuyunun yarıçapı, m

R=Kuyunun tesir yarıçapı olup, su alınabilen uzaklık (m) :

$$R = 3000(H - h)\sqrt{k} \quad (2.8)$$

Su Getirme

ifadesi ile belirlenebilir.

(2.7) de verilen ifadeyi debi ifadesini

$$Q = \pi k \frac{(H-h)(H+h)}{\ln\left(\frac{R}{r}\right)}$$

şeklinde yazılabilir. Burada (H-h) =s, indirilmiş su seviyesi olup denklem:

$$Q = \pi k \frac{s(H+h)}{\ln\left(\frac{R}{r}\right)}$$

yazılabilir. Yukarda h=H-s idi. Yukardaki (H+h) ifadesinde (H+h)=(H+H-s)=2H-s yazılabilir. Buradan Q debisi:

$$Q = \pi k \frac{s(2H-s)}{\ln\left(\frac{R}{r}\right)} \quad (2.9)$$

2.7.2 Optimum Debi

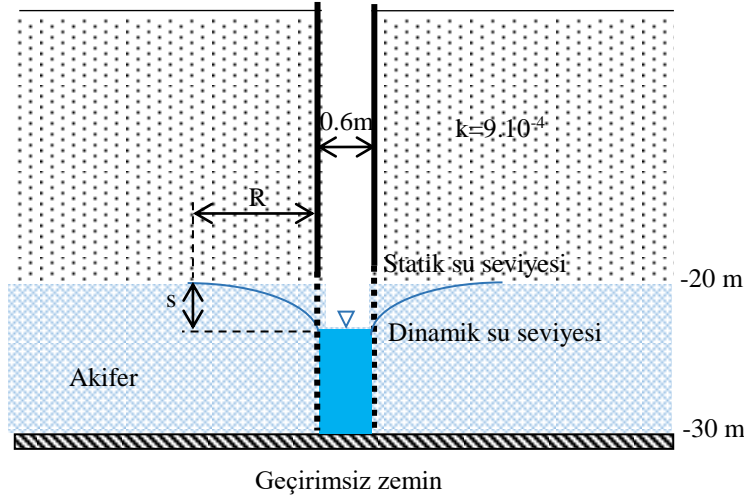
Borulu kuyularda kuyu çapı küçük olduğundan emme borusunun süzgecine (krepin) doğru yeraltı suyunun hızı gittikçe artar. Bu durum filtrenin üniform olarak yüklenmemesine sebep olur. Kuyu çevresinde zemin danelerinin yerleşiminin su akışı ile bozulmaması, filtrenin tıkanmaması için su hızının (2.1) de verilen maksimum hızdan (kritik hız) küçük olması gerekir. Bu hız ile kuyu filtresinin ıslak yan yüzey alanı çarpılırsa kuyudan çekilmesine müsaade edilen en büyük debi (Q_{opt}) elde edilir.

$$Q_{opt} = 2\pi r h \frac{\sqrt{k}}{15} \quad (2.10)$$

Su Getirme

Örnek 2.1

Gelecekteki nüfusu 30 000 kişi olarak tahmin edilen kasabanın suyu aşağıda özellikleri verilen serbest akifer içerisinde açılan kuyudan temin edilecektir. Ortalama günlük su ihtiyacı $q_{ort}=200\text{lt/N-G}$ olacak şekilde kuyudan alınacak debiyi bulunuz. Kasabanın su ihtiyacı için kaç tane kuyu açılacağını belirleyiniz.



$$Q_{iht} = \frac{1.5 q_{ort} N_g}{86400}$$

$$Q_{iht} = \frac{1.5 * 200 * 30000}{86400} = 104 \text{ lt/s}$$

Kuyudan alınabilecek optimum debi için $Q_{kuyu}=Q_{opt}$ olmalı

$$\pi k \frac{s(2H - s)}{\ln\left(\frac{R}{r}\right)} = 2\pi r h \frac{\sqrt{k}}{15} \quad R = 3000s\sqrt{k} \text{ Kuyu etkin yarıçapı}$$

$$3.14 * 9.10^{-4} \frac{s(2*10 - s)}{\ln\left(\frac{3000 * s * \sqrt{9.10^{-4}}}{0.3}\right)} = 2 * 3.14 * 0.3 * (10 - s) \frac{\sqrt{9.10^{-4}}}{15}$$

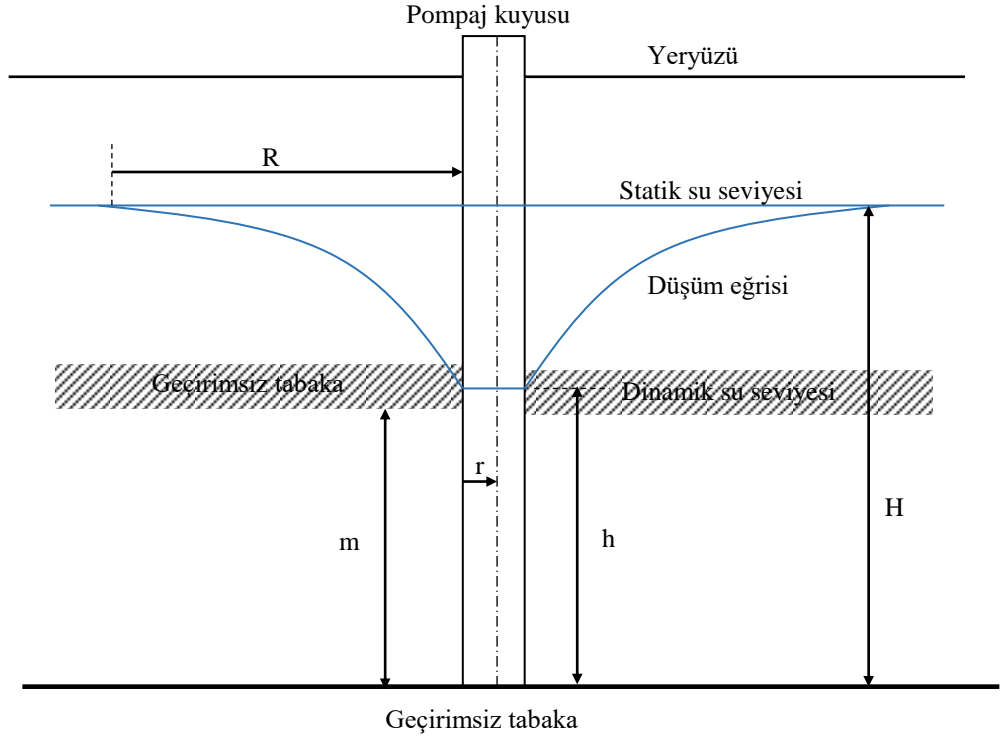
s için başlangıç değeri $H/2 \geq s$ alınarak $s_{opt}=4$ m olarak bulunur.

$$Q_{opt} = 2 * 3.14 * 0.3 * (10 - 4) \frac{\sqrt{9.10^{-4}}}{15} = 0.023 \text{ m}^3 / \text{s} = 23 \text{ lt/s}$$

$$n \text{ kuyu adedi: } \frac{Q_{iht}}{Q_{opt}} = \frac{104}{23} = 4.5 \Rightarrow 5 \text{ kuyu açılmalıdır.}$$

Su Getirme

2.7.3 Basınçlı Su Taşıyan Zeminlerde Açılan Kuyuların Hidrolik Hesabı



Şekil 2.9 Basınçlı akiferde açılan kuyu

Üniform kalınlık ve geçirgenliğe sahip çok geniş bir basınçlı su tabakasının bütün derinliğe nüfus etmiş bir kuyunun filtresi içinden giren permenan (düzenli) akım Dupit prensiplerini uygulamak suretiyle matematik olarak yaklaşık şekilde ifade edilebilir. Buna göre kuyuya giren debi:

$$Q = V A = 2\pi x m k \frac{dy}{dx} \quad (2.11)$$

Bu ifade,

$y=h$ için, $x=r$

$y=H$ için $x=R$

sınır şartlarında integre edilirse basınçlı akiferden alınacak teorik debi:

Su Getirme

$$Q=2\pi km \frac{(H-h)}{\ln\left(\frac{R}{r}\right)} \quad (2.12-a)$$

$$Q=2.73km \frac{(H-h)}{\text{Log}\left(\frac{R}{r}\right)} \quad (2.12-b)$$

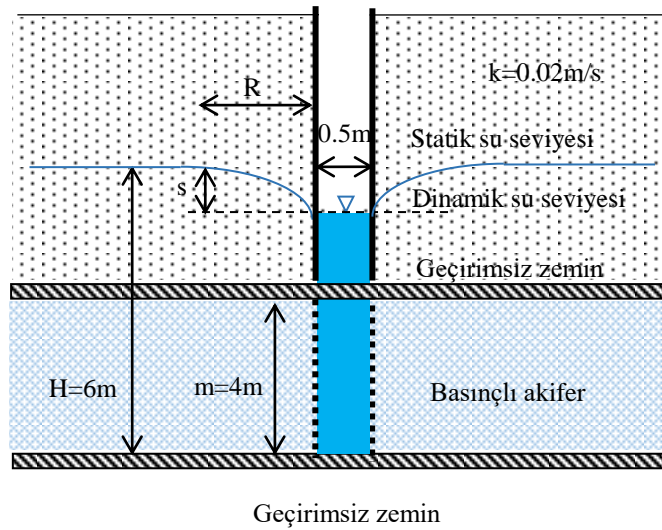
Burada $H-h=s$ i göstermektedir. Basıncılı yeraltı suları içinde açılan kuyularda kuyudan çekilmesine müsaade edilen debi seviye alçalmasına bağlı değildir. Çünkü bu halde $h=m$ =sabittir. Basıncılı akiferde açılacak kuyudan alınacak optimum debi:

$$Q=2\pi rm \frac{\sqrt{k}}{15} \quad (2.13)$$

bağıntısı ile hesaplanır.

Örnek 2.2

Bir fabrika ve köy için kumlu-çakıllı zeminde kuyu açılacaktır. Yeraltı suyu tabakası basıncılıdır. $Q_{fab}=20\text{lt/s}$ 12 saat ihtiyacı olan sudur. Bu kuyudan alınacak optimum su miktarını müsaade edilen s alçalmasını ve fabrika ihtiyacından artan suyun ortalama günlük su ihtiyacından artan suyun ortalama günlük su ihtiyacını $q_{ort}=200\text{lt/N-G}$ olan kaç kişiye yeteceğini hesaplayınız.



Su Getirme

Basınçlı akiferde açılan kuyudan alınabilecek optimum debi için $Q_{\text{kuyu}}=Q_{\text{opt}}$ olmalı

$$2\pi mk \frac{H-h}{\ln\left(\frac{R}{r}\right)} = 2\pi r m \frac{\sqrt{k}}{15} \quad R = 3000s\sqrt{k} \text{ Kuyu etkin yarıçapı}$$

$$Q_{\text{opt}} = 2\pi r m \frac{\sqrt{k}}{15} = 2 * 3.14 * 0.25 * 4 * \frac{\sqrt{0.02}}{15} = 0.0592 \text{ m}^3 / \text{s}$$

$$2 * 3.14 * 4 * 0.02 \frac{s}{\ln\left(\frac{3000 * s * \sqrt{0.02}}{0.25}\right)} = 0.0592$$

Deneme yanılma ile $s=0.85\text{m}$ olarak belirlenir.

Kuyudan alınacak optimum debi $0.0592 \text{ m}^3/\text{s} * 86400=5115 \text{ m}^3/\text{gün}$

Fabrikanın ihtiyacı olan su 12 saat $0.020 \text{ m}^3/\text{s}$ $0.020 * 12 * 60 * 60 = 864 \text{ m}^3/\text{gün}$

Fazla su= $5115-864= 4251 \text{ m}^3/\text{gün}$

$$N = \frac{4251}{0.20 * 1.5} = 14170 \text{ kişiye yetecek su var.}$$

Su Getirme

BÖLÜM 3

SULARIN İLETİLMESİ

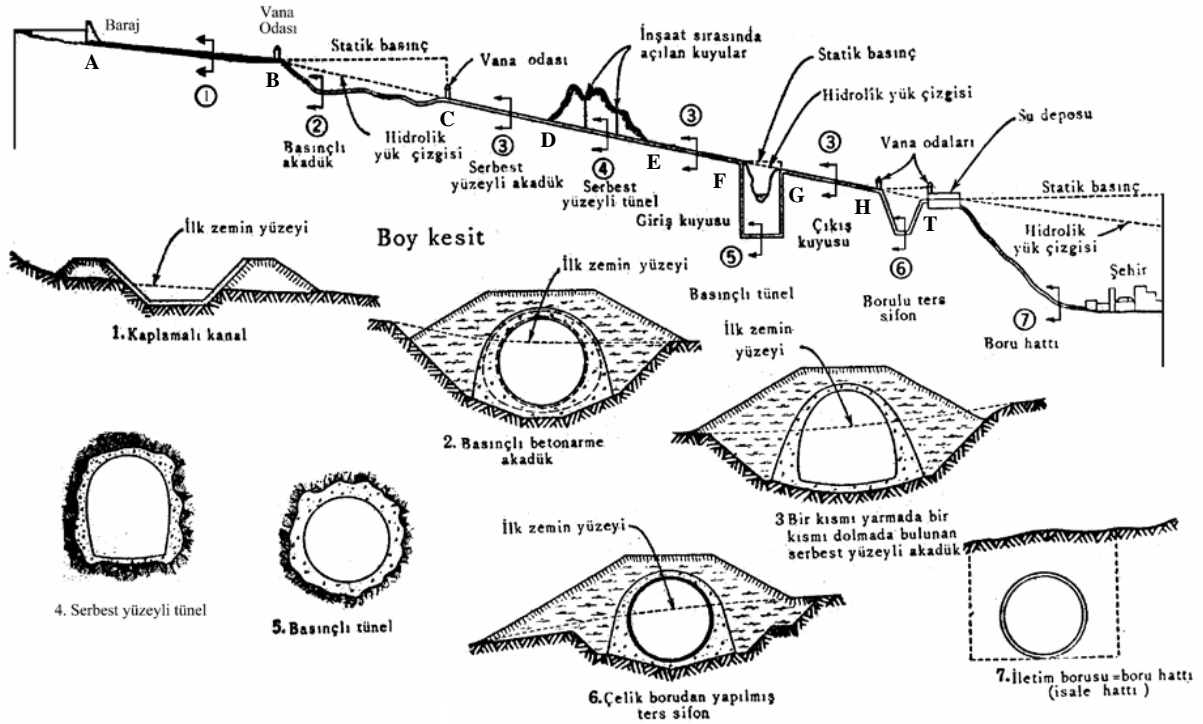
3.1 İletim (İsale) Hatları

Su kaynağı ile depo arasında, suyun iletilmesini sağlayan isale hatları, arazinin topoğrafik durumuna ve elde mevcut malzemelere bağlı olarak serbest yüzeyli (basınçsız) veya basınçlı olarak projelendirilir. Serbest yüzeyli akımlara içme suyu temininde normal olarak su kaynağı ile tasfiye (arıtma) tesisi arasında rastlanır. Çünkü bu halde sular kirlenme tehlikesine maruzdur. Serbest yüzeyli bir akım üstü açık bir kanal içinde olabileceği gibi kapalı bir boru hattı ve tünel içinde de görülebilir. Basınçsız isale hatlarında su atmosfer basıncında akar ve piyezometre çizgisi su yüzeyine paraleldir. Basınçlı akımlar, daire kesitli (boru) isale hatları ile iletilirler. Boru içerisinde akım cazibe ile olabileceği gibi pompa ile yükseltmek gerekebilir. Buna *terfili isale* ve boru hattına da *terfi hattı* denir.

Şekil 3.1 de farklı boykesit özelliklerine sahip bir isale hattı üzerinde, olası enkesit görünümüleri verilmiştir. Barajdan alınan sular cazibe (yerçekimi) ile A-B arasında kaplamalı bir açık kanalla vana odasına iletilmektedir (1 nolu kesit). İsale hattı bu noktadan itibaren yarma ve dolmada, betonarme kalıpla yerinde inşa edilmiş daire kesitli bir iletim hattına alınmaktadır (2 nolu kesit). Cidarların kalın ve üstünde kısmen toprak bulunması yazın suyun ısınmasını ve kışın da donmasını önlemektedir. Şekilde basınçlı boru hattı bir vana odasında CD boru hattı ile birleşmektedir. Boru hattının bu parçasında akım serbest yüzeyli olduğundan at nalı kesit kullanılmış ve 3 Nolu enkesit ile gösterilmiştir. İsale hattının bundan sonraki DE kısmı, bir tünelle dağın içinden geçmektedir. Bu tünel serbest yüzeyli akıma ve at nalı profile sahiptir (4 Nolu enkesit). Hattın CD, EF ve GH kısımlarında akım serbest yüzeyli olduğundan gene at nalı kesit sahiptir (3 Nolu enkesit). İletim hattı F ve G arasında basınçlı bir tünel ile bir nehri geçmektedir (5 Nolu enkesit). H noktasında tasfiye (arıtma) tesisi inşa edilmiş olup T noktası arasında derin bir vadi vardır. Boru hattının karşısına bu engel çıktığından H ve T de birer vana odası yapıp bu iki nokta, vadiye döşenmiş bir boru hattı ile birleştirilmiştir. İsale hattında bu şekilde bir engel olmaz ise, H ve T noktaları arasında

Su Getirme

serbest yüzeyli olarak devam edecek akım güzergâhı şekilde kesikli çizgilerle gösterilmiştir. Burada vadiye döşenen boru hattı U harfi şeklinde bir ters sifon ile geçilmiştir. H-T ters sifonu yüksek basınca maruz olduğundan çelik borudan yapılmıştır (6 Nolu enkesit). Su tesisinin T temiz su haznesinden sonraki kısımları şehir bölgelerinde bulunmaktadır. Burada tamamen zemin içine döşenmiş basınçlı borular kullanılmıştır (Muslu, 2005).



Şekil 3.1 İsale hatlarında muhtemel boy kesitler ve enkesitler

Depo kotunun belirlenmesinden sonra 1/2000 ölçekli haritada menbadan başlayarak depoya doğru en kısa, uygun iniş ve çıkış izlenerek, en az donatıma ihtiyaç duyulacak şekilde bir hat çizilir. Bataklık, heyelan ve sarp kayalık yerlerden kaçınılır, dereler mümkün olduğunca dik olarak kesilir.

Müsaade edilen hızlar suyun özelliklerine ve boruyu aşırı su darbelerine karşı koruma ihtiyacına göre belirlenir. Silt sürükleyen suları iletmek için hem alt hem üst sınır mevcuttur. Temiz sular için sadece üst sınır vardır. Minimum hız silt çökmesini önlemelidir. Bu hız 0.5-0.75m/s civarında bulunur. Maksimum hız erozyona ve kazınmaya sebep olmama ve vanalar hızla kapandığı zaman aşırı su darbeleri meydana

Su Getirme

- 3- Güzergâh seçiminde iletim hattındaki meydana gelecek maksimum basınçlar göz önünde tutulmalıdır.
- 4- Deprem bölgelerinde iletim hattı fay hatlarını kesmemelidir.
- 5- Güzergâh geçirilirken heyelan bölgelerinden kaçınılmalıdır.
- 6- Küçük kapasiteli iletim hatlarının tespitinde karayolu, demiryolu ve dere gibi geçirilmesi masraflı güzergâhlar tercih edilmemelidir.
- 7- İletim hattı hendeği tabii zeminin dengesini bozmamalıdır. Tabii zeminin dengesi bozulduğu anda yamaçlar kayarak iletim hattının kopmasına sebep olurlar. Bu gibi yerlerde hendekler tek veya çift taraflı istinat duvarları ile takviye edilmelidir.
- 8- İletim hattında tünel açılması gerekiyorsa zeminin jeolojik yapısı yeterince incelenmelidir. Zeminin tünel açılmasına imkân verip vermeyeceği araştırılmalıdır.
- 9- Dere ve ırmakları geçerken duruma göre iletim hattı su seviyesinin altından veya üstünde olabilir. Su seviyesinin altından geçirilecekse iletim hattı dere veya ırmak yatağı altına indirilmeli, suyun iletim hattını sürüklememesi için hat betonla takviye edilmelidir. İletim hattının su seviyesinin üstünden geçirilmesi halinde iletim hattı yüksekliği taşkın su seviyesinin üstünde olmalıdır.
- 10- Güzergâh seçilirken iletim hattı hendeğinin taban kotu yer altı su seviyesinin maksimum değerinin üzerinde bulunmalıdır.

3.3 İsale Hatlarının Sayısı

Kâgir ve betondan, kalıpla yerinde inşa edilen isale hatlarını ve tünelleri, proje süresi sonundaki debiye göre hesaplamak genellikle daha ekonomiktir. Diğer hallerde ise sınırlı bir kapasiteye sahip olan birinci isale hattının, son kapasitesine ulaşıldığında ikinci bir isale hattı inşa etmek teknik ve ekonomik bakımdan daha uygun olabilir. Ekonomik nedenler dışında isale hatlarının birden fazla sayıda yapmayı gerektiren durumlar şunlardır.

- 1) İletim hattı tek bir borudan meydana geldiği takdirde, boru çapı piyasada mevcut olan veya imal edilebilen maksimum boru çapından daha büyük olması durumunda,
- 2) Boru kırıldığında büyük hasar meydana geliyor ve kısa sürede bunların tamiri yapılamıyorsa isale hattını birden fazla sayıda yapmak gerekir,
- 3) Nehir geçişleri ve heyelan bölgelerinde olduğu gibi boru hattının güzergâhı özel tehlike arz ediyorsa isale hattı birden fazla sayıda yapılmalıdır. Genel olarak çift iletim

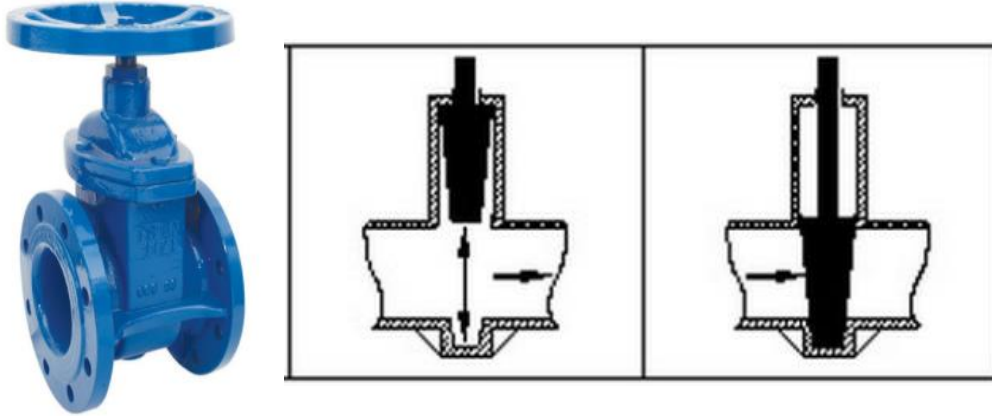
Su Getirme

hattı eşit kapasitede ve aynı malzemedan yapılmış tek bir hatta nazaran %30 ila 50 daha pahalıya mal olur.

3.4 Boru Donatıları

Tecrübe, muayene, tamir amaçlı veya silt ve benzeri diğer çökeltileri uzaklaştırmak için su getirme borularının uygun kısımlarını ayırıp sularını boşaltmak gerekebilir. Bu amaçlarla isale hatları üzerinde çok sayıda donatım elemanları veya yardımcı elemanlar gerekebilir. Bu parçalar:

- 1- *Sürgülü vanalar*: Basınçlı borularda, boru hattının yüksek noktalarına yerleştirilerek suların yerçekimi ile uzaklaştırılmasını sağlar.



(a) Sürgülü vana

- 2- *Tahliye vanaları*: Basınçlı boru hatlarının alçak noktaları, küçük sürgülü su boşaltma vanaları ile donatılırlar.

- 3- *Hava vanaları (Vantuzlar)*: Hattın boşalması, çabuk doldurulması, hattan hesap debisinden daha az debi geçmesi veya borudan menba veriminden fazla su çekmek suretiyle hava girmesi, sudan hava ve gazların ayrılması ile meydana gelen hava gazın borudan dışarı atılması için boyuna profildeki tepe ve gerekli kırık noktalara vantuz konur.



(b) Vantuz

Su Getirme

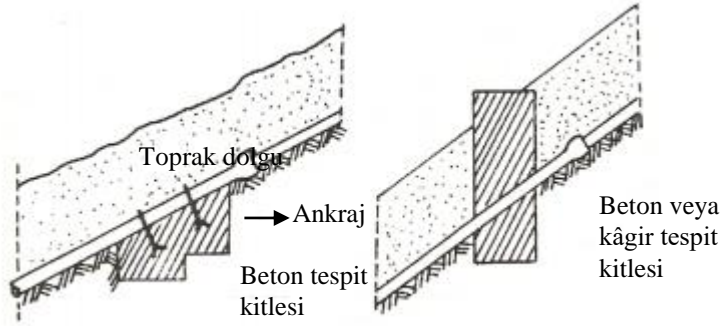
4- *Muayene bacaları:* Boru hattının inşası sırasında ve daha sonra da tamir bakım ve kontrol işleri içinde muayene bacaları kullanılır.

5- *Genleşme derzleri:* Çelik boruların ek yerleri rijittir. Bu nedenle çelik boruların belirli ek yerlerinde genişmesine müsaade edilir. Tespit kitleleri ile boru hattının hareketinin önlenmesi gereklidir.



(c) Genleşme derzi

6- *Tespit kitleleri:* Boru hatlarının düşey veya yatay eğim değiştirdiği yerlerde oluşacak basınçların karşılanması amacıyla tespit kitleleri kullanılır.



(d) Tespit kitesi

7) *Maslak:* Boruların normal olarak dayanacağı statik basınçlar ve diğer hususlar göz önüne alınarak maslak-basınç düşürme odaları yerleri tespit edilir. Günümüzde isale hatlarında olası yüksek basınçları düşürmek için basınç kırıcı vanalar kullanılmaktadır.



(e) Basınç kırıcı vana

Şekil 3.3 Boru donatıları

Su Getirme

3.5 Yapıldıkları Malzemelere Göre Boruların Özellikleri

3.5.1 Font – Duktıl Borular

Font borular şehirlerin su şebekelerinde en çok kullanılmış olan borulardır. Günümüzde font döküm borularının yerini duktıl borular almıştır. Duktıl font borular santrifüj döküm ile üretilmiş dökme demir boru çeşitlerindedir. Duktıl dökme demirin küresel grafitli yapıda olması çelik gibi esnek olmasını sağlamaktadır. Duktıl borular font borulara göre, yüksek mukavemetli ve daha esnektir. Korozyon dayanımı ve üretim standartları açısından diğer döküm borularla benzer özelliktedir. Duktıl font borular $\text{Ø}80 - \text{Ø}2200$ mm standart çaplarda, 6-8 m'lik boylarda üretilebilmektedir.

Duktıl font borunun özellikleri:

- Yüksek çekme mukavemeti ile yüklere, basınca ve vakuma dayanıklı,
- Yüksek korozyon dayanımı,
- Katodik koruma gerektirmemesi,
- Duktıl boruların işletme maliyetinin düşük olması,
- Deforme olmaksızın esneme kabiliyeti ve darbelere dayanımı ile depreme en dayanıklı boru olması,
- 100 yılı aşan hizmet ömrü,
- İnsan sağlığına uygun malzemeyle yapılan iç kaplama ile suyun kalitesinin korunması



(a) Duktıl borular

Su Getirme

3.5.2 Çelik Borular

İsale hatlarının yüksek basınca maruz büyük çaplı kısımlarında çoğu zaman çelik boru kullanılır. Boylarının uzun olması boru hatlarının kısa sürede döşenmesine imkân verir. Hafif olmaları, yüksek iç basınca, oturmaya ve darbelere karşı dayanıklı olmaları gibi avantajları yanında dış basınca karşı dayanıksızdırlar. Çelik boru kullanımında karşılaşılan en önemli sorun ise, korozyon tehlikesidir. Bunun önlemek için, özel koruyucu kaplamalar kullanılması gerekir. Boyları 16 metreye kadar üretilmektedir. Çelik borular esas itibariyle 160mss dan daha büyük işletme basınçlarında ve oturma ve heyelan yapan zeminlerde kullanılırlar. 40 ila 600mm çaplarında genel olarak dikişsiz ve haddeden çekilmiş borular tercih edilir. 300 ile 3000mm çapları arasında kaynaklı borular üretilmektedir.



(b) Çelik borular

3.5.3 CTP – CTE (Cam elyaf Takviyeli Polyester - Epoksi) borular

Polyester reçine, cam elyaf ve silika kum hammaddeleri kullanılarak üretilmektedir. CTP-CTE borular, beton ve çelik borulara kıyasla çok daha hafiftir. Bu nedenle stoklanması, yüklenmesi, nakliyesi ve montajı daha kolay ve ekonomiktir. Kimyasallara karşı dayanımının yüksek olması, katodik koruma ve ek yalıtım malzemesine ihtiyaç duymaması avantajlarındandır. CTP-CTE borularda karşılaşılan en önemli sorun, boruların döşenmesinin kalifiye işçilik gerektirmesidir. Boru montajına, hendek kazısına ve dolgu malzemesinin sıkıştırılması işlerine gerekli özen

Su Getirme

gösterilmemesi halinde, boru hattında sorunlar yaşanır. 80mm'den 4000mm çapa kadar, büyük çaplı boru üretilmektedir. 400mss ve 110° C sıcaklığa kadar dayanıklı olarak imal edilmektedir.



(c) CTP borular

3.5.4 Beton ve Betonarme Borular

Beton borular (büz-künk) basınçsız isale hatlarında kullanılır. Çapları 100 ila 500mm arasında savurma usulü ile üretilir. 60mss işletme basıncına kadar bu borular kullanılır. Uzunlukları 2.5-5m ye kadar olur. Genelde Ø600 mm' den büyük çaplı borularda donatı kullanılır. Borunun kullanım yerinde maruz kalacağı yüklerin statik hesabı yapılarak bulunacak değer üzerinden donatısı seçilir. Ø1200 mm'den daha büyük çaplarda her ne olursa olsun çap büyüdüğü için donatı 2 sıra halinde hasır çelik konularak oluşturulur. Muflu Betonarme Boru ve Lamba Zıvanalı Betonarme Boru olarak iki ayrı kesitte üretim yapılmaktadır. Cidar kalınlığının birleşim yerindeki azalmasının mukavemeti etkilemeyeceği çaplarda Betonarme Borular Lamba Zıvanalı birleşimli olarak imal edilir. Bu sayede gereksiz kazı, dolgu, beton, donatı vs. maliyetlerden kaçınılmış olur. Lamba Zıvanalı Borular Ø1600 mm ve üstü çaplar için uygulanan üretim yöntemidir.

Su Getirme



(d) Beton borular

3.5.5 Plastik Borular

PE (Polyethylene) ve sert PVC (Polyvinylchloride) den imal edilen plastik borular son yıllarda yaygın olarak kullanılmaktadır. PE borular eğilebilir dolayısıyla dirseğe ihtiyaç göstermezler. PVC için maksimum işletme basıncı yüksekliği 160m kabul edilebilir. PE borular için ise maksimum işletme basıncı yüksekliği 100m dir. Plastik borular korozyona karşı dayanıklıdır. Esnek olduklarından suyun donarken genişlemesinde boruya zarar vermez. Plastik boruların en büyük mahzurları genişmeleri, yanmaları ve 20°C nin üstünde ve zamanla mukavemetlerini kaybetmeleridir.



(e) Plastik borular

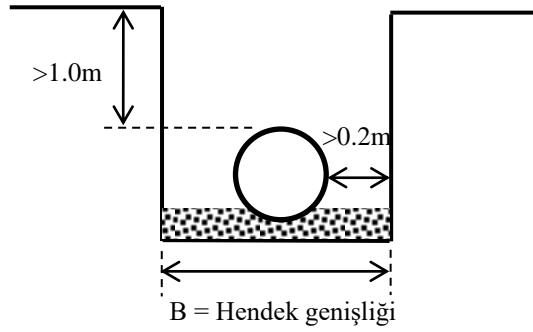
Şekil 3.4 Boru çeşitleri

Su Getirme

3.6 Boruların Üstündeki Dolgu Yüksekliği

İsale hatları genel olarak zeminlerin donma derinliğinin altına döşenmelidir. Bununla beraber su hareket halinde kaldıkça pek az donma tehlikesi mevcuttur. Üzerinden ağır vasıtaların geçtiği yerlerde trafik ve zemin yüklerini de hesaba katmak gerekir. *İller Bankası Şehir ve Kasabaların İçme Suyu Projelerinin Hazırlanmasına Ait Yönetmeliğe* göre, isale ve şebekelerde don, darbe ve ısı etkileri göz önünde tutularak boru üstü ile zemin yüzeyi arasında 1m mesafe kalacak şekilde borular hendek içine döşenir. Ancak 2000m kotunun üstündeki yerlerde bu derinlik 1.25m alınır. Yeraltı suyunun çok yukarda ve zemine yakın olması halinde imkân varsa dolgu yapılarak boru hattı su seviyesi üstüne çıkarılır.

Boruların döşeneceği asgari hendek genişliği 60cm'dir. Minimum hendek genişliği boru çapı (D) ise $B=D+2*0.20m$ 'dir. Hendek genişliği 2m'ye kadar şevsiz 2m'den sonra şevli yapılır. Kayalık zeminlerde taban 15cm daha fazla kazılır. Fazla kazılan yere kum çakıl, kumlu toprak konarak tesviyelerin ve sıkıştırılır.

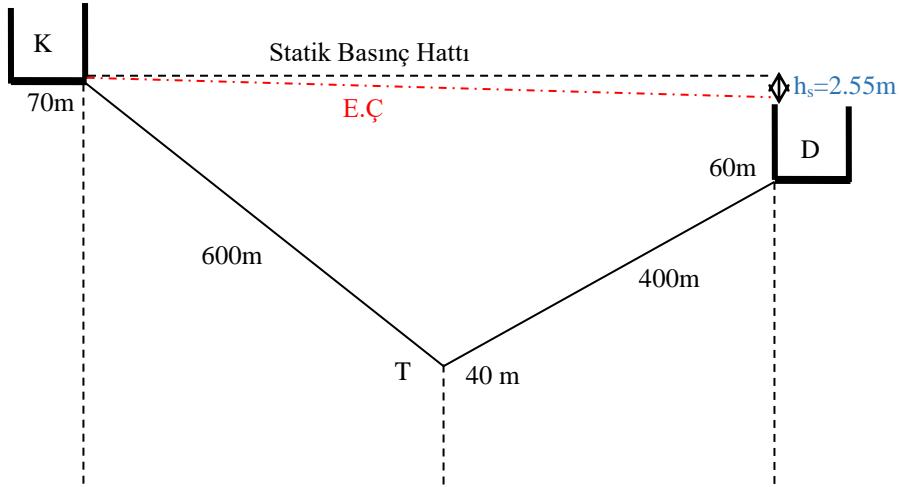


Şekil 3.5 Hendek Kesiti

Su Getirme

Örnek 3.1 Cazibeli İsale

Kaptajdan (K) depoya (D) 4lt/sn lik bir debi iletilecektir. Depo girişinde en az 3m işletme basıncı gerekmektedir. İsale hattında maksimum işletme basıncı 80m olacak şekilde, sürtünme kayıplarını dikkate alınarak döşenecek borunun çapını hesaplayıp, enerji çizgisini çiziniz. Kullanılacak plastik boru için pürüzlülük katsayısı $\lambda=0.02$ alınacaktır. Akım hızı $V>0.5\text{m/s}$ olmalıdır.



No	K	T	D
Boru taban kotu	70	40	60
Ara mesafe	600	400	
Piyez. kotu	70	68.47	67.45
İşletme basıncı	0	28.47	7.45
Statik basınç	0	30	10
Boru çapı, cinsi	Plastik, D=100mm	Plastik, D=100mm	
Boru eğimi	0.05	0.05	

Çözüm

İsale hattının eğimi S

$$S = \frac{70 - 60 - 3}{600 + 400} = \frac{7}{1000} = 0.007$$

Akımın gerçekleşmesi için enerji çizgisinin eğimi $S_e < S = 0.007$ olmalı,

İsale hattında ortalama hızı $V=0.5\text{m/s}$ olacak şekilde,

Su Getirme

$$Q = V.A$$

$$0.004 = 0.5 \cdot \frac{\pi D^2}{4} \Rightarrow D = 0.1m = 100mm \text{ seçilir.}$$

Uygunluk kontrolü: birim uzunluktaki isale hattında sürtünme kaybı (enerji çizgisinin eğimi, S_e Darcy-Weisbach formülü ile

$$S_e = \frac{\lambda \cdot V^2}{D \cdot 2g} = \frac{0.02 \cdot 0.5^2}{0.1 \cdot 19.62} = 0.00255m < 0.007 \text{ uygun.}$$

$$T \text{ deki piyezometre kotu} = 70 - 0.00255 \cdot 600 = 68.47m$$

$$T \text{ deki işletme basıncı} = 68.47 - 40 = 28.47m < 80m$$

$$T \text{ deki statik basınç} = 70 - 40 = 30m < 80m$$

$$D \text{ deki piyezometre kotu} = 70 - 0.00255 \cdot 1000 = 67.45m$$

$$D \text{ deki işletme basıncı} = 67.45 - 60 = 7.45m > 3m$$

$$D \text{ deki statik basınç} = 70 - 60 = 10m < 80m$$

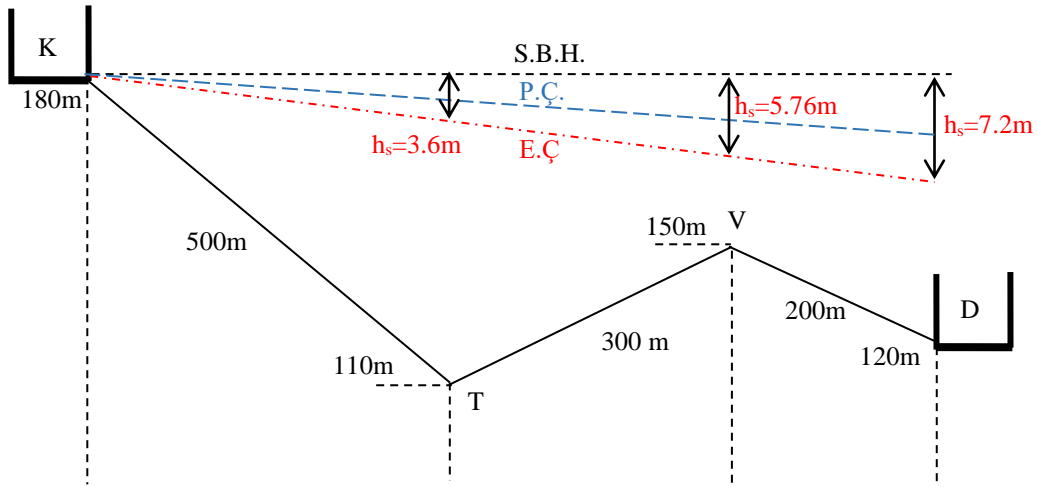
$$K-T \text{ boru eğimi: } S = \frac{70 - 40}{600} = \frac{30}{600} = 0.05$$

$$T-D \text{ boru eğimi: } S = \frac{60 - 40}{400} = \frac{20}{400} = 0.05$$

Su Getirme

Örnek 3.2 Cazibeli İsale

Şekilde verilen isale hattında kaptajdan (K), depoya (D) 6lt/sn lik debi iletilecektir. İsale hattı üzerinde işletme basınçlarını bulunuz, Enerji çizgisini çiziniz. V noktasındaki vantuzun çalışabilmesi için en az 5mss lik, depo girişinde 3mss işletme basıncına ihtiyaç vardır. Kullanılacak plastik boru için pürüzlülük katsayısı $\lambda=0.02$ alınacaktır. İsale hattında maksimum işletme basıncı 80m alınacaktır.



No	K	T	V	D
Boru taban kotu	180	110	150	120
Ara mesafe		500	300	200
Piyez. kotu	180	176.4	174.24	172.8
İşletme basıncı	0	66.4	24.24	52.8
Statik basınç	0	70	30	60
Boru çapı, cinsi	Plastik, D=90mm	Plastik, D=90mm	Plastik, D=90mm	
Boru eğimi	0.14	0.133	0.15	

Çözüm

İsale hattının eğimi S, V noktasında 5m basınç olması istendiğinden

$$S = \frac{180 - 155}{500 + 300} = \frac{25}{800} = 0.03125$$

Akımın gerçekleşmesi için Enerji çizgisinin eğimi $S_e < S = 0.03125$ olmalı.

İsale hattında ortalama hızı $V=1.0\text{m/s}$ olacak şekilde çap tahmin edilirse,

$$Q = V.A \quad 0.006 = 1.0 \frac{\pi D^2}{4} \Rightarrow D = 0.0874\text{m} \Rightarrow D = 90\text{mm} \text{ seçilir.}$$

Su Getirme

Bu durumda borudaki hız:

$$0.006 = V \cdot \frac{\pi 0.09^2}{4} \Rightarrow V = 0.94 \text{ m/s olur.}$$

Uygunluk kontrolü: birim uzunluktaki isale hattında sürtünme kaybı (enerji çizgisinin eğimi, S_e) Darcy-Weisbach formülü ile:

$$S_e = \frac{\lambda \cdot V^2}{D \cdot 2g} = \frac{0.02 \cdot 0.94^2}{0.125 \cdot 19.62} = 0.0072 < 0.03125 \text{ uygun.}$$

$$\text{T deki piyezometre kotu} = 180 - 0.0072 \cdot 500 = 176.4 \text{ mss}$$

$$\text{T deki işletme basıncı} = 176.4 - 110 = 66.4 \text{ mss} < 80 \text{ m}$$

$$\text{T deki statik basınç} = 180 - 110 = 70 \text{ m} < 80 \text{ m}$$

$$\text{V deki piyezometre kotu} = 180 - 0.0072 \cdot 800 = 174.24 \text{ mss}$$

$$\text{V deki işletme basıncı} = 174.24 - 150 = 24.24 \text{ mss} < 80 \text{ m}$$

$$\text{V deki statik basınç} = 180 - 150 = 30 \text{ m}$$

$$\text{D deki piyezometre kotu} = 180 - 0.0072 \cdot 1000 = 172.8 \text{ mss}$$

$$\text{D deki işletme basıncı} = 172.8 - 120 = 52.8 \text{ mss} < 80 \text{ m}$$

$$\text{D deki statik basınç} = 180 - 120 = 60 \text{ m}$$

$$\text{K-T boru eğimi: } S = \frac{180 - 110}{500} = \frac{70}{500} = 0.14$$

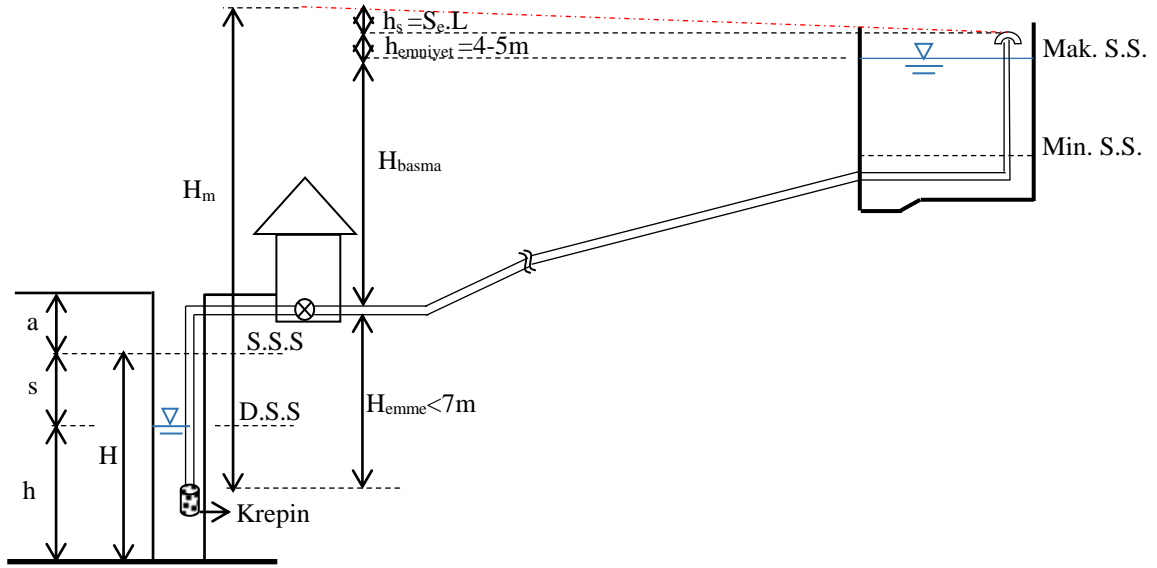
$$\text{T-V boru eğimi: } S = \frac{150 - 110}{300} = \frac{40}{300} = 0.133$$

$$\text{V-D boru eğimi: } S = \frac{150 - 120}{200} = \frac{30}{200} = 0.15$$

Su Getirme

3.7 Terfili (Pompa) İsale

Kaptajdaki su kotunun hazne kotundan daha düşük olması halinde sular pompalar ile yükseltilir. Bu şekildeki isaleye *terfili isale* denir. Pompa ve motor güçlerinin tespitinde terfi için esas olan manometrik basma yüksekliğin belirlenmesi gereklidir. Şekil 3.6 da kaynak ile depo arasındaki enerji çizgisi görülmektedir.



Şekil 3.6 Terfi hattı (Samsunlu, 1997)

$$H_{\text{geometrik}} = H_{\text{emme}} + H_{\text{basma}} = \text{Mak S.S} - \text{D.S.S} \quad (3.1)$$

$$H_m = H_{\text{geometrik}} + h_s + h_{em} \text{ (m)} \quad (3.2)$$

Terfili isalede ekonomik çap olarak aşağıdaki ifade kullanılabilir:

$$D_{ek} = 1.5 \sqrt{Q_{ilet}} \quad (3.3)$$

D_{ek} = Ekonomik boru çapı (m)

Q_{ilet} = iletim debisi (m³/s)

Su Getirme

3.7.1 Terfi Merkezinin Yer Seçimi

- 1- Tesisin bulunduğu yere kolayca gidilebilmeli. Makine ve teçhizatın kolayca taşınabileceği yer seçilmeli.
- 2- Taşkın ve heyelan bölgelerinin dışında olmalıdır.
- 3- Taşıma gücü fazla olan zeminler seçilmelidir.
- 4- Yer altı suyu seviyesi fazla yüksek olmamalı.
- 5- Bu şartlar sağlanamadığı takdirde sular bir ön pompa ile kaptajdan alınır ve yukarıdaki şartların sağlandığı yerde inşa edilen ana terfi merkezine basılır.

3.7.2 Pompa Sayısı ve Seçimi

Her terfi merkezi için biri yedek olmak üzere en az iki pompa seçilir. Pompaların sayısı sarfiyat salınımlarına göre belirlenir. Pompalar en fazla 16-20saat çalıştırılır. Pratikte en çok karşılaşılan durumlar aşağıda verilmiştir (Karpuzcu, 1985).

- 1- $Q_{mak.}=2Q_{min.}$ ise her birinin kapasitesi $Q_{min.}$ e eşit olan üç pompa seçilir, biri yedek, biri minimum debide çalışır. Sarfiyatın maksimum olması halinde iki pompa beraber çalışır.
- 2- $Q_{mak.}=3Q_{min.}$ ise;
 - a-Her birinin kapasitesi minimum debiye eşit olan, dört pompa seçilir. Biri yedek, biri minimum debiyi iletir. Ortalama sarfiyatta ikinci, maksimum sarfiyatta da üçüncü pompa devreye girer.
 - b-Verimi $Q_{min.}$ e eşit olan bir, $2/3Q_{mak.}$ a eşit iki olmak üzere üç pompa seçilir. Büyük pompalardan biri yedektir.

3.7.3 Pompa Seçiminde Dikkate Alınacak Faktörler

- 1- Günlük su ihtiyacı,
- 2- En fazla su sarf edilen günde pompaların çalışma süresi,

Su Getirme

- 3- Elektrik enerjisinin gündüz ve gece saatlerindeki fiyatı,
- 4- Kaptajın verimi,
- 5- Mümkün olan işletme kapasitesi,
- 6- Terfi borusunda kabul edilecek yük kaybı.

3.8 Yük Kayıplarının Hesabı

Uzun iletim hatlarında yersel yük kayıpları ihmal edilerek sadece sürekli yük (sürtünme) kayıpları göz önünde tutulur. Sürekli yük kayıpları için en rasyonel ifade *Darcy-Weisbach formülüdür*.

$$h_s = S_e L = \lambda \frac{L V^2}{D 2g} \quad (3.4)$$

h_s = Yük kaybı (m)

S_e = Hidrolik eğim

L = Boru boyu (m)

λ = Sürtünme faktörü

D = Boru çapı (m)

V = Ortalama hız (m/s)

g = Yer çekimi (m/s^2)

Darcy-Weisbach bağıntısının kullanılmasındaki güçlük nedeniyle bugün eksponansiyel ifadeli amprik formüllerle de hesap yapılmaktadır. Bunlardan *Manning formülü*, daha ziyade serbest yüzeyle akımlar için kullanılır:

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S_e^{1/2} \quad (3.5)$$

n = Pürüzlülük katsayı,

$$R = \text{Hidrolik yarıçap (m)}, \quad R = \frac{\pi \cdot D^2 / 4}{\pi \cdot D} = \frac{D}{4} \quad (3.6)$$

S_e = Hidrolik eğim

Su Getirme

Hazen-Williams formülü ise

$$V=0.85CR^{0.63}S_e^{0.54} \quad (3.7)$$

basınçlı akımlar için kullanılır. Burada C cidar pürüzlülüğü ve boru cinsi ile ilgili bir katsayıdır. Daire enkesitli akımlar için $R=D/4$ olup son bağıntı

$$V=0.85C\frac{\pi D^2}{4}\left(\frac{D}{4}\right)^{0.63}S_e^{0.54}=0.279CD^{2.63}S_e^{0.54} \quad (3.8)$$

şeklinde yazılabilir. Bu formüllerde geçen λ , n ve C katsayıları, boruların cinsine, eski veya yeni olmasına göre değer alır. Projelendirmede borunun gelecekte alacağı durumu göz önünde tutmak gerekir.

İller bankası içme suyu talimatnamesine göre C katsayısı için aşağıdaki değerler kabul edilmiştir.

Tablo 3.1 Hazen-Williams pürüzlülük katsayısı

<u>Boru cinsi</u>	<u>C</u>
Font boru	95
Kaynaklı çelik borularda	120
Perçinli çelik borularda	110
Beton borularda	140
Plastik	150

3.9 Pompa ve Motor Gücü

Manometrik basma yüksekliği H_m bulunduktan sonra pompa gücü aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$N = \frac{\gamma Q_{iletim} H_m}{102\eta} (kW - saat) \quad (3.9)$$

N_{pom} = Pompa Gücü (kW)

γ = Suyun özgül ağırlığı (kg/m^3), su için $1000kg/m^3$

Q_{iletim} = Yükseltilmesi istenilen debi (m^3/sn)

Su Getirme

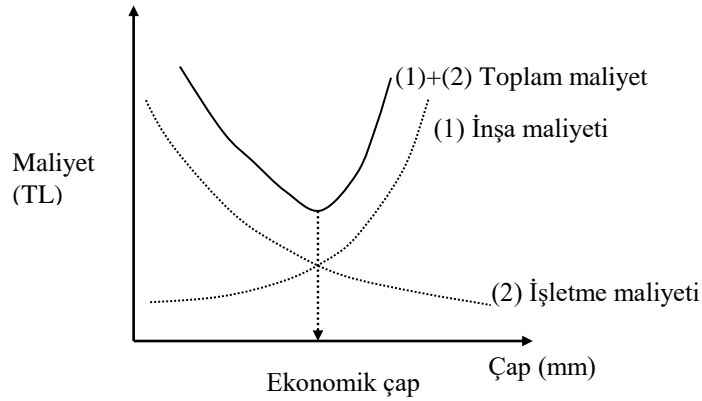
H_m = Manometrik basma yüksekliği

η = Pompa verimi debi ve pompa tipine göre 0.70 – 0.80

3.10 İletim (İsale) Hattı Ekonomik Çap Hesabı

Su alma yapısından (örneğin kuyulardan) hazneye kadar uzanan boruya, iletim pompajla yapılıyorsa terfi hattı denir. Terfi hattının çapının büyük seçilmesi yük kayıplarını azalttığı için motor gücü ve enerji ekonomisi sağlanır. Fakat boru hattının maliyeti fazla olur. Bu nedenle yapılacak hesaplara bağlı olarak en uygun standart çap bulunmalıdır. Boru cinsinin değiştirilmesi de yük kayıplarını ve hattın maliyetini değiştirir.

Ekonomik çap tayini için maliyet ve çap arasındaki ilişki grafik hale getirilerek grafikten en ekonomik standart çap belirlenir. Çapa bağlı olarak yıllık boru hattı maliyetinin değişimi hesaplanarak çizilir (Eğri 1). Daha sonra çapa bağlı olarak yıllık enerji masrafları ve yıllık pompa merkezi masrafları hesaplanarak çizilir (Eğri 2). Bu iki eğrinin toplamı toplam maliyet eğrisini verir. Toplam maliyet eğrisinin minimum olduğu standart çap, en ekonomik terfi hattı çapıdır. Farklı cinsten boru kullanma olasılığı varsa her boru cinsi için boru hattı maliyeti değişeceğinden yeni bir grafik çizmek gerekir.

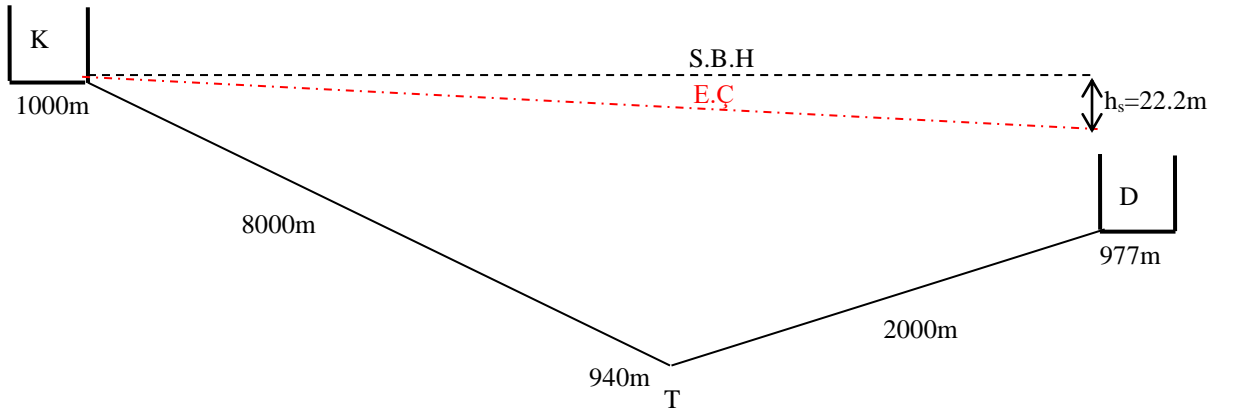


Şekil 3.7 Ekonomik Boru Çapının Seçimi

Su Getirme

Örnek 3.3 Terfili İsale

20 000 nüfuslu bir kasabanın 30cm çaplı isale hattı, K kaptaj yerinden D haznesine su iletmekte olup, proje süresi sonundaki kapasitesine ulaşmış bulunmakta ve 30 000 nüfus için yeni bir planlamanın yapılması istenmektedir. Yeni bir isale hattının yapılması çok pahalı bulunduğuna göre mevcut isale hattı üzerinde yapılacak basınç artırma merkezinin yerini ve gücünü bulun. $q_{mak}=200\text{lt/N/gün}$, Font boru pürüzlülük $\lambda=0.03$, font boru işletme basıncı 100m, pompa verim $\eta=0.80$.



Çözüm

Mevcut durumda iletim debisi:

$$Q_{ilet} = \frac{q_{mak} N_{mev}}{86400} = \frac{200 * 20000}{86400} = 46.3 \text{ lt/s} = 0.0463 \text{ m}^3 / \text{s}$$

D=30cm için hız:

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{0.0463 * 4}{\pi * 0.3^2} = 0.66 \text{ m/s}$$

İsale hattındaki sürtünme kaybı $L=10\ 000\text{m}$ için:

$$S_e = \lambda \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g} = 0.03 \frac{10000}{0.3} \frac{0.66^2}{19.62} = 22.2 \text{ m}$$

Mevcut durumda D haznesi girişinde basınç yüksekliği:

Su Getirme

$$P/\gamma=1000-977-22.2=0.8\text{m} \cong 1\text{m}$$

Yeterli olmaktadır. Gelecekteki nüfus $N_{gel}=30\ 000$ kişi için iletim debisi hesaplanırsa:

$$Q_{ilet} = \frac{q_{mak} N_{gel}}{86400} = \frac{200 * 30000}{86400} = 69.4\text{lt} / \text{s} = 0.0694\text{m}^3 / \text{s}$$

D=30cm için hız:

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{0.0694 * 4}{\pi * 0.3^2} = 0.98\text{m} / \text{s}$$

İsale hattındaki sürtünme kaybı L=10 000m için:

$$h_s = \lambda \frac{L V^2}{D 2g} = 0.03 \frac{10000 * 0.98^2}{0.3 * 19.62} = 49.0\text{m}$$

Bu durumda D'de piyezometre kotu=1000-49=951<977m olup debi, cazibe ile mevcut isale hattından su depoya iletilemez. Basınç artırma merkezi (Pompa istasyonu), piyezometre çizgisinin boru hattına yaklaştığı yerde (P noktasında) yapılır. Terfi merkezini emme haznesine sular en az Z=2 metrelik bir basınçla girebilmelidir.

Yeni debi, D=30cm lik boru için birim boyağı yük kaybı: $S_e=49/10\ 000=0.0049$

T deki piyezometre kotu = 1000-8000*0.0049=960.8m

T deki işletme basıncı = 960.8-940= 20.8mss

T deki statik basınç = 1000-940 = 60m <60m

P'deki emme haznesi girişinde piyezometre kotu= 960.8-0.0049*X

P' deki emme haznesinde zemin kotu= 960.8-0.0049*X-Z

T-D arasındaki zemin eğim, $S_0=(977-940)/2000= 0.0185$

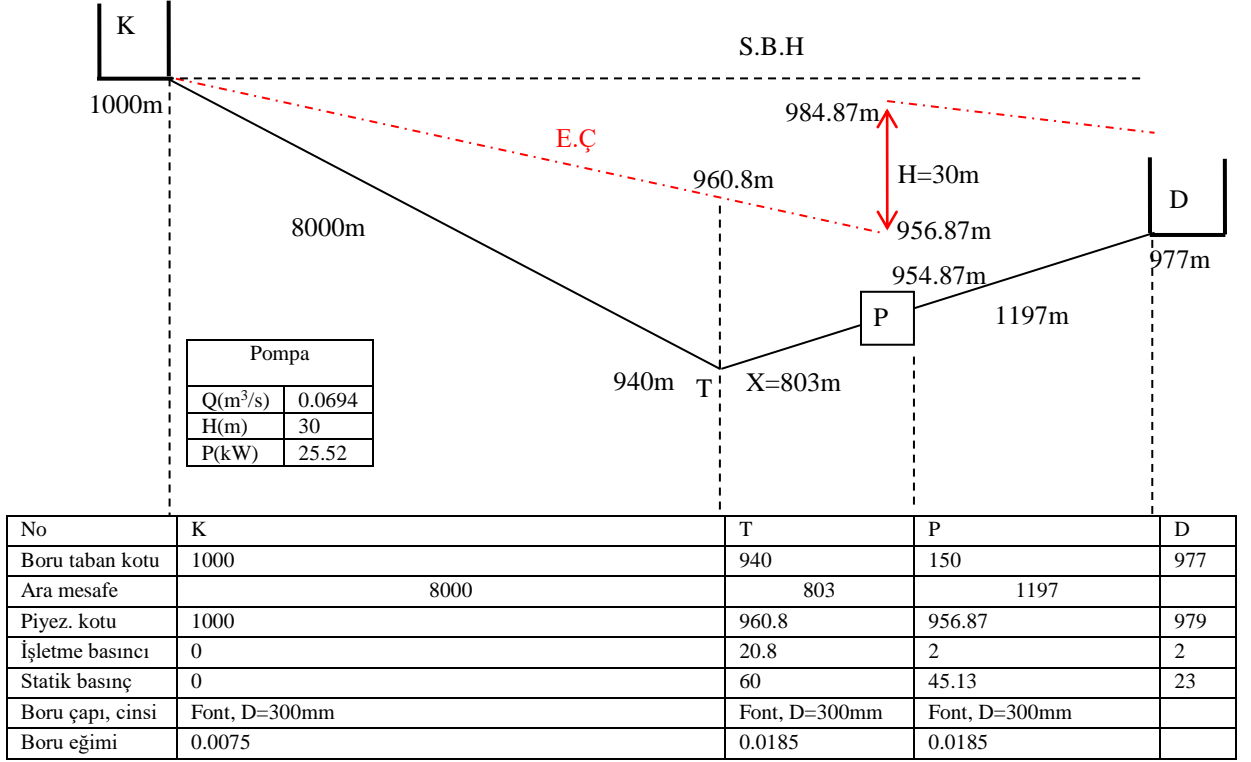
$$940+0.0185 * X = 960.8-0.0049 * X-2 \Rightarrow X=803\text{m}$$

Buna göre P emme haznesinde piyezometre kotu = 960.8-0.0049*803=956.87m

Su Getirme

P emme haznesinde 2m lik basınç için zemin kotu = $956.87-2 = 954.87\text{m}$

P deki statik basınç= $1000-954.87 = 45.13\text{m}$



P-D arasındaki yük kaybı $h_{s\ PD} = 0.0049 * 1197 = 5.87\text{m}$, D haznesine 2m'lik bir giriş basınç yükü alınırsa P'de piyezometre kotu= $977+2+5.87=984.87\text{m}$

Terfi yükseklik = $H = 984.87-954.87=30\text{ m}$

Pompa gücü: $P = \frac{\gamma QH}{102\eta} = \frac{1000 * 0.0694 * 30}{102 * 0.8} = 25.52\text{kW}$

D deki piyezometre kotu = $977+2 = 979\text{m}$

D deki işletme basıncı = $979-977=2\text{mss}$

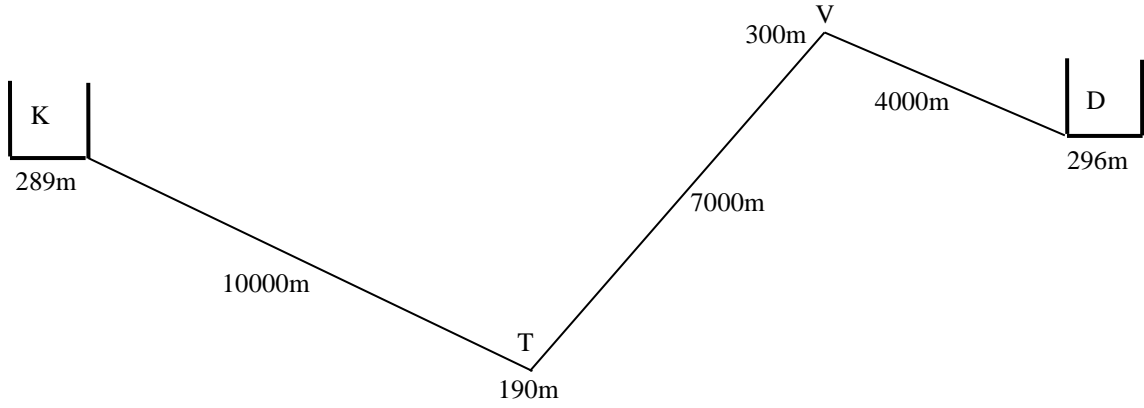
D deki statik basınç = $1000-977 = 23\text{m}$

K-T arasındaki zemin eğim, $S_0 = (1000-940)/8000 = 0.0075$

Su Getirme

Örnek 3.4 Terfilî İsale

Zemin boy kesiti şekilde görülen isale hattı font borularla yapılmış olup K su alma yerinden D haznesine $Q=50\text{lt/s}$ debiyi iletmektedir. Gerekli pompa gücünü ve hidrolik profili tayin ediniz. Font boru sürtünme katsayısı $\lambda=0.03$, font boru işletme basıncı 100m, Pompa verimi $\eta=0.80$.



Çözüm

Depo su alma yerinden (Kaptajdan) daha yukarıda olduğundan suları pompa ile yükseltmek gerekir. Font borunun maksimum işletme basıncı 100m olduğundan terfi merkezi Kaptajın yakınında inşa edilemez. Çünkü T noktası boru eksen kotu $190-1=189\text{m}$ memba su kotu 289m olduğundan, yük kayıpları, geometrik yükseklik farkı ilave edildiğinde basınç 100 metreyi çok geçecektir. Bu nedenle sular cazibeli olarak P pompa haznesine iletilmelidir (T ile V arasında). Burada yapılacak terfi merkezinin boru hattında 100mden daha küçük bir basınç yüksekliği meydana getirdiği gösterilmelidir.

Terfi isale söz konusu olduğunda ekonomik boru çapını hesaba katmak gerekir.

$$D_{ek} = 1.5 \sqrt{Q} = 1.5 * \sqrt{0.05} = 0.335\text{m}$$

Buna en yakın standart boru çapı $D=0.35\text{m}$ seçilir. Bu durumda hız ve enerji çizgisinin eğimi:

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{4 * 0.05}{3.14 * 0.35^2} = 0.52\text{m/s}$$

Su Getirme

$$S_e = \frac{\lambda V^2}{D 2g} = \frac{0.03 * 0.52^2}{0.35 * 19.62} = 0.00118$$

K dan P ye cazibe ile su iletiminde en büyük statik basınç T de meydana gelir. K ile T arasında yük kaybı $h_{s\ K-T} = 0.00118 * 10000 = 11.8\text{m}$,

T noktasında piyezometre kotu = $289 - 11.80 = 277.20\text{m}$

T noktadaki basınç yüksekliği = $(P/\gamma)_T = 277.20 - 190 = 87.2\text{m} < 100\text{m}$ boru işletme basıncı olduğundan uygundur.

T deki statik basınç = $289 - 190 = 99\text{m} < 100\text{m}$ uygun

P pompa emme haznesine suyun en az 2 metrelik bir basınç yüksekliği ile girmesi gerekir.

Pompa emme deposu zemin kotu = $277.2 - 0.00118 * X - 2.0$ olmalıdır.

Burada X, T ve P arasındaki boru uzunluğudur. Zemin kotunu T ve V arasındaki zemin eğimini kullanarak:

$$S_{0T-V} = \frac{300 - 190}{7000} = 0.016$$

Pompa emme deposu zemin kotu = $190 + 0.016 * X$ olmalıdır.

Bu iki zemin kotu eşitlenirse:

$$277.2 - 0.00118 * X - 2.0 = 190 + 0.016 * X \Rightarrow X = 4960 \text{ m (T-P arası mesafe)}$$

P deki piyezometre kotu = $277.2 - 4960 * 0.00118 = 271.35\text{m}$

P deki hazne su - zemin kotu = $271.35 - 2 = 269.35\text{m}$

$$h_{s\ P-V} = S_e * L_{P-V} = 0.00118 * (7000 - 4960 = 2040) = 2.41\text{m}$$

V noktasında zemin kotu = 300 m

V noktasında olması gereken piyezometre kotu = $300 + 2.41 = 302.41\text{m}$

Su Getirme

V noktasında vantuzun çalışma basıncından (2m) büyük uygun.

H terfi yüksekliği=302.41-269.35=33.06m < 100m

V-D arası sürtünme kaybı:

$$h_{s\ V-D} = S_e * L_{V-D} = 0.00118 * 4000 = 4.72m$$

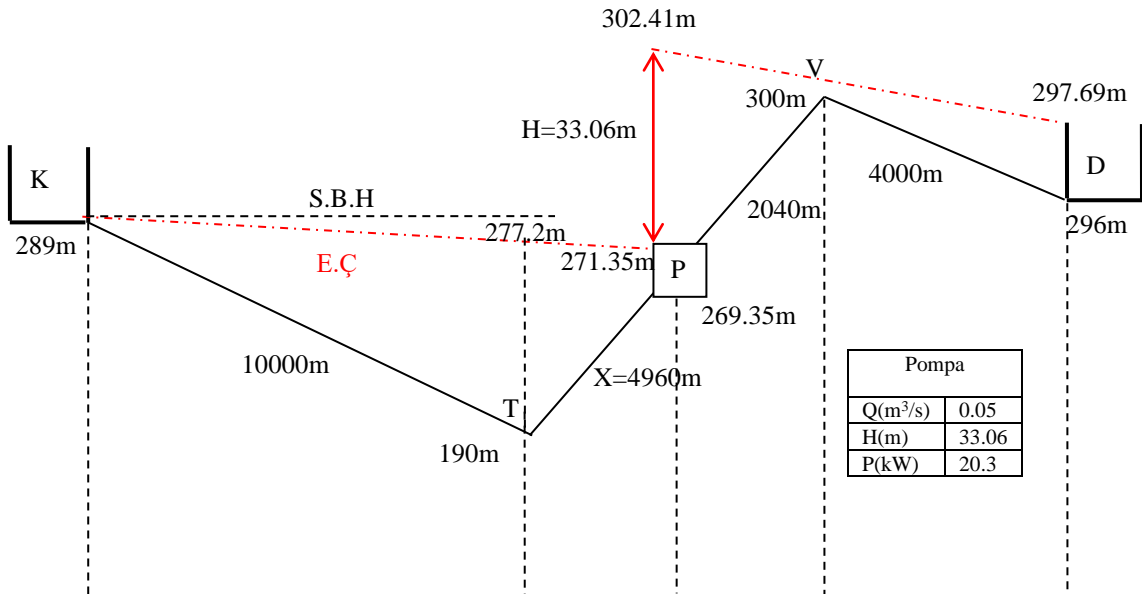
D haznesi giriş piyezometre kotu= 302.41-4.72= 297.69m

D haznesi giriş basınç yükü=297.69-296=1.69>1m

D haznesinde giriş basıncı 1metreden büyük uygun.

$$\text{Pompa gücü: } N = \frac{\gamma Q H}{102 \eta} = \frac{1000 * 0.05 * 33.06}{102 * 0.8} = 20.3 \text{ kW}$$

V-D arası boru eğimi= $S_{V-D} = (300-296)/4000=0.001$



No	K	T	P	V	D
Boru tab.kotu	289	190	269.35	300	296
Ara mesafe		10000	4960	2040	4000
Piyez. kotu	289	277.2	271.35	302.41	297.69
İşletme basınç	0	87.2	2	2.41	1.69
Statik basınç	0	99	19.65	2.41	6.41
Boruçapı,cinsi	Font, D=350mm	Font,D=350mm	Font,D=350mm	Font, D=350mm	
Boru eğimi	0.0099	0.016	0.016	0.001	

Su Getirme

BÖLÜM 4

SULARIN DEPOLANMASI

4.1 Depo

Yerleşim bölgelerindeki su tüketimi gün içerisinde farklılıklar gösterir. Sabah ve akşamüzeri artan su ihtiyacı gece saatlerinde ise minimum değerdedir. Depolar, hazneler suların biriktirilmesi ve ihtiyacın fazla olduğu zamanlarda biriktirilen suyun şebekeye verilmesi için yapılan tesislerdir. Ayrıca kentte bir yangın olması halinde kullanılacak suyun depoda her an hazır olması gerekir. Hazneler ışık ve ısı geçirmeyecek şekilde inşa edilmelidir. Hazneler giriş ve çıkış boruları, vanalar, manevra odası olacak şekilde projelendirilir. Depolar su basınçlarının istenilen ölçülerde kalmasını sağlar.

4.2 Depoların Sınıflandırılması

Kullanılan malzemeye göre:

1. Kâgir (taş) depolar,
2. Beton veya betonarme depolar,
3. Metal depolar,
4. Öngerilmeli depolar.

Zemindeki duruma göre:

- 1- Gömme depo,
- 2- Ayaklı depo.

Deponun kotu şebekede oluşacak maksimum ve minimum basınçlar ile iletim hattının en uygun biçimde yapılması bakımından önemlidir. 1000-5000m³ e kadar depolar betonarme olarak yapılırlar. Daha büyük hacimli depolar ise metal veya öngerilmeli, küçük hacimler ise kâgir olabilir.

Su Getirme

4.3 Projelendirmeye Esas Olan Faktörler

4.3.1 Düzenleme Faktörü

Haznelerin birinci görevi yerleşim bölgelerinde günün değişik saatlerinde farklılık gösteren su sarfiyatını ayarlamaktır. Gün içinde şebekenin çektiği su gelen sudan fazla ise hazne aradaki farkı telafi eder. Tersine şebekenin çektiği su az ise hazne gelen suyu biriktirir.

4.3.2 Emniyet Bakımından

Hazne aynı zamanda bir emniyet vasıtasıdır. İsalede, pompalarda bir arıza olduğu zaman veya temizlik, tamir yapılması gerekirse depolar yerleşim bölgesinin ihtiyacını bir süre karşılar. Hazneler şebeke borularının boşalmamasını sağlamak suretiyle yabancı suların şebekeye girmesini, şebekenin kirlenmesini ve hava almasını önler.

4.3.3 Şebeke Basıncı Bakımından

Haznelerin diğer bir fonksiyonu da şehirdeki su basıncının belirli ölçüler içinde kalmasını sağlamaktır. İller bankası şartnamesine göre şebekenin her noktasındaki basınç, nüfusu 100 000'e kadar olan yerleşim bölgeleri için 20mss, 100 000'den büyük olan yerleşim bölgelerinde ise 30mss alınabilir. Şebekedeki maksimum basınçta 80mss alınmalıdır. Eğer basınç 20mss altına düşerse evlerin üst katlarında musluktan yeterli su akmaz. Basınç 80mss üstüne çıkarsa standart su boruları ve diğer tesisat elemanları basınç kuvvetine karşı koyamayıp patlarlar. Hazne yeri şehrin hidrolik ağırlık merkezinde olmalıdır.

4.4 Gömme Depolar Hacmi ve Boyutları

4.4.1 Depo Hacminin Belirlenmesi

İller bankası yönetmeliğindeki esasa göre inşa edilecek haznenin hacmi en az günlük su sarfiyatının, terfili (pompa yardımı ile) iletimde 1/4 ünden az olmamak üzere, cazibeli iletimlerde 1/3 ünden bir katına kadar yapılabilir. Toplam hacim bu hacme yangın için gerekli hacmin eklenmesi ile bulunur. Depo iletim hattından gelen su Q_{iletim} olduğundan bir günde m^3 cinsinden ihtiyaç suyu:

Su Getirme

$$\forall_{Gün} = \frac{Q_{iletim} * 86400}{1000} (m^3 / gün) \quad (4.1)$$

Buna göre cazibeli iletim hatlarında depo hacmi:

$$\forall_{DEPO} = \frac{1}{3} \forall_{Gün} + \forall_{Yangin} \quad (4.2)$$

Terfili iletim hatlarında depo hacmi:

$$\forall_{DEPO} = \frac{1}{4} \forall_{Gün} + \forall_{Yangin} \quad (4.3)$$

4.4.2 Yangın Hacmi

Yerleşim bölgesinde çıkabilecek yangın veya yangınları söndürebilmek amacıyla depoda hiç kullanılmayıp daimi duran su miktarıdır. Yönetmeliğe göre nüfus 10 000 kişi ise kentte aynı anda esas borunun geçtiği 1 sokakta 2 saat süren bir yangının çıkacağını ve bu yangını söndürmek için yangın söndürme aracının esas borudan 5lt/sn 'lik su çekeceği öngörülmüştür. Bu durumda yangın debisi;

$$V_{Yangin} = \frac{1 * 2 * 5 * 60 * 60}{1000} = 36(m^3) \quad (4.4)$$

$N_g=10\ 000-50\ 000$ ise aynı anda 2 saat süren 2 yangının birden çıkacağı düşünülmüş ve esas borudan yine 5lt/sn lik debinin çekileceği düşünülmüştür.

$$V_{Yangin} = \frac{2 * 2 * 5 * 60 * 60}{1000} = 72(m^3) \quad (4.5)$$

$N_g>50\ 000$ ise aynı anda 5 saat süren 2 yangının çıkacağı ve esas borudan yangını söndürmek için 10lt/sn lik debi çekileceği düşünülmüştür.

$$V_{Yangin} = \frac{2 * 5 * 10 * 60 * 60}{1000} = 360(m^3) \quad (4.6)$$

Gömme depoların iller bankasınca projelendirilmiş standart hacimleri:

Su Getirme

Tablo 4.1 Depo hacim düzeltmesi

0-500m ³ arasında	50m ³ 'e
500-1000	100m ³ 'e
1000-2000	250m ³ 'e
2000'den büyük	500 ³ 'e yuvarlatılır.

4.4.3. Gömme Hazne Boyutları

Hazne hacmi hesaplandıktan ve hazne tipi (Gömme depo, Ayaklı depo) belirlendikten sonra hazne boyutlandırması yapılır. İller bankası ve DSİ tarafından hazırlanmış tip projelerden yararlanılarak haznelere inşa edilirler. Gömme haznelere inşa edilirken önce hazne faydalı su yüksekliği olarak İller Bankası tarafından öngörülen depo yükseklikleri aşağıda verilmiştir.

Tablo 4.2 Depo su yükseklikleri

<u>Gömme depo hacmi (m³)</u>	<u>Su yüksekliği(m)</u>
50-350	3.0
350-600.	3.5
600-900. .	4.0
900-2000.	5.0
>2000.	6.0



Şekil 4.1 Gömme depo ve manevra odası

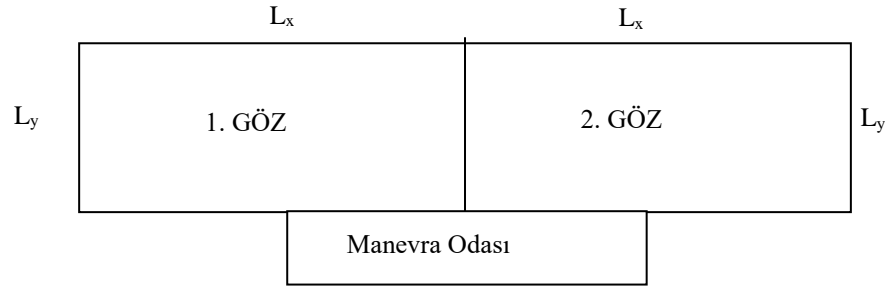
Su Getirme

Yerleşim bölgesinde her an değişen su sarfiyatını, iletim hattından gelen su miktarı ile düzenleyecek olan depolar aynı zamanda yangın rezervi (hacmi), tamir ve arıza gibi acil durumları karşılayacak kapasitede olmalıdır. Minimum depo hacmi 50m³ tür ve tek gözlü olarak yapılabilir.

Depolar en az iki gözlü yapılır. Önünde bir manevra odası vardır. En ekonomik hacmin elde edilebilmesi için her gözde $(L_x/L_y)=(3/4)$ olacak şekilde dikdörtgen kesitli boyutlandırılır. 2 gözlü inşa edilmelerinin nedeni herhangi bir arıza durumunda kentin susuz kalmamasıdır. Hazne daha çok gözlü olursa (n gözlü depoda) bu oran

$$\frac{L_x}{L_y} = \frac{n+1}{2n} \quad (4.7)$$

olmalıdır. Depolarda su yüksekliği 3-6m arasında değişir. Her iki gözün önünde manevra odası projelendirilir.



Şekil 4.2 Gömme depo planı

Depoda suyu alan borunun ağzına krepin (süzgeç) takılarak suyun içindeki herhangi bir parçanın boruya girmesi engellenir. Krepinler tortu girmemesi için hazne tabanından 15-20cm kadar yukarıya konur. Krepin üzerindeki su yüksekliği en az 1.5D kadar olmalıdır (D=boru çapı).

Her gözden şebeke ana borusu, dip ve dolu savak boruları çıkar. Hazneye gelen ve giden tüm borular manevra odasında toplanır ve buradan kumanda edilir. Hazne üzerinde asgari 0.5m, azami 1.0m toprak örtüsü bulunması ısı tecridi bakımından gereklidir.

Su Getirme

4.5 Ayaklı Depolar

Günlük su ihtiyacının %10-30 u alınarak hacimleri belirlenir. Genellikle %20 alınması normaldir. Ayaklı depolar yerleşim bölgesi civarında şebekede istenen minimum basıncı sağlayacak bir yüksekliğe konmalıdır. Şekil 4.3 de Aksaray ili Yenikent beldesinde yapılan 500m³ hacimli ayaklı depo resmi verilmiştir.



Şekil 4.3 Ayaklı depo

200m³ hacme kadar tek bölmeli, 200m³ 'ten büyükse çift olarak inşa edilmelidir. Yükseklikleri genellikle 5-7m arasında alınabilir. Ayaklı depoların çapları hacimlere bağlı olarak aşağıdaki formülleri ile bulunur:

$$V= 100-500 \text{ m}^3 \text{ için } D=5 + \frac{V}{1000} \quad (4.8-a)$$

$$V= 500-1000 \text{ m}^3 \text{ için } D=8 + \frac{V}{1000} \quad (4.8-b)$$

4.6 Depo Yeri ve Krepin Kotunun Tayini

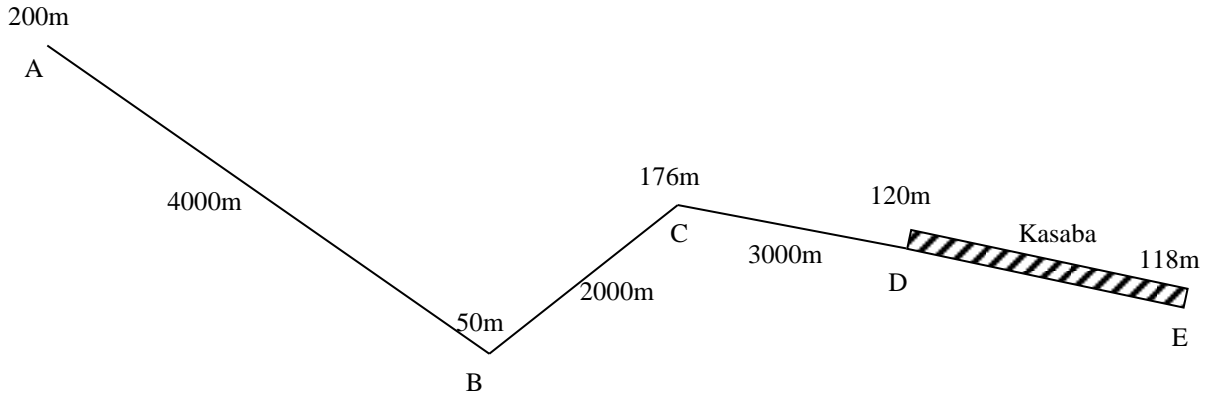
Hazne yeri işletme ve bakım kolaylığı açısından kente yakın ve tercihen ağırlık merkezinde olmalıdır. Böylece iletim hattından büyük çaplı olan şebeke ana borusunun kısa olması sağlanır. Kentin yüksek ve alçak bölgeleri arasında kot farkı büyük ise bir hazne ile kentteki basınçların istenilen limitler arasında kalması sağlanamaz. Bu nedenle katlı şebeke yapılır. Her kat ayrı bir depodan beslenerek alçak kottaki bölgelerde aşırı basınçların oluşması engellenir. Beldenin katlara ayrılmasının gerekmesi hallerinde alt noktalarda maksimum 80m lik statik basınç olacak şekilde katlar belirlenir. Çok katlı şebeke yapılması halinde depolar arasında bir irtibat hattı

Su Getirme

Örnek 4.1 Cazibeli isale, depo hacim ve yerinin belirlenmesi

30 yıl sonraki nüfusu 20 000 olarak tahmin edilen bir şehre kesiti aşağıda verilen isale hattı ile su getirilecektir. İsale hattının hesabına esas olacak debiyi bulunuz. Hazneyi boyutlandırınız. Boru çapı ve cinsini tayin ederek, piyezometre çizgisini çiziniz. Hazne yerini belirleyiniz.

Font boru seçerek $\lambda=0.03$, bu borularda maksimum basınç 150m alınabilir. İsalede en düşük iletme basıncı 3m dir. Şebekede en düşük işletme basıncı $(P/\gamma)_{\min}=30m$, şebekede [DE] arasındaki toplam kayıp 6m ve kişi başına ortalama su sarfiyatı 100lt/N-G dür.



Çözüm

$$Q_{ilet} = \frac{1.5 q_{ort} N_g}{86400} = \frac{1.5 * 100 * 20000}{86400} = 34.72 \text{ lt/s} = 0.03472 \text{ m}^3 / \text{s}$$

Hazne boyutlandırması:

$$\text{Günlük ihtiyaç hacmi: } \forall_{Gün} = \frac{Q_{iletim} * 86400}{1000} = \frac{34.72 * 86400}{1000} = 3000 \text{ m}^3$$

$N_g=20\ 000$ olduğundan $\forall_{yangın}=72\text{m}^3$ alınır.

$$\text{Cazibeli iletim için depo hacmi: } \forall_{Depo} = \frac{1}{3} \forall_{gün} + \forall_{yan} = \frac{1}{3} 3000 + 72 = 1072 \text{ m}^3$$

Tablo 4.1 e göre yuvarlatma yapılır ise: 1000-2000m³ için 250m³ 'e yuvarlatılır.

Su Getirme

Depo hacmi $\nabla_{Depo}=1250m^3$ seçilir.

Tablo 4.2 ye göre $\nabla_{Depo}=900-2000m^3$ e kadar **H=5.0m** alınır.

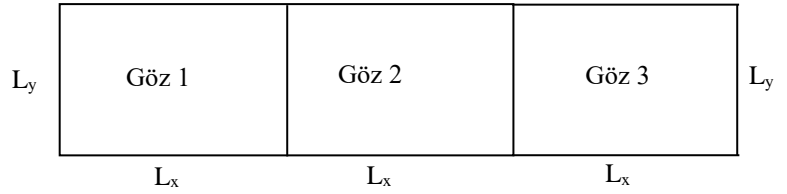
Depo 3 gözlü düşünülerek her bir göz hacmi: $\nabla_{göz}=\frac{1250}{3}=417m^3$

1 gözün alanı: $A_{göz}=\frac{\nabla_{göz}}{H_{hazne}}=\frac{417}{5}=84m^2$

Denklem (4.7) ye göre, 3 göz için bu oran: $\frac{L_x}{L_y}=\frac{3+1}{2*3}=\frac{4}{6}=\frac{2}{3}$ olmalı.

$L_y=\frac{3}{2}L_x$ olmalıdır.

$L_x * L_y = 84m^2$ için



$L_x * \frac{3}{2}L_x = 84m^2$, $L_x^2 = 56$, ve $L_x = 7.5m$

$L_y = \frac{3}{2}L_x = \frac{3}{2} * 7.5 = 11.3m$ olmalıdır.

İsalede en düşük işletme basıncının 3m olması ve A noktasından gelen suyun C noktasını cazibe ile aşabilmesi için, enerji çizgisi eğimi (S_e) \leq (S) arazi eğimi olmalı.

Arazi eğimi:

$$S = \frac{200 - (176 + 3)}{4000 + 2000} = \frac{21}{6000} = 0.0035$$

Akımın gerçekleşmesi için enerji çizgisinin eğimi $S_e \leq S = 0.0035$ olmalı.

$$S_e = \frac{\lambda \cdot V^2}{D \cdot 2g}$$

Boru çapı ve hız bilinmemekte. Süreklilik denkleminden:

$$Q = VA = V \frac{\pi D^2}{4} \Rightarrow V = \frac{4Q}{\pi D^2} = \frac{4 * 0.03472}{3.14 * D^2} = \frac{0.0442}{D^2} \Rightarrow V^2 = \frac{0.00195}{D^4}$$

Su Getirme

V'nin bu değeri $S_e \leq S$ ifadesinde yerine yazılır ise

$$0.0035 = \frac{0.03}{D} \frac{0.00195}{D^4 \cdot 2 \cdot 9.81} \Rightarrow D^5 = 0.000852 \Rightarrow D = 0.243m$$

Standart çap $D=250mm$ seçilir.

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{4Q}{\pi D^2} = \frac{4 \cdot 0.03472}{3.14 \cdot 0.25^2} = 0.71m/s (> 0.5m/s) \text{ uygun.}$$

Belirlenen çap (D) ve hız (V) ile S_e hesaplanırsa:

$$S_e = \frac{0.03}{0.25} \frac{0.71^2}{2 \cdot 9.81} = 0.00308 < S = 0.0035 \text{ olduğundan uygundur.}$$

B noktasının statik basıncı $200-50=150m$ (font boru işletme basıncı) sürtünme kayıpları dikkate alındığında maslağa gerek yoktur.

A-B arasındaki yük kaybı:

$$h_{sA-B} = S_e L_{A-B} = 0.00308 \cdot 4000 = 12.32m$$

B deki piyezometre kotu= $200-12.32=187.68m$

B noktasındaki işletme basıncı= $187.68-50=137.68 < 150m$ font boru işletme basıncı.

A-C arasındaki yük kaybı

$$h_{sA-C} = S_e L_{A-C} = 0.00308 \cdot 6000 = 18.48m$$

C deki piyezometre kotu= $200-18.48=181.52m$

C noktasındaki işletme basıncı= $181.52-176=5.52 > 3m$

C deki statik basınç= $200-176=24m$

Hazne yerinin tespiti:

Su Getirme

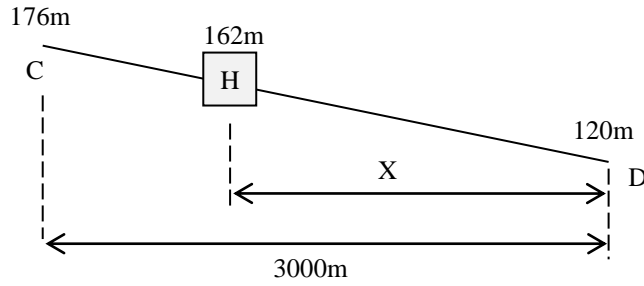
Şebeke $(P/\gamma)_{\min}=30\text{m}$ olacak şekilde düşünülürse DE arasındaki kayıp=6m olarak verilmiştir.

Şehrin DE uçları arasındaki intifa $120-118=2\text{m} < 6\text{m}$ olduğundan

Şebekedeki en düşük E noktası esas alınarak hazne kotu $=118+6+30+h_{s\text{ HD}}$ depo su derinliği

$h_{s\text{ H-D}} = 3\text{m}$ tahmin edilirse

Hazne kotu $=118+6+30+3+5=162\text{m}$ olur.



Benzer üçgenlerden X mesafesi:

$$\frac{X}{162-120} = \frac{3000}{176-120} \Rightarrow X = \frac{42}{56} * 3000 = 2250\text{m}$$

Hazne ile şebeke arasında aynı çap boru kullanılırsa $S_e=0.00308$

$h_{s\text{ H-D}} = 0.00308 * 2250 = 6.93\text{m} > 3\text{m}$ olduğundan hazne 162m yüksekliğine yerleştirilirse şebeke işletme basıncı $(P/\gamma)_{\min}=30\text{m}$ sağlanamaz. Bu yüzden yük kaybı 8m seçilerek hazne kotu bulunur.

Hazne kotu $=118+6+30+8+5=167\text{m}$ olur.

Haznenin D noktasına yatay mesafesi:

$$\frac{X}{167-120} = \frac{3000}{176-120} \Rightarrow X = \frac{47}{56} * 3000 = 2518\text{m}$$

Hazne işletme kotu $=H_C - h_{s\text{ C-H}} = 181.52 - (3000 - 2518) * 0.00308 = 180\text{m}$

Hazne işletme basıncı $=180 - 167 = 13\text{m}$

Su Getirme

Hazne statik basıncı=200-167=33m

D noktasının piyezometre kotu= $H_H - h_{s\ H-D} = 167 - 2518 \cdot 0.00308 = 159.25\text{m}$

D noktası işletme basıncı=159.25-120=39.25m >30m

D noktası statik basıncı=167-120=47m < 150m

E noktasının Piyezometre kotu=159.25-6=153.25m

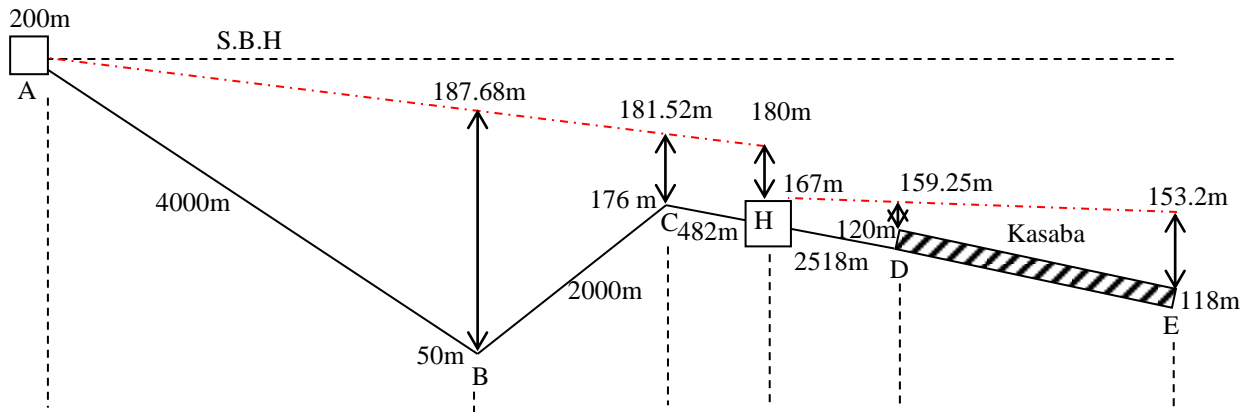
E noktası işletme basıncı=153.25-118=35.25m >30m

E noktası statik basıncı=167-118=49m < 150m

$$S_{A-B} = \frac{200 - 50}{4000} = 0.0375$$

$$S_{B-C} = \frac{176 - 50}{2000} = 0.063$$

$$S_{C-D} = \frac{176 - 120}{3000} = 0.0187$$



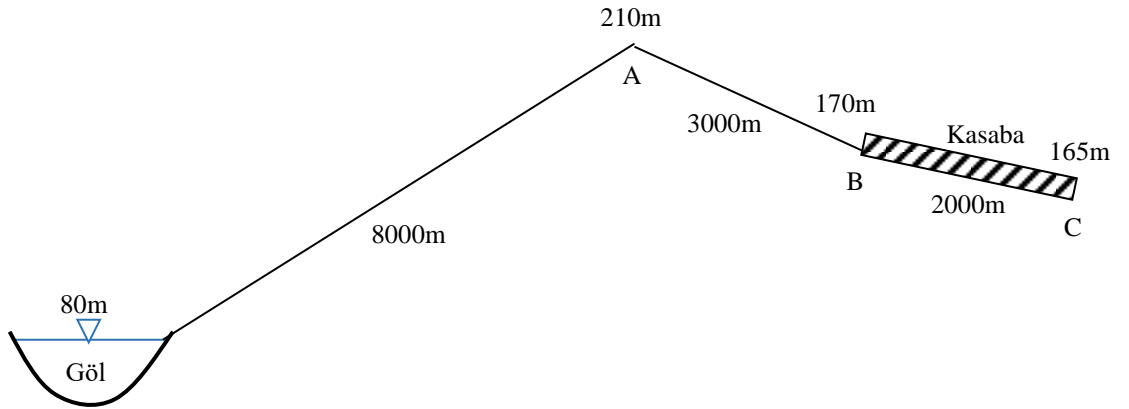
No	A	B	C	H	D	E
Boru tab.kotu	200	50	176	162	120	118
Ara mesafe	4000	2000	482	2518		
Piyez. kotu	200	187.68	181.52	180	159.25	153.25
İşletme basınç	0	137.68	5.52	13	39.25	35.25
Statik basınç	0	150	24	33	47	49
Boruçapı,cinsi	Font, D=250mm	Font,D=250mm	Font,D=250mm	Font, D=250mm	Font, D=250mm	
Boru eğimi	0.0375	0.063	0.0187	0.0187		

Su Getirme

Örnek 4.2 Terfili isale, depo hacim ve depo yerinin belirlenmesi

Projelendirme yılından 35 yıl sonrası için nüfusu 24 000 olan bir kasabanın ortalama su sarfıyatı 200lt/N-G dur. İsale hattı aşağıda verildiğine göre, İletim debisini belirleyip hazneyi boyutlandırınız. Pompaların gücünü hesaplayınız Piyezometre çizgilerini çiziniz. Hazne yerini belirleyiniz.

Plastik boru için $\lambda=0.02$, işletme basıncı 80mss, isalede en düşük işletme basıncı 4m, şebekede en düşük işletme basıncı $(P/\gamma)_{\min}=20\text{m}$, şebekede yük kaybı 8m, Pompa verimi $\eta=0.70$ dir.



Çözüm

$$Q_{ilet} = \frac{1.5 q_{ort} N_g}{86400} = \frac{1.5 * 200 * 24000}{86400} = 83.33 \text{ lt/s} = 0.08333 \text{ m}^3 / \text{s}$$

Hazne boyutlandırması:

$$\text{Günlük ihtiyaç hacmi: } \nabla_{Gün} = \frac{Q_{iletim} * 86400}{1000} = \frac{83.33 * 86400}{1000} = 7200 \text{ m}^3$$

$N_g=24\ 000$ olduğundan $\nabla_{yangin}=72\text{m}^3$ alınır.

$$\text{Terfili isale için depo hacmi: } \nabla_{ter} = \frac{1}{4} \nabla_{gün} + \nabla_{yan} = \frac{1}{4} 7200 + 72 = 1872 \text{ m}^3$$

Tablo 4.1 e göre yuvarlatma yapılır ise:

1000-2000 m^3 için 250 m^3 'e yani depo hacmi $\nabla_{depo}=2000\text{m}^3$ seçilir.

Tablo 4.2 ye göre 1000-2000 m^3 hacimler için su yüksekliği: $H_{su}=5\text{m}$ alınır.

Su Getirme

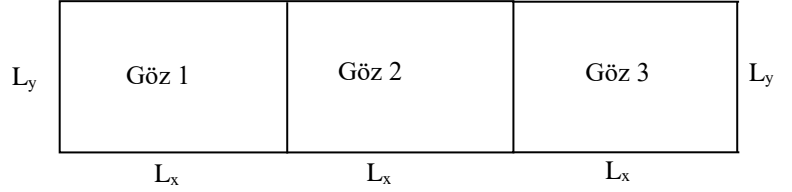
Depo 3 gözlü düşünülerek her bir göz hacmi: $\forall_{göz} = \frac{2000}{3} = 667m^3$

1 gözüm alanı: $A_{göz} = \frac{667}{5} = 134m^2$

Denklem (4.7) ye göre, 3 göz için bu oran: $\frac{L_x}{L_y} = \frac{3+1}{2*3} = \frac{4}{6} = \frac{2}{3}$ olmalı.

$L_y = \frac{3}{2}L_x$ olmalıdır.

$L_x * L_y = 134m^2$ için



$L_x * \frac{3}{2}L_x = 134m^2$, $L_x^2 = 89$, ve $L_x = 9.5m$

$L_y = \frac{3}{2}L_x = \frac{3}{2} * 9.5 = 14m$ olmalıdır.

İsale hattında su hızı $V=0.8m/s$ olarak seçelim.

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{4Q}{\pi D^2} \Rightarrow D = \sqrt{\frac{4 * 0.08333}{3.14 * 0.8}} = 0.364m$$

$D=364mm$ boru çapı, standart (üretilen) çap olarak $D=400mm$ seçilir.

A noktasında 210m kotlu tepe noktasında 4m de en düşük işletme basıncı dikkate alınacağından buradaki piyezometre kotu 214m olmalıdır. Pompanın basması gerekli yükseklik, yük kayıplarını dikkate almadan:

$214-80=134m > 80m$ (mak. boru işletme basıncı). O halde en az iki yere pompa koymak gerekir. İkinci pompa yeri, göl ile A noktası arasına 145m kotuna koymayı düşünelim. 400mm boru için akım hızı:

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{4Q}{\pi D^2} = \frac{4 * 0.08333}{3.14 * 0.4^2} = 0.66m/s > 0.5m/s \text{ olduğundan uygundur.}$$

Göl ile A noktası arasında enerji çizgisi eğimi, birim boydaki yük kaybı:

Su Getirme

$$S_e = \frac{\lambda V^2}{D 2g} = \frac{0.02 * 0.66^2}{0.4 * 19.62} = 0.00111$$

$$1. \text{Pompanın terfi kotu} = 145 + 4 + S_e * L = 149 + 0.00111 * 4000 = 153.44\text{m}$$

$$\text{Terfi yüksekliği} = H_1 = 153.44 - 80 = 73.44\text{m} < 80\text{m}$$

$$P1-P2 \text{ arası yük kaybı} = h_{s1} = 0.00111 * 4000 = 4.44\text{m}$$

$$2. \text{Pompa piyezometre giriş kotu} = 153.44 - 4.44 = 149\text{m}$$

$$2. \text{Pompanın terfi kotu} = 210 + 4 + 0.00111 * 4000 = 218.44\text{m}$$

$$\text{Terfi yüksekliği} H_2 = 218.44 - 149 = 69.44\text{m} < 80\text{m}$$

$$P2-A \text{ arası yük kaybı} = h_{s2} = 0.00111 * 4000 = 4.44\text{m}$$

Hazne yerinin tespiti:

$$\text{Şebekede BC arasındaki yük kaybı } h_s \text{ şebeke} = 8\text{m}$$

Bu değer 170-165= 5m büyük olduğundan en düşük hazne kotunun hesabında C noktası esas alınır.

$$\begin{array}{l} \text{Hazne} \quad \quad \quad \text{kotu} = 165 + 20 + h_s \quad \quad \quad \text{şebeke+depo} \quad \quad \quad \text{su} \\ \text{derinliği} = 165 + 20 + 8 + (3000 * 0.00111) + 5 = 201.33\text{m} \end{array}$$

Burada şehri yüksek kotlara doğru gelişebileceği düşünülerek hazne kotunu 210m yerleştirilmesi uygundur.

$$\text{Hazne piyezometre kotu} = 218.44 - 4.44 = 214\text{m}$$

$$\text{Hazne krepin kotu} = 210 - 5 = 205\text{m}$$

$$\text{B noktasında piyezometre kotu} = 210 - (3000 * 0.00111) = 206.67\text{m}$$

$$\text{B noktasındaki su basıncı} = 206.67 - 170 = 36.67\text{m} > 20\text{m}$$

$$\text{B noktasındaki statik basınç} = 210 - 170 = 40\text{m}$$

$$\text{C noktasındaki piyezometre kotu} = 206.67 - 8 = 198.67\text{m}$$

Su Getirme

C noktasındaki su basıncı: $198.67 - 165 = 33.67 \text{m} > 20 \text{m}$

C noktasındaki statik basınç = $210 - 165 = 45 \text{m}$

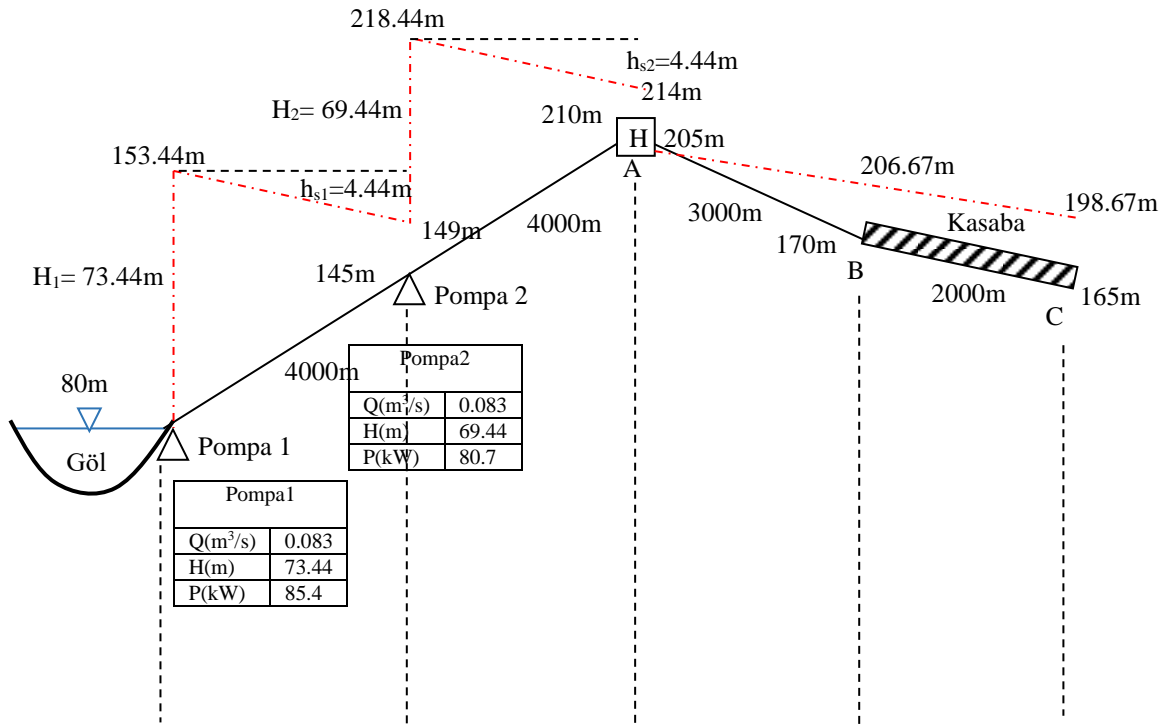
Pompalar için gerekli güç:

$$P1 \text{ için: } N_1 = \frac{\gamma QH}{102\eta} = \frac{1000 * 0.083 * 73.44}{102 * 0.7} = 85.4 \text{ kW}$$

$$P2 \text{ için: } N_2 = \frac{\gamma QH}{102\eta} = \frac{1000 * 0.083 * 69.44}{102 * 0.7} = 80.7 \text{ kW}$$

$$S_{Göl-A} = \frac{210 - 80}{8000} = 0.0163$$

$$S_{A-B} = \frac{210 - 170}{3000} = 0.0133$$



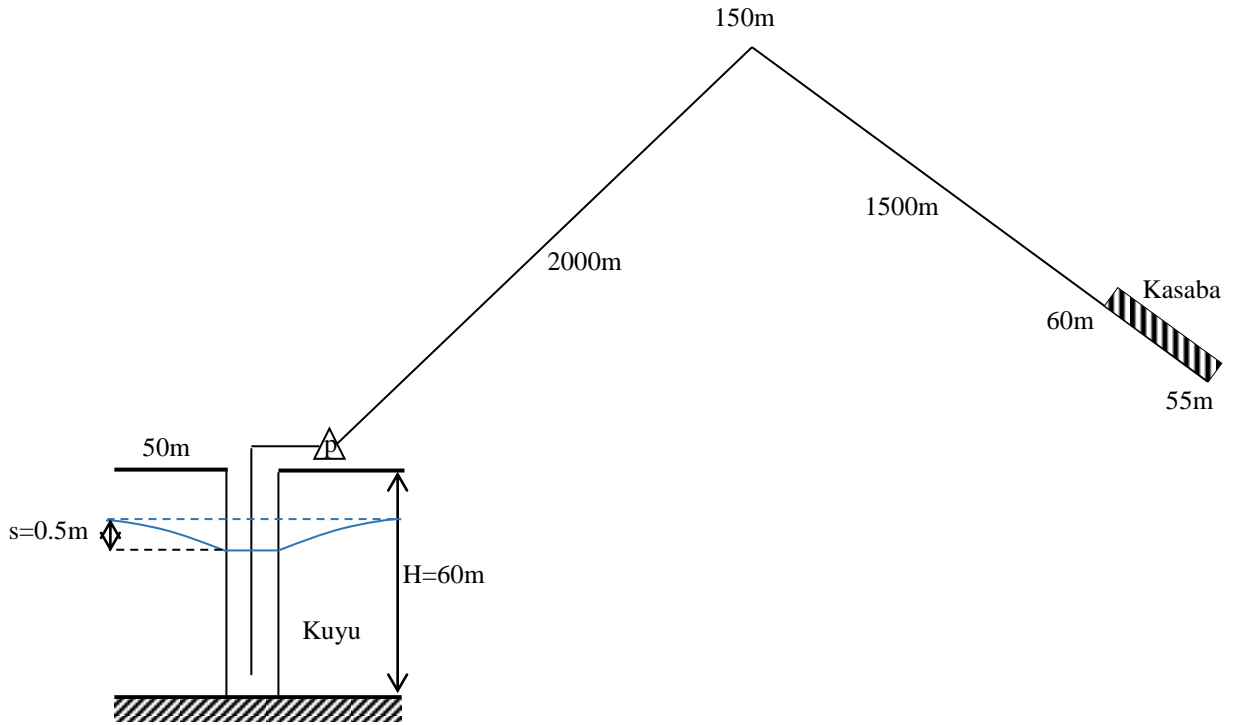
No	P1	P2	A	B	C
Boru tab.kotu	80	145	205	170	165
Ara mesafe	4000	4000	3000	2000	
Piyez. kotu	153.44	218.44	214	206.67	198.67
İşletme basınç	73.44	69.44	4	36.67	33.67
Statik basınç	0	4	4	40	45
Boruçapı,cinsi	Plastik, D=400mm	Plastik, D=400mm	Plastik, D=400mm		
Boru eğimi	0.0163	0.0163	0.0187	0.0187	

Su Getirme

Örnek 4.3 Terfili isale, depo hacim ve depo yerinin belirlenmesi

Şekildeki kesiti verilen kuyudan kasabaya su verilecektir. Kasabanın nüfusu 5858 kişidir. Kasabanın 30 yıllık su ihtiyacını karşılayacak şekilde açılan kuyudan su, şekildeki isale hattı ile iletilecektir. Kasabanın gelecekteki nüfusunu ve iletim debisini belirleyiniz. Özellikleri verilen kuyudan alınabilecek debiyi ve bir kuyunun yeterli olup olmadığını belirleyiniz. İsale hattının çapını belirleyiniz. Hazneyi boyutlandırarak yerini belirleyiniz. Pompanın gücünü belirleyerek enerji çizgisini çiziniz.

Nüfus artış katsayısı $P=3.0$ alınarak isale hattını boyutlandırınız. $q_{ort}=90\text{lt/N/gün}$, kuyu açılan zemin permeabilite katsayısı, $k=0.001$, kuyu alçalması $s=0.5\text{m}$, kuyu yarıçapı $r_{kuyu}=0.3\text{m}$, Şebekede en düşük işletme basıncı $(P/\gamma)_{min}=20\text{m}$, Plastik boru için $\lambda=0.02$, 120m lik basınca dayanmaktadır Şebekede yük kaybı 4m, Pompa verimi $\eta=0.70$ dir.



Çözüm:

Kasabanın 30 yıl sonraki nüfusu:

$$N_{30} = N_G \left[1 + \frac{P}{100} \right]^{30} = 5858 * \left[1 + \frac{3.0}{100} \right]^{30} = 14218 \text{ kişi}$$

Su Getirme

$$Q_{ilet} = \frac{1.5 q_{ort} N_g}{86400} = \frac{1.5 * 90 * 14218}{86400} = 22.2 lt / s = 0.02222 m^3 / s$$

Kuyudan alınacak debi:

Tesirli yarıçap:

$$R = 3000s \sqrt{k} = 3000 * 0.5 * \sqrt{0.001} = 47.5m$$

Kuyudan alınacak optimum debi:

$$Q_{opt} = 2\pi h \frac{\sqrt{k}}{15} = 2 * 3.14 * 0.3 * (60 - 0.5) * \frac{\sqrt{0.001}}{15} = 0.23 m^3 / s$$

Kuyudan alınacak debi:

$$Q = \pi k \frac{H^2 - h^2}{\ln \frac{R}{r}} = 3.14 * 0.001 * \frac{60^2 - 59.5^2}{\ln \frac{47.5}{0.3}} = 0.037 m^3 / s$$

Bu debinin kuyudan çekilebilecek optimum debiden küçük olması gerekiyor.

$$Q = 0.037 m^3 / s < Q_{opt} = 0.23 m^3 / s \text{ olduğundan bir kuyu yeterli.}$$

Kuyudan alınan debi $Q=0.037 m^3/s > Q_{ilet} = 0.02222 m^3/s$ olduğundan 1 kuyu yeterli.

Eğer yetersiz gelseydi kuyu çapını büyütmemiz gerekirdi.

İsale hattı boru çapının tayini:

$$D_{ek} = 1.5 \sqrt{Q} = 1.5 * \sqrt{0.02222} = 0.224m$$

Buna en yakın standart boru çapı $D=0.25m$ seçilir.

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{4 * 0.02222}{3.14 * 0.25^2} = 0.45 m / s$$

Bu değer boru hattında olması gereken minimum hızdan ($V_{min}=0.5m/s$) küçük olduğundan $D=200mm$ seçilmesi uygun olacaktır. Bu durumda akım hızı:

Su Getirme

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{4 * 0.02222}{3.14 * 0.20^2} = 0.71m/s$$

Bu durumda isale hattının birim boyundaki yük kaybı (enerji çizgisinin eğimi):

$$S_e = \frac{\lambda V^2}{D 2g} = \frac{0.02 * 0.71^2}{0.20 * 19.62} = 0.00257$$

Hazne boyutlandırması:

İletim debisi: $Q_{ilet} = 22.22lt/s = 0.02222m^3/s$

$$\text{Günlük ihtiyaç hacmi: } \forall_{Gün} = \frac{Q_{iletim} * 86400}{1000} = \frac{22.22 * 86400}{1000} = 1920m^3$$

$$\text{Terfilî isale için depo hacmi: } \forall_{ter} = \frac{1}{4} \forall_{gün} + \forall_{yan} = \frac{1}{4} 1920 + 72 = 552m^3$$

Tablo 4.1 e göre yuvarlatma yapılır ise:

500-1000m³ için 100 m³ 'e yani depo hacmi $\forall_{depo} = 600m^3$ seçilir.

Tablo 4.2 ye göre 350-600 m³ hacimler için su yüksekliği: $H_{su} = 3.5m$ alınır.

$$\text{Depo 2 gözlü düşünülerek her bir göz hacmi: } \forall_{göz} = \frac{600}{2} = 300m^3$$

$$\text{1 gözün alanı: } A_{göz} = \frac{300}{3.5} = 86m^2$$

Denklem (4.7) ye göre, $\frac{L_x}{L_y} = \frac{n+1}{2n}$ olmalı. 2 göz için bu oran:

$$\frac{L_x}{L_y} = \frac{3}{4} \text{ veya } L_y = \frac{4}{3} L_x \text{ olmalıdır.}$$

$$L_x * L_y = 86m^2 \text{ için}$$

$$L_x * \frac{4}{3} L_x = 86m^2 \text{ olmalı. Buradan } L_x = 8m \text{ ve } L_y * \frac{4}{3} L_x = 10.7m \text{ olmalıdır.}$$



Su Getirme

İsale hattında min. basınç 4m olması durumunda:

$$\text{Pompa terfi kotu} = 150 + 4 + S_e * L = 154 + 0.00257 * 2000 = 159.14\text{m}$$

Terfi yüksekliği = $H = 159.14 - 50 = 109.14\text{m} < 120\text{m}$ boru mak. Basıncı, uygun.

$$\text{Yük kaybı} = h_s = 0.00257 * 2000 = 5.14\text{m}$$

Pompanın gücü:

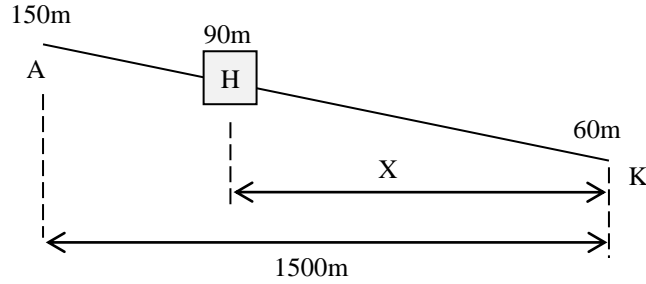
$$P_1 = \frac{\gamma Q H}{102 \eta} = \frac{1000 * 0.02222 * 109.14}{102 * 0.7} = 33.97\text{kW}$$

Hazne yerinin tespiti:

Kasabada yük kaybı $h_{s \text{ şebeke}} = 4\text{m}$

Bu değer kasaba kot farkından (60-55=) 5m küçük olduğuna en düşük hazne kotu, kasaba üst kotu 60m dikkate alınarak hazne kotu belirlenir. Hazne kotunu 90m olarak seçelim:

Şebeke $(P/\gamma)_{\min} = 20\text{m}$ olacak şekilde düşünülürse DE arasındaki kayıp= 6m olarak verilmiştir. Hazne kotu 90m olarak seçilirse:



Benzer üçgenlerden X mesafesi:

$$\frac{X}{90 - 60} = \frac{1500}{150 - 60} \Rightarrow X = \frac{30}{90} * 1500 = 500\text{m}$$

Hazne ile şebeke arasında aynı çap boru kullanılırsa $S_e = 0.00257$

$$\text{Hazne girişinde piyezometre kotu} = 154 - h_s = 154 - (1000 * 0.00257) = 151.4\text{m}$$

Su Getirme

Haznede kırılan enerji = $151.4 - (90 + 3.5) = 57.9\text{m}$

Hazne krepin kotu = 90 m

Kasaba girişindeki piyezometre kotu = $90 - h_s = 90 - (500 \cdot 0.0257) = 88.7\text{m}$

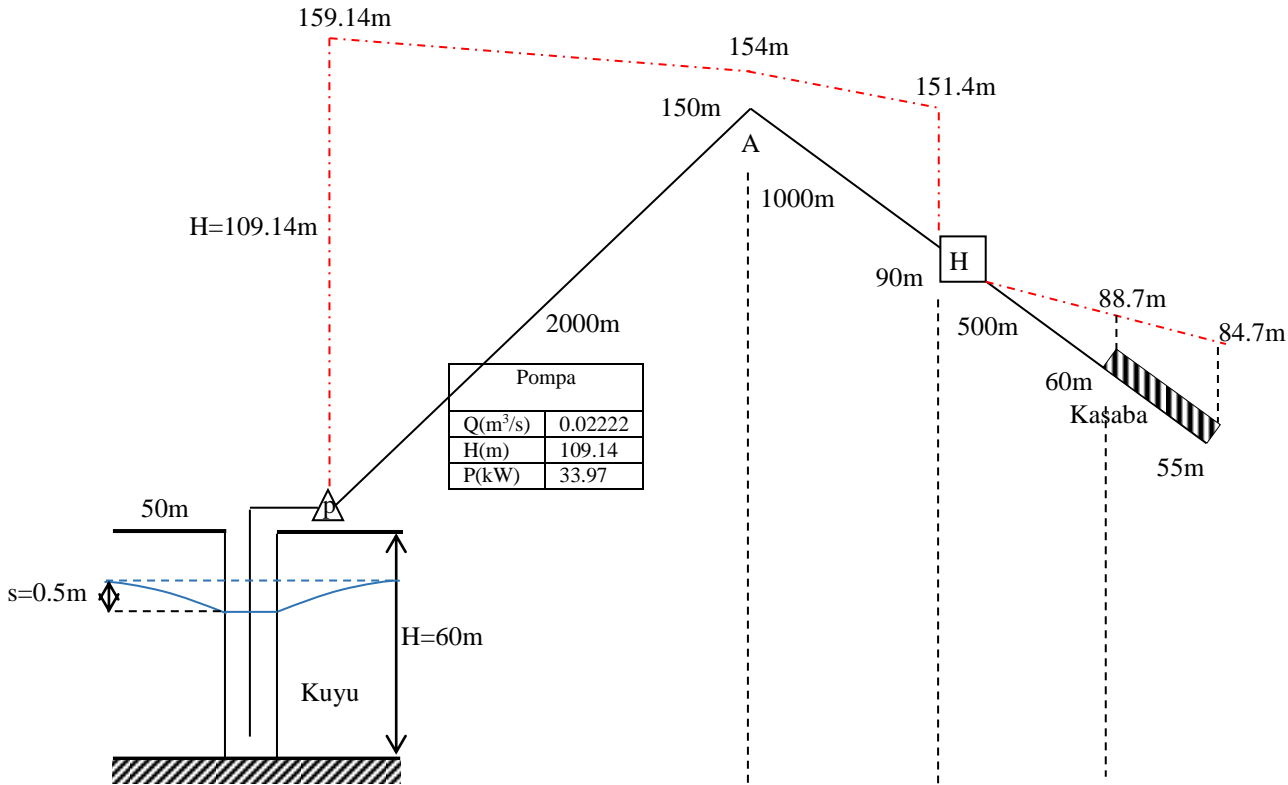
Kasaba girişindeki su basıncı = $88.7 - 60 = 28.7\text{m} > 20\text{m}$ uygun.

Kasaba sonundaki piyezometre kotu = $88.7 - 4 = 84.7\text{m}$

Kasaba sonundaki su basıncı = $84.7 - 55 = 29.7\text{m} > 20\text{m}$ uygun.

$$S_{0PA} = \frac{150 - 50}{2000} = 0.05$$

$$S_{0A-K} = \frac{150 - 60}{1500} = 0.06$$



No	P	A	H	K
Boru tab.kotu	50	150	90	60
Ara mesafe	2000	1000	500	
Piyez. kotu	159.14	154	151.4	88.7
İşletme basınç	109.14	4	65.14	28.7
Statik basınç	0	39	0	33.5
Boruçapı,cinsi	Plastik, D=200mm	Plastik, D=200mm	Plas.D=200mm	
Boru eğimi	0.05	0.06	0.06	

Su Getirme

Su Getirme

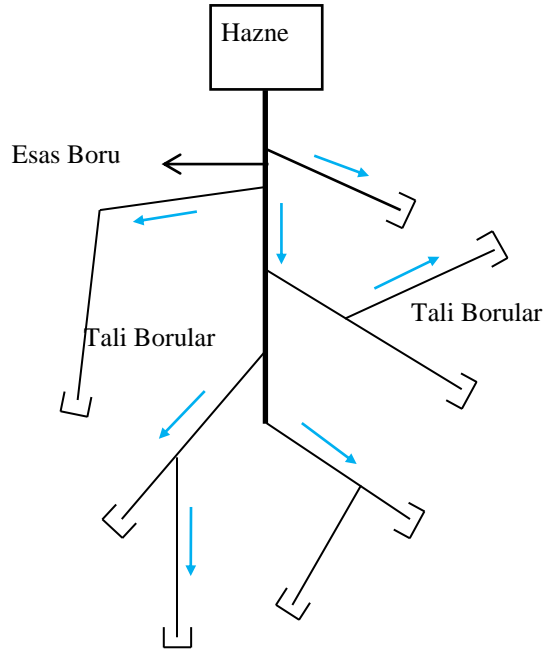
BÖLÜM 5

SU DAĞITIM SİSTEMLERİ (İÇME SUYU ŞEBEKESİ)

İletim hattının bittiği yerden (hazneden) itibaren suyu kullanım noktalarına ileten, halkın su ihtiyacı ve yangın söndürmek için kullanılacak suyun getirilebilmesi için cadde ve sokaklara döşenen boru ve özel parçalardan oluşan sisteme su dağıtma sistemi (şebeke) denir. Sokakların planı, topografik durum, su ileme tesisleri ve su dağıtma haznesinin yerleri şebekenin tipini ve bunun içindeki akımın karakterini belirler. Sokakların imar planındaki duruma göre 2 tip su dağıtma sistemi vardır.

5.1 Dal Sistemi

Bir şehir veya kasabanın kenar semtlerinin ara cadde ve sokakları takip eden, kapalı göz oluşturulamayan, şerit şeklinde yerleşim bölgeler için ele alınan şebekelerdir Şekil 5.1. Daha ziyade sahil bölgelerinde karşımıza çıkar. Bu sistemde her borunun ucunda bir ölü nokta (kör tapa) bulunur. Sistemde olası bir problemde, söz konusu borudan beslenen cadde ve sokaklara su verilemeyeceğinden geniş bir alan etkilenebilir.

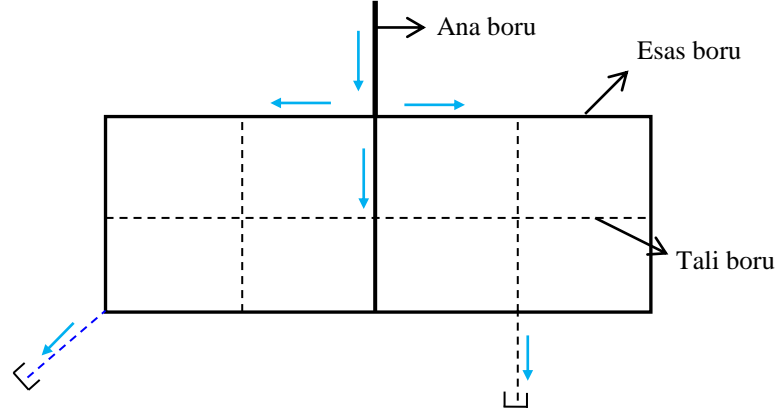


Şekil 5.1 Dal şebeke

Su Getirme

5.2 Ağ Sistemi

Yerleşimin sık olduğu şehir ve kasabalarda kullanılan sistemdir. Çok gözlü su dağıtma sistemi de denir. Yerleşim bölgesinin bir cadde veya sokağında meydana gelen arıza sistemin çalışmasına engel teşkil etmez. Şebekedeki borular kapalı devre teşkil ettiğinden dolayı sistemin çözümü dal sisteme göre daha zordur.



Şekil 5.2 Ağ şebeke

5.3 İçme Suyu Dağıtım Şebekesinin Teşkili

Şebeke çözümleri için çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Bunlarda bazıları:

- Ölü nokta yöntemi
- Hardy Cross yöntemi
- Newton Cross yöntemi
- Newton Raphson yöntemi
- Elektrik-Hidrolik benzeşim yöntemi
- Eşdeğer borular yöntemi
- Grafik yöntem
- Kesit yöntemi

Ülkemizde alt yapı işlerinden sorumlu kamu kurumu olan İller bankası, projelerin ölü nokta yöntemine göre çözülmesini istemektedir. Ufak şebekelerde yöntemin uygulanması kolaydır. Şebekede kullanılan borular özelliklerine göre üçe ayrılır Şekil 5.2. Bunlar:

Su Getirme

Ana Boru: Depo ile şebeke başlangıcı arasında döşenen ve su dağıtımını yapmayan boruya “*Ana Boru*” denir. Ana boruya kesinlikle abone bağlantısı yapılmaz. Ana boru nüfusu arttıkça değişen 5lt/s, 10lt/s veya 20lt/s lik yangın debisini taşıyacak kapasiteye göre boyutlandırılır.

Esas Boru: Şebekenin nüfus yoğunluğunun fazla olduğu sokaklardan geçirilen kapalı göz oluşturan ve bu göze bağlı diğer boruları besleyen ve yine nüfusa göre 10lt/s, 5lt/s ve 2.5lt/s lik ilave bir yangın debisi taşıyacak kapasitedeki borulara “*Esas Boru*” denir.

Tali Boru: Şebeke esas borularından su alan nüfusa göre saptanan ilave yangın debisini 2.5lt/s, 5.0lt/s geçirecek kapasitedeki tüm borulara “*tali boru*” denir.

Şebeke planlanırken önce şebekede dengelemenin yapılacağı esas borulardan oluşan gözler teşkil edilir. Gözler üzerinde ölü noktalar belirlenir.

Göz: Şebeke esas borularından oluşan kapalı sisteme “göz” adı verilir. Şebeke planı üzerinde Göz'ler oluşturulur. Bir Göz'ün esas boruları toplam uzunluğu 1.2-2km kadar olması ve bu gözden beslenen tali boruların uzunluğunun da 1.8-4km yi aşmaması dikkate alınır.

Ölü Nokta: Her bir göz üzerinde öyle bir noktadır ki şebekede su bu noktaya kadar abonelere dağıtılarak gelir ve bu noktada borunun vereceği debi 0 (sıfır) olur. Bu kabul boru çaplarının hesabında bir esas olsun diye yapılmıştır. Ölü noktalar şebeke esas borusu üzerinde “ \oplus ” işareti ve “M” harfi ile gösterilir. Suyun akış yönü, yani boruların beslenme yönleri belirlenir. Topografik koşullar elverdiği ölçüde suyun yokuş yukarı çıkmamasına özen gösterilmelidir.

5.3.1 Caddelerdeki Boru Adedi

Caddelerin genişliğine göre şebeke boruları çift veya tek olarak döşenir. Genişliği 15m den küçük olan caddelere tek boru, daha büyük caddelere ise çift boru döşenir. Geniş caddelerde tek boru döşenirse, ev bağlantıları çok uzun olacağından ekonomik olmaz. Bazı geniş caddelerde bir esas boru iki tane de dağıtım borusu döşenir. Esas borunun 350mm den daha büyük olması durumunda bu çözüm daha uygundur.

Su Getirme

5.3.2 Su Şebekelerinde Çap

Şehir şebekelerinde 80mm den küçük boruların kullanılması uygun değildir. Üzerinde yangın musluğu bulunan borular ise en az 100mm çapında seçilmelidir. Şebeke borularında bir büyük çap kendinden küçük çapa nazaran iki misli debi geçirmesine rağmen maliyeti %20 daha fazladır. Dolayısıyla büyük çapların seçilmesi yoluna gidilmelidir.

5.3.3 Su Şebekelerinde Hız

Şebeke borularındaki su hızı 0.50m/s 'den az olmamalıdır. En çok kullanılan değerler 1m/s civarındadır. 1.5m/s lik hızların üzerine çıkılmaması tavsiye edilir. Şebekede minimum çap ve minimum hız şartı aynı anda gerçekleşemez. Bunun için bazı tali borularda hız 0.50m/s nin altına düşebilir. Bu durumda uygun yerlere tahliye vanaları konarak meydana gelebilecek çökelmeler (tortular) temizlenmelidir.

5.3.4 Su Şebekelerinde Basınç

Şebekeden beslenen boruların en yüksek kotlu musluğunda 5mss lik bir basınç arzu edilir. İşletme basıncının 40-50mss yi geçmemesi tavsiye edilir. Aksi halde boru bağlantılarının ve ev tesisatının sık sık tamiri gerekebilir. Maksimum statik basıncın ise 80mss yi geçmemesi gerekir.

5.4 Şebeke Donatıları

•**Yangın Muslukları:** Yangın musluklarının yerleri itfaiye teşkilatının gücüne göre seçilir. Ülkemizde kullanılan yangın hortumunun uzunluğu 50-75m arasında değişir. Yangın muslukları arasındaki mesafe 100-150m den fazla seçilmez. Minimum çapları 80mm dir.

•**Tevkif (Kapatma) Vanaları:** İçme suyu şebekelerinde tamir ve bakım için borularda zaman zaman suyun kesilmesi gerekir. Bunun için kapatma vanaları kullanılır. Nüfusu 10 000 den büyük olan yerleşim merkezlerinde her boruyu şebekeden ayıracak şekilde vanalar yerleştirilir. Boru boylarının uzun olması halinde 300-500metrede bir vana konur.

Su Getirme

•**Tahliye Vanaları:** Şebekenin alçak kotlu noktalarına ve boru sonlarına zaman zaman biriken çökeltileri temizlemek ve gerektiğinde boruları boşaltmak için tahliye vanaları konur.

•**Sulama Muslukları:** Sokakların temizlenmesi, park ve bahçelerin sulanması için uygun ve gerekli yerlere yerleştirilir.

•**Şebeke Düğüm Noktaları ve Boru Özel Parçaları:** İçme suyu şebekelerinde birden fazla borunun birbirine bağlandığı noktalara “*düğüm noktası*” adı verilir. Düğüm noktalarında boruları birbirine bağlamak ve gerekli ayırmaları yapmak için her boru cinsine göre özel parçalar kullanılır. Şebeke planlanırken bu özel parçalardan mümkün mertebe az miktarda kullanılacak şekilde hareket edilir. Tablo 5.1 de şebekede kullanılan işaretler verilmiştir.

Tablo 5.1 Şebekede kullanılan işaretler (Emiroğlu, 2005)

İsim	İşaretler	İsim	İşaretler	
Vana		Gömülü yangın musluğu	Boru üstünde	
Ayrılmada vana			Boru kenarında	
Kör tapa			Boru yanında	
Kör tapa			Boru yanında vanalı	
Kör plak		Yer üstü yangın musluğu	Boru üstünde	
Çap değişimi			Boru kenarında	
Sayaç			Boru yanında	
Klape			Boru yanında vanalı	
Temizleme bacası		Bahçe sulama	Boru üstünde	
Genişleme parçası			Boru kenarında	
Manşon			Boru yanında	

Su Getirme

•**Borular:** Şebekenin esas kısmını meydana getirirler. Şebeke için boru tipi seçerken aşağıdaki faktörlerin göz önüne alınması gerekir:

- Satın alma bedelleri
- Döviz ihtiyacı
- Nakliye, yükleme, boşaltma, depolama ve istif bedeli
- Hendek kazısı, dolgusu, boruların yerleştirilmesi
- Özel parça ihtiyaçları
- Tecrit ve korozyon problemleri
- Bakım ve işletme masrafları
- Amortisman süresi
- Pürüzlülük ve yük kayıpları
- İç basınçlara ve dış yüklere dayanma özelliği
- Geçirimsizlik
- Depreme karşı dayanma

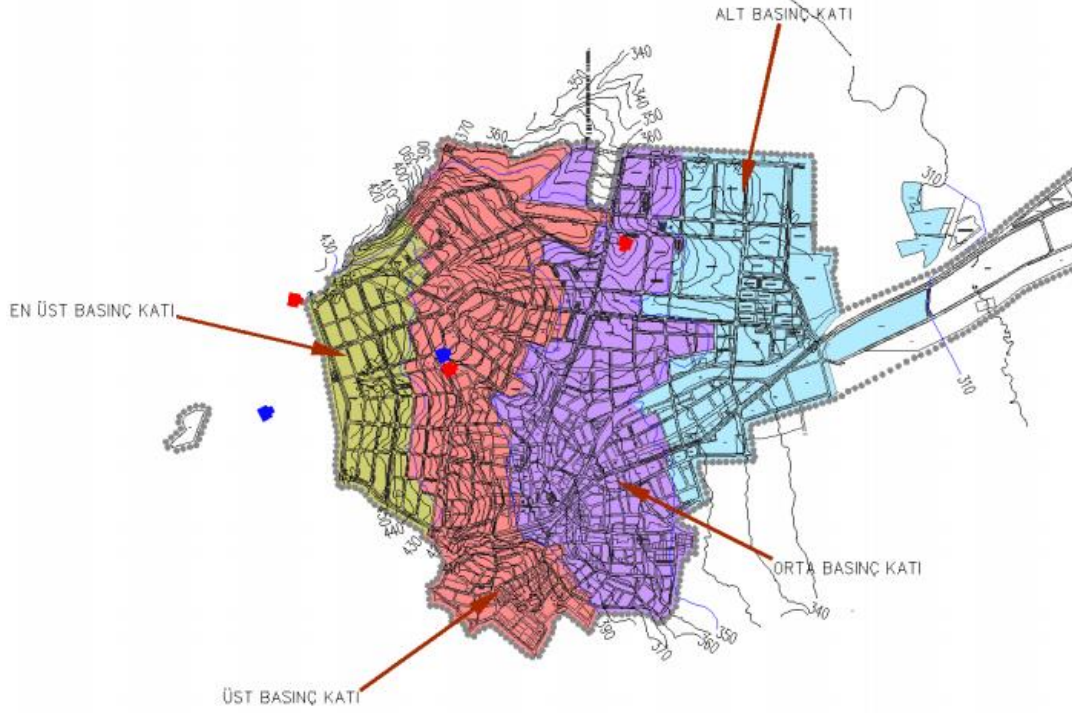
•**Buster Pompaları:** Buster pompaları dağıtım şebekesinin herhangi bir borusunda veya kısmında basıncı yükseltmek için kullanılır. Bir anlamda Buster pompaları basınç kırıcı tesislerin tam tersi işlemi yaparak debiyi değiştirmeden basıncı yükseltir.

•**Servis Bağlantıları:** Abone servis bağlantıları genellikle, şebeke borusuna vidalanan bir priz musluğu, kaldırıma ve mülkiyet sınırına kadar uzanan bir bağlantı borusu, kaldırım vanası, bina içine giren bir servis borusu ve bir sayaçtan oluşmaktadır. Servis bağlantısının sokak üzerinde kalan kısmı yol ve ana su borusu gibi kamu tesislerini içine aldığından genellikle sular idaresi tarafından yerleştirilir. Belirli şartlarda yük kayıpları çok artabileceğinden servis borusunun çapı dikkatle tespit edilmelidir.

5.5 Su Dağıtım Sisteminin Katlara Ayrılması

Arazi kot farkları büyük olan şehirlerde tek bir şebeke ile su dağıtmak mümkün değildir. Çünkü alçak noktalardaki şebeke boruları çok yüksek basınçlara maruz kalırlar. Bu nedenle şebeke muhtelif katlara veya kademelere ayrılır. Her kademe bağımsız hazne veya haznelere beslenir. İller bankası içme suyu talimatnamesine göre

Su Getirme

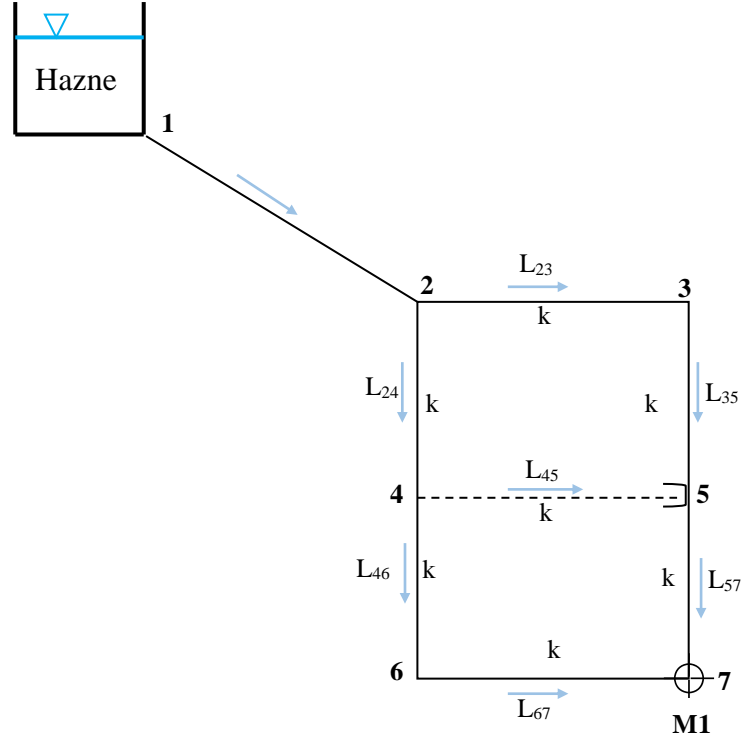


Şekil 5.3 (b) Örnek katlı şebeke (Gençoğlu, 1996)

5.6 Şebeke Hesap Planı

Şebeke hesaplarının yapılması ve yapılan hesapların mantıklı sonuçlar verip vermediğini kolaylıkla görebilmek için şebeke hesap planına gerek vardır. Şebeke hesap planları yerleşim bölgesinin özelliklerine bağlı olarak 1/1000 veya 1/2000 ölçeğinde olur. Bu plan üzerinde sadece hesabı yapılacak olan borular gösterilir. Yollar, tesviye eğrileri, binalar v.b. gösterilmez. Çizilen boru planı üzerinden boru uzunlukları ölçülerek kullanılacak boru boyları, L bulunur. Bulunan boylar plana işlenir. Plan üzerinde her borunun başlangıç ve bitimine uygun biçimde numara verilir. Her sokağın kesafet (yoğunluk) katsayıları ($k=1$), kavşak kotları (ϕ 1152.50), su akış yönleri ve boru bağlantılarının şekli (açık — kapalı \perp veya kör tapa \supset) hesap planı üzerine işaretlenir. Şebeke hesapları yapıldıktan sonra her boru üzerine bulunan çap ϕ veya D şeklinde milimetre olarak yazılır.

Su Getirme



Şekil 5.4 Ölü Nokta Metodu ile Şebeke Çözümü

5.7 Şebeke Hesabına Esas Olacak Gözlerin Tespiti

Şebekenin su alacak tüm sokaklarından içme suyu boruları cadde eksenlerinden geçirmek suretiyle plan üzerinde çizilir, uzunlukları yazılır. Gözler genellikle geniş ve nüfus yoğunluğunun fazla olduğu esas caddelerden geçirilir. Gözün esas borularının toplam uzunluğu 1.2-2km'yi geçmemesi ve bu gözden beslenen tali borunun toplam uzunluğu 1.8-4km'yi geçmemesi gerekir.

5.8 Ölü Nokta Yerinin Seçimi ve Dengeleme Hesapları

Çok gözlü şebekelerde ölü noktalarının yerlerinin tespiti tecrübe isteyen bir husustur. Bir boru boyunca suyun dağıtılarak bittiği yani debinin sıfıra düştüğü kabul edilen ölü noktalar suyun her iki koldan dağılıp gelip tükendiği nokta olarak kabul edilmekte ise de esasında böyle bir şey söz konusu olamaz. Bu nedenle ölü noktalar sadece şebeke hesabının dengelenmesi bakımından kabul edilmiş birer hayali noktadır. Ölü noktada borunun vereceği debi sıfır olacağı gibi her iki kolun yük kayıplarının da birbirine eşit olması veya hiç değilse 1m den küçük olması istenir.

Su Getirme

Dengelemenin kolay yapılabilmesi için ölü noktanın her iki yoldan hazneye (veya kent girişine) uzaklığın yaklaşık aynı olması gerekir. Kayıplar $h_s = S_e \cdot L$ (m) formülü ile bulunduğundan L uzunluklarını birbirine yakın tutulursa, ilk yaklaşım olarak iyi bir tahmin yapılmış olur. Kentin su dağıtımını sağlayan esas boruların meydana getirdiği gözler tüm şebekeyi temsil edebilecek şekilde seçilmelidir. Çünkü dengelemeler sadece esas boru üzerindeki ölü noktalarda yapılmaktadır.

Dengeleme yapıldığında fark 1m den büyükse ölü noktanın kayıpların büyük olduğu tarafa doğru kaydırılması gerekir. Kaydırma uzunluğu kayıp farkı kadar kayıp oluşacak boru boyunun yarısı kadar olmalıdır. Örneğin ölü noktanın üzerinde bulunduğu borunun birim boyundaki sürtünme kaybı $S_e = 0.01$ ve dengeleme hatası $\Delta h = 2m$ ise

$$L = \frac{\Delta h}{2 S_e} = \frac{2}{2 \cdot 0.01} = 100m$$

ölü noktanın kaydırılması gerekir. Ölü noktalar bulunduktan sonra suyun akış yönünün bulunmasına geçilir. Suyun depoya veya geldiği yere geri dönmemesine dikkat etmek, suyun götürüleceği yere en kısa yoldan götürülmesini sağlamak ve suyun alçak kottan yüksek kota çıkmamasını sağlamaktır.

5.9 İçme Suyu Şebekesinin Ölü Nokta Metodu ile 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, Q_D :

$$Q_D = \frac{N_g \cdot q_{mak} \cdot 1.5}{86400} \text{ (lt/s)} \quad (5.1)$$

N_g = Gelecekteki nüfus

q_{mak} = Kişi başına maksimum günlük su ihtiyacı

Dal sisteminde teşkil edilmiş şebekelerin ölü nokta metodu ile hesabı basittir. En uçtaki noktadan başlayarak hazneye doğru hesap yapılır. Önce her noktanın dağıttığı debilerin hesabı yapılır. Bunun için bölgelerdeki nüfus yoğunlukları belirlenir. Bütün sokaklara nüfus yoğunluklarına göre bir katsayı verilir (k). Bu katsayı ile gerçek boru

Su Getirme

boyları çarpılarak izafi boru boyları bulunur. İzafi boruların birim boyunda dağıtılan debiler eşittir. Yerleşim merkezinde izafi boru boyları hesaplandıktan sonra birim boyda dağıtılan debi, q (lt/s/m):

$$q = \frac{Q_D}{\sum L_i} \quad (5.2)$$

L_i = Boruların izafi boyları, $L_i=k*L$

k : yoğunluk katsayısı

L : Gerçek boru boyu

Her boruda dağıtılan debi: $p=q*L_i$

Ağ şeklindeki şebekelerin ölü nokta metodu ile hesaplanabilmesi için aşağıdaki adımlar uygulanır. Bu yöntemde şebeke borularının kesafet katsayıları ile çarpılan ($k*L$) tüm izafi uzunluğundan, abonelere üniform bir q debisinin dağıtıldığı kabul edilir. Bilindiği gibi “ k ” ele alınan sokakta oturan nüfus yoğunluğunu gösteren bir katsayıyı ve “ L ” de söz konusu sokağın gerçek uzunluğudur Şekil 5.4. Ölü noktalar “ M ” ile gösterilir. Kaç adet göz var ise her bir göze ait ölü noktala “ M_1, M_2, M_3, \dots ” şeklinde kodlanır. Sırası ile aşağıdaki işlemler yapılır. Suyu dağıtılacak bütün noktaların kotları (rakımları) ve boyları şehrin topografik haritasından alınır. Hesap adımları aşağıda verilen sıralamada gerçekleştirilir.

- 1- Her bir borunun su verdiği nüfusa göre kesafet katsayısı “ k ” belirlenir.
- 2- Bu kesafet katsayısı ile boru uzunluğu çarpılarak izafi boru boyu olan L_i bulunur.

$$L_i = k * L$$

- 3- $q = \frac{Q_D}{\sum L_i}$ (lt / s / m) Borunun 1m sinin dağıtmış olduğu debi bulunur.

- 4- Her bir borunun $p=q*L_i$ şeklinde izafi boyu ile dağıtılan debi çarpılarak borunun dağıttığı debi bulunur.

- 5- Ölü noktanın yeri yukarda açıklandığı üzere belirlenir.

Su Getirme

6- Baş ve uç debileri hesaplanır. Herhangi bir borunun uç debisi kendisinden sonraki borularda dağıtılan debilerin toplamıdır. Baş debi ise uç debi ile kendisinin dağıttığı debinin toplamıdır.

7- Q_o Ortalama debi her bir boru için hesaplanır

Ölü nokta ile ilişkili ve uç debisi sıfır olan borularda $Q_o=0.577*P$

Ölü nokta ile temasta olmayan ve ucunda akım olan borularda $Q_o=0.55*P$

10- İhtiyaç Debisi $Q_{ihtiyaç} = Q_{uç} + Q_o$ şeklinde hesaplanır.

11- Hesap debisi $Q_{hesap}=Q_{ihtiyaç}+Q_{yangın}$ şeklinde hesaplanır.

Şebeke borularında birim boyda yük kaybı aşağıda verilen Hazen-Williams formülü ile hesaplanabilir.

$$S_e = \frac{10.67}{C^{1.85} D^{4.87}} Q^{1.85} \quad (5.3)$$

Burada C katsayıları boru cinsine bağlı pürüzlülük katsayıları Tablo 3.1 de verilmiştir.

5.10 Şebeke Hesap Tablosunun Doldurulması

İller bankası içme suyu yönetmeliğinde ağ şebeke hesaplamaları için doldurulması istenen tablo Örneği Tablo 5.2 de verilmiştir. Bu tablonun doldurulması aşağıda açıklanmıştır.

1. Numaralı sütuna; sistematik bir şekilde şebekenin tüm sokakları alt alta yazılır. Başta yazılan rakamın suyun geldiği, sonda yazılanın ise gittiği yön olduğu unutulmamalıdır.
2. Numaralı sütuna o sokağın metre cinsinden gerçek uzunluğu yazılır.
3. Numaralı sütuna o sokağın nüfus yoğunluk katsayısı yazılır.
4. Numaralı sütuna o sokağın $L_i=k*L$ den ibaret olarak metre cinsinden izafi uzunlukları kaydedilir.

Su Getirme

5. Numaralı sütuna o sokağa ait $Q_{iz} = q \cdot L_i$ ile bulunan izafi debiler yazılır.
6. (6) Ölü noktayla irtibatlı değilse $0.55 \cdot Q_{iz}$, irtibatlı ise (-) atılır.
7. (7) Ölü noktayla irtibatlı ise $0.577 \cdot Q_{iz}$, aksi halde (-) atılır.
8. (8) Nolu sütuna; ölü noktalar, yalancı tapalar kör tapalarla sonuçlanan sokaklardaki uç debiler 0 olacaklarından 8 nolu sütunda bu gibi sokakların debilerine sıfır anlamına gelen (-) konur. Aksi halde bu borudan beslenen boruların debileri yazılır.
9. $Q_{baş} = Q_{iz} + Q_{uç}$ veya $Q_{baş} = (5) + (8)$ şeklinde hesaplanır.
10. $Q = (8) + (6 \text{ veya } 7)$ yazılır.
11. Numaralı sütuna tali, esas, ana boru oluşuna ve nüfusa göre yangın debisi değerleri kaydedilir.
12. Numaralı sütuna (10) ve (11) toplamı yazılarak hesap debileri bulunur.
13. Q_H debisini uygun hidrolik şartlarla akıtacak olan seçilen çap yazılır.
14. William-Hazen formülü kullanılarak bulunan hidrolik eğim hesaplanır.
15. (2) ve (14) nolu sütunların çarpımından bulunan hidrolik yük kaybı (m) yazılır.
16. Seçilen çapa göre hesaplanan hız (m/sn) yazılır.
17. Boru başlangıcındaki boru eksen kotu yazılır.
18. Boru sonundaki boru eksen kotu yazılır.
19. Boru başlangıcındaki piyezometre kotu yazılır.
20. Boru sonundaki piyezometre kotu yazılır.
21. Boru başlangıcındaki su basıncı (19)-(17) yazılır.
22. Boru sonundaki su basıncı (20)-(18) yazılır.

Su Getirme

5.11 Şebeke İnşaat Planının Çizimi

Şebeke hesap planı ve şebeke hesap tablosu yapıldıktan sonra şebeke inşaat planının çizimine geçilebilir. İmar planında sadece sokaklar ve tesviye eğrileri ince çizgilerle çizilir. Daha sonra şebeke hesap planı üzerinden sokaklara döşenen boru hatları şebeke hesap planında gösterilir. Her borunun üstüne (D) çapı, altına (L) uzunluğu yazılır. Düğüm noktalarının numaraları ve kotları aynen yazılır. Çıkmaz sokaklarda tali borular bir esas veya tali boruya bağlanır. Şehir dışında bir ucu sona eren borular uç debi olarak gösterilir.

Depodan itibaren akış yönüne göre suyun ayrıldığı bütün esas borulara ve esas borudan ayrılan tali borulara vana koyulur. Vanalar suyunu keseceği borunun çapında olmalıdır. Vanalandırma yapıldıktan sonra yangın hortumu boylarının 50-75m olduğu düşünülerek 100-150m ara ile yangın muslukları yerleştirilir. Yangın musluklarının mümkün olduğu kadar köşe başlarına gelmesine çalışılır. Tesviye eğrilerinin 2m de bir ince, 10m de bir kalınca bir çizgiyle çizilmiş olması gereklidir. Ölü noktalar şebeke inşaat planında gösterilmez. Sonuç olarak aşağıdaki büyüklükler şebeke inşaat planında gösterilir Şekil 5.5.

- Tesviye Eğrileri,
- Sokaklar,
- Kavşak Noktaları,
- Nokta No ları,
- Borular (çap,boy),
- Vanalar,
- Yangın muslukları,
- Tahliyeler.



Şekil 5.5 Örnek şebeke hesap planı

Su Getirme

5.12 Dügüm Noktalarının Teşkili

Şebekede bir veya birden fazla borunun birbirine bağlandığı yere “*Dügüm Noktası*” denilir. İnşaat sırasında düğüm noktalarının hatasız yapılabilmeleri için boruların detay planları çizilir. Bu planlara da “*Dügüm Noktası Detayları*” ismi verilir. Dügüm noktaları planlanırken mümkün olduğu kadar az parça kullanılmalıdır.

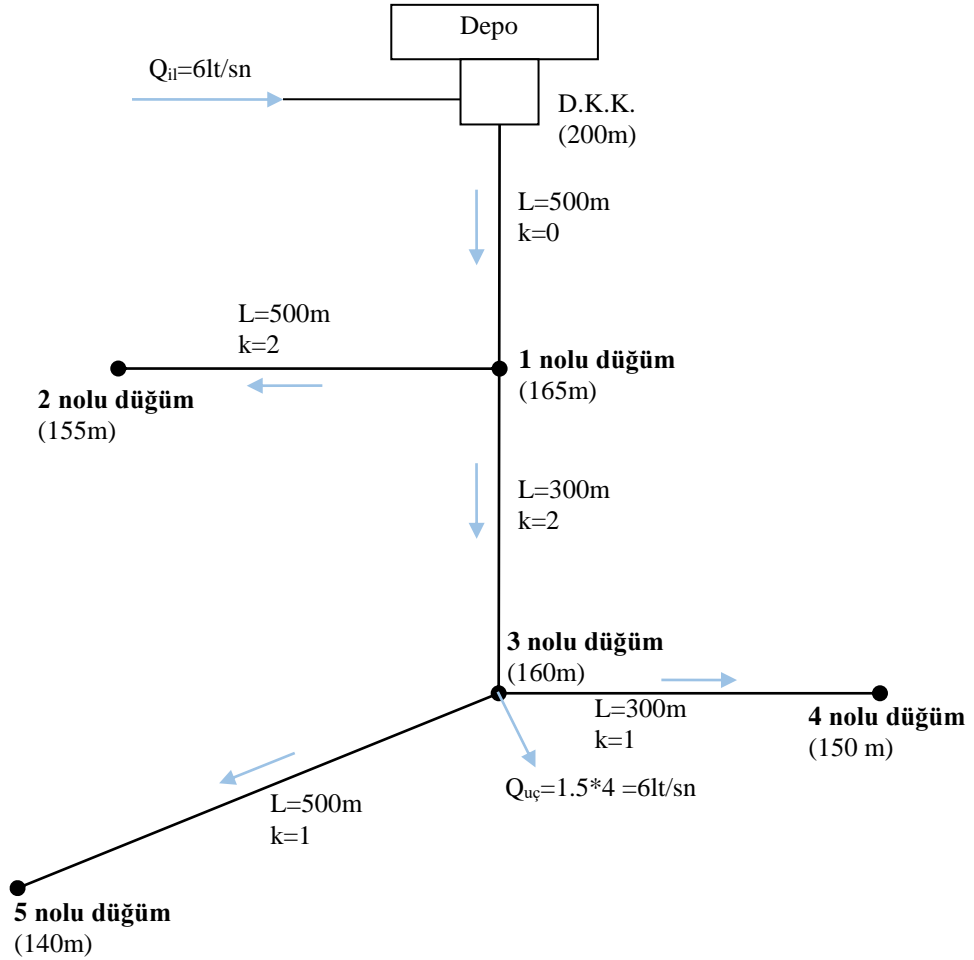
Dügüm noktaları şebekede akımın yön değıştirdiğı yerler olduğundan şebekenin en çok zorlanan yerleridir. Bu nedenle en çok arıza buralarda oluşur. Şebeke inşasında ve planlanmasında düğüm noktalarına özel bir itina gösterilmelidir.

İyi planlanmış bir düğüm noktasında kullanılan özel parça sayısı az ve birleşim en ekonomik şekildedir. Boru birleşimleri, yangın muslukları vana bağlantıları, hat sonuna koyulan ve hattı kapayan kör tapalarda düğüm noktaları detaylarında gösterilir.

Su Getirme

Örnek 5.1 Dal şebeke

Şekilde görülen ve plastik boru ile teşkil edilen Dal sistemdeki bir şebekede iletim debisi, $Q_{il}=6\text{lt/sn}$ ve 3 nolu düğüm noktasında şebeke uç debisi 4lt/sn ve dir. DKK, sokakların, uzunlukları ve yoğunluk katsayıları ve düğüm noktalarındaki kotlar şekilde gösterilmektedir. Bu verilere göre hatların boru çaplarını ve düğüm noktalarındaki işletme basınçlarını hesaplayınız. Ana hat ve diğer hatlar için yangın debisi $Q_y=5\text{lt/sn}$ alınacaktır, pürüzlülük katsayısı $C=150$.



Cevap:

$$Q_{\text{şebeke}} = 1.5(Q_{il} - Q_{u\check{c}}) = 1.5(6 - 4) = 3 \text{ lt/sn}$$

$$\sum(L * k) = 2 * 500 + 2 * 300 + 1 * 300 + 1 * 500 = 2400m$$

Su Getirme

$$q = \frac{Q_{\text{şebeke}}}{\sum(L * k)} = \frac{3}{2400} = 0.00125 \text{ lt / s.m}$$

$$p = q * (L * k)$$

	L (m)	k	p (lt/sn)	0.55*p (lt/sn)
1-2	500	2	1.25	0.688
1-3	300	2	0.75	0.413
3-4	300	1	0.375	0.206
3-5	500	1	0.625	0.344

Ana hat (D-1) baş ve uç debisi = $1.5 * Q_{ii} = 1.5 * 6 = 9 \text{ lt/sn}$ şeklinde bulunur.

$$Q_{\text{hes}} = 0.55P + Q_{\text{uç}} + Q_y$$

$$Q_{3-4} = 0.206 + 0 + 5 = 5.206$$

$$Q_{3-5} = 0.344 + 0 + 5 = 5.344$$

$$Q_{1-3} = 0.413 + (0.375 + 0.625 + 6) + 5 = 12.413$$

$$Q_{1-2} = 0.688 + 0 + 5 = 5.688$$

$$Q_{D-1} = 1.5 * 6 + 5 = 14$$

$$\text{Debi ifadesinden hız: } V = \frac{Q}{A} = \frac{4 * Q}{\pi * D^2} \text{ m / s}$$

Şebeke borularında hız 1.0m/s civarında olacak şekilde standart çaplar seçilerek aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Şebeke borularının birim boylarındaki sürtünme kayıpları, enerji çizgisinin eğimi:

$$S_e = \frac{10.67}{C^{1.85} D^{4.87}} Q^{1.85}$$

ifadesi yardımıyla 3-4 borusu için aşağıda hesaplanmıştır.

$$S_{e3-4} = \frac{10.67}{150^{1.85} * 0.075^{4.87}} * 0.005206^{1.85} = 0.018046$$

Su Getirme

3-4 borusunda yük kaybı:

$$h_{s3-4} = S_e * L = 0.018046 * 300 = 5.41\text{m}$$

D-1 borusu için piyezometre kotu=200-4.67=195.33m

Benzer şekilde diğer boruların düğüm noktalarında piyezometre kotları hesaplanarak tabloda verilmiştir.

İşletme basınçları = Piyezometre kotu-Arazi kotu ifadesiyle hesaplanır

Örneğin 1 noktasında İşletme basıncı=195.33-165=30.33m dir.

Sokak No	Hesap Debisi (Lt/s)	Boru Çapı (mm)	Metrede Yük Kaybı	Hız (m/s)	Kayıp (m)	Nokta No	Piyez Kotu (m)	Arazi - Boru kotu (m)	İşletme Basıncı (m)
3-4	5.206	75	0.018046	1.18	5.41	5	187.67	140	47.67
3-5	5.344	80	0.013832	1.06	6.92	4	186.16	150	36.16
1-3	12.413	125	0.007484	1.01	2.25	3	193.08	160	33.08
1-2	5.688	90	0.008748	0.89	4.37	2	190.96	155	35.96
D-1	14.000	125	0.008748	1.14	4.67	1	195.33	165	30.33

- Tabloda görüldüğü gibi bulunan tüm basınçlar 20mss den büyük olup şartnamelerin istediği basınçlara uygundur.4
- Dal sistemi şebekede dengeleme bahis konusu olmaz. *Göz Kapama* gibi işlem de yoktur. Yalnızca hızların 1m/sn civarında kalmasına ve hızın $0.5 < V < 1.2$ m/sn olmasına özen gösterilir.

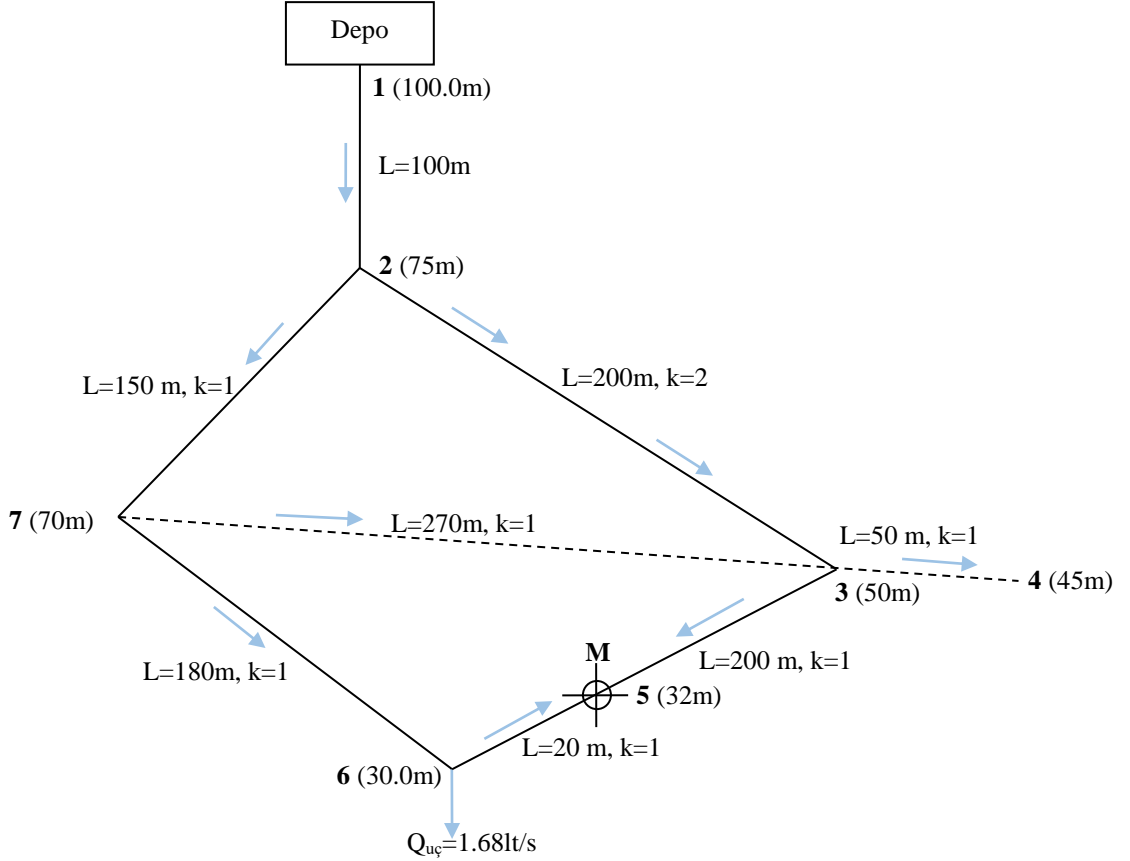
Su Getirme

Örnek 5.2 Ağ şebeke

Aşağıda şekilleri verilen kasabanın şebeke hesabını yapın. $Q_{mak}=100lt/N-g$,

$N_g=11232$ kişi

$Q_{yan-ana}=10lt/s$, $Q_{yan-es}=5lt/s$, $Q_{yan-tali}=2.50lt/s$, Font boru $C=95$.



Çözüm

$$Q_{\text{şebeke}} = \frac{N_g q_{mak} 1.5}{86400} = \frac{11232 * 100 * 1.5}{86400} = 19.5 lt/s$$

$$\sum L' = \sum k * L = 2 * 200 + 50 * 1 + 220 * 1 + 150 * 1 + 180 * 1 + 270 * 1 = 1270m$$

$$q = \frac{Q_{\text{şeb}}}{\sum L'} = \frac{19.5}{1270} = 0.01535 lt/sm$$

Örneğin 1-2 borusu için Tablodan $Q_{hesap}=31.18lt/s=0.03118m^3/s$

Standart çap 200mm seçilirse:

Su Getirme

Hız:

$$V_{1-2} = \frac{Q}{A} = \frac{4 * 0.03118}{\pi * 0.2^2} = 0.99m/s$$

1-2 borusunun birim boyundaki sürtünme kaybı:

$$S_{e\ 1-2} = \frac{10.67}{C^{1.85} D^{4.87}} Q^{1.85} = \frac{10.67}{95^{1.85} * 0.2^{4.87}} 0.03118^{1.85} = \frac{0.01745}{1.798} = 0.01$$

1-2 borusunda yük kaybı:

$$h_{s\ 1-2} = S_e * L = 0.01 * 100 = 1.0m$$

1-2 Borusunda B:E.K : Başta=100 Sonda=75m

1-2 Borusunda P.K : Başta=100 Sonda=99m

1-2 Borusunda S.B. : Başta=0 Sonda=99-75=24m

Benzer şekilde tablodaki hücreler doldurularak aşağıdaki Tabloda verilmiştir.

Su Getirme

Boru No	Boru Boyu L	Kes Kat. k	İzafi Boy L=k*L	Q _{ik} =q L _{ik}	Q 0.55Q _{ik}	Q 0.57 Q _{ik}	Uç Debi Q _{uk}	Baş Debi Q _{uk}	Q 8+6,7	Yangın Debisi Q _{ik}	Hesap Debisi Q _{ik} =10+11	Boru Çapı D	Hidrolik Eğim S _e	Yük Kaybı h _k =L S _e	Hız V	Boru Elsen Kotu		Piyezometre Kotu		Su Basıncı	
																Başta	Sonda	Başta	Sonda	Başta	Sonda
-	m	-	m	lt/s	lt/s	lt/s	lt/s	lt/s	lt/s	lt/s	lt/s	mm	-	m	m/s	m	m	m	m	-	-
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
3-M	200	1	200	3.07	-	1.77	-	3.07	1.77	5.0	6.77	100	0.0168	3.37	0.86	50.0	97.64	94.27	47.64	62.27	
3-4	50	1	50	0.77	-	0.45	-	0.77	0.45	2.5	2.95	80	0.0107	0.54	0.59	50.0	97.64	97.10	47.64	52.10	
2-3	200	2	400	6.14	3.38	-	3.84	9.98	7.22	5.0	12.22	150	0.0070	1.39	0.69	75.0	99.03	97.64	24.03	47.64	
6-M	20	1	20	0.31	-	0.18	-	0.31	0.18	5.0	5.18	100	0.0103	0.21	0.66	30.0	92.85	92.64	62.85	60.64	
7-6	180	1	180	2.76	1.52	-	1.99	4.75	3.51	5.0	8.51	100	0.0257	4.62	1.08	70.0	97.47	92.85	27.47	62.85	
7-3	270	1	270	4.15	-	2.40	-	4.15	2.40	2.5	4.9	80	0.0274	7.41	0.98	70.0	97.47	90.07	27.47	40.07	
2-7	150	1	150	2.30	1.27	-	8.9	11.2	10.17	5.0	15.17	150	0.0104	1.56	0.86	75.0	99.03	97.47	24.03	27.47	
1-2	100	0	0	-	-	-	-	-	21.18	10.0	31.18	200	0.097	0.97	0.99	100.0	100	99.03	-	24.03	

Kentsel Drenaj-Kanalizasyon Sistemleri

BÖLÜM 6

EVSEL ATIKSU DRENAJ SİSTEMLERİ

6.1 Kentsel Drenaj

İçme ve kullanma suyunu temin eden sistemin abonelere dağıttığı suların kullanıldıktan sonra modern yöntemler ile toplanması ve çevreye zararsız hale getirilmesi gerekir. Kullanılmış suları ile birlikte kar ve yağmur sularını toplayıp yerleşim bölgesinden uzaklaştıran sistemlere *kanalizasyon* sistemleri denir. Yerleşim bölgesinin dışına iletilen atıksular “alıcı ortam” diye adlandırılan dere, nehir, göl, deniz gibi yüzeysel sulara veya geçirimli zemin yüzeylerine verilir.

Kanalizasyon sistemlerine gelen sular üç farklı kısımdan oluşur. Bu atıksular alıcı ortama verilmeden önce mutlaka arıtılmalıdır. Bunlardan birincisi evlerden gelen “*Evsel Atıksular*” olup çok miktarda organik madde, deterjan, mutfak atıkları vb. maddeler içerirler. Bu maddeler atıksularda sularda asılı ve çözünmüş halde bulunur ve bunların yaklaşık 2/3’ü organik geriye kalan inorganik asılıdır. Bu sular biyolojik arıtma tesislerinde arıtıldıktan sonra deşarj noktalarına bırakılmalıdır. İkinci atıksular; endüstriden-sanayi tesislerinden gelen “*Endüstriyel Atıksular*” olup özellikleri, bu tesislerin üretim amaçları ve şekline bağlı olarak değişiklik gösterir. Bu atıksular alıcı ortama doğrudan verilebilecek kadar temiz olabileceği gibi, şehir kanalizasyon ağına ve şehir arıtma tesisine verilemeyecek kadar zehirli, parlayıcı ve patlayıcı maddeler içeren yoğun kirlilik taşıyan sulardan oluşabilir. Bu nedenle endüstriyel atık sular genellikle ileri arıtma gerektiren (kimyasal arıtma) işleminden sonra deşarj noktalarına bırakılmalıdırlar. Yerleşim bölgelerine düşen “Yağış suları” binaların çatılarından, caddelerden, park ve bahçelerden gelen yağmur ve kar sularından oluşur. Bu sular çoğunlukla toz, toprak, kum ve çakıl gibi inorganik maddelerden ayrıca yaprak, süprüntü gibi inorganik maddeler içerir. Dolayısıyla sadece fiziksel arıtma gerektiren bir işlemde geçirilmeleri yeterli olabilir.

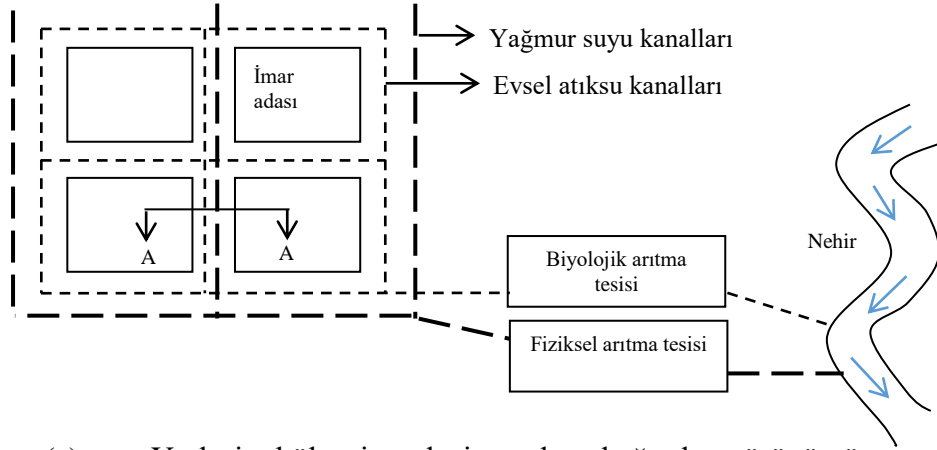
Şekil 6.1(a) da yerleşim bölgesinin drenajını gösteren örnek resim verilmiştir. Kanalizasyon sistemleri, planlama ve uygulama durumlarına göre üç farklı şekilde oluşturulabilir:

Kentsel Drenaj-Kanalizasyon Sistemleri

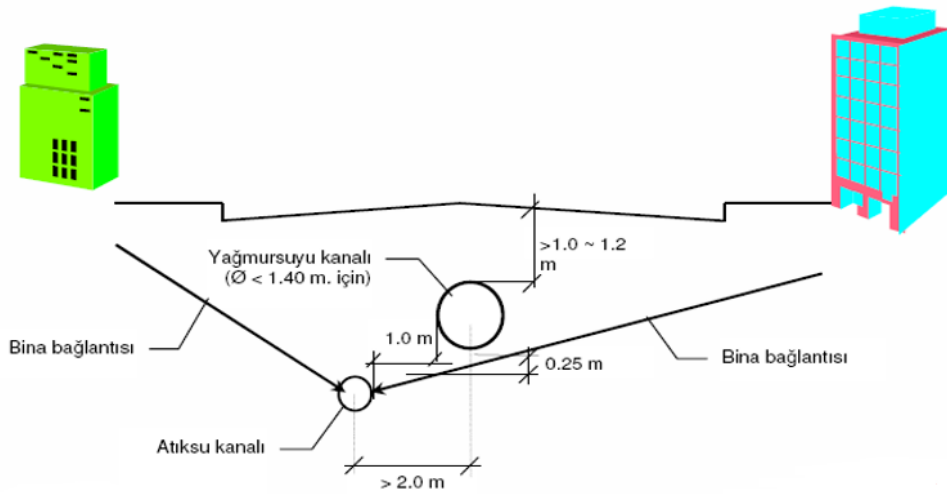
1-Ayrık sistem: Ayrık sistemde kullanılmış sular ve yağmur suları ayrı ayrı kanallarda toplanarak en kısa yoldan yerleşim bölgelerinden uzaklaştırılır.

2-Birleşik sistem: Kullanılmış sular ile yağmur suları aynı kanalda toplanarak uzaklaştırılırlar.

3-Karışık sistem: Topografik veya diğer zorlayıcı sebepler yüzünden ya da eski ve büyük şehirlerin, bazı bölgelerinde birleşik bazı bölgelerinde ayrık sistem kanal ağı inşa edilebilir. Veyahut bir şehrin bütün bölgelerindeki atık suyun tamamı veya yağmur suyunun bir kısmı örneğin sadece bina çatılarından gelen yağmursuyu bir kanal ağı ile diğer alanlardan gelen yağmur suları ise ayrı bir kanal ağı ile toplanıp uzaklaştırılabilir. Böyle sistemlere karma sistem kanal ağı denir. Şekil 6.1(b) de cadde A-A kesiti alt yapı örneği verilmiştir.



(a) Yerleşim bölgesi ayrık sistem kanal ağı plan görünümü



(b) Yerleşim bölgesi cadde A-A kesiti

Şekil 6.1 Yerleşim bölgesi drenajı

Kentsel Drenaj-Kanalizasyon Sistemleri

Bu sistemlerin birbirlerine göre avantaj ve dezavantajları olduğu gibi, sistem seçiminde etkili olan unsurlar vardır. Bunlar;

1. Ekonomi
2. Çevre sağlığının korunması
3. Teknik konular
 - İskân tarzı ve yoğunluğu
 - Topografik durum
 - Jeolojik yapı
 - Yer altı su seviyesi
 - Boşaltım yeri
 - Mevcut alt yapı tesisleri

Nüfus yoğunluğunun fazla olmadığı, dik yamaçlarda kurulmuş yerleşim alanlarında, yağmur suları doğrudan doğruya taşıyıcı ortamlara verilebilir. Yerleşim bölgesi bir akarsu boyunca dar bir bölge halinde uzanıyorsa yağmur suyu kısa ve açık kanallarla veya hendeklerle doğrudan doğruya akarsuya verilebilir. Birleşik sistem sularının bodrumları basma olasılığı fazla olduğu yerlerde ayırık sistem tercih edilmelidir.

Birleşik sistemde debinin geniş aralıklarda değiştiği bölgelerde kanallarda taban çökelmeleri oluşur. Bunu önlemek amacıyla birden fazla sayıda kanal inşa ederek hız değişimi kontrol edilebilir. Birleşik sistemde ana toplama kanallarının tasfiye tesisine getirdiği fazla miktardaki atık suların tasfiye ve pompaj masrafları fazla olur.

Her iki sistemde birbirine göre avantaj ve dezavantajları vardır. Bu nedenle yerleşim bölgesinin durumuna ve daha önce yapılmış mevcut sisteme bakılarak hangi sistemin daha iyi hizmet vereceği ve daha ekonomik olacağı araştırılarak karar verilmelidir. İller Bankası ülkemizde ayırık sistemin kullanılmasını önermektedir.

Kentsel Drenaj-Kanalizasyon Sistemleri

6.2 Kanalizasyon Sistemlerinin İnşası

Kanalizasyon Tatbikat Projesi işi, belde/bölgenin atıksuyunun toplanması ve uzaklaştırılması ihtiyacına cevap verecek bir kanalizasyon tesisine kavuşabilmesi için, gerekli olabilecek her türlü mühendislik hizmetlerini kapsamaktadır. Yapılması gerekli olan mühendislik hizmetleri genel hatları ile aşağıda belirtilmiştir.

- a) İller Bankası'nın "Kanalizasyon İşlerinin Planlanması ve Projelerin Hazırlanmasına Ait Talimatnamesi" nde öngörülen her türlü etüt ve çalışmalar yapılacaktır.
- b) Projeler beldenin kısa (yaklaşık 10 yıl), orta (yaklaşık 20 yıl), uzun (yaklaşık 35 yıl) süredeki ihtiyaçları göz önünde bulundurularak hazırlanacaktır.
- c) Nüfus projeksiyonları ile birlikte su tüketimi tespit edilip proje kriterleri belirlenecektir.
- d) Şebeke, toplayıcı ve ana taşıyıcılar için gerekli güzergâh etüdü ile birlikte kesin güzergâhların tespiti ve arazi çalışmalarının yapılarak, 1/1000 ölçekli plan ve profiller hazırlanacaktır.
- e) Mecra çaplarının seçimi ile birlikte hidrolik yönden tahkikleri yapılacaktır.
- f) Mevcut kanalizasyon, PTT ve içme suyu gibi altyapı tesislerine ait var olan projeler, ayrıca verilecektir.
- g) Şebeke toplayıcı ve ana toplayıcıların kesin güzergâhlarının tespitinde karayollarının işletmesi altında bulunan yollardan ve bunların istimplâk sahalarından uzak durulmaya çalışılacaktır.
- h) Kısa ve orta süredeki ihtiyaçları belirleme yönünden çalışmalar yapılacak olup, kanalizasyon sisteminin I. ve II. kademe olarak ele alınması uygun görüldüğü takdirde I. ve II. kademe hatlar plan üzerinde ayrı notasyonla gösterilecektir.
- i) Arazi çalışmaları safhasında, bütün şehri kapsayacak şekilde röper ağı (**Röper**, poligon noktalarının – yatay kontrol noktaları, çevrede seçilen en az üç noktaya olan uzaklıklarının ölçülmesi ve krokisinin çizilmesi işlemidir) hazırlanarak, I. kademe hatlarda nivelman (düşey kontrol) çalışması yapılacaktır. Kollektör güzergâhının 1/1000 ölçekli şeritvari haritası, arıtma yerinin ise 1/500 ölçekli plankotesi çıkartılacaktır.

Kentsel Drenaj-Kanalizasyon Sistemleri

- j) Zemin çalışmaları safhasında, şebeke, kolektör ve arıtma tesisi yerinde sondaj yapıldıktan sonra alınan numuneleri üzerinde gerekli laboratuvar deney sonuçları elde edilecektir. Sondaj neticelerinde; yeraltısuyu seviyeleri tespit edilerek, yeraltısuyunun kimyasal analizleri yapılacak ve inşaata esas olacak zemin klasları belirlenecektir.
- k) Projenin hidrolik çözümünden sonra, detay projeler hazırlanacak, kazı ve nakliye ile ilgili fiyatlar tanzim edilerek projenin tümü için I. ve II. kademe tesislerin metrajları ile birlikte, inşaat maliyetine esas olacak keşifler tanzim edilecektir.

6.3 Tesislerin Ekonomik Ömrü

Önerilecek kanalizasyon sistemi şebeke, kolektör ve arıtma tesisinden ibaret olup, kanalizasyon tatbikat projesi kapsamı içerisinde yapılacak olan tesislerin ekonomik ömürleri Tablo 6.1 de verilmiştir.

Kanalizasyon sistemi; parsel baca ve bağlantıları vasıtasıyla evlerden pissuyu toplayan şebeke, şebeke pissuyunu alan tali ve ana toplayıcılarla toplam pissuyu arıtma ve deşarj yerine ulaştıran ana taşıyıcıdan (kolektörden) oluşmaktadır. Ayrıca bu sistem içinde gerekli olabilecek terfi tesisleri ve çevre sağlığı açısından arıtma tesisleri yer almaktadır.

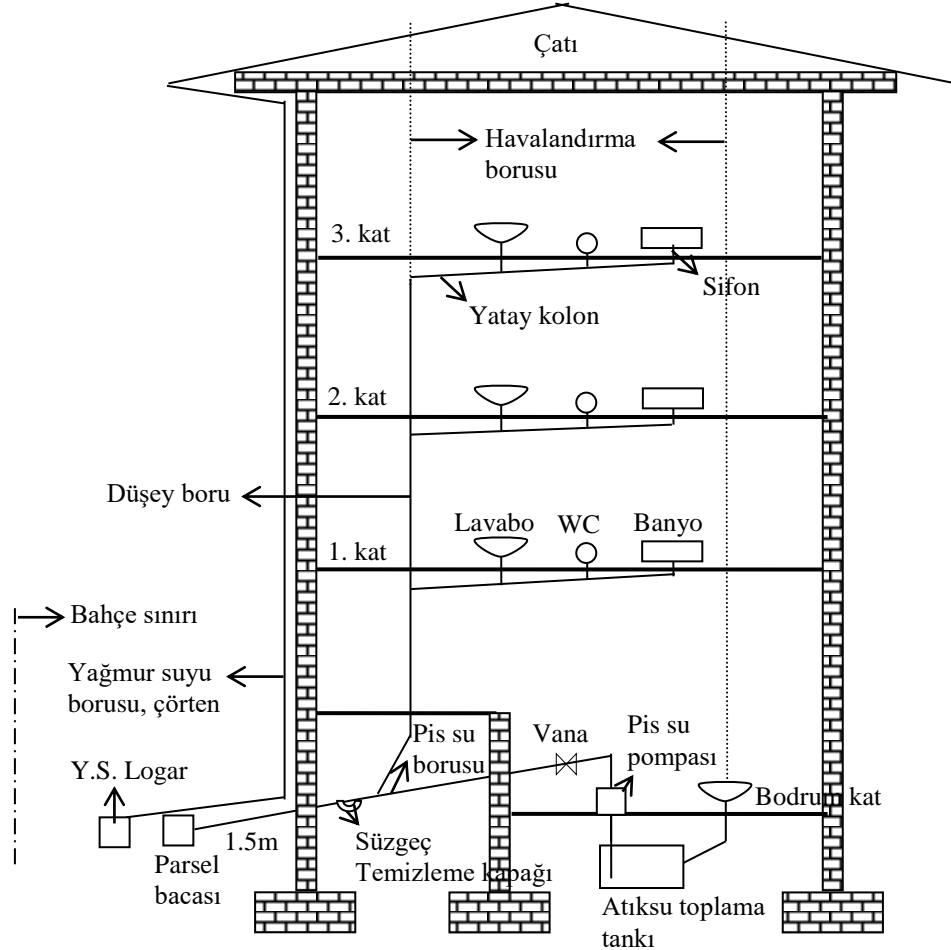
Tablo 6.1 Tesislerin ekonomik ömrü

Tesisin Cinsi	Ekonomik Ömrü (Yıl)
Pissu şebekesi	30
Pissu ana toplayıcılar	30
Terfi ve hizmet binaları	50
Terfi hatları	20
Arıtma tesisleri	40
Pompa ve mekanik ekipmanlar	20

Kentsel Drenaj-Kanalizasyon Sistemleri

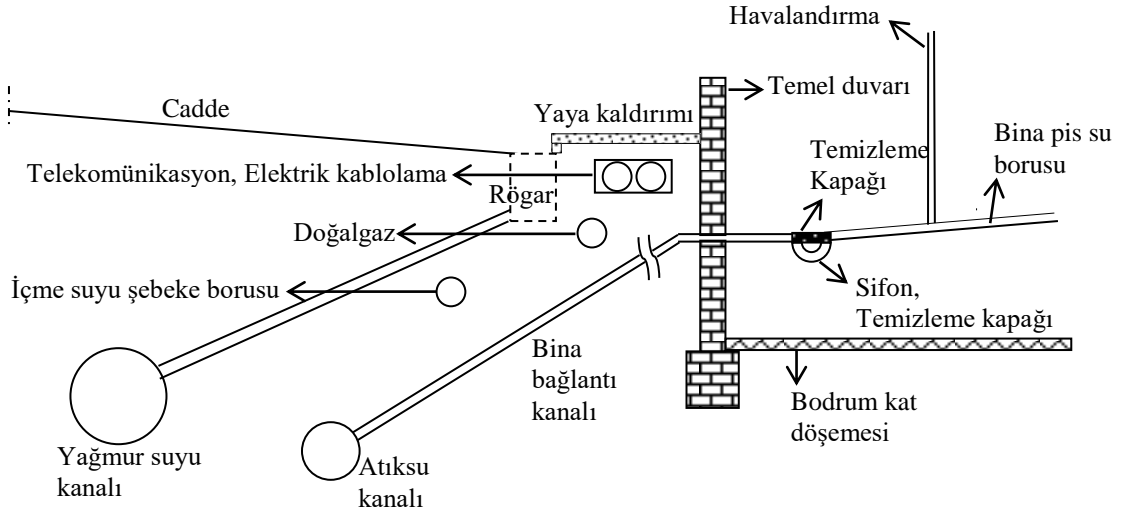
6.4 Binaların Atık Su Tesisatı

Binalarda tuvalet, lavabo ve benzeri tesisat elemanları tek tek veya gruplar halinde tertiplenirler. Bunların bağlı oldukları borular yatay durumda bulunur. Çok küçük bir eğime sahip bulunan bu borularda akımın serbest yüzeyli yani basınçsız olması gerekir aksi takdirde bu borulara su veren tesisat elemanlarını koruyan su ve yağ kapakları geçirimsizliklerini kaybederler, yani meydana gelen vakum binaların içindeki atık suyu yerinden koparır ve tamamen boşalan borulardan pis kokulu gazlar binaya yayılır. Yatay borular düşey borulara (kolonlara) bağlanır Şekil 6.2(a). Kullanılmış suların alt katlardaki tesisat elemanlarından geri tepmemesi için kolon borularının da dolu olarak akmaması gerekir. Kolonlar binanın esas atık su borusuna su verirler. Esas atık su borusu binanın 1.5m dışında parsel bacasına bağlanır Şekil 6.2(b).



(a)Bina atıksu tesisatı

Kentsel Drenaj-Kanalizasyon Sistemleri



(b) Bina cadde bağlantısı

Şekil 6.2 Bina atıksu tesisatı ve cadde bağlantısı

Ayrık kanalizasyon sisteminde damlara ve kaplamalı alanlara düşen yağmur suları, yağmur suyu drenaj sistemine veya sokakların yanlarında yer alan arklara verilir. Birleşik kanalizasyon sisteminin kullanıldığı yerlerde ise dam veya avlu drenleri bina pis su borusuna veya ev bağlantısına Y şeklindeki bir boru ile bağlanabilir. Eklentinin yapıldığı yer başka bir düğüm noktasından en az 2m uzakta olmalıdır Şekil 6.2 (b).

6.5 Kullanılmış Su Miktarı

Yerleşim alanına dağıtılan su kullanıldıktan sonra atık su haline gelir ve bir kanal ağı ile toplanır. Kullanılmış su şebekesi evlerden, endüstri ve sanayi kuruluşlarından gelen pis sular ile zeminden sızan yeraltı sularını taşır. Bu nedenle kullanılmış suyun miktarı yerleşim alanının nüfusuna, ticaret ve endüstride kullanılan suya, yeraltı su seviyesine bağlıdır. Yerleşim bölgelerine verilen suyun belirli bir kısmı kullanılmış su olarak kanalizasyona geri döner. Evsel atık su miktarının yaklaşık olarak %65-80 ni o alana verilen içme suyu şebekesinden gelen suların oluşturur. Bu nedenle yerleşim bölgesine verilen su miktarı biliniyorsa kolaylıkla atık su miktarı hesaplanabilir. Endüstri tesislerinin birçoğu kullanma suyunu kendi imkânlarıyla temin ederler ve atık sularını

Kentsel Drenaj-Kanalizasyon Sistemleri

kanalizasyon şebekesiyle uzaklaştırırlar. Bu oranın dışında kalan su bahçe sulama, araba yıkama ve cadde temizliği gibi pis su kanallarına girmeyen işlerde kullanılır.

- Büyük şehirlerde içme suyu geri dönüşüm oranı $\alpha = \%90-100$
- Bahçeli seyrek yerleşim bölgesi geri dönüşüm oranı $\alpha = \%60-90$

Özel durumların dışında emniyetli tarafta kalmak için dağıtılan suyun tamamının kanalizasyona ulaştığı kabul edilir ve $\alpha = 1$ alınır.

Bir günde dağıtılan suyun daha kısa zaman aralığında kanalizasyona döneceği β katsayısı ile tanımlanır. β (suyun geri dönüşüm katsayısı) nüfusa bağlı olarak $\beta = 24/m$ olarak tanımlanır.

N_g : gelecekteki nüfus:

$N_g < 20000$ için	$m = 8-10$ saat
$20000 < N_g < 100000$ için	$m = 10-12$ saat
$N_g > 100000$ için	$m = 14-16$ saat

İller bankası şartnamesine göre 24 saatte dağıtılan suyun $m = 12$ saatte döneceği kabul edilir. Dolayısıyla $\beta = 24/12 = 2$ olarak hesaplarda kullanılır.

Kentin ihtiyacı olan su miktarı iletim debisi (Q_{ilet}) kanalizasyon sisteminin boyutlandırılmasında esas olacak debidir. Yani yerleşim bölgesindeki Q_{kul} (kullanılmış su debisi) aşağıdaki gibi hesaplanabilir.

$$Q_{kul} = \alpha \cdot \beta \cdot Q_{ilet} \quad Q_{kul} = 2Q_{ilet} \quad (6.1)$$

İçme suyu şebekesinden elde edilen kullanılmış su debisinden başka kanalizasyon atık su toplama ağına gelen debilere “*ek debi*” denir. Bu ek debiler genellikle şebeke dışı su alma tesisinden su alan endüstri tesislerinden meydana gelir. Endüstriden gelen atık su debisi tamamen endüstrinin karakterine bağlıdır. Yerinde yapılan incelemelere ve endüstride kullanılan süreçlere göre tespit edilir. Bu tesislerde kullanılmış suların miktarları eşdeğer nüfus metodu veya sanayi tesislerinin büyüklük küçüklüğüne göre belirlenebilir. Örneğin Tablo 6.2 de İSKİ yönetmeliğinde; sanayi tesislerinin büyüklüğüne küçüklüğüne göre atıksu değerleri verilmiştir.

Kentsel Drenaj-Kanalizasyon Sistemleri

Tablo 6.2 Sanayi tesislerin büyüklüklerine göre hektar başına kullanılmış su miktarı

Endüstri cinsi	Birim su tüketimi (lt/s/ha)
Küçük sanayi	0.5
Orta büyüklükteki sanayi	1.0
Büyük sanayi	1.5

Kullanılmış su kanalları içinde akan suyun önemli bir kısmını sızıntı suyu oluşturur. Bu kontrolsüz bir şekilde kanallara giren sızıntı veya yer altı suyudur. Su girişi boruların bağlantı yerlerinden boruların yüzeylerinden, ev bağlantı yerlerinden veya baca cidarlarından olabilir. Kanalizasyon şebekelerinin projelendirilmesinde kullanılacak olan pıssu debisi içme suyu şebekesinden elde edilen debi esas alınarak belirlenebilir. Ancak bu ilave debilerin de dikkate alınması gerekli olan yerlerde Q_{ilave} olarak sisteme noktasal yükleme ile verilmesi gerekir. Eşdeğer nüfus metoduna göre su tüketim değerleri Tablo 6.3 de verilmiştir.

Tablo 6.3 Su tüketim yerlerinin bazıları için eşdeğer nüfus değerleri

Su tüketim Yerleri	Eşdeğer nüfus
Süt mamulleri peynir hariç, 1000 lt süt için	30-80
Süt mamulleri peynir dâhil, 1000 lt süt için	100-250
Mezbaha büyük baş hayvan için	70-200
Mezbaha küçükbaş hayvan için	30-80
Şeker Fabrikası, 1000 kg. pancar için	120-400
Kükürtlü boyalarla boyacılık, 1000 kg eşya için	2000-3500
Yün yıkama tesisleri, 1000 kg. yün için	2000-5000
Tabakhane, 1000 kg. hammadde için	1000-4000
Çamaşırhane, 1000 kg. çamaşır için	700-2300

6.6 Kullanılmış Suların Özellikleri

Kullanılmış atık sular değişik yerleşim bölgelerinde farklı özelliklere sahip olabilirler. Bunun nedeni farklı miktarda su kullanılması, endüstriyel atıkların miktar ve çeşidi, halkın hayat standardındaki değişikliklerdir. Kullanılmış suların özellikleri insanların su kullanım alışkanlıklarına, mevsimlere günün değişik saatlerinde farklılıklar gösterir.

Kentsel Drenaj-Kanalizasyon Sistemleri

Evsel kullanılmış sular kimyasal bakımdan hafif alkali özellik gösterir. Bu suların içinde genellikle doğal organik atıklar bulunur. Biyolojik olarak yüksek oranda patojen (mikrop) ihtiva ederler. 1cm³ suda milyonlarca mikroorganizma vardır. Bu zararlı mikro organizmaların zararsız hale getirilmesi kullanılmış su tasfiye tesislerinin en önemli amacıdır. Atık sulardaki kirleticiler belli bir zaman sonra çürümeye başlar. Kahverengi veya siyah bir renk alır ve hidrojen sülfür gibi kokar. Su içerisindeki bu cisimler pis suların %10nu meydana getirir bu erimiş maddelerin %80ni organik %20si mineral kökenlidir. Pis sularda asılı halde bulunan yabancı cisimler bu suların %20sini oluşturur bunların %75i organik %25i mineral kökenlidir.

6.7 Kanalizasyon Şebekesinin Özellikleri

Önerilecek kanalizasyon sisteminde aşağıdaki kriterler göz önünde tutulmalıdır.

- a) Şebeke hatlarının güzergâhları seçilirken, tüm cadde ve sokaklardaki evlerden gelebilecek pissuların kanalizasyon sistemine bağlanabilmesi prensibi esas alınacaktır.
- b) Pissuların en kısa yoldan ana toplayıcılara ulaştırılmasına çalışılacaktır.
- c) Ana toplayıcıların; mümkün mertebe inşaat problemi çıkartmayacak geniş caddelerden ve büyük alanların pissularını toplayabilmek için arazinin en düşük kotlu kısımlarından geçirilmesine dikkat edilecektir.
- d) Karayolu ve demiryoluna paralel giden hatların güzergâhları seçilirken; adı geçen yolların istimlâk sahalarından mümkün mertebe uzaklaşma yoluna gidilecektir.
- e) Karayolu, demiryolu, dere ve benzeri yerlerde; enine geçişlerin minimumda tutulmasına çalışılacaktır.
- f) Belirli noktalarda toplanan pissuların alıcı ortama cazibe ile akıtılması prensibi esas alınacaktır.
- g) Tüm mecra güzergâhlarında; zorunlu haller dışında kamulaştırma problemlerinden ve ileride güçlük çıkarabilecek arazilerden geçilmemesine dikkat edilecektir.
- i) Dere ve menfez geçişlerinde, hatların derine girmemesi için toprak örtüsünün minimumda kalmasına çalışılarak, boruların betonarme gömlek içerisine alınması

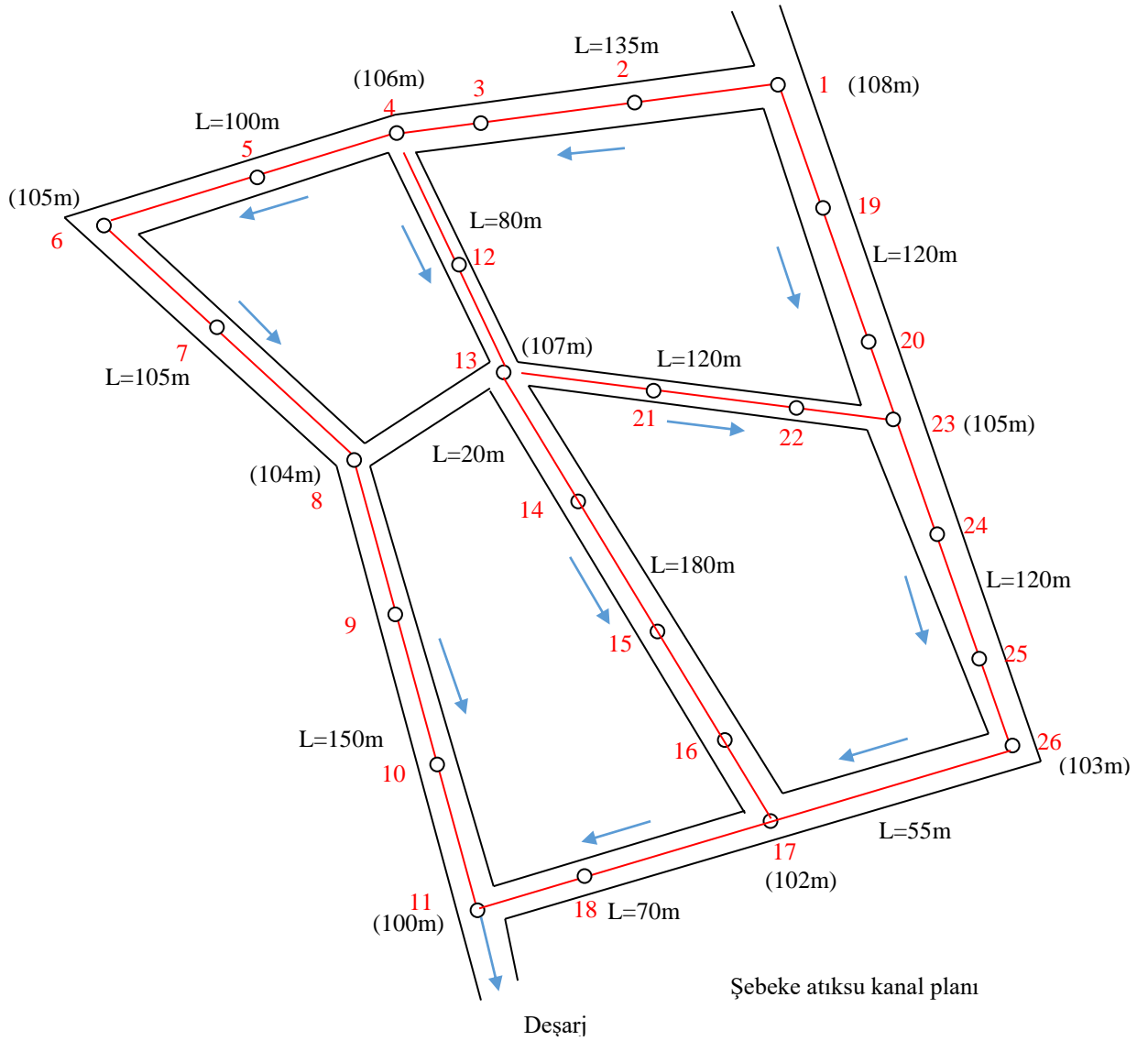
Kentsel Drenaj-Kanalizasyon Sistemleri

önerilecektir.

- l) Topografik yapının çok meyilli olduğu yerlerde ara baca çıkmaması için, *beton boru* yerine *PVC* boru kullanılabilir.
- m) Mecra çaplarının değiştiği noktalarda; mecra iç üst müvellit (yüzey) kotları çakıştırılacak olup, büyük çaptan küçük çapa geçiş yapılmayacaktır.
- n) Başlangıç mecralarına yıkama teçhizatı konmayıp projede özel işaretlerle gösterilecektir. Bilhassa başlangıç mecralarında olmak üzere bazı mecralarda teşekkül edecek pissuların miktarı, minimum akım hızını sağlayamadığından, bu durumdaki mecralara belirli aralıklarla bol su vermek gerekecektir.
- p) Geniş caddelerin(en az 20 m. genişliğinde) her iki yanına atıksu mecrası döşenmelidir.
- r) Evlerin pissularının alınabilmesi için, parsel baca ve bağlantıları inşaat anında yapılacak olup, evlerin pissu çıkış kotları ve bağlantı durumları dikkate alınarak, parsel ve baca bağlantısı bir ev için yapılabildiği gibi birkaç ev içinde bir adet yapılabilir.
- t) Pissuyun içme suyuna karışarak sağlık açısından sakıncalı bir durum oluşmasını önlemek için, içme suyu ve pissu boruları arasında hem yatay hem de düşey olarak belirli bir mesafenin bulunması gereklidir. İki boru arasındaki düşey mesafenin 0.30 metre, yatay mesafenin ise 3 metre olmasına gayret gösterilmelidir. Şayet bu mesafeler sağlanamıyor ise kesişme yerindeki kanalizasyon borusu beton gömlek içerisine alınmalıdır.
- v) Pissu şebeke sistemi yönlendirilirken pissu teşekkül etmeyecek sokaklardan mecra geçirilmeyecek olup, bazı durumlarda zorunlu olarak yeşil alanlardan mecra geçirilebilecektir.

Projesi yapılacak bölgenin 1/1000 ölçekli haritası üzerinde atıksu kanal ağı geçkisi Şekil 6.3 de gösterildiği gibi çizilir.

Kentsel Drenaj-Kanalizasyon Sistemleri

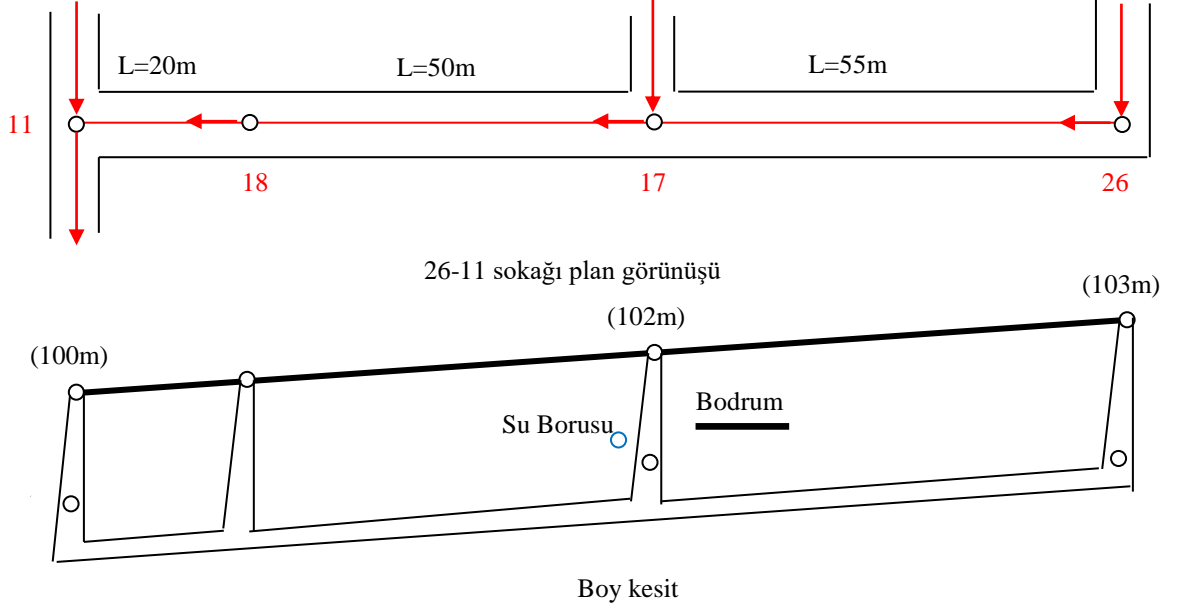


Şekil 6.3 Kanal ağını oluşturulması

Şekil 6.4 de 17-11 nolu atık su kanalı plan ve kesiti gösterilmiştir. Buradan kanallar üzerinde değişik maksatlı muayene bacaları yer almaktadır. Burada 17 nolu baca yukarıdan gelen suları sol tarafa doğru yönlendiren bir geçiş bacasıdır. Kanal ağının başlangıcı ile sonu arasında yer alan normal bacalara geçiş bacası adı verilir. 18 ve 19 nolu bacalar geçiş bacası bodrum katlarının ve içme suyu borularının kanalların üstünde yer alması gerekir. Böylece bodrum katlarının sularının da tahliyesi mümkün olur ve pis suların içme suyu borusuna geçme ihtimali ortadan kalkar. 19 nolu bacanın yapım amacı 18 ve 11 nolu bacalar arasındaki mesafenin maksimum baca aralığını

Kentsel Drenaj-Kanalizasyon Sistemleri

geçmesinden dolayı yerleştirilmiştir. 18 nolu baca diğer bölgelerden gelen suları aldığı için bir geçiş bacası farklı seviyelerdeki kanalları birleştirdiği için bir düşümlü bacadır.



Şekil 6.4 Örnek atıksu kanalı ve kesiti

Tesviye eğrileri	— ince çizgilerle
Sokaklar	— ince çizgilerle
Cadde zemin kotları	(103)
Kanallar	— ana sekonder ve tali kanal farklı kalınlıkta
Muayene bacaları	—○→
Sokak uzunlukları	L=100m
Kesafet (yoğunluk) katsayısı	k=1
Muayene baca no	5
Su akış yönleri	→

Kentsel Drenaj-Kanalizasyon Sistemleri

6.8 Kanal apları

Ayrık sistem pis su kanaları için minimum ap	: D=20cm
Ayrık sistem yağmur suyu kanalları için minimum ap	: D=30cm
Birleşik sistem kanallarında ap	: D=30cm
Ev bağlantı kanal apı	: D=15cm

6.9 Kanal Derinliğinin Tayini

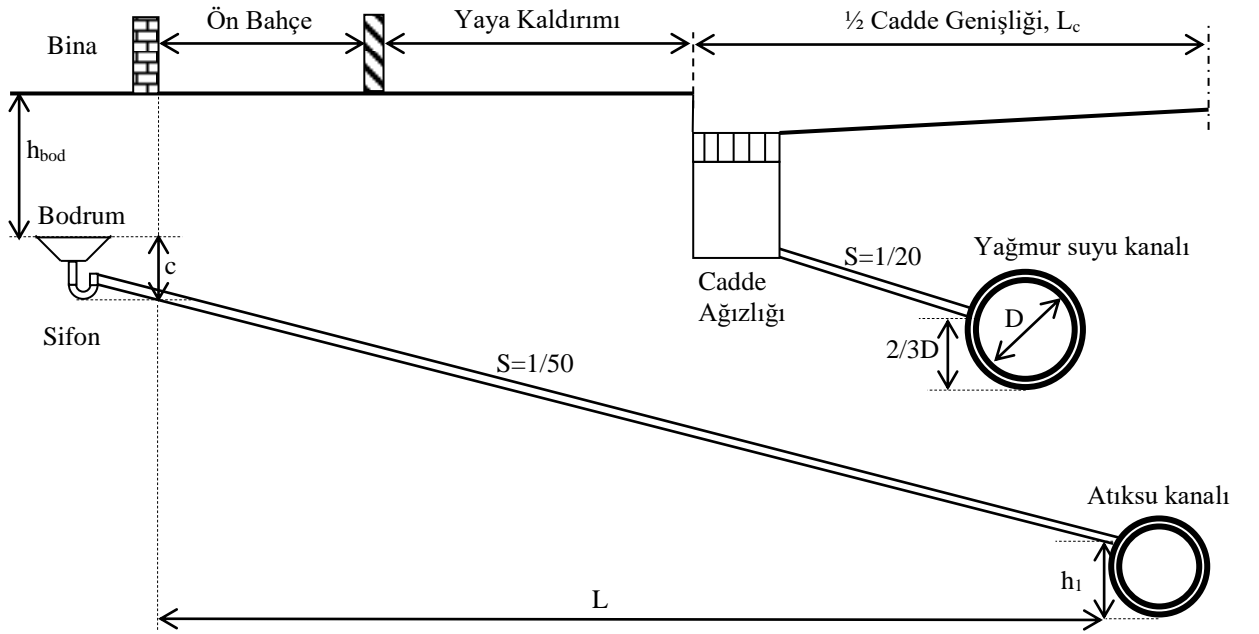
Kanalizasyon tesisinin maliyeti hendek derinliği ile artar. Pis su ve yağmur suyu başlangıç mecralarının derinliği, bütün şebeke derinliğini etkileyeceğinden mümkün olduğu kadar minimum derinlikte ve mecralar caddelere paralel tutulmaya çalışılmalıdır. Boru derinliği; bodrum derinliği, cadde ağızlığı derinliği ve bağlantı boru hattı eğimi göz önünde tutularak belirlenmelidir. Az sayıdaki fazla derin bodrumlar dikkate alınmayabilir. Borular daima don derinliğinin altında döşenmelidir. Büyük çaplı borular toprak ve dingil yükü altında çökme tehlikesine karşı kontrol edilmelidir.

Minimum hendek derinliği genellikle **1.0 m ile 1.50 m alınır**; ancak, bina bağlantılarının, içme suyu borularının altından geçirilmesi için bu derinlik 2.0 m ile 2.50 m olmalıdır Şekil 6.5. Maksimum derinlik zeminin kendini tutabilmesi, boru çapı, borunun toprak yüküne dayanması, makinelerin kazı gücü ve mali imkânlar gibi faktörlere bağlıdır. Ön bahçe mesafesi yaklaşık 5.0 metre, yaya kaldırımı yaklaşık 2.5 metre ve yarım cadde genişliği duruma göre 7.5 m, 12.5 m ve 17.5 m arasında olabilir ve c değeri yaklaşık 20 cm, h_1 değeri ev ve sokak kanal çapına bağlı olarak aşağıdaki Tablo 6.4 den alınabilir.

Kentsel Drenaj-Kanalizasyon Sistemleri

Tablo 6.4 Ev bağlantılarının ana mecraya birleştiği noktadaki b ve h_1 ölçüleri

Ev bağlantı Çapı (mm)	Sokak Mecra Çapı (mm)	$h_{1\text{mak}}$ (cm)	$h_{1\text{min}}$ (cm)
150	200	44	23
150	250	48	27
150	300	52	30
150	350	56	34
150	400	61	37
150	450	65	41
150	500	69	44



Şekil 6.5 Yağmur suyu ve pisu kanallarının döşenmesi.

L =Atık su mecra mesafesi

h_{bod} = bodrum derinliği

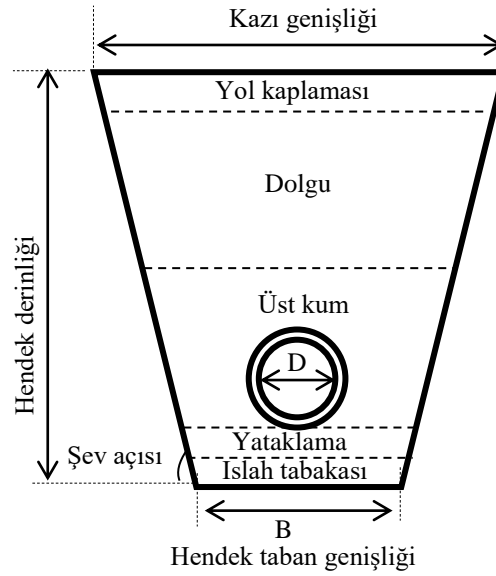
c = Sifon derinliği

h_1 = Mecra bağlantı derinliği

$$\text{Pissumecraderinligi} = h_{\text{bod}} + c + (1/50)L + h_1 \quad (6.2)$$

Kentsel Drenaj-Kanalizasyon Sistemleri

Kazı maliyetlerini artırmamak için mecraya fazla derine gömülmemelidir. Hendek derinliğinin artması hendeğin yan kenarlarının durmasını güçleştirir. **İksa**, herhangi türde bir yapının toprak altındaki bölümlerinin gereken güvenlik, kolaylık ve kalitede üretilebilmesi için, insanları, inşaat çevresindeki yapı ve canlıları, işi ve iş sahasını oluşturmak ve korumak için genellikle geçici olarak uygulanan toprak tutma yapılarıdır. Koruyucu iksalar maliyeti artırır. Ayrıca kanal derinleştikçe yer altı suyu problem oluşturur. Hendeğin iki kenarı iksasız yapılmak istenirse şevler yatıklaştırılır bu da kazı miktarını dolayısıyla maliyeti artıracaktır Şekil 6.6. İller bankası yönetmeliğine göre asgari hendek genişlikleri 80 cm olacak şekilde yapılmalıdır. Büz ve sırlı künk mecralarda boru eklerinin yapılabilmesi için boru dış kenarı ile hendek kenarı arasında 30 cm lik bir mesafenin bulunması gerekmektedir. Yerinde dökme beton mecralarda ise dış kenarı ile hendek arasında 40 cm lik mesafe bulunmalıdır.



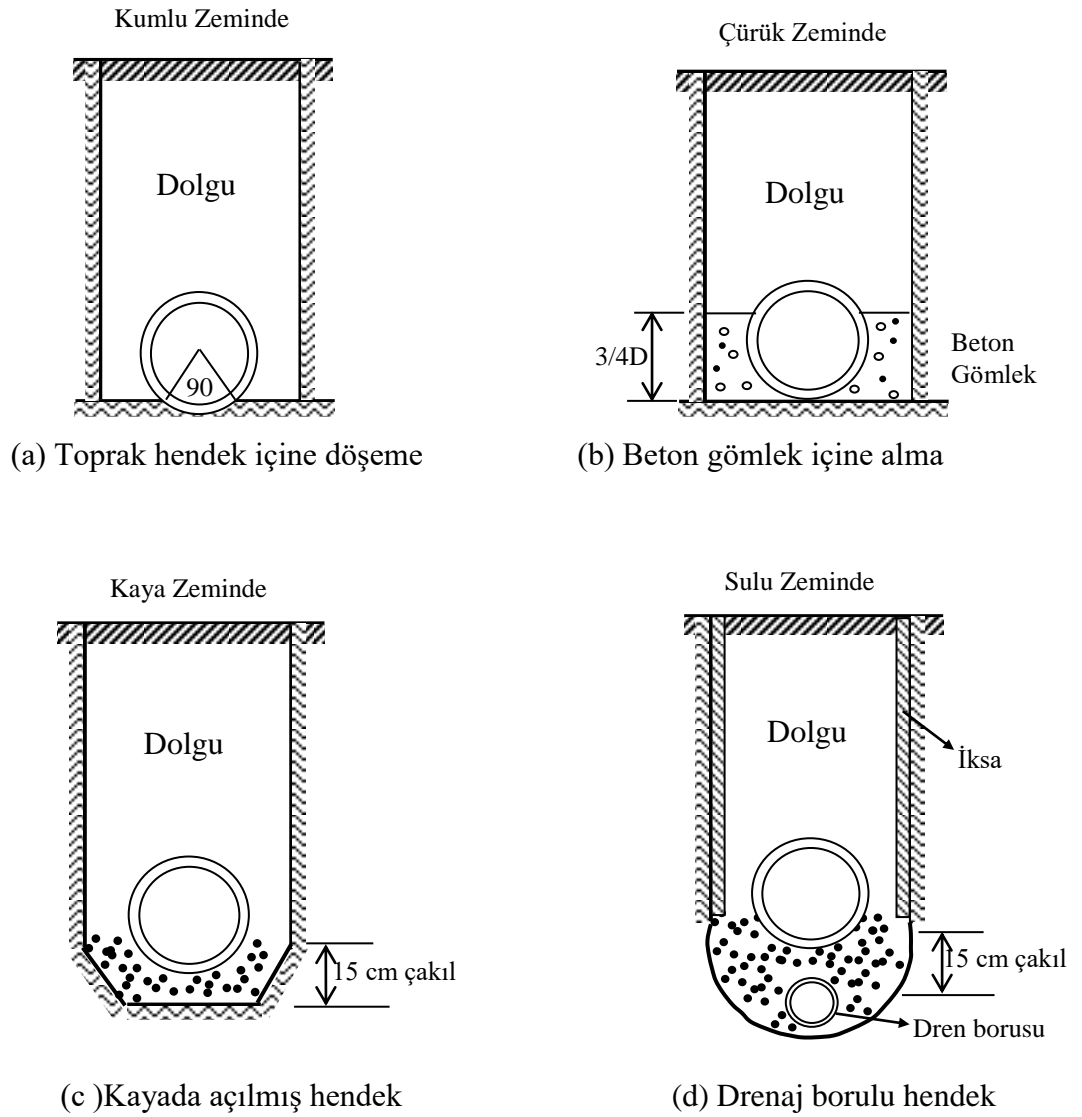
Şekil 6.6 Kanal hendek kesiti

6.10 Kanalların Hendeklere Döşenmesi

Boru kırılmasını önlemek için yükü geniş bir yüzeye yaymak gerekir. Bu amaçla hendek tabanı 90°'lik bir merkez açısını görece şekilde çukurlaştırılmalıdır Şekil 6.7(a). Eklerin bulunduğu yerde hendek tabanı ayrıca 10-15m derinleştirilmelidir. Çürük zeminlerde aynı sebeple boru beton gömlek içine alınır Şekil 6.7(b). Sert zeminlerde (kayada) boruların sivri zemin çıkıntıları üzerine oturmasını önlemek için

Kentsel Drenaj-Kanalizasyon Sistemleri

hendek tabanına kum-çakıl tabakası serilmeli ve boruyu bunun üzerine oturtmalıdır Şekil 6.7(c). Islak zeminlerde, yer altı su yüzeyini kanal tabakasının altına indirmek için dren boruları döşenebilir Şekil 6.7(d). Aksi halde kanallara yer altı suyunun girmesi ancak geçirimsiz eklerle teşkil edilmiş borular vasıtasıyla önlenebilir. Örneğin yer altı suyunun sızmasını azaltmak için font borular kullanılabilir. Font boruların uzunlukları fazla olup, birleşim yerleri genellikle kullanılan beton boru şeklindeki kanalların ek yerlerine nazaran daha geçirimsizdir.

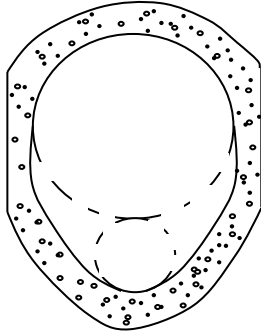


Şekil 6.7 Kanalların farklı zeminlerde döşenmesi

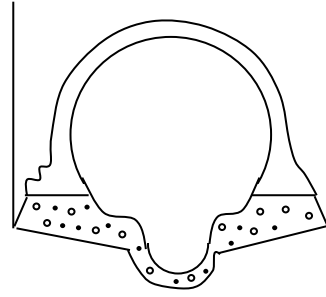
Kentsel Drenaj-Kanalizasyon Sistemleri

6.11 Kanal Kesitleri

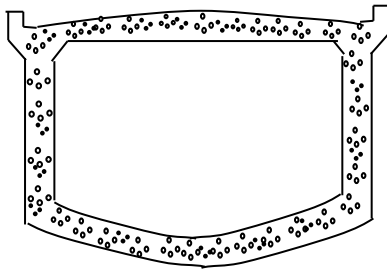
Kanalizasyon şebekelerinin mecra kesitlerinde en yaygın daire kesitler kullanılmaktadır. Daire kesitten farklı bir kesit kullanılması teknik ve ekonomik nedenlerden olur. Birleşik sistem kanallarında minimum ve maksimum debi arasında büyük fark vardır. Kurak havalarda kanalda yeterli bir hız sağlamak için kanalın alt kısmı sivri olan ve küçük debileri uygun bir su yüksekliği ile iletebilen yumurta enkesitler yapılmıştır Şekil 6.8(a). Yumurta şekilli kesitler dairesel iki kanalın bir araya gelmesinden oluşur. Aşağıdaki kanala atıksu kanalı, yukarıdakine ise yağmur suyu kanalı gözü ile bakılabilir. Bu kesitin diğer bir faydası da dış yüklere karşı dayanıklı olmasıdır. Çok büyük debilerin böyle bir kesitle iletilmesi halinde hendek derinliği çok yüksek olur. Düz yerlerde bu profil ekonomik olmayabilir. Çok büyük debilerde tabanında su arkı bulunan açığağız enkesitler kullanılır Şekil 6.8(b). Kanal yüksekliğinin daha da sınırlandırılması gerekiyor ise dikdörtgen kesitler kullanılır Şekil 6.8(c). Dikdörtgen enkesitler dış yüklere karşı dayanıksızdır. At nalı enkesitler ise dikdörtgen en kesitin bu sakıncasını ortadan kaldırır ve makul bir su yüksekliği ile büyük debilerin iletilmesine imkan verir Şekil 6.8(d).



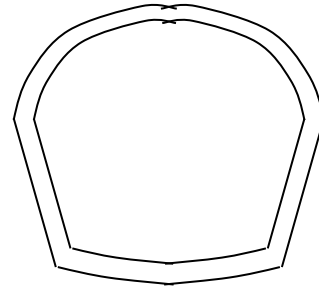
(a) Yumurta şekilli enkesit



(b) Tabanında su arkı bulunan açığağız enkesit



(c) Dikdörtgen enkesit



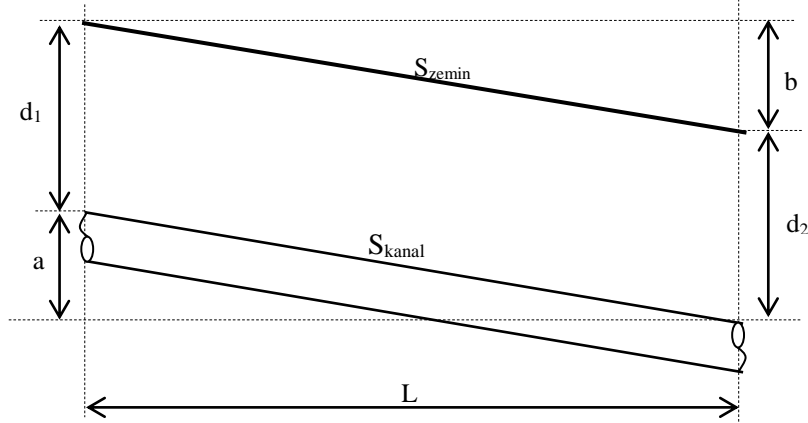
(d) At nalı enkesit

Şekil 6.8. Kanal kesitleri

Kentsel Drenaj-Kanalizasyon Sistemleri

6.12 Kanal Boy Kesitlerinin Geçirilmesi

Mecra Profili tespit edilirken normal olarak bilinen bir kottan veya kotlardan başlayarak yukarı veya aşağıya doğru devam edilir Kanal boy kesitleri önceden tespit edilen kriterlere göre geçirilip boyutlandırılmalıdır. Bu kriterler; minimum ve maksimum eğimler, kanal derinlikleri düşüm yükseklikleri, iki baca arasındaki mesafedir. Genellikle düşüm yüksekliği 2.0 m yi geçmeyecek şekilde tespit edilir. İstisnai durumlarda yerel şartlarda uygun ise 4.0 m ye kadar şüt (düşü) yüksekliği kabul edilebilir. Verilen d_{min} . ve d_{mak} derinlikleri, kanal sırtı ile cadde (zemin) yüzeyi arasındaki minimum ve maksimum mesafeyi gösterir. Alınabilecek kanal hendeğinin maksimum derinliği, zemin durumu ve ekonomik şartlar sınırlandırır. Aynı zamanda bu derinlik bina temel durumlarına da bağlıdır. Düz yerlerde zemin problemleri olmasa bile, pompaj ile kazı maliyetleri arasındaki fiyat karşılaştırılarak maksimum hendek derinliği belirlenir. Ortalama olarak maksimum hendek derinliği 5.0 m ile 6.0 m dir. Cadde ve sokaklara döşenen kanalların boy kesiti Şekil 6.9 da gösterilmiştir.



Şekil 6.9. Kanal boy kesitinin geçirilmesi

d_1 = Üst bacadaki zemin ile mecra iç sırtı arasındaki kot farkı (m)

d_2 = Alt bacadaki mecra sırtı derinliği (m)

L = Bacalar arası mesafe (m)

a = Boru sırt veya taban seviyesindeki alçalma. $a=L*S_{kanal}$ (m)

b = Zemin seviyesindeki alçalma. $b=L*S_{zemin}$ (m)

$$d_1+a=d_2+b$$

$$d_1+L*S_{kanal}=d_2+L*S_{zemin}$$

Buradan;

$$d_2-d_1=L(S_{kanal}-S_{zemin}) \text{ olur}$$

Kentsel Drenaj-Kanalizasyon Sistemleri

6.13 Kanal Eğimlerinin Belirlenmesi

Kanalların içinde çökme olmaması ve kanalın aşınmasına sebep olmayacak minimum ve maksimum hızları elde edecek eğimler projelendirme için önemlidir. Mecralara verilecek eğimler konusunda, asgari, azami hız ve pis suyun asgari derinlik şartı göz önünde tutularak Tablo 6.5 de çapa göre öngörülen eğimler alınabilir. Kanal eğimleri öngörülen bütün bağlantıların suyunu alacak ve en az masraf gerektirecek şekilde boyutlandırılmalıdır. Kanal eğimleri minimum ve maksimum eğim şartlarını her zaman sağlamalıdır.

Tablo 6.5. Mecra çaplarına göre alınması gereken eğimler

Kanallar	Asgari eğim	Azami eğim		En müsait eğim	Doluluk oranı
		Normal	İstisnai		
Ev bağlantıları, Ø15cm.	1/100	1/15	1/7	1/50	-
Başl. Mecra. Ø20 - Ø30cm	1/300	1/15	1/7	1/50-1/150	%40 - %50
Tali Mecra Ø35 - Ø60 cm	1/500	1/25	1/15	1/100-1/200	%60
Ana Mecra Ø65 - Ø100 cm	1/1000	1/50	-	1/200-1/500	%60 - %70
Ana Kollekr Ø100 - Ø200 cm	1/3000	1/75	-	1/300-1/750	%80

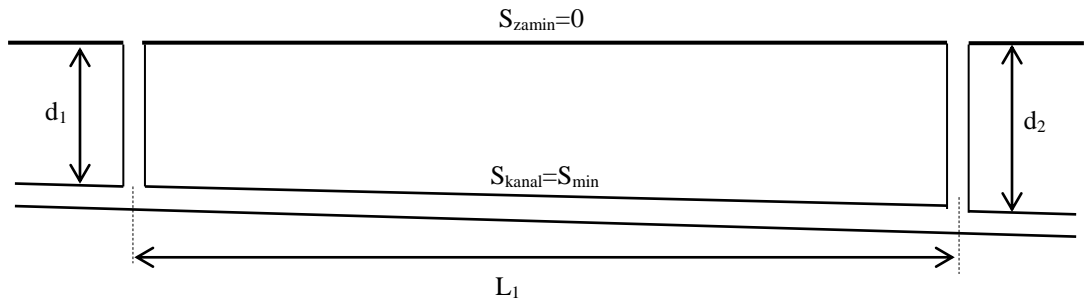
Kanal ağının geçirilmesinde eğim konusunda; S_{zemin} = zemin eğimi, S_{kanal} = kanal eğimini göstermek üzere aşağıdaki durumlarla karşılaşılır.

Durum 1

$S_{zemin}=0 < S_{min}$. $d_1=d_{min}$ ise;

$S_{kanal}=S_{min}$. seçilir.

$d_2 > d_{min}$ olur. Bu durum aşağıdaki Şekil 6.10 da verilmiştir.



Şekil 6.10. $S_{zemin}=0$ ve $S_{kanal}=S_{min}$. durumu

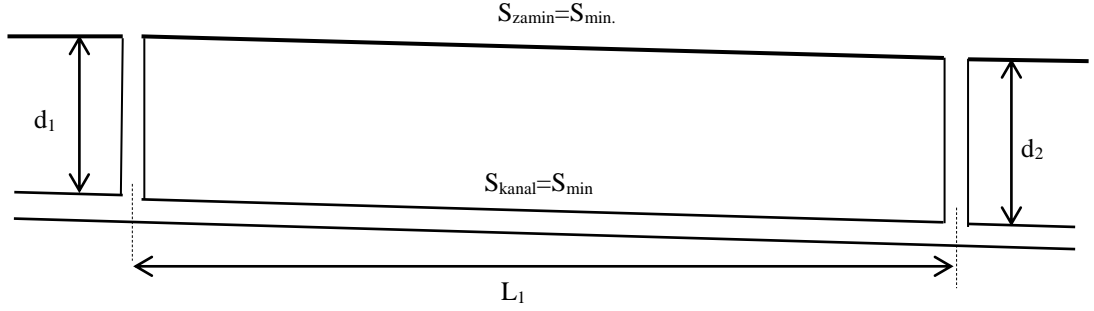
Kentsel Drenaj-Kanalizasyon Sistemleri

Durum 2

$S_{zemin}=S_{min}$. $d_1=d_{min}$ ise;

$S_{kanal}=S_{min}$. seçilir.

$d_2=d_{min}$, dolayısıyla $d_2=d_1$ olur. Bu durum aşağıdaki Şekil 6.11 de verilmiştir.



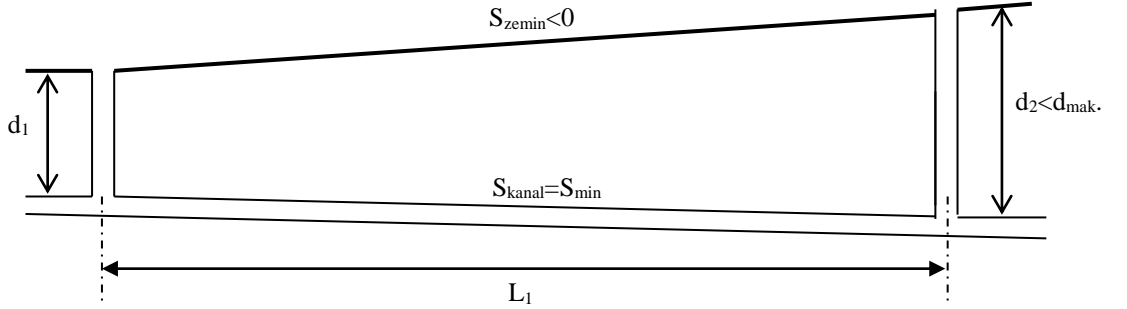
Şekil 6.11. $S_{zemin}=S_{min}$., $S_{kanal}=S_{min}$. Durumu

Durum 3:

$S_{zemin}<0$ Ters eğim; $d_1=d_{min}$ ise;

$S_{kanal} = S_{min}$. seçilir.

$d_2<d_{mak}$. olur. Bu durum aşağıdaki Şekil 6.12 de verilmiştir.



Şekil 6.12. $S_{zemin}<0$, $S_{kanal}=S_{min}$.durumu

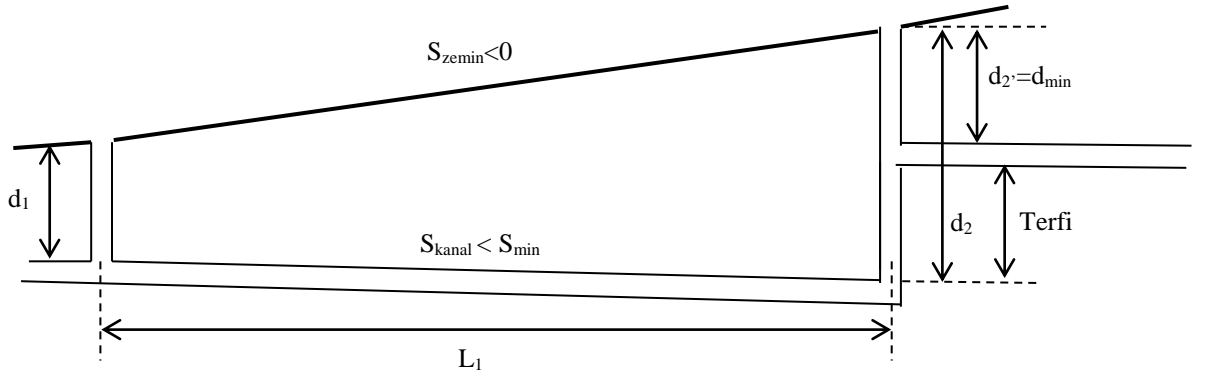
$S_{zemin}<0$ Ters eğim; $d_1=d_{min}$. ise;

$S_{kanal} = S_{min}$. seçilir.

$d_2>d_{mak}$. olması durumunda terfi yapılması gerekir. $d_2'=d_{min}$ yapılır.

Terfi= d_2-d_{min} . Bu durum Şekil 6.13 de gösterilmiştir.

Kentsel Drenaj-Kanalizasyon Sistemleri



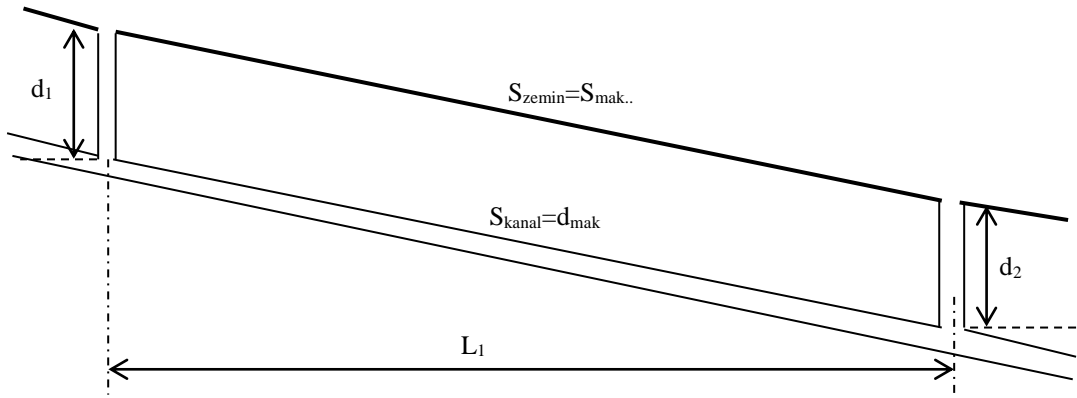
Şekil 6.13. $S_{zemin} < 0$, $S_{kanal} = S_{min}$. pompaj durumu

Durum 4:

$S_{zemin} = S_{mak.}$; $d_1 = d_{min}$ ise;

$S_{kanal} = S_{mak.}$ seçilir. Bu durum Şekil 6.14 de gösterilmiştir.

$d_2 = d_1$ olur.



Şekil 6.14. $S_{zemin} = S_{mak.}$, $S_{kanal} = d_{mak.}$ durumu

Durum 5 :

$S_{zemin} > S_{mak.}$; $d_1 = \Delta H / 2 + d_{min}$ ise;

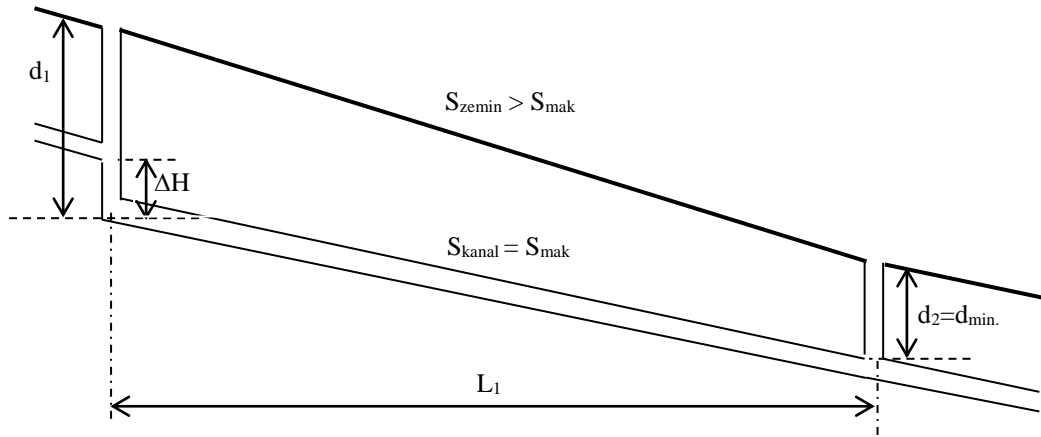
$S_{kanal} = S_{mak.}$ seçilir.

ΔH kadar düşüm yapılır. Bulunan bu düşüm değerinin yarısı d_1 eklenir.

$$\Delta H = L_1 (S_{zemin} - S_{mak.})$$

$d_2 = d_{min}$ olur. Bu durum Şekil 6.15. de gösterilmiştir.

Kentsel Drenaj-Kanalizasyon Sistemleri



Şekil 6.15 $S_{zemin} > S_{maksimum}$, $S_{meca} = S_{maksimum}$ durumu

Kentsel Drenaj-Kanalizasyon Sistemleri

Örnek 6.1

Cadde başlangıç ve bitiş noktalarıyla başlangıç noktalarındaki sırt kotu verilen kanalların döşeneceği kanal eğimi ve cadde sonundaki kanal kotunu belirleyiniz.

Cadde No	Cadde kotu(m)		Başlangıç kotu (m)	Kanal boyu(m)
	Başta	Sonda		
1	100	100	98	100
2	100	98	98	100
3	100	90	98	100
4	100	101	98	100
5	100	107.7	98	100
6	107	104	101	100
7	100	97	97	100

$$h_{\max}=6\text{m}, h_{\min}=2\text{m}$$

$$S_{\max}=0.08, S_{\min}=0.003$$

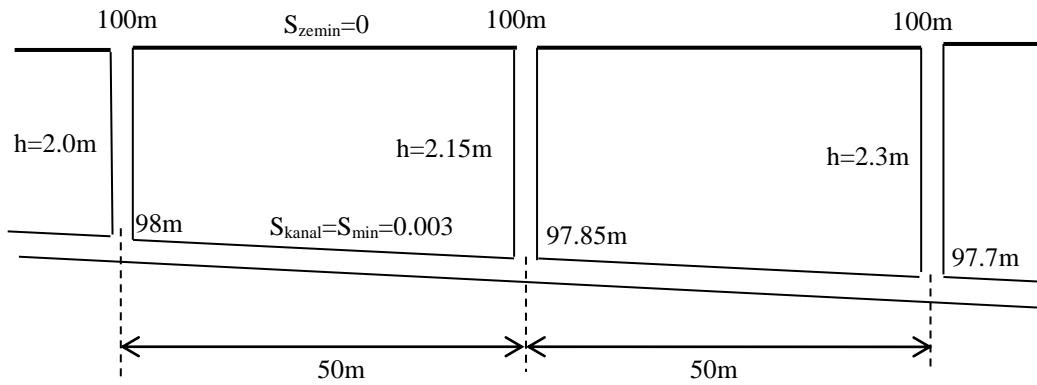
1.Cadde, $S_{\text{zemin}}=0 < S_{\min}$ ve $h=h_{\min}$ olduğundan $S_{\text{kanal}}=S_{\min}=0.003$ seçilir.

Maksimum baca aralığı 50 m olduğundan kotlar:

$$98.0 - 0.003 * 50 = 97.85 \text{ m}$$

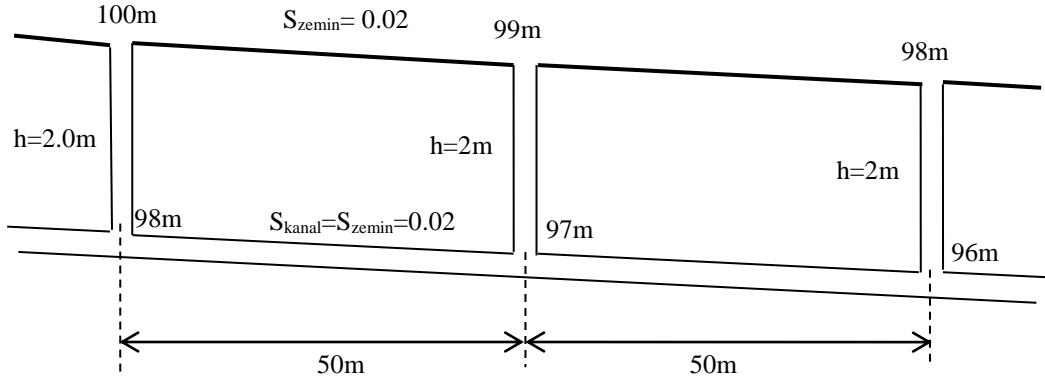
$$97.85 - 0.003 * 50 = 97.7 \text{ m}$$

$$h_{\text{son}} = 100 - 97.7 = 2.3\text{m} > h_{\min} = 2.0\text{m}$$



Kentsel Drenaj-Kanalizasyon Sistemleri

2.Cadde



$$S_{zemin} = \frac{100-98}{100} = 0.02$$

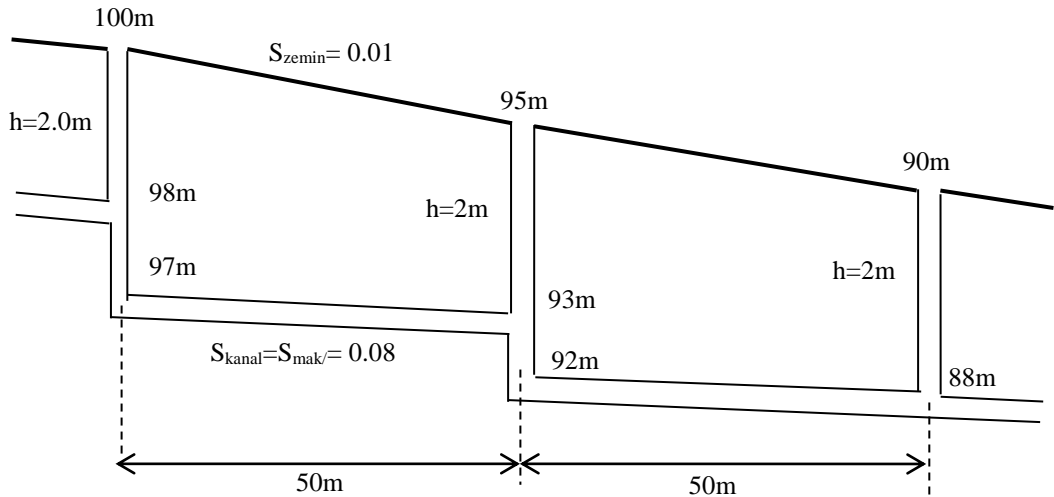
$$S_{min}=0.003 < S_{zemin}=0.02 < S_{mak}=0.08$$

$$98-0.02*50=97m$$

$$97-0.02*50=96m$$

$$h_{son}=98-96=2m = h_{min}=2.0m$$

3.Cadde



$$S_{cad} = \frac{100-90}{100} = 0.01 > S_{mak} \rightarrow S_{kanal} = S_{mak}$$

1m lik 2 adet şüt yapılır.

$$98.0-1.0-(0.08*50)= 93.0m$$

Kentsel Drenaj-Kanalizasyon Sistemleri

$$A - S_{\min} * x + h_{\max} = B + S_{\text{zemin}} * x$$

$$98 - 0.003 * x + 6 = 100 + 0.077 * x \quad x = 50\text{m}$$

$$\text{Pompa kotu} = 98 - 0.003 * 50 = 97.85\text{m}$$

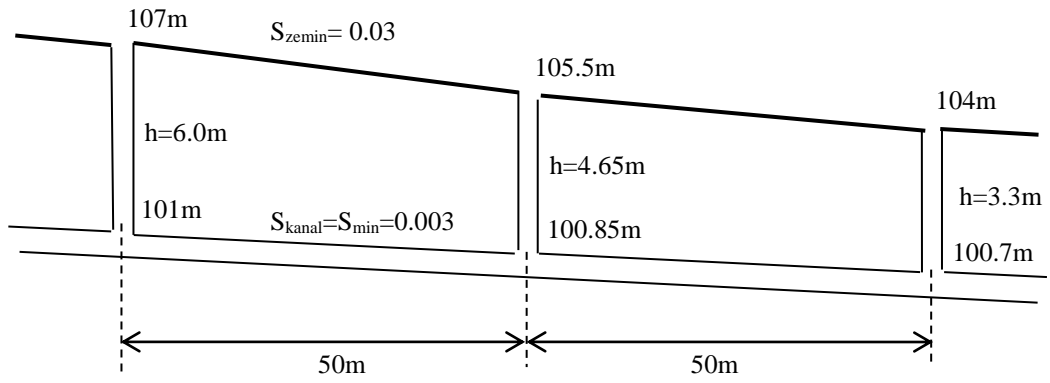
$$\text{C kotu} = 100 + 0.077 * 50 = 103.85\text{m}$$

$$\text{D'nin kotu} = 103.85 - H_{\min} (2.0\text{m}) = 101.85$$

$$\text{Terfi yüksekliği} = 101.85 - 97.85 = 4.0\text{m}$$

$$\text{3 nolu bacanın kotu} = 101.85 - 0.003 * 50 = 101.70\text{m}$$

6.cadde



$$S_{\text{zemin}} = \frac{107 - 104}{100} = 0.03 > S_{\text{min}}$$

$$\text{2 nolu baca cadde kotu} = 107 - 0.03 * 50 = 105.5\text{m}$$

$$\text{2 nolu bacanın taban kotu} = 101 - 0.003 * 50 = 100.85\text{m}$$

$$\text{3 nolu bacanın kotu} = 100.85 - 0.003 * 50 = 100.7\text{m}$$

$$\text{Kazı derinliği} = 104 - 100.7 = 3.3\text{m}$$

7.cadde

1.yöntem

Tek eğimle:

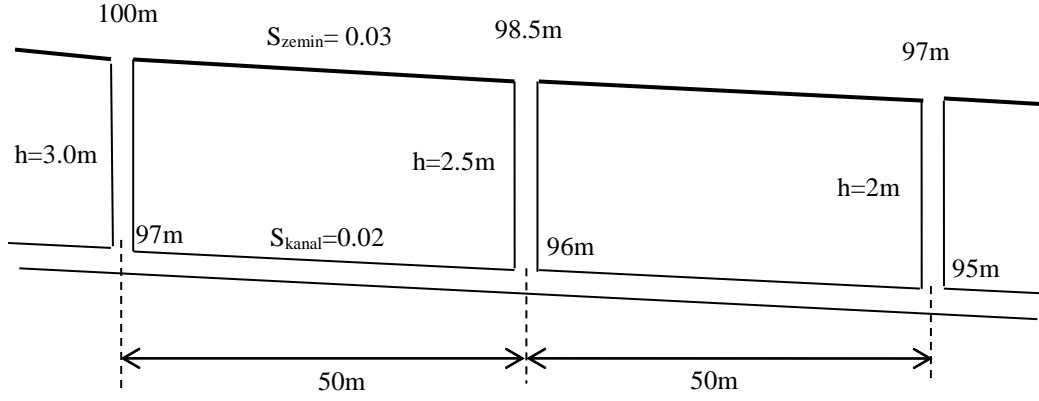
Kentsel Drenaj-Kanalizasyon Sistemleri

$$S_{kanal} = \frac{97-95}{100} = 0.02$$

$$97.0-50*0.02=96.0\text{m}$$

$$96.0-50*0.02=95.0\text{m}$$

$$97.0-95.0=2.0\text{m}$$



2.yöntem

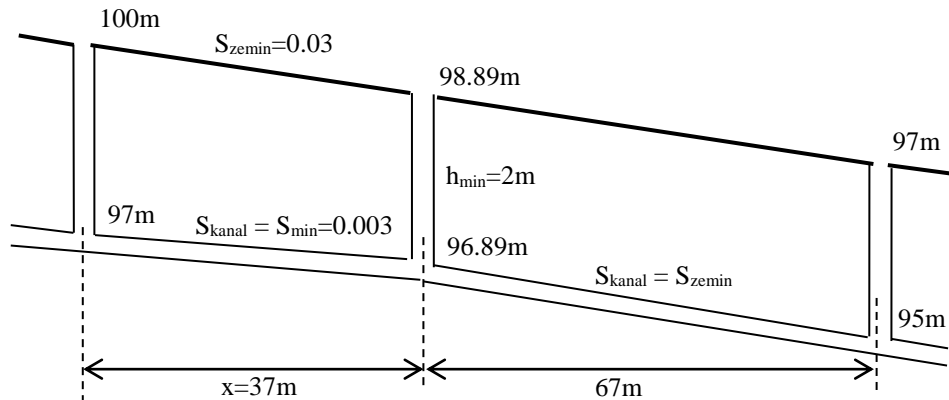
$$S_{zemin} = \frac{100-97}{100} = 0.03 > S_{min}$$

$S_{kanal}=S_{min}$ alarak,

$$97-0.003*x+2=100-0.03*x \quad x=37\text{m}$$

$$97-0.003*37=96.89\text{m}$$

$$96.89-(100-37)*0.03=95\text{m}$$



Kentsel Drenaj-Kanalizasyon Sistemleri

6.14 Maksimum ve Minimum Akış Hızları

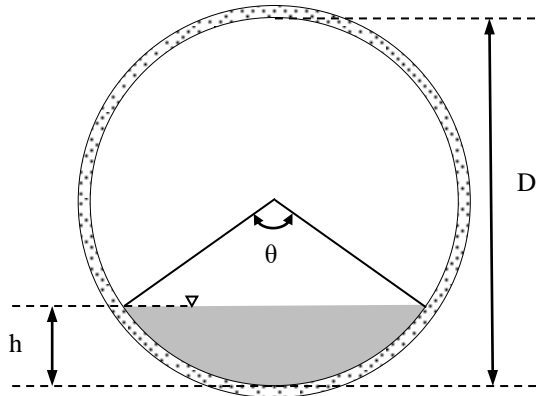
Atıksu kanallarında katı maddelerin çökelmesini engellemek için hız 0.5m/sn 'nin altına düşmemelidir. Ayrıca hız 3.5m/sn 'yi geçmemelidir. Atıksu kanalları en fazla %50 doluluk oranlarına göre tasarlanmalıdır. Kanallarda su derinliğini 2 cm 'nin altına düşüren hızlardan kaçınılmalıdır. Hızın fazla olması, sürüklenen katı maddeler tarafından borunun aşınmasına sebep olur ve bu nedenle hızlar V_{\min} ve V_{\max} arasında kalması sağlanır.

Yağmursuyu kanallarında çökelmeleri engellemek için hız 0.5m/s 'nin altına düşmemeli, ayrıca hız 5m/s 'yi geçmemelidir.

Hız yukarıda verilen minimum değerlerin altında kaldığı zaman boru içinde katı maddelerin çökmesi ve tıkanmalar olur; bu birikimler kokuşur, etrafı rahatsız eder, H_2S (sülfür) açığa çıkarak korozyonu hızlandırır. Hızlar minimum değerinin üzerine çıkarılmadığı zaman kanalın başına yıkama bacası konur.

6.15 Minimum Su Derinliği

Minimum su derinliği, birleşik sistem ve atık su şebekelerinde kaba pisliklerin dibe çöküp kalmaması, yüzerek sürüklenmesi için 20 mm den az olmamalıdır. Bazı kaynaklarda bu derinlik $h \geq D/10$ olarak verilmektedir. Kullanılmış su mecralarında su derinliği en az çapın %10 kadar olmalıdır. Aşağıdaki Şekil 6.16 da gösterilmiştir.



Şekil 6.16. Dairesel kesitli kanallarda kısmi dolu akış özellikleri

Kentsel Drenaj-Kanalizasyon Sistemleri

- θ Su kesitinin dairesel kesit merkezinde oluşturduğu açıdır (radyan).
h Akış derinliği (m)
D Kanal çapı (m)

6.16 Kanalizasyon Bacaları

Bacalar, kanalizasyon mecralarının zemin yüzeyi ile irtibatını sağlayan elemanlardır. Kanalizasyon tesislerinde kullanılan bacalar dörde ayrılır.

- Muayene bacaları
- Düşümlü bacalar
- Yıkama bacaları
- Parsel bacaları

Mecraların muayenesi bakımı ve temizliği yönünden aşağıdaki şartların sağlandığı her yerde bacalar tesis edilmelidir.

- Yön değişmelerinde,
- Eğim değişmelerinde,
- Mecra çapı değişmelerinde,
- Sokak mecralarının bağlantı noktasında,
- Demiryolu, karayolu, kanal ve dere geçişlerinin her iki tarafında.

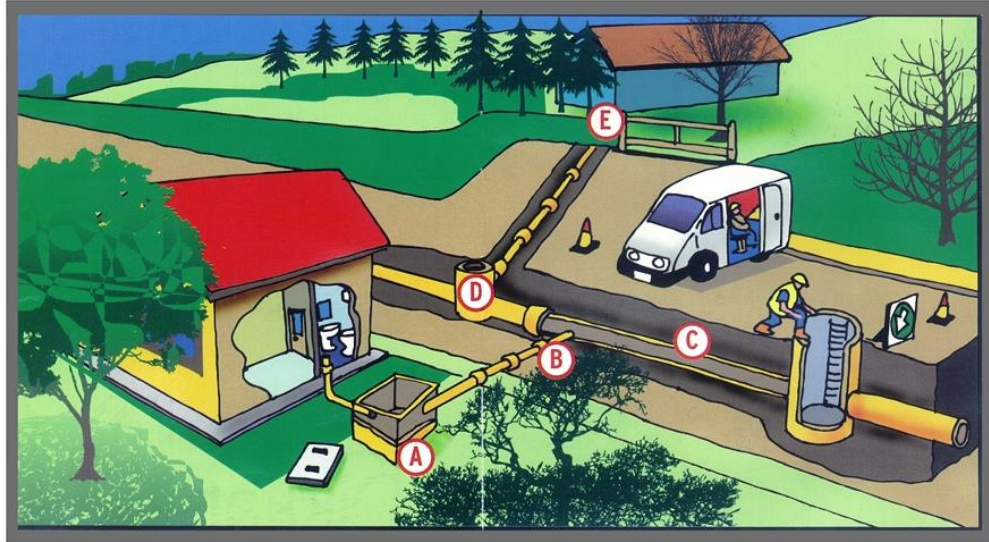
Proje kriterleri arasında verilmesi gereken bir değer de iki baca arasındaki müsaade edilen maksimum mesafedir. Bacaları daha sık yapmak süratiyle, birçok hallerde kazı hacmini azaltmak mümkündür. Fakat kazı maliyetinden yapılacak tasarrufun, ilave baca yapımında harcanacak maliyetle karşılaştırılması gerekir. Bacalar arası mesafeler kullanılan mecra çaplarına göre değişmektedir. Bu değerler Tablo 6.6 da verilmiştir. Baca mesafelerinin belirlenmesinde belediyelerin elindeki temizleme aletlerinin boy yönünden kapasitesi önemlidir. Eğer giriş çıkış mecraları aynı çaplı ise, düz kısımlardaki çıkış borusu tabanı girişinkinden 30 mm kadar aşağıya düşer.

Kentsel Drenaj-Kanalizasyon Sistemleri

Tablo 6.6 Mecra çapına göre maksimum baca arası mesafeleri

Mecra Çapı (mm)	Bacalar Arası Maksimum Mesafe (m)
200- 550	50
600-800	70
900-1400	100
1400 den büyük ise	125-150

Kanalizasyon sisteminin işleyişini, parsel bacası, muayene bacası gibi rögarların (menhollerin) bağlantı şeklini aşağıdaki resim üzerinden görülmektedir Şekil 6.17.



- (A) Parsel Bacası
- (B) Bağlantı Kanalı
- (C) Kanalizasyon hattı
- (D) Muayene Bacası
- (E) Arıtma Tesisi

Şekil 6.17. Baca çeşitleri ve bağlantıları (<http://www.standarboru.com.tr/alt-yapi>)

6.17 Muayene Bacası (Menhol / Rögar)

Toplayıcı / taşıyıcı yağmursuyu ve kanalizasyon hatlarında kontrol, müdahale, havalandırma, bağlantı, dönüş gibi amaçlarla kurulan bacalara *Muayene Bacası* denir.

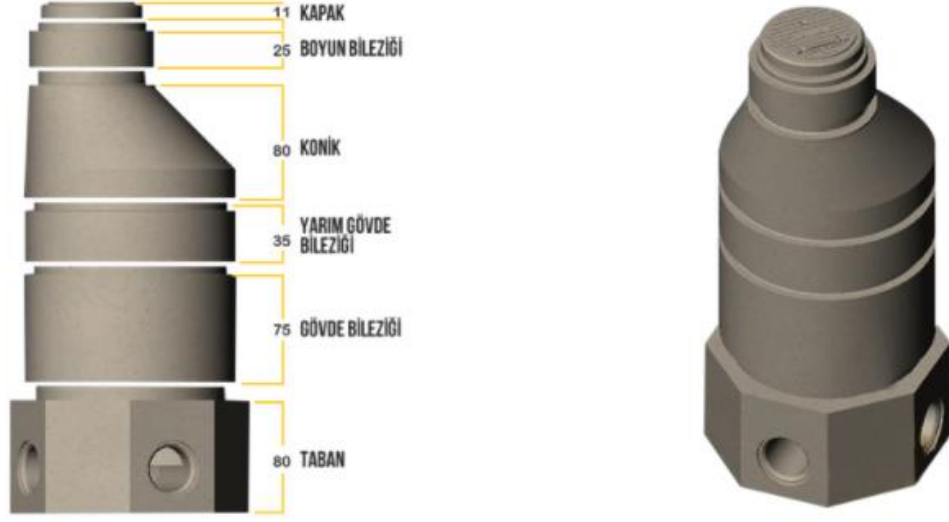
Kentsel Drenaj-Kanalizasyon Sistemleri

Halk arasında menhol, beton baca, rogar, rögar ve logar şeklinde de anılır. Bu bacalar: mecra başlarında, yön değiştirme noktalarında, kavşak yerlerinde, eğim ve kesit değişen yerlere; mecra çapına bağlı olarak 50 m ile 120 m de bir olmak üzere düz kısımlara konur. İki baca arasındaki kanal mutlaka düz gitmelidir. İçinde insan yürüyebilecek olan kanallar yatay kurp yapılabilir. Baca tabanında çökelme ve yığılmalara meydan verilmemelidir. Kanalların baca içerisinden rahatça temizlenebilmeleri için yeteri kadar büyük olması gerekir. Baca tabanı kare planlı yapılmalıdır. Bazı özel temel durumları için daire plan da seçilebilir. Baca tabanının oturduğu temel, beton veya kâgirden inşa edilebilir. Temel kalınlığı 20 cm nin altına inmemelidir. Baca tabanında bırakılan suyollarına bu kısmın betonlanması sırasında şekil verilir. Baca tabanında bırakılan suyollarına, bacadan uzaklaşan kanala doğru üniform bir eğim verilecektir. Eğer bacaya birbirinden farklı profilde olan kanallar birleşiyorsa, kanal sırtları aynı yükseklikte olacak şekilde inşa edilir. Baca tabanında çamur yığılmasını önlemek için suyolu ile baca duvarı arasında kalan yan yüzeylere 1/10 kadar bir eğim verilmelidir. Suyolu ile baca tabanındaki yan yüzeyler gerekirse kaplanır veya betondan yapılarak üzerleri sıvanır. İnşaat işlerini kolaylaştırmak için, bacaya giren ve oradan çıkan kanallar baca duvarlarının iç yüzüne kadar uzatılırlar. Bacalarda kullanılacak harç ve betonun imalinde, içinde kireci az bulunan çimentoların kullanılmasında tavsiye edilmektedir.

Günümüzde normal bacalar prefabrik olarak, beton halkalar şeklinde, fabrikada imal edilmekte ve inşaat mahallinde bu beton halkalar üst üste geçirilerek bacalar oluşturulmaktadır Şekil 6.18. Prefabrik bacaya 150–250mm den daha büyük çaplı borular bağlanacağı zaman alt kısımlar yerinde dökülür. Betondan yapılan bacalarda aşındırıcı etkisi olan sulara karşı önlem alınmalı, yer altı su seviyesi yüksekse dış yüzeylere 2cm sıva ve en az üç kat yalıtım malzemesi sürülmelidir. İçeri inmek için 40–50cm aralıklı basamaklar konulmalıdır. Baca kapağının en az çapı 60cm olmalıdır. Trafığe açık caddelerdeki bacalar ve kapakları, üzerinden nakil vasıtaları geçecek şekilde dayanıklı yapılmalıdır. Baca kapağındaki hava delikleri kanal ağının havalanmasına yeterli olmalıdır. Büyük çaplı kollektör hatlarına kurulacak bacalar yerinde dökme özel ölçülü imalatlardır. Derinliği 4.0m den fazla olan, zemin şartlarının müsait olmadığı ve ağır yük altında kalacak Muayene Bacalarının

Kentsel Drenaj-Kanalizasyon Sistemleri

imalatında donatı (demir/hasır çelik) kullanılmalıdır. Projelendirme, hesap, özen ve dikkat gerektiren bir mühendislik işidir, pahalı bir imalattır.



Şekil 6.18. Beton muayene baca elemanları

(<https://www.torkprefabrik.com/>)

Plastik Muayene Bacaları (Menhol): 6m derinliğe kadar ve 2m yeraltı su tablası altında kullanılabilir. Basamaklı veya basamaksız, yekpare veya parçalar halinde temin edilebilir. Darbeye dayanıklı, sızdırmaz, mukavemetli, hızlı montaj, hafif, bakım gerektirmez Şekil 6.19.



Şekil 6.19. Plastik muayene bacası (<https://www.gezerplastik.com.tr/>)

6.18 Düşümlü Bacalar

Zemin eğiminin, boru malzemesinin aşınması açısından, izin verilenden fazla hız meydana gelmesine sebep olduğu yerlerde kullanılan bacalardır. Bu bacalar kanal eğimini azaltır ve dolayısıyla hız istenilen düzeyde tutulur. Düşü yüksekliği 2m yi geçmez fakat zorunlu hallerde 4m ye çıkabilir. Düşü yüksekliği fazla büyük olunca

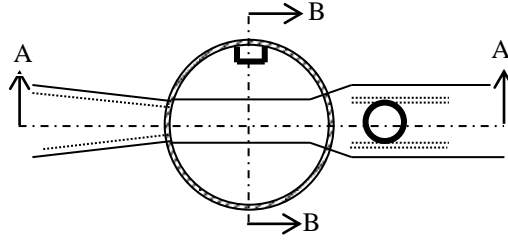
Kentsel Drenaj-Kanalizasyon Sistemleri

kinetik enerjiyi kırarak tedbiri almak gerekir. Oyulmaların önlenmesi su, beton yerine su kütlesi üzerine düşürülür. Düşümlü bacalar ikiye ayrılır.

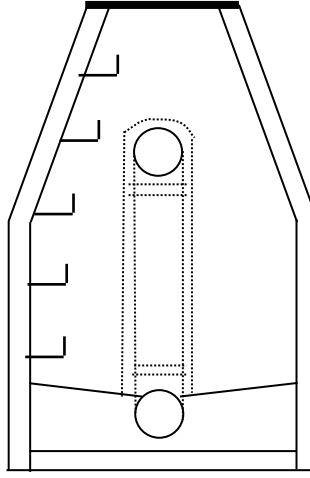
- Dıştan düşümlü Bacalar (Şekil 6.20)
- İçten Düşümlü Bacalar (Şekil 6.21)

Dıştan düşümlü bacalar giriş borusu çapı 400mm ye kadar olan küçük çaplı mecralar için yapılırlar. Giriş borusu çapı 400 mm den küçükse düşü borusu çapı $D_1=150\text{mm}$, $D=400\text{mm}$ ise $D_1=200\text{mm}$ yapılırlar. Bazen küçük D_1 çaplı düşü borusu doğrudan baca içine monte edilir. Bacaların düşüm yatağı, akışın düzgün olması için parabol şeklinde yapılırlar Şahan, (2001).

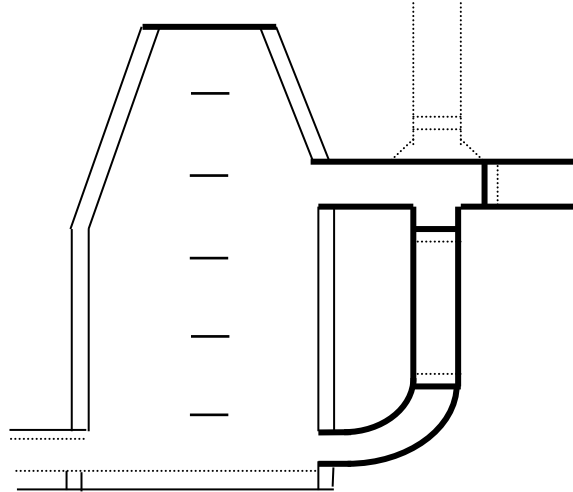
Kentsel Drenaj-Kanalizasyon Sistemleri



(a) Dıştan düşümlü baca planı



(b) Dıştan düşümlü baca B-B Kesiti



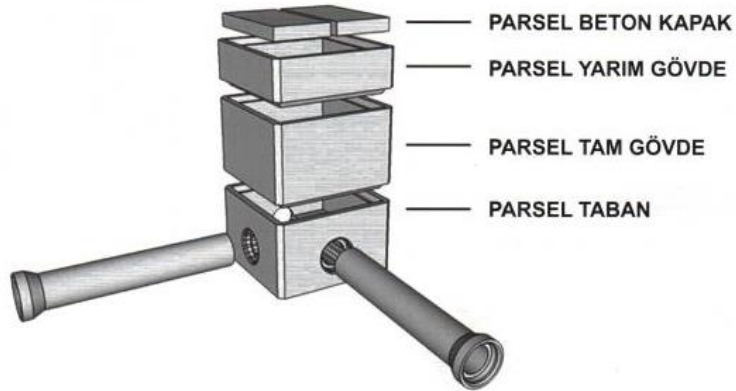
(c) Dıştan düşümlü baca A-A Kesiti

Şekil 6.20. Dıştan düşümlü baca kesitleri

Kentsel Drenaj-Kanalizasyon Sistemleri

6.19 Rögär- Parsel Bacası

Pis su bağlantı hatları inşaatında bina çıkışlarına kontrol ve müdahale amaçlı konan bacalara *Parsel Bacası* denir. Adından da anlaşılacağı üzere o parselde ait ve parselin sınırları içerisinde kalan müstakil bir imalattır. Bir apartmana ait dairelerin pis suları o apartmanın bahçesinde yapılan bir parsel bacasında toplanır. Buradan tek bir boru hattı ile caddedeki pıssu kanalına bağlanır. Bir binanın pıssuyu mümkün olduğu kadar tek bir çıkışta toplanmalı ve bu çıkış bir çatal parçası ile mecraya bağlanmalıdır. Fakat sokakta şebeke borusu çok derinde bulunuyorsa, şebeke borusu yer altı suyu içinde ise veya sokakta şebeke borusu yoksa yani bağlantının ekonomik olmama durumu söz konusu ise, şebekeye birden fazla bina birlikte bağlanabilir. Parsel bacaları bahçe yoksa yaya kaldırım altında yapılır. Ev bağlantı hattında en uygun eğim 1/50 dir. Parsel Bacaları daire veya kare kesitlidir, örneği aşağıda görülmektedir Şekil 6.22.



Şekil 6.22. Parsel bacası elemanları (<http://www.bestimbeton.com.tr/altyp.html>)

Kentsel Drenaj-Kanalizasyon Sistemleri

6.20 Atık Su Kanallarının Hidrolik Hesabı

Kanal boy kesitleri geçirilip eğimler tespit edildikten sonra kanallara çap verilir. Hesaplar sırasında dikkat edilecek husus boru çaplarının kanal ağı boyunca artması veya aynı kalması gerekir. Atık su yağmur suyu ve birleşik sistem kanaları içerisinde serbest yüzeyli akımlar olacak şekilde olacak şekilde projelendirilir. Hesaplamalarda Manning veya Kutter formülleri kullanılır.

6.20.1 Manning Denklemi

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2} \quad (6.3)$$

V=akımın hızı(m/sn)

R=hidrolik yarıçap(m)

n=pürüzlülük katsayısı

S= Mecra eğimi

Beton borularda n=0.013–0.015

Çelik borularda n=0.01–0.013

Beton kaplamalı borular n=0.012–0.018

Korige borularda n= 0.009-0.01

6.20.2 Kutter Formülü

$$V = C \cdot \sqrt{R \cdot S} \quad (6.4)$$

$$C = \frac{100\sqrt{R}}{m + \sqrt{R}}, \quad (6.5)$$

Kentsel Drenaj-Kanalizasyon Sistemleri

m=Kutter pürüzlülük katsayısı	Santrifüj ve beton boru	m=0.2
R=A/P (m)	Diğer beton boru	m=0.35
P=ıslak çevre (m)	Korige Boru	m=0.13

Örnek 6.2

S=1 olması durumunda, D=200mm çapındaki beton borunun dolu olarak iletebileceği debiyi Kutter formülü ile hesaplayınız. Beton Boru için m=0.35

$$V = C\sqrt{R.S}, \quad V = \frac{100\sqrt{R}}{m + \sqrt{R}}\sqrt{R.S}$$

m=0.35 (Beton borular için), S=1 alınarak

$$V_k = C\sqrt{R} = \frac{100\sqrt{\frac{0.2}{4}}}{0.35 + \sqrt{\frac{0.2}{4}}}\sqrt{\frac{0.2}{4}} = 8.7m/s$$

$$Q_k = V_k \cdot A = 8.7 \cdot \frac{\pi \cdot 0.2^2}{4} = 0.274m^3/s = 274lt/s$$

Benzer şekilde Eğimin 1/1 olması durumunda farklı çaptaki dairesel boruların taşıyabileceği debi ve hız değerleri Tablo 6.7 de verilmiştir.

Kentsel Drenaj-Kanalizasyon Sistemleri

Tablo 6.7 Dolu halde eğimin 1/1 kabulünde bulunan değerler

Çap	Q _k	V _k
mm	lt/s	m/s
200	274	8.7
250	511	10.4
300	850	12.0
350	1304	13.5
400	1886	15.0
450	2610	16.4
500	3489	17.8
600	5752	20.3
700	8765	22.8
800	12610	25.1
900	17364	27.3
1000	23100	29.4
1200	37795	33.4
1400	57158	37.1
1600	81860	40.7
2000	148594	47.3
3000	435967	61.7

Çap sabit kalıp eğim değiştiğinde V_{Dolu} ve Q_{Dolu} değişecektir ve çapa bağlı olarak;

$$V_D = \sqrt{\frac{1}{a}} \cdot V_k \quad (6.6)$$

$$Q_D = \sqrt{\frac{1}{a}} \cdot Q_k \quad (6.7)$$

Formülleri ile hesaplanabilir.

Atık su kanallarında su derinliği 'h' ve borunun çapını 'D' ile göstererek kısmen dolu kanallara ait ıslak kesit, ıslak çevre, hidrolik yarıçap gibi büyüklükler h/D oranına bağlı olarak hesaplanabilir. Örnek olarak Manning formülünü kullanarak kısmen dolu kanallara ait büyüklükleri küçük harflerle, tam dolu kanallara ait büyüklükleri büyük harflerle gösterelim. Önce θ merkez açısı (Şekil 6.16) hesaplanır ise;

$$\cos \frac{\theta}{2} = \frac{D-h}{D/2} = 1 - \frac{2h}{D} \quad (\text{rad}) \quad (6.8)$$

Kentsel Drenaj-Kanalizasyon Sistemleri

a=ıslak kesit alanı

$$a = \frac{D}{4} \left(\frac{\pi\theta}{360} - \frac{\sin\theta}{2} \right) \quad (6.9)$$

r=hidrolik yarıçap

$$r = \frac{D}{4} \left(1 - \frac{360\sin\theta}{2\pi\theta} \right) \quad (6.10)$$

Tam dolu kesit $A=\pi D^2/4$

Hidrolik yarıçap $R=D/4$

$$\frac{a}{A} = \frac{\theta}{360} - \frac{\sin\theta}{2\pi} \quad \frac{r}{R} = 1 - \frac{360\sin\theta}{2\pi\theta} \quad (6.11)$$

Bütün bu formüllerde θ derece cinsinden yerine konmalıdır. Üniform akım kabulü ile $s=S$ yazılır ve bu ifadeler Manning denkleminde yerine yazılır ise kısmen dolu durumda akım hızı:

$$v = \frac{1}{n} r^{2/3} s^{1/2} \quad (6.12)$$

Tam dolu akım hızı:

$$V = \frac{1}{N} R^{2/3} S^{1/2} \quad (6.13)$$

$N=n$ için

$$\frac{v}{V} = \frac{N}{n} \left(\frac{r}{R} \right)^{2/3}$$
$$\frac{v}{V} = \left(\frac{r}{R} \right)^{2/3} \quad (6.14)$$

Debi oranı için

$q=v a$

$Q=V A$

$$\frac{q}{Q} = \left(\frac{v}{V} \right) \left(\frac{a}{A} \right) = \left(\frac{a}{A} \right) \left(\frac{r}{R} \right)^{2/3} \quad (6.15)$$

Kentsel Drenaj-Kanalizasyon Sistemleri

Formüllerini elde edilebilir $n=N$ için bu formüllerden elde edilmiş hız ve debi oranları Tablo 6.8 de yazılmış ve Şekil 6.24 de kesikli çizgilerle gösterilmiştir. Şekil 6.25 bu eğrilerin %30 doluluk oranına karşı gelen kısmının hassas gösterimidir.

Örnek 6.3

Bir kanalda $h/D=0.4$ için v/V ve q/Q oranlarını hesaplayıp bunların Tablo 6.8 de yazılı değerler olduğunu gösterelim.

$$\cos\theta/2=1-2h/D=1-2*0.4=0.2$$

$$\theta/2=\arccos 0.2 \quad \theta=2.739 \text{ rad}$$

$$\theta=2.739 \text{ rad} \quad x \text{ derece}$$

$$2\pi \text{ rad} \quad 360 \text{ derece}$$

$$\theta=2.739*360/2\pi$$

$$\theta=156.93 \text{ derece}$$

$$\frac{a}{A} = \frac{\theta}{360} - \frac{\sin\theta}{2\pi} = \frac{156.93}{360} - \frac{\sin 156.93}{2\pi} = 0.373$$

$$\frac{r}{R} = 1 - \frac{360\sin\theta}{2\pi\theta} = 1 - \frac{360\sin(156.93)}{2\pi(156.93)} = 0.857$$

$$\frac{v}{V} = \frac{r}{R}^{2/3} = (0.8569)^{2/3} = 0.902$$

$$\frac{q}{Q} = \left(\frac{a}{A}\right)\left(\frac{v}{V}\right) = 0.3735*0.902 = 0.337$$

Kentsel Drenaj-Kanalizasyon Sistemleri

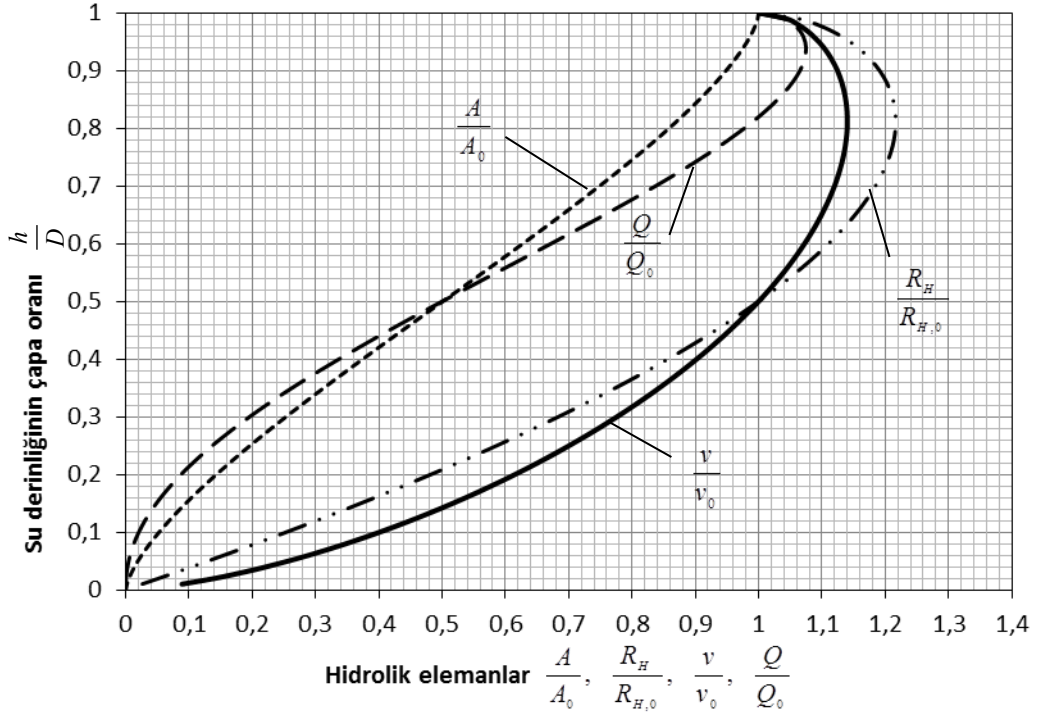
Tablo 6.8 Daire en kesitli bir kanalın hidrolik elemanları

Su derinliği h/D	Islak kesit a/A	r/R	N/n=1 için		
			v/V	q/Q	N/n
1.0	1.000	1.000	1.000	1.000	1.00
0.9	0.949	1.192	1.124	1.066	0.93
0.8	0.858	1.217	1.140	0.988	0.89
0.7	0.784	1.185	1.120	0.838	0.85
0.6	0.626	1.110	1.072	0.671	0.82
0.5	0.500	1.000	1.000	0.500	0.80
0.4	0.373	0.857	0.902	0.337	0.79
0.3	0.252	0.684	0.776	0.196	0.78
0.2	0.143	0.482	0.615	0.088	0.79
0.1	0.052	0.254	0.401	0.021	0.81

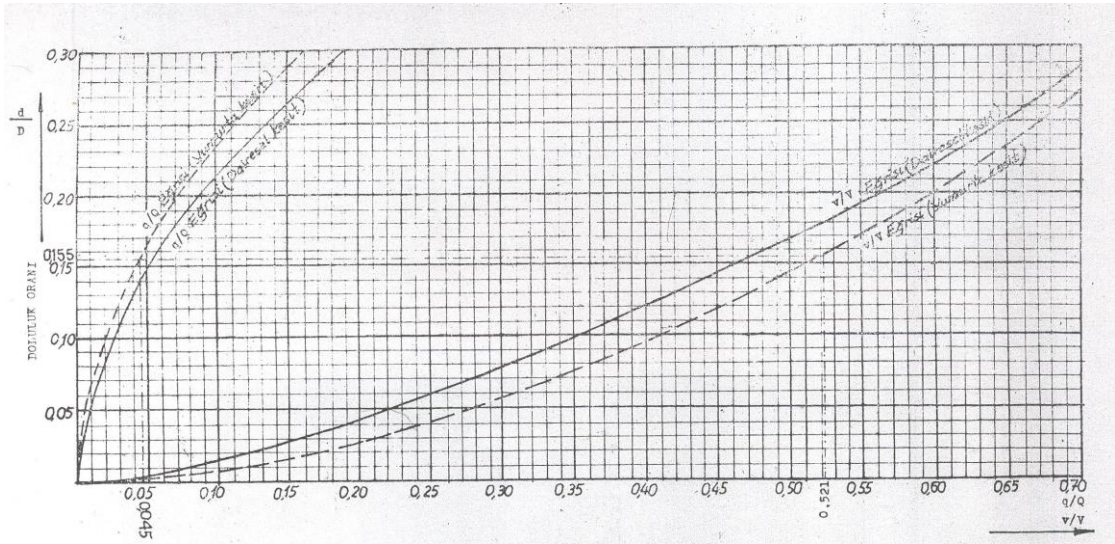
Pratikte serbest su yüzeyindeki havanın sürtünme etkisi ve kanal çevresindeki sürtünme ile Tablo 6.8 de hesaplanan değerlerin gözlem neticelerine tam olarak uymadığı bilhassa debide Şekil 6.23 de kesikli çizgilerle gösterildiği gibi bir artış olmadığı, yani hiçbir zaman q' nun, Q dan büyük olmayacağı anlaşılmaktadır. Dolayısıyla bu etkileri göz önünde tutarak Şekil 6.23 de dolu çizgilerle gösterilmiştir. Hesaplarda bu eğrilerin kullanılması tavsiye edilmektedir.

Şekil 6.24. Küçük doluluk oranlarında q/Q ve v/V değerleri daha hassas gösterilmiştir. **Tablo 6.9** dairesel kesitli borular için doluluk oranlarına karşı hız ve debi oranları tablo halinde gösterilmiştir.

Kentsel Drenaj-Kanalizasyon Sistemleri



Şekil 6.23. Dairesel kesitli kanallarda hidrolik elemanlar



Şekil 6.24. Küçük doluluk oranlarında q/Q ve v/V değerleri

Kentsel Drenaj-Kanalizasyon Sistemleri

Tablo 6.9 Dairesel kesitli borular için doluluk oranlarına karşı hız ve debi oranları

Q_H/Q_D	% (h/D)	V_H/V_D	Q_H/Q_D	% (h/D)	V_H/V_D	Q_H/Q_D	% (h/D)	V_H/V_D
0.000	0.0	0.000	0.066	17.4	0.563	0.420	45.2	0.956
0.001	1.0	0.080	0.067	17.6	0.556	0.430	45.8	0.961
0.002	1.8	0.118	0.068	17.7	0.558	0.440	46.4	0.967
0.003	2.5	0.131	0.069	17.8	0.561	0.450	47.0	0.972
0.004	5.0	0.227	0.070	17.9	0.564	0.460	47.6	0.978
0.005	5.4	0.239	0.071	18.0	0.565	0.470	48.2	0.983
0.006	5.7	0.250	0.072	18.2	0.569	0.480	48.8	0.989
0.007	6.1	0.262	0.073	18.3	0.571	0.490	49.4	0.994
0.008	6.4	0.274	0.074	18.5	0.574	0.500	50.0	1.000
0.009	6.8	0.286	0.075	18.6	0.577	0.510	50.8	1.007
0.010	7.1	0.297	0.076	18.7	0.579	0.520	51.2	1.009
0.011	7.5	0.309	0.077	18.8	0.582	0.530	51.7	1.014
0.012	7.8	0.317	0.078	18.9	0.584	0.540	52.4	1.018
0.013	8.1	0.325	0.079	19.0	0.587	0.550	52.9	1.023
0.014	8.4	0.333	0.080	19.2	0.590	0.560	53.5	1.026
0.015	8.6	0.340	0.081	19.3	0.593	0.570	54.0	1.032
0.016	8.9	0.348	0.082	19.5	0.595	0.580	54.6	1.036
0.017	9.1	0.356	0.083	19.6	0.598	0.590	55.2	1.040
0.018	9.4	0.364	0.084	19.7	0.601	0.600	55.8	1.044
0.019	9.7	0.372	0.085	19.8	0.603	0.610	56.4	1.048
0.020	10.0	0.380	0.086	20.0	0.606	0.620	57.0	1.052
0.021	10.2	0.385	0.087	20.1	0.609	0.630	57.6	1.056
0.022	10.4	0.391	0.088	20.2	0.610	0.640	58.1	1.059
0.023	10.6	0.397	0.089	20.3	0.611	0.650	58.7	1.063
0.024	10.8	0.402	0.090	20.4	0.613	0.660	59.3	1.067
0.025	11.0	0.407	0.091	20.5	0.615	0.670	59.8	1.070
0.026	11.3	0.413	0.092	20.6	0.617	0.680	60.5	1.075
0.027	11.5	0.418	0.093	20.7	0.619	0.690	61.1	1.078
0.028	11.7	0.424	0.094	20.8	0.620	0.700	61.7	1.081
0.029	11.9	0.430	0.095	20.9	0.622	0.710	62.2	1.084
0.030	12.1	0.435	0.096	21.0	0.624	0.720	62.8	1.087
0.031	12.3	0.440	0.097	21.1	0.626	0.730	63.4	1.090
0.032	12.5	0.446	0.098	21.2	0.628	0.740	64.0	1.094
0.033	12.7	0.450	0.099	21.3	0.629	0.750	64.6	1.097
0.034	12.8	0.454	0.100	21.4	0.634	0.760	65.2	1.100
0.035	13.0	0.457	0.110	22.4	0.649	0.770	65.8	1.102
0.036	13.2	0.461	0.120	23.4	0.667	0.780	66.4	1.105
0.037	13.3	0.465	0.130	24.4	0.685	0.790	67.1	1.107
0.038	13.5	0.469	0.140	25.3	0.701	0.800	67.7	1.110
0.039	13.7	0.472	0.150	26.2	0.714	0.810	68.4	1.112
0.040	13.8	0.476	0.160	27.0	0.727	0.820	69.0	1.115
0.041	14.0	0.480	0.170	27.9	0.741	0.830	69.6	1.117
0.042	14.2	0.484	0.180	28.7	0.753	0.840	70.3	1.120
0.043	14.3	0.487	0.190	29.6	0.766	0.850	70.9	1.121
0.044	14.5	0.491	0.200	30.3	0.778	0.860	71.6	1.123
0.045	14.7	0.495	0.210	31.0	0.787	0.870	72.3	1.125

Kentsel Drenaj-Kanalizasyon Sistemleri

0.046	14.8	0.499	0.220	31.7	0.797	0.880	72.9	1.127
0.047	15.0	0.503	0.230	32.4	0.806	0.890	73.6	1.128
0.048	15.1	0.506	0.240	33.1	0.816	0.900	74.3	1.130
0.049	15.3	0.508	0.250	33.8	0.825	0.910	74.9	1.132
0.050	15.4	0.511	0.260	34.5	0.835	0.920	75.7	1.133
0.051	15.5	0.514	0.270	35.1	0.844	0.930	76.5	1.134
0.052	15.6	0.516	0.280	35.9	0.852	0.940	77.2	1.135
0.053	15.8	0.519	0.290	36.6	0.861	0.950	78.0	1.136
0.054	15.9	0.521	0.300	37.3	0.870	0.960	78.8	1.137
0.055	16.0	0.524	0.310	38.0	0.878	0.970	79.5	1.138
0.056	16.2	0.527	0.320	38.7	0.887	0.980	80.4	1.138
0.057	16.3	0.529	0.330	39.5	0.896	0.990	81.2	1.139
0.058	16.4	0.532	0.340	40.2	0.904	1.000	82.2	1.138
0.059	16.5	0.535	0.350	40.8	0.910	1.010	83.2	1.137
0.060	16.7	0.537	0.360	41.4	0.917	1.020	84.1	1.137
0.061	16.8	0.540	0.370	42.0	0.923	1.030	85.1	1.136
0.062	16.9	0.543	0.380	42.2	0.930	1.040	86.3	1.133
0.063	17.0	0.545	0.390	43.3	0.936	1.050	87.5	1.131
0.064	17.2	0.548	0.400	43.9	0.943	1.060	89.1	1.126
0.065	17.3	0.561	0.410	44.5	0.949	1.070	90.0	1.118

Kentsel Drenaj-Kanalizasyon Sistemleri

6.21 Kanalizasyon Hesap Tablosunun Doldurulması (Tablo 6.10)

- 1.Kolon: Kanal Başlangıç ve bitiş kodları
- 2.Kolon: Kanal Uzunluğu (m)
- 3.Kolon: Hesap yapılan bölge no
- 4.Kolon: Kanal birim boyuna gelen debi ($q=lt/sn/m$)
- 5.Kolon: Kanal pis su debisi $Q_{Kanal}=q.L(lt/sn)$
- 6.Kolon: Kanala su veren baca no
- 7.Kolon: Kanala su veren bacadan gelen su miktarı(lt/sn)
- 8.Kolon: Kanaldan geçen toplam debi (lt/sn) $\{(8)=(5)+(7)\}$
- 9.Kolon: Kanal başı zemin kotu (m)
- 10.Kolon: Kanal sonu zemin kotu (m)
- 11.Kolon: Kanal sırt kotu başta (m) , [Zemin kotu-Mecra derinliği]
- 12.Kolon: Kanal sırt kotu sonda (m) , [Zemin kotu-Mecra derinliği]
- 13.Kolon: Kanal başı mecra taban kotu (m), [(11)-D]
- 14.Kolon: Kanal sonu mecra taban kotu (m), [(12)-D]
- 15.Kolon: Kanal sırt derinliği başta (m), [(9)-(11)]
- 16.Kolon: Kanal sırt derinliği sonda (m), [(10)-(12)]
- 17.Kolon: Kanal baş ve son sırt kot farkı (m), [(11)-(12)]
- 18.Kolon: Kanal sırt eğimi, [(17)/(2)]
- 19.Kolon: Seçilen çap (mm)
- 20.Kolon: Tablo 6.7 den seçilen çapa bağlı olarak Q_k ve V_k değeri alınır.
 $Q_D = \sqrt{\frac{1}{a}} Q_k$ hesaplanır. Q_h/Q_D oranı bulunur, [$Q_h=(8)$], Tablo 6.9 dan Q_h/Q_D oranına karşı Gelen doluluk oranı ($\%h/D$) alınır.
- 21.Kolon: %50 dolu iken borunun iletim kabiliyeti: $Q_D = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{1}{a}} Q_k$ (lt/sn) hesaplanır.

Kentsel Drenaj-Kanalizasyon Sistemleri

22.Kolon: $V_D = \sqrt{\frac{1}{a}}V_k$ hesaplanır, Tablo 9 dan Q_h/Q_D ye karşı gelen V_h/V_D bulunur, V_h hesaplanır.

23.Kolon: Doluluk oranı (h/D) , (20) ve seçilen çap (D) , (19), belli olduğuna göre $h=(19)*(20)$ hesaplanır.

Kentsel Drenaj-Kanalizasyon Sistemleri

Tablo 6.10. Kanalizasyon projesi hesap tablosu

Kanal No	Kanal Uzunluğu	Bölge No	Bölge Pis su Debisi Lt/s/m	Pis Su Sarfiyatı			Kotlar						
				Kanal Pis su Debisi Lt/s	Yukarıdan Gelen		Toplam	Zemin kotu		Kanal Sirt Kotu		Kanal Taban Kotu	
					No'dan gelen	Sarfiyat		Başta	Sonda	Başta	Sonda	Başta	Sonda
(1)	m	(3)	Lt/s (4)	Lt/s (5)	(6)	Lt/s (7)	Lt/s (8)	(9)	(10)	m (11)	m (12)	m (13)	m (14)

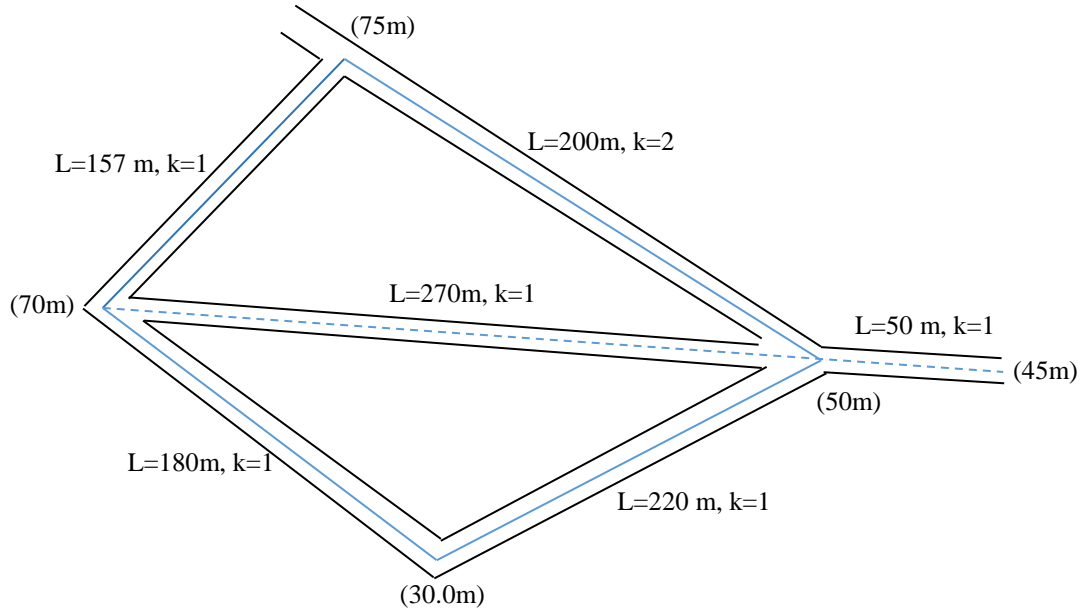
Mecra Sirtının Derinliği	Baş ve Son Sirt Kot Farkı	Kanal Üst Sirtının Eğimi	Kesit Karakteristikleri						Düşünceler
			Seçilen Çap	Doluluk Oranı	%50 Dolu İken İletim		Pis Suyun		
					Lt/s	%	Hızı	Derinliği	
m (15)	m (17)	1/a (18)	m (19)	(20)	Lt/s (21)	% (22)	m/s (23)	m (24)	

Kentsel Drenaj-Kanalizasyon Sistemleri

Örnek 6.4

Şekil de özellikleri verilen bölgenin atıksu kanal hesabını yapınız. $Q_{\text{mak}}=100\text{lt/N-g}$,
 $N_g=11232$ kişi

1. Mecra cinsi ve özellikleri; Kanalizasyon şebekelerinde beton mecra kullanılacaktır. Minimum mecra çapı 20cm beton borular kullanılacak olup Manning pürüzlülük katsayısı $n=0.014-0.015$ alınacaktır.
2. Akış hızları; Askıdaki maddelerin çökmemesi için bir minimum hız $V_{\text{min}}=0.5-0.6\text{m/s}$ ve maksimum hız $V_{\text{mak}}=3.0\text{m/s}$ olarak alınacaktır.
3. Akış derinliği; Mecra çapı D olmak üzere $D/10$ (minimum akış derinliği)
4. Doluluk oranı; Yönetmeliğe göre %60 özel durumlarda %80 e kadar alınabilir.
5. Maksimum hendek derinliği 4.0m, minimum hendek derinliği 2.0m alınacak.
6. Düşü yüksekliği; Maksimum düşü 2.0m, 0.4m ye kadar uygulanacak düşüler baca içinde 2.0m ye kadar olan düşülerde baca dışında yapılacaktır.
7. Minimum kanal uzunluğu; Minimum kanal uzunluğu 50.0m alınacaktır.



Örnek 2.4 yerleşim bölge planı

Kentsel Drenaj-Kanalizasyon Sistemleri

$$Q_{ilet} = \frac{11232 \cdot 100}{86400} = 13 \text{ lt/sn}$$

$$Q_{kul} = \alpha \beta Q_{ilet} = 1 \cdot 2 \cdot 13 = 26 \text{ lt/s}$$

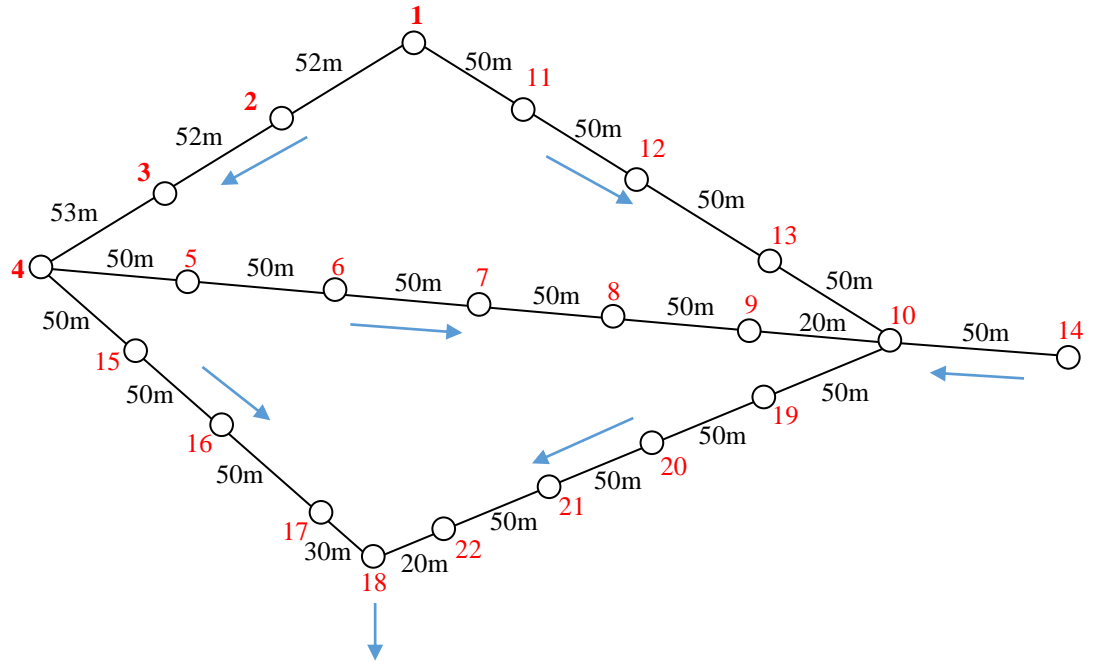
$\Sigma L' = \text{izaficaddeuzunlugu}$

$$\Sigma L' = kL_1 + kL_2 + kL_3 + kL_4 + kL_5$$

$$\Sigma L' = 1 \cdot 157 + 1 \cdot 270 + 1 \cdot 180 + 2 \cdot 200 + 1 \cdot 50 + 1 \cdot 220$$

$$\Sigma L' = 1270 \text{ m}$$

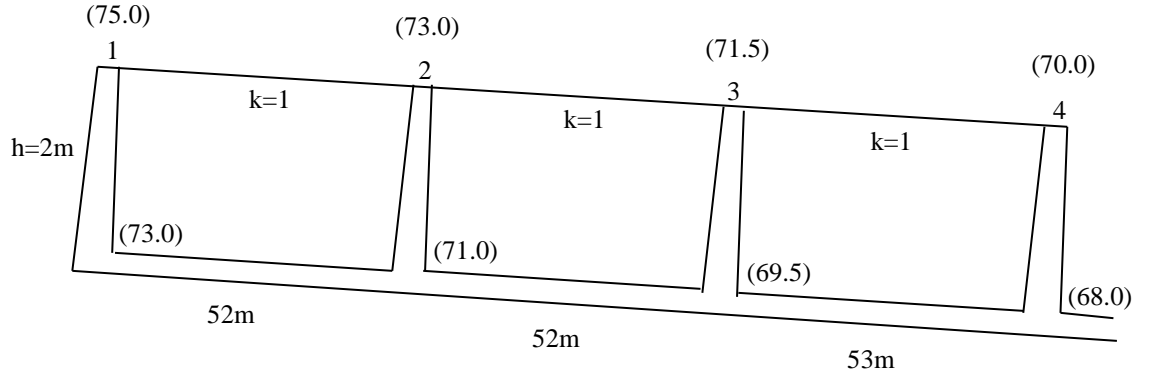
$$q_k = \frac{Q_{kul}}{\Sigma L'} = \frac{26}{1270} = 0.020472 \text{ lt/sn/m}$$



Örnek bölge kanal ağı ve bacalar

Kentsel Drenaj-Kanalizasyon Sistemleri

1-4 caddesinin hesabı



1-4 caddesi kanal ağı

$$S_{1-4} = \frac{75-70}{157} = 0.0319$$

Kanal başlangıç bacası olduğundan boru çapını; $D=20\text{cm}$ seçilir.

$D=20\text{cm}$ için; $S_{\min}=0.0033$ (1/300), $S_{\max}=0.067$ (1/15)

$S_{\min}=0.0033 < S_{1-4} < S_{\max}=0.067$, olduğundan $S_{\text{kanal}} = S_{\text{zemin}} = 0.0319$ alınır.

1-2 Kanalı (mecrası)

$$S_{1-2} = \frac{75-73}{52} = 0.0385 = \frac{1}{26}$$

Tablo 2.7. den $D=200\text{mm}$ için $\theta_k=274 \text{ lt/s}$ $V_k=8.7 \text{ m/s}$

$$Q_D = \sqrt{\frac{1}{a}} Q_k = \sqrt{\frac{1}{26}} \cdot 274 = 53.74 \text{ lt/s}$$

$$Q_H = q L_{1-2} = 0.020472 \cdot 52 = 1.065 \text{ lt/s}$$

(20) .Sütun

$$\frac{Q_H}{Q_D} = \frac{1.065}{53.74} = 0.0198$$

Tablo 2.9. dan 0.0198 (0.02) için $\%(H/D)=10.0$ $V_H/V_D=0.380$

Kentsel Drenaj-Kanalizasyon Sistemleri

(21) .Sütun

%50 dolu iken borunun isale kabiliyeti

$$Q_D = \sqrt{\frac{1}{26}} * 274 * \frac{1}{2} = 26.87 \text{ lt/s}$$

(22) .Sütun

$$\theta_H / \theta_D = 0.0197 \quad V_H / V_D = 0.380$$

$$V_k = 8.71 \text{ m/s} \quad \theta_k = 274 \text{ lt/sn} \quad D = 200 \text{ için}$$

Çap sabit eğim değiştiğinden θ_D ve V_D değişecek.

$$V_D = \sqrt{\frac{1}{a}} V_k = \sqrt{\frac{1}{26}} * 8.71 = 1.71 \text{ m/s}$$

$$\frac{V_H}{V_D} = 0.380 \Rightarrow V_H = 0.380 * 1.71 = 0.65 \text{ m/s}$$

(23). Sütun

Su derinliğinin tayini

Doluluk oranı %10.0 olarak bulunmuştu

$$\frac{H}{D} = 0.10 \Rightarrow H = 0.10 * 200 = 20 \text{ mm} = 2 \text{ cm}$$

2-3 Kanalı

$$S_{1-2} = \frac{73 - 71.5}{52} = 0.0289 = \frac{1}{35}$$

Tablo 2.7. den $D = 200 \text{ mm}$ için $\theta_k = 274 \text{ lt/s}$ $V_k = 8.7 \text{ m/s}$

$$Q_D = \sqrt{\frac{1}{a}} Q_k = \sqrt{\frac{1}{35}} * 274 = 46.31 \text{ lt/s}$$

$$Q_H = Q_{1-2} + q * L_{2-3} = 1.065 + 0.020472 * 52 = 2.13 \text{ lt/s}$$

(20) .Sütun

Kentsel Drenaj-Kanalizasyon Sistemleri

$$\frac{Q_H}{Q_D} = \frac{2.13}{46.31} = 0.046$$

Tablo 2.9. dan 0.046 için $\%(H/D)=14.80$ $V_H/V_D=0.499$

(21) .Sütun

%50 dolu iken borunun isale kabiliyeti

$$Q_D = \sqrt{\frac{1}{35}} * 274 * \frac{1}{2} = 23.16 \text{ lt/s}$$

(22) .Sütun

$$\theta_H / \theta_D = 0.046 \quad V_H/V_D = 0.499$$

$$V_k = 8.7 \text{ m/s} \quad \theta_k = 274 \text{ lt/sn} \quad D = 200 \text{ için}$$

Çap sabit eğim değiştiğinden θ_D ve V_D değişecek.

$$V_D = \sqrt{\frac{1}{a}} V_k = \sqrt{\frac{1}{35}} * 8.71 = 1.47 \text{ m/s}$$

$$\frac{V_H}{V_D} = 0.499 \Rightarrow V_H = 0.499 * 1.47 = 0.73 \text{ m/s}$$

(23) .Sütun

Su derinliğinin tayini

Doluluk oranı %10.0 olarak bulunmuştu

$$\frac{H}{D} = 0.148 \Rightarrow H = 0.148 * 200 = 29.6 \text{ mm} = 2.96 \text{ cm}$$

3-4 Kanalı

$$S_{1-2} = \frac{71.5 - 70.0}{53} = 0.0283 = \frac{1}{35}$$

Tablo 2.7. den $D=200 \text{ mm}$ için $\theta_k=274 \text{ lt/s}$ $V_k=8.7 \text{ m/s}$

$$Q_D = \sqrt{\frac{1}{a}} Q_k = \sqrt{\frac{1}{35}} * 274 = 46.31 \text{ lt/s}$$

Kentsel Drenaj-Kanalizasyon Sistemleri

$$Q_H = Q_{2-3} + q * L_{3-4} = 2.13 + 0.020472 * 53 = 3.215 \text{ lt/s}$$

(20) .Sütun

$$\frac{Q_H}{Q_D} = \frac{3.215}{46.31} = 0.0694$$

Tablo 2.9. dan 0.046 için $\%(H/D)=17.80$ $V_H/V_D=0.561$

(21) .Sütun

%50 dolu iken borunun isale kabiliyeti

$$Q_D = \sqrt{\frac{1}{35}} * 274 * \frac{1}{2} = 23.16$$

(22) .Sütun

$$\theta_H / \theta_D = 0.0694 \quad V_H/V_D = 0.561$$

$$V_k = 8.7 \text{ m/s} \quad \theta_k = 274 \text{ lt/s} \quad D = 200 \text{ için}$$

Çap sabit eğim değiştiğinden θ_D ve V_D değişecek.

$$V_D = \sqrt{\frac{1}{a}} V_k = \sqrt{\frac{1}{35}} * 8.71 = 1.7 \text{ m/s}$$

$$\frac{V_H}{V_D} = 0.561 \Rightarrow V_H = 0.561 * 1.47 = 0.83 \text{ m/s}$$

(23) .Sütun

Su derinliğinin tayini

Doluluk oranı %10.0 olarak bulunmuştu

$$\frac{H}{D} = 0.178 \Rightarrow H = 0.178 * 200 = 35.6 \text{ mm} = 3.56 \text{ cm}$$

Kentsel Drenaj-Kanalizasyon Sistemleri

Örnek 6.4 Kanalizasyon hesap tablosu

Kanal No	Kanal Uzunluğu	Bölge No	Bölge Pis su Debisi	Kanal Pis su Debisi	Pis Su Sarfiyatı			Kotlar						
					Kanal Pis su Debisi	Yukarıdan Gelen		Toplam	Zemin Kotu		Kanal Sirt Kotu		Kanal Taban Kotu	
						No'dan gelen	Sarfiyat		lt/s	lt/s	Başta	Sonda	Başta	Sonda
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	
1-2	52	1	0.020472	1.065	1	-	1.065	75	73	73	71	72.8	70.8	
2-3	52	1	0.020472	1.065	2	1.065	2.13	73	71.5	71	69.5	70.8	69.3	
3-4	53	1	0.020472	1.085	3	2.13	3.215	71.5	70	69.5	68	69.3	67.8	

Mecra Sirtının Derinliği	Baş ve Son Sirt Kot Farkı	Kanal Üst Sirtının Eğimi	Kesit Karakteristikleri						Düşünceler
			Seçilen Çap	Doluluk Oranı	%50 Dolu İken İletim	Pis Suyun		Derinliği	
						Hızı	Derinliği		
m (15)	m (17)	1/a (18)	mm (19)	% (20)	lt/s (21)	m/s (22)	cm (23)	(24)	
2	2	1/26	200	10	26.87	0.65	2.0		
2	1.5	1/35	200	14.8	23.16	0.73	2.96		
2	1.5	1/35	200	17.8	23.16	0.83	3.56		

Kentsel Drenaj-Kanalizasyon Sistemleri

BÖLÜM 7

YAĞMURSUYU TOPLAMA SİSTEMLERİ

7.1 Yağmur Suyu

Yerleşim bölgelerinde yağışlardan sonra meydana gelen fazla suların uzaklaştırılmasına meskûn bölge drenajı denir. Meskûn bölge yollarında, başta asfalt veya beton kaplı yollar olmak üzere, park alanları ve şehirlerarası otopanlar etkin birer yağmursuyu kontrol sistemine ihtiyaç duyar Şekil 7.1. Etkin bir yağmur suyu sistemiyle yolların mevcut yapısal durumları korunmuş olur. Bu kontrol sağlanamazsa yol yüzeyinde biriken su çok ciddi sorunları beraberinde getirir.

Yağmursuyu toplama ve uzaklaştırma sistemlerinin bazı faydaları aşağıdaki gibi sıralanabilir.

- Kent içinde su baskınlarının ve taşkınların önlenmesi,
- Karayollarının hasar görmesinin önlenmesi, kenarlarında ve yol kaplamalarının tamamlanmadığı yerleşim bölgelerinde erozyonun önlenmesi,
- Şiddetli yağışlarda trafik tıkanmalarının önlenmesi,
- Dere yataklarındaki toprak erozyonunun ve dolayısıyla dik vadilerdeki binaların maruz kalabileceği toprak kaymalarının önlenmesi,
- Araçların ve zemin katlarındaki mülklerin cadde taşkınlarından zarar görmesinin önlenmesi.



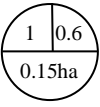
Şekil 7.1 Meskûn bölge drenajının yağmursuyu giriş elemanı (Avcuoğlu, 2008)

Kentsel Drenaj-Kanalizasyon Sistemleri

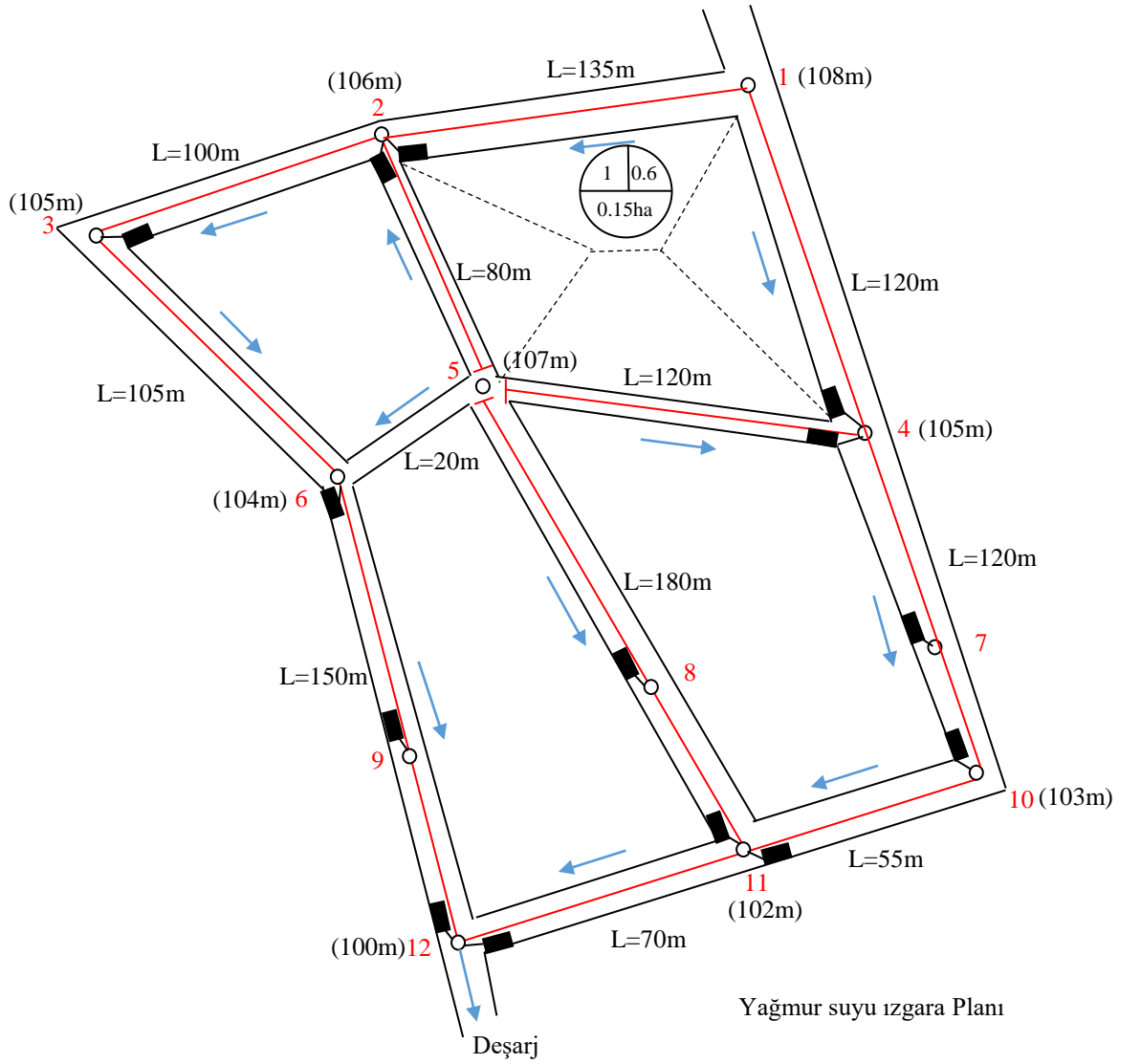
Yağmursuyu toplama ve uzaklaştırma sisteminin oluşturulması için öncelikle kanala gelecek debinin daha önce yapılmış ölçümler yardımıyla bilinmesi, bilinmiyorsa tahmini gerekir. Debi tahmini için de yağış miktarının belirlenmesi gereklidir. Daha sonra bu yağışın ne kadarının, ne kadar süre içinde yüzeysel akış olarak veya yer altı suyu olarak planlaması yapılacak kanala geleceği belirlenmelidir.

7.2 Yağmur Suyu Şebeke Planı

Yağmur suyu toplanacak bölgenin 1/2000 ölçekli şebeke planı çizilir. Yağmur sularının kanal ağına girmesi için bordür arkları tabanına cadde ağızlıkları (ızgaralar) konulmaktadır. Izzaralar caddelerin kavşak noktalarına, alçak yerlerine, adaların ortalarına, ada boyunun uzun olması halinde 50-80m de bir konulmaktadır. İller Bankası Yönetmeliği (1972), yağmur suyu başlangıç mecralarında sokak başına konacak ilk giriş ağzının, debinin 50-100lt/s ye kadar biriktiği noktalarda başlatılmasını öngörmektedir. Şebeke planı üzerinde gösterilecek bilgiler örnek proje alanı üzerinde Şekil 2.26 da verilmiştir.

Cadde ve sokaklar	—————
Kavşak kotları	(105)
Muayene bacaları	○
Muayene baca no	2
Akış yönü	—————→
Yağmur suyu borusu	-----
Bölge adı	
Bölge akış katsayısı C	
Bölge alanı	
Mecra uzunlukları	L(m)
Yağmur suyu akış alan sınırları	-----

Kentsel Drenaj-Kanalizasyon Sistemleri

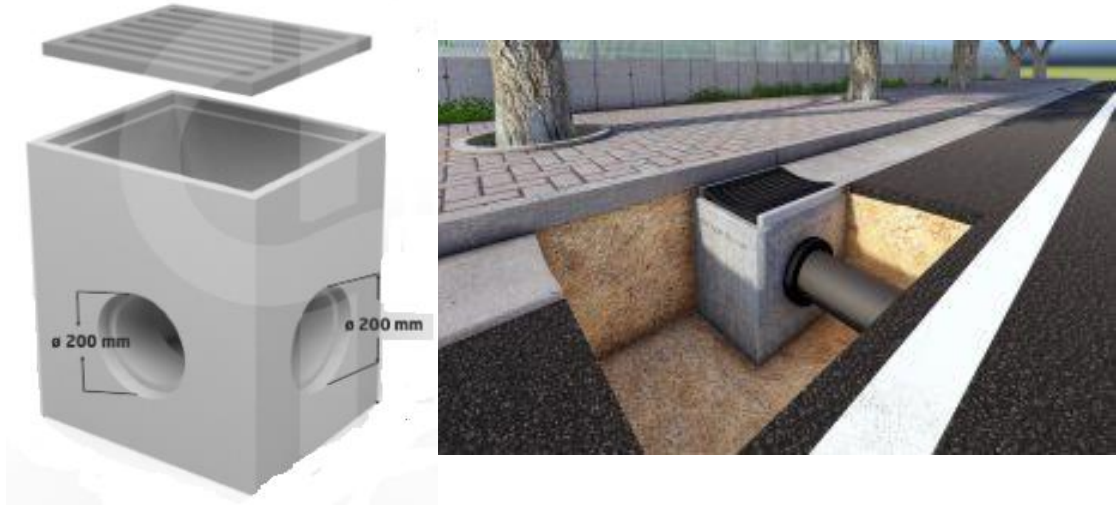


Şekil 7.2 Örnek şebeke yağmur suyu ızgara planı

7.3 Yağmursuyu Izgarası - Menhol

Yollardaki yağmur sularını toplayarak sisteme aktaran Izgara Menholleridir. Sudaki tersibat (askı maddeleri) çökelttiği için ana hattın tıkanmadan çalışmasına yardımcı olur. Aralıklarla temizlenmesi gerekir Şekil 7.3.

Kentsel Drenaj-Kanalizasyon Sistemleri



Şekil 7.3 Yağmur suyu ızgarası (<https://kaplanbeton.com.tr/yagmur-suyu-rogarlari/>)

7.4 Yağış Analizleri

Yağış şiddeti, birim zamanda düşen ortalama yağış yüksekliği olarak şu şekilde ifade edilir: T yağmur süresince (dak.) düşen ortalama yağış yüksekliği H (mm) olmak üzere yağış şiddeti i (mm/dak);

$$i = \frac{H}{T} \quad (7.1)$$

Şeklinde ifade edilir. Burada;

i Yağış şiddeti (mm/dak)

H Düşen yağış yüksekliği

T Zaman aralığı (dak)

Yağmurun birim zamanda birim alana bıraktığı su hacmine yağmur verimi denir ve

$$I = 166.7i \quad (7.2)$$

bağıntısı ile belirlenir. Burada yağış şiddeti (i) (mm/dak) olmak üzere yağış verimi (I) (lt/sn/ha) boyutundadır.

Kentsel Drenaj-Kanalizasyon Sistemleri

Bir bölgenin yağış özelliklerinin belirlenmesi için üç temel unsur vardır. Bunlar,

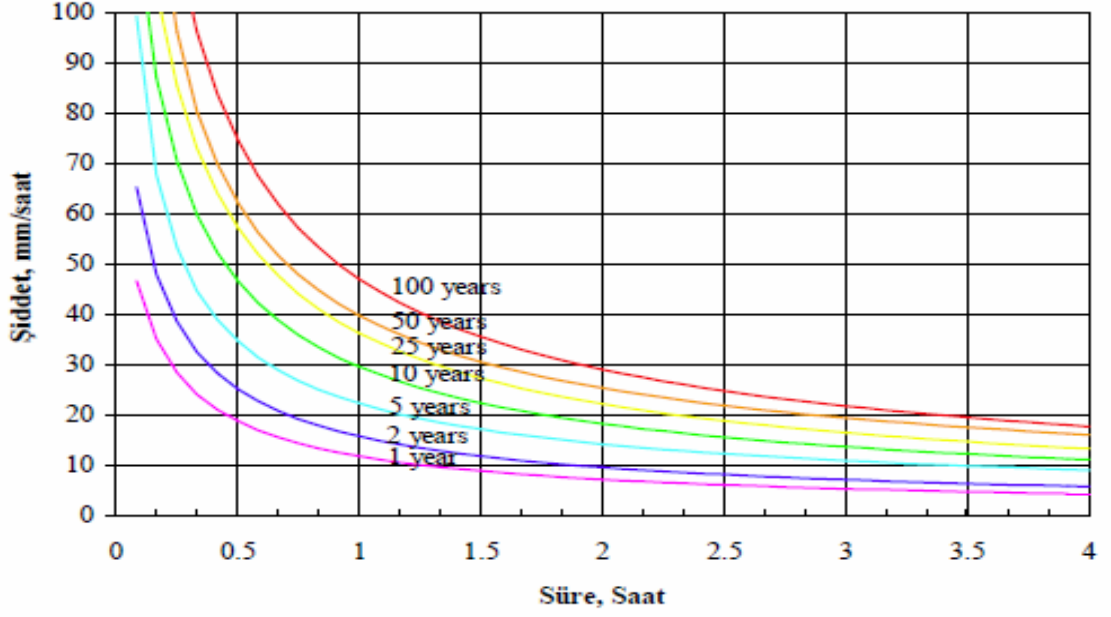
- Yağış şiddeti,
- Yağış tekerrür süresi ve
- Şiddet-Süre-Tekerrür (ŞST) eğrileridir.

Yağışların şiddeti ne kadar fazla olursa, bunların meydana gelme sıklığı (tekerrürü) veya frekansları o derece az olur. Meteorolojik gözlem sonuçları istatistiksel analizler sonucunda değerlendirilerek genel bir şiddet-süre-frekans bağıntısı bulunur. Bu gözlemler ne kadar uzun süreli olursa ulaşılan sonuçlar o kadar sağlıklı olur. Yağış verileri aşağıdaki bağıntıya uydurularak a, b ve x değişkenleri tespit edilir.

$$i = \frac{a}{(t+b)^x} \quad (7.3)$$

Buradaki a, b ve x katsayıları bölgeye ve iklim şartlarına göre değişmektedir. a ve b daima pozitif olup, x ise 1'den küçüktür. Süre-şiddet-frekans eğrileri bir yağış örneği değil, belli bir frekansa (tekerrüre) sahip en yüksek yağış şiddetlerinin dağılımını gösteren eğrilerdir. Şekil 7.4'de örnek süre-şiddet-frekans eğrileri görülmektedir. **Yağmursuyu toplayıcılarının planlanmasında daha çok 2 yılda bir görülen ve 15 dakika süren yağışın şiddeti dikkate alınır.** Ancak bu istatistiksel anlamda 2 yılda bir planlanan hatların kapasitesinin üzerinde bir yağış şiddeti ile karşılaşılması, yani taşkın görülmesi demektir. Mümkün olan en büyük tekerrürde planlama yapılması taşkınların az görülmesi için yararlı olmasına rağmen fayda/maliyet analizleri de dikkate alındığında yağmursuyu toplayıcılarının 5 yılda bir görülen ve 15 dakika süren yağış şiddetine göre planlanması uygun olarak değerlendirilebilir. Daha fazla debi ve risk taşıyan yan dereler 50 yıl, dereler ise 100 yıllık yağış şiddeti dikkate alınarak planlanabilir.

Kentsel Drenaj-Kanalizasyon Sistemleri



Şekil 7.4 Örnek süre-şiddet-tekerrür eğrileri (Efe, 2006)

Planlamalarda genellikle 1889 yılında Amerika Birleşik Devletleri'nde Emil Kuicling tarafından geliştirilen *Rasyonel Metot* kullanılmaktadır. Bu metotta yağış ile akış arasında lineer bir ilişki olduğu yani akış katsayılarının zamanla değişmediği ve yağışın üniform olduğu kabul edilir. Yağış şiddeti zamanla azaltılarak (süre-şiddet eğrisi) kanala gelecek debi hesaplanır.

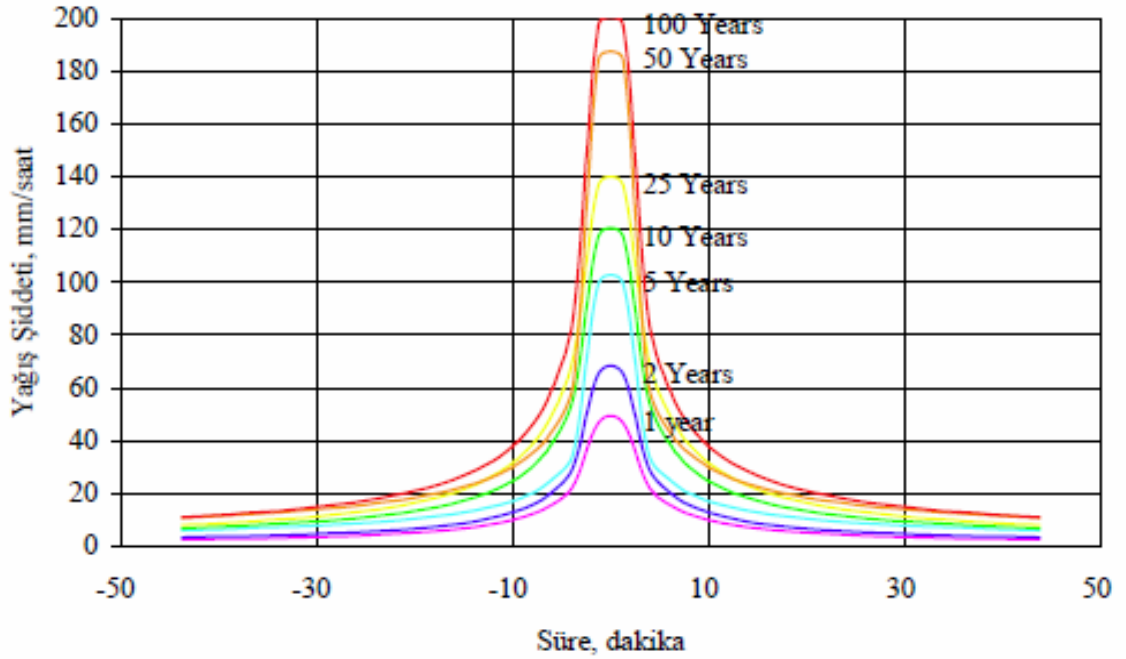
Ancak günümüzde yağışın zamanla değişimi de dikkate alınacak şekilde modeller geliştirilmiştir. Yağışın zamana bağlı olarak değişimini gösteren grafiklere hiyetograf denir. Hiyetograflar süre-şiddet-frekans eğrileri gibi yıllarca yapılan ölçümlerin istatistiksel olarak analizlerinin sonucu (sentetik hiyetograf) veya gözlemlenen bir tek yağışın ifadesi olabilir.

Planlama çalışmalarında daha çok istatistiksel yollarla elde edilmiş yağış hiyetografları kullanılır. Örnek olarak 50 yıllık yağış ölçüm sonuçları dikkate alınarak oluşturulan sentetik hiyetograflar Şekil 7.5'de verilmiştir.

Devlet Meteoroloji İşleri Genel müdürlüğü, Yağış analizlerini düzenli bir şekilde yapmakta ve bunları "süre-şiddet-frekans eğrileri" ismiyle her yıl yayınlanmaktadır. Yağmur suyu kanalizasyon tesislerinin projelendirilmesinde bu eğrilere ihtiyaç vardır. Buna göre i şiddetinde bir yağmurun akışa dönüşen yüzde miktarı yani yüzey akış

Kentsel Drenaj-Kanalizasyon Sistemleri

katsayısı C ile gösterilirse, A drenaj alanından (kanalı besleyen alan) gelen yağmur suyu debisi Rasyonel formül ile aşağıdaki gibi belirlenebilir.



Şekil 7.5 Örnek sentetik hiyetografları (Efe, 2006)

$$Q_r = C * I * A \quad (7.4)$$

Burada:

- Q_r Rasat (Gözlem) Debisi (lt/s)
- C Yüzey akış katsayısı
- I Yağmur verimi (lt/s.ha)
- A Drenaj alanı (ha)

Rasyonel metot 1-1.5 km² ye kadar iyi sonuçlar vermekle birlikte 5 km² ye kadar olan drenaj havzalarında kullanılabilir. Bu metotta yağış ile dolaysız akış arasında lineer bir ilişki olduğu yani akış katsayılarının zamanla değişmediği ve yağışın tüm drenaj alanına üniform olarak düştüğü kabul edilir. Rasyonel metodun kullanılabilmesi yağışın en az toplanma süresi (geçiş süresi) kadar devam etmesi gerekir. Büyük havzalarda yağışın, geçiş süresi kadar sürmesi ve bütün havza üzerine üniform dağılma olasılığı azaldığından bu metot kullanılmaz.

Kentsel Drenaj-Kanalizasyon Sistemleri

7.5 Yüzeysel Akış

Yeryüzünde yağışlardan sonra meydana gelen akım, suyun buharlaşması, yer yüzeyindeki çukurlarda toplanması, akışa geçmeden önce zemine sızması gibi nedenlerle azalır. Yağışın akışa geçen kısmı akış katsayısı veya alanın su verme karakteristiği olarak tarif edilir. Yüzeysel akış katsayısı verilen bir drenaj alanı için sabit bir oran olarak kullanılmasına karşın gerçekte katsayı, yağış ile yüzeysel akış arasındaki kayıplar ile iklimsel ve mevsimsel değişimlere bağlı olarak farklılıklar gösterebilmektedir. Dolayısıyla akış katsayısının tayininde bitki örtüsüne, alanın jeolojik-hidrojeolojik-jeomorfolojik özelliklerine ve diğer hidrolojik parametrelere de dikkat edilmesi gerekmektedir.

Yüzeysel akış debisinin hesabında kullanılan bazı yöntemler akış katsayısının yağış süresince sabit kaldığını (Rasyonel metot) kabul ederken, bazı yöntemlerde ise (SCS yöntemi) akış katsayısı yağış öncesi toprağın nem seviyesine göre belirlenen bir değerden, yağış boyunca artarak doygunluk değerine ulaşabilecek ve havzaya düşen tüm yağış akışa geçebilecektir. Tablo 7.1 de yüzey büyüklüklerine bağlı kullanılması tavsiye edilen yöntemler verilmiştir. SCS yöntemi kırsal havzalar, rasyonel metot ise kent havzaları için uygun yöntemlerdir.

Tablo 7.1 Drenaj alanı büyüklüklerine göre tasarım metotları

Drenaj alanı (km ²)	Tasarım metodu
<1	Rasyonel Metot
1-10	Mockus
10-100	Sentetik Metot
>1000	SCS Metodu

Rasyonel Metotta kullanılan bazı akış katsayıları Tablo 7.2 ve Tablo 7.3’de verilmiştir. Küçük alanlarda rasyonel metodun, büyük alanlarda ise hidrograf metodunun kullanılması daha doğru bir sonuç vermektedir.

Kentsel Drenaj-Kanalizasyon Sistemleri

Tablo 7.2 Arazi kullanımına göre yüzeysel akış katsayıları

Yüzey kaplaması	Yüzeysel akış Katsayısı aralığı
Yapılaşmış alanlar	
Asfalt ve Beton	0.70 - 0.95
Tuğla	0.70 - 0.85
Çatılar	0.75 - 0.95
Çimenlik, kumlu topraklar	
Düz, %2	0.05 - 0.10
Orta, % 2-7	0.10 - 0.15
Dik, %7	0.15 - 0.20
Çimenlik, ağır toprak	
Düz %2	0.13 - 0.17
Orta % 2-7	0.18 - 0.22
Dik %7	0.25 - 0.35

Kentsel Drenaj-Kanalizasyon Sistemleri

Tablo 7.3 Yüzey kaplamasına göre akış katsayıları

Alan tanımı	Yüzeysel akış katsayısı aralığı
İşyeri	
Merkezi	0.70 – 0.95
Çevresi	0.50 – 0.70
Apartmanlar	0.50 – 0.70
Konut	
Tek Aile	0.30 – 0.50
Çok Katlı – Ayrık	0.40 – 0.60
Çok Katlı – Bitişik	0.60 – 0.75
Konut (Gecekondu)	0.25 – 0.40
Endüstriler	
Hafif	0.50 – 0.80
Ağır	0.60 – 0.90
Park ve Mezarlıklar	0.10 – 0.25
Çocuk Bahçeleri	0.00 – 0.35

7.6 Drenaj Alanı (Havza)

Yağmursuyu debisinin hesabında drenaj alanının çok iyi tanımlanmış olması gerekmektedir. Drenaj alanının sınırları, saha araştırmaları veya uygun harita ve hava fotoğraflarından temin edilebilmektedir. Hesaplar sırasında, drenaj alanının tamamı bazı uygun alt bölümlere ayrılır. Arazi kullanımı, mevcut ve gelecekte arazi kullanımına göre tahmin edilen geçirimsizlik yüzdesi, akış debilerini ve taşkınlardan korumanın derecesini etkiler. Akış katsayıları, drenaj alanında nüfus yoğunluğuna ve toprağın/kaplamanın özelliğine bağlı olarak değişir. Toplanma süresi, drenaj alanının şekline ve kaplamanın özelliğine bağlı olarak değişir.

Kentsel Drenaj-Kanalizasyon Sistemleri

7.7 Giriş Süresi

Yağmur suyunun zeminde akarak cadde ızgaralarına varıncaya kadar geçen süreye *giriş süresi* denir ve T_g ile gösterilir. Giriş süresini yağışın süresi ve şiddeti, yüzeyin eğimi, yüzey kaplamasının cinsi, yüzey debisinin izleyeceği güzergâh uzunluğu, sızma ve birikme miktarları gibi drenaj alanı özellikleri etkilemektedir. Tablo 7.4’de eğime bağlı yağmur suyu kanalına giriş süreleri verilmiştir.

Tablo 7.4 Yağmursuyu kanalına giriş süreleri

Arazi Türü	Giriş Süreleri T_g
Dik eğimli şehirsal alanlar ($S_{\text{havza}} \geq 1/20$)	5 dak
Normal eğimli şehirsal alanlar ($1/20 > S_{\text{havza}} \geq 1/50$)	10 dak
Düz şehirsal alanlar ($1/50 > S_{\text{havza}}$)	15 dak
Banliyö	20 dak
Kırsal alanlar	25 dak

Giriş süresi aşağıdaki bağıntıdan da (Kiprich bağıntısı) hesaplanabilir.

$$T_g = 60 \left[0.87 \frac{L^3}{dH} \right]^{0.385} \quad (7.5)$$

T_g : Giriş süresini (havza akış süresi) (dk)

L: Ana akış güzergâhının uzunluğunu (km)

dH: Ana akış güzergâhının başlangıç ile sonu arasındaki zemin kotu farkını (m) ifade eder. Bulunan T_g giriş süresi aşağıdaki kriterlere göre değerlendirilir ve uygun bir giriş süresi seçilir.

$T_g < 5$ dk ise $T_g = 5$ dk,

5 dk $< T_g < 30$ dk ise $T_g = T_g$

$T_g > 30$ dk ise $T_g = 30$ dk alınır.

Kentsel Drenaj-Kanalizasyon Sistemleri

7.8 Akış Süresi

Yağmur suyunun kanalizasyon boru hattı içerisinde istenilen noktaya varması için geçen zamana T_a (dak) akış zamanı denir. Bu süre, kanal uzunluğunu kanaldaki akış hızına bölerek bulunan değerleri toplamak suretiyle hesaplanır.

7.9 Toplanma Süresi

Toplanma süresi, yağmursuyu kanallarında giriş süresi ile kanal içindeki akış süresinin toplamı olarak tanımlanmaktadır. Toplayıcıların birçoğu için toplanma süresinin bir saatten az olduğu görülmektedir.

$$T=T_g+T_a \quad (7.6)$$

7.10 Hesap Yağmuru

Hesaplara esas alınacak yağmura hesap yağmuru denir. Örneğin frekansı (tekerrürü) $n=1$ ve süresi $T=15$ dak. olan yağmur hesap yağmuru olarak seçilebilir. Hesap yağmuru frekansı n :

- Küçük kasaba ve kırsal yerlerde $n=2$
- Kasabalarda $n=1-0.5$
- Şehirlerde $n=0.5-0.2$
- Büyük şehir merkezlerinde $n=0.2-0.05$

Şeklinde seçilebilir.

Toplanma süresi hesap yağmuru süresinden kısa ise mecrâ çapı, hesap yağmuru süresine göre belirlenir. Yağmur süresi toplanma süresinden kısa olduğu zaman, havzanın uzaktaki noktalarının suları, hesaplanacak kesite gelmeden yağmur durur. Bu durumda kesitten geçecek en büyük debi, hesap yağmuruna göre belirlenir. Gecikme kontrolü yapıldıktan sonra hesap ve rasat yağmuru için zaman katsayıları hesaplanabilir. Bu katsayıların hesabında Reinhold tarafından önerilen ampirik formüller kullanılabilir.

Kentsel Drenaj-Kanalizasyon Sistemleri

Yağmur suyu toplama alanında en uzak noktaya düşen yağmur suyu tanesinin bu alanı terk etme süresi hesap yağmurunun süresi ile karşılaştırılır.

$$T_t > T_h \rightarrow \text{verime esas yağmurun süresi} = T_t$$

$$T_t < T_h \rightarrow \text{verime esas yağmurun süresi} = T_h$$

Hesap yağmuru için:

$$\varphi_h = \frac{24}{(T_h + 9)n_h^{0.35}} \quad (7.7)$$

Rasat (gözlem) yağmuru için

$$\varphi_r = \frac{24}{(T_r + 9)n_r^{0.35}} \quad (7.8)$$

Gecikme katsayısı

$$\psi = \frac{\varphi_h}{\varphi_r} \quad (7.9)$$

$$\text{Düz yerleşim bölgelerinde: } T_t = (T_a + T_g) > T_h \rightarrow T_t$$

$$\text{Eğimli yerleşim bölgelerinde: } T_t = (T_a + T_g) < T_h \rightarrow T_h$$

Gecikme katsayısının hesaplanmasından sonra bu katsayı rasat debisi ile çarpılarak kanala ait hesap debisi bulunur.

$$Q_h = \psi * Q_r = \psi(C * I * A) \quad (7.10)$$

7.11 Ayrık Sistem Yağmur Suyu Şebeke Hesap Tablosunun Doldurulması

Tablo 7.5 aşağıda verilen bilgiler doğrultusunda doldurulur. Bu tabloda

1. Kolona, bölge ismi yazılır,
2. Kolona, boru başlangıç baca numarası yazılır,
3. Kolona, boru bitiş baca numarası yazılır,
4. Kolona, kanal uzunluğu yazılır,
5. Kolona, o kanala su veren alan yazılır,
6. Kolona, o kanala su veren mecra no yazılır,
7. Kolona, söz konusu drenaj alanı yüzeysel akış katsayısı,

Kentsel Drenaj-Kanalizasyon Sistemleri

8. Kolona, Rasyonel metot ile hesaplanacak debi yazılır,
9. Kolona, bacaya giren toplam debi yazılır,
10. Kolona, tahmini akış süresi yazılır,
11. Kolona, (2.24) nolu formül ile hesaplanan gecikme katsayısı yazılır,
12. Kolona, (2.25) nolu formül ile belirlenen hesap debisi yazılır,
13. Kolona, mecra başlangıç zemin kotu yazılır,
14. Kolona, mecra bitiş zemin kotu yazılır,
15. Kolona, mecra başı iç sırt kotu yazılır,
16. Kolona, mecra sonu iç sırt kotu yazılır,
17. Kolona, mecra başı iç sırt derinliği yazılır. Zemin kotundan iç sırt derinliği çıkartılarak belirlenir,
18. Kolona, mecra sonu iç sırt derinliği yazılır. Zemin kotundan iç sırt derinliği çıkartılarak belirlenir,
19. Kolona, kanal başı mecra taban kotu yazılır. Kanal başı sırt derinliğinden (17) sütundan, boru çapı (23). Sütun çıkartılarak belirlenir,
20. Kolona, kanal sonu mecra taban kotu yazılır. Kanal sonu sırt derinliğinden (18) sütundan, boru çapı (23). Sütun çıkartılarak belirlenir
21. Kolona, kanal başı sırt kotu ile kanal sonu sırt kot farkı, (15)-(16) sütunların farkı yazılır,
22. Kolona, mecra eğimi yazılır. Bu eğim iç sırt kot farkı (Δh) mecra boyuna (L) bölünerek belirlenir, (21)/(4) sütunlar yardımı ile belirlenir.
23. Kolona, seçilen boru çapı (D) yazılır,
24. Kolona, seçilen çapa bağlı tam dolu akış halindeki debi (Q_d), Tablo 2.7 ve eğim yardımı ile (7) nolu formül kullanılarak yazılır,
25. Kolona, seçilen çapa bağlı tam dolu akış halindeki hız (V_d) Tablo 2.7 ve eğim yardımı ile (6) nolu formül kullanılarak yazılır,
26. Kolona, (12). Sütunda belirlenen hesap debisi, dolu halde mecranın akıtılabileceği debiye, (24). Sütuna, bölünerek bulunan (Q_h/Q_d) yazılır,

Kentsel Drenaj-Kanalizasyon Sistemleri

27. Kolona, (26). Kolonda belirlenen doluluk oranına (Q/Q_d) bağlı Tablo 9 dan alınan (V/V_d) yazılır,
28. Kolona, doluluk oranına (Q/Q_d) bağlı Tablo 2.9 dan alınan (h/D) yazılır,
29. Kolona, (h/D) oranına bağlı belirlenen h (m) değeri yazılır,
30. Kolona, (V/V_d) oranına bağlı V akım hızı (m/s) yazılır,
31. Kolona, mecra boyu akış hızına bölünerek bulunan geręek akış süresi yazılır,
32. Kolona, geręek akış süresine giriş süresi ilave edilerek bulunan toplam süre yazılır,
33. Kolona, eğer arada düşü (şüt) varsa, düşü veya terfi sayısı yazılır,
34. Kolona, baca içinde düşü varsa bu yükseklik (m) yazılır,
35. Kolona, mecra başı iç sırt kotlarından mecra çapı ve düşü yüksekliği çıkartılarak bulunan taban kotu yazılır,
36. Kolona mecra sonu iç sırt kotlarından mecra çapı ve düşü yüksekliği çıkartılarak bulunan taban kotu yazılır.

Kentsel Drenaj-Kanalizasyon Sistemleri

Tablo 7.5 Ayrık sistem yağmur suyu şebeke hesap tablosu

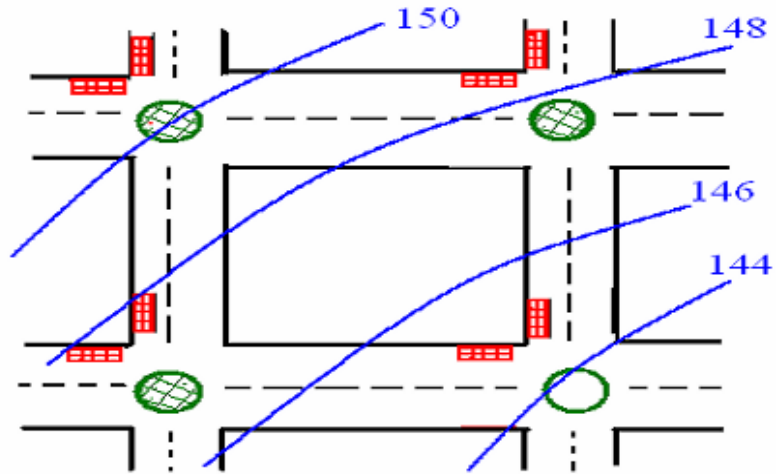
Bölge No	Baca No		Uzunluk	Kısmi Alan	Su veren mecrâ No	Debi Hesabı				Zemin ve Mecra Özellikleri										
	Baş	Son				L (m)	A (ha)	C	$Q_k=CIA$	ΣQ_k	Tahmini akış zamanı T_a	ψ	$Q_k=\psi Q_k$	Zemin Kotu		Surt Kotu		Kanal sırt derinliği		Kanal taban kotu
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)	

Surt kot farkı	Kanal eğimi	Mecra Hidrolik Hesabı						Süre Tablolu			Mecra Taban Durumu				
		Çap	Dolu Halde		Hesap Debisi için		Toplam süre	Geryek Akış Süresi	Toplam	Arasındaki Düşüm/Terfi Sayısı	Toplam Düşüm/Terfi Miktarı		Taban Kotu		
D (m)	Q_k (lt/s)		V_k (m/s)	Q_k (m)	V (m/s)	T_k (dk)					T_{geryek} (dk)	(Adet)	(m)	Baş (m)	Son (m)
(21)	(22)	(23)	(24)	(25)	(26)	(27)	(28)	(29)	(30)	(31)	(32)	(33)	(34)	(35)	(36)

Kentsel Drenaj-Kanalizasyon Sistemleri

7.12 Yağmursuyu Giriş Izgaralarının Yerleştirilmesi

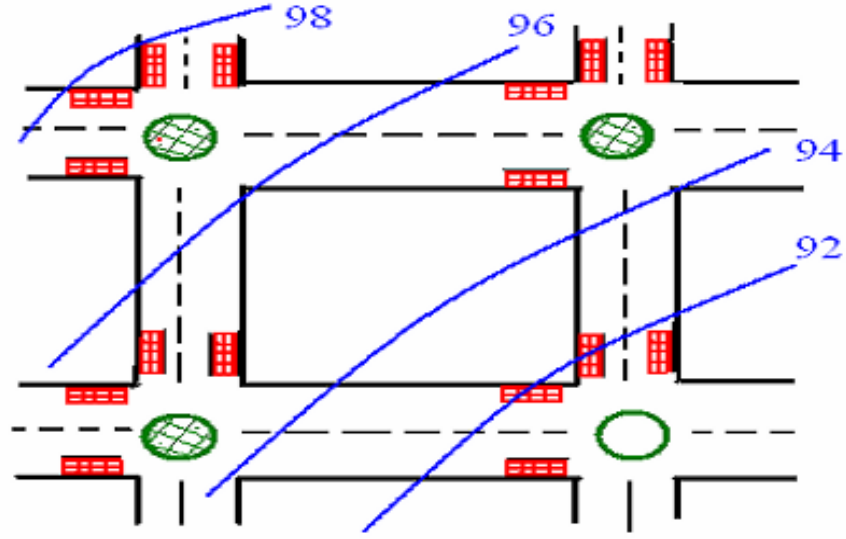
Her kavşak noktasına yerleştirilmek şartıyla yağmursuyu giriş yapıları; yağmur suyunun yolda 80-100 lt/s lik debiye ulaştığı noktalardan başlatılmalı ve sokak uzunluğu ve yol eğimine göre aralarındaki mesafe 50-80m olmalıdır. Yollardaki trafik şeritlerinin su altında kalmasını önlemek için yağmursuyu giriş yerleri yeterli büyüklük ve sayıda yapılırlar. Bunların yerleri ve sayıları aynı zamanda yaya geçitlerini su baskınından korumalıdır. Bağlantı borularının kontrol ve temizlenmesine imkân vermek için yağmur suyu giriş yerlerinin bacalara bağlanması tercih edilir. Meskûn bölgenin tesviye eğrili bir planı üzerinde giriş yerleri yerleştirilirken en ideal durum Şekil 7.6'da görüldüğü üzere, caddenin eğimine göre her bir kavşakta 4 adet giriş bırakılmasıdır. Böylece yaya geçitleri su baskınından korunur. Bu halde arktaki akış yolu, bir blok uzunluğu kadardır. Caddenin eğim durumuna göre, kesişen caddeler arasındaki mesafe 90 ile 150 metreyi geçiyorsa veya çatı ve kaplamalı yüzeylerden gelen yağmursuları doğrudan cadde arkına veriliyorsa, daha giriş yerine gelmeden arktaki su derinliği trafiği engelleyecek bir değere ulaşabilir. Böyle hallerde arada başka bir yağmursuyu giriş yerinin bırakılması zaruri olmaktadır. Cadde boyuna eğiminin fazla olması halinde ise, yağış sularının caddeden hızla uzaklaştırılması için ara yerlerde başka girişlere gerek duyulabilir. Böyle hallerde giriş yerlerinde çukurlaştırmaya gidilebilir.



Şekil 7.6 Caddeye yerleştirilen her kavşakta dört adet yağmursuyu girişi olan ideal yerleştirme (Avcuoğlu, 2008)

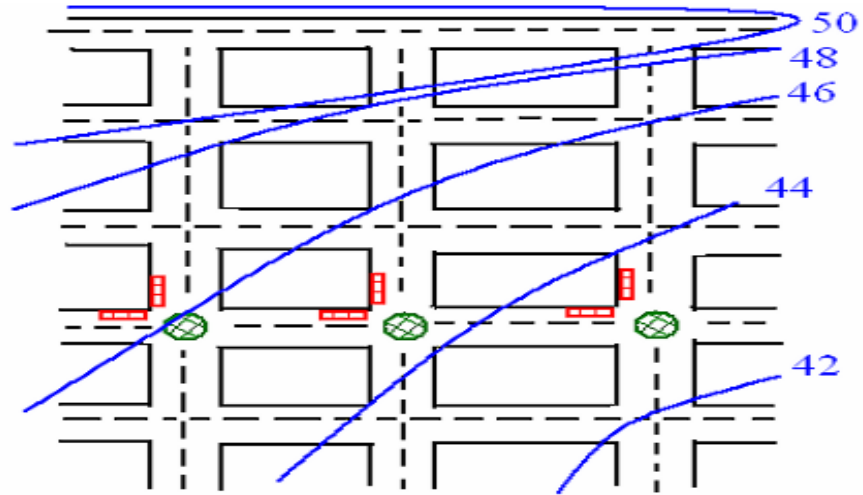
Kentsel Drenaj-Kanalizasyon Sistemleri

Ekonomik durumun elverişli olmadığı yerlerde, daha ucuz olan bir tertip tarzı Şekil 7.7'de gösterilmiştir. Burada her kavşakta yalnız iki ızgara bulunmaktadır.



Şekil 7.7 Ekonomik durumun elverişli olmadığı yerlerde, daha ucuz olan her kavşakta iki adet yağmursuyu girişi (Avcuoğlu, 2008)

Çok daha önemsiz yerlerde, yağmursuyu girişlerinin birkaç blok arayla yerleştirilmesi yoluna da gidilebilmektedir Şekil 7.8.



Şekil 7.8 Önemsiz yerlerde, yağmursuyu giriş yerlerinin birkaç blok arayla yerleştirilmesi (Avcuoğlu, 2008)

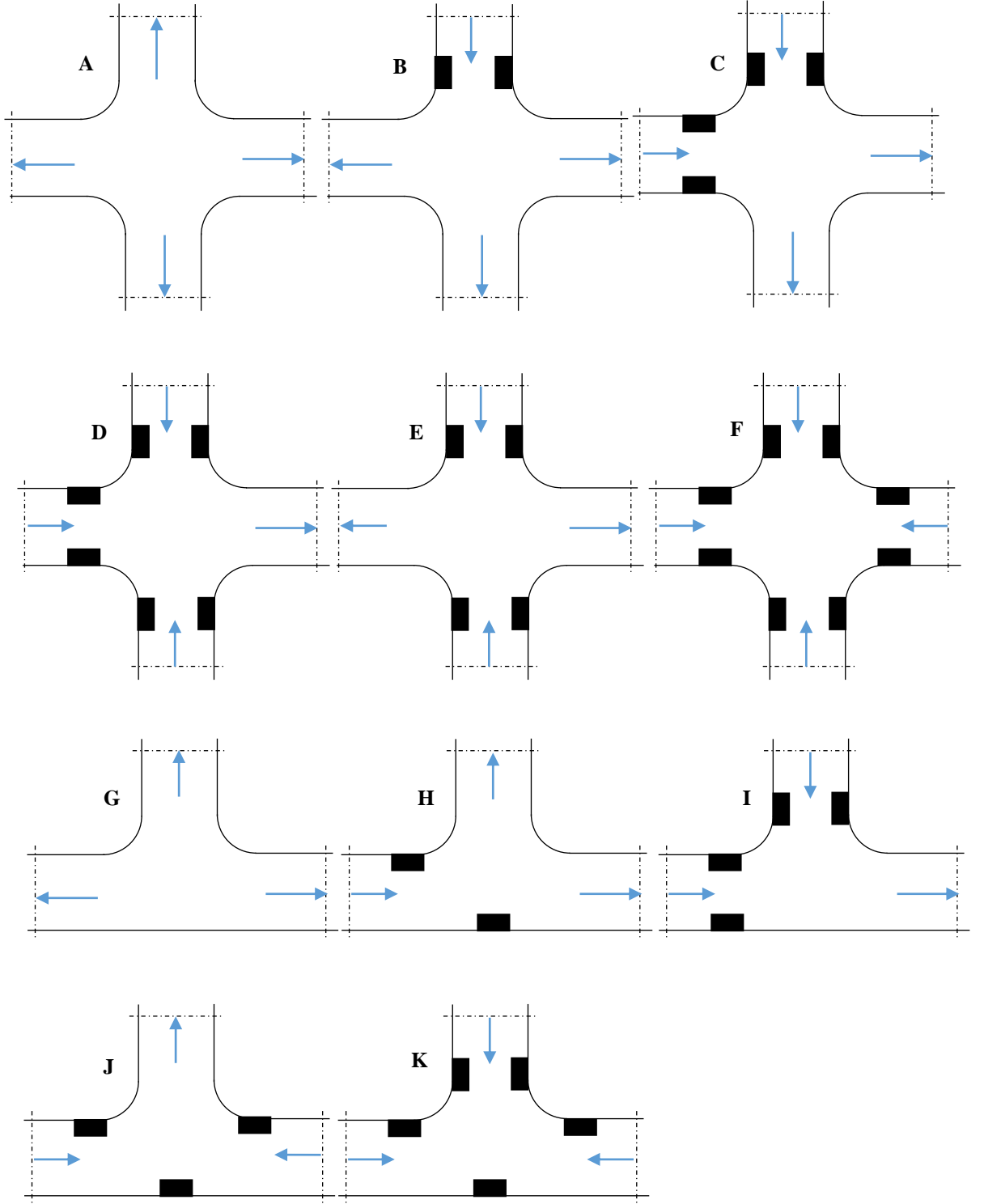
Kentsel Drenaj-Kanalizasyon Sistemleri

Giriş yeri elemanlarının kapasitesi şunlara bağlıdır;

- Giriş yerinin geometrisi
- Akış halinde olan yağmur suyunun derinliği ve hızı
- Enine ve boyuna eğim

Giriş yerlerinin hidrolik kapasitesi giriş tipinin seçimine bağlı olarak değişiklikler gösterir. Cadde arkında bırakılan ızgaralı giriş yerleri için kapasiteyi ızgaraya gelen yağmur suyu miktarı, seçilen ızgaranın modeli ve suyun ızgaraya alındığı boşluklar belirlemektedir. Bordürde bırakılan giriş yerleri için kapasiteyi yağmur suyunun bordürdeki hızı, yol ve arkin enine eğimi ve bordürdeki yağmur suyunun derinliği belirlemektedir. Bordür önünde yapılmış bir çukurlaştırma da kapasiteyi önemli ölçüde etkilemektedir. Bordürde bırakılan ızgaralı girişin ve düz ızgaralı girişin birlikte çalıştığı kombine girişlerde kapasiteyi iki giriş yerinin ayrı düşünüldüğü durumdaki belirleyiciler gösterilebilir. Şekil 7.9'da cadde su akış yönlerine (eğimlere) bağlı kavşaklarda planlanması gereken ızgaraların yerleri gösterilmiştir.

Kentsel Drenaj-Kanalizasyon Sistemleri



Şekil 7.9 Kavşaklarda yağmur suyu ızgaralarının yerleştirilmesi

(<https://optolov.ru/tr/steny-na-kuhne/vodootvedenie-livnyyh-vod-otvod-poverhnostnyh-atmosferyh-vod-osnovnye.html>)

Kentsel Drenaj-Kanalizasyon Sistemleri

7.13 Meskûn Bölge Yollarında Yağmursuyu Drenajı ve Giriş Yerleri

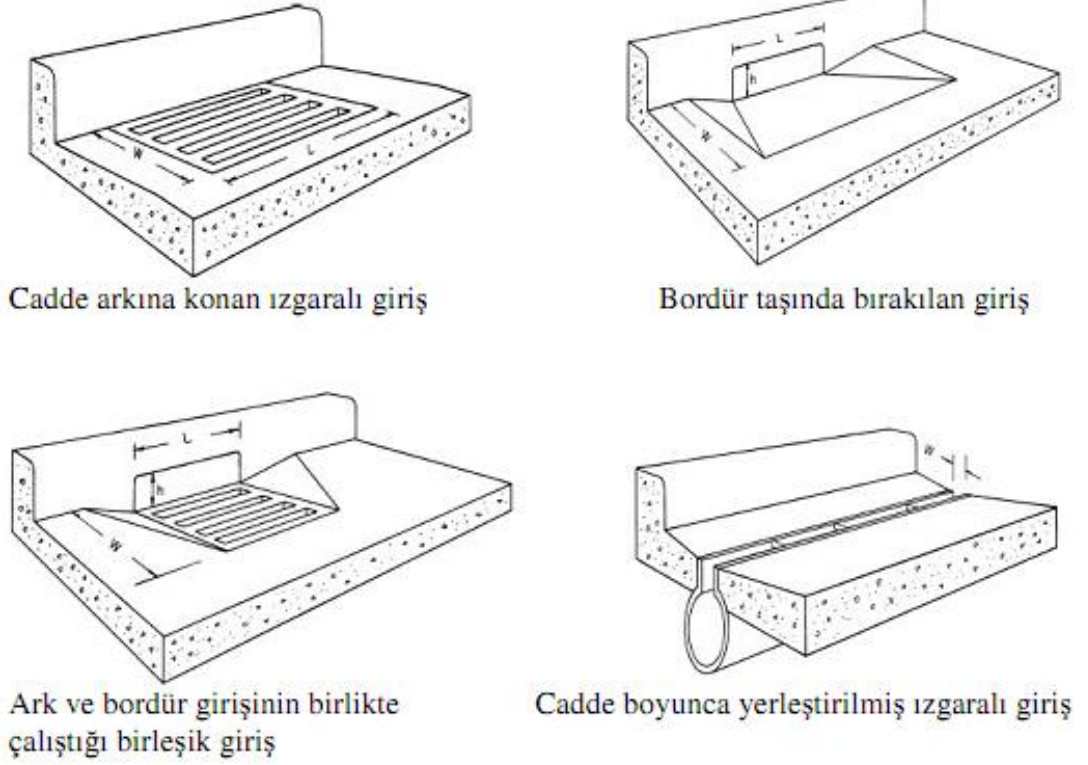
Etkili bir trafik güvenliği ve yollardaki yıkımın önlenerek servis ömrünün uzatılabilmesi için yağmursuyu drenajının önemi büyüktür. Yağmur sularını drenaj sistemine alan giriş yerleri, cadde arkındaki akımı, yayalara ve motorlu trafiğe en az zarar verecek şekilde minimum masrafla toplayıp uzaklaştırmak üzere hesap edilir ve projelendirilir. Meskûn bölgelerde yağmursuyu drenajının en önemli elemanları olan giriş yerlerinin ideal olabilmesi için mutlaka sıralanan özellikleri sağlamaları gerekir;

- Yaya ve bisiklet güvenliğini sağlamak
- Yapısının sağlam ve dayanıklı olması
- Hidrolik açıdan verimli olmalı
- Kendi kendini temizleyebilmeli, kolay tıkanmamalı
- Ekonomik olmalı

Yağmursuyu giriş yerlerinin dört ana tipi mevcuttur Şekil 7.10.

- Bordür taşında bırakılan giriş yerleri
- Cadde arkına konan ızgaralı giriş yerleri
- Ark ve bordür girişinin birlikte çalıştığı birleşik girişler
- Cadde boyunca yerleştirilmiş ızgaralı girişler

Kentsel Drenaj-Kanalizasyon Sistemleri



Şekil 7.10 Yağmursuyu giriş yerlerinin dört ana tipi

7.14 Bordür Taşında Bırakılan Giriş Yerleri

Yaygın olarak kullanıldığı yerler kentlerdeki yollar ve otobanlardır Şekil 7.11. Yol yüzeyindeki mevcut suyun tahliyesinde kullanılan bu giriş yerleri su alma ağızlarının genişliği ölçüsünde verimlidirler. Bu giriş tertibatı bordürde düşey bir su alma ağzına sahiptir. Cadde arkında akan su bu delikten kanala girer. Yağmur suyu giriş yerlerinin, bilhassa bordür taşına konmuş olanların su alma kapasitesi, cadde eğimi azaldıkça ve enine eğim arttıkça artar. Bu giriş yeri tıkanmalara karşı en ideal çözüm olarak gösterilebilir. Düşey doğrultuda bir su alma sistemi bulunduğu için bisiklet ve yaya güvenliği içinde oldukça idealdir

Kentsel Drenaj-Kanalizasyon Sistemleri



Şekil 7.11 Kent yollarında yerleştirilen bordür girişi (Avcuoğlu, 2008)

7.15 Bordür Taşında Bırakılan Düz Girişler

Su alma ağzının önü düzdür. Başka bir giriş yeri yoktur, yalnızca bordür taşında konulan düz yağmursuyu giriş yeri mevcuttur Şekil 7.12.



Şekil 7.12. Bordür taşında bırakılan düz giriş (Avcuoğlu, 2008)

Kentsel Drenaj-Kanalizasyon Sistemleri

7.16 Bordür Taşında Bırakılan Çukurlaştırılmış (Basınçlı) Girişler

Yağmur suyunun girdiği açıklık çukurlaştırılarak yağmur suyunun giriş yerine yönelmesi hızlanır ve etkin bir drenaj sağlanmış olur Şekil 7.13.



Şekil 7.13 Bordür taşında bırakılan çukurlaştırılmış (basınçlı) giriş (Avcuoğlu, 2008)

7.17 Bordür Taşında Bırakılan Saptırcılı Girişler

Bu girişlerde girişin ön tarafında bordüre dik saptırcılar bulunur. Çukurlaştırmada olduğu gibi suyun girişe yönelmesi sağlanır ve ayrıca saptırcılar trafiğe engel olmaz. Tıkanma sorununun olabileceği yerlerde bu tür girişler tercih edilebilir Şekil 7.14.



Şekil 7.14 Bordürde teşkil edilen saptırcılı giriş (Avcuoğlu, 2008)

Kentsel Drenaj-Kanalizasyon Sistemleri

7.18 Cadde Arkına Konan Iızgaralı Giriş Yerleri

Cadde arkına konan ızgaralı giriş yerleri gelen debinin kanala yönlendirilmesinde oldukça etkilidir. Enine ve boyuna eğimler azaldıkça ızgaraların verimliliği de azalır. Bu verim kaybı bordür taşına konan girişlerde daha fazladır. Cadde arkına konan ızgaralı girişlerin en büyük avantajı akış halinde olan suyun izlediği yol üzerinde konumlandırılmış olmalarıdır Şekil 7.15.



Şekil 7.15 Cadde arkında bırakılan çukurlaştırılmış ızgaralı giriş (Avcuoğlu, 2008)

Bu giriş yerleri, bordürde tesis edilenlere nazaran cadde arkında biriken yağmur sularını almak bakımından daha verimlidir. Fakat döküntü ve sürüntü maddesi ile bunların tıkanması bir problem olur. Bisiklet tekerleklerinin aralarına girmemesi için ızgaralar arası serbest mesafe 2.5 cm den büyük olmamalıdır.

7.19 Ark ve Bordür Girişinin Birlikte Çalıştığı Birleşik Girişler (Kombine Girişler)

Bordür girişiyle ark üzerine konulan ızgaralı bir girişin kombinezonu şeklinde yapılan bir giriş tipidir Şekil 7.16. Genel olarak bordürdeki girişin hemen önünde arkta da bir giriş bırakılır. Fakat bunların bordür girişinin memba veya mansap ucuna ikisi üst üste gelecek veya aralarında bir mesafe kalacak şekilde konulmaları da mümkündür.

Kentsel Drenaj-Kanalizasyon Sistemleri



Şekil 7.16 Ark ve bordür girişinin birlikte çalıştığı birleşik giriş (kombine giriş)
(Avcuoğlu, 2008)

Ark ve bordür girişinin birlikte çalıştığı birleşik yağmursuyu girişleri iki ayrı giriş çeşidinin yalnızken sahip oldukları avantajları sağlar. Arkta konulan girişin ve bordürde konulan girişin eşit boylarda olduğu durumlarda verimlilikleri de yalnızken sağladıkları verimlilikler kadardır. Birleşik girişin verimliliği hesap edilirken sanki tekmişler gibi ayrı değerlendirilirler. Birleşik girişler üçlü olarak ta tasarlanabilirler Şekil 7.17.



Şekil 7.17 Yan yana konulmuş üçlü birleşik girişler (Avcuoğlu, 2008)

Kentsel Drenaj-Kanalizasyon Sistemleri

7.20 Cadde Boyunca Yerleştirilmiş Izgaralı Girişler (C.B.Y.G)

C.B.Y.G' ler genellikle geniş bir yüzey alanına sahip olan alanlarda kullanırlar. Yağmur suyunun akış halinde olduğu kesit tüm yüzey alanı olduğunda kullanılabilir en ideal giriş tipidir. Havaalanları, otoparklar, büyük meydanlar ve bunlara benzer geniş alanlarda mevcut yağmursuyu girişlerine kıyasla en hızlı ve etkili çözüm olduklarından tercih edilirler Şekil 7.18.

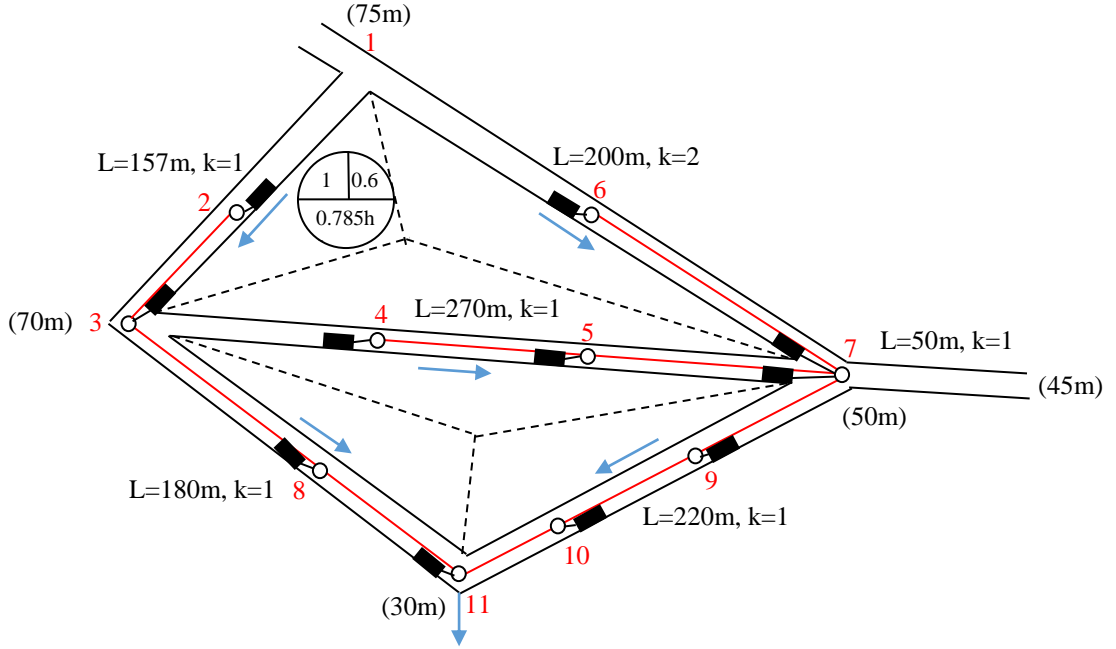


Şekil 7.18 Havaalanları, otoparklar, büyük meydanlarda C.B.Y.G' lerin yerleştirilmesi (Avcuoğlu, 2008)

Kentsel Drenaj-Kanalizasyon Sistemleri

Örnek 7.1

Örnek 2.4 de verilen bölgenin yağmur suyu şebekesi kanal hesabını yapınız.



$$A_1=0.785\text{ha} \quad C=0.6$$

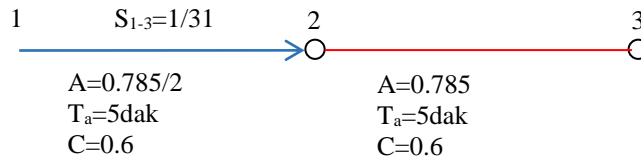
$$\text{Rasat (gözlem) yağmuru:} \quad T_r=15\text{dak} \quad n=1 \quad H=12\text{mm}$$

$$\text{Hesap yağmuru:} \quad T_h=10\text{dak} \quad n=0.5$$

$$\text{Yağmur şiddeti: } i = \frac{H}{T} = \frac{12}{15} = 0.8\text{mm/dak}$$

$$\text{Yağmur verimi: } I_r = 166.67 * i = 166.67 * 0.8 = 133.34\text{lt/s.ha}$$

$$\text{1-3 caddesinin eğimi: } S_{1-3} = \frac{75-70}{157} = \frac{5}{157} = 0.0318 = \frac{1}{31}$$



Kentsel Drenaj-Kanalizasyon Sistemleri

1-2 Bölge yüzeysel akış hesabı:

$$\text{Rasat Debisi: } Q_r = C * I * A = 0.6 * 133.34 * 0.785 / 2 = 31.40 \text{ lt / s}$$

$T_a = 5 \text{ dak} < T_h = 10 \text{ dak}$ Gecikme yok. Hesap debisi T_h dikkate alınacaktır. Rasat ve

Hesap zaman katsayıları:

$$\varphi_h = \frac{24}{(T_h + 9)n_h^{0.35}} = \frac{24}{(10 + 9) * 0.5^{0.35}} = 1.61$$

$$\varphi_r = \frac{24}{(T_r + 9)n_r^{0.35}} = \frac{24}{(15 + 9) * 1^{0.35}} = 1.0$$

$$\psi = \frac{\varphi_h}{\varphi_r} = \frac{1.61}{1.0} = 1.61$$

$$\text{Hesap Debisi: } Q_h = \psi * Q_r = 1.61 * 31.40 = 50.55 \text{ lt / s}$$

2-3 mecra hesabı:

(8). Sütun

$$Q_r = C * I * A = 0.6 * 133.34 * 0.785 / 2 = 31.40 \text{ lt / s}$$

(9). Sütun 2-3 kanalına giren toplam debi

$$\sum Q_r = Q_{r(1-2)} + Q_{r(2-3)} = 31.4 + 31.4 = 62.8 \text{ lt / s}$$

1-2-3 kanalındaki toplam akış süresi=5+5=10 dak.

$T_h=10 \text{ dak} = T_{a-1-2-3}=10 \text{ dak}$ olduğundan $T_h=10 \text{ dak}$. alınır. Hesap zaman katsayıları değişmez.

$$\psi = \frac{\varphi_h}{\varphi_r} = \frac{1.61}{1.0} = 1.61$$

(12). Sütun

$$Q_h = \psi * Q_r = 1.61 * 62.80 = 101.11 \text{ lt / s}$$

(15) ve (16). Sütunlar için boruları zemin kotunun 1.5 altında döşeyelim:

$$\text{Baş sırt kotu} = 72.5 - 1.5 = 71.0 \text{ m}$$

Kentsel Drenaj-Kanalizasyon Sistemleri

$$\text{Son sırt kotu}=70-1.5=68.5\text{m}$$

Minimum çap 300mm (**0.3m**) seçelim

(19) ve (20). Sütunlar taban kotları için:

$$\text{Baş taban kotu}=71-0.3=70.7\text{m}$$

$$\text{Son taban kotu}=68.5-0.3=68.2\text{m}$$

(21). Sütun Baş-Son sırt kot farkı

$$\Delta h=71-68.5=2.5\text{m}$$

(22). Sütun Kanal eğimi

$$S_{2-3} = \frac{(21).Sutun}{(4).Sutun} = \frac{2.5}{79} = 0.0316 = \frac{1}{31}$$

(24). Sütun, Tablo 2.7. den $D=300\text{mm}$ için $Q_k=850 \text{ t/s}$ $V_k=12.0\text{m/s}$ ve

Kanal eğimi dikkate alınarak dolu durumda kanalda taşınacak debi:

$$Q_D = \sqrt{\frac{1}{a}} Q_K = \sqrt{\frac{1}{31}} * 850 = 152.67 \text{ lt / s}$$

(25). Sütun dolu durumda kanaldaki akımın hızı:

$$V_D = \sqrt{\frac{1}{a}} V_K = \sqrt{\frac{1}{31}} * 12.0 = 2.16 \text{ m / s}$$

(26). Sütun

$$\frac{Q_H}{Q_D} = \frac{101.11}{152.67} = 0.662$$

Tablo 2.9. dan 0.662 (0.66) için :

$$\frac{V_H}{V_D} = 1.067 \quad \frac{h}{D} = 0.593$$

(27). Sütun

$$\frac{V_H}{V_D} = 1.067$$

(28). Sütun

Kentsel Drenaj-Kanalizasyon Sistemleri

$$\frac{h}{D}=0.593$$

(29). Sütun

$$\frac{h}{D}=0.593 \Rightarrow h=0.593*300=178\text{mm}=0.18\text{m}$$

(30) .Sütun

$$\frac{V_H}{V_D}=1.067 \Rightarrow V_H=1.067*2.16=2.3\text{m/s}$$

$$\frac{Q_D}{2}=76.34\text{lt/s} < Q_h=101.1\text{lt/s} < Q_D=152.67\text{lt/s}$$

Olduğundan uygundur. Bu durumda akış hızı $V_d=2.16\text{m/s}$ uygundur.

(31) .Sütun

$$\text{Akış zamanı } T_a = \frac{L}{V_d} = \frac{79}{2.16*60} = 0.61 \cong 1\text{dak}$$

(32) .Sütun

$T_t=T_a+T_g=5+1=6\text{dak} < T_h=15\text{dak}$ gecikme yok. Hesap debisi için T_h dikkate alınması uygundur. Eğer $T_t>15$ dakika çıksa idi çıkan zamana göre gecikme katsayısı φ yeniden hesaplanacaktı.

Kentsel Drenaj-Kanalizasyon Sistemleri

Tablo Örnek 7.1 Ayrık sistem yağmur suyu şebeke hesap tablosu

Bölge No	Baca No		Uzunluk (m)	Kısmi Alan (ha)	Su veren mecrâ No	Debi Hesabı				Zemin ve Mecra Özellikleri										
	Baş	Son				C	$Q_k=CIA$	ΣQ_k	Tahmini akış zamanı T_a	ψ	$Q_k=\psi Q_k$	Zemin Kotu		Sırt Kotu		Kanal sırt derinliği		Kanal taban kotu		
			L (m)	A (ha)		C	Q_k (lt/s)	ΣQ_k (lt/s)	T_a (dak)	ψ (lt/s)	Q_k (lt/s)	Baş (m)	Son (m)	Baş (m)	Son (m)	Baş (m)	Son (m)	Baş (m)	Son (m)	
(1)	2	3	78	0.393	6	0.6	31.4	31.4	10	1.61	50.55	72.5	70	71	68.5	1.5	1.5	70.7	68.2	
1	2	3	79	0.785	2	0.6	31.4	62.8	10	1.61	101.11	72.5	70	71	68.5	1.5	1.5	70.7	68.2	

Sırt kot farkı	Kanal eğimi	Mecra Hidrolik Hesabı						Süre Tablolu			Mecra Taban Durumu				
		Çap	Dolu Halde	Hidrolik Elemanlar	Hesap Debisi İçin	Geçiş Akış Süresi	Toplam süre	Arasındaki Düşüm/Terfi Sayısı	Toplam Düşüm/Terfi Miktarı	Taban Kotu	Baş	Son			
Δh (m)	S	D (m)	Q_k (lt/s)	V_k (m/s)	Q_k/Q_k	V (m/s)	t_k (s)	T_k (s)	T_k (s)	(Adet)	(m)	(m)	(m)		
(21)	-	(23)	(24)	(25)	(26)	(27)	(28)	(29)	(30)	(31)	(32)	(33)	(34)	(35)	(36)
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	5	-	-	-	-
2.5	0.0317	0.3	152.67	2.16	0.662	1.067	0.593	0.18	2.3	1	6	-	-	-	-

Kaynaklar:

1. Avcuoğlu B., 2008, “Meskun Bölge Yollarında Yağmur Suyu Drenajı” Y.L. Tezi, İTU, FBE, İstanbul.
2. DSİ Genel Müdürlüğü, 2012, *İçmesuyu Temin Projelerinde Nüfus ve Su İhtiyaç Tahmin Esasları*.
3. Dumlu, O., Yalçın, H. T. Ve Bozkurtoğlu, E., 2006, *Yeraltısuyu Jeolojisi ve Hidroliği*, Literatür Yayınları, No: 485, İstanbul.
4. Efe M., 2006, “Atıksu Ve Yağmursuyu Toplayıcı Sistemlerinin Tasarımı Ve İşletilmesinde Kullanılan Bilgisayar Destekli Modellerin Değerlendirilmesi Ve Bir Örnek Uygulama” Y.L. Tezi, İTU, FBE, İstanbul.
5. Emiroğlu M.E., 2005, *Su Temini ve Atık Suların Uzaklaştırılması* Ders Notları, F.Ü. Müh. Fak. İnşaat Müh. Böl. Elazığ. 2005.
6. Gençoğlu G, 1996, *Su dağıtım şebekelerinin modellenmesi*, TMMOB, İnşaat Mühendisleri Odası, Ankara.
7. İller Bankası, 1992, İçmesuyu Projesine ait Şehir ve Kasaba İçmesuyu Projelerinin Hazırlanmasına ait Yönetmelik.
8. İller Bankası Anonim Şirketi, 2013, *İçmesuyu Tesisleri Etüt, Fizibilite ve Projelerinin Hazırlanmasına Ait Teknik Şartname*.
9. İller Bankası, 1972, *Kanalizasyon İşlerinin Planlanması ve Projelerinin Hazırlanmasına ait Talimatname*.
10. Karpuzcu, M., 1985, *Su Temini ve Çevre Sağlığı*, Boğaziçi Üniversitesi Matbaası, İstanbul.
11. Muslu Y., 1995, *Su Getirme ve Kullanılmış Suları Uzaklaştırma Esasları*, Teknik kitaplar yayınevi, İstanbul.
12. Muslu, Y., 2002, *Çözümlü Problemlerle Su Temini ve Çevre Sağlığı*, Su Vakfı Yayınları, İstanbul.
13. Resmi Gazete, Yönetmelik, *İçme Ve Kullanma Suyu Temini Ve Dağıtım Sistemleri Hakkında Yönetmelik*.

14. Samsunlu A., 1997, *Su Getirme ve Kanalizasyon Yapılarının Projelendirilmesi*, Sam Çevre Teknolojileri Merkezi Yayınları, 1997, İstanbul.
15. Şahan L., 2001 “Atıksu Kanalizasyon Şebekelerinin Bilgisayar Destekli Analizi”, ERU, Y.L. Tezi, Kayseri.
16. Şekerdağ N., 2011, *Su Getirme ve Kanalizasyon Problemleri*, Nobel Yayınları, Ankara.
17. Topacık, D., ve Eroğlu, V., 1993, *Su Temini ve Atıksu Uzaklaştırılması Uygulamaları*, İTÜ İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul.
18. Yardımcı N., 1994, *Su Getirme*, Atatürk Üniversitesi. Ziraat Fakültesi, Erzurum.
19. Yücel M., Aksoğan S., 1987, *Su Getirme Kanalizasyon ve Suların Arıtılması*, Pimaş Yayınları, İstanbul.
20. www.abington.psu.edu
21. www.acikders.ankara.edu.tr
22. <http://www.standartboru.com.tr/alt-yapi>
23. <http://www.standartboru.com.tr/alt-yapi>
24. <https://www.gezerplastik.com.tr/>
25. <http://www.bestimbeton.com.tr/altyp.html>
26. <https://kaplanbeton.com.tr/yagmur-suyu-rogarlari/>
27. <https://optolov.ru/tr/steny-na-kuhne/vodootvedenie-livnyyh-vod-otvod-poverhnostnyh-atmosfernyh-vod-osnovnye.html>



Prof. Dr. Mehmet ARDIÇLIOĞLU

1966 yılında Kayseri de doğdu, 1987 yılında Çukurova Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümünden mezun oldu. Aynı yıl Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesinde araştırma görevlisi olarak Yüksek Lisans eğitimine başladı. Hidrolik A.B.D.'da 1990 Yılında Yüksek Lisans, 1994 Yılında doktora derecesi aldı. 1995 yılında Erciyes Üniversitesinde Yardımcı Doçent, 2006 yılında Doçent ve 2011 yılında Profesör kadrosuna atandı. 2016 Ekim ayında Erciyes Üniversitesinden emekli oldu. Dr. Ardiclioglu 2004 ve 2006 yıllarında İngiltere Birmingham Üniversitesinde, 2010 yılında Amerika Birleşik Devletleri, Auburn Üniversitesinde araştırmacı olarak çalışmalarda bulundu. 2010-2011 döneminde EPOKA üniversitesi, Tiran, Arnavutluk ta araştırma ve ders vermek amaçlı bulundu. 13 adet ulusal projede, araştırmacı ve yürütücü olarak çalıştı, 15 adet yüksek lisans ve 1 adet doktora tezine danışmanlık yaptı. Başlıca çalışma alanları; Açık kanal hidroliği, Akarsu modelleme ve taşkın koruma çalışmaları, Kentsel altyapı, içme suyu ve kanalizasyon sistemlerinin modellenmesi konularıdır. Akademik yayınları; 23 Uluslararası dergi, 13 Ulusal dergi, 31 Uluslararası konferans bildirisi, 41 Ulusal konferans bildirisi, Basılı 5 kitap ve 2 ders notu bulunmaktadır. Evli ve 3 kız babasıdır.

Web : www.mehmetardiclioglu.com

E posta: mardicli@yahoo.com

mehmet.ardiclioglu@gmail.com