

T.C.
İSTANBUL OKAN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ PROGRAMI

Ezgi BEKDEMİR

YER ALTI MÜHENDİSLİK YAPILARINDA YAĞMUR SUYU
BÜZLERİNİN İNCELENMESİ

DANIŞMAN

Dr. Öğr. Üyesi İbrahim SÖNMEZ

İSTANBUL, Haziran 2023

T.C.
İSTANBUL OKAN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ PROGRAMI

Ezgi BEKDEMİR
(213004001)

YER ALTI MÜHENDİSLİK YAPILARINDA YAĞMUR SUYU
BÜZLERİNİN İNCELENMESİ

DANIŞMAN
Dr. Öğr. Üyesi İbrahim SÖNMEZ

İSTANBUL, Haziran 2023

T.C.
İSTANBUL OKAN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ PROGRAMI

Ezgi BEKDEMİR
(213004001)

YER ALTI MÜHENDİSLİK YAPILARINDA YAĞMUR SUYU
BÜZLERİNİN İNCELENMESİ

Tezin Enstitüye Teslim Edildiği Tarih :
Tezin Savunulduğu Tarih :

Tez Danışmanı : Dr. Öğr. Üyesi İbrahim SÖNMEZ
(İstanbul Okan Üniversitesi)

Diğer Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Ali KAHRİMAN
(İstanbul Okan Üniversitesi)
Dr. Öğr. Üyesi Sinan CANSIZ
(İstanbul Arel Üniversitesi)

İSTANBUL, Haziran 2023

İÇİNDEKİLER

	<u>SAYFA NO</u>
ÖZET	iii
SUMMARY	iv
SEMBOLLER	v
KISALTMALAR	vi
ŞEKİL LİSTESİ.....	vii
TABLO LİSTESİ.....	viii
BÖLÜM 1. GİRİŞ	1
BÖLÜM 2. GENEL BİLGİLER.....	3
2.1. LİTERATÜR ÖZETİ	3
2.2. İKLİM.....	5
2.2.1.Sürdürülebilirlik	9
2.2.2.Yağış.....	9
2.2.4.Sel ve Taşkın	11
2.3. YAPI.....	15
2.4. BETON	15
2.4.1. Çimento	15
2.4.2. Agregası	19
2.4.3. Betonda Kullanılan Su	21
BÖLÜM 3. YER ALTI MÜHENDİSLİK YAPILARI.....	22
3.1. BORULAR	22
3.2. BETON-BETONARME BORULAR.....	24
3.3. MUAYENE BACA TABANI	28

3.4. YAĞMUR IZGARA TABANI.....	32
3.5. YER ALTI MÜHENDİSLİK YAPILARININ TASARIMI	33
3.6. YAĞMUR SUYU BÜZLERİNİN PLANLANMA AŞAMALARI	34
3.7. YAĞMUR SUYU DEBİ TAYİNİ	34
3.7.1. Yağış Şiddeti.....	35
3.7.2. Yağmur Verimi	35
3.7.3. Tekerrür Sayısı	36
3.7.4. Geçiş Süresi.....	36
3.8. BORU DÖŞEME YÖNTEMLERİ	39
3.9. BORU DÖŞENMESİNDE DİKKAT EDİLMESİ GEREKEN DURUMLAR	41
3.10. YAĞMUR SUYU BORU HATLARININ KARIŞIM ORANLARI.....	43
3.11. MALİYET HESAPLAMALARI	46
3.12. T.C. ÇEVRE, ŞEHİRCİLİK VE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ BAKANLIĞINI BİRİM FİYATLARI.....	46
3.13. İKİ FARKLI ÜRETİCİYE AİT BETON BORU FİYATLARININ KARŞILAŞTIRILMASI	48
3.14. BAKANLIĞIN BELİRLEDİĞİ VE FİRMALARA AİT MALİYETLERİN KARŞILAŞTIRILMASI	54
BÖLÜM 4. SONUÇ	56
KAYNAKÇA.....	58

ÖZET

YER ALTI MÜHENDİSLİK YAPILARINDA YAĞMUR SUYU BÜZLERİNİN İNCELENMESİ

İklim değışikliği Dünyanın birçok ülkesinde kabul edilmiş bir durumdur. Sanayi devrimiyle birlikte fosil yakıt kullanımı artmış, endüstri ilerlemiş, hava kirliliği ve ormansızlaştırma oranı yükselmiş, bunların etkisiyle hava da aşırı ısınma ve soğumalar başlamıştır. Bu etkiler İklimi etkilemiş yağmur ve kar yağışı olaylarında değışiklikler meydana gelmiştir. Suyun her damlasının çok değerli olduğu bu dönemde; yağmur sularının toplanması ve aktarımı büyük önem taşımaktadır. Yol kenarlarına yapılan getirme yapıları, yağmuru toplayan menfezler, suyu toplayan, aktarımını yapan yapılar oldukça değerli hale gelmiştir. Bu yüzden bu yapıların standartlarda belirtildiği şekilde üretilmesi, yerleştireleceği alandaki zeminin durumunun iyi şekilde bilinmesinin, yerleştirilme tekniklerinin, üzerine gelen dinamik yüklerin ve daha birçok parametrenin iyi şekilde araştırılıp, hesaplanması gerekmektedir. Bu çalışmada boru sistemleri hakkında bilgi verilip özellikle beton boru sistemleri detaylı şekilde incelenmiştir. Beton borular boy, çap ve ağırlıklarına göre sınıflandırılmış; bütün parametreleri ayrı ayrı gruplandırılmıştır. Teknik isimlerine göre beton borulara ait malzeme içerikleri tablo halinde sunulmuştur. Örneğin; Ağırlığı 235,20 olan Ø 300 X 1500 beton boru entegre üretimi için 29.400 kg çimento, 8.232 kg su, 52.920 kg kum, 64.680 kg taş tozu, 88,200 kg mıcır kullanılmış, ağırlığı 336,72 kg olan Ø 400 X 1500 beton boru entegre üretimi için; 42,09 kg çimento, 11,785 kg su, 75,762 kg kum, 92,598 kg taş tozu, 126,27 kg mıcır kullanılmıştır. İki farklı beton büz üreticisine ait maliyetler ile Ocak ayı Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığının yayımlamış olduğu birim fiyat listelerinden alınan poz numaralarına ait malzeme rayiç bedelleri, dolar kuru üzerinden karşılaştırılmalı olarak incelenmiş ve değerler detaylı olarak tablolara işlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Yer Altı Mühendislik Yapıları, Beton Büz, Beton Büz Maliyet, Beton Boru Karışım Oranları

SUMMARY

INVESTIGATION OF RAINWATER DRAINAGE SYSTEMS IN UNDERGROUND ENGINEERING STRUCTURES

Climate change is an accepted situation in many countries of the world. With the industrial revolution, the use of fossil fuels increased, the industry progressed, the rate of air pollution and deforestation increased, and as a result of these, the weather began to become overheated and cooled. These effects have affected the climate and caused changes in rain and snowfall events. In this period when every drop of water is very valuable; The collection and transfer of rainwater is of great importance. The structures built on the roadsides, the culverts that collect rain, and the structures that collect and transfer water have become very valuable. Therefore, these structures must be produced as specified in the standards, the condition of the ground in the area where they will be placed must be well known, the placement techniques, the dynamic loads on them and many other parameters must be thoroughly researched and calculated. In this study, information about pipe systems is given and especially concrete pipe systems are examined in detail. Concrete pipes are classified according to their length, diameter and weight; All parameters are grouped separately. The material contents of concrete pipes are presented in a table according to their technical names. For example; For the integrated production of Ø 300 for; 42.09 kg cement, 11.785 kg water, 75.762 kg sand, 92.598 kg stone dust, 126.27 kg gravel were used. The costs of two different concrete core producers and the current market prices of the materials for the exposure numbers taken from the unit price lists published by the Ministry of Environment, Urbanization and Climate Change in January were examined comparatively in dollar exchange rate and the values were recorded in the tables in detail.

Key Words: Underground Engineering Structures, Concrete Pipe, Concrete Pipe Cost, Concrete Pipe Mix Ratios

SEMBOLLER

E	: Elastisite modülü,
ν	: Poisson oranı,
I	: Atalet momenti,
A	: Kesit alanı,
r	: Yarıçap,
D	: Çap
\dot{I}	: Yağış şiddeti (mm/dk)
ΔP	:Düşen yağış yüksekliği (mm)
Δt	:Zaman aralığı (dk)
a,b,c	:Drenaj alanının özelliklerine göre ve bölgeden bölgeye değişen katsayılar
T	:Yağış süresi (dk),
$T_{\text{giriş}}$:Giriş süresi (dk)
$T_{\text{akış}}$:Akış süresi (dk)
C	:Yüzeysel akış katsayısı
$T_{\text{giriş}}$:Yüzeysel toplanma süresi (dk)
L_o	:Yüzeysel akış uzunluğu (m)
r_1	:Yağış şiddeti (mm/sa)
b	:Arazi eğimi ve gecikme katsayısına bağlı katsayı
C_r	:Gecikme katsayısı
J_0	:Arazi eğimi olarak geçmekte ve gecikme katsayısı

KISALTMALAR

DSİ	: Devlet Su İşleri
MGM	: Meteoroloji Genel Müdürlüğü
CEM I	: Portland Çimentosu
CEM II	: Portland Kompoze Çimento
CEM III	: Yüksek Fırın Cürufllu Çimento
CEM IV	: Puzolanlı Çimento
CEM V	: Kompoze Çimento
ÇŞİDB	: Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa No
Şekil 2.1. 2023 Yılı Nisan Ayı Alansal Yağışların Karşılaştırılması (MGM,2023).....	10
Şekil 2.2. Afet türlerinin 2001-2020 yıllarının ortalamasının 2021yılı ile karşılaştırılması	13
Şekil 2.3. 2020 Yılı Doğa Kaynaklı Olay İstatistikleri(AFAD, 2021)	14
Şekil 3.1. Boru Kısımları ve Teorik Adlandırılması (Erenson,C., 2020).....	23
Şekil 3.2. Beton-Betonarme Mutlu Boruların Üretim Aşamaları	25
Şekil 3.3 Boru Türleri (İlbank, 2021)	26
Şekil 3.4. Muayene Bacaları Elemanları (İlbank,2021)	29
Şekil 3.5. Muayene Baca Tabanı	30
Şekil 3.6. Şevli-İksalı Kazılarda Kazı ve Hendek Tabanı Genişliği(Resmi Gazete, 2017). 40	40
Şekil 3.7. Boru Performansına Etki Eden Zemin Performansı (Ayalp, G.,2006).....	42
Şekil 3.8. Entegre Contalı Muflu Beton Boru	50
Şekil 3.9. Muayene Bacasına Ait Görsel	50
Şekil 3.10. Lamba Zıvanalı Betonarme Boru	52

TABLO LİSTESİ

	Sayfa No
Tablo 2.1 Yıllık Ortalama Yenilenebilir Tatlı Su Kaynakları (Eurostat, 2022)	7
Tablo 2.2. EM-DAT Afet Tanımları(<i>EM-DAT</i>).....	12
Tablo 2.3. TSE Genel Çimento Çeşitleri	17
Tablo 2.4. Çimentoyu Oluşturan Oksitler ve Sembolleri (Baradan vd., 2022)	18
Tablo 3.1. Muflu Beton ve Betonarme boruların Sayısal Özellikleri	27
Tablo 3.2. Entegre Muflu Beton ve Betonarme Boruların Sayısal Özellikleri.....	28
Tablo3.3. Muayene Baca Tabanları Sayısal Özellikleri.....	30
Tablo 3.4. Muayene Baca Gövdeleri Sayısal Verileri.....	31
Tablo 3.5. Muayene Baca Konikleri Sayısal Verileri	32
Tablo 3.6. Yağmur Izgara Baca Gövdeleri Sayısal Verileri	33
Tablo3.7. Arazi Eğimine Göre Geçiş Süreleri (ÇŞİDB, 2017).....	37
Tablo 3.8. Gecikme Katsayısı Değerleri(ÇŞİDB, 2017)	38
Tablo 3.9. Yüzeysel Akış Katsayısı Değerleri(ÇŞİDB, 2017).....	38
Tablo 3.10. Hendek Taban Genişlikleri (<i>Resmi Gazete</i> , 2017).....	40
Tablo 3.11. Yağmur Suyu Boru Hatlarının Karışım Oranları	43
Tablo 3.12. T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı 2023 yılı İnşaat ve Tesisat Birim Fiyatı	47
Tablo 3.13. Birinci Üreticiye Ait Birim Fiyatlar	49
Tablo 3.14. İkinci Üreticiye Ait Birim Fiyatlar	51

Tablo 3.15. İki Farklı Üreticiye Ait Karşılaştırmalı Birim Fiyatlar.....	52
Tablo 3.16. Birim Fiyat Karşılaştırma	55



BÖLÜM 1. GİRİŞ

Dünya tarihine bakıldığı zaman, insanlar tarih boyunca sürekli yeni şehirler kurmuş ve bu şehirde yaşamlarını sürdürmüşlerdir. Yaşamını sürdüren insanoğlu Dünya kaynaklarından doğrudan ve dolaylı olarak faydalanmıştır. Yaşamsal faaliyetin devamlılığı için en temel ihtiyaç sudur. İnsanlar ilk medeniyetler tarihinden itibaren suya yakın yerlere yerleşmiş ve şehirlerini hep su olan bölgelere inşa etmişlerdir. Su yapısı gereği dingin gibi görünse dahi, şehirlerin suyu işleme ve kullanması için çeşitli yapılar inşa etmesi gerekmiştir. Başlangıçta yapılan yapılar suyun verdiği zararları engellemek için olsa da zaman geçtikçe suyun depolanması, taşınması gibi konuları üzerinde çalışmalar yapılmış ve bu çalışmalar sonucunda oluşturulan ürünler geliştirilmiştir. Zamanın ilerlemesi ve daha büyük kentlerin kurulmasıyla; yer üstü yapıların da ilerleyen medeniyetler, yer altı yapılarında da ilerlemesi gerektiğini keşfetmiş ve bu durumla birlikte, içme suyu hatları, kanalizasyon hatları, yağmur suyu toplama hatları, atık su iletim hatları, petrol ve doğalgaz hatları gibi çeşitli hatların yapımı ve geliştirilmesinde ilerlemiştir. Bu ürünlerin geliştirilmesi daha yaşanılabilir bir ortam oluşturulmasında çok büyük bir paya sahiptir.

Dünya üzerinde iklim değişikliği artık bütün ülkelerce kabul edilmiş bir durumdur. Bu durumun etkilerinin azaltılması için çeşitli konferanslar düzenlenmiş ve bunun sonucunda birçok anlaşma imzalanarak, iklim değişikliğinin etkilerinin bir miktar daha azaltılmasına yönelik çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmaların sonucunda sürdürülebilir kavramı ortamı çıkmıştır. Sürdürülebilirlik var olan kaynakların, gelecek şekilde zararsız şekilde iletilmesi olarak özetlenebilmektedir. İnsanlığın yaşamını sürdürebilmesi için en önemli kaynağın su olduğunu daha önce belirtmiştik, Dünyamızın 3'te 2'si sulardan oluşmaktadır fakat bu suyun yalnızca %2,5'lük kısmı tatlı su kaynağıdır. Ki bu oranında büyük bir kısmı kutuplardaki buzulların altında olduğundan, çok az bir tatlı su kaynağından faydalanabilmekteyiz. Nüfus artış hızının her geçen gün yükseldiği gezegenimizde, kaynaklar hızlı ve bilinçsiz bir şekilde tüketilmekte ve doğaya verdiğimiz zararlardan dolayı da iklimimiz bozulmaktadır. İklimin bozulmasıyla yağış durumlarında değişiklik meydana gelmiş, ülkemiz de mevsimler de büyük oran da kaymalar oluşmuştur. Dünyanın birçok bölgesinde ve ülkemiz de kuraklık artmış ve bu da

suyun kıymetini daha da çok arttırmıştır. Suyun her damlasının çok önemli olduğu yüzyılımız da yer altı mühendislik yapılarından yağmur suyu büzlerinin önemi daha da çok ortaya çıkmıştır. Yol kenarlarına yapılan getirme yapıları, yağmuru toplayan menfezler, suyu toplayan, aktarımını yapan yapılar oldukça değerli hale gelmiştir. Bu yüzden bu yapıların standartlarda belirtildiği şekilde üretilmesi, yerleştirileceği alandaki zeminin durumunun iyi şekilde bilinmesinin, yerleştirilme tekniklerinin, üzerine gelen dinamik yüklerin ve daha birçok parametrenin iyi şekilde araştırılıp, hesaplanması gerekmektedir. Bu alanda hata yapmamak için ülkeler kendi yer altı mühendislik yapılarının yapımı için teknik şartnameler hazırlamış ve bu şartnamelerde belirtilen kurallara göre hata payı minimize edilerek doğru uygulamalar yapılmıştır.

Tez çalışmamız giriş kısmından sonra literatür araştırması yapılarak devam etmektedir. İklim değişikliği ve yapı kavramları hakkında bilgi verilmiş, yer altı mühendislik yapılarından yağmur suyu büzlerinin detaylandırılması yapılmış, bir üreticiye ait beton boruların içerik bilgileri tablo halinde sunulmuş ve daha sonra da aynı şartlara sahip olan iki farklı üreticiye ait beton boru fiyatları ve bakanlığın belirlemiş olduğu rayiç bedeller tablolar halinde dolar para birimi üzerinden aktarılmış, bu firmaların ortak üretim yaptıkları aynı ürünlerin birim fiyatları, bakanlığın belirlemiş olduğu bedellerle karşılaştırılmıştır.

BÖLÜM 2. GENEL BİLGİLER

2.1. LİTERATÜR ÖZETİ

Gömülü boru sistemleri tarihi çok eski dönemlere kadar uzanmaktadır. 1913 yılında Amerika'nın Iowa eyaletindeki Marston, zemin baskısını analiz etmiş ve yapısal mekanik hakkında sistematik yaklaşımları ortaya koymuştur. Hendek ortamında yerleştirilmiş borulara etkileyen yüklerin bulunmasına yönelik yürütülen araştırmaların başlangıcı kabul edilmektedir. Marston'un, Spangler ile yapmış olduğu çalışmada esnek bir boru üzerine gelen yükün, rijit bir borunun üstüne gelen yükten çok daha az olduğunu göstermiştir. Bunun için bir yay alınmış ve yay üzerine ağırlık yerleştirilmiştir. Yay rijit bir cisim olduğundan eğilmeye karşı koyup deforme olacaktır. Eğilme-yük grafiği çizildiğinde ise yay orantı limitine kadar doğrusal formda çalıştığı bulunmuştur. Daha sonra bir rijit boru, sert bir yayla benzeştirilmiş ve boru çevresindeki zemin daha esnek bir yay olarak ele alınmış. Boruyu temsil eden yay üzerine yük ve ağırlık yerleştirilmiş, zemini temsil eden yayda deformeler ve boruyu temsil eden yayın da yükün büyük kısmını taşıdığı görülmüş. Durum tam tersi olduğunda borunun ezilmeye başladığı ve zeminin yük taşımada zorlandığı görülmüştür(Mooser, A.P., 1990) (Fernando, N.S.M. and Carter, J.P., 1998).

Anson Marston'un öğrencisi olan M.G. Spangler gömülü esnek boruların davranışları üzerine çalışmış ve "Esnek Boruların Tasarımı" adlı çalışması bu konu üzerindeki çalışmaların ilk ve en önemlisi olarak kabul edilmiştir. 1942 yılında yapmış olduğu çalışmada rijit yapılar dışında esnek boruların davranışlarını incelemiş farklı kabullere dayanan elastik ve visko elastik yaklaşımlarında bulunduğunu ayrıca yıllar boyunca gömülü halde bulunan malzemelerin davranış analizi için çeşitli analitik ve ampirik yöntemler geliştirmiş. Iowa formüllerinin ortaya çıkmasını sağlamıştır(Spangler, M. G., 1941).

Reynold Watkins 1958 yılında literatürde yer alan Iowa formülasyonundaki eşitlik üzerinde bulunan zemin reaksiyon modülü katsayısını dikkate alarak çalışmalarda bulunmuştur(Watkins, R. K ve Spangler, M. G., 1958).

Newmark 1967 yılında yapmış olduğu çalışmada boru hatları sismik dalga yayılımına maruz kalırsa, hattı saran zeminin verdiği gerilme ile aynı etkiyi verdiğini ileri sürmüştür. Tepe noktadaki gerilmeyi, sürekli bir sismik dalganın yayıldığını varsayarak tahmin etmiş ve göreceli kaymayı dikkate almadan; boru hattı ile zemin arasında ki şiddetli zemin deformasyonu durumunda boru gerilmeleri için bir üst sınır sağladığını göstermiştir(Newmark, 1975).

1969 yılında Sakurai ve Takahashi'nin yapmış olduğu çalışmada zemin içerisinde bulunan boru hatlarının deprem etkisi altındaki dinamik davranışlarını ölçen tam ölçekli bir alan testi gerçekleştirmişlerdir. Ardışık depremlere maruz kalan bir bölgede yapılan araştırmada zemin ve boru hatlarındaki gerilmeleri ölçerek, boru hatlarının zeminle senkronize çalışmış olacağını savunmuşlardır(Sakurai vd., 1969).

Gray ve Maher 1989 yılında yapmış oldukları çalışmada; ayrık fiber, çimento, kireç veya diğer katkı malzemelerini kuma ekleyerek oluşturmuş oldukları malzemenin mukavemetini ve sertlik artışını incelemişlerdir. Betonun dayanımının fiber malzeme içeriğinin, en-boy oranının ve zemin fiberinin yüzey sürtünmesi arttıkça yükseldiğini tespit etmişlerdir(Gray, D. H., and Maher, M. H., 1989).

Towhata ve ark. 1999 yılında dinamik yüklemeler öncesinde ve sonrasında borulara gelen kuvvetleri ölçmek amacıyla sarsma tablası deneyleri gerçekleştirmişlerdir. Dinamik yükleme frekansının ve zeminin rölatif sıklığının boru üzerine etkiyen kuvvete etkisinin olmadığı sonucuna varmışlardır (Towhata vd.,1999).

Dash ve arkadaşları bir laboratuvar ortamında bir çalışması yapmış, bu çalışmada kum yataklı zemine geocell şilteli malzeme yerleştirerek zeminin iyileşme ölçüsünü kontrol etmişlerdir. Değişken parametreler üzerinden, geocell malzemesinin yerleşim şekli, hücre genişliği, hücre boyutu, hücre yüksekliği ve zemin kotundan itibaren derinlik durumları belirlenmiştir. Değişken sıklıktaki zemin ortamında elde edilen sonuçlarda oturmanın %50 oranında azalırken, taşıma gücünün değeri sekiz kat fazla kapasiteye kadar yükselmiştir(Dash vd., 2001). Yine aynı araştırmacıların yapmış olduğu farklı bir çalışmada yatak malzemesi kil olan zemine geocell uygulanmış fakat bu sefer rijit dairesel temel sistemi altında inceleme yapılmıştır. Hazırlanan düzenek bir kutu içerisine yerleştirilmiş, peş peşe deneyler yapılmış ve deneyler süresince, temeldeki oturmalar ve deformasyonlar ölçülmüştür. Sonuç olarak da nihai

taşıma gücünün arttığı ve temel yatağında oluşan deformasyonların azaldığı görülmüş ayrıca geogrig eklenmesiyle yapılan deneylerde ise yedi kat fazla taşıma kapasitesini kil yatağı üzerine serilen kum tabakası seti vermiştir (Dash vd., 2003).

Choobbasti ve ark. 2009 yılında yapmış oldukları çalışmada laboratuvar modeli deney ile zemin içerisindeki boru hatlarının yükselme direncine, kum ve borunun yerleştirme derinliğinin nispi yoğunluğunun etkisine bakmışlardır. Sonuç olarak boru hatlarının yerleştirme derinliğinin arttırılmasının daha fazla yükselme direncinin elde edileceğini göstermiş ayrıca kumun bağıl yoğunluğunu ve kum birim hacim ağırlığındaki %20'lik bir artışın, zemine yerleştirilen boru hatlarının yükselme direncinde %40'luk bir gömme derinliği artışı ile aynı etkiye sahip olacağı sonucuna varılmıştır(Choobbasti vd., 2009)

Teja 2018 yılında yapmış olduğu çalışmada zemin içerisindeki boruların, statik yüklemeye altındaki davranışları incelenmiş ve yüklemeye etkisi altında borunun üzerine gelen gerilmeler doğrultusunda enine kesit boyunca izlenen deformasyonlar ve gömme boyunun deformasyon davranışına olan etkileri çalışma kapsamında incelenmiştir. Bir süre sonra aynı şartlar altında geogrid takviyeler eklenerek borunun yapısal performansı üzerinde yorumlamalar yapılmıştır. Çalışmada, 0,6 m genişliğinde 1 m derinliğinde açılan hendek içerisine yerleştirilen boruların taç kısmı ve üzengi hattı üzerine gerilme ölçerler yerleştirilmiş olup yüklemeye süresince okumalar alınmıştır. Sistem üzerine 252, 504, 756, 1008, 1260 ve 1512 kg olmak üzere yükler konularak her seviyedeki geogrid takviyelerin hareketleri incelenmiştir. Sonuç olarak da gömme derinliği üzerindeki artış borunun taç ve üzengi hattı bölümlerindeki sehimler azaltılmış ayrıca gömme derinliği arttıkça geogrid takviyesinin hareketliliğinin daha da arttırılması gerektiği vurgulanmıştır(Teja vd., 2018).

2.2. İKLİM

İklim değişikliğinin dünyayı etkisi altına aldığı artık bütün ülkelerce kanıksanmış bir durumdur. Bu durumun resmi olarak ilk dile getirilmesi 1992 yılında Rio'da yapılan "İklim Değişikliği Çevre Sözleşmesi" zirvesinde olmuştur. Bu zirvede iklim değişikliği; "uzun süre boyunca iklimde gözlenen doğal değişimler ile doğrudan ya da dolaylı olarak insan

faaliyetlerinin neticesinde ortaya çıkan ve küresel atmosferin kompozisyonunu bozan değişiklik” olarak tanımlanmaktadır. (BM İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi, 1992)

Sanayi devrimiyle birlikte fosil yakıt kullanılmaya başlanmış, endüstri ilerlemiş, hava kirliliği ve ormansızlaştırma oranı yükselmiş, bunların etkisiyle havada aşırı ısınma veya soğuma başlamış ve hiç bitmeyeceği düşünülen su kaynakları ciddi tehlikeye girmiştir.

Su insan hayatının devamı için en önemli kaynaklardan biridir. İklim değişikliğiyle birlikte yağın yağmur ve kar miktarının değişikliğe uğraması, artan Dünya nüfus miktarının etkisiyle de suyun yanlış ve bilinçsiz kullanılması; su kaynaklarında ciddi bir azalmaya neden olmuştur. Dünyamızın 2/3 ü sularla kaplıdır fakat bu suyun %97.5’i okyanuslarda bulunan tuzlu sulardan oluşmaktadır, geriye kalan %2.5’lik kısım ise tatlı sudur ve bu tatlı suyun büyük kısmı kutuplardaki buzulların ve çok derinlerdeki jeolojik tabakaların arasında bulunur. Ulaşabildiğimiz tatlı su kaynakları genel olarak nehirler, göller ve derelerde bulunmaktadır. Bu sulara oran olarak %0.10 a tekabül etmektedir. (MGM)

Türkiye’de 1991-2020 yılları arasındaki uzun yıllar yağış ortalaması miktarı 537.4 mm olarak hesaplanmıştır. Bu değer 2022 yağışlarının ortalamasına bakıldığında 503.8 mm olarak hesaplanmış ve yaklaşık ortalama yağış miktarımız normaline göre %12.1 ve geçen yılki miktara göre %4 oranında azalmıştır. (ÇŞİDB, 2023)

Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğünün yayınlamış olduğu 2022 faaliyet raporunda ülkemizde yıllık tüketilebilecek olan yerüstü suyu miktarı 94 milyar m³, yeraltı su miktarı 18 milyar m³ olmak üzere toplamda 112 milyar m³ lük bir su potansiyelimiz bulunmaktadır. Ortalama olarak çeşitli amaçlar için yıllık (içme ve kullanma suyu, sulama suyu v.b.) 57 milyar m³, sulama suyu olarak 44 milyar m³(%77), içme-kullanma ve sanayi suyu olarak da 13 milyar m³(%23) nün kullanıldığı tespit edilmiştir. 2000 yılında kişi başına düşen yıllık su miktarı 1652 m³ iken bu oran 2022 yılında 1322 m³ e kadar düşmüştür (DSİ, 2022) . Bu verilere göre Türkiye su stresi yaşayan ülkeler arasında konumlanmıştır. Türkiye İstatistik Kurumunun yayınlamış olduğu rapora göre 2030 yılında ülke nüfusunun yaklaşık 100 milyon olacağı ön görülmüştür. Bu nüfus artış hızı su, gıda ve enerjiye duyulan ihtiyacın artması anlamına gelmekte ve acilen önlem almamız gerektiği görülmektedir. Suyun her damlasının bu derece önemli olduğu zamanda suyu tutmak için çeşitli uygulamalar yapılmaktadır.

İklim değişikliğinin etkilerinden dolayı son yıllarda meydana gelen hava ve iklim parametrelerinde meydana gelen olaylar;

- Buharlaşma ve yağmur miktarında değişim
- Yağan yağmurun, büyük kısmının sağanak şeklinde olması
- Buzulların erimesi
- Fırtına ve sel hasarlarının artması
- Denizde bulunan buzulların küçülmesi ve buna paralel deniz suyu seviyesinin artması

Şeklinde sıralanmıştır (Kadioglu, 2007).

Avrupa İstatistik Kurumunun 2022 yılında yayınlamış olduğu yenilenebilir tatlı su kaynakları verileri aşağıdaki 2.1. numaralı tabloda verilmiştir. (Eurostat, 2022)

Tablo 2.1 Yıllık Ortalama Yenilenebilir Tatlı Su Kaynakları (Eurostat, 2022)

Ülkeler	A. Yağış	B. Evapotranspirasyon	C. İ Akış	D.Dış Giriş	E. Yenilenebilir Tatlı Su Kaynakları	F.Yenilenebilir Tatlı Su Kaynaklar
			C=A-B	D	E=C+D	1000 Kişi Başına
Belgium	25.337	15.428	10.048	13.772	23.820	2,1
Bulgaria	72.930	57.141	15.789	84.064	99.853	14,4
Czechia	53.832	38.572	15.260	892	16.152	1,5
Denmark ^(e)	38.485	22.145	16.340	0	16.340	2,8
Germany	307.000	190.000	117.000	71.000	188.000	2,3
Estonia	29.018	:	12.347	:	12.347	9,3
Ireland ^(e)	87.632	38.308	49.324	3.469	52.793	10,6
Greece	115.000	55.000	60.000	12.000	72.000	6,7
Spain	333.657	226.453	107.204	0	107.204	2,3
France	512.563	317.327	195.236	11.000	206.236	3,1
Croatia ^(e)	63.805	42.096	24.530	93.783	118.313	29,2
Italy	273.133	147.365	125.618	:	:	:

Cyprus	3.030	2.709	321	0	321	0,4
Latvia	43.220	23.573	19.647	16.992	36.639	19,3
Lithuania	44.886	31.584	13.854	8.413	22.267	8,0
Luxembourg	2.030	1.125	905	739	1.644	2,6
Hungary	56.172	50.592	5.580	91.500	97.080	10,0
Malta	177	93	85	0	85	0,2
Netherlands	31.618	21.293	10.325	81.500	91.825	5,3
Austria	99.800	43.100	56.700	29.300	86.000	9,6
Poland	195.656	142.772	52.884	7.669	60.553	1,6
Portugal	82.164	43.571	38.593	35.000	73.593	7,1
Romania	156.996	117.391	39.606	314	39.920	2,1
Slovenia	31.746	13.150	18.596	13.496	32.092	15,3
Slovakia	37.352	24.278	13.074	67.252	80.326	14,7
Finland	222.000	115.000	107.000	3.200	110.000	19,9
Sweden	350.466	169.381	181.684	15.011	196.695	19,0
Norway	374.833	82.402	292.430	9.467	301.897	56,1
Switzerland	61.207	21.382	39.825	12.560	52.385	6,1
United Kingdom	287.607	127.290	161.369	6.454	172.861	2,6
North Macedonia	19.533	:	:	1.014	:	:
Serbia	56.879	43.626	13.253	158.135	171.388	24,8
Turkey	503.100	275.700	227.400	6.900	234.300	2,8
Bosnia and Herzegovina^(e)	55.863	25.940	29.922	2.000	31.922	9,1
Kosovo*	763	478	285	11	296	0,2

Tablo 2.1 e göre Türkiye'ye yıllık ortalama 503.100 yağış gelmekte, evotranspirasyon sonucu yani buharlaşma ve terleme etkisiyle suyun topraktan, bitkilerden ayrılarak atmosfere karışmasıyla ortalama 275.700 kayıp olmaktadır. Bununla birlikte iç akışta 227.400, dış kaynaktan giriş olarak da ortalama 6.900 değerleri hesaplanmıştır. Sonuç olarak 1000 kişi

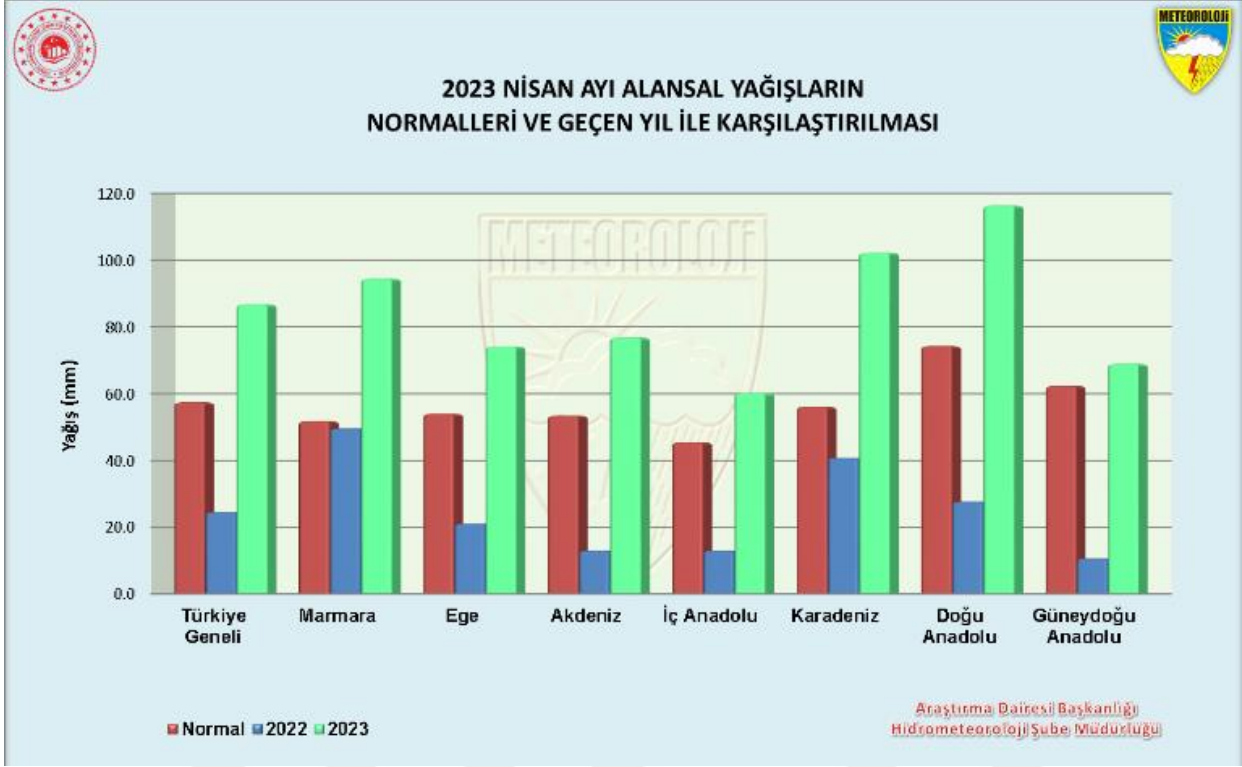
başına 2.8 lik oranda tatlı su kaynağımız bulunmaktadır. Bin kişi başına düşen tatlı su kaynağının en yüksek olduğu yer Norveçdir.

2.2.1.Sürdürülebilirlik

İklim değişikliğinin etkilerini azaltabilmek için sürdürülebilirlik kavramı üzerinde durmamız gerekmektedir. Bu kavram; insanların ihtiyaçlarını karşılarken, ekosistemi tahrip etmeden gelecek nesillere sağlıklı bir çevre bırakmak olarak tanımlanmaktadır (Brundtland, G. H., & Khalid, 1987). Sürdürülebilir şehir yolunda kentlerin drenaj sistemleri büyük önem taşımaktadır. Özellikle nüfus yoğunluğunun sürekli değişiklik gösterdiği kentler yağış olayı durumlarında ve kentlerin çevre kalitesinin zarara uğramaması için iyi bir drenaj sistemine ihtiyaç duyarlar (Dibaba,W.T., 2018).

2.2.2.Yağış

Havadaki su buharının yoğunlaşması sonucunda sıvı ve katı formda yer yüzüne düşmesi olayına yağış denilmektedir (TDK). Yağış çeşitleri; yağmur, kar, orografik, konvektif, sağanak, çisenti, cephesel(depresyonik) olarak sınıflandırılmaktadır. Çalışmamızdan dolayı daha çok konvektif yağışlar üzerinde durmaktayız. Konvektif yağışlar; kısa mesafelerde yağış miktarında farklılığın fazla olduğu, bu fazlalıktan dolayı da ani bir yüzey akışına yani sel ve taşkınlara sebep olan, genellikle İlkbahar, Sonbahar ve Yaz aylarında görülen yağışlardır. MGM'nün 2023 yılı Nisan ayı verilerine göre; Türkiye genelinde nisan ayı yağış normali ve geçen yılın nisan ayı yağışlarının üzerinde bir yağış durumu gerçekleşmiştir. 1991-2020 yılları arasında nisan ayında 57,5 mm yağış olmuşken; 2022 yılı nisan ayında bu değer 24,5 mm olmuş ve 2023 yılı nisan ayı verilerine göre 86,8 mm miktarında yağış gerçekleşmiştir. Yağışlar normal değerine göre %51 artarken bir önceki yıla göre %100'den fazla artış göstermiştir (*Aylık Yağış Raporu - Meteoroloji Genel Müdürlüğü*, 2023).



Şekil 2.1. 2023 Yılı Nisan Ayı Alansal Yağışların Karşılaştırılması (MGM,2023)

Şekil 2.1 de görüleceği üzere; Marmara bölgesi 2023 yılında 94,5 mm yağış almış, bu değer 2022 nisan ayında 49,6 mm olarak ölçülmüş ve normali 51,9 mm olarak bilinmektedir. Ege bölgesi 2023 yılında 74,2 mm yağış almış, bu değer 2022 nisan ayında 21,1 mm olarak ölçülmüş ve normali 54,0 mm olarak bilinmektedir. Akdeniz bölgesi 2023 yılında 76,9 mm yağış almış, bu değer 2022 nisan ayında 13,0 mm olarak ölçülmüş ve normali 53,5 mm olarak bilinmektedir. İç Anadolu bölgesi 2023 yılında 60,2 mm yağış almış, bu değer 2022 nisan ayında 13,0 mm olarak ölçülmüş ve normali 45,5 mm olarak bilinmektedir. Karadeniz bölgesi 2023 yılında 102,3 mm yağış almış, bu değer 2022 nisan ayında 40,8 mm olarak ölçülmüş ve normali 56,2 mm olarak bilinmektedir. Doğu Anadolu bölgesi 2023 yılında 116,4 mm yağış almış, bu değer 2022 nisan ayında 27,7 mm olarak ölçülmüş ve normali 74,3 mm olarak bilinmektedir. Güneydoğu Anadolu bölgesi 2023 yılında 69,0 mm yağış almış, bu değer 2022 nisan ayında 10,7 mm olarak ölçülmüş ve normali 62,4 mm olarak bilinmektedir.

2.2.4.Sel ve Taşkın

Sel ve taşkın doğal afetler arasında görülen, Dünya da ve Türkiye de hem mal hem de can kaybına sebep olan önemli olaylardandır. Taşkınlar nehir kapasitesinin üzerinde normalden fazla kar erimesi veya yağışın gelmesiyle oluşan zarar olarak tanımlanmaktadır. Fakat konunun içerisine şehir taşkınları da eklendiğinde genel sebebin zemindeki geçirimsiz yüzeylerin fazla olması ve drenaj ağlarının yeterli düzeyde olmamasından meydana gelen su basmalarıdır.

Taşkınlar dünya üzerinde olduğu gibi Türkiye’de de büyük ekonomik zarara ve can kayıplarına neden olan doğal felaketlerdir. İstatistiksel olarak bakıldığında ülkemizde deprem felaketlerinden sonra en büyük can kayıpları sel ve taşkın felaketlerinden meydana gelmektedir.

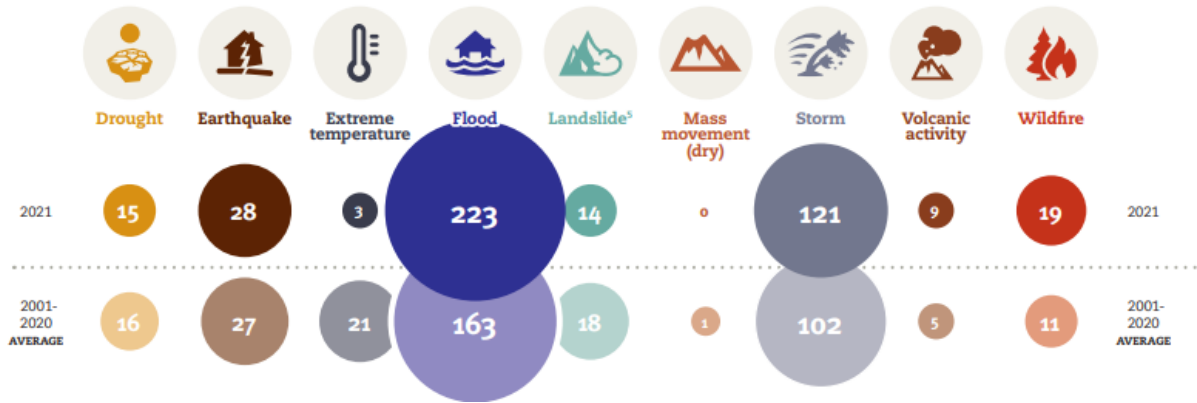
Uluslararası afet veri tabanının yapmış olduğu afet tanımlamaları tablo 2.2’de verilmiştir. Tabloya göre afetler doğal ve teknolojik olarak ikiye ayrılmış bu ayrımdan sonra da alt gruplara bölünmüş ve detaylandırmaları yapılmıştır.

Uluslararası afet veri tabanı (EM-DAT) verilerine göre 2000-2018 yılları arasında gerçekleşen afetlerde 22 sel olayı, 21 deprem olayı yaşanmıştır. Olay sayıları birbirine yakın olsa da ölüm oranları birbirinden farklıdır. Depremlerde yaşamını kaybeden insan oranı %68 iken sel felaketlerinden dolayı yaşamını yitiren insan oranı %18 olarak tespit edilmiştir (*EM-DAT Atlas - Turkey, 2018*).

Tablo 2.2. EM-DAT Afet Tanımları(*EM-DAT*)

Afet Grubu	Afet Alt Grubu	Tanım	Afet Ana Tipi
DOĞAL	Jeofizik	Katı topraktan kaynaklanan bir tehlike. Bu terim, jeolojik tehlike terimi ile birbirinin yerine kullanılır.	Deprem
			Kütle Hareketi (kuru)
			Volkanik faaliyet
	Meteorolojik	Dakikalardan günlere kadar süren kısa ömürlü, mikro ila orta ölçekli aşırı hava ve atmosferik koşulların neden olduğu tehlike.	Aşırı sıcaklık
			Sis
			Fırtına
	Hidrolojik	Yüzey ve yer altı tatlı su ve tuzlu suyun oluşumu, hareketi ve dağılımından kaynaklanan tehlike.	Sel
			heyelan
			dalga hareketi
	Klimatolojik	Mevsimler arası iklimden çok on yıllık iklim değişkenliğine kadar uzanan uzun ömürlü, orta ila makro ölçekli atmosferik süreçlerin neden olduğu tehlike .	Kuraklık
			Buzul Gölü Patlaması
			Orman yangını
	Biyolojik	Canlı organizmalara ve bunların toksik maddelerine (örn. zehir, küf) veya taşıyabilecekleri vektör kaynaklı hastalıklara maruz kalmanın neden olduğu bir tehlike. Örnekler, zehirli yaban hayatı ve böcekler, zehirli bitkiler ve parazitler, bakteriler veya virüsler (örn. sıtma) gibi hastalığa neden olan maddeleri taşıyan sivrisineklerdir.	Epidemi
			böcek istilası
			Hayvan Kazası
Dünya dışı	Asteroitler, göktaşları ve dünyanın yakınından geçerken Dünya'nın atmosferine girerek ve/veya Dünya'ya çarparak ve Dünya'nın manyetosferini, iyonosferini ve termosferini etkileyen gezegenler arası koşullarda meydana gelen değişikliklerden kaynaklanan bir tehlike.	Darbe	
		Uzay havası	
Teknolojik	Endüstriyel kaza		Kimyasal dökülmesi
			Büyük patlama
			Ateş
			Gaz sızıntısı
			Zehirlenme

			Radyasyon	
			Yağ sızması	
			Diğer	
	Ulaşım kazası			Hava
				Yol
				Demiryolu
				Su
	Çeşitli Kaza			Büyük patlama
				Ateş
				Diğer



Şekil 2.1. Afet türlerinin 2001-2020 yıllarının ortalamasının 2021 yılı ile karşılaştırılması

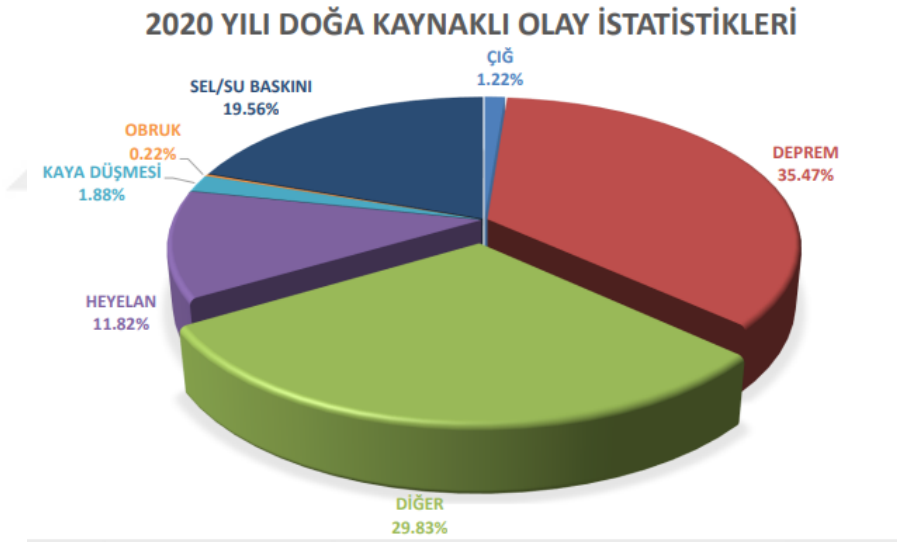
Şekil 2.2 de gösterilen Dünya üzerindeki afet karşılaştırılmasında 2001-2020 yıllarında meydana gelen doğa olaylarında sel baskınlarının oranı en yüksek değerdeyken, bu değer 2021 yılında da daha fazla artarak yine en yüksek oran olarak kalmıştır. 2001-2020 yılları arasında ve 2021 yılında yapılan karşılaştırmada en çok meydana gelen doğal afetler; sel, fırtına ve depremlerdir (EM-DAT, 2021)

Afet ve Acil Durum Yönetim başkanlığının 2021 yılında yayımlanmış olduğu 2020 yılı doğa kaynaklı olay istatistikleri raporuna göre;

➤ ÇİĞ-11

- DEPREM-321
- DİĞER-270
- HEYELAN-107
- KAYA DÜŞMESİ-17
- OBRUK 2 SEL/SU BASKINI-177

Toplam 905 adet olay meydana gelmiştir. Bu olaylar Şekil 2.3 deki istatistiksel grafik olarak incelendiğinde; birinci sırada yer alan depremler %35.47, diğer olaylardan meydana gelen olaylar %29.83 ve sel/su baskınından meydana gelen olaylar %19.56 olarak belirlenmiştir (AFAD, 2021).



Şekil 2.2. 2020 Yılı Doğa Kaynaklı Olay İstatistikleri(AFAD, 2021)

Taşkınlar etkilediği bölgelerin jeolojik ve topografik özelliklerini, bitki örtüsünü ve morfolojik yapısında büyük değişikliklere sebep olmaktadır. Taşkın olaylarının iklim değişikliğinin etkisiyle daha da artacağı öngörülmektedir. Bu artış yağmurların yağış şekillerini de önemli ölçüde etkileyeceği için, kentleşmelerin iyileştirilmesi, dağınık nüfusun düzenlenmesi, tarımsal faaliyetlerin doğru şekilde yapılması, ormansızlaştırmanın önüne geçilmesi, çok iyi drenaj sistemlerinin kurulması gibi önlemler alınmalıdır.

2.3. YAPI

TDK ya göre yapı; barınmak veya başka amaçlarla kullanılmak için yapılmış her türlü mimarlık eserlerinin toplamı olarak tanımlanmaktadır. Verilen tanım kısa fakat anlam içeriği bakımından yoğundur. Yapı işleri denildiği zaman insanların aklına; bina, karayolu, tünel, demir yolu, hava yolu, enerji tesisi, boru iletim hatları, köprü, viyadük, restorasyon, hafriyat, alt yapı çalışmaları gibi kavramları gelmektedir.

Yapılar taşıyıcı sistemlerine göre de kendi içerisinde ayrılmaktadır. Bunlar;

- Betonarme Yapı
- Prefabrik Yapı
- Ahşap Yapı
- Çelik Yapı
- Yığma Yapı

olarak sıralanmaktadır. Bizim çalışmamız beton ve betonarme sistemler olarak geçtiğinden dolayı, bu sistemler hakkında aşağıda detaylandırma yapılmıştır.

2.4. BETON

Beton çimento, su ve agreganın belirli oranlarda ve belirli tekniklerle karıştırılarak elde edilmesiyle oluşan yapı malzemesidir. Oluşan bu malzemenin plastik kıvamı olması; istenilen kalıba konularak, malzemenin muhtevasına bağlı olarak hızlı veya yavaş şekilde prizini alıp, kalıbın şeklini almasını sağlamaktadır.

2.4.1. Çimento

Çimento kil, kalker, marn, boksit gibi malzemeler taş ocaklarında kırıldıktan sonra, üretim tesisine getirilir. Burada özel kırıcılarla 25 mm boyutuna indirilir, çeşitlerine göre silolara alınır. Kalite kriterlerine göre farin adı verilen değirmenlerde ortalama 100 mikronun altında olacak şekilde öğütülür. Öğütülen malzemeler farin silolarına oradan ön ısıtıcı kulelere taşınır. Ön ısıtıcılara gönderilme sebebi kil içerisinde bulunan fazla suyun buharlaştırılarak atılmasını sağlamaktır. Buradan malzemeler döner fırınlara alınır ve ortalama 1450⁰C kadar ısıtılır ve

ısının malzeme hızlı bir şekilde 100⁰C lik soğutma bölgesine alınarak soğutulur. Isınan malzemenin bir anda soğutulmasının sebebi klinker malzemesinin kalitesini arttırmak içindir. Klinker silolara alınır ve istenilen çimentonun türüne göre katkı maddeleri eklenerek, paketlenir ya da inşaat sahasına gönderilir. Çimentolar üretim türlerine göre çeşitli başlıklar altında toplanmaktadır. Bunlar;

TS-EN 197-1 standardında 5 ana tip ve 27 adet farklı alt tip çimento türü tanımlamıştır. Bunlardan ana tipler;

CEM I- Portland Çimentosu

CEM II- Portland Kompoze Çimento

CEM III- Yüksek Fırın Cürüflu Çimento

CEM IV- Puzolanlı Çimento

CEM V- Kompoze Çimento olarak belirlenmiştir. Tablo 2.3'de detaylı şekilde gösterilmiştir;

Tablo 2.3. TSE Genel Çimento Çeşitleri

Ana Tip	Çimento Tipi	TSE EN 197-1 Gösterimi	Ana Bileşenler % cinsinden										
			Klinker K	Yüksek Fırın Cürufu S	Silis Dumanlı D	Puzolan		Uçucu Kül		Pişmiş Şist T	Kalker		
						Doğal P	Kalsine Edilmiş Q	Silisi V	Kalkersi W		Kireç Taşı L	Kireç Taşı LL	
CEM I	Portland Çimentosu	CEM I	95-100	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
CEM II	Portland Cürufu Çimento	CEM II/A-S	80-94	6-20	x	x	x	x	x	x	x	x	
		CEM II/B-S	65-79	21-35	x	x	x	x	x	x	x	x	
	Portland Silis Dumanlı Çimento	CEM II/A-D	90-94	x	6-10	x	x	x	x	x	x	x	
	Portland Puzolan Çimento	CEM II/A-P	80-94	x	x	6-20	x	x	x	x	x	x	
		CEM II/B-P	65-79	x	x	21-35	x	x	x	x	x	x	
		CEM II/A-Q	80-94	x	x	x	6-20	x	x	x	x	x	
		CEM II/B-Q	65-79	x	x	x	21-35	x	x	x	x	x	
	Portland Uçucu Küllü Çimento	CEM II/A-V	80-94	x	x	x	x	6-20	x	x	x	x	
		CEM II/B-V	65-79	x	x	x	x	21-35	x	x	x	x	
		CEM II/A-W	80-94	x	x	x	x	x	6-20	x	x	x	
		CEM II/B-W	65-79	x	x	x	x	x	21-35	x	x	x	
	Portland Pişmiş Şistli Çimento	CEM II/A-T	80-94	x	x	x	x	x	x	6-20	x	x	
		CEM II/B-T	65-79	x	x	x	x	x	x	21-35	x	x	
	Portland Kalkerli Çimento	CEM II/A-L	80-94	x	x	x	x	x	x	6-21	x	x	
		CEM II/B-L	65-79	x	x	x	x	x	x	21-36	x	x	
		CEM II/A-LL	80-94	x	x	x	x	x	x	x	x	6-20	
		CEM II/B-L	65-79	x	x	x	x	x	x	x	x	21-35	
	Portland Kompoze Çimento	CEM II/A-M	80-94	6-20									
		CEM II/B-M	65-79	21-35									
	CEM III	Yüksek Fırın Cürufu Çimento	CEM III/A	35-64	36-65	x	x	x	x	x	x	x	x
CEM III/B			20-34	66-80	x	x	x	x	x	x	x	x	
CEM III/C			5-19	81-95	x	x	x	x	x	x	x	x	
CEM IV	Puzolanik Çimento	CEM IV/A	65-89	x	11-35					x	x	x	
		CEM IV/B	45-64	x	36-55					x	x	x	
CEM V	Kompoze Çimento	CEM V/A	40-64	18-30	x	18-30		x	x	x	x	x	
		CEM V/B	20-38	31-50	x	31-50		x	x	x	x	x	

Tabloya göre CEM I çimentosu içerisinde %95-100 oranında klinker içeren çimento türüdür. CEM II yedi farklı tipten oluşmakta, alt içeriklerine göre de 19 farklı şekilde sınıflandırılmaktadır. Örneğin; ana tipi CEM II olan Portland puzolan çimentonun TSE adlandırılmasında CEM II/B-P %65-79 oranında klinker içerirken, %21-35 oranında doğal puzolan içermektedir. CEM III tek bir tipten oluşurken, alt içeriklerine göre 3 farklı şekilde sınıflandırılmaktadır. CEM IV tek bir tipten oluşurken, alt içeriklerine göre 2 farklı şekilde adlandırılmaktadır. CEM V ise yine tek bir tipten oluşurken, alt içeriklerine göre 2 farklı şekilde sınıflandırılmaktadır. Çimentoların tipi, yapının amacı, kullanılacağı yer ve dayanıklılık problemleri göz önünde bulundurularak seçilir. Yapı Sektöründe kullanılan bazı çimento türleri aşağıda açıklanmıştır.

2.4.1.1. Portland Çimentosu

Portland çimentosu kalker ve kilin pişirilmesi sonucu oluşan klinker adı verilen malzemenin belirli oranlarda alçı taşıyla karıştırılmasından elde edilen çimento türüdür. Çimento kimyasal olarak çok fazla bileşenden oluştuğundan formülleri kısa şekilde göstermek için her oksit tek bir harfle ifade edilmiştir. (Baradan vd., 2022)

Tablo 2.4. Çimentoyu Oluşturan Oksitler ve Sembolleri (Baradan vd., 2022)

Adı	Oksit	Sembolü
Kireç	CaO	C
Silis	SiO ₂	S
Alümin	Al ₂ O ₃	A
Demir	Fe ₂ O ₃	F
Kükürt trioksit	SO ₃	Ş

2.4.1.2. Yüksek Fırın Cürüflu Çimento

Yüksek fırın cürufu içerisinde silis, kalsiyum ve bazik kökenli bileşikler barındıran; demir-çelik fabrikalarında üretim sırasında meydana gelen atık malzemelerdir. YFC camısı özelliklere sahip bir yapı malzemesidir ve en az 243 milyon ton olan pik demir-çelik üretiminin %30 unu oluşturmaktadır. (L. Zhang, Y. Jia, H. Shu, L. Zhang, X. Lu, F. Bai, 2021) Portland çimentosuna göre; permeabilitesinin, porozitesinin ve hidrasyon ısısının düşük olması, kimyasal etkilere, karbonatlaşmaya, donma-çözülme etkilerine karşı yüksek dayanıklılık avantajları bulunmaktadır. Ayrıca prizini hızlı alması, mikro çatlak oluşumu, çiçeklenme ve büzülme gibi dezavantajları bulunmaktadır. (Aydın, 2010)

2.4.1.3. Uçucu Küllü Çimento

Uçucu küller termik santrallerde yakılan kömürden çıkan ince partikül halindeki yan üründür ve Portland çimentosunun yerine kullanılır. (Y.H. Mugahed Amran, 2020) Birçok ülkede uçucu küller PÇ'na göre ortalama %20-%60 daha ucuzdur. Araştırmalar PÇ yerine uçucu kül kullanıldığı zaman; Dünya çapındaki araçların 1 yıl boyunca yaydıkları karbondioksitin %25 oranında ortadan kalkacağını göstermiştir. (Y.H. Mugahed Amran, 2020)

2.4.1.4. Sülfata Dayanıklı Çimentolar

Deniz suyu, kanalizasyon gibi içeriğinde yüksek sülfat olan alanlarda kullanılan çimento çeşididir. C₃A (trikalsiyum alüminat) miktarı sınırlandırılarak üretilen klinkerin CaSO₄(kalsiyum sülfat) ile birlikte öğütülmesiyle elde edilir.

2.4.2. Agrega

Doğal ya da yapay olarak üretilen; beton ve harç yapımı sırasında çimento, su ve bağlayıcı karışımına dahil edilen, 100 mm'yi aşmayan büyüklükteki kırılmış ve kırılmamış tanelerden oluşan malzemedir. Doğal agregalar; taş ocaklarından, nehir yataklarından ve deniz kenarından alınan; kırılmış ya da kırılmamış olan malzemelerdir. Yapay agregalar ise; istenilen özelliğe uygun olarak üretilen ya da bir sektörün yan ürünü olarak elde edilen malzemedir. Beton da kullanılacak olan agregaların özellikleri TS 706 EN 12620 standardında belirlenmiştir. Bu standarda göre agregalar; boşluksuz, sert, dayanıklı, basınca ve aşınmaya karşı mukavemetli,

zayıf taneler içermeyen, betona zarar verecek toz, toprak türü ürünleri barındırmayan, yassı ve uzun olmayan, çimentoyla tehlikeli reaksiyona girmeyen, donatının korozyonuna mâni olan ya da onu tehlikeye atmayan gibi durumlardan oluşmalıdır. Betonun içerisinde agregayı yüksek oranda kullanmamızın nedeni sadece ekonomik olduğu için değildir. Çünkü betonda kullanılan agreganın tane şekil yapısı, su geçirgenliği, tane yüzeylerindeki pürüzlülük, dayanıklılık ve gözeneklilik gibi etkenler teknik özelliklerinin istenilen performansa olmasına engel olabilmektedir.

Agregalar iri ve ince olmak üzere boyutlarına göre iki sınıfa ayrılmaktadır. İri agregalar 4mm genişliğindeki kare gözenekli eleğin üstünde kalan, ince agregalar ise 4mm'lik kare gözenekli eleğin altında kalan agregalardır. Betonda kullanılan iri agregalar; kırılmamış tanelerden meydana gelen çakıl ve kırılmış tanelerden meydana gelen kırma taşdır. İnce agregalar ise; kırılmamış tanelerden meydana gelen kum ve kırılmış tanelerden meydana gelen kırma kumdur. Kırma kum çakılın öğütülmesi ile elde edilen malzemedir. Kumlar ve çakıllar; volkanik etkilerden, zamanla oluşmuş kayaların ve taşların parçalanıp ufalanmasıyla oluşan, dayanıklı ve mineral bakımdan zengin malzemelerdir. Betonda kullanılan çakıl ve kumun büyük bir çoğunluğu dere, ırmak, çay gibi su akıntılarının bıraktığı dere kumu adı verilen kaynaktır.

2.4.2.1. İdeal Bir Agregada Olması Gereken Özellikler

Agrega kullanılacağı yer ve amacına göre, standarda uygun olarak seçilmelidir. Özellik olarak;

- Tane dağılımı granülometri eğrilerinden faydalanılarak tayin edilmelidir. Granülometri eğrileri incelik ve irilik modülü, özgül yüzeyin belirlenmesinde yardımcı olmaktadır.
- Tane şekli kübik ve küresel olmalıdır. En büyük tane boyutu, en küçük boyuta oranlandığında bu değer 3'den büyük olmamalıdır. Büyük olursa şekilce kusurlu taneler bulunduğu yorumu yapılmaktadır.
- Tanelerin dayanımı yüksek olmalı, dış etkiye maruz kaldığında dağılıp, ufalanmamalıdır.
- Donmaya karşı dayanıklı olmalıdır. Özellikle doğal olarak oluşan kum ve çakıl gibi malzemeler az miktarda da olsa dona duyarlı taneler içermektedirler.

- Agreganın porozitesi fiziksel olarak istenilen bir özelliktir. Agregada boşluk olması beklenen bir durumdur. Fakat bu boşluğun belirli bir oranda olması gerekmektedir. Bunun tayini de su emme deneyleri yapılır.
- Özgül ağırlık, agreganın betona uygun olup olmadığının bir göstergesidir. Yüksek özgül ağırlığa sahip olan bir agrega beton kalitesini artırırken, düşük özgül ağırlığa sahip bir agrega kalitesiz bir beton oluşacağını göstermektedir (Aydeniz,S., 2012).

2.4.3. Betonda Kullanılan Su

Beton içerisinde kullanılan suyun temiz, içilebilir, berrak ve kokusuz olması gerekmektedir. Suyun beton içerisinde iki görevi vardır. Karışım içerisine ilave edilerek, hidrasyonu başlatmak ve taze betonda işlenebilirliği arttırmaktır. Ayrıca kullanılan su içeriğinde; sülfat olmamalı ve su asit reaksiyonu göstermemelidir.

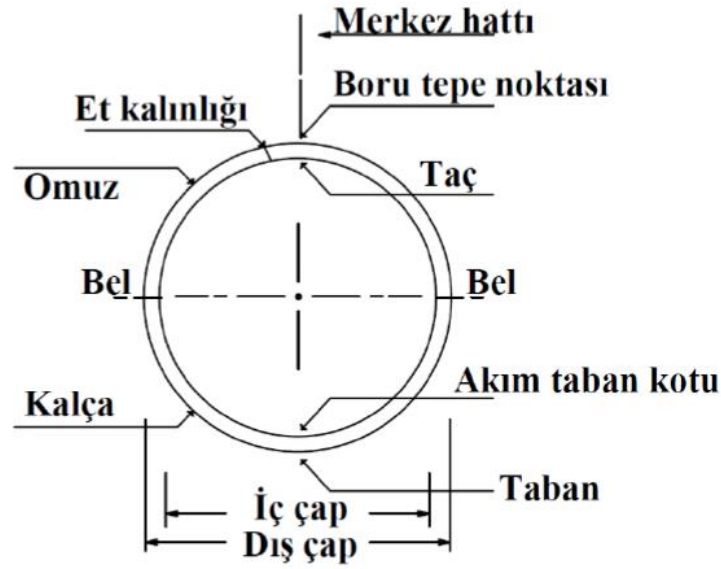
BÖLÜM 3. YER ALTI MÜHENDİSLİK YAPILARI

3.1. BORULAR

Taşıdığı olduğu malzemelerin muhtevasına göre yer altı mühendislik yapıları çeşitli malzemelerden üretilmektedir. Bu malzemeler; beton, betonarme, çelik, PVC, CTP, Düktil v.b.'dir. Yer altı mühendislik yapılarının tarihi çok eski dönemlere dayanmaktadır. Bilinen en eski beton kanalizasyon boruları M.Ö. 800'lü yıllarda yapıldığı bulunan Roma'daki Cloaca Maxima'dadır (Najafi, 2005). Yer altı boru sistemleri; içme suyu, yağmur suyu, gaz iletimi, ısı iletimi, atık su iletimi, elektrik ve telekomünikasyon hatları için en güvenli ve ekonomik yapılar olarak geçmektedir (Moser & Folkman, 2008). Zemin içinde kalan boru hatları tasarımı en önemli mühendislik alanlarının başında gelmektedir. Çünkü; boru hatlarının zemin içinde olması insanlığı doğal tehlikelerden koruduğu gibi, sabotaj tehlikesi ve doğal afet gibi önlenmesi güç olan durumlara karşıda koruma sağlamaktadır.

Yer altı mühendislik yapıları birçok malzeme kullanılarak üretilmektedir. Bilinen ve en çok kullanılan boru sistemi betondan yapılandır. Bu alanda beton borularının tercih edilme sebepleri malzeme dayanıklılığının ve veriminin yüksek olması ayrıca işletme maliyeti ile imalatının daha kolay olmasından kaynaklanmaktadır. İmalat da kolaylık sağlanmasının nedeni içeriğinde kullanılan ham maddenin kolaylıkla test edilebilir olması ve kullanılacak alana göre betonun içeriğinin rahatlıkla hesaplanmasından kaynaklanmaktadır. Beton içerdiği malzemeler bakımından çok basit bir karışım gibi dursa da içerik olarak karmaşık bir yapısı vardır. Bu karmaşıklık betonda kullanılacak olan; çimento, agrega ve suyun iyi bir analizden geçtikten sonra istenilen oranlarda düzgünce karıştırılmasının ardından, priz alma sürecinde gerekli kür koşullarının sağlanmasıyla yüksek mukavemetli bir yapı malzemesi elde edilmesiyle minimum seviyeye getirilmeye çalışılır. Sadece bu tarz bir çalışma yapmak iyi bir ürün elde etmek için elbette yeterli değildir. Malzemenin hangi amaç için kullanılacağı, buna uygun hangi beton sınıfının kullanılması gerektiği, beton karışım hesaplarının doğru uygulanması ve elde edilen ürüne yapılacak olan beton deneylerinin bilgili bir kişi tarafından yapılması gerekmektedir.

Boru tipleri genellikle yuvarlak kesitli olarak üretilmektedir. Boruların geometrik tipik özellikleri şekilde gösterilmiştir. (Erenson,C., 2020)



Şekil 3.1. Boru Kısımları ve Teorik Adlandırılması (Erenson,C., 2020)

Şekil 3.1. üzerinden de görüleceği üzere borunun orta noktasından bir merkez hattı geçmekte, borunun tepe kısmı taç olarak adlandırılmakta, sağ sol üst yan kısımlar omuz olarak geçmekte, sol-sağ alt yanlar da kalça olarak adlandırılmaktadır. Borunun et kalınlığı, iç ve dış çapı da yine iyi şekilde bilinmesi gereken özellikleridir. Bu özelliklerin iyi bilinmesi tasarımı kolaylaştırırken mukavemet olarak da borunun kullanım süresince ve zaman içerisindeki deformasyonu hakkında detaylı bilgiye ulaşmamızı sağlamaktadır.

Mukavemet ve tasarım konuları belirlenirken beş parametrenin üzerinde durulmaktadır. Bunlar;

E: Elastisite modülü,

ν : Poisson oranı,

I: Atalet momenti,

A: Kesit alanı,

r: Yarıçap,

D: Çap

Elastisite modülü, kesit alanı, atalet momenti ve çap borunun davranışını belirleyen karakteristik değerlerdir.

Hendek ortamı dışında, elastisite modülü, atalet momenti, et kalınlığı, kesit alanı ve boru çapı, borunun davranışını belirleyen karakteristik değerlerdir.(Erenson,C., 2020)

3.2. BETON-BETONARME BORULAR

Ülkemizde en yaygın kullanılan boru türleri beton ve betonarme borulardır. Çeşitli çaplarda üretim kolaylığı sağlaması, amaca uygun kullanım kolaylığı sağlamaktadır. Eski dönemlerde künk adıyla bilinen bu malzemeler, şu an büz olarak da bilinmektedir. Günümüzde beton ve betonarme boru üretiminde TS 801 “Beton Karışım Tasarımı Hesap Esasları” maddelerine uygun olarak yapılmaktadır. Donatılı olarak üretim yapılacak ise TS708’e uygun çelik donatılar tercih edilmelidir. Beton Borular $\text{Ø}150\text{mm}-\text{Ø}500\text{mm}$, Betonarme Borular ise $\text{Ø}600\text{mm}-\text{Ø}3000\text{mm}$ çaplarında üretilmektedir(İlbank, 2021). Muflu beton ve betonarme boruların üretim aşamalar aşağıdaki şekilde gösterilmiştir.

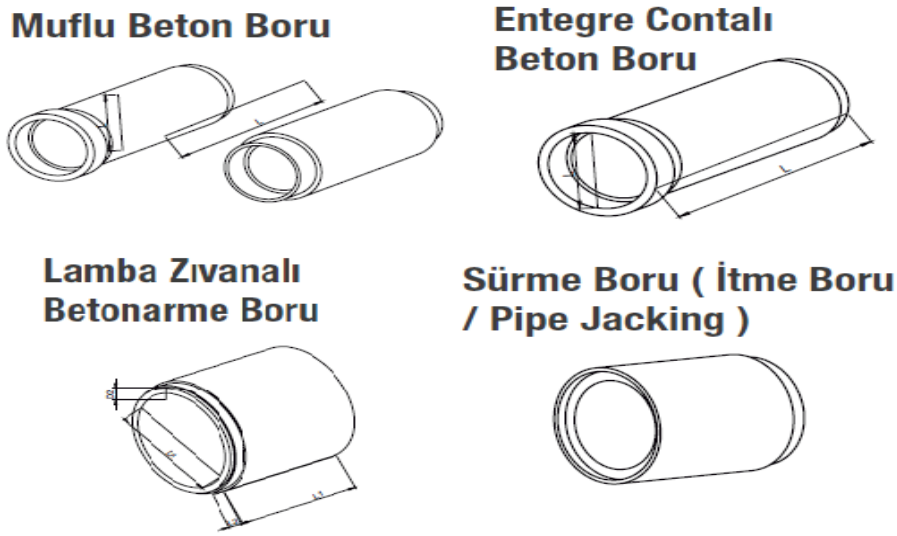




Şekil 3.2. Beton-Betonarme Mutlu Boruların Üretim Aşamaları

Şekil 3.2’ de görüleceği üzere beton boruların üretimi için öncelikle beton santrallerinde kullanılacak olan malzemeler uygun oranlarla karıştırılır. Daha sonra hazırlanan karışım beton iletim hatlarıyla üretim yapılacak alana getirilir. 3 numaralı fotoğrafta görülen karışım tepsisinin içine dökülür. Tepsi kalıp alanının üzerine gelir. Burada sürekli titreşim uygulanarak malzemeler karıştırılır. Bunun amacı segregasyonu önlemektir. Bir süre vibrasyon(titreşim) uygulandıktan sonra malzeme tepsi içinden kalıba boşaltılır. Boşaltılan malzeme hidrolik kollu preslerle sıkıştırma işlemine tabii tutulur. Kalıp yukarı doğru yükseltilir ve oluşturduğumuz şekil açığa çıkar. Üretilen boruların baş kısımlarına ezilmeyi önlemek için bilezik adı verilen kalıplar takılır. Malzeme kürlenme alanına alınır. Kür işleminden sonra malzemelerin kullanılacağı alana uygun olarak şekilde dış kısımlarına kaynamış katran uygulaması yapılır.

Beton borular; şekil 3.3’de gösterildiği üzere muflu beton boru, entegre contalı beton boru, lamba zıvanalı betonarme boru, sürme boru (itme boru/pipe jacking) çeşitleriyle üretilmektedir.



Şekil 3.3 Boru Türleri (İlbank, 2021)

Üretilen bazı borulara ait; boy, et kalınlığı, ağırlık bilgileri aşağıdaki Tablo 3.1 ve Tablo 3.2’de gösterilmiştir. Borular kullanım alanlarına göre çeşitli çaplarda üretilmektedir. Çapın değişmesine paralel olarak boy, et kalınlığı ve ağırlıklarda da değişiklikler meydana gelmektedir. Tablolar Atıksu Toplama ve Uzaklaştırma Sistemleri Hakkında yazılan yönetmelik ve bu yönetmeliğe uygun üretim yapan bazı firmalardan alınan verilerle oluşturulmuştur.

Tablo 3.1. Muflu Beton ve Betonarme boruların Sayısal Özellikleri

MUFLU BETON VE BETONARME BORULAR			
ÜRÜN ADI	BOY (mt)	ET KALINLIĞI (mm)	AĞIRLIK (kg)
Ø200x1250 Muflu Beton Boru	1,5	35	130
Ø300x2000 Muflu Beton Boru	1,5	45	300
Ø400x2000 Muflu Beton Boru	1,5	60	500
Ø500x2000 Muflu Beton Boru	1,5	7	700
Ø600x2000 Muflu Beton Boru	2	75	850
Ø800x2000 Muflu Beton Boru	2	90	1375
Ø800x2000 Muflu Betonarme Boru	2	90	1405
Ø1000x2000 Muflu Betonarme Boru	2	120	2430
Ø1200x2000 Muflu Betonarme Boru	2	140	3455
Ø1400x2000 Muflu Betonarme Boru	2	160	4580
Ø1600x2000 Muflu Betonarme Boru	2	180	5870

Tablo 3.1 e göre Ø200x1250 muflu beton boru üretimi için boyun 1,5 metre, malzeme et kalınlığının 35 mm ve ağırlığının 130 kg olması gerekmektedir. Ø1000x2000 muflu betonarme borunun üretimi için boy 2 metre, et kalınlığı 120mm ve ağırlığının 2430 kg olması gerekmektedir.

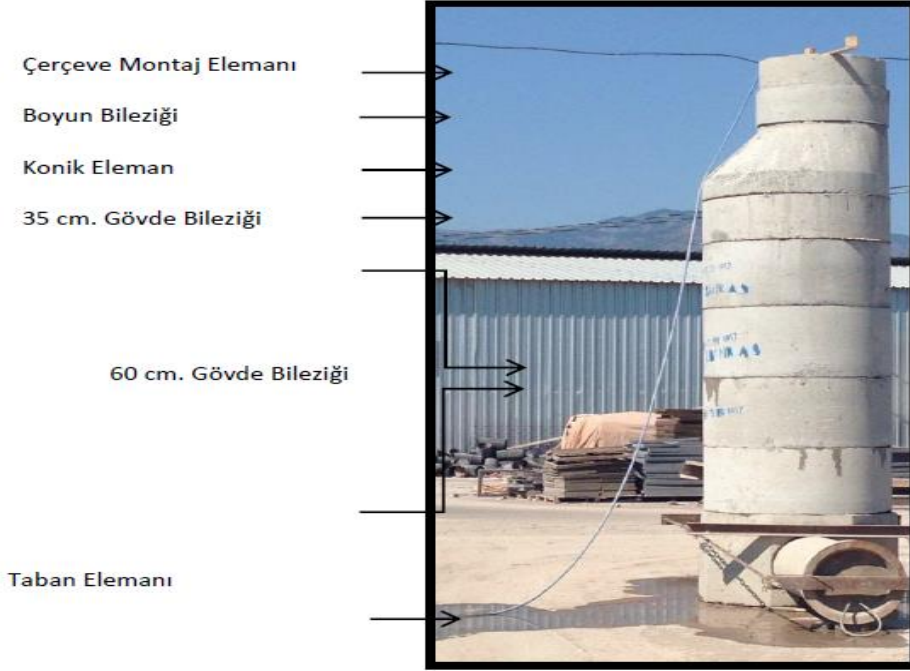
Tablo 3.2. Entegre Muflu Beton ve Betonarme Boruların Sayısal Özellikleri

ENTEĞRE MUFLU BETON VE BETONARME BORULAR			
ÜRÜN ADI	BOY (mt)	ET KALINLIĞI (mm)	AĞIRLIK (kg)
Ø200x1250 Entegre Muflu Beton Boru	1,5	35	130
Ø300x2000 Entegre Muflu Beton Boru	1,5	45	300
Ø400x2000 Entegre Muflu Beton Boru	1,5	60	500
Ø500x2000 Entegre Muflu Beton Boru	1,5	7	700
Ø600x2000 Entegre Muflu Beton Boru	2	75	850
Ø800x2000 Entegre Muflu Beton Boru	2	90	1375
Ø800x2000 Entegre Muflu Betonarme Boru	2	90	1405
Ø1000x2000 Entegre Muflu Betonarme Boru	2	120	2430
Ø1200x2000 Entegre Muflu Betonarme Boru	2	140	3455
Ø1400x2000 Entegre Muflu Betonarme Boru	2	160	4580
Ø1600x2000 Entegre Muflu Betonarme Boru	2	180	5870

Entegre Muflu betonarme borularda; Ø200x1250 çaplı borunun boyu 1,5 metre, et kalınlığı 35 mm ve ağırlığı 130kg olmalıdır. Çap değeri Ø1200x2000 olan boruda ise boy değeri 2m, et kalınlığı 140 mm ve ağırlık değeri 3455 kg olarak üretilmelidir.

3.3. MUAYENE BACA TABANI

Muayene bacaları beton veya polietilen malzemeden üretilen; kanalizasyon hatlarının kontrolünü ve herhangi bir aksaklıkta müdahale edebilme olanağı sağlayan, havalandırma, dönüş gibi amaçlar için kullanılan diğer bir adı rögar, beton baca olan malzemedir. Muayene bacaları taban elemanı, gövde bileziği, konik eleman, boyun bileziği, çerçeve montaj elemanı ve baca kapağından oluşmaktadır (İlbank, 2021).



Şekil 3.4. Muayene Bacaları Elemanları (İlbank,2021)

Muayene bacalarının taban elemanının üretim aşamalarında öncelikle kalıp hazırlanır. Hazırlanan kalıp içine beton karışımı dökülür, kalıbın dış kapağı kapatılır. Kalıp ters çevrilir ve dökümün yapıldığı alandan dışarı çıkartılır. Kalıp kapakları açılır ve kalıp malzemedan ayrılır. Malzemenin üst kısmına yine ezilme olmasın diye bilezik yerleştirilmesi yapılır. Malzemenin etrafı streç poşet ile sarılır. Buradaki amaç kürlenme olurken malzemenin içindeki su kaybını minimum seviyeye taşımaktır. Üretimle alakalı bir görsel Şekil 3.5 de gösterilmiştir.



Şekil 3.5. Muayene Baca Tabanı

Üretilen bazı muayene baca tabanlarına ait; boy, et kalınlığı, ağırlık bilgileri aşağıdaki Tablo 3.3’de gösterilmiştir. Borular kullanım alanlarına göre çeşitli çaplarda üretilmektedir. Çapın değişmesine paralel olarak boy, et kalınlığı ve ağırlıklarda da değişiklikler meydana gelmektedir.

Tablo3.3. Muayene Baca Tabanları Sayısal Özellikleri

MUAYENE BACA TABANLARI			
ÜRÜN ADI	BOY (cm)	ET KALINLIĞI (mm)	AĞIRLIK (kg)
Ø1000 Muayene Baca Tabanı 200 Girişli	80	130	1750
Ø1000 Muayene Baca Tabanı 300 Girişli	80	130	1650
Ø1000 Muayene Baca Tabanı 400 Girişli	80	130	1500
Ø1000 Muayene Baca Tabanı 500 Girişli	100	150	2450
Ø1000 Muayene Baca Tabanı 600 Girişli	100	150	2400
Ø800 Muayene Baca Tabanı 200 Girişli	50	90	1075
Ø800 Muayene Baca Tabanı 300 Girişli	60	90	1025

Tablo 3.3’e göre ø1000 muayene baca tabanı 200 girişli olan malzemenin boyu 80 cm, et kalınlığı 130 mm ve ağırlığı 1750 kg olarak ölçülmüştür. Ø800 muayene baca tabanı 200 girişli olan malzeme ise 50 cm boyunda, 90 mm et kalınlığında ve 1075 kg olarak üretilmiştir.

Muayene baca sistemleri katmanlı bir yapıdır ve her bir parçası ayrı karışım ve özellikte üretilmektedir. Bazı muayene baca gövdelerine ve baca koniklerine ait üretim şekilleri tablo 3.4. ve tablo 3.5. de verilmiştir.

Tablo 3.4. Muayene Baca Gövdeleri Sayısal Verileri

MUAYENE BACA GÖVDELERİ			
ÜRÜN ADI	BOY (cm)	ET KALINLIĞI (mm)	AĞIRLIK (kg)
Ø800 Muayene Baca Gövdesi H:25 cm	25	90	125
Ø800 Muayene Baca Gövdesi H:35 cm	35	90	195
Ø800 Muayene Baca Gövdesi H:50 cm	50	90	275
Ø1000 Muayene Baca Gövdesi H:25 cm	25	130	215
Ø1000 Muayene Baca Gövdesi H:35 cm	35	130	365
Ø1000 Muayene Baca Gövdesi H:60 cm	60	130	645
Ø1200 Muayene Baca Gövdesi H:35 cm	35	150	515
Ø1200 Muayene Baca Gövdesi H:60 cm	60	150	880
Ø800 Muayene Baca Gövdesi H:25 cm Demirli	25	90	125
Ø800 Muayene Baca Gövdesi H:35 cm Demirli	35	90	195
Ø800 Muayene Baca Gövdesi H:50 cm Demirli	50	90	275
Ø1200 Muayene Baca Gövdesi H:35 cm Demirli	35	150	515
Ø1200 Muayene Baca Gövdesi H:60 cm Demirli	60	150	880
Ø1200 Muayene Baca Gövdesi H:35 cm Entegre	35	150	515
Ø1200 Muayene Baca Gövdesi H:60 cm Entegre	60	150	880
Ø1200 Muayene Baca Gövdesi H:35 cm Demirli Entegre	35	150	515
Ø1200 Muayene Baca Gövdesi H:60 cm Demirli Entegre	60	150	880

Tablo 3.4'e göre çapı 800 olan muayene bacası eğer ki 25 cm yükseklikte üretilirse et kalınlığı 90 mm ve ağırlığı 125 kg olmalıdır. Çapı 1200 olan muayene bacası 35cm boyunda ve demirli şekilde imal edilecekse et kalınlığı 150 mm ve ağırlığı 515 kg olarak üretilmektedir.

Tablo 3.5. Muayene Baca Konikleri Sayısal Verileri

MUAYENE BACA KONİKLERİ			
ÜRÜN ADI	BOY (cm)	ET KALINLIĞI (mm)	AĞIRLIK (kg)
Ø800 Muayene Baca Koniği H:60 cm	60	90	325
Ø1000 Muayene Baca Koniği H:65 cm	65	125	620
Ø1200 Muayene Baca Koniği H:78 cm	78	150	955
Ø800 Muayene Baca Koniği H:60 cm Demirli	60	90	325
Ø1000 Muayene Baca Koniği H:65 cm Demirli	65	125	620
Ø1200 Muayene Baca Koniği H:78 cm Demirli	78	150	955
Ø1000 Muayene Baca Koniği H:65 cm Entegre	65	125	620
Ø1200 Muayene Baca Koniği H:78 cm Entegre	78	150	955
Ø1000 Muayene Baca Koniği H:65 cm Demirli Entegre	65	125	620
Ø1200 Muayene Baca Koniği H:78 cm Demirli Entegre	78	150	955

Muayene bacası konik üretimi yapımında çapı 800 ve yüksekliği 60 cm olan elemanın, et kalınlığı 90 mm ve ağırlığı 325 kg olarak imal edilmektedir. Çapı 1200 olan ve yüksekliği 78 cm olan entegre konik ise 150mm et kalınlığında ve 955 kg ağırlığında üretilmektedir.

3.4. YAĞMUR IZGARA TABANI

Atık suların toplanması ve uzaklaştırılmasıyla ilgili işlemler 6 Ocak 2017 tarihinde Çevre ve Şehircilik Bakanlığının resmî gazetede yayınlamış olduğu yönetmelik çerçevesine göre hazırlanılmaktadır. Bu yönetmeliğin amacı; atık su toplama ve uzaklaştırma sistemlerinin planlanması, tasarımı ve projelendirilmesi ayrıca yapım ve işletmesine ait usul ve esaslar hakkında ana kaynaktır(*Resmi Gazete*, 2017). Bu yönetmelikte atık suları ve yağmur sularını güvenli bir şekilde arıtma tesislerine ve deşarj noktalarına iletilen sistemlerin uygulanmasında; hangi alt yapı çalışması yapılacak ise projeleri veya ön bilgileri alınarak, yapısal kesişmeler meydana gelmesin ayrıca kazı sırasında yer altı sistemleri zarara uğramasın diye gerekli

önlemlerin alınmasına yön veren uygulamadır. Ayrıca kazı işlerinde iş sağlığı ve güvenliğiyle alakalı tedbirlere de detaylı şekilde yer verilmiştir (*Resmi Gazete*, 2017).

Tablo 3.6. Yağmur Izgara Baca Gövdeleri Sayısal Verileri

YAĞMUR IZGARA BACA GÖVDELERİ			
ÜRÜN ADI	BOY (cm)	ET KALINLIĞI (mm)	AĞIRLIK (kg)
Ø450x650 Yağmur Izgara Baca Gövdesi (45x65) H: 25 cm	25	100	200
Ø450x650 Yağmur Izgara Baca Gövdesi (45x65) H: 35 cm	35	100	280
Ø450x650 Yağmur Izgara Baca Gövdesi (45x65) H: 50 cm	50	100	400
Ø500x500 Yağmur Izgara Baca Gövdesi (50x50) H: 25 cm	25	150	200
Ø500x500 Yağmur Izgara Baca Gövdesi (50x50) H: 50 cm	50	150	400

Tablo 3.6 ya göre yağmur ızgara baca gövdeleri; Ø450x650 şeklinde üretilecekse boyu 25,35 ve 50 mm olabilir. 25 cm boya sahip olan gövdenin et kalınlığı 100mm ve ağırlığı 200 kg olarak imal edilir. 35 cm boya sahip olan gövdenin et kalınlığı 100mm ve ağırlığı 280 kg olarak imal edilir. 50 cm boya sahip olan gövdenin et kalınlığı 100mm ve ağırlığı 400 kg olarak imal edilir.

3.5. YER ALTI MÜHENDİSLİK YAPILARININ TASARIMI

Boru hattı tasarım ve yapım aşamasında belirli bir sıralamaya göre hareket etmek gerekmektedir. Bu sıralama da ilk yapılacak uygulama borunun yerleştirileceği hattın, varsa ilgili alandaki yapıların konumunun ve takip edilecek olan güzergâh boyunca zemin profilinin topografik haritalarının hazırlanması gerekmektedir (Vaslestad, J., 1991). Boru hattının geçirilmesi planlanan güzergahtaki topografik haritalarının istenilmesindeki amaç; arazide engebenin olup olmadığı, hat üzerinde eğer ki viyadük, köprü ve tünel gibi farklı yapılar var ise ya da farklı bir boru sistemi geçişi olmuşsa bunların maliyete etkileri hesaplanır. Ayrıca jeolojik yönden elverişsiz bir durum olması halinde hafriyat ve tahkimat işlerinde sıkıntı yaşanabilmektedir. Bazı durumlarda boru hatları özel mülk alanlarından geçebilir bu da istismak sorununun oluşmasına neden olacaktır (Balkaya, M., 2002).

Sürdürülebilir olarak daha düzenli bir hayat sürülme aşamasında gömülü boru hatlarının önemi oldukça önemlidir. Tasarımlar yapılırken borunun cinsi, zemine nasıl yerleştirilmesi

gerektiği, zeminin durumu, geri dolgu malzemesinin çeşidi ve buna paralel olarak statik ve dinamik durumlar özenle hesaplanmalı, bunların sonucunda da zemin-yapı etkileşimleri incelenmelidir. Boru üretiminde iki farklı tip mevcuttur. Birinci tip rijit, ikinci tip esnektir. Biz çalışmamızda rijit boru türlerini kullanmaktayız. Rijit borular üzerine gelen gerilmeleri, kendi rijitliği ile karşılamakta ve etrafında bulunan geri dolgu zeminden de beton boru üzerine yükü aktarmaktadır (Demirci vd., 2022).

3.6. YAĞMUR SUYU BÜZLERİNİN PLANLANMA AŞAMALARI

Yağmur suyu büzlerinin yerleştirlmesi işleminden önce planlamanın çok iyi şekilde hazırlanması gerekmektedir. Uygulama yapılacak alanda bulunan mevcut imar planları incelenerek, kot farklarının durumu belirlenmeli, buna göre kanal içindeki akış yönü ve büzlerin oturacağı alan belirlenmelidir. Devlet Su İşleri (DSİ) ile ortak bir planlama yapılmalı ki akarsu deşarj noktalarına şebeke bağlantısı hatasız şekilde aktarılmalıdır. Planlama da deniz seviyesine göre yükseklik de büyük önem arz etmektedir. Ayrıca bölgelerin yağış miktarı ve tipi, ne kadar sürede ve şiddet de olduğuna dair verilerde tespit edilmelidir. Bu işlemlerin ardından arazi çalışmasına geçilmelidir. Mevcut durumda kanal ve dere ıslahı durumuna göre arazi ölçüm cihazları ile, ölçümler başlangıç da en fazla 30 m aralıklarla yapılmalıdır. Dere ıslahında ise yine en fazla 30m'de bir ve derenin 25m sağ ve 25m soluna olmak üzere toplamda 50m genişliğinde en kesitler alınmalı ve arazinin durumunu belirtmek için kritik noktalar gösterilmelidir (ÇŞİDB, 2017)

3.7. YAĞMUR SUYU DEBİ TAYİNİ

Yağmur suyu büzlerinin planlama aşamasında bölgelere ait yağış miktarının belirlenmesi gerektiği bilgisi yukarıda verilmiştir. Bu bilginin doğru şekilde yansıtılabilmesi için çeşitli hesaplamaların yapılması gerekmektedir. İlk yapılması gereken hesap yağışın şiddeti ve verimidir. Yağmur suyu hesaplamaları yapılırken bazı kavramların iyi bilinmesi gerekmektedir. Bu kavramlar;

Süre: Yağmurun, başlaması ve bitmesi arasında geçen zamana yağmurun süresi denir ve “t” ile gösterilir. Dakika cinsinden ifade edilir. Yağmur miktarı değişken bir parametredir.

Şiddet: Birim zaman da zemine düşen yağmur suyunun yüksekliği olarak tanımlanır. Ve “i” ile gösterilir, mm/dk cinsinden ifade edilir.

Verim: Birim zaman da birim alana yağmurun bırakmış olduğu su hacmine yağmurun verimi denir ve “r” ile gösterilir, birimi L/sn.ha dır.

Tekerrür (Frekans): Süre ve verim olarak aynı olan yağmurun, bir yıllık adedine frekans-tekerrür denir ve “n” ile gösterilir. Ayrıca yağışlara ait periyot hesabı istenirse o da $n=1/F$ ile hesaplanır.

Eğer ki hesaplama yapılacak bir alanda süre, şiddet ve tekerrür sayısı verilerine ulaşılamıyor ise çevrede bulunan yağış istasyonlarından bu verilere ulaşılması mümkündür.

3.7.1. Yağış Şiddeti

Yağış şiddeti, birim zamanda düşen ortalama yağış yüksekliği olarak ifade edilmektedir (Denklem 3.1).

$$i = \frac{\Delta P}{\Delta t} \quad (3.1)$$

Burada;

i Yağış şiddeti (mm/dk)

ΔP Düşen yağış yüksekliği (mm)

Δt Zaman aralığı (dk)

3.7.2. Yağmur Verimi

Yağmur verimi ise Denklem 3.2’de verilen formülle hesaplanır:

$$r = 166,7 \times i \quad (3.2)$$

ki hesaplama yapılacak bir alanda süre, şiddet ve tekerrür sayısı verilerine ulaşılamıyor ise çevrede bulunan yağış istasyonlarından alınan verilerle aşağıdaki formüller kullanılarak

$$i = \frac{a}{T + b} \quad (3.3)$$

veya

$$i = \frac{c}{T^k} \quad (3.4)$$

sonuçlar bulunabilmektedir.

Burada

i Yağış şiddeti (mm/dk)

a, b, c Drenaj alanının özelliklerine göre ve bölgeden bölgeye değişen katsayılar

T Yağış süresi (dk),

3.7.3. Tekerrür Sayısı

Tekerrür sayısı projenin uygulanacağı alanın bazı durumlarından etkilenmektedir. Bunlar; kent ya da köy olması, trafiğin yoğunluk durumu ayrıca sosyo-ekonomik faaliyetlerdir. Tekerrür sayısı;

- Büyük Şehirlerde; $n = 0,1-0,5$
- Orta Büyüklükteki Şehirlerde; $n = 0,5-1,0$
- Kasaba ve Köylerde; $n = 2,0-3,0$ değerleri kullanılır.

3.7.4. Geçiş Süresi

Geçiş süresi, giriş süresi ve akış sürelerinin toplamı olarak ifade edilir. Ayrıca toplanma süresi, konsantrasyon süresi olarak da bilinmektedir. Formülasyon olarak;

$T = T_{\text{giriş}} + T_{\text{akış}}$ şeklinde gösterilir. Burada

$T_{\text{giriş}}$ Giriş süresi (dk)

$T_{\text{akış}}$ Akış süresi (dk) olarak bulunur.

3.7.4.1. Giriş Süresi

Yağmur sularının zeminin üzerinden akarak, arazi ve cadde üzerinden yağmur suyu giriş yapısına ulaşıncaya kadar ki geçen süreye giriş süresi denilmektedir. Arazi Eğimine göre giriş süreleri aşağıdaki tabloda verilmiştir. Tablodaki J arazi eğimini göstermektedir.(ÇŞİDB, 2017)

Tablo3.7. Arazi Eğimine Göre Geçiş Süreleri (ÇŞİDB, 2017)

Arazi eğimi	Giriş süresi (dk)
$J > 1/20$	5
$1/50 < J < 1/20$	10
$J < 1/50$	15

Giriş süresi formüsel olarak bakıldığında;

$$T_{\text{giriş}} = \frac{525bL_0^{1/3}}{(Cr_1)^{2/3}} \quad (3.5)$$

Burada

C Yüzeysel akış katsayısı

$T_{\text{giriş}}$ Yüzeysel toplanma süresi (dk)

L_0 Yüzeysel akış uzunluğu (m)

r_1 Yağış şiddeti (mm/sa)

b Arazi eğimi ve gecikme katsayısına bağlı katsayı

b katsayısı Denklem 3.6 ile hesaplanır:

$$b = \frac{0,0000275r_1 + C_r}{J_0^{1/3}} \quad (3.6)$$

Burada

C_r Gecikme katsayısı

J_0 Arazi eğimi olarak geçmekte ve gecikme katsayısı kavramı arazinin durumuna göre aşağıdaki tablodan elde edilmektedir.

Tablo 3.8. Gecikme Katsayısı Değerleri(ÇŞİDB, 2017)

Yüzey Şekli	Gecikme Katsayısı
Pürüzsüz asfalt yüzey	0,007
Beton Yolar	0,012
Katran ve çakıl kaplamalar	0,017
Çimenle Örtülü Alanlar	0,046
Sık çimle kaplı yüzeyler	0,06

Yüzeysel akış katsayısı imar şekline göre, hazırlanan tablo verilerine göre alınır. Yağış devam ettikçe bu değerde azalma meydana gelir.

Tablo 3.9. Yüzeysel Akış Katsayısı Değerleri(ÇŞİDB, 2017)

Alan tipi	C katsayısı
Ticari alanlar	
Şehir merkezleri	0,70 – 0,95
Tali merkezler	0,50 – 0,70
İkamet alanları	
Tek katlı konut alanları	0,30 – 0,50
Çok katlı ayırık nizam konut alanları	0,40 – 0,60
Çok katlı bitişik nizam konut alanları	0,60 – 0,75
Mücevvir alanlar	0,25 – 0,40
Çok katlı apartman alanları	0,50 – 0,70
Endüstriyel alanlar	0,50 – 0,80
Hafif sanayi alanları	0,50 – 0,80
Ağır sanayi alanları	0,60 – 0,90
Parklar	0,20 – 0,35
Oyun alanları	0,20 – 0,40
Gelişmemiş alanlar	0,10 – 0,30

3.8. BORU DÖŞEME YÖNTEMLERİ

Borular içermiş oldukları malzemenin, deforme olma direncine göre rijit ve esnek olmak üzere ikiye ayrılırlar. Farklı gruplara ayrılmalarından dolayı da iki çeşit için ayrıca ek hesaplar yapılması gerekmektedir. Boru ayrımlarını yapabilmek için boru da meydana gelen deforme değerine bakılması gerekmektedir. Hasar olmadan %2 oranında deforme olan borular esnek, bu değere uymayanlarda rijit olarak kabul edilmektedir. Esnek borular yüksek yoğunluklu polietilen borular (HDPE), PVC borular ve Çelik borulardır. Rijit borular ise; beton borular, asbestli borular ve camlaştırılmış kil borulardır. (Watkins & Anderson, 1999) (Howard, A., 1996)

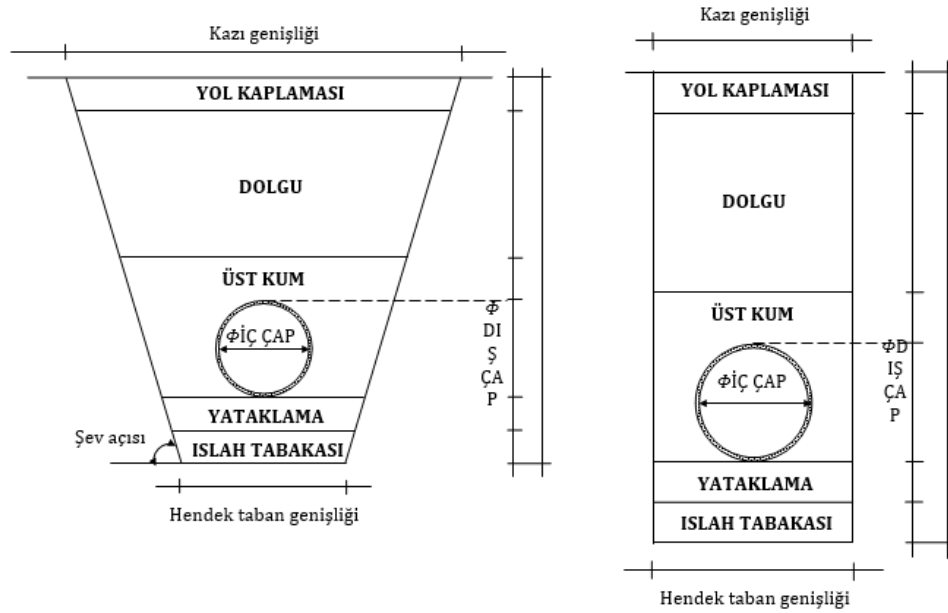
Boru döşeme yöntemleri üç grup altında toplanmıştır. Bunlar;

- Hendek Tipi Boru Döşeme
- Dolgu Tipi Boru Döşeme
- Kazısız Yöntemlerdir.

Hendek tipi boru döşeme; belirli oranda kendini tutabilen ve örselenme olmamış zeminlerde kazılan dar bir alana boruların yerleştirilmesi ve üzerinin tekrar geri dolguyla kapatılmasıyla oluşturulan yerleştirme tekniğidir. Atık su toplama ve uzaklaştırma yönetmeliğinde hendek kazılarına ait belirlenen taban genişlikleri tablo da gösterilmiştir. Tabloda verilen “D” değeri boruların çapını ifade etmektedir. Ayrıca şevli ve iksalı durumlara göre yapılacak olan kazı genişliği ve şekilleri de yine aynı yönetmelik içinde mevcuttur (*Resmi Gazete*, 2017).

Tablo 3.10. Hendek Taban Genişlikleri (Resmi Gazete, 2017)

Hendek tipi	Hendek genişliği (cm)*
D ≤ 40 cm borular	
Şevli hendek	60
İksalı hendek	70
40 < D ≤ 70 cm borular	
Şevli hendek (≤ 60°)	D + 40
Şevli hendek (> 60°)	D + 70
İksalı hendek	D + 80
D > 70 cm	
Şevli hendek (≤ 60°)	D + 90
Şevli hendek (> 60°)	D + 120
İksalı hendek	D + 130



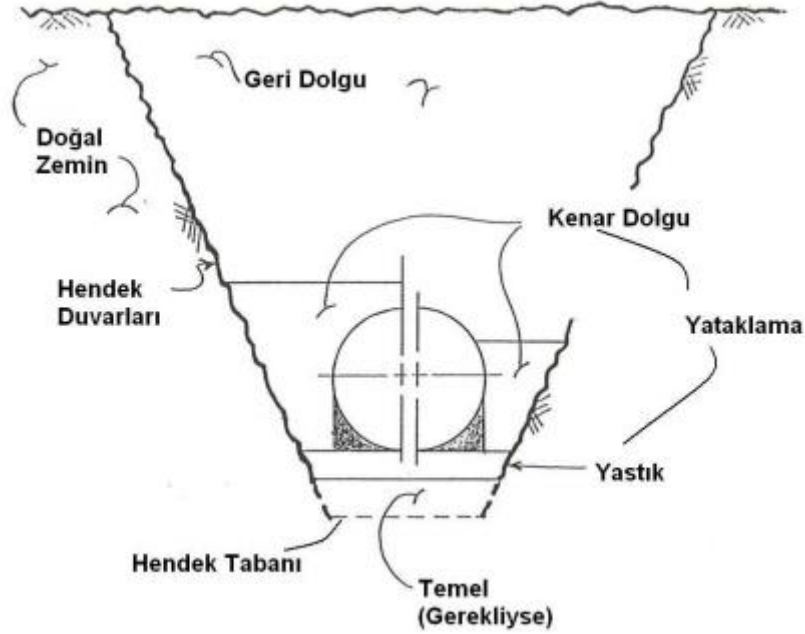
Şekil 3.6. Şevli-İksalı Kazılarda Kazı ve Hendek Tabanı Genişliği (Resmi Gazete, 2017)

Dolgu tipi boru döşeme; karayolu ve demiryollarının alt kısmına yerleştirilen menfezler bu teknik kullanılarak yerleştirilmektedir. İki türlü yerleştirme şekli vardır. Bunlar pozitif ve negatiftir. Pozitif yöntemde borular zemin yüzeyine yerleştirilir, boru etrafı dolguyla kapatılır. Negatif yöntemde ise sığ bir hendek kazılır, borunun üst kısmı yani taç kısmı doğal zemin seviyesinin biraz altında kalacak şekilde ayarlanır ve üst kısım dolguyla kapatılır.

Kazısız yöntemde ise; eski boru hatlarının yenilenmesi, tamir edilmesi ya da yeni boru hattı döşenmesi gibi birçok durumda tercih edilmektedir.

3.9. BORU DÖŞENMESİNDE DİKKAT EDİLMESİ GEREKEN DURUMLAR

Boru döşeme işlemi yapılmadan önce borunun rijit ya da esnek boru olma durumu kontrol edilmelidir. Çünkü rijit borular, üzerine gelen yükleri boru duvarı aracılığıyla alt kısımdaki zemine aktarırlar, esnek borular ise gelen yükler altında deforme olarak yükün bir kısmını yan taraftaki zeminlere gönderirler. Özetle yalnızca boru özelliklerin iyi şekilde bilinmesi yetmemektedir. Zemin önemli bir parametredir ve borunun yerleştirildiği zeminin, geri dolgu malzemesi olarak kapatılacak olan malzemelerin dikkatli şekilde değerlendirilmesi gerekmektedir (Howard, A., 1996).



Şekil 3.7. Boru Performansına Etki Eden Zemin Performansı (Ayalp, G.,2006)

Boru yerleştirme işlemi için hendek açılması uygulanması sırasında ve sonrasında zemin yeterli düzeyde güçlü olmalı, üzerindeki yükü taşımalı, farklı oturmalar yapmamalıdır. Zemin eğer ki bu özellikleri taşımiyorsa zemin çeşitli malzemeler ile güçlendirilerek, zemin sağlamlaştırılmalıdır (Howard, A., 1996).

İklim şartlarının soğuk ve sert sürdüğü zamanlarda, doğal zemin yüzeyine yakın olan yerlerde biriken sular; buz kristalleri meydana getirmiştir. Bu kristaller hacimlerdeki artışın etkisiyle, boru kesiti üzerinde fazla yük oluşmasına sebep olmaktadır. Rijit borular üzerinde yapılan araştırmalarda, buzun etkisiyle boru üzerine gelen yükün 2 kat arttığı tespit edilmiştir. Bu etkilerin değerini azaltabilmek için, hesaplamalar yapılarak boruların don derinliğinin altına yerleştirilmesi gerekmektedir(Mooser, A.P., 1990).

Trafik yükü gibi, dinamik yüklemeler maruz kalan borularda yorulma türü göçmeler meydana gelmektedir. Yorulmanın etkisiyle boru hatlarında hesaplanan taşıma değerlerin altında bir yük dahi gelse yapılarda göçmeler gözlenebilmektedir. Bu yüzden boru içerisinde oluşan basınç değişmelerinden kaynaklı oluşabilecek olan, yüklemelerin hesaplanması doğru şekilde yapılmalıdır (Moser & Folkman, 2008).

3.10. YAĞMUR SUYU BORU HATLARININ KARIŞIM ORANLARI

Yağmur suyu boru hatlarının tasarımında ve üretilmesinde belirli bir standart olduğunu önceki sayfalarda açıklanmıştır. Bu kısımda yağmur suyu boru çapları, baca tabanları ile alakalı malzeme karışım oranları tablo olarak gösterilecektir.

Tablo 3.11. Yağmur Suyu Boru Hatlarının Karışım Oranları

ÜRÜN ADI	ÜRÜN TEKNİK ADI	HACMİ (m ³)	AĞIRLIĞI (kg)	ÜRÜN BAŞINA DEĞERLER					
				KUM (kg)	TAŞ TOZU (kg)	1 NO MICİR (kg)	2 NO MICİR (kg)	ÇİME NTO (kg)	SU (kg)
Ø 300	Ø 300 X 1500 BETON BORU ENTEĞRE	0,098	235,20	52,92 0	64,68 0	88,20 0	0,00 0	29,400	8,23 2
Ø 400	Ø 400 X 1500 BETON BORU ENTEĞRE	0,143	336,72	75,76 2	92,59 8	126,2 7	0	42,09	11,7 85
Ø 500	Ø 500 X 1500 BETON BORU ENTEĞRE	0,195	468,24	111,2 07	103,4 03	156,0 8	39,0 2	58,53	23,4 12
Ø 600	Ø 600 X 1500 BETON BORU ENTEĞRE	0,264	634,56	150,7 08	140,1 32	211,5 2	52,6 8	79,32	31,7 28
Ø 800	Ø 800 X 2000 BETON BORU ENTEĞRE	0,594	1.426,5 6	315,0 32	309,0 88	469,5 76	154, 544	178,32	65,3 84
Ø 1000	Ø 1000 X 2000 BETON BORU ENTEĞRE	0,887	2.129,0 4	470,1 63	461,2 92	700,8 09	230, 646	266,13	97,5 81
Ø 1200	Ø 1200 X 2000 BETON BORU ENTEĞRE	1,280	3.072,9 60	678,6 12	665,8 08	1.011, 516	332, 904	384,120	140, 844
Ø 1400	Ø 1400 X 2000 BETON BORU ENTEĞRE	1,794	4.305,6 00	950,8 20	932,8 80	1.417, 260	466, 440	538,200	197, 340
Ø 1600	Ø 1600 X 2000 BETON BORU ENTEĞRE	2,162	5.190,2 40	1.146, 178	1.124, 552	1.708, 454	562, 276	648,780	237, 886

Ø 1000 - 300 TABAN	Ø 1000 MUAYENE BACA TABANI Ø 300	0,578	1.377,1 20	309,8 52	304,1 14	453,3 02	137, 712	172,140	68,8 56
Ø 1000 - 400 TABAN	Ø 1000 MUAYENE BACA TABANI Ø 400	0,628	1.507,6 80	339,2 28	332,9 46	496,2 78	150, 768	188,460	75,3 84
Ø 1000 - 500 TABAN	Ø 1000 MUAYENE BACA TABANI Ø 500	0,824	1.979,5 20	445,3 92	437,1 44	651,5 92	197, 952	247,440	98,9 76
Ø 1000 - 600 TABAN	Ø 1000 MUAYENE BACA TABANI Ø 600	0,725	1.741,6 80	391,8 78	384,6 21	573,3 03	174, 168	217,710	87,0 84
Ø 1200 - 800 TABAN	Ø 1200 X Ø 800 REDÜKSİYON TABAN ENTEGRE	1,712	4.122,0 00	927,4 50	910,2 75	1.356, 825	412, 200	515,250	206, 100
Ø 1200 - 1000 TABAN	Ø 1200 X Ø 1000 REDÜKSİYON TABAN ENTEGRE	1,609	3.862,0 80	868,9 68	852,8 76	1.271, 268	386, 208	482,760	193, 104
Ø 1000 - h=65 KONİK	Ø 1000 M. BACA KONİĞİ h=65 cm ENTEGRE	0,390	936,000	218,4 00	249,4 00	351,0 00	0,00 0	117,000	32,7 60
Ø 1000 ÇEMBE R	Ø 1000 M. BACA GÖVDESİ h=60 cm ENTEGRE	0,276	664,560	155,0 64	177,2 16	249,2 10	0,00 0	83,070	23,2 59
Ø 1000 YARI ÇEMBE R	Ø 1000 M. BACA GÖVDESİ h=35 cm ENTEGRE	0,161	387,840	90,49 6	103,4 24	145,4 40	0,00 0	48,480	13,5 74

Tablodaki veriler üzerinden;

- Ağırlığı 235,20 olan Ø 300 X 1500 beton boru entegre üretimi için 29.400 kg çimento, 8.232 kg su, 52.920 kg kum, 64.680 kg taş tozu, 88,200 kg mıcır kullanılmıştır.
- Ağırlığı 336,72 kg olan Ø 400 X 1500 beton boru entegre üretimi için; 42,09 kg çimento, 11,785 kg su, 75,762 kg kum, 92,598 kg taş tozu, 126,27 kg mıcır kullanılmıştır.
- Ağırlığı 468,24 kg olan Ø 500 X 1500 beton boru entegre üretimi için; 58,53 kg çimento, 23,412 kg su, 111,207 kg kum, 103,403 kg taş tozu, 156,08 kg mıcır kullanılmıştır.

- Ağırlığı 634,56 kg olan Ø 600 X 1500 beton boru entegre üretimi için; 79,32 kg çimento, 31,728 kg su, 150,708 kg kum, 140,132 kg taş tozu, 211,52 kg mıcır kullanılmıştır.
- Ağırlığı 1426,56 kg olan Ø 800 X 2000 beton boru entegre üretimi için; 178,32 kg çimento, 65,384 kg su, 315,032 kg kum, 309,088 kg taş tozu, 469,576 kg 1.nolu mıcır, 154,544 kg 2.nolu mıcırdan kullanılmıştır.
- Ağırlığı 2129,04 kg olan Ø 1000 X 2000 beton boru entegre üretimi için; 266,13 kg çimento, 97,581 kg su, 470,163 kg kum, 461,292 kg taş tozu, 700,809 kg 1.nolu mıcır, 230,646 kg 2.nolu mıcırdan kullanılmıştır.
- Ağırlığı 3072,960 kg olan Ø 1200 X 2000 beton boru entegre üretimi için; 384,120 kg çimento, 140,844 kg su, 678,612 kg kum, 665,808 kg taş tozu, 1011,516 kg 1.nolu mıcır, 332,904 kg 2.nolu mıcırdan kullanılmıştır.
- Ağırlığı 4305,600 kg olan Ø 1400 X 2000 beton boru entegre üretimi için; 538,500 kg çimento, 197,340 kg su, 950,820 kg kum, 932,880 kg taş tozu, 1417,260 kg 1.nolu mıcır, 466,440 kg 2.nolu mıcırdan kullanılmıştır.
- Ağırlığı 5190,240 kg olan Ø 1600 X 2000 beton boru entegre üretimi için; 648,780 kg çimento, 237,886 kg su, 1146,178 kg kum, 1124,552 kg taş tozu, 1708,454 kg 1.nolu mıcır, 562,276 kg 2.nolu mıcırdan kullanılmıştır.
- Ağırlığı 1377,120 kg olan Ø 1000 muayene baca tabanı Ø 300 üretimi için; 172,140 kg çimento, 68,856 kg su, 309,852 kg kum, 304,114 kg taş tozu, 453,302 kg 1.nolu mıcır, 137,712 kg 2.nolu mıcırdan kullanılmıştır.
- Ağırlığı 1507,680 kg olan Ø 1000 muayene baca tabanı Ø 400 üretimi için; 188,460 kg çimento, 75,384 kg su, 339,228 kg kum, 332,946 kg taş tozu, 496,278 kg 1.nolu mıcır, 150,768 kg 2.nolu mıcırdan kullanılmıştır.
- Ağırlığı 1979,520 kg olan Ø 1000 muayene baca tabanı Ø 500 üretimi için; 247,440 kg çimento, 98,976 kg su, 445,392 kg kum, 437,144 kg taş tozu, 651,592 kg 1.nolu mıcır, 197,952 kg 2.nolu mıcırdan kullanılmıştır.
- Ağırlığı 1741,680 kg olan Ø 1000 muayene baca tabanı Ø 600 üretimi için; 217,710 kg çimento, 87,084 kg su, 391,878 kg kum, 384,621 kg taş tozu, 573,303 kg 1.nolu mıcır, 174,168 kg 2.nolu mıcırdan kullanılmıştır.

- Ağırlığı 4122 kg olan Ø 1200 X Ø 800 redüksiyon taban entegre üretimi için; 515,250 kg çimento, 206,100 kg su, 927,450 kg kum, 910,275 kg taş tozu, 1356,825 kg 1.nolu mıcır, 412,200 kg 2.nolu mıcırdan kullanılmıştır.
- Ağırlığı 3862,080 kg olan Ø 1200 X Ø 1000 redüksiyon taban entegre üretimi için; 482,760 kg çimento, 193,104 kg su, 868,968 kg kum, 852,876 kg taş tozu, 1271,268 kg 1.nolu mıcır, 386,208 kg 2.nolu mıcırdan kullanılmıştır.
- Ağırlığı 936 kg olan Ø 1000 entegre muayene baca koniği h=65 cm üretimi için; 117 kg çimento, 32,760 kg su, 218,400 kg kum, 249,400 kg taş tozu, 351 kg 1.nolu mıcırdan kullanılmıştır.
- Ağırlığı 664,560 kg olan Ø 1000 entegre muayene baca koniği h=60 cm üretimi için; 83,070 kg çimento, 23,259 kg su, 155,064 kg kum, 177,216 kg taş tozu, 249,210 kg 1.nolu mıcırdan kullanılmıştır.
- Ağırlığı 387,840 kg olan Ø 1000 entegre muayene baca koniği h=35 cm üretimi için; 48,480 kg çimento, 13,574 kg su, 90,496 kg kum, 103,424 kg taş tozu, 145,440 kg 1.nolu mıcırdan kullanılmıştır.

3.11. MALİYET HESAPLAMALARI

Maliyet bir malzemenin elde edilebilmesi için harcanan üretim faktörlerin toplamına denilmektedir. Çalışmamızda öncelikle Çevre ve Şehircilik Bakanlığının birim fiyatları, daha sonra da üretim şekilleri ve ham maddeye erişim durumu eşit olan iki üreticiye ait ürünlerin birim fiyatları tablolar halinde sunulacak, bu maliyetler ortak olan malzemeler üzerinden karşılaştırmalı olarak tablolarla gösterilecektir. Maliyet hesapları dolar kuru üzerinden yapılmış ve 1 dolar, 19 lira olarak hesaplanmıştır.

3.12. T.C. ÇEVRE, ŞEHİRCİLİK VE İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ BAKANLIĞINI BİRİM FİYATLARI

Bakanlığının yayınlamış olduğu 2023 yılı ocak ayı birim fiyatları ve poz numaralarına ait bazı değerler aşağıdaki tabloda gösterilmiştir.

Tablo 3.12. T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı 2023 yılı İnşaat ve Tesisat Birim Fiyatı

Malzemenin Cinsi	Miktarı	Ölçü Birimi	Para Birimi	Poz Numarası	01.2023-07.2023 tarihleri arası birim fiyat
200*1500 mm Ent. Cont. Muflu Beton Boru	1	mt	\$	10.450.4022	6,15
1000*2000 mm Ent. Cont. Muflu Beton Boru	1	mt	\$	10.450.4028	101,05
1200*2000 mm Ent. Cont. Muflu Beton Boru	1	mt	\$	10.450.4029	136,578
1400*2000 mm Ent. Cont. Muflu Beton Boru	1	mt	\$	10.450.4030	185,526
300*1000 mm Muayene Baca Tabanı H:0,80	1	Adet	\$	10.450.4051	56,05
400*1000 mm Muayene Baca Tabanı H:0,80	1	Adet	\$	10.450.4051	56,05
500*1000 mm Muayene Baca Tabanı H:0,80	1	Adet	\$	10.450.4052	73,42
600*1000 mm Muayene Baca Tabanı H:1,00	1	Adet	\$	10.450.4052	73,42
800*1200 mm Muayene Baca Tabanı Ve Red. H:1,40	1	Adet	\$	10.450.4055	131,84
1000*1200 mm Muayene Baca Tabanı Ve Red. H:1,70	1	Adet	\$	10.450.4056	165,79
1200*1400 mm Muayene Baca Tabanı Ve Red. H:2,00	1	Adet	\$	10.450.4056	165,79
1400*1400 mm Muayene Baca Tabanı Ve Red. H:2,00	1	Adet	\$	10.450.4057	236,84

Tablo üzerindeki maliyetler dolar cinsinden çevrilerek işleme alınmıştır. 10.450.4022 poz numaralı 200*1500 mm ent. cont. muflu beton boru için maliyet 6,15\$ olarak belirlenmiştir. 10.450.4056 poz numaralı 1400*1400 muayene baca tabanı ve red. h:2,00 için maliyet 236,84\$ olarak belirlenmiştir. İki farklı firmaya ait üretilen ürünlerin maliyetleri de dolar cinsinden oluşturulmuş ve Bakanlığın belirlemiş olduğu maliyetle, üretici maliyetleri arasında karşılaştırma yapılmıştır.

3.13. İKİ FARKLI ÜRETİCİYE AİT BETON BORU FİYATLARININ KARŞILAŞTIRILMASI

Üretim şekilleri ve malzeme içeriği aynı olan iki üreticiye ait yer altında kullanılan bazı boru türleri ve yağmur suyu beton büzlerinin karşılaştırılmalı maliyet analizi yapılmıştır. Öncelikle üreticilerden alınan malzeme isim ve bedelleri ayrı ayrı gösterilmiş daha sonra da ortak üretimi olan malzemeler karşılaştırmalı olarak tablo halinde gösterilmiştir. Maliyetler dolar bazlı olarak verilmiştir. Dolar kuru 19 lira olarak alınmış ve fiyatlar buna göre tabloya işlenmiştir.

Tablo 3.13.Birinci Üreticiye Ait Birim Fiyatlar

BETONARME BORULAR				
Malzeme Cinsi	Miktar	Ölçü Birimi	Para Birimi	Belirlenen Fiyat
200*1500 mm Ent. Cont. Muflu Beton Boru	1	mt.	\$	8,42
300*1500 mm Ent. Cont. Muflu Beton Boru	1	mt.	\$	9,87
400*1500 mm Ent. Cont. Muflu Beton Boru	1	mt.	\$	15,79
500*1500 mm Ent. Cont. Muflu Beton Boru	1	mt.	\$	20,39
600*1500 mm Ent. Cont. Muflu Beton Boru	1	mt.	\$	26,32
800*1500 mm Ent. Cont. Muflu Beton Boru	1	mt.	\$	73,68
1000*2000 mm Ent. Cont. Muflu Beton Boru	1	mt.	\$	101,05
1200*2000 mm Ent. Cont. Muflu Beton Boru	1	mt.	\$	136,84
1400*2000 mm Ent. Cont. Muflu Beton Boru	1	mt.	\$	203,95
1600*2000 mm Ent. Cont. Muflu Beton Boru	1	mt.	\$	276,32
1800*2000 mm Ent. Cont. Muflu Beton Boru	1	mt.	\$	394,74
2000*2000 mm Ent. Cont. Muflu Beton Boru	1	mt.	\$	513,16
TABANLAR				
Malzeme Cinsi	Miktar	Ölçü Birimi	Para Birimi	Belirlenen Fiyat
45*65*300 Yağmur Izgara Tabanı	1	Adet	\$	36,18
300*1000 mm Muayene Baca Tabanı H:0,80	1	Adet	\$	72,37
400*1000 mm Muayene Baca Tabanı H:0,80	1	Adet	\$	72,37
500*1000 mm Muayene Baca Tabanı H:0,80	1	Adet	\$	95,37
600*1000 mm Muayene Baca Tabanı H:1,00	1	Adet	\$	101,97
800*1200 mm Muayene Baca Tabanı Ve Red H:1,40	1	Adet	\$	363,16
1000*1200 mm Muayene Baca Tabanı Ve Red H:1,70	1	Adet	\$	378,95
1200*1400 mm Muayene Baca Tabanı Ve Red H:2,00	1	Adet	\$	592,11
1400*1400 mm Muayene Baca Tabanı Ve Red H:2,00	1	Adet	\$	608,53
1600*2000 mm Muayene Baca Tabanı Ve Red H:2,60	1	Adet	\$	986,84
1800*2000 mm Muayene Baca Tabanı Ve Red H:2,60	1	Adet	\$	1.118,42
50*110 Çiftli Izgara Tabanı	1	Adet	\$	65,79
DİĞER MALZEMELER				
Malzeme Cinsi	Miktar	Ölçü Birimi	Para Birimi	Belirlenen Fiyat
Ankara Koniği	1	Adet	\$	42,11
50*10*6 Cm Lento	1	Adet	\$	0,53
Baca Yükseltme Çemberi H:0,06	1	Adet	\$	7,89
Baca Yükseltme Çemberi H:0,10	1	Adet	\$	9,87
Beton Baca Kapağı	1	Adet	\$	19,74
Izgara Yükseltme Halkası 10 Cm	1	Adet	\$	13,68
Izgara Yükseltme Halkası 6 Cm	1	Adet	\$	10,26
Ø 1000 mm Muayene Baca Gövdesi H:0,35	1	Adet	\$	23,03
Ø 1000 mm Muayene Baca Gövdesi H:0,60	1	Adet	\$	36,18
Ø 1000 mm Muayene Baca Koniği H:0,65	1	Adet	\$	36,18

Tabloda verilen fiyatlar adet sayısı üzerinden olmaktadır. Üreticide 300*1500 mm entegre contalı muflu beton boru maliyeti 9,87\$ olarak belirlenmiştir. Izgara yükseltme halkası 6cm olarak üretilecekse 10,26\$, 10 cm olarak üretilecekse 13,68\$ olarak maliyeti belirlenmiştir. Bu tarz ürünler büyük bir alanda uygulandığından genel olarak çok fazla sayıda kullanılmaktadırlar. Entegre contalı muflu beton boru görseli şekilde gösterilmiştir.



Şekil 3.8. Entegre Contalı Muflu Beton Boru

Şekilde gösterilen yüksekliği 80 cm olan 500*1000 mm boyutunda bir muayene baca tabanı üretimi için bu malzemenin adet fiyatı 95,37\$ olarak belirlenmiştir. Ayrıca bu ürünlerin belirlenen ücretlerinin dışında taşıma ve nakliye bedeli, ayrıca işçi çalışma bedeli eklenmektedir. Bu tarz malzemelerin uygulanma sistemleri ihale usulüne göre yapıldığından eksik kalan birim fiyatlar Çevre ve Şehircilik Bakanlığının yayımlamış olduğu poz numaralarından alınarak belirlenmektedir.



Şekil 3.9. Muayene Bacasına Ait Görsel

İkinci üreticiye ait ürün ve birim fiyatlar tablo da gösterilmiştir. Birinci üreticide olduğu gibi maliyetler dolar bazlı olarak verilmiş, dolar kuru 19 lira olarak alınmış ve maliyetler buna göre tabloya işlenmiştir.

Tablo 3.14. İkinci Üreticiye Ait Birim Fiyatlar

BETONARME BORULAR				
Malzeme Cinsi	Miktar	Ölçü Birimi	Para Birimi	Belirlenen Fiyat
Ø 200 mm Ent.Cont.Muflu Beton Boru	1	Mt.	\$	13,11
Ø 300 mm Ent.Cont.Muflu Beton Boru	1	Mt.	\$	10,68
Ø 400 mm Ent.Cont.Muflu Beton Boru	1	Mt.	\$	28,52
Ø 500 mm Ent.Cont.Muflu Beton Boru	1	Mt.	\$	24,58
Ø 600 mm Ent.Cont.Muflu Beton Boru	1	Mt.	\$	30,42
Ø 800 mm Ent.Cont.Muflu Beton Boru	1	Mt.	\$	68,00
Ø 1000 mm Ent.Cont.Muflu Beton Boru	1	Mt.	\$	89,79
Ø 1200 mm Ent.Cont.Muflu Beton Boru	1	Mt.	\$	119,74
Ø 1400 mm Ent.Cont.Muflu Beton Boru	1	Mt.	\$	175,05
Ø 1600 mm Lamba Zıvanalı B.Arme Boru	1	Mt.	\$	185,00
TABANLAR				
Malzeme Cinsi	Miktar	Ölçü Birimi	Para Birimi	Belirlenen Fiyat
Ø 1000/300 mm Ent.Cont.Mua.Baca Tabanı	1	Adet	\$	135,58
Ø 1000/400 mm Ent.Cont.Mua.Baca Tabanı	1	Adet	\$	108,53
Ø 1000/500 mm Ent.Cont.Mua.Baca Tabanı	1	Adet	\$	146,17
Ø 1000/600 mm Ent.Cont.Mua.Baca Tabanı	1	Adet	\$	142,26
Ø 1200/800 mm Ent.Cont.Mua.Baca Tabanı Ve Red.Kapak	1	Adet	\$	332,68
Ø 1200/1000 mm Ent.Cont.Mua.Baca Tabanı Ve Red.Kapak	1	Adet	\$	366,05
Ø 1400/1200 mm Ent.Cont.Mua.Baca Tabanı Ve Red.Kapak	1	Adet	\$	615,79
Ø 1400/1400 mm Ent.Cont.Mua.Baca Tabanı Ve Red.Kapak	1	Adet	\$	632,58
Ø 2000/1600 mm Ent.Cont.Mua.Baca Tabanı Ve Red.Kapak	1	Adet	\$	894,74
DİĞER MALZEMELER				
Malzeme Cinsi	Miktar	Ölçü Birimi	Para Birimi	Belirlenen Fiyat
Ø 1000 mm Ent.Cont.Mua.Baca Gövdesi H:0,60	1	Adet	\$	57,42
Ø 1000 mm Ent.Cont.Mua.Baca Gövdesi H:0,35	1	Adet	\$	39,68
Ø 1000 mm Ent.Cont.Mua.Baca Koniği	1	Adet	\$	61,37

Tablodaki veriler incelendiğinde yapı yer ve durumuna göre Ø1000 mm entegre contalı muflu beton boru üretim maliyeti 89,79\$ olarak belirlenmiştir. Şekilde gösterilen Ø1600 mm lamba zıvanalı betonarme boru kullanılarak yapılacak olan bir iş için belirlenen üretim maliyeti 185\$ dır.



Şekil 3.10. Lamba Zıvanalı Betonarme Boru

İki üreticinin de üretim yapmış olduğu ayrı kalem ürünler yukarıdaki tablolarda ayrı ayrı sıralanmıştır. 3. Tabloda ayrı iki firmanın aynı malzeme oranlarıyla üretmiş oldukları, ortak malzemelerin birim fiyatları karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

Tablo 3.15. İki Farklı Üreticiye Ait Karşılaştırmalı Birim Fiyatlar

Malzemenin Cinsi	Miktarı	Ölçü Birimi	Para Birimi	Birince Firmaya Ait Birim Fiyat	İkinci Firmaya Ait Birim Fiyat
200*1500 mm Ent. Cont. Muflu Beton Boru	1	mt	\$	8,42	13,11
1000*2000 mm Ent. Cont. Muflu Beton Boru	1	mt	\$	101,05	89,78
1200*2000 mm Ent. Cont. Muflu Beton Boru	1	mt	\$	136,84	119,74
1400*2000 mm Ent. Cont. Muflu Beton Boru	1	mt	\$	203,95	175,05
300*1000 mm Muayene Baca Tabanı H:0,80	1	Adet	\$	72,37	135,58
400*1000 mm Muayene Baca Tabanı H:0,80	1	Adet	\$	72,37	108,53
500*1000 mm Muayene Baca Tabanı H:0,80	1	Adet	\$	95,37	146,47
600*1000 mm Muayene Baca Tabanı H:1,00	1	Adet	\$	101,97	142,26
800*1200 mm Muayene Baca Tabanı Ve Red. H:1,40	1	Adet	\$	363,16	332,68
1000*1200 mm Muayene Baca Tabanı Ve Red. H:1,70	1	Adet	\$	378,95	366,05
1200*1400 mm Muayene Baca Tabanı Ve Red. H:2,00	1	Adet	\$	592,11	615,79
1400*1400 mm Muayene Baca Tabanı Ve Red. H:2,00	1	Adet	\$	608,53	632,58
1600*2000 mm Muayene Baca Tabanı Ve Red. H:2,60	1	Adet	\$	986,84	894,74

İki farklı üreticiye ait birim fiyatlar analiz edildiğinde aynı ürünlerde ortak olan bir fiyat görülmemiştir. Tabloda ki veriler üzerinden analiz yapacak olursak;

- 200*1500 mm Entegre Contalı Beton Boru; birinci üreticide 8,42 dolar olarak geçerken, ikinci üreticide 13,11 dolar olarak geçmektedir. Birinci üretici aynı üretimli ürüne daha düşük birim fiyat belirlemiştir.
- 1000*2000 mm Entegre Contalı Beton Boru; birinci üreticide 101,05 dolar olarak geçerken, ikinci üreticide 89,78 dolar olarak geçmektedir. Bu ürün türünde ikinci üretici, birinci üreticiye göre daha yüksek birim fiyat belirlemiştir.
- 1200*2000 mm Entegre Contalı Beton Boru; birinci üreticide 136,84 dolar olarak geçerken, ikinci üreticide 119,74 dolar olarak geçmektedir. Birinci üretici aynı üretimli ürüne daha yüksek birim fiyat belirlemiştir.
- 1400*2000 mm entegre contalı beton muflu boru; birinci üreticide birim fiyat olarak 203,95 dolar olarak geçerken, ikinci üreticide 175,05 dolar olarak geçmektedir. Bu ürün türünde de ikinci üretici, birinci üreticiye göre aynı ürün için daha düşük birim fiyat belirlemiştir.
- 80 cm yüksekliğinde olan 300*1000 mm Muayene Baca Tabanı; birinci üreticide 72,37 dolar olarak geçerken, ikinci üreticide 135,58 dolar olarak geçmektedir. Bu ürün türünde ikinci üretici, birinci üreticiye göre daha yüksek birim fiyat belirlemiştir.
- 80 cm yüksekliğinde olan 400*1000 mm Muayene Baca Tabanı; birinci üreticide 72,37 dolar olarak geçerken, ikinci üreticide 108,53 dolar olarak geçmektedir. Birinci üretici aynı üretimli ürüne daha düşük birim fiyat belirlemiştir.
- 80 cm yüksekliğinde olan 500*1000 mm Muayene Baca Tabanı; birinci üreticide 95,37 dolar olarak geçerken, ikinci üreticide 146,47 dolar olarak geçmektedir. Birinci üretici aynı üretimli ürüne daha düşük birim fiyat belirlemiştir.
- 100 cm yüksekliğinde olan 600*1000 mm Muayene Baca Tabanı; birinci üreticide 101,97 dolar olarak geçerken, ikinci üreticide 142,26 dolar olarak geçmektedir. Birinci üretici aynı üretimli ürüne daha düşük birim fiyat belirlemiştir.
- Boyu 140 cm olan, 800*1200 mm Muayene Baca Tabanı Ve Redüksiyon sistem için; birinci firma 363,16 dolarlık birim fiyat belirlerken, ikinci firma 332,68 dolarlık birim fiyat belirlemiştir. Bu ürün türünde ikinci üretici, birinci üreticiye göre daha düşük birim fiyat belirlemiştir.

- Boyu 170 olan, 1000*1200 mm Muayene Baca Tabanı Ve Redüksiyon sistem için; birinci firma 378,95 dolarlık birim fiyat belirlerken, ikinci firma 366,05 dolarlık birim fiyat belirlemiştir. Bu ürün türünde ikinci üretici, birinci üreticiye göre daha düşük birim fiyat belirlemiştir
- Boyu 2 metre olan, 1200*1400 mm Muayene Baca Tabanı Ve Redüksiyon sistem için; birinci firma 592,11 dolarlık birim fiyat belirlerken, ikinci firma 615,79 dolarlık birim fiyat belirlemiştir. Bu ürün türünde ikinci üretici, birinci üreticiye göre daha yüksek birim fiyat belirlemiştir.
- Boyu 2 metre olan, 1400*1400 mm Muayene Baca Tabanı Ve Redüksiyon sistem için; birinci firma 608,53 dolarlık birim fiyat belirlerken, ikinci firma 632,58 dolarlık birim fiyat belirlemiştir. Bu ürün türünde birinci üretici, ikinci üreticiye göre daha düşük birim fiyat belirlemiştir.
- Boyu 260 cm olan, 1600*2000 mm Muayene Baca Tabanı Ve Redüksiyon sistem için; birinci firma 986,84 dolarlık birim fiyat belirlerken, ikinci firma 894,74 dolarlık birim fiyat belirlemiştir. Bu ürün türünde birinci üretici, ikinci üreticiye göre daha yüksek birim fiyat belirlemiştir.

3.14. BAKANLIĞIN BELİRLEDİĞİ VE FİRMALARA AİT MALİYETLERİN KARŞILAŞTIRILMASI

Bakanlığın yayınlamış olduğu birim fiyat kılavuzundan alınan maliyetler ve iki farklı üreticiye ait olan maliyetler aşağıdaki tabloda karşılaştırılmıştır.

Tablo 3.16. Birim Fiyat Karşılaştırma

Malzemenin Cinsi	Miktarı	Ölçü Birimi	Para Birimi	Bakanlığa ait Birim Fiyat	Birince Firmaya Ait Birim Fiyat	İkinci Firmaya Ait Birim Fiyat
200*1500 mm Ent. Cont. Muflu Beton Boru	1	mt	\$	6,15	8,42	13,11
1000*2000 mm Ent. Cont. Muflu Beton Boru	1	mt	\$	101,05	101,05	89,78
1200*2000 mm Ent. Cont. Muflu Beton Boru	1	mt	\$	136,57	136,84	119,74
1400*2000 mm Ent. Cont. Muflu Beton Boru	1	mt	\$	185,526	203,95	175,05
300*1000 mm Muayene Baca Tabanı H:0,80	1	Adet	\$	56,05	72,37	135,58
400*1000 mm Muayene Baca Tabanı H:0,80	1	Adet	\$	56,05	72,37	108,53
500*1000 mm Muayene Baca Tabanı H:0,80	1	Adet	\$	73,42	95,37	146,47
600*1000 mm Muayene Baca Tabanı H:1,00	1	Adet	\$	73,42	101,97	142,26
800*1200 mm Muayene Baca Tabanı Ve Red. H:1,40	1	Adet	\$	131,84	363,16	332,68
1000*1200 mm Muayene Baca Tabanı Ve Red. H:1,70	1	Adet	\$	165,79	378,95	366,05
1200*1400 mm Muayene Baca Tabanı Ve Red. H:2,00	1	Adet	\$	165,79	592,11	615,79
1400*1400 mm Muayene Baca Tabanı Ve Red. H:2,00	1	Adet	\$	236,84	608,53	632,58

Tablo değerleri incelendiğinde örneğin; 200*1500 mm Ent. Cont. muflu beton boru Bakanlıkça 6,15\$ olarak görülürken, bu değer birinci üreticide 8,42\$ ve ikinci üreticide 13,11\$ olarak görülmektedir. Belirlenen fiyat listesi ve üreticilere ait birim fiyatlardaki farklılıkların sebepleri; Bakanlığın belirlemiş olduğu fiyatlarda KDV'nin eklenmemiş olması, yüklenici genel giderleri ve kârın dahil edilmemesidir.

BÖLÜM 4. SONUÇ

Bu çalışma yer altı mühendislik yapılarından yağmur suyu beton büzlerinin tasarımından, üretimine, yerleştirilmesine, maliyet analizine kadar olan konular hakkında araştırmalar yapılmıştır. Sonuç olarak;

Su ilk medeniyetten, son medeniyete kadar canlıların en temel ihtiyacı ve en değerli yaşam kaynağıdır. Dünya büyük bir iklim krizi etkisi altındadır. Bu kriz birçok alanı olumsuz yönde etkilemektedir. Örneğin ani yağın yağışlar sel ve taşkınlara sebep olmakta, daha önce ki dönemlerde belirlenen, istatistiksel olarak yapılan yağış durumları artık ortalama değerleri zorlamaktadır. Suyun her damlasının bu kadar kıymetli olduğu bir zamanda, suyun korunması ve sağlıklı şekilde belirli alanlara iletilmesi konusunda ciddi çalışmalar yapılmalı ve birçok alt yapı boru sisteminin değiştirilerek yeni yağış durumlarına göre taşkın ve selleri önlemek adına çalışmalar yapılması gerektiği düşünülmektedir.

Alt yapı çalışmalara her ülkenin kendine ait hazırlamış olduğu yönetmeliklerce bir çerçeve program içinde yürütülmektedir. Yönetmelik sayesinde zemin parametrelerinden başlanarak, hangi alanda ne kadar eğimli kazı yapılacağına, beton ve betonarme boruların hangi çaplarda üretileceğine kadar bütün detaylar hakkında hatasız şekilde üretimler yapılmaktadır. Boruların rijit ve esnek olma durumlarına göre karışım hesapları önemli bir kriter olarak karşımıza çıkmaktadır. Sadece boruların üretiminin çok iyi düzeyde olmasının yeterli bir parametre olmadığı, zeminin davranışının da dikkatli şekilde hesaplanması gerektiğinin sonucuna varılmaktadır.

Tablo 3.11’de verilen karışım oranları incelendiğinde, tablodaki verilerin küsuratlı sayılardan oluştuğu karışımın düzgün şekilde hazırlanması, kalıba alınması ve kürlenmesinde teknolojik ürünlerden faydalanılması gerektiği, farklı çalışma metotlarıyla iyi bir karışım oranının elde edilemeyeceği net şekilde gösterilmiştir. Her bir malzemeye uygun olarak (çap, en, boy) ciddi bir çalışmanın ürünü olduğu, birçok malzemenin de insanın elle taşıyabileceği ağırlığın çok üstünde olduğu tablo verilerinde belirtilmiştir.

Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığının yayımlamış olduğu birim fiyat ve poz numaralarından faydalanılarak öncelikle beton boruların üretimi için belirlenen birim fiyatlar tablolaştırılmış, daha sonra iki farklı üreticiye ait, karışım oranları aynı olan malzemeler önce ayrı ayrı tablolaştırılmış daha sonra farklı bir tabloda aynı çap ve boyutlarda üretilen ürünler tablo verisi olarak sunulmuştur. Sonuç olarak aynı ürünlerin, iki üretici arasında birim fiyatlarında değişiklik gösterdiği gösterilmiştir. Örneğin; 1000*2000 mm Entegre Contalı Beton Boru; birinci üreticide 101,05 dolar olarak geçerken, ikinci üreticide 89,78 dolar olarak geçmektedir. Bu ürün türünde ikinci üretici, birinci üreticiye göre daha yüksek birim fiyat belirlemiştir ya da boyu 140 cm olan, 800*1200 mm Muayene Baca Tabanı Ve Redüksiyon sistem için; birinci firma 363,16 dolarlık birim fiyat belirlerken, ikinci firma 332,68 dolarlık birim fiyat belirlemiştir. Bu ürün türünde ikinci üretici, birinci üreticiye göre daha düşük birim fiyat belirlemiştir. Üreticilerin, üretim şartları eşit olsa da (malzemeye erişim, üretim alanında makinaların kendilerine ait olması, iki üreticinin de kullanılan agregaları kendilerine ait madenlerden çıkartmaları gibi) maliyetleri farklı şekilde hesaplanmıştır. Maliyet hesapları dolar kuru 19 tl olarak alınarak hesaplanmıştır. Birçok fiyat karşılaştırılmasında dolar olarak arada büyük farklılık olmamaktadır. Fakat Türk Lirasına çevrildiği zaman aralarında büyük farklılıklar oluşmaktadır. Bu tarz ürünlerin geniş alanlara uygulandığı bilindiğinden malzeme, nakliye ve işçilik bedelleri hesaba alındığında ciddi bir maliyet çıkmaktadır.

KAYNAKÇA

- AFAD,S.(2021).*Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı*.
https://www.afad.gov.tr/kurumlar/afad.gov.tr/e_Kutuphane/Istatistikler/2020yilidogakaynakliolayistatistikleri.pdf
- Aydeniz,S. (2012). *Agrega Dane Boyutunun Beton Dayanımına Etkisi Ve Su Emmesine Etkilerinin Araştırılması*. Sakarya üniversitesi.
- Aydın, S. (2010). Alkalilerle Aktive Edilmiş Yüksek Fırın Cürufu Bağlayıcı Lifli Kompozit Geliştirilmesi. İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü-Doktora Tezi.
- Aylık Yağış Raporu—Meteoroloji Genel Müdürlüğü*. (t.y.). Geliş tarihi 08 Haziran 2023, gönderen <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/yagis-raporu.aspx>
- Balkaya,M. (2002). *Zemine gömülü boruların mühendislik davranışı*. İTÜ.
- Baradan vd. (2022). Portland Çimentosunun Karmaşık Bileşenleri. B. Baradan , H. Yazıcı, & S. Aydın içinde, *Beton* (s. 67). İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi.
- BM İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi. (1992). Rio: United Nations.
- Brundtland, G. H., & Khalid,. (1987). Our common future. *Oxford University Press*.
- Choobbasti, A. J., Firouzian, S., Vahdatirad, M. J., Barari, A., & Rezaei, D. (2009). *Modeling of the Uplift Response of Buried Pipelines*. 14.
- ÇŞİDB. (2023). *2022 Yılı İklim Değerlendirmesi*. Ankara: İklim ve Ziraî Meteoroloji Dairesi Başkanlığı.
- Dash, S. K., Krishnaswamy, N. R., & Rajagopal, K. (2001). Bearing capacity of strip footings supported on geocell-reinforced sand. *Geotextiles and Geomembranes*, 19(4), 235-256. [https://doi.org/10.1016/S0266-1144\(01\)00006-1](https://doi.org/10.1016/S0266-1144(01)00006-1)

- Dash, S. K., Sireesh, S., & Sitharam, T. G. (2003). Model studies on circular footing supported on geocell reinforced sand underlain by soft clay. *Geotextiles and Geomembranes*, 21(4), 197-219. [https://doi.org/10.1016/S0266-1144\(03\)00017-7](https://doi.org/10.1016/S0266-1144(03)00017-7)
- DSİ. (2022). *DSİ Faaliyet Raporu*. Ankara: STRATEJİ GELİŞTİRME DAİRESİ BAŞKANLIĞI.
- Demirci, O., Kiliç, H., & Yazici, G. (2022). Gömülü Betonarme Boruların Analitik ve Sayısal Yöntemler ile Tasarımı. *Teknik Dergi*, 33(6), 12761-12787. <https://doi.org/10.18400/tekderg.832727>
- Dibaba, W.T. (2018). A review of sustainability of urban drainage system: Traits and consequences. *Journal of Sedimentary Environments*, 3(3), 131-137.
- EM-DAT | *The international disasters database*. (2023). Geliş tarihi 06 Haziran 2023, gönderen <https://www.emdat.be/>
- EM-DAT *Atlas—Turkey*. (2023). Geliş tarihi 06 Haziran 2023, gönderen https://www.emdat.be/emdat_atlas/sub_html_pages/sub_html_TUR.html
- Erenson, C.. (2020). *ÜNİFORM OLMAYAN GERİDOLGU ORTAMLARINA YERLEŞTİRİLEN GÖMÜLÜ ESNEK BORULARIN DAVRANIŞLARININ İNCELENMESİ*. AKSARAY ÜNİVERSİTESİ.
- Eurostat. (2022). *Water statistics*. https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Water_statistics adresinden alındı
- Fernando, N.S.M. and Carter, J.P. (1998). Elastic Analysis of Buried Pipes Under Surface Patch Loadings. *ASCE*, 124, 720-728.
- Gray, D. H., and Maher, M. H., (1989). *Admixture Stabilization Of Sands With Discrete, Randomly Distributed Fibers*. 1363-1366.
- Howard, A. (1996). *Pipeline installation*. Relativity Pub.
- İlbank. (2021). *Alt Yapı Uygulama Dairesi Başkanlığı*. <https://www.ilbank.gov.tr/dergi/Altyap%C4%B1%20Uygulama%20Dairesi%20Ba%C5>

%9Fkanl%C4%B1%C4%9F%C4%B1%20M%C3%BChendislik%20El%20Kitab%C4%B1.pdf#dergi/57

- Kadioglu, M. (2007, Aralık 5). *İklim Değişiklikleri ve Etkileri: Meteorolojik Afetler*.
- L. Zhang, Y. Jia, H. Shu, L. Zhang, X. Lu, F. Bai. (2021). The effect of basicity of modified ground granulated blast furnace slag on its denitration performance. *J Cleaner Prod*, s. 305.
- MGM. (2023). *Dünyada Su*. Ankara: T.C. Çevre Şehircilik ve İklim Bakanlığı.
- Mooser, A.P. (1990). *Buried Pipe Design*. *Mc Graw Hill*.
- Moser, A. P., & Folkman, S. L. (2008). *Buried pipe design* (3rd ed). McGraw-Hill.
- Najafi, M. (2005). *Trenchless Technology: Pipeline and Utility Design, Construction, and Renewal* (1st Edition). McGraw-Hill Education.
<https://www.accessengineeringlibrary.com/content/book/9780071422666>
- Newmark, N. M. (1975). *Problems in Wave Propagation in Soil and Rock*. 703-722.
<https://cedb.asce.org/CEDBsearch/record.jsp?dockkey=0282556>
- Yağmursuyu Toplama, Depolama Ve Deşarj Sistemleri Hakkında Yönetmelik, 23689 (2017).
<https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=23689&MevzuatTur=7&MevzuatTertip=5>
- Resmi Gazete (2023). Geliş tarihi 05 Haziran 2023,
<https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2017/01/20170106.pdf>
- Sakurai, A., & Takahashi, T. (1969). *Dynamic stresses of underground pipelines during earthquakes*. 81, 81-95.
- Spangler, M. G. (1941). *The Structural Design of Flexible Pipe Culverts*.
- Teja, A. S., R., R., B., G. K., & R., A. (2018). Field investigation on structural performance of the buried UPVC pipes with and without geogrid reinforcement. *AIP Conference Proceedings*, 1930(1), 020035. <https://doi.org/10.1063/1.5022929>

- Towhata, I., Vargas-Monge, W., Orense, R. P., & Yao, M. (1999). Shaking table tests on subgrade reaction of pipe embedded in sandy liquefied subsoil. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 18(5), 347-361. [https://doi.org/10.1016/S0267-7261\(99\)00008-1](https://doi.org/10.1016/S0267-7261(99)00008-1)
- Vaslestad, J. (1991). *Load Reduction on Buried Rigid pipes*. 771-774.
- Watkins, R. K., & Anderson, L. R. (1999). *Structural Mechanics of Buried Pipes*. CRC Press.
- Watkins, R. K ve Spangler, M. G. (1958). Some characteristics of the modulus of pasive resistance of soil: A study of similitude. *Highway Research Board Proceedings*, 37, 576-583.
- TDK (2023). Geliş tarihi 06 Haziran 2023, gönderen <https://sozluk.gov.tr/?kelime=yağış>
- Y.H. Mugahed Amran, R. A.-Z. (2020). Clean production and properties of geopolymer concrete. *Journal of Cleaner Production*.