CAZİBELİ VE TERFİLİ KANALİZASYON SİSTEMLERİNİN VERİMLİLİK ANALİZİ

RUDER BİLEK

OCAK 2022

DİYARBAKIR

DİCLE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

CAZİBELİ VE TERFİLİ KANALİZASYON SİSTEMLERİNİN VERİMLİLİK ANALİZİ

RUDER BİLEK

DİCLE ÜNİVERSİTESİ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM-ÖĞRETİM VE SINAV YÖNETMELİĞİNİN BİR PARÇASI OLARAK
HİDROLİK VE SU KAYNAKLARI ANA BİLİM DALINDA
YÜKSEK LİSANS TEZİ
OLARAK HAZIRLANMIŞTIR

OCAK 2022

DİYARBAKIR

CAZİBELİ VE TERFİLİ KANALİZASYON SİSTEMLERİNİN VERİMLİLİK ANALİZİ

Ruder BİLEK tarafından Dicle Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliği'nin bir parçası olarak hazırlanan bu çalışma, aşağıda bilgileri yazılı jüri üyeleri tarafından değerlendirilerek **Hidrolik ve Su Kaynakları Mühendisliği Ana Bilim Dalı**'nda **Yüksek Lisans Tezi** olarak kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Neslihan DALKILIÇ
Müdür, **Fen Bilimleri Enstitüsü**

Doç. Dr. Nizamettin HAMİDİ
Danışman, **İnşaat Mühendisliği Bölümü, Dicle Üniversitesi**

Sınav Jürisi:

Prof. Dr. Mehmet Cihan AYDIN **(*)**
İnşaat Mühendisliği Bölümü, Bitlis Eren Üniversitesi

Doç. Dr. Nizamettin HAMİDİ **(**)**
İnşaat Mühendisliği Bölümü, Dicle Üniversitesi

Prof. Dr. Fevzi ÖNEN
İnşaat Mühendisliği Bölümü, Dicle Üniversitesi

ONAY

Savunma Tarihi: 31 / 01 / 2022

(*) Sınav Jürisi kısmının birinci satırına Jüri Başkanının bilgilerini yazınız.
(**) Sınav Jürisi kısmının ikinci satırına Tez Danışmanının bilgilerini yazınız.

Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırlanan bu tez çalışmasında yer alan tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu beyan ederim. Ayrıca, bahse konu bu kural ve ilkelerin gerektirdiği üzere, bu çalışmada özgün olmayan tüm bilimsel içerikleri kurallara uygun biçimde alıntılayıp kaynak gösterdiğimi beyan ederim. Beyanımla çelişen herhangi bir delil bulunduğu takdirde tüm sorumluluğu üstleneceğimi kabul ederim.

Ad, Soyad: Ruder BİLEK

İmza: …….……

TEŞEKKÜR

Tez çalışmama başladığım günden itibaren ilgi ve desteğini esirgemeyen, engin bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım sayın danışmanım Doç. Dr. Nizamettin Hamidi'ye sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Tez yazım sürecinde bana desteklerini esirgemeyen İller Bankası A.Ş. Diyarbakır Bölge Müdürlüğü'ndeki mesai arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Bugüne kadar beni yetiştiren; maddi, manevi desteğini benden hiçbir zaman esirgemeyen aileme ve eşime çok teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR v
İÇİNDEKİLER vi
ŞEKİLLER LİSTESİ viii
TABLOLAR LİSTESİ ix
EKLER LİSTESİ x
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ xi
ÖZET xii
ABSTRACT xiii
1. GİRİŞ 1
2. CAZİBELİ VE TERFİLİ KANALİZASYON SİSTEMLERİ 3
2.1 Cazibeli Kanalizasyon Sistemleri 3
2.2 Terfili Kanalizasyon Sistemleri 4
2.2.1 Terfi merkezli kanalizasyon sistemleri 5
2.2.2 Düşük basınçlı kanalizasyon sistemleri 7
2.3 Terfi Merkezleri Tipleri ve Tasarımı 11
2.3.1 Paket terfi merkezleri 14
2.4 Hidrolik Hesaplar 18
2.4.1 Colebrook-White denklemi 19
2.4.2 Manning formülü 19
2.4.3 Kutter formülü 20
2.4.4 Hazen-Williams formülü 20
2.4.5 Boru cinsine göre pürüzlülük 20
2.4.6 Hız kriterleri 21
2.4.7 Doluluk kriterleri 22
3. MATERYAL VE METOT 24
3.1 Çalışma Alanı 24

3.1.1 Nüfus projeksiyonu 26
3.1.2 Atık su hesap debisi 28
3.1.3 Çalışma alanının jeolojik yapısı 30
3.2 Metod 31
3.2.1 Hidrolik kriterler 32
3.2.2 Terfili sistem tasarım kriterleri 33
4. BULGULAR VE TARTIŞMA 36
4.1 Çalışma Alanının Terfili Sistemle Çözümü 36
4.1.1 Terfi hattı hesapları 38
4.1.2 Terfi merkezinin tasarımı 38
4.1.3 Terfili sistem maliyet hesabı 42
4.2 İdil İlçesi Çalışma Alanı Cazibeli Çözümü 45
4.3 Cazibeli ve Terfili Sistemlerin Uygulanabilirlik ve Maliyet Açısından Değerlendirilmesi 49
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER 51
KAYNAKLAR 54
EKLER 57
ÖZGEÇMİŞ 64

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1 Terfi merkezli kanalizasyon sistemleri 5
Şekil 2.2 Terfi merkezli kanalizasyon sistemi ve cazibeli kanalizasyon sistemi örneği 6
Şekil 2.3 Düşük basınçlı kanalizasyon sistemleri 8
Şekil 2.4 Düşük basınçlı kanalizasyon sistemi uygulaması 8
Şekil 2.5 Öğütücü pompalı paket terfi bacası örneği 10
Şekil 2.6 Pompalı foseptik tank sistemleri 10
Şekil 2.7 Standart terfi merkezi tasarımı 11
Şekil 2.8 Kuru hazneli terfi merkezi 12
Şekil 2.10 Paket terfi merkezi örneği 15
Şekil 2.11 Paket terfi merkezi tank içi görünümü 16
Şekil 2.12 Paket terfi bacası montajı 17
Şekil 2.13 Dairesel kesitli kanallarda kısmi dolu akış özellikleri 23
Şekil 2.14 Dairesel kesitli kanallarda hidrolik elemanlar 23
Şekil 3.1. İdil ilçesinin konumunu gösteren harita 24
Şekil 3.2. İdil ilçesinin uydu görüntüsü. 25
Şekil 3.3 İdil'in geçmiş yıllardaki nüfusları 27
Şekil 3.4 İdil ilçesi atık su uzaklaştırma sistemi çalışma alanı. 31
Şekil 4.1 Terfi merkezi servis alanı 37
Şekil 4.2 Paket terfi bacası tasarımı 41
Şekil 4.3 Terfili sistem maliyet dağılımı 44
Şekil 4.4 Alternatif cazibeli kanalizasyon hattı güzergâhı 45
Şekil 4.5 Cazibeli kanalizasyon hattı maliyetleri 48

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 2.1. Cazibeli kanalizasyon sistemleri avantaj ve dezavantajları 3
Tablo 2.2 Terfili kanalizasyon sistemlerinin avantaj ve dezavantajları 4
Tablo 2.3 Alternatif kanalizasyon sistemleri karakteristikleri 11
Tablo 2.5 Terfi merkezi hız limitleri 14
Tablo 2.6 Tipik pürüzlülük katsayıları 21
Tablo 3.1 İller Bankası yönetmeliğine göre su tüketim değerleri 29
Tablo 3.3 Kanalizasyon inşaatı hidrolik kriterler 33
Tablo 3.4 Tesislerin ekonomik ömrü 34
Tablo 4.1. Çalışma alanı bölgesi karakteristikleri 36
Tablo 4.2 Terfi merkezi kot karakteristikleri 38
Tablo 4.3 Terfi hattı maliyet analizi 42
Tablo 4.4 Terfi merkezi ömür boyu maliyet analizi 43
Tablo 4.5 Terfili sistem toplam maliyeti 44
Tablo 4.6 Cazibeli hat derinlik tablosu 46
Tablo 4.7 Cazibeli kanalizasyon hattı boru keşfi maliyeti 47
Tablo 4.8 Muayene bacası metrajı ve maliyetleri 47
Tablo 4.9 Kazı metrajları ve maliyetleri 48
Tablo 4.10 Dolgu metraj ve maliyetleri 48

EKLER LİSTESİ

Ek 1 : Çalışma alanı kazı – dolgu fiyat analizleri 58
Ek 2: Çalışma alanı hendek ve temel kazı fiyat analizleri 59
Ek 3 : Çalışma alanı cazibeli sistem hidrolik hesabı..... 60

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

Simge	Açıklama
α	İçme suyu Geri Dönüşüm Oranı
β	İçme suyu Geri Dönüşüm Katsayısı
V	Hız
η	Pürüzlülük
R	Hidrolik Yarıçap
J	Eğim
N	Motor Kapasitesi
Q	Atık su Debisi
H_m	Pompa Basma Yüksekliği
n_m	Motor Verimi
n_p	Pompa Verimi

Kısaltma	Açıklama
DBKS	Düşük Basınçlı Kanalizasyon Sistemi
HDPE	Yüksek Yoğunluklu Polietilen
ÖP	Öğütücü Pompalı

ÖZET

CAZİBELİ VE TERFİLİ KANALİZASYON SİSTEMLERİNİN VERİMLİLİK ANALİZİ

Bilek, Ruder
Yüksek Lisans, Hidrolik ve Su Kaynakları Mühendisliği Bölümü
Danışman: Doç. Dr. Nizamettin Hamidi
Ocak 2022, 78 sayfa

Dünya nüfusunun artması ve kentleşme kanalizasyon sistemlerinin önemini büyük ölçüde arttırmakta olup, atık su toplama sistemlerinin daha verimli çalışabilmesi için farklı yaklaşımlar getirmek gerekmektedir. Geleneksel olarak uygulanan cazibeli kanalizasyon sistemleri ile terfili kanalizasyon sistemlerinin ilki olan geleneksel cazibeli atık su toplama sistemleri, yerçekimi etkisiyle evlerden veya diğer kaynaklardan topladığı atık suyu yeraltı boru sistemleri aracılığıyla belirli bir deşarj noktasına ya da atık su arıtma tesisine iletimin yapıldığı sistemlerdir. Ancak alanın topoğrafyasının buna izin vermediği durumlarda bu bölgelerin atık suyu terfi ettirilmeden toplanamaz. Böyle durumlarda terfili kanalizasyon sistemleri daha verimli çalışabilir. Genel olarak terfili kanalizasyon sistemleri, kazı yapmanın zor olduğu kayalık yerlerde, eğimin çok az olduğu ya da cazibeyle akışın sağlanamadığı yerlerde pompalar vasıtasıyla atık suyun iletildiği sistemlerdir. Terfili kanalizasyon sistemlerinin ana elemanı terfi merkezleri hazne ve pompa tiplerine göre farklı şekilde tasarımları yapılabilir. Klasik eski tip terfi merkezleri betonarme yapılar olup, ıslak ya da kuru hazne olarak düzenlenebilmektedir. Ancak paket terfi merkezlerinde son yıllardaki hızlı gelişmeler betonarme terfi merkezlerinin uygulanmasını büyük ölçüde azaltmıştır. Betonarme terfi merkezleri daha maliyetli olması, inşaat aşaması daha uzun sürmesi ve sızdırma problemi nedeniyle paket terfi merkezlerine göre daha az tercih edilmektedir. Cazibeli ve terfili sistemlerin verimlilik açısından analizini amaçlayan bu çalışmanın alanı olarak Şırnak İli İdil ilçesindeki kanalizasyon sisteminin bir bölgesi ele alınmıştır. Bu bölge hem cazibeli hem de terfili tip kanalizasyon sistemi ile çözümleri yapılarak boyutlandırılmış ve her iki sistemin maliyet analizleri yapılarak ilk yatırım maliyetleri kıyaslanmıştır. Ayrıca bu sistemlerin inşaat ve uygulama kolaylığı açısından birbirlerine göre avantajları ve dezavantajları verimlilik açısından değerlendirilmiştir. Yapılan çalışmada ilk yatırım maliyeti ve inşaat kolaylığı açısından terfili sistem daha ekonomik olarak gözükse de karşılaştırılan sistemlerin gelecekteki fayda durumları ve işletme şartları göz önüne alındığında cazibeli sistemi tercihinin çalışma bölgesinde daha verimli olacağı sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Atık su, cazibeli kanalizasyon sistemi, terfili kanalizasyon sistemi, terfi merkezi.

ABSTRACT

EFFICIENCY ANALYSIS OF GRAVITY AND PRESSURE SEWAGE SYSTEMS

Bilek, Ruder
Master of Science in Department of Hydraulic and Water Resources Engineering
Supervisor: Doç. Dr. Nizamettin Hamidi
January 2022, 78 pages

The increase in the world population and urbanization greatly increases the importance of sewage systems. It is necessary to bring different approaches in order for wastewater collection systems to work more efficiently. Traditional gravity wastewater collection systems, which are the first of the traditionally applied gravity sewer systems and the pressure sewer systems, are the systems in which the wastewater collected from the houses or other sources by the force of gravity is transmitted to a certain discharge point or wastewater treatment plant through underground pipe systems. However, in cases where the topography of the area does not allow this, the wastewater of these regions cannot be collected without being pumped. In such cases, pressure sewer systems can operate more efficiently. In general, pressure sewerage systems are systems where wastewater is transmitted by pumps in rocky areas where excavation is difficult, where the slope is very low or where the flow cannot be achieved by gravity. The main element of the pressure sewage systems, the pumping stations can be designed differently according to the reservoir and pump types. Classic old-style pumping stations are reinforced concrete structures and can be arranged as wet or dry reservoirs. However, rapid developments in package pumping centers in recent years have greatly reduced the application of reinforced concrete pumping stations. Reinforced concrete pumping stations are less preferable than package pumping stations due to their higher cost, longer duration of construction and leakage problem. A region of the sewerage system in Idil district of Sirnak province is considered as the field of this study, which aims to analyze the gravity and pumped systems in terms of efficiency. This region was projected by solving it with both gravity and pumped sewer systems, and the initial investment costs were compared by making cost analyzes of both systems. In addition, the advantages and disadvantages of these systems compared to each other in terms of ease of construction and application were evaluated in terms of efficiency. In the study, although the pressure system seems to be more economical in terms of initial investment cost and ease of construction, it was concluded that the preference of the gravity system would be more efficient in the study area, considering the future benefits and operating conditions of the systems compared.

Keywords: Wastewater, gravity sewer, pressure sewer, pump station.

1. GİRİŞ

Kanalizasyon sistemleri geçmişten beri kullanılmakta olan, genel olarak yerleşim bölgelerinde bulunan atık suları toplamaya ve uzaklaştırmaya yönelik yeraltında döşenen borularla oluşturulan sistemlerdir.

Kanalizasyon sistemlerinin tarihi geçmişi M.Ö. 4000 yıllarında Mezopotamya'ya ve M.Ö. 3000 - 2000 yılları arasında Pakistan'ın Mohenjo-Daro şehrine kadar dayanmaktadır. Bu dönemlerde yapılan kanal sistemleri daha çok yağmur suyunu toplama ve uzaklaştırma amacıyla yapılmıştır (Mays, 2001). Avrupa'da ise Giritliler M.Ö. II. yüzyıl sıralarında Girit adasında daha kapsamlı kanalizasyon sistemleri geliştirmişlerdir. Bu dönemde Knossos şehrindeki sistemler bunun en önemli örnekleridir. M.Ö. 1100 – 700 yılları arasında Yunanlılar ilk yeraltı kanalizasyon hatlarını uygulamaya başlamışlardır. Antik Roma'da ise M.Ö. 800 – 375 yılları arasında benzer sistemler kullanılmıştır (Mays, 2001). 19. Yüzyıl sonlarında insani atıkların evlerden sokaklara akması ve birçok salgın hastalığa sebep olacak şekilde çevreye verdiği olumsuz etkiler sonucu, bu atık suların yaşam bölgelerinden uzaklaştırılarak uygun noktalara deşarj edilmesi büyük bir önem arz etmiştir.

Kanalizasyon sistemlerinin ana amaçları, halk sağlığını korumak, atık sulardan dolayı doğal su kaynaklarında oluşacak kirliliğin önüne geçmek ve kentsel taşkınların oluşmasını engellemektir. Günümüzde bu hedefler doğrultusunda, atık su toplama aşamasında iki tip kanalizasyon sistemi kullanılmaktadır. Evsel ve sanayi atıkları ile yağmur suyunun ayrı sistemlerle toplandığı ayrık kanalizasyon sistemi ve bunların ortak bir kanal sistemi içerisinde toplandığı birleşik kanalizasyon sistemidir.

Toplanan atık suların iletimi konusunda ise üç sistem ön plana çıkmaktadır. Bunlardan ilki en yaygın olarak kullanılan, eğimden faydalanarak yerçekimi kuvveti kullanılarak düzenlenen cazibeli kanalizasyon sistemleri, diğer ikisi eğimin ve topografik durumun izin vermediği bölgelerde kullanılan alternatif kanalizasyon sistemlerinden, terfili ve vakumlu kanalizasyon sistemleridir.

Kanalizasyon sistemleri projelendirilirken yerleşim yerinin topografik yapısı, imar durumu, jeolojik durumu, gelişime açık olup olmaması dikkat edilmesi gereken

faktörlerdir. Uygulanabilirlik ve maliyet açısından doğru sistemi seçmek sistemin devamlılığı ve gereksinimi karşılaması açısından oldukça önemlidir. Bu açıdan terfili ve vakumlu kanalizasyon sistemleri gereksinime göre cazibeli sisteme entegre edilerek ya da tek başına uygulanarak şartlara göre oldukça avantajlı seçenekler sunmaktadır.

Bu tez çalışmasında teknolojik gelişmelerle birlikte geleneksel cazibeli kanalizasyon sistemlerine alternatif olabilecek terfili ve düşük terfili kanalizasyon sistemleri araştırılmış, projelendirme ve uygulama açısından cazibeli ve terfili kanalizasyon sistemlerinin verimlilik açısından değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmeye esas materyal olarak Şırnak İli İdil İlçesi çalışma alanı olarak belirlenmiş, bu alandaki kanalizasyon sistemi cazibeli ve terfili olarak iki farklı yaklaşımla çözülmüştür. Seçilen alternatif sistemler üzerinden cazibeli ve terfili kanalizasyon sistemlerinin maliyet ve yapım aşamasındaki avantaj ve dezavantajları ele alınmıştır. Kanalizasyon sistemine göre sonuçların birbiriyle karşılaştırılmak suretiyle, uygulamada karşılaşılan sorunlar da göz önünde bulundurularak, sistem tercihi bakımından tavsiyeler ortaya konulması amaçlanmıştır.

2. CAZİBELİ VE TERFİLİ KANALİZASYON SİSTEMLERİ

2.1 Cazibeli Kanalizasyon Sistemleri

Cazibeli atık su toplama sistemleri, yerçekimi kuvvetiyle evlerden veya diğer kaynaklardan topladığı atık suyu yeraltı boru sistemleri aracılığıyla belirli bir deşarj noktasına ya atık su arıtma tesisine iletildiği sistemlerdir. Cazibeli kanalizasyon sistemleri genellikle güvenilirdir ve enerji sarf eden bir ekipman bulunmadığı için enerji tüketmez. Cazibeli sistemlerle alakalı öne çıkan en büyük problem bu sistemin cazibe sağlayacak topografik yapıya sahip bir araziye ihtiyaç duymasıdır. Ayrıca bu durum sistemin hidrolik açıdan gerekli hız ve eğim kriterlerine sahip olması gerekliliğiyle birleştirince derin kazılara ihtiyaç duyulur ve bu da maliyeti büyük ölçüde arttırmaktadır. Bir diğer dezavantaj ise hızlı gelişmeye açık yerleşimlerde yeni yapılaşma olan bölgeleri sisteme dâhil etmek mümkün olmayabilmektedir (Tablo 2.1).

Tablo 2.1. Cazibeli kanalizasyon sistemleri avantaj ve dezavantajları (USEPA, 2002)

Cazibeli Kanalizasyon Sistemleri	
Avantajları	Dezavantajları
- Uygulanması ve bakımları diğer sistemlere göre daha kolaydır. - Yüksek miktarlarda akışı karşılayabilir.	- Derin kazılara ihtiyaç duyar. - Sızma ihtimali daha yüksektir. - Katı atıkların kalmaması için minimum hızda akış gerektirir. - Ana kolektör hattının yeri konusunda fazla seçenek bırakmaz. - Yeni yerleşim olan yerlerin sisteme dahil edilmesi daha zordur.

2.2 Terfili Kanalizasyon Sistemleri

Günümüzde kanalizasyon sistemleri fazlasıyla gelişmeye açık bir konumdadır. Bu sistemlerin yüksek maliyetlerinden dolayı mühendisler sürekli yeni fikirler değerlendirme peşindedir.

Cazibeli kanalizasyon sistemlerinin arazi yapısı ve kazı maliyeti gibi sıkıntılar doğurması nedeniyle terfili kanalizasyon sistemlerine ayrıca ihtiyaç duyulmaktadır. Genel olarak terfili kanalizasyon sistemleri, kazı yapmanın zor olduğu kayalık yerlerde, eğimin çok az olduğu ya da cazibeyle akışın sağlanamadığı yerlerde pompalar vasıtasıyla atık sunun iletildiği sistemlerdir. 1960'larda kullanılmaya başlayan bu sistemler özellikle kırsal kesimlerdeki faydalarından dolayı giderek daha fazla uygulanmaya başlamıştır. Pompa sektöründeki gelişmeler ve yenilikler basınçlı kanalizasyon sistemlerin yaygınlaşmasında önemli katkı sağlayan faktörlerden bir diğeridir. Anadolu Flygt raporlarına göre 1980'lerden sonra sadece Hollanda'da 150.000, Almanya'da ise 40.000'den fazla öğütücü kanalizasyon pompası kullanılmıştır (USEPA, 2002).

Tablo 2.2 Terfili kanalizasyon sistemlerinin avantaj ve dezavantajları (USEPA, 2002)

Terfili Kanalizasyon Sistemleri	
Avantajları	Dezavantajları
- Düşük seviye kazılarla atık su iletimi sağlayabilir. - Bölgenin topografyasından bağımsız uygulanabilir. - Cazibeli kanalizasyon sistemlerine göre maliyet açısından daha faydalıdır. - Çok düşük akışlarda çalışabilir.	- Uzmanlık gerektirir. - Pompalar için enerji kaynağı bulunması gerekir. - İlk yatırım, işletme ve bakım maliyetleri yüksektir.

Terfili kanalizasyon sistemleri uygulanma şekillerine göre ikiye ayrılır;

- Terfi Merkezli Kanalizasyon Sistemleri
- Düşük Basınçlı Kanalizasyon Sistemleri

2.2.1 Terfi merkezli kanalizasyon sistemleri

Terfi merkezli kanalizasyon sistemleri, eğimin yeterli olmadığı, kot farklılıklarından dolayı cazibeyle iletimin yetersiz kaldığı yerlerde, atık suların terfi merkezlerinde toplanıp pompalar vasıtasıyla sisteme aktarıldığı kanalizasyon sistemleridir (Şekil 2.1).



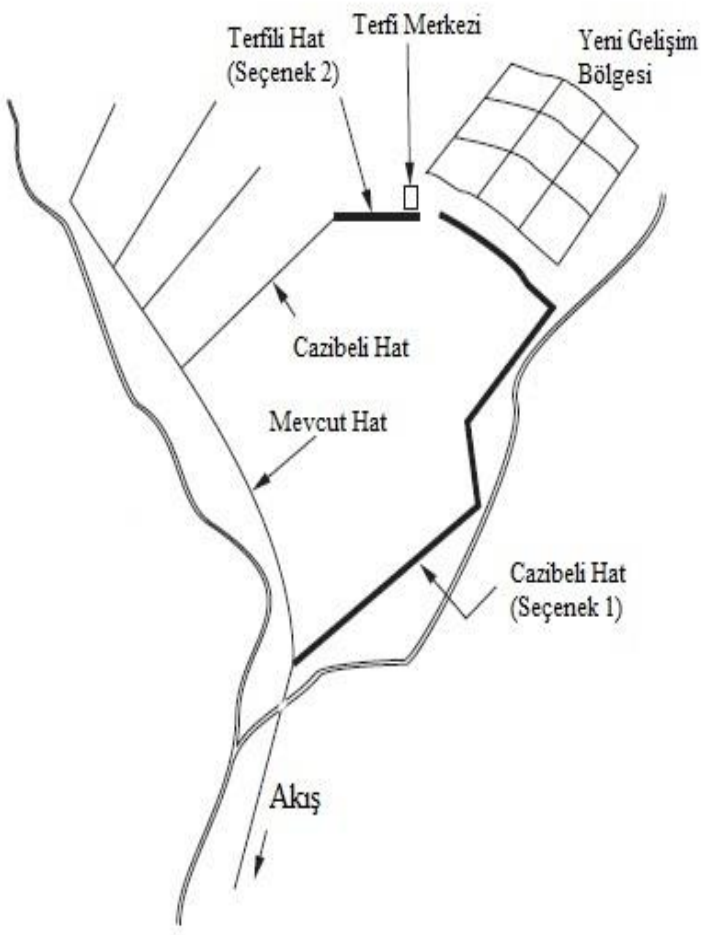
Şekil 2.1 Terfi merkezli kanalizasyon sistemleri (Force Main Management, 2021)

Genel olarak terfi merkezli kanalizasyon sistemlerinin gerekli olduğu durumlar;

- Mevcut topografyanın ve minimum sistem gereksinimlerinin çok derin kazılara sebep olması ve bundan dolayı maliyetin çok arttırdığı durumlar,
- Yerleşim bölgelerinin planlanan ana kolektör hattının kotundan çok düşük kotlarda bulunduğu durumlar,
- Yüksek engebeli arazilerde cazibeyle atık sunun iletilmesinin mümkün olmadığı durumlar,
- Sistemin uygulanacağı bölgenin düşük kotlu kısımlarında cazibeyle iletim için atık sunun yükseltilmesi gerektiği durumlardır (Mackenzie, 2010).

Terfi merkezleri kullanılan boru çapını ve kazı derinliğini büyük ölçüde düşürür. Genel olarak cazibeli sistemlerde kazı derinliği oldukça fazladır. Bu durum kazı makinalarının gerekliliğine ve yüksek maliyetlere sebep olmaktadır. Terfili hatların yerleştirilmesi kazı derinliğinin az olmasından kaynaklı toprak işlerinin azalmasından dolayı daha basittir. Ayrıca hattın güzergâhının seçimi bölgenin topografyasından

bağımsız olduğu için cazibeli sistemlere göre daha çok seçenek sağlamaktadır. Cazibeli sistemin daha ekonomik olduğu durumlar da görülebilir. Ancak buna rağmen terfili sistem daha kısa ve istimlak problemleri olmayan hatlarla avantajlı hale gelebilir (Şekil 2.2). Kazı maliyetleri daha düşük olsa da terfili hatların iletiminde bir ya da daha çok terfi merkezi gerekebilmektedir. Maliyeti fazlasıyla arttıran bu durum farklı rotalar ya da bazı yerlerde cazibeyle iletim sağlanarak minimize edilebilir. Terfi istasyonu haznesine gelen atık suyunun içeriğinde çözünmüş oksijen oldukça azdır ve çoğu zaman terfi edilen atıksıda sülfit bulunmaktadır. Korozyonu engellemek ve biriken katı maddeleri çıkarmak için düzenli bakım ve temizlik gerekmektedir (Bentley Systems, 2007).



Şekil 2.2 Terfi merkezli kanalizasyon sistemi ve cazibeli kanalizasyon sistemi örneği (Bentley Systems, 2007)

Terfili kanalizasyon sistemlerinin performansı genel anlamda projede yer alan terfi merkezinin performansıyla ilişkilidir. Pompa – terfi performans eğrileri terfi hattıyla alakalı pompa ya da pompaların işletme karakteristiklerini tanımlar. Genel olarak terfi merkezleri otomasyonludur ve sürekli operatör ihtiyacı hissetmez. Ancak düzenli kontroller terfi hattındaki sızıntılar, tıkanma, istenmeyen titreşim ve gürültü gibi potansiyel problemlerin tespiti için oldukça önemlidir.

Bu sistemlerde maliyeti birçok faktör belirler. Bunlar;

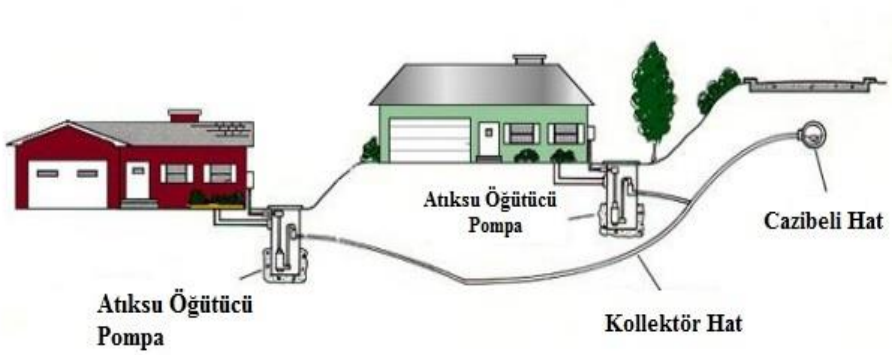
- İletilen atık suyun kalitesi ve debisi
- Terfi hattının uzunluğu
- İşletme basıncı
- Zemin özellikleri ve yeraltı koşulları
- Terfi hattı kazı derinliği olarak sıralanabilir (USEPA, 2000).

2.2.2 Düşük basınçlı kanalizasyon sistemleri

Yerleşim bölgesinde bulunan konutların yanına yerleştirilen öğütücü pompalı paket terfi bacalarıyla evsel atıksıların toplanarak ana hatta pompalandığı kanalizasyon sistemlerine düşük basınçlı kanalizasyon sistemleri (DBKS) denir (Şekil 2.3). Bu sistemlerde her konut ya da belirli bir konut grubu için ayrı birer öğütücü pompalı terfi bacası bulunur (Şekil 2.4) (Bentley Systems, 2007).

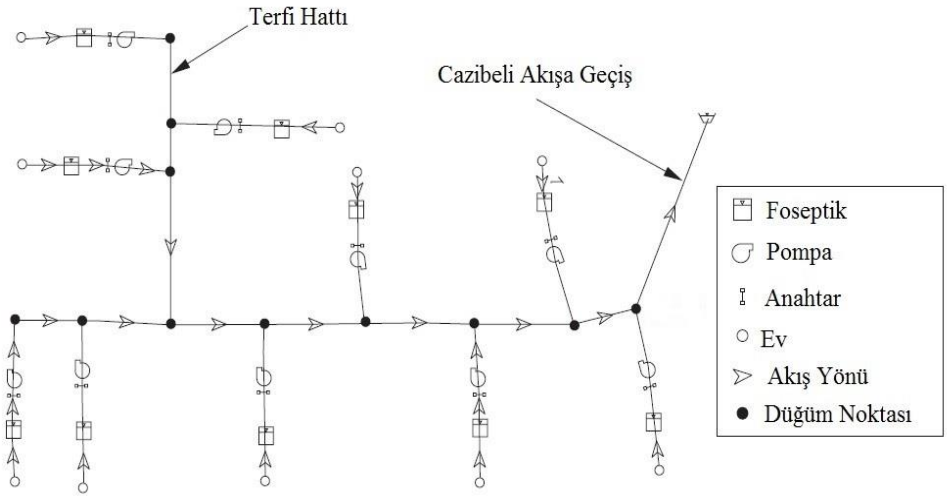
Genel olarak düşük basınçlı kanalizasyon sistemlerinin gerekli olduğu durumlar;

- Konutlar arası mesafenin fazla olduğu kırsal kesimlerde,
- Zeminin kazıya izin vermediği, eğimin hiç olmadığı bölgelerde,
- Nüfus az olduğu için geleneksel cazibeli sistemlerinin uygulanmasının mümkün olmadığı yerleşim yerlerinde,
- Fosseptik kullanımının uygun olmadığı
- Yeraltı su seviyesinin yüksek olduğu durumlardır (Terral & Houston, 2008).



Şekil 2.3 Düşük basınçlı kanalizasyon sistemleri (SWMA Submersible Wastewater Pump Association, 2021)

Düşük basınçlı kanalizasyon sistemleri ilk olarak 1960 sonlarında Amerika Birleşik Devletleri'nde Kentucky eyaletinin Radcliff şehrinde uygulanmıştır. 42 evi içeren bu sistem daha sonra kısmi arızalar sebebiyle terkedilmiş olsa da sistemin başarılı olabileceğine dair ilk işaretleri vermiştir. Bu alandaki teknolojik gelişmelerle düşük basınçlı kanalizasyon sistemleri fosseptik ve geleneksel cazibeli sistemlere alternatif olmuştur (Rucka vd., 2016).



Şekil 2.4 Düşük basınçlı kanalizasyon sistemi uygulaması (Bentley Systems, 2007)

Basınçlı olmasından dolayı mevcut topografyaya paralel şekilde düşük çaplı borularla ve sabit sayılabilecek derinliklerde inşa edilebilir. Muayene bacalarının ve terfi merkezlerinin sistemde olmaması dışardan sisteme girecek sızıntıları tamamen engeller. Bundan dolayı düşük basınçlı kanalizasyon sistemleri yüksek seviye yeraltı

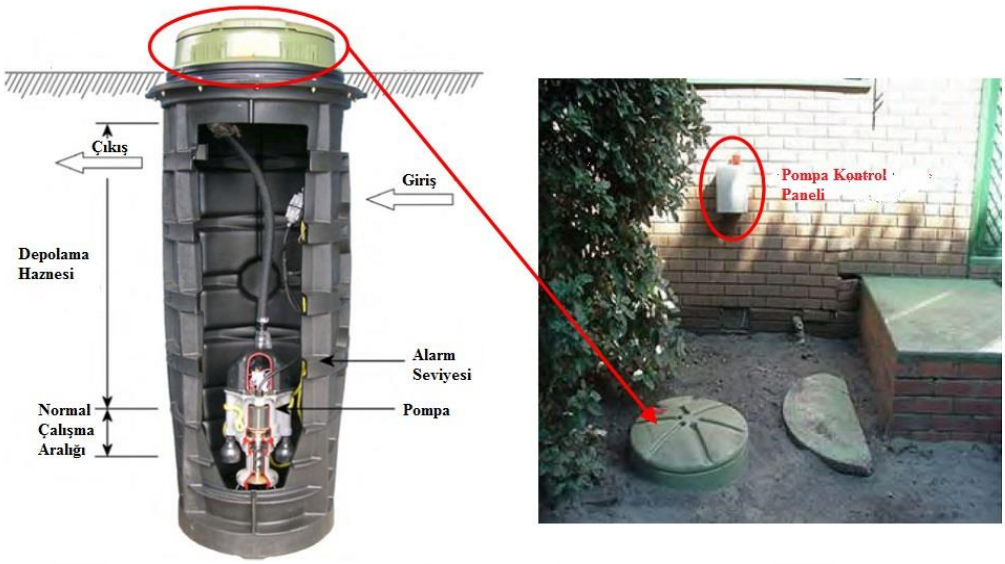
suyu içeren bölgeler için tercih edilebilecek bir alternatiftir. Ayrıca sızdırmaz yapısından dolayı yeraltı su kaynaklarını atıksalar tarafından kirletilmesini engelleyebilmektedir.

Her hanede bulunan terfi bacaları küçük çapta da olsa depolama kapasitesine sahiptir. Hazneler sensörler sayesinde otomatik olarak ayarlanan pompa açma – kapama aralıkları arasında 100 lt – 300 lt aralığında atık su depolaması yapabilirler. Bu sistemlerdeki öğütücü pompaların en önemli özelliği gelen atık sudaki katı maddeleri tamamen parçalayıp hatta o şekilde iletmesidir.

Cazibeli kanalizasyon sistemleri projelendirilirken mevcut olan ve imar planına göre ileride yerleşim yeri olacak bütün bölgeler hesaba katılmalıdır. DBKS ise, mevcut yerleşim planına göre tasarımı yapılır ve yeni yerleşimler daha kolay bir şekilde sisteme dahil edilebilir.

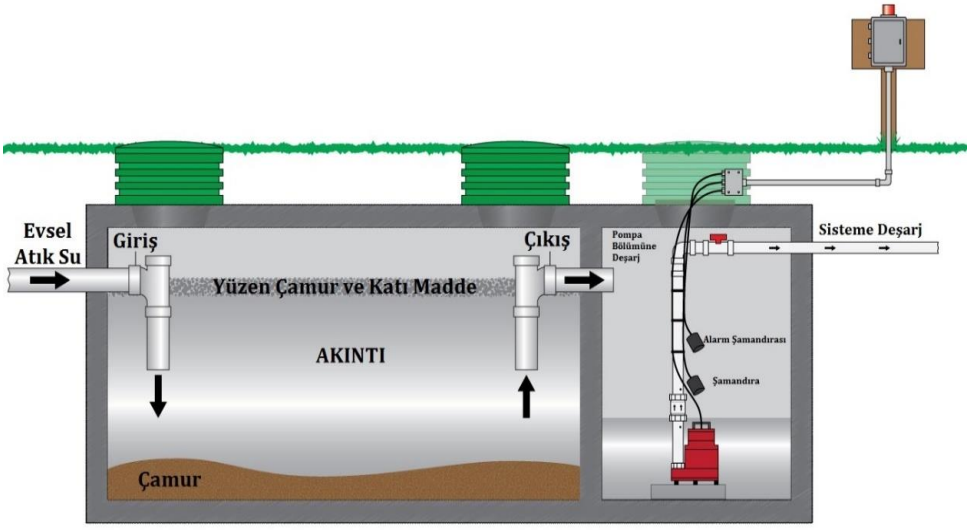
Sistemin en büyük dezavantajları yüksek enerji ihtiyacı, daha fazla bakım gerektirmesi ve yüksek maliyetidir. Bölgenin topoğrafik yapısı uygun olduğu takdirde farklı kanalizasyon sistemleriyle kombine edilerek daha faydalı bir şekilde kullanılması bu dezavantajların azaltılması konusunda yarar sağlayabilmektedir.

DKBS'nin maliyetini iki kısım oluşturur. Bunlar konuta ait paket terfi bacası kurulumu ve kolektör hattıdır. Yurtdışındaki uygulamalarında bazı ülkelerde paket terfi bacalarının alımı ve kurulumunun sorumluluğu konut sahibine aitken, bazen bu maliyetler resmi ya da özel kurumlar tarafından karşılanarak yıllık ya da aylık meblağlar olarak konut sahibinden alınmaktadır. Bu açıdan değerlendirecek olursa düşük basınçlı kanalizasyon sistemlerinin ülkemizde mevcut mevzuat göz önüne alındığında uygulanması mümkün gözükmemektedir. Ancak özel yerleşimlerde, şartlar gerektirdiği takdirde tercih edilebilecek bir sistemdir.



Şekil 2.5 Öğütücü pompalı paket terfi bacası örneği (SSWM, 2021)

Öğütücü pompalı (ÖP) kanalizasyon sisteminden farklı olarak pompalı foseptik tank sistemleri (PFTS) bulunmaktadır (Şekil 2.6). Foseptik tank ve bir adet elektrikli pompayla oluşturulan bu sistemlerde, tanka gelen evsel atıkların katı kısmı çöker ve atık su diğer bölmede pompayla ana sisteme aktarılır. Parçalanması gereken katı madde deşarjda olmadığı için öğütücü pompalı paket terfi bacalarına göre daha düşük güçlü pompalar yeterli olabilmektedir.



Şekil 2.6 Pompalı foseptik tank sistemleri (SSWM, 2021)

Pompalı foseptik tank sistemlerinde genelde foseptik tankı betonarmedir. Bu tankların periyodik olarak bakımının yapılması gerekmektedir. Aksi takdirde tıkanma ve koku

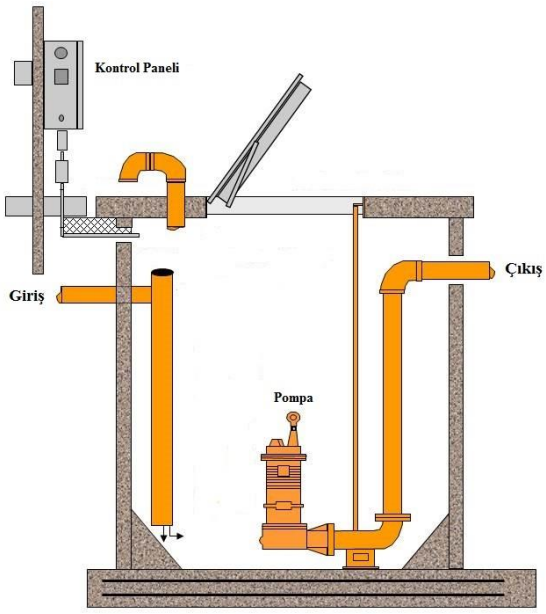
gibi problemler karşılaşılabilir. Enerji gereksinimi açısından ÖP'li sistemlere göre daha avantajlıdır. Ayrıca atık su pompaya gelmeden katı maddeler tankta çöktüğü için pompa ömrü daha uzun olmaktadır.

Tablo 2.3 Alternatif kanalizasyon sistemleri karakteristikleri (Bentley Systems, 2007)

Kanalizasyon Tipi	Eğim İhtiyacı	Sert Zeminlerde İnşaat Maliyeti	Bakım ve İşletme Maliyetleri	Enerji Gereksinimi
Cazibeli	Eğimli	Yüksek	Orta	Yok
Terfili				
PFTS	Yok	Düşük	Orta – Yüksek	Düşük
ÖP	Yok	Düşük	Orta – Yüksek	Orta

2.3 Terfi Merkezleri Tipleri ve Tasarımı

Terfi merkezleri ya da terfi istasyonları, gelen atık suları düşük kottan yüksek kota terfi etmek amaçlı tasarlandırılan yapılardır. Gelen atık su emme haznesi denilen kısımda toplanır ve bu haznede bulunan seviye belirleme ve şamandıra sistemleri sayesinde hazne seviyesi daha önce belirlenen bir seviyeye geldiğinde merkezde bulunan pompalar atık suyu terfi hattına basmaya başlar. Bu döngü sürekli devam eder.



Şekil 2.7 Standart terfi merkezi tasarımı (Edmondson, 2021)

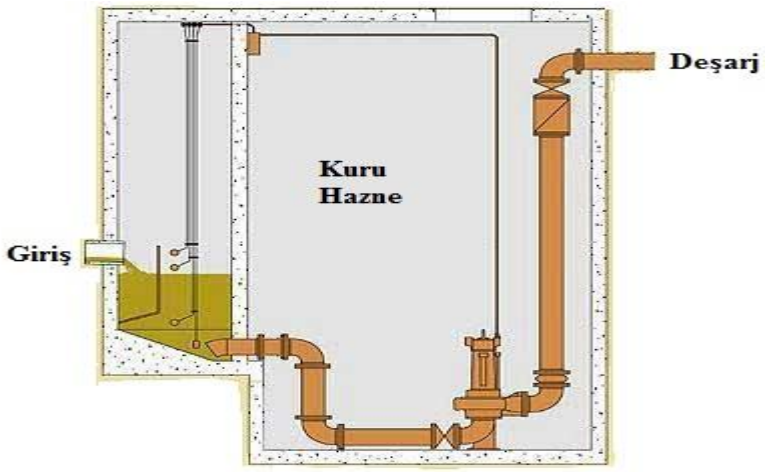
Kanalizasyon sistemlerinde akış sürekli sabit değildir. Yerleşim bölgelerinde özellikle sabahları akış debisi yüksek iken geceleri en düşük seviyeye iner. Ayrıca yağışlı günlerde sistemdeki sızıntılardan dolayı terfi merkezine gelen akış debisinde büyük

ölçüde artış görülmektedir. Terfi merkezleri genel olarak gelen bu değişken akışı terfi edebilmek için daha yüksek akışları karşılayabilen pompalarla donatılmaktadır. Ayrıca yedek pompalar bulundurularak pompaların herhangi biri devre dışı kaldığında gelen akışı terfi etmede bir sıkıntı yaşanılmaması amaçlanmaktadır. Pompa devreye girme ve devreden çıkma hacim limitleri pompanın sık durup çalışmaması için özel olarak belirlenir.

atık su terfi merkezlerinde yaygın olarak santrifüj tip pompalar kullanılır. Ayrıca bu pompalar tıkanmayı önleme amaçlı daha geniş açıklıklı ve kesici- öğütücü sistemlere sahip olmaları sistemin sağlıklı olması açısından tercih edilir.

atık su terfi merkezleri kuru ve ıslak hazneli olmak üzere iki grupta sınıflandırılmaktadır.

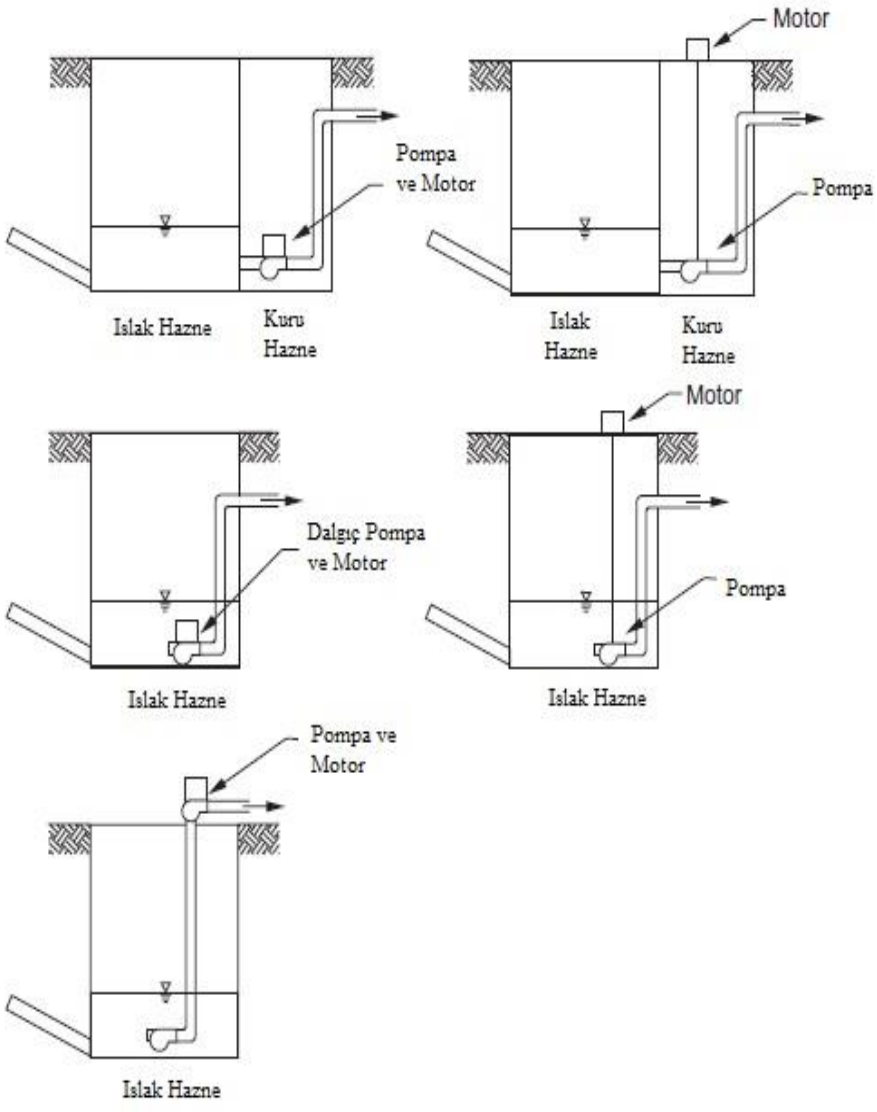
Kuru hazneli merkezlerde pompalar ve vanalar kolaylıkla ulaşılabilen bir pompa odasında bulunur. Islak hazne bu odaya bağlanan ya da bitişik olarak yerleştirilir. Bu tip terfi merkezlerinde kuru tip veya kendinden emişli santrifüj pompalar kullanılmaktadır (Şekil 2.8).



Şekil 2.8 Kuru hazneli terfi merkezi (Edmondson, 2021)

Islak hazneli merkezlerde ayrı bir bölüm olmaz (Şekil 2.9). Vanalar, debimetreler erişebilirlik açısından zeminde ayrı bir bölümde bulunur. Bu terfi merkezlerinde dalgıç pompalar ve motoru askıda pompalar kullanılmaktadır. Pozitif emmenin mümkün olabilmesi için pompa ekseni emme haznesindeki suyun alt seviyesi hizasında

olmalıdır. Bakım onarım çalışmaları gerektiğinde dalgıç pompa raylı sistemli bir vinç yardımıyla çıkarılır. Bu açıdan kuru hazneli terfi merkezlerine göre daha dezavantajlıdır. Ancak maliyet ve fazla yer kaplamaması açısından kuru hazneli merkezlere daha avantajlıdır.



Şekil 2.9 Değişik terfi merkezi tipleri (Bentley Systems, 2007)

Pompa istasyonlarının boyutlandırılmasında iki temel husus önem taşır. Pompaların ve pompa odasının boyutlandırılması, emme haznesinin boyutlandırılmasıdır. Pompa istasyonunun boyutlarını belirlemek için ilk olarak tesise gelen günlük atık su miktari belirlenmelidir. Yıllara göre yapılan nüfus debi hesapları yapılarak, terfi merkezi ve terfi hattı 35 yıllık maksimum debi dikkate alınarak projelendirilmektedir. Pompa

seçimi ve hidrolik hesaplar 1. Kademe için 20 yıllık maksimum debi, 2. Kademe için 35 yıllık maksimum debi esas alınarak yapılmaktadır. Öncelikle yerleşim yerinin nüfus projeksiyonu yapılmalıdır (İller Bankası A.Ş., 2013).

Terfi hattı çapı ve debisi;
Basma hattı kapasitesi (debisi) belirlenirken aşağıdaki hususlar dikkate alınmalıdır.

- En düşük su hızı 0,5-1 m/s aralığında değişmelidir.
- Düşük hızlarda boru hattı içerisinde birikmeler olabilir, bu yüzden, 500 m uzunluğa kadar olan boru hatlarında belirli hız limitleri kullanılabilir.
- 2,5 m/s'den büyük hızlardan kaçınılmalıdır.

Tablo 2.5 Terfi merkezi hız limitleri (T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Su Yönetim Müdürlüğü, 2013)

İç Çapı (mm)	**80**	**100**	**150**	**200**
Hız (m/s)	2,0	2,0	2,2	2,4
Debi (l/s)	10	16	40	75

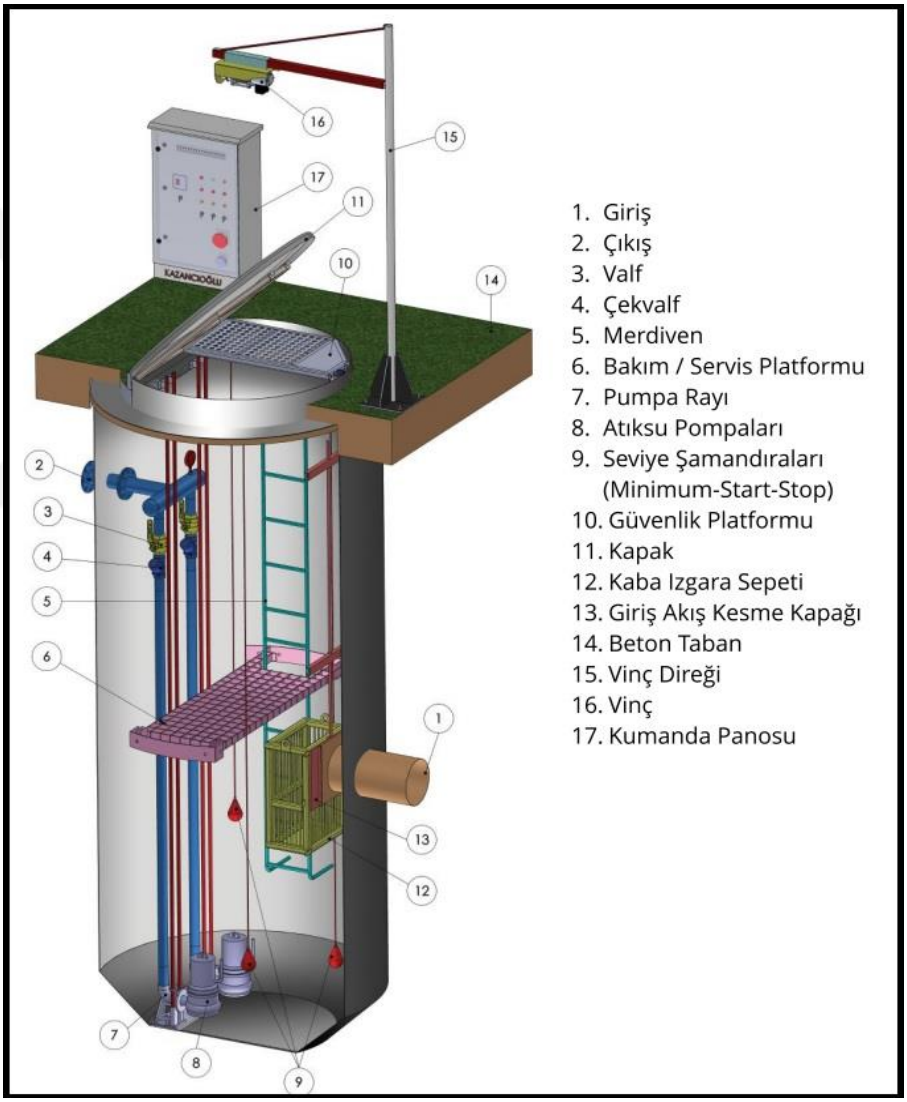
Ayrıca 500 m'den uzun boru hatlarında, pompa arizaları sonucu oluşabilecek aşırı basınç dalgalanmalarını (su darbesi) önlemek için çok yüksek hızlardan kaçınılmalıdır.

2.3.1 Paket terfi merkezleri

Paket terfi merkezleri genel olarak pompa ve toplama tankı ve alarm ve kontrol sistemiyle oluşturulmuş hazır terfi merkezleri olup, günümüzde kanalizasyon sistemlerinde daha etkin ve ekonomik bir terfi yöntemi olarak kullanılmaya başlamıştır. İlk dönemlerde düşük atık su debisine sahip küçük yerleşimlerde kullanırken, özellikle pompa sektöründeki teknolojik gelişmeler daha maliyetli ve inşaat aşaması daha zor olan betonarme terfi merkezlerinin aksine paket terfi merkezlerinin kullanımının yaygınlaşmasına ön ayak olmuştur.

Paket terfi merkezleri genel olarak topografyadan dolayı genel kanalizasyon sistemine dahil edilememiş bölge ve evleri sisteme dahil etmek amacıyla kullanılır. Ayrıca her evin kendi paket terfi merkezine sahip olduğu düşük basınçlı kanalizasyon sistemlerinde de (DBKS) kullanılmaktadır.

Gelen atık sular boru girişine yerleştirilen sepet ızgaradan süzülerek toplama tankında toplanır ve daha önceden belirlenen bir seviyeye geldiğinde tankta bulunan öğütücü pompalar çalışmaya başlar ve atık suyu terfi eder. Atık su terfi edildikten sonra haznedeki seviye düştüğünde yine seviye belirleme sistemiyle pompanın çalışmasını durdurur. Bu döngü sürekli tekrar eder. Ayrıca alarm seviyesi olarak belirlenen üst seviyede ise alarm sistemi devreye girer ve toplama tankının kapasitesini aşmaya yakın olduğunu uyarmaya başlar (Şekil 2.10).



Şekil 2.10 Paket terfi merkezi örneği (Kazancıoğlu Mühendislik, 2021)

Seviye ölçüm yöntemi olarak hidrostatik basınç, dalgıç tipi transmitter ve ultrasonik gibi sensör tipleri kullanılabilmektedir.

Hidrostatik basınç tipinde tankın alt yüzeyinde bulunan sensör yardımıyla toplanan atık suyun hidrostatik basıncına göre seviyeyi belirler. Ultrasonik sensörde ise seviyenin tespit edilmesinde ses dalgalarını kullanır. Basitçe dalganın yayılamaya başlamasıyla, yüzeyden yansıyarak geri dönmesi arasında geçen süreyi ölçer. Bu yöntemle atık su seviyesi belirlenir. Ayrıca her sistemde güvenlik amaçlı klasik armut şamandıralar da bulunur.

Paket terfi merkezi dışında pompa yönetimi için yerleştirilen kontrol panosu içinde bütün butonlar ve otomatik pompa kontrol ünitesi yerleştirilir. Bu otomatik pompa kontrol ünitesi kullanılarak haznenin seviye bilgileri, alçak ve yüksek seviye alarm bilgileri, pompaların çalışma ve durma seviyeleri girilir.



Şekil 2.11 Paket terfi merkezi tank içi görünümü

Paket terfi merkezlerinin toplama tankı fiberglass, yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE) veya cam elyafıyla güçlendirilmiş polimerden (CTP) yapılabilmektedir. Bu tanklar çapları 1000 mm – 3000 mm aralığında olmak üzere ihtiyaca göre üretilebilmektedir.

Paket terfi merkezlerinde gelen atık su hesabına göre pompa sayısı belirlenir. Ayrıca her zaman en az 1 adet yedek pompa sisteme dahil edilmelidir. Pompa tipleri öğütücü pompa olup, pompa gücü ihtiyaca ve atık su debisine göre seçilir. Ayrıca toplama tankı hacmi ve yüksekliği yine sistemin gerekliliklerine göre ayarlanabilir. Günümüzde birçok özel firma standart üretimlerinin dışında, sistemin gerektirdiği verilere uygun olarak özel üretim paket terfi merkezleri üretmektedirler (Şekil 2.12).



Şekil 2.12 Paket terfi bacası montajı

Özellikle bu sektördeki hızlı gelişmelerle paket terfi merkezlerin atık su deşarj debisi gerektirdiği takdirde 4 pompa ve 350 lt/s'ye kadar çıkabilmektedir. Bu sayede daha önce sadece küçük bölgelerin ya da az sayıda hanenin atık suyunun terfisi için kullanılan paket terfi merkezlerini betonarme terfi merkezlerine göre kullanım alanını büyük ölçüde arttırmıştır.

2.4 Hidrolik Hesaplar

Atık su kanalizasyon şebekeleri projelendirilirken hidrolik hesaplar ve devamında boyutlandırma işlemleri yapılmaktadır. Kanalizasyon hatlarının hangi derinliklerden geçeceği, hız veya eğimlerinin ne olacağı gibi hususlara bu aşamada karar verilmektedir. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, İller Bankası idari kuruluşların yönetmelik veya teknik şartnamelerinde yer alan sınır değerler dikkate alınarak kanalizasyon hatlarının tasarımı yapılmaktadır. Bu duruma bilgisayar destekli hidrolik modelleme programlarında yapılan kanalizasyon projeleri de dahildir. Bacalar arası mesafe, boru çapları, debi hesaplarında kullanılacak birim debiler, maksimum müsaade edilen düşü seviyeleri, toprak örtü kalınlıkları, doluluk oranları, hızlar ve son olarak eğimler, boyutlandırma esnasında atık su şebekelerinin verimini ve işlevselliğini etkileyen parametrelerdir (Atasoy, 2020).

Kanalizasyon şebekelerindeki, sulama kanallarındaki ve nehirlerdeki akımlar açık kanal akımı olarak tanımlanmaktadır. Açık kanal akımı, üzeri hava ile temas halinde olan akışkanların akımına verilen isimdir. Açık kanal akımlarında oluşan akışkan enerjisinin sebebi su seviyesi farkıdır yani yüksek kottan düşük kota doğru akış söz konusudur. Bununla birlikte eğer kanal içerisindeki suyun yüksekliği akım süresince sabit kalıyorsa bu akım türüne de üniform akım ve su yüksekliği kesit değişimlerinde farklılık gösteriyorsa bu tarz akımlara da üniform olmayan akım denmektedir (Efe, 2006). Atık su kanalizasyon projelerinde ise genellikle kanallarda üniform, kararlı ve türbülanslı akım olduğu kabulü yapılır ve atık su hızları Colebrook-White, Manning, Kutter ya da basınçlı akışlar için Hazen-Williams denklemleri kullanılarak hesaplanmaktadır.

2.4.1 Colebrook-White denklemi

Colebrook-White eşitliği dairesel kesitli kanallarda ve daha çok tam dolu akışta tercih edilmektedir.

$$V = -2\sqrt{2gDJ_E}\ \log_{10}\left(\frac{k}{3{,}71D} + \frac{2{,}5l\upsilon}{D\sqrt{2gDJ_E}}\right) \quad (2.1)$$

Burada;

"V" hız (m/sn); *"g*" yerçekimi (m/s^2); "*D"* borunun iç çapı (m); "J_E" piyezometre çizgisinin eğimi (hidrolik gradyen); "*k"* boru pürüzlülüğü (m), "υ" yağmursuyu için kinematik viskozitesidir (m^2/s).

Dairesel kesitli boruda kısmi dolu akımlar ve dairesel kesitli olmayan akımlar için kullanıldığında borunun iç çapı (D) yerine $4R_H$ kullanılır. Burada R_H hidrolik yarıçaptır ve ıslak kesit alanının ıslak çevreye oranı olarak hesaplanır (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2017).

2.4.2 Manning formülü

Serbest yüzeyli akımlarda kanaldan geçen akımın hızının ve debisinin belirlenmesinde kullanılan evrensel formül Manning formülüdür. Kesit karakteristikleri belli olan bir akımda kanaldan geçen akımın hızını bulurken Manning formülü kullanılmaktadır.

Manning formülü;

$$V = \frac{1}{\eta} \times R^{2/3} \times J^{1/2} \quad (2.2)$$

Burada;

"V" hız; "η" Manning katsayısı; "*R*" hidrolik yarıçap; "*J*" ise mecra eğimidir.

Hız, hidrolik yarıçap ve mecra eğimi kanalı karakterize eden fiziksel özelliklerdir. Kanal taban eğimi ve hidrolik yarıçap ölçümlerle kolaylıkla belirlenebilir. Pürüzlülük katsayısı ise doğal veya yapay kanalın birçok özelliğine bağlı olarak hazır tablolardan alınan bir katsayıdır.

2.4.3 Kutter formülü

Dairesel kesitli ve dairesel kesitli olmayan akımlar için akış hızı Kutter denklemi kullanılarak hesaplanır.

$$V = \frac{100xR}{b+\sqrt{R}} \times \sqrt{J} \qquad (2.3)$$

Burada;

"V" hız; *"b*" katsayı (Beton borular için 0,20) - (koruge borular için 0,10); "*R"* hidrolik yarıçap; "*J*" ise mecra eğimidir.

2.4.4 Hazen-Williams formülü

Hazen-Williams bağıntısı genellikle basınçlı borulardaki atık su akış hızını hesaplamak için tercih edilen ampirik bir formüldür. Yalnızca belli aralıklardaki sıcaklıklarda bulunan sular için kullanılabilmekte olup, terfili kanalizasyon sistemleri hesaplarında tercih edilmektedir.

$$V = 0{,}85CR^{0{,}63}J^{0{,}54} \qquad (2.4)$$

Burada;

"V" hız; *"C*" Chezy katsayısı; "*R"* hidrolik yarıçap; "*J*" ise mecra eğimidir.

2.4.5 Boru cinsine göre pürüzlülük

Boru hesaplarında kullanılan pürüzlülük katsayısı değerleri imalatçı, işçilik, boru yaşı ve diğer faktörlere bağlı olarak değişmektedir. Yüzey pürüzlülüğü ıslak çevreyi oluşturan malzeme danelerinin boyut ve şeklini ifade eder ve akımı yavaşlatıcı etki oluşturur. Bu açıdan pürüzlülük katsayısının seçiminde yüzey pürüzlülüğü tek etken olarak düşünülse de belli başlı etkenlerden sadece birisidir. Genellikle ince daneli malzemelerde pürüzlülük katsayısı düşük, iri daneli çeper malzemesinde pürüzlülük katsayısı yüksek bir değerdedir. Eğer çeper malzemesi ince daneli ise, su seviyesindeki değişimlerde pürüzlülük katsayısı değişmez. Çeper malzemesi çakıl ve kayalardan oluşuyorsa, düşük su seviyelerinde *n* pürüzlülük katsayısı aynı kesit için daha büyük, yüksek su seviyelerinde bu kesit için daha ufak bir değerdedir. Genel olarak doğal

kanallarda pürüzlülük katsayısı seçiminde bu durum göz önünde tutulmaz (Bulu ve Yılmaz, 2002).

Tablo 2.6 Tipik pürüzlülük katsayıları (Houghtalen vd., 1996)

Kanalın Yapıldığı Malzeme	**Manning Katsayısı n**	**Hazen-Williams Katsayısı c**	**Darcy Weisbach Katsayısı f**
Asbest Çimento	0,011	140	0,0015
Pirinç	0,011	135	0,0015
Tuğla	0,015	100	0,6
Dökme Demir	0,012	130	0,26
Çelik Formları	0,011	140	0,18
Sert Formları	0,015	120	0,6
Bakır	0,011	135	0,0015
Galvaniz Demir	0,016	120	0,15
Cam Esaslı	0,011	140	0,0015
Kurşun	0,011	135	0,0015
Plastik	0,009	150	0,0015
Kömür Katranı Minesi	0,010	148	0,0048
Perçinlenmiş	0,019	110	0,9

2.4.6 Hız kriterleri

Kanalizasyon sisteminde hız kriterleri belirlenirken atık su içinde bulunan katı maddenin kanalizasyon borusunda birikmeyecek ve böylece kanalizasyonun tıkanması önlenecek şekilde tasarlanmalıdır. Katı madde akan kanalizasyonda askıda tutulursa katı maddenin birikmesi ve bunun sonucunda kanalizasyonun tıkanması önlenebilir. Katı maddeyi askıda tutmak için kanalizasyonun belirli bir minimum akış hızı gereklidir. Böyle bir minimum akış hızı, kendi kendini temizleme hızı olarak bilinir. Bunun aksi olarak yüksek hız değerleri aşınmayla kanalizasyon borusuna zarar

verebilmektedir. Bu sebepten dolayı atık su kanallarında katı maddelerin çökelmesini engellemek için hız 0,5 m/s'den düşük olmamalıdır. Ayrıca hız 3,5 m/s'yi geçmemelidir. Kanallarda su derinliği 2 cm'nin altında düşüren hızlardan da kaçınılmalıdır (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2017).

2.4.7 Doluluk kriterleri

Atık su kanallarında doluluk oranının belirlenmesi şebeke ömrünün uzatılması açısından önem arz etmektedir. Çünkü atık su içerisinde bulunan askıdaki katı maddelerin zaman içerisinde çökmesi hatlarda korozyona ve tıkanmalara sebep olabilmektedir. Bu olumsuzlukların önüne geçmek için doluluk oranının yanında hız ve eğimin de limit değer aralıklarında tutulması önemlidir. İller Bankası ve Çevre ve Şehircilik Bakanlığı şartnamelerine göre cazibeli sistemlerde atık su kanalları en fazla %50 doluluk oranlarına göre tasarlanmalıdır. Dairesel kesitli kanallarda doluluk oranları ile ilgili aşağıdaki formüller kullanılmaktadır (Şekil 2.13, Şekil 2.14). Terfili kanalizasyon sistemleri basınçlı sistemler olduğundan dolayı tam dolu olarak çalışmaktadır.

$$\frac{Q}{Q_o} = \frac{1}{2\pi}\frac{(\theta - sin\theta)^{\frac{5}{3}}}{\theta^{2/3}} \quad (2.5)$$

$$\frac{V}{V_o} = \left(\frac{\theta - sin\theta}{\theta}\right)^{2/3} \quad (2.6)$$

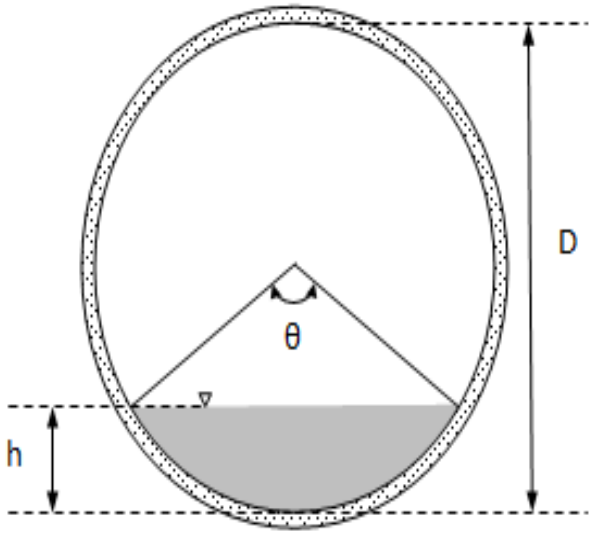
$$\frac{R_H}{R_{H,0}} = \frac{\theta - sin\theta}{\theta} \quad (2.7)$$

$$\frac{A}{A_0} = \frac{1}{2\pi}(\theta - sin\theta) \quad (2.8)$$

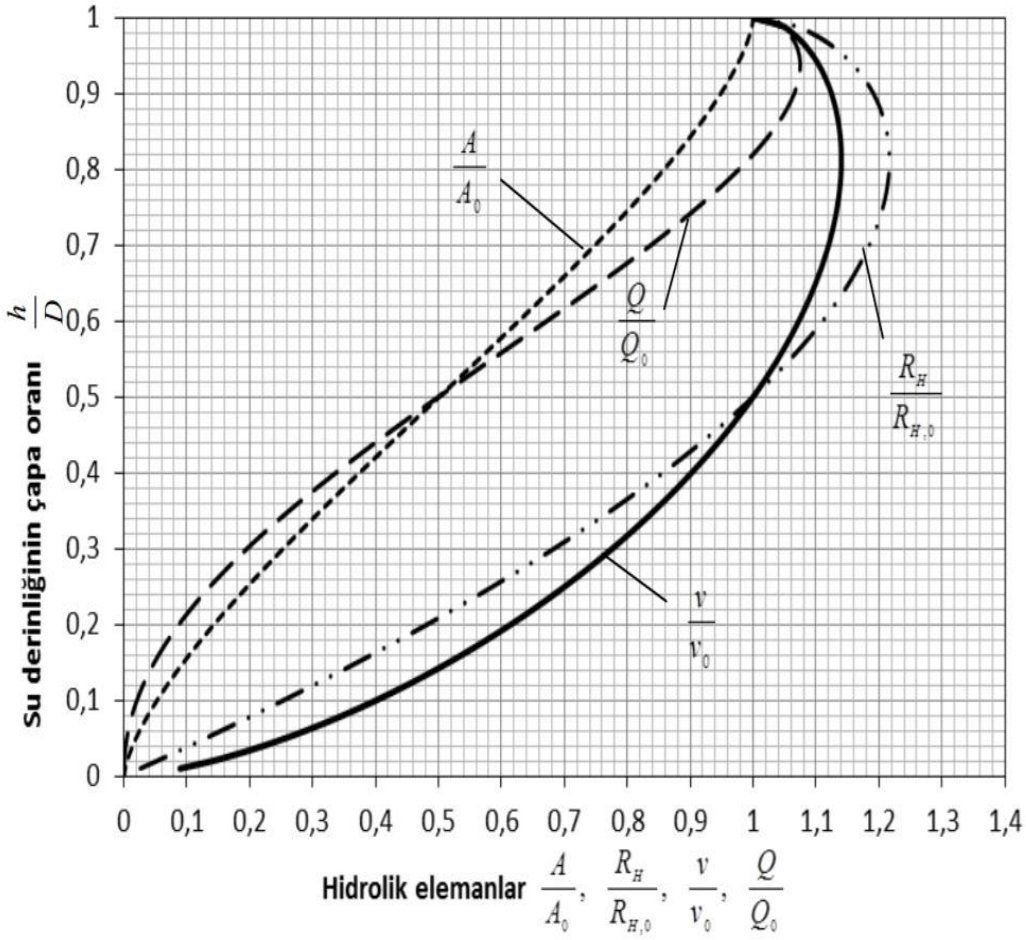
$$\frac{h}{D} = \frac{1}{2}\left(1 - cos\frac{\theta}{2}\right) \quad (2.9)$$

Burada;

"θ" Su kesitinin dairesel kesit merkezinde oluşturduğu açıdır (radyan); "*D"* Kanal çapıdır (m); "A_o*"* Tam dolu akışta kanal kesit alanıdır (m^2); "$R_{H,0}$*"* Tam dolu akışta kanalın hidrolik yarıçapıdır (m); "V_0*"*Tam dolu akışta akış hızıdır (m/s); "Q_0*"*Tam dolu akıştaki debildir (m^3/s); "*Q"* Kanaldaki debidir (m^3/s); "R_H*"* Kanaldaki akış şartlarında kanalın hidrolik yarıçapıdır (m).



Şekil 2.13 Dairesel kesitli kanallarda kısmi dolu akış özellikleri (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2017)

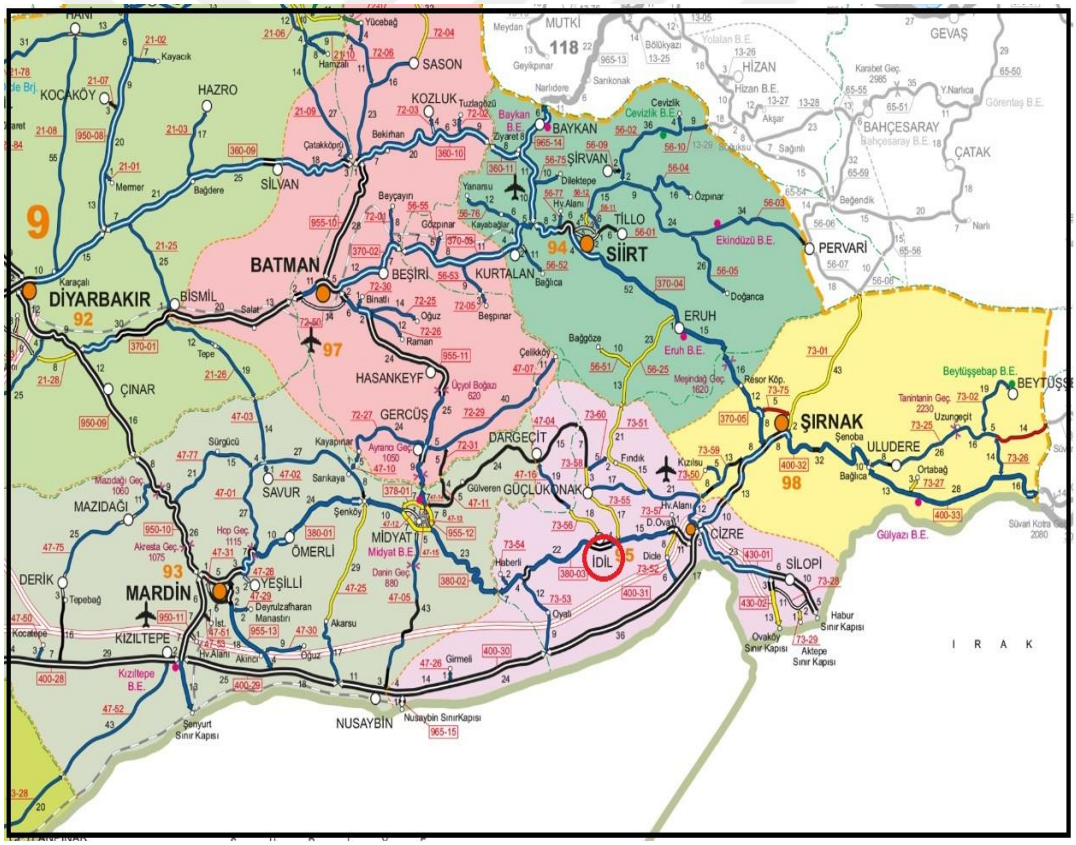


Şekil 2.14 Dairesel kesitli kanallarda hidrolik elemanlar (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2017)

3. MATERYAL VE METOT

3.1 Çalışma Alanı

Bu çalışmada atık su toplama sistemlerinde cazibeli ve terfili kanalizasyon sistemlerinin verimlilik açısından değerlendirilmesi ile ilgili olarak Şırnak İli İdil ilçesi verileri materyal olarak incelenmiştir. İdil Güneydoğu Anadolu Bölgesinde Şırnak iline bağlı ilçe olup, Şırnak ilinin 75 km güneybatısında yer almaktadır (Şekil 3.1). 1.224 km^2'lik yüzölçümü ile Şırnak topraklarının %17'lik kısmını oluşturmaktadır. 32° 20′ 32″ Kuzey paralelleri 41° 53′ 18″ Doğu meridyenleri arasında bulunan İdil'in doğusunda Cizre ilçesi, batısında Nusaybin ve Midyat ilçeleri ve Siirt iline bağlı Eruh ilçesi, Güneyinde ise Suriye yer almaktadır (Arısu Mühendislik, 2016).



Şekil 3.1. İdil ilçesinin konumunu gösteren harita (Karayolları Genel Müdürlüğü, 2021)

İdil ilçesinde karasal iklim egemen olup yazları kurak ve sıcak kışları soğuk ve yağışlı iklim özelliği gözlemlenmektedir. Yağışlar genellikle kışları kar ve yağmur olarak düşmektedir. Yıllık ortalama m^2'ye 633.5 mm yağış düştüğü saptanmıştır. Yağışları taşıyan bulutlar ve rüzgarlar genellikle Güneydoğu istikametinden gelmektedir. İdil

ilçesine ait yıllık ortalama sıcaklık 17.7 °C; maksimum sıcaklık 31.3 °C; minimum sıcaklık ise 4.9 °C'dir.

Doğu ve Güneydoğu Anadolu arazileri jeoloji yönünden, Anadolu bloku ve Arap bloku diye iki kısma ayrılır. Güneydoğu Anadolu deyimi Arap blokunu tanımlar. Arap bloğu litostratigrafi birimleri karasal, jeosenklinal ve az derin deniz ortamlarında oluşmuştur. Güneydoğu Anadolu bazşariyajı çalışma alanın kuzeyinde doğu-batı doğrultusunda kilometrelerce uzar. İdil bu şaryajın güneyinde yer almaktadır. İnceleme alanı ve Midyat, İdil, Cizre alanını kapsayan bölgede Alt Eosen- Alt Miyosen yaşlı Midyat Grubu kireçtaşları, Neojen yaşlı Cizre serisi çökelleri, Pliyokuvaterner yaşlı bazaltlar ve alüvyon birimleri yüzeylenmektedir. İnceleme alanı ve çevresinde Alt Eosen - Alt Miyosen yaşlı Midyat Grubu kireçtaşları ile Pliyokuvaterner yaşlı bazalt ve alüvyon çökelleri yüzeylenmektedir (Çevikkaya Sondaj, 2016).



Şekil 3.2. İdil ilçesinin uydu görüntüsü (Google Earth, 2021).

3.1.1 Nüfus projeksiyonu

Ülkemizde yaygın olarak kullanılmakta olan nüfus tahmin yöntemleri Aritmetik Artış Yöntemi, Geometrik Artış Yöntemi, İller Bankası Yöntemi ve Regresyon Analizi yöntemleridir. Bu çalışmada İller Bankası Yöntemi kullanılmıştır. Proje hedef yılı, inşaatın bitiminden 30 yıl sonraki ihtiyacı karşılamak üzere düzenlenir. Ancak projenin ele alınmasından, tesisin işletmeye girişine kadar geçecek süre 5 yıl olarak bu süreye eklenir. Bu durum dikkate alınarak 5'er yıllık aralıklarla 35 yıllık nüfus projeksiyonları hazırlanması gerekmektedir (İller Bankası A.Ş., 2013).

Proje Hedef Yılı = 30 + 5 + 2021 = 2056 olarak bulunmuştur.

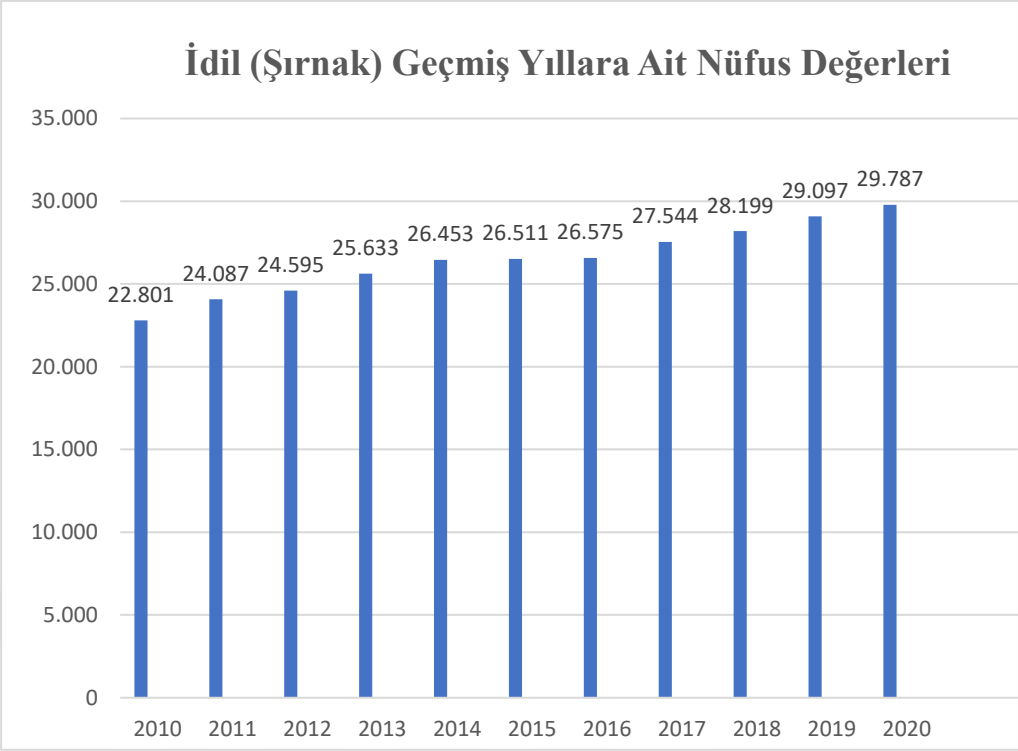
İller Bankası Yöntemi metoduna göre her yıl nüfusun, bir önceki yılın nüfusunun belli bir oranı kadar arttığı varsayılır. Bu metodun matematiksel formülasyonu ise aşağıdaki gibidir:

$$P = \left[\sqrt[(m-n)]{N_n / N_m} - 1.00 \right] * 100 \qquad (3.1)$$

Burada;

"N_n" n yılındaki nüfus; "N_m" baz alınan nüfus (2020), *"P"* ise yıllık nüfus artış oranıdır.

İller Bankası Yöntemi ile gelecekteki nüfus değerleri hesaplanırken, 2020 yılı nüfusu dikkate alınmış ve geçmiş dönemlere ait nüfus değerleri üzerinden nüfus artış oranları hesaplanmıştır (Tablo 3.1).



Şekil 3.3 İdil'in geçmiş yıllardaki nüfusları

$$Ç(2020-2000) = = \left(\sqrt[2020-2000]{\frac{29787}{19123}} - 1\right) * 100 = 2{,}24$$

$$Ç(2020-2011) = = \left(\sqrt[2020-2011]{\frac{29787}{24087}} - 1\right) * 100 = 2{,}38$$

$$Ç(2020-2012) = = \left(\sqrt[2020-2012]{\frac{29787}{24595}} - 1\right) * 100 = 2{,}42$$

$$Ç(2020-2013) = = \left(\sqrt[2020-2013]{\frac{29787}{25633}} - 1\right) * 100 = 2{,}16$$

$$Ç(2020-2014) = = \left(\sqrt[2020-2014]{\frac{29787}{26453}} - 1\right) * 100 = 1{,}99$$

$$Ç(2020-2015) = = \left(\sqrt[2020-2015]{\frac{29787}{26511}} - 1\right) * 100 = 2{,}35$$

$$Ç(2020-2016) = = \left(\sqrt[2020-2016]{\frac{29787}{26575}} - 1\right) * 100 = 2{,}89$$

$$Ç(2020-2017) = = \left(\sqrt[2020-2017]{\frac{29787}{27544}} - 1\right) * 100 = 2{,}64$$

$$Ç(2020-2018) = = \left(\sqrt[2020-2018]{\frac{29787}{28199}} - 1\right) * 100 = 2{,}77$$

$$Ç(2020-2019) = = \left(\sqrt[2020-2019]{\frac{29787}{29097}} - 1\right) * 100 = 2{,}37$$

$$Çort = \frac{2{,}37 + 2{,}77 + 2{,}64 + 2{,}89 + 2{,}35 + 1{,}99 + 2{,}16 + 2{,}42 + 2{,}38 + 2{,}24}{10} = 2{,}42$$

Geçmiş yıllara ait nüfus sayım sonuçlarından elde edilen bu nüfus artış oranları kullanılarak P_{ort}=2,42 bulunmaktadır.

$$N_{2021} = 29878 * (1 + 0{,}0242)^{1} = 30507 Kişi$$
$$N_{2026} = 29878 * (1 + 0{,}0242)^{6} = 34382\ Kişi$$
$$N_{2031} = 29878 * (1 + 0{,}0242)^{11} = 38787\ Kişi$$
$$N_{2036} = 29878 * (1 + 0{,}0242)^{16} = 43700\ Kişi$$
$$N_{2041} = 29878 * (1 + 0{,}0242)^{21} = 49216\ Kişi$$
$$N_{2046} = 29878 * (1 + 0{,}0242)^{26} = 55466\ Kişi$$
$$N_{2051} = 29878 * (1 + 0{,}0242)^{31} = 62510\ Kişi$$
$$N_{2056} = 29878 * (1 + 0{,}0242)^{36} = 70450\ Kişi$$

Yapılan nüfus projeksiyonunda P = 2,42 ve baz nüfusu 2020 yılı alınarak hesaplamalar yapılmıştır. Buna göre İdil'in 2056 yılı nüfusu toplam nüfusu N_{2056} = 70.450 kişi olarak hesaplanmıştır.

3.1.2 Atık su hesap debisi

Yerleşim yerine ihtiyaca göre iletilen su miktarı kullanıldıktan sonra atık suya dönüşmektedir. Bu açıdan yerleşim yerinin ihtiyacı olan su miktarı olan iletim debisi (Q_{il}) kanalizasyon sisteminin boyutlandırılmasında esas olacak debidir. Yerleşim bölgesine verilen su miktarını ifade eden bu debi biliniyorsa yaklaşık olarak atık su miktarı hesaplanabilir (Ardıçlıoğlu, 2014).

$$Q_{atıksu} = \alpha * \beta * Q_{il} \qquad (3.2)$$

Burada;

"α" içme suyu geri dönüşüm oranı; "*β*" ise içme suyu geri dönüşüm katsayısıdır.

- Büyük şehirlerde içme suyu geri dönüşüm oranı α =%90 -%100
- Bahçeli seyrek yerlesim bölgesi geri dönüsüm oranı α = %60 - %90

Kullanılan içme suyunun kısa bir süre içerisinde atık su olarak kanalizasyon sistemine iletileceği kabul edilmektedir. Özel durumlar dışında kullanılan içme suyunun tamamının atık suya dönüştüğü kabul edilir. Bu sebepten dolayı α = 1 kabul edilmiştir.

$$\beta = 24/m$$

N_g: gelecekteki nüfus

N_g < 20000 için m = 8 – 10 saat

20000 < N_g < 100000 için m = 10 –12 saat

N_g >100000 için m = 14 – 16 saat

İller Bankası şartnamesine göre 24 saatte dağıtılan suyun m=12 saatte döneceği kabul edilir.

Dolayısıyla $\beta = 24/m = 24/12 = 2$ olarak hesaplarda kullanılır.

Tablo 3.1 İller Bankası yönetmeliğine göre su tüketim değerleri (İller Bankası A.Ş., 2013)

Proje Başlangıç Nüfusu (N) (kişi)	Evsel Birim Su Tüketimi (qevsel) (l/kişi/gün)
N≤50.000	80 - 100
50.000<N≤100.000	100 - 120
100.000<N	120 - 140

Günlük kişi başı su tüketim miktarı 100 lt/kişi/gün alınarak gelecekti atık su miktarları hesaplanmıştır.

$$Q_{2021} = 30507 * 100/86400 * 1 * 2 = 70{,}62 \cong 70{,}00\ lt/sn$$

$$Q_{2026} = 34382 * 100/86400 * 1 * 2 = 79{,}58 \cong 80{,}00\ lt/sn$$

$$Q_{2031} = 38787 * 100/86400 * 1 * 2 = 89{,}78 \cong 90{,}00\ lt/sn$$

$$Q_{2036} = 43700 * 100/86400 * 1 * 2 = 101{,}15 \cong 100{,}00\ lt/sn$$

$$Q_{2041} = 49216 * 100/86400 * 1 * 2 = 113{,}92 \cong 115\ lt/sn$$

$$Q_{2046} = 55466 * 100/86400 * 1 * 2 = 128{,}39 \cong 130{,}00\ lt/sn$$

$$Q_{2051} = 62510 * 100/86400 * 1 * 2 = 144{,}70 \cong 145{,}00\ lt/sn$$

$$Q_{2056} = 70450 * 100/86400 * 1 * 2 = 163{,}08 \cong 165{,}00\ \frac{lt}{sn}$$

Kanalizasyon mecra kesitlerinin tayininde kullanılacak birim debiler aşağıda gösterilen formül ile hesaplanmıştır.

Birim debi;

$$q_1 = \frac{Q_{toplam}}{L_{toplam}} \quad (3.3)$$

Burada;

"Q_{toplam}" toplam atık su debisi, "L_{toplam}" ise toplam sokak uzunluğudur.

İdil ilçesi imar planına göre mecralandırılması gereken toplam sokak uzunluğu;
L_{toplam} = 173.130 m

$$q_1 = \frac{Q_{toplam}}{L_{toplam}} = \frac{165}{173.130} = 0{,}000953 \ lt/s\,m$$

3.1.3 Çalışma alanının jeolojik yapısı

Çalışma alanında yapılacak kazı – dolgu imalatları maliyet hesapları için gerekli olacak çalışma alanı kazı klâsları, çalışma alanında açılmış araştırma çukuru verileri ve 2004 yılında Zetem Mühendislik tarafından açılmış sondaj kuyu verileri yardımıyla hesaplanmıştır. Hesaplanan bu değerlerin kazı derinliklerine göre, kazı miktarlarıyla oranlanması sonucunda kazı fiyatlarına esas kazı klâs değerleri tespit edilmiştir. Açılan sondaj kuyularında yeraltı suyuna rastlanmamıştır. Tüm hatlar için kazı derinlikleri, kazı miktarları ve zemin cinsine göre genel kazı klâs oranları hesaplanmıştır. Kazı maliyetlerine esas kazı klâs oranı; %28,36 toprak, %18,35 küskü, %6,48 yumuşak kaya ve %46,82 sert kaya olarak belirlenmiştir (Çevikkaya Sondaj, 2016).

Bu veriler ışığı altında, sahada yer alan jeolojik birimin özellikleri, yayılımları, sondaj ve araştırma çukurlarının bu birimler üzerindeki dağılımları göz önünde bulundurularak, kazı maliyetlerine esas önerilen kazı klâs oranı: %15 toprak, %15 küskü, %20 yumuşak kaya ve %50 sert kaya düzeyindedir.

İmalat aşamasında toplam kazının %15'inin elle, %85'inin ise makine ile yapılacağı öngörülmüştür. Proje alanı; uygulanacak iksa sistemleri açısından tek bölge olarak değerlendirilmiştir. Eosen yaslı Midyat Formasyonu ve Kuvaterner yaslı bazaltların kapladığı tüm bölgede yapılacak hendek kazılarında;

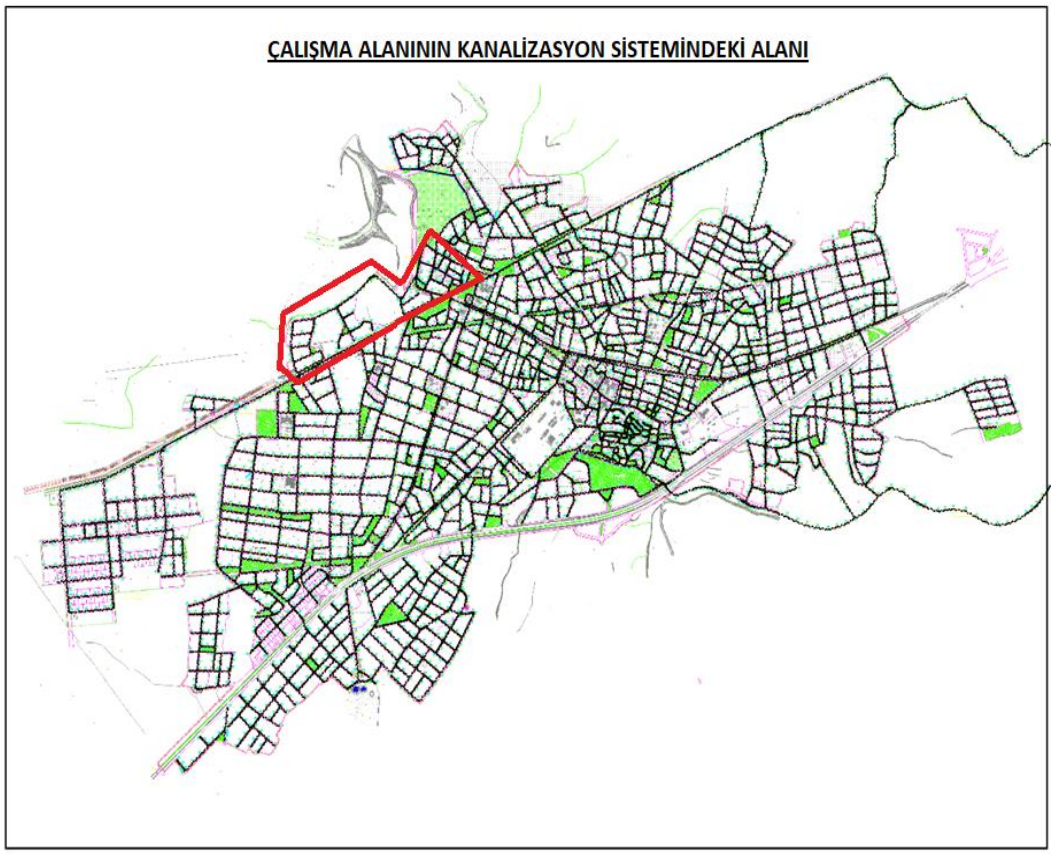
- 0,00 – 1,50 m arası kazılar iksasız,
- 1,51 – 3,00 m derinliklerde aralıklı ahşap iksa,
- 3,00 – 4,00 arası kazılarda sık aralıklı ahşap iksa ve
- 4.00 m'den daha derin kazılarda ise tam kaplamalı ahşap iksa sistemi kabul edilmiştir.

3.2 Metod

Kanalizasyon sistemi belirlenirken, arazinin özellikleri, topografyası, jeolojik durumu, yerleşim yerinin imar durumu ve yapılacak şebekenin inşaat ve işletme maliyetleri göz önüne alınarak yapılacak kıyaslamalarla en uygun sistem belirlenmeye çalışılmıştır. Çalışma alanı olarak seçilen İdil İlçesinde kanalizasyon sistemi içerisinde düşük kotlu bir bölgenin terfili ve cazibeli sistem alternatifleri değerlendirilmiştir (Şekil 3.3).

İdil ilçesinde kanalizasyon şebekesi vasıtasıyla toplanacak atık suyun atık su arıtma tesisi yeri için belirlenen dere talveg kotu 650,47 m kotunda bulunan yere deşarj edilmesi planlanmıştır.

İdil ilçesinde seçilen çalışma bölgesinde yapılan arazi çalışmalarında bu bölgede toplanan atık suyun terfili ve cazibeli olarak farklı çözümlerle kollektör hattına iletilebileceği tespit edilmiştir. Bu iki alternatif hidrolik, inşaat ve işletme açısından karşılaştırılmıştır.



Şekil 3.4 İdil ilçesi atık su uzaklaştırma sistemi çalışma alanı.

3.2.1 Hidrolik kriterler

Kanalizasyon atık su sistemleri projelendirilirken dikkat edilecek en önemli husus, maksimum proje debisinin taşınabilmesi, minimum akımlarda ise atık su içerisindeki taneciklerin sürüklenerek birikim olayının önlenmesidir.

Atık su sisteminin hidrolik hesaplarının yapılmasında kullanılan pek çok formül kullanılmaktadır. Bunların en önemlileri Manning ve Kutter formülleridir. Manning ve Kutter formülleri dairesel kesitli ya da dairesel kesitli olmayan kanal akımlarında atık su akış hızının hesaplanmasında en yaygın kullanılan denklemlerdendir (Ardıçlıoğlu, 2014). Bu çalışmada Kutter formülü kullanılmıştır.

Tablo 3.2 Farklı boru tipleri için pürüzlülük katsayıları (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2017)

Malzeme	**Pürüzlülük (k)**	**Manning katsayısı (n)**	**Kutter sayısı (m)**
Asbestli çimento	0,025	0,011	0,12
Beton	0,3-3	0,013	0,35
Font	0,26	0,012	0,13
CTP	0,0015	0,009	0,12
Çelik	0,045	0,012	0,13

Atık su mecralarından akan atık suyun boru tabanında birikinti oluşturmayacak kadar yüksek, kanal cidarlarını aşındırmayacak kadar düşük olması gerekmektedir. Aşınmaları önlemek için akım hızının belirli bir maksimum değeri aşmaması gerekir. Bilhassa başlangıç mecralarında olmak üzere bazı mecralarda teşekkül eden atık suların miktarı minimum akım hızını sağlayamamaktadır. Bu durumdaki mecraların başlangıç bacalarını, yıkama bacası olarak inşa etmeli veya mecralara belirli aralıklarla olmak üzere bol su verilmelidir.

Sonuç olarak, atık su mecralarının hız kriterinin seçiminde; fazla derin kazıya girilmemesi, mümkün mertebe topoğrafik yapıya uyulması, boru tabanında birikinti olmaması ve minimum toprak örtüsünün sağlanması gibi hususlar göz önünde bulundurularak boru eğimleri tespit edilmiştir.

Mecralar tam dolu olarak çalıştırılmayacak olup, boru çaplarına göre doluluk oranları belirlenmiştir (Tablo 3.3).

Tablo 3.3 Kanalizasyon inşaatı hidrolik kriterler (İller Bankası A.Ş., 2012)

Çap **mm**	**Minimum Eğim** **(1/A)**	**Maksimum Eğim** **(1/A)**	**Minimum İstisnai Eğim** **(1/A)**	**Doluluk Oranı** **%**	**Maksimum Baca Aralığı** **m**
200	300	5	300	40	60
300	500	7	500	50	60
400	600	15	900	60	70
500	800	25	1000	60	70
600	1000	25	1500	60	70
800	1200	50	1800	60	80
1000	2000	75	2500	70	100
1200	2050	75	2500	70	125
1400	2100	75	2500	80	150

3.2.2 Terfili sistem tasarım kriterleri

Kanalizasyon tesislerinde bütün atık suyun cazibe ile toplanması arzulanmaktadır. Ancak topoğrafik yapı nedeniyle bazı durumlarda atık suların iletilmesi için pompaj gerekmektedir. Bu üniteler kanalizasyon tesisinin çalışabilmesi açısından önemli yer tutmaktadır.

Pompa istasyonlarının inşaat ve makine projelerinin hazırlanmasında, maliyetten ziyade çalışır olması, işletme ve bakımının kolay olması hususları dikkatlice değerlendirilmelidir.

Pompa istasyonlarının kullanıldığı durumlarda aşağıdaki hususlara dikkat edilmelidir.

- Tesis yeri seçilirken en büyük alana hizmet etmesi göz önüne alınmalıdır.
- Arıza ve Elektrik kesilmesi anında tahliye imkânları dikkate alınmalıdır.

- Tesiste estetik yönden çevreye uymalı, bakım problemi yaratmamalı ve atık su toplama odasında yarım saatten fazla bekletilmemelidir.

Pompa istasyonları projelendirilirken, gelen debi miktarı ile bu debinin değişiminin bilinmesi gerekmektedir. Gelen debi miktarının tespitinde, pompa istasyonunun hizmet süresi göz önünde bulundurulmalıdır. Pompa seçiminde dikkate alınması gerekenler;

- Maksimum kuru hava ve yaz debisi,
- Gelecekteki bütün debinin pompalanması veya bunun yıllara göre kademelendirilmesi,
- Arıza anında devreye girecek yedek pompaların bulunması,
- Elektrik kesilmelerine karşı, yedek dizel jeneratör grubu bulunmasıdır.

Pompaların mekanik aksamı ile bina inşaatları, proje süreleri esas alınarak projelendirilir. Pompalar ve teçhizat 20 yıl sonraki pik debiye göre, binalar ise 30 yıllık süreye göre projelendirilir (Tablo 3.2).

Tablo 3.4 Tesislerin ekonomik ömrü (İller Bankası A.Ş., 2012)

Tesislerin Ekonomik Ömrü	
Tesis Cinsi	**Ekonomik Ömrü**
Atık su Toplama Şebekesi	30 yıl
Ana Toplayıcılar	30 yıl
Terfi ve Hizmet Binaları	50 yıl
Terfi Hatları	20 yıl
Arıtma Tesisleri	40 yıl
Pompa ve Mekanik Ekipman	20 yıl

Basınçlı ana hatlar projelendirilirken çeşitli işletme şekilleri göz önünde bulundurularak boru çapları hesaplanmalıdır. Boru hatlarındaki minimum hızın, çökmeyi önlemek için 1 m/s'nin üzerinde olması gerekmektedir. Pompaj yüksekliği hesaplanırken, statik yükle birlikte sürtünmeden, giriş ve çıkışlardan kaynaklanan kayıplar göz önünde tutulmalıdır. Pompa istasyonlarının inşaatında malzeme ve

işçiliğin en kalitelisi kullanılmalıdır. Yapının zemin seviyesinden aşağıda kalan kısmı için kullanılacak beton sızdırmaz olmalıdır. Basınçlı hatlar için küçük çaplarda polietilen borular, büyük çaplarda ise çelik boruların kullanılması önerilmektedir.

Terfi hatlarının ekonomik çapı en kolay şekilde aşağıdaki Bresse formülü ile hesaplanabilir;

$$D_{ek} = 1{,}50x\sqrt{Q_e} \qquad (3.6)$$

Burada;

"D_{ek}" ekonomik çap; *"*Q_e" ise tasarım debisidir.

Pompalar için gerekli güç ise aşağıdaki formülle hesaplanacaktır.

$$N = \frac{Q \times H_m}{102 x n_p x n_m} \qquad (3.7)$$

Burada;

"N" motor kapasitesi; "Q" atık su debisi; "H_m" pompa basma yüksekliği; "n_m" motor verimi; "n_p" ise pompa verimidir.

Atık suların uygun şekilde terfi edilebilmesi için bir pompalama odası projelendirilmelidir. Toplama odası maksimum ve minimum debilere göre boyutlandırılır. Atık suyun bekleme süresi 30 dakikayı aşmamalıdır (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2017).

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Cazibeli ve terfili atık su toplama sistemlerinin verimlilik açısından değerlendirilmesi ile ilgili olarak yapılan bu çalışmada, seçilen çalışma alanındaki terfi sisteminin iptal edilerek kanalizasyon hatlarının cazibeli şekilde projelendirilmesiyle farklı çözümlerin karşılaştırılması yapılmış ve bunlara ilişkin alternatifler değerlendirilmiştir. Ayrıca bu alternatif çözümlerin yatırım maliyetleri üzerinden ekonomik analizlerinin karşılaştırmaları yapılmıştır. İnşaat maliyetleri hesaplanırken İller Bankası A.Ş. ve Çevre ve Şehircilik Bakanlığı 2021 yılı birim fiyatları kullanılmıştır.

4.1 Çalışma Alanının Terfili Sistemle Çözümü

Seçilen çalışma alanında bölgenin en düşük kotu 759,72 m olarak tespit edilmiştir. Bu noktada toplanacak atık su, planlanan deşarj yerine iletilebilmesi için en yakın kollektör hattına bağlanabilmesi için 774,14 m kotuna terfi edilmesi gerekmektedir.

Çalışma alanı olarak seçilen bölgede L = 5.026 m uzunluğunda mecraların en düşük nokta olan 759,72 m zemin kotunda yerleştirilecek bacada toplanabileceği arazi çalışmalarında belirlenmiştir. Bu bölgenin güncel nüfus değeri yaklaşık 1.000 kişi olarak tespit edilmiştir (Tablo 4.1).

Tablo 4.1. Çalışma alanı bölgesi karakteristikleri

Çalışma Alanı Bölge Karakteristikleri	
Mecra Uzunluğu	5.026 m
Tahmini Nüfus (2020)	1.000 kişi
Alanı	23,25 Ha

Toplam mecra uzunluğundan proje debisi hesaplanabilmektedir.

$$Q_{terfi} = k \times L_{mecra} \times Q_p \qquad (4.1)$$

Burada;

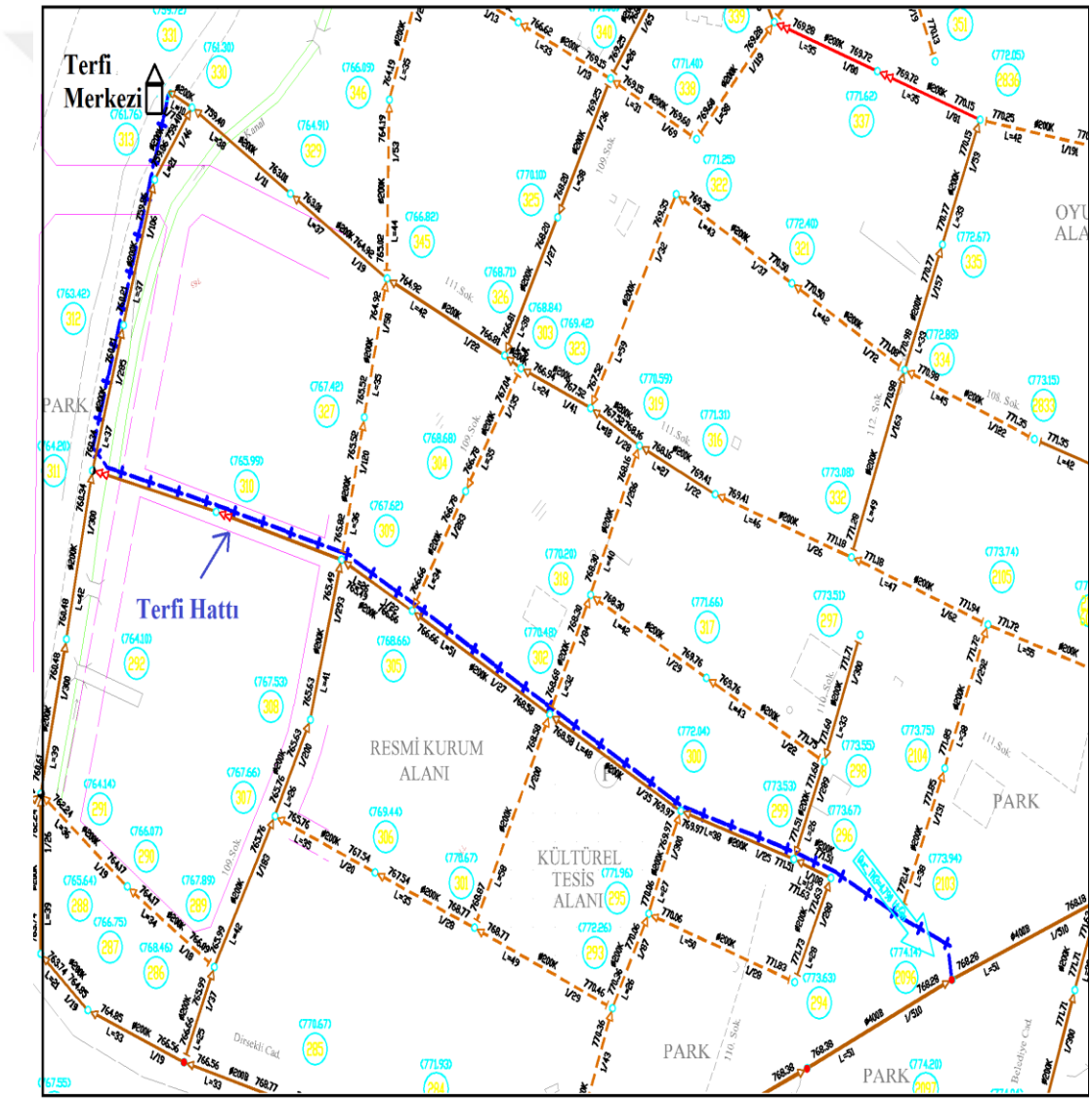
"Q_{terfi}" Terfi edilecek debi; "*k"* yoğunluk katsayısı; "L_{mecra}*"* mecra uzunluğu; "Q_p*"* proje birim debisidir.

Yoğunluk k = 1 alınmıştır.

$$Q_{terfi} = 1 \times 5{,}026 \times 0{,}000953 = 4{,}79\ lt/sn$$

Q = 4,79 lt/s' lik atık su, yeni yapılacak olan paket terfi merkezi ile kollektör bacasına bağlanacak şekilde muayene bacasına terfi edilmesi gerekmektedir. Kolektör hattı üzerinde bulunan bu muayene bacasına terfi edilen atık su cazibeyle atık su arıtma tesisi için belirlenen noktaya iletilebilmektedir.

Terfi merkezinin pompa debisi Q = 5,00 lt/s seçilmiştir.



Şekil 4.1 Terfi merkezi servis alanı (Arısu Mühendislik, 2016)

4.1.1 Terfi hattı hesapları

Pompa debileri;

Q_{pompa} = 5 lt/s

Terfi hattı nihai kodu: 774,14

Ekonomik çap hesabı için Bresse formülü kullanılırsa;

$$D_{ek} = 1.50x\sqrt{Q_e}$$

$$D_{ek} = 1.50x\sqrt{0{,}005}$$

$$D_{ek} = 0{,}106\,m = 106\,mm$$

Terfi hattı olarak Ø110 mm çaplı ($D_{iç}$ =96,8 mm) Yüksek Yoğunluklu Polietilen (HDPE) boru seçilmiştir. Seçilen çap üzerinden hız kontrolü yapılır.

$$V = \frac{Q_p}{A} = \frac{0{,}005}{\frac{\pi x D^2}{4}} = \frac{0{,}005}{0{,}0074} = 0{,}68\,m/s$$

V= 0,68 m/s hız kriterleri açısından uyumludur.

4.1.2 Terfi merkezinin tasarımı

Terfi merkezi tipi proje debisinin çok yüksek olmaması, imalat ve montaj kolaylıklarından dolayı paket tip olarak seçilmiştir. Topografik karakteristiklere göre pompa gücü hesabı yapılarak tasarımı yapılmıştır (Şekil 4.2).

Tablo 4.2 Terfi merkezi kot karakteristikleri

Terfi Merkezi zemin kotu	:	759,72 m
Pompa odası giriş boru taban kotu	:	757,72 m
Pompa eksen kotu	:	756,45 m
Pompa odası taban kotu	:	756,22 m
Terfi hattı nihai zemin kotu	:	774,14 m
Terfi hattı nihai boru taban kotu	:	773,03 m

Terfi merkezi pompa gücü tespiti için kayıp hesapları yapılmıştır.

Seçilen Ø110 mm HDPE PN10 terfi hattı borusu yük kayıpları;

Q_p = 5,00 lt/s V = 0,68 m/sn

Yersel kayıplar;

$h_y = (11x\ k_{45^\circ dirsek} + k_{çık}) \times \frac{V^2}{2g}$

$h_y = (1 \times 0.17+1) \times \frac{2,16^2}{19.62}$

h_y = 0,28 m

Sürtünme Kayıpları

Q_P = 5.00 lt/s L = 402,00 m J = 0,004684 m/m

J_L = 1,88m

Ø110mm HDPE PN10 terfi hattında toplam yük kaybı:

h_T = 0,28 + 1,88= 2,16 m

Basma borusu anma çapı ϕ50 mm paslanmaz çelik (SS304), boru et kalınlığı= 3,0 mm seçilmiştir.

Dış çap = 60,30 mm, V = 2,16 m/s

$h_y = (2 \times k_{90^\circ dirsek} + k_{çekvalg} + k_{vana} + k_{tparça} + k_{demon}) \times \frac{V^2}{2g}$

$h_y = (2 \times 0,29 + 2,50 +0,30 + 1,00 + 0,12) \times \frac{2,16^2}{19,62}$

h_y = 1,08 m

Basma borusu yük kaybı hesapları

Basma borusu anma çapı ϕ50 mm paslanmaz çelik (SS304), boru et kalınlığı=3,0mm

Dış çap=60,30 mm, V = 2,16 m/s

Q_P = 5,00 lt/s L = 2,40 m (basma borusu boyu) J = 0,1407196 m/m

JL = 0,34 m

Toplam yük kaybı:

$\Sigma\ H_T$ = 1,08 + 0,34 + 2,16=3,58 m

Pompa basma yüksekliği hesabı

Pompa eksen kotu : 756,52 m

Bastığı baca boru taban kotu: 773,03 m

H_{geo} =773,03–756,52= 16,51 m

Akma basıncı ve ilave kayıplar için 2,81m alınmıştır.

H_m = 16,51 + 3,58 + 2,81 = 23,00 m

Motor gücü hesabı;

Pompa debisi, Q_p= 5,00 lt/s

Basma yüksekliği, H_m = 23,00 m.

Şalt sayısı kabulü, n = 10 kez/saat

Pompa verimi, η_p = %55

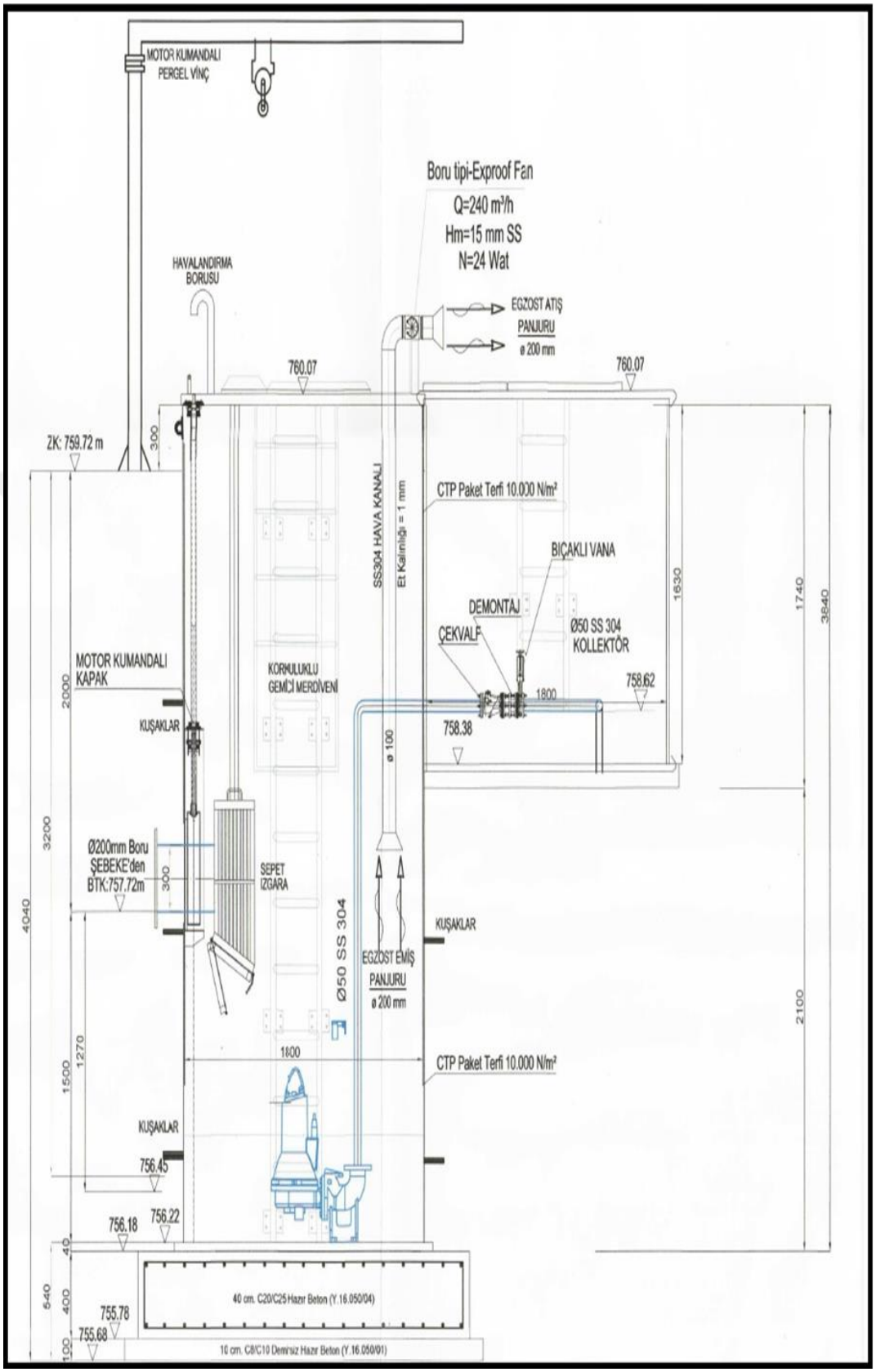
$$Pomp\ g\ddot{u}c\ddot{u}, N_p = \frac{Q_p * H_m}{102 * \eta_p} = \frac{5{,}00 * 23{,}00}{102 * 0{,}55} = 2{,}05\ kW$$

Elektrik motoru marj katsayısı, η_m = 1,20

$$Elektrik\ motor\ g\ddot{u}c\ddot{u}, N_m = N_P * \eta_m = 2{,}05 * 1{,}20 = 2{,}46\ W$$

Standart motor gücü, N_m = 3,00 kW olarak seçilmiştir.

Paket terfi merkezi içerisine H_m= 23,00 m, N_m= 3,00 kW, Q_p= 5,00 lt/sn karakteristiğinde dalgıç tip; 1 adet asil 1 yedek olmak üzere yerleştirilecektir. Yedek pompa yerine monte edilecektir.



Şekil 4.2 Paket terfi bacası tasarımı (Arısu Mühendislik, 2016)

4.1.3 Terfili sistem maliyet hesabı

Terfili sistemin yapım aşamasında maliyet hesabına ait imalatlar terfi hattı ve terfi merkezi inşaatıdır. Terfi hattının düşük çaplı boruyla düşük kazı derinliğinde çalışabilmesi sebebiyle toplam maliyet hesabına çok etkisi olmamakla birlikte maliyetin oluşmasında ana etken terfi merkezinin inşaat, bakım ve işletme maliyetleridir.

Terfi hattı güzergahı, ekonomik olma açısından terfili sistemin cazibeli sisteme bağlanacak en yakın noktaya terfi edilecek şekilde seçilmesi önemlidir. Buna dikkat edilerek seçilen güzergâh L=402 m olarak belirlenmiştir. Belirlenen boru tipi, çapı üzerinden Ek 1 ve Ek 2'deki analizlere göre maliyet hesabı çıkarılmıştır (Tablo 4.3).

Tablo 4.3 Terfi hattı maliyet analizi

Boru Çapı	Boru Tipi	Uzunluk (m)	İnşaat Maliyeti (TL/m)	Toplam Maliyet
Ø110	HDPE Boru	402,00	130,89	52.616,02 TL

Terfili sistemlerinin maliyet hesabında en önemli etken terfi merkezidir. Terfi merkezi giriş çıkış boru kotlarına, hazne hacmine ve pompa gücüne göre tasarımı yapılmıştır. Paket terfi merkezleri, pompa haznesi, pompaları, vana, kolektör, seviye kontrol ekipmanları, kontrol üniteleri, montaj ve devreye alma hizmetiyle birlikte hazır bir şekilde hazırlanabilmektedir. Bu tip terfi merkezlerinin montaj maliyetleri, betonarme sistemlere göre çok daha düşüktür. Terfi merkezinin iç ekipmanlarının montajı, betonarme gibi sahada değil, fabrika ortamında yapılmaktadır. Bu özelliği sayesinde de ürün daha stabil ve sağlam montaj ile daha güvenilir ve kontrol edilebilir hale gelmektedir. Ayrıca betonarme pompa istasyonlarının kalıplama, beton dökme gibi hata yapma olasılığı yüksek uygulamaları da ortadan kaldırılmış olur. Bu sayede de montaj ve imalat işçiliklerinden tasarruf sağlanmış olur. Söz konusu avantajlarından ve sahada uygulama kolaylığı açısından terfi bacası paket tip olarak belirlenmiştir.

Ömür Boyu Maliyet (ÖBM) kavramı dünyada artan enerji tüketiminin pompalı sistemler için analiz edilmesi ve sistemlerin enerji verimliliğinin arttırılması amacıyla geliştirilmiş bir kavramdır. Pompalı sistemlerdeki tüketilen enerjinin büyüklüğü,

sistemin bütün bileşenleri ile analizinin gerekliliğini ortaya çıkartmış ve verimliliğinin arttırılması amacıyla hem yeni yatırımlar hem de işletilen sistemlerin analizlerinde bir bütün olarak "Ömür Boyu Maliyet" yaklaşımının geliştirilmesini sağlamıştır (Konuralp ve Albayrak, 2009).

Ömür Boyu Maliyet ve Kabuller;

- Güncel enerji maliyeti 0,036 Euro/kWsa (0,4743 TL/kWsa) olarak kabul edilmiştir.
- Tesis yılda 6000 saat çalışacaktır.
- Terfi merkezinin ve pompaların periyodik bakım onarım işleri için yılda 1.850 Euro (%7,5) harcanacaktır.
- İki pompa yedekli olarak kullanılacağı için duraklamadan doğan üretim kaybı maliyeti yoktur.
- Bu projenin ömrü 35 yıldır.

Bu kabullerle terfi merkezinin ömür boyu maliyet hesabı aşağıda Tablo 4.4'de verilmiştir.

Tablo 4.4 Terfi merkezi ömür boyu maliyet analizi

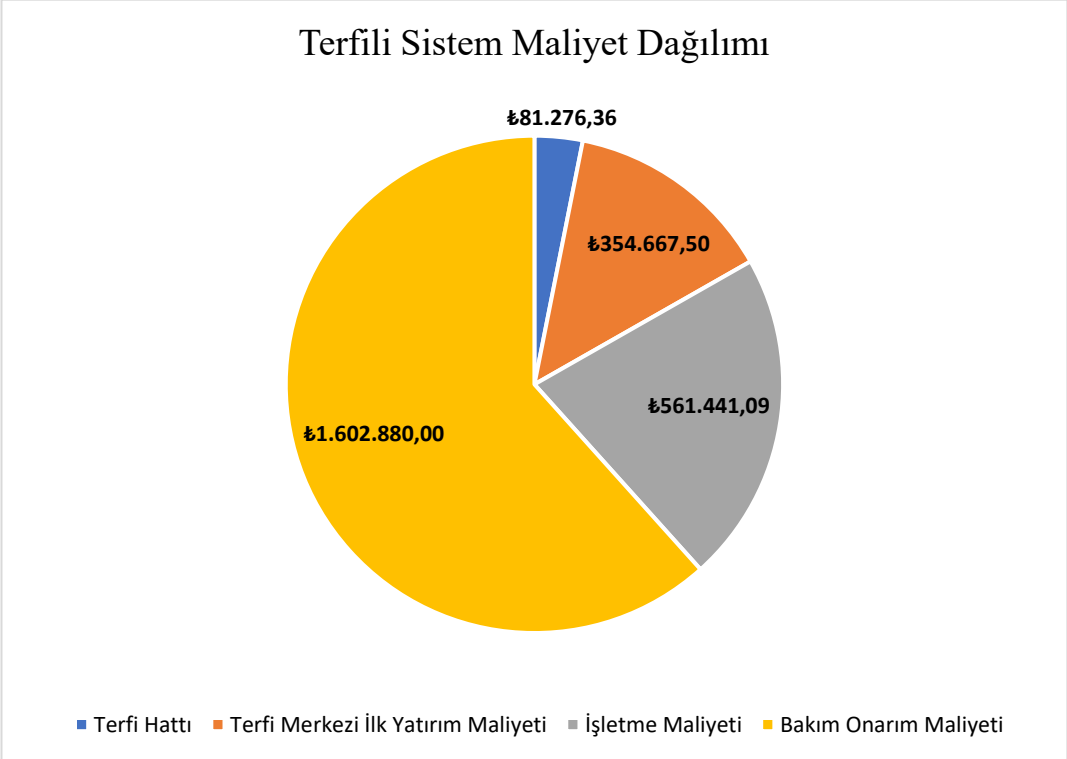
Girdiler	**Bütün Değerler (Euro)**
İlk Yatırım Maliyeti	24.750 €
Enerji Maliyeti (şimdiki) (kWsa)	0,036 €
Ekipmanın Kullandığı Gücün Ağırlıklı Ortalaması (kW)	3
Yıllık Ortalama Çalışma Süresi	6.000 saat
Yıllık Enerji Maliyeti = Enerji Maliyeti x Gücün Ağırlıklı Ortalaması x Yıllık Ortalama Çalışma Süresi	648 €
Yıllık İşletme ve Bakım Maliyeti	1.850 €
n - İşletme Ömrü (yıl)	35 yıl
Enflasyon Oranı	%3
Çıktılar	
Toplam ÖBM değeri	177.718 €

Terfili sistemin maliyet hesabına giren terfi hattı, terfi merkezi ilk yatırım maliyeti, işletme maliyeti ve bakım – onarım maliyetleri hesaplanarak, sistemin toplam maliyeti belirlenmiştir (Tablo 4.5).

Tablo 4.5 Terfili sistem toplam maliyeti

Terfili Sistem Toplam Maliyeti		
Terfi hattı	:	52.616,02 TL
Terfi Merkezi İlk Yatırım Maliyeti	:	354.667,50 TL
İşletme Maliyeti (Enerji sarfiyatı)	:	561.441,09 TL
Bakım Onarım Maliyeti	:	1.602.880,00 TL
Toplam Maliyet	**:**	**2.571.604,61 TL**

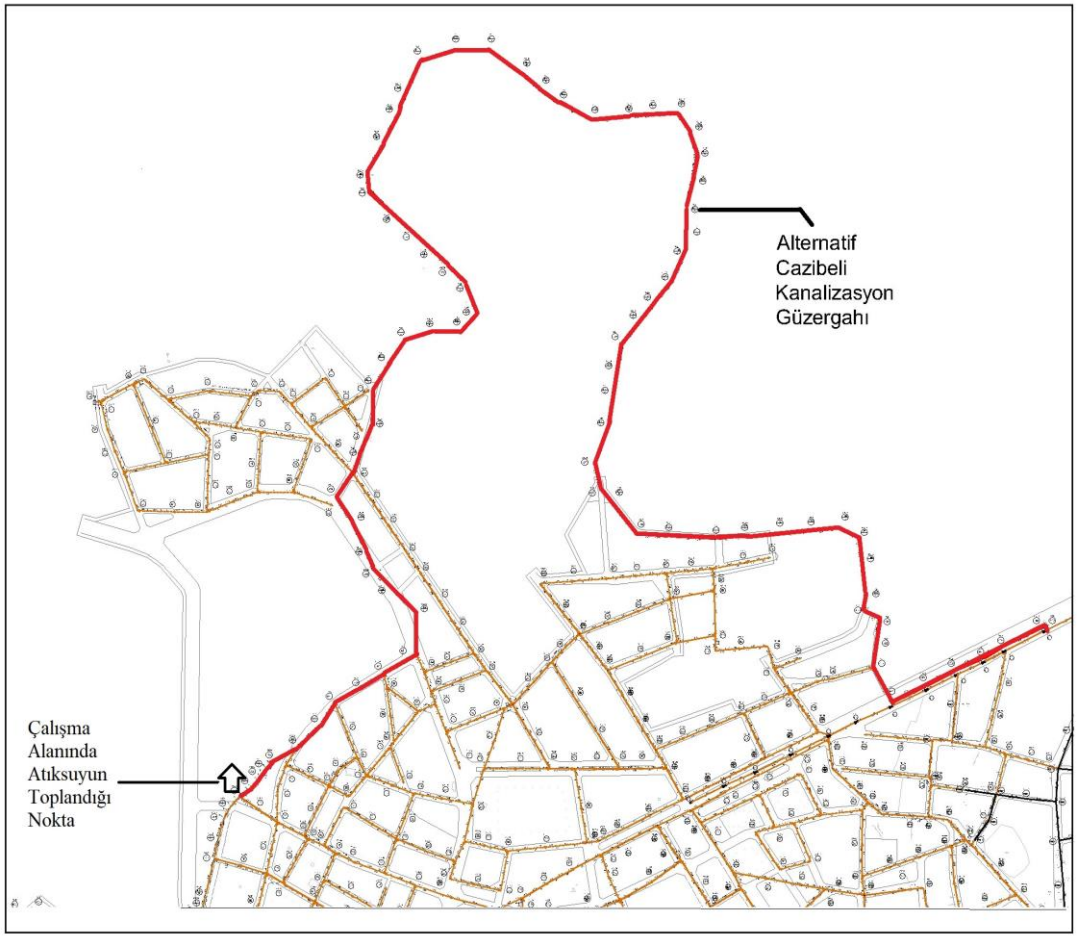
Hesaplanan maliyetler incelendiğinde, işletme süresince yapılması gereken bakım – onarım işlerinin ilk yatırım maliyetini aşarak ömür boyu maliyette öne çıktığı görülmüştür.



Şekil 4.3 Terfili sistem maliyet dağılımı

4.2 İdil İlçesi Çalışma Alanı Cazibeli Çözümü

İdil çalışma alanında yapılan arazi çalışmalarında terfi sistemini cazibeliye çevirme amacıyla projede farklı alternatifler değerlendirilmiştir. Kazı derinliğinin çok artması ve proje alanın topoğrafyanın uygulamaya izin vermediği seçenekler değerlendirme dışı tutulmuştur. Bu alternatiflerden en uygunu verimlilik ve ekonomik açıdan değerlendirilme amacıyla çalışmada yer almıştır. Bu çözüme çalışmada projelendirilen terfi merkezinin iptal edilebileceği ve buradaki deşarjın yapılacak yeni bir kanalizasyon hattıyla cazibeli olarak kollektör hattına iletilebileceği öngörülmüştür (Şekil 4.3).



Şekil 4.4 Alternatif cazibeli kanalizasyon hattı güzergâhı

Yapılan çalışmada eğim, hız, doluluk oranı gibi hidrolik kriterlere göre kazı derinlikleri belirlenmiştir. Kanalizasyon mecralarının ortalama derinliği 5,64 m olup, muayene bacası ve kanalizasyon boruları imalatları için kazı derinlikleri yaklaşık olarak 9,00 m'ye kadar ulaşmaktadır (Tablo 4.6).

Tablo 4.6 Cazibeli hat derinlik tablosu

BACA NO	BACA NO	KAZI DERİNLİĞİ (m)	KAZI DERİNLİĞİ (m)	ORTALAMA KAZI DERİNLİĞİ (m)	BACA NO	BACA NO	KAZI DERİNLİĞİ (m)	KAZI DERİNLİĞİ (m)	ORTALAMA KAZI DERİNLİĞİ (m)
1	**2**	3.64	3.58	3.61	**46**	**47**	7.72	7.55	7.64
2	**3**	3.58	3.68	3.63	**47**	**48**	7.55	5.5	6.53
3	**4**	3.68	3.82	3.75	**48**	**49**	5.5	5.6	5.55
4	**5**	3.82	3.79	3.81	**49**	**50**	5.6	5.71	5.66
5	**6**	3.79	3.78	3.79	**50**	**51**	5.71	5.79	5.75
6	**7**	3.78	3.98	3.88	**51**	**52**	5.79	5.84	5.82
7	**8**	3.98	2.64	3.31	**52**	**53**	5.84	5.92	5.88
8	**9**	2.64	2.6	2.62	**53**	**54**	5.92	5.95	5.94
9	**10**	2.6	2.49	2.55	**54**	**55**	5.95	6.1	6.03
10	**11**	2.49	3.22	2.86	**55**	**56**	6.1	6.09	6.10
11	**12**	3.22	3.94	3.58	**56**	**57**	6.09	6.16	6.13
12	**13**	3.94	4.31	4.13	**57**	**58**	6.16	6.31	6.24
13	**14**	4.31	3.28	3.80	**58**	**59**	6.31	6.39	6.35
14	**15**	3.28	4.08	3.68	**59**	**60**	6.39	6.75	6.57
15	**16**	4.08	4.4	4.24	**60**	**61**	6.75	6.51	6.63
16	**17**	4.4	4.58	4.49	**61**	**62**	6.51	6.55	6.53
17	**18**	4.58	4.81	4.70	**62**	**63**	6.55	6.72	6.64
18	**19**	4.81	4.82	4.82	**63**	**64**	6.72	6.64	6.68
19	**20**	4.82	4.84	4.83	**64**	**65**	6.64	6.92	6.78
20	**21**	4.84	5.21	5.03	**65**	**66**	6.92	6.86	6.89
21	**22**	5.21	5.01	5.11	**66**	**67**	6.86	6.95	6.91
22	**23**	5.01	4.59	4.80	**67**	**68**	6.95	7.01	6.98
23	**24**	4.59	4.98	4.79	**68**	**69**	7.01	7.18	7.10
24	**25**	4.98	5.24	5.11	**69**	**70**	7.18	7.2	7.19
25	**26**	5.24	5.12	5.18	**70**	**71**	7.2	8.57	7.89
26	**27**	5.12	5.28	5.20	**71**	**72**	8.57	7.24	7.91
27	**28**	5.28	5.24	5.26	**72**	**73**	7.24	7.31	7.28
28	**29**	5.24	5.2	5.22	**73**	**74**	7.31	7.34	7.33
29	**30**	5.2	4.88	5.04	**74**	**75**	7.34	7.51	7.43
30	**31**	4.88	4.81	4.85	**75**	**76**	7.51	7.68	7.60
31	**32**	4.81	5.1	4.96	**76**	**77**	7.68	8.82	8.25
32	**33**	5.1	5.26	5.18	**77**	**78**	8.82	8.8	8.81
33	**34**	5.26	5.41	5.34	**78**	**79**	8.8	8.69	8.75
34	**35**	5.41	5.16	5.29	**79**	**80**	8.69	8.81	8.75
35	**36**	5.16	5.3	5.23	**80**	**81**	8.81	8.93	8.87
36	**37**	5.3	5.8	5.55	**81**	**82**	8.93	9.01	8.97
37	**38**	5.8	5.35	5.58	**82**	**83**	9.01	8.12	8.57
38	**39**	5.35	4.99	5.17	**83**	**84**	8.12	6.81	7.47
39	**40**	4.99	5.1	5.05	**84**	**85**	6.81	5.55	6.18
40	**41**	5.1	5.17	5.14	**85**	**86**	5.55	5.14	5.35
41	**42**	5.17	5.4	5.29	**86**	**87**	5.14	4.3	4.72
42	**43**	5.4	5.84	5.62	**87**	**88**	4.3	3.06	3.68
43	**44**	5.84	5.47	5.66	**88**	**89**	3.06	2.2	2.63
44	**45**	5.47	5.61	5.54	**89**	**90**	2.2	2.46	2.33
45	**46**	5.61	7.72	6.67					

Ülkemizde kanalizasyon inşaatlarında genel olarak beton/betonarme ve HDPE koruge boru kullanılmaktadır. Tespit edilen kazı derinlikleri değerlendirildiğinde, her ne kadar koruge boru işçilik ve montaj açısından beton borulara göre daha tercih edilebilir olsa da, beton borunun koruge boruya göre rijitliğini koruma konusunda daha avantajlı olmasından dolayı boru tipi beton boru olarak seçilmiştir. Ek 3'teki düzenlenen hidrolik hesaba göre boru çapı Ø300 mm olarak hesaplanmıştır (Tablo 4.7).

Tablo 4.7 Cazibeli kanalizasyon hattı boru keşfi maliyeti

Boru Çapı	**Boru Tipi**	**Uzunluk (m)**	**İnşaat Maliyeti (TL/m)**	**Toplam Maliyet**
Ø300	Beton Boru	3.156,00	119,36	376.700,16 TL

Hidrolik kriterlere uygun olarak 90 adet muayene bacası çalışmada bulunmaktadır. Ek 2'de sunulan fiyat analizine göre birim fiyatı belirlenmiştir (Tablo 4.8).

Tablo 4.8 Muayene bacası metrajı ve maliyetleri

İmalat Tipi	**Metraj (ad)**	**Birim Fiyatı (TL/m^3)**	**Maliyet (TL)**
Muayene Bacası	90	6.512,11	586.089,90 TL

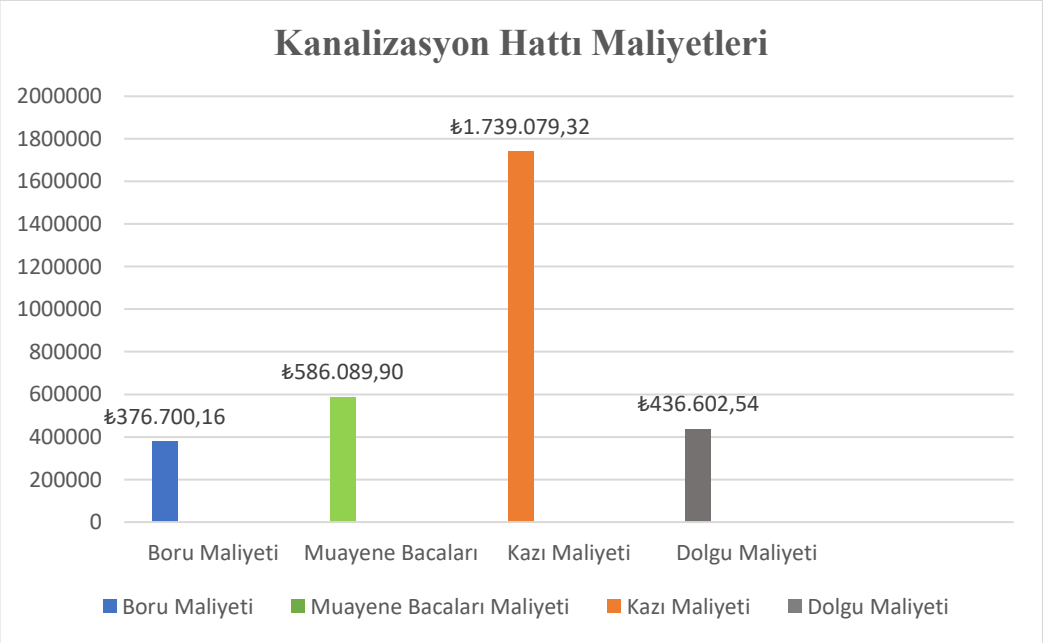
Belirlenen kazı derinlikleri üzerinden kazı hesapları yapılmıştır. Kazı maliyetini belirleyebilmek için çalışma alanının zemin etüd raporunda belirtilen zemin klas oranlarına göre Ek 1'de belirtilen paçal olarak kazı fiyatları hesaplanmış olup, bu fiyatlar üzerinden kazı maliyeti belirlenmiştir (Tablo 4.9). Beton boru döşenmesinde boru altı 15 cm yataklama, boru üstü 30 cm gömlekleme imalatları 0 - 11 mm çapında kırma taşla yapılacaktır. Hendek geri dolgusu imalatı için kazıdan çıkan malzemenin kullanılması uygun görülmüştür (Tablo 4.10).

Tablo 4.9 Kazı metrajları ve maliyetleri

Kazı Metrajları (m^3)			
Kazı Tipi	**Metraj (m^3)**	**Birim Fiyatı (TL/m^3)**	**Maliyet (TL)**
İksalı Hendek Kazısı (0-2 mt)	5.289,48	140,02	740.632,99 TL
İksalı Hendek Kazısı (2-3 mt)	2.559,80	141,56	362.365,29 TL
İksalı Hendek Kazısı (3-4 mt)	2.382,01	143,11	340.889,45 TL
İksalı Hendek Kazısı (4-5 mt)	2.040,73	144,65	295.191,59 TL
		Toplam	1.739.079,32 TL

Tablo 4.10 Dolgu metraj ve maliyetleri

Dolgu Metrajları (m^3)			
İmalat Tipi	**Metraj (m^3)**	**Birim Fiyatı (TL/m^3)**	**Maliyet (TL)**
Yataklama - Gömlekleme dolgusu	1.836,88	76,77	141.017,28 TL
Geri dolgu	11.281,88	26,20	295.585,26 TL
		Toplam	436.602,54 TL



Şekil 4.5 Cazibeli kanalizasyon hattı maliyetleri

Cazibeli kanalizasyon hattı imalatı için üç ana maliyet kalemi olarak; işçilik ve nakliye dahil olarak hesaplanan bu maliyetler boru için 376.700,16 TL, muayene bacaları için 586.089,90 TL, kazı için 1.739.079,32 TL ve dolgu için 436.602,54 TL olmak üzere toplam maliyet 3.138.471,92 TL belirlenmiştir (Şekil 4.4).

4.3 Cazibeli ve Terfili Sistemlerin Uygulanabilirlik ve Maliyet Açısından Değerlendirilmesi

İdil ilçesi çalışma alanında yapılan değerlendirmeler sonucu seçilen bölgedeki sistem, terfili ve cazibeli olarak iki yöntemle çözümü yapılmıştır. Bu sistemlerden ilki olan terfili sistemde belirlenen noktada toplanan Q=5 lt/s proje debisinde olan atık suyun L=402 m Ø110 HDPE boruyla kollektör hattına terfi edilebileceği hesaplanmıştır. Cazibeli sistemde ise çalışma alanında toplanan atık suyun derin kazılarla Ø300 mm çapında beton boruyla L=3.156 m uzunluğunda kanalizasyon hattıyla kollektör hattına bağlanabileceği hesaplanmıştır.

Cazibeli ve terfili sistemleri inşaat zorluğu açısından uygulanabilirlik tarafından değerlendirdiğimizde, ilk değerlendirme açısından terfili sistemin uygulama ve imalat açısından çok daha verimli olduğu görülmektedir. Terfi hattının derin kazıya ihtiyaç duymadan don derinliğinin (yaklaşık 1,00 m) olarak yeterli olması, terfi merkezinin montaja hazır olarak paket terfi bacası olarak belirlenmesi gibi faktörler bu açıdan önemlidir. Cazibeli sistemde ise 9,00 m'yi bulan kazı derinlikleriyle uygulama açısından terfili sisteme göre daha dezavantajlıdır. Derin kazı imalatları iş güvenliği açısından da büyük riskler barındırmaktadır.

Bu iki sistemi maliyet olarak kıyasladığımızda, terfili sistemin girdileri olan terfi hattı, terfi merkezi ilk yatırım maliyeti, işletme maliyeti ve bakım – onarım maliyetleri dahil edilerek toplam maliyet 2.571.604,61 TL olarak hesaplanmıştır. Cazibeli sistem ise toplam inşaat maliyeti olarak 3.138.471,92 TL olarak hesaplanmıştır. Bu maliyetler kıyaslandığında terfili sistem daha ekonomik olarak gözükmektedir. Ancak cazibeli sistemde ilk yatırım maliyeti dışında işletme – bakım maliyetleri çok düşüktür. 35 yıllık proje süresi düşünüldüğünde terfili sistem ekonomik olarak gözükse de işletme - bakım döneminde oluşabilecek hesaba katılmamış maliyetler uzun vadede terfili sistemin maliyeti konusunda belirsizlik oluşturmaktadır.

Ayrıca terfili sistemlerde profesyonel bir işletme yapılmaması ya da bakımlarının düzenli olarak yapılmaması durumunda öngörülmeyen maliyetler ortaya çıkarabilmektedir. Bu durumun aksine cazibeli sistemde ilk yatırım maliyeti dışında dikkate alınacak işletme – bakım maliyeti oluşmamaktadır. Hidrolik kriterlere ve teknik şartnamelere uygun olarak inşaatı yapılan cazibeli kanalizasyon hattı uzun yıllar herhangi bir ek işletme maliyeti oluşturmadan çalışabilmektedir. Bu açıdan cazibeli sistem projeksiyona göre daha maliyetli gözükse de uzun vadeli düşünüldüğünde terfili sisteme göre daha avantajlı olabilmektedir.

Bir diğer kıyaslama kriteri sistemlere gelecekte oluşabilecek yeni yerleşimlerin dahil edilebilme durumu söz konusudur. Terfili sistemde yeni yerleşimlerin atık su sistemine dahil edilmesi terfi merkezindeki pompa gücünde oluşabilecek değişiklikten sistemin yeniden tasarımı söz konusu olmaktadır. Böyle bir durumda sistemin terfi merkezi ve terfi hattıyla birlikte tamamen yenilenmesi gerekebilmektedir. Cazibeli sistem ise bu açıdan terfili sisteme daha çok kolaylık sağlamaktadır. Hidrolik kriterlere uygun olduğu sürece sisteme dahil edilecek uç debiler herhangi bir maliyet oluşturmadan cazibeli sisteme dahil edilebilmektedir.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Kanalizasyon sistemleri nüfusun ve kentleşmenin artışıyla çok daha önem verilmesi gereken bir noktaya gelmiştir. Bu sebepten dolayı özellikle teknolojik gelişmeler sayesinde artık bu konudaki çözüm seçenekleri artmış ve doğru sistemin uygulanması daha önemli bir hale gelmiştir.

Bu tez çalışması kapsamında İdil ilçesi kanalizasyon sisteminde yaklaşık 25 hektarlık alana sahip düşük kotlu bir yerleşim bölgesi cazibeli ve terfili sistem seçenekleriyle projelendirilmiş ve bu bölgenin verimlilik yönünden atık su ihtiyacını karşılayacak en uygun sistem belirlenmiştir. Çalışmada öncelikle yerleşim bölgesinin nüfus tahmin hesaplamaları yapılarak projede kullanılacak atık su debisi hesaplanmıştır. Sistem hesaplanan bu atık su debisine göre cazibeli ve terfili olarak iki farklı yaklaşımla kollektör hattına bağlanacak şekilde çözülmüştür. İki yaklaşımda da güzergâhlar belirlenmiş ve hidrolik hesaplamalar yapılmıştır. Bu çalışmada tespit edilen sonuçlar aşağıda sıralanmıştır;

- Seçilen çalışma bölgesi yaklaşık 25 hektarlık bir alan olup, atık su toplayacak toplam mecra uzunluğu 5.026 m olarak belirlenmiştir. 35 yıllık nüfus projeksiyonuna göre atık su debisi 4,79 lt/s olarak, sistemin proje debisi 5,00 lt/s olarak alınmıştır.
- Terfili sistem çözümünde, en düşük kotta toplanacak atık suyun, bu noktada projelendirilen 3 kw gücünde pompalara sahip bir paket terfi merkezi vasıtasıyla L=412 m uzunluğunda Ø110 mm HDPE PN10 terfi hattıyla kollektör hattına terfi edilebileceği hesaplanmıştır. Bu sistemin yaklaşık maliyeti inşaat, işletme ve bakım girdileriyle 2.571.604,61 TL olarak hesaplanmıştır.
- Cazibeli sistem çözümünde, çalışma bölgesinde toplanacak atık suyun hidrolik kriterlere uygun olarak Ø300 mm çapında beton boruyla L=3.102 m uzunluğunda bir güzergahla kollektöre hattına bağlanabileceği belirlenmiştir. Bu yaklaşımın hidrolik hesabında minimum eğim ve hız kriterleri için derin kazılar öngördüğü tespit edilmiştir. Bu sistemin yaklaşık maliyeti boru, kazı – dolgu işleri ve muayene baca imalatları dahil edildiğinde 3.138.471,92 TL olarak hesaplanmıştır.

- İnşaat kolaylığı ve uygulama verimliliği açısından cazibeli ve terfili sistem değerlendirildiğinde, terfili sistemin cazibeli sisteme göre daha avantajlı olduğu tespit edilmiştir. Terfili sistemde derin kazı ihtiyacı duymadan cazibeli sisteme göre daha kısa bir terfi hattıyla atık suyun kollektöre hattına iletilebileceği görülmüştür. Bu sistemde atık su sızma olasılığı çok azdır ve bu açıdan oldukça güvenlidir. Cazibeli sistemde ise derin kazılar yaklaşık 9,00 metreye kadar ulaşmış olup, 3.102 m uzunluğundaki güzergahın ortalama kazı derinliği 5,64 m olarak hesaplanmıştır.

- 35 yıllık sistem ömrü projeksiyonunda sistemleri maliyet açısından değerlendirildiğinde terfili sistemin 2.571.604,61 TL, cazibeli sistemin ise 3.138.471,92 TL yaklaşık maliyeti olduğu hesaplanmıştır. Bu hesaplamaya göre terfili sistem cazibeli sisteme göre daha ekonomiktir.

- Uygulama kolaylığı ve maliyet açısından genel kıyas yapıldığında terfili sistem cazibeli sisteme göre daha avantajlı gözükse de, terfili sistemin işletme dönemi hesaba katıldığında bu konuda kesin bir kanıya varmak mümkün olmamaktadır. Cazibeli sistemde ilk inşaat maliyetleri sonrası ciddi bir işletme – bakım maliyeti ortaya çıkmamaktadır. Sisteme tıkanmaya yol açacak atıklar atılması durumunda muayene bacaları aracılığıyla müdahale edilip gerekli temizlik yapılması sonrası sistem sorunsuz bir şekilde çalışmaya devam etmektedir. Terfili sistemde kullanılan terfi merkezinde ise hazneye gelen atık sular kaba ızgaradan geçmektedir. Bu ızgaraların ve terfi merkezi haznesinin düzenli olarak temizlenmesi ve bakımlarının yapılması gerekmektedir. Bu da sürekli bir iş gücü ihtiyacı doğurmaktadır. Her ne kadar terfili sistemin maliyet hesabı yapılırken 35 yıllık projeksiyon kullanılsa da eğer söz konusu bakım ve temizlikler düzenli olarak yapılmazsa 5 - 10 yıl içerisinde pompalarda oluşacak hasarlardan dolayı ekstra maliyetler ortaya çıkabileceği öngörülmektedir.

- Cazibeli sistem proje çözümünde öngörülen derin kazılar, çalışma alanında yapılan incelemelerde, yoğun bir yerleşim yapısı olmadığından dolayı uygulanabilir olduğu tespit edilmiştir. Ancak bu durum yerleşimin yoğun olduğu ya da dar sokaklara sahip bölgelerde uygulamak zor görülmektedir.

Sonuç olarak, bütün bu etkenler bir arada değerlendirildiğinde teze konu İdil ilçesindeki çalışma alanı için cazibeli kanalizasyon sistemin uygulanmasının daha uygun olacağı öngörülmüştür. Bu sonuca varılmasında, cazibeli sistemin her ne kadar uygulama ve maliyet açısından dezavantajlı olsa da, bölgede yoğun yeraltı suyunun bulunmaması, bölgenin topoğrafyasının ve jeolojisinin derin kazıları mümkün kılması gibi faktörler etkili olmuştur. Ayrıca cazibeli sistem çözümünde yapılacak kanalizasyon hatlarının ilerde oluşacak şehirleşme durumunda atık su toplama amacına hizmet edecek durumda olması da önemli bir avantaj oluşturmaktadır.

KAYNAKLAR

Ardıçlıoğlu, M. (2014). *Kanalizasyon Sistemleri.* Kayseri: Erciyes Üniversitesi.

Arısu Mühendislik. (2016). *İdil (Şırnak) Kanalizasyon Kesin Projesi.* Ankara.

Atasoy, E. (2020). *Küçük Yerleşim Yerleri İçin Kanalizasyon Hatlarının Hidrolik Modelleme Programı ile Projelendirilmesi.* Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Ankara: Yüksek Lisans Tezi.

Bentley Systems. (2007). *Wastewater Collection System Modeling and Design.* USA: Bentley Institute Press.

Bulu, A., ve Yılmaz, E. (2002). Serbest Yüzeyli Akımlarda Pürüzlülük Katsayısının Belirlenmesi. *Türkiye Mühendislik Haberleri*.

Çevikkaya Sondaj. (2016). *İdil (Şırnak) Kanalizasyon Kesin Projesi Zemin Etüd Raporu.*

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. (2017). *Atıksu toplama ve uzaklaştırma sistemleri hakkında yönetmelik: EK 1 - Kanalizasyon sistemlerinin etüt, planlama ve projelendirilmesine ilişkin teknik esaslar.* Resmi Gazete.

Edmondson, C. (2021). *JMP Study Hall*. Aralık 12, 2021 tarihinde https://jmpcoblog.com/hvac-blog?category=Sewage+Systems adresinden alındı

Efe, M. (2006). *Atıksu ve Yağmursuyu Toplayıcı Sistemlerin Tasarımı ve İşletilmesinde Kullanılan Bilgisayar Destekli Modellerin Değerlendirilmesi ve Bir Örnek Uygulama.* İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. İstanbul: Yüksek Lisans Tezi.

Force Main Management. (2021). Aralık 20, 2021 tarihinde MSD Project Clear: https://msdprojectclear.org/what-we-do/operations-maintenance/force-main-management/ adresinden alındı

Houghtalen, R., vd., (1996). *Fundamentals of Hydraulic Engineering Systems.* USA: John Wiley and Sons Inc.

İller Bankası A.Ş. (2012). *Kanalizasyon İşlerinin Planlaması ve Projelerinin Hazırlanmasına Ait Talimatname.* Ankara.

İller Bankası A.Ş. (2013). *İçmesuyu Tesisleri Etüt, Fizibilite ve Projelerinin Hazırlanmasına Ait Teknik Şartname.* Ankara.

Karayolları Genel Müdürlüğü. (2021). Aralık 18, 2021 tarihinde https://www.kgm.gov.tr/SiteCollectionImages/KGMimages/Haritalar/b9.jpg adresinden alındı

Kasap, A. (2016). *Kanalizasyon ve İçmesuyu İnşaatlarında Kullanılan Boru Tiplerine Göre Maliyet Analizi.* Ankara: İller Bankası A.Ş. Uzmanlık Tezi.

Kazancıoğlu Mühendislik. (2021). *Terfi İstasyonları.* Aralık 16, 2021 tarihinde KazancıoğluMühendislik: https://www.kazancioglu.com/image/file/terfiistasyonlari.pdf adresinden alındı.

Konuralp, O., ve Albayrak, K. (2009). Pompalı Sistem Uygulamalarında Ömür Boyu Maliyet Yaklaşımı. *9. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi.* İzmir.

Mackenzie, D. L. (2010). *Water and Wastewater Engineering Desing Principles and Practice.* New York: The McGraw-Hill Companies.

Mays, L. W. (2001). *Stormwater Collection Systems Design Book.* New York: McGraw-Hill.

Rucka, J., vd., (2016). Design of the Pump Collector of the Low Pressure Sewer Network. *MM Science Journal*, 1654-1658.

SSWM. (2021). *Sustainable Sanitation and Water Management*. Aralık 10, 2021 tarihinde https://sswm.info/sswm-university-course/module-2-centralised-and-decentralised-systems-water-and-sanitation/further/pressurised-sewers adresinden alındı

SWMA Submersible Wastewater Pump Association. (2021, Aralık 25). *An Introduction to Pressure Sewers.* SWPA org: https://www.swpa.org/wp-content/uploads/2016/09/GRINDERS.pdf adresinden alındı

T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Su Yönetim Müdürlüğü. (2013). *Atıksu Arıtma Tesisleri Tasarım Rehberi.* Ankara: T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı.

Terral, A., ve Houston, B. (2008). Low Pressure: A Viable Collection System Alternative. *Florida Water Resources Journal*.

USEPA. (2000). *Wastewater Technology Fact Sheet Sewers, Force Main.* Washington DC: US Enviromental Protection Agency.

USEPA. (2002, Eylül). *Collection Systems Technology Fact Sheet Sewers, Conventional Gravity.* Washington DC: US Enviromental Protection Agency

USEPA. (2002, Eylül). *Wastewater Technology Fact Sheet Sewers, Pressure.* Washington DC: US Enviromental Protection Agency.

EKLER

Ek 1 : Çalışma alanı kazı – dolgu fiyat analizleri

Kazı Cinsi	Klas Oranı
Toprak	0,15
Küskü	0,15
Yumuşak Kaya	0,20
Sert Kaya	0,50

Kazının Yapım Şekline Bağlı Oran		Hendek Kazısı için Kazı Oranları	
El	**Makine**	Dar Derin	Geniş Derin
0,15	0,85	1,00	
Paçal Hendek ve Temel Dolgusu Oranları			
El İle		Makine İle	
0,15		0,85	

EL İLE DAR DERİN KAZI YAPILMASI							
Poz No	(Birim Fiyatı (TL/m3)	Klas Oranı	Tutarı (TL)	Kazı Kesimi (m)	1 m^3 El ile Kazı Bedeli (TL/m3)	Derinlik Zammı	İksasız Kazı Fiyatı (TL/m^3)
15.115.1202	84,83	0,15	12,72	**(0-2)**	140,30	-	140,30
15.115.1204	122,13	0,15	18,32	**(2-3)**	140,30	10,28	150,58
15.115.1208	159,83	0,20	31,97	**(3-4)**	140,30	20,56	160,86
15.115.1210	199,84	0,50	99,92	**(4-5)**	140,30	30,84	171,14
		Toplam	**162,93**	**(5-6)**	140,30	41,12	181,42
		D.D.B.(-)	22,63	**(6-7)**	140,30	51,25	191,55
	1 m3 el ile kazı bedeli		**140,30**	**(7-8)**	140,30	61,68	201,98
				(8-9)	140,30	71,96	212,26

MAKİNE İLE DAR DERİN KAZI YAPILMASI			
Poz No	(Birim Fiyatı (TL/m^3)	Klas Oranı	Tutarı (TL)
15.120.1101	7,09	0,15	1,06
15.120.1102	10,41	0,15	1,56
15.120.1103	17,26	0,20	3,45
15.120.1104	41,23	0,50	20,62
		Toplam	**26,69**
		D.D.B. (-)	5,14
	1 m3 makinalı kazı bedeli		**21,55**

Ek 2: Çalışma alanı hendek ve temel kazı fiyat analizleri

HER CİNS ZEMİNDE YAPILAN İKSASIZ HENDEK KAZILARI						
Poz No	El İle Dar Kazının Fiyatı		Makine İle Dar Kazının Fiyatı		Dar Derin Kazı Oranı	Tutarı (TL/m3)
	İksasız Fiyatı (TL/m3)	El Oranı	İksasız Fiyatı (TL/m3)	Makine Oranı		
	1	2	3	4	5	(1x2+3x4)x5
40.116.1011	140,30	0,15	21,55	0,85	1,00	**39,36**
40.116.1012	150,58	0,15	21,55	0,85	1,00	**40,90**
40.116.1013	160,86	0,15	21,55	0,85	1,00	**42,45**
40.116.1014	171,14	0,15	21,55	0,85	1,00	**43,99**
40.116.1015	181,42	0,15	21,55	0,85	1,00	**45,53**
40.116.1016	191,55	0,15	21,55	0,85	1,00	**47,05**
40.116.1017	201,98	0,15	21,55	0,85	1,00	**48,61**
40.116.1018	212,26	0,15	21,55	0,85	1,00	**50,16**

14.1700 PAÇAL HENDEK VE TEMEL DOLGUSU YAPILMASI				
Poz No	Cinsi	Birim Fiyatı	Oranı	Tutarı (TL/m3)
43.610.1003	El ile Hendek ve Temel Dolgusu Yapılması	41,13	0,15	6,17
43.610.1004	Kazı malzemesinden makine ile hendek ve temel dolgusu yapılması	23,56	0,85	20,03
40.116.1101	Paçal Dolgu Hendek ve Temel Dolgusu Yapılması			**26,20**

HER CİNS ZEMİNDE İKSASIZ TEMEL KAZILARI							
Poz No	El İle Geniş Kazının Fiyatı		Tutarı	Makine İle Geniş Kazının Fiyatı		Tutarı	İksasız Temel Kazısı Fiyatı (TL/m^3)
	İksasız Fiyatı (TL/m^3)	El Oranı		İksasız Fiyatı (TL/m^3)	Makine Oranı		
	1	2	(1x2)	3	4	5	(1x2+3x4)x5
40.116.1051	137,83	0,15	20,67	19,81	0,85	16,84	**37,52**
40.116.1052	148,11	0,15	22,22	19,81	0,85	16,84	**39,06**
40.116.1053	158,39	0,15	23,76	19,81	0,85	16,84	**40,60**
40.116.1054	168,67	0,15	25,30	19,81	0,85	16,84	**42,14**
40.116.1055	178,95	0,15	26,84	19,81	0,85	16,84	**43,68**
40.116.1056	189,08	0,15	28,36	19,81	0,85	16,84	**45,20**
40.116.1057	199,51	0,15	29,93	19,81	0,85	16,84	**46,77**
40.116.1058	209,79	0,15	31,47	19,81	0,85	16,84	**48,31**

Ek 3 : Çalışma alanı cazibeli sistem hidrolik hesabı

BACA NO						DEBİ HESABI				KOTLAR						Mecra Sırt		Mecra Sırt Kot Farkı		KESİT KARAKTERİSTİKLERİ				
										Zemin Kotu		Mec.Sırt Kotu		Taban Kotu		Derinliği								
Başta	Sonda	Kademe	Bölge No	Uzunluk (L)	Yukarıdan gelen baca no	Birim Debi (q)	Kendi Debisi	Uç Debisi	Yekun	Başta	Sonda	Başta	Sonda	Başta	Sonda	Başta	Sonda		Eğim	Çap	Doluluk	% 50 dolu iken isale kabiliyeti	Hız	Su Derinliği
-	-	-	-	m	-	lt/sn/m	lt/sn	lt/sn	lt/sn	m	m	m	m	m	m	m	m	m	1/a	m	%	lt/sn	m/sn	cm
1	2	1	1	19		0,000953	0,018	4,801	4,820	763,85	763,75	760,71	760,67	760,41	760,37	3,14	3,08	0,04	475	300	21,44	25,67	0,45	6,43
2	3	1	1	21	1	0,000953	0,020	4,820	4,840	763,75	763,80	760,67	760,62	760,37	760,32	3,08	3,18	0,05	420	300	20,62	27,3	0,46	6,19
3	4	1	1	13	2	0,000953	0,012	4,840	4,852	763,80	763,91	760,62	760,59	760,32	760,29	3,18	3,32	0,03	433	300	21,03	26,88	0,46	6,31
4	5	1	1	15	3	0,000953	0,014	4,852	4,866	763,91	763,85	760,59	760,56	760,29	760,26	3,32	3,29	0,03	500	300	21,85	25,02	0,44	6,55
5	6	1	1	38	4	0,000953	0,036	4,866	4,903	763,85	763,76	760,56	760,48	760,26	760,18	3,29	3,28	0,08	475	300	21,44	25,67	0,45	6,43
6	7	1	1	47	5	0,000953	0,045	5,123	5,167	763,76	763,86	760,48	760,38	760,18	760,08	3,28	3,48	0,10	470	300	21,85	25,8	0,45	6,55
7	8	1	1	33	6	0,000953	0,031	5,167	5,199	763,86	762,45	760,38	760,31	760,08	760,01	3,48	2,14	0,07	471	300	22,26	25,78	0,46	6,68
8	9	1	1	39	7	0,000953	0,037	5,609	5,646	762,45	762,33	760,31	760,23	760,01	759,93	2,14	2,10	0,08	488	300	23,1	25,32	0,46	6,93
9	10	1	1	39	8	0,000953	0,037	5,646	5,683	762,33	762,14	760,23	760,15	759,93	759,85	2,10	1,99	0,08	487	300	23,1	25,35	0,46	6,93
10	11	1	1	52	9	0,000953	0,050	6,003	6,053	762,14	762,76	760,15	760,04	759,85	759,74	1,99	2,72	0,11	473	300	23,95	25,72	0,48	7,18
11	12	1	1	57	10	0,000953	0,054	6,443	6,497	762,76	763,36	760,04	759,92	759,74	759,62	2,72	3,44	0,12	475	300	24,81	25,67	0,49	7,44
12	13	1	1	58	11	0,000953	0,055	6,497	6,552	763,36	763,61	759,92	759,80	759,62	759,50	3,44	3,81	0,12	483	300	24,81	25,45	0,49	7,44
13	14	1	1	24	12	0,000953	0,023	6,552	6,575	763,61	762,53	759,80	759,75	759,50	759,45	3,81	2,78	0,05	480	300	24,81	25,53	0,49	7,44
14	15	1	1	30	13	0,000953	0,029	6,575	6,604	762,53	763,27	759,75	759,69	759,45	759,39	2,78	3,58	0,06	500	300	25,24	25,02	0,48	7,57
15	16	1	1	44	14	0,000953	0,042	6,604	6,646	763,27	763,50	759,69	759,60	759,39	759,30	3,58	3,90	0,09	489	300	25,24	25,3	0,49	7,57
16	17	1	1	40	15	0,000953	0,038	6,646	6,684	763,50	763,60	759,60	759,52	759,30	759,22	3,90	4,08	0,08	500	300	25,43	25,02	0,49	7,63
17	18	1	1	40	16	0,000953	0,038	6,684	6,722	763,60	763,75	759,52	759,44	759,22	759,14	4,08	4,31	0,08	500	300	25,43	25,02	0,49	7,63
18	19	1	1	21	17	0,000953	0,020	9,092	9,112	763,75	763,71	759,44	759,39	759,14	759,09	4,31	4,32	0,05	420	300	28,09	27,3	0,56	8,43

Ek 3 (Devam)

19	20	1	1	49	18	0,000953	0,047	9,112	9,159	763,71	763,63	759,39	759,29	759,09	758,99	4,32	4,34	0,10	490	300	29,45	25,27	0,54	8,83
20	21	1	1	48	19	0,000953	0,046	9,159	9,205	763,63	763,90	759,29	759,19	758,99	758,89	4,34	4,71	0,10	480	300	29,45	25,53	0,54	8,83
21	22	1	1	43	20	0,000953	0,041	9,205	9,246	763,90	763,61	759,19	759,10	758,89	758,80	4,71	4,51	0,09	478	300	29,45	25,59	0,54	8,83
22	23	1	1	37	21	0,000953	0,035	9,246	9,281	763,61	763,11	759,10	759,02	758,80	758,72	4,51	4,09	0,08	462	300	28,99	26,03	0,55	8,7
23	24	1	1	40	22	0,000953	0,038	9,281	9,319	763,11	763,42	759,02	758,94	758,72	758,64	4,09	4,48	0,08	500	300	29,9	25,02	0,54	8,97
24	25	1	1	41	23	0,000953	0,039	9,319	9,358	763,42	763,59	758,94	758,85	758,64	758,55	4,48	4,74	0,09	456	300	28,99	26,2	0,55	8,7
25	26	1	1	32	24	0,000953	0,031	9,358	9,388	763,59	763,40	758,85	758,78	758,55	758,48	4,74	4,62	0,07	457	300	29,45	26,17	0,56	8,83
26	27	1	1	46	25	0,000953	0,044	9,388	9,432	763,40	763,46	758,78	758,68	758,48	758,38	4,62	4,78	0,10	460	300	29,45	26,08	0,55	8,83
27	28	1	1	35	26	0,000953	0,033	9,432	9,466	763,46	763,35	758,68	758,61	758,38	758,31	4,78	4,74	0,07	500	300	29,9	25,02	0,54	8,97
28	29	1	1	35	27	0,000953	0,033	9,466	9,499	763,35	763,24	758,61	758,54	758,31	758,24	4,74	4,70	0,07	500	300	29,9	25,02	0,54	8,97
29	30	1	1	34	28	0,000953	0,032	9,499	9,531	763,24	762,85	758,54	758,47	758,24	758,17	4,70	4,38	0,07	486	300	29,9	25,37	0,54	8,97
30	31	1	1	34	29	0,000953	0,032	9,531	9,564	762,85	762,71	758,47	758,40	758,17	758,10	4,38	4,31	0,07	486	300	29,9	25,37	0,54	8,97
31	32	1	1	46	30	0,000953	0,044	9,564	9,608	762,71	762,90	758,40	758,30	758,10	758,00	4,31	4,60	0,10	460	300	29,45	26,08	0,55	8,83
32	33	1	1	25	31	0,000953	0,024	9,608	9,632	762,90	763,01	758,30	758,25	758,00	757,95	4,60	4,76	0,05	500	300	30,36	25,02	0,54	9,11
33	34	1	1	44	32	0,000953	0,042	9,632	9,674	763,01	763,07	758,25	758,16	757,95	757,86	4,76	4,91	0,09	489	300	30,36	25,3	0,55	9,11
34	35	1	1	45	33	0,000953	0,043	9,674	9,716	763,07	762,73	758,16	758,07	757,86	757,77	4,91	4,66	0,09	500	300	30,36	25,02	0,54	9,11
35	36	1	1	29	34	0,000953	0,028	9,716	9,744	762,73	762,81	758,07	758,01	757,77	757,71	4,66	4,80	0,06	483	300	30,36	25,45	0,55	9,11
36	37	1	1	48	35	0,000953	0,046	9,744	9,790	762,81	763,21	758,01	757,91	757,71	757,61	4,80	5,30	0,10	480	300	30,36	25,53	0,55	9,11
37	38	1	1	52	36	0,000953	0,050	9,790	9,839	763,21	762,65	757,91	757,80	757,61	757,50	5,30	4,85	0,11	473	300	30,36	25,72	0,56	9,11
38	39	1	1	44	37	0,000953	0,042	9,839	9,881	762,65	762,20	757,80	757,71	757,50	757,41	4,85	4,49	0,09	489	300	30,36	25,3	0,55	9,11
39	40	1	1	57	38	0,000953	0,054	9,881	9,936	762,20	762,19	757,71	757,59	757,41	757,29	4,49	4,60	0,12	475	300	30,36	25,67	0,56	9,11
40	41	1	1	32	39	0,000953	0,031	9,936	9,966	762,19	762,19	757,59	757,52	757,29	757,22	4,60	4,67	0,07	457	300	29,9	26,17	0,56	8,97
41	42	1	1	36	40	0,000953	0,034	9,966	10,000	762,19	762,34	757,52	757,44	757,22	757,14	4,67	4,90	0,08	450	300	29,9	26,37	0,57	8,97

Ek 3 (Devam)

42	43	1	1	52	41	0,000953	0,050	10,000	10,050	762,34	762,67	757,44	757,33	757,14	757,03	4,90	5,34	0,11	473	300	30,36	25,72	0,56	9,11
43	44	1	1	52	42	0,000953	0,050	10,050	10,100	762,67	762,19	757,33	757,22	757,03	756,92	5,34	4,97	0,11	473	300	30,36	25,72	0,56	9,11
44	45	1	1	30	43	0,000953	0,029	10,100	10,128	762,19	762,27	757,22	757,16	756,92	756,86	4,97	5,11	0,06	500	300	31,29	25,02	0,55	9,39
45	46	1	1	34	44	0,000953	0,032	10,128	10,161	762,27	764,31	757,16	757,09	756,86	756,79	5,11	7,22	0,07	486	300	30,82	25,37	0,55	9,25
46	47	1	1	28	45	0,000953	0,027	10,161	10,187	764,31	764,08	757,09	757,03	756,79	756,73	7,22	7,05	0,06	467	300	30,82	25,89	0,57	9,25
47	48	1	1	31	46	0,000953	0,030	10,187	10,217	764,08	761,96	757,03	756,96	756,73	756,66	7,05	5,00	0,07	443	300	30,36	26,58	0,58	9,11
48	49	1	1	37	47	0,000953	0,035	10,217	10,252	761,96	761,98	756,96	756,88	756,66	756,58	5,00	5,10	0,08	462	300	30,82	26,03	0,57	9,25
49	50	1	1	39	48	0,000953	0,037	10,252	10,289	761,98	762,01	756,88	756,80	756,58	756,50	5,10	5,21	0,08	487	300	31,29	25,35	0,56	9,39
50	51	1	1	34	49	0,000953	0,032	10,289	10,322	762,01	762,02	756,80	756,73	756,50	756,43	5,21	5,29	0,07	486	300	31,29	25,37	0,56	9,39
51	52	1	1	26	50	0,000953	0,025	10,322	10,347	762,02	762,01	756,73	756,67	756,43	756,37	5,29	5,34	0,06	433	300	30,36	26,88	0,58	9,11
52	53	1	1	45	51	0,000953	0,043	10,347	10,389	762,01	762,00	756,67	756,58	756,37	756,28	5,34	5,42	0,09	500	300	31,29	25,02	0,55	9,39
53	54	1	1	37	52	0,000953	0,035	10,389	10,425	762,00	761,95	756,58	756,50	756,28	756,20	5,42	5,45	0,08	462	300	30,82	26,03	0,57	9,25
54	55	1	1	33	53	0,000953	0,031	10,425	10,456	761,95	762,03	756,50	756,43	756,20	756,13	5,45	5,60	0,07	471	300	31,29	25,78	0,57	9,39
55	56	1	1	37	54	0,000953	0,035	10,456	10,491	762,03	761,94	756,43	756,35	756,13	756,05	5,60	5,59	0,08	463	300	30,82	26	0,57	9,25
56	57	1	1	34	55	0,000953	0,032	10,491	10,524	761,94	761,94	756,35	756,28	756,05	755,98	5,59	5,66	0,07	486	300	31,29	25,37	0,56	9,39
57	58	1	1	34	56	0,000953	0,032	10,524	10,556	761,94	762,02	756,28	756,21	755,98	755,91	5,66	5,81	0,07	486	300	31,29	25,37	0,56	9,39
58	59	1	1	44	57	0,000953	0,042	10,556	10,598	762,02	762,01	756,21	756,12	755,91	755,82	5,81	5,89	0,09	489	300	31,75	25,3	0,56	9,53
59	60	1	1	59	58	0,000953	0,056	10,598	10,654	762,01	762,25	756,12	756,00	755,82	755,70	5,89	6,25	0,12	492	300	31,75	25,22	0,56	9,53
60	61	1	1	30	59	0,000953	0,029	10,654	10,683	762,25	761,95	756,00	755,94	755,70	755,64	6,25	6,01	0,06	500	300	31,75	25,02	0,56	9,53
61	62	1	1	25	60	0,000953	0,024	10,683	10,707	761,95	761,94	755,94	755,89	755,64	755,59	6,01	6,05	0,05	500	300	31,75	25,02	0,56	9,53
62	63	1	1	56	61	0,000953	0,053	10,707	10,760	761,94	761,99	755,89	755,77	755,59	755,47	6,05	6,22	0,12	467	300	31,29	25,89	0,57	9,39
63	64	1	1	47	62	0,000953	0,045	10,760	10,805	761,99	761,81	755,77	755,67	755,47	755,37	6,22	6,14	0,10	470	300	31,75	25,8	0,57	9,53
64	65	1	1	67	63	0,000953	0,064	10,805	10,869	761,81	761,95	755,67	755,53	755,37	755,23	6,14	6,42	0,14	479	300	31,75	25,56	0,57	9,53

Ek 3 (Devam)

65	66	1	1	42	64	0,000953	0,040	10,869	10,909	761,95	761,80	755,53	755,44	755,23	755,14	6,42	6,36	0,09	467	300	31,75	25,89	0,58	9,53
66	67	1	1	47	65	0,000953	0,045	10,909	10,954	761,80	761,79	755,44	755,34	755,14	755,04	6,36	6,45	0,10	470	300	31,75	25,8	0,57	9,53
67	68	1	1	44	66	0,000953	0,042	10,954	10,996	761,79	761,76	755,34	755,25	755,04	754,95	6,45	6,51	0,09	489	300	32,22	25,3	0,57	9,67
68	69	1	1	39	67	0,000953	0,037	10,996	11,033	761,76	761,85	755,25	755,17	754,95	754,87	6,51	6,68	0,08	487	300	32,22	25,35	0,57	9,67
69	70	1	1	27	68	0,000953	0,026	11,033	11,059	761,85	761,81	755,17	755,11	754,87	754,81	6,68	6,70	0,06	450	300	31,75	26,37	0,59	9,53
70	71	1	1	32	69	0,000953	0,031	11,059	11,089	761,81	763,11	755,11	755,04	754,81	754,74	6,70	8,07	0,07	457	300	31,75	26,17	0,58	9,53
71	72	1	1	42	70	0,000953	0,040	11,089	11,129	763,11	761,69	755,04	754,95	754,74	754,65	8,07	6,74	0,09	467	300	32,22	25,89	0,58	9,67
72	73	1	1	25	71	0,000953	0,024	11,129	11,153	761,69	761,70	754,95	754,90	754,65	754,60	6,74	6,80	0,05	500	300	32,69	25,02	0,57	9,81
73	74	1	1	22	72	0,000953	0,021	11,153	11,174	761,70	761,00	754,90	754,85	754,60	754,55	6,80	6,15	0,05	440	300	31,75	26,67	0,59	9,53
74	75	1	1	34	73	0,000953	0,032	11,174	11,206	761,00	760,50	754,85	754,78	754,55	754,48	6,15	5,72	0,07	486	300	32,22	25,37	0,57	9,67
75	76	1	1	34	74	0,000953	0,032	11,206	11,239	760,50	759,85	754,78	754,71	754,48	754,41	5,72	5,14	0,07	486	300	32,69	25,37	0,57	9,81
76	77	1	1	55	75	0,000953	0,052	11,349	11,401	759,85	760,40	754,71	754,60	754,41	754,30	5,14	5,80	0,11	500	300	33,16	25,02	0,57	9,95
77	78	1	1	55	76	0,000953	0,052	11,401	11,454	760,40	759,03	754,60	754,49	754,30	754,19	5,80	4,54	0,11	500	300	33,16	25,02	0,57	9,95
78	79	1	1	46	77	0,000953	0,044	11,454	11,497	759,03	758,52	754,49	754,39	754,19	754,09	4,54	4,13	0,10	460	300	32,22	26,08	0,59	9,67
79	80	1	1	41	78	0,000953	0,039	11,497	11,537	758,52	757,59	754,39	754,30	754,09	754,00	4,13	3,29	0,09	456	300	32,22	26,2	0,59	9,67
80	81	1	1	32	79	0,000953	0,031	11,537	11,567	757,59	756,28	754,30	754,23	754,00	753,93	3,29	2,05	0,07	457	300	32,69	26,17	0,59	9,81
81	82	1	1	61	80	0,000953	0,058	11,567	11,625	756,28	754,95	754,23	753,25	753,93	752,95	2,05	1,70	0,98	62	300	20,22	71,04	1,18	6,07
82	83	2	1	5	81	0,000953	0,005	11,625	11,630	754,95	754,95	753,25	752,99	752,95	752,69	1,70	1,96	0,26	19	300	15,26	128,33	1,75	4,58

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler		
Soyad, Ad		Bilek Ruder
Web sayfası (Research Gate, Academia, vs.)		

Eğitim Bilgileri		
Derece	Kurum	Mezuniyet Yılı
Lisans	Dokuz Eylül Üniversitesi İnşaat Mühendisliği	2010
Lise	Siirt Atatürk Anadolu Lisesi	2000

İş Deneyimi		
Dönem (Yıl)	Şirket, Kurum	Görev
2012– 2013	Statkraft	İnşaat Mühendisi
2013 – Devam ediyor	İller Bankası A.Ş. Diyarbakır Bölge Müdürlüğü	Teknik Uzman İnşaat Mühendisi

Yabancı Dil
İngilizce

DİCLE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TEZ BENZERLİK BİLDİRİMİ FORMU

Öğrencinin Adı, Soyadı	Ruder BİLEK		
Öğrenci No	17806002		
Ana Bilim Dalı	Hidrolik ve Su Kaynakları Mühendisliği		
Program Türü	Proje ☐	Yüksek Lisans ☒	Doktora ☐
Tez Danışmanı (Ünvanı, Adı, Soyadı)	Doç. Dr. Nizamettin HAMİDİ		
(Varsa) II. Tez Danışmanı (Ünvanı, Adı, Soyadı)			
Tez Başlığı	Cazibeli ve Terfili Kanalizasyon Sistemlerinin Verimlilik Analizi		
RAPOR BİLGİLERİ			
Raporlama Aşaması	Tez Savunma Sınavı Sonrası		
Sayfa Sayısı	78		
Raporlama Tarihi	22.02.2022		
Benzerlik Oranı (%)	13		

Yukarıda bilgileri verilen tez çalışmamın toplam 78 sayfalık kısmına ilişkin, 22/02/2022 tarihinde şahsım/tez danışmanım tarafından Turnitin isimli intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan intihal raporuna göre, tezimin benzerlik oranı % 13 olarak tespit edilmiştir.

Uygulanan filtrelemeler:

☐Başlangıç Bölümleri (Kabul ve Onay sayfası, Teşekkür sayfası, Özet/Abstract) hariç

☐Kaynaklar hariç

☐Alıntılar hariç/dâhil

☒Diğer (Kaynaklar dahil)

Tezimin benzerlik oranı, Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İntihal Raporu Uygulama Esaslarında belirtilen üst sınır benzerlik oranını aşmamaktadır. Benzerlik oranım üst sınır benzerlik oranının altında olsa dahi aksinin tespit edilmesi durumunda her türlü yasal sorumluğu kabul ettiğimi ve hukuki sonuçlarına razı olduğumu bildirir, gereğini arz ederim.

Öğrencinin Adı, Soyadı: Ruder BİLEK
Tarih: 28.02.2022
İmza:

Danışman Adı, Soyadı: Doç. Dr. Nizamettin HAMİDİ Tarih: 28.02.2022	İmza:
Ana Bilim Dalı Başkanı Adı, Soyadı: Prof. Dr. Z.Fuat TOPRAK Tarih: 28.02.2022	İmza: