

T.C.
MUNZUR ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



**FARKLI TİPTEKİ ATIKSULARIN BETON DAYANIMI ÜZERİNE
ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI**

Muhammed Furkan GEDİK

YÜKSEK LİSANS TEZİ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN
Doç. Dr. Murat TOPAL

TUNCELİ-2023

T.C.
MUNZUR ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

FARKLI TİPTEKİ ATIKSULARIN BETON DAYANIMI ÜZERİNE
ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

Muhammed Furkan GEDİK
(210020004)

YÜKSEK LİSANS TEZİ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN
Doç. Dr. Murat TOPAL

TUNCELİ-2023

T.C.
MUNZUR ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**FARKLI TİPTEKİ ATIKSULARIN BETON DAYANIMI ÜZERİNE ETKİSİNİN
ARAŞTIRILMASI**

Muhammed Furkan GEDİK
YÜKSEK LİSANS TEZİ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Bu tez 25/04/2023 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri tarafından **oybirliği** ile kabul edilmiştir.

Doç.Dr.Murat TOPAL
(Munzur Üniversitesi)

DANIŞMAN

Doç.Dr.E.İşıl ARSLAN TOPAL
(Fırat Üniversitesi)

ÜYE

Dr. Öğr. Üyesi Erdal ÖBEK
(Fırat Üniversitesi)

ÜYE

Bu tez, Enstitümüz Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı'nda hazırlanmıştır.

Doç. Dr. Murat KORUNUR
Enstitü Müdürü

Bu çalışma, Munzur Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından desteklenmiştir.

Proje No: YLMUB022-02

NOT: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı “Fikir ve Sanat Eserleri Kanunu”ndaki hükümlere tabidir.

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Bu tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı; bu çalışma kapsamında elde edilen tüm veri ve bilgiler için kaynak gösterdiğimi ve bu kaynaklara kaynakçada yer verdiğimi ve hiçbir şekilde “intihal içermediğini” beyan ederim. Herhangi bir zamanda, çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçları kabul ettiğimi bildiririm.

Muhammed Furkan GEDİK

Danışman
Doç. Dr. Murat TOPAL

TEŞEKKÜR

Her zaman maddi ve manevi desteği ile yanımda olan babama, anneme ve kardeşlerime; tez çalışmam boyunca desteğini esirgemeyen değerli eşime; laboratuvar çalışmalarım için cihaz kullanımı konusunda destek veren ve hali hazırda çalışmakta olduğum Erzincan Yapı Denetim Şirketi ve çalışanlarına teşekkür ederim.

Yüksek lisansımın başından sonuna kadar bilgi ve tecrübeleriyle her zaman yardımcı olan, tez çalışmamda bana cesaret veren, hem arazi hemde laboratuvar çalışmalarında her türlü desteği veren değerli Danışman Hocam Sayın Doç. Dr. Murat TOPAL’a ve desteklerini esirgemeyen Doç. Dr. E. Işıl ARSLAN TOPAL hocama teşekkür ederim.

Ayrıca bu tez çalışmasını YLMUB022-02 nolu projeyle destekleyen Munzur Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimine teşekkürlerimi sunarım.

Muhammed Furkan GEDİK
TUNCELİ - 2023



İÇİNDEKİLER

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ.....	I
TEŞEKKÜR.....	II
İÇİNDEKİLER.....	III
ŞEKİLLER LİSTESİ	IV
TABLolar LİSTESİ	V
KISALTMALAR LİSTESİ	VI
ÖZET.....	VII
ABSTRACT.....	VIII
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Beton Karışım Suyu Yönetmeliği	3
1.2. Betonarmede Göçme	4
1.3. Karıştırma Suyu Türleri.....	5
1.4. Su Türünün Betonun Özelliklerine Etkisi	6
1.4.1. Çimento hamurunun ilk priz süresi	6
1.4.2. İşlenebilirlik üzerindeki etkisi	7
1.4.3. Basınç dayanımı üzerindeki etkisi.....	8
1.4.4. Dayanıklılık üzerindeki etkisi.....	9
2. MATERYAL VE METOT	13
3. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	15
3.1. Atıksu Arıtma Tesisi Çıkış Sularının Beton Dayanımı Üzerine Etkisi	15
3.2. Kümes Hayvanları Kesimhanesi Çıkış Sularının Beton Dayanımı Üzerine Etkisi.....	18
3.3. Sızıntı Sularının Beton Dayanımı Üzerine Etkisi.....	22
4. SONUÇ VE ÖNERİLER	26
5. KAYNAKLAR.....	28
ÖZGEÇMİŞ	

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. Beton numunelerinin küplere aktarılması	14
Şekil 2.2. Beton numunelerinin genel görünümü.....	14
Şekil 2.3. Basınç dayanımı testleri	14
Şekil 3.1. Arıtma tesisi çıkış sularının kullanıldığı betonun 7 günlük kırılma değerleri	15
Şekil 3.2. Arıtma tesisi çıkış sularının kullanıldığı betonun 28 günlük kırılma değerleri.....	17
Şekil 3.3. Kümes hayvanı kesimhanesi sularının kullanıldığı betonun 7 günlük değerleri.....	19
Şekil 3.4. Kümes hayvanı kesimhanesi sularının kullanıldığı betonun 28 günlük değerleri.....	20
Şekil 3.5. Sızıntı sularının kullanıldığı betonun 7 günlük kırılma değerleri.....	22
Şekil 3.6. Sızıntı sularının kullanıldığı betonun 28 günlük kırılma değerleri.....	24

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 1.1. Beton karışımında kullanılan su için izin verilen EPA limitleri.....	3
Tablo 1.2. Çeşitli su türlerinin beton basınç dayanımına etkisi.....	10



KISALTMALAR LİSTESİ

EPA	: Çevre Koruma Ajansı
BOİ	: Biyolojik Oksijen İhtiyacı
AKM	: Askıda Katı Madde



ÖZET

Bu tez çalışmasının ana amacı farklı tipteki atıksuların beton dayanımı üzerine etkisinin araştırılmasıdır. Bu amaçla, beton yapımında kullanılan su yerine atıksu arıtma tesisi çıkış suları, kümes hayvanları kesimhanesi çıkış suları ve katı atık depolama sahası sızıntı suları kullanıldı. Beton numuneleri elde edildikten sonra 7 ve 28 günlük basınç dayanımı değerleri belirlendi. Elde edilen analiz sonuçlarına göre, arıtma tesisi çıkış sularının kullanıldığı betonun 7 ve 28 gün için ortalama basınç dayanımı değerleri 34,33 ve 37,18 N/mm² olarak belirlendi. Kümes hayvanları kesimhanesi çıkış sularının kullanıldığı betonun 7 ve 28 gün için ortalama basınç dayanımı değerleri 32,49 ve 36,56 N/mm² olarak tespit edildi. Sızıntı sularının kullanıldığı betonun 7 ve 28 günlük ortalama basınç dayanımı değerleri ise 31,35 ve 34,69 N/mm² olarak belirlendi. Sonuç olarak, su yerine atıksu arıtma tesisi çıkış suları kullanıldığında 7 ve 28 günlük basınç dayanımı değerlerinin kontrole göre %15,23 ve %21,73 oranında azaldığı, kümes hayvanları kesimhanesi çıkış suları kullanıldığında 7 ve 28 günlük basınç dayanımı değerinin kontrole göre %19,78 ve %24,31 oranında azaldığı ve sızıntı suları kullanıldığında ise 7 ve 28 günlük basınç dayanımı değerinin kontrole göre %22,59 ve %28,18 oranında azaldığı belirlendi.

Anahtar kelimeler: Atıksu, beton, çevre, dayanım, inşaat

ABSTRACT

Investigation of the Effect of Different Types of Wastewater on Concrete Strength

The main purpose of this thesis is to investigate the effects of different types of wastewater on concrete strength. For this purpose, wastewater treatment plant effluent, poultry slaughterhouse effluent and solid waste landfill leachate were used instead of water used in concrete production. After the concrete samples were obtained, the compressive strength values of 7 and 28 days were determined. According to the results of the analysis, the average compressive strength values of the concrete that the treatment plant effluent is used were determined as 34.33 and 37.18 N/mm² for 7 and 28 days. Average compressive strength values of the concrete using the effluent of the poultry slaughterhouse were found to be 32.49 and 36.56 N/mm² for 7 and 28 days. Average compressive strength values of the concrete for 7 and 28 days, in which leachate was used, was determined as 31.35 and 34.69 N/mm². As a result, it was determined that when wastewater treatment plant effluent is used instead of water, the 7 and 28 day compressive strength values decreased by 15.23% and 21.73% compared to the control, the 7 and 28 day compressive strength values were 19.78% and 24.31% when the poultry slaughterhouse effluent was used, and 7 and 28 days compressive strength values decreased by 22.59% and 28.18% compared to the control when leachate was used.

Key words: Wastewater, concrete, environment, strength, construction

1. GİRİŞ

Beton, yılda 7 milyar metreküpün üzerinde üretim ile dünyanın en çok kullanılan inşaat malzemesidir. Ayrıca, sudan sonra dünyada en çok tüketilen ikinci malzemedir (Mehta ve ark., 2014). Beton tipik olarak bir bağlayıcı, su ve agregadan yapılır. Tüm bu malzemelerden su temel bir bileşendir. Çünkü su, hidratasyon reaksiyonuna bir reaktant olarak bağlanır ve karışımın daha kolay işlenebilirliğini sağlar. Bu nedenle, beton karışımında kullanılan suyun istenen beton performansını değiştirebilecek özelliklere sahip olmamasının sağlanması önemlidir.

Beton endüstrisi, çok yüksek miktarda su tüketen sektörlerden biridir (Asadollahfardi ve ark., 2016). Beton yapımında yılda yaklaşık 1 milyar metreküp su kullanılır. Bunun yanı sıra, beton dökümünden önce agregaların temizlenmesi için de su kullanılır (Shekarchi ve ark., 2012). Ayrıca, beton yapımında kullanılan ekipmanı temizlemek için önemli miktarda su kullanılır. Son olarak, betonun sertleştirilmesi için su kullanılır (Naik ve ark., 2015). Standartlara göre, içme suyu için uygun olan veya düşük oranda kirlilik içeren sular, beton karışımında kullanılabilir (Portland Cement Association, 2003). Bununla birlikte, içme suyunun mevcudiyetinin az olduğu gelişmekte olan ülkelerde, sınırlı kaynaklara sahip olan beton üreticileri su arıtma işlemini gerçekleştiremedikleri için beton üretiminde farklı su kaynaklarını kullanma eğilimi göstermektedir (Awoyera ve ark., 2020).

Beton karışım suyunda yabancı madde bulunması, ortaya çıkan sıvı reaksiyonunu değiştirebilir ve beton özelliklerinin bozulmasına yol açabilir (Ata, 2014; Awoyera ve ark., 2017). Bu nedenle beton karışımında kullanılan suyun uygunluğu için temel kural "içme için uygunsa beton karışımında kullanılabilir" kuralıdır. Ancak çoğu durumda beton karışımında içme suyu kullanmak mümkün değildir. Bu, içme sularının tüketimine bağlı olarak insanların yüksek tatlı su talebinin fazla olması ve bazı topluluklarda sınırlı miktarda tatlı su arzının bir sonucudur. Bu nedenle beton yapmak için diğer mevcut su kaynakları kullanılır. Beton karışımında kullanılacak olan suların uygunluğuna yol gösteren yönetmelikler olmasına rağmen, içme için uygun olmayan ve beton üretmek için yabancı madde (deniz ve çorak sular gibi) bulunan sularda maalesef kullanılmıştır (Portland Cement Association, 2003; Neville, 2011). Atıksu kaynaklarında bulunan yabancı maddeler ya da kirleticiler betonun hem fiziksel hem de kimyasal özelliklerini bozabilir (Kucche ve ark., 2015). Betonda su uygunluğunun değerlendirilmesi, dünyanın bazı bölgelerinde bulunan ve suyun betonda kullanılmasına izin verilen yabancı madde sayısında sınırlamalar getiren düzenlemelere

dayanmaktadır. Beton üretiminde su karıştırmanın uygunluğunu belirlemek için kullanılan parametrelerden bazıları toplam askıda katı madde, biyolojik oksijen ihtiyacı, klor ve sülfat kalıntısı, toplam çözünmüş katı madde, kimyasal oksijen ihtiyacı, ağır metaller, elementler, suyun asidik ve bazik olma özelliği, sıcaklığı, elektriksel iletkenliği gibi parametreler sayılabilir (Awoyera ve ark., 2020).

İlginç bir şekilde, beton karışımında atıksu kullanımı dünyanın dört bir yanında büyük önem kazanmıştır. Çünkü farklı endüstriyel proseslerden atıksu çıkmakta ve deşarj edilmektedir. Bu endüstrilerden atıksuların deşarjıyla ilgili zorlukların çözülmesine yönelik olarak beton karışımında söz konusu sular kullanılabilir. İngiltere, Çin ve İspanya gibi gelişmiş ülkelerde atıksu beton karışımında kullanılmaktadır ve bu tür kompaktların temiz suyla yapılan benzer özellikler gösterdiği tespit edilmiştir. Ancak betonda ham atıksu kullanımı, betonun bazı özelliklerini etkilediği için kesinlikle önerilmemektedir (Noguchi ve Tamura, 2001). Memon ve ark. (2013) sodyum, kalsiyum, magnezyum, potasyum tuzları içeren su ile karıştırılmış çimento ve uçucu kül ikili karışımının betonun mekanik özellikleri üzerinde önemli bir etkisi olmadığını bildirmiştir. Beton karışımında çamur suyu kullanımının beton çökmesi ve mukavemetinde azalmaya neden olduğu da tespit edilmiştir (Chatveera ve ark., 2006).

Aritılmış atıksu (evler, endüstriler ve ticari binalar gibi kaynaklardan kaynaklanan), beton karışımında tamamen veya kısmen tatlı suyun yerine kullanılabilir. Betonla karıştırılmak üzere arıtılmış su kullanımının, tatlı su ile yapılanlara benzer mukavemet verdiği bildirilmiştir (Al-Jabri ve ark., 2011). Bununla birlikte, arıtma gereksinimi, birincil arıtma yönteminden üçüncül arıtma yöntemine kadar değişir. Üçüncül arıtmaya tabi tutulmuş karışım suyunun kullanılmasının betonun özelliklerine olumsuz bir etkisi yoktur. Ancak birincil ve ikincil yöntemlerle arıtılan karışım suyunun kullanılması betonun özelliklerini olumsuz yönde etkileyebilir. Birincil atıksu arıtımından elde edilen suyla yapılan beton için mukavemette %10'a varan bir azalma bildirilmiştir (Al-Ghusain ve Terro, 2003). Daha önceki bir çalışmada, ham kanalizasyon suyu karıştırma suyu olarak kullanıldığında basınç dayanımında %9 oranında azalma olduğu bildirilmiştir (Asadollahfardi ve ark., 2016). Başka bir çalışmada ise arıtılmış atıksu kullanıldığında betonun basınç dayanımında bir artış olduğu gözlenmiştir (Noruzman ve ark., 2012).

Nüfus artışı, kentleşme ve değişen yaşam tarzları nedeniyle gelecekteki beton talebinin artması beklenmektedir (Awoyera ve ark., 2016; Awoyera ve Okoro, 2019). Bu nedenle, beton karıştırma suyuna olan ihtiyacın da sonuç olarak artması beklenmektedir. Bu

tez çalışması kapsamında da farklı tipteki atıksular kullanılarak atıksuların beton dayanımı üzerine herhangi bir etkinin olup olmadığı belirlendi. Bu amaçla, beton dökümünde kullanılan su yerine Elazığ Belediyesi Atıksu Arıtma Tesisi çıkış suları, kümes hayvanları kesimhanesinden çıkan sular ve katı atık depolama tesisinden çıkan sızıntı suları kullanıldı.

1.1. Beton Karışım Suyu Yönetmeliği

Başta inşaat işçileri olmak üzere insan yaşamına yönelik herhangi bir tehdidi önlemek için, beton karışımında kullanılan suyun uygunluğu konusunda mevcut kural ve standartlara uyulması gerekmektedir. Bu düzenlemeler aynı zamanda kullanılan karışım suyunun türünden dolayı betonun özellikleri üzerinde önemli bir olumsuz etkinin olmamasını da sağlamaktadır. Kural, atıksularda mevcut olan farklı kimyasal ve biyolojik parametreler için maksimum seviyeleri belirler. Beton yapımı ile ilgili olarak Çevre Koruma Ajansı (EPA) tarafından bazı yasal düzenlemeler tanımlanmıştır (EPA, 2004). Beton karışımında kullanılan su için izin verilen bazı parametreler Tablo 1.1'de listelenmiştir. Bu tabloya göre betonda kullanılacak olan arıtılmış sudaki belirli türdeki malzemelerin/kimyasalların miktarını sınırlamaktadır. Ayrıca, Portland Çimento Birliği gibi kuruluşlar, beton üretiminde kullanılacak suda bulunması gereken bazı maddelerin izin verilen seviyelerini de belirlemektedir (Portland Cement Association, 2003).

Tablo 1.1. Beton karışımında kullanılan su için izin verilen EPA limitleri

Madde/kimyasal	Maksimum değer	Birim
Toplam askıda katı madde	30	mg/L
BOI ₅	30	mg/L
Fekal koliform	200	CFU/100 mL
Kalıntı klor	1	mg/L

Beton karışımında kullanılan suyun uygunluğunu belirlemek için ASTM C94 (ASTM C94, 2014), ASTM C109 (ASTM C109, 2012) ve EN1008 (BS EN 1008, 2002) gibi standartlar da uygulamaya konmuştur. ASTM C109 (ASTM C109, 2012) harcı ile yapılan betonda, seyreltilmiş su ile yapılan kontrol numunelerinin mukavemetinden daha az olmamak üzere 7 günlük bir mukavemet veriyorsa beton karışımında su kullanılabilir. Suyun karıştırılması için kullanılan diğer mevcut standartlar şunlardır; ACI 318M (ACI 318M, 2015) ve ASTM C1602M (ASTM 1602M, 2012). Bununla birlikte, bu standartların yalnızca

dünyanın belirli bir bölgesine (Avustralya, Kuzey Amerika ve Avrupa) özgü olduğunu belirtmek önemlidir (Awoyera ve ark., 2020). Bu tez çalışması kapsamında uygulanan standartlar şu şekildedir; TS EN 12350-1, TS EN12350-2, TS EN 12390-2, TS EN 12390-3, TES EN 12390-7, TS EN 206, TS500.

1.2. Betonarmede Göçme

Yapısal başarısızlıklar çok uzun zamandan beri tarihte vardır. Örneğin, Babil'de (MÖ 1792-1750), bir inşaatçı tarafından inşa edilen bir evin yapısal sorunu olduğu ve ikamet edenlerin ölümüne neden olduğu gerekçesiyle inşaatçının idam edileceğini belirten yasal kurallar vardı. Avrupa Orta Çağı'nda, kısmen dini ve ekonomik çeşitliliği nedeniyle, insanlar yapısal başarısızlığı doğüstü nedenler olarak görüyorlardı. Kullanılan geleneksel malzemeler, bükülme için önemli bir yapısal sorun oluşturmuyordu ve bu dönemde çok katlı yapılar yaygın değildi. Roma döneminde kubbe, kemer ve tonozların inşası kullanılmaktaydı ve Avrupa yapısının bir parçasını oluştuyordu. Malzemeleri cömertçe kullanarak önemli yapıların yıkılmamasını sağlama eğilimi vardı ve bunun sonucunda birçok Romalı mimarların eserleri günümüze kadar gelmiştir (Taiwo ve Afolami, 2011).

On altıncı yüzyıldan on dokuzuncu yüzyıla kadar, teknolojik standart giderek artmaya başladı. Bina standartları da arttı, ancak boyutlar ağırlıklı olarak eskisiyle aynıydı. Bina çöküşünün ana nedeni, yüzyıllar öncesine kadar her zaman önemli bir neden olan zayıf inşaat yapılarıydı. Binalardaki teknolojik değişiklikler verimli olmasına rağmen, bu değişikliklerin çeşitli etkileri kontrol edilmemiş ve böylece on sekizinci yüzyılda çeşitli yıkımlara neden olmuştur (Awoyera ve ark., 2020).

Yaşam standardı yüzyıllar boyunca artmış, teknolojik çağ bina inşa etme sürecinin daha kolay olmasına neden olmuştur. Yirminci yüzyıldan yirmi birinci yüzyıla, yani bulunduğumuz yüzyıla kadar, teknoloji şunların inşasına yardımcı olmuştur; daha iyi evler, yüksek katlı binalar, estetik binalar ve farklı amaçlara hizmet eden çeşitli binalar. Bu yüzyılda bilgisayar kullanılarak bina yüklerinin elde edildiği ve çeşitli risk değerlendirmelerinin yapıldığı binalar inşa edilebilmektedir (Awoyera ve ark., 2020).

Binaların teknolojik gelişiminin olduğu yirmi birinci yüzyılda, yıllar içinde hala çok sayıda yapısal başarısızlık vakası kaydedilmekte ve yıkıcı etkiler bırakmaktadır. Gelişmiş ülkelerde yapısal başarısızlıklar nadirdir. Başlıca nedenleri ise doğal afetlerdir. Gelişmekte olan ülkelerde olduğu gibi, yapısal başarısızlıklar her yıl yapay olarak indüklenen çeşitli

nedenlerle sürekli olarak ortaya çıkmaktadır. Bu insan yapımı hatalar; standart altı malzemeler, zayıf denetim, drenajsız yapılar, kötü inşaat, yapısal kusur, kalifiyesiz eleman, aşırı yükleme, düşük kaliteli malzeme, jeoteknik araştırması olmayan yapılar, yaşlılık, zayıf inşaat, yasadışı onay, yasadışı dönüşüm, yıkım süreci, bakım eksikliği ve diğerleri, çok sayıda can ve mülkün kaybına yol açmaktadır (Awoyera ve ark., 2020).

1.3. Karıştırma Suyu Türleri

Su, bağlayıcıyı aktive etmeye yardımcı olduğu ve uygulanabilir bir karışım sağladığı için betonun ana bileşenlerinden biridir. Beton karıştırma suyu farklı kaynaklardan elde edilebilmekte olup, bu kaynaklardan bazıları tatlı su, gri su, yeraltı suyu, beton yıkama suyu, nehir suyu ve deniz suyunu içermektedir. Tatlı sular genellikle insanlar tarafından içme ve yemek pişirme amacıyla kullanılmaktadır. Bu tür sular her ne kadar askıda katı madde içermiş olsada askıda katı madde miktarları oldukça düşük olduğundan beton yapımında kullanmak için oldukça idealdir. Bununla birlikte, tatlı sular, yüksek miktarda potasyum ve sodyum içeriyorsa, beton karışımında kullanılması uygun olmayabilir (Neville, 2011). Karışım suyundaki yüksek potasyum ve sodyum içeriği, toplam kullanılabilir potasyum/sodyum miktarını artıracak ve böylece beton yapmak için reaktif agregalar kullanıldığında bir alkali-agrega reaksiyonuna neden olacaktır (Shi ve Lothenbach, 2020; Awoyera ve Adesina, 2019). Gri sular, duş, küvet ve çamaşır makinesi gibi ev kaynaklarından elde edilen su türleridir. Bununla birlikte, gri su tuvaletten (pisuarlar) ve mutfaktan (lavabo ve bulaşık makinesi) gelen suyu içermez. Gri su çoğunlukla arıtıldıktan sonra beton karışımında kullanılabilir (Al-Jayyousi, 2003). Ancak beton karışımında ham gri suyu kullanmak betonun yapısal özelliklerini bozabilir. Beton yapımında kullanılan yeraltı suları başka bir su kaynağıdır (Mintenig ve ark., 2019). Gevşek kaya parçacıklarının boşlukları ile kaya çatlakları ve yarıkları arasında yeraltısuları bulunabilir (Awoyera ve ark., 2020).

Beton yıkama suyu, beton varillerin yıkanmasından kaynaklanan sulardır. Beton bir tamburun içini yıkamak için yaklaşık olarak 150-300 galon su gereklidir (Borger, 1994). Beton yıkamadan kaynaklanan bu atıksu, 11 ile 12 arasında olan çok yüksek bir pH'a sahiptir (Karcher ve ark., 2002). Yüksek pH, çözültideki yüksek kireçtaşı içeriğinin bir sonucudur. Ayrıca yıkama suyunda, kullanılan katkılardan ve çimentodan çözünmüş katı maddeler ve çimentonun hidrasyonu sonucu oluşan kimyasalları barındırabilir (Trezza ve Ferraiuolo,

2003). Portland Çimento Birliği, beton mikserinin yıkanmasında elde edilen karışım suyunda toplam askıda katı madde (AKM) miktarının 2000 mg/L ile sınırlandırmıştır. Bu sınırlamanın asıl nedeni, askıda katı maddeler ile yeni karışım arasındaki betonun özelliklerini değiştirebilecek etkileşimi önlemek içindir. Ayrıca yıkama suyu, sırasıyla çimento ve agregaların varlığından dolayı yüksek alkali ve toplam katı madde de içerir (Chatveera ve ark., 2006).

Nehirlerden gelen sulardan oluşan nehir suyu, nehrin jeolojik yoluna bağlı olarak önemli ölçüde farklılık gösterir. Nehirlerden gelen su genellikle beton karışımında kullanılabilir. Bununla birlikte, suda çoğunlukla insan faaliyetlerinden kaynaklanan çok sayıda kirletici olduğundan dikkatli olunması gerekmektedir (Awoyera ve ark., 2020).

Deniz suyu, gelişmekte olan ülkelerde beton karışımında kullanılır. Bununla birlikte, deniz suyu, nehir suyuna kıyasla yüksek miktarda tuz içerir. Çünkü kimyasal bileşenlerinin yaklaşık %88'inin sodyum klorür olduğu bildirilmiştir (McCoy, 1996). Deniz suyunun ana bileşimi kalsiyum, klorür, magnezyum, potasyum ve sodyum iyonlarıdır ve pH değeri 7,4 ila 8,4 arasında değişmektedir (Wegian, 2010). Genel olarak, yüksek miktarda tuza sahip su, beton ömrüne zarar verebilir. Çünkü korozyon betonun kalitesini düşürebilir (Awoyera ve ark., 2020).

1.4. Su Türünün Betonun Özelliklerine Etkisi

1.4.1. Çimento hamurunun ilk priz süresi

Karışım suyundaki safsızlıkların varlığı çimento hamurunun priz süresini değiştirebilir. Diğer bir deyişle, beton karışım suyunda kirleticilerin bulunması taze karışımın priz süresini uzatabilir. Sertleşme süresindeki gecikme, safsızlıkların neden olduğu çimento ile su reaksiyonunun engellenmesine bağlanabilir.

İşlenmiş gri su içeren numunenin daha uzun sürede ayarlanmasının nedeni, çözünmüş tuzların varlığından ve sıvı alma işlemini geciktirme eğiliminden kaynaklanabilir. Çimento hamurunun ilk priz süresinin, artırılmış sudaki tuzların varlığı nedeniyle uzadığı bildirilmiştir (Shekarchi ve ark., 2012). Ayrıca, işlenmiş gri suda ham gri suya kıyasla daha fazla tuz bulunması priz süresini uzatacaktır. Ayrıca su oranındaki artışın çimento hamurunun priz süresini arttırdığı tespit edilmiştir (Neville, 2011). Ancak, Ghorab ve ark. (1990), beton karışımında nehir suyu (Nil'den gelen), yeraltı suyu ve deniz suyu

kullanıldığında, musluk suyu betonuna göre hem ilk hem de son priz sürelerinin daha kısa olduğunu bildirmişlerdir. Suda ve çimentoda kalsiyum oksit ile reaksiyona giremeyen yüksek konsantrasyonda kurşun bulunması, çimento hamurunun priz süresini uzatabilir. Ayrıca karışım suyunda magnezyum hidroksit bulunduğunda ayar süreleri de uzamaktadır (Reddy ve ark., 2006). Karıştırma suyunda, priz süresini değiştirebilen potasyum, sodyum karbonat ve bikarbonatlar gibi belirli bileşikler varsa betonun sertleşmesi için geçen süre azalabilir. Beton karışımındaki bikarbonatların varlığı ise betonun priz süresinin artmasına ya da azalmasına neden olabilir. Asadollahfardi ve ark. (2016) çimento hamuru yapmak için atıksu kullanımının priz süresini uzattığını bildirmişlerdir. Sertleşme süresinin atıksu tarafından uzatılması, sertleşme sürecini geciktiren safsızlıkların varlığına bağlanmıştır. Başka bir çalışmada, Wegian (2010), betonu karıştırmak için deniz suyunun kullanılmasının priz süresini hızlandırdığını bildirmiştir. Ayrıca karışım suyunda kalsiyum sülfat bulunmasının priz süresini arttırdığı tespit etmiştir. Karışım suyunda çok yüksek konsantrasyonda kalsiyum sülfat olması halinde ise priz süresi azalabilmektedir (Ghorpade ve ark., 2015).

Ayrıca yüksek pH içeren suyun beton karışımında kullanılması çimento hamurunun priz süresini önemli ölçüde arttırdığı bildirilmiştir. Alkalinite ne kadar yüksek olursa, sertleşme süreleri o kadar hızlı olabilir. Bu hızlandırılmış sertleşme süresi, girolit oluşumuna bağlanabilir (Ghorpade ve ark., 2015). Sülfürik asit veya hidroklorik asit varlığı hamurun ilk ve son priz süresini azalttığı da bulunmuştur (Mishra ve ark., 2003).

1.4.2. İşlenebilirlik üzerindeki etkisi

Çökme testi genellikle bir beton karışımının işlenebilirliğini belirlemek için kullanılır. Betonlamada, "çimentolu bir hamurun çökmesi ne kadar yüksekse, o kadar işlenebilir" olduğu sonucuna varan yaygın bir fikir vardır. Karışım suyunun özellikleri betonun çökme özelliğini etkileyebilir. Betonu karıştırmak için gri su vb. kullanmak çökmede bir azalmaya yol açabilir. Bunun nedeni suda çözünmüş katı maddelerin bulunması ve bunun neticesi olarak karışımındaki genel katıların artmasından kaynaklanmaktadır (Ghaur ve ark., 2016). Betonu karışımında atıksu, gri su vb. kullanıldığında betonun çökmesi azalabilir (Shekarchi ve ark., 2012). Al-Ghusain ve Terro (2003), beton karışımında farklı arıtma seviyelerine sahip farklı atık sular kullanıldığında çökmede bir artış olduğunu bildirmişlerdir. Ancak, Asadollahfardi ve ark. (2016) beton yapımında arıtılmış atıksu

kullanıldığında çökme üzerinde önemli bir etki bulamamışlardır. Çökmedeki bu tutarlı olmayan sonuç, arıtmadan sonra atıksudaki safsızlıkların büyük ölçüde azalmasının bir sonucu olabilir. Beton yıkama suyu kullanımının ise çökme üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir (Asadollahfardi ve ark., 2015).

1.4.3. Basınç dayanımı üzerindeki etkisi

Beton yapımında kullanılan atıksu, gri su vb. gibi suların hazırlanan çimento harcının mukavemeti üzerinde zararlı etkisinin olmadığı bulunmuştur (Ghrair ve ark., 2016). Ancak, söz konusu suların kullanılması neticesinde betonun basınç dayanımında azalmalar meydana geldiği bazı çalışmalarda belirtilmiştir. Basınç dayanımındaki azalma, su ve atıksular içerisinde çok miktarda organik materyalin varlığına bağlanabilir. Chini ve Mbwanbo (1996) tarafından yapılan bazı çalışmalar bu durumu desteklemektedir. Sonuç olarak, beton üretiminde kullanılan suyun çeşidi betonun basınç dayanımı üzerine etki yaptığı söylenebilir.

Bazı çalışmalarda, tatlı su yerine gri su ile değiştirmek için bazı girişimlerde bulunulmuştur (Mehrdadi ve ark., 2009). Ancak, ham gri su ile tatlı suyun karıştırılmasının betonun mukavemeti üzerinde herhangi bir etkisi olmamıştır. Ghorab ve ark. (1990) beton yapmak için farklı su türleri kullanıldığında betonun basınç dayanımında önemli bir değişiklik olmadığını belirtmişlerdir. Sandrolini ve Franzoni (2001) beton karışımında ham gri su kullanıldığında mukavemet kaybı olmadığını bildirmişlerdir.

Karışım suyunda daha yüksek miktarda magnezyum sülfat bulunması harcın basınç dayanımını azaltır (Arel, 2016). Ayrıca sularda bulunan magnezyum klorürün varlığı, sönmüş kireç ile reaksiyona girdiğinde betonun dayanımında bir azalmaya neden olabilir (Santhanam, 2013). Basınç dayanımındaki azalma, çimento ve su arasındaki hidratasyon reaksiyonunu etkileyen kalsiyum klorürün oluşmasına bağlanabilir. Ayrıca atıksuda magnezyum hidroksit (brüsit) gibi suda çözünmeyen bazların bulunması betonun basınç dayanımında azalmaya neden olabilir (Reddy ve ark., 2006). Geri kazanılan atıksu, aynı zamanda tatlı suların yerine karışım suyu olarak da kullanılmıştır (Jin ve ark., 2014). Tay ve Yip (1987), geri kazanılmış atık su kullanıldığında betonun basınç dayanımı üzerinde önemli bir etki olmadığını bulmuşlardır. Başka bir çalışmada, üçüncül atıksu kullanımının, içme suyuyla yapılanlara kıyasla daha yüksek dayanım sağladığı bildirilmiştir (Ahmad ve ark., 2016). Başka bir çalışmada ise, yıkama suyu kullanılarak üretilen harç ve betonun mukavemetinin geleneksel bir karışımdan daha yüksek bir mukavemete sahip olduğu

bulunmuştur (Sandrolini ve Franzoni, 2001). Ancak, Chatveera ve ark. (2006) benzer bir karışım için mukavemette bir azalma olduğunu bildirmişlerdir. Bunun nedeni, çimentolu matrisi gözenekli hale getiren yüksek pH veya katı madde varlığının bir sonucu olabilir. İlgili başka bir çalışmada Asadollahfardi ve ark. (2015), beton karıştırma için beton yıkama suyu kullanıldığında basınç dayanımında önemli bir fark olmadığını bildirmişlerdir.

Standartlarda önerildiği gibi beton karıştırmak için içme suyunun kullanılması atıksu ile yapılanlara göre daha yüksek dayanım sağlar (Asadollahfardi ve ark., 2016). Bu da beton üretimi için içme suyu kullanma ihtiyacını desteklemektedir. Deniz suyu, tatlı su ile yapılanlara göre betonda erken dayanım gelişimine ve uzun süreli dayanıklılığa yardımcı olur. Ancak daha sonraki yaşlarda eskinin dayanımında bir azalma oluşturabilir (Wegian, 2010). Bu gözlem daha önceki bir çalışma ile uyumludur (Xiao ve ark., 2017). Deniz suyundan elde edilen betonda yüksek erken dayanım, deniz suyunun çimento hidrasyonunu hızlandırmasından kaynaklanabilir. Bununla birlikte, olgunlukta betonun mukavemetindeki azalmaya dayanan deniz suyu sınırlaması, betonu kademeli olarak zayıflatan sudaki safsızlıklardan kaynaklanan kusurlardan kaynaklanabilir. Her ne kadar, deniz suyuyla karıştırılmış betonda metakaolin gibi mineral katkıları kullanılsada ek dayanım sağlamak için puzolanik reaksiyonları başlatabilen bu durumun üstesinden gelinebilir. Ayrıca mineral katkıların kullanımı çimento esaslı matriste gözenek inceltme ve dolgu etkisi sağlayabilir (Shi ve ark., 2015). Çeşitli su türlerinin beton basınç dayanımı üzerindeki etkisinin bir özeti Tablo 1.2.'de sunulmuştur (Awoyera ve ark., 2020).

1.4.4. Dayanıklılık üzerindeki etkisi

Dayanıklılık özelliği, somut değerlendirme için temel bir gerekliliktir. Betonun dayanıklılığı, maruz kaldığı ortamdaki zararlı kuvvetlere karşı koyabilme yeteneği olarak tanımlanabilir. Karışım suyu, kimyasal reaksiyona katılan betonun önemli bir bileşeni olduğundan, karışım suyundaki maddelerin varlığı, sonuç olarak betonun dayanıklılığını etkileyecektir (Awoyera ve ark., 2020).

Bazı çalışmalar, beton karışımında arıtılmış su kullanıldığında dayanıklılık üzerinde önemli bir zararlı etki olmadığını göstermiştir (Shekarchi ve ark., 2012; Ghrair ve ark., 2016). Çalışmalarda, su ile işlenmiş su ve tatlı su ile yapılan beton için sırasıyla %1,69; %1,75 ve %1,74 su emme değerleri elde etmişlerdir. Beton için bileşen malzemeleri (su hariç) ve karıştırma koşulları aynı olduğu için, ham suyun betonda bir miktar dolgu etkisi

yaratan çözünmüş katılar içerdiği ifade edilebilir. Bununla birlikte, yüksek miktarda klorür içeren sudan kaçınılmalıdır. Çünkü su içindeki klorür iyonları, donatı çubuklarının veya önerilmeli şeritlerin korozyonunu etkileyebilir (Al-Amoudi ve Maslehuddin, 1993). Kucche ve ark. (2015) asidik özelliklere sahip suyun daha mücadeleci olma eğiliminde olduğunu bildirmiştir. Bu nedenle, karışım suyunun yüksek asit seviyesi, betona asit saldırısı riskini artırır.

Tablo 1.2. Çeşitli su türlerinin beton basınç dayanımına etkisi

Karıştırma Suyu Türü	Beton basınç dayanımına etkisi	Kaynak
Musluk suyu	Etkisi yok	(Kaboosi ve Emami, 2019)
Arıtılmış endüstriyel atık su	Etkisi yok	(Kaboosi ve Emami, 2019)
Musluk suyu+eşit miktarda arıtılmış endüstriyel atık su	Etkisi yok	(Kaboosi ve Emami, 2019)
Üçüncül arıtılmış atık su	28 günlük basınç dayanımında %15 azalma	(Meena ve Luhar, 2019)
İkincil arıtılmış atık su	Temelde hafif basınç	(Meena ve Luhar, 2019)
Atıksu	Güçte %7 azalma	(Hassani ve ark.,2020)
Atıksu	Yüksek dayanımlı betonun etkisi yok	(Al-Jabri ve ark., 2011)
Gri Su	Basınç dayanımında önemli bir azalma yok	(Kaboosi ve Kaboosi, 2020)
Arıtılmış evsel atık su	Mukavemet üzerinde önemli bir etkisi yok	(Asadollahfardi ve ark., 2016)
Mikser kamyon yıkama suyu	7 güne kadar daha yüksek basınç dayanımları	(Matos ve ark., 2020)
Endüstriyel atık su	Geleneksel betondan daha yakın veya daha yüksek dayanım	(Ismail ve ark., 2011)
Deniz Suyu	Erken yaşta daha yüksek güç	(Ting ve ark., 2021)

Genel olarak karışım suyunda asidik bileşiklerin bulunması betonun genişmesine neden olmaz. Bununla birlikte, çimentonun bir kısmını çözerek, betonun genel olarak zayıflamasına yol açan çimentonun özelliklerini azaltır. Beton üzerindeki bu uzun süreli zararlı etkisi nedeniyle yüksek miktarda asidik bileşen içeren karışım suyu kullanımından kaçınılmalıdır. Betonu karıştırmak için kullanılan suyun pH'ı 12,5'in altında olduğunda,

betona karşı agresif davranma eğilimi gösterir (Chinchón ve ark., 2004). Çünkü sıvı alkalinitesindeki azalma sonunda çimento malzemesini daha az geçirgen hale getirecektir. Kimyasal reaksiyonun meydana gelme hızının da beton geçirgenliğine bağlı olması dikkat çekicidir. Örneğin, geçirgenliği düşük olan ve pH değeri 6'nın üzerindeki akışkanla temas eden beton, betonda yavaş bir atak oluşmasına neden olacaktır. Betona yapılan saldırı, çatlamaya, geçirgenlikte artışa ve yüke dayanma kabiliyetinde azalmaya neden olacaktır. Asitlik ve alkalilik sorununu ele alan, pH değeri 6,0 ila 8,0 aralığında olan su, beton karışımında kullanım için uygundur (Ahmad ve ark., 2016). Ayrıca, su yabancı maddeler içermemeli veya çok az kirletici içermelidir. Betonun dayanıklılığını test etmek için yüzey özdirenç yöntemi kullanıldığında hem arıtılmış suyun hem de tatlı suyun benzer direnç gösterdiği bulunmuştur (Asadollahfardi ve ark., 2015).

Deniz suyundaki yüksek miktarda sodyum klorür, betonun dayanıklılığı için büyük bir tehdit haline getirebilir. Deniz suyunda bulunan magnezyum sülfat kristalizasyonu beton için zararlıdır. Ayrıca betonda sülfat tuzlarının bulunması, sülfat atağı nedeniyle betonun bozulmasına neden olabilir (Tittelboom ve ark., 2013). Sülfat saldırısı, sülfat tuzları ve kalsiyum hidroksitler arasındaki etkileşimin bir sonucu olarak ortaya çıkar. Özellikle, kalsiyum hidroksitin magnezyum sülfat ile saldırısı, beton üzerinde zararlı etkilere neden olan çözünür bir magnezyum hidroksit üretir (Ganjian ve Pouya, 2005). Ek olarak, deniz suyunda bulunan klorür iyonları, depasivasyona (beton ve çelikte bir mekanizma ve korozyon süreci) yol açan beton boşluk suyunun alkalinitesini azaltabilir. Takviye çeliğinin korozyonu pH 11'in altında meydana gelir. Ayrıca, deniz suyundaki sodyum ve potasyum iyonları, reaktif agregalar kullanıldığında alkali-agrega reaksiyonunun yayılmasına neden olabilir. Bununla birlikte, deniz suyunun betonun dayanıklılığı üzerindeki önemli tehditleri, donatının korozyonu ve betondaki tuzların kristalleşmesidir (Benavente ve ark., 2007). Betonda tuzların kristalleşmesi, beton içinde gerilim yaratır (Li, 2016), bu da genleşme ve çatlak oluşumlarına yol açabilir. Ayrıca, deniz suyunun beton karışımında kullanıldığında çiçeklenme ve neme neden olduğu bulunmuştur (Shi ve ark., 2015). Akinkurolere ve ark. (2007) deniz ortamlarına maruz kalan düz ve betonarme için beton karıştırmak için deniz suyu kullanımının önerilmediğini bildirmişlerdir.

Karıştırma suyunda kalsiyum sülfat bulunması, betonun erken dayanımının daha yüksek olmasına neden olabilir (Ghorpade ve ark., 2015). Ancak etkisi deniz suyunun etkisine benzerdir. Bu durum daha sonraki yaşlarda basınç dayanımındaki azalmaya neden olur. Erken yaştaki yüksek mukavemet, kalsiyum ve silikat iyonları arasındaki reaksiyonun

bir sonucu olarak trikalsiyum silikatların oluşumuna bağlanabilir. Yaşla birlikte mukavemetteki azalmanın, matriste etrenjit oluşumundan kaynaklandığı (Ghorpade ve ark., 2015) ve mukavemet kaybının, karışım suyundaki asidik konsantrasyona bağlı olduğu söylenebilir (Arel ve ark., 2016).



2. MATERYAL VE METOT

Bu tezin amacı, farklı tipteki atıksuların beton dayanımı üzerine etkisinin belirlenmesidir. Bu çerçevede, bu tez çalışmasında, materyal olarak kullanılan kentsel atıksu numuneleri Elazığ Belediyesi Atıksu Arıtma Tesisi çıkış sularından, endüstriyel atıksu numuneleri Elazığ ilinde bulunan bir kümes hayvanları kesimhanesi çıkış sularından ve sızıntı suyu numuneleri ise Elazığ Belediyesi Katı Atık Düzenleme Depolama sahasından temin edildi. Atıksu numuneleri plastik kaplara konularak laboratuvara getirildi ve metal ve element analizi için hazırlandı. Atıksu numunelerinde metal ve element konsantrasyonları (Ag, Al, As, B, Ba, Br, Ca, Ce, Cl, Co, Cr, Cu, Fe, K, La, Li, Mg, Mn, Na, Ni, P, Pb, S, Sb, S, W, Zn) akredite olan bir laboratuvarda ICP-MS ile tespit edildi. Beton numuneleri ise Erzincan ilinde bulunan bir beton santralinde hazırlandı. Beton numuneleri beton mikserinin içerisinden alındı ve 15x15x15 cm boyutlarında olan numune küplerinin içerisine aktarıldı. Sonra, çelik bir şiş kullanılarak numuneler homojen olana kadar karıştırıldı ve hazırlanan beton numuneleri 1 gün bekletildi (Şekil 2.1). Beton numuneleri 1 gün bekletildikten sonra 15x15x15 cm olan küp kalıplardan ayrılarak kür havuzlarına bırakıldı (Şekil 2.2). Kür havuzlarının ortalama sıcaklıkları $20\pm2^{\circ}\text{C}$ olarak ayarlandı. 7. gün sonunda ve 28. gün sonunda kür havuzlarında bulunan beton numuneleri alınarak basınç dayanımı testi gerçekleştirildi (Şekil 2.3). Basınç dayanımı testi kısaca şu şekilde gerçekleştirildi. Basınç dayanımı deneyinde ölçüleri belirli numuneye (küp şeklinde) basınç pres aygıtı yardımıyla darbesiz, değişmeyen değerlerde kuvvet tatbik edildi. Numune kırılıncaya kadar devam ettirilen bu işlem kırılma anında durduruldu. Kesit alanı önceden bulunmuş olan numunenin, kırılmasını sağlayan kuvvet miktarı kesit alanına oranlanarak basınç mukavemeti tespit edildi. Bu işlem hem 7 gün sonunda hem de 28 gün sonunda gerçekleştirildi.



Şekil 2.1. Beton numunelerinin küplere aktarılması



Şekil 2.2. Beton numunelerinin genel görünümü



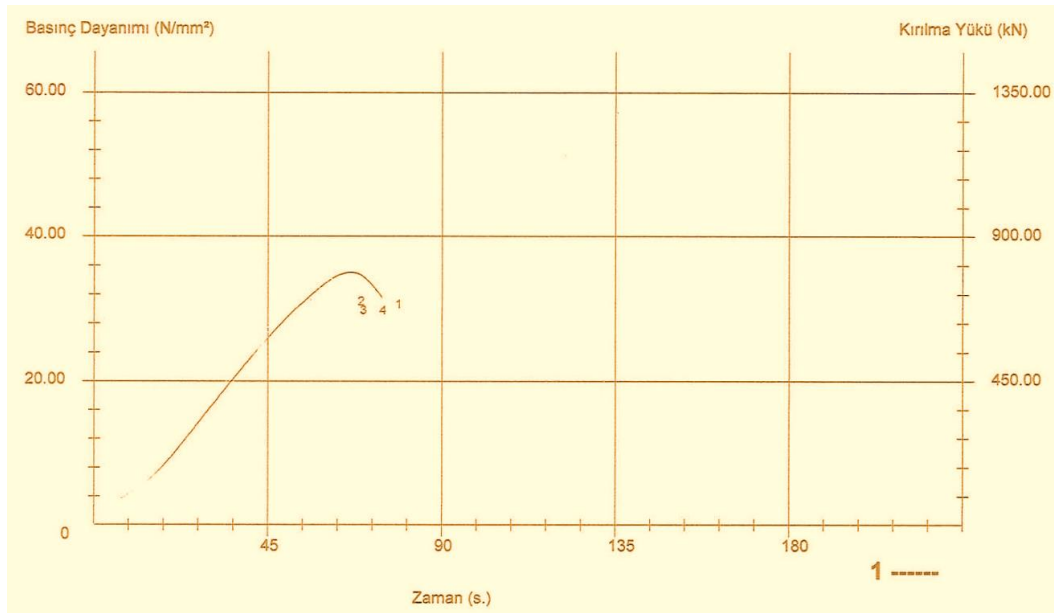
Şekil 2.3. Basınç dayanımı testleri

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu tez çalışması kapsamında farklı tipteki atıksuların beton dayanımı üzerine etkisi araştırıldı. Bu kapsamda, beton hazırlanırken beton yapımında kullanılan su yerine (kontrol) atıksu arıtma tesisi çıkış suyu, kümes hayvanları kesimhanesi atıksuyu ve çöp sızıntı suyu kullanıldı. Beton kırılmaları 7 ve 28 günlük olarak gerçekleştirildi ve elde edilen sonuçlar değerlendirildi.

3.1. Atıksu Arıtma Tesisi Çıkış Sularının Beton Dayanımı Üzerine Etkisi

Beton yapımında kullanılan Elazığ Belediyesi Atıksu Arıtma Tesisi çıkış sularında element analizleri gerçekleştirildi. Bu çerçevede, atıksu arıtma tesisi çıkış sularında Ag: 0,08 $\mu\text{g/L}$, Al: 137 $\mu\text{g/L}$, As: 5,4 $\mu\text{g/L}$, B: 441 $\mu\text{g/L}$, Ba: 45,38 $\mu\text{g/L}$, Br: 197 $\mu\text{g/L}$, Ca:98,74 mg/L, Ce: 0,12 $\mu\text{g/L}$, Cl: 91 mg/L, Co:0,37 $\mu\text{g/L}$, Cr: 3,7 $\mu\text{g/L}$, Cu: 5,1 $\mu\text{g/L}$, Fe: 177 $\mu\text{g/L}$, K: 13,58 mg/L, La: 0,04 $\mu\text{g/L}$, Li: 11,7 $\mu\text{g/L}$, Mg: 30,63 mg/L, Mn: 71,48 $\mu\text{g/L}$, Na: 92,45 mg/L, Ni: 1,6 $\mu\text{g/L}$, P: 5012 $\mu\text{g/L}$, Pb: 27,3 $\mu\text{g/L}$, S: 25 mg/L, Sb: 0,23 $\mu\text{g/L}$, Si: 12148 $\mu\text{g/L}$, W: 0,02 $\mu\text{g/L}$ ve Zn: 21,4 $\mu\text{g/L}$ olarak tespit edildi. Elazığ Belediyesi Atıksu Arıtma Tesisi çıkış sularının beton yapımında kullanıldığı numunelerin 7 günlük analiz sonuçları Şekil 3.1.'de verilmiştir.



Şekil 3.1. Arıtma tesisi çıkış sularının kullanıldığı betonun 7 günlük kırılma değerleri

Şekil 3.1. değerlendirildiğinde, beton dayanımı için 4 adet beton numunesi hazırlandı ve şu sonuçlar elde edildi. Elde edilen sonuçlara göre, beton numune ağırlığı 7978 gr olan 1. numunenin kırılma yükü değeri 792,16 kN olarak, basınç dayanımı değeri ise 35,21 N/mm² olarak tespit edildi. Beton numune ağırlığı 7954 gr olan 2. numunenin kırılma yükü değeri 768,14 kN olarak, basınç dayanımı değeri ise 34,14 N/mm² olarak tespit edildi. Beton numune ağırlığı 7964 gr olan 3. numunenin kırılma yükü değeri 756,84 kN olarak, basınç dayanımı değeri ise 36,64 N/mm² olarak tespit edildi. Beton numune ağırlığı 7992 gr olan 4. numunenin kırılma yükü değeri 772,22 kN olarak, basınç dayanımı değeri ise 34,32 N/mm² olarak tespit edildi.

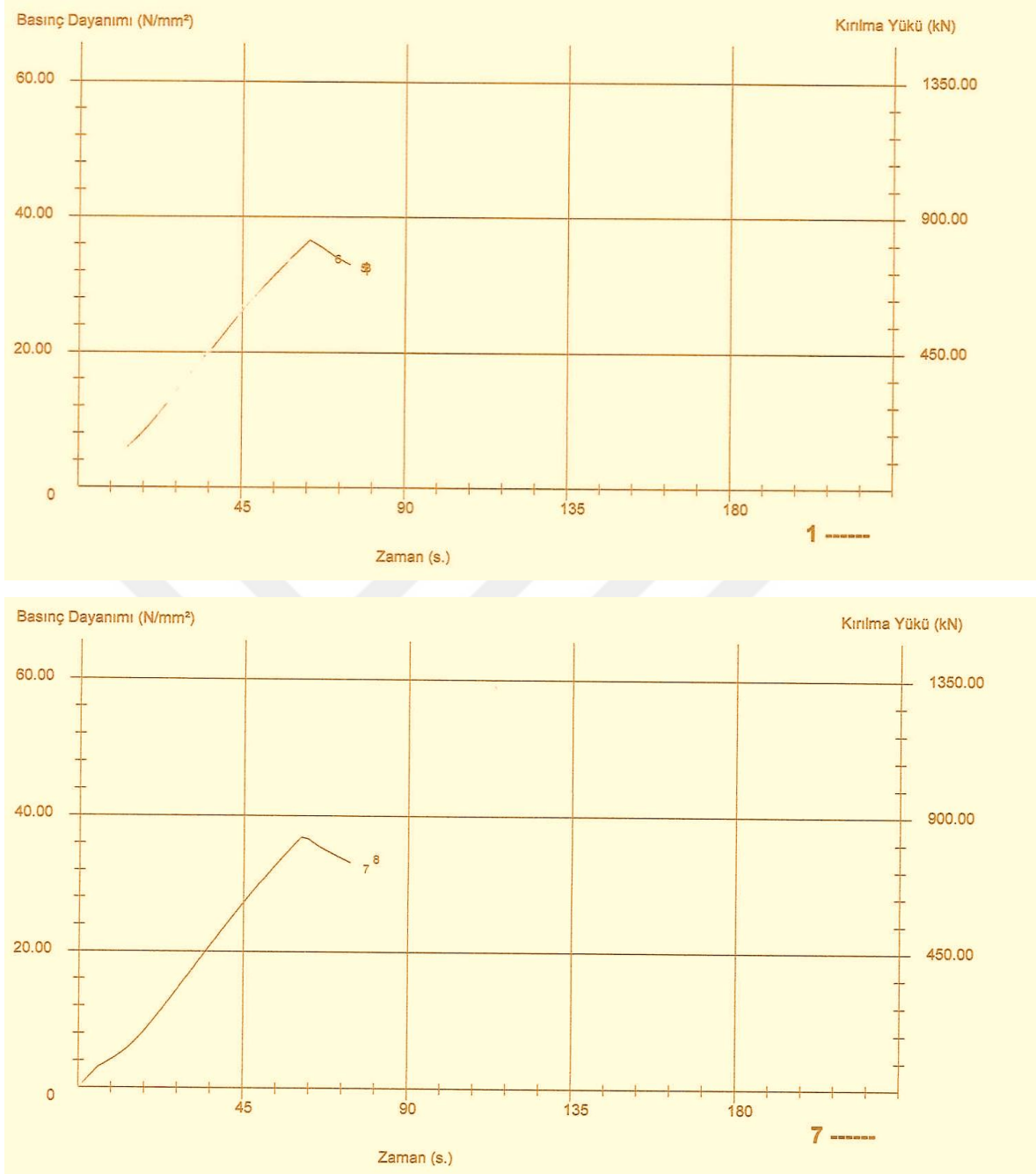
Arıtma tesisi çıkış sularının kullanıldığı betonun 7 günlük ortalama kırılma yükü değeri 772,34 kN olarak, ortalama basınç dayanımı değeri ise 34,33 N/mm² olarak belirlendi.

Kontrol numunesinde yapılan beton dayanımı analiz sonuçları incelendiğinde kontrol numunesinin 7 günlük ortalama kırılma yükü değeri 910,16 kN olarak, ortalama basınç dayanımı değeri ise 40,5 N/mm² olarak belirlendi.

Arıtma tesisi çıkış sularının kullanıldığı betonun 7 günlük ortalama basınç dayanımı değeri ile kontrol numunesinin ortalama basınç dayanımı değeri karşılaştırıldığında arıtma tesisi çıkış sularının kullanıldığı betonun basınç dayanımı değerinin %15,23 oranında azaldığı belirlendi.

C30/37 beton sınıfına göre değerlendirildiğinde ise betonun basınç dayanımı değerinin minimum 37 N/mm² olması gerekmektedir. Bu çerçevede, arıtma tesisi çıkış sularının kullanıldığı betonun 7 günlük ortalama basınç dayanımı değeri 34,33 N/mm² olarak tespit edildiğinden C30/37 beton sınıfına göre verilen değerden daha düşük bir değer aldığı belirlendi.

Elazığ Belediyesi Atıksu Arıtma Tesisi çıkış sularının beton yapımında kullanıldığı numunelerin 28 günlük analiz sonuçları Şekil 3.2’de verilmiştir.



Şekil 3.2. Arıtma tesisi çıkış sularının kullanıldığı betonun 28 günlük kırılma değerleri

Şekil 3.2. değerlendirildiğinde, beton dayanımı için 8 adet beton numunesi hazırlandı ve şu sonuçlar elde edildi. Elde edilen sonuçlara göre, beton numune ağırlığı 8173 gr olan 1. numunenin kırılma yükü değeri 827,96 kN olarak, basınç dayanımı değeri ise 36,80 N/mm² olarak tespit edildi. Beton numune ağırlığı 8166 gr olan 2. numunenin kırılma yükü değeri 837,57 kN olarak, basınç dayanımı değeri ise 37,23 N/mm² olarak tespit edildi. Beton

numune ağırlığı 8149 gr olan 3. numunenin kırılma yükü değeri 841,42 kN olarak, basınç dayanımı değeri ise 37,40 N/mm² olarak tespit edildi. Beton numune ağırlığı 8138 gr olan 4. numunenin kırılma yükü değeri 846,22 kN olarak, basınç dayanımı değeri ise 37,61 N/mm² olarak tespit edildi. Beton numune ağırlığı 8187 gr olan 5. numunenin kırılma yükü değeri 838,77 kN olarak, basınç dayanımı değeri ise 37,26 N/mm² olarak tespit edildi. Beton numune ağırlığı 8158 gr olan 6. numunenin kırılma yükü değeri 799,37 kN olarak, basınç dayanımı değeri ise 35,53 N/mm² olarak tespit edildi. Beton numune ağırlığı 8143 gr olan 7. numunenin kırılma yükü değeri 834,21 kN olarak, basınç dayanımı değeri ise 37,08 N/mm² olarak tespit edildi. Beton numune ağırlığı 8132 gr olan 8. numunenin kırılma yükü değeri 866,65 kN olarak, basınç dayanımı değeri ise 38,52 N/mm² olarak tespit edildi.

Aritma tesisi çıkış sularının kullanıldığı betonun 28 günlük ortalama kırılma yükü değeri 836,27 kN olarak, ortalama basınç dayanımı değeri ise 37,18 N/mm² olarak belirlendi.

Kontrol numunesinde yapılan beton dayanımı analiz sonuçları incelendiğinde kontrol numunesinin 28 günlük ortalama kırılma yükü değeri 1087,304 kN olarak, ortalama basınç dayanımı değeri ise 48,3 N/mm² olarak belirlendi.

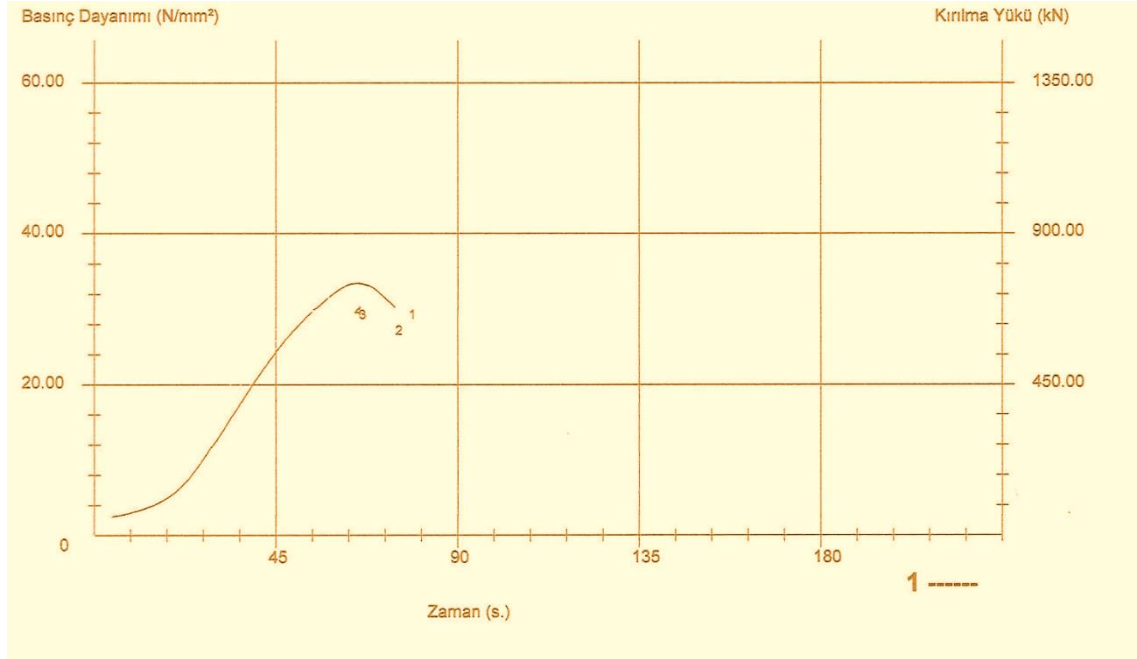
Aritma tesisi çıkış sularının kullanıldığı betonun 28 günlük ortalama basınç dayanımı değeri ile kontrol numunesinin ortalama basınç dayanımı değeri karşılaştırıldığında arıtma tesisi çıkış sularının kullanıldığı betonun basınç dayanımı değerinin %21,73 oranında azaldığı belirlendi.

C30/37 beton sınıfına göre değerlendirildiğinde ise betonun basınç dayanımı değerinin minimum 37 N/mm² olması gerekmektedir. Bu çerçevede, arıtma tesisi çıkış sularının kullanıldığı betonun 28 günlük ortalama basınç dayanımı değeri 37,18 N/mm² olarak tespit edildiğinden C30/37 beton sınıfına göre verilen değere yakın bir değer aldığı belirlendi.

3.2. Kümes Hayvanları Kesimhanesi Sularının Beton Dayanımı Üzerine Etkisi

Beton yapımında kullanılan kümes hayvanları kesimhanesi çıkış sularında element analizleri gerçekleştirildi. Bu çerçevede, kümes hayvanları kesimhanesi çıkış sularında Ag: 0,05 µg/L, Al: 6 µg/L, As: 2,1 µg/L, B: 82 µg/L, Ba: 17,49 µg/L, Br: 148 µg/L, Ca: 32,44 mg/L, Ce: 0,01 µg/L, Cl: 212 mg/L, Co: 0,02 µg/L, Cr: 21,7 µg/L, Cu: 2,9 µg/L, Fe: 11 µg/L, K: 77,12 mg/L, La: 0,01 µg/L, Li: 3,1 µg/L, Mg: 24,12 mg/L, Mn: 81,14 µg/L, Na: 169,89 mg/L, Ni: 0,01 µg/L, P: 13985 µg/L, Pb: 5,2 µg/L, S: 6 mg/L, Sb: 0,05 µg/L, Si: 9240 µg/L,

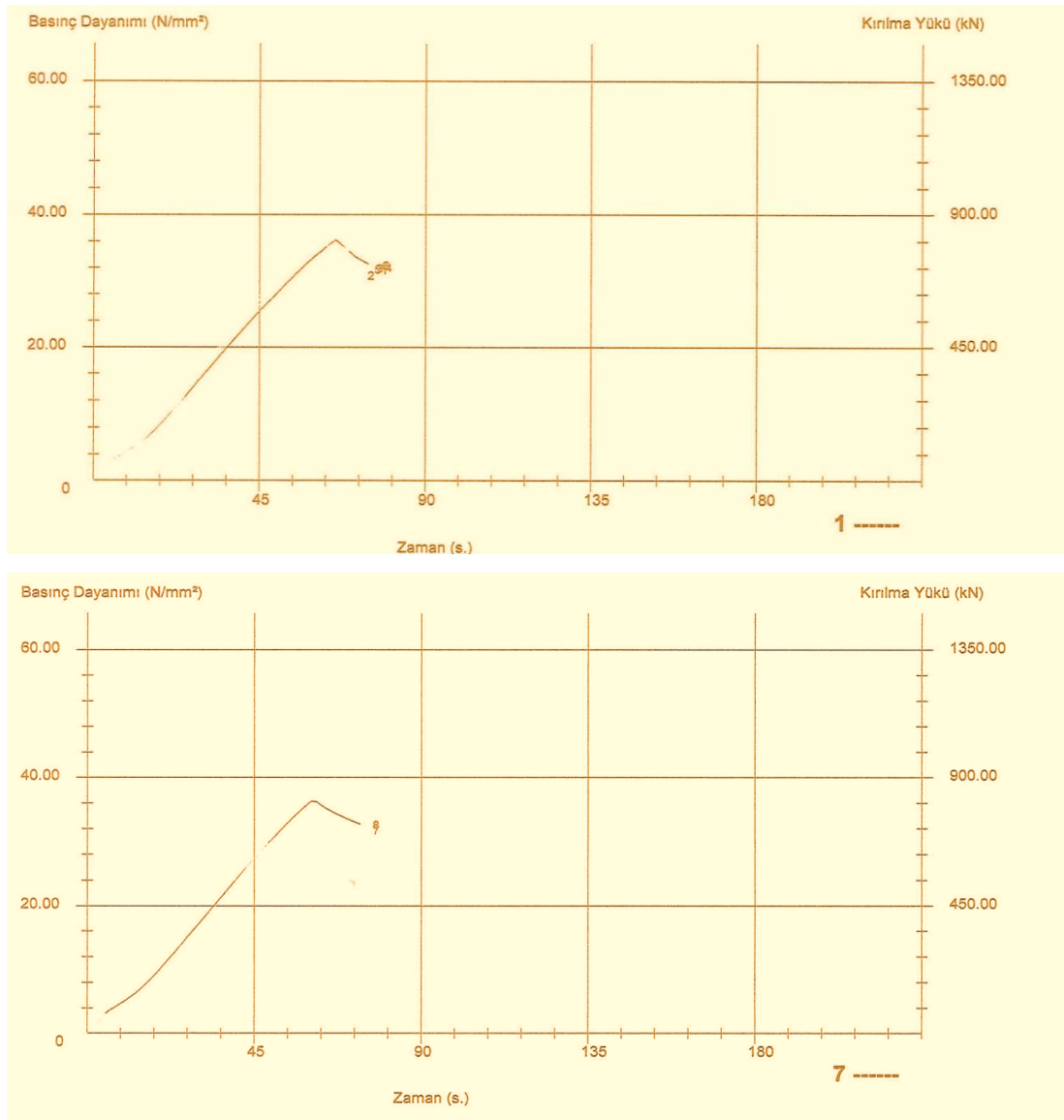
W: 0,02 µg/L ve Zn: 13,5 µg/L olarak tespit edildi. Kümes hayvanları kesimhanesi çıkış sularının beton yapımında kullanıldığı numunelerin 7 günlük analiz sonuçları şekil 3.3.'te verilmiştir.



şekil 3.3. Kümes hayvanı kesimhane sularının kullanıldığı betonun 7 günlük değerleri

şekil 3.3. değerlendirildiğinde, beton dayanımı için 4 adet beton numunesi hazırlandı ve şu sonuçlar elde edildi. Elde edilen sonuçlara göre, beton numune ağırlığı 7922 gr olan 1. numunenin kırılma yükü değer 756,36 kN olarak, basınç dayanımı değer ise 33,62 N/mm² olarak tespit edildi. Beton numune ağırlığı 7954 gr olan 2. numunenin kırılma yükü değer 706,15 kN olarak, basınç dayanımı değer ise 31,38 N/mm² olarak tespit edildi. Beton numune ağırlığı 7934 gr olan 3. numunenin kırılma yükü değer 725,85 kN olarak, basınç dayanımı değer ise 32,26 N/mm² olarak tespit edildi. Beton numune ağırlığı 7966 gr olan 4. numunenin kırılma yükü değer 735,70 kN olarak, basınç dayanımı değer ise 32,70 N/mm² olarak tespit edildi. Kümes hayvanları kesimhanesi çıkış sularının kullanıldığı betonun 7 günlük ortalama kırılma yükü değer 731,02 kN olarak, ortalama basınç dayanımı değer ise 32,49 N/mm² olarak belirlendi. Kontrol numunesinde yapılan beton dayanımı analiz sonuçları incelendiğinde kontrol numunesinin 7 günlük ortalama kırılma yükü değer 910,16 kN olarak, ortalama basınç dayanımı değer ise 40,5 N/mm² olarak belirlendi. Kümes hayvanları kesimhanesi çıkış sularının kullanıldığı betonun 7 günlük ortalama basınç

dayanımı değeri ile kontrol numunesinin ortalama basınç dayanımı değeri karşılaştırıldığında kümes hayvanları kesimhanesi çıkış sularının kullanıldığı betonun basınç dayanımı değerinin %19,78 oranında azaldığı belirlendi. C30/37 beton sınıfına göre değerlendirildiğinde ise betonun basınç dayanımı değerinin minimum 37 N/mm² olması gerekmektedir. Bu çerçevede, kümes hayvanları kesimhanesi çıkış sularının kullanıldığı betonun 7 günlük ortalama basınç dayanımı değeri 32,49 N/mm² olarak tespit edildiğinden C30/37 beton sınıfına göre verilen değerden daha düşük bir değer aldığı belirlendi. Kümes hayvanları kesimhanesi çıkış sularının beton yapımında kullanıldığı numunelerin 28 günlük analiz sonuçları Şekil 3.4'te verilmiştir.



Şekil 3.4. Kümes hayvanı kesimhanesi sularının kullanıldığı betonun 28 günlük değerleri

Şekil 3.4. değerlendirildiğinde, kümes hayvanları kesimhanesi sularının beton dayanımı üzerine etkisini belirlemek için 8 adet beton numunesi hazırlandı. Elde edilen sonuçlara göre, beton numune ağırlığı 8122 gr olan 1. numunenin kırılma yükü değeri 818,35 kN olarak, basınç dayanımı değeri ise 36,37 N/mm² olarak tespit edildi. Beton numune ağırlığı 8109 gr olan 2. numunenin kırılma yükü değeri 798,17 kN olarak, basınç dayanımı değeri ise 35,47 N/mm² olarak tespit edildi. Beton numune ağırlığı 8118 gr olan 3. numunenin kırılma yükü değeri 824,12 kN olarak, basınç dayanımı değeri ise 36,63 N/mm² olarak tespit edildi. Beton numune ağırlığı 8129 gr olan 4. numunenin kırılma yükü değeri 824,84 kN olarak, basınç dayanımı değeri ise 36,66 N/mm² olarak tespit edildi. Beton numune ağırlığı 8136 gr olan 5. numunenin kırılma yükü değeri 820,27 kN olarak, basınç dayanımı değeri ise 36,46 N/mm² olarak tespit edildi. Beton numune ağırlığı 8147 gr olan 6. numunenin kırılma yükü değeri 834,45 kN olarak, basınç dayanımı değeri ise 37,09 N/mm² olarak tespit edildi. Beton numune ağırlığı 8134 gr olan 7. numunenin kırılma yükü değeri 820,99 kN olarak, basınç dayanımı değeri ise 36,49 N/mm² olarak tespit edildi. Beton numune ağırlığı 8125 gr olan 8. numunenin kırılma yükü değeri 840,70 kN olarak, basınç dayanımı değeri ise 37,36 N/mm² olarak tespit edildi.

Kümes hayvanları kesimhanesi çıkış sularının kullanıldığı betonun 28 günlük ortalama kırılma yükü değeri 822,73 kN olarak, ortalama basınç dayanımı değeri ise 36,56 N/mm² olarak belirlendi.

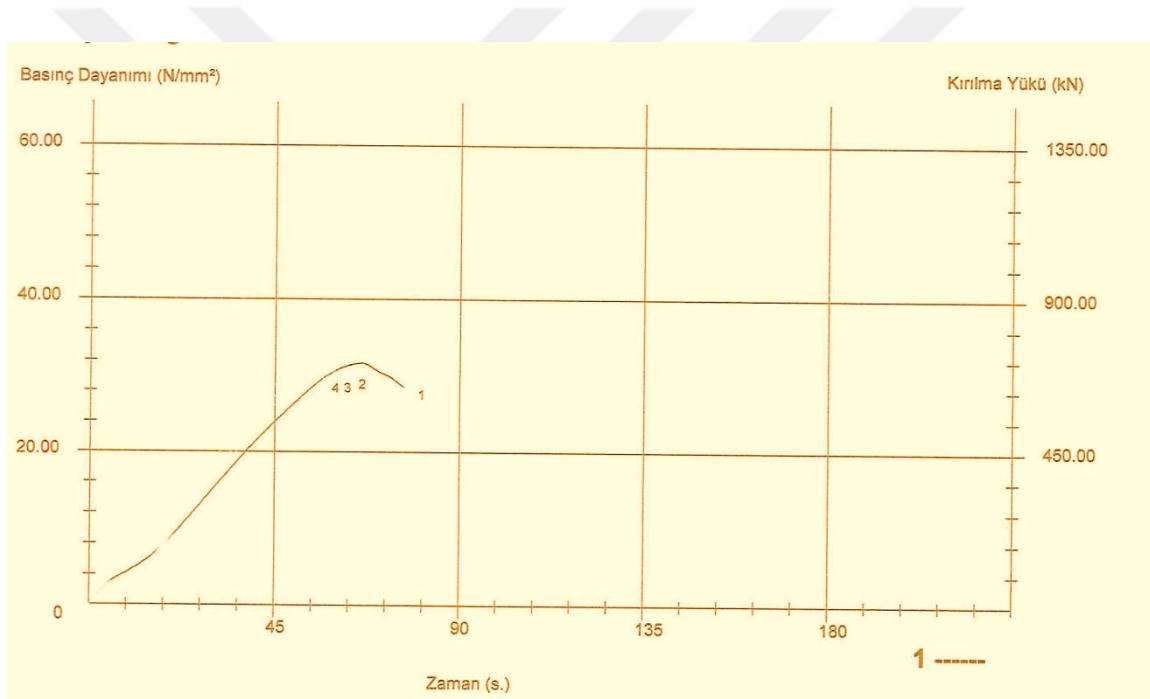
Kontrol numunesinde yapılan beton dayanımı analiz sonuçları incelendiğinde kontrol numunesinin 28 günlük ortalama kırılma yükü değeri 1087,304 kN olarak, ortalama basınç dayanımı değeri ise 48,3 N/mm² olarak belirlendi.

Kümes hayvanları kesimhanesi çıkış sularının kullanıldığı betonun 28 günlük ortalama basınç dayanımı değeri ile kontrol numunesinin ortalama basınç dayanımı değeri karşılaştırıldığında kümes hayvanları kesimhanesi çıkış sularının kullanıldığı betonun basınç dayanımı değerinin %24,31 oranında azaldığı belirlendi.

C30/37 beton sınıfına göre değerlendirildiğinde ise betonun basınç dayanımı değerinin minimum 37 N/mm² olması gerekmektedir. Bu çerçevede, kümes hayvanları kesimhanesi çıkış sularının kullanıldığı betonun 28 günlük ortalama basınç dayanımı değeri 36,56 N/mm² olarak tespit edildiğinden C30/37 beton sınıfına göre verilen değere yakın bir değer aldığı belirlendi.

3.3. Sızıntı Sularının Beton Dayanımı Üzerine Etkisi

Beton yapımında kullanılan sızıntı sularında element analizleri gerçekleştirildi. Bu çerçevede, sızıntı sularında Ag: 2048 µg/L, Al: 4000 µg/L, As: 1640 µg/L, B: 111200 µg/L, Ba: 1648 µg/L, Br: 44000 µg/L, Ca: 484 mg/L, Ce: 4 µg/L, Cl: 31200 mg/L, Co: 844 µg/L, Cr: 2840 µg/L, Cu: 840 µg/L, Fe: 2800 µg/L, K: 23500 mg/L, La: 4 µg/L, Li: 1480 µg/L, Mg: 2048 mg/L, Mn: 508 µg/L, Na: 30800 mg/L, Ni: 6720 µg/L, P: 60800 µg/L, Pb: 36560 µg/L, S: 4800 mg/L, Sb: 44 µg/L, Si: 75200 µg/L, W: 160 µg/L ve Zn: 560 µg/L olarak tespit edildi. Sızıntı sularının beton yapımında kullanıldığı numunelerin 7 günlük analiz sonuçları Şekil 3.5.'te verilmiştir.



Şekil 3.5. Sızıntı sularının kullanıldığı betonun 7 günlük kırılma değerleri

Şekil 3.5. değerlendirildiğinde, sızıntı sularının beton dayanımı üzerin etkisini belirlemek için 4 adet beton numunesi hazırlandı. Elde edilen sonuçlara göre, beton numune ağırlığı 7989 gr olan 1. numunenin kırılma yükü değeri 715,76 kN olarak, basınç dayanımı değeri ise 31,81 N/mm² olarak tespit edildi. Beton numune ağırlığı 7974 gr olan 2. numunenin kırılma yükü değeri 719,60 kN olarak, basınç dayanımı değeri ise 31,98 N/mm² olarak tespit edildi. Beton numune ağırlığı 7997 gr olan 3. numunenin kırılma yükü değeri 693,41 kN olarak, basınç dayanımı değeri ise 30,82 N/mm² olarak tespit edildi. Beton

numune ağırlığı 8014 gr olan 4. numunenin kırılma yükü değeri 692,93 kN olarak, basınç dayanımı değeri ise 30,80 N/mm² olarak tespit edildi.

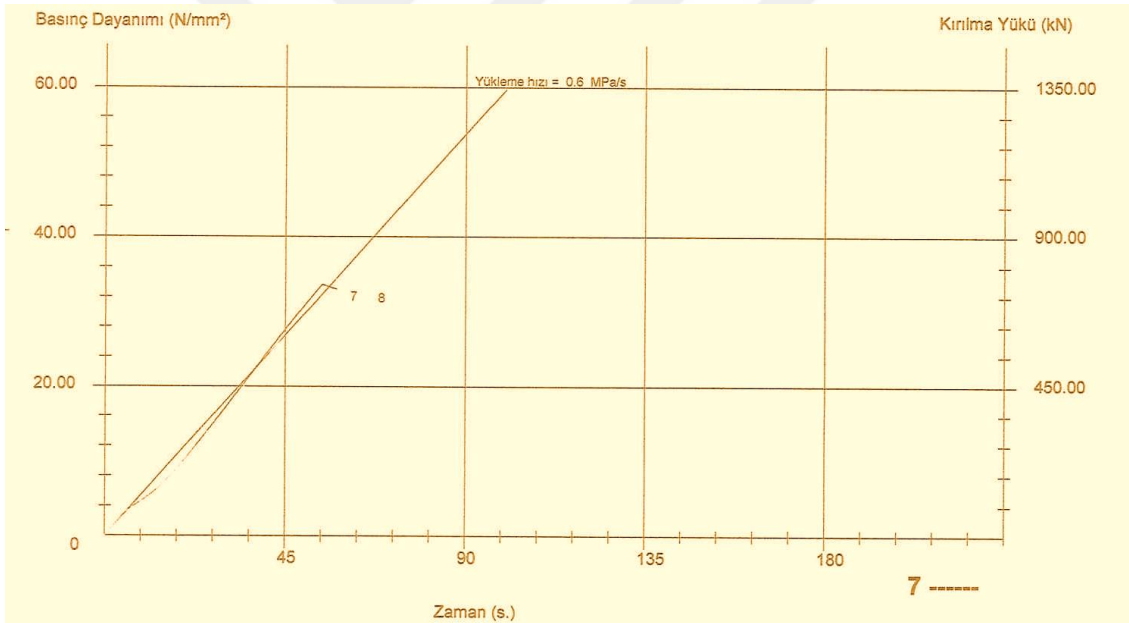
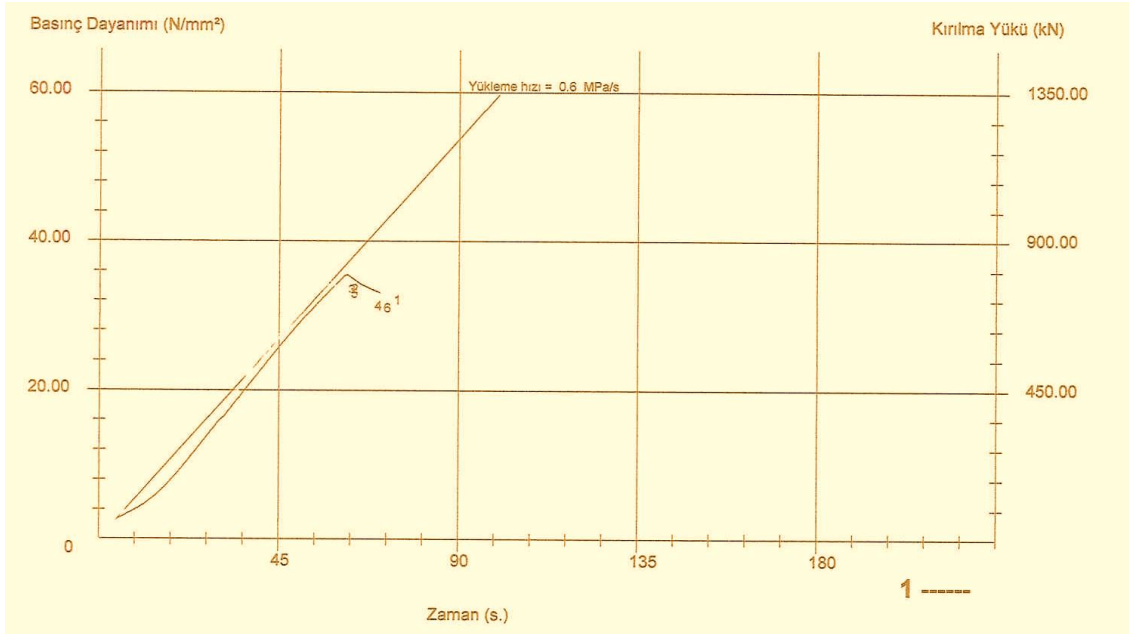
Sızıntı suyu sularının kullanıldığı betonun 7 günlük ortalama kırılma yükü değeri 705,43 kN olarak, ortalama basınç dayanımı değeri ise 31,35 N/mm² olarak belirlendi.

Kontrol numunesinde yapılan beton dayanımı analiz sonuçları incelendiğinde kontrol numunesinin 7 günlük ortalama kırılma yükü değeri 910,16 kN olarak, ortalama basınç dayanımı değeri ise 40,5 N/mm² olarak belirlendi.

Sızıntı suyunun kullanıldığı betonun 7 günlük ortalama basınç dayanımı değeri ile kontrol numunesinin ortalama basınç dayanımı değeri karşılaştırıldığında sızıntı sularının kullanıldığı betonun basınç dayanımı değerinin % 22,59 oranında azaldığı belirlendi.

C30/37 beton sınıfına göre değerlendirildiğinde ise betonun basınç dayanımı değerinin minimum 37 N/mm² olması gerekmektedir. Bu çerçevede, sızıntı suyunun kullanıldığı betonun 7 günlük ortalama basınç dayanımı değeri 31,35 N/mm² olarak tespit edildiğinden C30/37 beton sınıfına göre verilen değerden daha düşük bir değer aldığı belirlendi.

Sızıntı sularının beton yapımında kullanıldığı numunelerin 28 günlük analiz sonuçları Şekil 3.6'da verilmiştir. Şekil 3.6. değerlendirildiğinde, beton dayanımı için 8 adet beton numunesi hazırlandı ve şu sonuçlar elde edildi. Elde edilen sonuçlara göre, beton numune ağırlığı 8262 gr olan 1. numunenin kırılma yükü değeri 802,49 kN olarak, basınç dayanımı değeri ise 35,67 N/mm² olarak tespit edildi. Beton numune ağırlığı 8247 gr olan 2. numunenin kırılma yükü değeri 793,60 kN olarak, basınç dayanımı değeri ise 35,27 N/mm² olarak tespit edildi. Beton numune ağırlığı 8231 gr olan 3. numunenin kırılma yükü değeri 783,75 kN olarak, basınç dayanımı değeri ise 34,83 N/mm² olarak tespit edildi. Beton numune ağırlığı 8255 gr olan 4. numunenin kırılma yükü değeri 771,26 kN olarak, basınç dayanımı değeri ise 34,28 N/mm² olarak tespit edildi. Beton numune ağırlığı 8229 gr olan 5. numunenin kırılma yükü değeri 775,10 kN olarak, basınç dayanımı değeri ise 34,45 N/mm² olarak tespit edildi. Beton numune ağırlığı 8244 gr olan 6. numunenin kırılma yükü değeri 777,75 kN olarak, basınç dayanımı değeri ise 34,57 N/mm² olarak tespit edildi. Beton numune ağırlığı 8216 gr olan 7. numunenin kırılma yükü değeri 761,17 kN olarak, basınç dayanımı değeri ise 33,83 N/mm² olarak tespit edildi. Beton numune ağırlığı 8251 gr olan 8. numunenin kırılma yükü değeri 780,63 kN olarak, basınç dayanımı değeri ise 34,69 N/mm² olarak tespit edildi.



Şekil 3.6. Sızıntı sularının kullanıldığı betonun 28 günlük kırılma değerleri

Sızıntı suyunun kullanıldığı betonun 28 günlük ortalama kırılma yükü değeri 780,72 kN olarak, ortalama basınç dayanımı değeri ise 34,69 N/mm² olarak belirlendi.

Kontrol numunesinde yapılan beton dayanımı analiz sonuçları incelendiğinde kontrol numunesinin 28 günlük ortalama kırılma yükü değeri 1087,304 kN olarak, ortalama basınç dayanımı değeri ise 48,3 N/mm² olarak belirlendi.

Sızıntı suyunun kullanıldığı betonun 28 günlük ortalama basınç dayanımı değeri ile

kontrol numunesinin ortalama basınç dayanımı değeri karşılaştırıldığında sızıntı suyunun kullanıldığı betonun basınç dayanımı değerinin %28,18 oranında azaldığı belirlendi.

C30/37 beton sınıfına göre değerlendirildiğinde ise betonun basınç dayanımı değerinin minimum 37 N/mm² olması gerekmektedir. Bu çerçevede, sızıntı suyunun kullanıldığı betonun 28 günlük ortalama basınç dayanımı değeri 34,69 N/mm² olarak tespit edildiğinden C30/37 beton sınıfına göre verilen değerden daha düşük değer olarak belirlendi.



4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında, farklı tipteki atıksuların beton dayanımı üzerine etkisinin belirlenmesi amaçlandı. Bu amaçla, beton hazırlanırken beton yapımında kullanılan su yerine, Elazığ Belediyesi Atıksu Arıtma Tesisi çıkış suyu, kümes hayvanları kesimhanesi çıkış suyu ve katı atık sızıntı suyu kullanılarak beton dökümü gerçekleştirildi ve elde edilen betonların dayanımı 7 ve 28 gün sonunda analizlendi. Bu çerçevede, tez kapsamında aşağıda verilen sonuçlar elde edildi.

a) Arıtma tesisi çıkış sularının kullanıldığı betonun 7 günlük ortalama kırılma yükü değeri 772,34 kN olarak, ortalama basınç dayanımı değeri ise 34,33 N/mm² olarak, kontrol numunesinde ise ortalama kırılma yükü değeri 910,16 kN olarak, ortalama basınç dayanımı değeri ise 40,5 N/mm² olarak belirlendi. Su yerine atıksu arıtma tesisi çıkış suları kullanıldığında betonun basınç dayanımının %15,23 oranında düştüğü gözlemlendi. C30/37 beton sınıfına göre değerlendirildiğinde betonun basınç dayanımı değerinin C30/37 beton sınıfına göre verilen değerden daha düşük bir değer aldığı belirlendi.

b) Arıtma tesisi çıkış sularının kullanıldığı betonun 28 günlük ortalama kırılma yükü değeri 836,27 kN olarak, ortalama basınç dayanımı değeri ise 37,18 N/mm² olarak, kontrol numunesinde ise ortalama kırılma yükü değeri 1087,304 kN olarak, ortalama basınç dayanımı değeri ise 48,3 N/mm² olarak belirlendi. Su yerine atıksu arıtma tesisi çıkış suları kullanıldığında betonun basınç dayanımının %21,73 oranında azaldığı belirlendi. C30/37 beton sınıfına göre değerlendirildiğinde betonun basınç dayanımı değerinin C30/37 beton sınıfına göre verilen değere yakın bir değer aldığı belirlendi.

c) Kümes hayvanları kesimhanesi çıkış sularının kullanıldığı betonun 7 günlük ortalama kırılma yükü değeri 731,02 kN olarak, ortalama basınç dayanımı değeri ise 32,49 N/mm² olarak tespit edildi. Su yerine kümes hayvanları kesimhanesi çıkış suları kullanıldığında betonun basınç dayanımı değerinin %19,78 oranında azaldığı tespit edildi. C30/37 beton sınıfına göre değerlendirildiğinde betonun basınç dayanımı değerinin C30/37 beton sınıfına göre verilen değerden daha düşük bir değer aldığı belirlendi.

d) Kümes hayvanları kesimhanesi çıkış sularının kullanıldığı betonun 28 günlük ortalama kırılma yükü değeri 822,73 kN olarak, ortalama basınç dayanımı değeri ise 36,56 N/mm² olarak belirlendi. Su yerine kümes hayvanları kesimhanesi çıkış suları kullanıldığında betonun basınç dayanımı değerinin %24,31 oranında azaldığı gözlemlendi. C30/37 beton sınıfına göre değerlendirildiğinde betonun basınç dayanımı değerinin C30/37

beton sınıfına göre verilen değere yakın bir değer aldığı belirlendi.

e) Sızıntı sularının kullanıldığı betonun 7 günlük ortalama kırılma yükü değeri 705,43 kN olarak, ortalama basınç dayanımı değeri ise 31,35 N/mm² olarak belirlendi. Su yerine sızıntı suları kullanılması halinde betonun basınç dayanımı değerinin %22,59 oranında azaldığı belirlendi. C30/37 beton sınıfına göre değerlendirildiğinde betonun basınç dayanımı değerinin C30/37 beton sınıfına göre verilen değerden daha düşük bir değer aldığı belirlendi.

f) Sızıntı suyunun kullanıldığı betonun 28 günlük ortalama kırılma yükü değeri 780,72 kN olarak, ortalama basınç dayanımı değeri ise 34,69 N/mm² olarak belirlendi. Su yerine sızıntı suları kullanıldığında betonun basınç dayanımı değerinin %28,18 oranında azaldığı belirlendi. C30/37 beton sınıfına göre değerlendirildiğinde betonun basınç dayanımı değerinin C30/37 beton sınıfına göre verilen değerden daha düşük bir değer aldığı belirlendi.

Sonuç olarak, bu tez çalışmasıyla farklı tipte atıksular kullanmak suretiyle beton dökümleri gerçekleştirildi ve elde edilen veriler değerlendirildi. Su yerine farklı tipte atıksular kullanıldığında 7 günlük beton dayanımı değeri en yüksek atıksu artıma tesisi çıkış suyu için tespit edilirken en düşük beton dayanımı değeri sızıntı suyu için belirlendi. 28 günlük beton dayanımı değerleri incelendiğinde de 7 günlük beton dayanımı değerlerinde olduğu gibi benzer sonuçlar elde edildi. Söz konusu değerlerin düşük çıkma nedeni atıksuların içermiş olduğu birçok kirletici nedeniyle betonun dayanımı üzerine olumsuz etki ettiği ifade edilebilir. Bu nedenle, beton dökümü gerçekleştirilirken yönetmeliklerde belirlenen yöntemler kullanılarak söz konusu yönetmeliklerde belirlenen değerlerin sağlanması gerekmektedir. Ayrıca, yapısal betonda, beton üretimi için kullanılan suyun saflığı göz ardı edilmemelidir. Gelişmekte olan ülkelerde meydana gelen bina arızalarının nedenleri, betondaki yapısal morfolojik değişikliklere daha az önem veren düşük beton teknolojisinin bir faktörü olabilir. Beton yapımında kullanılan atıksuların priz süresi, çökme ve sıkıştırma faktörü ile betonda hidratasyon mekanizması, mineralojik değişiklikler, çatlak entegrasyonu ve gözeneklilik çözülmesi gibi parametrelerin mutlaka irdelenmesi ve incelenmesi gerekmektedir.

5. KAYNAKLAR

- ACI 318M**, 2015. Building Code Requirements for Structural Concrete and Commentary. p. 520.
- Ahmad, T., Ahmad, K., Ahad, A., Alam, M.**, 2016. Characterization of water treatment sludge and its reuse as coagulant. *J. Environ. Manage.* 182:606–611.
- Akinkurolere, O., Jiang, C., Shobola, O.**, 2007. The influence of salt water on the compressive strength of concrete. *J. Eng. Appl. Sci.* 2:412–415.
- Al-Amoudi, O.S.B., Maslehuddin M.**, 1993. The effect of chloride and sulfate ions on reinforcement corrosion. *Cem. Concr. Res.* 23:139-146.
- Al-Ghusain, I., Terro, M.**, 2003. Use of treated wastewater for concrete mixing in Kuwait. *Kuwait J. Sci. Eng.* 30:213-228.
- Al-Jabri, K.S., Al-Saidy, A.H., Taha, R., Al-Kemyani, A.J.**, 2011. Effect of using wastewater on the properties of high strength concrete. *Procedia Eng.* 14:370–376.
- Al-Jayyousi, O.R.**, 2003. Greywater reuse: towards sustainable water management. *Desalination.* 156:181–192.
- Arel, H.Ş.**, 2016. Effects of foreign substances in cement mortar mixing water. *Adv. Cem. Res.* 28:167–177.
- Asadollahfardi, G., Asadi, M., Jafari, H., Moradi, A., Asadollahfardi, R.**, 2015. Experimental and statistical studies of using wash water from ready-mix concrete trucks and a batching plant in the production of fresh concrete. *Constr. Build. Mater.* 98:305-314.
- Asadollahfardi, G., Delnavaz, M., Rashnoiee, V., Fazeli, A., Gonabadi, N.**, 2016. Dataset of producing and curing concrete using domestic treated wastewater. *Data Brief.* 6:316-325.
- Asadollahfardi, G., Delnavaz, M., Rashnoiee, V., Ghonabadi N.**, 2016. Use of treated domestic wastewater before chlorination to produce and cure concrete. *Constr. Build. Mater.* 105:253–261.
- ASTM 1602M**, 2012. Standard Specification for Mixing Water Used in the Production of Hydraulic Cement Concrete.
- ASTM C109**, 2012. Test Method for Compressive Strength of Hydraulic Cement Mortars (Using 2-in or [50-mm] Cube Specimens).
- ASTM C94**, 2014. Specification for Ready-Mixed Concrete.

- Ata, O.**, 2014. Effects of different sources of water on concrete strength: a case study of Ile-Ife. *Civ. Environ. Res.* 6:39-43.
- Awoyera, P.O., Akinmusuru, J.O., Ndambuki, J.M.**, 2016. Green concrete production with ceramic wastes and laterite. *Constr. Build. Mater.* 117:29–36.
- Awoyera, P.O., Akinmusuru, J.O., Moncea, A.**, 2017. Hydration mechanism and strength properties of recycled aggregate concrete made using ceramic blended cement. *Cogent Eng.* 4:1-12.
- Awoyera, P.O., Dawson, A.R., Thom, N.H., Akinmusuru, J.O.**, 2017. Suitability of mortars produced using laterite and ceramic wastes: Mechanical and microscale analysis. *Constr. Build. Mater.* 148:195-203.
- Awoyera, P., Adesina, A.**, 2019. A critical review on application of alkali activated slag as a sustainable composite binder. *Case Stud. Constr. Mater.* 11:e00268.
- Awoyera, P.O., Okoro, U.C.**, 2019. Filler-ability of highly active metakaolin for improving morphology and strength characteristics of recycled aggregate concrete. *Silicon.* 11:1971-1978.
- Awoyera, P., Adesina, A., Oladimeji, B.O., Vilorio, A.**, 2020. Reinforced concrete deterioration caused by contaminated construction water: An overview. *Engineer. Fail. Analysis.* 116:104715
- Benavente, D., Cueto, N., Martinez-Martinez, J., del Cura, M.A., Canaveras, J.C.**, 2007. The influence of petrophysical properties on the salt weathering of porous building rocks. *Environ. Geol.* 52:215–224.
- Borger, J., Carrasquillo, R.L., Fowler, D.W.**, 1994. Use of recycled wash water and returned plastic concrete in the production of fresh concrete. *Adv. Cem. Based Mater.* 1:267–274.
- BS EN 1008**, 2002. Mixing Water for Concrete. Specification for Sampling, Testing and Assessing the Suitability of Water, Including Water Recovered from Processes in the Concrete Industry as Mixing Water for Concrete. p.292.
- Chatveera, B., Lertwattanaruk, P., Makul, N.**, 2006. Effect of sludge water from ready mixed concrete plant on properties and durability of concrete. *Cem. Concr. Compos.* 28:441-450.
- Chini, S., Mbwambo, W.**, 1996. Environmentally friendly solutions for the disposal of concrete wash water from ready-mixed concrete operations. In: CIB W89 Beijing Int. Conf., Beijing, China, p.298.
- Ganjian, E., Pouya, H.S.**, 2005. Effect of magnesium and sulfate ions on durability of silica fume blended mixes exposed to the seawater tidal zone. *Cem. Concr. Res.* 35:1332-1343.

- Ghorab, H.Y., Hilal, M.S., Antar, A.,** 1990. Effect of mixing and curing waters on the behaviour of cement pastes and concrete Part 2: Properties of cement paste and concrete. *Cem. Concr. Res.* 20:69–72.
- Ghorpade, P.A., Ha, M.-G., Park, J.-Y.,** 2015. Effect of different types of calcium sulfate on the reactivity of cement / Fe (II) system in dechlorination of trichloroethylene. *Desalin. Water Treat.* 54:1426–1435.
- Ghrais A.M., Al-Mashaqbeh O.A., Sarireh M.K., Al-Kouz N., Farfoura M., Megdal S.B.,** 2016. Influence of grey water on physical and mechanical properties of mortar and concrete mixes. *Ain Shams Eng. J.* 9:1519-1525.
- Hassani, M.S., Asadollahfardi, G., Saghravani, S.F., Jafari, S., Peighambarzadeh, F.S.,** 2020. The difference in chloride ion diffusion coefficient of concrete made with drinking water and wastewater. *Constr. Build. Mater.* 231:117182.
- Ismail, Z.Z., Al-Hashmi, E.A.,** 2011. Assessing the recycling potential of industrial wastewater to replace fresh water in concrete mixes: application of polyvinyl acetat resinwastewater. *J. Clean. Prod.* 19:197-203.
- Jin, J., Wu, G., He, K., Chen, J., Xu, G., Guan, Y.,** 2014. Effect of ions on carbon steel corrosion in cooling systems with reclaimed wastewater as the alternative makeup water. *Desalin. Water Treat.* 52:7565–7574.
- Kaboosi, K., Emami, K.,** 2019. Interaction of treated industrial wastewater and zeolite on compressive strength of plain concrete in different cement contents and curing ages. *Case Stud. Constr. Mater.* 11:e00308.
- Kaboosi, K., Kaboosi, F., Fadavi, M.,** 2020. Investigation of greywater and zeolite usage in different cement contents on concrete compressive strength and their interactions. *Ain Shams Eng. J.* 11:201–211.
- Karcher, S., Kornmuller, A., Jekel, M.,** 2002. Anion exchange resins for removal of reactive dyes from textile wastewaters. *Water Res.* 36:4717–4724.
- Kucche, K., Jamkar, S., Sadgir, P.,** 2015. Quality of Water for Making Concrete: A Review of Literature. *Int. J. Sci. Res. Publ.* 5:1–10.
- McCoy, W.,** 1996. Mixing and Curing Water for Concrete. Significance of Tests and Properties of Concrete and Concrete Making Materials. *American Society for Testing and Materials.* Philadelphia. PA.
- Meena, K., Luhar, S.,** 2019. Effect of wastewater on properties of concrete. *J. Build. Eng.* 21:106–112.
- Mehrdadi, N., Akbarian, A., Haghollahi, A.,** 2009. Using domestic treated wastewater for producing and curing concrete. *J. Environ. Stud.* 30:129–136.

- Mehta, P.K., Monteiro, P.J.M., Ebrary Concrete, I.,** 2014. Concrete microstructure, properties and materials. *McGraw-Hill*. p. 704.
- Memon, F., Nuruddin, M., Khan, S., Shafiq, N., Ayub, T.,** 2013. Effect of sodium hydroxide concentration on fresh properties and compressive strength of self-compacting geopolymer concrete. *J. Eng. Sci. Technol.* 8:44–56.
- Mintenig, S.M., Loder, M.G.J., Primpke, S., Gerdts, G.,** 2019. Low numbers of microplastics detected in drinking water from ground water sources. *Sci. Total Environ.* 648:631–635.
- Mishra, P.C., Singh, V.K., Narang, K.K., Singh, N.K.,** 2003. Effect of carboxymethyl cellulose on the properties of cement. *Mater. Sci. Eng. A.* 357:13–19.
- Naik, T.R., Dhir, R.K., Dyer, T.D., Newlands, M.D.,** 2015. Sustainability of cement and concrete industries. In: *Achiev. Sustain. Constr.* p. 141–150.
- Neville, A.,** 2011. Properties of Concrete, Pearson Education Limited. London.
- Noguchi, T., Tamura, M.,** 2001. Concrete design towards complete recycling. *Struct. Concr.* 2:155–167.
- Noruzma, A.H., Muhammad, B., Ismail, M., Abdul-Majid, Z.,** 2012. Characteristics of treated effluents and their potential applications for producing concrete. *J. Environ. Manage.* 110:27–32.
- Portland Cement Association,** 2003. Design and control of concrete mixtures.
- Reddy, V., Rao, H., Jayaveera, K.,** 2006. Influence of strong alkaline substances (sodium carbonate and sodium bicarbonate) in mixing water on strength and setting properties of concrete. *Indian J. Eng. Mater. Sci.* 13:123–128.
- Sandrolini, F., Franzoni, E.,** 2001. Waste wash water recycling in ready-mixed concrete plants. *Cem. Concr. Res.* 31:485–489.
- Santhanam, M.,** 2013. Magnesium Attack of Cementitious Materials in Marine Environments, in: M. Alexander, A. Bertron, N. De Belie (Eds.), *Perform. Cem. Mater. Aggress. Aqueous Environ. State-of-the-Art Report*, RILEM TC 211- PAE, Springer Netherlands, Dordrecht, 75–90.
- Shekarchi, M., Yazdian, M., Mehrdadi, N.,** 2012. Use of biologically treated wastewater in concrete. *Kuwait J. Sci. Eng.* 39:97–111.
- Shi, Z., Lothenbach, B.,** 2020. The combined effect of potassium, sodium and calcium on the formation of alkali-silica reaction products. *Cem. Concr. Res.* 127:105914.
- Shi, Z., Shui, Z., Li, Q., Geng, H.,** 2015. Combined effect of metakaolin and sea water on performance and microstructures of concrete. *Constr. Build. Mater.* 74:57–64.

- Taiwo, A.A., Afolami, J.A.,** 2011. Incessant building collapse: A case of a hotel in Akure, Nigeria. *J. Build. Apprais.* 6:241-248.
- Tay, J., Yip, W.,** 1987. Use of reclaimed wastewater for concrete mixing. *J. Environ. Eng.* 113.
- Ting, M.Z.Y., Wong, K.S., Rahman, M.E., Selowara Joo, M.,** 2020. Mechanical and durability performance of marine sand and seawater concrete incorporating silicomanganese slag as coarse aggregate. *Constr. Build. Mater.* 254:11995.
- Trezza, M.A., Ferraiuolo, M.F.,** 2003. Hydration study of limestone blended cement in the presence of hazardous wastes containing Cr (VI). *Cem. Concr. Res.* 33:1039–1045.
- Wegian, F.M.,** 2010. Effect of seawater for mixing and curing on structural concrete. *IES, J. Part A Civ. Struct. Eng.* 3:235–243.
- Xiao, J., Qiang, C., Nanni, A., Zhang, K.,** 2017. Use of sea-sand and seawater in concrete construction: Current status and future opportunities. *Constr. Build. Mater.* 155:1101–1111.