

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KADEMELİ IZGARA SİSTEMİ TASARIMI, İMALATI
VE SAHA UYGULAMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Hüseyin KUŞKONMAZ

Enstitü Anabilim Dalı : **ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ**
Tez Danışmanı : **Prof. Dr. Fatih KARADAĞLI**

Ocak 2022

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KADEMELİ IZGARA SİSTEMİ TASARIMI, İMALATI
VE SAHA UYGULAMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Hüseyin KUŞKONMAZ

Enstitü Anabilim Dalı : ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ

Bu tez 18/01/2022 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği / oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

**Prof. Dr.
Fatih KARADAĞLI
Jüri Başkanı**

**Doç. Dr.
Ömer Hulusi DEDE
Üye**

**Dr.Öğr. Üyesi
Beytullah EREN
Üye**

BEYAN

Tez içindeki tüm verilerin akademik kurallar çerçevesinde tarafımdan elde edildiğini, görsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uygun şekilde sunulduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezde yer alan verilerin bu üniversite veya başka bir üniversitede herhangi bir tez çalışmasında kullanılmadığını beyan ederim.

Hüseyin KUŞKONMAZ

22.12.2021

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim boyunca değerli bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım, her konuda bilgi ve desteğini almaktan çekinmediğim, araştırmanın planlanmasından yazılmasına kadar tüm aşamalarında yardımlarını esirgemeyen, teşvik eden, aynı titizlikte beni yönlendiren değerli danışman hocam Prof. Dr. Fatih KARADAĞLI 'ya teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	i
İÇİNDEKİLER	ii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ	iv
ŞEKİLLER LİSTESİ	v
TABLolar LİSTESİ.....	vii
ÖZET.....	viii
SUMMARY	ix
BÖLÜM 1.	
GİRİŞ	1
BÖLÜM 2.	
KAYNAK ARAŞTIRMASI VE LİTERATÜR ÖZETİ	6
BÖLÜM 3.	
YÖNTEM, TASARIM VE İMALAT.....	14
3.1. Yöntem	14
3.2. Atık Karakterizasyonu.....	15
3.3. Tasarım ve İmalat	20
3.3.1. Kaba ızgara tasarımı	20
3.3.2. İmalat	31
BÖLÜM 4.	
SONUÇ VE TARTIŞMALAR	39
4.1. Sonuç	39

4.2. Uygulama Süreci ve Tespitler	40
4.3. Tesise Kazandırılan Faydalar	41
4.4. Tesisten alınan yorumlar	41
KAYNAKLAR	44
ÖZGEÇMİŞ	47



SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

Ca^{2+}	: Kalsiyum
CH_3SH	: Metanetiol
CH_4	: Metan
H_2S	: Hidrojen Sülfür
H_2SO_4	: Sülfürik Asit
KOİ	: Kimyasal Oksijen İhtiyacı
Mg^{2+}	: Magnezyum
NH_3	: Amonyak

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1. Kanalizasyon sistemlerine atılan ve birleşerek yumaklar haline gelen atıkların, ön arıtma işlemleri ile tutulmuş olan bazı örnekleri	2
Şekil 1.2. Kocaeli ilinde bir tesisten alınmış kaba ızgaranın tuttuğu kirliliği gösteren örnek.	3
Şekil 1.3. Manuel temizlemeli kaba ızgara kullanan bir tesisin gelen atıklar nedeniyle tıkanan kaba ızgarası.....	4
Şekil 3.1. Söz konusu tesiste kullanılmayan fakat yeniden kullanıma uygun bazı parçalar	20
Şekil 3.2. Tasarlanan ızgaranın ve her bir lamasının ölçüleri.	22
Şekil 3.3. Izgara ve makara sisteminin genel görünümü.	22
Şekil 3.4. Izgara yan kesit görünüşü.	23
Şekil 3.5. Örnek bir dişli çizimi.	24
Şekil 3.6. Ray sisteminin yan görünüşü.	25
Şekil 3.7. Bir eşkenar köşebende yapılan kesim işlemi.	26
Şekil 3.8. Kanal şekli verebilmek için bir önceki şekilde kesilen iki parça ve bir köşebent daha kullanılarak yapılan işlem	26
Şekil 3.9. Bir araya toplanmış ve krom kaynak uygulanmış kaba ızgara ana görseli.	27
Şekil 3.10. Dişli özellikleri.....	28
Şekil 3.11. Zincir baklalarının belirli ölçüleri.	28
Şekil 3.12. Sıyırıcı – tırmık üzerinde yapılan uygulamalar.	29
Şekil 3.13. Sıyırıcı kesit görünüşü.	30
Şekil 3.14. Sıyırıcı ön görüş görseli ve bağlantı bölgesi.	30
Şekil 3.15. H demiri yardımı ile bir araya getirilmiş ara boşlukları 50 mm olan ızgaralamaları.	31
Şekil 3.16. Rayların imalat görüntüleri.	32

Şekil 3.17. Lamalar ve rayların birleştirilmesi.....	33
Şekil 3.18. Dişliler ve rulmanlar.....	34
Şekil 3.19. Ray sistemi ve yardımcı elemanlar.....	35
Şekil 3.20. Tırmık işlemleri ve bağlantısı.....	36
Şekil 3.21. Sıyırıcı görüntüsü.....	37
Şekil 3.22. Motor görseli.....	37



TABLULAR LİSTESİ

Tablo 3.1. Sakarya ili Hendek ilçesi evsek atıksu arıtma tesisinde yapılan atık karakterizasyon çalışmasının sonuçları.	14
Tablo 3.2. Atıksu arıtma tesislerinin maruz kaldığı atık karakterizasyonu, kaynakları, ızgara sistemlerine ve kanallara etkiler ve sebep olan alanlar.	16
Tablo 3.3. 1040 çeliği mekanik özellikleri.....	29

ÖZET

Anahtar kelimeler: Atıksu arıtma, ızgaralar, ayrıştırma, katılar

Islak mendil ve tuvalet kağıdı gibi ürünler ev ve işyerlerinden atıksu sistemlerine bırakılmaktadır. Bu atıklar, atıksuların içinde bulunan yağ vb. maddelerle birleşerek atıksu borularında tıkanmalara neden olmaktadır. Bununla beraber, farklı endüstriyel kuruluşlar (yemek fabrikaları, mekanik atölyeler vb) değişik türlerdeki katı atıkları (gıda atıkları, üstüğü gibi) hataen kanalizasyon sistemlerine bırakabilmektedir. Bu karışımların doğal bir sonucu olarak, büyük ölçülere sahip katı atıkları kanalizasyon sistemlerinde veya atıksu arıtma tesislerinde karşımıza çıkmaktadır.

Arıtma tesislerinde, ızgara sistemleri ve öğütücüler katı atıkları ayırmak ve öğütmek için kullanılan sistemlerdir. Bu üniteler arasında bulunan kaba ızgaraların çubukları arasındaki açıklık genellikle 2 cm olarak tasarlanırken, bu ızgaralara gelen atıkların boyutları 2 – 20 cm aralığında değişmektedir. Bu nedenle, büyük ölçekli atıklar bu tür ızgaraları çok hızlı şekilde tıkayabilmektedir. Bu tür problemleri azaltabilmek için, bu çalışmada çubuk aralıkları kademeli şekilde düşürülen ve bir kaç ızgaradan oluşan bir seri ızgara ünitesi teklif edilmiştir. Bu yeni sisteme görearıtma tesisine gelen atıklar boyutlarına karşılık gelen ızgaralar tarafından bertaraf edilmiş olacaktır. Bu şekilde, arıtma verimi artırılarak, bakım-onarım ihtiyaçları azaltılabilecektir.

Bu kapsamda, bu çalışmada, yukarıda sunulan adaptasyon stratejisinin bir adımı olarak, çubuk aralıkları geniş bir ızgara sistemi tasarlanmış ve üretimi yapılmıştır. Bu sistem bir evsel atıksu arıtma tesisinde kullanılmış ve elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir. Buna göre, yeni ızgara sisteminin full otomatik olması ve ızgara aralıklarınının 5 cm olması arıtma verimini arttırmış, ve bakım onarım masraflarını ciddi oranda azaltmıştır. Bu çalışmada sunulan stratejik yaklaşımın diğer arıtma tesislerinde uygulanması, arıtma tesislerinin ve kamu bütçelerinin korunması için elzem olmaktadır.

DESIGN, MANUFACTURING, AND FIELD-APPLICATION OF A NEW COARSE-SCREEN SYSTEM

SUMMARY

Keywords: Wastewater treatment, screens, separation, sewer solids

Various products such as toilet papers and moist wipes are disposed of into wastewater collection systems. Such solids mix with other wastewater constituents such as grease to form impediments in sewer pipes. Similarly, various retailers (e.g., restaurants, catering facilities, mechanical shops) may discharge solid wastes such as food waste and wet wipes into sewer systems. As a result, large size sewer solids accumulate and cause blockages within sewer systems and at wastewater treatment facilities.

At wastewater treatment plants, coarse screens, fine screens, and grinders are used commonly to ensure that large debris is removed from wastewater. However, large debris such as wipes also clog and disable treatment units as screens. A key reason for this problem are the variations in size ranges (2-20 cm) of solids that are captured by coarse screens. While bar-openings of coarse screens are about 2-3 cm, sizes of waste solids that approach to screens can be around 20 cm, and can clog screens rapidly. To minimize such problems, this study proposes to design series of coarse screens with bar-openings decreasing gradually (e.g., 10, 5, and 2 cm). Accordingly, this new system can remove very large solids (10-20 cm), large solids (5-10 cm), and coarse solids (2-5 cm), correspondingly.

In this context, this study presents this adaptation strategy for a local treatment plant. we designed and manufactured a new coarse screen that was installed and tested for its performance at a real-life facility. We examined impact of the new system by tracking maintenance needs (failure and repairs) of coarse screens before and after the installation. In general, the new screen enhanced treatment performance, while it reduced maintenance problems significantly. The study concludes that similar strategies and applications must be developed and implemented for municipal wastewater treatment plants to protect physical treatment units, and municipal funds.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Günümüzde, bebeklerin, çocukların, yetişkinlerin ve hastaların kişisel hijyen ihtiyaçlarını karşılayabilmek için çocuk bezi, ıslak mendil, tek kullanımlık hijyenik pedler, tuvalet kâğıtları ve klozet temizleme mendili gibi ürünlerin kullanımı oldukça yaygınlaşmıştır. Bu hijyen ve temizlik ürünleri kullanıldıktan sonra tuvaletlerde bulunan çöp kovalarına veya doğrudan kanalizasyon sistemlerine atılarak bertaraf edilmektedir.

Bu ürünlerden biri olan ıslak mendiller, birçok çeşitte ve farklı amaçlar için üretilmektedir. Örneğin yumuşak dokulu, kalın ve esnek yapılı, çok katlı, parfümlü, bioçözünabilir ve klozete atılabilir gibi çeşitleri mevcut olup, klozet temizliği, bebek ve çocuk temizliği gibi amaçlar için üretilmişlerdir. Üretici firmalar, tüketici gruplarının taleplerine göre ar-ge çalışmaları yaparak mevcut ürünleri geliştirip, iyileştirmektedir. Tüketiciler genellikle ürünlerin pamuksu veya yumuşak dokuda, güzel kokulu, kopma ve yırtılmalara karşı dayanıklı olmasını tercih etmektedir (Eren ve ark., 2020). Bu özelliklerin yanı sıra, ıslak mendil, hijyenik pedler gibi ürünlerinin kanalizasyon sistemlerinde birikim ve tıkanma gibi problemlere neden oldukları gözlemlenmektedir.

Konuyla ilgili bazı örnekler aşağıda Şekil 1.1.'de sunulmuştur. Bu problemler ele alındığında, ıslak mendillerin kanalizasyon sistemlerindeki parçalanması ve davranışlarıyla ilgili geri besleme yapılması gerekmektedir. Bu bilgiler ürünlerin yeniden tasarlanmasını sağlayacak, kanalizasyon sistemleriyle uyumlu olan ürünlerin geliştirilmesine neden olacaktır.



Şekil 1.1. Kanalizasyon sistemlerine atılan ve birleşerek yumaklar haline gelen atıkların, ön arıtma işlemleri ile tutulmuş olan bazı örnekleri sunulmaktadır. (a) Kanada'nın Londra şehrinde bir evsel atıksu arıtma tesisinin kaba ızgarasından çıkarılan atık kütlesi (Resimdeki kişinin (Barry Orr) izni alınmıştır. (b) Kanalizasyon sistemlerine atılmış ve birbirlerine bağlanarak yumak haline gelmiş atıklar. (c) Kırsal ve yeni yapılaşmanın olduğu bir bölgede meydana gelen bir tıkanma olayında ortaya çıkan birleşmiş atık yumağı. (d) Kanada da bulunan bir evsel atıksu arıtma tesisinin kaba ızgarasından temizlenen mendil vb. maddeler.

Ürünlerin geliştirilmesinin yanı sıra, kanalizasyon sistemlerinin, pompa istasyonlarının ve arıtma tesislerinin ıslak mendil vb. atıklara karşı korunması için tedbirler alınması gerekmektedir. Arıtma tesislerinin giriş kısımlarında kaba ızgara sistemleri kullanılarak iri ve katı atıklar bertaraf edilmektedir. Konuyla ilgili yapılan saha çalışmaları ve araştırmalara göre, ızgaralarda tıkanma problemlerine neden olan atıkların, selülozik ve sentetik fiberlerden oluşan atıklar (tuvalet kâğıdı, ıslak mendil, pedler gibi) olduğu anlaşılmıştır.

Bu atıkların büyük bir çoğunluğu, kanalizasyon sistemlerine giriş yaptıktan sonra sistem boyunca kümülatif şekilde toplanarak arıtma tesisine taşınmaktadır.

Buna paralel olarak, atıksuyun debisindeki veya akış hızındaki ani değişimler nedeniyle, örneğin, atıksuyun borulardan bir bacaya giriş yaptığında, akışın kesit alanının aniden büyümesi sonucu akış hızının düşmesi gibi durumlarda, atıkların belirli noktalarda birikim yaptığı ve daha sonra, atık suyun debisinin arttığı koşullarda (yağmurlu günler gibi), bu atıkların toplu olarak borularda veya sokak bacalarında tıkanmalara neden olduğu anlaşılmıştır. Bununla beraber, Tesis girişlerine ulaşan bu atıklar önce giriş yapısında karşılandıktan sonra, Şekil 1.2.'de gösterildiği gibi kaba ızgaralarda tutulmaktadır.



Şekil 1.2. Kocaeli ilinde bir tesisten alınmış kaba ızgaranın tuttuğu kirliliği gösteren örnek.

Atıksu arıtma tesislerinde kullanılan kaba ızgaralarda çubuk aralıkları genellikle 2-3 cm olarak tasarlanmaktadır. Bu aralık, ıslak mendil vb. atıklarla mücadele etmek için yetersiz kalmaktadır ve böylece, ızgaralar çok sık tıkanma problemleriyle karşı karşıya kalmaktadır. Yapılan saha araştırmalarına göre, arıtma tesislerinin buldukları konum ve kabul ettikleri atıksu türlerine (evsel ve endüstriyel) göre, farklı boyutlarda kaba atıklarla karşılaşmaktadırlar.

Özellikle, yağmur yağışları sırasında debi artışlarıyla beraber kaba ızgaralarda biriken atık miktarı çoğalmakta ve ızgaranın tıkanması kaçınılmaz olmaktadır. Bu tıkanmanın olumsuz etkileri birkaç ana başlıkta görülmektedir:

1. Atıksu seviyesi hızlıca yükselir ve atıksu bypass kanallarına gider. Yani, arıtılmadan deşarj ünitesine geçmiş olur.
2. Iızgaraların dişli vb. mekanik ekipmanları bozulur,
3. Otomatik ızgaralar da motor pompasının yanması söz konusudur.



Şekil 1.3. Manuel temizlemeli kaba ızgara kullanan bir tesisin gelen atıklar nedeniyle tıkanan kaba ızgarası.

Kaba ızgaralardan anlık geçiş sağlayarak tesis içine giren bu tarz atıklar ise tesis işleyişine daha farklı zararlar vermektedir. Terfili çalışan tesisler başta olmak üzere birçok tesiste kum tutuculara, yağ pitlerine, ince ızgaralara, burgulu pompalara, motor parçalarına dolanmakta ve makinelere hasar verip tesisin işleyişini aksatmaktadır. Bu atıkların havalandırma havuzlarında difüzörlere, blowlara ve motorlarına zarar verdiği bilinmektedir. Bu nedenle, tesisin gerekli havayı havalandırma havuzlarına sağlayamaması ve mikrobiyolojik arıtımın veriminin düşmesi gibi sorunlar açabildikleri tespit edilmiştir.

Bu çerçevede, bu çalışmanın ana hedefi atıksu arıtma tesislerinde kullanılan ızgara vb. ön arıtma ekipmanlarının, günümüzdeki evsel atıksularda karşılaşılan katı atıklara göre geliştirilmesidir. Buna göre, çubuk aralıklarının yeniden düzenlendiği yeni ızgara tasarımları yapılarak ve evsel atıksular da ki katıların kademeli şekilde atık sudan ayrılması amaçlanmıştır. Bu ızgaraların projelendirmesinde, bölgesel faktörler ve atıkların boyut karakterizasyonu gibi faktörler göz önünde bulundurulmuştur. Bölgesel olarak küçük sanayi kuruluşları yakınında olan ve/veya kırsal kesimlerde hizmet veren atıksu arıtma tesislerinin atık türleri dikkate alınmıştır. Buna göre, endüstriyel kuruluşların olduğu bir bölgede atık mendil ve üstüğü gibi atıklar ve kırsal bölgelerde ise bahçe ve ahır atıkları gibi maddelerin arıtma tesislerine ulaştığı gözlemlenmiştir. Bu problemlere bir çözüm olarak, belirli bir otomasyon sistemiyle çalışan ızgara sistemleri tasarlanmış ve bir arıtma tesisinde uygulanmıştır. Bu çerçevede, Kocaeli bölgesinde faaliyet gösteren bir örnek tesisin atık çeşitleri ve miktarları ölçülmüş ve bu bilgilere göre yeni kaba ızgara tasarlanmıştır. Bu ızgaranın üretim ve montajı ilgili tesisin sahasında yapılarak, uygulamaya alınmıştır. Bu iyileştirmenin sonuçları ve faydaları bu tez kapsamında sunulmaktadır.

BÖLÜM 2. KAYNAK ARAŞTIRMASI VE LİTERATÜR ÖZETİ

Konuyla ilgili literatür çalışmalarının özetleri yapılan araştırma tarihlerine göre sırasıyla aşağıda sunulmuştur. Genel olarak, evsel atıksularda görülen ıslak mendil, tuvalet kâğıdı vb. atıkların kaba ızgaralarla tutulması oldukça basit bir mühendislik sorunu olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu sebeple, aşağıda belirtilen literatür çalışmaları kanalizasyon sistemlerindeki katıların taşınması, parçalanması ve diğer atıklarla karışarak yumak oluşturması gibi konular üzerinde yoğunlaşmıştır.

Brown ve arkadaşları kanalizasyon borularındaki su akışının simülasyonu için bir model geliştirmiş ve ardından bu modele yeni bir modül ilave ederek, atık tuvalet kağıtlarının atıksu borularındaki ilerleyişinin simülasyonunu yapmıştır. Yaptıkları bu modelleme çalışmalarının sonuçlarına göre, tuvalet kağıtları ilk sifon dalgasıyla evlerin pissu borularında belirli bir noktaya kadar ilerlemektedir. Daha sonra, yeni gelen su dalgaları ile bir miktar daha ilerleyerek, su akımının bol olduğu bir noktaya (sokak kanal boruları gibi) taşınmaktadır. Fakat, sokak bacalarında (rögar bacası) su hızının aniden düşmesi nedeniyle, tuvalet kağıtları gibi kirleticiler bu noktalarda birikim göstermişlerdir [1].

Vollertsen ve arkadaşları tarafından yapılan bir çalışmada ise; kanalizasyon borularında çökelen organik maddelerin yaz aylarında anaerobik sedimentlere dönüştüğünü gözlemlenmişlerdir. Bu sebeple, sıcaklığın bu sedimentlerin anaerobik parçalanması üzerine etkilerini değerlendirmişlerdir. Bu süreçte, sudaki çözünmüş oksijeninin tüketimi ve anaerobik oluşumun hızı belirlenmeye çalışılmıştır. Organik katı maddelerin hidrolizinin sıcaklıkla beraber hızlandığı, aerobik mikroorganizmaların sudaki çözünmüş organik maddeleri parçaladığı, ortamda bulunan çözünmüş oksijeni harcadıkları ve bu nedenle, birçok kanalizasyon hattında anaerobik proseslerin çok yaygın olduğunu tespit etmişlerdir.

Bu anaerobik proseslerin oluşmasından sonra H₂S ve CH₄ gibi gazların üretiminin artacağı düşüncesi öne sürmüştür bulunmaktadırlar [2].

Butler ve arkadaşları tarafından gerçekleştirilen başka bir projede, atık tuvalet kağıtları ve ıslak mendillerin atıksu borularındaki ilerleyişi borunun çapına ve su akış hızına bağlı olarak incelendi. Bu projelerde, sabit bir debi için boru çapı büyüdükçe akış hızının düşmesi sebebiyle, katıların boru içerisinde biriktiği ve kayarak ilerlediği gösterildi. Katılar zamanla birikerek adeta bir baraja dönüştü ve gelen suların birikmesine neden oldu. Bu suyun uyguladığı kuvvetle biriken tuvalet kağıtları, ıslak mendiller ve benzeri atıkların kayarak ilerlediği ifade edildi. Tıkanmaların azaltılması açısından, atıksu boru çapının büyütülmesinin fazla bir fayda sağlamadığı ve hatta, sudaki debinin düştüğü için, birikimlerin ve tıkanma problemlerinin artacağı belirlendi [3,4].

Water Environment Research Foundation tarafından 'klozete atılabilir' (flushable) türdeki ürünlerin, parçalanmalarını değerlendirmek amacıyla ilk deneysel testleri gerçekleştirmiştir. Buna benzer şekilde, ıslak mendil üreticilerini temsil eden kuruluşlar (INDA – Association of Non-woven Disposables ve EDANA- European Disposables and Non-wovens Association) bu testleri referans kabul etmiş ve ufak modifiyelerde bulunarak kendi testlerini geliştirmişlerdir (INDA, 2017). INDA ve EDANA bir ürünün ilgili testlerden geçebilmesi için geçme/kalma sınırlarındaki toleransı yüksek tutmuştur. Bu nedenle, atıksu uzmanları uluslararası bir birlik kurmuştur (International Water Services Flushability Group), tuvaletlere atılabilecek atıkların ortak özelliklerini belirleyici kriter ve testler geliştirmeye çalışmıştır (IWSFG, 2020) [5,6].

Ashley ve arkadaşları kanalizasyon sistemlerinde bulunan atık suların içindeki katıların karakteristik özellikleri, kanal sistemine etkileri ve kontrol mekanizmalarını incelemiştir. Buna göre, yoğunluğu sudan daha yüksek olan kum gibi taneciklerin hızlıca çökelmediği, sediment haline geldiği belirtirken bununla birlikte yoğunluğu suya yakın olan katıların ise suyla birlikte taşındığı belirtmişlerdir.

Kanalizasyon sistemlerindeki birikimlerin önüne geçilmesi için, borularda düzenli bakım ve temizlik yapılmasının gerektiğini vurgulamış ve bu konuda çalışmışlardır [7].

Guisasola ve arkadaşları kanalizasyon sistemlerindeki sedimentlerde metan oluşumunu araştırmışlardır. Buna göre, metanın bir sera gazı olması nedeniyle, kanalizasyon sistemlerinden ve arıtma tesislerinden atmosfere verilerek dünya çevresindeki sera etkisinin artmasına, yani global sıcaklığın artmasına (global ısınma) neden olduğunu ifade etmişlerdir. Bu gibi sonuçlara dayanarak, boru ve bacalarda metan birikimlerinin doğal olarak bir yangın ve patlama risklerini beraberinde getirdiği belirtmişlerdir. Metan üretiminin, atıksuyun borulardaki bekleme süresiyle doğrudan bağlantılı olduğunu göstermişlerdir. Üzerinde çalışılan iki farklı kanalizasyon sistemindeki evsel atıksulardaki kimyasal oksijen ihtiyacının (KOİ) 100 mg/L kadarının metana dönüştüğünü tespit etmişlerdir. Laboratuvar ölçekli bir kanalizasyon sisteminde de debinin düşmesiyle uzayan bekletme sürelerinde, atıksudaki uçucu organik maddelerin %70'e varan kısmının metana dönüştüğünü göstermişlerdir [8].

Keener ve arkadaşları atıksulara karışan yemek yağları ve atık yağlar ile sudaki metal iyonlarının (Ca^{2+} , Mg^{2+}) birlikte boru yüzeylerinde çökerek çok sert katı maddeler oluşturduğunu ifade etmiş ve göstermiştir [9]. Benzer bir şekilde, He ve arkadaşları bu çökeleklerin kanalizasyon borularındaki oluşum mekanizmalarını çalışmıştır. Özellikle beton boruların Ca ve Mg gibi iyonların kaynağı olması nedeniyle, katı çökelek oluşumunun plastik borulara göre beton borularda daha sık karşılaşıldığını vurgulamışlardır. Bu çökeleklerin oluşumunda oleik, palmitik ve linoleik yağ asitlerinin büyük rol oynadığını ve bu asitlerin evlerde kullanılan tüm sıvı yağlarda bulunduğunu ifade etmişlerdir. Konuyla ilgili olarak, Williams ve arkadaşları bu tür çökeleklerin sulardaki sertlik seviyesi ile orantılı şekilde oluştuğunu gösteren bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Kanalizasyon borularından alınan numunelerde yapılan analizler, palmitik ve oleik yağ asitlerinin çökeleklerdeki ana maddeler olduğunu kanıtlamıştır [10,11,12].

Walski ve arkadaşları katı atıkların kanalizasyon borularındaki taşınımını çalışmışlardır. Buna göre, katının çapı ve spesifik yoğunluğu ile atık suyun derinliğinin taşınımında etkili faktörler olduğunu belirlemişlerdir. Bu çerçevede, su debisinin 1 m/s olması durumunda birçok katı maddenin taşınacağı belirtmişlerdir [13].

Karadağlı ve arkadaşları tuvaletlere atılabilecek ürünlerin kanalizasyon sistemlerindeki parçalanmasıyla ilgili teorik ve matematiksel modelleme çalışmaları gerçekleştirmişlerdir. Teorik çalışmalara göre, bu atıkların sularda parçalanması sudaki türbülans şartları ile ürünlerin mekanik mukavemetine (su emme oranları, parçalanma oranları gibi) bağlıdır. Sulardaki türbülans Reynold's sayısı ile temsil edilirken, ürünlerin parçalanma hız katsayıları, ilgili parçalanma deneyleri yapılarak tespit edilmiştir. Geliştirilen teorik yaklaşım ve matematiksel model farklı hijyenik ürünler (tampon, ped gibi) kullanılarak test edilmiştir. Elde edilen sonuçlarla, matematiksel modelin ve teorinin kişisel hijyen ürünlerinin kanalizasyondaki davranışlarını takip edebilmek için kullanılabilmesi gösterilmiştir [14,15].

Eren ve Karadağlı yukarıda belirtilen matematiksel modeli tuvalet kağıtlarının kanalizasyon sistemlerinde davranışlarını incelemek üzere uyarlamışlardır. Buna göre, farklı model ve marka tuvalet kağıtları ile suda parçalanma deneyleri yapmış ve deneysel sonuçları matematiksel model aracılığıyla simule etmişlerdir. Sonuç olarak, geçici-ıslak-mukavemeti (temporary-wet-strength) yüksek olan tuvalet kağıtlarının kanalizasyon sistemlerinde biraz yavaş parçalandığı tespit etmişlerdir. Tuvalet kağıtlarının geçici ıslak mukavemetlerinin uygun oranlarda düşürülmesi gerektiği üreticilere bir geri besleme şeklinde sunmuşlardır [16].

Kim ve Hergeth 'klozete (tuvalete) atılabilir' ibaresi taşıyan ürünlerin gelecekteki durumlarıyla ilgili endüstriyel bir yol haritası oluşturmuşlardır. Bu çalışmalarda pazar payları, teknolojik altyapılar, standardizasyon ve yasalar/yönetmelikler gibi ana konular incelenmişlerdir. Bu çalışmalara göre, bu ürünlerle ilgili her ülkenin standardizasyon ve yönetmelik geliştirmesi gerektiği vurgulanmıştır.

Bu nedenle, üretici firmaların ürünleriyle ilgili tuvalete atılabilirlik iddialarını gözden geçirmeleri ve bu iddiaları bilimsel çalışmalarla desteklemelerini tavsiye etmişlerdir [17].

Sharma ve arkadaşları kanalizasyon sistemlerinde pH 'nın değişimini incelediler. Üç farklı sistemde zamana bağlı olarak atıksuyun pH değerlerini ölçtüler. Buna göre, öğleden önce 06:00 – 12:00 arasında atıksuyun pH değeri 7.5 'dan 8.5-9' kadar çıktı. Öğleden sonra, saat 12:00 – 21:00 arasında pH 8 civarında bulundu ve gece saatleri boyunca 7 – 7.5 arasında kaldı. Yaptıkları pH ölçümleri ile atıksudaki amonyum seviyeleri arasında lineer bir bağıntı tespit edildi. Buna göre, sudaki pH düzeyi evlerden gelen üre ve amonyum miktarı ile doğru orantılı şekilde arttı [18].

Tang ve Jin selülozik ve plastik fiberler kullanılarak üretilmiş ve klozete atılabilir olduğu iddia edilen bir kompozit tekstil ürünlerinin sularda parçalanmasını çalıştılar. Yapılan bu deneysel çalışmalarına göre, karıştırma hızının ve karıştırma süresinin parçalanmada etkili rol oynadığını belirlediler. Bu durumda, karıştırma hızının yüksek olması ve karıştırma süresinin uzun tutulması önerildi. Ancak, deneysel düzenekteki türbülans seviyesinin veya Reynold's sayısının tespiti ve kanalizasyon sistemlerindeki türbülans değerleri ile karşılaştırılması yapılmadı. Bu sebeple, bir ürünü test etmek için gerekli deney süresi ve türbülans seviyesi gibi parametreler hakkında bir yorum yapılamadı. Bu deneysel çalışmanın bir alternatifi olarak, Eren ve Karadağlı ise orbital bir karıştırıcıda 1 L su ve 1 yaprak ürün kullanılmasını ve parçalanma deneyinin 100 devir/dakika hızında yapılmasını tavsiye ettiler. Söz konusu bu deneyin oluşturacağı türbülans değerinin Reynold's sayısı olarak 25000 civarında olacağı ve bu değer kanalizasyon sistemlerinde ev bağlantıları ve küçük sokak borularındaki türbülans değerine karşılık gelebileceğini belirlediler [19].

Jiang ve arkadaşları kanalizasyon borularındaki korozyon ve atık maddelerin neden olduğu koku problemleriyle ilgili bir literatür taraması yayınladılar. Borularda sülfat indirgeyici mikroorganizmaların sülfatı indirgeyerek hidrojen sülfür (H_2S) oluşturması ve bu molekülün sülfürik asite (H_2SO_4) dönüşmesiyle borularda korozyon olacağı bilinmektedir.

H₂S aynı zamanda ciddi koku problemine neden olan bir bileşiktir. Bu sorunları en aza indirmek için, içme sularındaki sülfat miktarına dikkat edilmesi ve 20 mg/L altında tutulması tavsiye edildi. Gelecek yıllarda, su tüketiminin azalma eğilimi gösterebileceği ihtimaliyle, atıksu hatlarında kirlilik yükünün daha da yoğunlaştığı belirtildi ve böylece, koku ve korozyon problemlerinin daha sık meydana geleceğini ifade etmişlerdir. Bu sebeple, kanalizasyon sistemlerinin bilgisayar programları, gerekli yazılımlar ve sensörler yardımıyla düzenli şekilde izlenmeye alınması ve özellikle 'sıcak' noktalara dikkat edilmesini vurgulamışlardır [20].

Pandey ve arkadaşları kanalizasyon sistemlerindeki koku problemi yaratan ana kirleticileri tespit etmeye çalışmışlardır. Kore'nin Seul şehrinde nüfus yoğunluğunun yüksek olduğu noktalardaki sokaklarda kanalizasyon bacalarında gaz ölçümleri yapılarak, kokuya neden olan maddeler bu çalışmada tespit etmişlerdir. Bu işlemler neticesinde, hidrojen sülfür (H₂S), metil sülfid (CH₃SH), amonyak (NH₃), uçucu yağ asitleri ve fenol molekülünün kanalizasyon sistemlerinde başlıca koku yapıcı maddeler olduğunu belirlemişlerdir [21].

Shahsavari ve arkadaşları kanalizasyon borularında biriken katıların taşınmasını sağlamak için, boruların uygun noktalarına bir metal kapak koyulmasını teklif eden bir çalışma yaptılar. Bu kapak sayesinde atıksular boru içerisinde biriktirilerek; daha sonra, kapağın suyun basıncıyla açılmasıyla birlikte, boru içerisinde biriken katıların taşınması sağlandı. Yapılan deneyler neticesinde, küçük çaplı taneciklerin kapağın kaldırılması sonucu hareketli duruma geçen suyla birlikte taşındığı, ama büyük çaplı taneciklerin (küçük taş vb.) yeniden ve kısa mesafede çökeldiği gözlemlendi. Bu şekilde borularda yeniden oluşan sedimentler araları boşluklu bir yapıya sahip olup, büyük çaplı taneciklerden oluşmuştur. İlgili kapakların sokak bacalarındaki giriş borularının önüne konumlandırılarak inşa edilmesi ve bilgisayar yazılımları yardımıyla belirli periyotlarla açılıp kapanmasının uygun bir çözüm olacağı ifade edildi [22].

Yukarıda sunulan literatür çalışmalarının işaret ettiği sonuçlar kısaca şu şekilde özetlenebilir:

- Kanalizasyon sistemlerinde katı maddelerin çökmesi ve sediment oluşturması, atıksu akışı ile katı madde taşınımı ve bu olayların matematiksel modellerle araştırılması üzerine bazı çalışmalar mevcuttur. Buna karşılık, atık hijyenik ürünlerin kanalizasyon sistemlerinde parçalanması üzerine az sayıda çalışma mevcuttur.
- Kanalizasyon borularında birikim yapan katıların karakterizasyonu üzerine çalışmalar yapılmış ve borularda oluşan sedimentlerin, çoğunlukla inorganik (Kum veya çakıl) maddelerden meydana geldiği ve bunların üzerinde bir biyofilm tabakasının oluştuğu ve bu tabakanın üzerine, sudaki organik kirleticilerin çökelediği belirlenmiştir.
- Atıksuda bulunan metal iyonları (Ca ve Mg gibi) ile yine evsel atıksudaki sıvı yağ moleküllerinin (özellikle oleik, palmitik, linoleik yağ asitleri) oluşturduğu çökelekler daha önceki çalışmalarla araştırılmıştır. Bu çökeleklerin oluşum mekanizması, oluşum şartları ve bu olayda rol alan etken maddeler belirlenmiştir.
- Kanalizasyon sistemlerinde korozyon ve koku problemlerinin başlıca sebeplerinin tespiti üzerine çalışmalar mevcuttur. Hidrojen sülfür (H_2S), metil sülfid, amonyak, uçucu yağ asitleri ve fenol maddelerinin bu tür problemlerde etken olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışmalar, içme sularındaki sülfat miktarının azaltılması ve atıksuyun borulardaki bekleme süresinin azaltılması ile koku ve korozyon problemlerinin önlenebileceğini belirtmişlerdir. Bu problemlerin minimize edilmesi için boruların periyodik olarak temizlenmesi veya aktif karbon adsorpsiyonu gibi çözümler önerilmektedir.
- Kanalizasyon sistemlerinde metan gazı oluşumu üzerine yapılan araştırmalar yakın dönemde çoğalmıştır. Metan oluşumu ile atıksuyun bekleme süresi arasında lineer bir bağlantı olduğu tespit edilmiştir. Kanalizasyon borularında metan üretimini azaltmak için, atıksuyun borularda bekleme süresinin düşürülmesi veya boruların periyodik olarak temizlenmesi gerekmektedir.

- Evlerden atıksuyla birlikte gelen tuvalet kâğıdı gibi atıkların taşınımı üzerine birkaç çalışma gerçekleştirilmiştir. Atık tuvalet kağıtları, su debisinin az ve su akış hızının düşük olduğu yerlerde biriktiği gözlemlenmiştir. Daha sonra gelen atıksular bu birikimlerin boru içerisinde biraz daha kayarak ilerlemesine neden olmaktadır. Tuvalet kağıtlarının arkasındaki su kütlesi çoğaldıkça tuvalet kağıtlarının boruda ilerlediği tespit edilmiştir.
- Dünya genelinde ‘klozete atılabilir’ (flushable) şeklinde tüketicilere arz edilen ıslak mendillerin, kanalizasyon sistemlerindeki davranışları ve parçalanmaları ile ilgili bilimsel çalışmaların literatürde mevcut olmadığı anlaşılmaktadır.

Literatür çalışmaları tesis girişlerinde bulunan kaba ızgara sistemlerinin birçok katı ve iri atıkları maddeyi bertaraf ettiğini kabul etmektedir. Bu kabul doğru olmasına rağmen, atıksu arıtma tesislerindeki ızgaraların gelen atıkların boyutlarına uygun şekilde kademelendirilmesi ve yeni ızgaraların tasarlanması gerekmektedir. Kaba ızgaralar, tasarımları gereği, yoğun olarak fiziksel kirliliklerle mücadele etmekte olup, arıtma tesisinin ilk filtresi olarak görev yapmaktadırlar. Bu nedenle, bu tez çalışmasında atık boyutları belirlenmiş ve bu atıkları bertaraf edebilecek yeni ızgara ve modifikasyonları tasarlanmıştır.

BÖLÜM 3. YÖNTEM, TASARIM VE İMALAT

3.1. Yöntem

Bu çalışma kapsamında kullanılan yöntem birkaç adımdan oluşmuştur. Buna göre, birinci adımda, arıtma tesislerine ulaşan katıların analizi için saha çalışmaları yapılmıştır. Saha çalışmalarında, birkaç farklı şehirdeki atıksu arıtma tesisleri ziyaret edilerek, bu tesislerdeki kaba ızgaraların genel sorunlarını ve arızaları hakkında yetkililerden bilgiler alınmış ve gerekli tartışmalar yapılmıştır. Kısaca, tıkanmaların ana sebeplerinin, genellikle kişisel hijyen ürünü olan atıkların yumaklanarak bir araya gelmesiyle atık kümelerini oluşturması olduğu belirlenmiştir. Yapılan atık karakterizasyon işlemlerine göre, tesislerin girişlerinden çıkarılan katı atık miktarları belirli periyotlarda takip edildi. İlgili atıkların kütleleri, boyutları ve atık cinsleri belirlendi. Bu şekilde, arıtma tesislerine gelen ortalama atık türleri ve boyut aralıkları netleştirildi. Konuyla ilgili örnek bir tablo aşağıda sunulmaktadır.

Tablo 3.1. Sakarya ili Hendek ilçesi evsek atıksu arıtma tesisinde yapılan atık karakterizasyon çalışmasının sonuçları.

SASKİ HENDEK Evsel Atıksu Arıtma Tesisi 05.10.2020 Saat 9:00 civarı KABA IZGARADAN ALINAN NUMUNE VERİLERİ		
BOYUT	ATIK CİNSİ	MİKTAR (KG)
>20 cm	ÜSTÜBÜ	4.7
	AĞAÇ DALI	1.1
	MUTFAK BEZİ	0.9
10-20 cm	ÜSTÜBÜ	6.3
	ISLAK MENDİL	1.8
	BİSKÜVİ PAKETİ	0.01
	ÇATAL	0.05
	ÜSTÜBÜ	1.3
5-10 cm	ISLAK MENDİL	0.8
	BARDAK SU ŞİŞESİ	0.08
	*	*
	TOPLAM MİKTAR:	17.04

Tablo 3.1.'deki verilere göre, tesise gelen atıkların büyük kısmının 10 cm'den daha büyük oldukları gözlemlenmiştir. Buna karşılık, standart bir kaba ızgaranın aralıkları 2-3 cm civarında olup, gelen atıklar böyle bir ızgarayı kolaylıkla tıkamaktadır. Bu nedenle, ızgara aralıkları daha geniş olan, otomatik temizleme mekanizması olan ve temizleme sıklığı ayarlanabilen bir kaba ızgaranın arıtma tesislerini rahatlatacağı anlaşılmaktadır. Tesis görevlileri ile yapılan görüşmelere göre, işçi kuvvetiyle temizlenen kaba ızgaraların, özellikle anlık debi artışlarının olduğu veya çok yağmurlu olan günlerde hızlı şekilde tıkanıdığı ve bu nedenle, gelen atıksuyun önemli bir kısmının bypass kanalına verildiği anlaşılmıştır. Bu nedenle, otomatik temizleme mekanizmasının gerekli olduğu ve iş gücü kaybını azaltacağı anlaşılmıştır.

Bu verilere göre, incelenen tesislerden bir tanesi pilot tesis olarak seçildi. Seçilen tesise gelen atıksuların, araç bakım ve tamirat sanayisi, otomotiv firmaları, okullar ve yerleşim alanlarından toplanan atıksular olduğu anlaşıldı. Tesis 260.000 eşdeğer nüfusun atık suyunu arıtmak üzere inşa edilmiş olup, 81.000 m³/gün atık suyu arıtabilecek kapasitededir. Tesis bünyesinde manuel temizlemeli bir kaba ızgara bulunmaktadır. Yukarıda belirtilen tıkanma problemlerinin bu tesiste sıklıkla görülmesi nedeniyle, bu tesisteki kaba ızgaranın yeniden tasarlanmasına karar verildi. Bu çerçevede, otomatik temizlemeli ve düşük maliyetli bir kaba ızgara aşağıda belirtilen adımlar takip edilerek projelendirilmeye başlandı.

3.2. Atık Karakterizasyonu

Belirlenen pilot tesise gelen katı atıkları tespit edebilmek için, saatlik ve günlük katı atık numuneleri alınarak atık karakterizasyonu çalışmaları gerçekleştirildi. Belirli kategorilere ayrılan atık miktarları not edildi. Tıkanmalara sebep olabilecek atıklar ve kaynakları üzerine tahminler yapıldı. Bu bilgiler kısaca aşağıdaki tablolarda özetlenmektedir.

Tablo 3.2. Atıksu arıtma tesislerinin maruz kaldığı atık karakterizasyonu, kaynakları, ızgara sistemlerine ve kanallara etkiler ve sebep olan alanlar.

Katı atık grubu	Atık grubuna ait bazı kirlenici maddeler	Arıtma tesisleri ve ızgaralara olan etkileri	Kirleniciye sebep olabilecek yerler
Kağıt ürünler	Kağıt havlu, kağıt mendil, peçete, tuvalet kağıdı	Kağıtların birikmesi ve bir araya toplanması nedeniyle büyük kütleler halinde kaba ızgaraları tıkanması	Yerleşim alanları, Hastahaneler, Okullar ve Yurt bölgeleri vb.
Hijyen ürünleri	Kontrolsüzce kanalizasyonlara atılmış çocuk bezleri, hijyenik pedler, diş ipleri, kullanılmış pamuk atıkları, kulak çubukları, tamponlar ve en büyük yoğunluğa sahip olan ıslak mendiller	Özellikle ortalamadan daha değişken debiye sahip olan günlerde kanalizasyon sistemlerinden koparak bi anda tesis girişlerinde toplanmaları nedeniyle kaba ızgaralar başta olmak üzere ızgara sistemleri çalışmaz hale getirirler. Tesis içerisine giren bu atıklar motorlara, tekellerleli sistemlerin tekerleklerine dolanarak ve rulmanlara sarılarak bir çok arızaya neden olmaktadır. Kanalizasyonlarda ilerlerken yırtılan yada bozunan bu tarz atıklar diğer atıklarla bir birlerine dolanarak kaba ızgaralara gelen kirlenici konsantrasyonlarını anlık olarak arttırmakta ve ızgaraların iş yükünü fazlalaştırmaktadır.	Yerleşim alanları, Hastahaneler, Sokaklar, Okul bölgeleri vb.
Tekstil kaynaklı ürünler	İşletmeler de kullanılan el bezleri, yırtık yada kopmuş kumaş parçaları, iç çamaşırları ve çoraplar	İplikli yapıları nedeniyle diğer atıklarla birbirlerine çok rahat dolanabilmektedirler.	Yerleşim alanları, Sanayi bölgeleri, Hastaneler, Oteller vb.
Sebze, meyve ve gıda kaynaklı atıklar	Bozunmaya uğramamış büyük meyve ve sebze parçaları, yağ içeren atıklar(hayvansal-bitkisel)	Bozunmaya uğramamış büyük parçalı meyve atıkları araları kısa olan ızgaraları tıkanabilmektedir. Donmuş hayvansal yağlar donmadan önce diğer atıklarında birbirlerine yapışmasına neden olmakta ve süreç uzadıkça neredeyse taşlamaktadır.	Yerleşim alanları, Oteller, Pazar alanları vb.

Tablo 3.2. (Devamı).

Katı atık grubu	Atık grubuna ait bazı kirletici maddeler	Arıtma tesisleri ve ızgaralara olan etkileri	Kirleticiye sebep olabilecek yerler
Isınma kaynaklı atıklar	Yarım yanmış odun parçaları, kömür parçaları, küller, toz talaşlar	Çeşitli diğer atıklarla birleşen bu atıklar zamanla kayaç, asfalt benzeri parçalar oluşturarak büyük tıkanıklıkların neden olabilir. Uzun vade de ise özellikle kanal tıkanıklıklarına neden olmaktadır.	Kırsal başta olmak üzere yerleşim alanları, hamam benzeri işletmeler, bazı sanayi bölgeleri vb.
Banyo ve duşlardan kaynaklı atıklar	Uzun saçlar, sabun parçaları, proseslerde zorlanmaya neden olabilecek kimyasallar	Uzun saçlar diğer atıkların birbirine bağlanmasına neden olmaktadır. Sabun kalıntıları bir araya gelerek büyük atıklara neden olabildikleri gibi dondukları takdir de diğer atıklarında birbirlerine neden olmaktadır.	Otel bölgeleri, yerleşim alanları, hamam benzeri işletmeler, okul ve yurt bölgeleri vb.
İnşa ve tadilat kaynaklı atıklar	Kum, alçı, kireç, ufak parçalarda moloz atıkları	Düşük debili günlerde kanal sistemlerinde birikebilen bu atıklar debinin yüksek olduğu günlerde suyunda basıncı ile birlikte tesis girişine taşınmakta ve anlık tıkanmalara neden olmaktadır. Kireç, alçı sıva ve çimento atıkları benzeri inşa atıkları su içinde yumuşayıp kanalda debi düşmesiyle tekrar donduklarında taşlaşır ve kaba ızgaralara taşındıklarında bozunması yada temizlenmesi uzun zaman almaktadır.	Yeni yerleşim alanları, inşaat şantiyeleri, kentsel dönüşüm bölgeleri vb.
Bahçe, cadde ve sokak kaynaklı atıklar	Kum ve çakıl parçaları, bitki dalları, yapraklar ve süprüntü atıkları	Debisi düşük ve yağışsız günlerde kuru parçalar halinde kanalizasyon sistemlerine atılan yada giren bu atıklar özellikle anlık debi artışı olan günlerde tesis girişlerine kadar sürüklenerek kaba ızgaralarda büyük tıkanıklıklara neden olmaktadır. Kalın dal parçaları özellikle kaba ızgaralar açısında büyük tehlike arz etmektedir.	Yerleşim alanları, sokaklar, hobi bahçesi bölgeleri vb.

Tablo 3.2. (Devamı).

Katı atık grubu	Atık grubuna ait bazı kirletici maddeler	Arıtma tesisleri ve ızgaralara olan etkileri	Kirleticiye sebep olabilecek yerler
Atık yağ kaynaklı atıklar	Her çeşit sıvı veya katı yağ atığı	Yağ atıkları su içerisinde Ca, Mg gibi iyonlarla tepkiyerek çok sert çökeleklere veya tabakalara neden olabilmektedir. Debi artışı olan günlerde bu tabakalar tesis girişlerine kadar taşınıp kaba ızgara tıkanmalarına dolaylı yoldan bypasslara neden olmaktadır.	Yerleşim alanları, catering firmaları, kafe benzeri işletmeler, restoranlar, lokantalar vb.
Hayvansal atıklar	Saman parçaları ile birleşmiş hayvan gübreleri, kesim alanlarından kaynaklanan kan atıkları, kanalizasyona düşen yada kanalizasyonlarda yaşayan-ölen hayvanlar	Gübrelerle birleşip büyük parçalar haline gelen samanlar kanalizasyonlardan tesislere sürüklenirken her ne kadar parçalansada kanal sistemlerinde tıkanmalara neden olmaktadır.Kesimhane alanlarında yetersiz arıtma sistemleri nedeniyle gerek kan içeren atıksular gerek ise kesim anında ortaya çıkan hayvan kaynaklı atık parçaları(boynuz, toynak vb.) tesis girişlerinde kaba ızgaraları zorlamaktadır.Çok az meydana gelse de özellikle kırsal alanlarda kanal sistemlerine düşüp ölen ve kanal sistemine giren hayvanlar tesis girişlerine geldiklerinde çıkarılmaları göz önünde bulundurulduğunda uzun süreli tıkanmalar neden olmaktadır. Öte yandan sıçanlar ve fare benzeri hayvanlar ise kanal sistemlerinde ölererek tesis kaba ızgaralarına kadar taşınmaktadır. Küçük çaplıda olsa tıkanmalara neden olabilmektedir.	Kırsal alanlar başta olmak üzere yerleşim alanları, mebahaneler, besi hayvancılığı bölgeleri vb.

Tablo 3.2. (Devamı).

Katı atık grubu	Atık grubuna ait bazı kirletici maddeler	Arıtma tesisleri ve ızgaralara olan etkileri	Kirleticiye sebep olabilecek yerler
Diğer atıklar	Poşetler, ambalaj atıkları ve parçaları, şişeler ve kapakları, sigara izmaritleri ve paketleri, küçük oyuncaklar, kedi kumları	Poşetler ve ambalaj atıkları başta olmak üzere özellikle ızgaralara yapıştıkları anda yüzey alanları genişleyebilen bu tarz atıklar kaba ızgaraların en büyük ikinci sorunlarıdır. Kaba ızgara giriş ve çıkışı arasında ki su farkının çok fazla artıp bypass a neden olmaktadır. Şişe kapakları ise kaba ızgara aralarına gerek yan gerek dik bir şekilde sıkışmakta ve temizlenmesi oldukça güç olmaktadır. Kaba ızgaralardan geçebileneler ise bu sefer ince ızgaraları tıkamakta yada varsa öncesinde ki terfi, burgulu pompaları yıpratmaktadır. Kedi kumları büyük yumaklar haline gelerek taşlaştıkları gibi kanal sistemlerinde ve kaba ızgaralarda tıkanıklıklara yol açmaktadır.	Yerleşim alanları, hastaneler, bazı sanayi bölgeleri, sokaklar, oteller, okul ve yurt bölgeleri kısacası birçok yaşamın olduğu bölge bu atıklara neden olmaktadır.

3.3. Tasarım ve İmalat

3.3.1. Kaba ızgara tasarımı

Tespit edilen arızalar ve atık karakterizasyon çalışmalarına bağlı olarak, yeni bir ızgara tasarımı üzerine gerekli hesaplamalar yapıldı. Bu kapsamda, bu tesis için full otomatik ve elektronik kontrollü bir ızgara seçiminin uygun bir alternatif olacağı belirlendi. Bu ızgaranın maliyetini düşürmek için, mevcut tesisin elinde bulunan kaynaklar değerlendirildi. Örneğin, aşağıdaki Şekil 3.1.'de gösterildiği gibi, tesiste bulunan ve ızgara imalatında kullanılabilir hurda malzemelerin envanteri yapıldı ve yeni ızgara tasarımı bu malzemelerin kısıtlaması altında gerçekleştirildi.



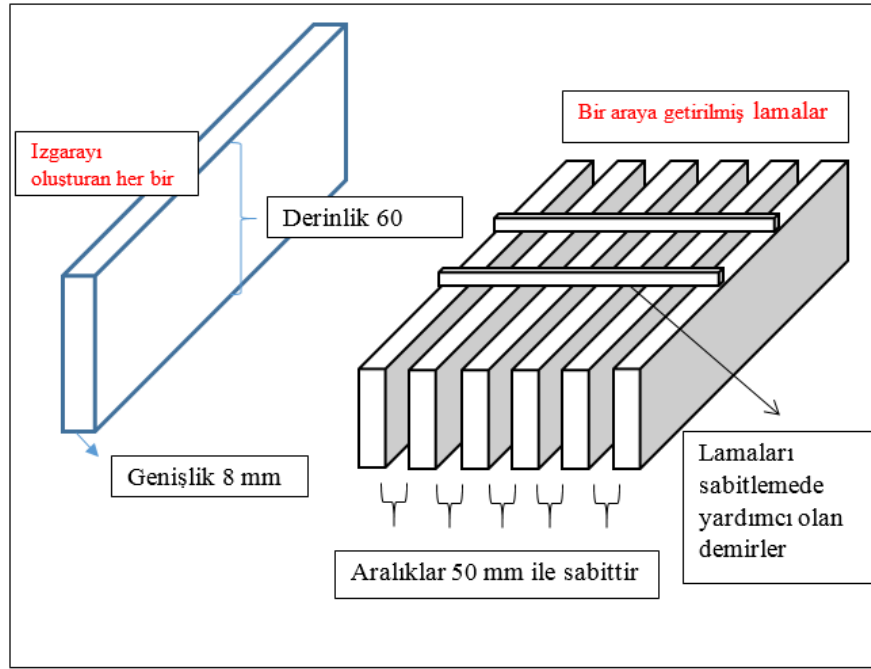
Şekil 3.1. Söz konusu tesiste kullanılmayan fakat yeniden kullanıma uygun bazı parçalar. (1) Kullanımdan kaldırılmış ızgara lamaları ve bir adet ızgara tırnağı. (2) Kullanım dışına ayrılmış ince ızgaranın kullanılabilir lamaları. (3) Bazı baklaları hala kullanılabilir durumda olan zincir parçaları.

Tasarımın hedeflerini maddeler halinde belirtecek olursak söz konusu hedefler şu şekildedir;

- Islak mendil, tuvalet kâğıdı, hijyenik pedler gibi selülozik atıkların tesise girmesine engel olmak,
- İmalat maliyetini azaltmak,
- Otomasyon sistem ile gerekli insan gücünü minimuma indirmek,
- Projeyi uzun ömürlü ve geliştirilebilir kılmak,
- Genellikle söz konusu selülozik atıkların yumaklanması ile meydana gelen tıkanmalardan meydana gelen, bypass edilen kirli su miktarını azaltmaktır.

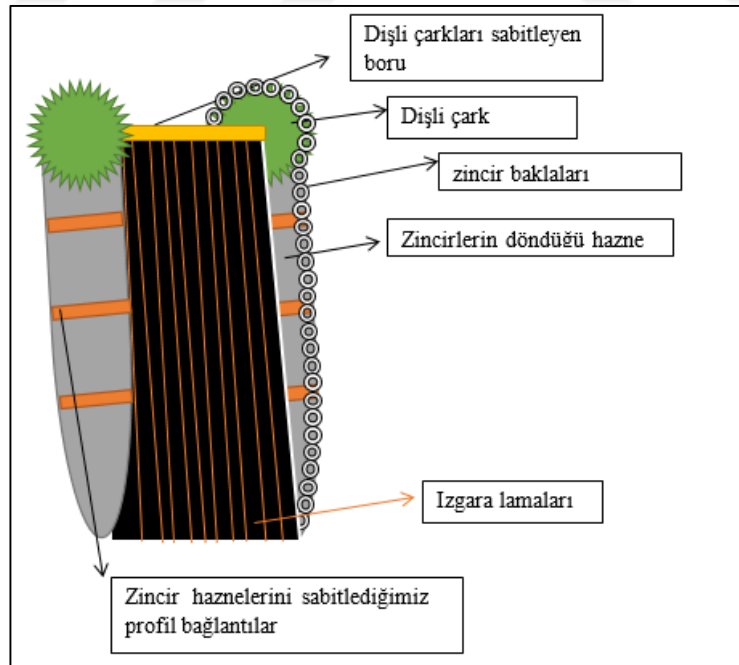
Izgara tasarımı ilk adım olarak, ızgara aralığı, gelen atık boyut ve miktarları göz önünde bulundurularak, çubuk aralıkları 50 mm olarak seçildi. Kaba ızgara çubuklarının (lamalarının) uzunlukları, tesis giriş yapısının derinliği ve çalışırken kendini temizleyeceği çöp konteynerinin boyutu dahil edilerek 320 cm seçildi. Lamalar için seçilen galvaniz kaplı metallerin et kalınlıkları 8 mm (enleri), ve lamaların derinlikleri ise 60 mm seçildi. Bir lamaya ait ölçüler ve kaba ızgaranın ölçüleri Şekil 3.2.'de özetlenmektedir. Buna göre, kaba ızgarada birbirlerine uzaklıkları 50 mm olan toplam 27 adet ızgara laması kullanıldı. Lamalar birbirlerine durmaları için üzerlerine 90° yatay atılmış bir demire kaynatılarak sabitlendi. Bu işlemin ardından ızgaranın temek yapısı oluşturuldu.

Bu yapı aşağıda şekil olarak gösterilmiştir.



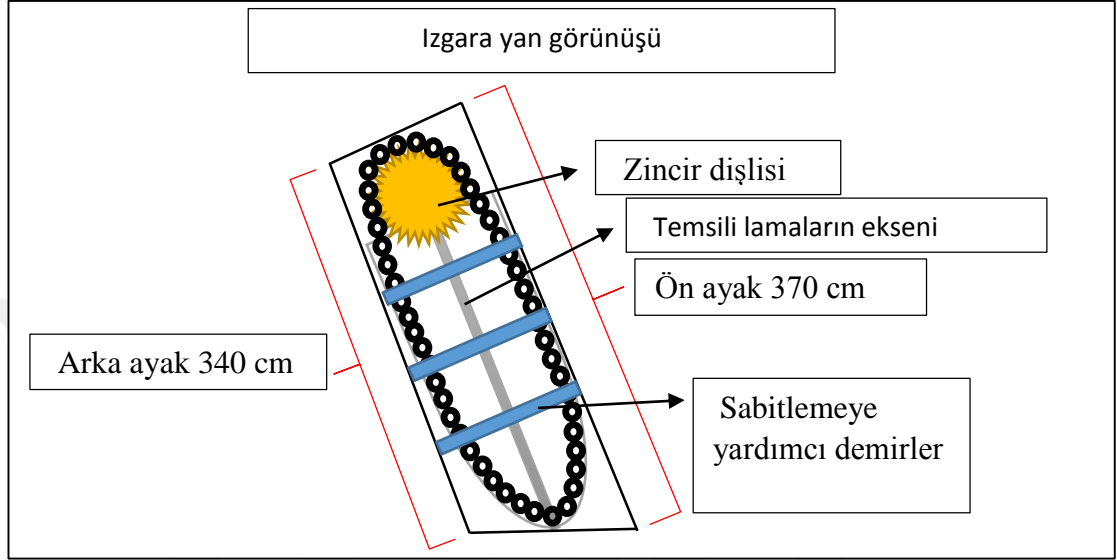
Şekil 3.2. Tasarlanan ızgaranın ve her bir lamasının ölçüleri.

Izgaranın otomatik şekilde temizlenebilmesi için, bir makara sistemi tasarlandı. Buna göre, makaranın genel görünümü aşağıda Şekil 3.3.'de sunulmaktadır.



Şekil 3.3. Izgara ve makara sisteminin genel görünümü.

Izgaranın kolaylıkla temizlenebilmesi için biraz eğimli şekilde tasarlandı. Bu eğim her tesis için farklılık gösterebilir, çünkü her tesisin giriş yapısı farklıdır. Bu çerçevede, bu tesis için ızgaranın ön ayağı 370 cm, arka ayağı ise 340 cm olarak belirlendi.



Şekil 3.4. Izgara yan kesit görünüşü.

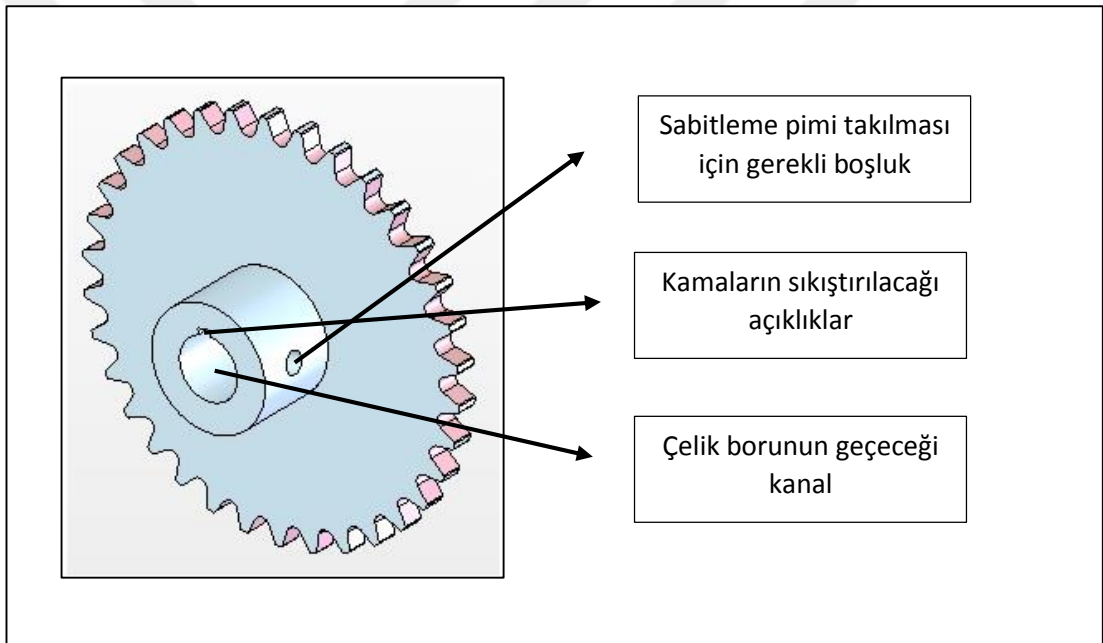
Yükseklikleri belirlendikten sonra genişliği ise ızgara aralıkları, et kalınlıkları ve kaynak kalınlıklarıyla beraber 172 cm ($27 \text{ lama} \times 0.8 \text{ cm} = 21.6$, $26 \times 5 \text{ cm aralık} = 130$, kaynak boşluğu toplam 8.4 cm, $6 \times 2 = 12 \text{ cm}$ iki adet ray yatağı) olarak belirlendi.

Izgara tasarımından sonra makara sisteminin tasarımı başladı. Makara sistemini oluşturan elemanlar şu şekildedir;

- Bir adet motor,
- Bir adet redüktör,
- İki adet zincir dişlisi,
- Bir adet sabitleme için kullanılan çelik boru,
- İki adet f214 model rulman,
- Dört adet sabitleme pimi,
- İki adet sabitleme kaması

- 1040 çelik malzemeden imal edilmiş zincirdir.

Makara sisteminin çalışma prensibi, motor ürettiği gücü redüktör iletmektedir. Redüktör gerekli torku sağlayarak gücü dişlilere iletmektedir. Dişliler ise senkronize dönme hareketini sağlamak amacıyla birbirine sabitlenmiştir. Kullanılan dişlilerin üretim şekilleri olarak ortaları boştur ve çıkıntılı yapıdadır. Çıkıntılarının üzerlerinde 2 adet sabitleme pimi atılması ve kamaları sıkıştırabilmek için delikler mevcuttur. Merkezlerindeki boşluktan çelik boru geçirildi, gerekli boşluklar bırakılarak pimler ve kamalar yardımıyla dişliler çelik boruya sabitlendi. Böylelikle dişliler hem daha kuvvetli olup hem de senkronize dönme kabiliyetini kazanmış oldu.

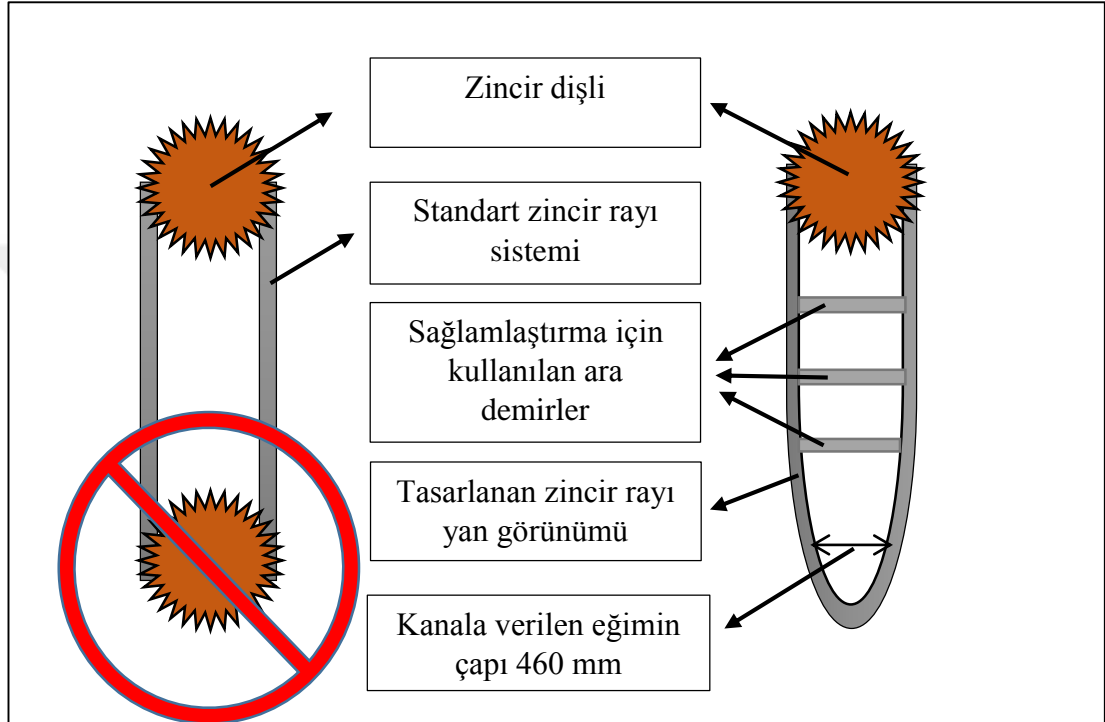


Şekil 3.5. Örnek bir dişli çizimi.

Makara sisteminin ardından zincir rayları tasarlandı. Zincir rayları hem uzun ömürlü olması hem olası arızaları en aza indirmek hem de maliyeti düşürmek için eşkenar köşebentlerden tasarlanmıştır.

İki şeritten oluşan zincir raylarının her bir şeridinin uzunluğu 300 cm olarak tasarlandı.

Zincir raylarının su içinde kalacak alt kısımlarında zincir dişli kullanmak yerine zincirin rahat dönmesi ve arızaların minimuma indirilmesi farklı bir yöntem tespit edildi. Söz konusu yöntemde alt ve üst olmak üzere iki dişli ile zinciri döndürmektense su altı kalacak kısımda kanala eğim vererek zincirin sürekli sabit bir hızda dönmesi sağlandı. Aşağıdaki görsel bu tasarımı anlatmaktadır.

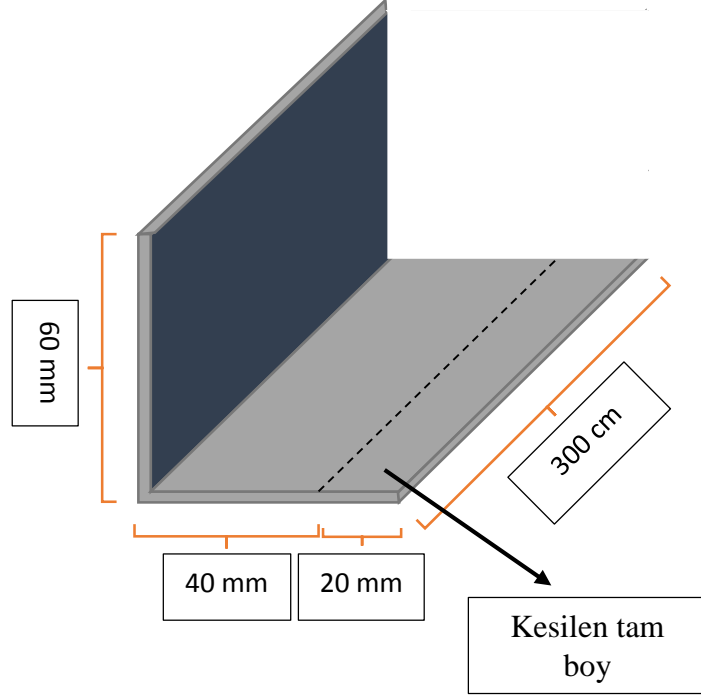


Şekil 3.6. Ray sisteminin yan görünüşü.

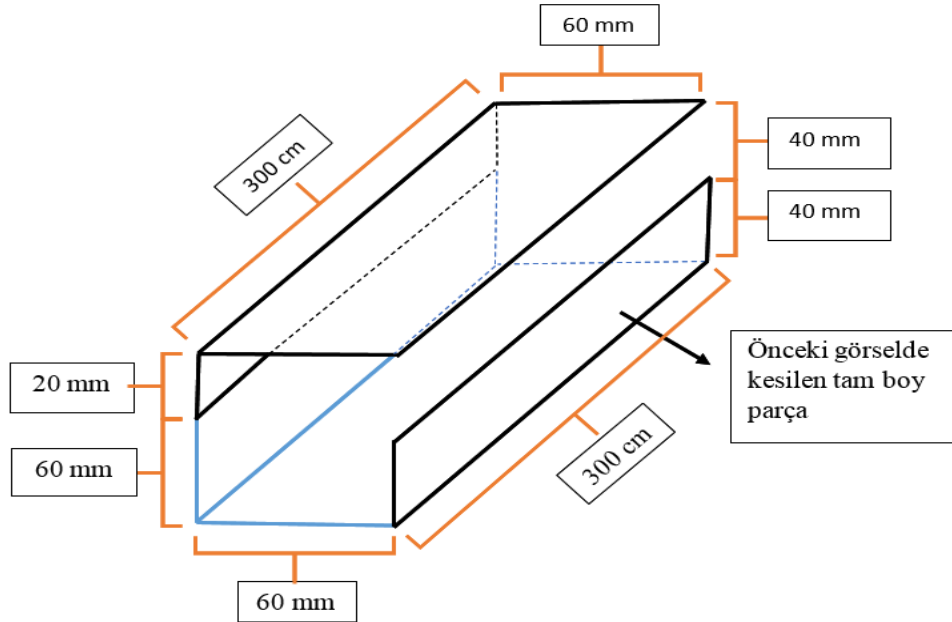
Zincir raylarının alt bölgerine kanal genişliği 460 mm olan eğim verilerek tasarım için gerekli şekil oluşturuldu.

Zincir raylarının üretiminde kullanılan malzemeler ise uzunlukları 300 cm olan 60*60 eşkenar köşebentler kullanılarak oluşturuldu. 12 adet eşkenar krom köşebent tasarımları gereği kilitli bir zincir yatağı oluşturabilmek için bir köşebentin 60 mm' lik yan yüzeyi boyunca 40 mm' lik bir parçanın kesilmesiyle 60*80*60 mm oluşacak şekilde U biçimi oluşturulacak şekilde birbirlerine sabitlendi. Köşebent boyunca kesilmiş olan 40 mm genişlikte 300 cm uzunlukta olan diğer parça 60*80*60*40 olacak şekilde kanal şekli verilecek biçiminde birbirlerine sabitlendi.

Bunun sebebi tasarımın sahip olduğu zincirin ekstra bir parçaya gerek kalmadan zincir yatağı içinde sabit kalmasını sağlamaktır.



Şekil 3.7. Bir eşkenar köşebende yapılan kesim işlemi.



Şekil 3.8. Kanal şekli verebilmek için bir önceki şekilde kesilen iki parça ve bir köşebent daha kullanılarak yapılan işlem (mavi çizgiler işlem görmemiş bir köşebendi temsil ederken, siyah çizgiler ise iki parçaya ayrılmış bir köşebendi temsil etmektedir).

Tasarımın atık su içerisinde işleyeceği ve dayanıklılık arttırmak adına bu köşebentlerin malzemesi ise krom olarak seçilmiştir. Böylelikle krom raylar atık suyun aşındırmasına mümkün olduğunca çok dayanacak, paslanma ve korozyona uğrayamayacak ve tasarımı uzun ömürlü kılacaktır.

Zincir yatağının bu şekilde tasarlanma sebebi ise dişli kullanımına göre sabit krom ray daha uzun ömürlü ve daha az arızasız tespit edildi.

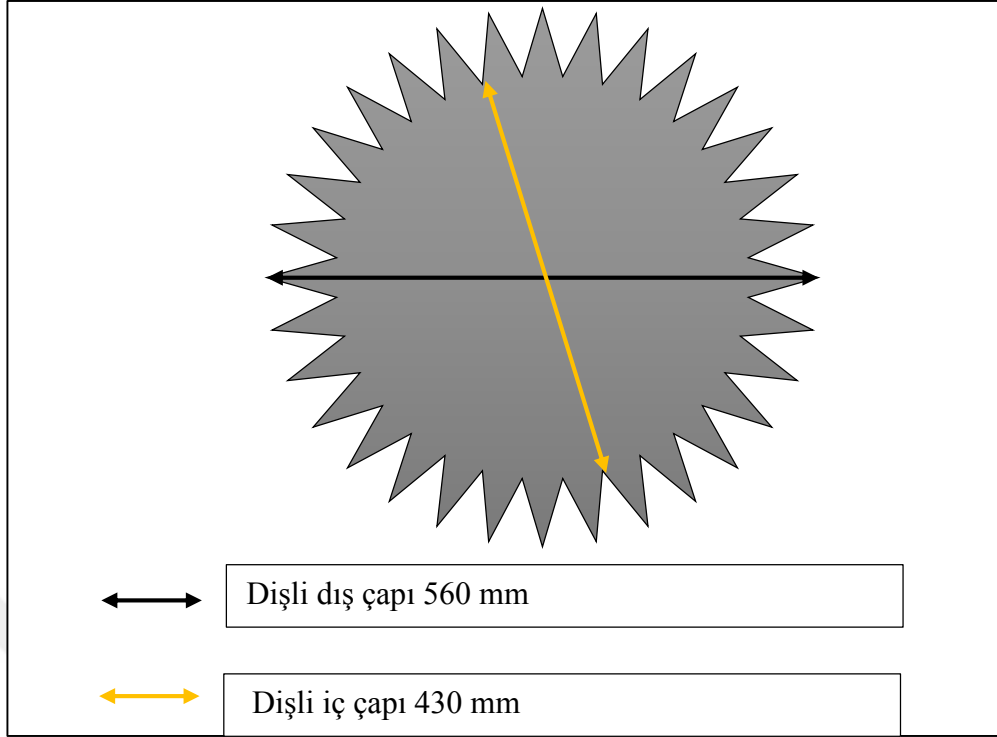
En üstte kullanılan zincir dişlisinin dişsiz çapı 430 mm olmasına karşın alt ray çapı 460 mm olarak bırakılmıştır. Gerekçe olarak çelik zincir sürtünmesini azaltmak ve deformeye engel olmak gösterilmiştir.

Tasarlanan ızgara çerçevesi ve ray sistemi aşağıdaki Şekil 3.9.'da sunulmaktadır.



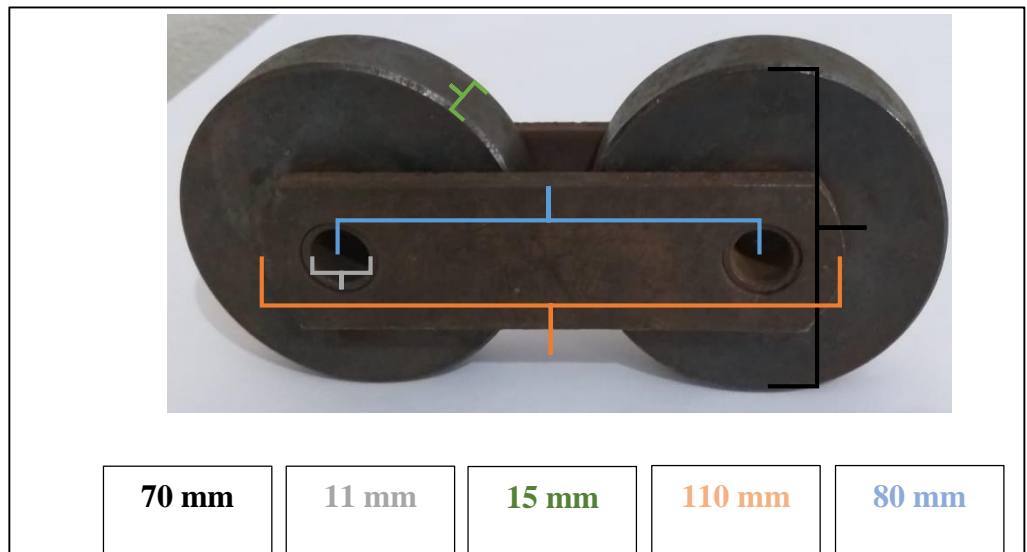
Şekil 3.9. Bir araya toplanmış ve krom kaynak uygulanmış kaba ızgara ana görseli.

Tasarlanan bu kısımlardan sonra zincir dişlileri seçimi yapılırken mevcut ızgara ve ray yatak boyutları göz önüne alınarak zincir dişlisinin dişli dış çapı 560 mm seçildi. Dişlinin malzeme et kalınlığı dayanıklılığı arttırmak, kırılma gibi arızaları minimuma indirmek için en uygun ölçü olarak 25 mm seçildi.



Şekil 3.10. Dişli özellikleri.

Zincir seçimi yapılırken 1040 çeliğinden üretilmiş zincirler seçilmiştir. Zincir baklasının çapı 70 mm, zincir malzeme et kalınlığı 15 mm, bakla merkez boşlukları 11 mm, iki bakla merkezi arasındaki uzaklık 80 mm, baklaları birbirine bağlayan lama uzunluğu 110 mm olan zincir seçilmiştir.



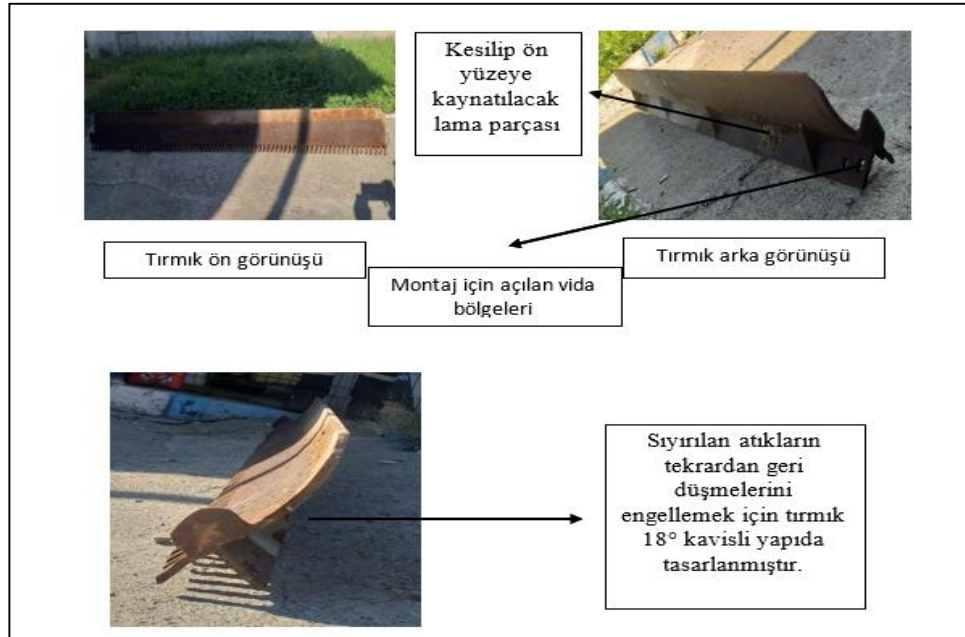
Şekil 3.11. Zincir baklalarının belirli ölçüleri.

Tablo 3.3. 1040 çeliği mekanik özellikleri.

Çekme mukavemeti (MPa)	Akma mukavemeti (MPa)	Kesme mukavemeti (MPa)	Elastik modülü (MPa)	Yüzde uzama (%)	Sertlik (HB)
600	361	410	190-210	25	190

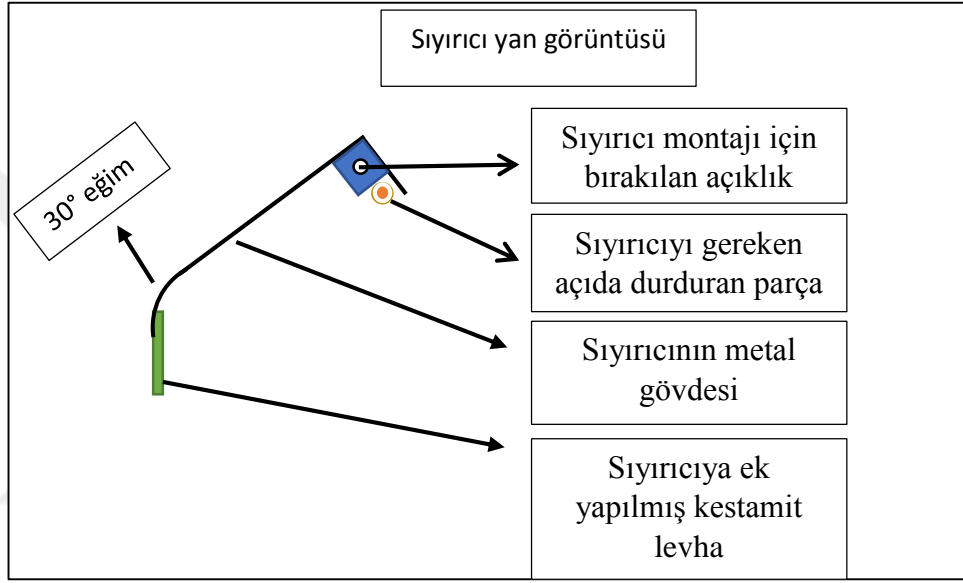
Izgara tarağı olarak adlandırabileceğimiz tırmık tasarlanırken ızgara lama özellikleri göz önünde bulundurularak tasarlandı. Tarak diş uzunlukları, lamaların arasını yeterince sıyrabilmesi için 50 mm olarak seçildi. Tarak malzeme et kalınlığı hem az arıza hem dayanıklılık için optimum 8 mm seçildi. Tarak malzemesin de ise galvaniz kaplı metal kullanıldı. Temizleme kalitesini ve olası atıkların taraktan düşmesini engellemek için zincir ve tarak dişlileri arasında kalan bölgeye 30° eğim verildi.

Tesis bünyesinde var olan eski bir tırmık üzerinde yeni ızgaraya monte edilebilecek şekilde biçimlendirme işlemleri yapıldı. Lamalar boyutunca kesilen eski tırmık üzerinde yeni ızgaraya montajlanabilmesi için arka destek laması kesilerek ön yüzeye tam boy kaynatıldı. Tam boy kaynatılan bu lamanın iki ucuna ikişer adet olmak üzere dört adet delik açıldı. Bu deliklerin açılma sebebi var olan zincir sistemine monte edilebilmesidir. Yapılan işlemler Şekil 3.12.'de gösterilmektedir.



Şekil 3.12. Sıyrıcı – tırmık üzerinde yapılan uygulamalar.

Sıyırıcı tasarımı ise ana ızgaranın en üst kısmına miller yardımı ile sabitlenmiş bir metal levha yerleştirildi. Uzun ömürlü olabilmesi için malzeme türü galvaniz kaplı metal olarak seçildi. Toplam boy uzunluğu 750 mm, en uzunluğu ise 1450 mm olarak tasarlanan sıyırıcının alt kısmında kalan 100*1450 mm'lik alanına 30° eğim verildi. Bu eğimli alan üzerine sıyırma verimini arttırmak ve az da olsa esneklik katabilmek için 100*1450 mm'lik kestamit levha eklendi. Şekil 3.13.'te sıyırıcı levhayı anlatmaktadır.



Şekil 3.13. Sıyırıcı kesit görüntüsü.



Şekil 3.14. Sıyırıcı ön görüş görseli ve bağlantı bölgesi.

3.3.2. İmalat

Tasarım aşaması sonlanan kaba ızgaranın imalatına başlandı. Tesisin deposunda bulunan hurda malzemeler kullanılarak ızgara bir araya getirilmeye başlandı. Tasarlanan ızgara lamaları kaba ızgara tasarımına uygun şekilde 4 adet uzunlukları 150 cm olan ince profiller (H demiri) üzerine monte edildi. Alternatif bir ızgara bulunamadığı takdirde gerekli ölçülere uyan galvaniz kaplı metaller bu lamaları oluşturmak için kullanılabilir. Bu monte işlemleri sırasında her bir gerekli noktaya krom kaynak uygulandı. Aşağıdaki şekilde lamaların H demire montajlanmış hali sunulmaktadır.



Şekil 3.15. H demiri yardımı ile bir araya getirilmiş ara boşlukları 50 mm olan ızgara lamaları.

Izgaranın yapımına paralel olarak, zincir rayları yapımına başlandı. Zincir rayları yapımında 60x60 mm boyutlarında krom eşkenar köşebentler (L şeklinde krom profiller) kullanıldı. Dış yüzeyinde yerden tasarruf etmek için ekstra bir kasa imal etmek yerine zincir raylarının dış cepheleri 5 mm kalınlığa sahip saç levhalar ile kaplandı. Böylece ek bir kasanın kaplayacağı alanın ve olası deformasyonla oluşabilecek arızaların önüne geçilmiş oldu.

Tasarlanan yapıyı oluşturulabilmek için bu projede toplam 12 adet 60*60 mm oranlı 3 metrelik köşebent kullanıldı. 60*60 mm boyutlarında iki adet köşebentten biri

60*20 bırakılacak şekilde 40 mm genişlikte tam boy kesildi. Kesilen bu parça çıkarıldıktan sonra 60*80*60 mm oluşacak şekilde U şeklinde bir zincir rayı hazırlandı. Bu ray krom kaynak ile sabitlendi.

Hazırlanan bu raya kapak olarak, bir köşebentten kesilen 40 mm uzunluğundaki parça tam boy kaynakla eklendi. Tasarım kısmında anlatılmış olan 60*80*60*40 şeklinde bir zincir haznesi oluşturuldu. Eklenen bu kapak zincirin işlevini görmesine yardımcı olacak ve aynı zamanda zincirin raydan çıkmasına engel olacak şekilde projelendirildi. Aşağıdaki Şekil 3.16.'da ızgaranın yan yüzeylerini ve rayları göstermektedir.



Şekil 3.16. Rayların imalat görüntüleri.

Rayların imalatı bittikten sonra raylar ve ızgaralar lamalarını oluşturan parçalar birbirlerine krom kaynak uygulanarak sabitlendi. Güvenliği ve temizlik kalitesini arttırmak, sıyrılan parçaların tekrar düşmesini engellemek için yan kapaklar yarıya kadar saç levhalarla kapatıldı. Izgaraların suda olmayan en üstteki 1 metrelik kısımlarına da bu işlem uygulandı.



Şekil 3.17. Lamalar ve rayların birleştirilmesi.

Yapılan bu işlemler sonrasında tasarım aşamasında seçilmiş olan görselleri verilen, iç çapı 430 mm, dış çapı 560 mm, malzeme et kalınlığı 25mm seçilmiş olan 2 adet dişli ve 2 adet F214 modelli rulman temin edildi.

Malzemelerin tedarik edilmesi üzerine imalat işlemleri başladı. İmalat işlemleri şu şekilde ilerledi;

Dişliler ortalarından geçen bir galvaniz demir boru ile gerektiği gibi birbirlerine sabitlendi. Bu sabitleme işlemi sırasında olası arızaları önlemek ve güç kazandırmak adına dişli yanlarından profil boruya pimler ve kamalar atıldı. Pimler ileri geri boru kaymasına engel olurken kamalar ise dönme hareketini sağlamış oldu. Yapılan işlem sayesinde hem mukavemetleri arttırıldı hem de birbirlerine senkronize olarak dönme yetenekleri sağlanmış oldu.

Sabitleme işleminden sonra tasarım için en uygun oluğu tespit edilen bu rulmanlarda, sıyırma ya da anlık kuvvet değişimi gibi durumlarda dişlilerin kaçırmasına engel olmak için rulmanlar galvaniz profil boruya hem pimler hem de kaynak yardımıyla sabitlendi.

Tasarım aşamasında seçilen bu dişliler son olarak yan kapakların en üst kısmında kalacak şekilde yerlerine sabitlendi.



Şekil 3.18. Dişliler ve rulmanlar.

Tasarıma göre bu pimler dişli ve rulman arasında çıkabilecek arızaları neredeyse sıfıra indirdi. Dişlilerin monte işlemi sonlandıktan sonra tasarım aşamasında seçilen zincir modeli yataklarına takılarak dişlilerle tam monte bir şekilde birleştirildi. Bi önceki ızgaradan sökülen temizlenen üst kapaktaki delikler, yeni tasarlanan kaba ızgarada yeniden kullanılabilmek için gerekli şekilde oksijen kaynağıyla kesildi. Rulmanlar ve dişliler monte edildikten sonra rulman altlarında kalan bölgeye metrik 18 galvaniz kaplı zincir gerdirme saplamları monte edildi.

Olası arızalara müdahaleye hızlandırabilmek için ızgara yan yüzeylerinde, rulman üstlerine arıza müdahale kapakları bırakıldı.



Şekil 3.19. Ray sistemi ve yardımcı elemanlar.

Yapılan bu monte işlemleri sonucunda kaba ızgara ana şeklini almış bulunmakla beraber tırmık ve sıyırıcı montesi eksik kalmıştır. Bu eksiklikleri sonlandırıp ızgarayı tamamlamak için çalışmalar hemen başlamış ve tasarım aşamasında seçilen tırmık(tarak) ve sıyırıcı imalatına başlanmıştır. Tırmığı sıfırdan imal ettirmek yerine maliyeti düşürmek için daha öncesinde tesis bünyesinden bulunan ve kullanılmaz halde olan ızgaralardan birinin tırmığı kullanılmıştır. Tasarım ölçülerine uydurabilmek için yapılan kesim işleri tasarım kısmında tarif edilmiştir. Kesim işlemleri sonrasında elde edilen yeni tırmık zincir baklası üzerine pimler yardımıyla düz bir şekilde sabitlenmiştir. Böylelikle rahat hareket edebilecek ve arıtma kalitesini maksimum seviyelere çıkarabilecektir.



Şekil 3.20. Tırmık işlemleri ve bağlantısı.

Sıyırıcı ise yeniden tesis bünyesinde geçmişten bulunan, kullanılmayan tırmığın sökülmüş olduğu aynı ızgaradan sökülmüştür. Fakat genişliği tırmıkla bire bir uyumlu olmadığı tespit edilmiştir. Tırmığın ölçülerinde sıyırıcı parçaya da kesim işlemi uygulanmıştır. Bu sıyırıcı için tasarım kısmında sıyırma kalitesini arttırmak için kullanılan kestamitin monte delikleri açılmıştır. Bu delikler sıyırıcının en altta kalan 30° eğimli 100*1450 mm olan kısmın en altına 4 adet olacak şekilde açılmıştır. Kauçuk benzeri bir madde olan kestamit parça, 100*1450 mm olacak şekilde kesilmiştir. Fakat verimi arttırmak ve oluşabilecek arızaları minimuma indirmek için 50*1450 mm lik kısmı sıyırıcının üzerinde 50*1450 mm lik kısmı ise dışında kalacak şekilde açılan 4 delikten geçirilen vida ve somunlar yardımıyla sıyırıcıya sabitlenmiştir.



Şekil 3.21. Sıyrıcı görüntüsü.

İmalatı biten bu ızgara son olarak tasarım aşamasında seçilmiş olan motor ve redüktörleri monte etmek üzere gerekli bilgi ve donanıma sahip personele teslim edilmiştir.

Monte işlemi esnasında kullanılan motor, tekrardan tesis bünyesinde var olup kullanılmayan eski bir motordan seçilmiştir. Kullanılan bu motor MarelliMotori marka motorlardan biri olup 1,5 – 1,8 kW güce sahip bir motordur. Motor üreticisi şirket politikalarında dolayı motor hakkında daha fazla bilgi verilememiştir.



Şekil 3.22. Motor görseli.

Motoruda monte edilmiş olan kaba ızgaraya son olarak redüktör monte işlemi başlamıştır. Seçilecek redüktörde de diğer parçalarda olduğu gibi ilk önce tesis bünyesi olanlar göz önünde bulundurulmuştur. Araştırılan redüktörlerden, bu ızgara için iyi ve en uygunu olanı saptanmıştır. Redüktör monte işlemi de gerekli personel tarafından uygulanıp kaba ızgara çalışmaya hazır hale getirilmiştir. Seçilen redüktörün kabaca özellikleri şu şekildedir:

- Motor gücü 1,5 kW
- $M_2 = 44$ devir / dakika
- Çıkış torku ise 312 Nm'dir.

Motor ve redüktörlerin bağlantıları yapıldıktan sonra çalışma modu olarak 3 farklı mod oluşturulmuş. Bu 3 mod şu şekildedir:

1- Manuel mod:

Müdahale gerektirebilecek bir an veya yapılacak temizlik anında kullanılmak için manuel zincir döndürme modudur.

2- Günlük mod:

Ortalama debinin dengeli olduğu günlerde kullanılan moddur. Bu mod da devir 10 dakikada bir periyotlar olmak üzere saatte 6 turdur.

3- Yağmurlu mod:

Ortalama debiden daha yüksek debi gelen ve yağmurlu günlerde kullanılan moddur. Bu mod da devir 5 dakikalık periyotlar olmak üzere saatte 12 turdur.

BÖLÜM 4. SONUÇ VE TARTIŞMALAR

4.1. Sonuç

Bu çalışmada birkaç farklı tesis girişinde yapılan tetkikler sonucunda tesis girişlerine gelen kaba atıkların karakterizasyonları yapılarak, bertarafları için bir çözüm oluşturulmuştur. Yapılan bu çalışmalar sonucunda ideal bir kaba ızgara projesi tasarlanmış, imalatı yapılmış ve uygulamaya alınmıştır.

Tasarlanan yeni kaba ızgaranın çalışma prensibi iş gücünü azaltmak ve maksimum verimi sağlamak adına mekanik olarak seçilmiştir. İmalatı tamamlanan kaba ızgara seçilen tesise monte edilmiş ve çalışması gözlemlenmiştir. Gözlem sonuçları bir sonraki aşamalarda gerekli başlıklar altında anlatılacaktır.

Sonuç olarak bu tasarım ve çalışmadan elde edilen önemli bulgular şu şekilde özetlenebilir:

- a) Atıksu arıtma tesislerine gelen kaba atıklar tesislerin var olduğu bölgelere göre değişiklik göstermektedir.
- b) Kaba atıkların gösterdiği bu değişikliklere göre bölgesel olarak bazı arıtma tesislerinde iyileştirilmeler yapılmalıdır.
- c) Tek düze şekilde kurulan arıtma tesisleri kurulmadan önce bölgesel kirlilik miktarları gözlenmeli, tesis kurulacak alanın coğrafyası üzerinde çalışılmalıdır.

- d) Kurulan arıtma tesislerinde, tesis elemanlarını belirli standart kalıplarda yapmak yerine kurulacak alan özellikleri değerlendirildikten sonra tasarlamak tesis işleyişini gelecekte rahatlatmakta olup arıtma verimini etkilemektedir.
- e) Atık karakterizasyonu yapılmadan standart kalıplarda yapılan kaba ızgara aralıklarının her tesis için uygun olmadığı anlaşılmıştır.
- f) Kısa tutulan kaba ızgara aralıklarının daha çok tıkanmaya neden olduğu anlaşılmıştır.
- g) İkel ya da manuel temizlemeli kaba ızgara kullanan tesisler de bypass edilen atıksu miktarı yüksek çıkmaktadır.
- h) Bypass miktarı yüksek olan tesislerde genel olarak anlık debi arttığı günlerde kanalizasyon sistemlerinden gelen kaba atıklarla tesis personellerinin başa çıkamamasından kaynaklı olduğu saptanmıştır.
- i) Manuel temizleme sırasında güç isteyen bu işlemin bazı tesislerde, tesis personellerinde kronik bel ve kas ağrılarına neden olduğu anlaşılmıştır.
- j) Mevcut tesisler de ızgara sistemlerinin kademeli hale geçirilmesi ve iyileştirilmesi halinde hem düşük maliyetle hem de sürdürülebilir bir yöntemle ön arıtma işlemlerinin yapılabilmesi anlaşılmıştır.

4.2. Uygulama Süreci ve Tespitler

Tasarlanan yeni kaba ızgara sistemi tesis bünyesinde ilk çalıştırıldığı günden bu yana ortalama geçen 6 aylık sürede bir kere arızalanmıştır.

Arızaya neden olan ise pimler yardımıyla zincirlere sabitlenen tırmık(tarak), atık suyla birlikte gelen yaklaşık 50 cm uzunluğunda 9 cm kalınlığında bir dal parçasını

temizlediği esnada bu dal parçası sıyrıcı ve tırmık arasına sıkışmış ve tırmığı tutan pimlerin kırılmasına neden olmuştur.

Bu arıza ise tırmığın direk zincir baklalarına kaynak yapılmasıyla çözülmüştür. Kaynaklanan tırmığın dayanıklılığının daha arttırıldığı tespit edilmiştir. Çalıştırıldığı süreç zarfında kaba ızgaranın vermiş olduğu tek arıza bu şekilde raporlanmıştır.

4.3. Tesise Kazandırılan Faydalar

Tasarlanan yeni kaba ızgaranın çoğu parçası tesis bünyesinde daha önceden kullanılan ve eskiyen ızgaralardaki parçalardan üretilmiş olduğu için maliyeti düşük olmuştur. Örneğin, aynı boyutlarda yeni ve mekanik bir ızgaranın maliyetine göre, üretilen ızgaranın maliyeti yaklaşık %82 oranında daha düşük olmuştur.

Temizleme verimi ve iş gücü gerektirmediği için tesisten bypass edilen atıksu miktarı neredeyse sıfıra indirilmiştir.

Izgara temizliği esnasında oluşabilecek iş kazaları minimuma indirilmiştir.

Yağmurlu günlerde tesis personeli müdahalede bulunmasa dahi kaba ızgara sistemi gayet başarılı bir şekilde arıtımı gerçekleştirmekte ve tesisin kaba atık yükünü çok iyi bir şekilde kontrol altına almıştır.

Genişletilen kaba ızgara aralıkları sürekli tıkanmaların önüne geçmekle beraber ön arıtma kalitesini de aynı oranda arttırmıştır.

4.4. Tesisten alınan yorumlar

Tesis personelleriyle yapılan görüşmeler sonrasında alınan kısa yorumlar ise şu şekildedir:

- “Yapılan bu ızgara tesiste personel üzerine düşen kaba ızgara yükünü neredeyse sıfıra indirdi.”
- “Yağmurlu günlerde kaba ızgaraya müdahale ederken eskisi gibi acaba suya düşer miyiz diye korkmuyoruz.”
- “Eski kaba ızgaranın temizlenmesi esnasında temas ettiğimiz birçok mikrop, bakteri ve pislikten artık uzak durabiliyoruz.”
- “Yeni kaba ızgara sayesinde bypass olan su miktarını çok çok azalttık.”
- “Özellikle yağmurlu günlerde kaba ızgara başında beklemek yerine diğer proseslere yoğunlaşabiliyoruz.”
- “Yeni kaba ızgara belirli periyotlarda sürekli kendini temizlediği için kirlilik miktarları çok fazla birikmeden kendi kendine temizleniyor.”
- “Artık kaba ızgaraya müdahale etmemiz gerekir mi diye sürekli tedirgin olmuyoruz.”
- “Eski ızgara var iken neredeyse yarım saatte bir müdahale etmek ya da gözetlemek gerekmekteydi. Şu anda o süre 2 gün gibi süreçlere yükseldi.”
- “Izgarada biriken ve bu süreçte içeri sızan kirleticiler azaldığı için artık çok fazla ince ızgara arızası ve motor arızaları yaşamıyoruz.”
- “Yapılan çalışma modları sayesinde her ne kadar otomatik çalışmakta olsa da sarılan bazı atıkları temizlerken (ortalama 3 günde veya haftada bir) manuel de çalıştırıp gayet rahatlıkla müdahale edebiliyoruz.”

- “Eskiye ayrılmış parçaların yeniden bu şekilde bir araya getirilerek özellikle böyle bir kaba ızgarayı oluşturması ve arızasız şekilde işlemesi gerçekten çok güzel bir tasarım olduğunu bize gayet net şekilde göstermektedir.”

Benzeri yorumlar yapan tesis personelleri aslında tesis işleyişinin ve tesiste gereken iş gücünün ne kadar pozitif yönde etkilendiğinin bizlere kanıtı olmaktadır. Bizzat işin sürekli yükünü çeken ve arızalarıyla sürekli iç içe olan bu personeller yeni modern kaba ızgara sistemi ile yaşadıkları tecrübeleri bizlere bu şekilde özetlemişlerdir.



KAYNAKLAR

- [1] Brown, D. M., Butler, D., Orman, N. R., Davies, J. W., 1996. "Gross solids transport in small diameter sewers", *Water Science and Technology*, 33(9), 25- 30.
- [2] Vollertsen, J., Almedia, M. D. C., Hvitvat-jacobsen, T. 1999. "Effects of temperature and dissolved oxygen on hydrolysis of sewer solids", *Water Research*, 33(14), 3119-3126.
- [3] Littlewood, K., Butler, D, 2003. "Movement mechanisms of gross solids in intermittent flow", *Water Science and Technology*, 47(4), 45-50.
- [4] Butler, D., Littlewood, K., Orman, N., 2005. "Forces on sanitary solids in small sewers", *Water Science Technology*, 52(3), 85-92.
- [5] Water Environment Research Foundation, 2003. *Protocols to assess the break down of flushable consumer products*. Londra: IWA yayınları.
- [6] International Water Services Flushability Group (IWSFG). "Flushability Standarts", www.iwsfg.org/iwsfg-flushability-guidelines/ Son erişim tarihi: 25.04.2021
- [7] Ashley, R. M., Bertrand-Krajewski, J. -L. Hvitved-Jacobsen, T., Verbanck, M., 2004. *Solids in sewers: Characteristics, effects and control of sewer solids and associated pollutants*. Scientific and Technical Report No.14. Londra: IWA Yayınları.
- [8] Guisasola, A., Haas, D., Keller, J., Yuan, Z., 2008. "Methane formation in sewer systems", *Water Research*, 42(7), 1421-1430.
- [9] Keener, K. M., Ducoste, J. J., Holt, L. M., 2008. "Properties influencing fat, oil, and grease deposit formation", *Water Environment Research*, 80 (12), 2241-2246.

- [10] He, X., Iasmin, M., Dean, L. O., Lappi, S. E., Ducoste, J. J., De Los Reyes, F. L., 2011. "Evidence for fat, oil, and grease (FOG) deposit formation mechanisms in sewer lines", *Environmental Science and Technology*, 45(10), 4385-4391
- [11] He, X., De Los Reyes, F. L., Leming, M., Dean, L. O., Lappi, S. E., Ducoste, J. J., 2013. Mechanisms of fat, oil, and grease (FOG) deposit formation in sewer lines", *Water Research*, 47, 4451-4459.
- [12] Williams, J.B., Clarkson, C., Mant, C., Drinkwater, A., May, E. 2012." Fat, oil and grease deposits in sewers: Characterization of deposits and formation mechanisms" *Water Research*, 46, 6319 – 6328
- [13] Walski, T., Edwards, B., Helfer, E., Whitman, B.E., 2009. "Transport of large solids in sewer pipes" *Water Environment Research*, 81 (7), 709-714.
- [14] Karadagli, F., McAvoy, D. C., Rittmann, B. E., 2009. "Development of a Mathematical Model for Physical Disintegration of Flushable Consumer Products in Wastewater Systems." *Water Environment Research* 81(5), 459-465.
- [15] Karadagli, F., Rittmann, B. E., McAvoy, D. C., Richardson, J.E., 2012. "Effect of turbulence on disintegration rate of flushable consumer products", *Water Environment Research*, 84(5), 424-433.
- [16] Eren, B., Karadagli, F., 2012. "Physical Disintegration of Toilet Papers in Wastewater Systems: Experimental Analysis and Mathematical Modeling", *Environmental Science and Technology*, 46(5), 2870-2876.
- [17] Kim, M.J., Hergeth, H.H., 2012. "Technology roadmap for flushable nonwoven wipes", *Journal of the Textile Institute*, 103(2), 200-209.
- [18] Sharma, K., Ganique, R., Yuan, Z., "pH dynamics in sewers and its modeling", *Water Research*, 47, 6086 – 6096.
- [19] Tang, Y., Jin, W.Y., 2013. "Study on flushability testing of wood pulp composite spunlaced nonwovens", *Advanced Materials Research*, cilt: 610-613, 490-493
- [20] Jiang, G., Sun, j., Sharma, K.R., Yuan, Z. 2015. Corrosion and odor management in sewer systems. *Current Opinion in Biotechnology*, 33, 192-197.

- [21] Pandey, S. K., Kim, K., Kwon, E. E., Kim Y-H. 2016. Hazardous and odorous pollutants released from sewer manholes and stormwater catch basins in urban areas. *Environmental Research*, 146, 235-244.
- [22] Pandey, S. K., Kim, K., Kwon, E. E., Kim Y-H. 2016. Hazardous and odorous pollutants released from sewer manholes and stormwater catch basins in urban areas. *Environmental Research*, 146, 235-244.



ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Hüseyin KUŞKONMAZ

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Yılı
Yüksek Lisans	Sakarya Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü / Çevre Mühendisliği Anabilimdalı	2021-2022
Lisans	Sakarya Üniversitesi / Mühendislik Fakültesi / Çevre Mühendisliği	2019
Lise	Gölcük Çakabey Anadolu Lisesi	2014

İŞ DENEYİMİ

Yıl	Yer	Görev
2018-2019	Serdivan AVM Mars Cinema Club	Lokasyon Çalışanı

YABANCI DİL

İngilizce, Almanca

HOBİLER

Bilimsel çalışmalar hakkında bilgilenmek, doğa yürüyüşleri.