

ANKARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İLERİ ARITMA UYGULANAN KENTSEL ATIK SULARIN GRİ SU AYAK İZİ

Aşgöl YILMAZ

ENTEĞRE SU YÖNETİMİ ANABİLİM DALI

ANKARA
2024

Her hakkı saklıdır

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

İLERİ ARITMA UYGULANAN KENTSEL ATIK SULARIN GRİ SU AYAK İZİ

Aşlıgül YILMAZ

Ankara Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Entegre Su Yönetimi Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Gökşen ÇAPAR

Kentsel atık sular, şehirlerdeki evsel ve endüstriyel faaliyetlerde su kullanımı sonucunda oluşmaktadır. İçerdikleri organik ve inorganik maddeler, mikroorganizmalar, azot ve fosfor gibi besin maddelerinin kısmen arıtılması ve alıcı ortama deşarj edilmesi, su ekosistemlerinde kirliliğe yol açarak su kaynaklarında kalite problemlerine ve çevresel kirliliğe neden olmaktadır.

Atık su arıtma tesisleri (AAT), çevresel kirliliği azaltma ve kontrol altına alma konusunda oldukça önemlidir. Geleneksel olarak uygulanan biyolojik arıtma yöntemleri ile temel olarak karbon bazlı kirlilik giderilebilmektedir. Azot ve fosfor gibi maddelerin giderilmesi için ise ileri arıtma yöntemlerinin uygulanması gerekmektedir. Dolayısıyla, pek çok durumda kentsel atık sular yeterince arıtılmadan alıcı ortamlara deşarj edilmektedir.

Gri su ayak izi; noktasal veya yayılı kirlilik kaynaklarından alıcı ortamlara karışan kirleticilerin asimile edilebilmesi için gerekli olan tatlı su miktarını ifade etmektedir. Gri su ayak izi kavramı, su kaynaklarının daha sürdürülebilir bir şekilde kullanılması ve noktasal kirlilik kaynağı olan atık suların çevresel etkilerinin azaltılmasına katkıda bulunmak amacıyla bir araç olarak kullanılabilir.

Bu tez çalışmasında iki AAT örneği ile ileri arıtmanın gri su ayak izine etkisi incelenmiştir. Ankara Polatlı AAT giriş ve çıkış verileri ve Gülveren Deresi'nin bağlandığı Sakarya Nehri üzerinden alınmış debi değerleri kullanılmış, Prof. Arjen Hoekstra'nın geliştirmiş olduğu gri su ayak izi formülüyle hesaplama yapılarak değerlendirilmiştir. Gri su ayak izi kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) için 0,01 Mm³/gün, toplam azot için 0,02 Mm³/gün ve toplam fosfor için 0,23 Mm³/gün olarak hesaplanmıştır. Kastamonu AAT giriş ve çıkış verileri ve Karaçomak Deresi üzerinden alınmış debi değerleri kullanılarak yapılan hesaplamalara göre ise gri su ayak izi KOİ için 0,02 Mm³/gün, toplam azot için 0,03 Mm³/gün, toplam fosfor için 0,22 Mm³/gün ve amonyum için 0,04 Mm³/gün olarak bulunmuştur. Gri su ayak izi değerlerinin, alıcı ortam debisi ile kıyaslanması sonucunda, Polatlı AAT verilerine göre kirleticilerin asimilasyon değerlerini aşmadığı, Kastamonu AAT'de ise toplam fosforun alıcı ortamın asimilasyon kapasitesini aştığı görülmüştür. Bu sonuçlar, Kastamonu AAT'de fosfor gideriminin iyileştirilmesi ile gri su ayak izinin ve dolayısıyla kirliliğin azalacağını göstermiştir.

Ocak 2024, 55 sayfa

Anahtar kelimeler: Atık su arıtma tesisi, gri su ayak izi, ileri arıtma, kentsel atık su

ABSTRACT

Master's Thesis

GREY WATER FOOTPRINT OF URBAN WASTEWATERS SUBJECTED TO ADVANCED TREATMENT

Ashg l YILMAZ

Ankara University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Integrated Water Management

Supervisor: Prof. Dr. G k en ÇAPAR

Urban wastewater is generated as a result of water use in domestic and industrial activities in cities. Discharging partially treated wastewaters containing organic and inorganic substances, microorganisms, and nutrients such as nitrogen and phosphorus into the receiving water bodies leads to pollution in aquatic ecosystems, reduces water quality and causes environmental problems.

Wastewater treatment plants (WWTPs) play a crucial role in reducing and controlling environmental pollution. The conventional biological treatment methods primarily remove carbon-based pollutants. Substances like nitrogen and phosphorus are often discharged into the receiving environments without adequate treatment.

The grey water footprint represents the volume of fresh water required to dilute the pollutants from point and diffuse pollution sources. Grey water footprint concept can be used as a tool to contribute to sustainable use of water resources and reduce the environmental impacts of wastewaters, which are point sources of pollution.

In this thesis, the impact of advanced treatment on grey water footprint is examined focusing on two different wastewater treatment plants. The inlet and outlet data of the Polatlı WWTP and the flowrates taken from Sakarya River, to which Gülveren Stream is connected, were utilized. The grey water footprint was calculated and evaluated using the method developed by Prof. Arjen Hoekstra. The grey water footprint was found as 0.01 Mm³/day for chemical oxygen demand (COD), 0.02 Mm³/day for total nitrogen and 0.22 Mm³/day for total phosphorus. Similarly, Kastamonu WWTP inlet and outlet data and the flowrate of the Karaçomak Stream were used. The grey water footprint was found as 0.03 Mm³/day for COD, 0.10 Mm³/day for total nitrogen, 0.60 Mm³/day for total phosphorus, and 0.20 Mm³/day for ammonium. As a result, it was observed that the pollutants in the Polatlı WWTP did not exceed the assimilation capacity of the receiving water body, namely Sakarya River, while in the Kastamonu WWTP, total phosphorus exceeded the assimilation capacity of Karaçomak Stream. Therefore, it is concluded that improving phosphorus removal efficiency can help reduce the grey water footprint of urban wastewaters coming from Kastamonu city.

January 2024, 55 pages

Key Words: Grey water footprint, urban wastewater, wastewater treatment plant, advanced treatment

ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR

Öncelikli olarak çalışmalarımı yönlendiren, tecrübe, bilgi ve önerilerini esirgemeyerek akademik ortamda olduğu kadar beşerî ilişkilerde de her zaman bana destek olan danışmanım Sayın Prof. Dr. Gökşen ÇAPAR’a teşekkürlerimi sunarım.

Bu çalışmada kullanılacak verilerin sağlanması hususunda ASKİ Genel Müdürlüğü, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü ve Kastamonu Belediyesi Su ve Kanalizasyon Müdürlüğü’ne teşekkürlerimi borç bilirim.

Her zaman yanımda olan ve hiçbir koşulda desteklerini esirgemeyen aileme en içten teşekkürlerimi sunarım.

Aslıgül YILMAZ
Ankara, Ocak 2024

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAY SAYFASI

ETİK.....	i
ÖZET.....	ii
ABSTRACT	iii
ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR.....	iv
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	viii
1. GİRİŞ	1
1.1 Kentsel Atıksular.....	1
1.2 Geleneksel Atık Su Arıtma Sistemleri.....	2
1.3 İleri Atık Su Arıtma Sistemleri.....	3
1.4 Geleneksel ve İleri Atık Suyu Arıtan Sistemler Arasındaki Farklar	5
1.5 Sanal Su Kavramı	5
1.6 Su Ayak İzi Kavramı	6
1.6.1 Su ayak izi bileşenleri.....	7
1.7 Gri Su Ayak İzinin Hesaplanması	8
1.8 Tezin Amacı ve Önemi.....	9
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	11
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	16
3.1 Hesaplama için Seçilen Atık Su Arıtma Tesisleri	16
3.1.1 Kastamonu atık su arıtma tesisi	16
3.1.2 Ankara Polatlı atık su arıtma tesisi	17
3.2 Çalışma Alanı	19
3.3 Gri Su Ayak İzi Hesaplama Yöntemi	22
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	27
4.1 Kastamonu Atık Su Arıtma Tesisinden Deşarj Edilen Kirleticilerin Gri Su Ayak İzleri.....	27
4.2 Polatlı Atık Su Arıtma Tesisinden Deşarj Edilen Kirleticilerin Gri Su Ayak İzleri.....	30
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	34
KAYNAKLAR	36
EKLER.....	38
ÖZGEÇMİŞ.....	55

SİMGELER DİZİNİ

N	Azot
$\text{NH}_4^+ \text{-N}$	Amonyum Azotu
P	Fosfor

Kısaltmalar

AAT	Atık Su Arıtma Tesisi
AKM	Askıda Katı Madde
AKR	Ardışık Kesikli Reaktör
ASKİ	Ankara Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü
BNR	Biyolojik Besin Giderimi (Biological Nutrient Removal)
BOİ	Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı
CHP	Kojenerasyon Sistemi (Combined Heat and Power)
ÇKS	Çevre Kalite Standardı
DSİ	Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü
KOİ	Kimyasal Oksijen İhtiyacı
TMDL	Toplam Maksimum Günlük Yük (Total Maximum Daily Load)
UV	Ultraviyole

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1 Kastamonu AAT görüntüsü	16
Şekil 3.2 Kastamonu AAT, Karaçomak Deresi ve İnönü İstasyonunun uydu görüntüsü.....	17
Şekil 3.3 Polatlı AAT görüntüsü.....	18
Şekil 3.4 Polatlı AAT, Gülveren Deresi ve Mahmutlar İstasyonunun uydu görüntüsü..	19
Şekil 4.1 Kastamonu AAT çıkış gri su ayak izlerinin Karaçomak Deresi debisi ile karşılaştırılması (Sınıf I)	28
Şekil 4.2 Kastamonu AAT giriş ve çıkış gri su ayak izleri (Sınıf I)	29
Şekil 4.3 Kastamonu AAT çıkış gri su ayak izlerinin Karaçomak Deresi debisi ile karşılaştırılması (Sınıf II).....	30
Şekil 4.4 Polatlı AAT çıkış gri su ayak izlerinin Sakarya Nehri debisi ile karşılaştırılması (Sınıf II).....	31
Şekil 4.5 Polatlı AAT giriş ve çıkış gri su ayak izlerinin karşılaştırılması (Sınıf II).....	32

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1 Kastamonu AAT'den deşarj yapılan Karaçomak Deresi verileri	21
Çizelge 3.2 Polatlı AAT'den deşarj yapılan Sakarya Nehri verileri	21
Çizelge 3.3 Hesaplamalarda kullanılan kirletici parametreler için ÇKS (C_{max}) değerleri.....	22
Çizelge 3.4 Kastamonu AAT çıkış verilerine göre kirletici yük (L) değerleri	24
Çizelge 3.5 Kastamonu AAT giriş verilerine göre kirletici yük (L) değerleri.....	25
Çizelge 3.6 Polatlı AAT çıkış verilerine göre kirletici yük (L) değerleri	25
Çizelge 3.7 Polatlı AAT giriş verilerine göre kirletici yük (L) değerleri.....	26
Çizelge 4.1 Kirleticilerin Kastamonu AAT çıkışındaki gri su ayak izleri (Sınıf I)	27
Çizelge 4.2 Kirleticilerin Kastamonu AAT girişindeki gri su ayak izleri (Sınıf I).....	28
Çizelge 4.3 Kirleticilerin Kastamonu AAT çıkışındaki gri su ayak izleri (Sınıf II).....	30
Çizelge 4.4 Kirleticilerin Polatlı AAT çıkışındaki gri su ayak izleri (Sınıf II).....	31
Çizelge 4.5 Kirleticilerin Polatlı AAT girişindeki gri su ayak izleri (Sınıf II)	32
Çizelge 4.6 Gri su ayak izi için literatür ile karşılaştırma.....	33

1. GİRİŞ

Artan nüfus ve değişen iklim, hayatın temel bileşeni olan suyun tükenme ve kirlenme riskini artırmaktadır. Su; tarım, enerji, sanayi, içme suyu temini ve ekosistemlerin sürdürülebilirliği gibi birçok alanda hayati bir rol oynamaktadır. Bu durum, su kaynaklarını korumak ve bu kaynakların sürdürülebilirliğini sağlamak konusunda zorluklara neden olmakta, su kaynakları üzerinde baskı oluşturmaktadır. Bu tezin konusu; kentsel atık suların arıtıldıktan sonra dahi nehir, göl, çay vb. su kaynaklarında neden olduğu kirliliği ortaya koymak amacıyla atık su arıtma tesislerinden deşarj edilen kirleticilerin gri su ayak izinin belirlenmesidir. Bunun için, Ankara Polatlı Atık Su Arıtma Tesisi (AAT) ve Kastamonu AAT örnek olarak seçilerek bu tesislerden alıcı ortama deşarj edilen kirlilik yükü gri su ayak izi hesaplama yöntemiyle ile belirlenmiş ve çıkan sonuçlar tesislerde kullanılan arıtma yöntemleri baz alınarak değerlendirilmiştir.

Gri su ayak izi, su kalitesi ile ilgili bir gösterge olup, noktasal ve yayılı kirlilik kaynaklarından alıcı ortama karışan ve geçerli olan su kalitesi standartlarına uygun olarak kirlilik yükünün azaltılması veya bertaraf edilmesi için alıcı ortamdan kullanılması gereken tatlı su miktarıdır. Artan nüfusun su kaynaklarına olan talebi, ortaya çıkan atık su hacimlerini ve buna bağlı olarak da gri su ayak izini artırmaktadır. Daha fazla su tüketimi, kullanılan suyun arıtılması ve deşarj edilmesi için daha fazla enerji ve kimyasal kullanımını gerektirmektedir. Bu da çevresel olarak sürdürülebilir olmayan bir döngüye işaret etmektedir.

1.1 Kentsel Atıksular

Kentsel atık sular, şehirlerdeki evsel ve endüstriyel faaliyetler sonucu oluşan atık sıvılardır. Bu atık sular, evlerden, işyerlerinden ve sanayi tesislerinden kaynaklanan su kullanımı sonucunda ortaya çıkmaktadır. Evsel atık sular, genellikle ev mutfakları, banyolar ve tuvaletlerden kaynaklanırken, endüstriyel atık sular, çeşitli endüstriyel süreçlerin bir sonucu olarak ortaya çıkmaktadır. Kentsel atık sular, genellikle içerdikleri organik ve inorganik kirleticiler nedeniyle çevre için potansiyel bir tehdit oluştururlar. Bu atık suların arıtılması, içerdikleri zararlı maddelerin uzaklaştırılması ve suların tekrar

kullanılabilir hale getirilmesi açısından önemlidir. Kentsel atıksu arıtma tesisleri (AAT), fiziksel, kimyasal ve biyolojik işlemleri içeren karmaşık bir süreçle atık suları arıtarak çevrenin korunmasına ve su kaynaklarının sürdürülebilir bir şekilde yönetilmesine destek olurlar. Bu şekilde, kentsel atık su arıtımı, su kaynaklarının korunması, çevresel etkilerin azaltılması ve toplum sağlığının güvence altına alınması açısından kritik bir öneme sahiptir. Ülkemizde kentsel atık sular arıtılarak “Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmeliği” kapsamında alıcı ortama deşarj edilmektedir. Bu yönetmeliğin 5.maddesinde, çevrenin olumsuz yönde etkilenmemesi için yönetmelik hükümleri gereğince az hassas ve hassas alanlar için yapılması gereken uygun arıtma yöntemleri ifade edilmiş ve 6.maddesinde ise nüfusa bağlı olarak uygulanması gereken arıtma ve deşarj yöntemleri tarif edilmiştir. Aynı yönetmeliğin EK-IV’ünde verilen Tablo 1 ve Tablo 2’ de arıtma tesislerinin arıtılan atık suların alıcı ortama deşaj standartlarını göstermektedir.

1.2 Geleneksel Atık Su Arıtma Sistemleri

Geleneksel bir atık su arıtma sistemi, atık suyu bir dizi fiziksel, kimyasal ve biyolojik işlemle arıtan bir tesistir. İşlem genellikle aşağıdaki adımları içermektedir:

1. **Ön Arıtma:** Atık su arıtma tesisine gelen atık su, içerdiği büyük ve yüzen cisimleri ayırmak için ön arıtma ünitelerinden geçirilmektedir. Bu aşamada ızgaralar, elekler ve kum tutucular kullanılmaktadır.
2. **Arıtma:** Ön arıtmadan geçen atık su, asıl arıtmanın yapılacağı bir dizi işlemde geçirilmektedir. Bu işlemler, fiziksel, kimyasal ve biyolojik süreçlerin kombinasyonunu içerebilmektedir.
 - **Fiziksel Arıtma:** Süzme, çökeltme ve flotasyon gibi fiziksel işlemler kullanılarak katı maddeler ve askıda bulunan maddeler giderilir. Süzme, atık suyun genellikle kum, çakıl veya aktif karbon yerleştirilen bir ortamdan geçirilerek küçük partiküllerin tutulması işlemidir. Çökeltme, atık suyun dinlendirilmesi ile kendi ağırlığı ile çökebilen partiküllerin dibe çökmesi işlemidir. Flotasyon ise, atık suya verilen hava ile atık suda bulunan yağ ve köpüğün yüzeyde toplanması işlemidir.

- Kimyasal Arıtma: Bazı durumlarda, koagülan ve flokülan gibi kimyasallar kullanılarak, partiküllerin bir araya gelerek daha büyük floklar oluşturması ve çökmesi sağlanır.
 - Biyolojik Arıtma: Atık sudaki organik maddelerin giderilmesi için biyolojik işlemler uygulanır. Bu işlemlerde, mikroorganizmaların organik maddeleri parçalayarak tüketmesi sağlanır. En yaygın biyolojik arıtma yöntemi, aktif çamur işlemidir. Bu işlemde, atık suya bakteriler eklenir ve organik maddelerin besin kaynağı olarak kullanılarak parçalanması sağlanır.
3. Çamur Devir İşlemi: Biyolojik arıtma adımından sonra, arıtma tesisi çamur devir işlemini gerçekleştirir. Bu işlemde, mikroorganizmaları içeren ve çamur olarak adlandırılan çözelti, geri devir hattı ile havalandırma tankına geri gönderilir. Bu sayede, mikroorganizmaların bir sonraki atık su için kullanılmak üzere korunması sağlanır.
4. Dezenfeksiyon: Suyun içinde bulunan mikroorganizmaların (bakteri, virüs, alg gibi) öldürülmesi veya çoğalmasının engellenmesi amacıyla gerçekleştirilir. Dezenfeksiyon, genellikle son arıtma aşamasında uygulanır ve çeşitli yöntemler kullanılabilir. Bunlar; klorlama, ozonlama, UV ışınları, oksidasyon, ilaçlama, ve membran teknolojileridir.

1.3 İleri Atık Su Arıtma Sistemleri

İleri arıtma, tipik bir biyolojik atık su arıtma tesisinde gerçekleştirilen biyolojik arıtma işlemlerinin ötesindeki daha gelişmiş arıtma yöntemlerini ifade etmektedir. İleri atık su arıtma sistemleri, daha karmaşık prosesler ve teknolojiler kullanarak atık suyun daha iyi arıtılmasını sağlar. İleri arıtma sistemleri, genellikle daha yüksek kalitede arıtılmış atık su elde etmek, çevresel kalite standartlarına uymak veya belirli endüstriyel gereksinimleri karşılamak için kullanılır. Kimyasal çöktürme, elütrasyon, ters ozmoz, ultrafiltrasyon, elektrodializ vb. birçok arıtma yöntemi bulunmaktadır.

İleri arıtma prosesleri arasında şunlar yer alır:

1. Ozonasyon: Ozon gazı, suya uygulandığında organik maddeleri oksitler ve bakterileri öldürür. Bu işlem, kokuların, renklerin ve tatların giderilmesine yardımcı olur.
2. Aktif karbon filtrasyonu: Aktif karbon, organik kirleticileri adsorbe ederek sudan uzaklaştırır. Bu yöntem aynı zamanda koku ve tat gideriminde de etkilidir.
3. Membran filtrasyonu: Membran filtrasyonu, atık suyu basınç altında yarı geçirgen bir filtreden geçirerek kirleticilerin konsantrasyonunda yoğunlaşmasını ve süzüntü suyu hattına geçmemesini sağlar. Bu işlem, suda bulunan virüsler, bakteriler ve diğer mikroorganizmaların giderilmesine yardımcı olur.
4. Ters ozmoz: Ters ozmoz, suyu yüksek basınç altında yarı geçirgen bir membrandan geçirerek kirleticilerin ayrılmasını sağlar. Bu yöntem, suda bulunan tuzları, mineralleri ve ağır metalleri ayırmada oldukça etkilidir.
5. UV dezenfeksiyonu: UV ışınları, suyun içinde bulunan mikropları öldürür ve böylece dezenfeksiyon sağlar.
6. Elektrokimyasal arıtma: Elektrokimyasal arıtma, elektrotların kullanıldığı bir işlemdir. Bu işlem, suyun içindeki kirleticileri oksitleyerek giderir.

Yukarıda anlatılan ileri arıtma yöntemleri birlikte uygulandıklarında daha etkili olurlar. Fakat bu yöntemlerle atık sulardaki organik, inorganik, çözünmüş ve askıda katı maddeler giderilirken azot ve fosfor giderimi için üçüncül arıtma olarak birçok biyolojik proses geliştirilmiştir. Azot ve fosforun birlikte arıtıldığı üçüncül arıtma prosesleri aşağıdaki gibidir;

- A²O Prosesi
- Beş Basamaklı Bardenpho Prosesi
- UCT (Capetown Üniversitesi tipi aktif çamur sistemi) Prosesi,
- VIP (Virginia Tesisi tipi aktif çamur sistemi) prosesi,
- AKR (Ardışık Kesikli Reaktör)
- Nutrient gideriminde alternatif biyolojik prosesler (sucul bitki ve mikroalgler)

Yukarıda maddeler halinde verilen proseslerin haricinde atık su karakterizasyonu ve çevresel koşullara göre Johannesburg, Phostrip vb. çeşitli özel/patentli prosesler de biyolojik azot ve/veya fosfor giderimi için uygulanabilmektedir.

1.4 Geleneksel ve İleri Atık Suyu Arıtan Sistemler Arasındaki Farklar

Geleneksel arıtma ile ileri atık su arıtma sistemleri arasında proses, süreç, teknoloji ve ekipman, verimlilik, atık su arıtım sonrası kullanım, enerji tüketimi, işletme maliyetleri, çevresel etki ve atık su kalitesi gibi hususlarda farklar bulunmaktadır. Özellikle azot ve fosfor gibi besi maddelerinin giderimi için ileri arıtma yöntemleri gereklidir.

İleri atık su arıtma sistemleri geleneksel atık su arıtma sistemlerine nazaran daha karmaşıktır ve ileri teknoloji kullanılmaktadır. Bu sistemler, ileri teknolojilerin kullanılması sebebiyle daha yüksek verimlilik sağlama potansiyeline sahiptir. İleri atık su arıtma sistemleri ile arıtılan sular sulama ve endüstriyel kullanım gibi imkânlar sunar. Geleneksel sistemlerde ise geri kazanım ve yeniden kullanım seçenekleri daha sınırlıdır. Gelişmiş teknolojilerin kullanılması yüksek enerji tüketimine ve işletme maliyetlerine sahiptir.

İleri atık su arıtma sistemleri, daha karmaşık ve maliyetli olmalarına rağmen, su kaynaklarının daha etkili bir şekilde korunması, atık su geri kazanımının artırılması ve suyun yeniden kullanımı gibi avantajlar sağlamaktadır. Ancak hangi sistemin kullanılacağı, atık suyun kaynağına, arıtma gereksinimlerine ve kullanım amacına bağlı olarak belirlenir.

1.5 Sanal Su Kavramı

Suyun sınırlı bir kaynak olması ve dolayısıyla zamanla arzın azalacağının farkına varılmasıyla suyun ekonomik anlamda değeri artmış ve çeşitli ekonomik teoriler ortaya çıkmıştır. Doksanlı yılların başında Tony Allan tarafından geliştirilen ‘Sanal su’ kavramı, özellikle ticari maliyeti yüksek olan su tüketimini ifade etmektedir (Allan, 1993; 1994).

“Sanal su”, genellikle ürünlerin üretimi, tüketimi ve ticareti sırasında gizli veya dolaylı olarak tüketilen suyun miktarını ifade etmek için kullanılan bir terimdir. Bir ürünün

Suyun kullanımına yönelik gösterge olan su ayak izinin üç bileşeni vardır; mavi, yeşil ve gri su ayak izi. Bu bileşenler suyun kullanımını ve niteliğini göstermek için önem arz etmektedir. Bileşenler ölçülerek, su kullanımının sürdürülebilirliği ve verimliliğini hakkaniyetle değerlendirerek sürdürülebilirliğin devamlılığını sağlamak için yöntemler belirlemek ve bu yöntemlerin hangisine öncelik verilmesi gerektiğini belirlemek adına değerlendirme yapılabilmektedir. Bu değerlendirme, sürdürülebilir su yönetimi ile çevresel etkilerin azaltılması için önemli bir araçtır. Bu yöntem, su kullanımının daha iyi anlaşılmasına ve su tasarrufu stratejilerinin geliştirilmesine yardımcı olur. Su ayak izi değerlendirmesi aşamaları aşağıdaki gibidir;

1. Hedef ve kapsamın belirlenmesi; Hedef, sonraki adımlarda ne yapılacağını netleştirir. Kapsam, çalışmanın mekânsal ve zamansal ölçeğini tanımlar. Hedef ve kapsam bir araya geldiği zaman, verilerin kullanılması, değerlendirilmesi, sonraki adımlarda nasıl yol izleneceği ve istenen sonuçlara ulaşmak için gereken ayrıntı düzeyini gösterir. Hangi ürün, hizmet veya sürecin su ayak izinin hesaplanmak istendiği ve bu değerlendirmenin hangi sonuçları sağlayacağını belirlenmesidir.
2. Su ayak izi muhasebesi; ihtiyaç duyulan verilerin toplandığı ve hesaplamanın yapıldığı aşamadır.
3. Sürdürülebilirlik değerlendirmesi; su kullanımının, insanların ve doğanın ihtiyaçlarını dengeleyip dengelemediği, kullanılan kaynakların ne kadar dengede olduğu ve eşit şekilde paylaşıldığı değerlendirilir.
4. Azaltma formülasyonu; değerlendirme sonucu ulaşılan sonuçlara yönelik azaltım stratejilerine yer verilen bölümdür.

1.6.1 Su ayak izi bileşenleri

Mavi Su Ayak İzi :Mavi su ayak izi; yüzey veya yeraltı suyu kaynaklarından elde edilen ve buharlaşan, bir ürüne dahil edilen veya bir su kaynağından alınıp başka bir su kaynağına geri verilen suyu ifade eder. Tarımsal sulama, endüstriyel ve evsel su kullanımının her biri mavi su ayak izine sahip olabilir.

Yeşil Su Ayak İzi: Yeşil su ayak izi; yağıştan gelen ve toprakta depolanan, bitkiler tarafından alınan ve buharlaşan yağmur suyudur. Özellikle tarım, bahçecilik ve ormancılık ürünleri için söz konusudur. Buharlaşma ve yağış miktarları göz önünde bulundurularak hesaplanan yeşil su ayak izi, satın alınan herhangi bir üründe veya günlük tüketilen suyun kaçta kaçının yağmur suyu kaynaklı olduğunu ifade etmektedir. Bu kavramın değerlendirilmesinde o bölgenin yağış miktarı etkili olduğundan buna bağlı olarak değişen iklim koşulları da göz önünde bulundurulmalıdır.

Gri Su Ayak İzi: Gri su ayak izi; belirli su kalite standartlarını karşılamak üzere kirleticilerin asimile edilmesi için gereken tatlı su miktarını ifade etmektedir. Gri su ayak izi, bir tatlı su kaynağına doğrudan bir boru aracılığıyla (noktasal) veya dolaylı olarak topraktan, kentsel alanlardaki asfalt ve beton gibi geçirimsiz yüzeylerden (yüzey akışına geçen yağmur suları) veya diğer dağınık kaynaklardan sızıntı yoluyla (yayılı) doğaya karışan kirliliği dikkate almaktadır.

1.7 Gri Su Ayak İzinin Hesaplanması

Gri su ayak izi hesaplaması yapılırken, su kaynaklarındaki kirliliği gösteren kirletici parametreler baz alınmaktadır. Bunlar genellikle azot, fosfor, amonyum ve kimyasal oksijen ihtiyacıdır. Kutlu (2022), Ankara Tatlar Merkezi AAT’de yaptığı çalışmaya dayanarak bu dört parametreyi kullanarak değerlendirmede bulunmuştur. Bu parametreler aşağıda açıklanmıştır;

Toplam azot: Havanın ana bileşenlerinden biri olan azot, atmosferde yaklaşık %78 oranında bulunur. Bitkilerin büyümesi ve gelişmesi için hayati besin maddesidir. Toprakta organik madde, amonyum tuzları, nitrat tuzları gibi farklı bileşiklerde bulunur. Organik azot ve inorganik azottan (amonyak/amonyum azotu, nitrat azotu ve nitrit azotu) oluşur.

Amonyum ($\text{NH}_4^+\text{-N}$): Amonyum iyonu bitkilerin kökleri tarafından topraktan alınarak bitki büyümesini destekler. Ayrıca amonyum iyonu, deniz suyunda ve doğal sularda azot

döngüsünün bir parçası olarak bulunur. Toprakta ya da insan/hayvan idrarından sulara karışabilmektedir.

Toplam fosfor: Doğal ve atık sularda bulunabilen organik ve inorganik yapıda bir bileşiktir. Ancak fazla fosfatın doğal sularda kirlilik yarattığı ve su ekosistemlerinde ötrofikasyona sebep olduğu bilinmektedir. Bu nedenle, toplam fosforun belirlenmesi, çevresel koruma ve su kalitesi izlemesi için önemlidir. Bu analizler, su arıtma tesislerinin performansını izlemek, su kalitesini değerlendirmek ve su kirliliği sorunlarını ele almak için yaygın olarak kullanılır.

Kimyasal Oksijen İhtiyacı: Bir sıvının organik madde içeriğini ve suyun bu organik maddeyi parçalamak için ne kadar oksijene ihtiyaç duyduğunu belirleyen bir çevresel parametredir. KOİ, genellikle su kalitesini değerlendirmek ve suyun organik kirlilik seviyesini ölçmek amacıyla kullanılır. KOİ ölçümü, suyun içindeki organik madde miktarını ve organik kirliliği değerlendirmek için önemlidir.

1.8 Tezin Amacı ve Önemi

Kentsel atık suların uygun şekilde toplanması, arıtılması ve bertaraf edilmesi, halk sağlığı, su ekosistemlerinin korunması ve su kaynaklarının sürdürülebilirliğinin sağlanması açısından önemlidir. İleri atık su arıtma yöntemleri, su yönetiminde sürdürülebilirliğe farklı şekillerde katkı yapabilir. İleri atık su arıtma sistemlerinde; atık su yüksek kalitede arıtıldığından ve yeniden kullanıma olanak sağladığından tüketilen su miktarını azaltabilir. Ayrıca, karbon bazlı kirliliğin giderilmesine ek olarak, azot ve fosfor gibi besin maddeleri de arıtıldığından, arıtılan atık suyun deşarj edildiği alıcı ortamda gri su ayak izi daha küçük olacaktır (Çapar, 2021).

Atık su arıtma tesislerinde gri su ayak izi hesabı yapılması; su kaynaklarının korunmasına katkıda bulunur ve tesislerin çevresel performansını izlemelerine ve geliştirmelerine yardımcı olur. Gri su ayak izi hesaplaması, tesislerin çevresel etkilerini anlamalarına ve iyileştirme stratejileri geliştirmelerine yardımcı olur. Bu bilgilere dayanarak Kastamonu

AAT ve Ankara Polatlı AAT verileri ile tesislerin gri su ayak izi hesaplanmış ve karşılaştırma yöntemi ile değerlendirme yapılmıştır. DSİ verileri (2015-2016 arası E12A062 istasyonu ve 2016-2021 arası D15A343 istasyonu debi değerleri) ile Kastamonu AAT ve ASKİ Polatlı AAT'nin tesis verileri kullanılarak hesaplama yapılmıştır.



2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Arjen Y. Hoekstra ve Mesfin M. Mekonnen'in (2002) yaptığı bir çalışmada; insanlığın su ayak izi hesaplanmıştır. Bu çalışmada üç su ayak izi bileşeni de hesaplanarak rapor edilmiştir. Su ayak izleri, üretim/tüketim perspektiflerinden, tarım ve endüstriyel ürün ticaretine dayalı olarak, her bir ülke için tahmin edilmektedir. 1996-2005 döneminde yıllık ortalama su ayak izi, 9,087 Gm³/yıl'dır. Yapılan çalışma ile küresel su ayak izinin beşte biri ihracat için yapılan üretime dayanmaktadır ve tarımsal üretim %92 katkı sağlamaktadır. Amerika Birleşik Devletleri'nde tipik bir tüketicinin su ayak izi 2,842 m³ iken, Çin ve Hindistan'daki ortalamalar sırasıyla 1,071 ve 1,089 m³'tür. Bu ayak izlerine en büyük katkıyı hububat ürünleri sağlamaktadır (%27), ardından et (%22) ve süt ürünleri (%7) gelmektedir. Çalışma, su tüketimi ve kirliliğinin küresel boyutunu göstererek, birçok ülkenin yabancı su kaynaklarına yoğun bir şekilde bağımlı olduğunu ve birçok ülkenin başka yerlerde su tüketimi ve kirlilik konusunda önemli etkilere sahip olduğunu açıklamaktadır.

Mesfin M. Mekonnen ve Winnie Gerbens-Leenes'in (2020) yaptığı çalışma; tarım üretiminin su ayak izi ve mavi su ayak izinin sürdürülebilirliği üzerine değerlendirme yapmak amacıyla hazırlanmıştır. Bu çalışmaya göre, tahmini küresel tüketimin (yeşil + mavi) su ayak izi, yılda 5938 ila 8508 km³ arasında değişmektedir. Su ayak izinin, iklim değişikliği ve arazi kullanım değişikliği nedeniyle 2090'a kadar %22'ye kadar artacağı tahmin edilmektedir. Küresel mavi su ayak izinin yaklaşık %57'sinin çevresel akış gereksinimlerini ihlal ettiği görülmüştür. Bu durum, suyun sürdürülebilirliğini artırmak ve ona bağlı ekosistemleri korumak için en önemli husustur. Alınması gereken önlemlerin arasında su üretkenliğini artırmak, ölçütler belirlemek, her nehir havzası için su ayak izine sınırlamalar getirmek, su gereksinimini düşük gıdalara yönlendirmek ve gıda israfını azaltmak olarak ortaya koymuşlardır.

Ray ve ark. (2013) tarafından yapılan çalışma; küresel tarım üretiminin 2050'ye kadar nüfus artışı, beslenme değişiklikleri ve biyoyakıt tüketimindeki artıştan kaynaklanan tahmini talepleri karşılamak için iki katına çıkması gerektiğini göstermiştir. Bu hedefe ulaşmak için; ürün verimliliğini artırmak tercih edilen bir çözüm olarak vurgulanmıştır.

Dünya genelinde toplanan yaklaşık 2,5 milyon tarımsal istatistik içeren bu çalışmada, küresel tarımın neredeyse üçte ikisini kapsayan mısır, pirinç, buğday ve soya fasulyesi olmak üzere dört ana ürün izlenmiştir. Bu ürünlerdeki verimlerin yılda sırasıyla %1,6, %1,0, %0,9 ve %1,3 arttığı tespit edilmiştir fakat bu değerler 2050'ye kadar küresel üretimi iki katına çıkarmak için gereken yılda %2,4'lük oranın altında kalmaktadır. Bu oranların küresel üretimi sırasıyla yaklaşık olarak %67, %42, %38 ve %55 olmalıdır, bu şekilde 2050'deki projeksiyonları karşılayabilmektedir. Bu çalışmada; gereksinimlerini karşılamak ve ürün üretimini artırmak için oranların artırılması gereken bölgeleri belirlemek için detaylı haritalar sunulmuştur. Çalışma sonunda; mevcut tarım arazilerinin daha verimli kullanımı ve dünya genelinde en iyi yönetim uygulamalarını yaygınlaştırmanın çözüm yolu olduğu vurgulanmıştır. Ayrıca tarım arazilerinin genişletilerek üretim eksikliğinin kapatılabileceği ancak biyoçeşitlilik ve karbon emisyonları açısından yüksek bir çevresel maliyete sebep olacağı belirlenmiştir. Bu çözüme alternatif olarak, özellikle bitki tabanlı beslenmeye geçiş ve gıda israfını azaltma gibi ek stratejiler ile gıda talebindeki büyük artışın azaltılabileceği saptanmıştır.

Mesfin Mekonnen ve Arjen Hoekstra bir başka çalışmada; hayvan ürünlerinin üretimi ve tüketimindeki artışın, dünya genelindeki tatlı su kaynakları üzerinde baskı yarattığı ve bu durumun nüfus artışıyla her geçen gün artmakta olduğu vurgulanmıştır. Su ayak izinin boyutu ve özellikleri, hayvan türleri ve üretim cinsine göre değişmektedir. Bu çalışmada, farklı çiftlik hayvanları ve hayvansal ürünlerin küresel yeşil, mavi ve gri su ayak izlerini, farklı üretim sistemlerini ayırarak dünya genelindeki tüm ülkelerin koşullarını göz önünde bulundurarak kapsamlı bir şekilde sunmaktadır. Çalışmada şu kategoriler ele alınmıştır: sığır eti, süt sığırları, domuz, koyun, keçi, broyler tavuk, yumurta tavukları ve atlar. Çalışma, sığırdan elde edilen etin su ayak izinin (küresel ortalama olarak ton başına 15400 m³), koyun eti (ton başına 10400 m³), domuz eti (ton başına 6000 m³), keçi eti (ton başına 5500 m³) ve tavuk eti (ton başına 4300 m³) su ayak izlerinden çok daha büyük olduğunu göstermektedir. Tavuk yumurtasının küresel ortalama su ayak izi ton başına 3300 m³ iken, inek sütünün su ayak izi ton başına 1000 m³'tür. Ton başına, hayvansal ürünler genellikle bitkisel ürünlerden daha büyük bir su ayak izine sahiptir. Bu durum, kalori başına su ayak izine baktığımızda da geçerli olmaktadır. Sığır eti için su ayak izi, tahıllar/nişastalar için olanın yirmi katıdır. Protein için su ihtiyaçlarına baktığımızda, süt,

yumurta ve tavuk eti için protein başına su ayak izi, baklagillere göre yaklaşık bir buçuk kat daha büyüktür. Sığır eti için protein başına su ayak izi, baklagillere göre altı kat daha büyüktür. Yağ durumunda, tereyağı gram başına su ayak izinin oldukça küçük olduğu, hatta yağ bitkileri için olduğundan daha düşük olduğu görülmektedir. Ancak, diğer tüm hayvansal ürünler, yağ başına gram su ayak izi açısından yağ bitkilerine göre daha büyük su ayak izlerine sahiptir. Çalışma, tatlı su kaynakları perspektifinden bakıldığında, kalori, protein ve yağ elde etmenin bitkisel ürünler aracılığıyla hayvansal ürünlerden daha verimli olduğunu göstermektedir.

Alper (2015)'in yaptığı çalışmada; Cropwat programını kullanarak pamuk üretilen altı şehirde su ayak izleri (mavi ve yeşil su ayak izi) hesaplanmıştır. En az su tüketimine sahip şehir 1631 m³/ton ve en yüksek verime sahip şehir 5,13 ton/ha olarak ortaya çıkmıştır. Tekstil sektöründe kullanılan yüksek su hacimlerinden dolayı, su tasarrufuyla ilgili uygulamaların bir an önce hayata geçirilmesi gerektiği vurgulanmıştır.

Özerdinç ve Hamalosmanoğlu'nun (2021) yaptığı bir çalışmada; ortaokul öğrencilerinin suyun sürdürülebilirliği ve bilinçli kullanımı hakkındaki bilgi ve düşüncelerini ortaya koymak amacıyla analizler yapılmıştır. Öğrencilerle yapılan görüşmeler kayıt altına alınarak veriler anlamlandırılmış temalar, kategoriler ve kodlar oluşturulmuştur. Bu çalışmada analiz edilen sonuçlara göre su okuryazarlığının ortaokul seviyesinde kazandırılabilmesi ortaya konulmuştur.

Dursun (2019)'da yaptığı çalışmada, Ardahan Üniversitesi Yenisey Kampüsü'ndeki toplam 320 kişiden oluşan çalışanlara "Su Ayak İzi Ağı"ndaki soruları sorarak kişilerin su tüketim davranışlarına ulaşmayı hedeflemiştir. Ortaya çıkan hesaplamalara göre toplam su ayak izi ise ortalama 1455,2 m³/yıl olarak belirlenmiştir. Bu çalışmada, amaç, tüketimin nelere bağlı olduğu ve bunların nasıl sürdürülebilir olabileceğini ortaya koymaktır. Çalışma sonucunda, su tüketimini azaltacak bireysel olarak alınabilecek önlemler ortaya konmuştur.

Öztaş Karlı ve Artar (2021)'de yaptığı çalışmada; su ayak izi kavramı ile su kalitesinin iyileştirilmesi ve yönetilmesi amacıyla kentsel su yönetimini ele almışlardır. Çalışma

literatür taraması yöntemine dayanmaktadır. Çalışma sonucunda, bu kavramların kentlerin gelişimi üzerinde doğrudan etkilerinin olduğu, su yönetiminde ön planda tutulması gerektiğini ortaya koymuşlardır.

Bulut ve Şahin (2020)'in yaptığı çalışmada; Akdeniz Üniversitesi Eğitim Fakültesi'nde eğitim alan öğrencilerin su tüketimi konusundaki davranışları incelenmiştir. Çalışmaya 424 kişi dahil edilerek hesaplamalar yapılmıştır. Öğrencilerin su tüketim davranışları “Su Tüketim Davranışları Ölçeği” kullanılarak tespit edilmiş ve çalışma değeri 0.85 bulunmuştur. Davranışlar incelenirken öğrencilerin ve ailelerinin eğitim düzeyleri, cinsiyetleri, öğrenme eğilimleri, su ve su ile ilgili konulara duydukları ilgiler göz önünde bulundurulmuştur. Hesaplama yöntemi “Genişletilmiş Su Ayak İzi Hesaplayıcısı”dır. Veriler çeşitli yöntemlerle analiz edilmiştir. Analiz edilen verilere göre; öğrencilerin su tüketimi davranışlarının, ailelerinin eğitim durumları, cinsiyetleri, yaşayıp büyüdüğü coğrafya gibi etkenlere bağlı şekillendiğini ve öğrencilerin suyun zamanla tükenebileceği ve küresel ölçekte bir su kıtlığı yaşanacağına dair inançları olmadığı ortaya konmuştur.

Literatürde mavi ve yeşil su ayak izine ek olarak gri su ayak izi ile ilgili örnekler de mevcuttur. Morera ve ark. (2015)'nin yaptıkları bu çalışmada; yaşam döngüsü değerlendirmesi, geleneksel olarak AAT'lerden doğrudan deşarjların ve enerji veya kimyasal üretimle ilgili dolaylı emisyonların etkisini değerlendirmek için kullanılmıştır. Bu çalışma Su Ayak İzi Değerlendirme metodolojisinin AAT'lerinde su kaynakları tüketimini değerlendirmek için kullanılmasıyla ortaya çıkmıştır. Önerilen metodolojinin çevresel etkiyi değerlendirme ve AAT deşarjlarının nehir üzerindeki faydalarını değerlendirme konusundaki kullanışlılığı, gerçek bir AAT ile gösterilmiştir. Bu AAT, 4.000 m³/gün debiye sahiptir ve üç senaryo kullanılarak temsil edilen birincil arıtma ve fosfor giderme olmak üzere: arıtma yapılmadan, biyolojik arıtma ve fosfor giderme olarak ele alınmıştır. Yasal gereksinimleri karşılamak için biyolojik arıtma ve kimyasal fosfor giderme kullanılarak su ayak izinde %51,5 ve %72,4'lük bir azalma elde edilmiştir. Bu sonuçlar, atık su arıtma işlemi sırasında gri su ayak izinde önemli bir azalma olduğunu, ancak küçük bir mavi su ayak izi olduğunu göstermektedir.

Türkiye’de yapılan çalışmalara bir örnek ise; Kutlu (2022)’nin yüksek lisans tezidir. Bu çalışmada, Ankara’nın kentsel gri su ayak izi 2020 yılı verileri ile hesaplanmıştır. Kutlu, yapılan araştırmaları göz önünde bulundurarak atık sularda kirlilik seviyelerini hesaplayabilmek için KOİ, toplam azot, toplam fosfor ve amonyum parametreleri üzerine yoğunlaşmıştır. Çıkan sonuçlar, arıtılmış atık suyun deşarj edildiği Ankara Çayı’nın kirlilik durumu ve bertaraf etmek için gerekli tatlı su miktarı çerçevesinde değerlendirilmiştir. Sonuçlara göre hesaplama yapılan kirleticilerin, II. Sınıf kaliteye sahip olan Ankara Çayı’nın asimilasyon kapasitesini aştığını ve kirliliğin zamanla artacak olmasından ötürü mevcut tesiste azot ve fosfor giderimi yapılmasını önermiştir.

Boyacıoğlu (2018), Ege Bölgesi’ndeki belediyelerin gri su ayak izini incelemek amacıyla ülkemizdeki 81 şehirden 8’ini seçerek “Toplam Azot (TN)” parametresini bir referans değişken olarak belirlemiştir. Hesaplamalar için arka plan azot konsantrasyonları ve su kütlesindeki maksimum izin verilen azot konsantrasyonları kullanılmıştır. Sonuçlar gri su ayak izinin, şehirden şehire değiştiğini ve bu değişikliğin atık su arıtma süreçlerinin türünden kaynaklandığı görülmüştür. Tesislerde azot giderimi yapılmasının gri su ayak izini olumlu yönde etkilediği ortaya çıkmıştır.

Kayhan (2020)’ın yaptığı bir çalışmada; Esen Çayı’nda üretim yapan alabalık çiftlikleri ele alınarak değerlendirmiştir. Değerlendirilmeye alınan işletmelerde Su Ayak İzi Ağı metodu kullanılarak mavi, yeşil ve gri su ayak izi için hesaplanan ortalama doğrudan su ayak izi toplamı 1.345 m³/ton, elektrik ve besin kaynaklı olarak hesaplanan dolaylı ortalama su ayak izi toplamı ise 1.898 ve 1.345 m³/ton olmak üzere toplamda 3.243 m³/ton olarak bulunmuştur. Çalışma sonucuna göre; Türkiye sektörlerinde su kullanımının en yoğun olduğu alanın tarım olduğu göze alındığında, sürdürülebilir bir şekilde tarımın yapılabilmesi için tarımda kullanılan suyun kirliliğinin önemini dikkate almak gerektiği ve su tasarrufu hususunda alınacak kararların uygun ve doğru bir politika ile belirlenmesi gerektiği ortaya konmuştur.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 Hesaplama için Seçilen Atık Su Arıtma Tesisleri

3.1.1 Kastamonu atık su arıtma tesisi

Kastamonu AAT (Şekil 3.1), merkeze yaklaşık 4 km mesafede bulunan Karaçomak Deresi'nin 50 metre doğusuna inşa edilmiştir (Şekil 3.2). 2022 yılından beri Kastamonu ilinin mevcut atık su toplama sistemi ile gelen evsel atık sularını arıtmaktadır. Tesis; 2047 tasarım yılı ile 31.978 m³/gün kapasiteli, özellikle biyolojik olarak azot ve fosforun bertaraf edileceği şekilde tasarlanmıştır. Tesisteki arıtma prosesi; taş kapalı, kaba ve ince ızgaralar, havalandırılmalı kum ve yağ tutucu, birincil çöktürme havuzu, bio-fosfor havuzu, denitrifikasyon ve nitrifikasyon havuzları, ikincil çöktürme havuzu, geri devir pompa istasyonu ve çamur susuzlaştırma ünitelerinden oluşmaktadır.



Şekil 3.1 Kastamonu AAT görüntüsü

Tesiste oluşan arıtma çamurları, stabilize edilmektedir. Tesiste oluşan biogazın CHP (Combined Heat and Power = kojenerasyon sistemi) ile enerji üretilerek bir kısmı tesiste kullanılmaktadır. Tesisteki Solar Kurutucular ile çamur kuruluğu %90 oranındadır. Ayrıca tesiste oluşan kötü kokular için de bir ünite tasarlanmıştır. Çıkış suyunda mikroorganizmaların giderilmesi için ultraviyole dezenfeksiyon sistemi bulunmaktadır.



Şekil 3.2 Kastamonu AAT, Karaçomak Deresi ve İnönü İstasyonunun uydu görüntüsü

3.1.2 Ankara Polatlı atık su arıtma tesisi

Tesis, ilçe merkezi ve bağlı mahallelerin evsel atıksularını arıtmak amacıyla inşa edilmiştir. Tesis, atık sudan azotun uzaklaştırılmasıyla birlikte karbonun da bertarafını sağlayacak şekilde ve “Uzun Havalandırılmalı Aktif Çamur Sistemi” olarak tasarlanan 19.872 m³/gün kapasiteli “İleri Biyolojik Arıtma Sistemi” olarak tasarlanmıştır. Üretilen çamurun %25’ten fazla kuru madde oluşacak şekilde susuzlaştırılması sağlanmaktadır.

Ayrıca atık sular dezenfeksiyon ünitesinden geçirilerek Gülveren Deresi'ne deşarj edilmektedir (Şekil 3.3 ve Şekil 3.4).

Arıtma tesisi, ön arıtma üniteleri (kaba ızgara, giriş terfi merkezi, ince ızgara, yağ ve kum tutucu), biyolojik arıtma üniteleri (uzun havalandırma tankları ve son çökeltme havuzları), çamur susuzlaştırma ve depolama üniteleri ile dezenfeksiyon ünitesinden oluşmaktadır. İleri biyolojik nütrient giderimi (BNR) ile karbon ve azot giderimi sağlanmaktadır. Tesis 2025 yılında hizmet verecek şekilde tasarlanmıştır.



Şekil 3.3 Polatlı AAT görüntüsü

2020 yılı verilerine bakıldığında tesiste $6.931.138 \text{ m}^3$ atık su arıtılmış olup, tesisin KOİ giderme verimi %95, biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOİ) giderme verimi %93 ve askıda katı madde (AKM) giderme verimi %94 olarak gerçekleşmiştir.

Tesisteki arıtma prosesi şöyledir; yer çekimi ile tesisin giriş yapısına gelen atık su önce kaba ızgaradan geçerek otomatik çalışan ince ızgaralara gelir, buradan geçen su dalgıç pompa ile havalandırılmalı kum ve yağ tankına alınır, mekanik ünitelere zarar vermemesi için elenen kum ve kötü kokulu yüzen çamura sebep olan yağ giderilerek konteynerlere alınır. Dağıtım yapısından geçen su eşit miktarda aktif çamur tanklarına alınır, burada mikroorganizmaların faaliyetleriyle nitrifikasyon/denitrifikasyon işlemleri gerçekleşir, bu tanklarda gerekli oksijen difüzörler aracılığıyla sağlanır, aktif çamur tanklarından

geçen atık su, ikincil çöktürücülere eşit bir şekilde dağılır, burada temiz su savaklanırken çöken çamur geri devir çamur pompalarıyla aktif çamur tanklarına geri döner, arıtılmış atık su UV dezenfeksiyonu ile dezenfekte edilerek alıcı ortama deşarj edilir. Aktif çamur ise aktif çamur tanklarında stabilize edilerek çamur susuzlaştırma tanklarında kek kıvamında çamur oluşturmakta ve ardından çamur keki depolama ünitelerine gönderilmektedir.

Mahmutlar İstasyonu ile Polatlı AAT arasında kuş bakışı 4208 m mesafe vardır.



Şekil 3.4 Polatlı AAT, Gülveren Deresi ve Mahmutlar İstasyonunun uydu görüntüsü

3.2 Çalışma Alanı

Gri su ayak izi hesaplanması ile ilgili yapılan çalışmalar; konu ile ilgili mevcut literatürün incelenmesi ile ortaya konması, küresel ölçekte uygulanan hesaplama yöntemleri ile

örnek olarak seçilen Kastamonu AAT atık suları ve Ankara Polatlı AAT atık suları için hesaplama yapılması ve verilerin karşılaştırılarak değerlendirilmesidir. Bu sebeple çalışma alanları Kastamonu ve Ankara'dır. Bu iki tesisin seçilmesinin sebepleri; yakın tarihte yapılmaları sebebiyle yeni tesisler olması, yüksek verimde çalışıyor olmaları, veri temini açısından daha ulaşılabilir olması, "Hassas Su Kütleleri ile Bu Kütleleri Etkileyen Alanların Belirlenmesi ve Su Kalitesinin İyileştirilmesi Hakkında Yönetmelik" in EK-2, Tablo 2 uyarınca, tesislerin alıcı ortamlarının "hassas nehir su kütleleri" listesinde yer alması ve bu sebepten dolayı iki tesisin de ileri derece azot ve fosfor arıtımı gerçekleştirebilecek şekilde tasarlanması olarak sıralanabilir. Hesaplamanın yapılabilmesi için ihtiyaç duyulan veriler DSİ Genel Müdürlüğü'nün numune aldığı istasyonlardan temin edilmiştir. Kastamonu Atık Su Arıtma Tesisi'nin deşarj edildiği Karaçomak Deresi'ne ait 2016 – 2021 yılı verileri D15A343 kodlu istasyondan temin edilmiştir. Ankara Polatlı Atık Su Arıtma Tesisi'nin deşarj edildiği Gülveren Deresi'ne ait veriler için herhangi bir ölçüm sonucu bulunmadığından bölgeye en yakın Sakarya Nehri'ne bağlanan 2015 – 2016 yılı verileri E12A062 kodlu istasyondan temin edilmiştir.

Hesaplama da kullanılan Kastamonu AAT giriş/çıkış debileri ve seçilen kirletici parametrelerin aylık ortalamaları EK 4'de verilmiştir.

Karaçomak Deresi debi değerleri, hesaplamaların yapıldığı 2022-2023 yılları için güncel olmadığından DSİ'nin 2016-2021 yılları arasında düzenli numune aldığı ortalama debiler kullanılmıştır.

Hesaplama da kullanılan Polatlı AAT giriş/çıkış debileri ve seçilen kirletici parametrelerin aylık ortalamaları EK 3'de verilmiştir.

Sakarya Nehri debi değerleri ile ilgili olarak hesaplamaların yapıldığı 2022 yılı için güncel debi değerleri olmadığından DSİ'nin 2015-2016 yılları arasında düzenli numune aldığı ortalama debiler kullanılmıştır.

Hesaplama da kullanılan ve Çizelge 3.3'te verilen C_{max} değ erleri ÇKS (Çevre Kalite Standardı) değ erleridir. ÇKS değ erleri ise bu çalış manın EK-1'inde verilen “Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliğ i” nden alınmış tır.

Çizelge 3.1 Kastamonu AAT'den deş arj yapılan Karaç omak Deresi verileri

Aylar	2016-2021 (m ³ /sn)	2016-2021 (m ³ /gün)
Ekim	0,143	12.365
Kasım	0,104	8.984
Aralık	0,077	6.626
Ocak	0,113	9.750
Ş ubat	0,302	26.066
Mart	0,302	26.098
Nisan	0,235	20.331
Mayıs	0,890	76.901
Haziran	1,535	132.602
Temmuz	1,173	101.312
Ağ ustos	1,061	91.707
Eylül	0,546	47.185

Çizelge 3.2 Polatlı AAT'den deş arj yapılan Sakarya Nehri verileri

Aylar	Nehir debisi 2015-2016 (m ³ /sn)	Nehir debisi 2015-2016 (m ³ /gün)
Ekim	33.476	2.892.309.677
Kasım	36.137	3.122.208.000
Aralık	40.040	3.459.483.871
Ocak	42.555	3.676.738.065
Ş ubat	53.528	4.624.825.263
Mart	64.287	5.554.405.161
Nisan	59.607	5.150.016.000
Mayıs	38.542	3.330.023.226
Haziran	56.413	4.874.112.000
Temmuz	37.881	3.272.887.742
Ağ ustos	32.124	2.775.530.323
Eylül	32.932	2.845.296.000

Şimşek ve Bakan (2017), Kızılırmak Havzası için yaptıkları araştırmada çevre illerden Kızılırmak Havzası'na gelen noktasal ve yayılı kaynaklardan Kızılırmak Havzası'nın ve çevre illerin kirlilik yükünü hesaplamışlardır. Bu araştırmaya dayanarak bu çalışmanın EK-2'sinde verildiği üzere Kastamonu ilinin su kaynaklarında kirleticiler toplam azot için Sınıf II-III ve toplam fosfor için Sınıf IV'dir. Bu sebeple Kastamonu AAT çıkış atık suyu için yapılan hesaplamalarda ÇKS değeri hem Sınıf I için hem de Sınıf II için değerlendirilmiştir.

Çizelge 3.3 Hesaplamalarda kullanılan kirletici parametreler için ÇKS (C_{max}) değerleri

Parametre	ÇKS Değerleri (C_{max})	
	Sınıf I	Sınıf II
KOİ (mg/L)	< 25	50
Toplam N (mg/L)	< 3,5	11,5
Toplam P (mg/L)	< 0,08	0,2
NH_4^+ -N (mg/L)	< 0,2	1

(Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği Ek-5 Tablo:2 Kıta içi Yerüstü Su Kaynaklarının Genel Kimyasal ve Fizikokimyasal Parametreler Açısından Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri)

3.3 Gri Su Ayak İzi Hesaplama Yöntemi

Kentsel atık suların deşarj edildikleri ortamlardaki kirlilik miktarları için ileri arıtma yapan iki atık su arıtma tesisinin performanslarının ve gri su ayak izlerinin karşılaştırılabilmesi için Prof. Arjen Hoekstra tarafından geliştirilen hesaplama yöntemi kullanılmıştır (Hoekstra ve ark., 2011). Hesaplama;

$$WF_{grey} = \frac{L}{C_{max} - C_{nat}}$$

formülü ile yapılmıştır.

Burada;

WF_{grey} : Deşarj edilen atık suyun gri su ayak izi ($m^3/gün$)

L : Tesisten çıkan atık suyun debisi ve seçilen parametrelerin konsantrasyonlarının çarpımı sonucu elde edilen kirletici yük ($Q_{eff} \times C_{eff}$) ($kg/gün$)

C_{max} : Kirletici için alıcı ortamda izin verilen maksimum konsantrasyon (mg/L)

C_{nat} : Kirleticinin alıcı ortamda doğal olarak bulunan arka plan konsantrasyonu (mg/L)

Q_{eff} : Atık su debisi ($m^3/gün$)

C_{eff} : Kirleticinin tesisten deşarj edildiği noktadaki konsantrasyonu (mg/L)

Hesaplamanın ilk adımı olarak formülde L ile ifade edilen “kirletici yük” değerini bulmak için; seçilen tesisin çıkış debisi, seçilen kirletici parametrenin çıkış konsantrasyon değeri ile çarpılarak bulunmuştur. Hesaplamalar yapılırken seçilen tesise giren ve çıkan atık suyun debilerinin eşit olduğu varsayılmıştır. Ayrıca hesaplama yapılırken verilerin ortalama aylık değerleri kullanılmıştır.

C_{nat} değeri alıcı su ortamındaki insan aktivesi olmadığı durumda bulunan konsantrasyonu ifade etmektedir. Formüldeki C_{nat} değeri sıfır kabul edilmiştir.

Örnek olması açısından Kastamonu AAT çıkışında KOİ parametresi için Ekim ayı verileri baz alınarak hesaplama yapılmıştır. Tüm aylar için bu şekilde hesaplama yapılarak yıllık ortalama değer elde edilmiştir.

$$L = Q_{eff} \times C_{eff} = 26.425 \times 23 = 607.775 \text{ kg/gün}$$

$$\text{Ortalama } L \text{ değeri} = 767.578 \text{ kg/gün}$$

$$WF_{grey} = \frac{L}{C_{max} - C_{nat}} = \frac{767578}{25} = 30.703,1 \text{ m}^3/\text{gün}$$

Kastamonu AAT için seçilen kirleticilere bağlı hesaplanan kirlilik yükü Çizelge 3.4’de verilmiştir.

Çizelge 3.4 Kastamonu AAT çıkış verilerine göre kirletici yük (L) değerleri

Aylar	L ($Q_{eff} \cdot C_{eff}$)			
	KOİ (kg/gün)	Toplam N (kg/gün)	Toplam P (kg/gün)	NH ₄ ⁺ -N (kg/gün)
Ekim	607.775	3.408.823	58.135	-
Kasım	650.952	425.831	37.972	-
Aralık	764.382	355.833	39.537	-
Ocak	1.318.068	499.183	28.044	28.044
Şubat	789.701	2.234.278	9.823	65.487
Mart	719.124	241.420	10.530	33.388
Nisan	-	-	-	-
Mayıs	-	-	-	-
Haziran	775.096	285.125	65.053	-
Temmuz	637.951	454.887	77.664	-
Ağustos	774.252	550.579	63.087	-
Eylül	638.480	369.208	55.520	-
Ortalama	767.578	374.638	44.536	42.306

Kastamonu AAT için seçilen parametrelerin tesise giriş verileri kullanılarak kirletici yük hesaplanmıştır. Kastamonu AAT’nin giriş ve çıkış değerleriyle hesaplanan gri su ayak izi değerleri karşılaştırılarak tesisin gri su ayak izini azaltma verimini değerlendirebilmek için hesaplama yapılmıştır. Bu hesaplamalar Bölüm 4’te verilmiştir.

Çizelge 3.5 Kastamonu AAT giriş verilerine göre kirletici yük (L) değerleri

Aylar	L (Q _{eff} *C _{eff})		
	KOİ (kg/gün)	Toplam N (kg/gün)	Toplam P (kg/gün)
Ekim	13.476.750	1.049.073	103.058
Kasım	16.843.383	1.456.505	130.190
Aralık	16.131.096	1.170.295	123.883
Ocak	19.350.360	1.615.334	168.264
Şubat	12.269.257	1.132.547	111.714
Mart	15.538.215	1.284.150	138.688
Nisan		-	-
Mayıs		-	-
Haziran	13.231.996	1.190.326	110.728
Temmuz	15.116.665	4.576.605	155.327
Ağustos	13.965.212	1.537.034	149.115
Eylül	13.158.240	943.840	99.936
Ortalama	14.908.117	15.955.701	129.090

Not: Tesis girişinde amonyum (NH₄⁺-N) ölçülmediği için çizelge 3.5'e dahil edilmemiştir.

Çizelge 3.6 Polatlı AAT çıkış verilerine göre kirletici yük (L) değerleri

Aylar	L(Q _{eff} *C _{eff})		
	KOİ (kg/gün)	Toplam N (kg/gün)	Toplam P (kg/gün)
Ocak	541.680	-	-
Şubat	772.932	194.176	-
Mart	504.168	234.078	55.639
Nisan	439.750	401.052	42.392
Mayıs	575.372	126.136	41.034
Haziran	515.515	226.827	-
Temmuz	630.836	237.491	64.939
Ağustos	488.943	362.180	59.760
Eylül	428.552	270.388	23.607
Ekim	585.438	253.750	41.688
Kasım	494.333	45.791	64.177
Aralık	423.168	107.555	15.869
Ortalama	533.391	223.584	45.456

Not: Tesis çıkışında amonyum ölçülmediği için çizelge 3.6'ya dahil edilmemiştir.

Çizelge 3.7 Polatlı AAT giriş verilerine göre kirletici yük (L) değerleri

L(Qeff*Ceff)			
Aylar	KOİ (kg/gün)	Toplam N (kg/gün)	Toplam P (kg/gün)
Ocak	12.307.680	-	-
Şubat	18.493.812	1.418.613	114.997
Mart	19.104.366	815.672	88.590
Nisan	14.177.540	950.212	98.328
Mayıs	14.219.277	472.608	57.626
Haziran	11.547.536	647.299	-
Temmuz	21.986.490	808.212	116.890
Ağustos	14.487.200	597.597	97.789
Eylül	11.718.003	381.339	107.138
Ekim	11.835.625	580.000	41.688
Kasım	15.567.138	387.314	67.646
Aralık	10.438.144	282.112	38.790
Ortalama	14.656.901	667.362	82.948

Not: Tesis girişinde amonyum ölçülmediği için Çizelge 3.7'ye dahil edilmemiştir.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1 Kastamonu Atık Su Arıtma Tesisi'nden Deşarj Edilen Kirleticilerin Gri Su Ayak İzleri

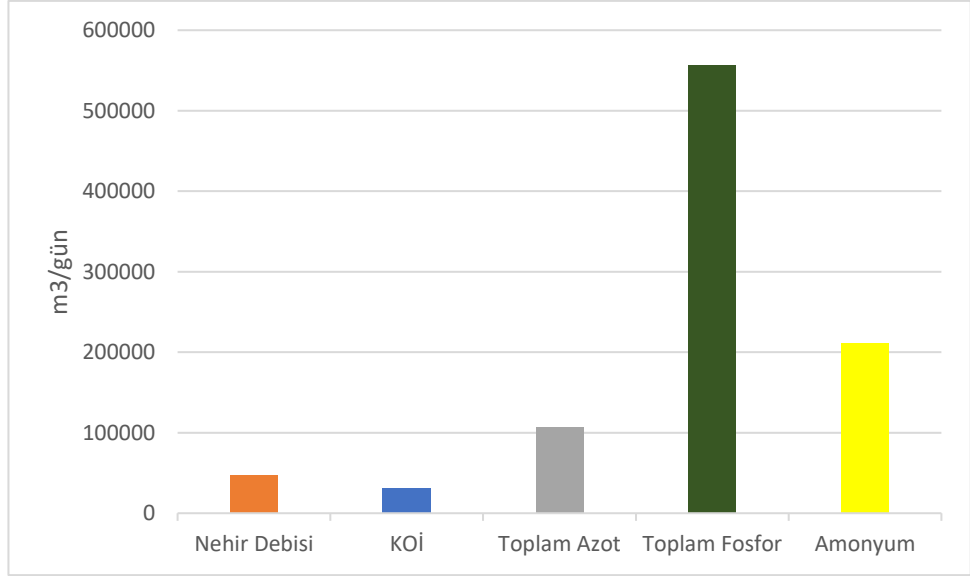
Gri su ayak izi hesaplamasında atık sulardaki kirlilik göstergesi olan KOİ, toplam azot, toplam fosfor ve amonyum değerleri önemlidir. Bu sebeple bu çalışmada da bu parametreler kullanılmıştır.

Kastamonu AAT'de seçilen kirleticiler için hesaplanan gri su ayak izi, verilen değerler formülde yerine konularak bulunmuş olup sonuçlar Çizelge 4.1'de verilmiştir. Formüldeki C_{max} değeri Sınıf I su kalitesi verileri ile hesaplanmıştır. Daha sonra ayrıca Sınıf II su kalitesine ait ÇKS değerleri ile de hesaplama yapılmıştır.

Çizelge 4.1 Kirleticilerin Kastamonu AAT çıkışındaki gri su ayak izleri (Sınıf I)

Kirletici	Gri Su Ayak İzi (m ³ /gün)	Gri Su Ayak İzi (Mm ³ /gün)
KOİ	30.703	0,03
Toplam N	107.039	0,11
Toplam P	556.706	0,56
NH4+-N	211.532	0,21

Kastamonu AAT için Sınıf I su kalitesine göre kirleticilerin gri su ayak izlerinin alıcı nehrin debisi ile karşılaştırılması Şekil 4.1'te verilmiştir. Buna göre; en büyük değer toplam fosfor parametresine ait olup 0,56 Mm³/gün olduğu görülmüştür. Ene ve Teodosiu (2011), 2006-2007 yılları için yaptıkları çalışmada 22 adet atık su arıtma tesisi için amonyak ve KOİ parametrelerinin gri su ayak izini hesaplamışlardır. Amonyak için 2006 yılı için 0,46 Mm³/gün ve 2007 için 0,50 Mm³/gün, KOİ için ise 0,05 Mm³/gün olarak elde etmişlerdir. Bu verilere dayanarak; çalışma yaptıkları havzanın asimilasyon kapasitesinin aşıldığı ve gerçekleştirilen arıtmanın yeterli olmayarak ileri arıtmanın gerekliliği vurgulanmıştır.



Şekil 4.1 Kastamonu AAT çıkış gri su ayak izlerinin Karaçomak Deresi debisi ile karşılaştırılması (Sınıf I)

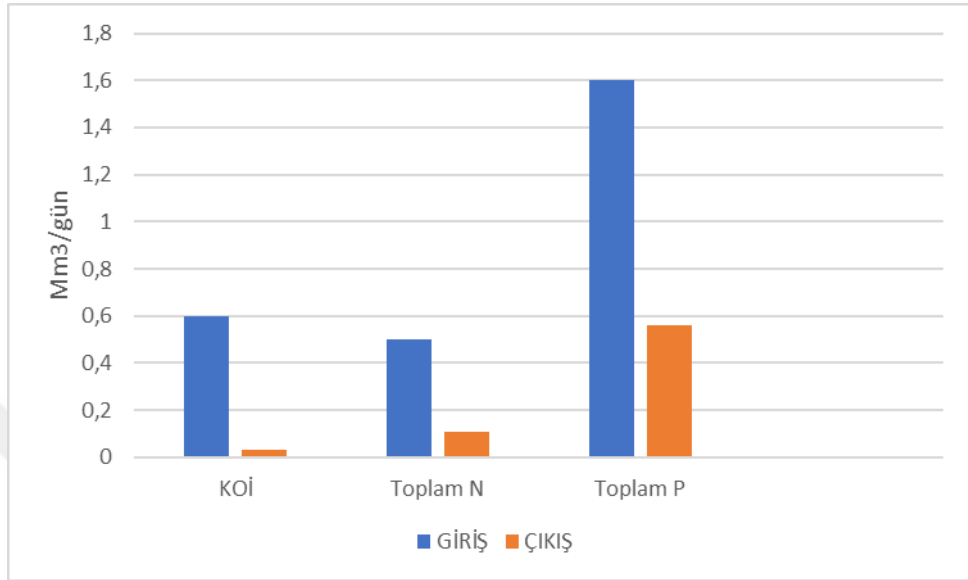
Kastamonu AAT'nin, tesise gelen kirleticilerin giderilmesi ve gri su ayak izlerini azaltmadaki katkısını görebilmek amacıyla, Çizelge 4.2'de Kastamonu AAT'ye gelen kirleticilerin giriş konsantrasyonları kullanılarak hesaplanmış gri su ayak izi değerleri verilmiştir.

Çizelge 4.2 Kirleticilerin Kastamonu AAT girişindeki gri su ayak izleri (Sınıf I)

Kirletici	Gri Su Ayak İzi (m³/gün)	Gri Su Ayak İzi (Mm³/gün)
KOİ	596.325	0,60
Toplam N	455.877	0,50
Toplam P	1.613.629	1,60

Kastamonu AAT'nin giriş ve çıkış kirletici konsantrasyonları ile alıcı ortamda Sınıf I su kalitesine göre hesaplanan gri su ayak izi değerleri Şekil 4.2'da karşılaştırılmıştır. Seçilen KOİ, toplam azot, toplam fosfor ve amonyum parametrelerinin tesis giriş ve çıkış değerlerine göre hesaplanan gri su ayak izleri karşılaştırıldığında en fazla gri su ayak izi azaltımının ve dolayısıyla en büyük arıtma veriminin organik kirlilik (KOİ) için olduğu görülmektedir. Diğer parametrelerin de prosesten kaynaklı olarak azaldığı görülmektedir.

Amonyum parametresi için tesis girişinde analiz yapılmamış olması sebebiyle hesaplama ve karşılaştırma yapılamamıştır. Kastamonu AAT'de gri su ayak izi azaltım oranı KOİ için %95, toplam azot için %75 ve toplam fosfor için %70 olmuştur.

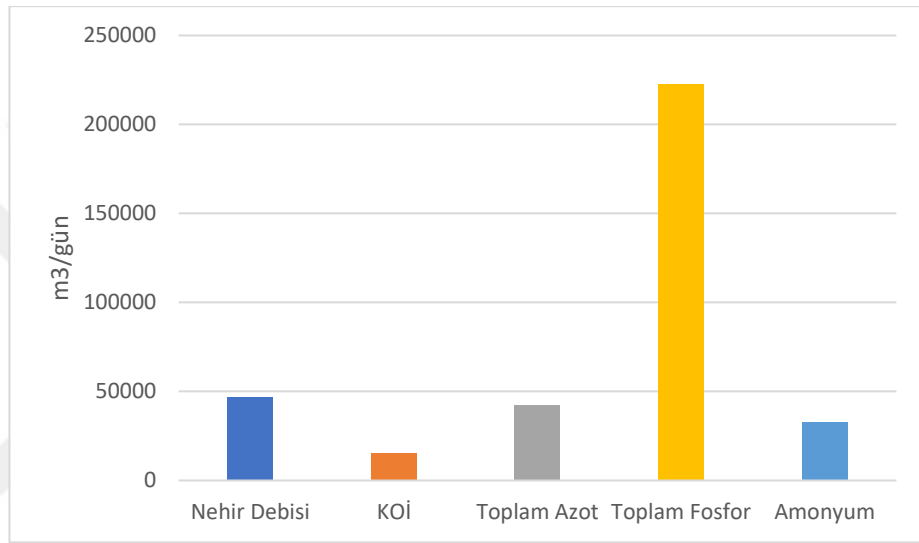


Şekil 4.2 Kastamonu AAT giriş ve çıkış gri su ayak izleri (Sınıf I)

Çizelge 4.3'de ise Kastamonu AAT için seçilen kirletici konsantrasyonların ÇKS (C_{max}) değeri Sınıf II su kalitesine göre hesaplanmıştır. Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği Ek-5 Tablo 2 Sınıf II su kalite değerleri ile yapılan hesaplama sonucuna göre toplam fosforun nehrin asimilasyon kapasitesini aştığı görülmektedir (Şekil 4.3). Ülkemizdeki su kaynaklarının hızlı bir şekilde kirlendiği dikkate alınacak olursa Sınıf II su kalite değerleriyle yapılan hesaplamaların daha gerçekçi bir yaklaşım olduğu söylenebilir. Benzer bir çalışmada, Li ve arkadaşlarının 2016 senesinde Çin'in Beijing şehrinde yaptıkları bir çalışmada gri su ayak izi ve mavi su ayak izi karşılaştırmasında gri su ayak izinin fazla olduğu ortaya çıkmış ve bu değer nehir asimilasyon kapasitesini aştığı görülmüştür. Bu durumda nehrin deşarj kapasitesini aştığı ve su kalitesinin giderek bozulacağını göstermektedir.

Çizelge 4.3 Kirleticilerin Kastamonu AAT çıkışındaki gri su ayak izleri (Sınıf II)

Kirletici	Gri Su Ayak İzi (m ³ /gün)	Gri Su Ayak İzi (Mm ³ /gün)
KOİ	15.352	0,015
Toplam N	42.306	0,042
Toplam P	222.682	0,223
NH4+-N	32.577	0,033



Şekil 4.3 Kastamonu AAT çıkış gri su ayak izlerinin Karaçomak Deresi debisi ile karşılaştırılması (Sınıf II)

4.2 Polatlı Atık Su Arıtma Tesisi'nden Deşarj Edilen Kirleticilerin Gri Su Ayak İzleri

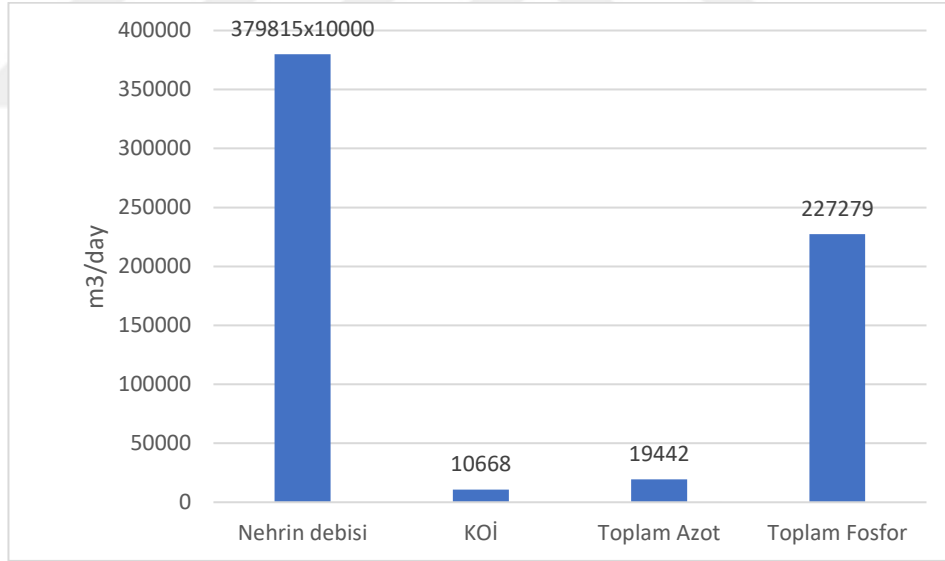
Polatlı AAT için yapılan hesaplamalarda da aynı yöntem izlenmiştir. Bu sebeple sadece sonuç değerleri tablolar ile verilmiştir.

Polatlı AAT için; atık su arıtma tesisinden deşarj edilen Gülveren Deresi'nin ölçülen bir akım değeri olmaması sebebiyle bu bölgeye en yakın Polatlı-Ayaş karayolu üzerinde Sakarya Nehri'ne bağlanan Mahmutlar istasyonundan alınan verilerin, 2015-2016 yıllarının ortalaması kullanılmıştır. Polatlı AAT kirletici değerleri için ise 2022 yılı verileri kullanılmıştır.

Polatlı AAT'nin deşarj edildiği Gülveren deresi hakkında belirli bir çalışma olmamasıyla birlikte yaydığı koku ve sivrisinek sorunu sebebiyle yerinde yapılan incelemelerle halk sağlığını ve çevreyi olumsuz etkilediğinden ötürü ıslah çalışmaları başladığı belirtilmiştir. Bu sebeple ÇKS değerleri olarak orta kalite (Sınıf II) sınıfı kabul edilmiştir. Sonuçlar Çizelge 4.4 'de ve Şekil 4.4 'de verilmiştir. Yapılan hesaplamalara göre kirleticilerin hiçbirisi asimilasyon kapasitesini aşmamaktadır. Amonyum için veri bulunmadığından hesaplama yapılamamıştır.

Çizelge 4.4 Kirleticilerin Polatlı AAT çıkışındaki gri su ayak izleri (Sınıf II)

Kirletici	Gri Su Ayak İzi (m ³ /gün)	Gri Su Ayak İzi (Mm ³ /gün)
KOİ	10.668	0,011
Toplam N	19.442	0,019
Toplam P	227.279	0,227



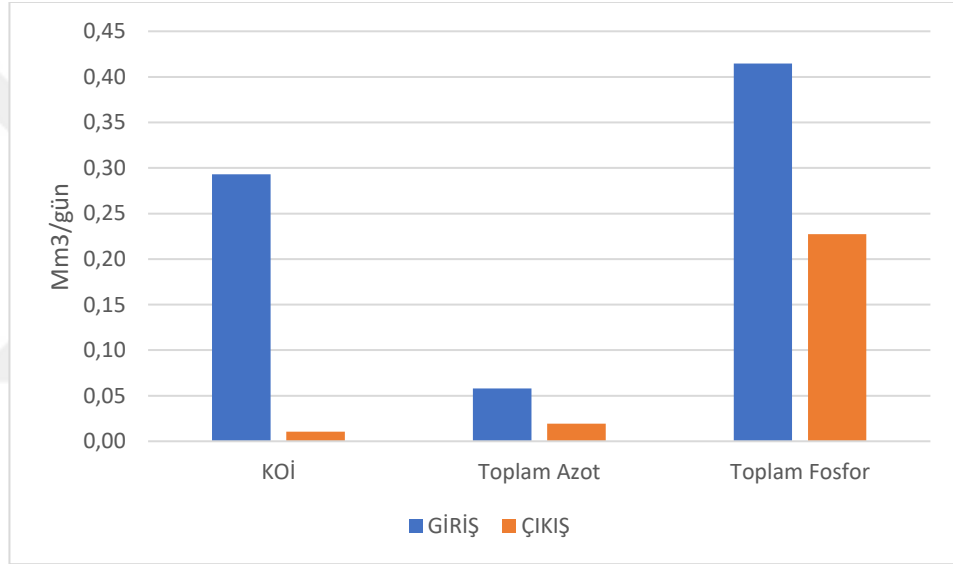
Şekil 4.4 Polatlı AAT çıkış gri su ayak izlerinin Sakarya Nehri debisi ile karşılaştırılması (Sınıf II)

Polatlı AAT için seçilmiş kirleticilerin giriş verileri ile hesaplanan gri su ayak izi değerleri Çizelge 4.5'de verilmiştir. Seçilen KOİ, toplam azot ve toplam fosfor parametrelerinin tesis giriş ve çıkış değerlerine göre hesaplanan gri su ayak izleri karşılaştırıldığında en

büyük gri su ayak izi azaltım veriminin KOİ parametresinde olduğu görülmektedir. Diğer kirleticilerin de prodesten kaynaklı olarak azaldığı görülmektedir (Şekil 4.5).

Çizelge 4.5 Kirleticilerin Polatlı AAT girişindeki gri su ayak izleri (Sınıf II)

Kirletici	Gri Su Ayak İzi (m ³ /gün)	Gri Su Ayak İzi (Mm ³ /gün)
KOİ	293.138	0,293
Toplam N	58.031	0,058
Toplam P	414.741	0,415



Şekil 4.5 Polatlı AAT giriş ve çıkış gri su ayak izlerinin karşılaştırılması (Sınıf II)

Çizelge 4.6’da görüldüğü üzere, Kastamonu AAT’de gerçekleşen arıtma süreci ile alıcı ortam su kalitesi Sınıf I kabul edildiğinde; KOİ için gri su ayak izinde %95 azalma, toplam azot ve toplam fosfor için ise gri su ayak izinde sırasıyla %78 ve %65 azalma sağlanmıştır. Kastamonu AAT’de gerçekleşen arıtma süreci ile alıcı ortam su kalitesi Sınıf II kabul edildiğinde; KOİ için gri su ayak izinde %95 azalma, toplam azot ve toplam fosfor için ise gri su ayak izinde sırasıyla %70 ve %66 azalma sağlanmıştır. Diğer yandan, Polatlı AAT’de gerçekleşen arıtma süreci ile alıcı ortam kalitesi Sınıf II kabul edildiğinde; KOİ için gri su ayak izinde %96 oranında azalma sağlanmıştır. Buna ek olarak, toplam

azot ve toplam fosfor için gri su ayak izinde elde edilen azalma sırasıyla %67 ve %45 olmuştur.

Çizelge 4.6 Gri su ayak izi için literatür ile karşılaştırma

Kirlletici	Gri Su Ayak İzi (Mm ³ /gün)						
	Kastamonu AAT Giriş		Kastamonu AAT Çıkış		Polatlı AAT Giriş	Polatlı AAT Çıkış	Ankara Tatlar* AAT Çıkış
	Sınıf I	Sınıf II	Sınıf I	Sınıf II	Sınıf II	Sınıf II	Sınıf II
KOİ	0,60	0,30	0,03	0,015	0,293	0,011	0,90
Toplam N	0,50	0,14	0,11	0,042	0,058	0,019	10,7
Toplam NP	1,60	0,65	0,56	0,223	0,415	0,227	2,5
NH4+-N			0,21	0,033			3,1

*Kutlu (2022)

Ankara için yapılan benzer bir çalışmada, Kutlu (2022), 2020 yılı verileri ile KOİ, toplam N, toplam P ve amonyum için gri su ayak izi değerini sırasıyla 0,9 Mm³/gün, 10,7 Mm³/gün 2,5 Mm³/gün ve 3,1 Mm³/gün bulmuştur. Görüldüğü üzere, Ankara Tatlar AAT çıkışında hesaplanan gri su ayak izi değerleri, hizmet verilen nüfus ve tesisin arıtma kapasitesinin büyüklüğü bakımından bu tezde ele alınan Kastamonu ve Polatlı AAT'den oldukça farklıdır. Örneğin, Ankara Tatlar AAT'nin KOİ için gri su ayak izi değeri, Kastamonu AAT'ye göre 60 kat, Polatlı AAT'ye göre ise 80 kat daha fazladır. Geleneksel aktif çamur prosesinin uygulandığı tesiste, toplam azot, toplam fosfor ve amonyum parametrelerinin arıtımının yeterli olmadığı için deşarj edildikleri Ankara Çayı'nı kirllettiği ve bu sebeple asimilasyon kapasitesini aştığı ortaya konmuştur. Ayrıca tesisten deşarj edilen arıtılmış atık suyun gri su ayak izini düşürmek için tesisin azot ve fosfor giderimi sağlayarak nehir üzerindeki azaltması baskıyı gerektiğini vurgulamıştır.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Kastamonu AAT için KOİ, toplam azot, toplam fosfor ve amonyumun gri su ayak izleri sırasıyla; 0,02 Mm³/gün, 0,03 Mm³/gün, 0,22 Mm³/gün ve 0,04 Mm³/gün olarak hesaplanmıştır. Gri su ayak izleri ve Karaçomak deresinin debisi kıyaslandığında, Kastamonu AAT'den deşarj edilen toplam fosfor için derenin asimilasyon kapasitesinin aşıldığı bulunmuştur.

Kastamonu AAT için yapılan hesaplamada Karaçomak deresinin debisi, Polatlı AAT'den deşarj yapılan Sakarya Nehri'ne kıyasla çok daha düşüktür. Kastamonu AAT çıkış değerleri deşarj standartlarını genel olarak sağlasa da bazı dönemlerde limit değerlerinin aşıldığı görülmüştür. Alıcı ortam debisinin düşük olması ve bazı durumlarda standardın üzerinde deşarj yapılması nehrin asimilasyon kapasitesinin aşılmasına yol açabilmektedir.

Polatlı AAT için ise KOİ, toplam azot ve toplam fosforun gri su ayak izi sırasıyla; 0,01 Mm³/gün, 0,02 Mm³/gün ve 0,23 Mm³/gün olarak hesaplanmıştır. Polatlı AAT'den Sakarya Nehrine deşarj edilen kirleticiler için nehrin asimilasyon kapasitesinin aşılmadığı ortaya çıkmıştır. Ancak, Polatlı AAT için yapılan hesaplamada Gülveren deresinin debisinin ölçülmemiş olması sebebiyle, çok daha yüksek debiye sahip olan Sakarya Nehri dikkate alınmıştır. Bu nedenle, Gülveren Deresi'nin asimilasyon kapasitesinin aşılmış olması beklenen bir sonuç olmakla birlikte, değerlendirme yapılamamıştır. Sakarya nehri için sonuçlar olumlu çıkmıştır.

Kastamonu ve Polatlı atık su arıtma tesislerinin çıkış değerleri, Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmeliği Tablo 1 ve 2'yi genel olarak sağlamaktadır. Tesislerin verimli çalışması ve kirleticilerin maksimum düzeyde arıtılması, alıcı ortama giren kirletici yükünü azaltacağı için gri su ayak izini de düşürecektir. Ancak, bazı kirleticiler için alıcı ortamın asimilasyon kapasitesinin aşılması, nehrin debisinin düşük olmasına ve su kalitesi sınıfına bağlı olarak değişmektedir.

Yapılan bu çalışma ve literatür bilgileri sonucunda, tesislerin arıtma proseslerinin ileri düzeyde olması ve verimli çalışmasının önemi ortaya çıkmaktadır. Keza sonuçlara göre proseslerin ileri düzeyde olması bile yetmemekle birlikte maksimum verimde çalışabilmesi için sürekli iyileştirme yapılmalıdır. Su kaynaklarının ancak bu şekilde kalitesi korunabilir, gelecek nesillere temiz kaynak bırakılacak şekilde sürdürülebilirliği sağlanabilir. Arıtma tesislerinin projelendirme aşamasında doğru tasarlanması, arıtma veriminin yeterli olmadığı tesislerde kapasite geliştirme ve ilgili kurumlar tarafından ileri arıtma tesislerinin yatırım tesvikinin sağlanması, kentsel atık suların doğru şekilde yönetilmesi, halk sağlığının ve çevrenin korunmasını ve su kaynaklarının sürdürülebilirliğini mümkün kılacaktır. Ayrıca, arıtma tesisleri teknik bilgi ve yeterliliğe sahip kişiler tarafından işletilmelidir. Tesisin yalnızca doğru işletilmesi değil aksi durumda hatayı engelleyecek cezai yaptırımların uygulanması ve düzenli denetlenmesi gerekmektedir.

Aynı zamanda, kentsel atık su yönetiminde, etkili politikalar, altyapı yatırımları ve toplum bilincinin artırılması gerekmektedir. Gri su ayak izi hesaplamasının, tesislerin çevresel etkilerinin anlaşılması ve iyileştirme stratejileri geliştirme hususunda önemli bir araç olması nedeniyle, su kirliliği kontrolü için kullanılabilir hale gelmesi faydalı olacaktır.

KAYNAKLAR

- Alper, F. (2015), Sürdürülebilirlik Kavramı İçerisinde Su Ayak İzi: Tekstil Sektörü Örneği, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Ankara Büyükşehir Belediyesi, Haberler, 2018. Web Sitesi: <https://www.ankara.bel.tr/tr/haberler/gulveren-deresi-icin-dugmeye-basildi-11785> (Erişim Tarihi: 02.01.2024)
- Artar, M. Öztaş Karlı, R.G. (2021). Kentsel Su Yönetiminde Araç Olarak Su Ayak İzi ve Mavi-Yeşil Altyapı. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 58 (1):145-162 <https://doi.org/10.20289/zfdergi.851375>.
- Boyacıoğlu, H. (2018). New Approach to Municipal Grey Water Footprint Estimation: A Case Study for Aegean Region Cities in Turkey. Environment And Ecology Research, 6(2), 125-129. doi: 10.13189/eer.2018.060205
- Bulut, S. Şahin, G. 2020. Pedagojik Formasyon Öğrencilerinin Su Tüketim Davranışları ile Su Ayak İzlerinin İncelenmesi. Akdeniz Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, 3(2), 53 – 70.
- Çapar G. (2021). Eğitim ve Ders Notları, Su Yönetimi Enstitüsü, Ankara Üniversitesi.
- Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı. (2020). Türkiye Çevre Sorunları ve Öncelikleri Değerlendirme Raporu. Erişim adresi: https://webdosya.csb.gov.tr/db/ced/icerikler/tu-rk-yecevvresorunlariveoncel-kler-_2020-20210401124420.pdf.
- Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı. (2020). Ankara İli 2019 Yılı Çevre Durum Raporu. Erişim adresi: https://webdosya.csb.gov.tr/db/ced/icerikler/ankara_2019_cevre_durum_raporu-20200814085714.pdf.
- Dursun, N. 2019. Ardahan Üniversitesi Yenisey Kampüsü'nde Görev Yapan Personel ve Öğrenim Gören Öğrencilerin Su Ayak İzinin Belirlenmesi. Erzincan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 12(3), 1526-1536.
- Hoekstra, A. Y., Chapagain, A. K., Mekonnen, M. M., & Aldaya, M. M. (2011). The water footprint assessment manual: Setting the global standard.
- Hoekstra, A. Y., & Mekonnen, M. M. (2012). The water footprint of humanity. Proceedings of the National Academy of Sciences, 109 (9), 3232-3237.
- Hoekstra, A.Y., Mekonnen, M.M., (2010), The green, blue and grey water footprint of animals and animal products, Water Management, Faculty of Engineering Technology, Book/Report, sa.50.

- Kayhan, Y. (2020), Esen Çayı'nda Bulunan Alabalık Çiftliklerinde Su Ayak İzi ve Su Muhasebesi, Yüksek Lisans Tezi, Mersin Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mersin.
- Kutlu, T.(2022),Ankara'nın Kentsel Atık Sularının Gri Su Ayak İzi, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.
- Mesfin M. Mekonnen & Winnie Gerbens-Leenes,The Water Footprint of Global Food Production, Water 2020, 12 (10), 2696.
- Özerdinç, F., Hamalosmanoğlu, M. (2021). Ortaokul Öğrencilerinin Su Ayak İzi, Su Farkındalığı Ve Su Okuryazarlığı Hakkındaki Görüşleri. Anadolu Öğretmenleri Dergisi, 5(2), 296-315, DOI: 10.35346/aod.977636.
- Ray K.D., Mueller N.D., West,P.C.,Folay, J.A.(2013), Yield Trends Are Insufficient to Double Global Crop Production by 2050.
- S. Morera a, Ll. Corominas b, M. Poch a, M.M. Aldaya c, J. Comas(2016), Water footprint assessment in wastewater treatment plants, Journal of Cleaner Production(2016), 4741-4748.
- Soysal, H., Ercan, M., Aladağ, A., Samur, Ç., Kızılkaya, M., Yavuz, V., Görgün, E., Anlıtan, H., Kiraz, O. ve Aracı, B.A.(2023), Ankara İli Atıksu Arıtma Tesisleri İşletme Problemleri ve İyileştirme Önerileri, Çevre, İklim ve Sürdürülebilirlik, 24(2), 75-86.
- Şimşek,A., Bakan, G., 2-4 November 2017, 4th International Water Congress, İzmir.
- Water Footprint Network (WFN). <https://waterfootprint.org/en/> (son erişim tarihi 08.11.2023).
- WWF Türkiye, (2014), Türkiye'nin Su Ayak İzi Raporu, www.wwf.org.tr.

EKLER

**EK 1 YERÜSTÜ SU KALİTESİ YÖNETMELİĞİ EK-5 TABLO:2 KİTAİÇİ
YERÜSTÜ SU KAYNAKLARININ GENEL KİMYASAL VE
FİZİKOKİMYASAL PARAMETRELER AÇISINDAN SINIFLARINA
GÖRE KALİTE KRİTERLERİ**

**EK 2 İLLERE GÖRE TOPLAM MAKSİMUM GÜNLÜK YÜK SONUÇLARININ
SU KALİTE SINIFLARI**

**EK 3 2022 YILI POLATLI ATIK SU ARITMA TESİSİ GİRİŞ VE ÇIKIŞ
DEĞERLERİ**

**EK 4 2022 - 2023 YILI KASTAMONU ATIK SU ARITMA TESİSİ GİRİŞ VE
ÇIKIŞ DEĞERLERİ**

EK 5 MAHMUTLAR İSTASYONU 2015 – 2016 YILLARI DEBİ DEĞERLERİ

**EK 6 KARAÇOMAK D.İMÖNÜ İSTASYONU 2016 – 2021 YILLARI DEBİ
DEĞERLERİ**

EK 1 Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği Ek-5 Tablo:2 Kıta içi Yerüstü Su Kaynaklarının Genel Kimyasal ve Fizikokimyasal Parametreler Açısından Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri

Su Kalite Parametreleri	Su Kalite Sınıfları ^(a)		
	I (çok iyi)	II (iyi)	III (orta)
Renk (m ⁻¹)	RES 436 nm: ≤ 1,5 RES 525 nm: ≤ 1,2 RES 620 nm: ≤ 0,8	RES 436 nm: 3 RES 525 nm: 2,4 RES 620 nm: 1,7	RES 436 nm: > 4,3 RES 525 nm: > 3,7 RES 620 nm: 2,5
pH	6-9	6-9	6-9
İletkenlik (µS/cm)	< 400	1000	> 1000
Yağ ve Gres (mg/L)	< 0,2	0,3	> 0,3
Çözünmüş oksijen (mg/L)	> 8	6	< 6
Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) (mg/L)	< 25	50	> 50
Biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOİ ₅) (mg/L)	< 4	8	> 8
Amonyum azotu (mg NH ₄ ⁺ -N/L)	< 0,2	1	> 1
Nitrat azotu (mg NO ₃ ⁻ -N/L)	< 3	10	> 10
Toplam kjeldahl-azotu (mg N/L) ^(b)	< 0,5	1,5	> 1,5
Toplam azot (mg N/L) ^(c)	< 3,5	11,5	> 11,5
Orto fosfat fosforu (mg o-PO ₄ -P/L)	< 0,05	0,16	> 0,16
Toplam fosfor (mg P/L)	< 0,08	0,2	> 0,2
Florür (µg/L)	≤ 1000	1500	> 1500
Mangan (µg/L)	≤ 100	500	> 500
Selenyum (µg/L)	≤ 10	15	> 15
Sülfür (µg/L)	≤ 2	5	> 5

(a) Kalite sınıflarına göre suların kullanım maksatları:

I. Sınıf - Yüksek kaliteli su (I. sınıf su kalitesinde olması “Çok İyi” su durumunu ifade etmektedir.);

1) İçme suyu olma potansiyeli yüksek olan yerüstü suları,

2) Yüzme gibi vücut teması gerektirenler dâhil rekreasyonel maksatlar için kullanılabilir su,

3) Alabalık üretimi için kullanılabilir nitelikte su,

4) Hayvan üretimi ve çiftlik ihtiyacı için kullanılabilir nitelikte su,

II. Sınıf - Az kirlenmiş su (II. sınıf su kalitesinde olması “İyi” su durumunu ifade etmektedir.);

1) İçme suyu olma potansiyeli olan yerüstü suları,

2) Rekreasyonel maksatlar için kullanılabilir nitelikte su,

3) Alabalık dışında balık üretimi için kullanılabilir nitelikte su,

4) Mer’i mevzuat ile tespit edilmiş olan sulama suyu kalite kriterlerini sağlamak şartıyla sulama suyu,

III. Sınıf - Kirlenmiş su (III. sınıf su kalitesinde olması “Orta” su durumunu ifade etmektedir.);

Gıda, tekstil gibi nitelikli su gerektiren tesisler hariç olmak üzere, uygun bir arıtmadan sonra su ürünleri yetiştiriciliği için kullanılabilir nitelikte su ve sanayi suyu, ifade etmektedir.

(b) TKN: NH₃-N + Organik Azot

(c) TN: TKN + NO₃-N + NO₂-N

EK 2 İllere Göre Toplam Maksimum Günlük Yük Sonuçlarının Su Kalite Sınıfları

İller	Su kalite sınıfları	
	TMDL (TN)	TMDL (TP)
Aksaray	II-III	IV
Amasya	II-III	IV
Ankara	II-III	IV
Çankırı	II-III	IV
Çorum	II-III	IV
Kastamonu	II-III	IV
Kayseri	II-III	IV
Kırıkkale	II-III	IV
Kırşehir	II-III	IV
Nevşehir	II-III	IV
Niğde	II-III	IV
Samsun	II-III	IV
Sinop	II-III	IV
Sivas	II-III	IV
Yozgat	II-III	IV

EK 3 2022 Yılı Polatlı Atık Su Arıtma Tesisi Giriş ve Çıkış Değerleri

POLATLI ATIKSU ARITMA TESİSİ										
TARİH	GİRİŞ SAHA DEĞERLERİ					ÇIKIŞ SAHA DEĞERLERİ				
	TESİSE GİREN ORTALAMA ATIKSU (m³/gün)	KOİ (mg/L)	Amonyum (mg/L)	Toplam azot (mg/L)	Toplam fosfat (mg/L)	ARITILAN ORTALAMA SU MİKTARI (m³/gün)	KOİ (mg/L)	Amonyum (mg/L)	Toplam azot (mg/L)	Toplam fosfat (mg/L)
Ocak 22	18.233	693	-	-	-	17.760	31	-	-	-
Şubat 22	19.730	981	-	75,25	6,10	18.852	41	-	10,30	-
Mart 22	18.244	1.061	-	45,30	4,92	18.006	28	-	13,00	3,09
Nisan 22	18.105	806	-	54,02	5,59	17.590	25	-	22,80	2,41
Mayıs 22	18.827	797	-	26,49	3,23	17.841	32	-	7,07	2,30
Haziran 22	18.143	616	-	34,53	-	18.746	28	-	12,10	-
Temmuz 22	18.586	1.185	-	43,56	6,30	18.554	34	-	12,80	3,50
Ağustos 22	18.361	800	-	33,00	5,40	18.109	27	-	20,00	3,30
Eylül 22	18.379	645	-	21,00	5,90	18.159	24	-	14,89	1,30
Ekim 22	18.403	653	-	32,00	2,30	18.125	32	-	14,00	2,30
Kasım 22	18.395	898	-	22,33	3,90	17.345	29	-	2,64	3,70
Aralık 22	19.030	592	-	16,00	2,20	17.632	24	-	6,10	0,90
Ortalama	18.536	811	-	36,68	4,58	18.060	29	-	12,34	2,53

EK 4 2022 - 2023 Yılı Kastamonu Atık Su Arıtma Tesisi Giriş ve Çıkış Değerleri

KASTAMONU ATIKSU ARITMA TESİSİ										
TARİH	GİRİŞ SAHA DEĞERLERİ					ÇIKIŞ SAHA DEĞERLERİ				
	TESİSE GİREN ORTALAMA ATIKSU (m³/gün)	KOİ (mg/L)	Amonyum (mg/L)	Toplam azot (mg/L)	Toplam fosfor (mg/L)	ARITILAN ORTALAMA SU MİKTARI (m³/gün)	KOİ (mg/L)	Amonyum (mg/L)	Toplam azot (mg/L)	Toplam fosfor (mg/L)
Haziran 22	29.743	478	-	43	4	27.682	28	-	10,3	2,35
Temmuz 22	24.436	545	-	165	5,6	27.737	23	-	16,4	2,8
Ağustos 22	29.445	487	-	53,6	5,2	28.676	27	-	19,2	2,2
Eylül 22	28.337	474	-	34	3,6	27.760	23	-	13,3	2
Ekim 22	27.174	510	-	39,7	3,9	26.425	23	-	12,9	2,2
Kasım 22	27.887	621	-	53,7	4,8	27.123	24	-	15,7	1,4
Aralık 22	27.551	612	-	44,4	4,7	26.358	29	-	13,5	1,5
Ocak 2023	27.629	690	-	57,6	6	28.044	47	1	17,8	1
Şubat 2023	18.774	637	-	58,8	5,8	19.261	41	3,4	11,6	0,51
Mart 2023	25.118	605	-	50	5,4	25.683	28	1,3	9,4	0,41
Ortalama	26.609	565,9	-	60	4,9	26.475	29,3	1,9	14	1,6

EK 5 Mahmutlar İstasyonu 2015 – 2016 Yılları Debi Değerleri

DSİ ETÜT PLANLAMA VE TAHSİSLER DAİRESİ BAŞKANLIĞI												
RASATLAR ŞUBE MÜDÜRLÜĞÜ												
GÜNLÜK RASAT TABLOSU												
İSTASYON İSMİ			SAKARYA N. MAHMUTLAR					YAĞIŞ ALANI		33605 km2		
İSTASYON NO			E12A062					RAKIM		583 m		
BÖLGE			III. BÖLGE MÜDÜRLÜĞÜ ESKİSEHIR					AÇILIŞ TARİHİ		21.06.2010		
İL VE İLÇE			ANKARA Beypazari					ENLEM-BOYLAM		31°52'5" D-39°52'26" K		
RASAT TÜRÜ			DEBİ(m3/sn)					YIL		2015		
GÜN	EKİ	KAS	ARA	OCA	ŞUB	MAR	NİS	MAY	HAZ	TEM	AĞU	EYL
01	36.900	45.400	39.200	38.600	48.700	66.800	60.100	41.500	56.500	72.900	30.800	30.200
02	35.200	50.100	42.200	38.600	48.000	72.100	60.100	40.300	55.000	72.100	30.800	30.200
03	35.200	44.100	40.300	38.600	49.400	72.100	69.800	39.800	52.900	69.100	30.200	30.200
04	34.600	40.900	40.300	38.600	55.000	72.100	77.500	37.400	55.700	66.100	30.200	30.200
05	34.100	39.800	40.300	38.600	55.700	70.600	76.000	36.300	76.700	60.100	30.200	30.200
06	34.100	38.600	40.300	38.600	59.400	69.100	74.400	32.400	79.900	52.200	30.200	30.200
07	33.500	38.600	40.300	38.600	58.700	68.300	72.900	28.300	64.600	54.300	30.200	30.200
08	34.100	38.000	39.200	38.600	55.000	67.600	74.400	27.400	66.800	50.800	30.200	30.200
09	34.100	38.000	38.600	38.600	52.900	66.100	72.900	35.200	76.000	45.400	30.200	30.200
10	33.000	38.000	38.600	38.600	55.000	65.300	78.300	34.600	79.100	42.800	30.200	30.200
11	31.900	37.400	38.600	38.600	52.900	63.800	83.100	30.200	79.900	38.600	30.200	30.200
12	31.300	36.900	38.600	38.600	53.600	63.100	79.900	29.300	77.500	37.400	30.200	30.200
13	31.300	36.900	38.600	38.600	53.600	69.100	77.500	28.300	91.500	36.300	38.000	30.200
14	31.300	36.900	38.600	38.600	53.600	76.700	76.700	27.900	87.200	36.300	38.600	30.200
15	31.300	36.900	38.600	38.600	52.900	69.100	76.000	26.900	82.300	35.200	36.900	30.200
16	31.300	36.300	38.600	38.600	52.900	68.300	75.200	25.500	79.100	35.200	34.100	30.200

17	30.200	36.300	38.600	38.600	55.000	69.100	74.400	24.200	77.500	34.600	31.900	30.200
18	30.200	36.300	38.600	38.600	54.300	66.800	72.900	22.900	76.000	34.600	30.200	30.200
19	30.800	35.700	38.600	38.600	52.900	66.800	72.100	24.200	73.700	34.600	30.200	30.200
20	29.700	35.700	38.600	38.600	52.900	68.300	68.300	22.400	78.300	34.100	30.200	30.200
21	28.300	37.400	38.600	38.600	52.900	69.800	68.300	21.500	78.300	33.500	30.200	30.200
22	26.900	42.200	38.600	38.600	52.200	67.600	66.800	24.200	72.100	33.000	30.800	30.200
23	26.400	42.800	38.600	38.600	52.200	64.600	65.300	24.600	78.300	32.400	41.500	30.200
24	27.400	39.800	38.600	38.600	52.900	63.100	64.600	26.900	81.500	32.400	35.700	31.300
25	30.200	39.200	38.600	44.800	55.700	63.100	62.300	27.900	79.100	31.900	31.900	33.500
26	31.900	38.600	38.600	48.700	59.400	60.100	58.700	31.900	73.700	31.900	30.200	33.500
27	32.400	38.600	38.600	48.700	60.100	56.500	57.900	34.100	72.100	31.300	30.200	35.200
28	35.200	38.000	38.600	48.700	60.100	57.900	55.700	36.300	79.900	31.300	30.200	35.700
29	38.000	38.000	38.600	50.800	--	60.100	51.500	44.100	86.400	31.300	30.200	35.200
30	38.000	38.000	38.600	50.100	--	60.100	46.100	44.100	75.200	30.800	30.200	34.100
31	48.700	--	38.600	48.700	--	60.100	--	58.700	--	30.800	30.200	--
01	38.600	32.400	49.400	43.500	41.500	53.600	63.800	36.900	47.400	35.200	32.400	33.000
02	38.600	32.400	46.100	42.200	42.200	52.900	62.300	36.300	48.700	35.200	32.400	32.400
03	38.000	32.400	40.900	41.500	41.500	53.600	61.600	36.300	46.700	35.200	32.400	32.400
04	38.000	32.400	39.800	40.300	41.500	59.400	60.800	36.300	44.800	35.200	32.400	32.400
05	37.400	32.400	39.800	40.300	41.500	64.600	59.400	42.800	42.200	35.200	32.400	32.400
06	36.300	32.400	39.800	41.500	42.800	66.800	58.700	44.800	39.800	34.600	32.400	32.400
07	35.200	32.400	39.800	46.700	44.800	70.600	56.500	49.400	38.600	34.600	32.400	32.400
08	35.200	32.400	40.300	48.000	44.800	63.100	55.000	48.700	38.600	34.600	32.400	32.400

09	35.200	32.400	40.300	47.400	44.800	60.100	54.300	45.400	38.600	34.600	32.400	32.400
10	35.200	32.400	40.300	44.100	55.700	57.900	54.300	42.800	37.400	34.600	32.400	32.400
11	34.600	32.400	40.300	42.800	55.000	56.500	55.700	42.800	37.400	34.600	32.400	32.400
12	34.600	32.400	40.900	44.100	56.500	55.700	55.000	44.100	36.900	34.600	32.400	32.400
13	34.600	32.400	40.900	43.500	57.900	55.000	55.000	41.500	36.900	34.600	32.400	32.400
14	34.600	32.400	42.800	42.800	60.100	55.000	56.500	40.900	36.300	34.100	32.400	32.400
15	33.500	32.400	41.500	42.800	65.300	60.800	56.500	41.500	36.300	34.100	32.400	33.000
16	32.400	32.400	40.300	42.200	64.600	74.400	55.700	40.900	36.300	34.100	32.400	32.400
17	32.400	32.400	40.300	42.800	61.600	64.600	53.600	48.000	36.300	34.100	32.400	32.400
18	32.400	33.000	39.800	44.100	59.400	61.600	51.500	40.300	36.300	34.100	32.400	32.400
19	32.400	33.000	39.800	50.800	58.700	60.100	50.100	40.900	36.300	33.500	32.400	32.400
20	32.400	33.000	39.800	50.800	57.200	61.600	46.100	46.100	35.700	33.500	32.400	32.400
21	32.400	33.500	39.200	47.400	55.700	65.300	42.800	40.300	35.700	33.500	32.400	34.100
22	32.400	33.500	39.200	45.400	55.000	65.300	40.900	39.200	35.700	33.500	32.400	40.300
23	32.400	33.500	39.800	44.800	55.000	62.300	39.200	49.400	35.700	33.500	32.400	40.300
24	32.400	34.100	39.800	44.800	53.600	60.800	38.000	56.500	35.700	33.500	32.400	42.800
25	32.400	34.100	40.300	46.700	53.600	60.800	37.400	53.600	35.700	33.000	32.400	40.300
26	32.400	34.600	40.300	44.800	57.200	63.800	37.400	55.700	35.200	33.000	32.400	40.300
27	32.400	36.300	40.300	44.800	55.700	69.800	37.400	55.000	35.200	33.000	32.400	40.300
28	32.400	35.700	40.300	44.100	54.300	74.400	37.400	52.200	35.200	33.000	32.400	38.600
29	32.400	36.300	40.300	42.800	55.700	69.100	36.900	51.500	35.200	33.000	33.000	38.600
30	32.400	37.400	43.500	42.200	--	66.800	36.900	50.800	35.200	33.000	32.400	38.000
31	32.400	--	46.700	41.500	--	65.300	--	49.400	--	33.000	34.100	--

EK 6 Karaçomak D.İmönü İstasyonu 2016 – 2021 Yılları Debi Değerleri

DSİ ETÜT PLANLAMA VE TAHSİSLER DAİRESİ BAŞKANLIĞI												
RASATLAR ŞUBE MÜDÜRLÜĞÜ												
GÜNLÜK RASAT TABLOSU												
İSTASYON İSMİ			KARAÇOMAK D. İNÖNÜ					YAĞIŞ ALANI		266.67 km2		
İSTASYON NO			D15A343					RAKIM		761 m		
BÖLGE			XXIII. BÖLGE MÜDÜRLÜĞÜ KASTAMONU					AÇILIŞ TARİHİ		16.10.2015		
İL VE İLÇE			KASTAMONU Merkez					ENLEM-BOYLAM		33°46'59" D-41°24'7" K		
RASAT TÜRÜ			DEBİ(m3/sn)					YIL		2016		
GÜN	EKİ	KAS	ARA	OCA	ŞUB	MAR	NİS	MAY	HAZ	TEM	AĞU	EYL
01	0.067	0.067	0.067	0.604	0.175	2.630	0.604	0.919	4.750	1.300	1.300	0.477
02	0.067	0.067	0.175	0.604	0.919	2.630	0.604	0.919	4.750	1.300	1.300	0.477
03	0.067	0.067	0.067	0.604	0.352	3.120	0.604	0.919	4.750	1.300	1.710	0.477
04	0.067	0.067	0.067	0.604	0.175	3.120	0.604	0.919	4.200	1.300	1.710	0.326
05	0.067	0.175	0.067	0.604	0.175	3.120	0.919	0.919	4.750	1.300	1.300	0.326
06	0.067	0.175	0.067	0.175	0.175	3.120	0.919	0.919	4.200	1.300	1.300	0.326
07	0.067	0.175	0.067	0.067	0.175	2.630	0.919	1.300	4.750	1.300	1.300	0.326
08	0.067	0.175	0.067	0.175	0.352	2.150	0.919	0.919	4.750	1.300	1.300	0.214
09	0.067	0.175	0.067	0.067	0.175	2.150	0.919	0.919	4.750	1.300	1.300	0.214
10	0.067	0.175	0.067	0.067	0.175	2.630	0.919	0.919	5.280	1.300	1.300	0.214
11	0.067	0.175	0.067	0.067	0.175	2.150	0.604	0.919	5.280	1.300	1.300	0.214
12	0.067	0.175	0.067	0.067	0.175	1.300	0.919	0.175	5.280	1.300	0.919	0.214
13	0.067	0.175	0.067	0.067	0.175	1.300	0.604	0.352	5.280	1.300	0.919	0.214
14	0.067	0.175	0.067	0.175	0.175	1.300	0.352	0.175	5.280	1.300	0.919	0.214
15	0.067	0.175	0.067	0.175	0.604	1.300	0.919	0.175	5.280	1.300	0.919	0.214

16	0.067	0.175	0.067	0.175	3.120	0.919	1.300	2.150	4.750	1.300	0.919	0.214
17	0.067	0.175	0.067	0.175	2.630	0.919	0.919	3.670	3.120	1.300	0.919	0.132
18	0.067	0.352	0.067	0.175	2.150	0.919	0.919	4.200	1.710	1.300	0.919	0.132
19	0.067	0.352	0.067	0.175	2.150	0.919	0.919	4.200	1.710	1.300	0.903	0.132
20	0.067	0.352	0.067	0.067	2.150	0.919	0.919	4.200	1.710	1.300	0.903	0.132
21	0.067	0.352	0.067	0.175	2.150	0.604	1.300	4.200	1.710	1.300	0.903	0.132
22	0.067	0.352	0.067	0.175	2.150	0.919	1.300	4.200	1.710	1.300	0.903	0.132
23	0.067	0.352	0.067	0.067	2.150	0.919	1.300	4.200	1.710	1.300	1.180	0.077
24	0.067	0.352	0.067	0.067	2.150	0.919	1.300	4.200	1.300	1.300	0.673	0.077
25	0.067	0.352	0.067	0.919	2.150	0.352	1.300	4.200	1.300	1.300	0.673	0.077
26	0.067	0.352	0.067	0.352	2.150	0.352	1.300	4.200	1.300	1.300	0.673	0.077
27	0.067	0.604	0.067	0.067	2.150	0.352	0.919	4.200	1.300	1.300	0.477	0.132
28	0.067	0.352	0.067	0.175	2.150	0.352	0.919	5.280	2.150	1.710	0.477	0.017
29	0.067	0.352	0.019	0.352	3.120	0.604	0.919	5.280	1.710	1.710	0.477	0.017
30	0.067	0.175	0.067	0.175	--	0.604	0.919	4.750	1.300	1.710	0.477	0.017
31	0.067	--	0.604	0.175	--	0.604	--	4.750	--	1.710	0.477	--
01	0.017	0.017	0.070	0.070	0.128	0.128	0.070	0.301	0.782	1.430	1.940	0.985
02	0.017	0.017	0.070	0.070	0.128	0.128	0.070	0.301	0.782	1.430	1.680	0.985
03	0.017	0.017	0.070	0.070	0.128	0.128	0.070	0.301	0.782	1.430	1.680	0.985
04	0.017	0.017	0.070	0.070	0.128	0.128	0.070	0.301	0.782	1.430	1.680	0.985
05	0.017	0.017	0.070	0.070	0.128	0.128	0.070	0.301	0.782	1.430	1.680	0.985
06	0.017	0.017	0.070	0.070	0.128	0.128	0.070	0.301	0.782	1.430	1.680	0.985
07	0.017	0.017	0.070	0.070	0.128	0.128	0.070	0.301	0.982	1.430	1.680	0.985

08	0.017	0.017	0.070	0.070	0.128	0.128	0.301	0.301	0.982	1.430	1.680	0.985
09	0.017	0.017	0.070	0.070	0.128	0.128	0.301	0.301	0.982	1.430	1.680	0.985
10	0.017	0.017	0.070	0.070	0.128	0.128	0.301	0.301	0.982	1.680	1.680	0.985
11	0.017	0.017	0.070	0.070	0.128	0.128	0.301	0.301	0.982	1.680	1.680	0.985
12	0.017	0.017	0.070	0.070	0.128	0.128	0.301	0.301	0.982	1.680	1.680	0.985
13	0.017	0.017	0.070	0.070	0.128	0.128	0.301	0.301	0.982	1.680	1.680	0.985
14	0.017	0.017	0.070	0.070	0.128	0.070	0.301	0.301	0.982	1.430	1.680	1.210
15	0.017	0.017	0.070	0.070	0.128	0.070	0.301	0.175	0.982	1.430	1.940	1.210
16	0.017	0.017	0.070	0.070	0.128	0.070	0.301	0.175	0.982	1.430	2.220	1.210
17	0.017	0.017	0.070	0.070	0.128	0.070	0.301	0.175	0.982	1.430	1.430	1.210
18	0.017	0.017	0.070	0.128	0.128	0.070	0.301	0.175	0.982	1.430	1.680	1.210
19	0.017	0.017	0.070	0.128	0.128	0.070	0.301	0.175	1.200	1.680	0.985	1.210
20	0.017	0.017	0.070	0.128	0.128	0.070	0.301	0.175	1.680	1.430	0.985	0.985
21	0.017	0.017	0.070	0.128	0.128	0.070	0.301	0.175	1.940	1.680	0.985	0.985
22	0.017	0.017	0.070	0.128	0.128	0.070	0.301	0.175	2.220	1.680	0.985	0.985
23	0.017	0.017	0.070	0.128	0.128	0.070	0.301	0.175	1.940	1.940	0.985	0.985
24	0.017	0.040	0.070	0.128	0.128	0.070	0.301	0.175	1.680	1.940	0.985	0.985
25	0.017	0.040	0.070	0.128	0.128	0.070	0.301	0.175	1.680	1.680	0.985	0.985
26	0.017	0.040	0.070	0.128	0.128	0.070	0.301	0.175	1.680	1.680	0.985	0.985
27	0.017	0.040	0.070	0.128	0.128	0.070	0.301	0.175	1.680	1.680	0.985	0.985
28	0.017	0.040	0.070	0.128	0.128	0.070	0.301	0.301	1.680	1.680	0.985	0.985
29	0.017	0.040	0.070	0.128	--	0.070	0.301	0.301	1.430	1.680	0.985	0.985
30	0.017	0.128	0.070	0.128	--	0.070	0.301	0.301	1.430	1.680	0.985	0.985

31	0.017	--	0.070	0.128	--	0.070	--	0.606	--	1.940	0.985	--
01	0.354	0.305	0.133	0.097	0.097	0.097	0.097	0.133	1.960	1.960	1.910	0.133
02	0.402	0.305	0.133	0.097	0.097	0.097	0.097	0.133	1.960	1.910	1.910	0.173
03	0.305	0.305	0.133	0.097	0.097	0.097	0.097	0.133	1.960	1.960	1.830	0.173
04	0.305	0.305	0.133	0.097	0.097	0.097	0.097	0.133	1.960	2.040	1.830	0.133
05	0.305	0.305	0.133	0.097	0.097	0.097	0.097	0.133	1.960	2.040	1.830	0.133
06	0.305	0.305	0.133	0.097	0.097	0.133	0.097	0.133	1.960	2.040	1.830	0.097
07	0.305	0.305	0.133	0.097	0.097	0.133	0.097	0.133	2.000	2.040	1.830	0.065
08	0.305	0.305	0.133	0.097	0.097	0.133	0.097	0.133	1.960	2.080	1.830	0.065
09	0.305	0.305	0.133	0.097	0.097	0.133	0.097	0.133	1.960	2.080	1.830	0.065
10	0.305	0.305	0.133	0.097	0.097	0.133	0.097	0.133	1.960	2.040	1.830	0.065
11	0.305	0.305	0.133	0.097	0.097	0.097	0.097	0.133	1.960	2.080	1.830	0.065
12	0.305	0.305	0.133	0.097	0.097	0.097	0.097	0.133	1.960	2.040	1.870	0.065
13	0.305	0.305	0.133	0.097	0.097	0.097	0.097	0.133	1.960	2.040	1.870	0.097
14	0.305	0.305	0.133	0.097	0.097	0.097	0.097	0.133	1.960	2.080	1.830	0.173
15	0.305	0.305	0.133	0.097	0.097	0.097	0.097	0.133	1.960	2.080	1.830	0.173
16	0.305	0.305	0.133	0.097	0.097	0.097	0.097	1.960	1.960	2.080	1.910	0.173
17	0.305	0.305	0.133	0.097	0.097	0.097	0.097	1.960	1.960	2.080	1.960	0.173
18	0.305	0.305	0.133	0.097	0.097	0.097	0.097	1.960	1.960	2.120	1.960	0.173
19	0.305	0.305	0.133	0.097	0.097	0.097	0.097	1.960	1.960	1.960	1.960	0.173
20	0.305	0.305	0.097	0.097	0.097	0.097	0.097	1.960	1.960	1.910	1.870	0.173
21	0.305	0.305	0.097	0.097	0.097	0.097	0.097	1.960	1.960	1.910	1.870	0.173
22	0.305	0.305	0.097	0.097	0.097	0.097	0.097	1.960	1.910	1.910	1.870	0.173

23	0.305	0.305	0.097	0.097	0.097	0.097	0.097	1.960	1.910	1.910	1.830	0.173
24	0.305	0.215	0.097	0.097	0.097	0.097	0.097	1.960	1.910	1.910	1.910	0.173
25	0.305	0.133	0.097	0.097	0.097	0.097	0.097	2.000	1.910	1.870	1.960	0.173
26	0.305	0.133	0.097	0.097	0.097	0.097	0.097	2.000	1.910	1.910	2.000	0.173
27	0.305	0.133	0.097	0.097	0.097	0.097	0.133	2.000	1.910	1.910	0.173	0.173
28	0.305	0.133	0.097	0.097	0.097	0.097	0.133	1.960	1.910	1.910	0.173	0.173
29	0.305	0.133	0.097	0.097	--	0.097	0.133	2.000	1.960	1.910	0.173	0.173
30	0.305	0.133	0.097	0.097	--	0.097	0.133	2.000	1.960	1.910	0.173	0.173
31	0.305	--	0.097	0.097	--	0.097	--	1.960	--	1.910	0.173	--
01	0.173	0.038	0.097	0.133	0.133	0.097	0.097	0.097	2.040	1.400	1.280	1.280
02	0.173	0.038	0.097	0.133	0.133	0.097	0.097	0.097	2.040	1.400	1.280	1.280
03	0.173	0.038	0.097	0.133	0.133	0.097	0.097	0.097	2.040	1.350	1.280	1.280
04	0.173	0.038	0.097	0.133	0.133	0.097	0.097	0.097	2.040	1.280	1.280	1.280
05	0.173	0.038	0.097	0.133	0.133	0.097	0.097	0.097	2.040	1.280	1.280	1.280
06	0.173	0.038	0.097	0.133	0.097	0.097	0.097	0.097	2.040	1.280	1.280	1.280
07	0.173	0.038	0.097	0.133	0.097	0.097	0.097	0.097	2.040	1.280	1.280	1.280
08	0.173	0.038	0.097	0.133	0.097	0.097	0.097	0.173	2.040	1.280	1.280	1.280
09	0.173	0.038	0.097	0.133	0.097	0.097	0.097	0.133	2.040	1.280	1.280	1.280
10	0.173	0.038	0.097	0.133	0.097	0.097	0.097	0.133	2.040	1.280	1.280	1.280
11	0.173	0.038	0.097	0.133	0.097	0.097	0.097	0.133	2.040	1.350	1.280	1.280
12	0.173	0.038	0.097	0.133	0.097	0.097	0.097	0.402	2.080	1.280	1.280	1.280
13	0.173	0.038	0.097	0.133	0.097	0.097	0.097	2.300	2.040	1.280	1.280	1.280
14	0.173	0.038	0.097	0.133	0.097	0.097	0.097	2.210	2.000	1.280	1.280	1.280

15	0.173	0.038	0.097	0.133	0.097	0.097	0.097	2.120	2.080	1.280	1.350	1.240
16	0.173	0.038	0.097	0.133	0.097	0.097	0.097	2.120	2.080	1.280	1.350	1.240
17	0.173	0.038	0.133	0.133	0.097	0.097	0.097	2.080	2.120	1.280	1.400	1.240
18	0.173	0.038	0.133	0.133	0.097	0.097	0.097	2.250	1.400	1.280	1.350	1.240
19	0.173	0.038	0.133	0.133	0.097	0.097	0.097	2.350	1.350	1.280	1.280	1.240
20	0.173	0.038	0.133	0.133	0.097	0.097	0.097	2.300	1.350	1.280	1.280	1.240
21	0.173	0.038	0.133	0.133	0.097	0.097	0.097	2.300	1.350	1.280	1.280	1.240
22	0.133	0.065	0.133	0.133	0.097	0.097	0.097	2.300	1.400	1.280	1.280	1.240
23	0.133	0.065	0.133	0.133	0.097	0.097	0.097	2.300	1.400	1.280	1.280	1.240
24	0.133	0.065	0.133	0.133	0.097	0.097	0.097	2.300	1.400	1.280	1.280	1.240
25	0.038	0.065	0.133	0.133	0.097	0.097	0.097	2.300	1.350	1.280	1.280	1.240
26	0.038	0.065	0.133	0.133	0.097	0.097	0.097	2.300	1.350	1.280	1.280	1.240
27	0.038	0.065	0.133	0.133	0.097	0.097	0.097	2.120	1.350	1.280	1.280	1.240
28	0.038	0.065	0.133	0.133	0.097	0.097	0.097	2.080	1.350	1.280	1.280	1.240
29	0.038	0.065	0.133	0.133	--	0.097	0.097	2.040	1.350	1.280	1.280	1.240
30	0.038	0.097	0.133	0.133	--	0.097	0.097	2.040	1.350	1.280	1.280	1.240
31	0.038	--	0.133	0.133	--	0.097	--	2.040	--	1.280	1.280	--
01	0.858	0.022	0.022	0.022	0.022	0.022	0.022	0.022	0.431	0.622	0.018	0.858
02	0.858	0.022	0.022	0.022	0.022	0.022	0.022	0.022	0.431	0.014	0.018	0.858
03	0.858	0.022	0.022	0.022	0.022	0.022	0.022	0.022	0.431	0.014	0.018	1.400
04	0.858	0.022	0.022	0.022	0.022	0.022	0.022	0.022	0.431	0.022	0.018	1.400
05	0.858	0.022	0.022	0.022	0.022	0.022	0.022	0.022	0.431	0.431	0.022	0.858
06	0.858	0.022	0.022	0.022	0.022	0.022	0.022	0.022	0.431	0.022	0.622	0.622

07	0.858	0.022	0.431	0.022	0.022	0.022	0.022	0.022	0.431	0.431	1.110	0.622
08	0.858	0.022	0.431	0.022	0.431	0.022	0.022	0.022	0.431	0.431	1.110	0.622
09	0.858	0.022	0.022	0.022	0.431	0.022	0.022	0.022	0.431	0.431	1.110	0.622
10	0.431	0.022	0.022	0.022	0.431	0.022	0.022	0.022	0.622	0.431	1.400	0.622
11	0.022	0.022	0.022	0.022	0.858	0.022	0.022	0.022	0.622	0.431	1.720	0.622
12	0.022	0.022	0.022	0.022	0.858	0.022	0.022	0.022	0.431	0.622	1.720	0.858
13	0.022	0.022	0.022	0.022	0.622	0.022	0.022	0.022	0.431	0.431	1.400	0.622
14	0.022	0.022	0.022	0.022	0.622	0.022	0.022	0.022	0.431	0.431	1.400	0.622
15	0.022	0.022	0.022	0.022	0.622	0.022	0.022	0.022	0.431	0.431	1.400	0.622
16	0.022	0.022	0.022	0.022	0.431	0.022	0.022	0.022	0.431	0.022	1.400	0.622
17	0.022	0.022	0.022	0.022	0.022	0.022	0.022	0.022	0.858	0.431	1.400	0.622
18	0.022	0.022	0.022	0.022	0.022	0.022	0.022	0.022	1.110	0.431	1.110	0.622
19	0.022	0.022	0.022	0.022	0.022	0.022	0.022	0.022	1.400	0.431	0.858	0.431
20	0.022	0.022	0.022	0.022	0.022	0.022	0.022	0.022	1.400	0.431	0.858	0.431
21	0.022	0.022	0.022	0.022	0.022	0.022	0.022	0.022	1.400	0.431	0.858	0.431
22	0.022	0.022	0.022	0.022	0.022	0.022	0.022	0.022	1.400	0.431	0.858	0.431
23	0.022	0.022	0.022	0.022	0.022	0.022	0.022	0.022	1.400	0.431	0.858	0.431
24	0.022	0.022	0.022	0.022	0.022	0.022	0.022	0.022	1.400	0.431	0.858	0.431
25	0.022	0.022	0.022	0.431	0.022	0.022	0.022	0.022	1.400	0.022	0.858	0.431
26	0.022	0.022	0.022	0.622	0.022	0.022	0.022	0.022	1.400	0.022	0.858	0.431
27	0.022	0.022	0.022	0.622	0.022	0.022	0.022	0.022	1.400	0.018	0.858	0.431
28	0.022	0.022	0.022	0.431	0.022	0.022	0.022	0.022	1.400	0.018	0.858	0.431
29	0.022	0.022	0.022	0.022	0.022	0.022	0.022	0.022	1.400	0.018	0.858	0.431

30	0.022	0.022	0.022	0.022	--	0.022	0.022	0.022	1.400	0.018	0.858	0.431
31	0.022	--	0.022	0.022	--	0.022	--	0.022	--	0.018	0.858	--
01	0.431	0.022	0.022	0.022	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018	0.022	0.018
02	0.431	0.022	0.022	0.022	0.018	0.018	0.018	0.018	0.022	0.018	0.022	0.018
03	0.022	0.022	0.022	0.022	0.018	0.018	0.018	0.018	0.022	0.018	0.022	0.018
04	0.022	0.022	0.022	0.022	0.018	0.018	0.018	0.018	0.022	0.022	0.022	0.018
05	0.022	0.022	0.022	0.022	0.018	0.018	0.018	0.018	0.022	0.018	0.622	0.018
06	0.022	0.022	0.022	0.022	0.018	0.018	0.018	0.018	0.022	0.018	0.622	0.018
07	0.022	0.022	0.022	0.022	0.018	0.018	0.018	0.018	0.022	0.018	0.622	0.018
08	0.022	0.022	0.022	0.022	0.018	0.018	0.018	0.018	0.022	0.018	0.622	0.018
09	0.022	0.022	0.022	0.018	0.018	0.018	0.018	0.022	0.022	0.018	0.622	0.018
10	0.022	0.022	0.022	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018	0.858	0.022
11	0.022	0.022	0.022	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018	0.431	0.622	0.018
12	0.022	0.022	0.022	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018	0.622	0.022	0.018
13	0.022	0.022	0.022	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018	0.858	0.022	0.022
14	0.022	0.022	0.022	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018	1.110	0.022	0.022
15	0.022	0.022	0.022	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018	0.022	1.110	0.022	0.022
16	0.022	0.022	0.022	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018	1.110	0.022	0.022
17	0.022	0.022	0.022	0.018	0.022	0.018	0.018	0.018	0.022	1.110	0.022	0.018
18	0.022	0.022	0.022	0.018	0.022	0.018	0.018	0.018	0.022	1.110	0.022	0.018
19	0.022	0.022	0.022	0.018	0.022	0.018	0.018	0.018	0.022	1.110	0.022	0.018
20	0.022	0.022	0.022	0.018	0.022	0.018	0.018	0.018	0.022	0.858	0.022	0.018
21	0.022	0.022	0.022	0.018	0.022	0.018	0.018	0.018	0.018	0.622	0.022	0.018

22	0.022	0.022	0.022	0.018	0.022	0.018	0.018	0.018	0.018	0.622	0.022	0.018
23	0.022	0.022	0.022	0.018	0.022	0.018	0.018	0.018	0.018	0.622	0.022	0.018
24	0.022	0.022	0.022	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018	0.622	0.018	0.018
25	0.022	0.022	0.022	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018	0.622	0.018	0.018
26	0.022	0.022	0.022	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018	0.622	0.018	0.018
27	0.022	0.022	0.022	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018	0.622	0.018	0.018
28	0.022	0.022	0.022	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018	0.018	0.858	0.018	0.018
29	0.022	0.022	0.022	0.018	--	0.018	0.018	0.022	0.018	0.858	0.018	0.018
30	0.022	0.022	0.022	0.018	--	0.018	0.018	0.018	0.018	0.858	0.018	0.018
31	0.022	--	0.022	0.018	--	0.018	--	0.018	--	0.022	0.018	--