

**Cilt: 1 Sayı: 2 sh. 33-46 Mayıs 1999**

## **SİVAS KENTİNDE BULUNAN HASTANELERİN ATIKSULARININ MİKTAR VE ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ**

### **(DETERMINATION OF AMOUNT AND CHARACTERISTICS OF HOSPITAL WASTEWATER IN SIVAS CITY)**

**Ahmet ALTIN\*, Mustafa DEĞİRMENCİ\*, Süreyya ALTIN\***

#### **ÖZET / ABSTRACT**

Bu çalışmada; Sivas kentinde bulunan hastanelerin atıksu miktar ve özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Ayrıca elde edilen bu sonuçlardan, çalışma kapsamında incelenen veya benzer özellikteki hastanelerin atıksularının arıtılması için yapılacak arıtma tesislerinin tasarımında kullanılabilecek değerlere ulaşılmaya çalışılmıştır.

Her bir hastane için belirli periyotlarda alınan 24 saatlik kompozit ve iki saatlik anlık numuneler üzerinde KOİ, BOİ<sub>5</sub>, AKM, Toplam Kjeldahl Azotu (TKN), Toplam Fosfor (TP), Sülfür, Fenol, çeşitli ağırmetal ve metal iyonlarının analizleri yapılmıştır. Yapılan analizler sonucunda, hastane atıksularının genellikle orta-kuvvetli evsel atıksuya benzer nitelikte olduğu belirlenmiştir. Ancak, bu suların kirlilik miktarlarında günlük ve mevsimsel değişimlerin söz konusu olması nedeniyle, hastane atıksularının arıtılması için yalnızca biyolojik arıtma birimlerinin kullanılmasının yeterli olamayacağı düşünülmektedir. İnceleme kapsamındaki hastanelerin atıksu miktarlarının gün içerisindeki salınımlarının belirlenebilmesi amacıyla, iki hastanede ayrıntılı debi ölçümleri yapılmıştır. Bu debi ölçümleri aynı zamanda teorik olarak belirlenen atıksu miktarlarının doğruluğunun test edilmesinde kullanılmıştır.

Yukarıda anılan bu ölçüm ve analizler yardımıyla, inceleme kapsamındaki hastanelerin tasarım debileri ve kirlilik yükleri belirlenmiştir. Ayrıca Türkiye 'deki hastaneler için, arıtma tesislerinin tasarım debilerinin teorik olarak hesaplanmasında faydalanılacak kişi başına su kullanım miktarlarının ve yatak başına kirlilik yüklerinin tahminine çalışılmıştır.

*In this study; It was aimed that the determination of hospital wastewater amounts and characteristics in Sivas city. In addition, based on the results, the design parameters for the hospital wastewater or similar to this type of wastewater have been searched in order to get design information for wastewater treatment plants.*

*COD, BOD<sub>5</sub>, SS, TKN, TP, Sulfur, Phenol, several heavy metal and metal ions analyses for each hospital at sampled 24 hours composite and 2 hours samples have been analyzed. According to these analysis results, the hospital wastewater showed medium strength domestic wastewater characteristics. However, It was thought that only biological treatment methods are not enough for the treatment of hospital wastewater because of daily and seasonal variations on pollution loads. Flow measurements in two hospitals have been done in order to point out variations on wastewater pollution loads. Flow measurements also have been used to validate the theoretical parameters for wastewater.*

*Based on these measurements and analyses, design flow and pollution loads have been determined in investigated hospitals. Moreover, the water use per person and pollution loads per hospital bed have been guessed in order to help calculation of design flow rate for wastewater treatment plants of hospital in Turkey.*

## **ANAHTAR KELİMELER / KEY WORDS**

Hastane atıksuları, atıksu debisi, BOİ<sub>5</sub> , arıtma tesisi tasarımı / *Hospital wastewater, wastewater flow rate, BOD<sub>5</sub>, design of wastewater treatment plant.*

## **1. GİRİŞ**

Kirleticiler genel olarak katı, sıvı ve gaz olmak üzere üç ana başlık altında toplanabilir. Bu kirleticiler noktasal veya hareketli bir kaynaktan meydana gelebilir. İnsanların sağlık sorunlarının çözümü için kurulmuş olan hastaneler de noktasal kirlilik kaynaklarından bir tanesidir. Bu mekanlar, hastalık riski oldukça fazla olan katı ve sıvı atıkları çevreye vermektedir. Hastanelerde tedavi görmekte olan hastalarla temas eden atıklar ile tedavi sırasında kullanılan malzemeler mevcut enfeksiyonun tüm katı atıklara bulaşmasını sağlamaktadır. Enfekte özellikler genellikle hastaların su kullanımı, idrar, dışkı ve kan numunelerinin analizleri sonucunda atıksuya bulaşmaktadır. Hastane atıksularının bir diğer önemli özelliği ise gerek laboratuvarlarda kullanılan kimyasallar ve gerekse hastane içerisinde sıkça yapılmakta olan temizlik ve sterilizasyon işlemleri sonucunda kanalizasyona verilen dezenfektanların çokluğudur .

Günümüze kadar hastane atıkları üzerinde yapılan çalışmalar çoğunlukla katı atık konusunda yoğunlaşmıştır. Özellikle enfekte atıkların toplanması, özelliklerinin belirlenmesi ve bertarafı gibi konular hakkında oldukça ayrıntılı çalışmalar mevcuttur. Ancak hastanelerden meydana gelen atıksular hakkında buna benzer detaylı çalışmalar oldukça sınırlı sayıda kalmıştır.

Hastane atıksuları üzerinde yapılan çalışmalar çoğunlukla, bu kurumlarda mevcut olan aletlerin sterilizasyonunda kullanılan maddelerin arıtılma yöntemleri üzerinde yapılmıştır. Örneğin, Tanada ve Miyoshi (1990) bu sulara bol miktarda bulunan Cresol'un aktif karbonla adsorbsiyonunu incelemiştir. Aynı konuda Matsushima (1988) tarafından yapılan bir çalışmada ise, bu suların bol miktarda Cresol, Triclosan, Chlorhexidine ve Benzethonium Chlorid gibi dezenfektanları içerdiği saptanmış olup, bu maddelerin aktif çamur sistemlerinde oldukça toksik etkilere sahip olduğu belirtilmiştir. Yine Tanada ve Miyoshi (1990), Sakurai ve Matsushima (1981) gibi araştırmacıların yaptıkları çalışmalarda, hastane atıksularının arıtılmasında kullanılacak aktif karbonla adsorbsiyonun son derece verimli sonuçlar verdiği ifade edilmiştir. Bununla birlikte Altın ve Değirmenci (1996) bu atıksulara koagülasyon ve flokülasyon yöntemini uygulamış ve oldukça iyi arıtma verimleri elde etmişlerdir. Yine Altın ve Değirmenci (1998) bu gibi atıksulara uygulanabilecek arıtma sistemleri için değişik öneriler getirmiştir. Bu çalışmaya göre, hastane atıksularının, hastanenin kapasitesine göre kimyasal+biyolojik veya sadece biyolojik olarak arıtılabileceği belirtilmiştir. Kimyasal arıtma için koagülasyon-flokülasyon veya granüler aktif karbon sistemi, biyolojik arıtım için ise uzun havalandırılmalı aktif çamur sistemi önerilmiştir.

Yukarıda da sözü edildiği gibi hastane atıksularının özellikleri hakkındaki bilgiler oldukça yetersiz durumdadır. Bu eksikliklerin bir nebze olsun giderilebilmesi amacıyla, Sivas kentinde bulunan Sosyal Sigortalar Kurumu (SSK), Numune, Devlet Demir Yolları (DDY) ve Cumhuriyet Üniversitesi Araştırma ve Uygulama (CÜAU) hastanelerinin atıksu miktar ve

özellikleri incelenmiştir. Ayrıca elde edilen bu sonuçlardan çalışma kapsamında incelenen veya benzer özellikteki hastanelerin atıksularının arıtılması için yapılacak arıtma tesislerinin tasarımında kullanılabilecek değerlere ulaşılmaya çalışılmıştır.

## 2. İNCELEME KAPSAMINDAKİ HASTANELERİN GENEL ÖZELLİKLERİ

Çalışma kapsamında Sivas kentinde bulunan kapasiteleri farklı 4 büyük hastane incelenmiştir. Bu hastanelerin genel özellikleri yetkili kişilerden alınan bilgiler doğrultusunda belirlenmiş ve Çizelge 1’de topluca sunulmuştur.

İncelenen hastanelerin gelecekte olması muhtemel maksimum kapasitelerine, bu kurumların yetkili kişilerinden alınan bilgiler doğrultusunda karar verilmiştir. Bu bilgilerin değerlendirilmesi sonucunda, tüm hastaneler için ortak büyüme değerleri ortalama olarak belirlenmiştir. Buna göre gelecekte, tüm hastanelerdeki yatakların tamamen dolu olacağı, personel, poliklinik hastası ve çıkarılan yemek sayısının %30 artacağı kabul edilmiştir. Hastanelerdeki laboratuvar sayılarının ise CÜAU Hastanesi için 7, SSK Hastanesi için 5, Numune Hastanesi için 6 ve DDY Hastanesi için 3 olacağı düşünülmüştür.

**Çizelge 1: İnceleme kapsamındaki hastanelerin 1996 yılı itibariyle genel özellikleri.**

İncelenen Özellikler	CÜAU Hastanesi	Numune Hastanesi	SSK Hastanesi	DDY Hastanesi
Yatak sayısı	720	324	362	100
Personel sayısı	726	123	247	76
Mevcut çalışma kapasitesi (%)	75	55	50	30
*Ziyaretçi sayısı	1080	356	362	60
Laboratuvar sayısı	5	4	3	1
Kafeteryada çıkan mevcut yemek sayısı	3000	2400	2400	360
Günlük tedavi edilen poliklinik hasta sayısı	1100	500	1000	150
**Çamaşırhanede yıkanan günlük çamaşır (kg)	722	209	243	49

\* Hasta ziyaretçi sayısı, hastanede mevcut yatan hasta başına 2 kişi kabulüyle hesaplanmıştır.

\*\* Çamaşırhane kapasitesi, hastanede yatmakta olan hastaların nevresimi ve personel kıyafetlerinden oluştuğu ve buna göre nevresimlerin ve personel kıyafetlerinin 2 günde 1 defa değiştirildiği kabulüyle belirlenmiştir. Bu hesaplamada ayrıca bir nevresimin 2kg, bir personel kıyafetinin ise 0.5 kg olduğu varsayılmıştır.

## 3. HASTANELERİN ATIKSU DEBİLERİNİN BELİRLENMESİ

Herhangi bir yerleşim birimine ait arıtma tesisinin tasarımının yapılabilmesi için, o yerleşim biriminden oluşabilecek maksimum ve minimum debi değerlerinin bilinmesi gerekmektedir. Bu değerler tesis boyutlarının optimizasyonu için zorunludur. Ayrıca debinin gün içerisindeki salınımları da o tesisin bünyesinde bulunan dengeleme tanklarının tasarımında en önemli parametrelerden birisidir. Bununla birlikte tesisin işletimi sırasında çıkabilecek bir çok sorun, bu bilgilerin ışığında daha rahat çözülebilmektedir. Dolayısıyla, yapılacak herhangi bir arıtma tesisinin tasarımına geçilmeden önce mümkün olduğunca, farklı zamanlarda yapılan yerinde

debi ölçümleri ile maksimum, minimum debi değerlerinin ve bu debilerin gün içerisindeki değişimlerinin belirlenmesi gerekmektedir. Yerinde ölçümlerin en önemli faydalarından birisi de, yapılacak tesise ileride gelecek debi değerinin tahmininde kolaylıklar sağlamasıdır. Eğer herhangi bir yerleşim birimi için teorik olarak hesaplanan atıksu debileri, yerinde ölçümlerle belirlenen atıksu debileriyle uyum gösteriyorsa yapılan tahminlerin gerçekçi olduğu kabul edilebilir.

### **3.1. Yerinde Debi Ölçümleri**

Yerinde debi ölçümlerinin yapılabilmesi amacıyla, öncelikle tüm hastanelerin kanalizasyon sistemleri incelenmiştir. Bu inceleme sonucunda kanalizasyon sisteminin durumuna bağlı olarak Numune Hastanesi'nin en uygun debi ölçüm yerine sahip olduğu belirlenmiştir. Daha sonra bu hastanede 24 saat boyunca saatte bir olmak üzere dereceli kap ve kronometre kullanılarak debi ölçümleri yapılmıştır Bunun yanısıra SSK hastanesinin kanalizasyon sisteminde de eşel yardımıyla, atıksuyun kanalizasyon sisteminde gün içerisindeki seviye değişimleri belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar, Numune Hastane'sinde ölçülen debi değişimleri ile paralellik göstermektedir. Bu nedenle Numune Hastanesi'nde yapılan debi ölçümlerinin oldukça sağlıklı bir şekilde yapıldığı söylenebilir. Yukarıda açıklanan yöntem uyarınca Numune Hastanesi'nde iki farklı günde yapılan 24 saatlik debi ölçüm sonuçlarının ve saatlere göre su kullanım miktarlarının ortalama değerleri Çizelge 2'de sunulmuştur. Ayrıca, SSK Hastanesi'nde eşel yardımıyla yapılan seviye ölçümleriyle bulunmuş olan su kullanım yüzdeleri de aynı çizelge üzerinde gösterilmiştir.

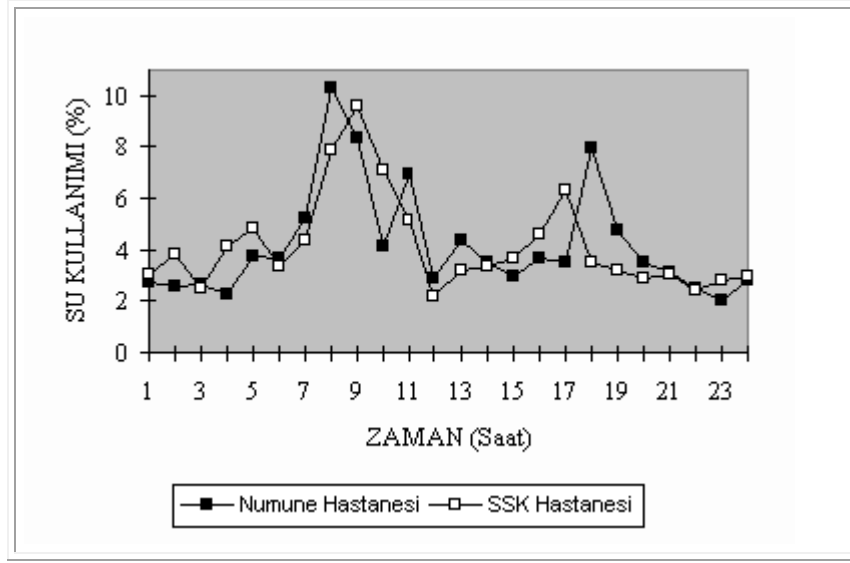
**Çizelge 2: Numune ve SSK Hastaneleri su kullanım yüzdeleri ve saatlik atıksu değişimleri.**

Saat	Numune Hastanesi Debisi (L/sn)	Su Kullanım Oranları, %	
		Numune Hast.	SSK Hast.
1	1,41	2,71	2,72
2	1,35	2,59	2,83
3	1,36	2,62	2,59
4	1,17	2,25	2,33
5	1,95	3,74	3,86
6	1,89	3,63	3,68
7	2,72	5,22	5,21
8	5,35	10,28	9,46
9	4,34	8,33	7,38
10	2,17	4,17	4,12
11	3,63	6,98	6,82
12	1,49	2,87	2,85
13	2,26	4,34	4,87
14	1,82	3,49	3,32
15	1,54	2,96	2,82
16	1,89	3,63	3,85
17	2,26	3,49	3,62
18	4,15	7,97	8,37
19	2,48	4,76	4,58
20	1,83	3,52	3,25
21	1,62	3,12	3,16
22	1,31	2,51	3,08
23	1,06	2,03	2,41
24	1,45	2,79	2,82
<b>ORTALAMA</b>	2.18	...	...
<b>MAKSİMUM</b>	5.31	10.28	9.46
<b>MİNİMUM</b>	1.06	2.03	2.33

Bu atıksuların gün içerisindeki su kullanım miktarlarındaki değişimi Şekil 1’de verilmiştir. Çizelge 2 ve Şekil 1’den de açıkça görülebileceği gibi incelenen hastanelerdeki su kullanımları sabah saatlerinde oldukça fazladır. Özellikle saat 8:00-11:00 arasında pik değerler gözlenmektedir. Öğleden sonra ise bu pik değerler saat 16:00- 19:00 arasında oluşmaktadır. Sabah ve öğleden sonra gözlenen bu pikler genellikle, poliklinik hastalarının tedavi edildiği veya laboratuvar analizlerinin tamamlandığı saatlere tekabül etmektedir.

### 3.2. Atıksu Debilerinin Teorik Olarak Belirlenmesi

Herhangi bir birimin mevcut veya gelecekteki atıksu debilerinin belirlenebilmesi için kullanılan en önemli metotlardan bir tanesi de su kullanım miktarlarından teorik olarak debinin hesaplanmasıdır. Bu yöntemle ilgili birimlerin tüm özel nüfusları belirlendikten sonra, literatürde bu özel nüfuslar için verilen özgül su tüketimleri ile çarpılarak toplam kullanılan su miktarı bulunur. Hastane atıksuları için, kullanılan suyun %20'sinin bahçe sulama ve temizlik gibi aktivitelerde harcandığı varsayılacak olursa, su miktarının ancak %80 kadarının kanalizasyona geçeceği düşünülerek toplam atıksu debisi yaklaşık olarak hesaplanabilir.



**Şekil 1: Yerinde debi ölçümleri ile belirlenen Numune ve SSK Hastanesi atıksularının gün içerisindeki % su kullanım miktarlarındaki değişimler.**

Yukarıda anlatılan yöntem uyarınca çalışma kapsamındaki tüm hastanelerin özel nüfusları ve mevcut durumları incelenmiş ve inceleme kapsamındaki hastaneler için bulunan değerler Çizelge 3'te özetlenmiştir.

### 3.3. Teorik ve Yerinde Ölçümlerle Belirlenen Atıksu Debilerinin Karşılaştırılması

Numune Hastanesi için farklı zamanlarda yapılan 24 saatlik yerinde debi ölçümleri sonucunda, atıksu debisinin 2.18 L/sn olduğu belirlenmiştir (Çizelge 2). Yapılan teorik hesaplamalarda ise bu değer  $2.85 \times 0.8 = 2.28$  L/sn olarak bulunmuştur. Ayrıca Cumhuriyet Üniversitesi için su kullanım miktarı teorik olarak 7.05 L/sn hesaplanmış olup, üniversite su şebekesinden hastaneye ortalama 7-8 L/sn'lik bir suyun verildiği ilgililer tarafından belirtilmiştir.

Yukarıda verilen değerlere dikkat edilecek olursa teorik olarak hesaplanan debilerle ölçümlerle bulunan değerlerin birbirlerine oldukça yakın olduğu söylenebilir. Buna göre teorik hesaplamalarda seçilmiş olan özel birimlerin su kullanım miktarlarının gerçeğe çok yakın olduğunu söylemek mümkündür.

Yukarıda sayılan bu nedenlerden dolayı, inceleme kapsamındaki hastanelerden elde edilen debi özelliklerinin Türkiye’de herhangi bir hastane atıksu arıtma tesisinin tasarım ve işletme aşamasında bir örnek olarak kullanılabileceği düşünülmektedir.

**Çizelge 3: İnceleme kapsamındaki hastaneler için hesaplanan su kullanımları ve atıksu debileri.**

Hastane Adı	Birim Adı	Minimum Debi			Maksimum Debi		
		Nüfus-Birim	Su kull. Mik. (L/N.gün)	Debi (m <sup>3</sup> /gün)	Nüfus-Birim	Su kull. mik. (L/N.gün)	Debi (m <sup>3</sup> /gün)
CÜAU Hastanesi	Personel	726	65	47.2	1.3*726	65	61.4
	Yatak	0.75*720	600	324	720	600	432
	Kafeterya	3*1000	30	90	1.3*3000	30	117
	Poliklinik	1100	20	22	1.3*1100	20	28.6
	Ziyaretçi	2*0.75*720	20	21.6	2*720	20	28.6
	Lab.	5	5000	25	7	5000	35
	Çamaşırh.	721.5	110	79.4	956	110	105.2
	<b>TOPLAM</b>			<b>609.2</b>	<b>TOPLAM</b>		<b>807.8</b>
SSK Hastanesi	Personel	247	65	16.1	1.3*247	65	20.9
	Yatak	0.5*362	600	108.6	362	600	217.2
	Kafeterya	3*800	30	72	1.3*2400	30	93.6
	Poliklinik	1000	20	20	1.3*1000	20	26
	Ziyaretçi	0.5*2*362	20	7.3	362*2	20	14.5
	Lab.	3	5000	15	5	5000	25
	Çamaşırh.	243	110	26.7	522.5	110	57.5
	<b>TOPLAM</b>			<b>265.7</b>	<b>TOPLAM</b>		<b>454.7</b>
Numune Hastanesi	Personel	123	65	8	1.3*123	65	10.4
	Yatak	0.55	600	106.9	324	600	194.4
	Kafeterya	3*800	30	72	1.3*2400	30	93.6
	Poliklinik	500	20	10	1.3*500	20	13
	Ziyaretçi	0.55*2*324	20	7.1	324*2	20	12.9
	Lab.	4	5000	20	6	5000	30
	Çamaşırh.	208.9	110	23	361.8	110	39.8
	<b>TOPLAM</b>			<b>247</b>	<b>TOPLAM</b>		<b>394.1</b>
DDY Hastanesi	Personel	76	65	4.9	1.3*76	65	6.4
	Yatak	0.3*100	600	18	100	600	60
	Kafeterya	3*120	30	10.8	1.3*360	30	14.1
	Poliklinik	150	20	3	1.3*150	20	3.9
	Ziyaretçi	0.3*100*2	20	1.2	2*100	20	4
	Lab.	1	5000	5	3	5000	15
	Çamaşırh.	49	110	5.4	124.7	110	13.7
	<b>TOPLAM</b>			<b>48.3</b>	<b>TOPLAM</b>		<b>117.1</b>

#### 4. HASTANE ATIKSULARININ ÖZELLİKLERİ

İnceleme kapsamındaki hastanelerin atıksularının özelliklerinin bir kısmının belirlenebilmesi amacıyla, her hastane için üçer defa olmak üzere öncelikle, 24 saatlik kompozit numuneler alınmıştır. Bu numunelerin alınmasında debi ile alınan numune miktarlarının orantılı olmasına dikkat edilmiştir. Buna ilaveten her iki saatte bir olmak üzere anlık örneklemeler de yapılmıştır. Alınan numuneler zaman geçirilmeden soğuk bir ortamda analiz edilinceye kadar saklanmıştır. Atıksu numunelerinde analiz edilen parametreler ve analiz yöntemleri aşağıda verilmiştir.

- BO<sub>5</sub> ölçümleri WWT marka BO<sub>5</sub> aleti kullanılarak yapılmış, ayrıca “Winkler Titrasyon Yöntemi” ile sonuçlar kontrol edilmiştir.
- Toplam Kjeldahl Azotu (TKN) standart Kjeldahl Azot Tayin Yöntemi ile,
- Toplam Fosfor (TP) standart Kalay Klorür Yöntemi ile,
- Askıda Katı Madde (AKM) Gravimetrik Yöntem ile,
- Toplam Sülfür İyodometrik Yöntem ile,
- Toplam Fenol Kolorimetrik Yöntem ile,
- Ağır Metal ve metal analizleri ise Atomik Absorbsiyon Spektrofotometresi kullanılarak yapılmıştır. Bunun yanısıra numunelerin pH değerleri ölçümler sırasında yerinde yapılan ölçümlerle belirlenmiştir. Yapılan atıksu analizleri sonucunda Çizelge 4’te verilen ortalama kirlilik değerleri elde edilmiştir.

Çizelge 4’te “ortalama” kirlilik değeri olarak verilen miktarlar, her iki saatte bir alınan anlık numunelerin o saatlerdeki mevcut debilerle ilişkilendirilerek hesaplanmıştır. Dikkat edilecek olursa, 24 saatlik kompozit numune sonuçlarıyla 2 saatlik numunelerin ortalama değerleri birbirine oldukça yakındır. Bu nedenle 24 saatlik kompozit numunelerin usulüne uygun olarak alındığının söylenebilmesi mümkündür.

Çizelge 4’ten de görüleceği üzere, özellikle bahar aylarında hasta sayısının artmasına paralel olarak kirlilik miktarları da artmaktadır. Yaz aylarında ise bu değerlerde bir miktar azalma söz konusudur. Bununla birlikte, analizlerin yapıldığı günlerde 11:00-12:00 ile 16:00-17:00 saatlerinde önemli pik kirlilik değerlerine rastlanmıştır. Bu artışlara, laboratuvar analizlerinin bu saatlerde sona erdirilerek artıkların kanalizasyona verilmesi ve poliklinik hastalarının muayenelerinin bu saatlerde tamamlanmasının neden olabileceği düşünülmektedir. Özellikle CÜAU Hastanesinin laboratuvar ve polikliniklerinden gelen sulara yapılan analizler bu kanaatin doğruluğunu açıkça ortaya koymaktadır. Elde edilen bu sonuçlara göre, özellikle BO<sub>5</sub>, KOİ ve AKM değerleri dikkate alındığında hastane atıksularının genellikle orta kuvvette bir atıksu olarak nitelendirilmesi mümkündür. Ancak günün değişik saatlerinde veya yılın farklı aylarında atıksu özellikleri oldukça fazla değişebilmekte ve kuvvetli atıksu niteliğini de kazanabilmektedir. Bu atıksular üzerinde BO<sub>5</sub>, KOİ, AKM, TKN ve TP deneyleri dışında sülfür ve fenol analizleri de yapılmıştır. Yapılan analizler sonucunda tüm hastane atıksularının fenol içeriklerinin 0.1 mg/L’den 2mg/L’ye, sülfür içeriklerinin ise 0.1 mg/L’den 2.4 mg/L’ye kadar çıkabildiği belirlenmiştir.

Bir atıksuya uygulanacak arıtma birimlerinin seçilmesinde, o suyun KOİ/BO<sub>5</sub> ve TKN/P oranları oldukça önemlidir. Örneğin, KOİ/ BO<sub>5</sub> oranı 1.5-2.0 arasında ise bu atıksuya biyolojik arıtma sistemleri başarıyla uygulanabilmektedir (Türkman, 1986). Bununla birlikte sağlıklı bir biyolojik arıtım için BO<sub>5</sub>/TKN’nin 20/1 oranında olması yeterlidir (Şengül, 1993). TKN/TP oranının 8/1 oranında bulunması da biyolojik arıtma sırasında yeni hücre oluşumunu olumlu yönde etkilemektedir. Bu nedenlerden dolayı inceleme kapsamındaki



hastane atıksularının KOİ/ BOİ<sub>5</sub>, BOİ<sub>5</sub>/TKN ve TKN/P oranları 2 saatlik numuneler ile 24 saatlik kompozit numuneler için hesaplanmış ve Çizelge 5'te sunulmuştur.

**Çizelge 4.** Çalışma kapsamındaki hastanelerin atıksularından alınan 24 saatlik kompozit numunelerin atıksu analiz sonuçları.

		CÜAU Hastanesi (Servis)			CÜAU Hastanesi (Lab.)			SSK Hastanesi			Numune Hastanesi		DDY Hastanesi		
		11/10/95	2/2/96	22/7/96	11/10/95	2/2/96	22/7/96	9/2/96	20/7/96	9/11/96	9/5/95	1/11/95	10/8/96	1/11/95	18/8/96
pH	Komp.	7.51	7.45	7.42	6.41	6.32	6.31	7.41	7.56	7.62	7.58	7.51	7.61	7.58	7.58
	Max.	196	176	141	175	198	294	268	212	256	401	357	205	421	201
BOİ <sub>5</sub> (mg/L)	Min	122	92	85	86	88	95	105	65	86	101	83	58	32	21
	Ort.	163	130	119	129	148	197	170	135	161	193	176	129	112	89
	Komp.	154	138	115	118	136	203	195	128	164	180	162	138	128	76
	Max.	395	402	281	511	597	782	784	538	592	888	858	469	898	491
KOİ (mg/L)	Min	225	201	172	215	232	225	232	115	142	251	132	115	48	32
	Ort.	323	284	239	370	446	535	451	280	319	440	359	268	216	188
	Komp.	318	301	231	359	426	540	450	284	332	420	367	289	234	163
	Max.	197	146	139	108	11	68	245	209	273	417	419	221	430	201
AKM (mg/L)	Min	91	86	64	44	38	31	92	54	74	88	97	42	25	12
	Ort.	149	115	110	78	80	49	170	133	156	190	181	122	109	89
	Komp.	146	126	105	68	92	52	160	136	146	172	172	135	98	71
	Max.	19.6	20.7	21.9	35.6	31.4	38.4	23.0	14.6	17.9	35.1	21.4	15.1	21.5	9.8
TKN (mg/L)	Min	7.9	7.6	4.1	12.4	13.9	11.6	10.7	4.9	6.9	6.2	5.9	4.9	1.9	1.6
	Ort.	12.1	13.3	10.0	20.5	23.2	24.2	16.3	9.9	11.3	13.2	13.2	8.9	8.4	4.9
	Komp.	11.9	12.6	11.1	21.6	21.9	26.0	16.9	11.0	10.8	11.8	12.9	8.4	7.6	5.1
	Max.	2.8	2.9	4.3	5.8	5.2	7.1	5.1	3.8	4.9	5.6	6.9	3.6	4.6	1.6
TP (mg/L)	Min	1.2	1.2	0.8	1.2	2.3	2.1	1.9	1.1	0.9	0.6	0.9	0.7	0.2	0.2
	Ort.	1.9	2.0	2.1	2.8	3.4	4.5	3.0	2.0	2.4	2.3	2.2	1.7	1.6	0.9
	Komp.	1.9	1.9	1.9	3.1	3.1	4.8	2.7	2.4	2.1	1.9	2.1	1.7	1.3	1.0
	Max.	1.7	1.8	1.6	1.9	1.9	1.2	2.4	2.1	1.9	1.8	2.4	1.8	1.6	1.1
Sülfür	Min	0.5	0.8	0.5	0.9	1.1	0.6	0.6	0.4	0.3	0.1	0.3	0.2	0.1	0.1
	Ort.	1.3	1.2	1.2	1.3	1.6	0.8	1.5	1.2	0.9	0.6	1.2	1.0	0.5	0.4
	Komp.	1.1	1.5	1.3	1.2	1.6	0.8	1.7	1.2	0.9	0.5	1.2	1.1	0.4	0.4
	Max.	1.9	1.9	1.1	1.9	2.4	2.8	1.1	1.4	1.1	1.5	1.4	1.9	0.8	1.1
Fenol (mg/L)	Min	0.4	0.4	0.1	0.8	0.9	1.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.5	0.2	0.1	0.1
	Ort.	1.0	1.1	0.8	1.4	1.7	2.0	0.5	0.6	0.5	0.6	0.8	0.7	0.3	0.5
	Komp.	1.1	0.9	0.8	1.4	1.5	2.1	0.7	0.7	0.6	0.5	1.0	0.6	0.5	0.4

**Çizelge 5: İnceleme kapsamındaki hastane atıksularının 2 saatlik ve 24 saatlik kompozit numuneler için hesaplanmış KOİ/ BOİ<sub>5</sub>, BOİ<sub>5</sub>/TKN ve TKN/P oranları.**

İncelenen Hastane	Numune alma tarihi	2 saatlik anlık numuneler				Kompozit numuneler		
		KOİ/BOİ <sub>5</sub>		TKN/TP		KOİ/BOİ <sub>5</sub>	TKN/TP	BOİ <sub>5</sub> /TKN
		Max	Min	Max	Min			
CÜAU Hastanesi (servis)	10/11/95	2.1	1.8	9.2	5.1	2.1	6.3	12.9
	2/2/96	2.4	2.0	7.9	4.5	2.2	6.6	10.9
	22/7/96	2.2	1.9	8.2	4.1	2.0	5.8	10.4
CÜAU Hastanesi (lab.)	10/11/95	3.7	2.5	10.3	6.1	3.0	7.0	5.5
	2/2/96	3.4	2.6	8.1	5.6	3.1	7.1	6.2
	22/7/96	3.1	2.3	6.9	4.0	2.7	5.4	7.9
SSK Hastanesi	9/2/96	3.5	2.0	8.1	4.5	2.3	6.3	11.5
	20/7/96	2.5	1.5	8.8	3.2	2.2	4.6	11.6
	9/11/96	2.3	1.3	8.3	3.6	2.0	6.3	15.2
Numune Hastanesi	9/5/95	2.6	1.9	10.3	4.3	2.3	6.2	15.2
	1/11/95	2.4	1.6	8.3	3.4	2.3	6.1	12.5
	10/8/96	2.7	1.5	8.2	4.3	2.1	4.9	16.4
DDY Hastanesi	1/11/95	2.3	1.5	11.0	3.2	1.8	6.1	16.8
	18/6/96	2.4	1.5	8.0	4.2	2.1	5.1	14.9

Çizelge 5'ten de görüleceği üzere inceleme kapsamındaki bütün hastanelerin atıksularının KOİ/BOİ<sub>5</sub> oranları çoğunlukla 2 ve üzerinde seyretmektedir. Özellikle ayrı olarak incelenen CÜAU Hastanesi laboratuvar atıksularında bu durum daha bariz bir şekilde kendini göstermektedir. Bu nedenle hastane atıksularında biyolojik arıtmanın sağlıklı bir şekilde uygulanabilmesi için öncelikle bazı kimyasal arıtma proseslerinden geçirilmesi uygundur. Ayrıca TKN/TP ve BOİ<sub>5</sub>/TKN değerlerinde belirgin olarak gözlenen azot ve fosfor fazlalığı, seçilecek biyolojik arıtma tipinde nitrifikasyonlu biyolojik proseslerin tercih edilmesini zorunlu kılmaktadır. Aksi taktirde bu suların deşarj edildiği ortamlarda ötrifikasyon probleminin ortaya çıkması muhtemeldir.

Hastane atıksuları bünyesinde bulunduğu zehirli kimyasal maddeler açısından da oldukça önemlidir. Özellikle aletlerin sterilizasyonu ve dezenfeksiyonunda kullanılan dezenfektanlar ve laboratuvar atıksularında bulunan diğer metal ve ağır metal iyonları en önemli kirletici unsurlar arasında yer almaktadır. Bu kirleticilerin büyük çoğunluğu arıtma sistemlerindeki biyolojik aktiviteyi rahatlıkla inhibe edebilecek kabiliyete sahiptir. Dolayısıyla, hastane atıksularındaki yukarıda sözü edilen kirleticilerin miktarlarının bilinmesi gerekmektedir. Bu amaçla inceleme kapsamındaki hastane atıksularında ağır metal ve metal iyonlarının analizleri yapılmıştır. 2 saatlik numunelerde karşılaşılan maksimum ve minimum ve 24 saatlik kompozit numunelerde belirlenmiş ortalama ağır metal ve metal içerikleri Çizelge 6 da verilmiştir.

Çizelge 6'da verilmiş olan ağır metal ve metal içeriklerinin genel olarak literatürlerde verilen sınır değerlerin oldukça altında olduğu açıkça görülmektedir. Bu çizelgede dikkate değer durumdaki en önemli iyon kanserojen etkilerinin var olduğu bilinen Sr'dur. Bu iyon özellikle CÜAU Hastanesi atıksularında oldukça yüksek değerlerde bulunmaktadır. Değirmenci (1995)

tarafından yapılan bir çalışmada, bu iyonun yöredeki jeolojik birimlerden kaynaklandığı belirtilmiştir. İncelenen atıksularda, bir röntgen laboratuvarı atığı olarak bilinen Ag iyonuna genellikle rastlanmamıştır. Yapılan araştırmalar sonucunda röntgen laboratuvarlarından atılan gümüşlü atıksuların biriktirilerek geri kazanıma gönderildiği belirlenmiştir.

**Çizelge 6: İnceleme kapsamındaki hastanelerin atıksularında karşılaşılan ağırmetal ve metal içerikleri (ppm).**

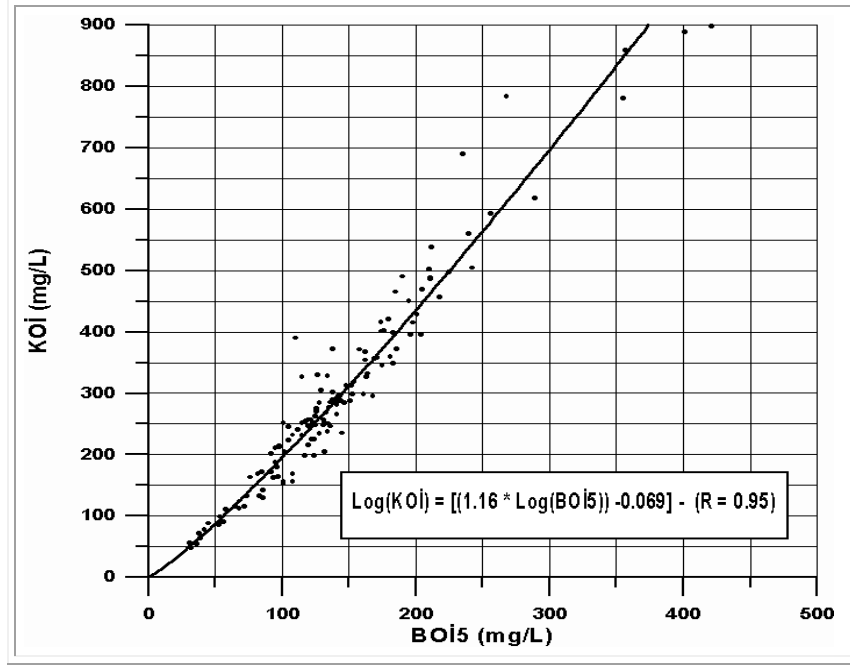
Hastane		Rb	Zn	Co	Cu	Pb	Fe	Cr	Ni	Li	Sr	Ag
<b>CÜAU (Servis)</b>	Max.	0	1.5	<0.06	0.08	0.28	0.9	<0.06	<0.08	0	5.91	0
	Min.	0	0.11	0	<0.04	<0.06	0.05	<0.06	<0.08	0	3.42	0
	Kmp*	0	0.35	<0.06	<0.04	0.11	0.1	<0.06	<0.08	0	4.4	0
<b>CÜAU (Lab.)</b>	Max.	<0.01	2.03	0.09	0.12	0.31	0.24	<0.06	<0.08	<0.01	6.36	<0.01
	Min.	<0.01	0.87	0.03	0.06	0.17	0.13	<0.06	<0.08	<0.01	3.21	<0.01
	Kmp*	<0.01	1.20	0.06	0.1	0.23	0.18	<0.06	<0.08	<0.01	6	<0.01
<b>SSK</b>	Max.	0	0.62	0	0.58	0.18	0.24	0	<0.08	<0.01	0.89	0
	Min.	0	0.09	0	0.02	0.02	0.05	0	<0.08	<0.01	0.19	0
	Kmp*	0	0.21	0	0.16	0.08	0.14	0	<0.08	<0.01	0.56	0
<b>Numune</b>	Max.	0	1.46	0.07	0.22	1.11	0.23	<0.06	<0.08	<0.01	1.46	0
	Min.	0	0.14	<0.03	0.03	0.06	0.03	<0.06	<0.08	<0.01	0.06	0
	Kmp*	0	0.47	0.03	0.1	0.43	0.09	<0.06	<0.08	<0.01	0.83	0
<b>DDY</b>	Max.	0	1.23	0.08	0.03	0.23	0.16	<0.06	0	0	2.26	0
	Min.	0	0.32	0.03	<0.03	0.09	0.01	<0.06	0	0	1.11	0
	Kmp*	0	0.67	0.06	<0.03	0.14	0.1	<0.06	0	0	1.46	0

\* Kompozit numunedeki ağırmetal ve metal içerikleri.

Yukarıda elde edilen sonuçlar her ne kadar literatürde verilen sınır değerlerin altında olsa da, CN, Cd ve Hg gibi ağır metal derişimlerinin analizleri yapılmasında fayda bulunmaktadır. Ayrıca hastane laboratuvarlarından ani ağır metal deşarjlarının yapılabileceği ihtimali de göz önünde bulundurulmalıdır.

Atıksu özelliklerinin değerlendirilmesinde genellikle BOİ<sub>5</sub> analiz sonuçları esas alınmaktadır. Ancak bu analizin 5 gün gibi uzun bir süre içerisinde sonuçlandırılması nedeniyle, pratikte, daha kısa bir zamanda sonucu alınabilen KOİ analizleri kullanılmaktadır. Çalışma kapsamında yapılan deneysel çalışmalar sonucunda elde edilen BOİ<sub>5</sub> değerlerine karşılık KOİ değerlerinin grafiğe geçirilmesiyle (CÜAU Hastanesi laboratuvar atıksuları hariç) bir anahtar eğrisi elde edilmiş ve KOİ - BOİ<sub>5</sub> arasındaki ilişki Şekil 2'de verilen eşitlikle tanımlanmıştır.

Bir atıksuyun herhangi bir deşarj ortamına verilmesi veya biyolojik arıtmaya tabi tutulması durumunda söz konusu ortamdaki harcayacağı maksimum oksijen miktarı, o suyun nihai BOİ'nin bilinmesi ile yapılabilir. Nihai BOİ'nin belirlenebilmesi için öncelikle BOİ hız katsayısının (k) bilinmesi gerekmektedir. BOİ hız katsayısının hesaplanmasında birçok metod kullanılmaktadır. Bu metotlardan en önemlileri; en küçük kareler metodu, günlük değişim metodu, ve Fujimoto metodu olarak verilebilir. Çalışma kapsamında, BOİ katsayısının belirlenebilmesi amacıyla Fujimoto metodu kullanılmıştır.



**Şekil 2: Sivas kentindeki hastane atıksuları için elde edilen KOİ-BOİ<sub>5</sub> anahtar eğrisi.**

Fujimoto metoduna göre, BOİ<sub>t</sub>'ye karşılık BOİ<sub>t+1</sub> eğrisi, eğimi 1 olan ikinci bir eğri ile aynı grafiğe çizilir. Bu iki eğrinin kesiştikleri nokta, nihai BOİ değerini vermektedir. Grafikten belirlenen BOİ<sub>L</sub> değeri vasıtasıyla aşağıdaki formülasyonlar kullanılarak BOİ hız katsayısı (k) bulunabilir (Tchobanoglous, 1987).

$$BOİ_t = BOİ_L (1 - e^{-kt}) ; -kt = \ln (BOİ_L - BOİ_t / BOİ_L)$$

Çalışma kapsamında alınan 24 saatlik kompozit numunelerin BOİ<sub>5</sub> ölçümlerinin günlük değişimleri baz alınarak, Fujimoto yöntemine göre çizilmiş grafiklerden elde edilen nihai BOİ değerleri ve ölçüm ve analizlerle bulunan BOİ<sub>5</sub> değerleri kullanılarak yapılan hesaplamalar sonucunda belirlenen BOİ hız katsayıları (k) Çizelge 7'de topluca sunulmuştur.

Çizelge 7'de verilen değerler dikkate alındığında, BOİ hız katsayısının (k) CÜAU Hastanesi servis atıksuları için 0.281 gün<sup>-1</sup>, CÜAU Hastanesi poliklinik ve laboratuvar atıksuları için 0.364 gün<sup>-1</sup>, SSK Hastanesi için 0.253 gün<sup>-1</sup>, Numune Hastanesi için 0.276 gün<sup>-1</sup>, ve DDY Hastanesi için 0.251 gün<sup>-1</sup> olarak kullanılmasının uygun olabileceği düşünülmektedir. Bu değerler evsel atıksular için literatür bilgilerine dayalı birçok teorik hesaplamalarda 0.23 gün<sup>-1</sup> olarak kabul edilmektedir (Tchobanoglous ve Burton, 1987).

**Çizelge 7: Çalışma kapsamındaki hastaneler için bulunan BOİ hız katsayıları(gün<sup>-1</sup>).**

CÜUA Hastanesi			DDY	
TARİH	Servis	Laboratuvar	TARİH	Hastanesi
10/11/1995	0.281	0.355	01/11/1995	0.260
22/07/1996	0.287	0.357	18/06/1996	0.243
02/02/1996	0.277	0.379	...	...
TARİH	SSK Hast.	TARİH	NUMUNE Hastanesi	
09/02/1996	0.245	09/05/1995	0.293	
09/11/1995	0.249	10/08/1996	0.268	
20/07/1996	0.266	01/11/1996	0.267	

## 5. HASTANE ATIKSULARININ ARITILMASINDA KULLANILABİLECEK TASARIM DEBİLERİ VE KİRLİLİK YÜKLERİ

Bir arıtma tesisinin tasarımı için öncelikle tesise gelecek kirlilik yüklerinin ve atıksu debilerinin gerçeğe yakın bir şekilde tahmini gerekmektedir. Bu amaç doğrultusunda yapılan çalışmalar neticesinde, bu makalenin 1. ve 2. bölümlerinde belirtilen değerler elde edilmiştir. Ancak bu gibi tesislerin güvenli bir şekilde çalışması için %10'luk bir emniyet payının ilave edilmesinin uygun olacağı düşünülmektedir. Buna göre inceleme kapsamındaki hastaneler için kullanılabilecek tasarım debileri ve kirlilik miktarları Çizelge 8'de topluca sunulmuştur.

**Çizelge 8: İnceleme kapsamındaki hastaneler için belirlenmiş tasarım debileri ve kirlilik yükleri.**

		C.Ü.U.A Hastanesi			SSK Hastanesi	Numune Hastanesi	DDY Hastanesi
		Servis	Lab.	Karışım*			
Debi (L/sn)	max.	6.5	1.7	8.2	4.6	4.0	1.2
	min.	4.9	1.3	6.2	2.7	2.5	0.5
Kirlilik Miktarı (mg/L)	BOİ <sub>5</sub>	145	165	150	180	175	105
	KOİ	310	485	345	395	395	210
	AKM	135	80	125	165	175	100
	TKN	13	25	15	14	12	8
	TP	2.0	4.0	2.5	2.6	2.0	1.4

\* Karışım ifadesi her iki atıksuyun kirliliğinin toplam debiyle orantılanmasıyla elde edilen sonucu belirtmektedir. Bu nedenle ilerideki hesaplamalarda CÜAU Hastanesi için bu karışım değeri kullanılmıştır.

Arıtma tesislerinin teorik olarak tasarımında en çok kullanılan yöntemlerden bir tanesi de kişi başına düşen kirlilik yüklerinden faydalanılmasıdır. Literatürde bu amaçla yapılmış çalışmalar sonucunda, bir kişinin herhangi bir evsel atıksuya verdiği kirlilik miktarının yaklaşık olarak 54 grBOİ<sub>5</sub>/kişi.gün olduğu bulunmuştur. Bu değerden faydalanılarak o suyun BOİ<sub>5</sub>'i yaklaşık olarak tahmin edilebilmektedir. Bu çalışmada benzer bir değer hastane atıksularında mevcut olup olmadığı araştırılmıştır. Bu amaçla her hastane için mevcut birimlerin kullandığı su

miktarlarından eşdeğer yatak sayıları hesaplanmıştır. Ayrıca Çizelge 8’de verilen debi ve kirlilik miktarları kullanılarak toplam kirlilik yükleri kg/gün olarak belirlenmiştir. Daha sonra bu değerler toplam eş değer yatak sayısına bölünerek yaklaşık olarak yatak başına düşen kirlilik yükleri kg/gün.yatak olarak bulunmuştur. Elde edilen sonuçlar ise Çizelge 9’da kısaca özetlenmiştir.

Çizelge 9’dan da görüleceği üzere özellikle SSK ve numune hastanesi atık suları birbirine oldukça benzer özelliklere sahiptir. Bu nedenle de, bu hastanelere yapılacak arıtma tesislerinin tasarımı için kullanılabilir kirlilik yükleri de birbirine benzerlik göstermektedir. Yapılan inceleme sonucunda Çizelge 9’da belirtilen BOİ<sub>5</sub>, AKM ve TKN kirlilik miktarlarıyla, yine

Çizelge 9’da verilen yatak başına düşen kirlilik yükleri arasında doğrusal bir ilişki mevcut olduğu gözlenmiştir.

### **Çizelge 9: İnceleme kapsamındaki hastane atıksuları için elde edilen yatak başına kirlilik yükleri.**

<b>Hastaneler</b>	<b>Eşdeğer yatak sayısı</b>	<b>BOİ<sub>5</sub> (g/yatak.gün)</b>	<b>AKM (g/yatak.gün)</b>	<b>TKN (g/yatak.gün)</b>	<b>TP (g/yatak.gün)</b>
CÜAU Hastanesi	1017	95	87	7.4	1.4
Numune Hastanesi	411	92	92	6.3	1.0
SSK Hastanesi	443	79	66	8.0	1.3
DDY Hastanesi	80	57	53	4.2	0.8

## **6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER**

Sivas kentinde bulunan hastanelerin atıksularında yapılan debi ölçümleri ve alınan 24 saatlik kompozit numunelerin analizlerinden elde edilen veriler doğrultusunda aşağıdaki sonuç ve önerilerin çıkarılması mümkündür.

- Yerinde yapılan 24 saatlik debi ölçüm sonuçlarıyla, teorik olarak su kullanım miktarlarından hesaplanan atıksu debileri birbirini desteklemektedir. Dolayısıyla teorik hesaplamalarda; su kullanımının yatak başına 600 L/gün, personel başına 65 L/gün, kafeteryada bir kişilik yemek için 30 L, poliklinik hasta ve ziyaretçi su kullanımı için 20 L/gün, kg çamaşır için 110 L ve laboratuvar başına su kullanımı için 5 m<sup>3</sup> alınması uygundur. Elde edilen toplam su kullanımının ise % 80’inin kanalizasyona geldiği kabulü yapılabilir.

- Hastane atıksuları genel itibariyle, hastane laboratuvarlardan gelebilecek ani deşarjların dikkate alınmaması durumunda, orta-kuvvetli evsel atıksulara benzer niteliktedir. Özellikle kış ve bahar aylarında atıksu kuvveti artmaktadır. Ayrıca hastanelerin mevcut kapasitelerindeki farklılıklar da atıksu kuvvetini etkilemektedir.

- Atıksuların pH’ları genel olarak 7-8 arasında olup, biyolojik arıtma için herhangi bir tehlike oluşturmamaktadır. Ayrıca bu sulardaki sülfür, fenol ve ağır metal konsantrasyonları genel olarak literatürlerde verilen sınır değerlerin altındadır. Ancak çalışmada CN, Cd ve Hg gibi

ağır metal derişimlerinin analizleri yapılamamıştır. Ayrıca hastane laboratuvarlarından ani deşarjların yapılabileceği ihtimali de göz önünde bulundurulmalıdır.

- SSK ve Numune hastanelerinin kapasite ve işlev bakımından oldukça benzer özellikler taşıması nedeniyle, bu hastanelerin atıksu analiz sonuçlarında da birbirine paralellikler gözlenmektedir. İncelenen hastaneler içerisinde kirlilik yükü bakımından en düşük atıksular DDY Hastanesi'nden deşarj edilmektedir. Bu hastanenin KOI/BOİ<sub>5</sub> ve TKN/P oranları diğer hastanelere benzer özellikler göstermesine rağmen, kirlilik parametreleri (BOİ<sub>5</sub>, KOI, AKM, TKN, TP, vd.) diğer hastanelere nazaran oldukça düşük değerlere sahiptir. Bu durumun hastanenin çok düşük kapasiteyle kullanılması, laboratuvar sayısının azlığı ve sınırlı sayıda laboratuvar analizinin yapılmakta olması vb. nedenlerle meydana geldiği tahmin edilmektedir.

- Bu suların KOI/BOİ<sub>5</sub> oranları ortalama olarak 1.8 ile 2.3 arasında değişmektedir. Ancak mevcut laboratuvarların çalıştığı saatlerde bu oran 2.3'ün oldukça üzerine çıkabilmektedir. Ayrıca TKN/P-PO<sup>4</sup> oranları ise 6/1 civarındadır. Buna göre hastane atıksularının arıtılmasında yalnızca biyolojik arıtmanın kullanılması yeterli olmayıp, kimyasal yöntemlerle takviye edilmesi önerilmektedir. Eğer mümkünse, laboratuvar ve servis atıksularının ayrı arıtma birimlerinden geçirilmesi uygundur.

- Bu hastaneler için pik debi ve kirlilik yükleri genel olarak 8:00 - 12:00 ve 16:00 - 19:00 saatleri arasında gözlenmektedir.

- Çalışma kapsamında yapılan deneysel çalışmalar sonucunda elde edilen BOİ<sub>5</sub> değerleri ile KOI değerleri arasında matematiksel bir ilişkinin var olduğu belirlenmiştir (Şekil 2).

- Hastane atıksularının BOİ hız katsayısının ortalama olarak CÜAU Hastanesi servis atıksuları için 0.281, CÜAU Hastanesi poliklinik ve laboratuvar atıksuları için 0.364, SSK Hastanesi için 0.253, Numune Hastanesi için 0.276, ve DDY Hastanesi için 0.251 olarak kullanılmasının uygun olabileceği düşünülmektedir.

- Bu çalışmanın yapıldığı hastane atıksularının arıtılması için yapılacak bir arıtma tesisinin tasarımında Çizelge 8'de verilen debi ve kirlilik yükleri rahatlıkla kullanılabilir.

- Yapılan hesaplamalar sonucunda inceleme kapsamındaki hastanelerin atıksularının BOİ<sub>5</sub>, AKM ve TKN miktarlarıyla yatak başına düşen kirlilik yükü arasında doğrusal bir ilişkinin var olduğu belirlenmiştir.

## 7. KAYNAKLAR

ALTIN, A.; DEĞİRMENCİ, M. (1996): Hastane Atıksularının Koagülasyon ve Flokülasyon Yöntemleriyle Arıtılabilirliğinin İncelenmesi. Bursa, I. Uludağ Üniversitesi Çevre Sempozyumu, ss. 143-153.

ALTIN, A.; DEĞİRMENCİ, M. (1998): Hastane Atıksularının Arıtılması. Kayseri, I. Atıksu Sempozyumu (Baskıda).

DEĞİRMENCİ, M.; (1995): Cumhuriyet Üniversitesi (Sivas) Kampüs Atıksuları Özellikleri ve Arıtılabilirliği. Erzurum, Atatürk Üniversitesi Çevre Sempozyumu.

MATSUSHIMA, H.; (1988): "A Selected Ion Monitoring Assay for Triclosan in Medical Waste Water: Biomedical and Environmental Mass Spectrometry", Vol.16, USA, 1988.

SAKURAI, N., MATSUSHIMA, H.; (1981): "Studies on the Treatment of Wastes from Medical Center". Japan Hamamatsu University School of Medicine.

ŞENGÜL, F., MÜEZZİNOĞLU, A., (1993): "Çevre Kimyası". İzmir, DEÜ Mimarlık Mühendislik Fakültesi Yayınları, N.228.

TANADA, M., MIYOSHI, T., (1990): Adsorption Removal of Cresol by Granular Activated Carbon for Medical WasteWater Treatment. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, Vol.45.

TCHOBANOGLIOUS, G., BURTON, F.L., (1987): "Wastewater Engineering Treatment, Disposal and Reuse". USA, Metcalf and Eddy Inc.

TÜRKMAN, A., GÜREL, N., (1986): Evsel Nitelikli Atıksu Özelliklerinin Zamansal ve Yerel Değişiminin Belirlenmesi. İzmir, Çevre 86 Sempozyumu Tebliğ Metinleri.