



**SİVAS ORGANİZE SANAYİ BÖLGESİ'NDE ATIKSU KARAKTERİZASYONU
VE ARITMA ALTERNATİFLERİ**

**(WASTEWATER CHARACTERIZATION IN SIVAS ORGANIZED INDUSTRIAL
DISTRICT (SOID) AND TREATMENT ALTERNATIVES)**

Ahmet Eker* , Fehiman Çiner*

ÖZET/ ABSTRACT

Organize Sanayi Bölgeleri (OSB)'nden kaynaklanacak atıksuların karakterizasyonunun tanımlanabilmesi sektör türü gözönünde bulundurularak sistematik bir yaklaşım yapılmalıdır. Bu amaçla Sivas Organize Sanayi Bölgesi (SOSB)'nde literatür bazlı ve deneysel atıksu karakterizasyonu yapılmıştır. %33,86 gibi düşük bir doluluk oranına sahip SOSB'nde, faaliyete geçen 33 işletmede 14 farklı, gelecekte açılması planlanan işletmelerle birlikte 18 farklı kategoride sektör bulunmasına rağmen ağırlıklı bir sektör dağılımı yoktur. Atıksu kompozisyonunun belirlenmesi için 2 saatlik, 8 saatlik ve anlık olmak üzere alınan 11 numunenin analizleri sonucunda SOSB atık suyunun kuvvetli evsel atıksu niteliği taşıdığı ve ağır metal parametrelerinin deşarj limitlerinin altında kaldığı belirlenmiştir.

Bu çalışmada, biyolojik ve kimyasal arıtılabilirlik alternatifleri de ortaya konmuş ve kireç ilaveli olarak Alüm 250 mg/l dozda pH 7'de %89 KOI, %68 AKM giderim verimi ile optimum olarak değerlendirilmiştir. SOSB atıksuları için arıtma alternatifleri belirlenmiş ; sırasıyla nötralizasyon havuzu, hızlı karıştırma, yavaş karıştırma, kimyasal çökeltim veya flotasyon havuzu ve çamur yoğunlaştırma ünitelerinden oluşan kimyasal arıtma önerilmiştir.

A systematic approach should be carried out by considering the sector type, in order to describe characterization of wastewaters originating from Organized Industrial District (OID). In this context, a wastewater characterization based on a literature survey and experimental studies has been done for Sivas Organized Industrial District (SOID). In SOID, currently has a low active capacity of 33,86 %. In spite of total 18 different sector categories including 33 enterprises of 14 different sector and the other that are planned to be established, there is not a major category. In order to determine the wastewater compositions 11 samples, grab 2-hr and 8-hr composities, were collected. As a results indicated that, the heavy metal concentrations are under the discharge limits and SOID wastewater represents strong municipality Wastewater characteristics.

In this study, chemical and biological treatability alternatives were also evaluated ; the optimum alum dose with lime addition was determined as 250 mg/l in order to obtain 89% COD , 68% TSS removal efficiency at pH 7. The treatment altenatives has been determined for SOID wastewater. Suggested chemical treatment alternative should, essentially, have the following units: neutralization, rapid mixing, slow mixing, chemical sedimentation or flotation unit and sludge thickening unit.

ANAHTAR KELİMELER / KEYWORDS

Organize Sanayi Bölgesi (OSB), atıksu karakterizasyonu, arıtılabilirlik, Sivas.
Organized Industrial District (OID), wastewater characterization, treatability, Sivas.

1. GİRİŞ

Türkiye’de hızlı nüfus artışına bağlı olarak ekonomik ihtiyaçlar da artış göstermiştir. Hızla sayıları artan insanların ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla ekonomik yatırımları artırma gereksinimi doğmaktadır. Tüketimin hızlı artması üretimi de artırmaktadır.

Endüstri devrimi ile kendini göstermeye başlayan çevre kirliliği, endüstriyel üretimin hem miktar, hem de üretim malları türü bakımından artmasına paralel olarak artmakta ve çeşitlilik kazanmaktadır. Günümüzde çevre kirlenmesinde en önemli payı endüstriyel kirlenme kaynakları almaktadır. Henüz detaylı bir çevre envanteri çalışması gerçekleştirilmediğinden, endüstriyel bölgelerden kaynaklanan atıksuların miktar ve karakterizasyonunun saptanmasında güçlüklerle karşılaşmaktadır. Bu sorun ise çevreye yönelik yatırımların sağlıklı sonuçlar vermesini engellemekte ve önemli ekonomik kayıplara yol açmaktadır.

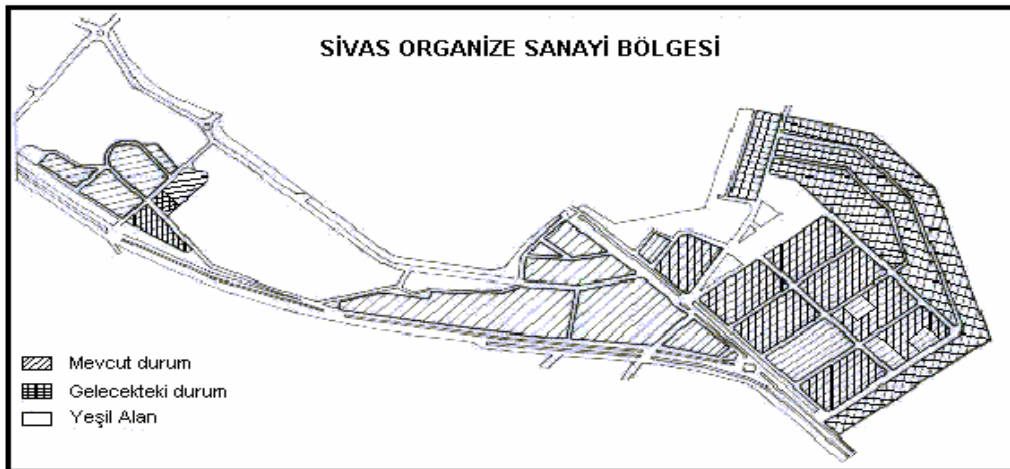
Ülkemizde 4562 sayılı OSB Kanununa göre kurularak hükmü şahsiyet kazanmış 216 adet OSB mevcuttur. Faaliyet halindeki OSB sayısı 59’dur. Bunların doluluk oranı yaklaşık % 67’dir. Faaliyette olan 59 adet OSB’den 17 adedinde atıksu arıtma tesisi olup, 9 adet OSB ise atıksularını belediye arıtma tesislerine veya kanalizasyon şebekesine vermektedir. Buna göre halihazırda faaliyette olan 33 adet OSB’nin atıksuları arıtılmadan çevreye verilmektedir (Sarıkaya, 2004).

Arıtma tesisi kurulma aşamasında OSB’nin kirlenme profilinin belirlenmesi gerekmektedir. Kirlenme profili ile OSB’nin genel atıksu karakterizasyonu ortaya konmakta, bu karakterizasyona göre ön arıtma yapması gereken tesisler ve mevcut yönetmeliklere göre genel arıtma ihtiyacı belirlenmektedir.

Bu çalışmada bölgesel bir yatırım olan Sivas Organize Sanayi Bölgesi alanı içinde yer alan sanayi kuruluşlarının sektörel dağılımı, endüstriyel bazda kirlenme potansiyelinin, atık yüklerinin ve debilerinin belirlenmesi, atıksu karakterizasyonunun yapılarak arıtım ihtiyacının belirlenmesi, arıtma alternatiflerinin geliştirilmesi amaçlanmıştır.

2. SOSB’NDE YAPILAN ÇALIŞMALAR

Organize Sanayi Bölgeleri’nde coğrafik ve ekonomik şartlar göz önüne alınarak kurulması düşünülen atıksu arıtma tesislerinin tasarımında ve maliyetlerinin belirlenmesinde OSB’deki endüstriyel kompozisyonun bilinmesi, oluşacak atıksu özelliklerinin ve miktarının tahmini ile kirlilik yüklerinin hesaplanması, arıtma teknolojisinin seçimi ve tasarımı gibi işlemler çalışmanın sistematüğini oluşturmaktadır (Şengül vd., 1997).



Şekil 1. Sivas Organize Sanayi Bölgesi genel durum planı

2.1. Kirlenme Profilinin Belirlenmesi

Kirlenme profili, bir endüstri tesisinin atıksu miktar ve kirlenme özelliklerinin proses, sektör ve alt sektör bazında, ortalama veya diğer anlamlı istatistik değerler ile mevcut ve gelecekteki durum için ifadesidir (Tünay, 1996). Organize sanayi bölgeleri gibi endüstriyel bölgelerde ve her bir endüstri tesisinde, yapılarına bağlı olarak çok değişik karakterde atıksu oluşabilmekte ve buna göre de arıtma ihtiyacı doğmaktadır (TÜBİTAK, 1995).

Endüstrilerin kirlenme yönünden tanımlanması için çeşitli yaklaşımlara yer verilir. Bunlar arasında endüstrilerin yerinde incelenmesi, endüstri ile ilgili temel bilgilerin sağlanması ile yapılan değerlendirmeler, aynı özellikteki endüstrilerin karşılaştırılması sayılabilir. Yapılacak karakterizasyon endüstrinin özelliklerinin ne amaçla belirlenmek istendiğine bağlıdır (Tünay, 1996).

2.2. Endüstrilerin Kirlenme Bazında Sınıflandırılması ve OSB’de Yapılan Çalışmalar

Kirlenme bazındaki sınıflandırmanın amacı endüstrilerin kirlenme karakterizasyonu ile birlikte kontrol çalışmalarının dayandırılacağı kendi içinde homojen grupları belirlemektir.

Bunun için ilk aşama, sektörlerin belirlenmesidir. Sektörlerin belirlenmesi tek başına yeterli olmadığından altsektörlerin tanımına geçilir. Altsektörlerin belirlenmesinde kirlenme ile doğrudan ilgili faktörlere ağırlık verilir (Tünay, 1996).

Bu çalışmada OSB’deki endüstriler tek tek ziyaret edilerek prosesler yerinde incelenmiş kirlilik yüklerinin belirlenmesine ve kategorizasyonuna yardımcı olacak anlamlı bilgilere ulaşılmıştır. OSB’deki tüm endüstriler Orhon ve diğ. (1996) tarafından hazırlanan “Endüstriyel Atıksuların Arıtılmasında Anlamlı Denetim Parametreleri ve Kirlilik Katsayılarının Belirlenmesi” çalışmasında kullanılan sektör ve altsektörleri kullanılarak sınıflandırılmıştır. Buna göre işletmeler 14 farklı sektöre ayrılmış, faaliyette olan, inşaat-proje halinde olan ve üretimini durduran tesislerin sektörel dağılımları Çizelge 1’de verilmiştir. Çalışmakta olan endüstrilerin sektör ve altsektörleri bazında sınıflandırılması Çizelge 2’de verilmiştir. Sivas OSB’nde mevcut işletmelerin sektörel dağılımları Şekil 2’de, gelecekte öngörülen sektörel dağılımları Şekil 3’de verilmiştir (Çiner vd., 2003; Eker, 2003).

Sıvı atıkların nicelik ve nitelik olarak incelenmesi amacıyla OSB atıksu ana kanalı çıkışından ve belirlenen öncelikli endüstrilerden 2 ve 8 saatlik kompozit olmak üzere alınan numunelerde klasik kirlilik parametreleri ölçülmüştür. Debinin belirlenmesi çalışmaları yapılmıştır (Eker, 2003).

OSB’de henüz faaliyete geçmemiş ve yetersiz veriye sahip endüstrilerde atıksu miktar ve karakterizasyonunun saptanmasında endüstriyel alan başına düşen atıksu miktarı ve bazı kirlenme parametreleri için kirlilik yükleri hesaplanmıştır. Arıtma sistemi seçimi yapılabilmesi amacıyla kimyasal ve biyolojik arıtılabilirlik alternatifleri için öneriler sunulmuştur.

2.3. Organize Sanayi Bölgelerinde Atıksu Kirlenme Kontrolü

Organize sanayi bölgeleri atıksularının arıtılmasında atıksuyun karakterizasyonuna ve ön arıtma bağlı olarak çok farklı yöntemler kullanılabilir. Ortak arıtma yapıp yapılmayacağı konusunda ekonomik, teknik ve idari hususlar dikkate alınarak karar verilmektedir (Samsunlu vd., 2001).

Endüstriyel atıksular ; proses atıksuları, soğutma suları, evsel nitelikli atıksular gibi pek çok değişik kaynaktan oluşabilmektedir. Bu atıksular, kirlenme bazında ve kaynağına göre; proses, proses dışı ve evsel nitelikli atıksular olmak üzere sınıflandırmaya tabi tutularak

kirletici özelliklerine göre fiziksel, kimyasal ve biyolojik parametrelerden gerekli olanlar ölçülür.

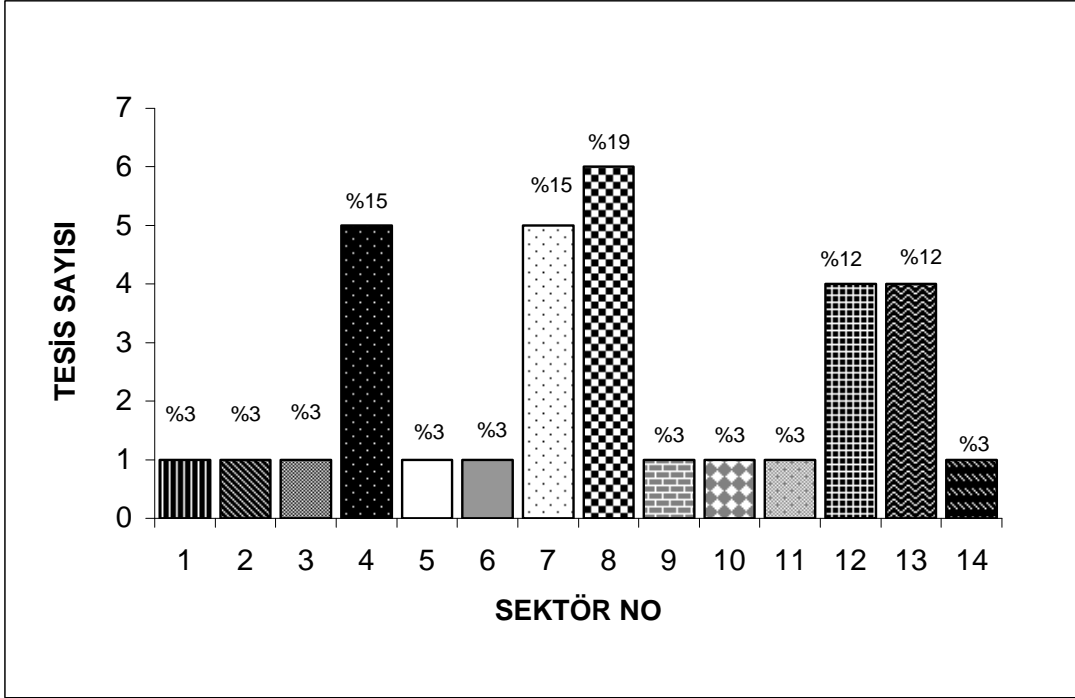
Çizelge 1. SOSB'ndeki tesislerin sektörel dağılımları (Çiner vd., 2003 ; Eker, 2003)

Sıra	Sektör Adı	Üretime Geçen	İnşaat Halinde	Üretime Geçme.	Üretimi Durduran	Proje Halinde	Toplam
1	Mezbaha ve Et Ürün.	1	-	-	-	-	1
2	Unlu Ürün. Ve Şekerl.	1	-	½	-	-	1½
3	Dökümhaneler	1	-	-	1	-	2
4	Metal Son İşlemleri	5	4	1	1	1	12
5	Alüminyum Şekillend.	1	-	-	-	-	1
6	Cam Endüstrisi	1	-	-	-	1	1
7	Sınıflandırılmamış End.	5	-	-	-	2	7
8	Plastik İşleme End.	6	2	-	2	1	11
9	Or.Kim.Md.,Pl.ve Sen.El.	1	-	-	-	-	1
10	Şeker Endüstrisi	1	-	-	-	-	1
11	Boya ve Mürekkep Ür.	1	-	-	-	1	2
12	Orman Ürünleri End.	4	2	-	-	7	13
13	Tekstil Endüstrisi	4	4	1	1	7	* 17
14	Diğer Gıda Mad.Üret.	1	-	-	-	2	3
15	Toprak Ürün. Ve Alçı	-	-	1	-	-	1
16	Süt ve Süt Ürünleri	-	1	½	-	-	1½
17	Emayeleme Endüstrisi	-	-	-	1	-	1
18	Kauçuk Endüstrisi	-	-	-	1	-	* 1
19	İlaç Endüstrisi	-	-	-	1	-	1
	Toplam	33	13	4	8	22	80

NOT: 1 adet işletme 2 farklı sektör grubunda üretim yaptığından buradaki her bir sektör ½ olarak alınmıştır. * 1 adeti açılmayacak

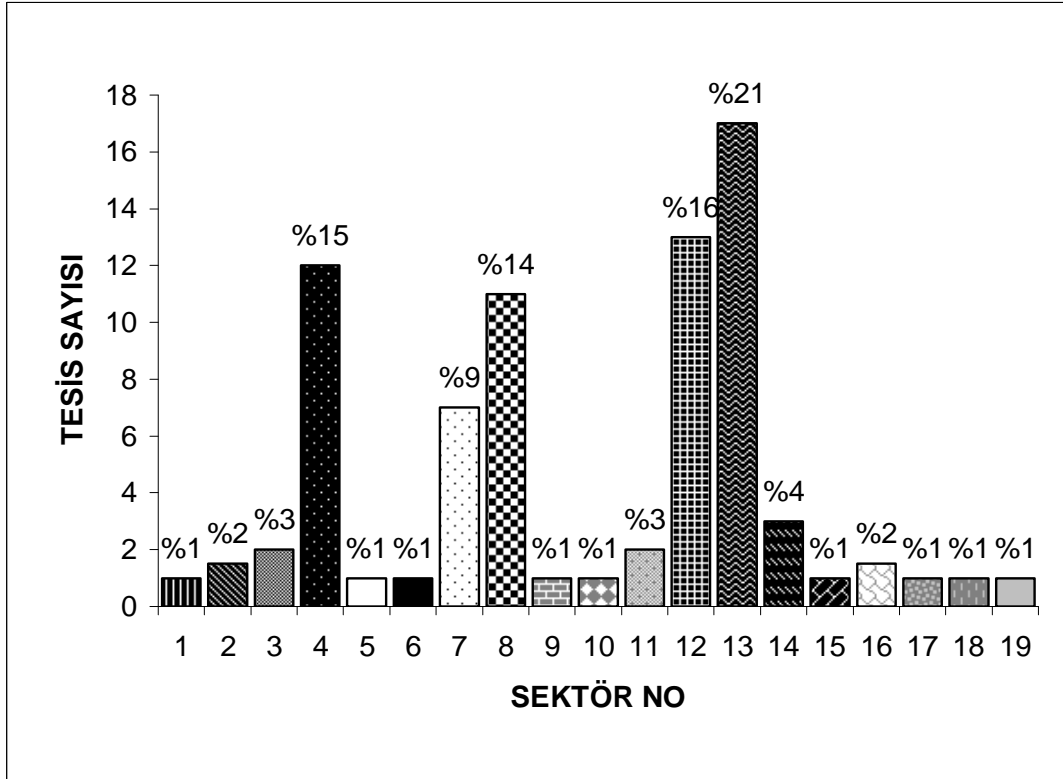
Çizelge 2. Sivas OSB'ndeki tesislerin sektör ve altsektör bazında sınıflandırılması (Çiner vd.,2003)

Sektör	Altsektör	Tesis sayısı
Mezbaha ve Et Ürün.Tesisi	Et işleme	1
Unlu Ürün. Ve Şekerl. End.	--	1
Şekerleme Endüstrisi	Küp şeker üretimi	1
Dökümhaneler	Dökme demir	1
Metal Son İşlemleri	Adi metaller	5
Alüminyum Şekillendirme	Dövme	1
Cam Endüstrisi	Cam üretimi	1
Sınıflandırılmamış End.	--	5
Plastik İşleme Endüstrisi	Temashlı soğutma	5
Org. Kim. Mad., Plas. ve Sent.Elyaf	Oksidasyon dışı	2
Boya ve Mürekkep Üretimi	Su bazlı boya üretimi	1
Orman Ürünleri End.	Mobilya yapımı	4
Tekstil Endüstrisi	Kuru prosesler	4
Diğer Gıda Maddeleri Üret.	--	1
TOPLAM		33



NOT : Grafik Çizelge 1’de verilen sıra no.larına göre düzenlenmiştir.

Şekil 2. SOSB’nin mevcut sektörel dağılımı



NOT : Grafik çizelge 1’de verilen sıra no.larına göre düzenlenmiştir.

Şekil 3. SOSB’ nin gelecekte öngörülen sektörel dağılımı

İncelenen proses atıksuyu için sektör ve altsektör bazında öngörülen deşarj standartları gözönünde bulundurularak uygulanacak arıtma kademesi belirlenir.

Endüstriyel atıksu arıtılmasında Çevre mühendisliğindeki fiziksel, kimyasal ve biyolojik hemen her türlü temel işlem ve proses kullanılmaktadır. Çeşitli endüstriyel atıksuların arıtımından önce ön arıtılabilirlik çalışmalarının yapılarak uygulanacak tasarım kriterlerinin ve elde edilebilecek arıtma verimlerinin belirlenmesi gerekir. Tasarım yapılırken gelecekteki gereksinimleri de karşılayacak şekilde esnek ve uyumlu bir tasarım yapmaya dikkat edilmelidir (Tünay ve diğ., 1991 ; Tünay, 1996).

2.4. SOSB'nin Proses ve Kirlenme Profiline Belirlenmesi

SOSB'nde mevcut üretim yapan 33 adet tesiste 1173 kişi çalışmaktadır. Proje-inşaat halindeki kesimde 2696 kişinin, tahsisi yapılmayan alanda ise 2083 kişi olmak üzere, tam doluluk oranına ulaşıldığında toplam 5952 kişinin çalışacağı esas alınmıştır. Çalışır vaziyette olan her endüstriyel sektör için kullanılan su ve atıksu miktarları, anket formlarından elde edilen bilgilere göre çıkartılmış ve Çizelge 3'te verilmiştir.

Çizelge 3. SOSB'ndeki tesislerin su kullanımı ve atıksu miktarı (Çiner vd., 2003 ; Eker, 2003)

Sektör	Altsektör	Q _{evsel} m ³ /gün	Q _{proses} m ³ /gün	Q _{proses-dışı} m ³ /gün	Sulama m ³ /gün
Mezbaha ve Et Ürün.	Et işleme	0.25	8.00	--	--
Unlu Ürün. Ve Şekerl.	--	0.75	5.00	--	--
Şekerleme Endüstrisi	Küp şeker üretimi	0.10	1.00		
Dökümhaneler	Dökme demir	8.13	--	7.00	5.0
Metal Son İşlemleri	Adi metaller	2.78	0.90	13.15	4.0
Alüminyum Şekil.	Dövme	0.75	--	4.00	--
Cam Endüstrisi	Cam üretimi	0.50	6.00	--	--
Sınıflandırılmamış E.	--	3.60	30.00	--	--
Plastik İşleme End.	Temaslı soğutma	1.90	70.60	--	--
Org. Kim. Mad., Plas. ve Sent.Elyaf Üret.	Oksidasyon dışı	1.00	1.00	--	--
Boya ve Mürekkep Ür.	Su bazlı boya ür.	0.25	0.25	100.0*	--
Orman Ürünleri End.	Mobilya yapımı	5.00	--	--	10.0
Tekstil Endüstrisi	Kuru prosesler	5.60	--	3 + 30**	--
Diğer Gıda Mad. Üret.	--	0.10	0.10	--	--
TOPLAM		30.70	122.85	157.15	22.0

* Boya yapımında ilave ediliyor

** Nem üretmek için kullanılıyor

SOSB'ndeki tesislerin, benzer çalışmalardakinden nispeten daha küçük olması nedeniyle evsel atıksuların miktarının belirlenmesinde 25 L /N.G su tüketimi kabul edilmiştir. Ancak bazı endüstrilerde kuyular vasıtasıyla çekilen suların kullanılması ve bunların gerçek miktarlarının belirtilmemesi nedeniyle anket formlarına göre tespit edilen debi ile ölçülen debi arasında fark oluşmuştur. Kanalizasyon ana kanalının bağlı olduğu bir çıkış noktası olmadığından debi ölçümüne uygun yer bulunamamış ancak boru doluluk oranı ve akış hızından yola çıkılarak, anket çalışmalarından elde edilen bilgilerin ışığında, kullanılan su ve oluşan atıksu miktarlarından toplam debi tahmini yapılmıştır (Eker, 2003).

2.5. SOSB’nde Atıksu Karakterizasyonu ve Kirlilik Yükleri

2.5.1. Mevcut Durum İçin Belirlenen Atıksu Karakterizasyonu ve Kirlilik Yükleri

Evsel Nitelikli Atıksu Miktar ve Yükleri: Endüstrilerde evsel amaçlı kullanımlar sonucu oluşan atıksu miktarının ve toplam kirletici yüklerinin belirlenmesinde BOI₅: 200-400 mg/l ; KOI: 500-1000 mg/l ; AKM: 220-235 mg/l ; TKN: 20-30 mg/l ; T-P: 4-10 mg/l ; Yağ-Gres : 50-100 mg/l değerleri alınmıştır. Literatürde evsel amaçlı kullanımlar sonucu oluşan atıksu miktarı 30-65 L/işçi-gün aralığında verilmiştir (Toröz vd., 1994; Tünay vd., 1996). Ancak Sivas OSB’deki tesislerin nispeten küçük olması ve suyun içilebilirlik kalitesinin düşük olması nedeniyle evsel atıksuların miktarının belirlenmesinde 25 L/işçi-gün esas alınmıştır. Evsel amaçlı kullanım sonucu oluşan atıksu debisi çalışan sayısından tespit edilmiş, kirletici parametreler için literatürde verilen konsantrasyon değerleri esas alınarak oluşan günlük kirlilik yükü hesaplanmıştır.

Endüstriyel Atıksu Miktar ve Yükleri: Endüstrilerin sektörel dağılımlarına göre kirlilik yükleri Çizelge 3’de verilen atıksu miktarları göz önüne alınarak benzer çalışmalarda (Orhon vd., 1996; Tünay vd., 1996; Germirli vd, 1997) olduğu gibi literatür esaslı olarak hesaplanmıştır. Endüstrilerin literatür esaslı kirlenme profilinin belirlenmesinde Orhon ve diğ. (1996) çalışmasında verilen konsantrasyonlar ile günlük oluşan endüstriyel atıksu miktarı çarpılarak endüstriyel kirlilik yükleri hesaplanmıştır.

Atıksu Karakterizasyonu: Sivas OSB için yapılan kirletici yük hesabında izlenen yaklaşımın hassasiyetini ve uygulanabilirliğini ortaya koymak amacıyla çalışma kapsamında anlık, 2 saatlik ve çoğu endüstrinin sekiz saat çalışması nedeniyle hafta içi günlerde 8 saatlik kompozit olmak üzere ana kanaldan numune alınmıştır. Referans işletmelerden ve OSB ana çıkış kanalından alınan numunelerde klasik kirlilik parametreleri ölçülmüştür. Hesaplanan evsel ve endüstriyel atıksu kirlilik yüklerinden yola çıkılarak, toplam kirlilik yükünün toplam debiye bölünmesiyle tahmin edilen kirletici konsantrasyon değerlerine ulaşılmıştır. Çizelge 4’de deneysel olarak elde edilen atıksu karakterizasyonu ve tahmin edilen kirlilik değerleri birlikte verilmiştir.

Farklı zamanlarda yapılan analiz sonuçları toplu olarak değerlendirilerek, bölge atıksularının tipik özellikleri çıkartılmıştır. Bu amaçla, istatistiksel yaklaşım uygulanmış, elde edilen ölçüm sonuçları değerlendirilmiş, kirletici yüklerinin en düşük ve en yüksek konsantrasyon değerleri ile ortalaması, standart sapması ve uygulanabilir tahmini konsantrasyon aralığı tespit edilmiştir. Analiz sonuçlarına göre istatistiki değerlendirme Çizelge 4’de verilmiştir (Eker, 2003). Literatürde bu değerler kuvvetli evsel atıksu karakteri olarak tanımlanmaktadır (Tchobanoglous and Burton, 1991).

2.5.2. Gelecekteki Durum İçin Belirlenen Atıksu Karakterizasyonu ve Kirlilik Yükleri

Evsel Nitelikli Atıksu Miktar ve Yükleri: Sivas OSB’de bölgenin nispeten küçük olması ve içilebilirlik kalitesinin düşük olması nedeniyle gelecekte tüm işletmelerin faaliyete geçerek % 100 doluluk oranına ulaşması halinde de su tüketiminin 25 L/işçi-gün olacağı kabul edilmiştir. Endüstrilerden kaynaklanan evsel nitelikli kirlilik yüklerinin belirlenmesinde daha önce verilen literatür değerleri esas alınmıştır. Tahsisi yapılmış fakat faaliyete geçmemiş, inşaat halinde ve inşaatı bitip üretime geçmeyen endüstrilerin faaliyete geçmesi halinde endüstrilerden kaynaklanacak evsel atıksu miktar ve kirlilik yükleri, fizibilite raporlarından elde edilen bilgilere göre hesaplanmıştır.

Çizelge 4.SOSB için hesapla tahmin edilen ve ölçülen kirlilik değerlerinin karşılaştırılması (Eker, 2003)

Parametre	Hesapla Tahmin Edilen		Ölçülen		Tahmin Edilen Aralık (mg/l)
	Min. (mg/l)	Max. (mg/l)	Min. (mg/l)	Max. (mg/l)	
DEBİ (m ³ /gün)	180,7*		259,2	518,4	-
KOI	1273,7	1354,8	520	1542	926,5 ± 337,6 (588,9 - 1264,1)
BOI ₅	188,1	220,5	135	665	399± 146,2 (252,8 - 545,2)
AKM	1949,6		125	1088	432,6 ± 294,7 (137,9 - 727,3)
TKN	12,1	13,7	4,5	34,5	10,22± 9,34 (0,88 - 19,56)
T-P	3,7	4,7	0,24	2,8	1,75± 0,91 (0,84 - 2,66)
Yağ-Gres	503,8	511,9	18,4	63,6	41± 22,6 (18,4 - 63,6)
Zn	24,3		0,277	1,33	0,62 ± 0,49 (0,13 -1,11)
Ni	1,5		< 0,05**	0,134	0,09 ± 0,035 (0,055 - 0,125)
Cu	1,0		< 0,1 **	0,346	0,25 ± 0,11 (0,14 - 0,36)
Pb	0,44		0,11	0,2	0,14 ± 0,042 (0,098 - 0,182)
T – Cr	0,15		0,06	0,24	0,15 ± 0,073 (0,077 - 0,223)
Florür	-	-	0,21	0,84	0,525 ± 0,099 (0,426 - 0,624)

* Debi değeri anket formlarından alınan değerlerin toplamıdır ** Ölçüm limitlerinin altında bulunmuştur.

Endüstriyel Atıksu Miktar ve Yüklerinin Tahmini: Tahsisi yapılmış fakat faaliyete geçmemiş, inşaat halinde ve inşaatı bitip üretime geçmeyen endüstrilerin faaliyete geçmesi halinde oluşacak endüstriyel atıksu miktar ve kirlilik yükleri fizibilite raporlarından elde edilen sektörlere göre hesaplanmıştır. Kirlenme yükünün (literatür esaslı) hesaplama yöntemiyle belirlenmesi çalışmalarında, Orhon ve diğ. (1996) çalışmasında verilen konsantrasyonların, günlük oluşacağı varsayılan endüstriyel atıksu miktarı ile çarpımından endüstriyel kirlilik yükleri hesaplanmıştır.

Sivas OSB’de tüm işletmelerin faaliyete geçmesi durumunda oluşacak endüstriyel atıksu kirlilik yükleri ile mevcut işletmelere ait endüstriyel kirletici yüklerin toplamının tahsis edilmiş alana bölünmesi ile birim hektar alan başına düşen kirletici yükü tespit edilerek toplam endüstriyel kirlilik yüküne ulaşılmıştır.

Gelecekteki Durum İçin Tahmin Edilen Atıksu Özellikleri: Görgün ve diğ. (1996)’nin çalışmalarında da belirtildiği gibi sektörel kompozisyonu bilinmeyen OSB’lerde doğal sanayi eğilimine uygun endüstrileşme olacağı kanaatinden yola çıkılarak Sivas OSB’de mevcut çalışan endüstrilerin kirlilik yük ve kompozisyonuna ilaveten tahsisi yapılmış, ancak inşaatı bitip üretime geçmemiş, inşaat ve proje halinde olan alanlar için fizibilite raporlarında

belirtilen bilgiler doğrultusunda, sektörel kompozisyonlarına göre belirlenen tahmini kirlilik yüklerinin, toplam debiye bölünmesi ile tahmin edilen atıksu kompozisyonu bulunmuş ve Çizelge 5’de verilmiştir (Eker, 2003).

Çizelge 5. Tüm işletmelerin faal olduğu durumda tahmin edilen kirlilik yükü ve konsantrasyonları (Eker, 2003)

Parametre	Tüm İşletmelerin Faal Olduğu Durumda Kirlilik Yükleri (kg/gün)			Tahmin Edilen Konsantrasyon (mg/l) (D)
	Hesaplanan Eysel Kirl. Yükü (A)	Hesaplanan End. Kirl. Yükü (B)	Toplam Kirlilik Yükü (C= A+B)	
DEBİ (m ³ /gün)	148.808	1444.65	1593.46	1593.46
KOI	111.606	3416.15	3527.76	2213.90
BOI ₅	44.643	700.63	745.27	467.71
AKM	42.411	1618.20	1660.61	1042.14
TKN	3.720	28.73	32.45	20.37
T-P	1.042	2.40	3.44	2.16
YAĞ-GRES	11.16	560.12	571.28	358.51
Zn	-	32.62	32.62	20.47
Ni	-	3.33	3.33	2.09
Cu	-	1.09	1.09	0.69
Pb	-	0.14	0.14	0.09
T-Cr	-	0.17	0.17	0.11

2.6. Arıtma Alternatifleri ve Sistem Seçimi

2.6.1. Mevcut Durum İçin Arıtma Alternatifleri Ve Seçimi

Arıtılabilirlik çalışmaları ve arıtma alternatifleri ele alınmadan önce Sivas OSB atıksu kirlilik konsantrasyonları deşarj standartları ile karşılaştırılmış ve arıtma ihtiyaç yüzdeleri belirlenerek Çizelge 6’da verilmiştir.

SOSB’nde yer alan işletmelerin küçük ve orta ölçekli olması, çok farklı sektörel kategorizasyona sahip olması, planlı bir parsel dağıtımının yapılmamış olması, işletmelerin süreklilik arz eden bir üretime sahip olmaması ve mevsimsel değişmesi, az su tüketen proseslere sahip olmasının yanı sıra alınan numunelerin tamamının çok farklı karakterizasyonda olması ve debinin çok değişken olması gibi hususlar göz önüne alındığında burada biyolojik bir arıtma alternatifinin uygulanmasının zor olduğu görülmektedir. Ancak daha az maliyetli bir arıtma alternatifi olduğundan ve ön değerlendirme bakımından, OSB atıksularının kurulacak merkezi bir biyolojik arıtma ünitesine gelmesi durumu ve sanayi kuruluşlarının tamamının ön arıtma yapmadan toplanan atıksularını belediye şehir kanalizasyonuna bağlaması durumunda ; gelecekte yapılacak olan kentsel atıksu arıtma tesisinin arıtma verimine OSB atıksularının etkisinin belirlenmesi amacıyla biyolojik arıtılabilirlik deneyleri yapılmıştır. Biyolojik arıtılabilirlik denemelerinden sonra kimyasal arıtılabilirlik çalışmaları da yapılmıştır.

Biyolojik Arıtılabilirlik: Biyolojik arıtılabilirlik çalışmaları iki aşamalı olarak uygulanmıştır. Birinci aşamada, OSB atıksularının kurulacak merkezi bir biyolojik arıtma ünitesine gelmesi durumunda, arıtma veriminin tespiti amacıyla yapılan çalışmada ; 2 litrelik

atıksu hacminde kesikli (batch) olarak işletilen laboratuvar ölçekli reaktör kullanılmıştır. Tam karışım ve oksijen ihtiyacı akvaryum pompası ile sağlanmıştır. Biyolojik arıtmada C:N:P (100:5:1) oranını temin etmek için gerekli nutrient madde ilavesi yapılarak oda sıcaklığında çalışılmıştır. Çalışmalar 10 günlük aklimasyon çalışmasından sonra mikroorganizma konsantrasyonu 3000-4000 mg MLSS/L aralığında tutularak F/M = 0,1 oranında çalışılmıştır. Bekleme süresi 1 gün ve günlük atılan çamur miktarı 150 mL civarında olup çamur yaşı 7 gündür. Deneylere KOI giderim veriminin % 14 – 24 gibi çok düşük değerlerde olması nedeniyle 24 gün boyunca devam edilmiştir.

Çizelge 6. Sivas OSB atıksuları için elde edilmesi gereken arıtma verimi (Eker, 2003)

Parametre	Derişim Aralığı (mg/l)	Deşarj Standartları (mg/L)				Arıtma** Verimi (%)	
		İSKİ	SKKY***	SKKY***	SKKY****	SKKY Tbl. 19	İSKİ
			Komp. 2 sa.	Komp. 24 sa			
pH	8.71± 0.80 (7.91 - 9.51)	5.5 – 10	6-9	6-9	6.5 – 10	-	-
KOI	926.5 ± 337.6 (588.9 - 1264.1)	800*	400	300	4000	68	37
BOI ₅	399± 146.2 (252.8 - 545.2)	250*	200	100	-	63	54
AKM	432.6 ± 294.7 (137.9 - 727.3)	350	200	100	500	73	52
TKN	10.22± 9.34 (0.88 - 19.56)	40	-	-	-	-	-
T-P	1.75± 0.91 (0.84 - 2.66)	10	2	1	-	25	-
Yağ-Gres	41± 22.6 (18.4 - 63.6)	50	20	10	250	69	21
Zn	0.62 ± 0.49 (0.13 - 1.11)	5	5	-	10	-	-
Ni	0.09 ± 0.035 (0.055 - 0.125)	10	-	-	5	-	-
Cu	0.25 ± 0.11 (0.14 - 0.36)	10	3	-	2	-	-
Pb	0.14 ± 0.042 (0.098 - 0.182)	3	2	1	3	-	-
T – Cr	0.15 ± 0.073 (0.077 - 0.223)	5	2	1	5	-	-

* Atıksuların kanalizasyon sistemi ile İSKİ'nin kurduğu biyolojik arıtma tesisine gidiyor ise bu tür endüstriyel atıksu kaynaklarında (BOI₅ ve KOI < 4000 mg/l) parametreleri değerlendirmeye alınmaz.

** Arıtma İhtiyacı SKKY Çizelge 19 ve İSKİ standartlarına göre hesaplanarak yuvarlatılmış değerler alınmıştır.

*** Tablo 19 Küçük ve Büyük OSB'ler, sektör belirlemesi yapılamayan Diğer Sanayiler.

**** Kanalizasyon sistemleri tam arıtma ile sonuçlanan atıksu altyapı tesislerinde.

İkinci aşama ; sanayi kuruluşlarının tamamının ön arıtım yapmadan toplanan atıksularını belediye şehir kanalizasyonuna bağlaması ve gelecekte yapılacak bir kentsel atıksu arıtma tesisine vermesi durumu için yapılan çalışmada da aynı düzenek ve çalışma koşulları kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan atıksu debi oranı, Sivas ilinin gelecekteki nüfus projeksiyonuna göre belirlenmiştir. Giriş KOI'sinin düşük olması nedeniyle MLSS miktarı

2500-3000 mg/L aralığında ve F/M=0,05 oranında çalışılmıştır. KOI giderme veriminin %40-60 gibi düşük bir değerde olması sebebiyle deneye 20 gün devam edilmiştir.

Ayrıca ağır metallerin inhibisyon etkisinin tespiti amacıyla, ölçülen değerlerle aktif çamur inhibisyon eşik seviyelerinin karşılaştırılması yapılmıştır. Sivas OSB ana kanalında ölçülen ağır metallerin minimum inhibisyon eşik seviyesinin altında kaldıkları görülmüştür.

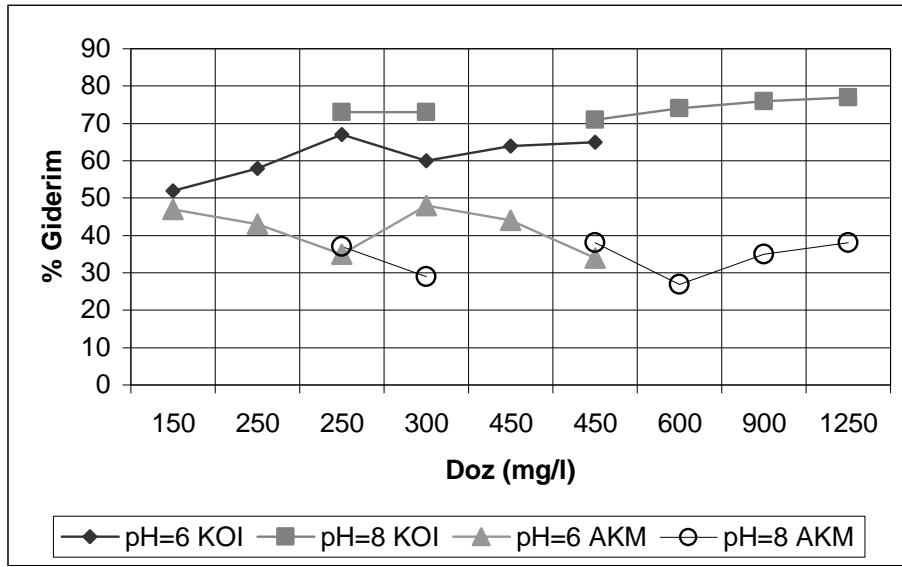
Kimyasal arıtılabilirlik: Mevcut durumda, biyolojik arıtılabilirlik çalışmalarında arıtma veriminin düşük olması, küçük ve orta ölçekli OSB'ler için Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği(1988)'nde istenen 2 ve 24 saatlik kompozit olmak üzere KOI (400/300 mg/l), BOI₅(200/100 mg/l), AKM(200/100 mg/l) limitlerinin üzerinde kalınması nedeniyle, atıksudaki yağ-gres konsantrasyonunun yüksek olması, Toplam P sınırının düşüklüğü ve metallerin de çöktürülebilirliği dikkate alındığında bölgede ortak kimyasal arıtma alternatifinin değerlendirilmesinin uygun olacağı öngörülmüştür. Kimyasal arıtılabilirlik çalışmaları, Al (III) ve Fe (III) metal tuzlarının tek başına ve kalsiyum tuzlarının kombinasyonu ile birlikte flokülant olarak polimer kullanılarak yapılmıştır. Ana kanal çıkışından alınan numunelerde Al(III) pH 4 – 9 aralığında 300 – 1000 mg / l, Fe (III) tuzları için pH 4 – 10 aralığında 150 – 1250 mg / l koagülant dozlarında kireç ilaveli ve ilavesiz olarak uygun pH ve koagülant dozlarında arıtılabilirlik çalışmaları yapılmıştır.

Çizelge 6'da tespit edilen arıtma verimi ve deneysel olarak tespit edilen arıtılabilirlik verilerine göre Sivas OSB'de sözkonusu olabilecek arıtma alternatifleri 3 başlık altında toplanmıştır :

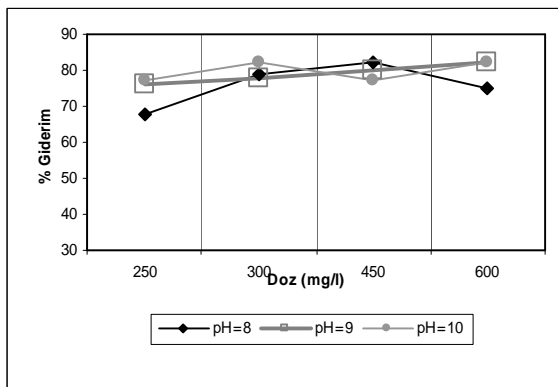
1. İşletmelerin tamamının ön arıtım yapmaksızın toplanan atıksuların belediye şehir kanalizasyonuna bağlanmasıdır. Genel karakteristik olarak Sivas OSB atıksuları, SKKY'ne göre "Sonu Arıtma Tesisine Ulaşan Küçük Sanayi Siteleri Atıksuları" deşarj standardı içerisinde kalmaktadır. Ancak Sivas'ta halen evsel atıksuların arıtımı için arıtma tesisi yapılmamış olup proje aşamasındadır. OSB' nin atıksu karakterizasyonu, SKKY (1988) Tablo 19'a göre küçük ve orta ölçekli OSB'lerden istenen 2 ve 24 saatlik kompozitlerin alıcı ortama deşarj sınırlarının üzerinde kaldığından doğrudan deşarjı uygun görülmemektedir. Ayrıca kentsel atıksu arıtma tesisi çalışmaya başladığında OSB atıksularının tesise gelmesi durumunda oluşacak arıtma verimini saptamak amacıyla biyolojik arıtılabilirlik çalışmaları yapılmıştır. Debi oranlarına göre karıştırılarak hazırlanan evsel atıksu ile OSB atıksuyunda yapılan biyolojik arıtılabilirlik çalışmasında, KOI gideriminde % 40 ila % 60 aralığında değişken ve düşük bir arıtma verimi tespit edilmiştir. Arıtma veriminin düşük ve değişken olması, biyolojik arıtma için yeterli debi olmaması ve kentsel atıksu arıtma tesisinin bulunmaması biyolojik arıtma tercihini zorlaştırmaktadır.
2. Öncelikli sektörlerdeki işletmelerin ön arıtma yapmasından sonra toplanan atıksuların belediye şehir kanalizasyonuna bağlanmasıdır. Bu senaryo için belirlenen öncelikli sektörlerden metal son işlemleri v.b. kategorilerine ait işletmeler çok dağınık olarak yerleşim gösterdiklerinden bu atıksuların toplanıp ön arıtma yapılması mümkün değildir. Ön arıtma uygulamasının her işletmede ayrı ayrı yapılması yüksek maliyet, idari ve teknik yönden işletme sorunları yaratacağından bu senaryoda uygun görülmemektedir.
3. Sivas OSB'deki tüm işletmelerin ön arıtma yapmaksızın (Mermerciler sektöründe bulunan işletmelerin mevcutta bulunan ön çökeltim havuzlarının aynı şekilde çalışması şartıyla) toplanacak atıksuların Belediye Şehir Kanalizasyonuna bağlanmadan önce kimyasal arıtma kademesinden geçirilmesidir. Evsel atıksularla ilgili literatür değerlerine oranla daha yüksek bir KOI/BOI₅ oranı, Toplam P limitinin düşüklüğü ve ağır metallerin çöktürülebilirliği, alınan her numunenin çok farklı karakterde olması, debinin değişkenliği ve düşüklüğü dikkate alındığında bölgede ortak kimyasal arıtma

alternatifinin değerlendirilmesinin uygun olacağı öngörülmüştür. Bu senaryo için önerilen kimyasal arıtmanın; nötralizasyon havuzu, hızlı karıştırma, yavaş karıştırma, kimyasal çökeltim veya flotasyon havuzu ve çamur yoğunlaştırma ünitelerinden oluşacağı esas alınmış olup arıtma verimlerinin tespiti ve planlanması için yapılan kimyasal arıtılabilirlik çalışmalarında elde edilen sonuçlar grafiksel olarak Şekil 4-12'de, en yüksek verim değerleri de Çizelge 7'de verilmiştir.

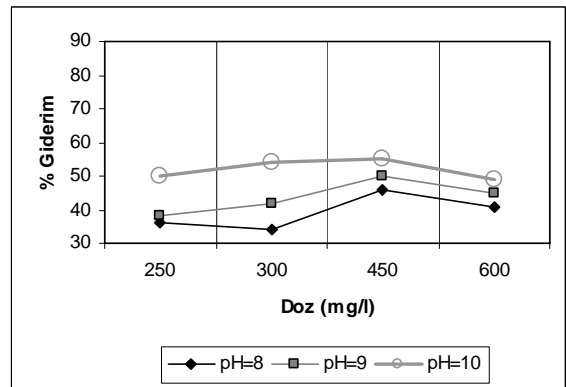
Yapılan arıtılabilirlik denemelerinin yanı sıra, kimyasal maddelerin fiyatları da araştırılmış olup en uygun kimyasal maddenin $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ olduğu tespit edilmiştir. Bu nedenle kimyasal arıtmada pH 7'de $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O + Ca(OH)_2$ 250 mg/l doz uygulaması tercih edilmesi uygun görülmüştür. Mevcut atıksu pH'ının 8-9,7 aralığında olması nedeniyle de işletme giderlerinden olan gerekli kimyasal madde ihtiyacı azalacaktır (Eker, 2003).



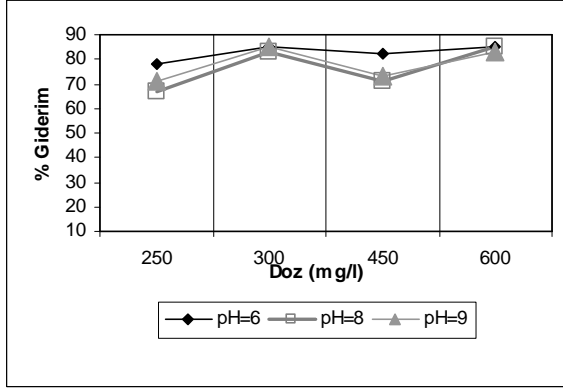
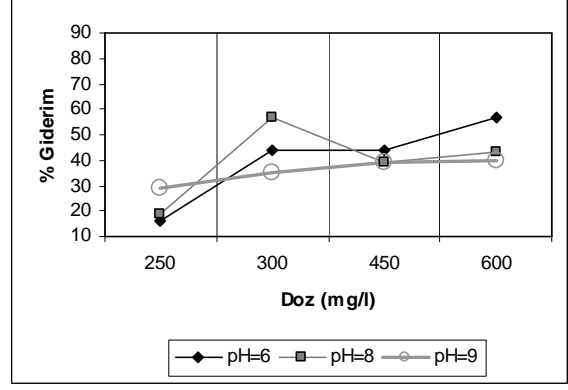
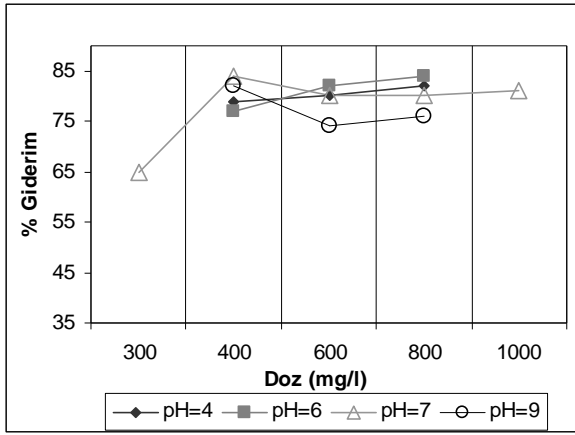
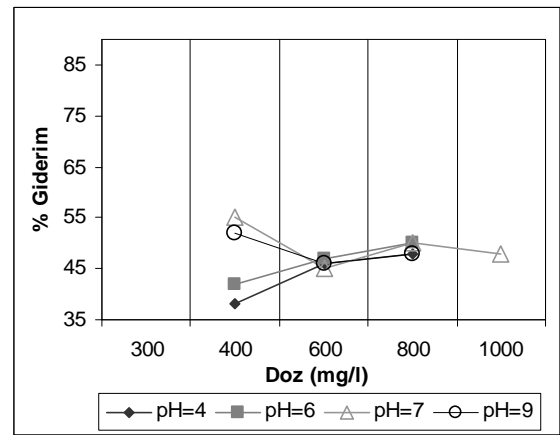
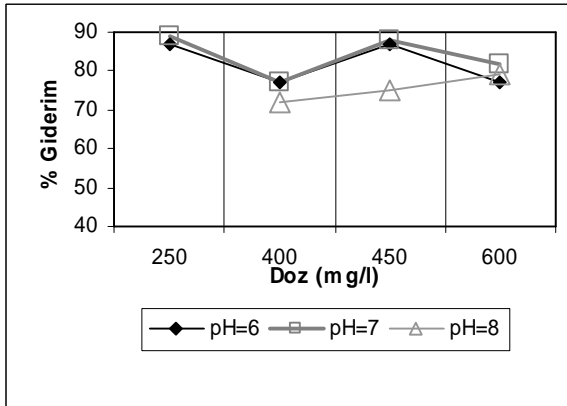
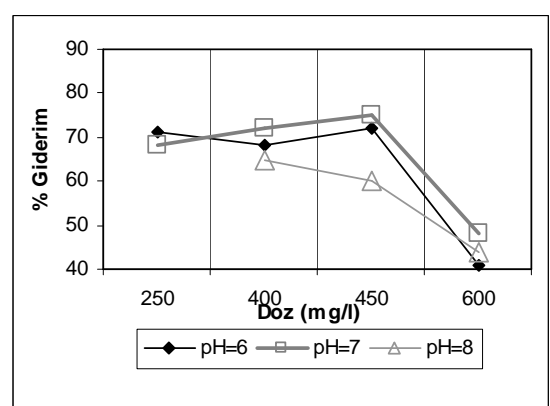
Şekil 4. $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ koagülantı ile KOI ve AKM Giderimi.



Şekil 5. $FeSO_4 \cdot 7H_2O + Ca(OH)_2$ koagülantı ile KOI Giderimi.



Şekil 6. $FeSO_4 \cdot 7H_2O + Ca(OH)_2$ Koagülantı ile AKM Giderimi.

Şekil 7. $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O} + \text{Ca}(\text{OH})_2$ koagülantı ile KOI Giderimi.Şekil 8. $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O} + \text{Ca}(\text{OH})_2$ koagülantı ile AKM Giderimi.Şekil 9 $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ koagülantı ile KOI Giderimi.Şekil 10. $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ koagülantı ile AKM Giderimi.Şekil 11. $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O} + \text{Ca}(\text{OH})_2$ koagülantı ile KOI Giderimi.Şekil 12. $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O} + \text{Ca}(\text{OH})_2$ koagülantı ile AKM Giderimi.

Çizelge 7. Kimyasal arıtılabilirlik çalışmalarında elde edilen en yüksek verim değerleri

Koagülant	Doz (mg/l)	KOI Giderimi (%)					AKM Giderimi (%)				
		pH					pH				
		6	7	8	9	10	6	7	8	9	10
FeSO ₄ .7H ₂ O	250			73					37		
FeSO ₄ .7H ₂ O+ Ca(OH) ₂	300					82					54
FeCl ₃ .6H ₂ O	250	82		76			65		52		
FeCl ₃ .6H ₂ O+ Ca(OH) ₂	300			83					57		
Al ₂ (SO ₄) ₃ .18H ₂ O	400		84		82			55		52	
Al ₂ (SO ₄) ₃ .18H ₂ O+Ca(OH) ₂	250		89					68			
	450		88					75			
Ca(OH) ₂	300					87					71
	600				39					20	

2.6.2. Gelecekteki Durum İçin Arıtma Alternatifleri Ve Seçimi

Sivas OSB’de tüm sanayi alanlarında endüstrilerin faaliyete geçmesi durumunda oluşacak ve Çizelge 5’de verilen atıksu kompozisyonuna göre ihtiyaç duyulan arıtım verimleri Çizelge 8’de hesaplanmıştır.

Çizelge 8. SOSB atıksularının gelecekteki durumu için elde edilmesi gereken arıtma verimi

Parametre	Konsantrasyon (mg/l)	Deşarj Standardı (mg/l)		Arıtma Verimi (%)**
		İSKİ	SKKY	
pH	-	5,5 – 10	6,5 – 10	-
KOI	2213,9	800*	4000	64
BOI ₅	467,71	250*	-	47
AKM	1042,14	350	500	66
TKN	20,37	40	-	-
T-P	2,16	10	-	-
Yağ-Gres	358,51	50	250	86
Zn	20,47	5	10	76
Ni	2,09	10	5	-
Cu	0,69	10	2	-
Pb	0,09	3	3	-
T – Cr	0,11	5	5	-

* Atıksuların kanalizasyon sistemi ile İSKİ’nin kurduğu biyolojik arıtma tesisine gidiyor ise bu tür endüstriyel atıksu kaynaklarında (BOI₅ ve KOI < 4000 mg/l) parametreleri değerlendirmeye alınmaz.

** Arıtma İhtiyacı İSKİ standartlarına göre hesaplanarak yuvarlatılmış değerler yazılmıştır.

Tahmin edilen atıksu kompozisyonunun KOI/BOI₅ oranı 4,82’dir. Ayrıca AKM’nin yüksek değerde olması ve yağ – gres arıtma ihtiyacının yüksek olması, flotasyon ve ön çökeltim ünitesinin gerekliliğini ortaya koymaktadır. Toplanacak atıksuların belediye şehir kanalizasyonuna bağlanmadan önce arıtma işleminden geçirilmesi gerekmektedir. Doğrudan belediye ana kollektörüne bağlanması durumunda deşarj standartlarının sağlanamaması nedeniyle bu kapsamda ele alınabilecek iki arıtma alternatifi mevcuttur.

1. Mevcut atıksuların arıtılması alternatifinde de uygun görüldüğü gibi gelecekteki durum için de kimyasal arıtım uygulaması tercih edilebilir.

2. Ancak daha önce de belirtildiği gibi kimyasal arıtımın biyolojik arıtıma göre daha pahalı olduğu dikkate alındığında ; gelecekte oluşacak renk, mikrokirletici ve ağır metal problemi için ; (a) ağır metal ve mikrokirleticilerin toksisite eşik seviyesinin altına indirilmesinin kimyasal arıtma yoluyla sağlanmasından sonra anaerobik biyolojik arıtma + aerobik biyolojik arıtma uygulaması veya (b) kimyasal oksidasyon tekniği uygulanabilir. Biyolojik arıtım uygulamalarında, debinin yetersizliği ve sürekli olmaması nedeniyle dengeleme havuzu yapılması ile yağ – gres'in arıtmaya zarar vermesinin engellenmesi için de flotasyon havuzunun yapılması gerekmektedir. Bu nedenle mevcut durumun birinci alternatifinde olduğu gibi merkezi arıtma yapılması önerilebilir (Eker, 2003).

3. SONUÇ VE ÖNERİLER

Planlı kalkınmanın bir gereği olarak geliştirilmiş olan OSB modeli, ülkemizde sanayileşmenin çevreye vereceği zararı en aza indirebilmek için en uygun modeldir. Bu nedenle organize sanayi bölgelerinin ve özellikle ihtisaslaşmış organize sanayi bölgelerinin oluşturulması teşvik edilmeli ve desteklenmelidir.

Çevre yatırımlarının en önemli ve ilk adımı olan veri toplama ve buna dayandırılan atıksu miktar ve özelliklerinin belirlenmesi özellikle ülkemizin hızlı endüstriyel gelişme gösteren yörelerinde sağlıklı bir şekilde yapılamamaktadır. Bu durum da, hem çevre kirlenmesinin önlenmesinde yetersizliklere, hem de büyük ekonomik kayıplara neden olmaktadır. Bu nedenle bu çalışma ve benzer çalışmalarda elde edilen verilerden yola çıkılarak birim atıksu miktarı ve kirletici yükleri hesaplanmalı ; elde edilen değerlendirme sonuçları yetersiz veriye sahip alan ve endüstriler için uygulanmalıdır.

SOSB'nin Türkiye'deki diğer karakterizasyon çalışmalarından farklılığı; ağırlıklı bir sektör dağılımının olmaması, küçük ve orta ölçekli işletmelerin bulunması, planlı bir parsel dağıtımının yapılmamış olması, işletmelerin süreklilik arz eden bir üretime sahip olmaması ve mevsimsel değişmesi, az su tüketen proseslere sahip olmasının yanı sıra alınan numunelerin tamamının çok farklı karakterde olması ve debinin çok değişken olmasıdır.

Sivas OSB'de yapılan atıksu karakterizasyon çalışması sonucunda, SOSB atık suyunun kuvvetli evsel atıksu niteliği taşıdığı ve ağır metal parametrelerinin deşarj standartlarının altında kaldığı belirlenmiştir. Arıtma alternatiflerinin belirlenmesi amacıyla yapılan arıtılabilirlik çalışmalarında ; kireç ilaveli alüm'ün pH 7'de 250 mg/l dozda kimyasal arıtmada kullanılması uygun görülmüştür.

Sivas kentine ait bir merkezi arıtma tesisinin olmaması nedeniyle mevcut SOSB atıksularının mutlaka kimyasal arıtma ünitesinden geçtikten sonra belediye şehir kanalizasyonuna bağlantısının yapılması gerekliliği ortaya konmuştur. Yapılması önerilen kimyasal arıtma ünitesinin veya gelecekte oluşabilecek farklı yapılaşmalardan sonra önerilebilecek arıtma ünitesinin mutlak surette uygulandıktan sonra atıksular Belediye kanalizasyonuna deşarj edilmelidir. Proje aşamasında mevcut durum ve gelecekteki durum için iki kademeli olarak inşaat ön görülmeli ve ikinci kısmın inşaatına, atıksu miktar ve karakterizasyon incelemelerinden sonra karar verilip başlanmalıdır.

KAYNAKLAR

- Çiner F., Sarıoğlu Cebeci M., Meriç Pagano S., Eker A., (2003): “Sivas Organize Sanayi Bölgesi’nde Kirlilik Karakterizasyonu”, Sivas, Cumhuriyet Üniversitesi M-192 no.lu Bireysel Araştırma Projesi.
- Eker A., Çiner F., Pagano S.M., (2002): “Endüstrilerin Kirleticilik Bazında Sınıflandırılması-Sivas Organize Sanayi Bölgesi Örneği”, Erzurum, Atatürk Üniversitesi I. Ulusal Çevre Sorunları Sempozyumu, s.61-70.
- Eker A., (2003): “Sivas Organize Sanayi Bölgesi’nde Atıksu Kirlenme Profili ve Arıtma Sistem Seçimi”, Sivas, Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek lisans tezi.
- Germirli F., Meriç S., Tünay O., (1997): “Pollution Loads From Industries in Elmalı Watershed Area”, Nicosia-North CYPRUS, International Conference on Water Problem in the Mediterranean Countries, November 17-21, p.955-962.
- Görgün E., Orhon D., Germirli F., Özbaşaran M., Seçkin N., (1996): “Yetersiz Veriye Sahip Endüstriyel Bölgelerde Atıksuların Miktar ve Karakterizasyonunun Saptanmasına Yönelik Bir Yaklaşım-Çorlu Örneği”, İstanbul, İTÜ 5. Endüstriyel Kirlenme Kontrolü Sempozyumu’96, s.354-364.
- Nas B., (2001): “Determination of Pollution Loads For Organized Industrial Districts and Comparison of Their Characteristics With Domestic Wastewater In Konya City-Turkey”, İzmir, Turkish-German Symposium on Recent Advances in Wastewater Treatment, p.238-246.
- Orhon D., Germirli F., Meriç S., Tünay O., (1996): “Endüstriyel Atıksuların Ön Arıtımında Anlamlı Denetim Parametreleri ve Kirlilik Katsayılarının Belirlenmesi”, İstanbul, İstanbul Büyükşehir Belediyesi, İSKİ Genel Müdürlüğü, s.106 .
- Samsunlu A., Akça L., Tunçsiper B., (2001): “Organize Sanayi Bölgeleri ve Kentler İçin Ayrı ve Ortak Arıtım – Kayseri Örneği”, Mersin, Ulusal Sanayi-Çevre Sempozyumu ve Sergisi, 25-27 Nisan, s.499-509.
- Sarıkaya H.Z., (2004): “Organize Sanayi Bölgelerinde Çevre Sorunları ve Çözüm Yaklaşımları”, İstanbul, 9.Endüstriyel Kirlenme Kontrolü Sempozyumu, 2-4 Haziran.
- Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, (1988), Ankara, 19919 sayılı 4 Eylül 1988 tarihli Resmi Gazete.
- Şengül F., Filibeli A., Müezzinoğlu A., (1997): “Organize Sanayi Bölgelerinde Su Kirlenmesi Kontrolü Bir Örnek Çalışma”, Kocaeli, Türkiye’de Çevre Kirlenme Öncelikleri Sempozyumu’97,s.41-51.
- Tchonanoglous G., Burton F. L., (1991): “Wastewater Engineering”, New York, Treatment, Disposal, Reuse, Metcalf&Eddy Inc., 3 rd edition, Mc-Graw-Hill.
- Toröz, İ., Meriç, S., Talınlı, İ., Sarıkaya, H.Z., (1994): “Bursa Organize Sanayi Bölgesinde Kirlenme Profili”, İstanbul, İTÜ 4. Endüstriyel Kirlenme Kontrolü Sempozyumu’94, s.29-41.
- TÜBİTAK DEBAG 85/G, 126-G, 151-G Projesi, (1995): “Organize Sanayi Bölgelerinde Çevre Kirliliğini Minimize Edici Teknolojilerin ve Maliyet Boyutlarının Belirlenmesi”, İTÜ, ODTÜ, DEÜ Çevre Müh. Bölümleri Ortak Projesi Nihai Raporu.
- Tünay O., Orhon D., Bederli A., (1991): “Endüstriyel Atıksuların Ön Arıtması”, İstanbul, Teknoloji İletme Semineri No :1, İSO-SKATMK, s.61-163.
- Tünay O., Germirli F., Meriç S., Orhon D., Gönenç I.E., (1996): “Assessment of Industrial Waste Loads in Istanbul Watershed Areas”, Wat. Sci. Tech., 34(3-4), p. 79-86.
- Tünay O., (1996): “Endüstriyel Kirlenme Kontrolü”, İstanbul, İTÜ Yayınları, Sayı 1578,s.130.