



| | | | |
|---|---|--|---|
|  | SAKARYA ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ DERGİSİ <i>SAKARYA UNIVERSITY JOURNAL OF SCIENCE</i> | |  SAKARYA UNIVERSITY |
| | e-ISSN: 2147-835X | | |
| | Dergi sayfası: http://dergipark.gov.tr/saufenbilder | | |
| | <u>Gelis/Received</u> 15-06-2017 | <u>Doi</u> 10.16984/saufenbilder.321697 | |
| | <u>Kabul/Accepted</u> 24-11-2017 | <u>Online Access</u> | |

Çevre laboratuvarlarından kaynaklanan tehlikeli atıkların yönetimi

Elanur Adar*¹, Fatih İlhan¹

ÖZ

Ülkemizde 45 çevre mühendisliği eğitimi veren üniversite ve 240 akredite çevre laboratuvarı vardır. Bu çevre laboratuvarlarında farklı numunelerde çeşitli analizler yapılmaktadır. Çevre laboratuvarlarında oluşan atıkların büyük çoğunluğu kimyasal atıklar ve biyolojik atıklardan meydana gelmektedir. Ayrıca oluşan bu atıkların büyük yüzdesi tehlikeli ve sıvıdır. Bu laboratuvarlardan oluşan toplam tehlikeli atık miktarı yılda yaklaşık 417000 litredir. Oluşan tehlikeli atıkların yönetimi, insan sağlığına ve çevreye zarar vermeden belirli kurallar çerçevesinde gerçekleştirilmelidir. Bu sebeple, çevre laboratuvarlarında yönetmeliklere uygun atık yönetim planlarının oluşturulması gerekmektedir. Bu plan, gerçekleştirilecek tüm faaliyetleri (eğitim, atık sınıflandırması, sınıflandırılan her bir atık için uygun depolamayı ve bertaraf yöntemleri vb.) ve sorumluları kapsayacak şekilde oluşturulmalıdır. Böylece, çevre laboratuvarları için oluşturulacak atık yönetim planı, oluşan atıkların insan sağlığına ve çevreye uygun şekilde yönetilmesini sağlamış olacaktır.

Anahtar Kelimeler: çevre, laboratuvar, tehlikeli atık, yönetim

Hazardous waste management originated from environmental laboratories

ABSTRACT

Our country has 45 universities with environmental engineering education and 240 accredited environmental laboratories. In these environmental laboratories, various analyzes are carried out in different samples. Most of the wastes generated in environmental laboratories come from chemical wastes and biological wastes. In addition, a large percentage of these wastes is hazardous and liquid phase. The total hazardous waste from these laboratories is approximately 417000 liters per year. The management of hazardous wastes should be carried out within the framework of certain rules without harming human health and the environment. Therefore, it is necessary to establish waste management plans in accordance with regulations in environmental laboratories. This plan should be formed to cover all activities to be carried out (education, waste classification, appropriate storage and disposal methods for each waste classified) and responsibilities. So, the waste management plan for the environmental laboratories will be managed in accordance with the human health and environment.

Keywords: environmental, laboratory, hazardous waste, management.

*Sorumlu Yazar/ Corresponding Author

¹ Yıldız Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Esenler – İSTANBUL, aelanur@yildiz.edu.tr, aelanur@artvin.edu.tr

¹ Yıldız Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Esenler – İSTANBUL, filhan@yildiz.edu.tr

1. GİRİŞ [INTRODUCTION]

Çevre mühendisliği, doğal kaynakları tüketmek yerine bu kaynakların kullanımını insan ve çevre sağlığına uygun hale getirmek ile ilgilenen mühendislik dalıdır. Çevre mühendisliğinin çalışma alanları su - atık su arıtma, hava kirliliği kontrolü, katı atık bertarafı, toprak kirliliği vb. konulardır. Çevre mühendisliğinin görevi çevresel problemlerin oluşumunu engellemek/azaltmak ve oluşan problemlere sürdürülebilir ve teknolojik çözümler araştırmak, bu çözümleri uygulamak ve gerekli tedbirleri belirlemektir [1]. Türkiye’de Çevre Mühendisliği eğitimi 1975 yılında Ege Üniversitesi’nde başlamıştır. 2011 yılında 35 çevre mühendisliği bölümü bulunmakta iken günümüzde 39 ilde ve toplamda 45 üniversitede çevre mühendisliği bölümü bulunmaktadır [2, 3]. Bu üniversitelerin tamamı devlet üniversitesidir. Çevre laboratuvarlarını, çevre mühendisliği bölümüne sahip üniversitelerdeki laboratuvarlar ve akredite çevre analiz laboratuvarları oluşturmaktadır.

Çevreye artan duyarlılıktan dolayı akredite çevre analiz laboratuvarlarının sayısı da günden güne artmaktadır. Akredite çevre laboratuvarlarında farklı çevresel numuneler üzerinde çeşitli analizler yapılmaktadır. Türkiye’de 240 akredite çevre laboratuvarı vardır. Bu akredite laboratuvarlar 35 şehirde olup İstanbul, Ankara ve Kocaeli illerinde sırasıyla 70, 45 ve 18 tane akredite çevre laboratuvarı bulunmaktadır. Bu laboratuvarlarda atıksu, içme suyu, deniz suyu, havuz suyu, katı atık, toprak, arıtma çamuru, sediment, biota, atık yağ, baca gazı (emisyon), çalışma ortamı (imisyon) ve iş hijyeni kapsamında çeşitli parametreler farklı yöntemlere göre analiz edilmektedir [4].

Çevre laboratuvarlarında oluşan atıkların miktarları az fakat çok farklıdır ve tehlikeli maddeleri içermektedir. Laboratuvarlarda oluşan katı atıklar düzenli depolamaya gönderilmekte, sıvı atıklar ise lavabolara dökülerek kanalizasyon sistemine karışmaktadır. Özellikle sıvı tehlikeli atıkların lavaboya dökülmesi atık su toplama sisteminde çeşitli olumsuz etkilere sebep olmakta, kanalizasyon sisteminde tehlikeli gazların oluşmasına yol açmakta, arıtma tesislerinde çeşitli arızaların oluşmasına ve kirlilik yükünün artarak arıtma tesisinin işleyişini aksatmakta ve çamur bertarafının zorlaşması gibi olumsuzluklara sebep olmaktadır [5, 6].

Sanayileşmiş ülkelerdeki üniversitelerde atık yönetim sistemi tasarımları 20 yıl önce başlamıştır [7]. Laboratuvar atıklarının etkin yönetimi Avrupa, Amerika ve Uzak Doğu’daki pek çok üniversitede yapılırken ülkemizde etkin olmazsa da bazı üniversiteler kısıtlı atık yönetimi planı uygulamaktadır. Türkiye’de atık yönetim planı uygulayan üniversiteler Ege Üniversitesi ve Anadolu Üniversitesi [8, 9] olup kimya veya kimya-metalurji bölümü kapsamında ise İstanbul Teknik Üniversitesi ve İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü atık yönetim planlarını uygulamaktadır [10, 11].

Amerika’da okul ve üniversitelerin %80’i kurumsal atık yönetim programlarına sahiptir ve en popüler önlemleri ise geri dönüşümdür [12]. Yapılmış birçok atık yönetim çalışmaları tüm üniversite kapsamında veya sadece kimya bölümü kapsamında gerçekleştirilmiştir. Geng vd., [5] Çin’de Shenyang Üniversitesi’nde “yeşil üniversite” oluşturmak için etkili bir atık yönetim sistemi kurulmasını ve özel laboratuvarlardan oluşan tehlikeli ve toksik atıkların güvenli bir şekilde toplanması, arıtılması ve bertaraf edilmesi gerektiğini ifade etmişler, ilk adımın ise uygun toplama kaplarının sağlanması ve atık ayırma ile ilgili eğitimin verilmesi olduğunu belirtmişlerdir. Liu vd. eğitim sonrasında atık ayırma oranının %70-80’lerden %95’lere yükseldiğini tespit etmişlerdir. Bu durum çevresel derslerin atık ayırma ve yönetimde önemli etkisinin olduğunu göstermektedir [5, 13]. Danteravanich vd. [14] yaptıkları çalışmada laboratuvar atıklarının yaklaşık %35’inin toplanabilir olduğunu ifade etmişlerdir. Amerikan Kimya Birliği ise laboratuvar atıklarının yaklaşık %40’ını raf ömrünü doldurmuş kimyasalların oluşturduğunu belirtmektedir [15]. Üniversitelerde atık yönetimi için gerçekleştirilen birçok çalışmada en önemli bileşenlerin kağıt-karton, plastik ve organik atıkların olduğu belirlenmiştir [16, 17, 18].

Bu çalışmanın amacı, çevre laboratuvarlarında genel olarak yapılan ve tehlikeli atık içeren analizleri belirlemek ve oluşan tehlikeli atık miktarını yaklaşık olarak belirlemektir. Ayrıca oluşan atıkların yönetmeliklere uygun bir şekilde sınıflandırılması, toplanması, depolanması ve bertaraf edilmesi hakkında bilgi sağlamaktır. Radyoaktif atıklar Türkiye Atom Enerjisi Kurumu (TAEK) tarafından, atık piller ise Taşınabilir PİL Üreticileri ve İthalatçıları Derneği (TAP) tarafından ayrı olarak toplandığından çalışma

kapsamında sadece su, atık su ve katı atık göz önünde bulundurulmuştur.

2. MATERYAL VE METOT [MATERIALS AND METHODS]

2.1. Çevre Mühendisliği Bölümündeki Laboratuvarlar [Laboratories in Environmental Engineering Department]

Çevre Mühendisliği Bölümleri'nde lisans öğrencilerinin eğitime yönelik çevre kimyası, çevre mikrobiyolojisi, fiziksel, kimyasal ve biyolojik temel işlemler, hava kirliliği ve enstrümantal analiz laboratuvarları kullanılırken, ayrıca su ve atıksu arıtımı, katı atık, biyoteknoloji gibi farklı araştırma laboratuvarları bulunmaktadır. Çevre Mühendisliği eğitimi veren üniversiteler dikkate alındığında üniversite laboratuvarlarında yaklaşık 30 fiziksel ve kimyasal parametre analizi ve yaklaşık 7 mikrobiyoloji deneyi (basit-gram boyama, mikroorganizma sayımı, koliform analizi-çoklu tüp ve membrane yöntemi-, salmonella, klorofil-a, zehirlilik/balık biyodenyi) yürütülmektedir. Su-atıksu numunelerinde katı madde (KM), alkalinite-asidite, sertlik, klorür, biyolojik oksijen ihtiyacı (BOİ), kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ), toplam organik karbon (TOK), amonyak (NH₃)/ toplam kjeldahl azotu (TKN), ortofostat/toplam fosfor (TP), ağır metaller, iyonlar, nitrit/nitrat, fenol, yağ-gres, uçucu yağ aside (UYA) ve deterjan analizleri yürütülmektedir. Katı atık numunelerinde su muhtevası, uçucu katı madde, TOK, NH₃/TKN, TP ve ağır metaller analizleri gerçekleştirilmektedir. Hava kirliliği çalışmalarında ise genellikle cihazlar kullanılmaktadır ve yapılan analizler toz partikül madde, gaz emisyon, kükürt dioksit (SO₂), amonyak (NH₃), karbondioksit (CO₂), hidrojen sülfür (H₂S) ve uçucu organik karbon (VOC) dur.

Yapılan bu deneyler dışında temel işlemler laboratuvarlarında genellikle jar testi, kimyasal çöktürme, adsorpsiyon, elektrokimyasal arıtım, filtrasyon, membran ve havalandırma deneyleri yürütülmektedir.

2.2. Çevre Analiz Laboratuvarları [Environmental Analysis Laboratories]

35 ilde bulunan 240 çevre analiz laboratuvarında çeşitli numunelerde farklı deneyler gerçekleştirilmektedir. Bu çalışmada İstanbul, Ankara ve Kocaeli ilinde bulunan 5 farklı çevre

analiz laboratuvarında analizi gerçekleştirilen parametreler dikkate alınmıştır. Bu laboratuvarlarda atık su ve su numunelerinde 80'nin üzerinde, atık, toprak ve arıtma çamuru numunelerinde ise 55'in üzerinde parametrelerin analizi gerçekleştirilmektedir. Analizi gerçekleştirilen mikrobiyolojik parametrelerin sayısı ise 15 olarak belirlenmiştir [4].

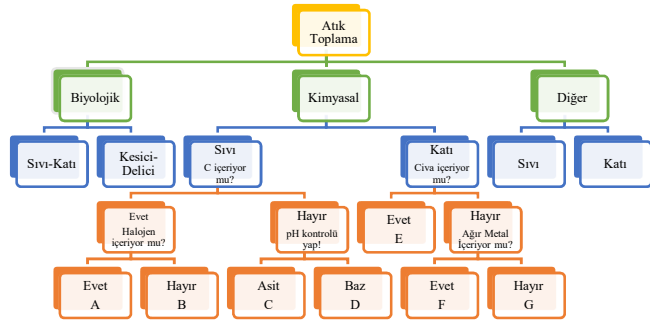
Su, atık su, katı atık ve arıtma çamurunda konvansiyonel parametrelerin (KOİ, BOİ, metaller, TP, TN, TOK, yağ-gres, deterjan, fenol vs.) yanında hidrazin, uçucu organikler (VOC), poliklorobifeniller (PCB), pestisitler, herbisitler, yarı uçucu organikler (sVOC), hidrokarbonlar, BTEX (Benzen, Toluen, Etilbenzen, Ksilen), tributilin bileşikler, organokalay bileşikler, fitalat esterleri (DEHP), toplam ve adsorplanabilen organik bileşiklerin analizleri gerçekleştirilmektedir [4]. Hidrazin (N₂H₄) ısıtma suyu sistemlerindeki çözülmüş oksijeni uzaklaştırmak amacıyla ve pestisit üretiminde kullanılan oldukça kanserojenik ve toksik bileşiktir. Genellikle kuyu veya doğal sulara ve kazan sularında bulunur. Diğer bileşikler sulara bulunan tehlikeli ve öncelikli maddelerdir [1]. Bu maddelerin çoğu "Tehlikeli Maddelerin Su ve Çevresinde Neden Olduğu Kirliliğin Kontrolü Yönetmeliği"ndeki Ek 2'deki daha az tehlikeli maddeler sınıfındadır. Aynı yönetmeliğin Ek 1'inde ise çok tehlikeli maddeler yer almakta olup bunlar kadmiyum, civa, heksaklorosikloheksan, karbontetraklorür, DDT, pentaklorofenol, aldrin, dieldrin, endrin, isodrin, heksaklorobenzen, heksaklorobutadin, triklorometan (kloroform), 1,2 dikloroetan, trikloroetilen, perkloroetilen ve triklorobenzendir. Bu maddelerin deşarj limitleri yönetmelikte verilmiştir [19].

Mikrobiyolojik analizler olarak genellikle koloni sayımı, toplam/fekal koliform, pseudomonas aeruginosa, escherichia coli, salmonella, stafilocok, sülfid indergeyen anaerob bakteri (clostridia), giardia, zooplankton-fitoplankton, legionella, beggiatoa, shigella, fekal enterekok ve fekal streptekok gerçekleştirilmektedir [4].

2.3. Atık sınıflandırması [Waste Classification]

Çevre laboratuvarlarında yapılan analizler ve kullanılan analiz metotlarına göre farklı atıklar oluşmaktadır. Bu atıkların çoğunluğunu kimyasal ve biyolojik atıklar oluşturmaktadır. Oluşan bu atıkların yönetimi için yasa ve yönetmeliklere uygun atık yönetim planı oluşturulmalıdır. Oluşturulacak atık yönetim planı, atıkların

sınıflandırmasını, toplanmasını, depolanmasını, bertarafını ve ilgili aşamalardan sorumlu kişileri içermelidir. Laboratuvarlarda oluşan atıkların toplanmasında Şekil 1’de verilen sınıflandırma yöntemi uygulanabilir.



(A: Halojenli organik çözeltiler, B: Halojen içermeyen organik çözeltiler, C: Asidik çözeltiler, D: Bazik çözeltiler, E: Civa ve civa tuzları içeren katılar, F: Zehirli inorganik içeren katılar, G: İnorganik içeren katılar)

Şekil 1. Atık toplama aşamaları [Waste collection stages] [20’den uyarlanmıştır]

Bu sınıflandırmaya göre laboratuvarlarda oluşan atıklar öncelikle atık türüne göre biyolojik, kimyasal ve diğer atıklar olarak 3’e ayrılır.

Biyolojik atıklar, sıvı-katı ve kesici-delici olarak iki gruba ayrılır. Laboratuvarlarda oluşan kesici-delici atıklara örnek olarak iğne, mikroskop lam ve lamelleri, mikrobiyoloji laboratuvarındaki kırık cam malzemeler verilebilir [9].

Kimyasal atıklar, öncelikle sıvı ve katı olmak üzere iki ana gruba ayrılmalıdır. Daha sonra sıvı atıklar kendi içerisinde karbon içeriğine göre tekrar sınıflandırılır. Organik içeriğe sahip sıvı atıklar halojen içeriyorsa “A”, halojen içermiyorsa “B” olarak sınıflandırılmalıdır. Organik içermeyen sıvı atıklar ise pH’ına göre alt sınıflara ayrılarak asidik olanlar “K”, bazik olanlar ise “L” olarak gruplandırılır. Kimyasal katı atıklar ise civa içeriyorsa “G” olarak sınıflandırılır. Bu atıklar civa içermiyorsa ağır metal içeriğine göre ağır metal içeren kimyasal katı atıklar “E”, içermeyenlerse “I” olarak gruplandırılır [20]. Bir atığın tehlikeli atık olup olmadığı Tehlikeli Atık Yönetmeliği [21] ve kimyasalların malzeme güvenlik bilgi formuna (MSDS) göre belirlenebilir.

Diğer atıklar, elektronik atıklar, piller, radyoaktif atıklar vb. laboratuvarlarda oluşan farklı atıklar bu sınıfta gruplandırılabilir. Çoğu su ve atıksu laboratuvarları radyoaktif maddeler ile çalışmaz. Piller, radyoaktif atıklar ve elektronik malzemelerin geri dönüşümleri TAP, TAEK ve elektronik atıkların geri dönüşümünü yapan firmalarla gerçekleştirilmektedir. Radyoaktif

atıklar, konsantrasyon ve aktif kaldıkları süreye göre sınıflandırılırlar. Sıvı atıklar, çözünmeyen katı veya tortu içerdiği takdirde önce filtrelenmelidir ve yeterince (10 kat) su ile seyreltilerek deşarj edilmelidir. Radyoaktif katı atıklar ise radyasyon geçirmeyen toplama kabında biriktirilir. Bu toplama kabı üzerinde gerekli bilgiler olmalıdır [9]. Düşük aktiviteye sahip sıvılar alıcı ortama seyreltilerek verilebilirken yüksek aktiviteye sahip sıvılar çeşitli fiziksel-kimyasal prosesler ile artılmalıdır.

3. SONUÇLAR [RESULTS]

3.1. Çevre Laboratuvarlarında Oluşan Atıklar [Wastes Generated in Environmental Laboratories]

Çevre laboratuvarlarında oluşan biyolojik atıklar sterilizasyonu gerçekleştirildikten sonra çöpe atılabilir. Diğer atıklar grubundaki cihazlar ve piller ayrı bir şekilde toplanıp geri dönüşümü sağlanmaktadır. Dolayısıyla çevre laboratuvarlarında oluşan kimyasal özellikle de tehlikeli kimyasal atıkların toplanması, depolanması ve bertarafının uygun yapılması daha büyük önem arz etmektedir.

3.1.1. Yürütülen Deneylerde Oluşan Tehlikeli Atıklar [Hazardous Wastes Generated in Experiments Carried Out]

Çevre laboratuvarlarında oluşan tehlikeli kimyasal atıklar yürütülen deneylerde oluşan atıklar ve diğer atıklar olarak iki gruba ayrılabilir. Deneyler sonucu oluşan atıklar deneyler için hazırlanıp kullanılmayan çözeltileri ve analiz sonucu oluşan atıkları içermektedir. Diğer atıklar ise tehlikeli atıklarla kirlenmiş atıkları içermektedir. Çevre laboratuvarlarında tehlikeli madde içeren analizlerin adları ve tehlikeli atıkların adları Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Tehlikeli madde içeren analizler [Analyses involving dangerous substances]

| Analizler | Tehlikeli Atık | Miktar,m l | Analizler | Tehlikeli Atık | Miktar,m l |
|-----------|--|------------|-----------|---|------------|
| KoI | Dikromat çözeltisi, gümüşlü sülfürik asit çözeltisi, standart potasyum dikromat çözeltisi (Hg, Cr, Ag) | 50 | Sülfat | BaCl ₂ çözeltisi, gümüş nitrat – nitrik asit reaktif | 100 |
| Metaller | Standart metal çözeltileri ve analiz sonucu metaller | 100 | TP | Amonyum molibdat çözeltisi, kalay klorür reaktif | 105 |

| | | | | | |
|-------------------------|--|-----|--------------------|---|------|
| Amonyak | Borat tampon çözeltisi | 250 | Fenol | Bromat-bromür çözeltisi, potasyum ferrik siyanür çözeltisi, kloroform, 4-aminoantipirinin çözeltisi | 120 |
| TKN | Parçalama çözeltisi (Cu) | 250 | Yağ-gres | n-Hekzan | 50 |
| Nitrit-Nitrat | Cd | 100 | Deterjan | Kloroform | 100 |
| Sertlik | EDTA çözeltisi | 50 | Hidrazin | Hidrazin | 25 |
| Klorür | Potasyum kromat indikatör ve gümüş nitrat çözeltisi (Ag, Cr) | 100 | TOX/AO X | Aktif karbon Klorofenol çözeltileri | 25 |
| Ön işlem (Ekstraksiyon) | Silika jel, aseton, hekzan, petrol eteri, diklorometan vs. | 100 | Tehlikeli maddeler | Stok çözeltileri, asit, baz vs. | 1000 |

Tablo 1’den de görüldüğü gibi konvansiyonel parametrelerden KOİ, sülfat, metaller, toplam fosfor, amonyak/toplam kjeldahl azotu (TKN), sertlik ve klorür deneyi tehlikeli kimyasallar içeren analizlerdir. Konvansiyonel parametreler dışındaki deneyler çoğunlukla özel araştırmalar için yürütülmektedir. Araştırma laboratuvarlarında farklı deneyler yapıldığı zaman tehlikeli madde içerip içermediği göz önünde bulundurulmalıdır.

3.1.2. Diğer Atıklar [Other wastes]

Laboratuvarında kontamine olmuş asitler ve bazlar, kullanım tarihi geçmiş ve tehlike arzeden kimyasallar, yanlış hazırlanan veya standart özelliği değişmiş olan kimyasal çözeltiler, tehlike arzeden kimyasallarla veya biyolojik olarak kontamine olmuş her türlü malzemeler (eldiven, maske, önlük, temizleme bezleri, vb.) bu sınıfta sayılabilir. Ayrıca kimyasal madde ambalajları, atık yağlar, boş basınçlı kaplar, filtreler, aktif karbon ve silika jel gibi tehlikeli madde ile kontamine olmuş atıklar da bu gruba dahil edilebilir [9].

Çevre Mühendisliği bölümü laboratuvarları ve akredite çevre laboratuvarlarında Tablo 1’deki yürütülen parametrelerden ortalama günde 1 tane 2 tekrarlı analiz gerçekleştirildiği kabul edilirse çevre mühendisliği bölümü laboratuvarlarından günde yaklaşık 180 litre ve akredite laboratuvarlarından yaklaşık 960 litre sıvı tehlikeli atık oluşmaktadır. Bu atık miktarı, her bir analizdeki numune miktarını ve kullanım süresi dolmuş tehlikeli stok çözeltileri, asit ve baz gibi kimyasalları kapsamaktadır. Tablo 1’deki miktarlarda ilgili standart metotlara [22] bakılarak

ve analistlere sorularak belirlenmiştir. Bu miktarlar çevre laboratuvarlarından yılda yaklaşık 417000 litre tehlike atık oluştuğu anlamına gelmektedir. Oluşan atık miktarı ve bu atıkların çoğunun kanalizasyon sistemine boşaltıldığı göz önünde bulundurulduğunda arıtma tesislerinin tehlikeli atık bakımından kirlilik yükünün artmasına sebep olarak tesislere zarar verilebileceği ve işletiminin zorlaşacağı aşikârdır.

Doğan vd. [23] yaptıkları çalışmada atık yönetimi için gerekli hedefleri, ihtiyaçları (eğitim, ekonomik vs.) ve yönetmelikleri açıklamışlardır. Bu çalışmada toplam 460 çeşit teorik atık olarak sınıflandırabilecek kimyasal olduğu ifade edilmiştir. Laboratuvar Atık Yönetim Sistemi (LAYS) projesi kapsamında yapılan sınıflandırmaya göre minimum atık depolama kapasitesi 11 olarak belirlenmiştir. LAYS projesinde 5 farklı uygulama alanından (araştırma, çevre analiz, çevre kimyası, enstrümental analiz ve temel işlemler laboratuvarları) yıllık toplam 1058 litre atık oluştuğu açıklanmıştır. Bu hacmin yaklaşık %58’inin araştırma uygulamalarından oluştuğu tespit edilmiştir. Toplam hacmin atık tiplerine göre dağılımında ise %24,2 hidrokarbon, %20,6 asidik, %20,4 tanımsız, %16,9 metal, %8,1 ağır metal, %5,9 klorlu organik, %3,2 krom+civa ve %0,6 alkali olmak üzere 8 ana başlık belirlenmiştir.

Tufts üniversitesinde yapılan bir araştırmada ise, tehlikeli atıkların %75’inin araştırma laboratuvarlarından, %20’sinin eğitim laboratuvarlarından ve geri kalanının ise makinalardan kaynaklandığı tespit edilmiştir [24].

Lara vd. [25] tarafından Meksika Üniversitesi’ndeki Kimya okulunda gerçekleştirilmiş çalışmada oluşan tehlikeli atıkların büyük bölümünü korozif özelliklere sahip sıvı asidikler ve toksik inorganiklerin oluşturduğu belirlenmiştir. Ayrıca, üretilen tehlikeli katı atıkların da büyük kısmını toksik tehlikeli maddelerle kirlenmiş camların oluşturduğu tespit edilmiştir.

3.2. Toplama, Depolama ve Bertaraf [Collection, Storage and Disposal]

3.2.1. Toplama [Collection]

Biyolojik sıvı ve katı atıklar, otoklavlanmaya uygun kaplarda (örneğin otoklav poşeti) toplanmalıdır. İş bitiminde dolması beklenmeden otoklavda sterilize edilmelidir. Kesici-delici atıklar ise üzerinde “biyotehlike” yazısı olan kaplarda biriktirilip sterilize edildikten sonra

atılmalıdır. Sterilizasyon imkanı yoksa 1/10 oranında çamaşır suyu kullanılarak dezenfekte edilmelidir [26]. Biyoteknoloji laboratuvarlarında mikroorganizma tür tayini için elektroforez jellerinde etidyum bromür içeriği $>0,1$ ise tehlikeli atık işaretli sızdırmaz konteynerlerde toplanmalıdır. Etidyum bromür çözeltileri kapalı şişelerde muhafaza edilmeli, çözeltiden ayrılmış halde ise de filtre matrisi bertaraf edilmelidir [9].

Kimyasal atıklar, ya kontamine olmuş ya da kullanım süresi dolmuş kimyasallar ile sıvı atıklardan oluşmaktadır. Sıvı atıklar aşırı sıcak ya da soğuk etkisiyle genişlemeye maruz kalacağından dolayı kaplar tam olarak doldurulmamalıdır. Laboratuvar atıklarının toplanmasında kullanılacak kapların atık çeşidine uygun olmasına dikkat edilmelidir. Sıvı atıklar için kullanılan kap sızdırmaz, kırılmaz ve kapaklı olmalıdır. Kimyasal atıklar için kimyasal etkilere dayanıklı kaplar tercih edilmelidir. Bu kaplar, zamanla meydana gelebilecek reaksiyonlar göz önüne alınarak iyi havalandırılan bir yerde muhafaza edilmelidir. Sıvılar, cam şişede depolanacaksa 5 L; kırılmaz bir kaptaki depolanacaksa da en fazla 10 L hacminde olmalıdır.

Farklı organik çözücü atıklar karıştırılmadan önce, bir tüp içerisinde karıştırılarak zamanla etkileşimi kontrol edilmelidir. Enstrümantal analiz laboratuvarlarında kullanılan kromatografi kolon dolgu maddeleri ve plakaları farklı kaptaki toplanmalıdır. Cihazlarda (vakum pompası, ısıtma banyosu vb.) kullanılan atık yağlar ayrı toplanmalıdır. Bazı kimyasalları içeren atıkların uzun süre depolanmaması gerekebilir. Örneğin, amonyaklı gümüş bileşikler zamanla siyah bir çökeleğin oluşmasına sebep olur. Oluşan bu çökelek patlayıcı olup karıştırılmamalı ve sallanmamalıdır.

Tehlikeli kimyasal atıkların toplandığı kap/konteynerler sızdırmaz olmalı, kapalı tutulmalı (kapların giriş ağzında doldurma hunisi bırakılmamalıdır) ve ikincil bir kap kullanılmalıdır. Etiket üzerindeki bilgiler güncel tutulmalıdır. Ekte Şekil 1A'da atık etiket örneği verilmiştir. Hiçbir koşulda radyoaktif atıklar kimyasal atıklarla karıştırılmamalıdır. Atık kaplarının kapağı kapalı tutulmalıdır. Bunun için kapaklı konteynerler tercih edilmelidir. Bu mümkün olmadığı takdirde de parafilm vb. kullanılarak kapatılmalıdır.

Kırılan camlar temizse sağlam bir kutuda toplanmalı ve geri dönüştürülmelidir. Toplayan

personelin kırık camlardan zarar görmemesi içinde ofisteki veya laboratuvardaki çöp kutusuna bırakılmamalıdır. Şayet kırılan cam kimyasal madde ile kontamine olmuşsa tehlikeli atık olarak değerlendirilip ve yönetilmelidir.

Tehlikeli olmayan inorganik kimyasal maddelerden, sülfatlar, fosfatlar, karbonatlar, oksitler ve boratlar standartlara uygun oranda seyreltilip kanalizasyona verilebilir. Kanalizasyon sistemime deşarj edilmeden önce pH ayarlaması ile nötrleştirme atığın niteliği ve kanalizasyon sistemi açısından faydalı olabilir. Örneğin, organik veya metal bazlı tehlikeli atıklar içermiyorsa bazı asit atıklarının nötrleştirilmesi mümkündür.

Toksik tehlikeli atıklar için kullanılan konteynirler su ile çalkalanmamalı ve tehlikeli atık olarak yönetilmelidir. Diğer konteynirler 3 kez suyla çalkanarak bertaraf edilmelidir. Özellikleri bilinmeyen atıklar tehlikeli atık olarak değerlendirilmelidir [27].

Atık toplama şemasına göre uygun bir sınıf belirlenemediği takdirde ilgili atık uygun olması şartı ile ayrı bir kaptaki toplanmalı ve gerekli bilgiler yazılmalıdır. Ayrıca, atıkların toplanacağı kap belirlenirken Ekteki Tablo 1A ve 2A'daki bilgilerde göz önünde bulundurulması oluşabilecek riskleri azaltmak/önlemek açısından önemlidir.

3.2.2. Depolama [Storage]







Uyumlu ve uyumsuz kimyasallar/atıklar 4 parametreye göre belirlenebilir:

1. Maddenin Hali: Katı ve sıvı olarak sınıflandırılmalıdır. Atıkların depolanmasında karıştırılmamalıdır. Maddenin haline göre depolamak sızma veya dökülme durumlarında oluşabilecek tehlike riskini azaltır.
2. Kimyasal Yapısı: Kimyasal yapının dikkate alınması aşındırıcı ve oksitleyici kimyasalların depolanmasında önemlidir. Organik ve inorganikler ayrı depolanmalıdır.
3. pH Değeri: pH<4, pH 4-10, pH>10 şeklinde 3 grupta incelenebilir.
4. Tehlike Sınıflaması: Kimyasalın güvenlik bilgi formuna (MSDS) bakılarak tehlike sınıfı belirlenebilir. Birden fazla tehlike sınıfına giriyorsa, bu durumda kimyasalın güvenlik bilgi formundaki (MSDS) öne çıkan tehlike sınıfına dahil edilir.

Şekil 2’de verilen kimyasal depolama matrisi atıklar içinde uygulanabilir.

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|
| 1 | + | + | - | - | - | + | + | + | + | + |
| 2 | + | + | + | + | - | + | + | + | + | + |
| 3 | - | + | + | + | - | - | + | - | + | + |
| 4 | - | + | + | + | - | - | - | - | - | - |
| 5 | - | - | - | - | + | + | + | + | + | + |
| 6 | + | + | - | - | + | + | - | + | + | + |
| 7 | + | + | + | - | + | - | + | + | + | + |
| 8 | + | + | + | - | + | + | + | + | + | + |
| 9 | + | + | + | - | + | + | + | + | + | + |
| 10 | + | + | + | - | + | + | + | + | + | + |

Şekil 2. Kimyasalların/Atıkların Depolanma Matrisi [Matrix of Storage of Chemicals/Waste] [20]

( alevlenir sıvılar ve aerosoller (Sınıf 3);  alevlenir katılar ve kendiliğinden tepkimeye giren maddeler (Sınıf 4.1);  kendiliğinden yanmaya yatkın maddeler (sınıf 4.2);  su ile temas ettiğinde alevlenir gazlar çıkaran maddeler (Sınıf 4.3);  birlikte depolanabilir;  birlikte depolanamaz)

Geçici depolama için kullanılan alanda bulunması/yapılması gerekenler girişte tehlike uyarı işaretinin bulunması ve kilitli, sızdırmaz zemin, uygun havalandırma, yangın önlemi vb. gibi güvenlik önlemlerinin alınmasıdır. Maksimum 200 litre geçici depolanmalı ve en fazla 12 ay depolanmalıdır. Sızmalara karşı konteynırlar haftalık olarak kontrol edilmelidir [27]. Düşme riskinden dolayı tehlikeli atık içeren cam şişeler, kuvvetli asit ve bazlar içeren atıklar zemine yakın seviyedeki raflarda tutulmalıdır. Ayrıca, planlı yönetimi sağlamak için toplanan atıklar kayıt altına alınmalıdır. Ekteki Tablo 3A’da atık kayıt defteri örneği verilmiştir.

3.2.3. Bertaraf [Disposal]

Atık yönetimi, atık oluşumunu önleme, kaynaktan azaltma, sınıflandırma ve ayırma, yeniden kullanma, geri kazanma, bertaraf etme ve bu işlemler sonrası izleme, kontrol ve denetleme aşamalarından oluşmaktadır [28]. Çevre laboratuvarlarında oluşan atıkların bertarafında 2872 sayılı Çevre Kanunu ve 4856 sayılı Çevre ve Şehircilik Bakanlığı kapsamındaki “Atık Yönetimi Yönetmeliği”, “Tehlikeli Atıkların Kontrolü Yönetmeliği”, “Tehlikeli Maddelerin Su ve Çevresinde Neden Olduğu Kirliliğin Kontrolü

Yönetmeliği”, “Atıkların Alternatif veya Ek Yakıt Olarak Kullanılması Hakkında Tebliği”, ve “Tıbbi Atıkların Kontrolü Yönetmeliği” dikkate alınmalıdır [19, 21, 28, 29, 30]. Atık hiyerarşisi Şekil 3’te verilmiştir.



Şekil 3. Atık hiyerarşisi [Waste hierarchy]

Laboratuvar atık yönetimindeki en iyi strateji maksimum güvenliği sağlamak ve çevresel etkileri azaltmak için satın alma sürecinde bu amaçları dikkate almaktır. Bunun için laboratuvar personeli, kimyasalların fiziksel ve kimyasal özelliklerini iyi bilmelidir. Atığın tehlike seviyesinin belirlenmesi, doğru atık sınıflandırması, ve uygun yönetim, minimizasyon ve bertaraf stratejilerinin belirlenmesi laboratuvar personelinin sorumluluğundadır.

Atık minimizasyon metotları kaynağında azaltma, geri dönüşüm ve geri kazanımdan oluşur [22]. Bu yöntemler yeşil kimyanın prensiplerini içerirler. Kaynağında azaltma, laboratuvar atık yönetimindeki en iyi yaklaşım olup, atık üretimi/oluşumu tehlikeli kimyasal kullanan metotların yerine mümkünse tehlike içeriği az olan/içermeyen metotlar tercih edilerek ve mikro ölçekli analitik metotlar kullanılarak gerçekleştirilebilir. Ayrıca, kimyasalların daha az miktarlarda kullanılması ve satın alınması ile sağlanabilir. Kimyasal envanteri tutularak fazladan satın almalar önlenir [31]. Büyük hacimli/miktarlı alımlar düşük maliyetli görülebilir fakat kullanım süresi biten kimyasalların bertaraf maliyeti de dikkate alınmalıdır. Açılmamış kimyasallar tedarikçilere geri verilerek bertarafı sağlanabilir. Oluşabilecek riskleri azaltmak/iş sağlığı ve güvenliğini sağlamanın yanısıra geri dönüşümü ve geri kazanımı kolaylaştırmak için atıklar ayrı toplanmalıdır. Ancak su ve atık su laboratuvar atıklarının geri dönüşümü üretilen hacimlerden dolayı sınırlı potansiyele sahiptir.

Çevre laboratuvarlarında oluşan kırık temiz cam malzemeler, elektronik atıklar, atık yağlar,

plastikler, piller ve demir, çelik, bakır, alümiyum ve kurşun içeriğine sahip atıklar geri dönüştürülmelidir [26]. Civa içeren malzemeler (termometreler, termostat anahtarları, manometreler vb.), kurşun içeren malzemeler, bataryalar, florsan lamba tüplerinin geri dönüşümü de yapılmalıdır. Çözücü atıkların çoğu çimento üretim tesislerinde yakıt olarak kullanılabilir [27]. Halojeniz solventlerin yakıtta karışması daha uygun olduğundan halojenli ve halojeniz solventlerin ayrı toplanmasına dikkat edilmelidir. [31].

Arıtım, hacmi azaltmak, hareketliliği/taşınırılığını arttırmak ve toksikliği azaltmak için kullanılabilir. Tehlikeli kimyasalların toplanması ve taşınması işlemleri sırasında insan ve çevre sağlığında oluşabilecek potansiyel zararlar, bazı kimyasal işlemlerle en aza indirilmelidir/yok edilmelidir. Laboratuvarlarda fiziksel arıtım yöntemleri hacim ve taşınırılığı azaltmak için genellikle kullanılır. Arıtma işlemleri solidifikasyon, distilasyon, flokülasyon, sedimentasyon, flotasyon, havalandırma, filtrasyon, santrifüj, adsorpsiyon, ultrafiltrasyon vs. metotları ile yapılabilir [22]. Örneğin, atık organik çözücüler distile edilerek tekrar kullanılabilir [8]. Kimyasal arıtım yöntemleri arasında en yaygını nötralizasyon olup oksidasyon/redüksiyon, iyon değişimi, koagülasyon, çöktürme, kimyasal fiksasyon vb. kullanılabilir. Örneğin ağır metal içeren atık çözeltiler uygun bir reaktifle çöktürülebilir. Tehlikeli içeriğe sahip olmayan asit ve bazlar nötralizasyon işleminden sonra kanalizasyona verilebilir [8]. Nötralizasyon işlemi tecrübeli personel tarafından az atık ile yeterli büyüklükteki kaplarda gerçekleştirilmelidir [26]. Klorlu hidrokarbonlar, siyanürler, ağır metaller, korozivler (pH<5, pH>11.5), organik solventler, yağ ve gres, etidyum bromür hiçbir şekilde kanalizasyona verilmemelidir [32].

Tehlikeli atıklar üretiminden nihai bertarafına kadar çevre ile uyumlu yönetilmelidir. Örneğin üretimi azaltılmalı, zararı en aza indirilmeli, mümkünse geri kazanım uygulanmalı, uygun şekilde depolanmalı ve bertaraf edilmelidir [31].

2014 TUİK [33] verilerine göre atık bertaraf ve geri kazanım tesis sayıları Tablo 2’te verilmiştir.

Tablo 2. Türkiye’deki atık bertaraf ve geri kazanım bilgileri (Waste disposal and recycling information in Turkey) [33]

| 2014 yılı | Tesis Sayısı | Atık Miktarı, ton/yıl |
|-----------|--------------|-----------------------|
| Bertaraf | 117 | 41324637 |

| | | |
|--------------------|-----|----------|
| Düzenli Depolama | 113 | 41281755 |
| Yakma | 4 | 42882 |
| Geri Kazanım | 868 | 19724241 |
| Kompost | 4 | 94019 |
| Berberer Yakma | 39 | 532343 |
| Diğer Geri Kazanım | 825 | 19097879 |

Literatürdeki son verilere göre ise Türkiye’de tehlikeli atık bertaraf ve geri kazanım tesisleri toplam 245 tir. 201 tanesi tehlikeli atık geri dönüşüm tesisi, 36 tanesi yakma ve birlikte yakma tesisi ve 8 tanesi de atık gömme tesisidir

Yakma tesislerinden ikisi İZAYDAŞ ve PETKİM’dir. 1. Sınıf düzenli depolama tesisleri ise İstanbul, İzmir, Tekirdağ, Kocaeli, Ankara, Manisa Kütahya ve Adana’dır [34].

Laboratuvarlarda oluşan tehlikeli atıklar ve sterilize edilmiş biyolojik atıklar bertaraf etmek için İZAYDAŞ ve PETKİM firmalarına gönderilebilir. 1996 da İzmit’te kurulan İZAYDAŞ, 1997’den beri atık almaktadır. İZAYDAŞ 35000 ton/yıl kapasitesinde olup Türkiye’nin tüm illerinden atık kabul eden ilk öncü firmadır. Tesise çürütme ile metan gazı eldesi için evsel atıkları, yakma ile bertaraf etmek için tehlikeli atıkları, sterilizasyon etmek için tıbbi/biyolojik atıkları ve biyogaz elde etmek için mezbaha atıklarını kabul etmektedir. Bu bertaraf yöntemleri sonucu oluşan atıklar ise tesis bünyesindeki düzenli depolama sahalarına gömülmektedir. Fakat geri dönüşebilen, radyasyonlu, patlayıcı, dışkı ve kadvraları kabul etmemektedir. PETKİM ise 1965 yılında İzmir’de kurulan bir tesistir. Tesis kapasitesi 17500 ton/yıl olup atıkları bertaraf etmek için sadece yakma tesisine sahiptir. Bazı sanayilerden kaynaklanan atıkları ve listede belirtilmeyen atıkları (laboratuvar kimyasalları), atık yönetim tesislerinden kaynaklanan atıkları (iyon değiştirici reçineler, aktif karbon, krom-siyanür giderme, nötralizasyon atıkları vb.), ayrı toplanmış fraksiyonlar dahil belediye atıklarını (evsel, ticari, endüstriyel ve kurumsal) kabul etmektedir.

Biyolojik atıklardan yanabilir malzemeler özel önlemlerle yakılır, alternatif metot yoksa sterilizasyondan sonra depolanır [22].

Atık piller, Taşınabilir Pil Üreticileri ve İthalatçıları Derneği (TAP) tarafından toplanmaktadır. TAP, 2004 yılında kurulmuştur. Eczane, Ulusal Market Zinciri ve Araç Muayene İstasyonu’nda toplanmaktadır. Elektrikli atıklar,

atık getirme merkezlerine, üreticilere ve lisanslı işleme tesislerine verilebilir.

Daha fazla arıtılmayan ve tehlikeli olmayan atıklar suya, atmosfere deşarj edilebilir. Laboratuvar atıklarının sınırlı miktarları kanalizasyon sistemine verilebilir veya çeker ocağında kimyasalların buharlaştırılması yapılabilir [22].

4. SONUÇ [CONCLUSION]

Çevre laboratuvarlarında birçok tehlikeli kimyasal içeren deneyler yürütülmektedir. Yaklaşık yapılan hesap sonucunda da büyük oranda sıvı fazda tehlikeli atık içeren atıklar/çözeltiler oluştuğu gözlenmiştir. Bu yüzden, çevre laboratuvarlarında atık yönetimi oluşturmak için yöneticilere büyük sorumluluk düşmektedir. Yöneticiler atık yönetimi sağlamak için laboratuvar sorumlularını belirlemelidir, laboratuvardaki çalışanları bilgilendirmek amacı ile eğitimler verdirmelidir ve atık toplama, depolama için uygun istasyonları kurmak ve toplanan atıkların bertarafı için ilgili firmalarla anlaşmalardan sorumlu olmalıdır. Laboratuvardan sorumlu kişiler laboratuvarında çalışanlara eğitim vermek, geçici depolama alanı için gerekli malzemeleri (bidon, şişe, tepsi vs.) temin etmek, kayıt defteri tutmak, denetlemek ve yöneticilere bilgi vermekle sorumlu tutulmalıdır.

Çevre laboratuvarlarındaki tehlikeli atığın miktarını ve derecesini azaltmak için başlıca yapılacaklar mikro ölçekli analizleri, tehlikesiz madde içeren yöntemleri seçmek, kimyasal envanteri tutmak ve gerektiği kadar kimyasal satın almaktır.

Sonuç olarak, çevre laboratuvarlarında gerçekleştirilecek planlı atık yönetimi çalışanların çevreye duyarlılığını artırarak atık su arıtma tesislerinin kirlilik yükünü büyük oranda azaltacaktır.

EKLER

1. Kimyasallar Hakkında Bazı Bilgiler [Some information about chemicals]

Atık toplama şemasına göre uygun bir sınıf belirlenemezse, ilgili atık başka bir kaptan toplanmalı ve gerekli bilgiler etikete yazılmalıdır. Ayrıca, atıkların toplanacağı kap belirlenirken aşağıdaki Tablo 1A ve Tablo 2A'daki bilgileri göz önünde bulundurulması oluşabilecek riskleri azaltmak/önlemek açısından önemlidir.

Tablo 1A. Birbiri ile karışmaması gereken kimyasallar [Chemicals that should not interfere with each other] [8]

| Kimyasal | Karışmaması Gerekenler | Kimyasal | Karışmaması Gerekenler |
|--------------------|--|----------------------|--|
| Aktif karbon | Kalsiyum hipoklorit, oksitleyici maddeler | İyot | Asetilen, amonyak, hidrojen |
| Alkali metaller | Su, karbondioksit, halojenli alkanlar, karbondioksit, halojenler | Kalsiyum oksit | Su |
| Amonyak | Cıva (örneğin manometre içerisinde), klor, iyot, brom, kalsiyum hipoklorit, hidroflorik asit | Klor | Amonyak, asetilen, bütan ve diğer petrol gazları, turpentin |
| Amonyum nitrat | Toz halinde metaller, yanıcı sıvılar, kükürt, kloratlar, tüm asitler, nitritler, kükürt, ince taneçikli organik veya yanıcı başka maddeler | Kloratlar | Amonyum tuzları, asitler, metal tozlar, sülfür, ince taneçikli organik veya yanıcı maddeler |
| Anilin | Hidrojen peroksit, nitrik asit | Kromik asit ve krom | Asetik asit, naftalin, kamfer, gliserin, bazı alkol, yanıcı sıvılar, petrol benzini |
| Asetik asit | Kromik asit, nitrik asit, hidroksilli bileşikler, etilen glikol, perklorik asit, peroksitler, permanganatlar | Kükürtlü hidrojen | Nitrik asit, oksidan gazlar |
| Asetilen | Flor, klor, brom, bakır, cıva, gümüş | Nitratlar | Sülfürik asit |
| Aseton | Derişik nitrik asit, derişik sülfürik asit | Nitrik asit | Asetik asit, anilin, kromik asit, hidrosiyamik asit, hidrojen sülfür, yanıcı sıvılar ve gazlar, bakır, ağır metaller |
| Azid | Asitler | Oksijen | Yağlar, gres, hidrojen, yanıcı sıvılar, yanıcı katılar ve yanıcı gazlar |
| Bakır Brom | Asetilen, hidrojen peroksit | Okzalik asit | Gümüş, cıva |
| Cıva Flor | Amonyak, asetilen, bütan ve diğer petrol gazları, turpentin, benzen | Perklorik asit | Asetik anhidrit, bismut ve bileşikleri, alkol, kağıt, tahta, yağ |
| Fosfor (beyaz) | Asetilen, amonyak, fulminik asit | Peroksitler | Asitler |
| Gümüş | Bütün maddeler | Potasyum | Karbon tetraklorür, karbondioksit, su |
| Hidroflorik asit | Hava, oksijen, indirgen maddeler, alkaliler | Potasyum permanganat | Gliserin, etilen glikol, benzaldehit, sülfürik asit |
| Hidrojen peroksit | Asetilen, okzalik asit, tartarik asit, amonyum bileşikleri, fulminik asit | Selenitler | İndirgen maddeler |
| Hidrojen sülfür | Amonyak | Sodyum peroksit | Etil ve metil alkol, glasiyal asetik asit, asetik anhidrit, benzaldehit, karbon disülfür, gliserin, etilen glikol, etilen asetat, metil asetat, furfural |
| Hidrokarbonlar | Bakır, krom, demir, metal ve metal tuzları, yanıcı sıvılar, anilin, nitrometan, alkol, aseton, organik bileşikler | Sodyum nitrit | Amonyum nitrat, diğer amonyum tuzları |
| Hidroksiyamik asit | Nitrik asit, yükseltgen maddeler | Sülfürik asit | Kloratlar, perkloratlar, permanganatlar |
| | Flor, klor, brom, kromik asit, sodyum peroksit | Yanıcı sıvılar | Amonyum nitrat, kromik asit, hidrojen peroksit, nitrik asit, halojenler, sodyum peroksit, diğer yükseltgen maddeler |

HNO₃, organiklerle reaksiyon verir. Peroksitler (H₂O₂)ve perklorik asit (HCl) organik ve metallerle reaksiyona girer. Hidroflorik asit ise cam konteynırları çözeceği unutulmamalıdır.

Tablo 2A. Tehlikeli kimyasallar [Hazardous chemicals] [8]

| Tutuşabilen Atıklar | Reaktif Atıklar | Oksitleyici Atıklar |
|--|---------------------------------------|--|
| Aseton | Asetilen | |
| Etil Eter | Hidrojen | |
| Sodyum | Nitro bileşikleri | |
| Hidrojen | Amonyak | Peroksitler |
| Etilalkol | Organik peroksitler | |
| Asetik asit | Perkloratlar | |
| Hegzan | Bromatlar | |
| Asetilen | | |
| Asitler ve oksitleyicilerden ayrı depolanmalı!!! | Oksitleyicilerden ayrı depolanmalı!!! | Tutuşabilen atıklardan ayrı depolanmalı!!! |
| Korozif Atıklar | Toksik Atıklar | Mutajen Atıklar |
| Sülfürik asit | Formaldehid | |
| Hidroklorik asit | Dimetilaminobenzen | Etidyum bromür |
| Nitrik asit | Nitrobifenil | Formol |
| Sodyum hidroksit | Asbest | Bazik fuksin |
| Sitrik asit | Metil hidrazin | EDTA |
| Potasyum hidroksit | Potasyum siyanür | Potasyum dikromat |
| Amonyum hidroksit | | |

Asit ve bazlar ayrımı
yapılmalı ve organiklerden
ayrı depolanmalı!!!

| Kanserojen Atıklar | Teratojen Atıklar | Ekotoksik Atıklar |
|--------------------|-------------------|-------------------|
| Benzen | Kurşun | Nessler reaktifi |
| Arsenik | Etilen oksit | Potasyum siyanür |
| Formaldehid | Formaldehid | Gümüş siyanür |
| Vinil klorür | Etilen dibromür | |

2. Atık Etiket ve Kayıt Defteri Örneği [Waste label and registry examples]

| DİKKAT TEHLİKELİ ATIK | | |
|--|-----------------------------|---------------|
| Birim Adı: | | |
| Sorumlu Kişi: | Telefon: | |
| Adres: | Başlama Tarihi: | Dolum Tarihi: |
| Atık Miktarı ve Açıklamaları | | |
| Atık İçeriği: | % Derişim ya da ppm (mg/L): | |
| Fiziksel Özellik (Oda şartlarındaki): | | |
| Katı/Sıvı/Gaz: | Renk: | |
| pH: | Ağırlık: | |
| Ambalaj türü: | Hacim: | |
| Diğer: | | |
| Atık Kodu: | | |
| H Kodu: | | |
| H1 | H4 | H8 |
| | H12 | |
| H2 | H5 | H9 |
| | H13 | |
| H3 A | H6 | H10 |
| | H14 | |
| H3 B | H7 | H11 |
| | H15 | |
| Açıklamalar: | | |
| Atık ve H kodu "Tehlikeli Atıkların Kontrolü Yönetmeliği"ne göre yapılacaktır. | | |

Şekil 1A. Laboratuvarda kullanılabilir atık etiketi [Waste label that can be used in the lab]

Atık toplama kuralları göz önüne alınarak belirlenen atık kaplarına 'Atık Etiketi' yapıştırılmalıdır. Atık etiketi, sorumlu kişi/kurumun bilgileri, kap içerisindeki kimyasallar hakkında bilgileri ve tehlike kategori vb. bilgileri içermelidir. Atık etiketi örneği Şekil 1A'da verilmiştir.

Tablo 3A'da ise atık kayıt defter örneği bulunmaktadır.

Tablo 3A. Atık kayıt defteri örneği [Waste registry example]

| Atığı n Adı | Atık Türü ve Miktar | Tehlik e Smfi | Lab No/Ad ı | Ön İşlem/p H | Tesli m Eden | Tari h | İmz a |
|----------------|------------------------------|------------------|-------------------|--------------------|--------------------|-----------|----------|
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |

KAYNAKÇA (REFERENCES)

- [1] Çevre Mühendisliği, [Çevrimiçi]. Available: <https://tr.wikipedia.org/>
- [2] A. Samsunlu, "Çevre Mühendisliği Eğitimi", *Türkiye'de Çevre Kirlenmesi Öncelikleri Sempozyumu I*. Boğaziçi Üniversitesi. İstanbul, 284-302, 1991.
- [3] İ.A. Şengil, ve M. Yurtsever, "Türkiye'deki Çevre Mühendisliği Bölümlerinde Öğretim Üyesi Profili", *2. Çevre Mühendisliği Eğitimi ve Meslek Alanındaki Gelişmeler Çalıştayı*, Antalya, 127-145, 2011, [Çevrimiçi]. Available: http://www.cmo.org.tr/resimler/ekler/2f92a32d9399be6_ek.pdf.
- [4] Türk Akreditasyon Kurumu (TURKAK), [Çevrimiçi]. Available: <https://secure.turkak.org.tr/kapsam/search>
- [5] Y. Geng, K. Liu, B. Xue, T. Fujita, "Creating a "green university" in China: A case of Shenyang University", *Journal of Cleaner Production*, 61: 13-19, 2013.
- [6] T. Korenaga, H. Tsukube, S. Shinoda, I. Nakamura, "Hazardous Waste Control in Research and Education", Lewis Publisher, USA, 1994.
- [7] C. Armijo de Vega, S. Ojeda-Benítez, & M.E. Ramírez-Barreto, "Mexican educational institutions and waste management programmes: A University case study", *Resour. Conserv. Recy.* 39(3), 283–296, 2003.
- [8] Entegre Atık Yönetimi, Ege Üniversitesi, 2011, [Çevrimiçi]. Available: <http://euatik.ege.edu.tr/>
- [9] Atık Yönetimi El Kitabı, Anadolu Üniveristesi, 2012, [Çevrimiçi]. Available: <https://ays.anadolu.edu.tr/node/64>,
- [10] Kimyasal Hijyen Planı, Kimya-Metalurji Fakültesi, İTÜ, 2003, [Çevrimiçi]. Available: http://www.kimyamuhendisligi.itu.edu.tr/bolum/Kimyasal_Hijyen_Planı.pdf
- [11] Kimyasal Hijyen Planı, Kimya Mühendisliği Bölümü, İYTE, (2007), [Çevrimiçi]. Available: <http://www.iyte.edu.tr/cheweb/tur/indextr.htm>
- [12] A.S. Allen, "Greening the campus", *Environ. Sci. Technol.*, 35(9), 198A–202A, 1999.
- [13] K.B. Liu, et al., "Project Report on Waste Separation at Shenyang University", Work paper. Shenyang University (in Chinese), 2012.
- [14] S. Danteravanich, J. Kaewborisut, C. Siri Wong, U. Peutpaiboon, "Laboratory Waste Management at Prince of Songkla University, Thailand", *Proceeding in the R'2000 5th World Congress on Integrated Resources Management*, Toronto, Canada, 2000.

- [15] Laboratory Waste Minimization and Pollution Prevention, [Online], <http://www.p2pays.org/ref%5C01%5Ctext%5C00779/ch15.htm>
- [16] D.P. Smyth, A. L.Fredeen, & A. L. Booth, “Reducing solid waste in higher education: The first step towards “greening” a university campus. *Resour. Conserv. Recy.* 54 (11), 1007–1016, 2010.
- [17] S. Taghizadeh, et al., “Solid waste characterization and management within university campuses case study: University of Tabriz”, *Elixir Pollution.* 43, 6650–6654, 2012.
- [18] J. O. Okeniyi, & E. U. Anwan, “Solid wastes generation in Covenant university. Ota. Nigeria: Characterisation and implication for sustainable waste management”, *J. Mat. Env. Sci.* 3(2), 419–425, 2012.
- [19] Tehlikeli Maddelerin Su ve Çevresinde Neden Olduğu Kirliliğin Kontrolü Yönetmeliği, Resmi Gazete, [Çevrimiçi]. Available: <http://www.resmigazete.gov.tr/>.
- [20] Laboratuvar Güvenliği, [Çevrimiçi]. Available: <http://www.laboratuvarguvenligi.com>.
- [21] Tehlikeli Atıkların Kontrolü Yönetmeliği, Resmi Gazete, [Çevrimiçi]. Available: <http://www.resmigazete.gov.tr/>.
- [22] APHA; AWWA; WEF., Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 22. Ed., APHA Publication, Washington D.C., 2012.
- [23] E. Doğan, K. Gedik, D. Kaya, A. M. Kocabaş, U.G. Özkan-Yücel, Ö. Yılmaz, Y. D. Yılmazel ve G. N. Demirer, “The Laboratory Waste Management Implementation in the Department of Environmental Engineering at the Middle East Technical University”, *Environmental Problems Symposium: Kocaeli*, 14-17 May 2008, Kocaeli University, Kocaeli, Turkey.
- [24] EPA, Report to Congress: Management of Hazardous Wastes from Educational Institutions (1989), [Online]. Available: <https://www.epa.gov/hwgenerators/1989-report-congress-management-hazardous-wastes-educational-institutions>.
- [25] E.R. Lara, J. R. De la Rosa, A.I.R. Castillo, F. Cerino-Cordova, U.J.L. Chuken, Delgadillo, S.S.F., P. Rivas-Garcia, “A Comprehensive Hazardous Waste Management Program in a Chemistry School at a Mexican University”, *Journal of Cleaner Production*, 142: 1486-1491, 2017.
- [26] Kimyasalların Güvenli Depolanması, Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü, İş Sağlığı ve Güvenliği Merkezi Müdürlüğü, 2011, [Çevrimiçi], http://www.isgum.gov.tr/rsm/file/isgdoc/IG7-kimyasal_depolama_rehberi.pdf.
- [27] Laboratory Chemical Waste Management Guidelines, Environmental Health and Radiation Safety, Penislavya University (2011), [Online]. Available: http://www.ehrs.upenn.edu/media_files/docs/pdf/wastesectionupdatefinal.pdf.
- [28] Atık Yönetimi Yönetmeliği, Resmi Gazete, [Çevrimiçi], Available: <http://www.resmigazete.gov.tr/>
- [29] Atıkların Ek Yakıt Olarak Kullanılmasında Uyulacak Genel Kurallar Hakkında Tebliğ, [Çevrimiçi]. Available: <http://www.cygm.gov.tr/cygm/>.
- [30] Tıbbi Atıkların Kontrolü Yönetmeliği, Resmi Gazete, [Çevrimiçi]. Available: <http://www.resmigazete.gov.tr/>.
- [31] The Committee on Prudent Practices in the Laboratory, Prudent Practices in the Laboratory: Handling and Management of Chemical Hazards, *National Academy Press Washington*, D.C., 2011, 360 pp [Online]. Available: <http://web.uconn.edu/ehs/Chemical/Prudent%20Practices%20in%20the%20Laboratory.pdf>
- [32] Laboratory Waste Disposal, Chemistry School, Wollongog University, 2010, [Online]. Available: <https://smah.uow.edu.au/content/groups/public/@web/@sci/@chem/documents/doc/uow016883.pdf>
- [33] TUIK, 2014. Türkiye İstatistik Kurumu, <http://www.tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=18776>.
- [34] E. Ateş, “Türkiye’deki Tehlikeli Atık Yönetim Sisteminin Değerlendirilmesi”, Çevre Mühendisliği Bölümü, Hacettepe Üniversitesi, 2017.