

REHABİLİTASYON YÖNTEMLERİ VE
MÜHENDİSLİK UYGULAMALARI**3.1. Giriş**

Katı atık yönetimi (KAY) terimi, katı atık oluşumundan bertarafına kadar olan tüm süreçleri kapsamaktadır. Entegre katı atık yönetimi (ESWM), örneğin halk sağlığı, ekonomi ve estetik gibi birçok bileşen içermesi nedeniyle KAY'dan daha kapsamlı bir kavramdır. Vahşi depolama alanı rehabilitasyonu ISWM kapsamında incelenebilir. Sonuç olarak ISWM, katı atıkların çevresel zararlı etkilerini en aza indirmek ve faydalı bir ürüne dönüştürmek için yapılan tüm teknik ve uygulamalar olarak açıklanabilir.

Kolaylık, zahmetsizlik, ekonomik nedenler, teknik eksiklikler ve çevresel sorumsuzluk nedeniyle belediyeler tarafından kentsel katı atıkların (KKA) uzaklaştırılması için vahşi depolama yöntemi kullanılmıştır. Vahşi depolama, mühendislik tasarımı ve işletme eksikliği nedeniyle uygun olmayan bir katı atık uzaklaştırma yöntemidir.

KKA kaynaklı organik ve biyolojik olarak parçalanabilen atıklar, vahşi depolamanın olumsuz etkileriyle ilgili ana sorumlu konulardır. Bu tür katı atıklar, vahşi depolama alanında biriktirildikten sonra önce aerobik, ardından anaerobik olarak ayrışmaya başlar. Karbonlu maddeler, atıldıkları alanında sızıntı suyundaki kimyasal oksijen ihtiyacına (KOİ) ve çöp gazına dönüşür.

Sızıntı suyu kaynakları öncelikle organik katı atıkların su içeriği ve yağıştır. KKA'nın yüksek organik içeriği nedeniyle sızıntı suyunun KOİ konsantrasyonu yüksektir. Ek olarak, sızıntı suyu genellikle yüksek uçucu yağ asitleri (UYA), ağır metaller, amonyum azotu ve düşük pH ile karakterize edilir. Bu nedenle karakterizasyon ve arıtılabilirlik açısından yüksek dayanımlı atık su olarak tanımlanmaktadır. Sızıntı suyu yeraltı suyuna ulaşırsa bu olay geri dönüşü olmayan etkilere neden olur. Bilindiği gibi vahşi depolama yönteminde sızıntı suyu toplama sistemi bulunmamaktadır. Vahşi depolamaların diğer ana sorunu, çöp gazı, özellikle metandır. Metan gazı, sahada ve vahşi depolamaların çevresinde patlamalara ve yangınlara neden olur. Ayrıca metan, sera etkisi ve iklim değişikliği açısından karbondioksitten daha tehlikeli bir gazdır. Vahşi depolamalarda çöp gazı toplama sisteminin olmaması nedeniyle metan gazı atmosfere salınır. Koku, vahşi depolamalarda kaynaklanan diğer bir sorundur. Özellikle banliyö bölgesi, vahşi

depolama alanlarının bu tür olumsuz etkilerinden etkilenmektedir. Vahşi depolama alanları, zararlı ve sağlıksız etkileri nedeniyle rehabilite edilmelidir.

Gelişmiş ülkeler yakma, kompostlama ve düzenli depolama gibi modern katı atık bertaraf sistemlerini kullanırken, ne yazık ki gelişmemiş ve gelişmekte olan ülkelerde hala vahşi depolama yöntemi kullanılmaktadır. Vahşi depolama alanlarının rehabilitasyonu gündem olması gereken önemli bir konudur. Vahşi depolama alanı artık kullanılmasa da devam eden hasarları nedeniyle rehabilite edilmesi gerekmektedir.

Vahşi depolama alanlarının rehabilitasyonu için farklı yöntemler kullanılmıştır. Yerinde rehabilitasyon, mekanik ayırma sonrası rehabilitasyon ve katı atıkların düzenli depolama sahasına taşınması yoluyla rehabilitasyon yaygın olarak kullanılan rehabilitasyon yöntemleridir. Hangi yöntemin kullanılacağına vahşi depolama alanının durumuna ve ihtiyaçlara göre karar verilir. Ayrıca rehabilitasyon maliyeti de önemli bir parametredir. Yöntem seçimi ile ilgili etkili parametreler; konum, alanın büyüklüğü, açık çöplükte bertaraf edilen katı atık miktarı, yeraltı ve yüzey sularına yakınlıktır. Yerinde rehabilitasyon yapıp yapılmayacağına karar vermede topografik ve jeolojik faktörler de önemlidir. Açık bir çöplüğün farklı noktalarından numuneler alınarak atık karakterizasyonu araştırılabilir. Karakterizasyon çalışması sonucunda mekanik ayırma sonrası rehabilitasyon uygulanabilir. Örneğin, geri dönüştürülebilir atık miktarı yüksek ve elek altı madde oranı düşük ise mekanik ayırma çok faydalı bir işlem olacaktır. Ancak ekonomik faktörler ve maliyet analizi dikkate alınmalıdır. Mühendislik uygulamaları bu tür değerlendirme ve uygulamalardan oluşmaktadır.

Mühendislik uygulamaları mevcut durumun değerlendirilmesi ve rehabilitasyonun planlanması olarak iki başlık altında incelenebilir. Mevcut durumun değerlendirilmesi, bertaraf öncesi alan durumunun değerlendirilmesini, nihai durum planlamasını, jeolojik ve hidrojeolojik araştırmayı ve biriken atık türleri ve miktarını içerir. Bu aşamadan sonra rehabilitasyon planlama ve uygulama konuları gelmektedir. Bu aşamalar sırasıyla şev stabilitesi ve dolgu planı, yüzey suyu drenaj sistemi, gaz drenaj sistemi, son örtü tabakası, menfez ve yol planı, peyzaj planlaması, gözlem kuyuları ve kontrol planından oluşmaktadır. Bu aşamalar farklı rehabilitasyon yöntemleri içerisinde farklılık gösterse de asıl süreci oluşturmaktadır.

Bu bölümün amacı, okuyucuya vahşi depolama rehabilitasyon yöntemlerini ve mühendislik uygulamalarını tanıtmaktır. Bu doğrultuda yerinde rehabilitasyon, mekanik ayrıştırma sonrası rehabilitasyon ve katı atıkların düzenli depolama sahasına taşınması yoluyla rehabilitasyon yöntemleri olarak rehabilitasyon yöntemleri sonraki başlıklarda ele alınacaktır. Ayrıca mühendislik uygulamaları anlatılacaktır.

3.1. Rehabilitasyon Yöntemleri

Vahşi depolama sahalarının rehabilitasyon işlemi için Avrupa ülkelerinde yönetmeliklerle belirlenmiş kesin kurallar bulunmamaktadır. Avrupa Birliği'nin atıkların depolanması ile ilgili direktifi (No: 1999/31/EC), atık depolama faaliyetlerinin çevreye olan etkilerini tamamen engellemek veya en aza indirmek amacıyla yapılması gereken prosedürü tanımlamaktadır. Bu yönetmelik yürürlüğe girmeden önce kapatılan depolama alanları, yönetmelikte belirtilen “depolama sahası kapatma kriterlerine” uymak zorunda değildir. Ancak üye ülkeler halen işletmekte oldukları depolama sahalarında (düzensiz depolama sahaları dahil) konusunda Avrupa Birliği Depolama Sahası Direktifi'ne uyumlu düzenlemeler yapmak durumundadır. Vahşi depolama sahalarının rehabilite edilmesi çevre sorunları içerisinde öncelikli konulardandır ve genellikle yerel yönetimlerin inisiyatifine bırakılmaktadır. Vahşi depolama rehabilitasyon işlemi durum değerlendirmesi, planlama ve uygulama adımlarını içeren çok faktörlü bir sitemdir. Rehabilitasyon sürecinde yüzey suyu ve sızıntı suyu kontrolü ve gaz drenaj sistemleri rehabilitasyon sırasında uygulanması gereken işlemler olarak sıralanabilir. Farklı rehabilitasyon yöntemleri bahsedilen işlemlerin yanı sıra farklı adımlar da içerebilmektedir. Bu bölümde rehabilitasyon yöntemleri üç ana başlık altında incelenecektir.

3.1.1. Yerinde Rehabilitasyon

Yerinde rehabilitasyon adından da anlaşılacağı gibi vahşi depolama alanlarının başka bir yere taşınmadan bulundukları bölgede rehabilite edilmesi olarak tanımlanabilir. Bu rehabilitasyon yöntemi, önceden kullanımı bırakılmış veya hala kullanılmakta olan düzensiz depolama sahalarının rehabilitasyonunu sağlar. Koku, böcek oluşumu, hastalık yapıcı mikroorganizmaların ortama yayılması gibi sorunların önüne geçirilerek kapatılan sahanın doğa ve canlılar için güvenli bir alan haline getirilmesi, bu rehabilitasyon yönteminin öncelikleridir. Rehabilitasyon işlemi yapılarak kapatılan alanın hangi amaçlara yönelik kullanılabileceği Bölüm 7'de bahsedilecektir. Yerinde rehabilitasyon yönteminde Şekil 3.1'de verilen işlemler sırasıyla yapılmaktadır. Rehabilitasyon yapılacak depolama sahası için öncelikli olarak mevcut durum değerlendirilmesi yapılır. Bu değerlendirme sonucunda, alanın nihai durumu, jeolojik ve hidrojeolojik yapısı, depolanan atığın türü ve miktarı belirlenerek kapatma işleminin nasıl yapılacağı planlanır. Planlama sonrasında sırasıyla şev stabilitesi ve dolgu çalışmaları, yüzey suyu drenaj sistemi, sızıntı suyu drenaj sistemi, gaz drenaj sistemi, son örtü tabakası, menfez ve yol detayları, peyzaj planı ve gözlem kuyuları ve kontrol planı işlemleri yapılmaktadır. Bu aşamalar mühendislik uygulamaları bölümünde detaylı olarak anlatılacaktır.



Şekil 3.1. Yerinde rehabilitasyon akım şeması.

Şev stabilitesi ve alanın sınırlarının belirlenmesi çalışmaları sırasında yüzeyde bulunan atıklar bir miktar yer değiştirmektedir. Örtü tabakalarının serilmesi ve sıkıştırılması sırasında vahşi depolama sahasında bulunan atıklar bir miktar daha sıkıştırılmaktadır. Yerinde rehabilitasyon işleminde atıklara bunun dışında hiçbir işlem uygulanmamaktadır. Depolama sahasında bulunan organik atıklar doğaları gereği rehabilitasyon işlemi tamamlandıktan sonra da yıllarca biyolojik

olarak bozunmaya devam ederler. Bu bozunma işlemi sırasında su ve depolama sahası gazları (LFG) açığa çıkmaktadır. Bu nedenle sızıntı suyu drenaj sistemi ve gaz drenaj sisteminin kapatılan vahşi depolama alanlarında bulunması yeraltı sularının kirlenmemesi ve yangın ve patlama riski olmaması açısından önemlidir.

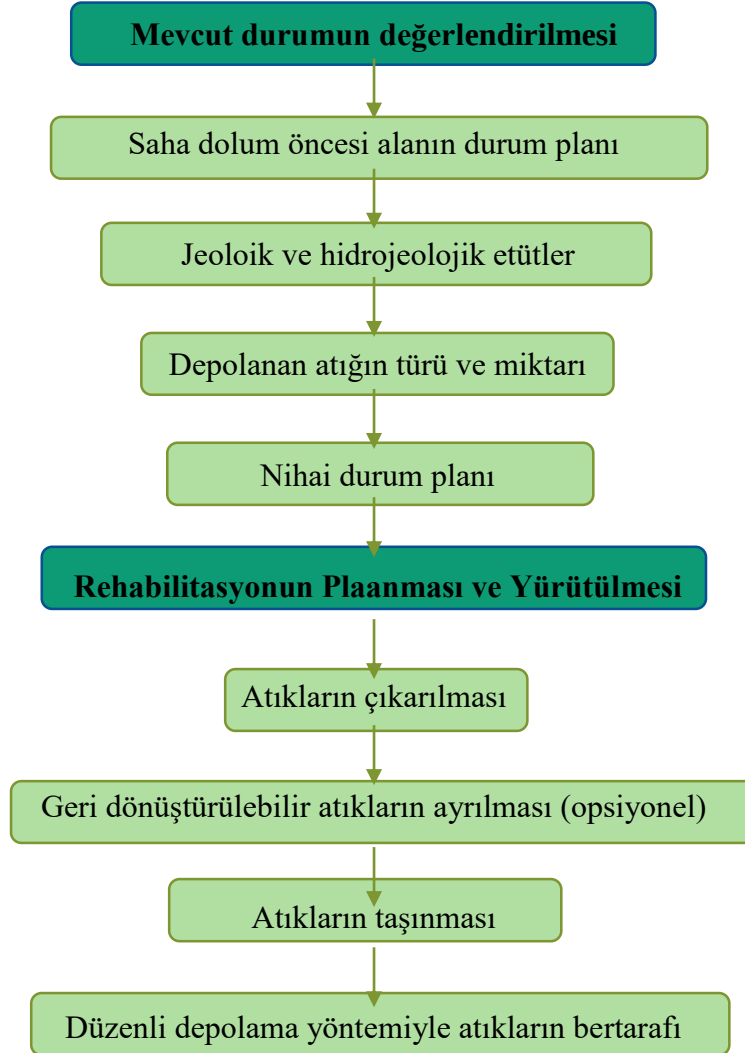
Dünya genelinde bulunan vahşi depolama alanları uzun yıllar kontrolsüz bir biçimde işletildiğinden dolayı atık miktarları ve depolanan alanın büyüklüğü tahmin edilemez boyutlara ulaşmaktadır. Bu nedenle vahşi depolama alanlarının çoğunun rehabilitasyonu yerinde rehabilitasyon yöntemiyle yapılmaktadır.

3.1.2. Atık taşınması yöntemiyle rehabilitasyon

Bazı durumlarda, vahşi depolama sahalarının yerinde rehabilitasyonu mümkün olmamaktadır. Bu gibi durumlarda vahşi depolama sahalarının rehabilitasyonu, atıkların mevcut yerlerinden düzenli depolama sahalarına taşınması suretiyle gerçekleştirilir. Özellikle vahşi depolama sahasında atık miktarının az olması durumunda atıkların taşınması yöntemi kullanılır. Bunun haricinde vahşi depolama sahası yerinin çevresel açıdan hassas bir bölge olması (örneğin özel çevre koruma bölgesi), yeraltı suyu seviyesinin yüksek olması, yakında bir düzenli depolama sahası bulunması gibi sebepler atıkların transferi yoluyla rehabilitasyon metodunun tercih edilmesinde etkilidir. Bu metotta da ilk adım mevcut durumun değerlendirilmesidir. Sonrasında atıklar düzenli depolama alanına transfer edilir. Transfer esnasında alandaki geri dönüştürülebilir atıkların ayrımı işlemi de yapılabilir. Atıklar tamamen boşaltıldıktan sonra alanın durumuna bağlı olarak dolgu veya örtü tabakası mevcut alanın üzerine uygulanır. Rehabilitasyonu tamamlanan alan çeşitli amaçlar için kullanılabilir. Bu yönteme ait akım şeması Şekil 3.2’de gösterilmektedir.

Yukarıda da ifade edildiği gibi, bu yöntemi vahşi depolama alanının küçük olduğu, atıkların miktarının az olduğu veya transfer edilecek alanın yakın olduğu durumlarda uygulamak maliyet açısından uygun olabilmektedir. Vahşi depolama alanının kurulduğu alan herhangi bir yüzeysel veya yeraltı su kaynağına yakınsa, sızıntı suyu veya yüzey suyu drenaj sisteminin çok iyi planlanması gerekmektedir. Ancak sızdırma riskine karşı, rehabilitasyon için bu metodun seçimi uygun olacaktır. Hala kullanılmakta olan vahşi depolama alanları için de bu yöntemin kullanılması uygun olabilir. Çünkü genç bir depolama alanında organik atıkların parçalanması büyük oranda tamamlanmamıştır. Bu tür vahşi depolama alanının rehabilitasyonu yapıp kapatıldıktan sonra alanda bulunan organik atıklar biyolojik olarak bozunmaya devam eder. Bozunma sonucunda atıkların hacimlerinde azalma olur ve depolama sahasında çökmeler meydana gelir. Alanda oluşan çökmeler son örtü tabakasını etkileyerek yüzey suyu ve gaz drenaj sistemine zarar verebilir. Bu

nedenlerle ekonomik açıdan uygun olması durumunda vahşi depolama sahasındaki atıkların, işletilmekte olan bir düzenli depolama sahasına taşınması yoluyla alanın rehabilitasyonu uygun bir seçenek olabilir.



Şekil 3.2. Atık taşınması yöntemiyle rehabilitasyon akım şeması.

3.1.3. Mekanik ayırım sonrası rehabilitasyon

Vahşi depolama alanının mekanik ayırım sonrası rehabilitasyonu, depolama sahasında depolanan atıkların kazılarak geri kazanılabilen metal, plastik, cam ve yakılabilir organik atıkların toprak ve ince partiküllerden ayrılmasıyla yapılan rehabilitasyon olarak tanımlanabilir. Burada bir materyal geri kazanımı söz konusu olduğundan “geri dönüştürülebilir atıkların mekanik ayırımı sonrası rehabilitasyon” terimi yerine literatürde çoğunlukla “depolama sahası madenciliği” terimine rastlamak mümkündür. Bu yöntemde yukarıda bahsedilen yöntemde olduğu gibi mevcut durumun değerlendirilmesi yapıldıktan sonra, atıklar kazılarak çıkarılır ve belirli sınıflara ayrılır (Şekil 3.3.).



Şekil 3.3. Geri dönüştürülebilir atıkların mekanik ayrırımı sonrası rehabilitasyon akım şeması.

Kazı sonucu çıkarılan elementler başlıca toprak tabakası, geri kazanılabilen atıklar, metal atıkları ve ince partiküller şeklinde sınıflandırılabilir. Geri kazanılabilen atıkların değerlendirilmesi genellikle iki şekilde olmaktadır. Birinci yöntemde çıkarılan atıklardan metal atıklar ile bozunma ve kirlenmenin fazla olmadığı plastik ve cam atıklar geri kazanım işlemine tabi tutulurlar. Diğer yöntemde ise metal atıklar ayrıldıktan sonra tüm yanabilen kısımlar enerji üretiminde kullanılmaktadır.

Bu yöntemin uygulanması için gereken maliyet yüksektir. Bu nedenle genellikle pilot çalışmalar yapılarak alandan kar elde edilip edilemeyeceğinin fizibilitesi yapılmalıdır. Florida depolama alanının rehabilitasyon çalışmasında böyle bir fizibilite çalışmasına yer verilmiştir (Jain vd., 2013). Bu çalışmada, öncelikle vahşi depolama yapılan yaklaşık 18,2 ha alanın 1 ha'lık kısmında pilot çalışma yürütülmüş, daha sonrasında 6,8 ha'lık kısmında ise tam ölçekli rehabilitasyon çalışması gerçekleştirilmiştir. Bir diğer çalışmada, Sri Lanka'da bir vahşi depolama alanındaki geri kazanılabilir atıkların atık madenciliği yöntemiyle yakıt olarak değerlendirilmesi için iki farklı senaryo üzerinde çalışılmıştır. Ancak taşıma maliyetlerinin elektrik üretim kazancından fazla olmasından dolayı atık madenciliğinin o alan için uygun olmadığı sonucuna varılmıştır (Maheshi vd., 2015).

3.3. Mühendislik Uygulamaları

3.3.1. Mevcut Durumun Değerlendirilmesi

Rehabilitasyon çalışmalarına başlamadan önce öncelikli olarak rehabilitasyon yapılması planlanan vahşi depolama alanının mevcut durumunun ortaya konulması gerekmektedir. Saha dolum öncesi alanın durum planı, jeolojik-hidrojeolojik etütler, depolanan atığın türü ve miktarı ve nihai durum planı hakkında bilgiye sahip olmak rehabilitasyonun planlanması için önem arz etmektedir. Bu bilgiler rehabilitasyon yönteminin seçiminden, rehabilitasyon uygulamalarında kullanılacak tekniklerin belirlenmesine kadar birçok konuda faydalı olabilmektedir

3.3.1.1. Saha öncesi alanın durum planı

Bir vahşi depolama alanının rehabilitasyon çalışmalarına başlanmadan önce ilk olarak alanın doldurulmadan önceki durumu ile ilgili verilere ihtiyaç vardır. Buna ilaveten, alanın çöp döküm sahası olarak kullanılmaya başlanılmadan önce hangi amaçla kullanıldığı ve bu alan seçilirken ne gibi kriterlere dikkat edildiği konusunda bilgi edinmek gerekmektedir.

Atıkların düzenli depolama yöntemiyle bertaraf edilmesinde, depolama alanının yer seçimi için belirli kriterler vardır. Bu kriterlerin ilki depolama sahası olarak kullanılacak alanın, atıkların 25-

30 yıl boyunca depolanabileceği yeterli büyüklükte olmasıdır. Bir diğer önemli kriter alanın katı atıkların toplandığı yerleşim bölgelerine olan uzaklığıdır. Seçilen alanın hem çevre sağlığını olumsuz etkileyecek kadar yerleşim yerine yakın olmaması hem de çöp toplama araçlarının yakıt ve amortisman masraflarını aşırı derecede arttıracak kadar uzak olmaması gerekmektedir. Bunun dışında seçilen alanın tarım arazileri, orman alanları ve özel koruma bölgelerine uzaklığı, yeraltı ve yüzeysel su kaynaklarına yakınlığı, topografik, jeolojik ve hidrojeolojik durumu, taşkın, heyelan ve çığ riski, hakim rüzgar yönü ve yağış durumu gibi özel durumlarına da dikkat edilmesi gerekir (Vesilind vd., 2002). Ancak yukarıda da ifade edildiği gibi bu kriterler düzenli depolama sahası yeri seçiminde geçerlidir. Oysaki atıkların gelişigüzel depolanması anlamına gelen vahşi depolama yönteminde yer seçim aşamasında bu kriterlerin çoğu uygulanmamaktadır. Genellikle atıkların kolay bir şekilde dökülebileceği çukur bir alan, depolama sahası yeri olarak seçilmektedir. Vahşi depolama sahası yer seçiminde özel bir durum aranmamakta, atıkların transferinin kolay olması için yerleşim yerine fazla uzak olmayan bir araziye rastgele döküm yapılmaktadır. Alanın yerleşim yerlerine olan yakınlığı, çevre ve insan sağlığı problemlerini de beraberinde getirmektedir. Vahşi depolama sahaları tarımsal sahalara (Şekil 3.4.a), ormanlara (Şekil 3.4.b) ve dere yataklarına yakın olabilmektedir. Hatta maalesef fay hatları bile vahşi depolama sahası olarak kullanılabilmektedir (Şekil 3.4.c).



a. Tarım alanı yakını vahşi depolama alanı



b.Orman arazisi kullanılan vahşı depolama alanı



Şekil 3.4.c. Fay kırığı içinde vahşı depolama.

Vahşı depolama alanının doldurulmadan önceki durumunun bilinmesi, vahşı depolama alanının rehabilitasyonunun yapılması sırasında uygulanan her adımda ve alanın rehabilitasyondan sonra hangi amaçlarla kullanılması gerektiğine karar verme konusunda katkı sağlayacak bir unsur olmaktadır. Bu nedenle rehabilitasyon çalışmalarına alanın doldurulmadan önceki durumunu belirleyerek başlanması gerekmektedir.

3.3.1.2. Jeolojik ve hidrojeolojik etütler

Jeolojik ve hidrojeolojik etütler sonucu ortaya konulan vahşi depolama sahası altındaki ve çevresindeki toprak bileşenleri ve su kaynakları ile ilgili bilgiler, depolama sahasının yeraltı suyu veya toprak için oluşturduğu kirlilik riskinin hesaplanması için önemlidir.

Vahşi depolama alanında yapılan jeolojik etütler sayesinde, alanda bulunan toprak ve kayaç türleri tespit edilir. Alanın altında bulunan toprak tabakalarının türü, oluşan sızıntı suyunun ne kadar derinliğe inebileceğini ve yeraltı suyuna karışabileceğini belirler. Dolayısıyla alt toprağın türü hem suyun hem de kirleticilerin taşınmasını etkiler. Kumlu bir toprağın geçirgenliği yüksek olduğundan sızıntı suyunun yeraltı suyuna karışma riski daha yüksek olacaktır. Ancak, killi bir toprağın geçirgenliği daha düşüktür ve kirlilik tutma kapasitesi daha yüksektir. Alt toprak tipi aynı zamanda oturma miktarını da etkiler. Örneğin, kumlu topraklarda oturma fazla değilken kil ve turba topraklarda oturma daha fazladır. Vahşi depolama alanın alt toprak tabakası kil veya turba topraktan oluşuyorsa, son örtü tabakası uygulandığı zaman bir miktar çökme meydana gelebileceğini de hesaba katmak gerekir (McBean vd., 1995). Rehabilitasyon çalışmalarına başlamadan önce toprak yapısının belirlenmesi bu nedenlerden dolayı önemlidir.

Jeolojik etütlerde toprak yapısının yanı sıra genel tektonik oluşumlar, kıvrımlar, doğrultu ve eğimleri, kıvrılma eksenleri, fleksörler, antiklinal ve senklinaller ve eksenleri, kapalı strüktürler ve bunların açık ya da kapalı yönleri, faylar ve türleri, fay düzlemlerinin doğrultu ve eğimleri, fay atımları hakkında da bilgilere erişilebilmektedir (DSI, 2019). Jeolojik etütler sonrası, bu verilerin haritada gösterilmesi ve açıklanarak raporlanması gerekmektedir. Bu bilgiler ışığında meydana gelebilecek bir deprem sonucunda vahşi depolama alanında oluşabilecek kırılmaların neden olacağı deponi gazı sıkışması, gaz kaçakları ve sızıntı suyu yönünün değişimleri ile ilgili konularda tahminler yapılabilmektedir.

Bir bölgenin hidrojeolojik yapısını incelenmesi sırasında bölgenin iklimi ve civarda bulunan su kaynaklarının tespit edilmesi dikkat edilmesi gereken önemli hususlardandır. Vahşi depolama alanının yakınında bulunan meteoroloji istasyonlarından bölgeye ait yağış, sıcaklık ve buharlaşma verilerine ulaşılabilir. Bu veriler değerlendirilerek aylık ve yıllık yağış miktarları hesaplanmalıdır. Bu veriler ile depolama sahası yüzeyinden yeraltı suyuna karışabilecek yağış suyu miktarları da hesaplanabilir. Şekil 3.5'te görüldüğü gibi vahşi depolama alanları su kaynaklarına yakın mesafelerde olabilir. Hidrojeolojik etütlerin bir diğer faydası da civarda bulunan akarsular, göller ve bataklıklar, barajlar ve göletler ve yeraltı su kaynaklarının tespit edilmesidir. Hidrojeolojik etüd raporlarında bu su kaynaklarının büyüklüğüne, akış yönlerine, akım debilerine ve kullanım

amaçlarına yer verilebilir. Bu verilerin, iklim bilgileri ile harmanlanarak değerlendirilmesi sonucu su kaynaklarında aylık ve yıllık bazdaki değişimler ortaya koyulur.



Şekil 3.5. Su kaynağına yakın vahşi depolama alanı örneği.

Yeraltı suyu seviyesinin tespit edilmesi vahşi depolama alanından kaynaklanan yeraltı suyunda oluşabilecek kirlenme seviyelerini belirlemek için önemli bir işlemdir. Yeraltı su seviyesinin depolama alanın tabanına yakın olduğu durumlarda depolama sahasındaki sızıntı suyu ile taşınan kirleticilerin yeraltı suyuna karışıp yer altı suyunu kirletmesi kaçınılmaz olur. Depolama alanın tabanındaki toprak tabakasının geçirimsizliği de bu kirlenmenin seviyesini belirlemede etkilidir. Yeraltı suyundan numune alınıp ölçülen kirlilik parametrelerinin konsantrasyonları da hidrojeolojik etüt raporuna eklenmelidir.

3.3.1.3. Depolanan atığın türü ve miktarı

Vahşi depolama alanının durumunun belirlenmesi aşamasında gerekli görülen bilgilerden biri de alanda depolanan atıklara ilişkin verilerdir. Bu veriler, depolama alanının ne kadar süreyle kullanıldığı, depolama alanında bulunan atık hacmi, yoğunluğu ve kütlesi ile atık türlerinin neler olduğudur. Depolanan atığın içeriğindeki geri dönüşebilir ve organik atık miktarlarının bilinmesi rehabilitasyon yöntemini belirlemede kullanılabilecek önemli parametrelerden biri olarak karşımıza çıkmaktadır. Örneğin alanda geri dönüştürülebilir atık miktarının yüksek olması durumunda vahşi depolama alanının rehabilitasyonu, atıkların mekanik ayrımı ile rehabilitasyon yöntemiyle yapılabilir.

Eğer vahşi depolama alanı bir yerel yönetim tarafından işletiliyorsa, atıklara ait her türlü bilgi yerel yönetimdeki ilgili birimden temin edilebilir. Yerel yönetimin kayıt tutmadığı veya izinsiz döküm yapılan bir vahşi depolama alanında, depolanmış atıkların miktarı ve türlerinin belirlenmesi iki şekilde yapılır. Birinci yöntem tahmin esasına dayalı yöntemdir. Bu yöntemde vahşi depolama sahasına atık getiren yerleşim yerleri tespit edilir. Bu yerleşim yerlerinden haneler belirlenerek atık karakterizasyon çalışması yapılır ve kişi başı atık üretim miktarları hesaplanır. Karakterizasyon çalışmalarında korsan toplayıcıların olup olmaması durumu da hesaba katılmalıdır. Kişi başı atık üretim miktarından ve depolama sahasının ne kadar süredir kullanıldığı bilgisinden, alandaki atık miktarı tahmini olarak hesaplanır. Diğer yöntemde ise vahşi depolama alanının belirli noktalarından örnekler alınarak atıkların hacim, kütle ve yoğunluğu hesaplandıktan sonra karakterizasyon çalışması yapılabilir. Farklı noktalardan örnekler alınmasının nedeni, atıkların farklı bölgelerde farklı sıkışma oranlarına sahip olması ve depolanan atığın içeriğindeki organik atıkların yıllara göre bozunma miktarlarının da farklı olmasından kaynaklanmaktadır. Alt katmanlarda bulunan organik atıkların daha fazla bozunması ve bu kısımda bozunmadan kaynaklı olarak organik atık içeriği daha az olması beklenmektedir. Eğer rehabilitasyonu yapılacak olan vahşi depolama alanı uzun süredir kullanılmayan bir alan ise, organik atıkların büyük çoğunluğu geçen sürede bozunmuş olacağından bu alanın mekanik ayırma için daha uygun bir alan olabileceği söylenebilir.

3.3.1.4. Nihai durum planı

Vahşi depolama alanının rehabilitasyonundan önce rehabilitasyonun planlanmasında ve yürütülmesinde faydalı olacağı düşünülen bilgileri içeren bir durum planı hazırlanmalıdır. Durum planında öncelikli olarak alanın coğrafi konum bilgilerine ve yüzeysel ölçümüne yer verilmelidir. Bu bilgiler alana ait haritalar, alanın şu anki durumunu gösterir fotoğraflar ve çevresinde bulunan yerleşim yerlerine ait bilgilerle desteklenebilir. Bunun dışında atıkların derinliği ve hacmi de hesaplanarak vaziyet planına eklenmelidir. Diğer bir önemli unsur da vahşi depolama alanının ne zamandan beri kullanıldığı ve atık depolama işleminin ne zaman bittiğidir. Bu bilgiler sayesinde, alanda bulunan organik atıkların bozunması sonucu açığa çıkabilecek depolama gazı miktarı ve gaz çıkış süresi ile sızıntı suyu miktarı da belirlenebilir. Bunlar, ilerleyen aşamalarda gaz toplama ve sızıntı suyu toplama sistemi tasarımında gerekli bilgiler olacaktır.

Vaziyet planları çevresel problemleri de içerebilir. Depolama alanında koku ve sinek problemi gibi çevre sağlığını etkileyen konulara planda yer verilmesi rehabilitasyon sırasında gerekli önlemlerin alınmasına olanak sağlar. Ayrıca, gerekli görüldüğü durumlarda yüzeysel veya yeraltı sularından örnekler alınıp hastalık yapıcı organizmaların olup olmadığı plana eklenebilir. Yine

bölgede daha önce yaşanmış deprem, heyelan, patlama yangın gibi felaketlere ilişkin bilgiler de vaziyet planına eklenebilir. Rehabilitasyon esnasında vahşi depolama sahasından ortama yayılabilecek, dolayısıyla patlama ve yangın riski oluşturabilecek gaz sıkışmalarına mutlak surette dikkat edilmelidir.

Vaziyet planları bir işe başlamadan önce ilk bilgilere erişilen dokümanlar olduğundan, tespit edilen her türlü bilgi vahşi depolama alanı vaziyet planında yer almalıdır. Vaziyet planı oluşturulduktan sonra rehabilitasyon çalışmalarına daha güvenle başlanabilir.

3.3.2. Rehabilitasyonun Planlanması ve Yürütülmesi

Vahşi depolama alanında yapılan gözlemlerden ve depolama alanıyla ilgili bilgilerin derlenmesinden sonra rehabilitasyon planlanır ve çalışmalara başlanır. Planlaması yapılan rehabilitasyon çalışması birçok adımı içermektedir. Bu adımlar vahşi depolama alanlarının güvenli hale getirilmesi için uygulanması gereken önemli adımlardır ve her bir adımda yapılan çalışmalar doğrudan veya dolaylı olarak bir diğerini etkilemektedir. Bu başlık altında; şev stabilitesi ve dolgu çalışmaları, yüzey suyu drenaj sistemi, sızıntı suyu drenaj sistemi, gaz drenaj sistemi, son örtü tabakası, menfez ve yol detayları, peyzaj planı ve gözlem kuyuları ve kontrol planı alt başlıklarına değinilecektir.

3.3.2.1. Şev stabilitesi ve dolgu planı

Vahşi depolama yöntemi uygun bir katı atık depolama metodu olmadığı için atık yığının şekli ve boyutları da belli değildir. Bazı durumlarda yığın yüksekliği çok yüksek olurken, bazen de vahşi depolama sahası geniş bir alana yayılmış vaziyettedir. Bu nedenle ilk olarak vahşi depolama alanında atıkların sınırlarını belirlemek gerekmektedir. Şekil 3.6’da görüldüğü gibi sınırlar çizilerek atıkların bu sınırların içinde kalması gereken bölge belirlenir. Daha sonrasında bu sınırların dışında kalan atıklar oluşturulan alanın içerisine taşınır.



Şekil 3.6. Atıkların sınırlarının belirlenmesi.

Bu aşamadan sonra depolama sahasının kayma emniyeti için sağlamlaştırılması gerekmektedir. Atıkların sabit bir şekilde durması ve üzerine uygulanacak son örtü tabakasının kaymaması için yığına 3:1 oranında bir eğim verilmedir (Blight, 2008). Şekil 3.7’de bu duruma bir örnek verilmektedir. Yığının üzeri göllenmelere sebebiyet vermemesi açısından düz hale getirilmelidir. Trapez şeklinde yapılacak olan yığının üst kısmına yağmur sularının akışa geçmesi için az da olsa eğim verilebilir. Bu eğim en fazla % 1-3 kadardır.

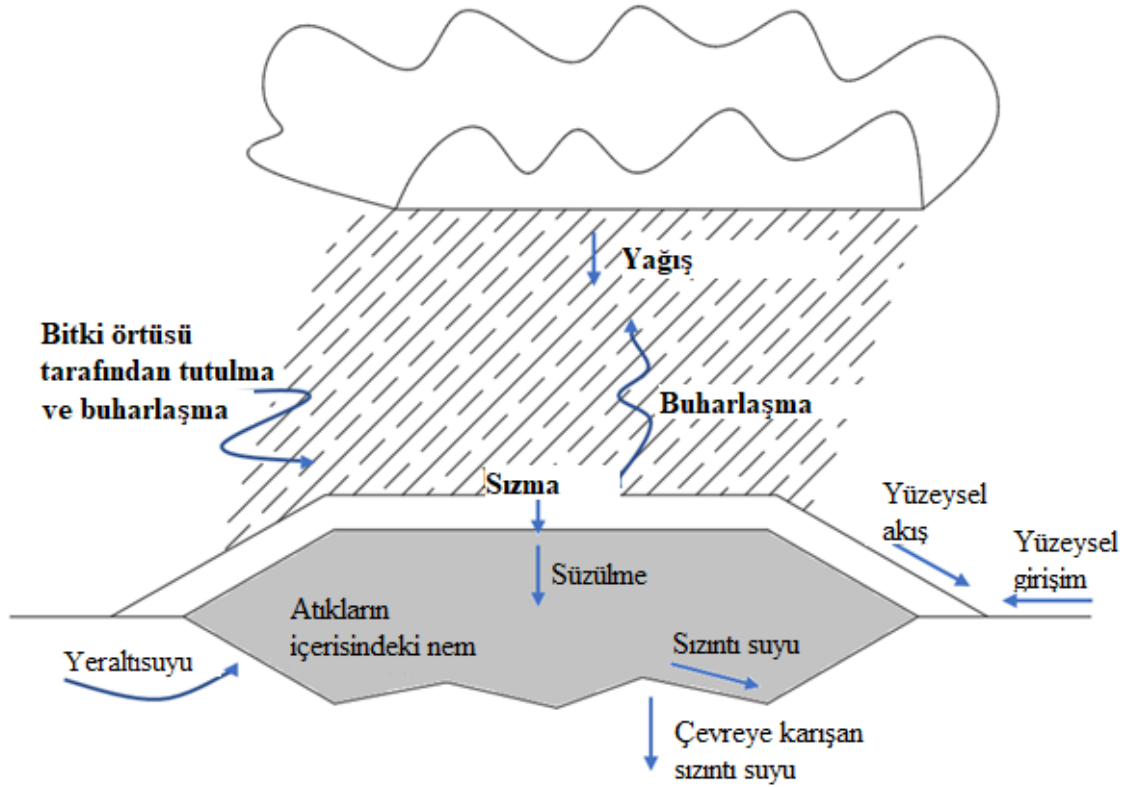


Şekil 3.7. Atıkların sınırın içerisine taşınması ve alana eğim verilmesi.

Bazı durumlarda tek bir trapez şeklinden ziyade yığının teraslandırılması gerekebilir. Bu durum atıkların yüksekliğinin 1.5 m'yi geçtiği veya alanın yakınında kaymalardan etkilenebilecek bir yerleşim yeri bulunması durumunda, tek seferde 3:1 eğimin verilmesi zor olması nedeniyle uygulanabilir. Bunun bir örneği Sri Lanka'da bulunan Meethotamulla vahşi depolama alanının çökmesinden sonra uygulanmıştır (Jayaweera vd., 2019). Evlere çok yakın olan bölgeler teraslanarak kaymanın devam etmesinin önüne geçilmiştir. Aynı yöntem, Philippinler'in Quezon şehrinde bulunan Payatas depolama alanda yaşanan kayma probleminden sonra da uygulanmıştır (Jafari vd., 2013). Her iki örnekte de vahşi depolama alanında çökme ve kayma problemleri yaşandıktan sonra alana müdahale işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu gibi felaketlerin yaşanmaması için vahşi depolama alanlarının rehabilitasyonu büyük önem arz etmektedir.

3.3.2.2. Yüzey suyu drenaj sistemi

Su, hayatın birçok alanında olduğu gibi atıkların depolama yöntemiyle bertarafında da değerlendirilmesi gereken önemli parametrelerden biridir. Bu nedenle vahşi depolama alanlarının rehabilitasyonunda su dengesini kontrol altında tutmak gerekmektedir. Vahşi depolama sahalarında su dengesini etkileyecek birçok girdi ve çıktı bulunmaktadır (Şekil 3.8). Bu girdi ve çıktılar sızıntı suyu miktar ve kalitesini belirlemektedir. Depolama sahasındaki katı atıkların nem içeriği ile atıkların anaerobik ayrışması esnasında ortaya çıkan az miktardaki su, sızıntı suyu miktarını arttırmaktadır. Bunların haricinde depolama sahası dışından sızıntı suyu miktarını arttıran kaynaklar, depolama sahası üzerine yağın yağmur sularının depo gövdesine sızması ile yeraltı suyundan atık gövdesine sızan su girdileridir. Yağışın yüzeyden buharlaşan kısmı ile yüzeysel akışa geçen kısmı ise çıktıları oluşturmaktadır. Bu tür kaynakların bir arada değerlendirilmesiyle alandaki su dengesi hesaplanabilmektedir. Bu verilerin derlenmesi sonucunda son örtü tabakasında kullanılacak materyal seçimi, yüzeysel su toplama sistemi ve sızıntı suyu toplama sistemi için gerekli altyapı oluşturulmaktadır.



Şekil 3.8. Depolama alanındaki su dengesinin şematik gösterimi.

Depolama sahalarında yağmur suyu kaynaklı sızıntı suyu miktarını azaltmak için bazı önlemler alınmaktadır. Bunlar; yüzey eğimini arttırarak yüzeysel akışa olanak sağlamak, geçirimsiz bir son örtü tabakası oluşturarak atık gövdesinden sızan suyun miktarını azaltmak, uygun bir gaz yönetimi yaparak depolama gövdesinde oluşacak çökme ve çatlakların önüne geçerek yüzeyden su sızıntılarına engel olmak şeklinde sıralanabilir.

Depolama alanındaki yüzey suyunun atık gövdesine karışmasını engelleyen en önemli etkenlerden biri son örtü tabakası içerisinde bulunan drenaj tabakasıdır. Üst toprak tabakasından fazla suyu uzaklaştırmak ve geçirimsiz izolasyon tabakasına gelecek su yükünü azaltmak için bir drenaj tabakası inşa etmek gerekmektedir. Üst toprak tabakası yağışla birlikte doygunluğa ulaştıktan sonra sular bu tabakaya geçmektedir. Humus içeriği düşük, geçirgenliği yüksek kumdan oluşan bu drenaj tabakası sayesinde yüzeyden gelen su atık gövdesine girmeden hızlı bir şekilde alanı terkeder. Ekonomik durum uygun ise, yağmur sularının bu tabaka içerisine yerleştirilen HDPE malzemeden oluşan borulardan cazibeyle yan kenarlarda bulunan ana borulara akması sağlanır. Toplayıcı borular fazla suyun depolama alanının dışına taşınmasını sağlar. Drenaj tabakasına gelen su, borular olmaksızın yüzeye eğim verilerek de toplanabilmektedir. Yüzeysel akışa geçen yağmur sularının toplanabilmesi için yan kenarlara kanallar oluşturulmaktadır (Şekil 3.9).



Şekil 3.9. Yüzey suyu toplama kanalı.

3.3.2.3. Sızıntı suyu drenaj sistemi

Vahşi depolama alanında sızıntı suyu yönetimi, planlamadan önce yapılan jeolojik ve hidrojeolojik etütlerin yardımıyla yapılmaktadır. Vahşi depolama sahalarında ekonomik ve teknik açıdan uygun olması durumunda sızıntı suyunu toplamak için borular kullanılabilir. Sızıntı suyu drenaj sistemlerin oluşturulmasında atığın derinliği, atığın yaşı, alanın topografyası ve altta bulunan toprak tabakası gibi faktörler etkilidir. Bu bilgilerin yanısıra, yeraltı suyunun yüksekliğine de bağlı olarak sızıntı suyu drenajı için farklı uygulamalar belirlenmektedir. Sızıntı suyunun yönüne göre oluşturulan kesme duvarı, toplama boruları veya önleme hendekleri gibi yöntemlerle sızıntı suyunun yeraltı suyuna karışması engellenebilmektedir. Depo gövdesinde toplanan sızıntı suları, borularla sahanın alt tarafına inşa edilmiş sızıntı suyu toplama havuzlarına aktarılır. Bu önlemlerle, vahşi depolama alanının yakınında bulunan yüzeysel ve yer altı sularının kirlenmesinin önüne geçilir. Toplanan sızıntı suları biyolojik ve kimyasal yöntemler ile arıtılabilir. Ancak, vahşi depolama sahalarında rehabilitasyon sonrası sızıntı suyu oluşumu fazla olmayacağı için, arıtma tesisi kurulmasına da gerek bulunmamaktadır. Sızıntı suyu drenaj sistemleri Bölüm 4'te detaylı bir şekilde anlatılacaktır.

3.3.2.4. Gaz drenaj sistemi

Vahşi depolama alanlarındaki sorunlardan biri de depolama alanında oluşan ve alanda biriken gazlardır. Vahşi depolama alanlarında organik atıkların anaerobik şartlarda bozunması sonucu oluşan biyogaz, Depolama Sahası Gazı (LFG) olarak adlandırılır. Bu gaz yaklaşık %50-60 oranında metan, %35-40 karbondioksit ve %3-10 oranında azot içermektedir. Bu gazlar kontrolsüz bir biçimde alandan dışarı sızdığına, küresel ısınma başta olmak üzere çeşitli çevresel problemlere neden olmaktadır. Gazların depolama alanında birikmesi, sıkışması ve havayla farklı oranlarda karışması sonucunda patlama ve yangın riski bulunmaktadır. Depolama sahası gazları (LFG) havayla %5-15 oranında karıştığında patlamaya, daha yüksek bir oranda karıştığında da yangına sebep olmaktadır. Ümraniye-Hekimbaşı vahşi depolama alanında 1993 yılında olan patlama bu duruma örnek olarak gösterilebilir (Kocasoy & Curi, 2000). Bu olayda 11 ev yıkılmış ve 39 kişi hayatını kaybetmiştir. Bu tür probemlerin önüne geçmek için vahşi depolama alanlarında gaz drenaj sistemlerini oluşturmak gerekmektedir.

LFG miktarı depolama alanında bulunan organik atık miktarına ve depolama süresine bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Gaz toplama ve taşıma sistemlerini içeren gaz drenaj sistemi, geçirimsiz tabaka içerisinde bulunur. Geçirimsiz tabaka içerisine gazın kontrollü bir şekilde toplanmasını sağlamak amacıyla borular yerleştirilir. Mevcut ve sonraki yıllarda oluşması beklenen gaz miktarının fazla olduğu durumlarda bu sistem, düşey gaz toplama bacalarıyla desteklenir. Toplanan gaz duruma göre otomatik meşale sistemi ile yakılır veya enerji elde etmek için bir tesise taşınır. Gaz drenaj sistemleri Bölüm 4’te detaylı bir şekilde anlatılacaktır.

3.3.2.5. Son örtü tabakası

Depolama sahalarında sızıntı suyu kaynağının neler olduğu ile ilgili bilgiler “Sızıntı suyu drenaj sistemi” bölümünde verilmişti. İnfiltrasyon yoluyla yağmur sularının geçmemesi için tasarlanan nihai üst örtü tabakası ise bu bölümde anlatılacaktır. Nihai üst örtü tabakasının tasarımı, vahşi depolama alanının su dengesinin değişiminde büyük rol oynamaktadır.

Nihai üst örtü tabakası kullanılması, sızıntı sularının miktarının azaltılarak sızıntı suyu drenaj ve arıtma sistemlerinin tasarımında daha düşük debiye göre ayarlama yapılmasına ve sistemin uzun yıllar sürdürülebilir şekilde bozulmadan kullanılmasına olanak sağlar. Nihai üst örtü tabakası oluşturulurken dikkat edilmesi gereken bazı unsurlar bulunmaktadır. Bunlara dikkat edilmeden yapılan tasarımlar, tabakanın uzun yıllar boyunca kullanılmasını engelleyerek para ve zaman kaybına neden olurlar. Vahşi depolama sahalarının rehabilitasyonunda iyi yapılmamış bir nihai üst örtü tabakası, aynı zamanda başarısız bir rehabilitasyon anlamına gelmektedir. Bu nedenle nihai

üst örtü tabakasının sağlamlığını etkileyen faktörleri de göz önünde bulundurmak gerekmektedir. Nihai üst örtü tabakasını etkileyen bileşenler; son örtüde kullanılacak materyal seçimi, eğim, kullanılacak malzeme miktarı ve tabaka kalınlıklarıdır. Önemli olan bir diğer bileşen ise erozyona neden olmaması için uygun stabilitenin sağlanmasıdır. Ayrıca gelecek dönemlerde alana düşecek yağış miktarları hesaplanmalı ve yüzeysel akışa geçen suyun yönlendirileceği alanların uygun olup olmadığı tespit edilmelidir. Örtü tabakası tasarımı yapılırken uzun yıllar başka bir işlem gerektirmeden kullanılması için gerekli kontroller yapılmalıdır. Ayrıca, maliyet analizi de yapılarak en uygun nihai üst örtü tabakası seçimi yapılmalıdır.

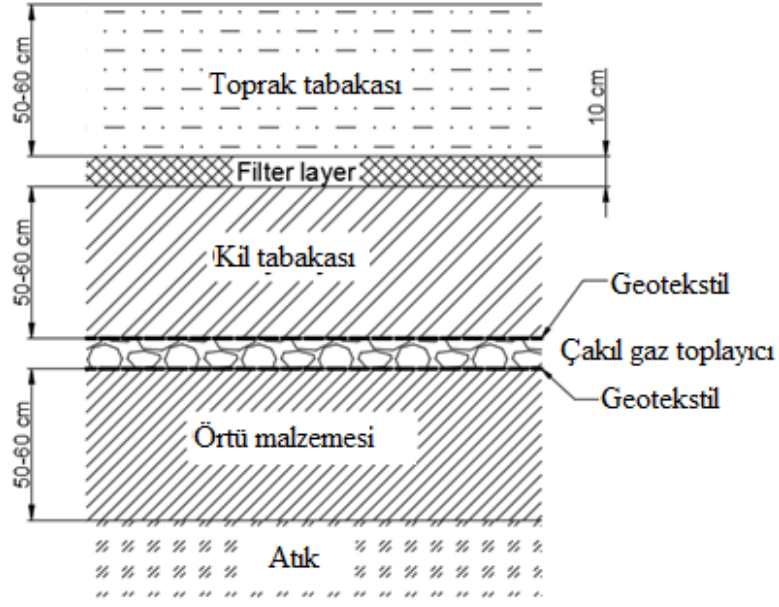
Nihai üst örtü tabakasını tek bir katman olarak kullanmak yerine, belirli amaçlara hizmet eden tabakalarla desteklemek daha uygun olacaktır. Bu tabakaları, bitki yetiştirmeye elverişli yüzey tabakası ve hidrolik bariyer tabakası olarak iki sınıfı ayırabiliriz. Hidrolik bariyer tabakası ise kendi içinde filtre tabakası, drenaj tabakası ve geçirimsizlik tabakası gibi tabakalardan oluşabilir. Bu tabakaların kullanım amaçları Tablo 3.1’de verilmiştir.

Tablo 3.1. Son örtü tabakasındaki çeşitli tabakaların rolleri

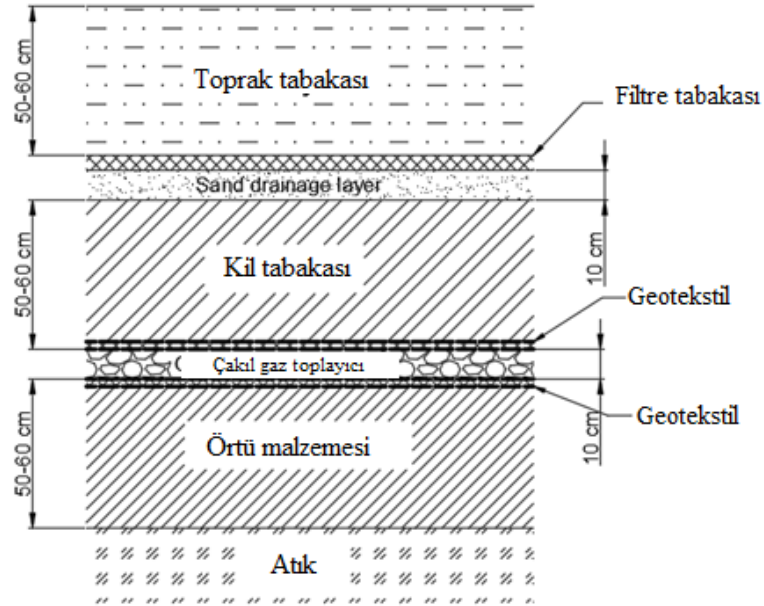
Tabaka Türü	Tabaka Bileşenleri	Birincil Rol
Yüzey tabakası	Toprak tabakası	Üzerinde bitki yetiştirilmesine elverişli olmasından kök gelişimi ile su tutma kapasitesini artırır, infiltrasyonu ve rüzgar erozyonunu azaltır.
	Filtre tabakası	Toprak tabakasının ve yüzeyden gelen pestisitlerin drenaj tabakasına karışmasını engeller.
Hidrolik bariyer tabakası	Drenaj tabakası	Yüzeyden gelen suların sistemi hızlı bir şekilde terk etmesini sağlar.
	Geçirimsiz tabaka	Geçirimsiz bir tabaka oluşturarak suyun atık gövdesine sızması engellenir ayrıca gaz toplama sistemini barındırır

Tablo 3.1’de bahsedilen amaçlara yönelik tabakalarda kullanılacak materyalin seçimi, kalınlığı ve miktarı için belirli standartlar bulunmamakta, kombinasyon tamamen tasarımcıların inisiyatifine bırakılmaktadır. Bu tabakaların farklı kombinasyonları, aşağıdaki Şekil 3.10’da örnek olarak verilmiştir. Şekillerden de görüleceği gibi bitki yetiştirmeye elverişli toprak her zaman en üst tabakada kullanılmalıdır. Toprağa dikilen bitkiler köklerini salarak zeminin daha sağlam olmasını ve erozyon gibi felaketlerden korunmasını sağlar. Fakat, çok derin köklü bitkiler de kullanılmamalıdır. Şekil 3.10.a’da son örtünün basit bir tasarımı görülmektedir. Burada drenaj ve filtre tabakası tek tabaka şeklinde kullanılmıştır. Kil tabakasının altına drenaj tabakası olarak geotekstil ve çakıldan oluşturulan bir tabaka kullanılabilir. Geçirimsiz tabaka çoğu zaman gaz

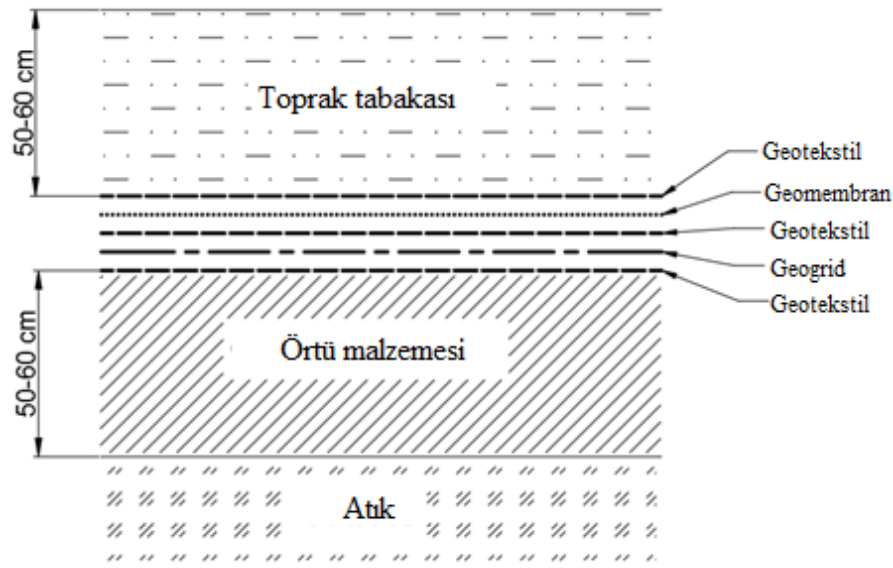
toplamaya da elverişli bir tabaka olarak kullanılır. Şekil 3.10.b, Şekil 3.10.a'nın biraz daha ayrıntılı bir hali olup burada, drenaj ve filtre tabakası ayrılmış ve geçirimsizlik tabakası güçlendirilmiştir. Şekil 3.10.c'de ise geomembran ile geçirimsizlik sağlanmış, ile geotekstillerle filtreleme sağlanmış ve geogrid ile gaz toplamaya elverişli bir ortam oluşturulmuştur.



a



b



Şekil 3.10.c. Son örtü tabakası örnekleri

3.3.2.6. Menfez ve yol detayları

Alanda yapılacak her türlü teknik işlemin çizimleri, rehabilitasyonun planlanması sırasında kayıt altına alınmalıdır. Planlama aşamasında her türlü işlemin belirlenmesi yürütme aşamasında karışıklık yaşanmaması açısından önem arz etmektedir. Sızıntı suyu ve yüzey suyunun alandan uzaklaştırılması için kullanılacak menfezlerin planları da çalışmalar başlamadan önce yapılmalıdır. Son örtü tabakasında kullanılacak katmanlar oluşacak su miktarlarını da etkileyeceği için menfezlerin boyutları buna göre ayarlanmalıdır. Rehabilitasyonun her aşaması bu gibi nedenlerle bütünsel olmalıdır. Sızıntı suyunun alandan uzaklaştırılması için kullanılacak menfez, tahmini sızıntı suyu miktarına göre boyutlandırılmalı ve yeterli büyüklükte ve yeterli kapasitede olmalıdır. Menfezler, rehabilitasyonu yapılan vahşi depolama alanına sızıntı suyu toplama havuzu yapımı planlandıysa oraya bağlanır. Planda havuz olmadığı durumlarda ise menfezler suların en yakın kanalizasyon şebekesine bağlanmasını sağlar.

Vahşi depolama alanına erişim için kullanılacak yolun çalışmalara başlamadan önce düzenlenmesi, çalışmalarda kullanılacak iş makinalarının kolaylıkla alana gelmesi ve alanda yürütülecek faaliyetleri gerçekleştirebilmeleri için önemlidir. Yolun yüzeyi üzerinden geçen ağır makinalar tarafından kolay bozulmayacak şekilde sağlam olmalıdır. Ekonomik uygunluğa göre sıkıştırılmış toprak veya asfalt kullanılabilir. Yapılacak yol en az iki aracın karşılıklı geçişine olanak sağlayacak kadar büyük olmalıdır. Çalışmalar tamamlandıktan sonra da bu yol, kontrol amacıyla alanın ziyaret edileceği ve olası bir tehlike durumunda kullanılacağı için müdahaleyi kolaylaştıracak şekilde tasarlanmalıdır.

3.3.2.7. Peyzaj planı

Vahşi depolama alanları, rehabilitasyondan sonra yeşil alan, rekreasyon alanı veya inşaat alanı olarak kullanılabilir. Alanın hangi amaçla kullanılacağı rehabilitasyonun planlanması aşamasında açıkça belirlenmelidir. Örneğin alanın üzerine inşaat yapılması planlanıyorsa son örtü tabakasındaki membran yapıların kullanılması uygun olmayacaktır. Rehabilitate edilmiş depolama alanları için en karlı ve uygun değerlendirilme yöntemleri yeşil alan veya rekreasyon amaçlı kullanım olmaktadır. İki kullanım için de alanın bitkilerle yeşillendirilmesi gerekmektedir. Bitki seçimi bu aşamada önemli bir kriter olmaktadır. Bu alanın çim veya çayır türündeki bitkilerle yeşillendirilmesi bir problem teşkil etmezken bu alana dikilecek ağaçların seçiminde dikkatli davranmak gerekmektedir. Kökleri derinlere inen bitkiler tercih edilmemelidir, çünkü bunların kökleri izolasyon tabakasını delebilir ve yüzey suyunun depolama gövdesine taşınmasına neden olabilirler. Kökleri bitki yetiştirmeye elverişli son örtü tabakasında kalabilecek, bölgenin florasına uygun bitkiler yeşillendirme çalışmaları için en uygun bitkilerdir.

3.3.2.8. Gözlem kuyuları ve kontrol planı

Rehabilitasyonu tamamlanan vahşi depolama alanının bakım, izleme ve kontrolleri gerekli merciler tarafından belirli bir süre boyunca yapılmalıdır. Bu bakım, izleme ve kontrol faaliyetleri için depolama alanının durumuna göre değişen bazı etkenler vardır. Bu etkenler sırasıyla verilmiştir. Gaz toplama sisteminin ve varsa yakma tesisatının bakımı yapılmalıdır. Eğer depolama gazı toplandıktan sonra işleniyorsa bu sistemlerin bakımının yapılması gerekmektedir. Toplanan gaz kalitesi de sürekli olarak izlenmelidir. Sızıntı suyu drenaj sisteminin bakımları düzenli olarak yapılmalıdır. Alandaki havuzdan belirli aralıklarla numune alınarak kalite kontrolleri yapılmalıdır. Sızıntı suyu arıtma tesisi veya transfer sistemi varsa bunların kontrollerinin ve bakımlarının düzenli olarak yapılması sağlanmalıdır. Depolama sahası çevresindeki yüzey sularından örnekler alınarak kalitesi kontrol edilmelidir. Yer altı suyu için gözlem kuyuları kurularak alandan girişim olup olmadığı takip edilmelidir. Son olarak alanın yüzeyinde son örtü tabakalarındaki oluşabilecek sorunlar ve yığında oluşabilecek kayma ve göçmeler gözlemlenmelidir.

3.4 Kaynakça

- Blight, G. (2008). Slope failures in municipal solid waste dumps and landfills: a review. *Waste Management & Research*, 26, 448–463. <https://doi.org/10.1177/0734242X07087975>
- DSİ. (2019). *Hidrojeolojik Etüt Şartnamesi*. Tarım ve Orman Bakanlığı Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü.
- Jafari, N. H., Stark, T. D., & Merry, S. (2013). The July 10 2000 Payatas Landfill Slope Failure.

International Journal of Geoengineering Case Histories, 2(3), 208–228.

<https://doi.org/10.4417/IJGCH-02-03-03>

Jain, P., Townsend, T. G., & Johnson, P. (2013). Case study of landfill reclamation at a Florida landfill site. *Waste Management*, 33(1), 109–116.

<https://doi.org/10.1016/j.wasman.2012.09.011>

Jayaweera, M., Gunawardana, B., Gunawardana, M., Karunawardena, A., Dias, V., Premasiri, S., Dissanayake, J., Manatunge, J., Wijeratne, N., Karunaratne, D., & Thilakasiri, S. (2019). Management of municipal solid waste open dumps immediately after the collapse: An integrated approach from Meethotamulla open dump, Sri Lanka. *Waste Management*, 95, 227–240. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.06.019>

Kocasoy, G., & Curi, K. (2000). *the Umraniye-Hekimba \$ I Open Dump Accident. April 1994*, 305–314.

Maheshi, D., Steven, V. P., & Karel, V. A. (2015). Environmental and economic assessment of “open waste dump” mining in Sri Lanka. *Resources, Conservation and Recycling*, 102, 67–79. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2015.07.004>

McBean, E. A., Rovers, F. A., & Farquhar, G. J. (1995). *Solid Waste Landfill Engineering and Design*. Prentice Hall PTR. <https://books.google.com.tr/books?id=9pxsQgAACAAJ>

Vesilind, P. A., Worrell, W. A., & Reinhart, D. R. (2002). *Solid Waste Engineering*. Brooks/Cole. <https://books.google.com.tr/books?id=RPEeAQAAIAAJ>