İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KATI ATIK SIZINTI SUYU MİKTARINI AZALTICI YÖNETİM STRATEJİLERİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Filiz ÖZTÜRK

Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Çevre Bilimleri ve Mühendisliği Programı

HAZİRAN 2011

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KATI ATIK SIZINTI SUYU MİKTARINI AZALTICI YÖNETİM STRATEJİLERİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Filiz ÖZTÜRK
(501091745)

Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Çevre Bilimleri ve Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. İzzet ÖZTÜRK

HAZİRAN 2011

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün **501091745** numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi **Filiz ÖZTÜRK**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı **"KATI ATIK SIZINTI SUYU MİKTARINI AZALTICI YÖNETİM STRATEJİLERİ"** başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Prof. Dr. İzzet ÖZTÜRK**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Prof. Dr. Kadir ALP**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Bülent Çallı
Marmara Üniversitesi

Teslim Tarihi : **10 Mayıs 2011**
Savunma Tarihi : **10 Haziran 2011**

ÖNSÖZ

Bu tezin hazırlanmasında, geniş tecrübe ve yönlendirmelerinden faydalandığım danışman hocam sayın Prof. Dr. İzzet Öztürk'e ve ayrıca üniversite hayatım boyunca yetişmemde emeği geçmiş tüm İ.T.Ü. Çevre Mühendisliği Bölümü öğretim görevlilerine teşekkür ederim.

Haziran 2011

Filiz Öztürk

(Çevre Mühendisi)

İÇİNDEKİLER

Sayfa

1. GİRİŞ 1
1.1 Konunun Anlam ve Önemi 1
1.2 Tezin Amacı ve Kapsamı 2
2. LİTERATÜR ÖZETİ 3
2.1 Sızıntı Suyu Oluşumu 3
2.2 Sızıntı Suyu Miktarı 3
2.3 Sızıntı Suyu Özellikleri 6
2.4 Sızıntı Suyunun Yönetimi 8
2.4.1. Atık doldurma tekniği 8
2.4.2 Yağmursuyu kontrolü 9
2.4.3 Nihai örtü tabakası (NÖT) 10
3. FARKLI SENARYOLAR İÇİN SIZINTI SUYU OLUŞUMUNUN İNCELENMESİ 13
3.1 İncelenen Senaryolar 13
3.2 Sızıntı Suyu Oluşumu Hesabı ile İlgili Temel Kabuller ve Seçilen 3 İlin Meteorolojik Durumu 15
3.3 Sızıntı Suyu Oluşumu Tahminleri 18
3.3.1 Senaryo 1A 18
3.3.2 Senaryo 1B 22
3.3.3 Senaryo 2 26
3.3.4 Senaryo 3 29
3.3.5 Senaryo 4 32
3.3.6 Senaryo 5 35
3.4 HELP (3.0) Modeli Uygulaması 38
3.4.1 Modelin kullanımı 38
3.4.2 Modelin Malatya'da 2 ha'lık hücreler için uygulanması 40
4. SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ 43
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER 49
KAYNAKLAR 51
EKLER 53

KISALTMALAR

ABD : Amerika Birleşik Devletleri
BOİ : Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı
DD : Düzenli Depolama
DDT : Düzenli Depolama Tesisi
HELP : Hydraulic Evaluation of Landfill Performance
KA : Katı Atık
KOİ : Kimyasal Oksijen İhtiyacı
Maks $Q_{gün,ort}$: Günlük Maksimum Sızıntı Suyu Debisi
Min $Q_{gün,ort}$: Günlük Minimum Sızıntı Suyu Debisi
NÖT : Nihai Örtü Tabakası
Ort $Q_{gün,ort}$: Günlük Ortalama Sızıntı Suyu Debisi
$P_{ort, ss}$: Yıllık Ortalama Yağış Yüksekliği
$Q_{ort, ss}$: Ortalama Sızıntı Suyu Debisi
Q_{ss} : Sızıntı Suyu Debisi
TOK : Toplam Organik Karbon

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1 : Avrupa ülkelerinde kaydedilmiş sızıntı suyu miktarları. 5
Çizelge 2.2 : Almanya'daki bazı katı atık depolama tesislerinde açığa çıkan sızıntı suyu miktarları. 5
Çizelge 2.3 : Sızıntı suyu özelliklerinin depo yaşı ile değişimi. 7
Çizelge 3.1 : İncelenen Senaryolar…… 14
Çizelge 3.2 : Sistemin atık bileşen ve yüzdeleri. 17
Çizelge 3.3 : Seçilen iller için yağış verileri. 18
Çizelge 3.4 : Depolama hücrelerinin alan ve dolum süreleri. 19
Çizelge 3.5 : İncelenen üç ilde senaryo 1A için sızıntı suyu debileri. 19
Çizelge 3.6 : 10 ha'lık hücrelerde yıllık ortalama sızıntı suyu miktarının işletme sürecindeki değişimi 21
Çizelge 3.7 : 2 ha'lık hücrelerde yıllık ortalama sızıntı suyu miktarının işletme sürecindeki değişimi 22
Çizelge 3.8 : İncelenen üç ilde Sen 1B için sızıntı suyu debileri. 23
Çizelge 3.9 : 10 ha'lık hücrelerde yıllık ortalama sızıntı suyu miktarının işletme sürecindeki değişimi. 25
Çizelge 3.10 : 2 ha'lık hücrelerde yıllık ortalama sızıntı suyu miktarının işletme sürecindeki değişimi. 25
Çizelge 3.11 : İncelenen iki ilde Senaryo 2 için sızıntı suyu debileri. 27
Çizelge 3.12 : İncelenen iki ilde Senaryo 3 için sızıntı suyu debileri. 30
Çizelge 3.13 : İncelenen iki ilde Senaryo 4 için sızıntı suyu debileri. 33
Çizelge 3.14 : İncelenen ilde Senaryo 5 için sızıntı suyu debileri. 36
Çizelge 4.1 : Tüm senaryolar için hesaplanan günlük ort sızıntı suyu miktarları 46
Çizelge B.1 : Sızıntı suyu hesabında kullanılan meteorolojik veriler……57
Çizelge B.2 : Sızıntı suyu hesabında kullanılan meteorolojik verilerin işlenmesi..... 57
Çizelge B.3 : Sızıntı suyu hesabında kullanılan kabuller. 58
Çizelge B.4 : Senaryo 1B (Malatya-10 ha.) için sızıntı suyu hesap sonuçları. 59
Çizelge B.5 (Devam): Senaryo 1B (Malatya-2 ha.) için sızıntı suyu hesap sonuçları60
Çizelge C.1 : Senaryo 1A (Malatya-10 ha.) için sızıntı suyu hesap sonuçları.....61
Çizelge C.2 : Senaryo 1A (Malatya-2 ha.) için sızıntı suyu hesap sonuçları..... 62
Çizelge D.1 : Senaryo 2 (Malatya-10 ha.) için sızıntı suyu hesap sonuçları..... 64
Çizelge D.2 : Senaryo 2 (Malatya-2 ha.) için sızıntı suyu hesap sonuçları 65
Çizelge E.1 : Senaryo 3 (Malatya-4ha.) için sızıntı suyu hesap sonuçları.....67
Çizelge E.2 : Senaryo 3 (Malatya-1ha.) için sızıntı suyu hesap sonuçları……..68
Çizelge F.1 :İşletime alınacak atık bertaraf tesisleri ve işletmeye alınma tarihleri (KAAP, 2006)..... 69
Çizelge G.1 : Senaryo 4 (Malatya-10ha.) için sızıntı suyu hesap sonuçları..... 70
Çizelge G.2 : Senaryo 4 (Malatya-2ha.) için sızıntı suyu hesap sonuçları 71
Çizelge H.1:Senaryo 5 (Malatya-10ha-%50 yağış fazlası.) için sızıntı suyu hesap sonuçları..... 73
Çizelge H.2 : Senaryo 5 (Malatya-2ha-%50 yağış fazlası.) için sızıntı suyu hesap sonuçları 74

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 : Sızıntı suyu oluşumu ve katı atıklardan sızıntı suyuna kirletici geçişi. 3
Şekil 2.2 : Bir katı atık düzenli depolama tesisi için su dengesi. 4
Şekil 2.3 : Atık bozunma evreleri. 6
Şekil 2.4 : Atık doldurma tekniği. 9
Şekil 2.5 : Düzenli depolama nihai örtüsü yan şev detayı. 10
Şekil 2.6 : DDT Üst Örtüsünün Teşkili (II. Sınıf DDT). 11
Şekil 3.1 : Seçilen merkezlerin türkiye haritası üzerinde gösterimi. 16
Şekil 3.2 : İzafi (Mutasavver) depolama alanlarında yıllara göre toplanan atık miktarı (geri dönüşüm/geri kazanım olmadığı durum). 17
Şekil 3.3 : Depolanan atık içindeki kuru katı madde ve su dağılımı. 17
Şekil 3.4 : Seçilen illerin günlük maksimum ve yıllık ortalama yağış yükseklikleri. 18
Şekil 3.5 : Tipik karışık atığın ana madde grupları. 19
Şekil 3.6 : Günlük ortalama sızıntı suyu oluşum miktarları. 20
Şekil 3.7 : Depolama alanı işletim süresi ve kapanmayı izleyen 10 yıllık devrede sızıntı suyu oluşumu (Malatya). 21
Şekil 3.8 : Günlük ortalama sızıntı suyu oluşum miktarları. 24
Şekil 3.9 : Depolama alanı işletim süresi ve kapanmayı izleyen 10 yıllık devrede sızıntı suyu oluşumu (Malatya). 25
Şekil 3.10 : Senaryo 2 kapsamında depolanan atığın ana madde grupları. 26
Şekil 3.11 : Günlük ortalama sızıntı suyu oluşum miktarları. 27
Şekil 3.12 : Depolama alanı işletim süresi ve kapanmayı izleyen 10 yıllık devrede sızıntı suyu oluşumu (Malatya). 28
Şekil 3.13 : Senaryo 3 kapsamında depolanan atık. 30
Şekil 3.14 : Günlük ortalama sızıntı suyu oluşum miktarları. 31
Şekil 3.15 : Depolama alanı işletim süresi ve kapanmayı izleyen 10 yıllık devrede sızıntı suyu oluşumu (Malatya). 32
Şekil 3.16 : Günlük ortalama sızıntı suyu oluşum miktarları. 34
Şekil 3.17 : Depolama alanı işletim süresi ve kapanmayı izleyen 10 yıllık devrede sızıntı suyu oluşumu (Malatya). 35
Şekil 3.18 : Günlük ortalama sızıntı suyu oluşum miktarları. 36
Şekil 3.19 : Depolama alanı işletim süresi ve kapanmayı izleyen 10 yıllık devrede sızıntı suyu oluşumu (Malatya). 37
Şekil 4.1 : Malatya'da farklı senaryolar için oluşan ortalama sızıntı suyu miktarlarının Senaryo 1B'ye göre normalize durumları (A=2 ha., Atop= 20 ha.) 48
Şekil A.1 : Senaryo 1A, Senaryo 1B ve Senaryo 5 için depolanan atığın sızıntı suyuna geçen oranı 54
Şekil A.2 : Senaryo 2 için depolanan atığın sızıntı suyuna geçen oranı 54
Şekil A.3 : Senaryo 3 için depolanan atığın sızıntı suyuna geçen oranı 54
Şekil A.4 : Senaryo 4 için depolanan atığın sızıntı suyuna geçen oranı (a) Atığın %37 Azaltılması Durumu için(2011-2015) (b) Atığın %50 Azaltılması

Durumu için (2015-2020) (c) Atığın %52 Azaltılması Durumu için (2020-2025) 55
Şekil F.1 : Yıllara göre uygulanan atık azaltım oranları (KAAP, 2006) 69
Şekil I.1 : Buharlaşma hesapları için veri girişi. 75
Şekil I.2 : Aylık ortalama yağış değerlerinin veri olarak işlenmesi. 75
Şekil I.3 : Aylık ortalama sıcaklık değerlerinin veri olarak işlenmesi. 76
Şekil I.4 : Solar radyasyon değerlerinin veri olarak işlenmesi. 76
Şekil I.5 : Depolama alanı işletme değerlerinin veri olarak işlenmesi. 77
Şekil I.6 : Depolama alanı üst örtü ve drenaj tabakası işletme değerlerinin veri olarak işlenmesi. 77
Şekil I.7 : Depolama alanı üst örtü ve drenaj tabakası hidrolik değerlerinin veri olarak işlenmesi. 78
Şekil I.8 : Depolama alanı tabakalarına özgü çıktı örneği. 78
Şekil I.9 : Depolama alanı hidrolik bilgilerinin çıktısı. 79

KATI ATIK SIZINTI SUYU MİKTARINI AZALTICI YÖNETİM STRATEJİLERİ

ÖZET

Sızıntı suyu kalitesi oldukça değişken olup birçok endüstriyel atıksuya göre geniş aralıkta bir kirlilik yüküne sahiptir. Buna rağmen sızıntı suları, evsel ve endüstriyel atıksulara oranla daha az üretilmektedir.

Bir düzenli depolama tesisi tasarımı; geçirimsiz taban kaplaması, sızıntı suyu toplama/kontrol sistemi, yağmur suyu kontrolü ve nihai üst örtü tabakası gibi sızıntı suyu kontrol yapılarını ihtiva etmelidir.

Bugüne kadar yapılan uygulamalar, sızıntı sularının hacimsel olarak %2 oranına kadar evsel atıksu arıtma tesislerine doğrudan veya kanal şebekesinin belli bir noktasından verilmesinin, merkezi atıksu arıtma tesislerinde herhangi menfi tesiri olmadığını göstermektedir (Mc Bean v.d., 1995). Dolayısıyla çoğu kez, özellikle küçük ve orta büyüklükteki yerleşim yerlerinin katı atık sızıntı sularının, söz konusu orana kadar evsel atıksu kanalizasyon sistemine verilmesi düşünülebilir.

Kötü işletme koşulları ve etkin bir atık ayrımı yapılamıyor olması sebebiyle, ülkemiz depolama alanlarında oluşan sızıntı suyu miktarlarının Türkiye ortalamasının üzerinde yağış yüksekliğine sahip ülkelerde görülen sızıntı suyu miktarlarından daha fazla olması dikkat çekicidir. Sızıntı suyu oluşumunu en aza indirmek için, hücre alanlarını küçültmek, atık hücresi üzerini geçici örtü ile örtmek, depo alanı dışından gelebilecek yağmur sularının depolama sahasına girişini önlemek ve depo nihai örtüsü üzerinde yeterli yüzeysel su (yağmursuyu) drenajı yapmak gibi teknik tedbirlerin alınması gerekmektedir. İlave olarak, depolama sahası dışından gelebilecek yağmursularının, bilhassa işletmede olan (aktif) hücrelerden uzak tutulması ve su muhtevası yüksek atık bileşenlerinin düzenli depolama dışında bir atık bertaraf yöntemi ile değerlendirilmesi gerekir.

Bu çalışmada; iklimsel koşullar, depolanan atığın su muhtevası ve depolama alanı hücre büyüklüklerinin değişkenliği parametrelerinin, oluşan sızıntı suyu miktarına etkileri, 5 ana senaryo kapsamında incelenmiş ve sonuçlar toplu olarak değerlendirilmiştir.

STRATEGIES FOR MINIMIZING THE LEACHEATE QUANTITY

SUMMARY

Leachate from a landfill is low in quantity in spite of being varied widely in composition when compared to domestic and industrial wastewaters.

To control leakage, a sanitary landfill should have some basic design and operation conditions such as hydrogeological isolation with additional lining materials, leachate collection /control systems, precipitation control and final covering.

The landfill applications show that directly decharge of leachate up to 2% by volume to central wastewater treatment plants or to a certain point of channel network have no negative effects on that treatment systems (Mc. Bean v.d., 1995). Therefore, that ratio of leachate can be given to sewage systems especially in small and medium-sized residentals.

In our country, leachate is high in amount considering some other countries with wet weather because of landfill operation problems and lack of an effective waste management systems in Turkey. To minimize leachate production, reducing cell areas, appliying a temporary cover over the waste cell, prevention of rain entrance from outside, an efficent warehousing on the final cover for run-off and other technical measures can be applied. In addition, coming out of empty cells' rainfall drainage (inactive waste cells) from in operation (active) cells and evaluation of high water content waste components by other disposal methods are to put in practice to reduce leachate amount.

In this study; the parameters that effect leachate amount such as climatic conditions, the water content of the landfilled waste and variability of waste cells' areas are evaluated. Under 5 main scenarios, the results are measured collectively to assess the most efficient parameter on leachate quantity.

Landfilling, the simple, economical and fast method than the others, can be applied as a waste disposal method, particularly in addition a gas and leachate management as well as real-time requires the solution of important problems.

Place of final disposal of urban waste management, landfills, with leachate management is one of the most important problems. Leachate of waste to landfills and storage areas within the reach of the water formed by rain water infiltration through the waste.

The purposes of this study are the identification of the parameters affecting the amount of landfill leachate at the highest level and the development of management strategies to reduce the amount of leachate, respectively. By the scope of this aim,

scenarios due to regions selected according to certain criteria in Turkey, serving a population of ~ 300 000 N by 20 ha virtual landfills with different climatic properties are examined for determination of leachate formation.

The main parameters that affect the amount of water leaking through waste storage cell like water content of waste, the average annual precipitation and evaporation values which are unique to the region which serve as input for the simplified water balance method are determined to observe which parameter's change will provide a decrease in the amount of leachate and what kind of management strategies are needed.

In addition to simplified water balance method, the model HELP 3.0 developed by the U.S. Army Corps of Engineers is compared. Under studied five main scenarios, the cities with 3 different climatic characteristics which have constant waste production (~ 150,000 tons/year) and region-specific evaporation values are examined.

In these scenarios, the changing average amount of rainfall, different waste management strategies, different cell sizes and collection type of landfill leachate were evaluated for landfill operation to minimize leachate quantity.

Municipal wastewaters treatment of leachate is very difficult and requires a complex process. Leachate is less in terms of volume of but has very high organic pollution load compared to municipal wastewater. Therefore, withdrawal of the small quantities, controlling the formation of leachate and the appropriate methods for its treatment are required.

Leachate can be treated in a water treatment plant built in or near the landfill (on-site) or can be transport to a central urban wastewater treatment plant.

Studies show that discharging of leachate without any treatment to sewer system exceed 2% by volume do not affect the central municipal wastewater treatment plants. For this reason, especially in small and medium-sized cities, the ratio of leachate may not considered in the sewerage network. Because of no waste separation and worse operating conditions, the amount of leachate in our country is higher than in the countries which have more rainfall height than Turkey's average. Therefore, there is a need for an effective leachate managment.

The purpose of this study, detection of the parameters that affect the the amount of leachate (formation) and the development of management strategies to reduce it.

Three different climate and geographic features that characterize the Turkey: Malatya (arid region), Çanakkale (close to the average Turkey's precipitation depth) and Giresun (wet area) are taken taken into account for the 5 main scenario to determine to investigate the change in the amount of leachate by the method of simplified water balance. were investigated.

Analyzed scenarios are summarized in the following:

Scenario 1A: Determining the change in amount of leachate with in cell size in 3 provinces (Malatya, Çanakkale and Giresun) with different meteorological characteristics when waste flow (production) is stationary and leakage includes the rainfall in empty cells,

Scenario 1B: Determining the change in amount of leachate with in cell size in 3 provinces (Malatya, Çanakkale and Giresun) with different meteorological characteristics when waste flow (production) is stationary but rainfall in empty cells is seperated from the leakage system,

Scenario 2: Observing the change in amount of leachate with in the variation in cell size in Malatya and Canakkale, in order to recycling in packaging waste at the ratio of 25% and in organic waste at the ratio of 5%.

Scenario 3: Determining the change in amount of leachate with in cell size in Malatya and Çanakkale in order to recycling of 33% of packaging waste and composting of the mixed-rest with landfilling of the remaining 40% composting residual,

Scenario 4: Determining the change in amount of leachate with in cell size in Malatya and Çanakkale when Integrated Solid Waste Management (high-capacity dual collection) is applied with decrease in water content from 40% to 27%.

Scenario 5: Determining the change in amount of leachate with in cell size in Malatya, in case of varying rainfall data for the dry and wet years when the waste stream and evaporation is fixed

Reducing the amount of solid waste leachate within the scope of the minimizing the sizes of waste cells, a final top cover based on the implementation of the regulation, composting of the waste with high water content and interfere the access of rain water from empty cells to leachate are the main management strategies.

1. GİRİŞ

1.1 Konunun Anlam ve Önemi

Düzenli Depolama, diğer yöntemlere göre daha basit, ekonomik ve hızlı uygulanabilen bir atık bertaraf yöntemi olmasının yanı sıra, özellikle depo gazı ve sızıntı suyu yönetimi gibi önemli sorunların eş zamanlı çözümünü gerektirir. Kentsel atıkların yönetiminde nihai bertaraf yeri olan katı atık depolama sahalarının en önemli sorunlarından biri sızıntı suyu yönetimidir. Sızıntı suyu, düzenli depolama sahalarında atık bünyesindeki suyun ve depo alanlarına ulaşan yağmur sularının atık içerisinden süzülmesi ile oluşur.

Sızıntı suyu arıtımı evsel atıksulara göre oldukça zor ve karmaşık bir proses gerektirir. Sızıntı suyu hacimsel olarak az ancak organik kirlilik yükü açısından çok yüksek bir atıksu türüdür. Bu yüzden, miktarca az olmasına rağmen çevresel etkilerinin oldukça önemli ve riskli olması dolayısıyla, sızıntı suyu oluşumunun kontrol altına alınarak asgari seviyelere çekilmesi ve uygun yöntemlerle arıtılması gerekmektedir.

Sızıntı suyu, depo sahası içinde veya yakınında inşa edilen bir sızıntı suyu arıtma tesisinde (yerinde) veya merkezi bir artıma tesisine taşınarak kentsel atıksular ile birlikte arıtılabilir.

Yerinde arıtımın mümkün olmadığı durumlarda herhangi bir ön arıtma uygulamaksızın veya kanalizasyona deşarj standartlarını sağlamak üzere gerekli ön arıtmayı müteakip sızıntı suyularının kentsel atıksu kanalizasyon şebekesine verilmesi de söz konusu olabilir. Bu durumda sızıntı sularının kentsel atıksu arıtma tesisine getireceği ilave kirlilik yükleri dikkate alınmalıdır. Sızıntı suyunun kanalizasyon şebekesine ulaştırılması, basınçlı boru hattı veya tankerlerle taşımak suretiyle gerçekleştirilebilir.

Yapılan çalışmalar, sızıntı sularının kanalizasyon şebekesinin belirli bir noktasından veya arıtma tesisine doğrudan hacimsel olarak %2'yi aşmayacak şekilde verilmesi durumunda merkezi evsel atıksu arıtma tesislerini olumsuz olarak etkilemeyeceğini

göstermektedir (Mc Bean vd., 1995). Bu sebeple, özellikle küçük ve orta büyüklükteki yerleşim yerlerinde katı atık depolama sahalarında oluşan sızıntı sularının, söz konusu orana kadar kanalizasyon şebekesine verilmesi düşünülebilir. Kötü işletme koşulları ve etkin bir atık ayrımı yapılamıyor olması sebebiyle, ülkemiz depolama alanlarında oluşan sızıntı suyu miktarlarının Türkiye ortalamasının üzerinde yağış yüksekliğine sahip ülkelerde görülen sızıntı suyu miktarlarından daha fazla olması dikkat çekicidir. Bu sebeple, etkin bir sızıntı suyu oluşumu azaltımna ihtiyaç duyulmaktadır. Katı atık sızıntı suyu miktarlarının azaltılması kapsamında; düzenli depolama sahasının daha küçük hücrelere bölünmesi, yönetmeliğin öngördüğü bir nihai üst örtü kaplamasının uygulanması, su muhtevası yüksek atık gruplarının düzenli depolama alanları dışında bertarafı ve henüz atık depolanmayan hücrelerden gelen yağmur sularının aktif atık hücrelerine ulaşmasının engellenmesi; başlıca yönetim stratejileri olarak öne çıkmaktadır.

1.2 Tezin Amacı ve Kapsamı

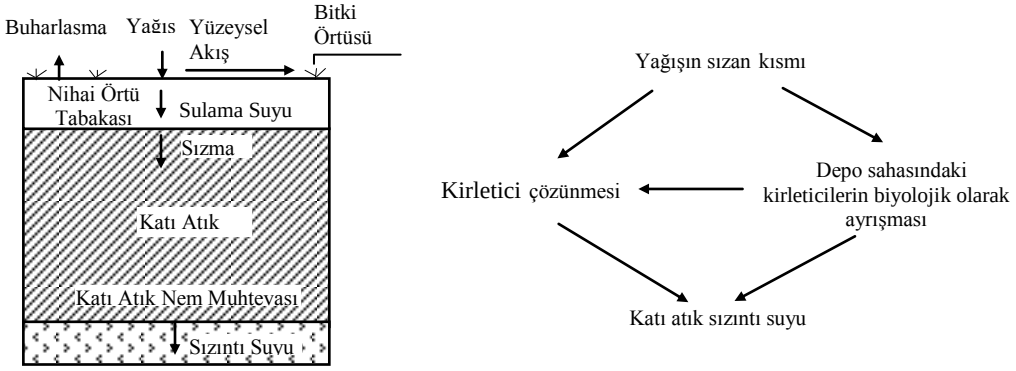
Bu çalışmanın amacı, sızıntı suyu miktarını (oluşumunu) en yüksek düzeyde etkileyen parametrelerin tespiti ve sızıntı suyu miktarını azaltıcı yönetim stratejilerinin geliştirilmesidir.

Belirlenen bu amaç kapsamında, Türkiye'de ~300.000 nüfusa hizmet eden 20 ha'lık izafi (sanal) düzenli depolama sahalarının yer aldığı, belli kriterlere göre seçilmiş bölgelerin iklimsel özelliklerini dikkate alan farklı sızıntı suyu oluşum senaryoları incelenmiştir. Senaryolar çerçevesinde, sabit atık üretimi ve bölgeye özgü buharlaşma değerleri ile, farklı iklimsel özelliklere sahip 3 yerleşimde; ortalama yağış miktarı değişiklikleri, farklı atık yönetim stratejileri, düzenli depolama alanlarının farklı hücre büyüklüklerinde sızıntı sularının boş hücrelerden gelen yağmur suları ile birlikte veya yağmur suları ayrılarak toplanması suretiyle işletiminin sızıntı suyu oluşumuna etkileri araştırılmıştır. Çalışmada ayrıca, basitleştirilmiş su dengesi yöntemi ile tahmin edilen sızıntı suyu miktarları ABD Ordu Mühendisleri Şirketi'nce geliştirilen HELP 3.0 modeli ile kıyaslanmıştır.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

2.1 Sızıntı Suyu Oluşumu

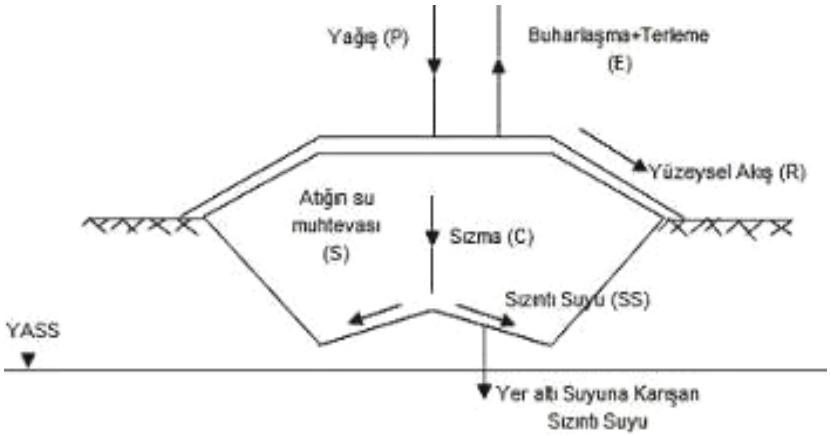
Katı atık depo sahasına düşen yağış sularının, buradaki katı atık kütlesi arasından süzülmesi esnasında çeşitli kimyasal ve biyolojik reaksiyonlar gerçekleşir. Bunun sonucu olarak, inorganik ve organik bileşikler atıktan sızıntı suyuna geçer. Katı atık ve sızıntı suyu arasındaki bu etkileşimler, Şekil 2.1'de (Öztürk, 2010) basit olarak ifade edilmektedir. Depo gövdesinde gerçekleşen söz konusu bu tür karmaşık reaksiyonların son ürünleri, sızıntı suyu ve depo gazı ile taşınır. Sızıntı suyu, çok sayıda bileşen içerir ve kalitesi çok değişkendir. Sızıntı suyu kalitesi izlenerek, bir depolama sahasındaki atığın yaşı ya da stabilizasyon durumu hakkında önemli bilgiler elde edilebilir.



Şekil 2.1 : Sızıntı suyu oluşumu ve katı atıklardan sızıntı suyuna kirletici geçişi.

2.2 Sızıntı Suyu Miktarı

Sızıntı suyu miktarı; ampirik veri veya kriterler ya da yağış, buharlaşma, yüzeysel akış ve atığın su muhtevası bileşenleri dikkate alınarak, atık hücreleri üzerinde kurulacak su dengesi yöntemi ile tahmin edilir. Atık özellikleri, iklimsel özellikler, depolama alanı işletme yöntemi vb. şartlar, sızıntı suyu miktarını önemli oranda etkiler. Depolama sahasına özel verilerle, bir katı atık düzenli depolama tesisi için su dengesi Şekil 2.2'deki (Vesilind vd., 2002) gibi kurulabilir:



Şekil 2.2 : Bir katı atık düzenli depolama tesisi için su dengesi.

$$SS = C \pm S - E = P.(1-R) - S - E \quad \textbf{(2.1)}$$

Burada;

C : Atık deposu gövdesine sızan yağış suyu (= P.(1-R)), mm/yıl

P : Yağış yüksekliği, mm/yıl

R : Yüzeysel akış katsayısı, mm/yıl

S : Atık yığını (hücre) bünyesinde tutulan su, mm/yıl

E : Depo yüzeyinden buharlaşma ve terleme, mm/yıl

SS : Oluşması beklenen sızıntı suyu, mm/yıl

Üst örtü tabakası ve atık yığını bünyesinde tutulan yağış suyu miktarı hesaplarında, arazi kapasiteleri esas alınır.

Sıkışmış katı atığın arazi kapasitesi ~ 200-300 mm/m alınabilir. Üst örtü toprağı arazi kapasitesi de, zemin cinsi ve uygulanan üst örtü detayına bağlıdır.

Katı atık düzenli depolama tesisi sızıntı suyu miktarı; nihai üst örtü tabakasının geçirimlilik derecesi, iklim şartları, katı atık bileşimi, depo yaşı vb. faktörlere bağlı olarak değişir. Avrupa'nın çeşitli ülkelerinde kaydedilen sızıntı suyu miktarları Çizelge 2.1'de verilmiştir (Hjelmar vd., 1995). Almanya'daki 15 tesiste açığa çıkan sızıntı suyu miktarları daÇizelge 2.2'de görülmektedir (Ehrig, 1983). Tablolardan görüldüğü üzere, sızıntı suyu miktarı kurak ve sıcak iklimli yerlerde düşük, yağışlı bölgelerde ise yüksektir. Ayrıca, nihai örtü tabakasının teşkil edilip edilmediği ve geçirimsizlik derecesi de sızıntı suyu miktarını önemli oranda etkilemektedir.

Çizelge 2.1 : Avrupa ülkelerinde kaydedilmiş sızıntı suyu miktarları.

Ülke	Sızıntı Suyu Miktarları
İsveç	Ülke ortalaması 250-300 mm/yıl. Kil nihai üst örtü tabakası ile kaplı tesislerde 10-40 mm/yıl.
Danimarka	350 mm/yıl-işletme sırasında (yıllık yağış yüksekliği 714 mm/yıl).
Almanya	Yağışın %4-35'i (yıllık yağış yüksekliği 510-1160 mm). Düşük değerler genç, yüksek değerler ise yaşlı tesisler için.
İspanya	7 mm/yıl (400 mm/yıl) yağış için
İtalya	82 mm/yıl
Yunanistan	40-60 mm/yıl (387 mm/yıl yağış için)
İngiltere	Yıllık yağışın %24-60'ı (Yıllık yağış yüksekliği 650-1010 mm)

Çizelge 2.2 : Almanya'daki bazı katı atık depolama tesislerinde açığa çıkan sızıntı suyu miktarları.

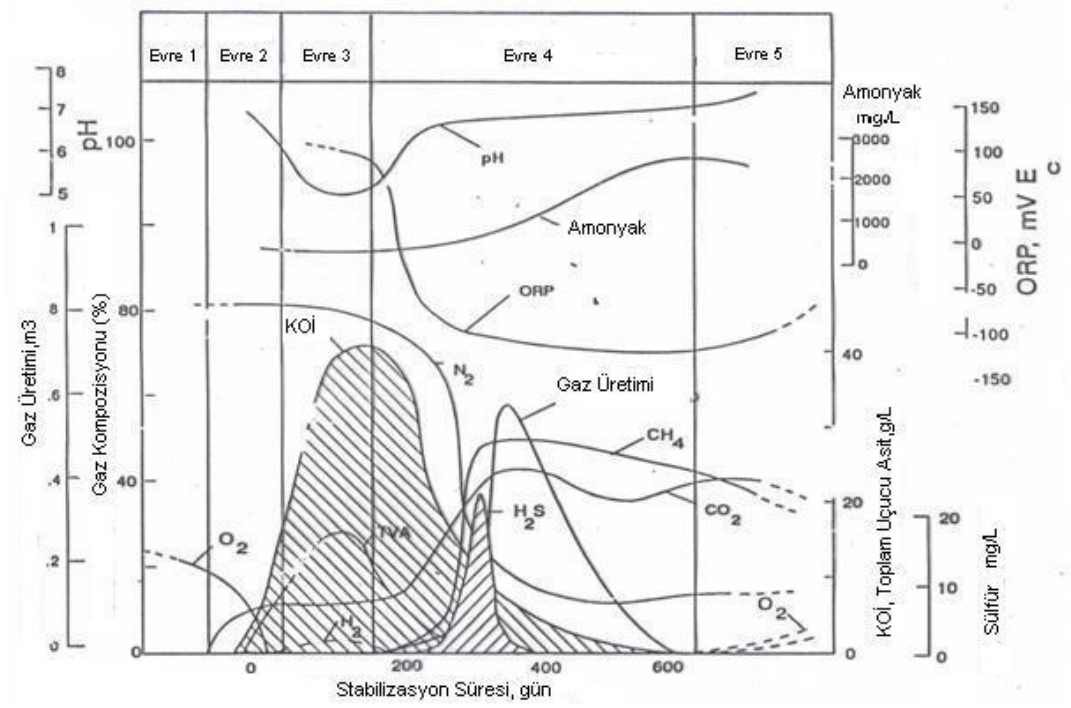
Tesis No	Toplam Yağış (mm/yıl)	Yağışın Sızan Kısmı (%)	Sızıntı Suyu (m^3/ha.yıl)	Açıklama
	Çelik Tekerli Kompaktörlerle Sıkıştırma			
1	652	15,1	2,7	
2	651-998	12,2-29,8	3,2-8,1	Üzeri örtülü ve bitkilendirilmiş
3	651-998	16,9-21,6	3,0-5,9	
4	632	16,3-18,3	2,8-3,2	
5	509	16,8	2,3	
6	556-1057	15,6-19,6	2,6-5,1	
7	770	3,3-7,2	0,7-1,1	Çok genç depo, üzeri killi toprakla örtülü sızıntı suyu geri devirli
8	-	22	3,8	
9	-	38	6,7	Sızıntı suyu geri devirli
	Paletli Traktörlerle Sıkıştırma			
10	571	31,3	4,9	
11	571	4,4	0,4	Killi toprakla örtülü
12	501-728	25-48,2	5,3-8,3	
13	632	32,3	5,9	Üstü örtülü ve bitkilendirilmiş
14	565-655	39,2-42	6,1-7,5	
15	636	19,1-21,4	3,5-3,7	

İstanbul katı atık düzenli depolama alanlarındaki üzeri kapatılmamış, aktif hücrelerden oluşan sızıntı suyu miktarı 10-12 m^3/ha-gün'dür (Öztürk, 2010). Atık özelliği ve depo sahası işletmeciliğine de bağlı olarak oluşan bu değerler, Avrupa ülkeleri ve ABD ile mukayese edilebilir değildir. Halbuki sızıntı suyu oluşumunun, yıllık yağış yüksekliğinin %15-50'si aralığında olması beklenir. Akdeniz iklimi kuşağında sızıntı suyu oluşumu için 0,15-0,20 m^3/t KA değerleri verilmektedir (Fadel vd., 2002). ABD New York eyaleti düzenli depolama sahalarında oluşan sızıntı suyu miktarı 20-30 m^3/ha-yıl aralığında seyretmektedir. İstanbul'da üzeri kapatılmamış atık hücrelerinden ortaya çıkan sızıntı suyu miktarı 20-30 m^3/ha-gün'dür. Bursa Katı Atık Düzenli Depolama sahasında aktif hücrelerden oluşan sızıntı suyu miktarı da 10-12 m^3/ha-gün'dür.

2.3 Sızıntı Suyu Özellikleri

Sızıntı suyunun bileşimi; katı atık bileşimi, pH, redoks potansiyeli, iklim şartları ve depo yaşına göre farklılıklar gösterir. Katı atık kompozisyonu, sızıntı suyu bileşimi ve dolayısıyla sızıntı suyunun arıtılabilirliğini etkiler. Sızıntı suları, katı atıkların ana bileşenlerinden kaynaklanan birçok element ve bileşiği ihtiva etmektedir. Ortamın pH'ı, atık ile sızıntı suyu arasındaki çözünme, çökelme, redoks ve tutma reaksiyonları gibi kimyasal prosesleri etkiler. Redoks potansiyeli ise, sızıntı suyundaki nütrientlerin ve metallerin çözünürlüğünü etkilemektedir.

Atığın depolanmasından itibaren atık yaşına göre 5 farklı stabilizasyon evresi gözlenir. Her evrede sızıntı suyu kirletici parametre değerleri ile biyogaz miktar ve kompozisyonu değişkenlik göstermektedir. Sızıntı suyu ve biyogaz parametrelerinin bu süreçte izlenmesi atık stabilizasyonunda bir sorun meydana gelmesi durumunda müdahale edilmesi açısından önem taşımaktadır. Atık stabilizasyonu evreleri Şekil 2.3'de (Onay ve Pohland, 1998) verilmiştir.



Şekil 2.3 : Atık bozunma evreleri.

Atığın depolama sahasında gömülmesinden sonra meydana gelen ilk evre "Alışma Evresi" veya çevreye uyum sürecidir. Bu süreç depolanan katı atığın, aerobik bakteriler tarafından nem miktarının birikmeye başlaması ve oksijen miktarındaki azalmaya bağlı olarak bozunması ile başlar. Daha sonraki ikinci evre olan "Geçiş

Evresi"nde atık içerisinde nem içeriğinin artması ve oksijen oranının tüketilmesiyle ortamda anaerobik koşullar oluşur. Toplam uçucu asit ve kimyasal oksijen ihtiyacında ki (KOİ) artış anaerobik mikrobiyolojik faaliyetleri hızlandırır. Atıkların asidojenik bakteriler tarafından uçucu asitlere dönüştürülmesi ile üçüncü evre olan "Asit Oluşum Evresi"ne geçilir ve bu evrede sızıntı suyu pH değerinde düşüş gözlenir. Hızlı şekilde meydana gelen atık bozunması pH değerlerini ortam daha asidik olacak şekilde düşürür ve metallerin atıktan sızıntı suyuna hareketini arttırır. Bu evre sızıntı suyundaki yüksek uçucu asit, KOİ ve biyolojik oksijen ihtiyacı (BOİ) değerleri ile karakterize edilir. Bir önceki evrede üretilen asit bileşikleri dördüncü evre olan "Metan Oluşum Evresi" sırasında metan bakterileri ile metan ve karbondioksit gazına dönüştürülür. Bu fazda asidik sızıntı suyu nötral pH koşullarına dönüştürülür ve metal ile uçucu organik asit konsantrasyonları düşürülür. Bu evre süresince depolama alanında gaz üretimi en yüksek değerlere ulaşır. Son olarak "Olgunlaşma Evresi" ile adlandırılan evrede biyobozunur maddeler ve besi elementleri sınırlayıcı hale gelir. Bu evre depolama alanlarındaki gaz üretiminin düştüğü ve sızıntı suyu kompozisyonunda durağan konsantrasyonların elde edildiği evredir.

Depo yaşı arttıkça biyolojik ayrışma tamamlandığından, kolay ayrışabilen organik maddelerin oranı düşer. Bu sebeple, genç depo alanlarındaki sızıntı sularında BOİ/KOİ > 0,5 iken yaşlı depo alanlarındaki sızıntı sularında BOİ/KOİ < 0,2'dir.

2-3 yıllık depolama alanlarında özellikle organik maddeler, mikroorganizma türleri ve inorganik kirlilik yükleri maksimuma ulaşır. Sızıntı suyu, organik ve inorganik iyonlar ile metaller dışında mikrokirleticileri de içerebilmektedir. Çizelge 2.3'de (Chain ve De Walle, 1977) sızıntı suyu özellikleri verilmiştir.

Çizelge 2.3 : Sızıntı suyu özelliklerinin depo yaşı ile değişimi.

Parametre[a]	1. Yıl	5. Yıl	16. Yıl
pH	5,2-6,4	5,0-6,6	5,6-6,1
KOİ	10000-40000	8000	400
$BOİ_5$	7500-28000	4000	80
TOK	7300-16350	83-9150	108-3080
NH_3-N	56-482	36	10
Top-P	25-35	12	8
Toplam Katılar	10000-33000	718-18400	1920-5350
Toplam Uçucu Katılar	5350-20330	124-10300	770-3300
Alkalinite	600-800	1330	70
Klorür	620-1880	5,3-730	115-193
Cd	-	<0,05	<0,05
Mn	75-125	0,0	0,06

Çizelge 2.3 devamı: Sızıntı suyu özelliklerinin depo yaşı ile değişimi.

Parametre[a]	1. Yıl	5. Yıl	16. Yıl
Cu	-	<0,5	<0,5
Fe	210-325	6,3	0,6
Pb	-	0,5	1
SO_4	400-650	2	2
Zn	10-30	0,4	0,1

[a] pH hariç tüm birimler mg/L'dir.

2.4 Sızıntı Suyunun Yönetimi

2.4.1. Atık doldurma tekniği

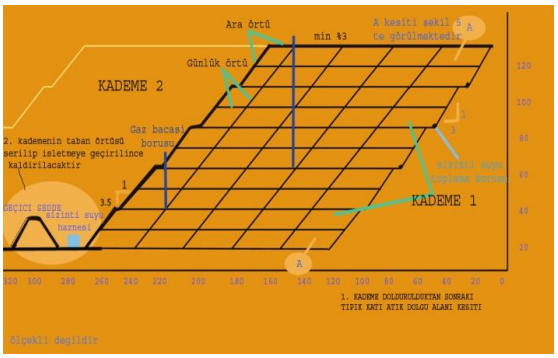
Katı atıkların düzenli depolama yoluyla bertarafında çeşitli yöntemler uygulanmaktadır. Bunlar; hendek metodu, alan metodu ve hücreleme metodu şeklindedir.

Hendek metodu, yer altı suyu seviyesinin yüksek olduğu alanlarda az miktarda atık depolanacağından ve doldurulacak atık hacmi kadar kazı yapılacağından çok ekonomik bir yöntem değildir.

Alan metodu daha çok doğal çukurlarda uygulandığından aşırı miktarda sızıntı suyu oluşmaktadır. Ayrıca işletilmesinde kontrolün çok zor olması sebebiyle alan metodu da tercih edilen bir yöntem değildir.

Hücre metodunda katı atıklar daha önceden hazırlanmış, alanlara depolanır. Özellikle son yıllarda, ekonomik ve emniyetli olması sebebiyle, hücre metodunun kullanımı oldukça yaygınlaşmıştır.

Hücreleme metodu, genellikle atıkların dolgu eğiminin yukarısına doğru (rampa yönetimi) itilmesi şeklinde uygulanmaktadır. Bu dolgu yöntemi atığın mümkün olan en iyi biçimde sıkıştırılmasını sağlayacaktır. Ancak, ülkemizde atığın nem muhtevasının yüksek oluşu nedeni ile serme işlemi atıkların aşağı doğru serilmesi şeklinde uygulanmaktadır. Atığın serilmesinin yanı sıra uygun sıkıştırma yapılarak depo sahasının daha stabil ve saha ömrünün maksimum seviyede kullanımı sağlanmalıdır (Şekil 2.4).



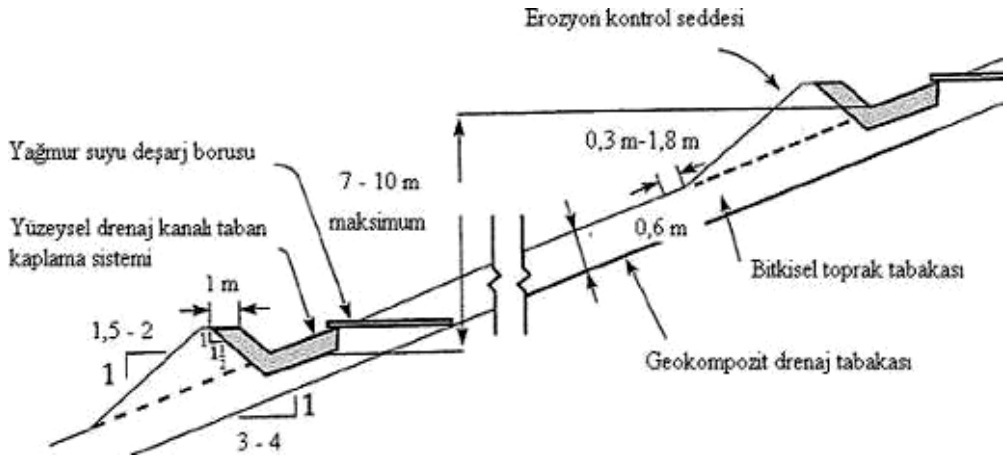
Şekil 2.4 : Atık doldurma tekniği.

2.4.2 Yağmursuyu kontrolü

Sızıntı suyu oluşumunu en aza indirmek için, hücre alanlarını küçültmek, atık hücresi üzerini geçici örtü ile örtmek, depo alanı dışından gelebilecek yağmur sularının depolama sahasına girişini kafa (çevre) hendekleri ile önlemek ve depo nihai örtüsü üzerinde yeterli yüzeysel su (yağmursuyu) drenajı yapmak gibi teknik tedbirlerin alınması gerekir.

Depolama sahası dışından gelebilecek yağmursularının, bilhassa işletmede olan (aktif) hücrelerden uzak tutulması gerekir. Bu maksatla, planlanan kafa hendekleri ve diğer tahliye/drenaj yapılarının 25 yıl tekerrürlü ve 24 saat süreli yağışları geçirecek kapasitede olması öngörülmektedir (ABD Düzenli Depolama Yönetmeliği).

Depo üst örtü ve kenar şevlerinde oluşacak yağmur suyu akımları da, yağmursuyu drenaj hendekleri ve üst kaplama altı drenaj tabakası tahliye boruları vasıtasıyla kontrol edilir (Şekil 2.5). Aktif atık hücrelerinden gelen sızıntı suları için 25 yıl tekerrürlü ve 24 saat süreli yağış sonucu oluşacak yüzeysel akışın tamamını depolayacak kapasitede bir sızıntı suyu biriktirme havuzu inşa edilmelidir. Atık depolaması yapılmayan, ancak taban drenaj sistemi kurulan hücrelerden gelecek sızıntı suyu ile kontamine olmamış yağmursularının aktif kısmın sızıntı suyu ile karışımı önlenmelidir. Bazı yerlerde, düzenli depolama tesisleri sınırları içinden gelen kontamine olmamış yüzeysel drenaj (yağmur suları) suları için yağışın ilk 2-3 cm'lik kısmından oluşacak yüzeysel akışı 14 gün biriktirecek hacimde ayrı bir depolama havuzu önerilmektedir.



Şekil 2.5 : Düzenli depolama nihai örtüsü yan şev detayı.

2.4.3 Nihai örtü tabakası (NÖT)

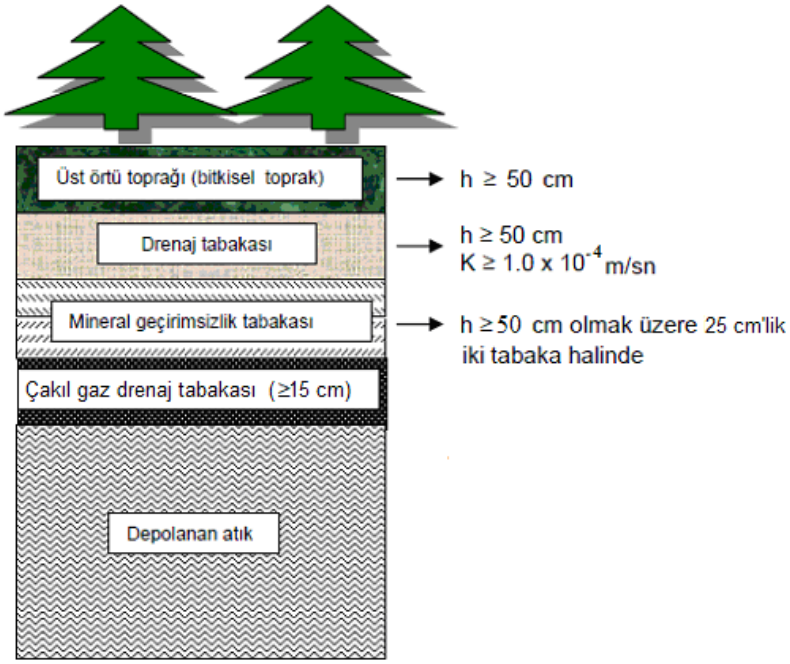
Düzenli depolama alanlarının üzeri, öncelikle yağmursuyu girişini önlemek üzere yönetmeliklere uygun şekilde teşkil edilecek bir nihai örtü tabakası (NÖT) ile kapatılmalıdır. NÖT'ün öncelikli görevi, yağmursuyu girişi sonucu hızlanacak sızıntı suyu oluşumu ile yer altı suyu kirlenmesini önlemektir. Düzenli depolama alanlarına olan yağmursuyu girişinin tamamen önlenmesi, deponun kuru kalması dolayısıyla atığın biyokimyasal parçalanma sürecini yavaşlatır ve çoğu depolama alanları büyük ölçüde atık biriktirme tesisi hüviyeti kazanır. Bu yüzden son yıllarda NÖT'ün tam geçirimsiz olması yerine, hücre içindeki biyokimyasal ayrışma sürecinin hızlı bir şekilde devamına imkan vermek üzere, en azından kısmi geçirgen olarak teşkili önerilmektedir. Bu husus, bilhassa depo gazından enerji geri kazanım sistemi kurulmuş düzenli depolama tesisleri bakımından özel önem taşır. Tasarım kotuna ulaşılan düzenli depolama tesislerinde, yağış sularının sızmasını en aza indirmek, atıkların çevreye yayılmasını önlemek, oturmaları karşılamak ve tesisin uzun süreli bakımını sağlamak üzere bir NÖT teşkil edilir.

Atıkların Düzenli Depolanmasına Dair Yönetmelik'de II. Sınıf (tehlikesiz) DDT NÖT için öngörülen asgari şartlar aşağıdaki gibidir (Şekil 2.6):

En altta 2x25 cm = 50 cm mineral geçirimsizlik tabakası

Ortada ≥ 50 cm ($\geq 1x10^{-4}$ m/s) çakıl drenaj tabakası

En üstte ≥ 50 cm bitkisel toprak tabakası



Şekil 2.6 : DDT Üst Örtüsünün Teşkili (II. Sınıf DDT).

I.Sınıf DDT'de mineral geçirimsizlik tabakası üzerine ayrıca yapay geçirimsizlik tabakası da yerleştirilmelidir.

NÖT teşkilinde şev stabilitesi ve yüzey toprağı erozyonu, en kritik tasarım parametrelerindendir. Tipik NÖT şev eğimleri 1:3 ~ 1:4 olup NÖT'deki ardışık katmanlar arasındaki kayma direnci, kayma kuvvetleri ile boşluk suyu ve gaz basıncının ilave etkilerini karşılayacak seviyede olmaktadır.

DD tesisindeki biyokimyasal parçalanma sürecinin bir sonucu olarak, önemli oranda oturmalar gerçekleşir ve NÖT'de oluşan çatlaklardan yağış sularının depo içine sızması söz konusu olabilir. Bu yüzden, NÖT'e ancak kısa ve orta vadede DD tesisini yağmur suyu sızmasına karşı koruyucu bir bileşen olarak bakılmalıdır. NÖT oldukça pahalı (~ 50$/$m^2$'ye ulaşan) bir yapı olup uzun vadede DD tesislerine yağış sularının sızması sonucu oluşacak sızıntı suları ile yeraltı sularının korunması bakımından fazla önleyici bir rolü yoktur (Vesilind v.d., 2002).

3. FARKLI SENARYOLAR İÇİN SIZINTI SUYU OLUŞUMUNUN İNCELENMESİ

3.1 İncelenen Senaryolar

Türkiye'nin 3 farklı iklim ve coğrafi özelliğini karakterize eden Malatya (kurak bölge), Çanakkale (Türkiye ortalamasına yakın yağış yüksekliği) ve Giresun (yağışlı bölge) İlleri için başlıca 5 ana senaryo dikkate alınarak basitleştirilmiş su dengesi yöntemi ile oluşacak sızıntı suyu miktarının değişimi incelenmiştir. Bu kapsamda aşağıdaki ana senaryolar esas alınmıştır:

Senaryo 1A: Farklı meteorolojik özellikteki 3 ilde (Malatya, Çanakkale ve Giresun), atık akışı (üretimi) sabitken ve boş hücrelerden gelen yağış sularının da sızıntı sularına dahil olması halinde, sızıntı suyu miktarının hücre büyüklüğü ile değişimi

Senaryo 1B: Farklı meteorolojik özellikteki 3 ilde (Malatya, Çanakkale ve Giresun), atık akışı sabitken, boş hücrelerden gelen yağış sularının sızıntı sularından ayrı tutulması halinde, sızıntı suyu miktarının hücre büyüklüğü ile değişimi

Senaryo 2: Malatya ve Çanakkale için ambalaj atıklarının %25' i ile organik atıkların %5'inin geridönüşümü halinde sızıntı suyu miktarının hücre büyüklüğü ile değişimi

Senaryo 3: Malatya ve Çanakkale için karışık atığın 80 mm çaplı elekten geçirilerek %33'lük elek üstü kısmının kaba ATY (atıktan üretilmiş yakıt, RDF) (%30) olarak çimento fabrikalarına gönderilmesi ve elle ayıklama bandından toplanan ambalaj atıklarının (%3) geri dönüştürülmesi ile elek altı kısmın reaktörde kompost tesisine alımı ve kompost artığı olan %40'lık kısmın depolanması depolanması durumunda, sızıntı suyu miktarının hücre büyüklüğü ile değişimi

Senaryo 4: Malatya ve Çanakkale için Entegre Katı Atık Yönetimi (yüksek kapasiteli ikili toplama) uygulanması halinde, su muhtevasının %40 lardan kademeli olarak %27'ye düşmesi durumu için, sızıntı suyu miktarının hücre büyüklüğü ile değişimi

Senaryo 5: Malatya için kurak ve yağışlı yılları temsil etmek üzere yağış verilerin değişimi halinde, atık akışı ve buharlaşma sabitken, sızıntı suyu miktarının hücre büyüklüğü ile değişimi

Bu senaryolar için sızıntı suyu oluşumu tahminlerinde;

Yüksek kapasiteli ikili toplamanın (Entegre Atk Yönetimi) uygulandığı hallerde, sınırlı kapasitede atık azaltım uygulamaları (atık toplama merkezleri + atık kumbaraları ile ambalaj atıkları gerikazanımı, basit kompostlaştırma yöntemi ile park ve bahçe ve pazaryeri atığı geridönüşümü) ile %25 ambalaj atığı + %5 oranik atık geridönüşümü senaryoları için 2, 4, 5 ve 10 hektarlık;

Ambalaj atığı geri kazanımı ve kompostlaştırma ortak senaryosu için ise 1, 2 ve 4 hektarlık hücreler esas alınmıştır.

Senaryo 1A hariç, diğer senaryolarda boş hücrelerden gelen yağmur sularının, sızıntı suları ile karıştırılmaksızın ayrıca uzaklaştırıldığı kabul edilmiştir.

İncelenen senaryolar Çizelge 3.1'de özetlenmiştir.

Çizelge 3.1 : İncelenen Senaryolar

Senaryo Adı	İzafi Depolama Alanının Bulunduğu İl	Senaryoya Özel Durum	Depolama Alanı Hücre Büyüklükleri (ha) (Toplam 20 ha)
Senaryo 1A	Malatya, Çanakkale, Giresun	Boş hücrelerden gelen yağış sularının da sızıntı sularına dahil olması	2, 4, 5 ve 10
Senaryo 1B	Malatya, Çanakkale, Giresun	Boş hücrelerden gelen yağış sularının sızıntı sularından ayrı tutulması	2, 4, 5 ve 10
Senaryo 2	Malatya, Çanakkale	Ambalaj atıklarının %25' i ile organik atıkların %5'inin geridönüşümü (basit kompostlaştırma ve ATM)	1, 2 ve 4
Senaryo 3	Malatya, Çanakkale	Ambalaj atıklarının %33'ünün geridönüşümü, geriye kalan karışık atığın kompostlaştırılması ve kompost artığı olan %40 lık kısmın depolanması	2, 4, 5 ve 10
Senaryo 4	Malatya, Çanakkale	Entegre Katı Atık Yönetimi (yüksek kapasiteli ikili toplama) uygulanması	2, 4, 5 ve 10
Senaryo 5	Malatya	Kurak ve yağışlı yılları temsil etmek üzere yağış verilerin değişimi	2, 4, 5 ve 10

3.2 Sızıntı Suyu Oluşumu Hesabı ile İlgili Temel Kabuller ve Seçilen 3 İlin Meteorolojik Durumu

Seçilen merkezlerde (Malatya, Çanakkale ve Giresun, Şekil 3.1) oluşacak katı atık sızıntı suyu miktarı hesaplamaları için aşağıdaki kabuller esas alınmıştır;

- Her bir merkezde, atık düzenli depolama alanının işletim süresi 20 yıl'dır.
- Depolama alanı işletim süresine ilave bir 10 yıl daha (20+10=30) oluşan sızıntı suyu toplanacaktır.
- Depolanan atık bünyesindeki su tutma oranı (arazi kapasitesi), senaryo özelinde %20 - %30 aralığında değişmektedir (HELP, 1994).
- Depolanan atığın anaerobik bozunması aşağıdaki kimyasal reaksiyon denklemi ile ifade edilmiştir:

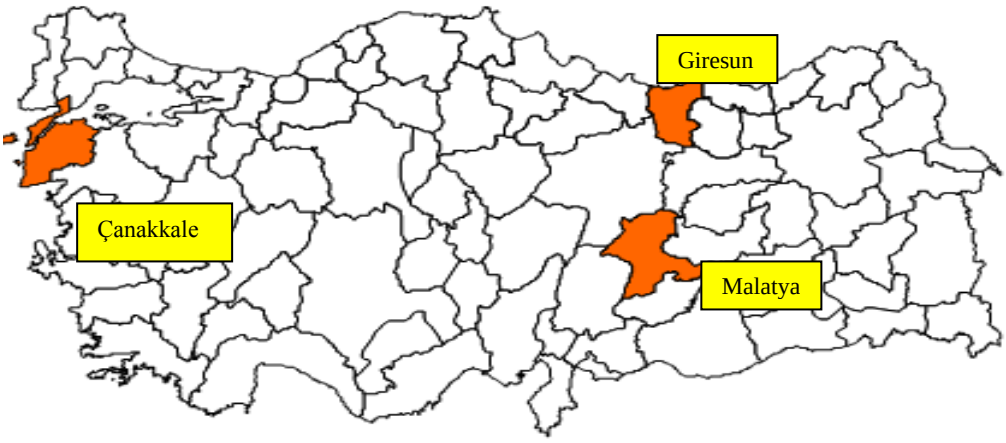
$$\underset{1197}{C_{57}H_{99}O_{25}} + \underset{288}{16\ H_2O} \rightarrow \underset{560}{35\ CH_4} + \underset{1452}{33\ CO_2} + \underset{17}{NH_3} \qquad \textbf{(3.1)}$$

Anaerobik biyokimyasal bozunma sonucu tüketilen özgül su miktarı, söz konusu denklemden hareketle 288/1197 = 0,24 kg H_2O / kg biyobozunur kuru atık olarak hesaplanmıştır.

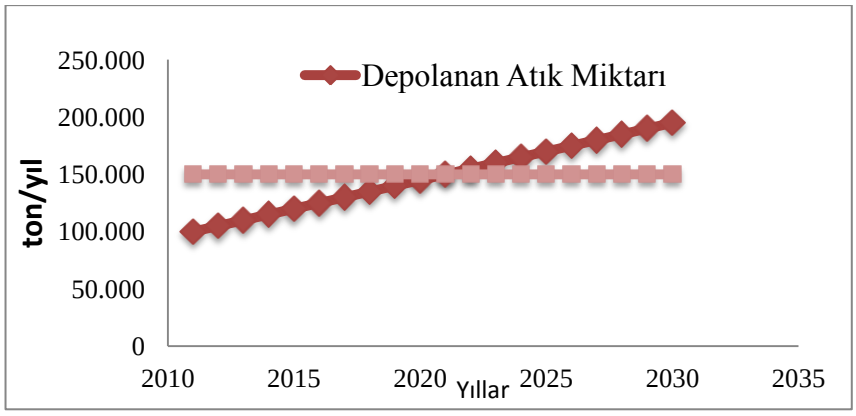
- Atık yüzeyinden buharlaşma oranı, su yüzeyinden buharlaşmanın %30'u olarak kabul edilmiştir. Atık yüzeyinden buharlaşma değerlerinin yağış değerlerinden daha fazla olduğu yaz döneminde (Haziran- Temmuz-Ağustos), buharlaşmanın atık içinden olacağı kabulü ile bu oran; Malatya ve Çanakkale için %15, Giresun için ise %10 olarak alınmıştır.
- Kapalı hücrelerden oluşan sızıntı suyu miktarı, yıllık yağış yüksekliğinin %15-40'ı (~ %20) alınmıştır.
- Düzenli depolama alanındaki atık birim hacim ağırlığı 0,8 ton/m^3 kabul edilmiştir.
- ENVEST, 2005' de belirlenen atık kompozisyonunu esas alınmıştır (Çizelge 3.2).
- Ortalama atık dolgu yüksekliği 20 m. ve atığın arazi kapasitesi, depolanan atığın kompozisyonuna bağlı olarak, 0,20-0,30 aralığında kabul edilmiştir (Ek A).

- Üretilen atığın %85'i düzenli depolama sahasına verilmektedir (Atık toplama hizmetleri kapsama oranı %85).
- Senaryolarda öngörülen atık azaltımları (geridönüşüm/kompostlaştırma/ gerikazanım) üretilen atığın %85'i üzerinden hesaplanmıştır.
- Atık yönetimine esas 2010 yılı nüfusu 300.000 kişi olarak kabul edilmiştir.
- Yıllık atık üretim artışı %3, yıllık nüfus artışı ise %2 alınmıştır.
- Atık akışı (toplanan atık miktarı) işletim süresi boyunca sabit kabul edilmiştir (20 yıl boyunca ~150000 ton/yıl) (Şekil 3.2).
- Sızıntı suyu miktarı hesabında,
    - Yağışın sızıntı suyu oluşumuna katkısı, "Depo sahası alanı x Net Yağış Yüksekliği"
    - Net Yağış Yüksekliği (PN) = Yağış Yüksekliği–Depo Yüzeyinden Buharlaşma ve Terleme (PN=P-E)
    - Aktif Hücrelerde R, Yüzeysel akış katsayısı = 0

  alınmıştır. Sızıntı suyu oluşumu hesabı EK B'de açıklanmıştır.
- Depolanan karışık atık ve depo gövdesindeki ortalama su muhtevası dağılımının Şekil 3.3'deki gibi olduğu kabul edilmiştir (Türkiye için tipik değerler).



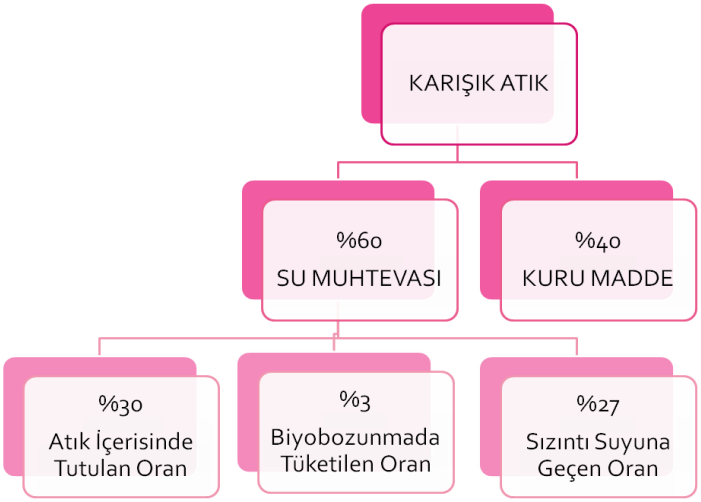
Şekil 3.1 : Seçilen merkezlerin türkiye haritası üzerinde gösterimi.



Şekil 3.2 : İzafi (Mutasavver) depolama alanlarında yıllara göre toplanan atık miktarı (geri dönüşüm/geri kazanım olmadığı durum).

Çizelge 3.2 : Sistemin atık bileşen ve yüzdeleri.

Atık Bileşenleri	Ağırlıkça %	Su Muhtevası %	Atık İçindeki Suya Katkı %	Biyoayrışabilirlik %
Yemek ve Bahçe Atığı	50	95	47,5	80,00
Kağıt	8	50	4,0	50,00
Karton	5	45	2,3	50,00
Plastik	10	20	2,0	0,00
Cam	4	3	0,1	0,00
Metal	4	10	0,4	0,00
Diğer Yanmayan	13	3	0,4	0,00
Diğer Yanabilen	6	55	3,3	50,00
TOPLAM	100		60,0	



Şekil 3.3 : Depolanan atık içindeki kuru katı madde ve su dağılımı.

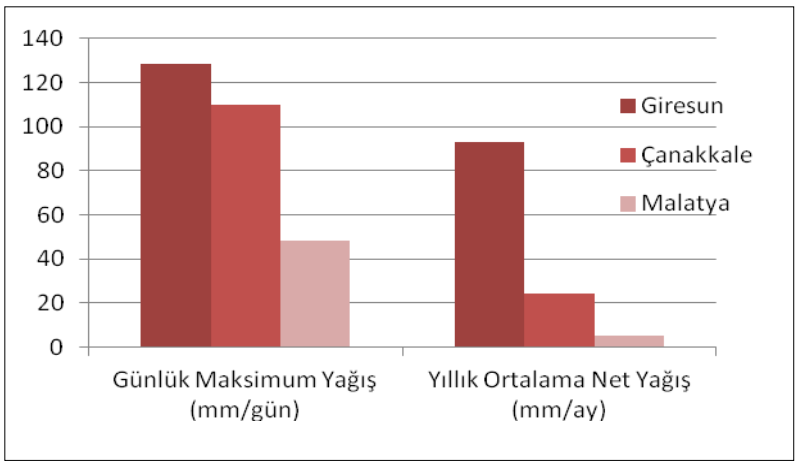
Çanakkale İli için 1975-2004, Giresun İli için 1975-2007, Malatya için ise 1975-2007 yılları arasında görülen; günlük en maksimum yağış, aylara göre ortalama

toplam yağış ve ortalama buharlaşma değerleri kullanılmıştır (DMİ, 2009) (Çizelge 3.3 ve Şekil 3.4).

Çizelge 3.3 : Seçilen iller için yağış verileri.

	Günlük Maksimum Yağış (mm/gün)	Yıllık Ortalama Net Yağış (mm/ay)	Yıllık Toplam Yağış (mm/yıl)
Giresun	128,3	92,8	1263,6
Çanakkale	110,0	14,9	586,1
Malatya	48,2	5,2	380,1

* Türkiye için yıllık ortalama yağış; 643 mm/yıl'dır.



Şekil 3.4 : Seçilen illerin günlük maksimum ve yıllık ortalama yağış yükseklikleri.

3.3 Sızıntı Suyu Oluşumu Tahminleri

Bu bölümde her bir senaryo için, basitleştirilmiş su dengesi yöntemi ile hesaplanan sızıntı suyu oluşumu tahmini sonuçları sunulmaktadır.

3.3.1 Senaryo 1A

Senaryo Tanımı: Farklı meteorolojik özellikteki 3 ilde (Malatya, Çanakkale ve Giresun), atık akışı sabitken ve geridönüşüm/gerikazanım olmaksızın, boş hücrelerden gelen yağış sularının da sızıntı sularına dahil olması halinde, sızıntı suyu miktarının hücre büyüklüğü ile değişimi

Bu senaryonun amacı, boş hücrelerden gelen yağmur sularının aktif ve kapanmış hücrelerde oluşan sızıntı suyu miktarı üzerine olan etkisinin ortaya konmasıdır.

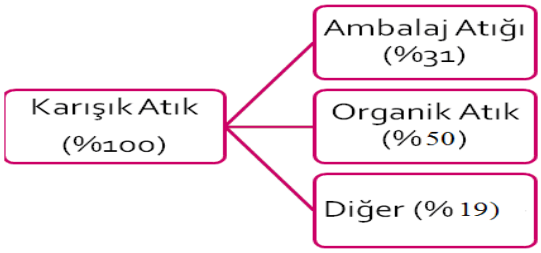
Çalışma kapsamında; Türkiye'nin 3 farklı coğrafi ve iklimsel özelliğini temsilen seçilen; Çanakkale, Malatya ve Giresun İlleri'nde kurulu, izafi bölgesel atık

depolama sahalarında oluşacak sızıntı suyu miktarları hesaplanmıştır. Hesaplarda daha önce Bölüm 3.2'de belirtilen temel kabullere ek olarak depolama alanındaki bölüm (lot, hücre) alanlarının aşağıdaki gibi olması esas alınmıştır (Çizelge 3. 4).

Çizelge 3. 4 : Depolama hücrelerinin alan ve dolum süreleri.

Alan (m^2)	Dolum Süresi (yıl)
20000	2
40000	4
50000	5
100000	10

Düzenli depolama alanlarına kabul edilen mevcut Türkiye şartlarındaki tipik karışık atığın ana madde grupları itibarı ile aşağıdaki şematik şekilde verildiği gibi olduğu esas alınmıştır (Şekil 3.5).



Şekil 3.5 : Tipik karışık atığın ana madde grupları.

Toplanan atık miktarı, Düzenli Depolama tesisine bağlı alanda (mücavir alanlar da dahil) üretilen atığın %85'i olarak kabul edilmiştir. Bu durumda üretilen atığın ≤ %15'i atık toplama hizmetleri kapsamı dışında kalmaktadır.

Çalışma kapsamında incelenen 3 ilde kurulduğu varsayılan izafi depolama alanlarında Senaryo 1A'da tanımlanan şartlar altında oluşan sızıntı suyu miktarları EK C'de hesaplanmış ve sonuçlar Çizelge 3. 5'de özetlenmiştir.

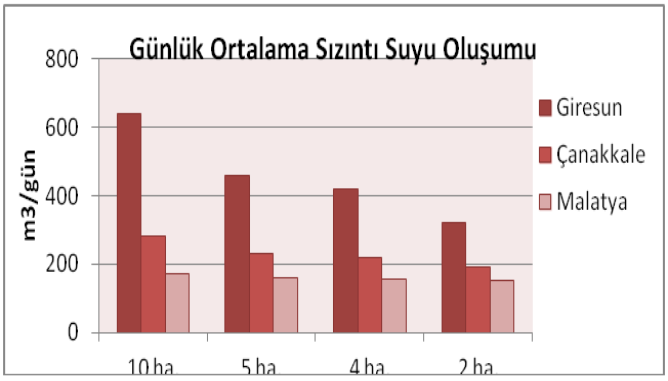
Çizelge 3. 5 : İncelenen üç ilde senaryo 1A için sızıntı suyu debileri (İşletim Süresi=20 yıl).

	Hücre Alanı	Maks. $Q_{gün\text{-}ort}$	Ort. $Q_{gün\text{-}ort}$	Min. $Q_{gün\text{-}ort}$
	Hektar	m^3/gün	m^3/gün	m^3/gün
Giresun	10 ha.	760	640±127	520
	5 ha.	520	460±47	390
	4 ha.	470	420±36	370
	2 ha.	370	320±31	270

Çizelge 3. 5 devam : İncelenen üç ilde senaryo 1A için sızıntı suyu debileri (İşletim Süresi=20 yıl).

	Hücre Alanı	Maks. $Q_{gün-ort}$	Ort. $Q_{gün-ort}$	Min. $Q_{gün-ort}$
	Hektar	m^3/gün	m^3/gün	m^3/gün
Çanakkale	10 ha.	310	280±33	240
	5 ha.	240	230±12	210
	4 ha.	230	220±9	200
	2 ha.	200	190±8	180
Malatya	10 ha.	180	170±7	170
	5 ha.	170	160±3	155
	4 ha.	160	156±2	154
	2 ha.	160	151±2	150

Sözkonusu İllerdeki izafi depolama alanlarından oluşması beklenen günlük ortalama sızıntı suyu debilerinin hücre büyüklüğüne göre değişimleri de Şekil 3.6'da ayrıca verilmiştir. Şekil'den de görüldüğü üzere farklı iklimsel özellik gösteren yerleşimlerdeki izafi depolama alanlarında oluşması beklenen sızıntı suyu debileri azalan hücre büyüklüğü ve yağış yüksekliği ile önemli derecede azalmaktadır.



Şekil 3.6 : Günlük ortalama sızıntı suyu oluşum miktarları.

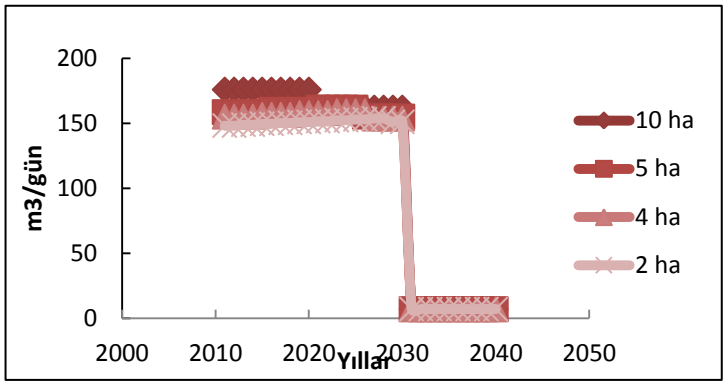
Yağışlı iklimi temsil eden Giresun'da ortalama sızıntı suyu debisi 10 ha'lık hücredeki 640 m^3/gün'den 2 ha'lık hücrelerde işletimde 320 m^3/gün'e (~ %50 azalma) gerilemektedir. Kurak iklimi temsil eden Malatya için ise sözkonusu debiler 170 m^3/gün'den 151 m^3/gün'e (~ %11 azalma) gerilemektedir.

Üç farklı iklimde de sızıntı suyu oluşumu küçülen hücre alanına bağlı olarak üstel biçimde azalmaktadır. Sözkonusu azalma 2 ha'lık hücrelerde 10 ha'lık hücrelere göre;

- Giresun için ~ %50
- Çanakkale için ~ % 47
- Malatya için ~ % 11

oranlarında gerçekleşmektedir.

Sızıntı suyu oluşumu, 20 yıllık işletme dönemini izleyen 10 yıllık devrede de tahmin edilmiştir (Şekil 3.7). Düzenli depolama alanları kapandıktan sonra sızıntı suyu oluşumu ani bir azalma ile örneğin Malatya'da ~160 m^3/gün seviyelerinden ~7 m^3/gün'e (~ %95 azalma) düşmektedir. İncelenen 3 yerleşimdeki izafi düzenli depolama alanlarında oluşan sızıntı suyu miktarının yıllık ortalama yağış yüksekliğine göre durumu da 10 ha. ve 2 ha.'lık hücrelerde işletme hali için Çizelge 3.6 ve Çizelge 3.7'de ayrıca verilmiştir. Tablolardan da görüldüğü üzere, en yüksek sızıntı suyu oluşumu sadece 1 nolu hücrenin işletmede olduğu ilk yıllarda gözlenmekte, son hücrenin aktif, diğer tüm hücrelerin kapalı olduğu son dönemde ise 20 ha.'lık alan üzerinden Q_{SS} değerleri yıllık yağış yüksekliğinin %58'i düzeyine inmektedir.



Şekil 3.7 : Depolama alanı işletim süresi ve kapanmayı izleyen 10 yıllık devrede sızıntı suyu oluşumu (Malatya).

Bu senaryo sonuçları dikkate alındığında, sızıntı suyu oluşumunu etkileyen en önemli parametrelerin; yıllık ortalama yağış yüksekliği, hücre büyüklüğü ve depo nihai örtü kaplaması durumu olarak öne çıktığı görülmektedir.

Çizelge 3.6 : 10 ha'lık hücrelerde yıllık ortalama sızıntı suyu miktarının işletme sürecindeki değişimi

	Depolama Alanı İşletme Durumu	Ortalama Sızıntı Suyu Debisi, $Q_{ort,ss}$		Yıllık Ortalama Yağış Yüksekliği P_{ort}	$Q_{ort,ss}/P_{ort}$
		m^3/gün.ha	mm/yıl	mm/yıl	
Malatya	Yalnız 1 Hücre Aktif	17,58	642	380	1,69
	2. Hücre Aktif 1. Hücre Kapalı	8,10	296	380	0,78
Çanakkale	Yalnız 1 Hücre Aktif	30,25	1104	586	1,88
	2. Hücre Aktif 1. Hücre Kapalı	11,90	434	586	0,74

Çizelge 3.7 : 2 ha'lık hücrelerde yıllık ortalama sızıntı suyu miktarının işletme sürecindeki değişimi

	Depolama Alanı İşletme Durumu	Ortalama Sızıntı Suyu Debisi, $Q_{ort,ss}$		Yıllık Ortalama Yağış Yüksekliği P_{ort}	$Q_{ort,ss}/P_{ort}$
		m^3/gün.ha	mm/yıl	mm/yıl	
MALATYA	Yalnız 1. Hücre Aktif	74,07	2703	380	7,11
	2. Hücre Aktif, 1. Hücre Kapalı	37,21	1358	380	3,57
	3. Hücre Aktif, 1-2. Hücre Kapalı	24,92	910	380	2,39
	4. Hücre Aktif, 1-2-3. Hücre Kapalı	18,78	685	380	1,8
	5. Hücre Aktif, 1-2-3-4. Hücre Kapalı	15,09	551	380	1,45
	6. Hücre Aktif, 1-2-3-4-5. Hücre Kapalı	12,64	461	380	1,21
	7. Hücre Aktif, 1-2-3-4-5-6. Hücre Kapalı	10,88	397	380	1,04
	8. Hücre Aktif, 1-2-3-4-5-6-7. Hücre Kapalı	9,56	349	380	0,92
	9. Hücre Aktif, 1-2-3-4-5-6-7-8. Hücre Kapalı	8,54	312	380	0,82
	10. Hücre Aktif, 1-2-3-4-5-6-7-8-9. Hücre Kapalı	7,55	276	380	0,72
ÇANAKKALE	Yalnız 1. Hücre Aktif	86,73	3166	586	5,4
	2. Hücre Aktif, 1. Hücre Kapalı	44,18	1612	586	2,75
	3. Hücre Aktif, 1-2. Hücre Kapalı	29,99	1095	586	1,87
	4. Hücre Aktif, 1-2-3. Hücre Kapalı	22,9	836	586	1,43
	5. Hücre Aktif, 1-2-3-4. Hücre Kapalı	18,64	680	586	1,16
	6. Hücre Aktif, 1-2-3-4-5. Hücre Kapalı	15,8	577	586	0,98
	7. Hücre Aktif, 1-2-3-4-5-6. Hücre Kapalı	13,78	503	586	0,86
	8. Hücre Aktif, 1-2-3-4-5-6-7. Hücre Kapalı	12,26	447	586	0,76
	9. Hücre Aktif, 1-2-3-4-5-6-7-8. Hücre Kapalı	11,07	404	586	0,69
	10. Hücre Aktif, 1-2-3-4-5-6-7-8-9. Hücre Kapalı	9,32	340	586	0,58

3.3.2 Senaryo 1B

Senaryo Tanımı: Farklı meteorolojik özellikteki 3 ilde (Malatya, Çanakkale ve Giresun), atık akışı sabitken, boş hücrelerden gelen yağış sularının sızıntı sularından ayrı tutulması halinde, sızıntı suyu miktarının hücre büyüklüğü ile değişimi

Bu senaryonun amacı, boş hücrelerden gelen yağmur sularının ayrıca toplanıp uzaklaştırılmasının aktif ve kapanmış hücrelerde oluşan sızıntı suyu miktarı üzerine etkisinin ortaya konmasıdır.

Çalışma kapsamında; Türkiye'nin 3 farklı coğrafi ve iklimsel özelliğini temsilen seçilen; Çanakkale, Malatya ve Giresun İlleri'nde kurulu, izafi bölgesel atık depolama sahalarında oluşacak sızıntı suyu miktarları hesaplanmıştır. Hesaplarda

daha önce Bölüm 2.2'de belirtilen temel kabullere ek olarak 20 ha.'lık depolama alanındaki bölüm (lot, hücre) alanlarının 2, 4, 5 ve 10 ha. olması esas alınmıştır (Çizelge 3. 4).

Düzenli depolama alanlarına kabul edilen mevcut Türkiye şartlarındaki tipik karışık atığın ana madde grupları itibarı ile Şekil 3.5'deki gibi olduğu esas alınmıştır.

Toplanan atık miktarı, Düzenli Depolama tesisine bağlı alanda (mücavir alanlar da dahil) üretilen atığın %85'i olarak kabul edilmiştir. Bu durumda üretilen atığın ≤ %15'i atık toplama hizmetleri kapsamı dışında kalmaktadır.

Çalışma kapsamında incelenen 3 ilde kurulduğu varsayılan izafi depolama alanlarında Senaryo 1B'de tanımlanan şartlar altında oluşan sızıntı suyu miktarları EK B'de hesaplanmış ve sonuçlar Çizelge 3.8'da özetlenmiştir.

Çizelge 3.8 : İncelenen üç ilde Sen 1B için sızıntı suyu debileri (İşletim süresi=20yıl)

	Hücre Alanı	Maks. $Q_{gün\text{-}ort}$	Ort. $Q_{gün\text{-}ort}$	Min. $Q_{gün\text{-}ort}$
	Hektar	m^3/gün	m^3/gün	m^3/gün
Giresun	10 ha.	520	490±32	460
	5 ha.	390	350±35	300
	4 ha.	370	314±36	265
	2 ha.	320	260±36	210
Çanakkale	10 ha.	240	230±8	230
	5 ha.	210	200±9	190
	4 ha.	200	190±9	180
	2 ha.	190	180±10	160
Malatya	10 ha.	170	160±2	159
	5 ha.	160	155±2	150
	4 ha.	154	151±2	148
	2 ha.	151	148±2	145

Sözkonusu İllerdeki izafi depolama alanlarından oluşması beklenen günlük ortalama sızıntı suyu debilerinin hücre büyüklüğüne göre değişimleri de Şekil 3.8'de ayrıca verilmiştir. Şekil'den de görüldüğü üzere farklı iklimsel özellik gösteren yerleşimlerdeki izafi depolama alanlarında oluşması beklenen sızıntı suyu debileri Senaryo 1A'daki gibi azalan hücre büyüklüğü ve yağış yüksekliği ile önemli derecede azalmaktadır.



Şekil 3.8 : Günlük ortalama sızıntı suyu oluşum miktarları.

Yağışlı iklimi temsil eden Giresun'da ortalama sızıntı suyu debisi 10 ha'lık hücrede Senaryo 1A'da 640 m^3/gün iken Senaryo 1B'de 490 m^3/gün'e (~ % 23 azalma) gerilemektedir.

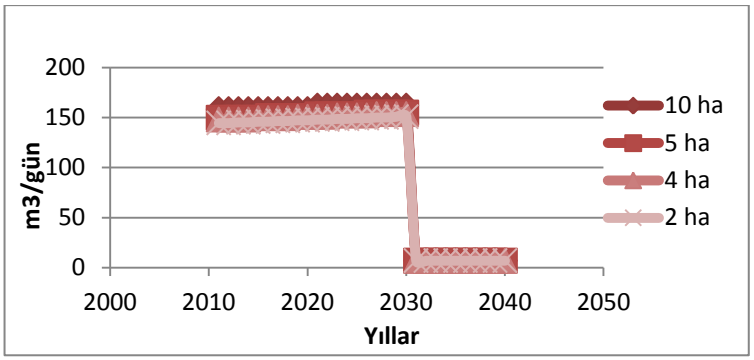
Kurak iklimi temsil eden Malatya için ise sözkonusu debiler Senaryo 1A'daki 170 m^3/gün'den 160 m^3/gün'e (~ %5-6 azalma) gerilemektedir.

Boş hücrelerdeki yağış sularının ayrıca uzaklaştırılması bilhassa yağışlı bölgelerdeki sızıntı suyu oluşumunu önemli derecede azaltmaktadır.

Üç farklı iklimde de sızıntı suyu oluşumu küçülen hücre alanına bağlı olarak geometrik biçimde azalmaktadır. Senaryo 1B şartlarında sözkonusu azalma 2 ha'lık hücrelerde 10 ha'lık hücrelere göre;

- Giresun için ~ % 47
- Çanakkale için ~ % 30
- Malatya için ~ % 7

oranlarında gerçekleşmektedir. Sızıntı suyu oluşumu, 20 yıllık işletme dönemini izleyen 10 yıllık devrede de tahmin edilmiştir (Şekil 3.9). Düzenli depolama alanları kapandıktan sonra sızıntı suyu oluşumu ani bir azalma ile örneğin Malatya'da ~150 m^3/gün seviyelerinden ~7 m^3/gün'e (~ %95 azalma) düşmektedir. İncelenen 3 yerleşimdeki (Çanakkale ve Malatya) izafi düzenli depolama alanlarında oluşan sızıntı suyu miktarının yıllık ortalama yağış yüksekliğine göre durumu da 10 ha. ve 2 ha.'lık hücrelerde işletme hali için Çizelge 3.9 ve Çizelge 3.10'da ayrıca verilmiştir. Tablolardan görüldüğü üzere, Senaryo 1A'daki sonuçlara benzer olarak, en yüksek sızıntı suyu oluşumu sadece 1 nolu hücrenin işletmede olduğu ilk yıllarda gözlenmekte, son hücrenin aktif, son dönemde ise 20 ha.'lık alan üzerinden ifade edilen $Q_{ort,ss}$ değerleri yıllık yağış yüksekliğinin %58'si düzeyine inmektedir.



Şekil 3.9 : Depolama alanı işletim süresi ve kapanmayı izleyen 10 yıllık devrede sızıntı suyu oluşumu (Malatya).

Çizelge 3.9 : 10 ha'lık hücrelerde yıllık ortalama sızıntı suyu miktarının işletme sürecindeki değişimi.

	Depolama Alanı İşletme Durumu	Ortalama Sızıntı Suyu Debisi, $Q_{ort,ss}$		Ortalama Yağış Yüksekliği, P_{ort}	Q_{ort}/P_{ort}
		m^3/gün.ha	mm/yıl	mm/yıl	
Malatya	Yalnız 1 Hücre Aktif	15,85	579	380	1,52
	2. Hücre Aktif 1. Hücre Kapalı	8,10	296	380	0,78
Çanakkale	Yalnız 1 Hücre Aktif	22,18	810	586	1,38
	2. Hücre Aktif 1. Hücre Kapalı	10,20	434	586	0,72

Çizelge 3.10 : 2 ha'lık hücrelerde yıllık ortalama sızıntı suyu miktarının işletme sürecindeki değişimi.

	Depolama Alanı İşletme Durumu	Ortalama Sızıntı Suyu Debisi, $Q_{ort,ss}$		Ortalama Yağış Yüksekliği	Q_{ort}/P_{ort}
		m^3/gün.ha	mm/yıl	mm/yıl	
MALATYA	Yalnız 1. Hücre Aktif	72,33	2640	380	6,95
	2. Hücre Aktif, 1. Hücre Kapalı	36,34	1326	380	3,49
	3. Hücre Aktif, 1-2. Hücre Kapalı	24,34	889	380	2,34
	4. Hücre Aktif, 1-2-3. Hücre Kapalı	18,35	670	380	1,76
	5. Hücre Aktif, 1-2-3-4. Hücre Kapalı	14,75	538	380	1,42
	6. Hücre Aktif, 1-2-3-4-5. Hücre Kapalı	12,35	451	380	1,19
	7. Hücre Aktif, 1-2-3-4-5-6. Hücre Kapalı	10,63	388	380	1,02
	8. Hücre Aktif, 1-2-3-4-5-6-7. Hücre Kapalı	9,35	341	380	0,9
	9. Hücre Aktif, 1-2-3-4-5-6-7-8. Hücre Kapalı	8,35	305	380	0,8
	10. Hücre Aktif, 1-2-3-4-5-6-7-8-9. Hücre Kapalı	7,55	276	380	0,72
ÇANAKKALE	Yalnız 1. Hücre Aktif	78,67	2871	586	4,9
	2. Hücre Aktif, 1. Hücre Kapalı	40,14	1465	586	2,5
	3. Hücre Aktif, 1-2. Hücre Kapalı	27,3	996	586	1,7
	4. Hücre Aktif, 1-2-3. Hücre Kapalı	20,88	762	586	1,3
	5. Hücre Aktif, 1-2-3-4. Hücre Kapalı	17,03	621	586	1,06
	6. Hücre Aktif, 1-2-3-4-5. Hücre Kapalı	14,46	528	586	0,9
	7. Hücre Aktif, 1-2-3-4-5-6. Hücre Kapalı	12,62	461	586	0,79
	8. Hücre Aktif, 1-2-3-4-5-6-7. Hücre Kapalı	11,25	411	586	0,7
	9. Hücre Aktif, 1-2-3-4-5-6-7-8. Hücre Kapalı	10,18	371	586	0,63
	10. Hücre Aktif, 1-2-3-4-5-6-7-8-9. Hücre Kapalı	9,32	340	586	0,58

Bu senaryo sonuçları dikkate alındığında, boş hücrelerden gelen yağmur sularının ayrıca toplanıp uzaklaştırılmasının bilhassa yağışlı bölgelerde sızıntı suyu oluşumunu büyük oranda azaltabileceği görülmektedir.

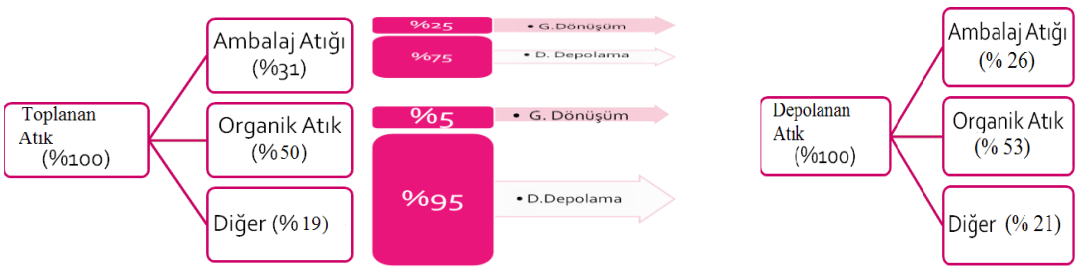
3.3.3 Senaryo 2

Senaryo Tanmıı: Malatya ve Çanakkale için ambalaj atıklarının %25' i ile organik atıkların %5'inin geridönüşümü halinde sızıntı suyu miktarının hücre büyüklüğü ile değişimi

Bu senaryonun amacı, yüksek kapasiteli ikili toplamanın uygulanmadığı hallerde, sınırlı kapasitede atık azaltım uygulamaları (atık toplama merkezleri + atık kumbaraları ile ambalaj atıkları gerikazanımı, basit kompostlaştırma yöntemi ile park ve bahçe ve pazaryeri atığı geridönüşümü) ile %25 ambalaj atığı ve %5 organik atık geridönüşümü sağlandığı takdirde, toplanan karışık atığın kompozisyonunda meydana gelecek değişikliğin aktif ve kapanmış hücrelerde oluşan sızıntı suyu miktarı üzerine olan etkisinin ortaya konmasıdır.

Çalışma kapsamında; Türkiye'nin 2 farklı coğrafi ve iklimsel özelliğini temsilen seçilen; Çanakkale ve Malatya İlleri'nde kurulu, izafi bölgesel atık depolama sahalarında oluşacak sızıntı suyu miktarları hesaplanmıştır. Hesaplarda daha önce Bölüm 2.2'de belirtilen temel kabullere ek olarak 20 ha.'lık depolama alanındaki bölüm (lot, hücre) alanlarının 2, 4, 5 ve 10 ha. olması esas alınmış olup, Senaryo 1A hariç, diğer senaryolardaki dibi, boş hücrelerin yağmur sularının da ayrıca toplanıp uzaklaştırıldığı kabul edilmiştir.

Senaryo 2 kapsamında düzenli depolama alanlarına kabul edilen atığın, mevcut Türkiye şartlarındaki tipik karışık atık üzerinden sınırlı kapasitede atık azaltımı uygulamaları (%25 ambalaj atığı ve %5 organik atık geridönüşümü) ile Şekil 3.10' daki yüzdelere sahip ana madde gruplarından oluşacağı esas alınmıştır:



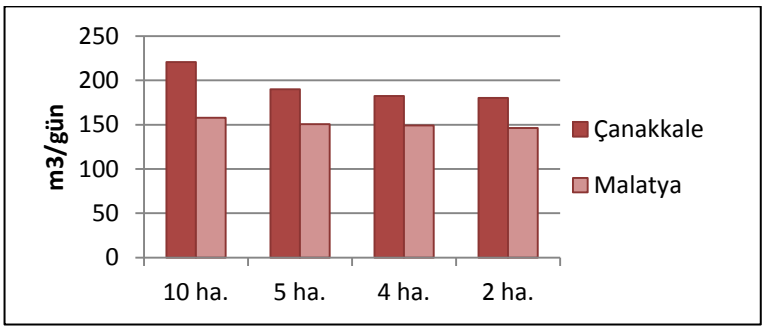
Şekil 3.10 : Senaryo 2 kapsamında depolanan atığın ana madde grupları.

Toplanan atık miktarı, Düzenli Depolama tesisine bağlı alanda (mücavir alanlar da dahil) üretilen atığın %85'i olarak kabul edilmiştir. Bu durumda üretilen atığın ≤ %15'i atık toplama hizmetleri kapsamı dışında kalmaktadır. Çalışma kapsamında incelenen 2 ilde kurulduğu varsayılan izafi depolama alanlarında Senaryo 2'de tanımlanan şartlar altında oluşan sızıntı suyu miktarları EK D'de hesaplanmış ve sonuçlar Çizelge 3.10'de özetlenmiştir.

Çizelge 3.11 : İncelenen iki ilde Senaryo 2 için sızıntı suyu debileri (İşletim süresi =20 yıl).

İller	10 ha			5 ha		
	Maks. Qgün-ort m^3/gün	Ort. Qgün-ort m^3/gün	Min. Qgün-ort m^3/gün	Maks. Qgün-ort m^3/gün	Ort. Qgün-ort m^3/gün	Min. Qgün-ort m^3/gün
Çanakkale	221	220±0,43	220	200	190±5,86	29
Malatya	160	159±0,26	158	160	151±1,26	149
İller	4 ha			2 ha		
	Maks. Qgün-ort m^3/gün	Ort. Qgün-ort m^3/gün	Min. Qgün-ort m^3/gün	Maks. Qgün-ort m^3/gün	Ort. Qgün-ort m^3/gün	Min. Qgün-ort m^3/gün
Çanakkale	200	182±6,64	172	190	180±12,75	160
Malatya	151	149±1,41	147	149	146±1,91	143

Sözkonusu İllerdeki izafi depolama alanlarından oluşması beklenen günlük ortalama sızıntı suyu debilerinin hücre büyüklüğüne göre değişimleri de Şekil 3.11'de ayrıca verilmiştir. Şekil'den de görüldüğü üzere farklı iklimsel özellik gösteren yerleşimlerdeki izafi depolama alanlarında oluşması beklenen sızıntı suyu debileri Senaryo 1A ve 1B'deki gibi azalan hücre büyüklüğü ve yağış yüksekliği ile önemli derecede azalmaktadır.



Şekil 3.11 : Günlük ortalama sızıntı suyu oluşum miktarları.

Türkiye ortalaması civarında yağışlı bir iklimi temsil eden Çanakkale'de ortalama sızıntı suyu debisi 10 ha'lık hücrede Senaryo 1B'de (atık azaltımı olmaksızın tipik

karışık atığın depolanması) 230 m^3/gün iken Senaryo 2'de 220 m^3/gün'e (~ % 4 azalma) gerilemektedir.

Kurak iklimi temsil eden Malatya için ise sözkonusu debiler Senaryo 1B'deki 170 m^3/gün'den 159 m^3/gün'e (~ % 6 azalma) gerilemektedir.

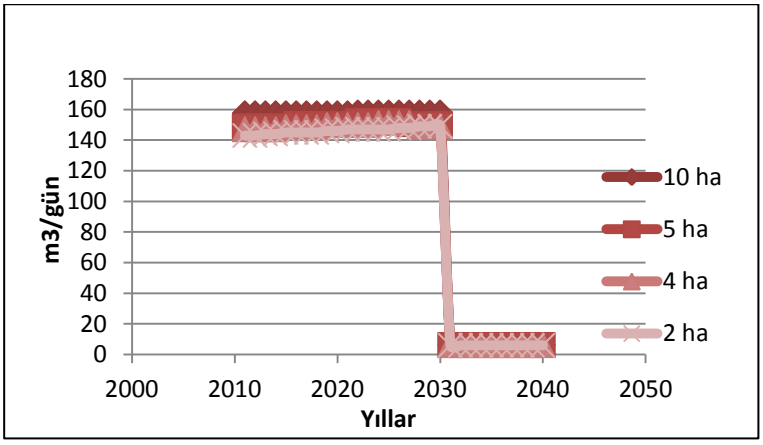
Sınırlı kapasitede atık azaltımı uygulaması halinde, sızıntı suyu miktarında; her iki iklim koşulunu temsil eden bölgeler için ancak cüz'i oranda azalmalar görülmüştür.

İki farklı iklimde de sızıntı suyu oluşumu küçülen hücre alanına bağlı olarak geometrik biçimde azalmaktadır. Senaryo 2 şartlarında sözkonusu azalma 2 ha'lık hücrelerde 10 ha'lık hücrelere göre;

- Çanakkale için ~ % 18
- Malatya için ~ % 8

oranlarında gerçekleşmektedir.

Sızıntı suyu oluşumu, 20 yıllık işletme dönemini izleyen 10 yıllık devrede de tahmin edilmiştir (Şekil 3.12). Düzenli depolama alanları kapandıktan sonra sızıntı suyu oluşumu ani bir azalma ile örneğin Malatya'da ~150 m^3/gün seviyelerinden ~6-7 m^3/gün'e (~ %95 azalma) düşmektedir.



Şekil 3.12 : Depolama alanı işletim süresi ve kapanmayı izleyen 10 yıllık devrede sızıntı suyu oluşumu (Malatya).

Bu senaryo sonuçları dikkate alındığında, %25 ambalaj atığı ve %5 organik atık geridönüşümü sağlandığı takdirde (atık toplama merkezleri + atık kumbaraları ile ambalaj atıkları gerikazanımı, basit kompostlaştırma yöntemi ile park/bahçe ve pazaryeri atığı geridönüşümü) saha işletim stratejisi olarak olabildiğince küçük hücrelerde atık depolanması ile oluşan sızıntı suyu miktarının az da olsa azalacağı

görülmektedir. Bu durumda depolanan atığın su muhtevasının da çekilen ambalaj atığı oranına bağlı olarak bir miktar artması beklenmelidir.

3.3.4 Senaryo 3

Senaryo Tanımı: Malatya ve Çanakkale için karışık atığın 80 mm çaplı elekten geçirilerek %33'lük elek üstü kısmının kaba ATY (atıktan üretilmiş yakıt, RDF) (%30) olarak çimento fabrikalarına gönderilmesi ve elle ayıklama bandından toplanan ambalaj atıklarının (%3) geri dönüştürülmesi ile elek altı kısmın reaktörde kompost tesisine alımı ve kompost artığı olan %40'lık kısmın depolanması depolanması durumunda, sızıntı suyu miktarının hücre büyüklüğü ile değişimi

Bu senaryonun amacı, İstanbul Büyükşehir Belediyesi genelinde uygulanmakta olan, kompostlaştırma öncesi karışık atığın 80 mm çaplı elekten geçirilerek elek üstü kısmın kaba ATY (atıktan üretilmiş yakıt, RDF) olarak çimento fabrikalarına gönderilmesi ve elek altı kısmın reaktörde kompost tesisine alımı şeklindeki atık yönetim sistemine benzer bir uygulama (karışık atığın 80 mm çaplı elekten geçirilerek %33'lük elek üstü kısmının kaba ATY (atıktan üretilmiş yakıt, RDF) (%30) olarak çimento fabrikalarına gönderilmesi ve elle ayıklama bandından toplanan ambalaj atıklarının (%3) geri dönüştürülmesi ile elek altı kısmın reaktörde kompost tesisine alımı ve kompost artığı olan %40'lık kısmın depolanması) için, depolanan karışık atığın miktar ve kompozisyonunda meydana gelecek değişikliğin aktif ve kapanmış hücrelerde oluşan sızıntı suyu miktarı üzerine olan etkisinin ortaya konmasıdır.

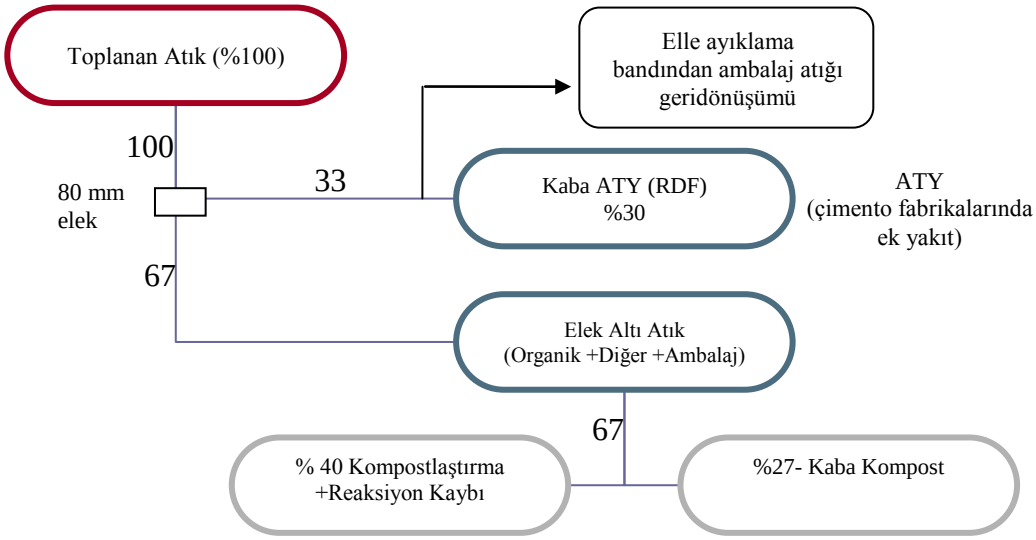
Çalışma kapsamında; Türkiye'nin 2 farklı coğrafi ve iklimsel özelliğini temsilen seçilen; Çanakkale ve Malatya İlleri'nde kurulu, izafi bölgesel atık depolama sahalarında oluşacak sızıntı suyu miktarları hesaplanmıştır. Hesaplarda daha önce Bölüm 5.2'de belirtilen temel kabullere ek olarak 20 ha.'lık depolama alanındaki bölüm (lot, hücre) alanlarının 1, 2 ve 4 ha. olması esas alınmıştır.

Senaryo 3 kapsamında düzenli depolama alanlarına kabul edilen atığın, mevcut Türkiye şartlarındaki tipik karışık atık üzerinden sınırlı kapasitede atık azaltımı (kompostlaştırma öncesi karışık atığın 80 mm çaplı elekten geçirilerek %33'lük elek üstü kısmının kaba ATY (atıktan üretilmiş yakıt, RDF) (%30) olarak çimento

fabrikalarına gönderilmesi ve elle ayıklama bandından toplanan ambalaj atıklarının (%3) geri dönüştürülmesi ile elek altı kısmın reaktörde kompost tesisine alımı ve kompost artığı olan %40'lık kısmın depolanması) uygulamaları ile Şekil 3.13'deki yüzdelere sahip ana madde gruplarından oluşacağı esas alınmıştır:

Toplanan atık miktarı, Düzenli Depolama tesisine bağlı alanda (mücavir alanlar da dahil) üretilen atığın %85'i olarak kabul edilmiştir. Bu durumda üretilen atığın ≤ %15'i atık toplama hizmetleri kapsamı dışında kalmaktadır.

Çalışma kapsamında incelenen 2 ilde kurulduğu varsayılan izafi depolama alanlarında Senaryo 3'de tanımlanan şartlar altında oluşan sızıntı suyu miktarları EK E'de hesaplanmış ve sonuçlar Çizelge 2.12'de özetlenmiştir.



Şekil 3.13 : Senaryo 3 kapsamında depolanan atık.

Çizelge 3.12 : İncelenen iki ilde Senaryo 3 için sızıntı suyu debileri (İşletim süresi =20 yıl).

	1 ha			**2 ha**			**4 ha**		
	Maks. Qgün-ort	Ort. Qgün-ort	Min. Qgün-ort	Maks. Qgün-ort	Ort. Qgün-ort	Min. Qgün-ort	Maks. Qgün-ort	Ort. Qgün-ort	Min. Qgün-ort
İller	m3/gün	m3/gün	m3/gün	m3/gün	m3/gün	m3/gün	m3/gün	m3/gün	m3/gün
Çanakkale	46	43±2,84	38	60	50±2,84	40	156	155±1,36	154
Malatya	34	33±0,59	30	35	34±0,61	30	100	93±0,30	92

Sözkonusu İllerdeki izafi depolama alanlarından oluşması beklenen günlük ortalama sızıntı suyu debilerinin hücre büyüklüğüne göre değişimleri deŞekil 3.14'de ayrıca verilmiştir. Şekilden de görüldüğü üzere farklı iklimsel özellik gösteren yerleşimlerdeki izafi depolama alanlarında oluşması beklenen sızıntı suyu debileri, önceki senaryolarda olduğu gibi azalan hücre büyüklüğü ve yağış yüksekliği ile önemli derecede azalmaktadır.



Şekil 3.14 : Günlük ortalama sızıntı suyu oluşum miktarları.

Yağışlı iklimi temsil eden Çanakkale'de ortalama sızıntı suyu debisi 2 ha'lık hücrede Senaryo 1B'de 230 m^3/gün iken Senaryo 3'de 50 m^3/gün'e (~ %78 azalma) gerilemektedir.

Kurak iklimi temsil eden Malatya için ise sözkonusu debiler Senaryo 1B'deki 170 m^3/gün'den 34 m^3/gün'e (~ % 80 azalma) gerilemektedir.

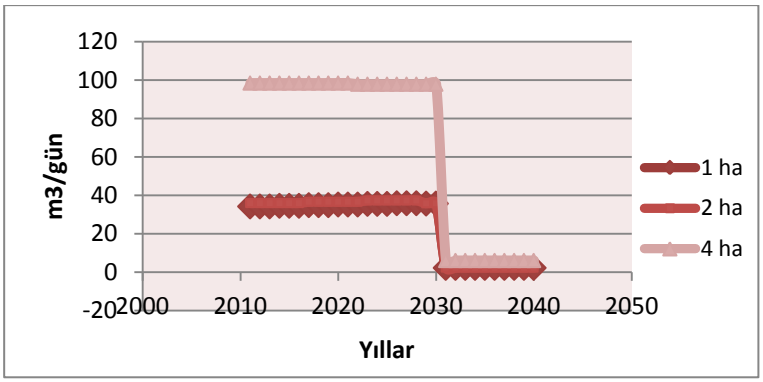
Karışık atığın kompostlaştırılması ve kompost atığının düzenli depolamaya gönderilmesi (ambalaj atıklarının %33'ünün geridönüşümü, geriye kalan karışık atığın kompostlaştırılması ve kompost artığı olan %40 lık kısmın depolanması durumu) halinde, sızıntı suyu miktarında; her iki iklim koşulunu temsil eden bölgeler için büyük oranda azalmalar görülmüştür.

İki farklı iklimde de sızıntı suyu oluşumu küçülen hücre alanına bağlı olarak geometrik biçimde azalmaktadır. Senaryo 3 şartlarında sözkonusu azalma 1 ha'lık hücrelerde 4 ha'lık hücrelere göre;

- Çanakkale için ~ % 72
- Malatya için ~ % 65

oranlarında gerçekleşmektedir.

Sızıntı suyu oluşumu, 20 yıllık işletme dönemini izleyen 10 yıllık devrede de tahmin edilmiştir (Şekil 3.15). Düzenli depolama alanları kapandıktan sonra sızıntı suyu oluşumu ani bir azalma ile örneğin Malatya'da ~ 75 m^3/gün seviyelerinden ~ 5 m^3/gün'e (~ %85) düşmektedir.



Şekil 3.15 : Depolama alanı işletim süresi ve kapanmayı izleyen 10 yıllık devrede sızıntı suyu oluşumu (Malatya).

Bu senaryo sonuçları dikkate alındığında, ambalaj atıklarının belli oranda (%33) gerikazanımı karışık atıklara mekanik/biyolojik ön işlem uygulanması) sağlandığı takdirde, olabildiğince küçük hücrelerde (bölüm/lot) çalışmanın sızıntı suyu miktarını önemli ölçüde azaltacağı görülmektedir.

3.3.5 Senaryo 4

Senaryo Tanımı: Malatya ve Çanakkale için AB ile tam uyumlu Entegre Katı Atık Yönetimi (yüksek kapasiteli ikili toplama) uygulanması halinde, su muhtevasının %40'lardan kademeli olarak %27'lere düşmesi durumu için, sızıntı suyu miktarının hücre büyüklüğü ile değişimi

Bu senaryonun amacı, yüksek kapasiteli ikili toplamanın uygulandığı durumlarda, depolanan karışık atığın miktar ve kompozisyonunda meydana gelecek değişikliklerin aktif ve kapanmış hücrelerde oluşan sızıntı suyu miktarı üzerine olan etkisinin ortaya konmasıdır.

Çalışma kapsamında; Türkiye'nin 2 farklı coğrafi ve iklimsel özelliğini temsilen seçilen; Çanakkale ve Malatya İlleri'nde kurulu, izafi bölgesel atık depolama sahasında oluşacak sızıntı suyu miktarları hesaplanmıştır. Hesaplarda daha önce Bölüm 2.2'de belirtilen temel kabullere ek olarak 20 ha.'lık depolama alanındaki bölüm (lot, hücre) alanlarının 2, 4, 5 ve 10 ha. olması esas alınmıştır.

Entegre Atık Yönetimi kapsamında, Katı Atık Ana Planı (KAAP, 2006) çerçevesinde hazırlanan Tip Proje 7; Arıtma/Bertaraf Tesisleri İşletime Alım Tarihleri ve bu bertaraf tesislerince atıktan çekilecek yüzdeler veri olarak kullanılmıştır (EK F).

Senaryo 4 kapsamında (kademeli olarak yüksek kapasiteli ikili toplamanın uygulanması durumunda), düzenli depolama alanlarına kabul edilen atığın su muhtevası dönemsel olarak;

2011-2015; % 37 atık azaltımı halinde; % 40

2015-2020; % 50 atık azaltımı halinde; % 35

2020-2025; % 52 atık azaltımı halinde; % 30

2025-2029; % 53 atık azaltımı halinde; % 27

2029-2030; % 54 atık azaltımı halinde; % 27

olarak alınmıştır.

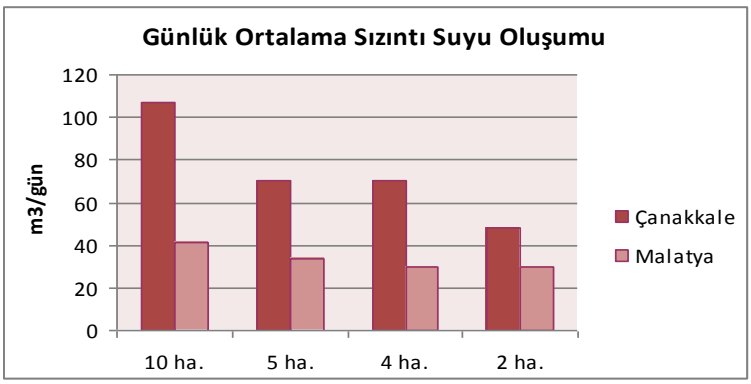
Toplanan atık miktarı, Düzenli Depolama tesisine bağlı alanda (mücavir alanlar da dahil) üretilen atığın %85'i olarak kabul edilmiştir. Bu durumda üretilen atığın ≤ %15'i atık toplama hizmetleri kapsamı dışında kalmaktadır.

Çalışma kapsamında incelenen 2 ilde kurulduğu varsayılan izafi depolama alanlarında Senaryo 4'de tanımlanan şartlar altında oluşan sızıntı suyu miktarları EK G'de hesaplanmış ve sonuçlar Çizelge 3.13'de özetlenmiştir.

Çizelge 3.13 : İncelenen iki ilde Senaryo 4 için sızıntı suyu debileri (İşletim süresi =20 yıl)

İller	10 ha			5 ha		
	Maks. Qgün-ort m^3/gün	Ort. Qgün-ort m^3/gün	Min. Qgün-ort m^3/gün	Maks. Qgün-ort m^3/gün	Ort. Qgün-ort m^3/gün	Min. Qgün-ort m^3/gün
Çanakkale	129	107±14,14	92	90	70±9,8	82
Malatya	64	41±14,14	26	54	34±13,14	49
İller	4 ha			2 ha		
	Maks. Qgün-ort m^3/gün	Ort. Qgün-ort m^3/gün	Min. Qgün-ort m^3/gün	Maks. Qgün-ort m^3/gün	Ort. Qgün-ort m^3/gün	Min. Qgün-ort m^3/gün
Çanakkale	88	70±8,16	60	65	48±8,16	39
Malatya	53	30±12,15	20	40	30±12,98	15

Sözkonusu İllerdeki izafi depolama alanlarından oluşması beklenen günlük ortalama sızıntı suyu debilerinin hücre büyüklüğüne göre değişimleri de Şekil 3.16'da ayrıca verilmiştir. Şekilden de görüldüğü üzere farklı iklimsel özellik gösteren yerleşimlerdeki izafi depolama alanlarında oluşması beklenen sızıntı suyu debileri önceki senaryolarda olduğu gibi azalan hücre büyüklüğü ve yağış yüksekliği ile önemli derecede azalmaktadır.



Şekil 3.16 : Günlük ortalama sızıntı suyu oluşum miktarları.

Türkiye ortalaması civarında yağışlı bir iklimi temsil eden Çanakkale'de ortalama sızıntı suyu debisi 10 ha'lık hücrede Senaryo 1B'de 230 m^3/gün iken Senaryo 4'de 107 m^3/gün'e (~ % 53,4 azalma) gerilemektedir.

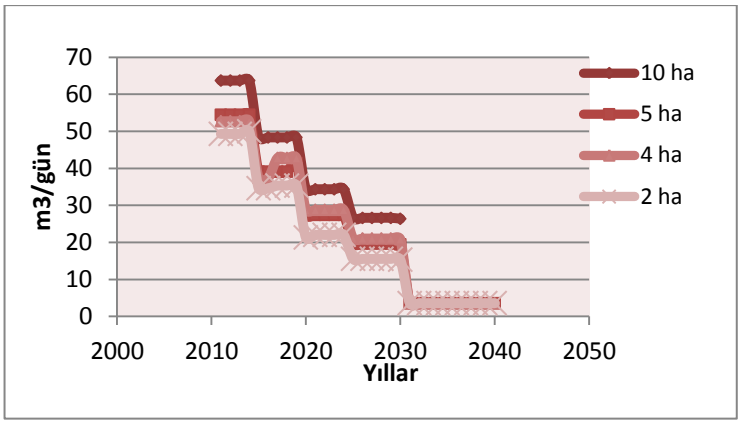
Kurak iklimi temsil eden Malatya için ise sözkonusu debiler Senaryo 1B'deki 170 m^3/gün'den 41 m^3/gün'e (~ % 75,8 azalma) gerilemektedir. Yüksek kapasiteli ikili toplama uygulanması halinde, farklı iklim koşullarını temsil eden bölgeler için sızıntı suyu miktarında büyük oranda azalmalar görülmüştür.

İki farklı iklimde de sızıntı suyu oluşumu küçülen hücre alanına bağlı olarak üstel biçimde azalmaktadır. Senaryo 4 şartlarında sözkonusu azalma 2 ha'lık hücrelerde 10 ha'lık hücrelere göre;

- Çanakkale için ~ % 55
- Malatya için ~ % 30

oranlarında gerçekleşmektedir.

Sızıntı suyu oluşumu, 20 yıllık işletme dönemini izleyen 10 yıllık devrede de tahmin edilmiştir (Şekil 3.17). Düzenli depolama alanları kapandıktan sonra sızıntı suyu oluşumu ani bir azalma ile örneğin Malatya'da ~50 m^3/gün seviyelerinden ~5 m^3/gün'e (~ %90 azalma) düşmektedir.



Şekil 3.17 : Depolama alanı işletim süresi ve kapanmayı izleyen 10 yıllık devrede sızıntı suyu oluşumu (Malatya).

Bu senaryo sonuçları dikkate alındığında, yüksek kapasiteli ikili toplama uygulamaları ile olabildiğince küçük hücrelerde (bölüm/lot) çalışmakla sızıntı suyu miktarının çok büyük ölçüde azaltılabileceği görülmektedir.

3.3.6 Senaryo 5

Senaryo Tanımı**:** Malatya için kurak ve yağışlı yılları temsil etmek üzere yağış durumunun değişimi halinde, atık akışı ve buharlaşma sabitken, sızıntı suyu miktarının hücre büyüklüğü ile değişimi

Bu senaryonun amacı, yağış rejimi değişikliklerinin (kurak ve yağışlı yıllar) aktif ve kapanmış hücrelerde oluşan sızıntı suyu miktarı üzerine olan etkisinin ortaya konmasıdır.

Çalışma kapsamında; bölge için kurak ve yağışlı yılları temsil etmek üzere; Malatya için yıllık ortalama yağışın % 25 ve 50 üzeri ve altında yağış alınması durumlarında, Malatya İli'nde kurulu, izafi bölgesel atık depolama sahasında oluşacak sızıntı suyu miktarının değişimi hesaplanmıştır. Hesaplarda daha önce Bölüm 2.2'de belirtilen temel kabullere ek olarak 20 ha.'lık depolama alanındaki bölüm (lot, hücre) alanlarının 2, 4, 5 ve 10 ha. olması esas alınmıştır (Çizelge 3. 4).

Düzenli depolama alanlarına kabul edilen mevcut Türkiye şartlarındaki tipik karışık atığın ana madde grupları itibarı ile Şekil 3.5'deki gibi olduğu esas alınmıştır.

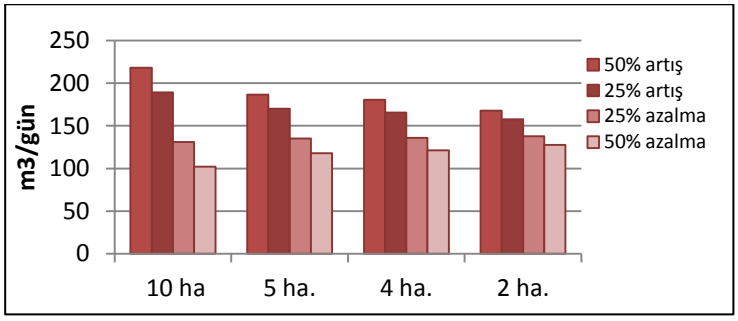
Toplanan atık miktarı, Düzenli Depolama tesisine bağlı alanda (mücavir alanlar da dahil) üretilen atığın %85'i olarak kabul edilmiştir. Bu durumda üretilen atığın ≤ %15'i atık toplama hizmetleri kapsamı dışında kalmaktadır.

Çalışma kapsamında incelenen bölgede kurulduğu varsayılan izafi depolama alanında Senaryo 5'de tanımlanan şartlar altında oluşan sızıntı suyu miktarları EK H'de hesaplanmış ve sonuçlar Çizelge 3.14'de özetlenmiştir.

Çizelge 3.14 : İncelenen ilde Senaryo 5 için sızıntı suyu debileri (İşletim süresi=20 yıl)

Yıllık Ortalama Yağış Değişimleri	10 ha			5 ha		
	Maks. Qgün-ort	Ort. Qgün-ort	Min. Qgün-ort	Maks. Qgün-ort	Ort. Qgün-ort	Min. Qgün-ort
%	m^3/gün	m^3/gün	m^3/gün	m^3/gün	m^3/gün	m^3/gün
25% artış	194	189±4,48	185	176	170±5,01	163
50% artış	225	218±7,18	211	197	187±8,03	176
25% azalma	132	131±0,94	130	137	135±1,03	134
50% azalma	106	102±3,64	99	123	118±4,09	113
Yıllık Ortalama Yağış Değişimleri	4 ha			2 ha		
	Maks. Qgün-ort	Ort. Qgün-ort	Min. Qgün-ort	Maks. Qgün-ort	Ort. Qgün-ort	Min. Qgün-ort
%	m^3/gün	m^3/gün	m^3/gün	m^3/gün	m^3/gün	m^3/gün
25% artış	173	166±5,08	159	166	158±5,11	150
50% artış	192	180±8,13	169	180	168±8,25	155
25% azalma	138	136±1,06	135	139	138±1,08	136
50% azalma	127	121±4,11	116	134	128±4,22	121

Sözkonusu İldeki izafi depolama alanından oluşması beklenen günlük ortalama sızıntı suyu debilerinin hücre büyüklüğüne göre değişimleri de Şekil 3.18'de ayrıca verilmiştir. Şekilden de görüldüğü üzere, Malatya'da yağışlı ve kurak dönemleri yansıtan yağış yükseklikleri için izafi depolama alanında oluşması beklenen sızıntı suyu debileri, diğer senaryolardakine benzer olarak, azalan hücre büyüklüğü ile de önemli derecede azalmaktadır.



Şekil 3.18 : Günlük ortalama sızıntı suyu oluşum miktarları

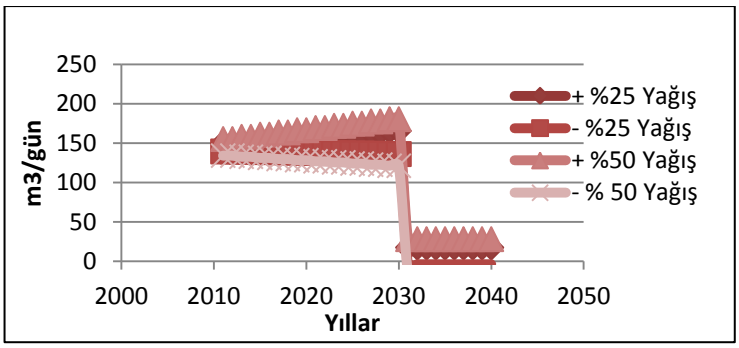
Yağışlı dönemleri temsil eden yıllık ortalama yağışın %50 üzeri yağışlar halinde, ortalama sızıntı suyu debisi 10 ha'lık hücrede 218 m^3/gün iken, yıllık ortalama yağış için 160 m^3/gün civarında (~ % 26 daha az) gerçekleşmesi beklenmektedir.

Bölgede sızıntı suyu oluşumu küçülen hücre alanına bağlı olarak üstel biçimde azalmaktadır. Senaryo 5 şartlarında sözkonusu azalma 2 ha'lık hücrelerde 10 ha'lık hücrelere göre;

- % 50 yağış fazlası için ~ % 23
- % 25 yağış fazlası için ~ % 16
- % 25 daha az yağış için ~ % 105
- % 50 daha az yağış için ~ % 120

oranlarında gerçekleşmektedir.

Sızıntı suyu oluşumu, 20 yıllık işletme dönemini izleyen 10 yıllık devrede de tahmin edilmiştir (Şekil 3.19). Düzenli depolama alanları kapandıktan sonra sızıntı suyu oluşumu ani bir azalma ile örneğin %50 ve %25 yağış fazlası için; ~150 m^3/gün seviyelerinden ~20 m^3/gün'e (~ %85 azalma) düşmektedir. Yağışın yıllık ortalama yağıştan az olduğu dönemlerde (%25 ve %50 daha az) ise depolama alanları kapatıldaktan sonra sızıntı suyu oluşmamaktadır.



Şekil 3.19 : Depolama alanı işletim süresi ve kapanmayı izleyen 10 yıllık devrede sızıntı suyu oluşumu (Malatya).

Bu senaryo sonuçları dikkate alındığında, depolama alanı bölgesine ait iklimsel koşulların (kurak ya da yağışlı yıllar) sızıntı suyu debisini önemli oranda etkileyebileceği söylenebilir.

3.4 HELP (3.0) Modeli Uygulaması

ABD Ordu Mühendisleri Birliği tarafından geliştirilen Düzenli Depolama Alanı Performansı Hidrolojik Değerlendirmesi Modeli (Hydrologic Evaluation of Landfill Performans) HELP 3.0, düzenli depolama alanı içinde ve dışındaki su hareketini iki boyutlu olarak modelleyen bir bilgisayar programıdır. Modele; yağış, toprak (depolama alanı zemini) ve tasarım bilgileri veri olarak girilir, geri planda ise yüzeysel depolama, kar erimesi, yüzeysel akış, sızma, buharlaşma, vejetatif büyüme, toprak nem muhtevası, yanal yeraltı drenajı, sızıntı suyu sirkülasyonu, doymamış dikey drenajı hesaplamak üzere ilgili çözüm teknikleri kullanılır.

Model, katı atık düzenli depolama alanlarına ait sızıntı suyu drenaj ve toplama sistemleri için geliştişrilmiştir. Program sayesinde, çeşitli bitki örtüsü, üst/ günlük örtü toprağı, sentetik geomembran kombinasyonları ile farklı hücre büyüklüklerine sahip depolama alanları hidroliği modellenebilmektedir (HELP, 1994).

3.4.1 Modelin kullanımı

HELP Modeli için gerekli iklimsel koşul verileri dört gruba ayrılır; buharlaşma, yağış, sıcaklık ve solar radyasyon. Kullanıcı, gerekli veri türü girişini geleneksel ABD birimleri ya da metrik birim sistemi üzerinden yapabilir.

Buharlaşma hesabı için; enlem derecesi, evaporasyona maruz bölge derinliği, maksimum yaprak alanı indeksi, bitki örtüsü büyümesi için mevsimsel başlangıç/bitiş tarihleri, yıllık ortalama rüzgar hızı ile ortalama bağıl nem verilerine ihtiyaç duyulmaktadır. Anılan veri girişi tamamlandığında, model, kendine özgü ampirik formüllerle, sistemdeki su dengesi üzerine buharlaşmanın etkisini hesaplamaktadır.

Evaporasyona maruz bölge derinliği çıplak toprak zemin bazlı olarak verilir ve modelin ilerleyen safhaları için gerekli örtü tabakasına özgü veriler, ilgili ampirik formülün birer fonksiyonu olarak işlem görür. Evaporasyona maruz bölge derinliği verisi, depolama alanı bölgesine özel veri bankalarından temin edilebileceği gibi, modelin veri tabanı olarak kullanıma sunulan ABD şehirlerine özgü değerlere yaklaşık değerler olarak da alınabilir.

Maksimum yaprak alanı indeksi (maksimum LAI), depolama alanı üzerinde yetiştirilmesi planlanan bitki örtüsünü temsilen kullanılır. Bitki yüzeyi aktif alanının arazinin nominal yüzey alnına oranı ifade eden boyutsuz bir değerdir. Girilecek maksimum yaprak alanı indeksi değerinin, bölgenin az yağmur alması ya da kısa vejatatif büyüme periyoduna sahip olması gibi karakteristik durumlarını yansıtabilmesi açısından dikkatle seçilmesi gerekir. Çıplak zemin için maksimum LAI değeri sıfırdır ve bitki örtüsü yoğunluğuyla doğru orantılı olarak 2 ile 5 arasında değerler alır.

Vejatatif büyüme için mevsim başlangıç ve bitiş tarihleri verisi, bölgeye özgü bitki örtüsünde gelişmenin görüldüğü ilk ve son günler olarak kaydedilir. Büyüme mevsiminin tüm bir yıl olduğu bölgelerde başlangıç ve bitiş günleri 0 ile 367. gün gibi uç değerler olarak rapor edilmelidir. Büyüme mevsimi için başlangıç tarihi çimlenmenin görülmesi iken, bitiş tarihi olarak hasat sonu kabulü yapılabilir.

Buharlaşma hesabı için girilen son veriler olan ortalama rüzgar hızı ve mevsimsel ortalama bağıl nem değerleri ise bölgeye özel veri bankalarından temin edinilebilir.

Bir başka iklimsel koşul göstergesi olan yağış değerleri için model bir sentetik data üreticisi aracılığı ile veri girişini sağlamaktadır. Bölgeye özgü yağış değerleri en fazla gelecekteki 100 yıllık bir dönem için günlük bazda girilebileceği gibi geçmişe ait istatistiksel veriler ortalama aylık yağış değeri cinsinden de verilebilir. Uzun dönemli ortalama aylık yağış bilgisine sahip bir kullanıcı için sentetik yağış değerleri üreticisi için gerekli veriler depolama alanı toplam işletim yılı ve aylık ortalama yağış değerleridir.

Sıcaklık değerleri, model geri planındaki ampirik formüller göz önüne alındığında, yağış hesaplamalarının zayıf bir fonksiyonu olarak karşımıza çıkmaktadır. Gelecek yıllara ait sıcaklık verilerinin üretilebilmesi için öncelikle yağış verilerinin üretilmiş olması gerekmektedir. Uzun dönemli aylık ortalama sıcaklık bilgisine sahip bir kullanıcı için sentetik sıcaklık değerleri üreticisi için gerekli veriler depolama alanı toplam işletim yılı ve aylık ortalama sıcaklık değerleridir.

Son iklimsel koşul datası olan solar radyasyon ise 1 ile 100 yıllık bir dönem için günlük değerler olarak girilebilirken sentetik radyasyon değerleri üreticisi tarafından yağış değerlerinin bir fonksiyonu olarak da hesaplanabilir. Üretici için gerekli veriler

depolama alanı toplam işletim yılı, aylık ortalama yağış değerleri ve isteğe bağlı olarak enlem derecesi değerleridir.

İşletme koşulu verileri olarak öncelikle atık depolama hücresi alanı ve yüzeysel akışın mümkün olduğu alan yüzdesi girilmelidir. Daha sonra isteğe bağlı olarak ilk kar suyu depolama tarihi (örneğin 352) verisi işlenir. Son olarak depolama alanı işletiminde rastlanılan 42 tür katman ile katmanlara özgü arazi kapasitesi, porozite, nem (su muhtevası) ve doymuş hidrolik iletkenlik değerlerinin yer aldığı bir tablo üzerinden seçim yapılır, tabaka kalınlıkları belirlenir ve böylece maksimum 11 katmanlı bir düzenli depolama alanının hidrolik hesapları için gerekli tüm veri girişi tamamlanmış olur (HELP, 1994).

3.4.2 Modelin Malatya'da 2 ha'lık hücreler için uygulanması

Bölüm 2.3'de detaylandırılan senaryolarda, sızıntı suyu miktarları hesabı için çalışma kapsamında geliştirilen su dengesi metodu kullanılmaktadır. Anılan yöntemle yapılan hesap neticelerinin dünyaca kabul gören bir depolama alanı hidrolik değerlendirme modeli olan HELP Modeli ile karşılaştırılması amaçlanarak program Malatya'ya özgü değerlerle çalıştırılmıştır. Model uygulamasında % 60 su muhtevasına sahip kentsel atığın depolandığı 2 ha'lık izafi alan için Malatya'ya ait sıcaklık, yağış, solar radyasyon, buharlaşma hesabı için gerekli değerler ile Atıkların Düzenli Depolanmasına Dair Yönetmelik'de bahsi geçen işletme koşulları dikkate alınmıştır.

Sıcaklık, yağış, solar radyasyon, ortalama rüzgar hızı ve ortalama bağıl nem değerleri Devlet Meteoroloji İşleri'nden (DMİ'den) temin edilmiştir. Evaporatif bölge derinliği, katmanlara özgü porozite, nem ve geçirgenlik değerleri ise modelin kullanıma sunduğu veri bankasından edinilmiştir. Maksimum yaprak alanı indeksi (2), katman kalınlıkları ve atık su muhtevası (%60) değerleri ise kullanıcı tarafından girilmiştir.

EK I'da veri girişi sayfaları ve çıktıları bulunan HELP Modeli uygulaması neticesinde 2 ha'lık depolama hücresi işletimi döneminde Malatya için ortalama sızıntı suyu miktarı 112,4 m^3/gün olarak hesaplanmıştır.

Bu uygulamada amaç kullanılan basit su dengesi metodu ile hesaplanan sızıntı suyu miktarlarının nispeten detay veri gerektiren HELP Modeli sonuçları ile uyumunun

incelenmesidir. Böylece yakın değerler elde edildiği taktirde, tez çalışması sızıntı suyu miktarını azaltıcı yönetim stratejilerinin geliştirilmesinin yanısıra, basit su dengesi metodu gibi az sayıda veri girişi ile gerçeğe yakın sonuç alınabilen bir metodun yaygın kullanımına katkı sağlanmış olacaktır.

4. SONUÇLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

Önceki bölümlerde de açıklandığı üzere, çalışmanın amacı, düzenli depolama alanlarında oluşan sızıntı suyu miktarını en yüksek düzeyde etkileyen parametrelerin belirlenmesi ve sızıntı suyu miktarını azaltıcı yönetim stratejilerinin geliştirilmesi olarak belirlenmiştir. Belirlenen bu amaç kapsamında, Bölüm 3'de, Türkiye'de ~300.000 nüfusa hizmet eden 20 ha'lık izafi (sanal) düzenli depolama sahalarının yer aldığı, belli kriterlere göre seçilmiş bölgelerin iklimsel özelliklerini dikkate alan farklı sızıntı suyu oluşum senaryoları incelenmiştir.

Atık düzenli depolama tesisi hücrelerine uygulanan basitleştirilmiş su dengesi metodu için girdi niteliği taşıyan; atığın su muhtevası, depolama alanının bulunduğu bölgeye özgü ortalama yağış ve buharlaşma değerleri ile atık depolama hücresi büyüklüklerinin sızıntı suyu miktarını etkileyen başlıca parametreler olduğu kabul edilerek senaryoya özgü değişikliklerle hangi parametrenin belirleyici olduğu ve ne tür yönetim stratejileri ile sızıntı suyu miktarında azalma sağlanabileceği tespit edilmeye çalışılmıştır. Çalışmada ayrıca, ABD Ordu Mühendisleri Şirketi'nce geliştirilerek dünya genelinde kabul görmüş bir model olan HELP 3.0 ile tez çalışması genelinde sızıntı suyu miktarı tayininde kullanılan basitleştirilmiş su dengesi metodu kıyaslaması yapılmıştır.

İncelenen 5 ana senaryo kapsamında, sabit atık üretimi (~150.000 ton/yıl) ve bölgeye özgü buharlaşma değerleri ile, farklı iklimsel özelliklere sahip 3 yerleşimde; ortalama yağış miktarı değişiklikleri, farklı atık yönetim stratejileri, düzenli depolama alanlarının farklı hücre büyüklüklerinde sızıntı sularının boş hücrelerden gelen yağmur suları ile birlikte veya yağmur suları ayrılarak toplanması suretiyle işletiminin sızıntı suyu oluşumuna etkileri değerlendirilmiştir.

Herhangi bir atık azaltımının olmadığı durumda, farklı meteorolojik özellikteki 3 ilde (Malatya, Çanakkale ve Giresun), atık akışı sabitken, boş hücrelerden gelen yağış sularının sızıntı sularından ayrı tutulması halinde, sızıntı suyu miktarının hücre büyüklüğü ile değişimini öngören Senaryo 1B, temel senaryo olarak kabul edilmiştir.

Senaryo 1B'de, boş hücrelerden gelen yağmur suları ayrıca toplanmaktadır, Senaryo 1A'nın amacı ise Senaryo 1B'den farklı olarak boş hücrelerden gelen yağmur sularının aktif ve kapanmış hücrelerde oluşan sızıntı suyu miktarı üzerine olan etkisinin ortaya konmasıdır. Bu iki senaryonun ortak değerlendirmesi olarak boş hücrelerdeki yağış sularının ayrıca uzaklaştırılmasının bilhassa yağışlı bölgelerdeki sızıntı suyu oluşumunu önemli derecede azalttığı söylenebilir.

Senaryo 2'nin amacı, yüksek kapasiteli ikili toplamanın uygulanmadığı hallerde, sınırlı kapasitede atık azaltım uygulamaları ile toplanan karışık atığın kompozisyonunda meydana gelecek değişikliğin aktif ve kapanmış hücrelerde oluşan sızıntı suyu miktarı üzerine olan etkisinin ortaya konmasıdır. Ana senaryo olan Senaryo 1B'nin ve Senaryo 2'nin sonuçları dikkate alındığında, ATM + atık kumbaraları kullanımı ve basit kompostlaştırma yöntemi uygulandığı takdirde oluşan sızıntı suyu miktarının sınırlı miktarda da olsa azalacağı görülmektedir.

Senaryo 3'ün amacı, karışık atığın kompostlaştırılması ve kompost atığının düzenli depolamaya gönderilmesi (ϕ 80 mm elekte eleme ve ayırma bandında ambalaj atığı gerikazanımı ile ambalaj atıklarının %33'ünün geridönüşümü, geriye kalan karışık atığın kompostlaştırılması ve kompost artığı olan %40 lık kısmın depolanması durumu) halinde, sızıntı suyu miktarındaki değişimin incelenmesidir. Sızıntı suyu miktarındaki azalmanın ana senaryodakine oranla daha fazla olduğu Senaryo 2 ve Senaryo 3'ün sonuçları dikkate alındığında, ambalaj atıklarının belli oranda (%33) gerikazanımı (karışık atıklara mekanik/biyolojik ön işlem uygulanması) sağlandığı takdirde sızıntı suyu miktarının önemli ölçüde azaltılabileceği görülmektedir.

Senaryo 4'ün amacı, yüksek kapasiteli ikili toplamanın uygulandığı durumlarda, depolanan karışık atığın miktar ve kompozisyonunda meydana gelecek değişikliklerin aktif ve kapanmış hücrelerde oluşan sızıntı suyu miktarı üzerine olan etkisinin ortaya konmasıdır.

Senaryo 3 ve Senaryo 4 sonuçlarının ortak değerlendirmesi olarak yüksek kapasiteli ikili toplama uygulamaları ile sızıntı suyu miktarının çok büyük ölçüde azaltılabileceği söylenebilir.

Senaryo 5'in amacı, yağış rejimi değişikliklerinin (kurak ve yağışlı yıllar) aktif ve kapanmış hücrelerde oluşan sızıntı suyu miktarı üzerine olan etkisinin ortaya konmasıdır. Ana senaryo, farklı atık yönetim stratejilerinin sıralandığı diğer

senaryolar ve Senaryo 5'in sonuçlarının ortak değerlendirilmesi neticesinde, depolama alanı bölgesine ait iklimsel koşulların (kurak ya da yağışlı yıllar) sızıntı suyu debisini önemli oranda etkileyebileceği fakat söz konusu azalmanın Senaryo 3 ve 4'den daha az olduğu söylenebilir.

Tüm senaryo sonuçları dikkate alındığında, ortak netice olarak, olabildiğince küçük hücrelerde atık depolanması ile oluşan sızıntı suyu miktarının ciddi oranda azaltılabileceği görülmektedir. Bunun yanısıra, katı atık depolama alanının bulunduğu bölgeye özgü iklimsel koşullar (yağış rejimi), depolama alanı işletme koşulları ve toplanan atığın belirli kısımlarının düzenli depolamaya alternatif yöntemlerce bertarafı sızıntı suyu miktarını etkileyen parametrelerdir. Bu kapsamda; düzenli depolama sahasının daha küçük hücrelere bölünmesi, yönetmeliğin öngördüğü bir nihai üst örtü kaplamasının uygulanması, su muhtevası yüksek atık gruplarının düzenli depolama alanları dışında bertarafı ve henüz atık depolanmayan hücrelerden gelen yağmur sularının aktif atık hücrelerine ulaşmasının engellenmesi; başlıca yönetim stratejileri olarak öne çıkmaktadır. İncelenen senaryolar için hesaplanan günlük ortalama sızıntı suyu miktarları Çizelge 4.1'de verilmiştir. Çizelgede de görüldüğü üzere, ana senaryo olan Senaryo 1B'ye kıyasla, Senaryo 1A'da oluşan sızıntı suyu miktarı daha fazladır. Bu artış oranları, kurak ve yağışlı iklimleri temsil eden Malatya ve Giresun bölgeleri için kayda değer farklılıklar sergilemektedir. Giresun için bu değer, en büyük hücre için %23'lerde iken Malatya için %5-6 civarındadır. Senaryo 2'de ise, Senaryo 1B'ye kıyasla görülen sızıntı suyu miktarındaki azalma 10 ha'lık hücrelerde, Çanakkale için %4 civarında iken Malatya için %6'dır. Senaryo 2'ye oranla daha etkin bir atık yönetiminin uygulandığı Senaryo 3'de, Senaryo 1B'deki sızıntı suyu miktarları, 2 ha'lık hücre için, Çanakkale'de %78, Malatya'da % 80 düşerken. Senaryo 4 için bu azalma oranları, her iki bölge için de daha fazladır. Senaryo 5 sonuçları ayrıca dikkate alındığında ise, %25 ve %50 oranlarındaki yıllık ortalama yağış artışının, Senaryo 1 B'dekinden daha fazla sızıntı suyu oluşumuna sebep olduğu görülürken, aynı oranlardaki yağış azalmasının sızıntı suyu miktarını azalttığı görülmüştür.

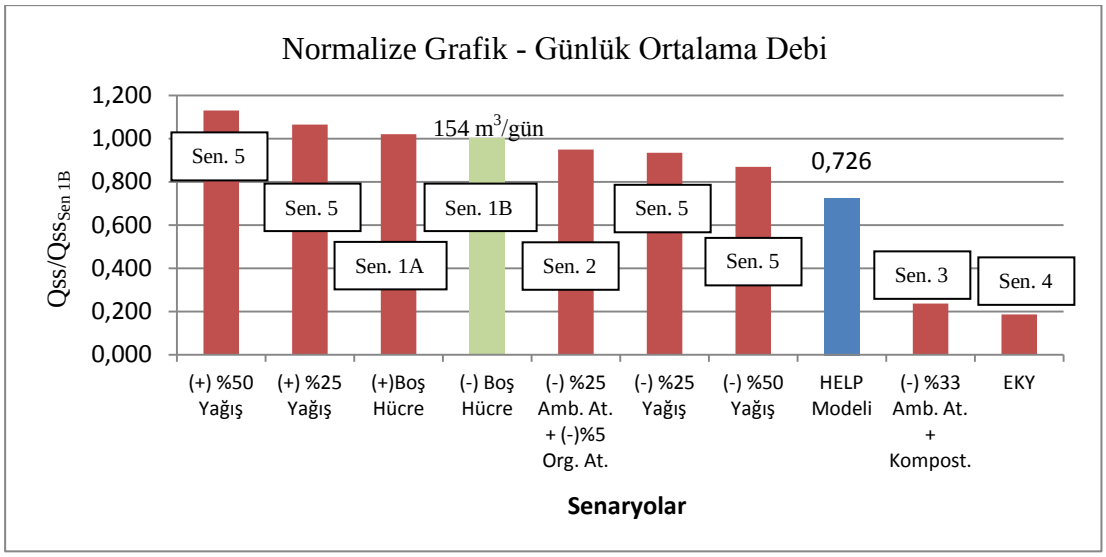
Çizelge 4.1 : Tüm senaryolar için hesaplanan günlük ortalama sızıntı suyu miktarları

İller	Hücre Alanı	Ort. $Q_{gün-ort}$								
	Hektar	m^3/gün								
		Sen 1A	Sen 1B	Sen 2	Sen 3	Sen 4	Sen 5 % 25 artış	Sen 5 % 50 artış	Sen 5 % 25 azalma	Sen 5 % 50 azalma
Giresun	10 ha.	640±127	490±32							
	5 ha.	460±47	350±35							
	4 ha.	420±36	314±36							
	2 ha.	320±31	260±36							
Çanakkale	10 ha.	280±33	230±8	220±0,43		107±14,14				
	5 ha.	230±12	200±9	190±5,86		70±9,8				
	4 ha.	220±9	190±9	182±6,64	155±1,36	70±8,16				
	2 ha.	190±8	180±10	180±12,75	50±2,84	48±8,16				
	1 ha.				43±2,84					
Malatya	10 ha.	170±7	160±2	159±0,26		41±14,14	189±4,48	218±7,18	131±0,94	102±3,64
	5 ha.	160±3	155±2	151±1,26		34±13,14	170±5,01	187±8,03	135±1,03	118±4,09
	4 ha.	156±2	151±2	149±1,41	93±0,30	30±12,15	166±5,08	180±8,13	136±1,06	121±4,11
	2 ha.	151±2	148±2	146±1,91	34±0,61	30±12,98	158±5,11	168±8,25	138±1,08	128±4,22
	1 ha.				33±0,59					

Bu değerlendirmeler ışığında, oluşan sızıntı suyu miktarını azaltmaya yönelik olarak, depolamaya gönderilecek atık bünyesindeki su muhtevasını azaltıcı yönde bir atık yönetim stratejisinin uygulanmasının yanısıra bilhassa yağışlı bölgelerde, boş hücrelerden gelen yağmur sularının aktif atık hücrelerine ulaşmasının engellenmesi önem taşımaktadır.

Çalışmanın ayrıca HELP Modeli ile karşılaştırılması yapılarak Malatya'ya özgü değerlerle çalıştırılmıştır. Model uygulamasında % 60 su muhtevasına sahip kentsel atığın depolandığı 2 ha'lık izafi alan için Malatya'ya ait sıcaklık, yağış, solar radyasyon, buharlaşma hesabı için gerekli değerler ile Atıkların Düzenli Depolanmasına Dair Yönetmelik'de bahsi geçen işletme koşulları dikkate alınmıştır. HELP Modeli uygulaması neticesinde 2 ha'lık depolama hücresi işletimi döneminde Malatya için ortalama sızıntı suyu miktarı 112,4 m^3/gün olarak hesaplanmıştır. Bu değer Senaryo 1B'de, 2 ha'lık hücrelerde çalışıldığı taktirde Malatya için öngörülen günlük ortalama sızıntı suyu miktarı olan 154 m^3/gün'den ~ % 28 daha azdır.

Sonuçlar tüm senaryolar için, Malatya İli özelinde, 2 ha.'lık hücrelerde işletim durumu için normalize edilerek günlük ortalama sızıntı suyu debisi cinsinden kıyaslandığında Şekil 4.1'deki durum ortaya çıkmaktadır. Şekilden de görüldüğü üzere baz senaryo olan Senaryo 1B'den pozitif yöndeki en büyük sapma (~1,1 kat) yıllık ortalama yağışın %50 üzerinde yağış gözlenmesi durumunda (Senaryo 5), negatif yöndeki en büyük sapma (azalma) ise ~ 0,2 kat ile Senaryo 4 durumunda ortaya çıkmaktadır. Dolayısı ile sızıntı suyu oluşumu azaltımındaki en etkin yaklaşımın Entegre Katı Atık Yönetimi (yüksek oranda ikili toplama, ambalaj ve biyobozunur atık geridönüşümü) olduğu açıktır.



Şekil 4.1 : Malatya'da farklı senaryolar için oluşan ortalama sızıntı suyu miktarlarının Senaryo 1B'ye göre normalize durumları (A=2 ha., Atop= 20 ha.)

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Katı atık depolama tesislerinde muhtemel yönetim stratejileri geliştirerek sızıntı suyu oluşumunu en aza indirmek üzere, çeşitli yönetim senaryolarının incelendiği bu çalışmada elde edilen başlıca sonuçlar aşağıdaki gibi özetlenebilir;

- Düzenli depolama tesisleri işletimi olabildiğince küçük (≤ 2-3 ha.) hücreler (bölüm/lot) ile yürütülmelidir.
- Boş hücrelerden gelen yağmur suları ayrıca toplanıp uzaklaştırılmalı, aktif ve kapalı hücrelerden gelen sızıntı suları ile hiçbir şekilde karıştırılmamalıdır
- Dolan hücrelerin üzerinin vakit geçirmeksizin eğimli nihai örtü tabakası ile kapatılması sağlanmalıdır.
- Atık azaltımı ve özellikle AB ile tam uyumlu yüksek kapasiteli ikili (ayrı) toplamayı esas alan Entegre Katı Atık Yönetimi ile her durumda en düşük sızıntı suyu üretimi gözlenmektedir. Bu kapsamda biyobozunur atıklara (mutfak atıkları ve yeşil atıklar) aerobik/anaerobik biyolojik arıtma uygulanarak kompost veya biyometan+kompost gerikazanılıp sızıntı suyu oluşumu iyice minimize edilebilir.
- Su muhtevası yüksek (~ %85) atıklar (özellikle lokanta, kantin, yemekhane atıkları) ayrı toplanıp (tercihen mevcut çamur çürütücülerde çürütülerek ekstra biyometan gerikazanılabilir). Böylece karışık atığın su muhtevasında duruma göre 5-10 birimlik bir azalma sağlanarak Sızıntı suyu oluşumu kısmen azaltılabilir.
- Özellikle Türkiye'nin kurak iklim kuşağındaki düzenli atık depolama alanları, sızıntı suyu geridevirli (bir tür biyoreaktör tipi depolama alanı) olarak tasarlanıp işletilerek harici sızıntı suyu arıtma ihtiyacı minimize edilip depo gazı üretimi optimize edilebilir.

- Tasarım ve inşa aşamasındaki düzenli depolama tesislerinde, sızıntı suyu toplama sisteminin boş ve aktif kapalı hücrelerden gelen suların ayrımına imkan verecek biçimde planlanması için gerekli standart tedbirler ivedilikle alınarak uygulanması sağlanmalıdır.

KAYNAKLAR

Chian, E.S.K. ve De Walle, F.B., 1977. Evaluation of Leachate Treatment , Vol. I, Characterization of Leachate, EPA-600/2-77-186a, Cincinnati, Ohio: U.S. Environmental Protection Agency.

Devlet Meteoroloji İşleri, 2009. 2009 yılı yağış verileri, Ankara.

Ehrig, H. J., 1983. Quality and Quantity of Sanitary Landfill Leachate. Waste Management and Research, Vol. 1, pp. 53-68.

ENVEST Planners Konsorsiyumu, 2005. T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı. Yüksek Maliyetli Çevre Yatırımlarının Planlanması için Teknik Yardım Projesi (EHCIP) Düzenli Depolama Direktifi'ne Özgü Yatırım Planı., Ankara

Fadel, M., Bou-Zeid, E., Chahine, W., Alayli, B., 2002. Temporal Variation of Leachate Quality from Pre-Sorted and Baled Municipal Solid Waste with High Organic and Moisture Content. Waste Management, 22, pp. 269-282.

Hjelmar, O., Johanessen, J.M., Knox, K., Ehrig, H.-J., Flyvberg, J., Winther, P. & Christensen, T.H., 1995. Composition and Management of Leachate From Landfills within the EU. Proceding of 5th International Landfill Symposium, Sardinia 95, S. Margherita di Pula, Cagliari, Italy, 1, pp. 243-262.

Hydrologic Evaluation of Landfill Performance (HELP) Model, 1994. Ohio: U.S. Environmental Protection Agency.

Mc Bean, E.A., Rovers, F.A, Farquhar, G.J., 1995. Solid Waste Landfill Engineering and Design. Prentice Hall

Onay, T., Pohland, F., 1998. In-situ nitrogen management in controlled bioreactor landfills, Water Research 32 (5), 1383-1392.

Öztürk, İ., 2010. Katı Atık Yönetimi ve AB Uyumlu Uygulamaları, İSTAÇ Yayınları, İstanbul.

T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı Katı Atık Ana Planı, 2006. Mimko Mühendislik İmalat Müşavirlik Koordinasyon ve Ticaret A.Ş.

Vesilind, P.A., Worrell, W.A. & Reinhart, D.R., 2002. Solid Waste Engineering, Brooks/Cole, Pacific Grove, USA.

EKLER

EK A : Senaryolar için Sızıntı Suyuna Geçen Katı Atık Su Muhtevasının Tayini

EK B : Senaryo 1B için Sızıntı Suyu Oluşumu Hesap Detayları

EK C : Senaryo 1A için Sızıntı Suyu Hesap Sonuçları

EK D : Senaryo 2 için Sızıntı Suyu Hesap Sonuçları

EK E : Senaryo 3 için Sızıntı Suyu Hesap Sonuçları

EK F : Senaryo 4'de Uygulanan Atık Azaltım Oranları ve Yıllara Göre İşletime Alınacak Atık Bertaraf Tesisleri

EK G : Senaryo 4 için Sızıntı Suyu Hesap Sonuçları

EK H : Senaryo 5 için Sızıntı Suyu Hesap Sonuçları

EK I : HELP Modeli'nin Malatya-2 ha İçin Uygulanması

EK A: Senaryolar için Sızıntı Suyuna Geçen Katı Atık Su Muhtevasının Tayini

40%	Depolanan Atığın Kuru Kısmı		
60%	Depolanan Atığın Su Oranı	Sızıntı Suyuna Geçen Oran	27%
		Atık İçerisinde Tutulan Oran (kg su/kg atık)	30%
		Biyobozunmada Tüketilen Oran (kg su/kg kuru atık)	3%

Şekil A.1 : Senaryo 1A, Senaryo 1B ve Senaryo 5 için depolanan atığın sızıntı suyuna geçen oranı

37%	Depolanan Atığın Kuru Kısmı		
63%	Depolanan Atığın Su Oranı	Sızıntı Suyuna Geçen Oran	30%
		Atık İçerisinde Tutulan Oran	30%
		Biyobozunmada Tüketilen Oran (kg su/kg kuru atık)	3%

Şekil A.2 : Senaryo 2 için depolanan atığın sızıntı suyuna geçen oranı

55%	Depolanan Atığın Kuru Kısmı		
45%	Depolanan Atığın Su Oranı	Sızıntı Suyuna Geçen Oran	16%
		Atık İçerisinde Tutulan Oran	26%
		Biyobozunmada Tüketilen Oran (kg su/kg kuru atık)	3%

Şekil A.3 : Senaryo 3 için depolanan atığın sızıntı suyuna geçen oranı

EK A-Devamı: Senaryolar için Sızıntı Suyuna Geçen Katı Atık Su Muhtevasının Tayini

60%	Depolanan Atığın Kuru Kısmı		
40%	Depolanan Atığın Su Oranı	Sızıntı Suyuna Geçen Oran	14%
		Atık İçerisinde Tutulan Oran	24%
		Biyobozunmada Tüketilen Oran (kg su/kg kuru atık)	2%

(a) Atığın %37 Azaltılması Durumu için(2011-2015)

65%	Depolanan Atığın Kuru Kısmı		
35%	Depolanan Atığın Su Oranı	Sızıntı Suyuna Geçen Oran	12%
		Atık İçerisinde Tutulan Oran	22%
		Biyobozunmada Tüketilen Oran (kg su/kg kuru atık)	1%

(b) Atığın %50 Azaltılması Durumu için (2015-2020)

70%	Depolanan Atığın Kuru Kısmı		
30%	Depolanan Atığın Su Oranı	Sızıntı Suyuna Geçen Oran	7%
		Atık İçerisinde Tutulan Oran	22%
		Biyobozunmada Tüketilen Oran (kg su/kg kuru atık)	1%

(c) Atığın %52 Azaltılması Durumu için (2020-2025)

Şekil A.4 : Senaryo 4 için depolanan atığın sızıntı suyuna geçen oranı (a) Atığın %37 Azaltılması Durumu için(2011-2015) (b) Atığın %50 Azaltılması Durumu için (2015-2020) (c) Atığın %52 Azaltılması Durumu için (2020-2025)

EK B: Senaryo 1B için Sızıntı Suyu Oluşumu Hesap Detayları

Düzenli depolamadan kaynaklanan sızıntı , katı atık içerisinde mevcut olan su ile biyolojik ayrışma, yağış ve buharlaşma etkisi sonucu atığa eklenen veya atıktan uzaklaşan suyun toplamı olarak tanımlanır. Sızıntı suyu debisini aşağıdaki bileşenler etkilemektedir:

- atığın içerisinde mevcut olan su
- atık içerisinde gerçekleşen anaerobik bozunma reaksiyonları sonucu tüketilen su
- yağış veya yüzeysel akış sonucu atığa eklenen su
- buharlaşma sonucu atıktan kaybedilen su

Oluşacak sızıntı suyu miktarını azaltmak için aktif hücrelerdeki sızıntı suyu biriktirme havuzuna yönlendirilirken, boş hücrelerdeki yağmur suları ayrık bir toplama sistemiyle sızıntı suyuna karışmadan toplanacaktır.

Depolanan atığın anaerobik bozunması sonucu gerçekleşsen kimyasal reaksiyon yaklaşık:

$$C_{57}H_{99}O_{25} + 16\ H_2O \rightarrow 35\ CH_4 + 33\ CO_2 + NH_3$$
$$1197 \qquad 288 \qquad 560 \qquad 1452 \qquad 17$$

ifadesiyle verilir. Atık içerisinde bozunma reaksiyonları sonucu olarak tüketilen birim su miktarı, denklem uyarınca aşağıdaki gibidir:

$288 / 1197 = 0{,}24$ kg H_2O / kg kuru atık

Yağıştan sızıntı suyu oluşumuna katkı infiltrasyon (sızma) hesabı ile, bir başka deyişle birim alan ve birim zaman başına düşen ağırlık hesaplanarak bulunur. Bu bağlamda,

sızma oranı = düzenli depolama alanı x sızma hızı

eşitliği geçerlidir.

Yukarıda tanımlanan sızıntı suyu oluşumuna katkıda bulunan bileşenler göz önüne alınarak, kurulan kütle dengesi aşağıdaki gibidir:

Sızıntı suyu = depolanan atığın su muhtevası + atığın biyolojik olarak ayrışması sonucu tüketilen su + atık yüzeyinden sızıntı suyuna geçen net yağış miktarı

Kütle dengesinin son maddesinde yer alan "sızıntı suyuna geçen net yağış miktarı" terimi, atık yüzeyine gelen yağış miktarı ile atık yüzeyinden buharlaşan yağışın farkından oluşmaktadır. Düşen yağışın tümü atığın bünyesine geçmez, bir kısmı buharlaşarak yağış sonucu sızıntı suyuna geçen miktarı düşürür. Bu nedenle, yaz aylarında yağış olmasına rağmen sızıntı suyuna yağış kaynaklı bir katkı gözlenmemektedir. Burada önemli bir başka faktör, buharlaşmanın serbest su yüzeyi ile toprak yüzeyde aynı oranda gerçekleşmediğidir. Toprak yüzeyinde buharlaşmayı etkileyen faktörler; toprak tipi, üst örtü ve yeraltı suyu seviyesidir. Bu nedenle emniyetli tarafta kalınarak atık yüzeyinden buharlaşma oranı, su yüzeyinden buharlaşma oranının %30'u olarak alınmıştır. Atık yüzeyinden buharlaşma değerlerinin yağış değerlerinden daha fazla olduğu yaz döneminde (Haziran-Temmuz- Ağustos), buharlaşmanın atık içinden olacağı kabulü ile bu oran; %15 olarak alınmıştır.

Çizelge 1B'de yağışın sızıntı suyu oluşumuna katkısını belirlemek için kullanılan Malatya Meteoroloji İstasyonu 1975-2007 dönemi meteoroloji verilerin özeti sunulmuştur.

Çizelge B.1 : Sızıntı suyu hesabında kullanılan meteorolojik veriler

Aylar (1975-2007)	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**
Günlük en çok yağış (mm/gün)	31,3	43,8	36,7	38,7	42,7	43,4	12	10,6	23,7	46,4	48,2	29,5
Ortalama toplam yağış (mm/ay)	36,4	38,2	51,3	56,9	48,5	19,1	2,5	1	5,2	40,6	41,5	38,9
Ortalama buharlaşma (mm/ay)	0	0	0	104,9	178,4	255,4	327,1	288,7	203,8	105,4	21,4	10,1

Çizelge B.2 : Sızıntı suyu hesabında kullanılan meteorolojik verilerin işlenmesi

Aylar (1975-2007)	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**
Atık yüzeyi su / yüzeyi buharlaşma oranı	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,15	0,15	0,15	0,3	0,3	0,3	0,3
Atık yüzeyinden ortalama buharlaşma	0,0	0,0	0,0	31,5	53,5	38,3	49,1	43,3	61,1	31,6	6,4	3,0
Sızıntı suyuna geçen ortalama yağış miktarı (mm/ay) =Net Yağış	36,4	38,2	51,3	25,4	-5,0	-19,2	-46,6	-42,3	-55,9	9,0	35,1	35,9

Çizelge 1B'de sızıntı suyu hesapları için gerekli işlenmiş meteorolojik veriler sunulmaktadır. Atık yüzeyinden buharlaşma, su yüzeyinden buharlaşmanın %30'u olarak alındığından, atık yüzeyinden buharlaşma Çizelge 1B'nin son satırında yer alan ortalama buharlaşmanın %30'u olarak hesaplanmıştır. Sızıntı suyuna geçen yağış miktarı, Çizelge 1.B'de yer alan ortalama toplam yağıştan, Çizelge B.2'deki atık yüzeyinde oluşan buharlaşmanın çıkarılması ile hesaplanır. Yağışın buharlaşmadan büyük olduğu durumlarda, bu değer pozitif çıkar ve aynen kullanılır. Buharlaşmanın yağıştan fazla olduğu aylarda ise (Mayıs-Eylül), sızıntı suyuna yağış kaynaklı bir katkı olmayacağından değer sıfır olarak alınır. Çizelge B.3'de, Senaryo 1B kapsamında, sızıntı suyu hesaplarında kullanılan diğer kabuller yer almaktadır.

Çizelge B.3 :Sızıntı suyu hesabında kullanılan kabuller.

Depolanan atığın su oranı	0,60	kg su/kg atık
Atığın bünyesinde tutulan su oranı	0,30	
Depolanan atıktaki suyun sızıntı suyuna geçen oranı	0,27	kg su/kg atık
Biyobozunma sonucu tüketilen su oranı	0,03	kg su/kg atık
Kapalı hücreler için sızma oranı	20%	
Atık Yoğunluğu	0,8	ton/m^3

Yukarıdaki tablolarda verilen meteorolojik veriler, kabuller ve hesaplamalar, düzenli depolama tesisinden kaynaklanacak sızıntı suyu miktarının belirlenmesinde kullanılmıştır. İzafi düzenli depolama tesisi toplam 20 ha. alan üzerine kurulu olduğu tasavvur edilerek, 2 hücreli olarak teşkil edildiği kabulü ile hesaplamalar Tablo Çizelge B.4'deki gibi yapılmıştır. Tabloda, ikinci kolon düzenli depolanan katı atık miktarının ton/yıl cinsinden değerlerini verir. Üçüncü kolonda yer alan atık içerisindeki su miktarı; atığın su muhtevası, biyobozunma sonucu tüketilen su miktarı ile atık bünyesinde tutulan su oranı kullanılarak hesaplanır. 4. ve 5. kolanlarda, hücre başına oluşan yağış kaynaklı maksimum sızıntı suyu miktarı ile net sızıntı suyu miktarı, Çizelge 1.B'de verilen 24 yıllık meteorolojik veriler içerisinde; 4. Kolon içi, Kasım ayında gözlenen, günlük en çok yağış miktarı olan 48,2 mm değerinin, 5. Klon için ise olası buharlaşma neticesinde sızıntı suyuna geçecek net yağış yüksekliğinin hücre alanıyla çarpılması ile hesaplanır. Bu şekilde, her hücre için hesaplanan yağış kaynaklı sızıntı suyu miktarları, atık içerisindeki sızıntı suyu miktarı ile toplanır ve son kolonda yer alan toplam sızıntı suyu miktarı çıkarılmış olur. Çizelge B.4'de yer alan, yağış sonucu oluşan maksimum sızıntı suyu miktarı

kolonlarında hücrelerin aktif olduğu yıllar gözlenebilmektedir. 1.hücre 2011-2020 yılları arasında doldurulacak ve 2020 yılından sonra üstü kapatılarak, 2.hücrenin doldurulmasına geçilecektir. 2020 yılında bu hücredeki sızıntı suyu oluşumunun azalmasının nedeni, üstü kapalı hücrelerden kaynaklanan sızmanın aktif hücrelerdekine kıyasla %20 oranında olmasıdır. Bu kabul Çizelge B.3'de verilmiştir. 2021 yılında faaliyete girecek olan 2.hücre ise 2030 yılında kapatılacaktır.

Çizelge B.4 : Senaryo 1B (Malatya-10 ha.) için sızıntı suyu hesap sonuçları.

Yıllar	Depolanan atık miktarı	Atık içerisindeki su miktarı	1.Hücre		2.Hücre		Günlük maksimum sızıntı suyu oluşumu	Aylık ortalama sızıntı suyu oluşumu	Günlük ortalama sızıntı suyu oluşumu
			Günlük maksimum yağış ile oluşan sızıntı suyu miktarı	Günlük net yağış ile oluşan sızıntı suyu miktarı	Günlük maksimum yağış ile oluşan sızıntı suyu miktarı	Günlük net yağış ile oluşan sızıntı suyu miktarı			
	ton/yıl	m^3/ay	m^3/gün	m^3/ay	m^3/gün	m^3/ay	m^3/gün	m^3/ay	m^3/gün
2011	**150.000**	4.236	4.820	519			4.961	4.755	159
2012	**150.000**	4.236	4.820	519			4.961	4.755	159
2013	**150.000**	4.236	4.820	519			4.961	4.755	159
2014	**150.000**	4.236	4.820	519			4.961	4.755	159
2015	**150.000**	4.236	4.820	519			4.961	4.755	159
2016	**150.000**	4.236	4.820	519			4.961	4.755	159
2017	**150.000**	4.236	4.820	519			4.961	4.755	159
2018	**150.000**	4.236	4.820	519			4.961	4.755	159
2019	**150.000**	4.236	4.820	519			4.961	4.755	159
2020	**150.000**	4.236	4.820	519			4.961	4.755	159
2021	**150.000**	4.236	964	104	4.820	519	5.925	4.859	162
2022	**150.000**	4.236	964	104	4.820	519	5.925	4.859	162
2023	**150.000**	4.236	964	104	4.820	519	5.925	4.859	162
2024	**150.000**	4.236	964	104	4.820	519	5.925	4.859	162
2025	**150.000**	4.236	964	104	4.820	519	5.925	4.859	162
2026	**150.000**	4.236	964	104	4.820	519	5.925	4.859	162
2027	**150.000**	4.236	964	104	4.820	519	5.925	4.859	162
2028	**150.000**	4.236	964	104	4.820	519	5.925	4.859	162
2029	**150.000**	4.236	964	104	4.820	519	5.925	4.859	162
2030	**150.000**	4.236	964	104	4.820	519	5.925	4.859	162
2031	0	0	964	104	964	104	1.928	208	7
2032	0	0	964	104	964	104	1.928	208	7
2033	0	0	964	104	964	104	1.928	208	7
2034	0	0	964	104	964	104	1.928	208	7
2035	0	0	964	104	964	104	1.928	208	7
2036	0	0	964	104	964	104	1.928	208	7
2037	0	0	964	104	964	104	1.928	208	7
2038	0	0	964	104	964	104	1.928	208	7
2039	0	0	964	104	964	104	1.928	208	7
2040	0	0	964	104	964	104	1.928	208	7
						Maksimum	5.930	4.860	170
						Minimum	4.970	4.760	159
						Ortalama	5.450	4.810	160

Çizelge B.5 (Devam): Senaryo 1B (Malatya-2 ha.) için sızıntı suyu hesap

6.Hücre		7.Hücre		8.Hücre		9.Hücre		10.Hücre				
Günlük maksimum yağış ile oluşan sızıntı suyu miktarı	Günlük net yağış ile oluşan sızıntı suyu miktarı	Günlük maksimum yağış ile oluşan sızıntı suyu miktarı	Günlük net yağış ile oluşan sızıntı suyu miktarı	Günlük maksimum yağış ile oluşan sızıntı suyu miktarı	Günlük net yağış ile oluşan sızıntı suyu miktarı	Günlük yağış ile oluşan sızıntı suyu miktarı	Günlük net yağış ile oluşan sızıntı suyu miktarı	Günlük yağış ile oluşan sızıntı suyu miktarı	Günlük net yağış ile oluşan sızıntı suyu miktarı	Günlük maksimum yağış ile oluşan sızıntı suyu miktarı	Günlük net yağış ile oluşan sızıntı suyu miktarı	Günlük maks yağış ile oluşan sızıntı suyu miktarı
m^3/gün	m^3/ay	m^3/gün	m^3/ay	m^3/gün	m^3/ay	m^3/gün	m^3/ay	m^3/gün	m^3/ay	m^3/gün	m^3/ay	m^3/gün
										1.105	4.340	145
										1.105	4.340	145
										1.298	4.361	145
										1.298	4.361	145
										1.491	4.382	146
										1.491	4.382	146
										1.684	4.403	147
										1.684	4.403	147
										1.877	4.424	147
										1.877	4.424	147
964	104									2.070	4.445	148
964	104									2.070	4.445	148
193	21	964	104							2.263	4.466	149
193	21	964	104							2.263	4.466	149
193	21	193	21	964	104					2.456	4.487	150
193	21	193	21	964	104					2.456	4.487	150
193	21	193	21	193	21	964	104			2.649	4.508	150
193	21	193	21	193	21	964	104			2.649	4.508	150
193	21	193	21	193	21	193	21	964	104	2.842	4.529	151
193	21	193	21	193	21	193	21	964	104	2.842	4.529	151
193	21	193	21	193	21	193	21	193	21	1.930	210	7
193	21	193	21	193	21	193	21	193	21	1.930	210	7
193	21	193	21	193	21	193	21	193	21	1.930	210	7
193	21	193	21	193	21	193	21	193	21	1.930	210	7
193	21	193	21	193	21	193	21	193	21	1.930	210	7
193	21	193	21	193	21	193	21	193	21	1.930	210	7
193	21	193	21	193	21	193	21	193	21	1.930	210	7
193	21	193	21	193	21	193	21	193	21	1.930	210	7
193	21	193	21	193	21	193	21	193	21	1.930	210	7
									Maks.	2.850	4.530	151
									Min.	1.110	4.340	145
									Ort.	1.980	4.440	148

Ek C: Senaryo 1A için Sızıntı Suyu Hesap Sonuçları

Çizelge C.1 : Senaryo 1A (Malatya-10 ha.) için sızıntı suyu hesap sonuçları

Yıllar	Depolanan ortalama atık miktarı	Depolanan Ortalama Atık Hacmi	Depolanan Kümülatif Atık Hacmi	Atık içerisindeki su miktarı	1.Hücre		2.Hücre		Günlük maksimum sızıntı suyu oluşumu	Aylık ortalama sızıntı suyu oluşumu	Günlük ortalama sızıntı suyu oluşumu
					Günlük maksimum yağış ile oluşan sızıntı suyu miktarı	Günlük net yağış ile oluşan sızıntı suyu miktarı	Günlük maksimum yağış ile oluşan sızıntı suyu miktarı	Günlük net yağış ile oluşan sızıntı suyu miktarı			
	ton/yıl	m^3/yıl	m^3	m^3/ay	m^3/gün	m^3/ay	m^3/gün	m^3/ay	m^3/gün	m^3/ay	m^3/gün
2011	**150.000**	**187.500**	**187.500**	4.236	4.820	519	4.820	519	9.781	5.274	176
2012	**150.000**	**187.500**	**375.000**	4.236	4.820	519	4.820	519	9.781	5.274	176
2013	**150.000**	**187.500**	**562.500**	4.236	4.820	519	4.820	519	9.781	5.274	176
2014	**150.000**	**187.500**	**750.000**	4.236	4.820	519	4.820	519	9.781	5.274	176
2015	**150.000**	**187.500**	**937.500**	4.236	4.820	519	4.820	519	9.781	5.274	176
2016	**150.000**	**187.500**	**1.125.000**	4.236	4.820	519	4.820	519	9.781	5.274	176
2017	**150.000**	**187.500**	**1.312.500**	4.236	4.820	519	4.820	519	9.781	5.274	176
2018	**150.000**	**187.500**	**1.500.000**	4.236	4.820	519	4.820	519	9.781	5.274	176
2019	**150.000**	**187.500**	**1.687.500**	4.236	4.820	519	4.820	519	9.781	5.274	176
2020	**150.000**	**187.500**	**1.875.000**	4.236	4.820	519	4.820	519	9.781	5.274	176
2021	**150.000**	**187.500**	**2.062.500**	4.236	964	104	4.820	519	5.925	4.859	162
2022	**150.000**	**187.500**	**2.250.000**	4.236	964	104	4.820	519	5.925	4.859	162
2023	**150.000**	**187.500**	**2.437.500**	4.236	964	104	4.820	519	5.925	4.859	162
2024	**150.000**	**187.500**	**2.625.000**	4.236	964	104	4.820	519	5.925	4.859	162
2025	**150.000**	**187.500**	**2.812.500**	4.236	964	104	4.820	519	5.925	4.859	162
2026	**150.000**	**187.500**	**3.000.000**	4.236	964	104	4.820	519	5.925	4.859	162
2027	**150.000**	**187.500**	**3.187.500**	4.236	964	104	4.820	519	5.925	4.859	162
2028	**150.000**	**187.500**	**3.375.000**	4.236	964	104	4.820	519	5.925	4.859	162
2029	**150.000**	**187.500**	**3.562.500**	4.236	964	104	4.820	519	5.925	4.859	162
2030	**150.000**	**187.500**	**3.750.000**	4.236	964	104	4.820	519	5.925	4.859	162
2031	0	0	0	0	964	104	964	104	1.928	208	7
2032	0	0	0	0	964	104	964	104	1.928	208	7
2033	0	0	0	0	964	104	964	104	1.928	208	7
2034	0	0	0	0	964	104	964	104	1.928	208	7
2035	0	0	0	0	964	104	964	104	1.928	208	7
2036	0	0	0	0	964	104	964	104	1.928	208	7
2037	0	0	0	0	964	104	964	104	1.928	208	7
2038	0	0	0	0	964	104	964	104	1.928	208	7
2039	0	0	0	0	964	104	964	104	1.928	208	7
2040	0	0	0	0	964	104	964	104	1.928	208	7
								Maksimum	9.790	5.280	180
								Minimum	5.930	4.860	162

Çizelge C.2 : Senaryo 1A (Malatya-2 ha.) için sızıntı suyu hesap sonuçları

Yıllar	Depolanan ortalama atık miktarı	Atık içerisindeki su miktarı	1.Hücre		2.Hücre		3.Hücre		4.Hücre		5.Hücre		6.Hücre	
			Günlük maks. yağış ile oluşan sızıntı suyu miktarı	Günlük net yağış ile oluşan sızıntı suyu miktarı	Günlük maks. yağış ile oluşan sızıntı suyu miktarı	Günlük net yağış ile oluşan sızıntı suyu miktarı	Günlük maksimum yağış ile oluşan sızıntı suyu miktarı	Günlük net yağış ile oluşan sızıntı suyu miktarı	Günlük maksimum yağış ile oluşan sızıntı suyu miktarı	Günlük net yağış ile oluşan sızıntı suyu miktarı	Günlük maksimum yağış ile oluşan sızıntı suyu miktarı	Günlük net yağış ile oluşan sızıntı suyu miktarı	Günlük maksimum yağış ile oluşan sızıntı suyu miktarı	Günlük net yağış ile oluşan sızıntı suyu miktarı
	ton/yıl	m^3/ay	m^3/gün	m^3/ay	m^3/gün	m^3/ay	m^3/gün	m^3/ay	m^3/gün	m^3/ay	m^3/gün	m^3/ay	m^3/gün	m^3/ay
2011	**150.000**	4.236	964	104	964	104								
2012	**150.000**	4.236	964	104	964	104								
2013	**150.000**	4.236	193	21	964	104	964	104						
2014	**150.000**	4.236	193	21	964	104	964	104						
2015	**150.000**	4.236	193	21	193	21	964	104	964	104				
2016	**150.000**	4.236	193	21	193	21	964	104	964	104				
2017	**150.000**	4.236	193	21	193	21	193	21	964	104	964	104		
2018	**150.000**	4.236	193	21	193	21	193	21	964	104	964	104		
2019	**150.000**	4.236	193	21	193	21	193	21	193	21	964	104	964	104
2020	**150.000**	4.236	193	21	193	21	193	21	193	21	964	104	964	104
2021	**150.000**	4.236	193	21	193	21	193	21	193	21	193	21	964	104
2022	**150.000**	4.236	193	21	193	21	193	21	193	21	193	21	964	104
2023	**150.000**	4.236	193	21	193	21	193	21	193	21	193	21	193	21
2024	**150.000**	4.236	193	21	193	21	193	21	193	21	193	21	193	21
2025	**150.000**	4.236	193	21	193	21	193	21	193	21	193	21	193	21
2026	**150.000**	4.236	193	21	193	21	193	21	193	21	193	21	193	21
2027	**150.000**	4.236	193	21	193	21	193	21	193	21	193	21	193	21
2028	**150.000**	4.236	193	21	193	21	193	21	193	21	193	21	193	21
2029	**150.000**	4.236	193	21	193	21	193	21	193	21	193	21	193	21
2030	**150.000**	4.236	193	21	193	21	193	21	193	21	193	21	193	21
2031	0	0	193	21	193	21	193	21	193	21	193	21	193	21
2032	0	0	193	21	193	21	193	21	193	21	193	21	193	21
2033	0	0	193	21	193	21	193	21	193	21	193	21	193	21
2034	0	0	193	21	193	21	193	21	193	21	193	21	193	21
2035	0	0	193	21	193	21	193	21	193	21	193	21	193	21
2036	0	0	193	21	193	21	193	21	193	21	193	21	193	21
2037	0	0	193	21	193	21	193	21	193	21	193	21	193	21
2038	0	0	193	21	193	21	193	21	193	21	193	21	193	21
2039	0	0	193	21	193	21	193	21	193	21	193	21	193	21
2040	0	0	193	21	193	21	193	21	193	21	193	21	193	21

Çizelge C.3 (Devam) : Senaryo 1A (Malatya-2 ha.) için sızıntı suyu hesap sonuçları

7.Hücre		8.Hücre		9.Hücre		10.Hücre				
Günlük maksimum yağış ile oluşan sızıntı suyu miktarı	Günlük net yağış ile oluşan sızıntı suyu miktarı	Günlük maksimum yağış ile oluşan sızıntı suyu miktarı	Günlük net yağış ile oluşan sızıntı suyu miktarı	Günlük maksimum yağış ile oluşan sızıntı suyu miktarı	Günlük net yağış ile oluşan sızıntı suyu miktarı	Günlük maksimum yağış ile oluşan sızıntı suyu miktarı	Günlük net yağış ile oluşan sızıntı suyu miktarı	Günlük maksimum sızıntı suyu oluşumu	Aylık ortalama sızıntı suyu oluşumu	Günlük ortalama sızıntı suyu oluşumu
m^3/gün	m^3/ay	m^3/gün	m^3/ay	m^3/gün	m^3/ay	m^3/gün	m^3/ay	m^3/gün	m^3/ay	m^3/gün
								2.069	4.444	148
								2.069	4.444	148
								2.262	4.465	149
								2.262	4.465	149
								2.455	4.486	150
								2.455	4.486	150
								2.648	4.507	150
								2.648	4.507	150
								2.841	4.528	151
								2.841	4.528	151
964	104							3.034	4.549	152
964	104							3.034	4.549	152
964	104	964	104					3.227	4.570	152
964	104	964	104					3.227	4.570	152
193	21	964	104	964	104			3.420	4.591	153
193	21	964	104	964	104			3.420	4.591	153
193	21	193	21	964	104	964	104	3.613	4.612	154
193	21	193	21	964	104	964	104	3.613	4.612	154
193	21	193	21	193	21	964	104	2.842	4.529	151
193	21	193	21	193	21	964	104	2.842	4.529	151
193	21	193	21	193	21	193	21	1.930	210	7
193	21	193	21	193	21	193	21	1.930	210	7
193	21	193	21	193	21	193	21	1.930	210	7
193	21	193	21	193	21	193	21	1.930	210	7
193	21	193	21	193	21	193	21	1.930	210	7
193	21	193	21	193	21	193	21	1.930	210	7
193	21	193	21	193	21	193	21	1.930	210	7
193	21	193	21	193	21	193	21	1.930	210	7
193	21	193	21	193	21	193	21	1.930	210	7
							Maks	3.620	4.620	160
							Min	2.070	4.450	150
							Ortalama	2.850	4.530	151

Ek D: Senaryo 2 için Sızıntı Suyu Hesap Sonuçları

Çizelge D.1 : Senaryo 2 (Malatya-10 ha.) için sızıntı suyu hesap sonuçları

Yıllar	Depolanan Ortalama Atık Hacmi	Depolanan Kümülatif Atık Hacmi	Atık içerisindeki su miktarı	1.Hücre		2.Hücre		Günlük maksimum sızıntı suyu oluşumu	Aylık ortalama sızıntı suyu oluşumu	Günlük ortalama sızıntı suyu oluşumu
				Günlük maksimum yağış ile oluşan sızıntı suyu miktarı	Günlük net yağış ile oluşan sızıntı suyu miktarı	Günlük maksimum yağış ile oluşan sızıntı suyu miktarı	Günlük net yağış ile oluşan sızıntı suyu miktarı			
	m^3/yıl	m^3	m^3/ay	m^3/gün	m^3/ay	m^3/gün	m^3/ay	m^3/gün	m^3/ay	m^3/gün
2011	168.188	168.188	4.206	4.820	519			4.960	4.725	158
2012	168.188	336.375	4.206	4.820	519			4.960	4.725	158
2013	168.188	504.563	4.206	4.820	519			4.960	4.725	158
2014	168.188	672.750	4.206	4.820	519			4.960	4.725	158
2015	168.188	840.938	4.206	4.820	519			4.960	4.725	158
2016	168.188	1.009.125	4.206	4.820	519			4.960	4.725	158
2017	168.188	1.177.313	4.206	4.820	519			4.960	4.725	158
2018	168.188	1.345.500	4.206	4.820	519			4.960	4.725	158
2019	168.188	1.513.688	4.206	4.820	519			4.960	4.725	158
2020	168.188	1.681.875	4.206	4.820	519			4.960	4.725	158
2021	168.188	1.850.063	4.206	4.820	519			4.960	4.725	158
2022	168.188	2.018.250	4.206	964	104	3.827	412	4.931	4.722	158
2023	168.188	2.186.438	4.206	964	104	3.827	412	4.931	4.722	158
2024	168.188	2.354.625	4.206	964	104	3.827	412	4.931	4.722	158
2025	168.188	2.522.813	4.206	964	104	3.827	412	4.931	4.722	158
2026	168.188	2.691.000	4.206	964	104	3.827	412	4.931	4.722	158
2027	168.188	2.859.188	4.206	964	104	3.827	412	4.931	4.722	158
2028	168.188	3.027.375	4.206	964	104	3.827	412	4.931	4.722	158
2029	168.188	3.195.563	4.206	964	104	3.827	412	4.931	4.722	158
2030	168.188	3.363.750	4.206	964	104	3.827	412	4.931	4.722	158
2031	0	0	0	964	104	765	82	1.729	186	6
2032	0	0	0	964	104	765	82	1.729	186	6
2033	0	0	0	964	104	765	82	1.729	186	6
2034	0	0	0	964	104	765	82	1.729	186	6
2035	0	0	0	964	104	765	82	1.729	186	6
2036	0	0	0	964	104	765	82	1.729	186	6
2037	0	0	0	964	104	765	82	1.729	186	6
2038	0	0	0	964	104	765	82	1.729	186	6
2039	0	0	0	964	104	765	82	1.729	186	6
2040	0	0	0	964	104	765	82	1.729	186	6
							Maksimum	4.970	4.730	160
							Minimum	4.940	4.730	158
							Ortalama	4.950	4.730	158

Çizelge D.2 : Senaryo 2 (Malatya-2 ha.) için sızıntı suyu hesap sonuçları

Yıllar			Atık içerisindeki su miktarı	1.Hücre		2.Hücre		3.Hücre		4.Hücre		5.Hücre	
	Depolanan Ortalama Atık Hacmi	Depolanan Kümülatif Atık Hacmi		Günlük maksimum yağış ile oluşan sızıntı suyu miktarı	Günlük net yağış ile oluşan sızıntı suyu miktarı	Günlük maksimum yağış ile oluşan sızıntı suyu miktarı	Günlük net yağış ile oluşan sızıntı suyu miktarı	Günlük maksimum yağış ile oluşan sızıntı suyu miktarı	Günlük net yağış ile oluşan sızıntı suyu miktarı	Günlük maksimum yağış ile oluşan sızıntı suyu miktarı	Günlük net yağış ile oluşan sızıntı suyu miktarı	Günlük maksimum yağış ile oluşan sızıntı suyu miktarı	Günlük net yağış ile oluşan sızıntı suyu miktarı
	m^3/yıl	m^3	m^3/ay	m^3/gün	m^3/ay	m^3/gün	m^3/ay	m^3/gün	m^3/ay	m^3/gün	m^3/ay	m^3/gün	m^3/ay
2011	168.188	168.188	4.206	964	104								
2012	168.188	336.375	4.206	964	104								
2013	168.188	504.563	4.206	193	21	964	104						
2014	168.188	672.750	4.206	193	21	964	104						
2015	168.188	840.938	4.206	193	21	193	21	964	104				
2016	168.188	1.009.125	4.206	193	21	193	21	964	104				
2017	168.188	1.177.313	4.206	193	21	193	21	193	21	964	104		
2018	168.188	1.345.500	4.206	193	21	193	21	193	21	964	104		
2019	168.188	1.513.688	4.206	193	21	193	21	193	21	193	21	964	104
2020	168.188	1.681.875	4.206	193	21	193	21	193	21	193	21	964	104
2021	168.188	1.850.063	4.206	193	21	193	21	193	21	193	21	193	21
2022	168.188	2.018.250	4.206	193	21	193	21	193	21	193	21	193	21
2023	168.188	2.186.438	4.206	193	21	193	21	193	21	193	21	193	21
2024	168.188	2.354.625	4.206	193	21	193	21	193	21	193	21	193	21
2025	168.188	2.522.813	4.206	193	21	193	21	193	21	193	21	193	21
2026	168.188	2.691.000	4.206	193	21	193	21	193	21	193	21	193	21
2027	168.188	2.859.188	4.206	193	21	193	21	193	21	193	21	193	21
2028	168.188	3.027.375	4.206	193	21	193	21	193	21	193	21	193	21
2029	168.188	3.195.563	4.206	193	21	193	21	193	21	193	21	193	21
2030	168.188	3.363.750	4.206	193	21	193	21	193	21	193	21	193	21
2031	0	0	0	193	21	193	21	193	21	193	21	193	21
2032	0	0	0	193	21	193	21	193	21	193	21	193	21
2033	0	0	0	193	21	193	21	193	21	193	21	193	21
2034	0	0	0	193	21	193	21	193	21	193	21	193	21
2035	0	0	0	193	21	193	21	193	21	193	21	193	21
2036	0	0	0	193	21	193	21	193	21	193	21	193	21
2037	0	0	0	193	21	193	21	193	21	193	21	193	21
2038	0	0	0	193	21	193	21	193	21	193	21	193	21
2039	0	0	0	193	21	193	21	193	21	193	21	193	21
2040	0	0	0	193	21	193	21	193	21	193	21	193	21

Çizelge D.3 (Devam) : Senaryo 2 (Malatya-2 ha.) için sızıntı suyu hesap

6.Hücre		7.Hücre		8.Hücre		9.Hücre				
Günlük maksimum yağış ile oluşan sızıntı suyu miktarı	Günlük net yağış ile oluşan sızıntı suyu miktarı	Günlük maksimum yağış ile oluşan sızıntı suyu miktarı	Günlük net yağış ile oluşan sızıntı suyu miktarı	Günlük maksimum yağış ile oluşan sızıntı suyu miktarı	Günlük net yağış ile oluşan sızıntı suyu miktarı	Günlük maksimum yağış ile oluşan sızıntı suyu miktarı	Günlük net yağış ile oluşan sızıntı suyu miktarı	Günlük maksimum sızıntı suyu oluşumu	Aylık ortalama sızıntı suyu oluşumu	Günlük ortalama sızıntı suyu oluşumu
m^3/gün	m^3/ay	m^3/gün	m^3/ay	m^3/gün	m^3/ay	m^3/gün	m^3/ay	m^3/gün	m^3/ay	m^3/gün
								1.104	4.310	143
								1.104	4.310	143
								1.297	4.331	144
								1.297	4.331	144
								1.490	4.352	145
								1.490	4.352	145
								1.683	4.373	145
								1.683	4.373	145
								1.876	4.394	146
								1.876	4.394	146
964	104							2.069	4.415	147
964	104							2.069	4.415	147
964	104							2.069	4.415	147
193	21	964	104					2.262	4.436	147
193	21	964	104					2.262	4.436	147
193	21	193	21	964	104			2.455	4.457	148
193	21	193	21	964	104			2.455	4.457	148
193	21	193	21	193	21	935	101	2.619	4.475	149
193	21	193	21	193	21	935	101	2.619	4.475	149
193	21	193	21	193	21	935	101	2.619	4.475	149
193	21	193	21	193	21	187	20	1.731	188	6
193	21	193	21	193	21	187	20	1.731	188	6
193	21	193	21	193	21	187	20	1.731	188	6
193	21	193	21	193	21	187	20	1.731	188	6
193	21	193	21	193	21	187	20	1.731	188	6
193	21	193	21	193	21	187	20	1.731	188	6
193	21	193	21	193	21	187	20	1.731	188	6
193	21	193	21	193	21	187	20	1.731	188	6
193	21	193	21	193	21	187	20	1.731	188	6
193	21	193	21	193	21	187	20	1.731	188	6
							Maks.	2.620	4.480	149
							Min.	1.110	4.310	143
							Ortalama	1.930	4.400	146

Ek E: Senaryo 3 için Sızıntı Suyu Hesap Sonuçları

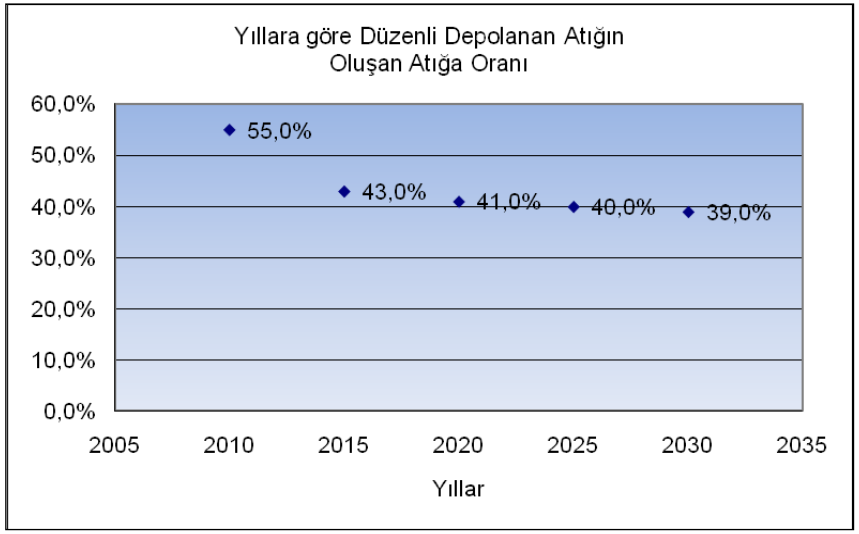
Çizelge E.1 : Senaryo 3 (Malatya-4ha.) için sızıntı suyu hesap sonuçları

Yıllar	Depolanan ortalama atık miktarı	Atık içerisindeki su miktarı	1.Hücre		2.Hücre		Günlük maksimum sızıntı suyu oluşumu	Aylık ortalama sızıntı suyu oluşumu	Günlük ortalama sızıntı suyu oluşumu
			Günlük maksimum yağış ile oluşan sızıntı suyu miktarı	Günlük net yağış ile oluşan sızıntı suyu miktarı	Günlük maksimum yağış ile oluşan sızıntı suyu miktarı	Günlük net yağış ile oluşan sızıntı suyu miktarı			
	ton/yıl	m^3/ay	m^3/gün	m^3/ay	m^3/gün	m^3/ay	m^3/gün	m^3/ay	m^3/gün
2011	53.000	909	1.928	207			1.958	1.116	93
2012	53.000	909	1.928	207			1.958	1.116	93
2013	53.000	909	1.928	207			1.958	1.116	93
2014	53.000	909	1.928	207			1.958	1.116	93
2015	53.000	909	1.928	207			1.958	1.116	93
2016	53.000	909	1.928	207			1.958	1.116	93
2017	53.000	909	1.928	207			1.958	1.116	93
2018	53.000	909	1.928	207			1.958	1.116	93
2019	53.000	909	1.928	207			1.958	1.116	93
2020	53.000	909	1.928	207			1.958	1.116	93
2021	53.000	909	1.928	207			1.958	1.116	93
2022	53.000	909	386	41	1.478	159	1.894	1.109	92
2023	53.000	909	386	41	1.478	159	1.894	1.109	92
2024	53.000	909	386	41	1.478	159	1.894	1.109	92
2025	53.000	909	386	41	1.478	159	1.894	1.109	92
2026	53.000	909	386	41	1.478	159	1.894	1.109	92
2027	53.000	909	386	41	1.478	159	1.894	1.109	92
2028	53.000	909	386	41	1.478	159	1.894	1.109	92
2029	53.000	909	386	41	1.478	159	1.894	1.109	92
2030	53.000	909	386	41	1.478	159	1.894	1.109	92
2031	0	0	386	41	296	32	682	73	6
2032	0	0	386	41	296	32	682	73	6
2033	0	0	386	41	296	32	682	73	6
2034	0	0	386	41	296	32	682	73	6
2035	0	0	386	41	296	32	682	73	6
2036	0	0	386	41	296	32	682	73	6
2037	0	0	386	41	296	32	682	73	6
2038	0	0	386	41	296	32	682	73	6
2039	0	0	386	41	296	32	682	73	6
2040	0	0	386	41	296	32	682	73	6
						Maksimum	1.960	1.120	100
						Minimum	1.900	1.110	92
						Ortalama	1.930	1.120	93

Çizelge E.2 : Senaryo 3 (Malatya-1ha.) için sızıntı suyu hesap sonuçları

Yıllar	Depolanan ortalama atık miktarı	Atık içerisindeki su miktarı	1.Hücre		2.Hücre		3.Hücre		4.Hücre		5.Hücre		6.Hücre		7.Hücre		Günlük maksimum sızıntı suyu oluşumu	Aylık ortalama sızıntı suyu oluşumu	Günlük ortalama sızıntı suyu oluşumu
			Günlük maksimum yağış ile oluşan sızıntı suyu miktarı	Günlük net yağış ile oluşan sızıntı suyu miktarı	Günlük maksimum yağış ile oluşan sızıntı suyu miktarı	Günlük net yağış ile oluşan sızıntı suyu miktarı	Günlük maksimum yağış ile oluşan sızıntı suyu miktarı	Günlük net yağış ile oluşan sızıntı suyu miktarı	Günlük maksimum yağış ile oluşan sızıntı suyu miktarı	Günlük net yağış ile oluşan sızıntı suyu miktarı	Günlük maksimum yağış ile oluşan sızıntı suyu miktarı	Günlük net yağış ile oluşan sızıntı suyu miktarı	Günlük maksimum yağış ile oluşan sızıntı suyu miktarı	Günlük net yağış ile oluşan sızıntı suyu miktarı	Günlük maksimum yağış ile oluşan sızıntı suyu miktarı	Günlük net yağış ile oluşan sızıntı suyu miktarı			
	ton/yıl	m^3/ay	m^3/gün	m^3/ay	m^3/gün	m^3/ay	m^3/gün	m^3/ay	m^3/gün	m^3/ay	m^3/gün	m^3/ay	m^3/gün	m^3/ay	m^3/gün	m^3/ay	m^3/gün	m^3/ay	m^3/gün
2011	**53.000**	909	482	52													512	961	32
2012	53.000	909	482	52													512	961	32
2013	53.000	909	482	52													512	961	32
2014	53.000	909	96	10	482	52											608	971	32
2015	53.000	909	96	10	482	52											608	971	32
2016	53.000	909	96	10	482	52											608	971	32
2017	53.000	909	96	10	96	10	482	52									704	981	33
2018	53.000	909	96	10	96	10	482	52									704	981	33
2019	53.000	909	96	10	96	10	482	52									704	981	33
2020	53.000	909	96	10	96	10	96	10	482	52							800	991	33
2021	53.000	909	96	10	96	10	96	10	482	52							800	991	33
2022	53.000	909	96	10	96	10	96	10	482	52							800	991	33
2023	53.000	909	96	10	96	10	96	10	96	10	482	52					896	1.001	33
2024	53.000	909	96	10	96	10	96	10	96	10	482	52					896	1.001	33
2025	53.000	909	96	10	96	10	96	10	96	10	482	52					896	1.001	33
2026	53.000	909	96	10	96	10	96	10	96	10	96	10	482	52			992	1.011	34
2027	53.000	909	96	10	96	10	96	10	96	10	96	10	482	52			992	1.011	34
2028	53.000	909	96	10	96	10	96	10	96	10	96	10	482	52			992	1.011	34
2029	53.000	909	96	10	96	10	96	10	96	10	96	10	96	10	341	37	947	1.006	34
2030	53.000	909	96	10	96	10	96	10	96	10	96	10	96	10	341	37	947	1.006	34
2031	0	0	96	10	96	10	96	10	96	10	96	10	96	10	68	7	644	67	2
2032	0	0	96	10	96	10	96	10	96	10	96	10	96	10	68	7	644	67	2
2033	0	0	96	10	96	10	96	10	96	10	96	10	96	10	68	7	644	67	2
2034	0	0	96	10	96	10	96	10	96	10	96	10	96	10	68	7	644	67	2
2035	0	0	96	10	96	10	96	10	96	10	96	10	96	10	68	7	644	67	2
2036	0	0	96	10	96	10	96	10	96	10	96	10	96	10	68	7	644	67	2
2037	0	0	96	10	96	10	96	10	96	10	96	10	96	10	68	7	644	67	2
2038	0	0	96	10	96	10	96	10	96	10	96	10	96	10	68	7	644	67	2
2039	0	0	96	10	96	10	96	10	96	10	96	10	96	10	68	7	644	67	2
2040	0	0	96	10	96	10	96	10	96	10	96	10	96	10	68	7	644	67	2
																Maksimum	1.000	1.020	34
																Minimum	520	970	30
																Ortalama	780	990	33

Ek F: Senaryo 4'de Uygulanan Atık Azaltım Oranları ve Yıllara Göre İşletime Alınacak Atık Bertaraf Tesisleri



Şekil F. 1 : Yıllara göre uygulanan atık azaltım oranları (KAAP, 2006)

Arıtma/bertaraf tesisi	İşletmeye alınma tarihi
Yerel kompostlaştırma	2010
İkili toplama sistemi	2015
Aktarmalı yığın metotlu kompost tesisi	2015
Reaktörde kompost tesisi	2015
Atık kumbaraları	2010
Atık toplama merkezi	2010
Maddesel geri kazanma tesisi	2015
Depolama tesisi	2010-2011
AB düzenli depolama tesisi	2011
İnşaat ve yıkıntı atıkları geri kazanım tesisi	2012

Çizelge F.1 :İşletime alınacak atık bertaraf tesisleri ve işletmeye alınma tarihleri (KAAP, 2006)

Ek G: Senaryo 4 için Sızıntı Suyu Hesap Sonuçları

Çizelge G.1 : Senaryo 4 (Malatya-10ha.) için sızıntı suyu hesap sonuçları

Yıllar	Depolanan ortalama atık miktarı	Depolanan Ortalama Atık Hacmi	Depolanan Kümülatif Atık Hacmi	Atık içerisindeki su miktarı	1.Hücre		Günlük maksimum sızıntı suyu oluşumu	Aylık ortalama sızıntı suyu oluşumu	Günlük ortalama sızıntı suyu oluşumu
					Günlük maksimum yağış ile oluşan sızıntı suyu miktarı	Günlük net yağış ile oluşan sızıntı suyu miktarı			
	ton/yıl	m^3/yıl	m^3	m^3/ay	m^3/gün	m^3/ay	m^3/gün	m^3/ay	m^3/gün
2011	97.059	121.324	121.324	1.375	4.984	536	5.030	1.911	64
2012	97.059	121.324	242.647	1.375	4.984	536	5.030	1.911	64
2013	97.059	121.324	363.971	1.375	4.984	536	5.030	1.911	64
2014	97.059	121.324	485.294	1.375	4.984	536	5.030	1.911	64
2015	75.882	94.853	580.147	914	4.984	536	5.014	1.450	48
2016	75.882	94.853	675.000	914	4.984	536	5.014	1.450	48
2017	75.882	94.853	769.853	914	4.984	536	5.014	1.450	48
2018	75.882	94.853	864.706	914	4.984	536	5.014	1.450	48
2019	75.882	94.853	959.559	914	4.984	536	5.014	1.450	48
2020	72.353	90.441	1.050.000	494	4.984	536	5.000	1.030	34
2021	72.353	90.441	1.140.441	494	4.984	536	5.000	1.030	34
2022	72.353	90.441	1.230.882	494	4.984	536	5.000	1.030	34
2023	72.353	90.441	1.321.324	494	4.984	536	5.000	1.030	34
2024	72.353	90.441	1.411.765	494	4.984	536	5.000	1.030	34
2025	70.588	88.235	1.500.000	262	4.984	536	4.993	798	27
2026	70.588	88.235	1.588.235	262	4.984	536	4.993	798	27
2027	70.588	88.235	1.676.471	262	4.984	536	4.993	798	27
2028	70.588	88.235	1.764.706	262	4.984	536	4.993	798	27
2029	70.588	88.235	1.852.941	262	4.984	536	4.993	798	27
2030	68.824	86.029	1.938.971	255	4.984	536	4.993	791	26
2031	0	0	0	0	997	107	997	107	3,6
2032	0	0	0	0	997	107	997	107	3,6
2033	0	0	0	0	997	107	997	107	3,6
2034	0	0	0	0	997	107	997	107	3,6
2035	0	0	0	0	997	107	997	107	3,6
2036	0	0	0	0	997	107	997	107	3,6
2037	0	0	0	0	997	107	997	107	3,6
2038	0	0	0	0	997	107	997	107	3,6
2039	0	0	0	0	997	107	997	107	3,6
2040	0	0	0	0	997	107	997	107	3,6
						Maksimum	5.030	1.911	64
						Minimum	5.000	800	26
						Ortalama	5.010	1.250	41

Çizelge G.2 : Senaryo 4 (Malatya-2ha.) için sızıntı suyu hesap sonuçları

Yıllar	Depolanan ortalama atık miktarı	Depolanan Ortalama Atık Hacmi	Depolanan Kümülatif Atık Hacmi	Atık içerisindeki su miktarı	1.Hücre		2.Hücre	
					Günlük maksimum yağış ile oluşan sızıntı suyu miktarı	Günlük net yağış ile oluşan sızıntı suyu miktarı	Günlük maksimum yağış ile oluşan sızıntı suyu miktarı	Günlük net yağış ile oluşan sızıntı suyu miktarı
	ton/yıl	m^3/yıl	m^3	m^3/ay	m^3/gün	m^3/ay	m^3/gün	m^3/ay
2011	97.059	121.324	121.324	1.375	964	104		
2012	97.059	121.324	242.647	1.375	964	104		
2013	97.059	121.324	363.971	1.375	964	104		
2014	97.059	121.324	485.294	1.375	193	21	964	104
2015	75.882	94.853	580.147	914	193	21	964	104
2016	75.882	94.853	675.000	914	193	21	964	104
2017	75.882	94.853	769.853	914	193	21	193	21
2018	75.882	94.853	864.706	914	193	21	193	21
2019	75.882	94.853	959.559	914	193	21	193	21
2020	72.353	90.441	1.050.000	494	193	21	193	21
2021	72.353	90.441	1.140.441	494	193	21	193	21
2022	72.353	90.441	1.230.882	494	193	21	193	21
2023	72.353	90.441	1.321.324	494	193	21	193	21
2024	72.353	90.441	1.411.765	494	193	21	193	21
2025	70.588	88.235	1.500.000	262	193	21	193	21
2026	70.588	88.235	1.588.235	262	193	21	193	21
2027	70.588	88.235	1.676.471	262	193	21	193	21
2028	70.588	88.235	1.764.706	262	193	21	193	21
2029	70.588	88.235	1.852.941	262	193	21	193	21
2030	68.824	86.029	1.938.971	255	193	21	193	21
2031	0	0	0	0	193	21	193	21
2032	0	0	0	0	193	21	193	21
2033	0	0	0	0	193	21	193	21
2034	0	0	0	0	193	21	193	21
2035	0	0	0	0	193	21	193	21
2036	0	0	0	0	193	21	193	21
2037	0	0	0	0	193	21	193	21
2038	0	0	0	0	193	21	193	21
2039	0	0	0	0	193	21	193	21
2040	0	0	0	0	193	21	193	21

Çizelge G.3 (Devam) : Senaryo 4 (Malatya-2ha.) için sızıntı suyu hesap sonuçları

3.Hücre		4.Hücre		5.Hücre				
Günlük maksimum yağış ile oluşan sızıntı suyu miktarı	Günlük net yağış ile oluşan sızıntı suyu miktarı	Günlük maksimum yağış ile oluşan sızıntı suyu miktarı	Günlük net yağış ile oluşan sızıntı suyu miktarı	Günlük maksimum yağış ile oluşan sızıntı suyu miktarı	Günlük net yağış ile oluşan sızıntı suyu miktarı	Günlük maksimum sızıntı suyu oluşumu	Aylık ortalama sızıntı suyu oluşumu	Günlük ortalama sızıntı suyu oluşumu
m^3/gün	m^3/ay	m^3/gün	m^3/ay	m^3/gün	m^3/ay	m^3/gün	m^3/ay	m^3/gün
						1.010	1.479	49
						1.010	1.479	49
						1.010	1.479	49
						1.203	1.500	50
						1.187	1.039	35
						1.187	1.039	35
964	104					1.380	1.060	35
964	104					1.380	1.060	35
964	104					1.380	1.060	35
964	104					1.366	640	21
193	21	964	104			1.559	661	22
193	21	964	104			1.559	661	22
193	21	964	104			1.559	661	22
193	21	964	104			1.559	661	22
193	21	193	21	1.128	121	1.909	467	16
193	21	193	21	1.128	121	1.909	467	16
193	21	193	21	1.128	121	1.909	467	16
193	21	193	21	1.128	121	1.909	467	16
193	21	193	21	1.128	121	1.909	467	16
193	21	193	21	1.128	121	1.909	460	15
193	21	193	21	226	24	998	108	4
193	21	193	21	226	24	998	108	4
193	21	193	21	226	24	998	108	4
193	21	193	21	226	24	998	108	4
193	21	193	21	226	24	998	108	4
193	21	193	21	226	24	998	108	4
193	21	193	21	226	24	998	108	4
193	21	193	21	226	24	998	108	4
193	21	193	21	226	24	998	108	4
193	21	193	21	226	24	998	108	4
					Maksimum	1.910	1.500	50
					Minimum	1.010	460	15
					Ortalama	1.500	870	30

Ek H: Senaryo 5 için Sızıntı Suyu Hesap Sonuçları

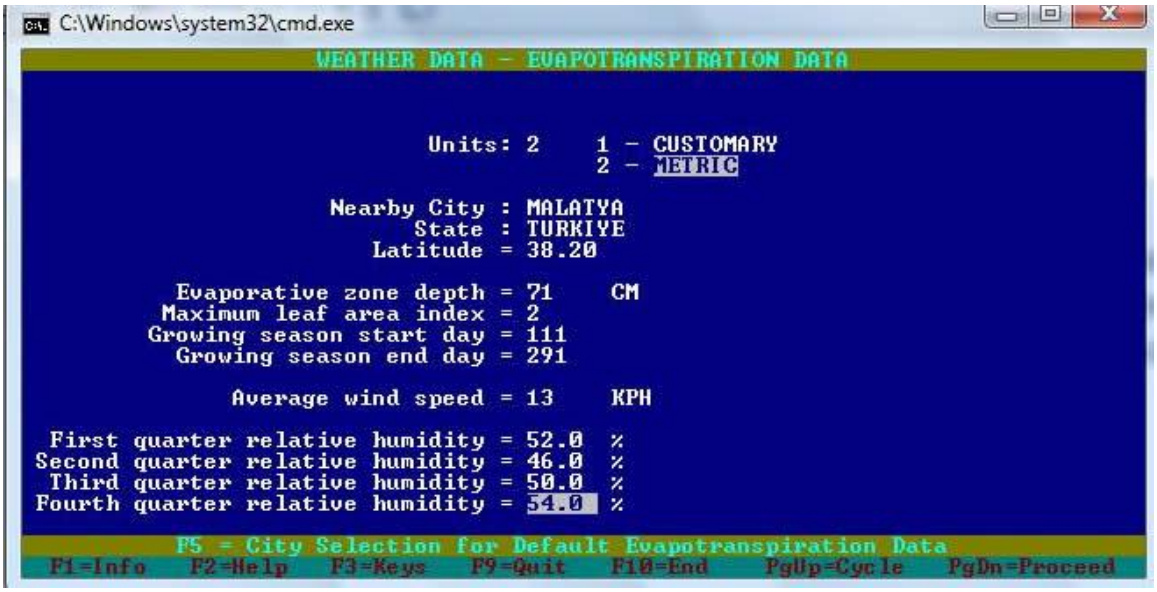
Çizelge H.1 : Senaryo 5 (Malatya-10ha-%50 yağış fazlası.) için sızıntı suyu hesap sonuçları

Yıllar	Depolanan ortalama atık miktarı	Atık içerisindeki su miktarı	1.Hücre		2.Hücre		Günlük maksimum sızıntı suyu oluşumu	Aylık ortalama sızıntı suyu oluşumu	Günlük ortalama sızıntı suyu oluşumu
			Günlük maksimum yağış ile oluşan sızıntı suyu miktarı	Günlük net yağış ile oluşan sızıntı suyu miktarı	Günlük maksimum yağış ile oluşan sızıntı suyu miktarı	Günlük net yağış ile oluşan sızıntı suyu miktarı			
	ton/yıl	m^3/ay	m^3/gün	m^3/ay	m^3/gün	m^3/ay	m^3/gün	m^3/ay	m^3/gün
2011	150.000	4.236	4.820	2.102			4.961	6.338	211
2012	150.000	4.236	4.820	2.102			4.961	6.338	211
2013	150.000	4.236	4.820	2.102			4.961	6.338	211
2014	150.000	4.236	4.820	2.102			4.961	6.338	211
2015	150.000	4.236	4.820	2.102			4.961	6.338	211
2016	150.000	4.236	4.820	2.102			4.961	6.338	211
2017	150.000	4.236	4.820	2.102			4.961	6.338	211
2018	150.000	4.236	4.820	2.102			4.961	6.338	211
2019	150.000	4.236	4.820	2.102			4.961	6.338	211
2020	150.000	4.236	4.820	2.102			4.961	6.338	211
2021	150.000	4.236	964	420	4.820	2.102	5.925	6.758	225
2022	150.000	4.236	964	420	4.820	2.102	5.925	6.758	225
2023	150.000	4.236	964	420	4.820	2.102	5.925	6.758	225
2024	150.000	4.236	964	420	4.820	2.102	5.925	6.758	225
2025	150.000	4.236	964	420	4.820	2.102	5.925	6.758	225
2026	150.000	4.236	964	420	4.820	2.102	5.925	6.758	225
2027	150.000	4.236	964	420	4.820	2.102	5.925	6.758	225
2028	150.000	4.236	964	420	4.820	2.102	5.925	6.758	225
2029	150.000	4.236	964	420	4.820	2.102	5.925	6.758	225
2030	150.000	4.236	964	420	4.820	2.102	5.925	6.758	225
2031	0	0	964	420	964	420	1.928	840	28
2032	0	0	964	420	964	420	1.928	840	28
2033	0	0	964	420	964	420	1.928	840	28
2034	0	0	964	420	964	420	1.928	840	28
2035	0	0	964	420	964	420	1.928	840	28
2036	0	0	964	420	964	420	1.928	840	28
2037	0	0	964	420	964	420	1.928	840	28
2038	0	0	964	420	964	420	1.928	840	28
2039	0	0	964	420	964	420	1.928	840	28
2040	0	0	964	420	964	420	1.928	840	28
						Maksimum	5.930	6.760	225
						Minimum	4.970	6.340	211
						Ortalama	5.450	6.550	218

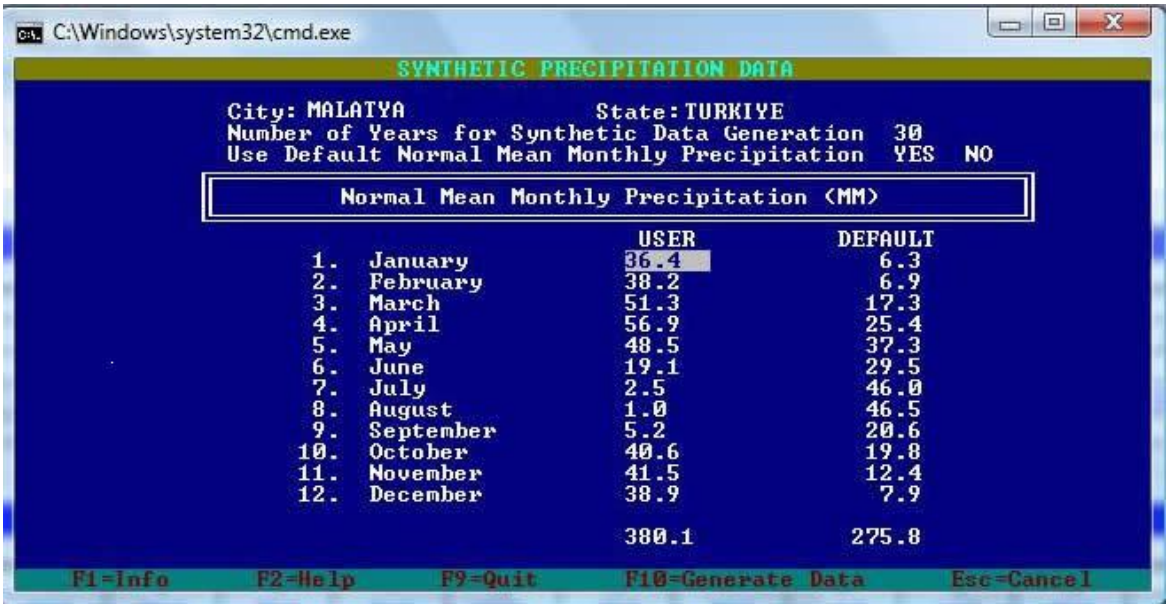
Çizelge H. 2 : Senaryo 5 (Malatya-2ha-%50 yağış fazlası.) için sızıntı suyu hesap sonuçları

Yıllar	Depolanan ortalama atık miktarı	Atık içerisindeki su miktarı	1.Hücre		2.Hücre		3.Hücre		4.Hücre		5.Hücre		6.Hücre		7.Hücre		8.Hücre		9.Hücre		10.Hücre		Günlük maksimum sızıntı suyu oluşumu	Aylık ortalama sızıntı suyu oluşumu	Günlük ortalama sızıntı suyu oluşumu
			Günlük maksimum yağış ile oluşan sızıntı suyu miktarı	Günlük net yağış ile oluşan sızıntı suyu miktarı	Günlük maksimum yağış ile oluşan sızıntı suyu miktarı	Günlük net yağış ile oluşan sızıntı suyu miktarı	Günlük maksimum yağış ile oluşan sızıntı suyu miktarı	Günlük net yağış ile oluşan sızıntı suyu miktarı	Günlük maksimum yağış ile oluşan sızıntı suyu miktarı	Günlük net yağış ile oluşan sızıntı suyu miktarı	Günlük maksimum yağış ile oluşan sızıntı suyu miktarı	Günlük net yağış ile oluşan sızıntı suyu miktarı	Günlük maksimum yağış ile oluşan sızıntı suyu miktarı	Günlük net yağış ile oluşan sızıntı suyu miktarı	Günlük maksimum yağış ile oluşan sızıntı suyu miktarı	Günlük net yağış ile oluşan sızıntı suyu miktarı	Günlük maksimum yağış ile oluşan sızıntı suyu miktarı	Günlük net yağış ile oluşan sızıntı suyu miktarı	Günlük maksimum yağış ile oluşan sızıntı suyu miktarı	Günlük net yağış ile oluşan sızıntı suyu miktarı	Günlük maksimum yağış ile oluşan sızıntı suyu miktarı	Günlük net yağış ile oluşan sızıntı suyu miktarı			
	ton/yıl	m^3/ay	m^3/gün	m^3/ay	m^3/gün	m^3/ay	m^3/gün	m^3/ay	m^3/gün	m^3/ay	m^3/gün	m^3/ay	m^3/gün	m^3/ay	m^3/gün	m^3/ay	m^3/gün	m^3/ay	m^3/gün	m^3/ay	m^3/gün	m^3/ay	m^3/gün	m^3/ay	m^3/gün
2011	150.000	4.236	964	420																			1.105	4.656	155
2012	150.000	4.236	964	420																			1.105	4.656	155
2013	150.000	4.236	193	84	964	420																	1.298	4.740	158
2014	150.000	4.236	193	84	964	420																	1.298	4.740	158
2015	150.000	4.236	193	84	193	84	964	420															1.491	4.824	161
2016	150.000	4.236	193	84	193	84	964	420															1.491	4.824	161
2017	150.000	4.236	193	84	193	84	193	84	964	420													1.684	4.908	164
2018	150.000	4.236	193	84	193	84	193	84	964	420													1.684	4.908	164
2019	150.000	4.236	193	84	193	84	193	84	193	84	964	420											1.877	4.992	166
2020	150.000	4.236	193	84	193	84	193	84	193	84	964	420											1.877	4.992	166
2021	150.000	4.236	193	84	193	84	193	84	193	84	193	84	964	420									2.070	5.076	169
2022	150.000	4.236	193	84	193	84	193	84	193	84	193	84	964	420									2.070	5.076	169
2023	150.000	4.236	193	84	193	84	193	84	193	84	193	84	193	84	964	420							2.263	5.160	172
2024	150.000	4.236	193	84	193	84	193	84	193	84	193	84	193	84	964	420							2.263	5.160	172
2025	150.000	4.236	193	84	193	84	193	84	193	84	193	84	193	84	193	84	964	420					2.456	5.244	175
2026	150.000	4.236	193	84	193	84	193	84	193	84	193	84	193	84	193	84	964	420					2.456	5.244	175
2027	150.000	4.236	193	84	193	84	193	84	193	84	193	84	193	84	193	84	193	84	964	420			2.649	5.328	178
2028	150.000	4.236	193	84	193	84	193	84	193	84	193	84	193	84	193	84	193	84	964	420			2.649	5.328	178
2029	150.000	4.236	193	84	193	84	193	84	193	84	193	84	193	84	193	84	193	84	193	84	964	420	2.842	5.412	180
2030	150.000	4.236	193	84	193	84	193	84	193	84	193	84	193	84	193	84	193	84	193	84	964	420	2.842	5.412	180
2031	0	0	193	84	193	84	193	84	193	84	193	84	193	84	193	84	193	84	193	84	193	84	1.930	840	28
2032	0	0	193	84	193	84	193	84	193	84	193	84	193	84	193	84	193	84	193	84	193	84	1.930	840	28
2033	0	0	193	84	193	84	193	84	193	84	193	84	193	84	193	84	193	84	193	84	193	84	1.930	840	28
2034	0	0	193	84	193	84	193	84	193	84	193	84	193	84	193	84	193	84	193	84	193	84	1.930	840	28
2035	0	0	193	84	193	84	193	84	193	84	193	84	193	84	193	84	193	84	193	84	193	84	1.930	840	28
2036	0	0	193	84	193	84	193	84	193	84	193	84	193	84	193	84	193	84	193	84	193	84	1.930	840	28
2037	0	0	193	84	193	84	193	84	193	84	193	84	193	84	193	84	193	84	193	84	193	84	1.930	840	28
2038	0	0	193	84	193	84	193	84	193	84	193	84	193	84	193	84	193	84	193	84	193	84	1.930	840	28
2039	0	0	193	84	193	84	193	84	193	84	193	84	193	84	193	84	193	84	193	84	193	84	1.930	840	28
2040	0	0	193	84	193	84	193	84	193	84	193	84	193	84	193	84	193	84	193	84	193	84	1.930	840	28
																						Maksimum	2.850	5.420	180
																						Minimum	1.110	4.660	155
																						Ortalama	1.980	5.040	168

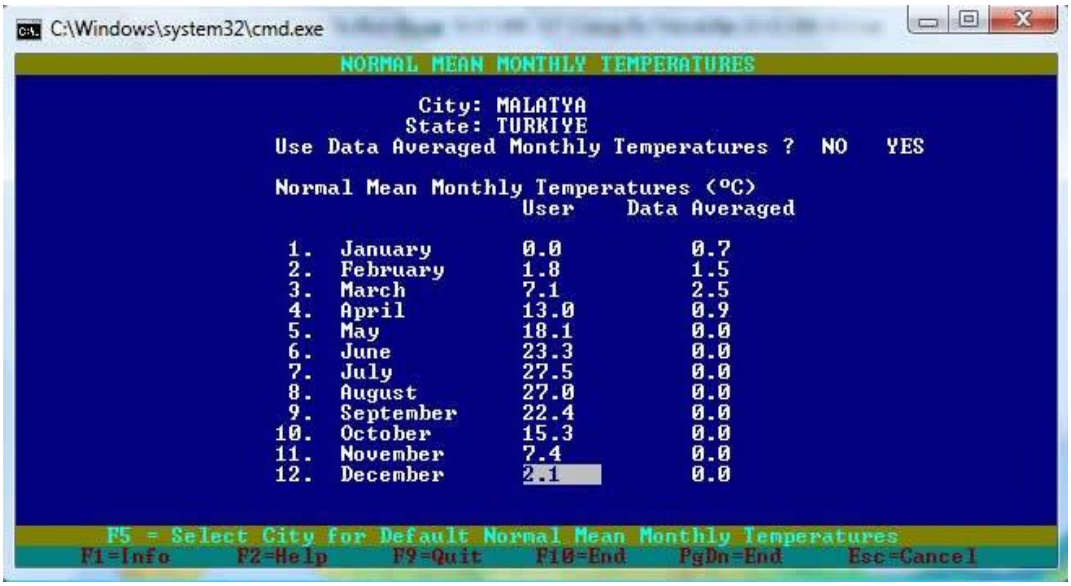
Ek I: HELP Modeli'nin Senaryo 1B Özelinde Malatya-2 ha İçin Uygulanması



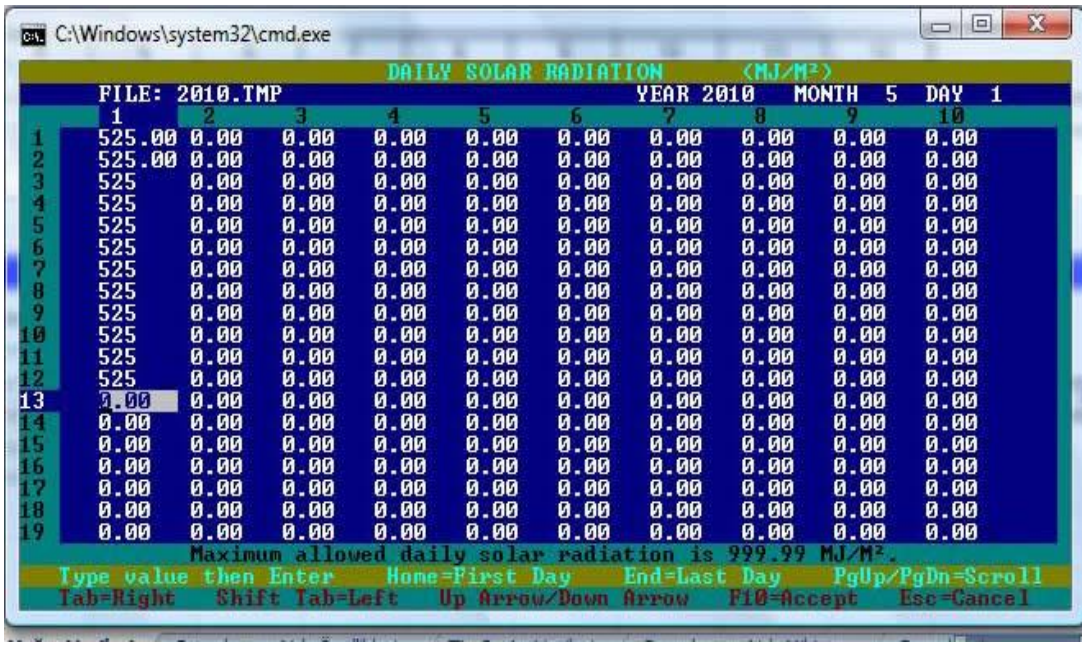
Şekil I. 1 : Buharlaşma hesapları için veri girişi.



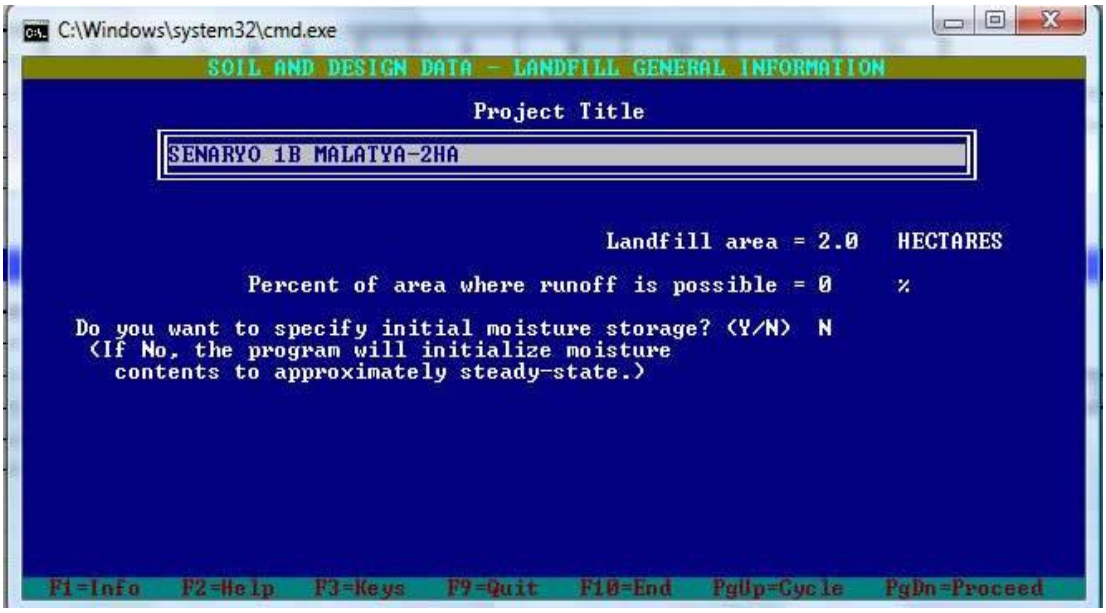
Şekil I. 2 : Aylık ortalama yağış değerlerinin veri olarak işlenmesi.



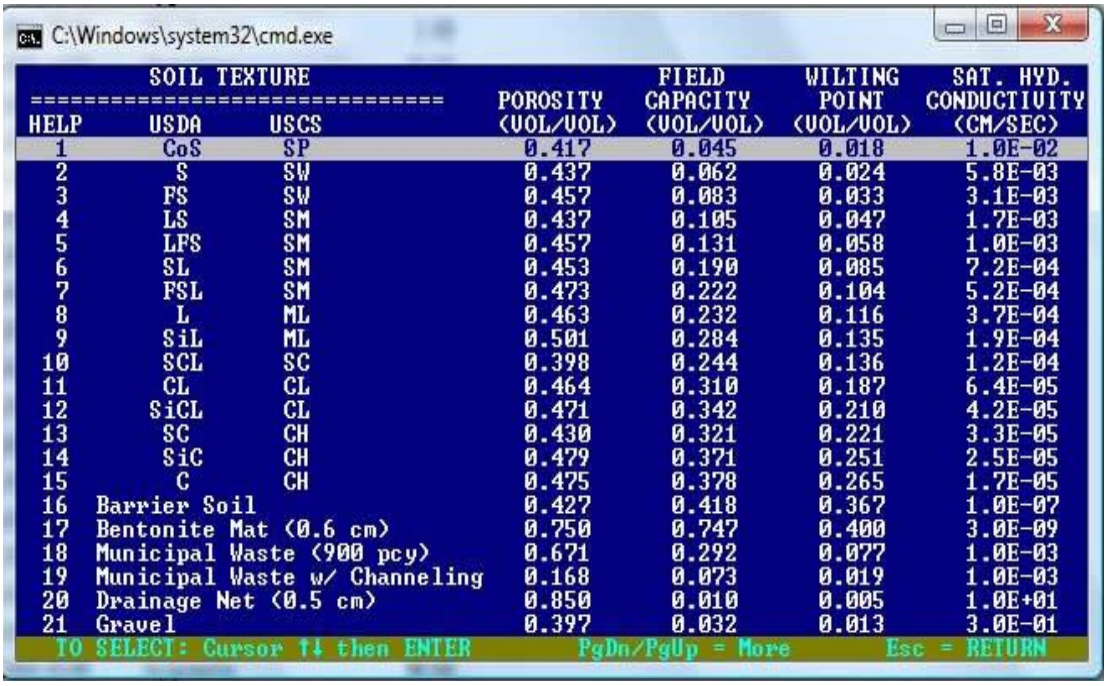
Şekil I. 3 : Aylık ortalama sıcaklık değerlerinin veri olarak işlenmesi.



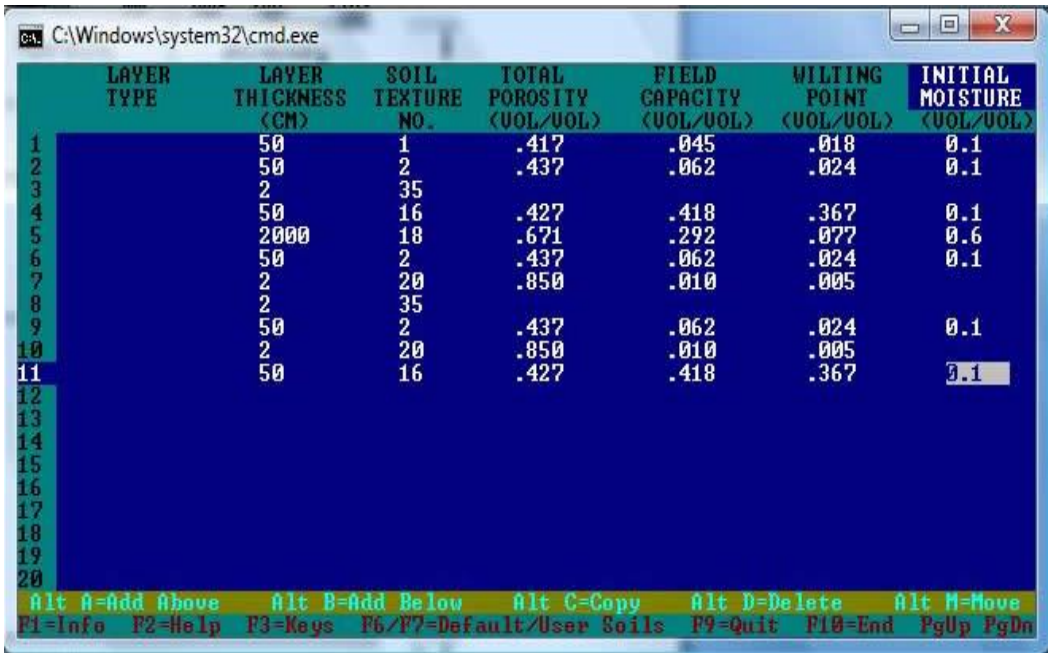
Şekil I. 4 : Solar radyasyon değerlerinin veri olarak işlenmesi.



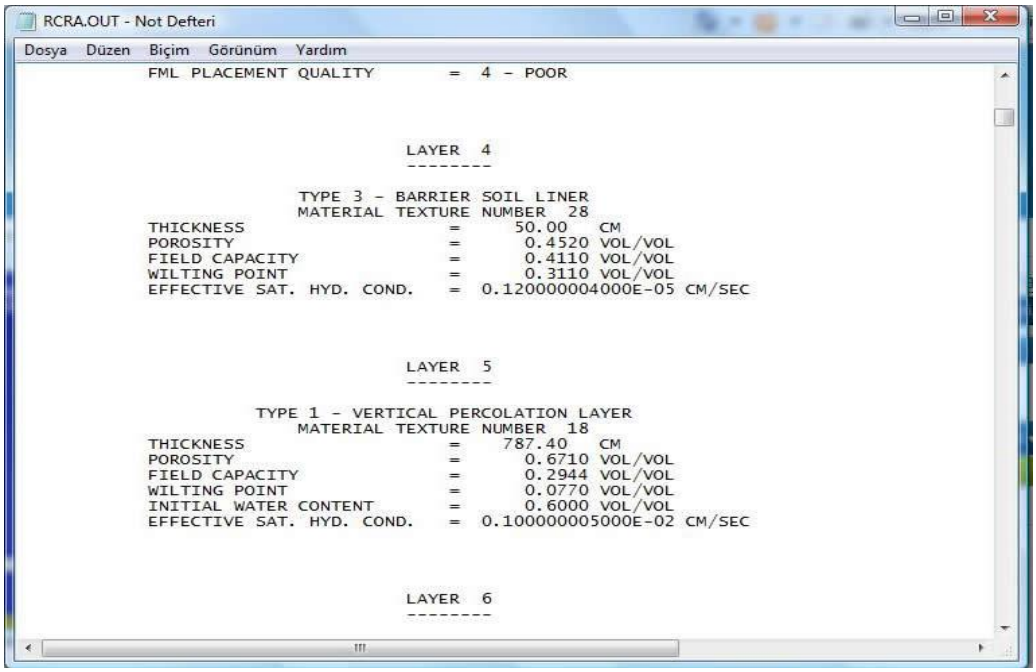
Şekil I. 5 : Depolama alanı işletme değerlerinin veri olarak işlenmesi.



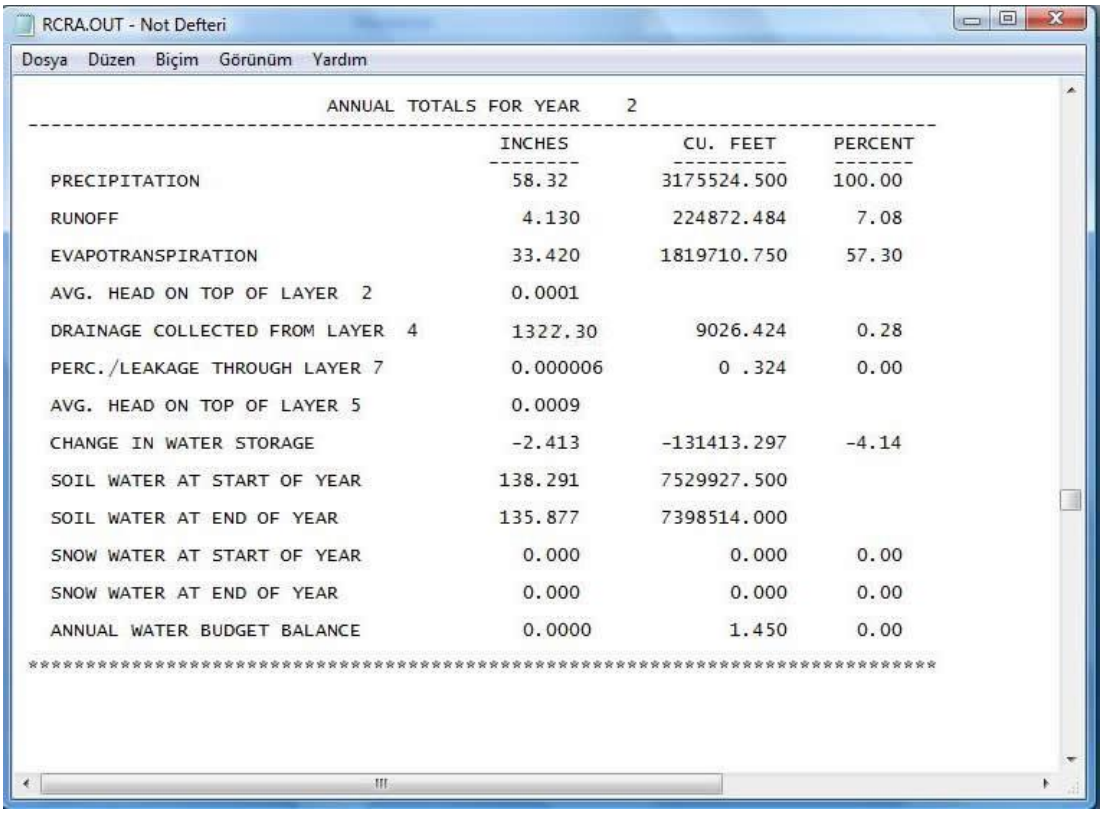
Şekil I. 6 : Depolama alanı üst örtü ve drenaj tabakası işletme değerlerinin veri olarak işlenmesi.



Şekil I. 7 : Depolama alanı üst örtü ve drenaj tabakası hidrolik değerlerinin veri olarak işlenmesi.



Şekil I. 8 : Depolama alanı tabakalarına özgü çıktı örneği.


RCRA.OUT - Not Defteri

Dosya Düzen Biçim Görünüm Yardım

ANNUAL TOTALS FOR YEAR 2

	INCHES	CU. FEET	PERCENT
PRECIPITATION	58.32	3175524.500	100.00
RUNOFF	4.130	224872.484	7.08
EVAPOTRANSPIRATION	33.420	1819710.750	57.30
AVG. HEAD ON TOP OF LAYER 2	0.0001		
DRAINAGE COLLECTED FROM LAYER 4	1322.30	9026.424	0.28
PERC./LEAKAGE THROUGH LAYER 7	0.000006	0 .324	0.00
AVG. HEAD ON TOP OF LAYER 5	0.0009		
CHANGE IN WATER STORAGE	-2.413	-131413.297	-4.14
SOIL WATER AT START OF YEAR	138.291	7529927.500	
SOIL WATER AT END OF YEAR	135.877	7398514.000	
SNOW WATER AT START OF YEAR	0.000	0.000	0.00
SNOW WATER AT END OF YEAR	0.000	0.000	0.00
ANNUAL WATER BUDGET BALANCE	0.0000	1.450	0.00

Şekil I. 9 : Depolama alanı hidrolik bilgilerinin çıktısı.



ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad: Filiz Öztürk

Doğum Yeri ve Tarihi: Kdz. Ereğli 1984

Adres: Zeyrek Mah. Parmaklık Sok. No:15/8 Fatih/İSTANBUL

Lisans Üniversite: İstanbul Teknik Üniversitesi

Yayın Listesi:

▪ **Öztürk F.,** Öztürk İ., Özabalı A., 2010: Katı Atık Sızıntı Suyu Miktarını Azaltıcı Yönetim Stratejileri. 2. Ulusal Katı Atık Yönetimi Kongresi, Ekim 18-20, 2011 Mersin, Türkiye.