

T.C.
ANAkkALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
YÜKSEK LİSANS TEZİ

ANAkkALE ŞEHİRİ İÇİN BİR PLASTİK GERİ DÖNÜŞÜM
TESİSİNİN TASARIMI

Gözde ERSÖZ

evre Mühendisliği Anabilim Dalı
Tezin Sunulduđu Tarih: 21.09.2010

Tez Danışmanı:
Yrd. Doç. Dr. Akın ALTEN

ANAkkALE

YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

GÖZDE ERSÖZ tarafından **YRD. DOÇ. DR. AKIN ALTEN** yönetiminde hazırlanan “**ÇANAKKALE ŞEHİRİ İÇİN BİR PLASTİK GERİ DÖNÜŞÜM TESİSİNİN TASARIMI**” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Yrd. Doç. Dr. Akın ALTEN

Danışman

Doç. Dr. Önder AYYILDIZ

Doç. Dr. Cengiz CANER

Jüri Üyesi

Jüri Üyesi

Sıra No:.....

Tez Savunma Tarihi: 21/09/2010

Prof. Dr. İsmail TARHAN

Müdür
Fen Bilimleri Enstitüsü

İNTİHAL (AŞIRMA) BEYAN SAYFASI

Bu tezde görsel, işitsel ve yazılı biçimde sunulan tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uyularak tarafımdan elde edildiğini, tez içinde yer alan ancak bu çalışmaya özgü olmayan tüm sonuç ve bilgileri tezde kaynak göstererek belirttiğimi beyan ederim.

Gözde ERSÖZ

TEŞEKKÜR

Tezimin hazırlanması aŐamasında yardımlarını ve desteğini esirgemeyerek bilimsel tecrübeleri ile yanımda olan değerli hocam, tez danışmanım Yrd. Doç. Dr. Akın ALTEN'e,

Tez çalışmam süresince destek ve anlayışını esirgemeyen Çanakkale Belediyesi Temizlik İşleri Müdürü ve Çanakkale Katı Atık Yönetim Birliği Müdürü Sayın Aysun KAVCAR'a,

Tez çalışmam sırasında yardım ve desteğini aldığım Araştırma Görevlisi Burcu İLERİ'ye,

Eğitim-öğretim hayatım boyunca ve her konuda bana güvenen, üzerimden desteğini esirgemeyerek her zaman yanımda olan çok kıymetli aileme ve niŐanlım Çevre Mühendisi Semih HUYSAL'a sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum.

Gözde ERSÖZ

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

- PET: Polietilen Tereftalat
- YYPE: Yüksek Yoğunluklu Polietilen
- AYPE: Alçak Yoğunluklu Polietilen
- PVC: Poli Vinil Klorür
- PS: Polistiren
- PP: Polipropilen
- LAYPE: Lineer Alçak Yoğunluklu Polietilen
- AYPE-T: Alçak Yoğunluklu Polietilen-Tubular Fabrikası (PETKİM)
- S-PVC: Süspansiyon Poli Vinil Klorür
- EPA : Environmental Protection Agency
- ABS: Akrilonitril Bütadien Stiren
- UV: Ultraviyole ışınları
- ABD: Amerika Birleşik Devletleri
- TV: Televizyon
- ÇAKAB: Çanakkale Katı Atık Yönetim Birliği
- TÜİK: Türkiye İstatistik Kurumu
- R: Korelasyon katsayısı
- PLC: Programlanabilir Mantıksal Denetleyici (Programmable Logic Controller)
- ÇED: Çevresel Etki Değerlendirme
- PHB: Poli-beta-hidroksibütirat
- PHA: Poli-beta-hidroksialkanat

ÖZET

ÇANAKKALE ŞEHİRİ İÇİN BİR PLASTİK GERİ DÖNÜŞÜM TESİSİNİN TASARIMI

Gözde ERSÖZ

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Akın ALTEN

21.09.2010, 79

Günümüzde her alanda kullandığımız plastikler, çevresel etkileri açısından incelendiğinde, doğada bozunma sürelerinin oldukça uzun olması nedeniyle geri kazanımları zorunlu hale gelen malzemeler olmuşlardır.

Bu tez çalışması kapsamında ilk olarak plastiğin genel bir tanımı yapılarak plastik türleri, plastik türlerinin geri kazanımı ve yeniden kullanım alanları hakkında bilgi verilmiştir. Tez çalışmasının özgün çalışmalar kısmında ise, Çanakkale şehri örneğinde geri kazanılmış atık plastiklerin toplam katı atık içindeki miktarından yola çıkılarak Çanakkale şehrinde toplanan polipropilen (PP) türündeki plastiklerin geri dönüşümünün yapıldığı bir tesisin tasarımı yapılmıştır. Kullanım alanlarının çok fazla olması ve Türkiye’de en çok tüketilen plastik türü olması nedeniyle, geri dönüşüm tesisinin planlanmasında PP plastik türü seçilmiştir.

Tesis tasarımı öncesinde 30 yıllık nüfus projeksiyonu yapılmış ve belli kabullerle kentsel ve kırsal yerleşimler için atık üretim hızları belirlenmiştir. Literatürden elde edilen bilgiler ışığında kentte oluşan katı atıkların % 15 plastik içerdiği ve bunun % 26’sının polipropilen olduğu belirlenmiştir. Bu değerlerin kullanılması ve bazı kabuller yardımıyla PP’nin gelecekteki üretim miktarı hesaplanmıştır. 500 kg/saat kapasiteli geri dönüşüm hatlarının yeterli olacağı düşünülmüş ve 2023, 2032, 2037 yılları itibariyle kapasite artışının yapılması planlanmıştır. Tesiste bulunması gereken 6 ayrı bölüm için toplamda 5.767 m² alana ihtiyaç duyulacağı belirlenmiştir.

Böyle bir PP geri dönüşüm tesisinin kurulumu ile Çanakkale’de seçilen bu proje bölgesindeki katı atık depolama alanının ömrü uzatılacak, katı atık taşıma ve depolama alanı işletme maliyeti düşecek, doğal kaynaklar korunmuş olacak, doğaya verilen kirletici

miktarı minimuma indirilecek ve enerji kaynaklarının korunması büyük ölçüde sağlanmış olacaktır.

Anahtar sözcükler: Plastik, polipropilen, geri dönüşüm, plastik geri dönüşüm tesisi, PP.

ABSTRACT

DESIGN OF A PLASTIC RECYCLING FACILITY FOR ÇANAKKALE CITY

Gözde ERSÖZ

Çanakkale Onsekiz Mart University

Graduate School of Science and Engineering

Chair for Environmental Engineering Thesis of Master of Science

Advisor: Assistant Professor Dr. Akın ALTEN

21.09.2010, 79

Nowadays plastic, as an indispensable part of modern life, is used in all areas and materials used in daily life. In terms of environmental impacts, plastics may remain in nature without any degradation due to their resistant form. Because of these properties, plastics pollute the nature and their recycling becomes a social necessity.

In scope of this thesis, firstly a common definition of plastic and then plastic types and their recycling and reuse alternatives were given. In the original studies of the thesis, amount of polypropylene (PP) was calculated using solid waste composition of Çanakkale city and then recycling facility was designed. Polypropylene was chosen as recycling material, because of its widespread use and consumption rate in Turkey.

Before the design of facility, 30-year population projection was made and specific waste generation rates for urban and rural areas were calculated with certain acceptances.

According to data obtained from literature, 15 % of solid waste is plastic and 26 % of plastic is polypropylene. Using these values and with some acceptances, future generation of PP was calculated. A recycling line with a capacity of 500 kg/h was chosen. In the years 2023, 2032 and 2037, due to insufficient capacity, second, third and fourth lines will be constructed. Total of approximately 5.767 m² area will be required for 6 separate sections.

With the PP recycling facility, storage life of landfill area will be extended, solid waste collection and landfill operating cost will decrease. It will also protect energy and natural resources and minimize the waste that must be disposed of.

Keywords: Plastic, polypropylene, recycling, plastic recycling facility, PP.

İÇERİK

	Sayfa
TEZ SINAVI SONUÇ BELGESİ.....	ii
İNTİHAL (AŞIRMA) BEYAN SAYFASI.....	iii
TEŞEKKÜR.....	iv
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	v
ÖZET.....	vi
ABSTRACT.....	viii
BÖLÜM 1- GİRİŞ.....	1
BÖLÜM 2- PLASTİK VE GERİ KAZANIMI.....	3
2.1. Plastiklerin Üretimi.....	4
2.2. Türkiye ve Dünyada Plastik Sektörü.....	6
2.3. Plastik Türleri ve Üretimi.....	11
2.3.1. Polietilen Tereftalat (PET).....	13
2.3.2. Yüksek Yoğunluklu Polietilen (YYPE).....	13
2.3.3. Poli Vinil Klorür (PVC)	13
2.3.4. Alçak Yoğunluklu Polietilen (AYPE).....	13
2.3.5. Polipropilen (PP).....	13
2.3.6. Polistiren (PS).....	14
2.4. Plastiklerin Kullanım Alanları.....	14
2.4.1. PET Plastikler.....	14
2.4.2. YYPE Plastikler.....	14
2.4.3. AYPE Plastikler.....	15
2.4.4. PVC Plastikler.....	15
2.4.5. PS Plastikler.....	15
2.4.6. PP Plastikler.....	16
2.5. Plastik Geri Kazanımı ve Önemi.....	16
2.5.1. Plastiklerin Geri Kazanımının Temel Nedenleri.....	17
2.5.2. Plastikleri Geri Kazanmanın Önemi.....	17
2.5.3. Plastik Atıkların Kaynağı.....	18

2.5.4. Geri Kazanım Yöntemleri.....	18
2.5.4.1. Birincil Geri Kazanım.....	18
2.5.4.2. İkincil Geri Kazanım.....	19
2.5.4.3. Üçüncül Geri Kazanım (Kimyasal Geri Kazanım).....	19
2.5.4.4. Dördüncül Geri Kazanım (Yakma İle Enerji Kazanımı).....	21
2.5.5. Geri Kazanım Yöntemlerinin Değerlendirilmesi.....	21
2.6. Plastik Türlerinin Geri Kazanımı.....	22
2.6.1. PE Geri Kazanımı.....	22
2.6.2. PVC Geri Kazanımı.....	22
2.6.3. PS Geri Kazanımı.....	23
2.6.4. PET Geri Kazanımı.....	24
2.6.5. PP Geri Kazanımı.....	25
2.7. Geri Kazanılmış Atık Plastiklerin Yeniden Kullanım Alanları.....	26
2.7.1. PET.....	26
2.7.2. YYPE.....	26
2.7.3. PVC.....	26
2.7.4. AYPE.....	26
2.7.5. PS.....	26
2.7.6. PP.....	27
2.8. Biyoplastikler.....	27
2.8.1. Biyoplastiklerin Kullanım Alanları.....	28
2.8.1.1. PHB'nin Tarımda Kullanılması.....	28
2.8.1.2. PHB'nin Veterinerlikte Kullanılması.....	28
2.8.1.3. PHB'nin Tıpta Kullanılması.....	29
2.8.1.4. PHB'nin Paketleme Filmleri ve Tek Kullanımlık Malzemelerin	29
BÖLÜM 3- MATERYAL VE YÖNTEM.....	30
3.1. Proje Alanına Ait Geçmiş Nüfus Verileri.....	30
3.2. Nüfus Hesaplama Yöntemleri.....	30
3.2.1. İller Bankası Yöntemine Göre Nüfus Tahmini.....	31
3.2.2. Üstel Fonksiyon Yöntemi.....	31

3.2.3. Doğrusal Fonksiyon Yöntemi.....	32
3.3. Katı Atık Miktarının Hesabı.....	32
3.4. Plastik ve PP Atık Miktarının Hesaplanması.....	34
3.5. Tesis İçin Yer Seçimi ve Tesis İçi Alan Tespitinin Yapılması.....	35
3.5.1. İşletme Alanı Tespitinin Yapılması.....	35
3.5.2. Hammadde Depolama Alanı Tespitinin Yapılması.....	35
3.5.3. Ürün Depolama Alanı Tespitinin Yapılması.....	36
3.5.4. Sosyal Tesis Alanı Tespitinin Yapılması.....	36
3.5.5. Atölye Alanı Tespitinin Yapılması.....	37
3.5.6. Araç Garaj Alanı Tespitinin Yapılması.....	37
3.6. Personel İhtiyacının Belirlenmesi.....	37
BÖLÜM 4- ÖZGÜN HESAPLAMA VE TASARIMLAR.....	38
4.1. Geleceğe Dönük Nüfus Miktarının Hesaplanması.....	38
4.2. Gelecekteki Atık Miktarının Hesaplanması.....	41
4.3. Tesisin Tasarımı İçin Gerekli Verilerin Toplanması ve Kapasitenin	47
4.4. Tasarlanan Tesisin İşleyişi ve Ekipmanlar Hakkında Bilgiler.....	48
4.4.1. Yükleme Konveyörü.....	48
4.4.2. NPS 1000 Kırma Makinesi.....	49
4.4.3. Kırma Altı Elevatörü.....	49
4.4.4. Birinci Yatay Temizleme Seperatörü.....	49
4.4.5. Birinci Su Sirkülasyon Havuzu.....	49
4.4.6. Havuz Çıkış Elevatörü.....	50
4.4.7. İkinci Yatay Temizleme Seperatörü.....	50
4.4.8. İkinci Su Sirkülasyon Havuzu.....	50
4.4.9. Havuz Çıkış Elevatörü.....	50
4.4.10. Üçüncü Yatay Temizleme Seperatörü.....	50
4.4.11. Konik Pres Makinası.....	50
4.4.12. Aglomer Üstü Silosu.....	51
4.4.13. NPS 1200 Aglomer Makinası.....	51
4.4.14. NPS 150 Granül Makinası (Ekstruder).....	51

4.5. Tesis Alan Hesabının Yapılması.....	52
4.5.1. İşletme Alanının Hesaplanması.....	53
4.5.2. Hammadde Depolama Alanının Hesaplanması.....	53
4.5.3. Ürün Depolama Alanının Hesaplanması.....	54
4.5.4. Sosyal Tesis Alanının Hesaplanması.....	56
4.5.5. Atölye Alanının Hesaplanması.....	56
4.5.6. Garaj Alanının Hesaplanması.....	56
4.6. Tesis Yerleşim Planının Oluşturulması.....	56
BÖLÜM 5- SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	58
KAYNAKLAR.....	61
Çizelgeler.....	I
Şekiller.....	II
Özgeçmiş.....	III

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Plastikler sahip olduğu birçok fiziksel ve kimyasal özellik nedeniyle yaşamımızın her alanında sıkça kullandığımız malzemelerdir. Teknolojinin ilerlemesi plastiklerin önemini daha da arttırmış ve hemen hemen her sektörde aranan malzemeler olarak yerini almasını sağlamıştır.

Teknolojik gelişmelerle yeni plastik çeşitlerinin artması ve işleme tekniklerinin gelişmesiyle plastiklerin kullanım alanları da genişlemekte, toplam plastik üretimi de bu ihtiyaca paralel olarak hızla artmaktadır (Tan ve ark., 2007). En çok kullanılan plastik türleri polietilen tereftalat (PET), yüksek yoğunluklu polietilen (YYPE), alçak yoğunluklu polietilen (AYPE), poli vinil klorür (PVC), polistiren (PS) ve polipropilen (PP)'dir. Plastikler ambalaj sanayiden inşaat sektörüne, otomotiv sanayinden elektroniğe kadar hemen hemen her sektörde kullanım alanı bulmaktadır (Anonim, 2008a).

Türkiye'de de plastik sektörü kısa zamanda hızla büyüyen sektörler arasına girmiş bulunmaktadır. 2004 yılında plastik sanayi % 12,7 büyüme sağlayarak Türkiye'nin en hızlı büyüyen sektörleri arasında yer almıştır (Anonim, 2010a). Dünyada olduğu gibi Türkiye'de de plastik tüketimini yönlendiren başlıca sektörler arasında, ambalaj ve inşaat malzemeleri sektörleri yer almakta olup, en çok kullanılan plastik türleri arasında PE, PP, PVC ve PS bulunmaktadır (Anonim, 2008a).

Plastikler kullanım alanları çok olmasına rağmen, belli bir kullanım ömrü sonunda atık haline gelmektedir. Plastiklere çevresel etkileri açısından yaklaşıldığında; UV ışınlarına dayanıklı olmaları, bozunma sıcaklıklarının yüksek olması ve doğadaki biyolojik aktivitelere karşı dayanıklı olmaları nedeniyle doğada uzun süre bozunmadan kalabildikleri görülmektedir. Plastiklerin bu özelliklerinden dolayı doğaya verdikleri zarar göz önünde bulundurularak geri kazanımlarını zorunlu kılmaktadır. Plastikler geri kazanıldığında, katı atık depolama alanlarının ömrü uzamakta, katı atık taşıma ve depolama alanı işletme maliyeti düşmekte, doğal kaynaklar korunmakta, doğaya verilen kirletici miktarı minimuma indirilmekte ve enerji kaynaklarının korunması büyük ölçüde sağlanmaktadır (Öztürk, 2005).

Son yıllarda sivil toplum kuruluşlarının baskısı ve çıkan yeni kanunlar da plastik gibi malzemelerin geri kazanımını zorunlu kılmakta ve kaynakların daha doğru bir şekilde kullanımını teşvik etmekte olup bu konudaki çalışmaların hızlanmasını sağlamıştır (Tan ve

ark., 2007).

Plastiklerin geri kazanımında birincil, ikincil, üçüncül ve dördüncül geri kazanım olmak üzere toplam 4 yöntem kullanılmaktadır. Bu yöntemlerden birincil geri kazanımda atık plastikler orijinal plastiklerle karıştırılarak orijinal polimerden elde edilen ürüne eşdeğer özellikte ürün elde etmektir. İkincil geri kazanım, orijinal polimerden elde edilen ürüne eşdeğer olmayan ikincil kalitede mamul üretimine yönelik atık plastik geri kazanım yöntemidir. Üçüncül geri kazanımda plastik atıklar kendi polimerinin üretimi için monomer üretmek üzere değerlendirilmekte ya da hammadde ve ara madde olarak kullanılmak üzere çeşitli kimyasallara dönüştürülebilmektedir. Dördüncül geri kazanım ise; plastik atıkların ısı geri kazanımı için yakılması işlemi olup, plastik atıklar yakılarak enerjisinden faydalanılmaktadır (Tan ve ark., 2007).

Bu çalışmada ikincil geri kazanım yöntemi kullanılarak, Çanakkale şehrinde plastik tiplerinden PP'nin geri kazanımı amacıyla bir geri dönüşüm tesisinin tasarımı yapılmıştır. Tesis tasarımında plastik türü olarak PP'nin seçilmesinin nedeni, kullanım alanlarının çok fazla olması ve Türkiye'de en çok tüketilen plastik türü olmasıdır (Anonim, 2008a).

Proje bölgesi, Çanakkale'de Çanakkale Katı Atık Yönetim Birliğince (ÇAKAB) katı atık yönetimi hizmeti verilen 7 Belediyeyi kapsamakta olup, 30 senelik süre zarfında bu bölgede oluşabilecek atık PP plastiklerden yola çıkılarak tesisin tasarımı yapılmıştır. Tasarım öncesinde nüfus projeksiyonu yapılmış, atık miktarı hesaplanmış, atık bileşimi tespiti yapılmıştır. Tesisin tasarımı için gerekli alan hesabı yapıldıktan sonra tesisin genel işleyişi ve ekipmanlar hakkında bilgi verilerek, tesiste çalıştırılması düşünülen personel ihtiyacı konusuna değinilmiştir.

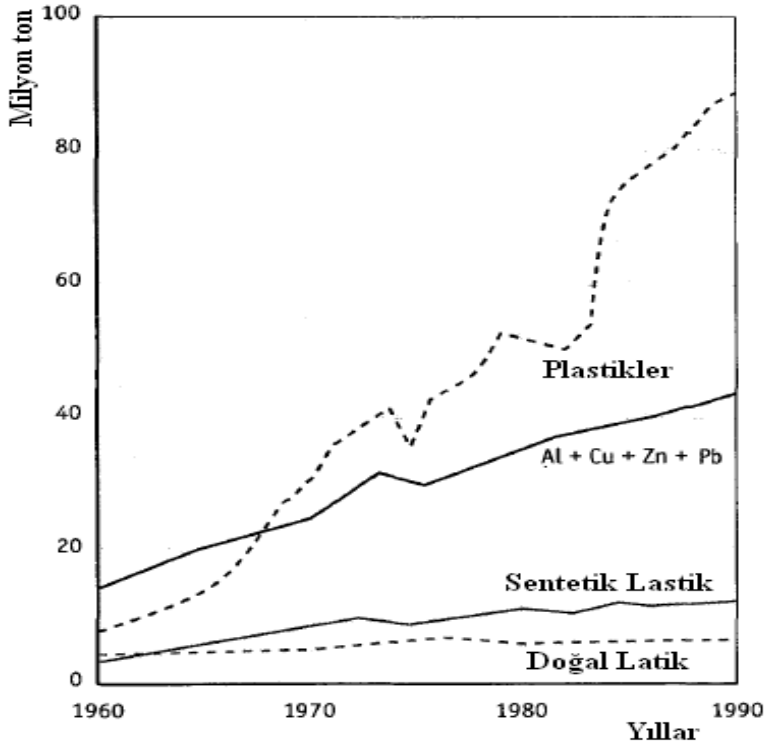
Tasarlanan bu tesis ile plastik atıkların geri dönüşümü yapılarak depolama alanına giden atık miktarının hacminde azalma olacak, böylece depolama alanının ömrü uzatılarak çevresel anlamda doğal kaynaklarımızın korunması sağlanacaktır. Ekonomik anlamda ise, hammadde israfının önüne geçilecek, enerji kaynaklarımız korunmuş olacak, katı atık taşıma ve depolama alanı işletme maliyeti düşecek ve yeni bir istihdam alanı oluşacaktır.

BÖLÜM 2

PLASTİK VE GERİ KAZANIMI

Haddeleme, kalıba dökme ya da herhangi başka bir teknikle kolayca biçimlendirilebilen çok çeşitli yapay malzemelerin ortak adı olan “Plastik” sözcüğü “biçimlendirme” anlamındaki “Plastikos” sözcüğünden ileri gelmektedir (Güler ve Çobanoğlu, 1997).

İlk olarak 1860 yılında Aleksander PARKES tarafından keşfedilen plastik, günümüzde oldukça geniş bir alanda kullanılmaktadır. Şekil 1’de verilmiş olan 1960-1990 yılları arasında dünyada plastik kullanımının yıllara göre dağılımından plastik kullanımının hızlı bir şekilde arttığı görülmektedir (Öztürk, 2005).



Şekil 1. Dünyada plastik kullanımının yıllara göre değişimi (Öztürk, 2005).

Ham petrol, gaz ve kömürden elde edilen plastiğin genelde ana kaynağı petrol rafinerisinden arta kalan bakiye maddeler olup, dünyada üretilen toplam petrolün sadece % 4’ü plastik üretimi için kullanılmaktadır (Ay, 1992).

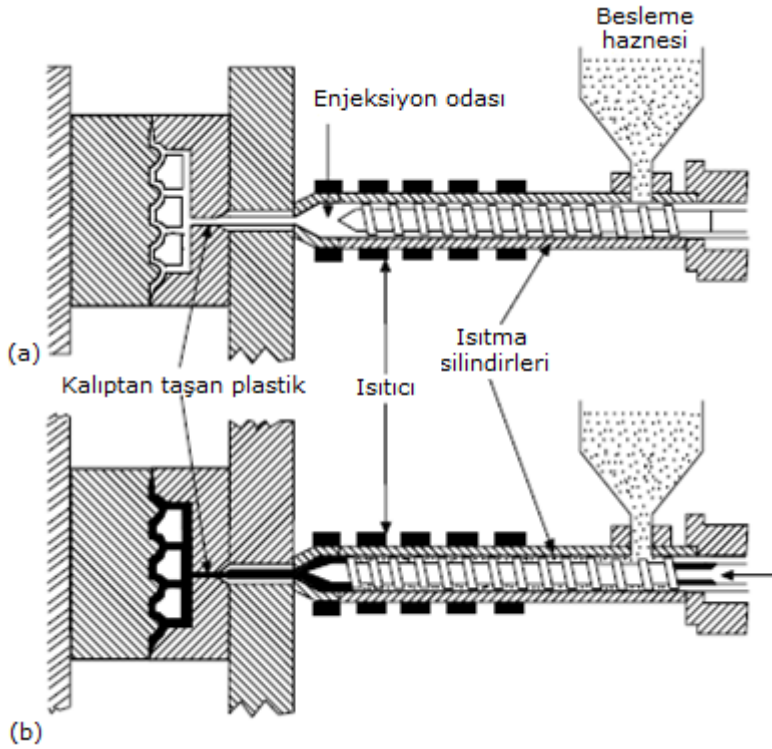
2.1. Plastiklerin Üretimi

Plastikler karbonun hidrojen, oksijen, azot ve diğer organik ve inorganik elementlerle oluşturduğu “monomerler” diye adlandırılan küçük ve basit moleküllü gruplardaki çift bağın koparılarak, “polimerler” diye adlandırılan uzun zincirli yapıya dönüştürülmesi ile elde edilir. Belli katalizörler kullanılarak, belli bir sıcaklık ve basınç altında bir reaktörde monomerlerin reaksiyona sokulmasıyla polimerler elde edilir. Reçine, granül ve toz halinde gelen polimerler bu işlemler sonucu elde edilir (Öztürk, 2005).

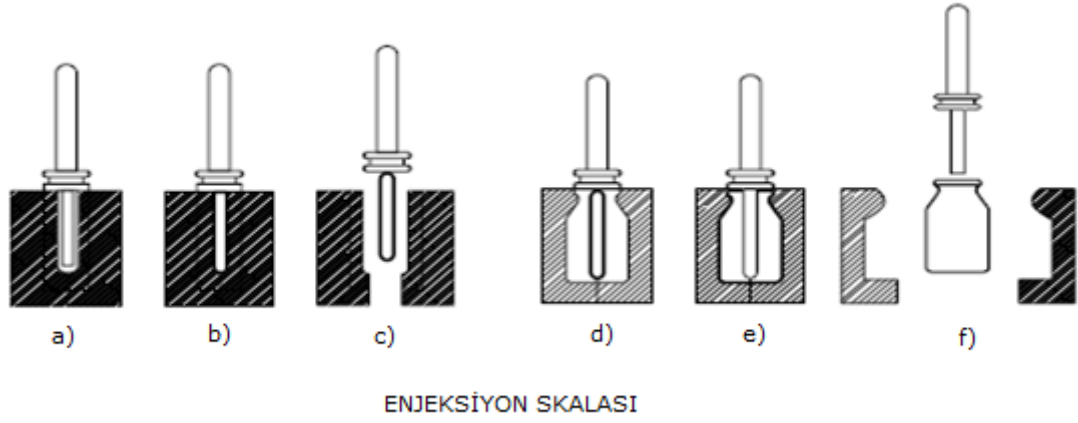
Polimerlerin plastiğe dönüşümü üç kademede gerçekleşir. Bunlar;

- Reçine, granüller veya tozların yumuşatmak için ısıtılması,
- Yumuşatılmış olan maddenin belli kalıplara dökülmesi,
- Ürün soğutulması ve şekillenmiş plastik ürünün elde edilmesi şeklindedir (Öztürk, 2005).

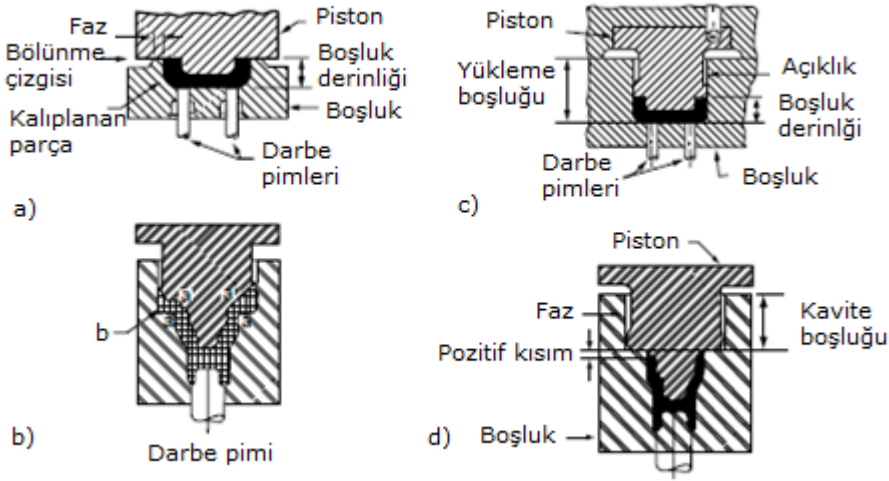
Plastik ürünler, akıtma ile dökme (kalıba dökme), ekstrüzyonlu kalıba dökme, üflemlerli kalıba dökme, sıkıştırılmalı dökme ve vakum termo şekil verme yöntemleri ile üretilirler (Chanda ve Roy, 2009). Bu şekil verme yöntemleri aşağıda Şekil 2-5’de verilmiştir.



Şekil 2. Enjeksiyonlu dökme (Chanda ve Roy, 2009).



Şekil 3. Ekstrüzyon üflemleri dökme sistemi (Chanda ve Roy, 2009).



Şekil 4. Şıkıştırarak kalıba dökme (Chanda ve Roy, 2009).



Şekil 5. Vakum termo şekil verme (Chanda ve Roy, 2009).

2.2. Türkiye ve Dünyada Plastik Sektörü

Plastiklerin kullanım alanları ve miktarları ekonomik olmaları, uygulama kolaylıkları ve özelliklerinin her geçen gün geliştirilmesi nedeniyle giderek artmaktadır. Otomobil sektöründe, elektrikli ev aletlerinde, mutfak eşyaları, inşaat malzemelerinde, gıda maddesi ambalajlarında kullanılmaktadır. Ayrıca kozmetik, temizlik malzemesi, narenciye, tarım ürünleri, tekstil, konfeksiyon ambalajı ve sağlık alanında kullanılan araç ve gereçlerde kısacası günlük yaşantımızın her alanında plastikler karşımıza çıkmaktadır (Tan ve ark., 2007).

2010 yılının ilk 6 ayında, PETKİM tarafından toplam 334.700 ton PE, PP ve PVC üretildiği ve diğer üreticiler tarafından da 75.000 ton civarında PET imal edildiği öngörülmüş olup, üretimin 2010 yılı sonunda 2009 yılı seviyelerinde ve yaklaşık 820.000 ton olarak gerçekleşeceği tahmin edilmektedir. Diğer taraftan, 2010 yılının ilk 6 ayında toplam plastik hammadde üretimi içinde AYPE, YYPE, PVC, PET ve PP'nin payının 2009 yılındaki şekilde aynı düzeyde kaldığı tahmin edilmektedir (Demirci ve Ergün, 2010).

Çizelge 1. Plastik hammadde yerli üretimi (Demirci ve Ergün, 2010)

(Ton)	2009	2010 (6 ay)	2010 (T)	% Pay
LAYPE	184.592	92.000	185.000	23
AYPE- T	120.817	60.500	121.000	15
YYPE	84.303	42.000	84.000	10
S - PVC	153.369	76.700	153.000	19
PP - HOMOPOLİMER	126.919	63.500	127.000	15
PET	150.000	75.000	150.000	18
TOPLAM	820.000	410.000	820.000	100

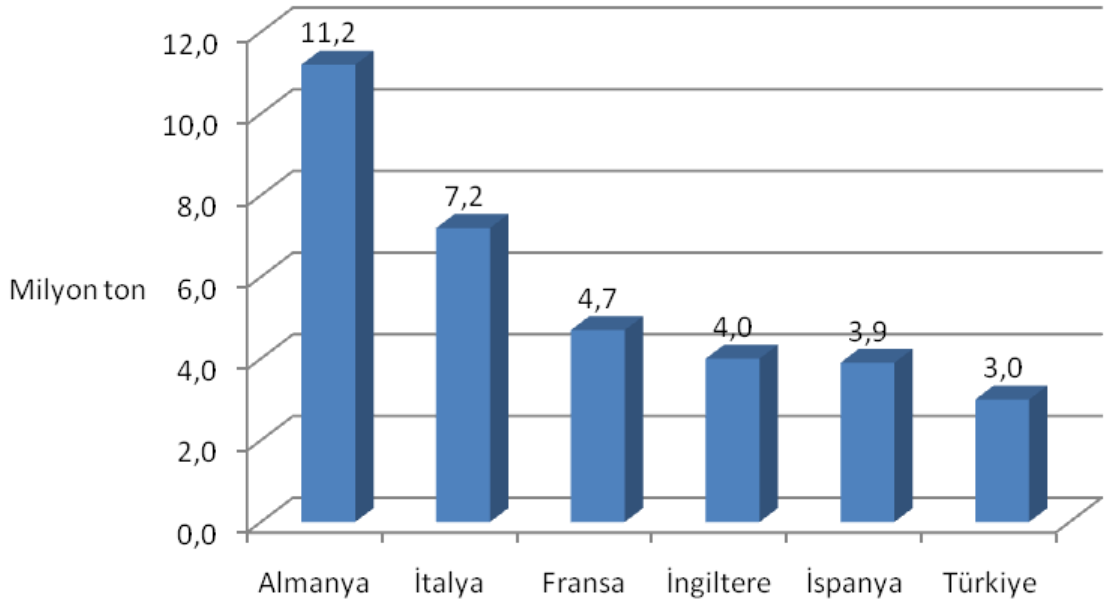
2009 yılında 3,9 milyon ton ve 5,3 milyar ABD \$ olan plastik hammadde ithalatı, 2010 yılının ilk 6 ayında 2,3 milyon ton ve 3,6 milyar ABD \$ olarak gerçekleşmiş ve 2010 yılının ikinci yarısında aynı eğilimle devam etmesi halinde ithalatın 2010 yılı sonunda 4,6 milyon ton ve 7,3 milyar ABD \$ olarak gerçekleşeceği tahmin edilmektedir. 2009 yılına kıyasla miktar bazında % 19, değer bazında ise % 37 artacağı tahmin edilmektedir (Demirci ve Ergün, 2010).

Türk plastik sanayisinin dünya plastik sektörü içindeki payı 2003 yılında % 1,6 seviyesinde olup, Türkiye'nin plastik işleme kapasitesinin 2003 yılında Avrupa'da İspanya'dan sonra 6. sırada yer aldığı Şekil 6.'da görülmektedir. Bunun yanında Türkiye,

sentetik elyaf üretiminde ikinci, pencere profili üretiminde de üçüncü sırada yer almaktadır. 2003 yılında bir önceki yıla göre % 10 büyüyen sektör, 2004 yılının ilk altı ayında da önceki yılın aynı dönemine göre % 12'lik bir büyüme kaydetmiştir (Anonim, 2010a). Dünyada olduğu gibi Türkiye'de de plastik tüketimini yönlendiren başlıca sektörler arasında, ambalaj ve inşaat malzemeleri sektörleri yer almaktadır (Mulder, 1998).

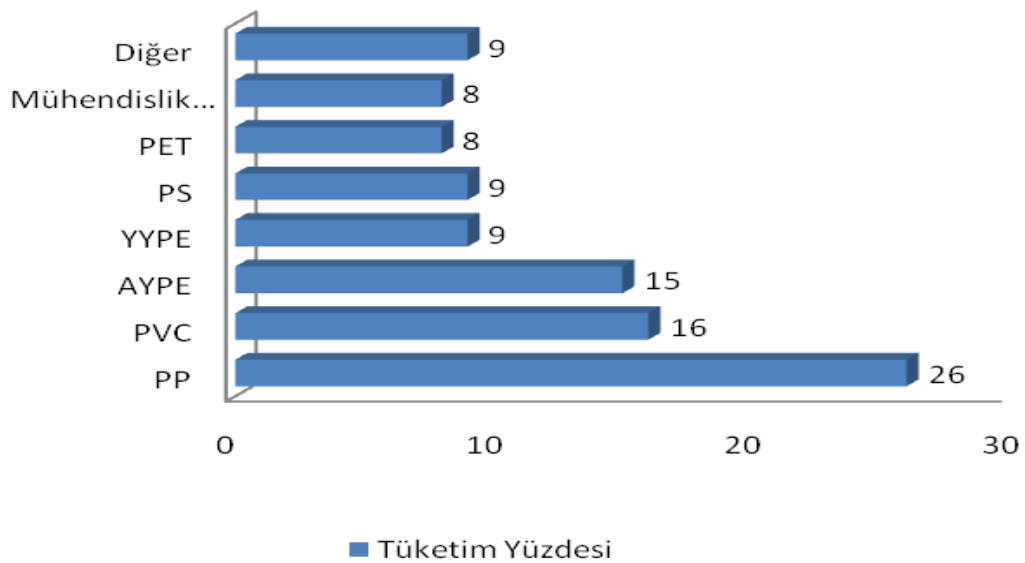
Çizelge 2. 2003-2007 yılları arası plastik pazarı (EPA, 2010)

Sektör	Kullanılan Plastik (Milyon Ton)				
	2003	2004	2005	2006	2007
Nakliye	2,4	2,4	2,4	2,3	1,7
Ambalajlama	12	13	13	13	13
Yapı & İnşaat	7,2	7,8	7,7	7,7	7,1
Elektrik/Elektronik	1,4	1,5	1,5	1,3	1,0
Mobilya & Mefruşat	1,7	1,7	1,7	1,7	1,5
Bireysel & Kurumsal	8,8	9,4	8,7	8,9	8,6
Endüstriyel/Makine	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Yapıştırıcılar/Boyalar/ Kaplamlar	0,6	0,6	0,6	0,6	0,5
Diğer	1,0	1,1	1,1	1,0	0,8
İhracatlar	4,5	5,0	4,9	5,0	6,2
Toplam Seçilmiş Plastikler	40	43	42	42	41



Şekil 6. Türkiye'nin 2003 yılı plastik tüketimindeki Avrupa'daki yeri (Anonim, 2008a).

Türkiye'de PE, PP, PVC ve PS ağırlıklı olarak tüketilmektedir. PE sera örtülerinde, sulama borularında, ambalaj filmlerinde, varil, bidon ve şişe üretiminde ve ev eşyalarında, PP çuval, big-bag, oryente edilmiş film ve sentetik elyaf üretiminde, sıhhi tesisat borularında ve ev eşyalarında, PVC ambalaj filmlerinde, suni deri üretiminde, profil, lambri ve borularda, PS ise ambalaj kaplarında ve ev gereçlerinde yoğun kullanım alanına sahiptir (Anonim, 2008a). Türkiye'de tüketimin plastik türlerine göre dağılımı Şekil 7.'de verilmiştir.

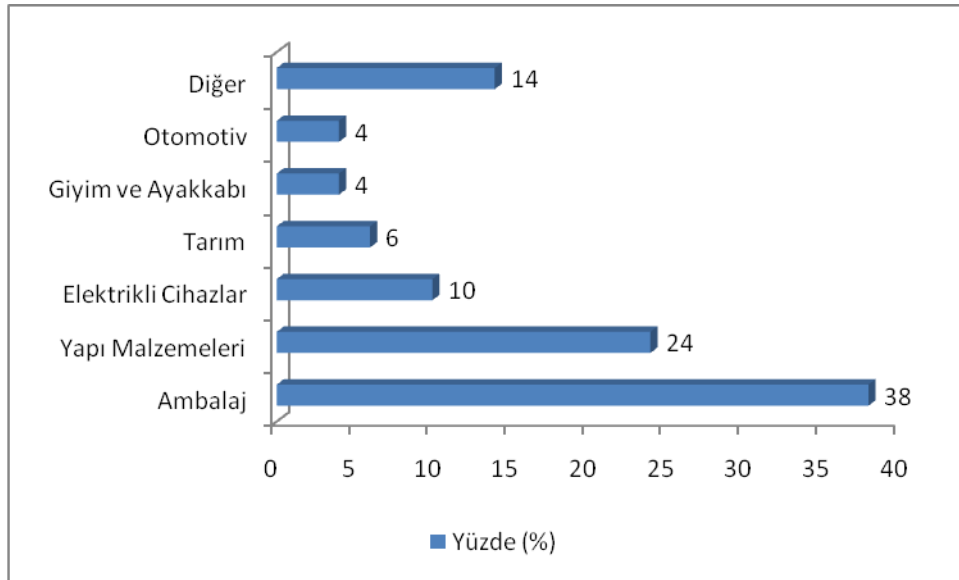


Şekil 7. Türkiye'de tüketimin plastik türlerine göre dağılımı (Anonim, 2008a).

Kişi başına plastik tüketiminin 1998 yılında ABD’de 98,1 kg, Batı Avrupa’da 69 kg, Çin’de 11,1 kg, Türkiye’de ise 30,4 kg olduğu görülmüştür (Tan ve ark., 2007). Dünya ülkelerine göre kişi başına plastik tüketimi Çizelge 3.’de verilmiştir. 1998 yılında dünyadaki plastik tüketimi 115 milyon ton olmuş ve Batı Avrupa’da 28,8 milyon ton, Türkiye’de ise 2,02 milyon ton olarak gerçekleşmiştir (Tan ve ark., 2007). Plastik sektörünün alt kollara dağılımı Şekil 8.’de görülmektedir.

Çizelge 3. Dünya ülkelerine göre kişi başına plastik tüketimi (Anonim, 2010a)

Ülkeler	2003 (kg)	2010 (kg)
Kuzey Amerika	104	133
Batı Avrupa	99	126
Doğu Avrupa	15	24
Japonya	85	105
Latin Amerika	22	28
Orta Doğu	9	11
Güney Amerika	17	25
DÜNYA	28	37



Şekil 8. Plastik sektörünün alt kollara dağılımı (Anonim, 2008a).

1990 yılında 86 milyon ton olan dünya plastik malzeme tüketimi, 2003 yılında 176 milyon tona ulaşmış olup 2010 yılında 250 milyon tona çıkması beklenmektedir.

Dünya plastik malzeme tüketimi bölgesel olarak değerlendirildiğinde Japonya dışındaki Güney Asya, Kuzey Amerika ve Batı Avrupa ülkelerinin en büyük paya sahip oldukları görülmektedir (Anonim, 2010a).

1960 yılında Dünya'daki plastik tüketimi 7 milyon ton civarındayken, bu değer 2000 yılında 160 milyon tona çıkmıştır. 2020 yılında Dünya'daki plastik tüketiminin 538 milyon tona çıkması beklenmektedir (Anonim, 2010b).

Dünyada kişi başı plastik tüketiminde 2003 yılı ortalaması 28 kg olarak gerçekleşmiş olup bu rakamın 2010 yılında 37 kg'a çıkması beklenmektedir. Kuzey Amerika ve Batı Avrupa ülkeleri ile Japonya kişi başına plastik tüketiminde ön sırada olup, bu ülkelerin plastik tüketimi dünya ortalamasının 4 – 5 katı düzeyindedir. Dünyada plastik hammaddelerinin tüketiminde artış hızı en yüksek plastiklerin polietilen tereftalat (PET) olduğu görülmektedir. K. Amerika, Güney Doğu Asya ve Batı Avrupa ülkelerinin dünya plastik malzeme üretiminde de, tüketimi yönlendiren ülkeler olarak ön sıralarda yer aldıkları görülmektedir. Dünya plastik tüketimini yönlendiren sektörlerin başında % 29 ile ambalaj sanayi, bunu takiben de % 24 ile inşaat sanayi gelmektedir (Anonim, 2010a).

YYPE üretiminde ABD ve Avrupa Topluluğu'nun, AYPE üretiminde Batı Avrupa ve Kuzey Amerika'nın, PVC üretiminde, Cezayir, Arjantin, Brezilya ve Orta Doğu ülkelerinin ön sıralarda yer aldıkları görülmektedir. Sanayileşmiş olan ülkelerde ekonomik krizlerin olumsuz yönde etkilediği bir sektör olan PS üretim sektörü, fazla artış göstermeyen bir eğilim sergilemektedir. Avrupa Topluluğu ve Kuzey Amerika dışında; Güney Amerika ve Orta Doğu ülkeleri en çok PS üreten ülkeler arasında yer almaktadır (Anonim, 2008d).

Katı atık içinde Türkiye'de ağırlıkça % 5–9, hacimce ise % 15–20 oranında plastik bulunmakta olup, piyasaya yılda yaklaşık olarak 500.000 ton plastik ambalaj sunulmaktadır. Almanya'da katı atık içinde plastik miktarı 1990'lı yıllarda % 30 iken hacimce bu değer % 50 değerindeydi. İngiltere'de katı atık içindeki plastik miktarı % 8–11 arasında değişmektedir. ABD'de katı atıkların % 62'si depolanmakta olup, 1960 yılında çöp içinde plastik miktarı % 0,5 iken 1996 yılında bu değer % 12,3'e çıkmıştır (Öztürk, 2005).

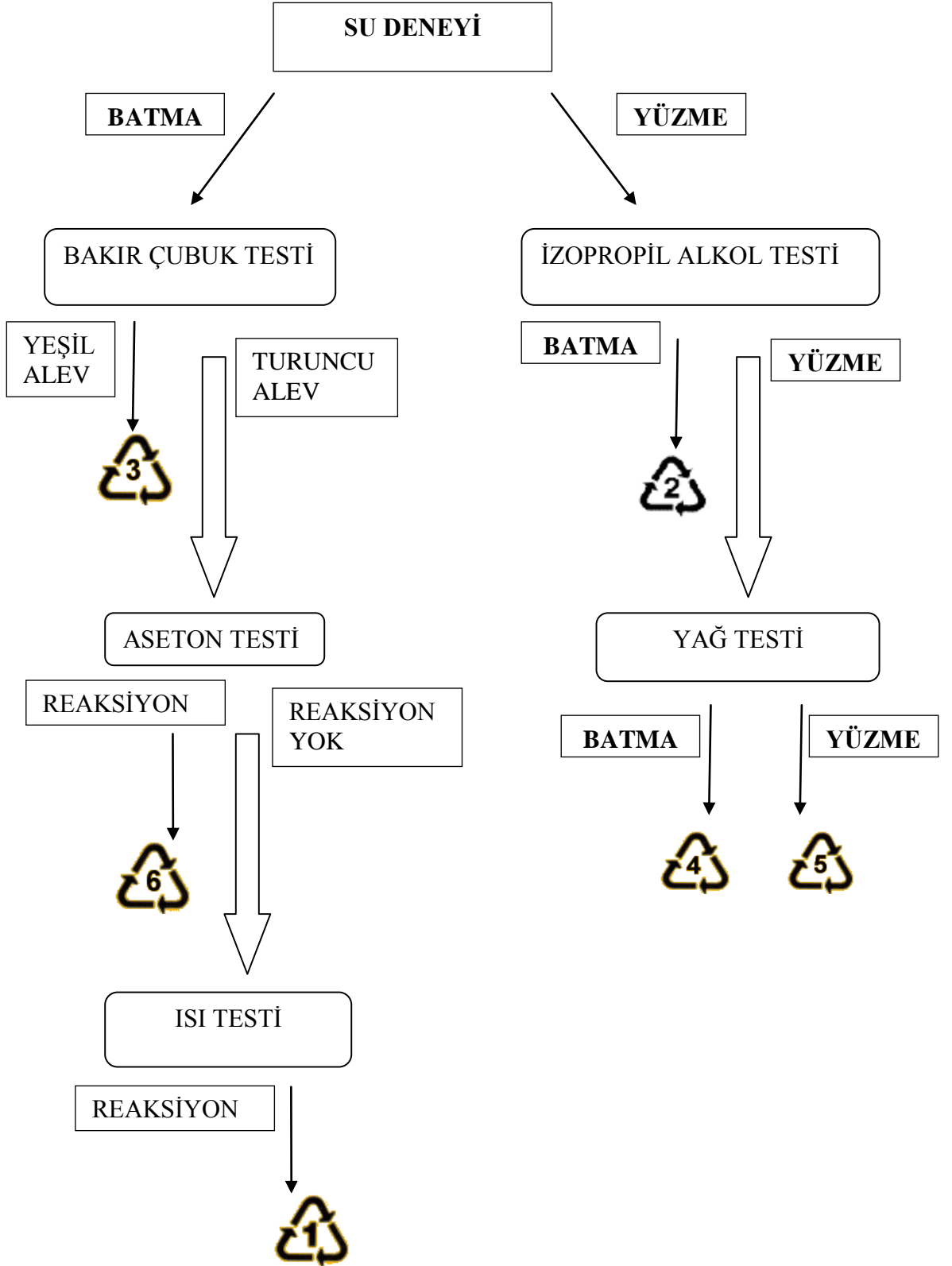
Çizelge 4. 2007 yılı Kuzey Amerika plastik türleri bazında plastik üretimi (EPA, 2010)

Plastik Tipi	Yıllık Miktarlar (Milyon Ton)
AYPE	4,0
LAYPE	6,8
YYPE	9,1
PP	9,7
ABS (Akrilo Nitril Bütadien Stiren)	0,6
Diğer Stirenikler	0,9
PS	3,0
Naylon	0,7
PVC	7,3
Termoplastik Polyester (PET dahil)	4,4
TOPLAM	46

ABD’de 1987 yılında kullanılan plastik miktarı 21.671.000 ton olup, paketlemede kullanılan malzemelerin ağırlıkça % 30’unu plastik malzemeler oluşturmaktadır. Fransa’da katı atık içindeki plastik miktarı % 15 oranındadır. Avusturya’da katı atık içindeki plastik miktarı % 17 oranında olup, 2000 yılı verilerine göre 127.000 ton plastik geri kazanılmıştır. 2000 yılı verilerine göre Avrupa’da 230.000 ton PET kaynağa ayrı toplanmış olup İngiltere’de piyasaya sürülen 1.679.000 ton plastiğin 205.000 tonu geri kazanılmıştır. Almanya’da plastik maddelerin % 60’ı geri kazanılmakta, bu plastiklerin yaklaşık olarak % 24’ü mekanik veya enerji geri kazanmak amacı ile % 36’sı ise mekanik olarak geri kazanılmaktadır. Gelişmiş ülkelerde katı atık depolama alanına giden ambalaj atığı miktarını azaltmak için depolama vergisi alınmakta depolama vergisi arttıkça da kaynağa ayrı toplama işlemi artmaktadır (Öztürk, 2005).

2.3. Plastik Türleri ve Üretimi

Plastiklerin kolay teşhis edilip ayrıştırılabilmeleri için kotlanmaları gerekmektedir. Bu kotlamalar plastik malzeme üzerinde kolay görülecek bir yerde olmalı ve kotlanmayan plastiklerin satışı önlenmelidir. Plastikleri teşhis etme yöntemleri Şekil 9’da verilmiştir. PET, YYPE, PVC, AYPE, PP, PS ve diğerleri piyasada en çok kullanılan plastiklerdir (Goodship, 2007). Bu plastiklerin özellikleri aşağıda verilmiştir.



Şekil 9. Plastikleri teşhis etme yöntemleri (Öztürk, 2005).

2.3.1. Polietilen Tereftalat (PET)

PET'lerin yoğunluğu ortalama $1,40 \text{ gr/cm}^3$ 'tür (Goodship, 2007). Maksimum kullanılabilir sıcaklığı $60 \text{ }^\circ\text{C}$ olan PET'lerin teşhis etme kodu 1'dir. Orta sertlikte ve çok kullanılan bir plastik olan PET; yarısaydam, açık veya hafif renkli, suda yüzebilen ancak köpük yapılamayan bir plastik türüdür. PET'ler, $250 \text{ }^\circ\text{C}$ gibi yüksek erime sıcaklığına sahip, hızlı yanan, alevi renksiz olan, yanarken mum kokusu ve sönerken beyaz duman veren plastiklerdir (Anonim, 2008b).

2.3.2. Yüksek Yoğunluklu Polietilen (YYPE)

Orta sertlikte yarı saydam veya renkli bir plastik olan YYPE'nin yoğunluğu $0,94 - 0,96 \text{ gr/cm}^3$ 'tür (Andrady, 2003). Maksimum kullanılabilir sıcaklığı $120 \text{ }^\circ\text{C}$ ve teşhis etme kodu 2' dir (Anonim, 2008b). YYPE'de lineer bir molekül yapısı olmakla birlikte dallanma çok azdır. Kristalliğin artmasıyla sertlik artmakta olup, mekanik ve kimyasal özellikler iyileşmekte ve sıvıyla gazlara karşı dayanıklılık artmaktadır (Anonim, 2008d).

2.3.3. Poli Vinil Klorür (PVC)

PVC'lerin yoğunluğu ortalama $1,40 \text{ gr/cm}^3$ 'tür (Goodship, 2007). Maksimum kullanılabilir sıcaklığı $70 \text{ }^\circ\text{C}$ olup teşhis etme kodu 3'dür. Parlak bir yüzeye sahip PVC'nin sert ve esnek olmak üzere iki tipi bulunmakta olup, iyi bir fiziksel özelliğe ve kimyasal dirence sahip olduğu bilinmektedir. PVC yakıldığında çok asidik özelliğe sahip hidrojen klorür gazı ve kanserojen dioksin ve furan gibi kirleticiler oluşmaktadır (Anonim, 2008b).

2.3.4. Alçak Yoğunluklu Polietilen (AYPE)

AYPE'lerin yoğunluğu $0,91-0,93 \text{ gr/cm}^3$ aralığında değişmektedir (Andrady, 2003). Maksimum kullanılabilir sıcaklığı $80 \text{ }^\circ\text{C}$ olup teşhis etme kodu 4'dür. Erime sıcaklığı $120 \text{ }^\circ\text{C}$ olup, esnek ve buruşmaz bir yapıya sahiptir. AYPE'ler genellikle esnek ve saydam bir yapıda olduğundan en çok film hammaddesi olarak kullanılmaktadırlar (Anonim, 2008b).

2.3.5. Polipropilen (PP)

PP 'nin ortalama yoğunluğu $0,90 \text{ gr/cm}^3$ 'tür (Goodship, 2007). Maksimum kullanılabilir sıcaklığı $135 \text{ }^\circ\text{C}$ olup teşhis etme kodu 5'dir. Suda yüzebilen fakat köpük olmayan yarı saydam bir plastik olan PP ısıya, kimyasal maddelere ve aşırı yorulmaya dayanıklı bir maddedir. PP'ler orta sertlikte ve parlaklıkta plastikler olup, paketlemede

kullanılan plastiklerin en düşük yoğunluklu olanıdır. Sıcak toluende çözünebilen PP, yavaş yanar ve yanan bir yakıt gibi kokar (Anonim, 2008b).

2.3.6. Polistiren (PS)

PS'nin ortalama yoğunluğu 1,05 gr/cm³'tür (Andrady, 2003). Maksimum kullanılabilir sıcaklığı 70°C olup teşhis etme kodu 6'dır. Köpük olarak kullanılabilen, oldukça sert, parlak ve kırılabilir bir plastik olup çok amaçlı kullanılabilir. Çok pahalı olmayan bir reçine olup düşük erime noktasına sahiptir. PS hızlı yanan, kuvvetli gaz kokusu yayan, önemli miktarda kurum üreten ve asetonlu ortamda hızla kabilen bir plastik türüdür (Anonim, 2008b). Uçuculuğu ve kolay işlenmesi sayesinde tahta, kağıt ve metallerin yerini almıştır (Anonim, 2008d).

2.4. Plastiklerin Kullanım Alanları

2.4.1. PET Plastikler

PET'ler lastik kordonu, elbise elyafı, halıcılıkta ve şişe yapımında kullanılmaktadır (Anonim, 2008d). Boyutları çeşitli olmakla birlikte içme suyu, meyve suyu ve bitkisel yağ şişeleri, fıstık yağı kavanozu, mikro dalga gıda tepsi örtüsü, salata kapları PET plastiklerden yapılmakta olup son yıllarda levha uygulamaları artış göstermektedir (Anonim, 2008b).

PET filmler, monofilament üretiminde, manyetik şerit, röntgen, fotoğraf filmi ve elektriksel yalıtım malzemesi olarak endüstriyel uygulamalarda öne çıkmaktadır. Kaynatma torbaları, damıtma keseleri, et ve peynir ambalajı büzme filmler de PET filmlerin ambalaj uygulamalarını oluşturmaktadır (Anonim, 2008d).

2.4.2. YYPE Plastikler

Meyve suları, süt, su, sıvı deterjanlar, motor yağları, çamaşır suları, şampuanlar ve losyonların kapları üflemler kalıba dökmeli YYPE'den üretilmektedir (Anonim, 2008b). Yiyeceklerin paketlenmesinde kağıdın yerini almakta olan YYPE'lere sıkça rastlanmakta olup; kasa, yeraltı kanalları ve büyük boy eşya yapımında da YYPE'ler kullanılmaktadır. Sebze, meyve, şişe ve balık, ekme vb. gibi diğer ürünlerin paketlenmesinde kullanılan kasalar, özellikle sulamada kullanılan su boruları, şişirme kalıplamalı kaplar için tapa, kapak ve kulplar YYPE'den üretilmektedir (Anonim, 2008d).

Ayrıca YYPE telefon kablolarının izolasyonunda sertliği ve organik çözücülere dayanıklı olmasından dolayı yaygın olarak kullanılmaktadır. YYPE'nin kullanım alanları

arasında; enjeksiyon kalıplama ürünleri, şişirme kalıplama ürünleri, film ve levha üretimi vb. bulunmaktadır (Anonim, 2008d).

2.4.3. AYPE Plastikler

Pürüzsüz, esnek ve nispeten saydam olmasından dolayı AYPE plastikleri film hammaddesi olarak en çok kullanılan plastiklerdendir. Ayrıca çuval, büzgü ve germe şalı, çöp torbası, bakkal torbaları, margarin tüpleri, hardal ve kahve kabının esnek kapaklarının yapımında kullanılmaktadır (Anonim, 2008b). Ayrıca yiyecek paketleri, inşaat örtüsü, ziraat örtüleri, kağıt, kumaş gibi yüzeylerin kaplaması da AYPE'den yapılmaktadır. Bu kaplama, yüzeye sertlik verdiği gibi yüzeyin düzgün olmasını sağlar ve dış şartlara karşı direncini artırır (süt kapları, meyve suyu kutuları vb.) (Anonim, 2008d).

2.4.4. PVC Plastikler

PVC genellikle; su temini, dağıtımı ve zirai sulamada kullanılan basınçlı sert boruların üretiminde, kanalizasyon, elektrik kanalı ve telefon kanalları gibi basınçsız boruların yapımında kullanılmaktadır. PVC evlerde sıcak su sistemlerinde, ayrıca binalardaki pencere çevresi, oluk, bina içi süslemeler, yer karoları, yer döşemesi, tel, kablo ve buzdolabı contaları, mutfak eşyaları, ayakkabı ve dış giyim, plak, spor eşyaları ve oyuncak yapımında karşımıza çıkmaktadır. Ayrıca nakil vasıtalarındaki döşeme, taban paspasları, araba kabloları, arabanın iç ve dış aksesuarlarında kullanılmaktadır (Anonim, 2008d).

Şampuan şişeleri, bitkisel yağlar, çamaşır suyu ve sıvı deterjan kapları, sıvı motor yağı şişeleri, pencere temizleme ürünleri, et kapları, ketçap şişeleri PVC'den yapılmaktadır. Birçok gelişmiş ülkede PVC'nin sağlık ve çevresel etkisi hakkındaki halkın endişesinden dolayı gıda sektöründe kullanımı azaltılmakta veya kaldırılmaktadır (Anonim, 2008b).

2.4.5. PS Plastikler

Et ve yumurta kartonları, et tepsipleri, koruyucu paketleme, fast-food paketleme kapları, su bardağı, kapaklar PS plastiklerden yapılmaktadır (Anonim, 2008b).

PS; ayna ve resim profillerinde, inşaat sektöründe çok geniş tüketim sahası bulmaktadır. Çikolata, şeker ve pasta paketlerinde, havalandırma üniteleri, buzdolabı ve dondurucu parçalarında, radyo, TV, stereo kapakları imalinde kullanılmaktadır. Alevlenmeyi önleyici katkıları içeren reçineler, PS'nin TV kutusu imalinde kullanımını

kolaylaştırmaktadır. PS'den imal edilen paneller, oda ayırıcısı, duş kapakları ve aydınlatma panelleri olarak kullanılmakta olup, darbeye dayanıklı PS'e, ev aletleri, ayakkabı topukları, oyuncak imalinde sıkça rastlanmaktadır. Ayrıca PS ile cam kesitli kutular, tıbbi cihazlar, taraklar, şişeler imal edilmekte, köpük polistiren ise izolasyonda, inşaatta ve paketlemede yaygın olarak kullanılmaktadır (Anonim, 2008d).

2.4.6. PP Plastikler

PP kullanımı; çok kullanışlı menteşe imaline, ilaç kutularından kabin kalıplarının üretimine kadar pek çok alana yayılmıştır. Yemek ve sigara ambalajında berrak ve sert filmler, gömlek ve çorap gibi ürünlerin üretiminde de berrak ve daha yumuşak filmler kullanılmaktadır. Ayrıca halılarda ve döşemecilik sanayinde, elyaf türü örme ve dokuma sanayinde üretilen birçok malzeme, müzik plağı ambalajları PP'den üretilmektedir. PP dokuma olmayan kumaşlardan ise; halı altlığı, atılabilir hastane örtüsü vb. ürünlerin yapımında faydalanılmaktadır. Bunların dışında da boru, profil, ince levha, şişe, sterilize edilebilen sağlık malzemesi, balık ağı, halat, akü kutusu, çuval, çeşitli ev ve mutfak eşyası vb. ürünlerin üretiminde de PP tercih edilmektedir (Anonim, 2008d).

Ayrıca ketçap şişeleri, margarin kapları, yoğurt kapları ve bazı kaplar ve kapaklar PP plastiklerden yapılmaktadır (Anonim, 2008b).

2.5. Plastik Geri Kazanımı ve Önemi

1980 yılında dünyamızda toplam 61 milyon ton plastik üretilmiş, 1990'larda bu miktar % 130 artışla 140 milyon tona ulaşmıştır. İmal edilen bu plastik malzemeler kullanım ömürlerini tamamladıktan sonra plastik atık haline gelip atılmaktadır. Türkiye'de en çok YYPE, AYPE, PP, PVC, PS ve PET gibi plastik maddeler işlenmektedir (Anonim, 2008d).

Günlük hayatımızın bir parçası olan plastikler, pek çok dezavantajına rağmen; kolay şekil alma, elastikiyet, nakliyyede rahatlık ve ucuzluk gibi nedenlerden dolayı tercih edilen malzemeler olmuşlardır. Ancak plastikler çevre kirliliği açısından en büyük sorunlardan biri haline gelmiştir (Page, 1992).

Petrolde elde edilen sentetik polimerler, plastik atık olarak doğaya terk edildiklerinde, toprakta uzun süre parçalanamadığından çevre kirliliğine ve toksik madde birikimine neden olmaktadır (Beyatlı, 1996).

Atık teşkil eden plastiklerin yeniden değerlendirilmesinin bir boyutu da ekonomidir. Kimyasal maddelerin yoğun olarak üretilmesi ve bu maddelerden imal edilen plastiklerin

yeniden değerlendirilerek ekonomiye kazandırılması sağlanmalıdır (Anonim, 2008d).

2.5.1. Plastiklerin Geri Kazanımının Temel Nedenleri

Kullanım ömürlerinin sonlanmasıyla birlikte atık haline gelen plastiklerin geri kazanılması oldukça büyük önem teşkil etmektedir. Öztürk (2005), yaptığı çalışmada plastikleri geri kazanmanın nedenlerini şu şekilde sıralamıştır.

- 1- Birçok ülkede katı atık depolama alanlarında uygulanan vergilendirme ve katı atıkların bertaraf ücretlerinin artması nedeniyle plastiklerin geri kazanılması hızlanmıştır. Depolama alanlarında hacimsel olarak büyük yer işgal ettikleri için depolama alanlarının ömrünü kısaltmaktadırlar.
- 2- Plastik üretiminde orijinal maddelerin yanı sıra geri kazanılan ürünlerin de kullanılmaya zorlanması geri kazanımı ön plana çıkarmıştır. Geri kazanılan plastiklerin ücreti orijinal plastiklerin fiyatlarından daha yüksek olmakla birlikte çoğu ülkede kullanılmış ambalaj malzemelerinden yeni ürünler üreten sanayi oluşturulmuştur.
- 3- Geri kazanılmış plastiklerden yapılmış ürünlere pazar talebinin teşvik edilmesi ile plastiklerin geri kazanılması hızlandırılmıştır.
- 4- Petrol ürünlerine yapılan zamlar plastik atıkların geri kazanılmasını hızlandırmıştır.
- 5- Plastik sektöründe, kullanılmış plastiklerden yeni plastik ürünlerinin üretilmesi atık plastiğe talebi arttırmaktadır (Öztürk, 2005).

2.5.2. Plastikleri Geri Kazanmanın Önemi

Plastik geri kazanımı çevresel açıdan olduğu kadar ekonomik açıdan da büyük önem arz etmektedir. Plastiklerin geri kazanılıp tekrar kullanıma sunulmasıyla;

- 1- Plastik hammadde kaynakları korunmaktadır.
- 2- Doğada kalıcı kirliliğin önüne geçilerek, geri kazanılmış plastiklerden birçok yeni malzeme üretilebilmektedir.
- 3- Plastik üretiminden meydana gelen enerji tüketimi azalmakta, atık plastiklerden de enerji üretimi yapılabildiğinden enerji tasarrufu sağlanmaktadır.
- 4- Katı atık depolama alanlarının ömürleri uzamaktadır.
- 5- Geri kazanımla birlikte yeni iş istihdam alanları oluşmaktadır.
- 6- İsveç, Danimarka ve İsviçre gibi ülkelerde evsel atıklardan geri kazanılan plastiklerin yakılmasıyla bölgenin toplam ısınma ihtiyacının % 56-72'si

karşılanmaktadır.

- 7- Günümüzde araçların tamponları dahil olmak üzere motorların bazı parçaları, bağlantı elemanları, yakıt tankları ve araçların % 25-30 yedek parçalarının plastiklerden yapılarak araçların yakıt tüketimi % 5 azaltılmaktadır (Öztürk, 2005).

2.5.3. Plastik Atıkların Kaynağı

Atık plastikler, kaynaklarına göre proses atıkları ve kullanım sonrası atıklar olmak üzere iki sınıfta incelenebilmektedir.

Plastik fabrikalarında ve imalathanelerinde üretim yapılırken üretilen malzemelerin çapaklarının alınması veya üretim hatasından kaynaklanan atıklar proses atıklarıdır. Proses atıkları toplam üretimin % 10'unu oluşturmakta olup genellikle temiz olarak nitelendirilirler (Tan ve ark., 2007).

Kullanım sonrası atıklarla ilgili birçok sınıflanma yapılmakta olup bu tip atıkların oluştukları sektörlerle göre incelenmesi gerekmektedir. Bunlar;

1. Evsel atıklar
2. Tarım ve bahçecilik sektörleri (tarımda kullanılan örtü filmleri ve ambalaj malzemeleri),
3. Depolar, toptancılar ve dağıtıcı ticaret kuruluşları,
4. Diğer sanayi kuruluşları,
5. Taşıt karoserleri, beyaz eşya ve çeşitli metal atıkların toplanarak preslendiği ve demirli veya demirsiz metallerin elde edildiği "parçalama tesisleri" (Güler ve Çobanoğlu, 1997).

2.5.4. Geri Kazanım Yöntemleri

Kullanım sonrası ve proses sonucu oluşan plastik atıkların değerlendirilmesinde dört ana yöntem uygulanmaktadır. Bunlar birincil, ikincil, üçüncül ve dördüncül geri kazanım yöntemleridir (Tan ve ark., 2007).

2.5.4.1. Birincil Geri Kazanım

Birincil geri kazanımda temel amaç atık plastiklerden, orijinal polimerlerden elde edilen ürünlere eşdeğerde ürünler elde etmektir. Bu yöntemde mekanik kırıcılarda boyutları küçültülen atık plastikler orijinal plastiklerle karıştırılarak tekrar işlenmektedir. Bu yöntemde özellikle proses atıklarının yeniden kullanılması ve kullanım sonrası

atıklardan temiz olarak toplanabilen toptan dağıtım merkezlerinde açılan büyük koli paketlenmelerinde kullanılan kirlenmemiş ambalaj plastikleri kullanılmaktadır. Bu tip atıkların geri kazanılması ucuz olduğu kadar da basit olmakla birlikte, eğer plastikler herhangi bir madde ile ya da dış etkilerle kirlenmişse bunlara uygulanacak işlemler daha karmaşık ve pahalı olmaktadır. Bu yöntemin atık plastıklere uygulanabilmesi için temel unsur, orijinal polimerden elde edilen ürüne eşdeğer özellikte ürün elde etmektir (Tan ve ark., 2007).

2.5.4.2. İkincil Geri Kazanım

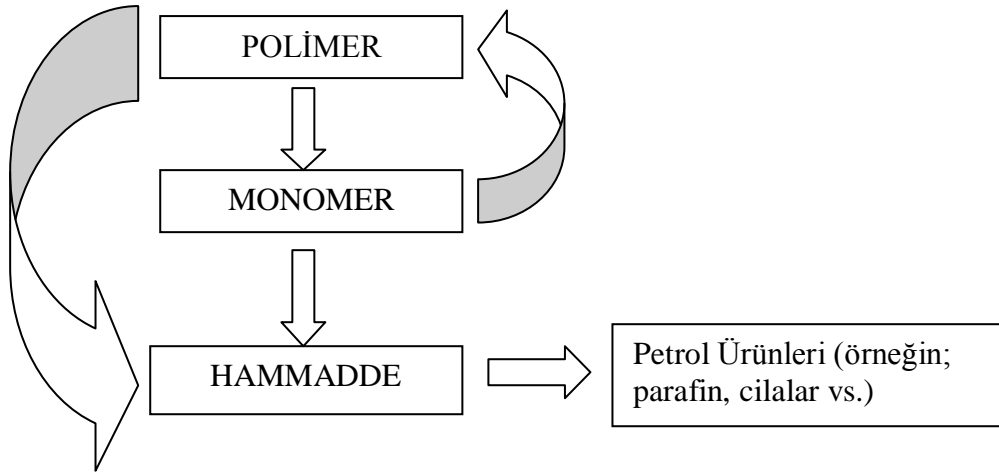
Orijinal polimerden elde edilen ürüne eşdeğer olmayan ikincil kalitede mamul üretimine yönelik atık plastik geri kazanım yöntemidir (Andrady, 2003). Bu yöntemde kullanım sonrası kirlenmiş plastik atıklar eritilerek ekstruderden geçirilmekte temizleme, kurutma vb. işlemlerden sonra bir kırıcıyla küçük boyutlara ayrılarak tekrar işlenmektedir. Bu işlemler genel olarak üretim sırasında polimerin içine fazla katkı maddesi katılması ve kullanım sonrasında kirlenmeden dolayı kalitesinde düşmeler olan plastik atıklara uygulanmaktadır. Bu yöntemle geri kazanılan plastik atıklar genel olarak ikinci sınıf kalitesiz mamullerin üretiminde kullanılmaktadır (Tan ve ark., 2007).

Birincil ve ikincil geri kazanım mekanik geri kazanım olarak da bilinmektedir. Bu yöntemle geri kazanılan plastikler ürünle aynı ya da farklı özelliklerde olabilmektedirler (Goodship, 2007).

2.5.4.3. Üçüncül Geri Kazanım (Kimyasal Geri Kazanım)

Üçüncül geri kazanım plastik malzemelerin, yeni petrokimyasal malzeme ve plastiklerin üretiminde hammadde şeklinde kullanılarak genellikle sıvı ve gazlar olmak üzere daha küçük moleküllere dönüştürülmesi prosesidir (Al-Salem ve ark., 2009). Kimyasal geri kazanım olarak da tanımlanan üçüncül geri kazanımda temel amaç atık plastiklerden, plastiğin üretildiği polimerin monomerinin, orijinal polimerinin ya da diğer amaçlar için kullanılmak üzere çeşitli kimyasal maddelerin üretilmesidir (Tan ve ark., 2007).

Hammadde geri kazanımı ve kimyasal geri kazanım olarak da bilinen üçüncül geri kazanımda plastiklerden yeni polimerlerinin üretimi için gerekli olan hidrokarbon ve yağ bileşenleri yeniden elde edilmektedir (Goodship, 2007).



Şekil 10. Polimerlerin kimyasal geri kazanımı (Goodship, 2007).

Kimyasal terimi, polimerin kimyasal yapısında bir değişiklik görülmesi nedeniyle kullanılmaktadır. Kimyasal geri kazanımın ürünleri yakıt olarak kullanılmaya uygun ürünlerdir. Kimyasal geri kazanımın başarısının arkasında, verimli ve sürdürülebilir bir endüstriyel akış, yüksek ürün verimi ve minimum atık sağlayan depolimerizasyon teknolojisi vardır. Kimyasal geri kazanım kapsamında kullanılan teknolojiler arasında piroliz, gazlaştırma, sıvı-gaz hidrojenasyonu, viskozite azaltımı, buharlı veya katalitik parçalama ve plastik atıkların patlamalı fırınlarda indirme elemanı olarak kullanılması gibi teknolojiler sayılabilir. Bu teknolojiler özellikle petrokimya endüstrisinde de sıklıkla kullanılmaktadır (Al-Salem ve ark., 2009).

Hali hazırda termoliz, katalitik parçalama ve buharla parçalama işlemleri, plastik katı atıklardan farklı yakıt türlerinin elde edilmesi için kullanılan ve özellikle üzerinde durulan yöntemlerdir (Al-Salem ve ark., 2009).

Termal işlemler, katı atıkların ısı salınımı ile dönüşüm ürünlerine çevrildiği yöntemler olarak tanımlanabilir. Termal işlemlerin hacim azaltımı ve enerji geri kazanımı gibi iki temel amacı vardır. Uygulanan teknolojiler genelde, ihtiyaç duydukları hava miktarına göre sınıflandırılırlar.

- 1- **Piroliz:** Oksijensiz ortamda gerçekleşen termal bir prosestir. Piroliz prosesi düşük sıcaklıkta ve yüksek sıcaklıkta piroliz olmak üzere iki çeşittir. Düşük sıcaklıktaki piroliz 400- 600 °C'de, yüksek sıcaklıktaki piroliz işlemi ise 750-950 °C'de gerçekleşir.
- 2- **Hidrojenasyon:** Yüksek hidrojen veya karbonmonoksit ortamında gerçekleştirilen bir piroliz çeşididir.

- 3- Gazlaştırma: Sınırlı düzeyde havayla ve herhangi bir yakıt kullanarak gerçekleştirilen kısmi bir yanma prosesidir (Goodship, 2007).

2.5.4.4. Dördüncül Geri Kazanım (Yakma İle Enerji Kazanımı)

Dördüncül geri kazanım plastik atıklardan ısı geri kazanımı için yapılan bir yakma işlemi olup, plastik atıklar yakılarak enerjisinden faydalanılmaktadır (Goodship, 2007). Bu yöntem son yıllarda çıkan çevre kanunları ve diğer yaptırımlar nedeniyle en son düşünülmesi gereken yöntemlerden biridir. Bunun yanında atıkların yakılması sonucu meydana gelebilecek toksik özellikteki gazlar nedeniyle insan sağlığı açısından da sakıncalı bir yöntemdir (Tan ve ark., 2007).

2.5.5. Geri Kazanım Yöntemlerinin Değerlendirilmesi

Geri kazanım yöntemlerinden birincil ve ikincil geri kazanım yönteminin ekonomik olarak avantajlı olduğu ancak plastiklerin tekrar eritilip şekillendirilmesinde esneklik ve dayanıklılık gibi önemli olan niteliklerinde düşme olduğu görülmektedir. Geri kazanımda sürekli aynı mamulü elde etmek mümkün olmamakta ve her işlemde ürün kalitesinde düşmeler gerçekleşmektedir.

Dördüncül geri kazanım da ise plastik atıkların yakılması kaynak israfı olmasının yanı sıra, yakma esnasında baca gazlarında bulunan furan, dioksin ve ağır metal buharları gibi zararlı gazların giderilmesi ve kontrolü pahalı yatırımlar olduğundan, plastik atıkların yakılması en son düşünülmesi gereken yöntem olmalıdır. Bu yöntemler içinde geriye kalan en uygun yöntem üçüncül geri kazanımdır. Gerek çevresel ve gerekse ekonomik olarak sorunları olmasına rağmen gelecek vadeden bir yöntem olması sebebiyle, günümüzde dünyada üzerinde en çok çalışılan yöntemdir (Tan ve ark., 2007).

Ekonomik olarak kendini ispatlamış bir proses geliştirilememiş olmasına rağmen, üçüncül geri kazanım yöntemi dünyada hızlı gelişme göstermektedir. Bu geri kazanım yöntemiyle elde edilen katı, sıvı veya gaz ürünlerin; kimya, petrokimya fabrikalarında ve rafinerilerde hammadde olarak kullanılması için bazı prosesler uygulanma aşamasına getirilmiştir (Tan ve ark., 2007).

Kimyasal geri kazanımda kullanılan bazı termal yöntemlerin, klasik yakma işlemlerine göre olan üstünlükleri aşağıda verilmiştir;

- Çevresel bakımdan daha temiz teknolojilerdir ve çok daha düşük emisyonlar üretmektedirler.

- Kül benzeri kalıntıların miktarında meydana gelen azalma ve birim hacim ağırlığındaki artış, kalıntıların taşınması ve düzenli depolanması işlemlerindeki maliyeti azaltmaktadır.
- Bu yöntemler ile plastiklerin normal işlemlerle yakılmasından daha yüksek miktarlarda enerji elde edilmesi mümkündür.
- Yakıtı dönüştürme işlemleri, standart yakma işlemlerine göre toplam verimlilik bakımından daha verimli prosesler olarak ortaya çıkmaktadır. (Goodship, 2007).

2.6. Plastik Türlerinin Geri Kazanımı

2.6.1. PE Geri Kazanımı

Çok kullanılan plastik türlerinden biri olan PE, granül haline getirildikten sonra ikincil ürün olarak kullanılmaktadır. PE geri kazanımında ilk olarak gelen malzeme ayıklandıktan sonra kırma makinesinde kırılarak 5-6 mm boyutlarında çapaklar haline getirilir. Makineden çıkan çapaklar suya atılarak özgül ağırlığının (0,91) az olması nedeniyle PE'nin su yüzeyinde tutulmasıyla ayrılır. Daha sonra baskı işlemine geçilir veya PE granül / çapak haline getirilir. Granül halindeki plastiklerden de yeni plastik ürünler üretilir (Anonim, 2008d).

2.6.2. PVC Geri Kazanımı

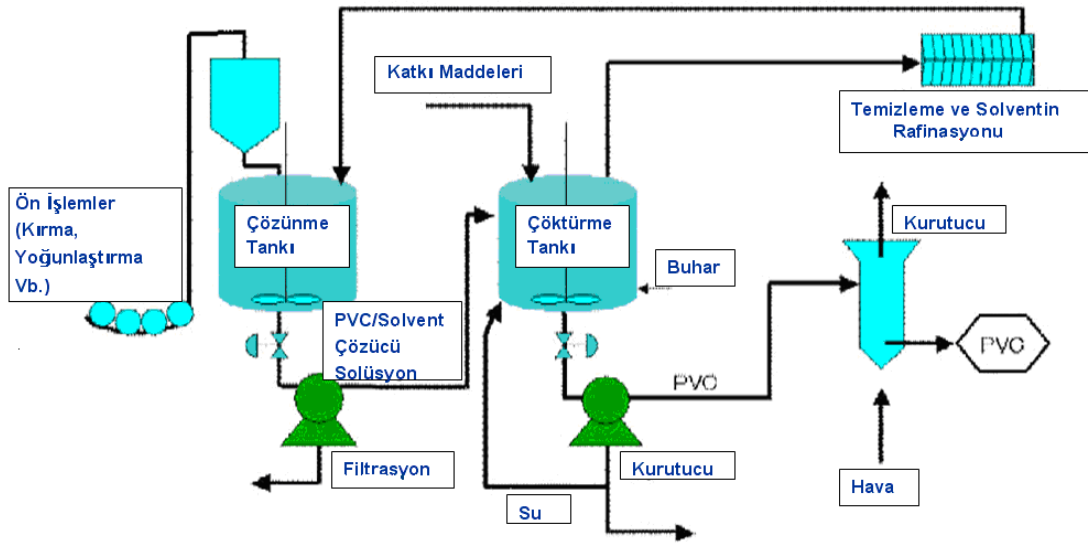
PVC'nin geri kazanımında 4 ana proses mevcuttur. Bu prosesleri şöyle sıralayabiliriz;

- Kırma prosesi
- Çözdürme prosesi
- Çöktürme prosesi
- Solvent geri kazanma prosesi

İlk olarak PVC içeren atık malzemeler kırıcılarda uygun tanecik büyüklüğüne getirilir. Daha sonra çözdürme prosesine geçilir. Karışımdan PVC'yi ayırmak için seçici çözücü olarak solvent kullanılarak çözünmeyen maddelerden ayrılması sağlanır. Üçüncü aşama olan çöktürme prosesinde ise karışım buharla muameleye sokularak solvent içindeki katı haldeki PVC malzemenin çökerek ayrılması sağlanır. İşlem sonunda geri kazanılan PVC ile işlenmemiş PVC'nin fiziksel özellikleri birbirine eşdeğer durumdadır. PVC'nin geri kazanımında son proses olan solvent geri kazanımında ise buharlaşan solventin

yoğunlaştırılarak çözdürme tankına gönderilmesi sağlanır (Anonim, 2008e).

Bu teknoloji atık materyaller içinden PVC'nin ayrılmasını mümkün kılmaktadır. Bu teknolojinin kullanılmasıyla fiziksel özellik bakımından işlenmemiş PVC ile eşdeğer malzeme geri kazanılmış olmaktadır. Ayrıca bir diğer yarar ise PVC'nin içinde bulunan plastikleştiriciler ve katkı maddeleri de çözüldüğü için bu maddeleri yeniden eklemeye gerek kalmayacaktır (Anonim, 2008e). Aşağıda Şekil 11.'de PVC geri kazanım proses akım şeması verilmiştir.



Şekil 11. PVC geri kazanımı proses akım şeması (Anonim, 2008e).

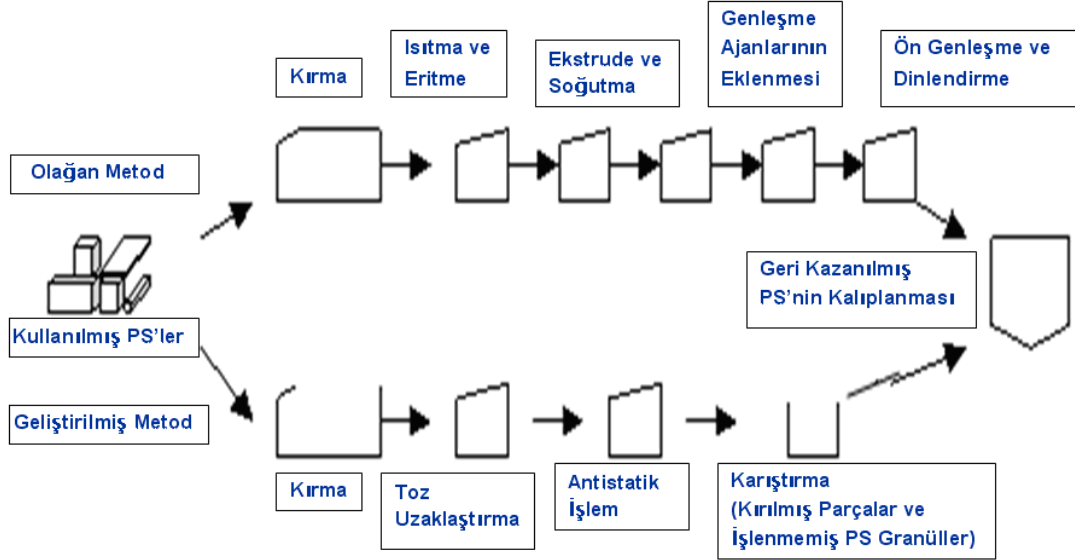
2.6.3. PS Geri Kazanımı

PS geri kazanımında genellikle ilk olarak kırıcılarda parçalanan PS atık plastikler daha sonara eritilerek ekstrude edilip soğutulur. Daha sonra genişleme ajanları eklenir ve ön genişleme sağlandıktan sonra dinlendirilir. Son olarak da kalıplama işlemi yapılır (Anonim, 2008g).

Geliştirilen yeni bir metotta ise kırma işleminin ardından toz uzaklaştırma işlemiyle devam edilen proseste antistatik işlem uygulanır. Bu işlemin ardından kırılmış PS parçalar ve işlenmemiş PS granüller karıştırılarak kalıplama işlemine tabi tutulurlar (Anonim, 2008g).

Geliştirilen bu yöntem sayesinde işlenmemiş PS'ye eşdeğerde ürün elde edilebilmektedir. Homojen karışım sağlandığında yeniden kullanım oranı % 50 ve üzerine çıkabilmektedir. Bu proses sayesinde fabrika üretim atıklarından da faydalanma olanağı

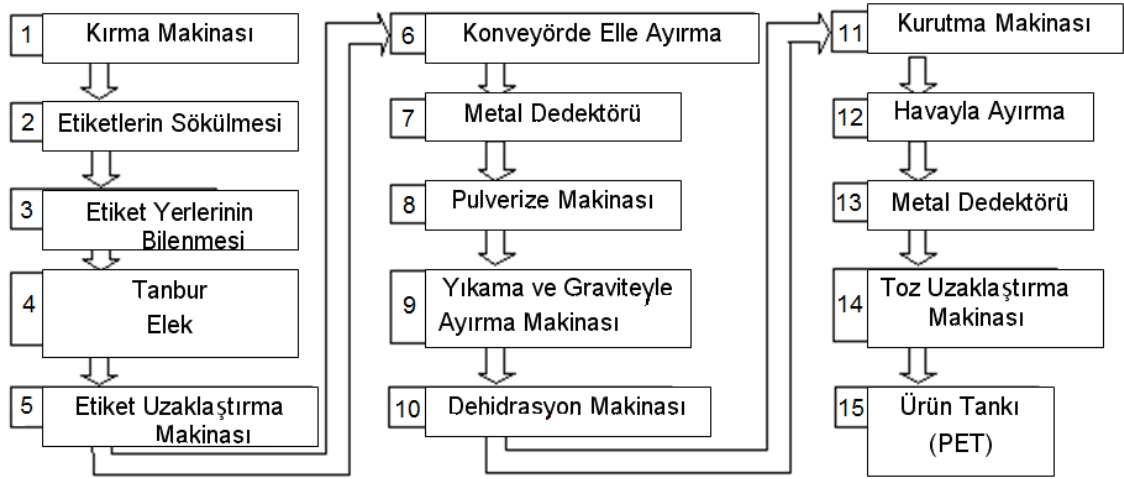
sağlanmış olmaktadır. Bunun yanında üretimde köpük kalıplama süresinin de kısılması sağlanmıştır. Ayrıca işlenmemiş PS üretimi ile karşılaştırıldığında maliyetin % 10 azaldığı da görülmektedir (Anonim, 2008g). Aşağıda Şekil 12.'de PS geri kazanım prosesleri karşılaştırma şeması verilmiştir.



Şekil 12. PS geri kazanımı prosesleri karşılaştırma şeması (Anonim, 2008g).

2.6.4. PET Geri Kazanımı

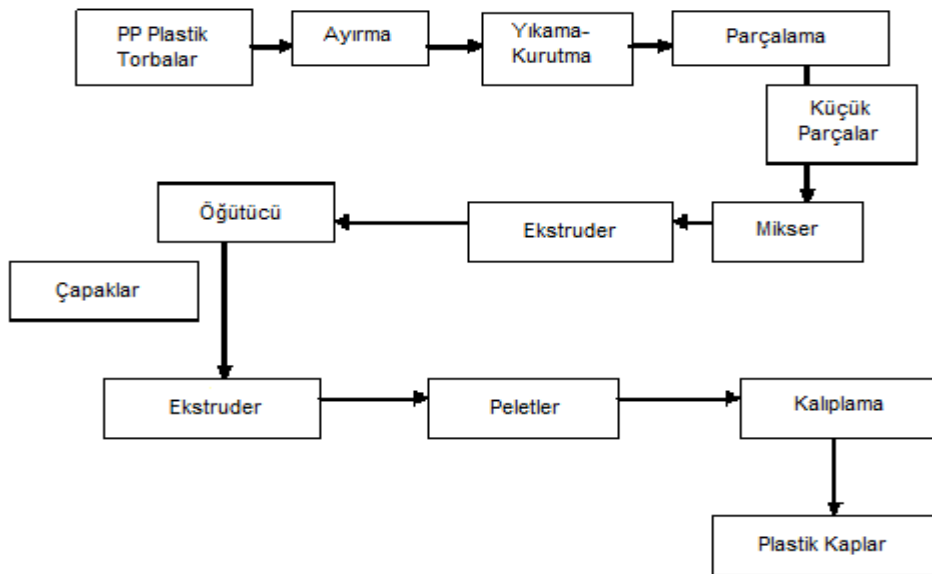
Atık PET şişeler ilk olarak kırma makinesinde parçalara ayrılır daha sonra etiketlerinin ayrılması işlemine tabi tutularak tambur elekten geçirilirler. Ardında konveyöre alınarak elle yabancı maddelerden ayırma işlemi uygulanır. Metal detektörden geçirilerek içindeki metaller ayrılır. Daha sonra pulverize makinesinden geçirilen PET plastikler yıkama ve graviteyle ayırma işlemlerine tabi tutulur. Ayrılan PET plastikler kurutulduktan sonra havayla ayırma işleminden geçirilerek tekrar metal detektörüne alınırlar. Karışımda kalmış olan metaller de ayrıldıktan sonra toz uzaklaştırma makinesinden geçirilen PET'ler ürün tankına alınırlar (Anonim, 2008f). Şekil 13.'de PET şişe geri kazanımı proses akım şeması verilmiştir.



Şekil 13. PET şişe geri kazanımı proses akım şeması (Anonim, 2008f).

2.6.5. PP Geri Kazanımı

PP geri kazanımında ilk olarak atık PP'ler ayırma işleminden geçirilerek yıkama ve kurutmaya tabi tutulur. Daha sonra parçalayıcılarda parçalanan PP plastikler mikserden geçirilerek ekstrudere verilir. Buradan çıkan kalıplar öğütücüde öğütülür ve çapaklar halinde tekrar ekstrudere sokulur. Ekstruderden çıkan peletler de kalıplama makinelerinde kalıplanarak yeni ürün olan plastik kaplar elde edilmiş olur. Aşağıda Şekil 14.'de PP geri kazanımına örnek bir proses akım şeması verilmiş olup, burada PP dokunmuş torbalardan plastik kap üretimi yapılmaktadır (Verma, 2004).



Şekil 14. PP dokunmuş torbalardan plastik kap üretimi proses akım şeması (Verma, 2004).

2.7. Geri Kazanılmış Atık Plastiklerin Yeniden Kullanım Alanları**2.7.1. PET**

Geri kazanılmış PET'lerden halı tabanları, uyku tulumları, giysilerdeki yalıtım maddesi, oto parçaları, boya fırçaları, can kurtaran yelekleri, torbalar, posta kutuları, piknik masaları, çitler, yürüyüş botları, çift bölmeli kovalar, lazer toner kartuşu, kayışlar ve jeotekstil gibi malzemeler üretilmektedir (Tan ve ark., 2007). Atık PET'ler, sentetik elyaf ve dolgu malzemesi olarak değerlendirilebilmektedir (Ay, 1992).

2.7.2. YYPE

Geri kazanılmış YYPE'den, geri kazanım bidonları, deterjan, motor yağı kapları, çöp kovaları, geri kazanma kutuları, alışveriş sepetleri, köpek kulübeleri, banklar, posta kutuları, drenaj malzemeleri, süt şişesi taşıyıcıları, plastik kesicileri, trafik işaretleri, golf torbaları, paletler, banyo koltuğu, saksı, tarak gibi ürünler üretilmektedir (Tan ve ark., 2007).

2.7.3. PVC

Geri kazanılmış PVC'lerden çit, geri kazanım konteynırları, yol plakaları, merdiven parmaklığı, kiremit, trafik işaretleri, piknik masaları ve bank gibi malzemeler üretilmektedir. Almanya'da PVC, %50'nin üzerinde geri kazanılmakta olup geri kazanılan bu plastikler özellikle pencere, kanalizasyon borusu, çatı örtüsü, zemin örtüsü, araç yedek parçası ve paketleme amacıyla kullanılmaktadır. Almanya'da yılda 450.000 adet PVC pencere geri kazanılmaktadır. Bu plastikler orijinal plastiklere ilave edilerek yeni çerçeveler üretilmektedir (Tan ve ark., 2007). Ayrıca PVC ambalajlarından kanalizasyon boruları, marley ve çeşitli dolgu malzemeleri üretilir (Ay, 1992).

2.7.4. AYPE

Geri kazanılmış AYPE'den nakliye örtüsü (branda), çöp kutusu, yer tuğlası, mobilya gibi malzemeler üretilmektedir (Tan ve ark., 2007).

2.7.5. PS

Geri kazanılmış PS'den termometreler, ışık değiştirme levhaları, yalıtım malzemesi, yumurta kartonları, menfezler, masa tepsileri, cetvel, plaka çerçeve malzemeleri üretilmektedir (Tan ve ark., 2007). Aynı zamanda geri dönüştürülen PS'ler ikincil ürün olarak askı yapımında da kullanılmaktadır (Anonim, 2008d).

2.7.6. PP

Geri kazanılmış PP'den sinyal lambaları, kablolar, süpürge fırçaları, yağ hunileri, bisiklet dişli kutuları üretilmektedir (Tan ve ark., 2007). Ayrıca geri kazanılmış PP'den sentetik halı tabanı, çeşitli plastik oyuncaklar ve kırtasiye malzemeleri de üretilmektedir (Anonim, 2008d).

2.8. Biyoplastikler

Atıkların büyük bir bölümünü oluşturan atık plastikler, genellikle diğer evsel atıklarla birlikte çöp depolama alanlarına dökülerek bertaraf edilmektedir. Atık depolama alanlarının giderek dolması, yakma gibi alternatif yöntemlerin giderek artan maliyetleri, çeşitli teknik sorunlar, enerji kaynaklarını koruma gibi nedenlerle atık plastiklerin yeniden kullanımı konusu gündeme gelmiştir (Savaşçı ve ark., 1998).

Fakat atık plastiklerin tekrar kullanımı için toplama, ayıklama, hammadde haline getirme aşamaları maliyeti arttırmaktadır. Gün geçtikçe artan çevresel sorunlar, biyolojik olarak parçalanabilen plastiklere ilginin her geçen gün büyümesine neden olmuştur (Dave ve ark., 1996). Bu sorunların çözümüne yönelik polimer bilimindeki çalışmalar arasında biyopolimerler yani mikrobiyal termoplastikler önemli bir yer tutmaktadır.

1970'li yıllardaki petrol krizinden sonra petrol kökenli polimerlere alternatifler aranmıştır. İngiltere'deki ICI firmasında 1976 yılında bakteriyel fermentasyonla üretilen poli-beta-hidroksibütirat'la (PHB) ilgili araştırmalara başlanmıştır. PHB gibi biyoparçalanabilir, yenilenebilir, biyouyumlu ve çevreci plastiklerin bakterilerle sentezine olan ilgi her geçen gün artmaktadır (Yılmaz ve Beyatlı, 2009).

Bakteriyel plastik veya biyoplastik de denilen poli-beta-hidroksialkanatlar (PHA) bakterilerde, insandaki yağ veya bitkilerdeki nişasta gibi rol oynamaktadır. Birçok çeşidi bulunan PHA'lar, mikrobiyal polyesterlerdir. Bunlar içinde yer alan poli-beta-hidroksibütirat (PHB), PHA'ların en yaygın ve geniş kapsamlı tipidir. PHB'nin en önemli özelliklerinden biri, toprakta ve insan vücudunda zehirli ürünler meydana getirmeksizin tamamen parçalanabilir olmasıdır. PHB'nin havalı ortamdaki parçalanma ürünleri karbondioksit ve su; havasız ortamda ise metan ve karbondioksittir. Bu nedenle PHB, bir kez kullanılıp atılan eşyaların üretiminde büyük avantajlar sağlar. PHB'nin parçalanma süresi bir kaç aydan (havasız ortamda), bir kaç yıla (deniz suyunda) kadar değişim gösterir. Katkı maddesi ilavesi ile parçalanma süresinde ayarlama yapılabilir. Parçalanmada azot oksitlerin oluşmaması, çevre korunmasında önemlidir. Parçalanmış biyoplastikler bitkilerin gelişmesini olumlu yönde etkilemektedir. PHB bakteriler, mantarlar ve algler tarafından

belirli çevre şartlarında, nispeten kısa bir süre içerisinde tamamen karbondioksit ve enerjiye dönüştürülerek parçalanabilmektedir (Yılmaz ve Beyatlı, 2009).

2.8.1. PHB'nin Kullanım Alanları

Endüstriyel olarak üretilen termobiyoplastiklerin sertlik durumlarının, polietilene oranla dört kat daha fazla olduğu (20 kg/m) tespit edilmiştir. Üretilen biyoplastik maddelerin, çeşitli paketleme materyalleri olarak değerlendirilebileceği gösterilmiştir. En çok bilinen ve en yaygın kullanılan PHA tipi olan PHB'nin fiziksel özellikleri petrol kökenli polipropilen ile karşılaştırıldığında PHB'nin daha kristal bir yapıda olması, özgül ağırlığının daha yüksek oluşu, UV'ye dirençliliği gibi bazı özelliklerinden dolayı PHB üretimi desteklenmiştir. Doğaya atıldığında tamamen yok olması ve çevresel kirlilik oluşturmaması nedeniyle, gıda ve kozmetik sanayinde şişeleme malzemesi olarak PHB'lerden yararlanılmaya başlanmıştır. PHA'lar çevre dostu fiziksel özelliklere sahip oluşturmaları nedeniyle, endüstriyel uygulamalar açısından tercih edilmektedir. Bunun yanında, özel karakteristik özellikleri nedeniyle de biyomedikal alanda kullanımı oldukça fazladır (Mercan ve Beyatlı, 2004).

2.8.1.1. PHB'nin Tarımda Kullanılması

PHB ve kopolimerleri bakteriler, funguslar ve algler gibi mikroorganizmalar tarafından belirli ortam şartlarında tamamen karbondioksit ve enerjiye dönüştürülerek parçalanabilmektedir. Parçalanma için geçen süre kalınlık ve yüzey özelliklerine bağlı olarak düzenlenebilir (Lee, 1996). PHB ve PHA, özellikle toprakta biyodegradasyon gerektiren uygulamalara çok uygundur. Bunlar genellikle bir alüminyum folyo gibi film şeklinde kaplamada kullanılmaktadır. Tohum kapsüllendirilmesinde, fide taşımacılığında muhafaza ve gübre ya da pestisitlerin kontrollü bir şekilde salınımı için plastik kılıflar olarak kullanılabilir (Mercan ve Beyatlı, 2004).

2.8.1.2. PHB'nin Veterinerlikte Kullanılması

PHB'nin veteriner hekimliğinde ilaçların salınımı için biyolojik parçalanabilen bir matriks olarak birçok kullanım alanı vardır. Polimer özellikle sığırların işkembesinde çok iyi parçalanabilmektedir. Bu konuda bir yıl boyunca hayvanların kurtlanmasını önlemek için antihelmitik ilaç içeren PHB'nin büyük kapsülleri yapılmıştır. Çiftçiler, ilacı yönetmelikte önerilen dozda iki ayda bir sığırların etrafına bırakarak onların parazitlenmesini engellemişlerdir (Yılmaz ve Beyatlı, 2009).

2.8.1.3. PHB'nin Tıpta Kullanılması

PHB ve kopolimerleri çeşitli ürünlerin yapısında önemli bir paya sahip olmakla birlikte, biyolojik uygunluğu dolayısıyla son zamanlarda tıp ve eczacılıkta sıklıkla kullanılmaya başlanmıştır. Hayvan dokularında toksik etki yapmadığından, vücutta absorbe edilen protezlerin ve cerrahi dikişlerin yapımında PHB'nin kullanılması birçok araştırmacının, bu alandaki çalışmalara ağırlık vermesine neden olmuştur. PHB ve kopolimerleri, hayvan dokularına implante edildiğinde biyolojik olarak parçalanabildiği görülmüş ve PHA'ların kullanımına olan ilgi artmıştır. Neticede veterinerlikte ve insanların ilaçla tedavisinde teröpatik bileşiklerin kontrollü olarak salıverilmesi için PHA'lar kullanılmıştır (Lafferty ve ark., 1988). Bir kemik kırığını sabitleyen levhalar benzer mekanik özelliklere sahip takviyeli bir PHB karışımından yapılırsa, stimüle edilen kemiğin büyüyüp geliştiği görülmektedir. Bu kemik kırığındaki böyle bir plaka biyolojik olarak parçalanabilir ve vücut tarafından yok edilebilir. Bu süre içinde de kemik kaynar ve plakayı uzaklaştırmak için ikinci bir ameliyata gerek kalmamış olur (Holmes, 1985).

2.8.1.4. PHB'nin Paketleme Filmleri ve Tek Kullanımlık Malzemelerin Yapımında Kullanılması

PHB'nin mekanik özellikleri polietilen ve polipropilen gibi bazı ticari plastiklerle benzerlik gösterdiğinden ısıyla şekillendirilebilen termoplastik polyesterler olarak da adlandırılabilir. PHB'nin iyi bir şekilde preslenmesi, biçimlendirilmesi, lif haline dönüştürülmesi gerçekleştirilebilir ve filmleri yapılabilir. Bu özelliklerinden dolayı paket filmleri, poşetler, torbalar, gıda muhafazasında kullanılan tepsiler, çeşitli kaplar, şampuan ve meşrubat şişeleri, karton süt kutularının iç yüzey kaplamaları, tek kullanımlık çocuk bezleri, yıkanabilir kaplar, paketler ve ipler gibi kullanım alanlarına sahiptir (Yılmaz ve Beyatlı, 2009).

BÖLÜM 3**MATERYAL VE YÖNTEM**

Bu çalışmada, Çanakkale’de kurulması planlanan bir PP geri dönüşüm tesisinin tasarımı gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla proje bölgesinde nüfus projeksiyonu yapılmış, atık miktarı hesaplanmış, atık bileşimi tespiti ve tesisin tasarımı için gerekli alan hesabı yapılmış ve tesisin genel işleyişiyle ekipmanlar hakkında bilgi verilmiştir.

Proje bölgesi, Çanakkale’de Çanakkale Katı Atık Yönetim Birliği’nce (ÇAKAB) katı atık yönetimi hizmeti verilen 7 Belediyeyi kapsamakta olup, 30 senelik süre zarfında bu bölgede oluşabilecek atık PP plastiklerden yola çıkılarak tesisin tasarımı yapılmıştır.

3.1. Proje Alanına Ait Geçmiş Nüfus Verileri

Proje alanında 1965-2009 yılları arasındaki sayım verileri aşağıda Çizelge 5.’de verilmiştir.

Çizelge 5. Çanakkale’deki 7 yerleşim yerinin geçmiş nüfus miktarları (TÜİK, 2010)

Yıllar	Çanakkale	Kepez	Kumkale	İntepe	Lapseki	Umurbey	Çardak
1965	22789	725	1816	1284	3264	2536	2410
1970	27042	948	1654	1568	3341	2334	2479
1975	30788	1439	1752	1588	3727	2754	2505
1980	39979	2491	1638	1816	4407	2661	2761
1985	48059	3404	1979	1574	5057	2803	2854
1990	53995	4282	2308	2409	5789	2845	2954
2000	75810	7918	2162	1697	8489	3078	3253
2009	96588	10771	1525	1957	10624	2758	3250

3.2. Nüfus Hesaplama Yöntemleri

Proje bölgesi için nüfus hesabı yapılırken 3 yöntem kullanılmıştır. Bu yöntemler;

- 1- İller Bankası yöntemi
- 2- Üstel fonksiyon yöntemi
- 3- Doğrusal fonksiyon yöntemi

3.2.1. İller Bankası Yöntemine Göre Nüfus Tahmini

İller Bankası Yöntemi ile hesaplama yapılırken aşağıdaki eşitlikler kullanılmıştır.

$$P = \left[\left(t_2 - t_1 \sqrt{\frac{N_2}{N_1}} \right) - 1 \right] \times 100 \quad (3.1)$$

$$P_{ort} = \frac{P_1 + \dots + P_n}{n} \quad (3.2)$$

$$N_4 = N_3 \left(1 + \frac{P_{ort}}{100} \right)^{(t_4 - t_3)} \quad (3.3)$$

İller Bankası Yöntemine göre nüfus miktarının hesaplanmasında yukarıdaki eşitliklerde geçen;

P = Nüfus artış katsayısını,

P_{ort} = Ortalama nüfus artış katsayısını,

N₁ ve N₂ = P değeri hesaplanacak iki yıla ait nüfusu,

N₄ = Gelecekte hesaplanacak nüfus miktarını,

N₃ = İçinde bulunulan yıla ait nüfus miktarını (Hesaplarda 2009 yılı kullanılmıştır.),

t₁ ve t₂ = P değeri hesaplanacak yılları,

t₃ = İçinde bulunulan yılı,

t₄ = Nüfus tahmini yapılacak yılı temsil etmektedir.

Gelecek nüfusu hesaplanırken İller Bankası Yöntemi kullanılması durumunda, geçmiş nüfusların başlangıç ve bitiş tarihleri arasında 5'er yıllık periyotlar için (3.1) eşitliği kullanılarak P değeri (artış katsayısı) hesaplaması yapılır. Elde edilen P değerleri (3.2) eşitliğinde yerine konularak P değerinin aritmetik ortalaması olan P_{ort} değeri bulunur. Hesaplanan P_{ort} değerinin 1 ≤ P_{ort} ≤ 3 aralığını sağlaması gerekir. Ancak bazı durumlarda bu aralığın sağlanamaması halinde, bu aralığı sağlayan yakın değerler seçilip (3.3) eşitliğinde yerine konduğunda gelecekteki nüfus hesaplaması yapılır (Akdemir, 2008).

3.2.2. Üstel Fonksiyon Yöntemi

Proje bölgesi nüfus tahmininde üstel fonksiyon kullanılması durumunda bir elektronik tablolama programından yararlanılabilir. Bu programda yıllara karşılık nüfus

değerleri grafiğe geçirilerek, grafiğe üstel fonksiyon eğilim çizgisi eklenir. Elde edilen eğilim çizgisinin korelasyon katsayısının (R^2) 1'e yakın olması seçilen fonksiyonun uygun olduğunu gösterecektir. Bu durumda eğilim çizgisinin fonksiyonundan faydalanılarak gelecek nüfusları hesaplanabilir. Fonksiyonda x değeri yerine gelecekte hesaplanması düşünülen yıl değeri konduğunda, y değeri (yani gelecekteki nüfus) elde edilmiş olacaktır.

3.2.3. Doğrusal Fonksiyon Yöntemi

Proje bölgesi nüfus tahmininde doğrusal fonksiyon kullanılması durumunda bir elektronik tablolama programından yararlanılabilir. Bu programda yıllara karşılık nüfus değerleri grafiğe geçirilerek, grafiğe doğrusal fonksiyon eğilim çizgisi eklenir. Elde edilen eğilim çizgisinin korelasyon katsayısının (R^2) 1'e yakın olması seçilen fonksiyonun uygun olduğunu gösterecektir. Bu durumda eğilim çizgisinin fonksiyonundan faydalanılarak gelecek nüfusları hesaplanabilir. Fonksiyonda x değeri yerine gelecekte hesaplanması düşünülen yıl değeri konduğunda, y değeri (yani gelecekteki nüfus) elde edilmiş olacaktır.

3.3. Katı Atık Miktarının Hesabı

Çanakkale Bölgesel Katı Atık Yönetimi Projesi için oluşturulan fizibilite raporu kapsamında projede kullanılmış olan kişi başına oluşacak günlük atık miktarları aşağıda Çizelge 6.'da belirtilmiştir. Bu oranlar kırsal yerleşim alanları için 0,54 kg/N-gün, kentsel yerleşim yerleri için ise 0,90 kg/N-gün alınarak atık miktarı hesaplaması yapılmış ve projede bu hesaplar kullanılmıştır (Envest Planners, 2005).

Çizelge 6. Projede kullanılmış olan kişi başına oluşacak günlük atık miktarları (Envest Planners, 2005).

Yerleşim yeri	Kişi başına oluşacak günlük atık miktarları
Çanakkale, Lapseki, Kepez	0,90 kg/N-gün
Çardak, Umurbey, Kumkale, İntepe, Çanakkale ve Lapseki merkez köyleri	0,54 kg/N-gün

Yukarıda Çizelge 6.'da verilen değerler bu tez çalışması kapsamında katı atık miktarı hesaplamasında kullanılabilir. Fakat Çanakkale Bölgesel Katı Atık Yönetimi Projesi kapsamında 2009 yılında tamamlanarak işleme alınan düzenli katı atık depolama sahasına ait tartım sonuçları, bize hali hazırda tartıma dayalı ve güncel bilgiler vermektedir. Alınan

bu bilgilere göre 2010 yılı başından Mart ayı sonuna kadar tesise gelen atıkların ortalama miktarı 170 ton/gündür. Oluşan bu günlük çöp miktarının 11,8 tonunun kırsal kesimden, 9,7 tonunun köylerden, geri kalan 148,5 tonluk kısmının ise kentsel yerleşim yerlerinden geldiği bilinmektedir (A. Kavcar, kişisel iletişim, ÇAKAB, 12 Nisan 2010).

Toplam atık miktarının hesaplanması sırasında Çanakkale, Lapseki ve Kepez kentsel yerleşim yeri; Kumkale, İntepe, Umurbey ve Çardak ise kırsal yerleşim yeri olarak kabul edilerek hesaplama yapılmıştır. ÇAKAB'dan alınan mevcut atık miktarları ile ilgili bilgilerden yola çıkıldığında, 2009 yılına ait günlük kişi başına düşen katı atık miktarı şu şekilde hesaplanabilir:

Kentsel nüfusta bir kişiye düşen günlük atık miktarı;

$$148500 \text{ (kg/gün)} / 126357 \text{ (N)} = 1,175 \text{ kg/N-gün}$$

Kırsal nüfusta bir kişiye düşen günlük atık miktarı;

$$11800 \text{ (kg/gün)} / 9585 \text{ (N)} = 1,23 \text{ kg/N-gün}$$

Bu hesaplamalar ışığında kentsel yerleşim yerleri için günlük kişi başına üretilen atık miktarı 2010-2040 yılları arası için 1,15-1,35 kg, kırsal yerleşim yerlerinde ise aynı yıllar arasında 1,00-1,20 kg olarak kabul edilerek dağılımı yapılmıştır. Kentsel yerleşim yerleri için kabul edilen 1,15-1,35 kg/N-gün değer aralığında % 5 oranında bir artış katsayısı kabulüyle yıllar bazında günlük kişi başı atık miktarları hesaplanmıştır. Kırsal yerleşim yerleri için de 1,00-1,20 kg/N-gün değer aralığında % 6 oranında bir artış olacağı kabulüyle hesaplama yapılmıştır. Ancak Çizelge 6.'da belirtilen değerlerle, hesaplamada kullanılacak kişi başı günlük atık üretim miktarları arasında, özellikle kırsal yerleşim yerlerinde büyük farkların olduğu görülmüştür. Alınan tartım verilerinin kış dönemine rastlaması nedeniyle kül ve benzeri malzemelerin atık bileşiminde yüksek oranda bulunmasının bu farkı oluşturduğu tahmin edilmiştir. Yazın bu miktarın atık içinde azalacağı göz önünde bulundurularak bu iki dönemin ortalaması alınacak olursa, hesaplanan 1,23 kg/N-gün değerinin daha düşük olacağı öngörülmüştür. Bu durum da göz önünde bulundurularak, kırsal yerleşim yerleri için hesaplamaların; 1,23 kg/N-gün değeri yerine 1,00 kg/N-gün değeriyle yapılmasının uygun olacağı kanısına varılmıştır. Kentsel yerleşim yerleri için de yukarıda hesaplanan 1,17 kg/N-gün değeri yerine 1,15 kg/N-gün değeriyle hesaplama başlanmıştır. Yıllar bazında sosyo-ekonomik değişikliklerin meydana geleceği ve kişi başına düşen atık üretiminin artış göstereceği düşünülerek, hesaplamalar bu şekilde yapılmıştır.

3.4. Plastik ve PP Atık Miktarının Hesaplanması

2009 yılında proje bölgesinde yapılan atık bileşim analizinde toplam atık içinde bulunan geri dönüşebilir atık miktarı aşağıda Çizelge 7.'de verilmiştir (A. Kavcar, kişisel iletişim, ÇAKAB, 12 Nisan 2010).

Çizelge 7. Çanakkale’de toplam atık içinde bulunan geri dönüşebilir atık kütlece yüzdesi (A. Kavcar, kişisel iletişim, ÇAKAB, 12 Nisan 2010)

Atık Türü	Yüzde [%]
Plastikler (toplam)	14,98
Metaller (toplam)	1,55
Kağıt/karton (toplam)	19,03
Cam (toplam)	4,67
Toplam atık içindeki geri dönüşebilir atık yüzdesi	40,23
Toplam Atık	100

Çizelge 7.’de de görüldüğü gibi Çanakkale’de oluşan toplam atık içinde plastiğin kütlece bulunma yüzdesi yaklaşık % 15 olarak belirlenmiştir. Türkiye’de, plastikler içinde PP’nin % 26 oranında bir tüketim yüzdesiyle ülkemizde en ön sırayı aldığı Çizelge 8.’de de görülmektedir.

Çizelge 8. Türkiye’de tüketimin plastiklere göre dağılımı (Anonim, 2008a)

Plastik Tipi	Yüzdesi [%]
PP	26
PVC	16
AYPE	15
YYPE	9
PS	9
PET	8
Mühendislik Plastikleri	8
Diğer	9
TOPLAM	100

Toplam atık içindeki kütlece plastik yüzdesi günümüz itibariyle % 15'tir (A. Kavcar, kişisel iletişim, ÇAKAB, 12 Nisan 2010). Bu miktarın 2040 yılına kadar plastik tüketiminin de artışıyla % 15-20 arasında değişim göstereceği tahmin edilerek hesaplanmıştır.

Toplam atık içinden ayrıştırılabilecek plastik miktarının kentsel yerleşim yerlerinde günümüzden 2040 yılına kadar % 30-50, kırsal yerleşim yerlerinde ise % 25-35 olacağı tahmin edilmekte olup, yapılacak hesaplamalar bu tahminler ışığında yapılmıştır. Günümüzden 2040 yılına kadar olan ayrıştırılabilen plastik miktarı içindeki PP plastik miktarının ise % 26-30 civarında değişim göstereceği tahminiyle hesaplanmıştır.

3.5. Tesis İçin Yer Seçimi ve Tesis İçi Alan Tespitinin Yapılması

Tesisin kentte yerleşim bölgesine özellikle de atık ayrıştırma tesisine yakın bir bölgede yer seçimi yapılması büyük önem taşımaktadır. Böyle bir seçim yapılması tesise gelecek hammaddenin geleceği mesafeyi kısaltarak taşıma maliyetini azaltacak ve hammaddeye erişimi kolaylaştıracaktır. Tesis için uygun yer bulunduktan sonra tesis binasının 6 bölümden oluşacak şekilde planlaması yapılmıştır. Tesiste bulunacak bu bölümler aşağıda belirtilmiştir:

1. İşletme alanı
2. Hammadde depolama alanı
3. Ürün depolama alanı
4. Sosyal tesis alanı
5. Atölye alanı
6. Araç garaj alanı

3.5.1. İşletme Alanı Tespitinin Yapılması

Tesiste ekipmanların kurulumunun personel ve taşıyıcı ekipmanların daha rahat hareket imkanı bulması göz önünde bulundurularak, düz bir hat halinde planlanmıştır. İlerleyen yıllarda yapılacak kapasite artışlarında ise, kurulacak hattın yanına ilave hatlar eklenecektir. Tesisin kapasite belirlemesinin ardından hattın işletme alanına yerleşimi, geri dönüşüm hattı için yeterli alanın hesaplanması Bölüm 4'te verilmiştir.

3.5.2. Hammadde Depolama Alanı Tespitinin Yapılması

Bir atık ayrıştırma tesisinde, ayrıştırılıp balyalanan hammaddeler geri dönüşüm tesisine sevk edilecektir. Geri dönüşüm tesisinin hafta sonu çalışmayacağı göz önünde

bulundurulursa, ayrıştırma tesisinden veya kentin başka bir noktasından hafta sonu 2 gün boyunca hammadde gelmeye devam edecektir. Depolama alanında biriken hammaddelerin, hafta içi tesiste işlenerek tüketilmesi gerekecektir. Herhangi bir sebeple, ayrıştırma tesisinden veya kentten hammadde gelmemesi durumuna karşılık, geri dönüşüm tesisinin belli bir süre kesintisiz çalışabilmesi için en az 2 günlük hammaddenin depolama alanında bekletilmesi gerektiği düşünülerek alan ihtiyacı hesaplanmıştır.

Gerekli alan tespitinin yapılabilmesi için balya boyutlarının ve bir balyanın birim hacim ağırlığının bilinmesi gerekmektedir. Hammadde depolama alanı miktarı için plastik balyalarının birim hacim ağırlıklarını hesap edecek olursak;

Plastiğin özgül ağırlığının 41,5 - 130,5 kg/m³ aralığında olduğu bilinmektedir. Bu aralıkta belirlenen plastiğin tipik özgül ağırlık değeri ise 65,3 kg/m³'tür. Bir balyanın boyutlarının minimum 122cm x 76cm x 107cm, maksimum 183cm x 76cm x 112cm olabileceği bilinmektedir (Tchobanoglous ve ark., 1993). Tesise gelecek balyaların yaklaşık 1 m³ hacminde, 120cm x 80cm x 105cm ebatlarında olacağı kabulüyle alan hesabı yapılmıştır. Bir plastik balyasının da % 80 oranında sıkıştırılacağı kabulünü yaparsak, hacimce 4/5 oranında bir azalma meydana geleceği ve balyanın özgül ağırlığının yaklaşık;

$65,3 \times 5 \approx 327 \text{ kg/m}^3$ olacağı tahmin edilmektedir. Böylece bir balyanın ağırlığı da 327 kg olarak belirlenmiştir.

3.5.3. Ürün Depolama Alanı Tespitinin Yapılması

Tesisin günlük çalışma süresinin 10 saat olduğu kabulüyle hesaplama yapıldığında günde 5000 kg granül oluşacağı bilinmektedir. Ürün taleplerini karşılayabilmek adına stoklarda 1 haftalık ürünün bulunacağı kabulüyle 2040 yılı günlük ürün miktarı baz alınarak hesaplama yapılmıştır. Tesiste oluşacak ürünün çuval halindeki özgül ağırlığının 510 kg/m³ olduğu bilinmektedir (Anonim, 2010c). Ürün depolanmasında 1m x 1m x 1m boyutlarında big-bag çuvalar kullanılacaktır. Dolayısıyla 1 adet ürün çuvalının ağırlığı da yaklaşık 510 kg olarak belirlenmiştir.

3.5.4. Sosyal Tesis Alanı Tespitinin Yapılması

Tesisin bu bölümünde, çalışan personelin tüm ihtiyaçlarının karşılanması için gerekli idari bürolar, yemekhane, mutfak, çay ocağı, tuvalet, soyunma odaları, duşlar vs. gibi alanların planlanması yapılmıştır.

3.5.5. Atölye Alanı Tespitinin Yapılması

Tesisin içinde bulunan ekipmanların tamir ve bakımının yapılabileceği ve herhangi bir arıza halinde hemen müdahale edilmesi için bir atölyeye ihtiyaç duyulacaktır. Ekipmanların yerinden sökülüp taşınma gereksinimi de göz önünde bulundurularak, işletme alanına yakın bir mesafede atölye yeri teşkil edilmiştir.

3.5.6. Araç Garaj Alanı Tespitinin Yapılması

Tesise gelecek ve tesisten ayrılacak sevkiyat kamyonlarının, kullanılmayan taşıyıcı ekipmanların, tesise gelen personelin servis aracının ve tesise gelen kişilere ait özel binek araçların park etmesi için garaj alanının bulunması gerekmektedir. Garaj alanı yan duvarları açık, üst kısımda sadece çatıyla korunan bir yapı şeklinde planlanmıştır.

3.6. Personel İhtiyacının Belirlenmesi

Tesisin tüm idari işleri, tesisin işleyişi, personel görev dağılımı vs. işlerden sorumlu 1 tesis müdürü ve tesisin teknik anlamda tüm işleyişinden sorumlu 1 adet mühendisin tesiste bulundurulması gerekmektedir. Ayrıca tüm resmi kurumlar ve ürün talep edecek potansiyel müşteri kitlesiyle etkin bir biçimde diyalog halinde olacak 1 büro personeli bulundurulmalıdır.

Tesiste geri dönüşüm gerçekleşirken manüel (elle) yapılması gereken çok fazla işlem bulunmadığından, ekipmanları işletecek, kontrol ve bakımını yapacak 1 operatör yeterli olacaktır. Ayrıca gelen plastik malzemenin balyalarının açılması ve yükleme konveyörüne beslenmesini sağlayacak 2 işçi gereklidir. Bunun dışında hammadde ve ürünlerin depolama alanlarına taşınıp yerleştirilmesinden sorumlu 1 adet forklift operatörü, sevkiyat için 2 kamyon bulundurulacağından 2 adet şoför çalışacaktır. Tesisin temizliği için 1 adet temizlik personeli, gece tesiste güvenliğin sağlanması için ise bir bekçinin çalıştırılması gerekecektir. Tesiste toplam 11 kişinin istihdam etmesi planlanmıştır.

BÖLÜM 4

ÖZGÜN HESAPLAMA VE TASARIMLAR

Çanakkale şehrinde 7 yerleşim yerinden gelecek plastik atıklardan PP'nin geri dönüşümünün yapılması planlanan bu tesiste, kurulumun yapılabilmesi için gerekli tüm hesaplamalar bu bölümde yapılmıştır. İlk olarak geleceğe yönelik nüfus hesaplamaları yapılmış; ardından atık miktarı, tesis kapasitesinin hesabı ve tesis için gerekli alan hesabının yapılması ile tesisteki ünitelerin bina içine yerleşimi sağlanmıştır.

4.1. Geleceğe Dönük Nüfus Miktarının Hesaplanması

Geleceğe yönelik nüfus miktarının hesaplanması için 3 yöntem kullanılmıştır. Yerleşim yerlerine göre seçilen nüfus hesaplama yöntemleri aşağıdaki Çizelge 9.'da görülmektedir.

Çizelge 9. Seçilen nüfus hesaplama yöntemleri

Yerleşim Yeri	İller Bankası Yöntemi Ort. Nüfus Artış Katsayısı (P_{ort})	Üstel Fonksiyon	Doğrusal Fonksiyon	Kabul Edilen Yöntem
Çanakkale	3,394	$y = 6E-25e^{0,0335x}$ $R^2 = 0,9939$	$y = 1687,8x - 3E+06$ $R^2 = 0,9752$	Üstel Fonksiyon
Kepez	6,682	$y = 2E-52e^{0,0639x}$ $R^2 = 0,9772$	$y = 233,6x - 459524$ $R^2 = 0,9475$	Doğrusal Fonksiyon
Kumkale	0,07	$y = 152,87e^{0,0013x}$ $R^2 = 0,017$	$y = 3,0897x - 4276,5$ $R^2 = 0,0287$	İller Bankası Yöntemi
İntepe	1,609	$y = 0,0003e^{0,0078x}$ $R^2 = 0,3995$	$y = 13,19x - 24435$ $R^2 = 0,3459$	İller Bankası Yöntemi
Lapseki	2,577	$y = 1E-21e^{0,0287x}$ $R^2 = 0,9844$	$y = 171,86x - 335428$ $R^2 = 0,9395$	Üstel Fonksiyon
Umurbey	0,279	$y = 1,2584e^{0,0039x}$ $R^2 = 0,497$	$y = 10,397x - 17909$ $R^2 = 0,5002$	İller Bankası Yöntemi
Çardak	0,721	$y = 0,0007e^{0,0077x}$ $R^2 = 0,9505$	$y = 21,746x - 40342$ $R^2 = 0,9559$	İller Bankası Yöntemi

Yukarıda Çizelge 9.'da da görüldüğü gibi Kumkale, İntepe, Umurbey ve Çardak için nüfus tahmin yöntemi olarak üstel ve lineer fonksiyonda istenen değerler sağlanamadığından İller Bankası Yöntemi tercih edilmiştir. Bu yerleşim yerlerinden Kumkale, Umurbey ve Çardak'ta P_{ort} değerlerinin 1'den küçük olduğu görülmüştür. Bu 3 beldede $1 \leq P_{ort} \leq 3$ aralığı sağlanmadığı görüldüğünden, P_{ort} değeri 1 kabul edilerek hesaplama yapılmıştır. İntepe'de ise bu değer $1 \leq P_{ort} \leq 3$ aralığını sağladığından hesaplanan 1,609 değeri nüfus tahmininde kullanılmıştır.

Hesaplanan nüfus değerleri kırsal ve kentsel olarak iki ayrı kategoriye alınarak değerlendirme yapılmıştır. Aşağıda Çizelge 10. ve Çizelge 11.'da belirtilen kırsal ve kentsel nüfus miktarları 2040 yılı sonuna kadar hesaplanmıştır. Çanakkale, Lapseki ve Kepez kentsel yerleşim yeri olarak kabul edilmiş; Kumkale, İntepe, Umurbey ve Çardak ise kırsal yerleşim yeri olarak kabul edilerek nüfus hesaplaması yapılmıştır.

Çizelge 10. Kırsal yerleşim yerleri için hesaplanan gelecekteki nüfus miktarları

Yıllar	Kumkale*	İntepe**	Umurbey*	Çardak*	Kırsal Nüfus Toplamı
2010	1540	1977	2786	3283	9585
2011	1556	1996	2813	3315	9681
2012	1571	2016	2842	3348	9778
2013	1587	2036	2870	3382	9875
2014	1603	2057	2899	3416	9974
2015	1619	2077	2928	3450	10074
2016	1635	2098	2957	3484	10175
2017	1651	2119	2987	3519	10276
2018	1668	2140	3016	3554	10379
2019	1685	2162	3047	3590	10483
2020	1701	2183	3077	3626	10588
2021	1718	2205	3108	3662	10694
2022	1736	2227	3139	3699	10801
2023	1753	2250	3170	3736	10909
2024	1770	2272	3202	3773	11018
2025	1788	2295	3234	3811	11128
2026	1806	2318	3266	3849	11239
2027	1824	2341	3299	3887	11351
2028	1842	2364	3332	3926	11465
2029	1861	2388	3365	3966	11580
2030	1879	2412	3399	4005	11695
2031	1898	2436	3433	4045	11812
2032	1917	2460	3467	4086	11930
2033	1936	2485	3502	4127	12050
2034	1956	2510	3537	4168	12170
2035	1975	2535	3572	4210	12292
2036	1995	2560	3608	4252	12415
2037	2015	2586	3644	4294	12539
2038	2035	2612	3681	4337	12664
2039	2055	2638	3717	4381	12791
2040	2076	2664	3755	4424	12919

* P_{ort} değeri 1 kabul edilerek hesaplama yapılmıştır.

** 1,609 değeri $1 \leq P_{ort} \leq 3$ aralığını sağladığından $P_{ort} = 1,609$ alınarak hesaplama yapılmıştır.

Çizelge 11. Kentsel yerleşim yerleri için hesaplanan gelecekteki nüfus miktarları

Yıllar	Çanakkale *	Lapseki **	Kepez ***	Kentsel Nüfus Toplamı
2010	105044	11302	10012	126357
2011	108622	11631	10246	130499
2012	112323	11969	10479	134771
2013	116149	12318	10713	139180
2014	120106	12677	10946	143729
2015	124198	13046	11180	148424
2016	128429	13426	11414	153268
2017	132804	13816	11647	158268
2018	137329	14219	11881	163428
2019	142007	14633	12114	168754
2020	146845	15059	12348	174252
2021	151848	15497	12582	179926
2022	157021	15948	12815	185784
2023	162370	16413	13049	191831
2024	167901	16891	13282	198074
2025	173621	17382	13516	204520
2026	179536	17888	13750	211174
2027	185653	18409	13983	218045
2028	191977	18945	14217	225139
2029	198517	19497	14450	232465
2030	205280	20065	14684	240029
2031	212274	20649	14918	247840
2032	219505	21250	15151	255907
2033	226983	21869	15385	264237
2034	234716	22505	15618	272840
2035	242712	23161	15852	281725
2036	250981	23835	16086	290902
2037	259531	24529	16319	300379
2038	268373	25243	16553	310169
2039	277516	25978	16786	320280
2040	286970	26735	17020	330724

* $y = 6E-25e^{0,0335x}$ denklemine göre hesaplama yapılmıştır. (y = nüfus, x= yıllar)

** $y = 1E-21e^{0,0287x}$ denklemine göre hesaplama yapılmıştır. (y = nüfus, x= yıllar)

*** $y = 233,6x - 459524$ denklemine göre hesaplama yapılmıştır. (y =nüfus, x=yıllar)

4.2. Gelecekteki Atık Miktarının Hesaplanması

Bölüm 3'te de detaylı olarak belirtilen bu nüfus miktarları ve günlük kişi başına oluşacağı kabul edilen atık miktarları göz önünde bulundurularak, kırsal ve kentsel yerleşim yerleri için 2010 - 2040 yılları arasında oluşması tahmin edilen atık miktarları aşağıdaki Çizelge 12-15.'te detaylı olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 12. Kentsel yerleşim yerlerinde oluşması tahmin edilen atık miktarları -1

Yıllar	Kentsel Nüfus	Atık Üretimi (kg/N.gün)	Toplam Atık Miktarı (kg/gün)	Toplam Atıktaki Plastik Yüzdesi (%)	Toplam Atıktaki Plastik Miktarı (kg/gün)
2010	126357	1,15	145311	15	21797
2011	130499	1,16	150878	15	22632
2012	134771	1,16	156653	15	23498
2013	139180	1,17	162645	15	24397
2014	143729	1,17	168861	15	25329
2015	148424	1,18	175311	15	26297
2016	153268	1,19	182003	15	27301
2017	158268	1,19	188948	15	28342
2018	163428	1,20	196154	15	29423
2019	168754	1,21	203632	16	32581
2020	174252	1,21	211393	16	33823
2021	179926	1,22	219447	16	35112
2022	185784	1,23	227806	16	36449
2023	191831	1,23	236482	16	37837
2024	198074	1,24	245487	16	39278
2025	204520	1,25	254834	16	40773
2026	211174	1,25	264536	16	42326
2027	218045	1,26	274607	16	43937
2028	225139	1,27	285061	17	48460
2029	232465	1,27	295914	17	50305
2030	240029	1,28	307180	17	52221
2031	247840	1,29	318877	17	54209
2032	255907	1,29	331020	18	59584
2033	264237	1,30	343628	18	61853
2034	272840	1,31	356717	18	64209
2035	281725	1,31	370308	18	66655
2036	290902	1,32	384420	18	69196
2037	300379	1,33	399072	19	75824
2038	310169	1,34	414286	19	78714
2039	320280	1,34	430085	19	81716
2040	330724	1,35	446490	20	89298

Çizelge 13. Kentsel yerleşim yerlerinde oluşması tahmin edilen atık miktarları -2

Yıllar	Toplam Atıktaki Plastik Miktarı (kg/gün)	Ayrıştırılabilen Plastik Yüzdesi (%)	Ayrıştırılabilen Plastik Miktarı (kg/gün)	Ayrıştırılabilen Plastik İçindeki PP Yüzdesi (%)	Ayrıştırılabilen Plastik İçindeki PP Miktarı (kg/gün)
2010	21797	30	6539	26	1700
2011	22632	30	6790	26	1765
2012	23498	30	7049	26	1833
2013	24397	30	7319	26	1903
2014	25329	30	7599	26	1976
2015	26297	30	7889	26	2051
2016	27301	31	8463	27	2285
2017	28342	31	8786	27	2372
2018	29423	31	9121	27	2463
2019	32581	32	10426	27	2815
2020	33823	32	10823	28	3031
2021	35112	33	11587	28	3244
2022	36449	33	12028	28	3368
2023	37837	35	13243	28	3708
2024	39278	35	13747	28	3849
2025	40773	37	15086	28	4224
2026	42326	38	16084	28	4503
2027	43937	38	16696	29	4842
2028	48460	39	18900	29	5481
2029	50305	39	19619	29	5690
2030	52221	39	20366	29	5906
2031	54209	40	21684	29	6288
2032	59584	40	23833	29	6912
2033	61853	42	25978	29	7534
2034	64209	42	26968	29	7821
2035	66655	45	29995	30	8998
2036	69196	47	32522	30	9757
2037	75824	47	35637	30	10691
2038	78714	49	38570	30	11571
2039	81716	50	40858	30	12257
2040	89298	50	44649	30	13395

Çizelge 14. Kırsal yerleşim yerlerinde oluşması tahmin edilen atık miktarları -1

Yıllar	Kırsal Nüfus	Atık Üretimi (kg/N.gün)	Toplam Atık Miktarı (kg/gün)	Toplam Atıktaki Plastik Yüzdesi (%)	Toplam Atıktaki Plastik Miktarı (kg/gün)
2010	9585	1,00	9585	15	1438
2011	9681	1,01	9740	15	1461
2012	9778	1,01	9897	15	1485
2013	9875	1,02	10057	15	1509
2014	9974	1,02	10219	15	1533
2015	10074	1,03	10384	15	1558
2016	10175	1,04	10552	15	1583
2017	10276	1,04	10722	15	1608
2018	10379	1,05	10896	15	1634
2019	10483	1,06	11072	16	1771
2020	10588	1,06	11250	16	1800
2021	10694	1,07	11432	16	1829
2022	10801	1,08	11617	16	1859
2023	10909	1,08	11804	16	1889
2024	11018	1,09	11995	16	1919
2025	11128	1,10	12189	16	1950
2026	11239	1,10	12386	16	1982
2027	11351	1,11	12586	16	2014
2028	11465	1,12	12789	17	2174
2029	11580	1,12	12996	17	2209
2030	11695	1,13	13205	17	2245
2031	11812	1,14	13419	17	2281
2032	11930	1,14	13635	18	2454
2033	12050	1,15	13856	18	2494
2034	12170	1,16	14079	18	2534
2035	12292	1,16	14307	18	2575
2036	12415	1,17	14538	18	2617
2037	12539	1,18	14773	19	2807
2038	12664	1,19	15011	19	2852
2039	12791	1,19	15254	19	2898
2040	12919	1,20	15500	20	3100

Çizelge 15. Kırsal yerleşim yerlerinde oluşması tahmin edilen atık miktarları -2

Yıllar	Toplam Atıktaki Plastik Miktarı (kg/gün)	Ayrıştırılabilen Plastik Yüzdesi (%)	Ayrıştırılabilen Plastik Miktarı (kg/gün)	Ayrıştırılabilen Plastik İçindeki PP Yüzdesi (%)	Ayrıştırılabilen Plastik İçindeki PP Miktarı (kg/gün)
2010	1438	25	359	26	93
2011	1461	25	365	26	95
2012	1485	25	371	26	96
2013	1509	25	377	26	98
2014	1533	26	399	26	104
2015	1558	26	405	26	105
2016	1583	26	412	27	111
2017	1608	27	434	27	117
2018	1634	27	441	27	119
2019	1771	28	496	27	134
2020	1800	28	504	28	141
2021	1829	28	512	28	143
2022	1859	29	539	28	151
2023	1889	29	548	28	153
2024	1919	30	576	28	161
2025	1950	30	585	28	164
2026	1982	30	595	28	166
2027	2014	30	604	29	175
2028	2174	30	652	29	189
2029	2209	31	685	29	199
2030	2245	31	696	29	202
2031	2281	32	730	29	212
2032	2454	32	785	29	228
2033	2494	32	798	29	231
2034	2534	33	836	29	243
2035	2575	33	850	30	255
2036	2617	33	864	30	259
2037	2807	34	954	30	286
2038	2852	34	970	30	291
2039	2898	35	1014	30	304
2040	3100	35	1085	30	326

Yukarıdaki hesaplamaların ışığında tesis için yıllara göre belirlenen geri dönüştürülecek atık PP miktarı genel bir tablo halinde aşağıda Çizelge 16.'da verilmektedir.

Çizelge 16. Tesis için yıllara göre geri dönüştürülecek atık PP miktarı

Yıllar	Kırsalda Geri Kaz. PP Miktarı (kg/gün)	Kentsel Bölgede Geri Kaz. PP Miktarı (kg/gün)	Toplamda Geri Kaz. PP Miktarı (kg/gün)
2010	93	1700	1793
2011	95	1765	1860
2012	96	1833	1929
2013	98	1903	2001
2014	104	1976	2079
2015	105	2051	2156
2016	111	2285	2396
2017	117	2372	2489
2018	119	2463	2582
2019	134	2815	2949
2020	141	3031	3172
2021	143	3244	3388
2022	151	3368	3519
2023	153	3708	3861
2024	161	3849	4010
2025	164	4224	4388
2026	166	4503	4670
2027	175	4842	5017
2028	189	5481	5670
2029	199	5690	5888
2030	202	5906	6108
2031	212	6288	6500
2032	228	6912	7139
2033	231	7534	7765
2034	243	7821	8063
2035	255	8998	9253
2036	259	9757	10016
2037	286	10691	10977
2038	291	11571	11862
2039	304	12257	12562
2040	326	13395	13720

4.3. Tesisin Tasarımı İçin Gerekli Verilerin Toplanması ve Kapasitenin Belirlenmesi

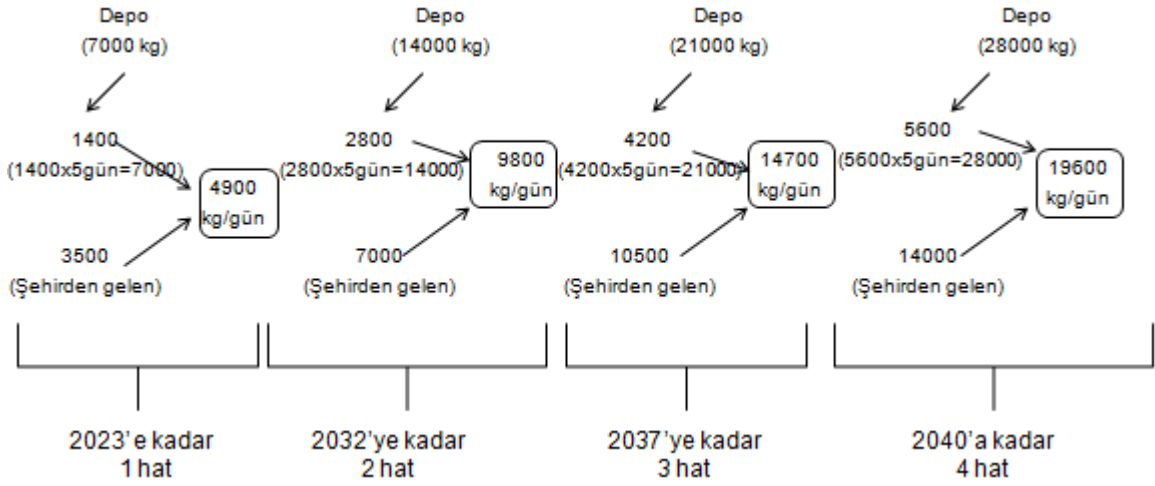
Tasarlanacak plastik geri dönüşüm tesisinin günlük kapasitesinin belirlenmesi için plastik geri dönüşüm hatlarının üretimini yapan özel bir firmanın yetkilisiyle görüşme yapılmıştır (S. Ulusan, kişisel iletişim, Netplasmak, 28 Nisan 2010). Bu görüşmenin sonucunda proje bölgesi için tasarlanacak 500 kg/saat kapasiteli bir geri dönüşüm hattının yeterli olacağı kanısına varılmıştır.

Tesisin günlük çalışma süresinin 10 saat olduğu kabulü yapıldığında 2023, 2032 ve 2037 yıllarında kapasite arttırımına ihtiyaç duyulacaktır. Tesisin ilk etapta yaklaşık % 36 kapasite ile çalışması, 2023, 2032 ve 2037 yıllarında 500 kg/saat kapasiteli üç geri dönüşüm hattının daha eklenerek kapasite arttırımına gidilmesi planlanmıştır. Kapasite arttırımına gidilecek yıllar Çizelge 17.'de verilmiştir.

Çizelge 17. Kapasite arttırımına gidilecek yıllar

Yıllar	Kapasite (kg/gün)
2023	3861
2032	7139
2037	10977
2040	13720

Tesise 30 yıl boyunca gelecek atık miktarları aşağıda Şekil 15.'de belirtilmektedir. Şekil 15.'de de görüldüğü gibi tesis haftada 5 gün çalışacağından, hafta sonları gelen atıklar tesiste hammadde olarak depolanacak ve hafta içi şehirden gelen atıklarla birlikte işlenerek ürün haline gelecektir.



Şekil 15. Tesis kapasitesi değişimleri.

4.4. Tasarlanan Tesisin İşleyişi ve Ekipmanlar Hakkında Bilgiler

Tesis 500 kg/saat kapasiteyle günde 10 saat çalışacağı kabulü yapılarak planlanmıştır. 500 kg/saat'lik bir kapasite ile çalışacak şekilde tasarlanan tesis içinde kullanılacak ekipmanlar aşağıda kurulum sırasına göre verilmiş ve her bir ekipman için açıklama yapılmıştır (S. Ulusan, kişisel iletişim, Netplasmak, 28 Nisan 2010).

- 1- Yükleme konveyörü
- 2- NPS 1000 kırma makinesi
- 3- Kırma altı elevatörü
- 4- Birinci yatay temizleme seperatörü
- 5- Birinci su sirkülasyon havuzu
- 6- Havuz çıkış elevatörü
- 7- İkinci yatay temizleme seperatörü
- 8- İkinci su sirkülasyon havuzu
- 9- Havuz çıkış elevatörü
- 10- Üçüncü yatay temizleme seperatörü
- 11- Konik pres makinesi
- 12- Aglomer üstü silo
- 13- NPS 1200 Aglomer makinesi
- 14- NPS 150 Granül makinesi ve kafadan kesim ünitesi

4.4.1. Yükleme Konveyörü

Plastiğin kırma makinesine düzenli bir şekilde beslenmesini sağlayan 6 m uzunluğunda ve 80 cm genişliğinde bir ekipmandır.

4.4.2. NPS 1000 Kırma Makinesi

1080mm x 1080 mm gövde ölçülerinde, 3 kademeli 6 adet döner bıçağı bulunan kırma makinesi geri dönüştürülecek plastik malzemenin, parça boyutu standart olacak şekilde küçültülmesini sağlayan ekipmandır. Kırma makinesine plastik malzeme beslenmesi ile birlikte üst haznedeki su püskürtülerek, kirli malzemenin kırma makinesinde ön yıkaması sağlanmaktadır.

4.4.3. Kırma Altı Elevatörü

Kırma altı elevatörü 250 mm çapında, 2m uzunluğunda bir ekipmandır. Kırma makinesinin altında bulunan spiral vida geometrisindeki elevatör ile plastik malzeme taşınmaktadır. Kırma çıkış elevatörü, plastik malzemeyi yatay temizleme seperatörüne besler. Elevatörün gövdesi delikli sac olduğundan çamurlu su bu deliklerden tahliye olmaktadır.

4.4.4. Birinci Yatay Temizleme Seperatörü

Yatay temizleme seperatörü 2 m boyunda, 320 mm çapında delikli sac tamburdan oluşan ve dış kutu boyutları 500mm x 500mm olan bir ekipmandır. Yatay temizleme seperatörü, yüksek hızda çalışmakta ve malzeme üzerinde bulunan su ile birlikte kirlilik oluşturan maddelerin dışarı atılmasını sağlamaktadır. Temizleme seperatöründen çıkan, sulu kırma makinesinden taşınan kirli su, yatay temizleme seperatörünün su tahliye bölümünden deşarj edilir. Yatay temizleme seperatörü plastik malzemeyi birinci su sirkülasyon havuzuna taşır.

4.4.5. Birinci Su Sirkülasyon Havuzu

Konik tabanlı, 1000 mm genişliğinde, 1000 mm yüksekliğinde, 4200 mm uzunluğunda bir ekipmandır. Havuzun girişine gelen plastikler, suyun akışı ile taşınırken, kirli çamur havuzun dibine çökerek plastikten ayrılır. Havuzdaki su akışı, ikinci yatay temizleme seperatöründe plastikten ayrılan suyun, bir boru ile havuzun girişine döndürülmesi yöntemiyle sağlanır. Bu şekilde sağlanan su sirkülasyonu, hem geri dönüştürülen plastiğin etkin bir biçimde yıkanmasını sağlamakta, hem de sistemin kapalı devre su akışıyla az miktarda su kullanılarak çevrimine neden olmaktadır. Bu sistem sayesinde, geri dönüşüm sistemlerinin en önemli sorunlardan biri olan aşırı su tüketiminin önüne geçilmiş olmakta, tüketim minimum seviyeye indirilmektedir.

4.4.6. Havuz Çıkış Elevatörü

Havuz çıkış elevatörü 250 mm çapında 2 m uzunluğunda bir ekipman olup, havuzdan çıkan plastiklerin ikinci yatay temizleme seperatörüne taşınmasını sağlamaktadır.

4.4.7. İkinci Yatay Temizleme Seperatörü

İkinci yatay temizleme seperatörü birincisinde olduğu gibi yine 2 m boyunda, 320 mm çapında delikli sac tamburdan oluşan ve dış kutu boyutları 500mm x 500mm olan bir ekipmandır. İkinci yatay temizleme seperatöründe de yine yüksek devirli makinede işlenen plastik parçalar, kirden ve havuzdan taşınan sudan arındırılmakta, plastikten ayrılan su, bir boru ile havuzun giriş bölümüne geri döndürülerek, su sirkülasyonu sağlanmaktadır.

4.4.8. İkinci Su Sirkülasyon Havuzu

Birincide olduğu gibi yine konik tabanlı, 1000 mm genişliğinde, 1000 mm yüksekliğinde, 4200 mm uzunluğunda bir ekipmandır. Yine havuzun girişine gelen plastikler, suyun akışı ile taşınırken, kirli çamur havuzun dibine çökerek plastikten ayrılır. Havuzdaki su akışı, üçüncü yatay temizleme seperatöründe plastikten ayrılan suyun, bir boru ile havuzun girişine döndürülmesi yöntemiyle sağlanır. Böylece su tasarrufu yeniden sağlanmış olmaktadır.

4.4.9. Havuz Çıkış Elevatörü

Havuz çıkış elevatörü 250 mm çapında 2 m uzunluğunda bir ekipman olup, havuzdan çıkan plastiklerin üçüncü yatay temizleme seperatörüne taşınmasını sağlamaktadır.

4.4.10. Üçüncü Yatay Temizleme Seperatörü

Üçüncü yatay temizleme seperatörü de diğer seperatörlerde olduğu gibi yine 2 m boyunda, 320 mm çapında delikli sac tamburdan oluşan ve dış kutu boyutları 500mm x 500mm olan bir ekipmandır. Bu seperatörde de yine yüksek devirli makinede işlenen plastik parçalar, kirden ve havuzdan taşınan sudan arındırılmakta, plastikten ayrılan su, bir boru ile havuzun giriş bölümüne geri döndürülerek, su sirkülasyonu sağlanmaktadır. Bu seperatörden çıkan plastikler konik pres makinesine aktarılmaktadır.

4.4.11. Konik Pres Makinesi

Konik pres makinesi 370mm x 220mm çaplarında, vida boyu 1200 mm olan bir ekipmandır. Üçüncü yatay temizleme seperatöründen, konik pres makinesine beslenen

plastikler, burada delikli kovan içinde dönen konik vida içerisinde geçerek yüksek basınca tabi tutularak sıkılmakta ve üzerindeki fazla su atılmaktadır. Konik pres makinesi çıkışıındaki transfer fanı ise plastikleri aglomer üstü silosuna taşımaktadır.

4.4.12. Aglomer Üstü Silosu

Aglomer üstü silo, içinde bulunan besleme elevatörü sayesinde istenilen miktardaki plastik malzemenin kontrollü bir şekilde operatör tarafından aglomere beslenebilmesini sağlamaktadır.

4.4.13. NPS 1200 Aglomer Makinesi

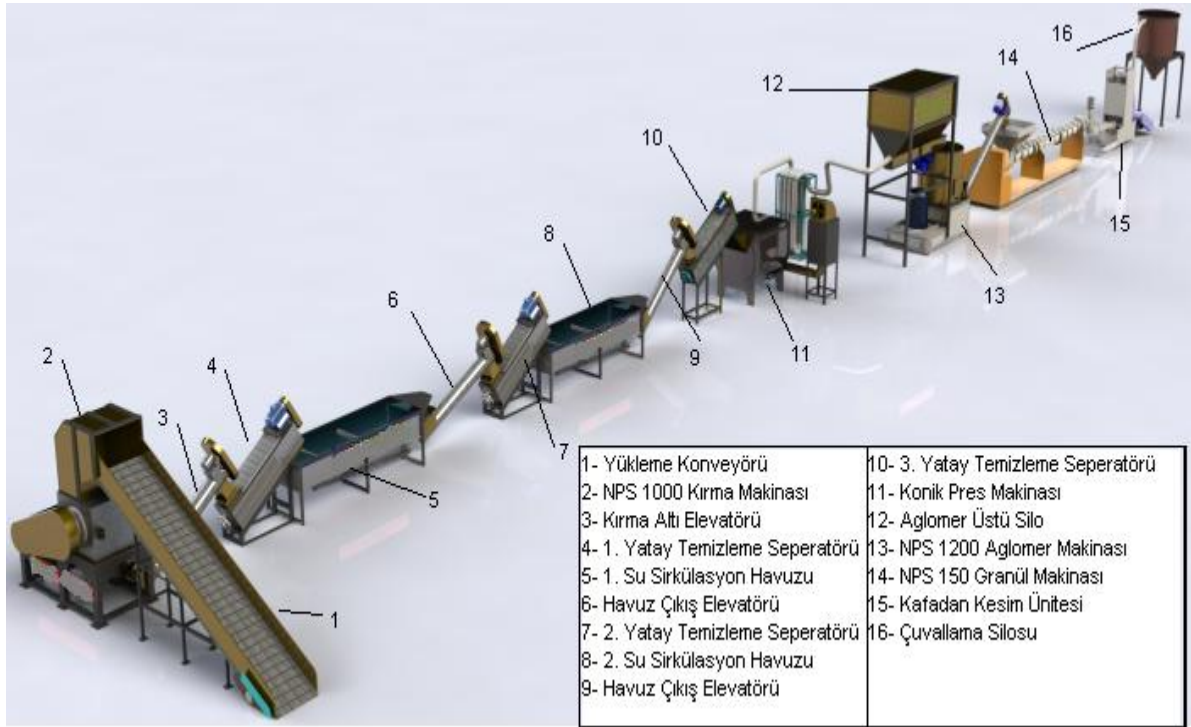
Aglomer makinesi kazan çapı 1200 mm, yüksekliği 1400 mm, sac kalınlığı ise 10 mm olan bir ekipmandır. Makinede bulunan sabit ve döner bıçaklar sayesinde plastik karıştırılmaktadır. Böylece plastik sürtünme gücüyle hem ısıtılıp ve kurutulmuş, hem de yoğunlaştırılmış olmaktadır. Bu aşamaların sonunda plastik, geri dönüşüm hattının son aşaması olan ekstrüzyona hazır hale gelmektedir.

4.4.14. NPS 150 Granül Makinesi (Ekstruder)

Granül makinesi (ekstruder), plastik malzemeyi ısı ve yüksek basınç altında ergime ısısına getirip erittikten sonra filtreden geçirerek granül hammadde haline getiren ekipman olup, 10 adet ısıtma bölgesi bulunmaktadır. Oluşan granüller transfer fanı vasıtasıyla çuvallama siklonuna aktarılarak çuvallama işlemine geçilmekte ve sevkiyata kadar bekletilmek üzere ürün depolama alanına alınmaktadır. Granül makinesinin vida yapısı, plastik geri dönüşüm hatlarının üretimini yapan firma tarafından, plastik malzeme cinsine uygun olarak en son teknolojiye uygun şekilde tasarlanarak üretilmektedir.

Bu plastik geri dönüşüm hattında bulunan ekipmanların tamamının bulunduğu akım şemaları aşağıda Şekil 16.'da verilmiştir.

Firma tarafından üretilen geri dönüşüm hattı az sayıda operatör tarafından işletilmek üzere tasarlanmış olup, isteğe göre hem yıkama hattı, hem de granül makinesi PLC (bilgisayar) kontrollü olarak üretilmektedir. Böylece hattı işleten operatörlerin en az hatayla sistemi işletmeleri sağlanarak, sisteme zarar verme ihtimali minimum seviyeye indirilmiş olacaktır (S. Uluşan, kişisel iletişim, Netplasmak, 28 Nisan 2010).



Şekil 16. Plastik geri dönüşüm hattı akım şeması (S. Uluşan, kişisel iletişim, Netplasmak, 28 Nisan 2010).

4.5. Tesis Alan Hesabının Yapılması

Geri dönüşüm tesisleri planlanırken 06.11.2008 tarih ve 27046 sayılı resmi gazetede yayımlanarak yürürlüğe giren Ambalaj Atıklarının Kontrolü Yönetmeliğinin 34. maddesinde belirtilen şartların sağlanması gerekmektedir. Belirtilen yönetmeliğin ilgili maddesi gereğince;

- Tesisin açık ve kapalı alanının zemininin beton olması, geri dönüşüm faaliyetinin gerçekleştirildiği işletme alanının tamamının kapalı olması,
- Tesisin etrafının dışarıdan görülmeyecek şekilde en az üç metre yüksekliğinde çevrili, temiz, bakımlı ve boyalı olması,
- Başvurusu yapılan tesisin lisans kapsamında değerlendirilebilmesi için, tesisin esas faaliyet konusunun ambalaj atıklarının geri dönüşümü olması,
- Tesisin kapalı alanlarında koku oluşmasını önlemek için gerekli önlemler alınması, gerekirse havalandırma sistemi bulundurulması,
- Tesisin günlük olarak temizlenebilir, dezenfekte edilebilir bir yapıya sahip olması gerektiğinden, yıkama işlemi sonrası oluşan suların tesisten kolaylıkla akışının sağlanabilmesi için gerekirse zeminin eğimli olması, temizlikten

kaynaklanan sular için toplama kanalları ve ızgara sistemi bulundurulması,

- Tesise gelen, ayrılan ve satılan ambalaj atıklarına ait bilgilerin kaydedileceği bir bilgisayar veri kayıt sisteminin bulunması,
- Tesiste çalışan personelin sayısına ve çalışma şartlarına uygun olarak düzenlenmiş tuvalet, lavabo, soyunma odası, yemekhane ve benzeri sosyal ünitelerin bulunması istenmektedir.

Yönetmeliğin ilgili maddesi de göz önünde bulundurularak oluşturulan tesiste bulunacak 6 adet bölüm aşağıda sıralanmıştır:

- 1- İşletme alanı
- 2- Hammadde depolama alanı
- 3- Ürün depolama alanı
- 4- Sosyal tesis alanı
- 5- Atölye alanı
- 6- Araç garaj alanı

4.5.1. İşletme Alanının Hesaplanması

Ekipmanların boyutları göz önünde bulundurularak bir geri dönüşüm hattının boyutları kabaca 8m x 35m olarak tespit edilmiştir. Taşıyıcı ekipmanların ve tesis personelinin işletme alanında rahatça çalışabilmesi için de hattın her iki tarafında 4 m'lik bir çalışma alanı bırakılmıştır. Tesis için 3 aşamalı olarak kapasite artışı yapılacağından, toplam işletme alanının 2236 m² (43m x 52m) olması gerektiği, gerekli güvenlik payları da devreye sokulacak olursa;

(45m x 55m) 2475 m²'lik bir alana ihtiyaç olduğu görülmektedir. Tesisteki makinelerin rahatça yerleşebileceği ve taşıyıcı ekipmanların rahatça çalışma imkanı bulabilmesi açısından işletme alanı yüksekliğinin 5 m olması planlanmıştır.

4.5.2. Hammadde Depolama Alanının Hesaplanması

Tesise gelecek balyaların 120cm x 80cm x 105cm ebatlarında, 1 m³ hacminde, yaklaşık 327 kg ağırlığında ve 327 kg/m³ özgül ağırlığında olacağı kabulleri yapılmıştır. Tesis hafta sonu çalışmayacağından, tesise gelen 2 günlük hammadde depolanacaktır. Bu durumda hafta sonu depolanan atıklar hafta içi tesiste işlenerek, 5 günlük hammadde stoğu tüketilecektir. Bunun yanında en az 2 gün süresince tesise hammadde gelmeme durumu dikkate alınarak, hammadde depolama alanında ilave alan ayrılması planlanmış ve hesaplamalar bu şekilde yapılmıştır. Buradan yola çıkıldığında 2040 yılında tesisin günlük

hammadde ihtiyacının 68.000 kg (28.000kg+20.000kg+20.000kg) olacağı bilinmektedir. Bu değer bir balyanın özgül ağırlığına bölüldüğünde, yaklaşık 208 m³'lük bir depolama hacmine ihtiyaç duyulduğu görülmektedir. Balyalar ahşap paletler üzerine istiflenerek depolama alanında yerleştirileceğinden, paletlerin kaplayacağı hacim de eklendiğinde bu rakamın yaklaşık 215 m³ olacağı kabul edilmiştir. Bir adet balyanın hacmi de 1 m³'lük bir yer kaplayacağından depoda yaklaşık 215 adet balya bulunmuştur.

Balyaların uzun kenarları tabana degecek şekilde yerleştirildiğinde, bir adet balyanın depolama alanında kaplayacağı alan (1,20m x 1,05m) 1,26 m² olarak hesaplanmıştır. Balyaların uzun kenarlar üzerinde yerleştirilmesindeki maksat, dengenin en iyi şekilde kurulup stabilitenin sağlanmasıdır. Balyaların tek kat yerleştirilmesi halinde;

$$215 \times 1,26 \text{ m}^2 \approx 271 \text{ m}^2 \text{ 'lik alana ihtiyaç duyulacaktır.}$$

Alan israfının önüne geçmek adına balyalar depolama alanına tek katlı yerleştirilmemiştir. Kat sayısının belirlenmesi için seçilecek forkliftin çalışabileceği maksimum yüksekliğin bilinmesi gerekmektedir. Balya ağırlıklarının düşük olması nedeniyle tesiste akülü forkliftler tercih edilmiştir. Bu tip forkliftlerin çıkabileceği maksimum yükseklik 3 - 3,5 m civarında olacağından balyaların yüksekliği de bu değere uygun olarak hesap edilmiştir (Anonim, 2010d).

Depolama alanı tabanında (8x8) 64 balya olacağı kabul edilerek hesap yapılırsa;

$$1,26 \text{ m}^2 \times 64 = 80,64 \text{ m}^2 \text{ 'lik bir alan balyaların yerleşimi için yeterli olacaktır.}$$

Balyaların yüksekliğinin de palet yüksekliği ile birlikte yaklaşık (0,8m + 0,2 m) 1 m olacağı kabulü ile hesaplama yapılırsa 1 kat balyanın hacmi;

$80,64 \text{ m}^2 \times 1 \text{ m} = 80,64 \text{ m}^3$ olarak hesaplanmıştır. Balyalar için toplamda 215 m³'lük hacme ihtiyaç duyulduğundan balyaların yerleşimi için 3 kat yeterli olacaktır.

$$215 \text{ m}^3 / 80,64 \text{ m}^3 = 2,66 \text{ kat} \approx 3 \text{ kat}$$

Yukarıda yapılan hesaplamalar ışığında hammadde depolama alanında balyaların yerleşimi için gerekli olan alan yaklaşık 81 m² olarak kabul edilmiştir ((1,05m x 8 adet) x (1,20m x 8 adet) \approx 81 m²). Balya yüksekliği de göz önünde bulundurularak depolama alanının yüksekliği 5 m olarak kabul edilmiştir. Ekipman ve çalışanların rahatça hareket edebilmesi için 75 m²'lik çalışma alanıyla birlikte toplam (12m x 13m) 156 m²'lik hammadde depolama alanı oluşturulmuştur.

4.5.3. Ürün Depolama Alanının Hesaplanması

Tesiste günde 5.000 kg ürün oluşacağı ve ürün taleplerinin karşılanmasında sıkıntı yaşanmaması adına, tesiste 1 haftalık ürünün bulundurulacağı kabulü yapılarak alan

ihtiyacı hesaplanmıştır. Tesiste oluşacak 1 haftalık ürün miktarı 140.000 kg olacaktır.

$$19.600 \text{ kg} \times 7 = 137.200 \approx 140.000 \text{ kg}$$

Tesiste oluşacak ürünün balya halindeki özgül ağırlığının 510 kg/m^3 olduğu bilinmektedir. Balya boyutlarının (1m x 1m x 1m) boyutlarında big-bag çuvallar olacağı ve dolayısıyla 1 adet ürün çuvalının da ağırlığının yaklaşık 510 kg olduğu belirlenmiştir. 140.000 kg değerini 510 kg/m^3 olan özgül ağırlık değeriyle oranladığımızda, 275 m^3 lük bir hacim ihtiyacı ortaya çıkmaktadır. Çuvallar ahşap paletler üzerine istiflenerek depolama alanında yerleştirileceğinden, paletlerin kaplayacağı hacim de eklendiğinde bu rakamın yaklaşık 285 m^3 olacağı kabul edilmiştir. Bir adet çuvalın hacmi de 1 m^3 'lük bir yer kaplayacağından depoda yaklaşık 285 adet çuval bulunacaktır.

Bir adet çuvalın kapladığı alan 1 m^2 olduğundan çuvalların tek kat yerleştirilmesi halinde;

$$285 \times 1 \text{ m}^2 = 285 \text{ m}^2 \text{ 'lik alana ihtiyaç duyulacaktır.}$$

Alandan kazanç sağlamak amacıyla ürün çuvalları depolama alanına tek katlı yerleştirilmeyerek, yine hammadde depolama alanında olduğu gibi forklift boyutları göz önünde bulundurularak hesaplama yapılmıştır. Çuval ağırlıklarının fazla olmaması nedeniyle forklift seçiminde yine akülü forkliftler tercih edilmiştir. Bu tip forkliftlerin çıkabileceği maksimum yükseklik 3 - 3,5 m civarında olacağından çuvalların yüksekliği de bu değere uygun olarak hesap edilmiştir (Anonim, 2010d).

Depolama alanı tabanında (11x11) 121 çuval olacağı kabul edilerek hesap yapılırsa;
 $1 \text{ m}^2 \times 121 = 121 \text{ m}^2$ 'lik bir alan çuvalların yerleşimi için yeterli olacaktır.

Çuvalların yüksekliğinin de palet yüksekliği ile birlikte yaklaşık (1m + 0,2 m) 1,2 m olacağı kabulü ile hesaplama yapılırsa 1 kat çuvalın hacmi;

$121 \text{ m}^2 \times 1,2 \text{ m} = 145,2 \text{ m}^3$ olarak hesaplanmıştır. Çuvallar için toplamda 285 m^3 'lük hacme ihtiyaç duyulduğundan çuvalların yerleşimi için 2 kat yeterli olacaktır.

$$285 \text{ m}^3 / 145,2 \text{ m}^3 = 1,96 \text{ kat} \approx 2 \text{ kat}$$

Çuvallar paletler üzerinde yerleştirilse bile üst üste konduklarında belli stabilite problemleri yaratacağı düşünüldüğünden katsayısı arttırılmamıştır.

Çuval yüksekliği de göz önünde bulundurularak depolama alanının yüksekliği 4 m olarak kabul edilmiştir. Ekipman ve çalışanların rahatça hareket edebilmesi için 75 m^2 'lik çalışma alanıyla birlikte toplam (14m x 14m) 196 m^2 'lik ürün depolama alanı oluşturulmuştur.

4.5.4. Sosyal Tesis Alanının Hesaplanması

Tesisin sosyal tesis bölümünde, çalışan personelin tüm ihtiyaçlarının karşılanması için gerekli idari bürolar, yemekhane, mutfak, tuvalet, soyunma odaları, duşlar vs. gibi alanların planlanması yapılmıştır. Sosyal tesisler bölümünü idari bölüm ve diğer bölümler olarak iki kat halinde oluşturulmuştur. İdari kat, müdür odası ve mühendisle büro personelinin ortak kullandığı çalışma odası bulunacak şekilde planlanmıştır. Diğer bölümlerin bulunacağı alt katta ise yemekhane ve mutfak bölümü ile tuvalet, duşlar ve soyunma odalarının bulunacağı ayrı bir bölümler oluşturulmuştur. İdari katta bulunan odalar tesis işletme alanının hemen bitişiğinde ve işletme alanını tamamen görebilecek bir bölgede tasarlanmıştır.

İdari katta bulunan müdür odasının (3m x 5m) 15 m², mühendis ve büro personelinin bulunduğu diğer odanın ise (3m x 4m) 12 m² olacağı planlanmıştır. Tesisin alt katında bulunan mutfak ve yemekhane bölümü (6m x 5m) 30 m²'lik bir alanı kaplamıştır. Tuvalet, duşlar ve soyunma odaları bölümü ise (6m x 7m) 42 m² olacak şekilde planlanmıştır. Tüm bu alanlardan yola çıkılarak sosyal tesisin tabanda yaklaşık (6m x 12m) 72 m² lik alanda bulunacak şekilde planlama yapılmıştır.

4.5.5. Atölye Alanının Hesaplanması

Tesisin içinde bulunan ekipmanların tamir ve bakımının yapılabileceği ve herhangi bir arıza halinde hemen müdahale edilmesi için bir atölye planlanmıştır. Ekipmanların yerinden sökülüp taşınma gereksinimi de göz önünde bulundurulursa, işletme alanına yakın bir mesafede ve ekipman parçalarının ya da ekipmanın tamamının taşınması halinde atölye içinde rahat bir şekilde çalışılması gerekecektir. Bu sebeple atölye için 30 m²'lik (6m x 5m) bir alanın yeterli olacağı düşünülmüştür.

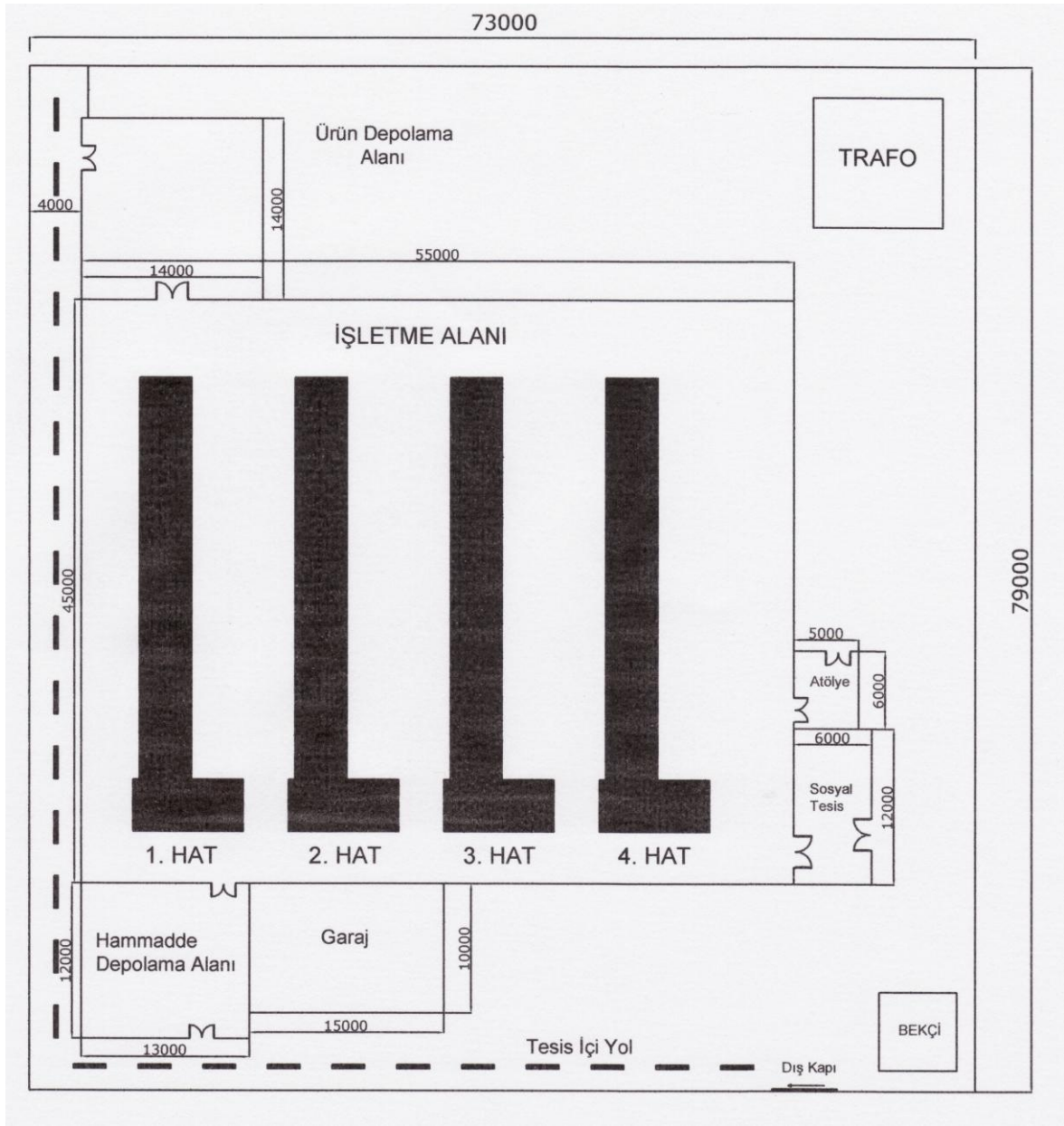
4.5.6. Garaj Alanının Hesaplanması

Tesise gelecek ve tesisten ayrılacak sevkiyat kamyonlarının, kullanılmayan taşıyıcı ekipmanların, tesise gelen personelin servis aracının ve tesise gelen kişilere ait özel binek araçlarının park etmesi için garaj alanının bulunması gerekmektedir. Garaj alanı için (10m x 15m) 150 m²'lik yarı kapalı bir alan için planlama yapılmıştır.

4.6. Tesis Yerleşim Planının Oluşturulması

Yapılan bu alan hesaplamalarının sonucunda tesisi ana hatlarıyla gösteren tesis yerleşim planı aşağıda Şekil 17.'de verilmiştir. Tesisin dış duvarlarıyla birlikte kapladığı

alanın (73 m x 79 m) 5.767 m² olması planlanmıştır.



Şekil 17. Tesis yerleşim planı (Şekilde ölçü birimi olarak mm kullanılmıştır).

BÖLÜM 5**SONUÇLAR VE ÖNERİLER**

Bu tez çalışması kapsamında, Çanakkale Katı Atık Yönetim Birliği'nce (ÇAKAB) katı atık yönetimi hizmeti verilen 7 yerleşim yerinden kaynaklanan polipropilen türü plastik atıkların geri dönüşümünü gerçekleştirecek bir tesis planlanmıştır. Ülkemizde en çok tüketilen plastik türü olması ve kullanım alanlarının genişliği nedeniyle, geri dönüşüm tesisinde işlenecek plastik türü olarak polipropilen seçilmiştir.

Katı atık geri dönüşüm tesislerinin tasarımının yapılabilmesi için gelecekteki kent nüfuslarının, oluşacak katı atık ve hedeflenen madde türü miktarının tahmin edilmesi gerekmektedir. Bu amaçla seçilen 30 yıllık tesis ömrü dikkate alınarak, ÇAKAB bünyesindeki yerleşim yerleri için nüfus hesapları yapılmıştır. Kentsel ve kırsal nüfusların projeksiyonu amacıyla İller Bankası Yöntemi ile üstel ve doğrusal fonksiyon yöntemlerinden faydalanılmış ve 2040 yılına kadar gerçekleşecek nüfuslar tahmin edilmeye çalışılmıştır. Bu tip projeksiyon işlemlerinde her zaman doğru sonuçlara ulaşmak mümkün olmamaktadır. Daha önceden tahmin edilmesi zor olan özel durumlarda, örneğin kentin doğal afet veya başka nedenlerle göç vermesi veya sanayileşme, üniversite açılması gibi durumlarda göç alması, nüfus tahminlerinde hata yapılmasına neden olabilmektedir. Proje bölgemizde, Çanakkale Boğazı'na inşa edilmesi planlanan köprü'nün, kenti cazibe merkezi haline getirmesi ve bölgedeki sanayileşmeyi arttırması söz konusu olabilir. Bu durumda, kent nüfusunda kısa süre içerisinde büyük bir artış beklenmesi mümkün olacaktır. Böyle bir durum, bu tez kapsamında yapılan nüfus projeksiyonlarının hatalı olmasına neden olabilecektir.

Kentlerde oluşan katı atık miktarlarının doğru olarak tahmin edilebilmesi, ancak geçmişe dönük güvenilir ölçüm verilerine sahip olunması durumunda mümkün olabilir. Ülkemizde katı atık konusunda yapılan çalışmaların son derece yetersiz olması, özellikle katı atık bertaraf tesislerinde atık miktarları ve türleri ile ilgili kayıtların tutulmamış olması ciddi bir problem olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu durumda, proje hazırlanması düşünülen kentler için kısa süreli örnekleme çalışmaları yapılmakta ve genelde bunlar da hatalı sonuç verebilmektedir. Daha önceki bölümlerde belirtildiği gibi, ÇAKAB proje bölgesi için yapılmış olan çalışmalarda elde edilen veriler, düzenli katı atık depolama alanının devreye alınmasından sonra yapılan tartım sonuçları ile kıyaslandığında çok büyük farklılıklar

olduğu görülmüştür. Gerçek ve güncel veriler olması nedeniyle, tesiste yapılan tartım sonuçları bu tez kapsamında kullanılmıştır. Nüfus hesaplamalarına benzer şekilde, kişi başına üretilen atık miktarının değişiminin de tahmin edilmesi gerekmektedir. Yıllar içerisinde sosyo-ekonomik durumda meydana gelecek iyileşme, kişilerin tüketim alışkanlıklarında ve dolayısıyla kişi başına üretilen atık miktarında artışa neden olacaktır. Bu durum dikkate alınarak tez kapsamında, kişi başına üretilen atık miktarında kabul edilebilir artışlar uygulanmıştır.

Hammadde depolama alanı olarak ayrılan bölümün tasarımında, tesise gelecek balyaların birim hacim ağırlıklarının 327 kg/m^3 olacağı ve balyaların 3 kat olarak depolanacağı planlanmıştır. Depolanması gereken atık miktarı hesaplanırken, tesisin hafta sonu çalışmadığı ve kentten 7 gün boyunca atık geldiği dikkate alınmıştır. Ayrıca tesise atık gelişinde sorun yaşanması durumuna karşılık, tesisin en az 2 gün süreyle çalışmasına devam edebilmesi için ilave bir alan da ayrılmıştır.

Bu tip tesislerde balya boyutları kullanılan presleme ekipmanının özelliklerine göre değişim gösterebilmektedir. Hammadde depolama alanında balyaların 3 kattan daha yüksek konması, ancak uygun boyutlu forklift kullanılması ile mümkün olabilir. Daha fazla balyanın üst üste konabilmesi, depolama alanından tasarruf edilmesini sağlarken diğer taraftan balyaların stabilitesi bakımından tehlikeli durumlar yaratabileceği dikkate alınmalıdır.

Tesisten çıkan ürünlerin çok küçük boyutlu olması, bu ürünleri büyük hacimli çuvallar içinde depolamayı gerektirmektedir. Bu tip çuvallar üst üste konmaya çok uygun olmadığı için en fazla iki katlı olabileceği kabulü ile tasarım yapılmış ve alan ihtiyacı belirlenmiştir. Ürüne herhangi bir işlem uygulayarak sıkıştırmak mümkün olmayacağı için alandan tasarruf etmek mümkün değildir.

Katı atık dönüşüm tesislerinde gerekli üniteler belli bir atık miktarını işleyecek kapasiteye göre hatlar halinde inşa edilir. Yıllar içerisinde işlenecek atık miktarlarında artış meydana gelmesi, yeni hatların sisteme ilave edilmesini gerektirebilecektir. Bu tez kapsamında yapılan hesaplamalara göre, 2040 yılına kadar 500 kg/saat kapasiteli 3 yeni hattın sisteme ilave edilmesi gerekmektedir. Geri dönüşüm hatlarının kullanım ömürlerinin tesis için planlanan 30 yıllık süreden daha kısa olması durumunda, daha önceden inşa edilmiş hatların tamamen veya kısmen yenilenmesi gerekebilir. Bu sebeple gerekli bütçenin temin edilmiş olması, yaşanması muhtemel sorunların önüne geçecektir.

Tez kapsamında planlanan geri dönüşüm tesisi 2040 yılında yaklaşık 350.000 kişilik bir nüfusa hizmet edecektir. Benzer nüfusa sahip kentlerin, polipropilen atıkların geri

dönüşümü amacıyla tesis inşa etmeleri durumunda, Bölüm 4'te hesaplandığı gibi yaklaşık 6.000 m²'lik bir alana ihtiyaç duyacakları söylenebilir.

Tesisteki kullanılacak geri dönüşüm ekipmanlarının düzenli olarak bakımının yapılması büyük önem taşımaktadır. Özellikle yaş proseslerin gerçekleştiği ekipmanlarda arıza meydana gelmesi ve paslanmalar oluşması söz konusu olabilecektir. Bu nedenle bakım onarım faaliyetlerinin gerçekleştirilebilmesi için uygun bütçelerin ayrılmış olması gerekir.

Ayrı toplama işleminin yeterince verimli olmaması ve ayıklama tesislerinden gelen atıkların organik atıklarla kirlenmiş olması, tesiste koku problemi yaşanmasına neden olabilir. Bu problemin önüne geçilmesi ve işçi sağlığının korunması amacıyla tesisin iyi bir havalandırma sistemine sahip olması gerekir.

Tesiste çalışacak personel deneyimli ve yaptığı işe hâkim kişiler içinden seçilmeli ve idarece eğitimleri düzenli olarak verilmelidir. Aksi takdirde hem tesisin işleyişi hem de iş güvenliği açısından istenmeyen durumlarla karşılaşılabilir.

Tesis tasarımında yapılan kabuller ve işletme sürecinde yaşanacak problemler, genel anlamda çok büyük boyutlu olmadıkları sürece, mühendislik çözümleri ile üstesinden gelinebilir. Bu tip sıkıntıların yanı sıra, geri dönüşüm tesisleri depolama alanına gidecek atık miktarını azaltması, dolayısıyla depolama alanının kullanım ömrünü arttırması, hammadde ve enerji kaynaklarını koruması, katı atık taşıma ve depolama alanı işletme maliyetlerini azaltması nedeniyle çevresel anlamda son derece yararlı tesislerdir.

Bu tip tesislerin planlaması yapılırken, şehre ve atık ayrıştırma tesisine yakın olması, atık taşıma maliyetlerini azaltması bakımından dikkate alınması gereken önemli bir noktadır.

Geri dönüşüm tesisinin kurulumu, Çevresel Etki Değerlendirme (ÇED) kapsamına girmemekle birlikte, tesisin çalışmaya başlamadan önce Çevre ve Orman Bakanlığı onaylı lisans belgesi alması kanun ve yönetmeliklerle zorunlu kılınmıştır.

KAYNAKLAR

- Akdemir A., (2008). Su Temini Proje Dersi Ders Notları. 19 Nisan 2010,
<http://www.andacakdemir.com/test/www/makaleler/su%20temini%20proje%20ders%20notlar%C4%B1%20b%C3%B6l%C3%BCm%201.pdf>
- Al-Salem S.M., Lettieri P. ve Baeyens J., 2009. Recycling and Recovery Routes of Plastic Solid Waste (PSW): A review. *Waste Management*, 29: 2625-2643.
- Andrady A.L., 2003. *Plastics and The Environment*. John Wiley & Sons, Inc., New Jersey, Canada. 783 p.
- Anonim 2008a. Türkiye’de Plastik Endüstrisine Bakış.
http://www.tuyap.com.tr/webpages/plastavrasya.com/plastik_bakis.html
- Anonim 2008b. Plastik Ambalajın Geri Kazanımı.
http://www.sektorler.web.tr/ambalaj_sanayi/ambalaj/plastik_ambalajin_geri_kazanimi_.htm
- Anonim 2008c. Plastik Nedir. http://www.plastikfirmalari.com/plastik_nedir.html
- Anonim 2008d. Plastik Nedir? Plastik Hakkında Herşey.
<http://www.bilgiustam.com/plastik-nedir-plastikler-hakkinda-hersey/>
- Anonim 2008e. Vinyloop[™]Process (vinyl recovery technology).
<http://www.nedo3r.com/TechSheet/JP-0220E.htm>
- Anonim 2008f. Polyethylene Terephthalate (PET) Recycling Plant.
<http://www.nedo3r.com/TechSheet/JP-0269E.htm>
- Anonim 2008g. Recycling Technology of Expanded Polystyrenes.
<http://www.nedo3r.com/TechSheet/JP-0171E.htm>

- Anonim 2010a. Türkiye’de Plastik Endüstrisine Bakış.
http://www.tspmakina.com/Egitim/file/Turkiyede_Plastik.pdf
- Anonim 2010b. World Plastics Consumption Long Term, 1960-2020.
<http://www.pardos-marketing.com/hot04.htm>
- Anonim 2010c. Engineering Resources-Bulk Density Chart.
http://www.powderandbulk.com/resources/bulk_density/material_bulk_density_chart_p.htm
- Anonim 2010d. <http://www.liderforklift.com/forkliftsecimi.html>
- Ay İ., 1992. *Plastik Malzemelerin İşlenme Teknikleri, Plastiklerin Geri Dönüşümü (Recycling)*. Balıkesir Üniversitesi. 10 s.
- Beyatlı Y., 1996. Mikrobiyal Termoplastik Üretimi. *KÜKEM Dergisi*, 19 (2): 23-32.
- Chanda M. ve Roy S.K., 2009. *Plastics Fabrication and Recycling*. Taylor & Francis Group, LLC, Boca Raton. 1-43.
- Dave H., Ramakrishna C. ve Desai J.D., 1996. Production of Polyhydroxybutyrate by Petrochemical Activated Sludge and *Bacillus* sp. IPCB-403, *Indian Journal of Experimental Biology*, 34: 216-219.
- Demirci B. ve Ergün N., 2010. Türk Plastik Sektörü 2010 Yılı 6 Aylık Değerlendirmesi ve 2010 Yılı Beklentileri. PAGEV/ PAGDER. 10 s.
- Envest Planners, 2005. Çevre ve Orman Bakanlığı, Yüksek Maliyetli Çevre Yatırımlarının Planlanması İçin Teknik Yardım, Türkiye. Çanakkale Katı Atık Yönetimi Projesi Fizibilite Çalışması. Rapor No: EHCIP_TEC_IP3_Final Feas Rep ver 4_tr.
- EPA, (2010). “Identification of Non-Hazardous Secondary Materials That Are Solid Waste Scrap Plastics”, Proposed Rules, EPA-HQ-RCRA-2008-0329-0534.

- Goodship V., 2007. *Introduction to Plastics Recycling* (Second ed.). Smithers Rapra Technology Limited, UK. 184 p.
- Güler Ç. ve Çobanoğlu Z., 1997. Plastikler. *Çevre Sağlığı Temel Kaynak Dergisi*, 46 (1): 9.
- Holmes P.A., 1985. Applications of PHB-A Microbially Produced Biodegradable Thermoplastic. *Phys. Technol.*, 16: 32-36.
- Lafferty R.M., Korsatko B. ve Korsatko W., 1988. Microbial Production of Poly- β -hydroxybutyric Acid. *Biotechnology, Special Microbial Processes*, 6b.
- Lee S.Y., 1996. Bacterial Polyhydroxyalkanoates, *Biotechnology and Bioengineering*, 49: 1-14.
- Mercan N. ve Beyatlı Y., 2004. Bakteriyel Biyoplastikler ve Kullanım Potansiyelleri. *Orlab On-Line Mikrobiyoloji Dergisi*, 2 (4): 2-18.
- Mulder K.F., 1998. Sustainable Consumption and Production of Plastics. *Elsevier Science Inc.*, 58: 105-124.
- Öztürk M., (2005). Plastikler ve Geri Kazanılması. 20 Nisan 2010, <http://www.mozturk.net/Upload//ppp.pdf>
- Page W.J., 1992. Production of Polyhydroxyalkanoates *Azotobacter vinelandii* UWD in Beet Molasses Culture. *FEMS Microbiology Reviews*, 103, 149-158.
- Resmi Gazete, (2008). 06.11.2008 tarih ve 27046 sayılı resmi gazetede yayımlanarak yürürlüğe giren “Ambalaj Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği”.
- Savaşçı Ö.T., Uyanık N. ve Akovalı G., 1998. *Plastikler ve Plastik Teknolojisi*. Çantay Kitabevi. 505 s.

- Tan E., Tarakçılar A.R. ve Yurtseven R., 2007. Plastik Geri Kazanımları ve Plastik Atıklardan Plastik Üretim Teknolojileri. *Metal Dünyası Dergisi*, (Temmuz, 2007).
- Tchobanoglous G., Theisen H. ve Vigil S., 1993. *Integrated Solid Waste Management, Engineering Principles and Management Issues* (International ed.). McGraw-Hill, Singapore. 978 p.
- TÜİK, Nüfus İstatistikleri ve Projeksiyonlar,
http://www.tuik.gov.tr/VeriBilgi.do?tb_id=39&ust_id=11
- Verma S., (2004): “Plastics Recycling and Integrated Waste Management” , The Ninth Annual Conference on Recycling of Fibrous Textile and Carpet Waste, Georgia, USA.
- Yılmaz M., ve Beyatlı Y., 2009. Çevre Kirliliği, Çevre Kirliliği Oluşturmayan Biyoplastikler. *Ekoloji Magazin*, 24 (Ekim-Aralık 2009).

ÇİZELGELER LİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 1. Plastik hammadde yerli üretimi.....	6
Çizelge 2. 2003-2007 yılları arası plastik pazarı.....	7
Çizelge 3. Dünya ülkelerine göre kişi başına plastik tüketimi.....	9
Çizelge 4. 2007 yılı Kuzey Amerika plastik türleri bazında plastik üretimi.....	11
Çizelge 5. Çanakkale'deki 7 yerleşim yerinin geçmiş nüfus miktarları.....	30
Çizelge 6. Projede kullanılmış olan kişi başına oluşacak günlük atık miktarı.....	32
Çizelge 7. Çanakkale'de toplam atık içinde bulunan geri dönüşebilir atık kütlece yüzdesi.....	34
Çizelge 8. Türkiye'de tüketimin plastiklere göre dağılımı.....	34
Çizelge 9. Seçilen nüfus hesaplama yöntemleri.....	38
Çizelge 10. Kırsal yerleşim yerleri için hesaplanan gelecekteki nüfus miktarları.....	40
Çizelge 11. Kentsel yerleşim yerleri için hesaplanan gelecekteki nüfus miktarları.....	41
Çizelge 12. Kentsel yerleşim yerlerinde oluşması tahmin edilen atık miktarları -1.....	42
Çizelge 13. Kentsel yerleşim yerlerinde oluşması tahmin edilen atık miktarları -2.....	43
Çizelge 14. Kırsal yerleşim yerlerinde oluşması tahmin edilen atık miktarları -1.....	44
Çizelge 15. Kırsal yerleşim yerlerinde oluşması tahmin edilen atık miktarları -2.....	45
Çizelge 16. Tesis için yıllara göre geri dönüştürülecek atık PP miktarı.....	46
Çizelge 17. Kapasite artırımına gidilecek yıllar.....	47

ŞEKİLLER LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 1. Dünyada plastik kullanımının yıllara göre değişimi.....	3
Şekil 2. Enjeksiyonlu dökme	4
Şekil 3. Ekstrüzyon üflelemeli dökme sistemi.....	5
Şekil 4. Sıkıştırarak kalıba dökme.....	5
Şekil 5. Vakum termo şekil verme.....	5
Şekil 6. Türkiye'nin 2003 yılı plastik tüketimindeki Avrupa'daki yeri.....	8
Şekil 7. Türkiye'de tüketimin plastik türlerine göre dağılımı.....	8
Şekil 8. Plastik sektörünün alt kollara dağılımı.....	9
Şekil 9. Plastikleri teşhis etme yöntemleri.....	12
Şekil 10. Polimerlerin kimyasal geri kazanımı.....	20
Şekil 11. PVC geri kazanımı proses akım şeması.....	23
Şekil 12. PS geri kazanımı prosesleri karşılaştırma şeması	24
Şekil 13. PET şişe geri kazanımı proses akım şeması.....	25
Şekil 14. PP dokunmuş torbalardan plastik kap üretimi proses akım şeması.....	25
Şekil 15. Tesis kapasitesi değişimleri.....	48
Şekil 16. Plastik geri dönüşüm hattı akım şeması.....	52
Şekil 17. Tesis yerleşim planı.....	57

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : GÖZDE ERSÖZ
Doğum Yeri : KEŞAN
Doğum Tarihi : 14.01.1984

EĞİTİM DURUMU

Lisans Öğrenimi: Trakya Üniversitesi Çorlu Mühendislik Fakültesi
Çevre Mühendisliği Bölümü
Yüksek Lisans Öğrenimi: Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri
Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı
Bildiği Yabancı Diller: İngilizce

BİLİMSEL FAALİYETLERİ

- a) Yayınlar -SCI -Diğer
- b) Bildiriler -Uluslararası -Ulusal
- c) Katıldığı Projeler

İŞ DENEYİMİ

Çalıştığı Kurumlar ve Yıl : Çanakkale Belediyesi, Temizlik İşleri Müdürlüğü,
Çevre Mühendisi. 2008- Devam

İLETİŞİM

E-posta Adresi: ersoz-g-@hotmail.com