

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**HAZIR BETON TESİSLERİNDE KULLANILAN GERİ DÖNÜŞÜM
SİSTEMLERİNİN YAŞAM DÖNGÜ MALİYETİ ANALİZLERİ**

Murat ATICI

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

2016

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**HAZIR BETON TESİSLERİNDE KULLANILAN GERİ DÖNÜŞÜM
SİSTEMLERİNİN YAŞAM DÖNGÜ MALİYETİ ANALİZLERİ**

Murat ATICI

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

Bu tez TÜBİTAK tarafından 113M428 nolu proje ile desteklenmiştir.

2016

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**HAZIR BETON TESİSLERİNDE KULLANILAN GERİ DÖNÜŞÜM
SİSTEMLERİNİN YAŞAM DÖNGÜ MALİYETİ ANALİZLERİ**

Murat ATICI

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

Bu tez .././201.. tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği/Oyçokluğu ile kabul edilmiştir.

ÖZET

HAZIR BETON TESİSLERİNDE KULLANILAN GERİ DÖNÜŞÜM SİSTEMLERİNİN YAŞAM DÖNGÜ MALİYETİ ANALİZLERİ

Murat ATICI

Yüksek Lisans Tezi, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Aynur KAZAZ

Temmuz 2016, 95 sayfa

İnşaat sektörü, ülkelerin ekonomilerinde büyük rol oynayan, genel istihdamın çoğunluğunu elinde tutan sektör konumundadır. Bu potansiyel, atık oluşumu ve beraberinde stok alanlarının azalması, çevrenin kirletilmesi, hammaddenin tüketilmesi gibi kritik sorunları beraberinde getirmektedir. Bu bağlamda atığın önlenmesi imkânsız veya imkânsıza yakinken, geri dönüşüm ve yeniden kullanım kavramları önem kazanmıştır. Bu tez çalışması, bu durumu konu almış ve hazır beton üretim sektöründe, yanlış metraj, gün sonu üretim fazlası, transmikserin yıkanması sırasında oluşan beton atığı gibi taze beton atığının geri dönüşümü üzerine yoğunlaşmıştır. TÜBİTAK projesi desteğiyle saha ölçümleri ve santral, fabrika gezileri düzenlemiş; toplanan verilerle Yaşam Döngü Maliyeti ve Başabaş Noktası analizleri yapılmıştır. Bu analizler sonucunda ortaya çıkan yıllık beton üretim kapasitesi değerinin, hazır beton üretim tesislerine, agrega geri dönüşüm tesisinin mantıklı bir yatırım olup olmayacağı konusunda ışık tutması amaçlanmıştır. Kullanılan verilerin yerinde ölçümlerle ve bizzat santral gezilerinden edinildiğinden dolayı, sonuçların gerçekçiliğini olumlu yönde etkilemiştir.

Çalışmanın umulduğu sonuca varması için, Belediyelerin, Beton Birliklerinin ve Devletin ilgili kurumlarının da hassasiyet göstermesi gerekmektedir. Gerekli düzenleme ve uygulamalarla, önüne geçilmesinin zor olduğu atık oluşumuna çevreci bir önlem alınmış olunacaktır.

ANAHTAR KELİMELER: Geri dönüşüm, Yaşam döngü maliyeti, Hazır beton, Başabaş noktası.

JÜRİ: Prof. Dr. Aynur KAZAZ (Danışman)

Doç. Dr. Serdar ULUBEYLİ

Doç. Dr. Okan ÖZCAN

ABSTRACT

Life Cycle Cost Analysis of Recycling Systems Used In Ready-Mixed Concrete Plants

Murat ATICI

**MSc Thesis in Civil Engineering
Supervisor: Prof. Dr. Aynur KAZAZ
July 2016, 95 pages**

Construction industry, which plays a major role in the economy of the country, is owning the majority of overall investment of the country. This potential followingly brings not only the matters of wastes, decreasing in stock places and used row materials but also environmental pollution. In this case, while it seems to be almost impossible to bear, the terms of reusing or recycling is having significance. By this thesis, based on these arguments, during the filling process of truck mixers, adhesive concrete in truck mixer's drum, over-order of concrete on constructions issues have been concerned and studied in the ready-mixed concrete sector. By the supports of Scientific and Technological Research Council of Turkey, side leveling and factory excursions had been done and Life cycle cost and Break Even Points analyses obtained values which we consumed at the end of analyses are aimed to be lighten the decision of investments of aggregate recycling. Directly collected values and plant excursions have positively affected the conclusions.

As a result, it is necessary for governments related organizations to show up precision on this issue. An environmental prevention is going to be taken for the case of wasting of materials by essential managements and implementations on governmental system.

KEYWORDS: Recycling, Life cycle cost, Ready-mixed concrete, Break-even point.

COMMITTEE: Prof. Dr. Aynur KAZAZ (Supervisor)
Assoc. Prof. Dr. Serdar ULUBEYLİ
Assoc. Prof. Dr. Okan ÖZCAN

ÖNSÖZ

Bu çalışma, hem Türk, hem de dünya inşaat sektöründe atık oluşumunun ne oranda yüksek olduğuna farkındalık oluşturmak amacıyla yazılmıştır. Bu farkındalığın oluşturulmasının yanısıra, duruma çözüm niteliğinde hazır beton üretim tesisi geri dönüşüm sistemlerinin Yaşam Döngü Maliyeti ve Başabaş Noktası tahkikleri yapılmıştır. Tahkiklerin yapılması için ihtiyaç duyulan tüm maddi desteği veren Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırmalar Kurumu'na (TÜBİTAK) teşekkür ederim. Yine verilerin toplanması için ölçümler yapılmasına müsaade eden Antalya, Isparta ve Zonguldak ilindeki hazır beton tesisleri, elde edilen verilerin piyasa fiyatları ile değerlendirilmesi için bilgilerin edinildiği firmaları ve geri dönüşüm sistemi üreten fabrikalara ayrıca teşekkür ederim.

Takım çalışmasının büyük öneme sahip olduğu, hesaplamalarda ki verilerin saha ölçümleri ve santral gezilerinden elde edildiğinden dolayı, tez çalışmamda, destek ve yardımlarını esirgemeyen 113M428 nolu TÜBİTAK projesi çalışma arkadaşlarıma teşekkürü bir borç bilirim. Yüksek lisans tezimin şekillenmesinde, ilerlemesinde; iş hayatına hazırlanmamda çok büyük emeği olan, danışmanım, Sayın Prof. Dr. Aynur KAZAZ'a ayrıca teşekkür ederim. Bu çalışmada ana olarak, doğada bulunma yüzdesi kısıtlı, kendini yenileme kabiliyeti az ya da hiç olmayan hammaddelerin geri dönüştürülerek yeniden kullanımı ve böylece atık oluşumunun da önüne geçilmesi mantığıyla ilerlenmiştir.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i.
ABSTRACT	ii.
ÖNSÖZ	iii.
İÇİNDEKİLER	iv.
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	v.
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vi.
ÇİZELGELER DİZİNİ	vii.
1. GİRİŞ.....	1
2. KURAMSAL BİLGİLER VE KAYNAK TARAMALARI	2
2.1. Atık Yönetimi.....	4
2.1.1. Katı atık uzaklaştırma yöntemleri.....	6
2.2. Hazır Beton Sektöründe Çevre Yönetim İlkeleri	9
2.2.1. Hava kalitesinin korunması	9
2.2.2. Temiz su – atık su kontrolü	10
2.2.3. Katı atık kontrolü.....	12
2.2.4. Akaryakıt – yağ – kimyasal madde kontrolü	12
2.2.5. Gürültü – vibrasyon kontrolü.....	12
2.2.6. Personel eğitimi	13
2.2.7. Dış görünüm – tesis düzenlenmesi – peyzaj – trafik	13
2.3. Hazır Beton Üretim Sektöründe Kalite Belgelendirmeleri	13
2.3.1. Hazır beton üretim sektöründe kalite belgeleri.....	15
2.4. Hazır Beton Geri Dönüşüm Sistemleri.....	22
2.4.1. Geri dönüşüm sistemi elemanları	24
2.4.2. Geri dönüşüm sistemi çalışma prensibi	30
2.4.3. Geri kazanılmış agrega hakkında genel bilgiler	34
2.5. Türkiye’de agrega geri dönüşüm sistemi kullanılma oranı	38
3. MATERYAL VE METOT	42
3.1. Amaç	42
3.2. Gerekli Verilerin Elde Edilmesi	42
3.3. Verilerin Değerlendirilmesi.....	43
3.3.1. Yaşam döngü maliyeti	43
3.3.1.1. Yaşam döngü maliyet analizi.....	45
3.3.1.2. Net bugünkü değer.....	48
3.3.1.3. Fayda-maliyet oranı	48
3.3.1.4. Doğrusal yıllık eşit seriler.....	49
3.3.1.5. İç verimlilik oranı	49
3.3.1.6. Sermayenin geri dönüşü	50

3.3.1.7.	Geri ödeme dönemi.....	50
3.3.1.8.	Yaşam döngü maliyet analizinin amacı.....	52
3.3.1.9.	Yaşam döngü maliyet uygulaması ihtiyacı.....	53
3.3.1.10.	Ydma bileşenleri.....	53
3.3.1.11.	Ydma'nın işleyişi.....	54
3.3.2.	Kâra Geçiş-Başabaş Noktası Analizi.....	55
3.3.2.1.	Başabaş noktasının matematiksel (cebirsal) eşitlik yöntemiyle belirlenmesi.....	58
3.3.2.2.	Başabaş noktasının katkı payı yöntemiyle belirlenmesi.....	58
3.3.2.3.	Birden çok çeşit ürünün yer aldığı ürün karması için başabaş noktasının hesaplanması.....	59
3.3.2.4.	Başabaş noktasının grafik yöntemi ile belirlenmesi.....	59
3.3.2.5.	Deneme-yanılma yöntemi.....	61
4.	BULGULAR.....	64
4.1.	Geri Dönüşüm Sistemi Maliyet Analizleri.....	64
4.1.1.	Geri dönüşüm sistemi fayda ve maliyetleri.....	64
4.1.1.1.	İlk yatırım maliyeti.....	64
4.1.1.2.	Bakım ve onarım maliyeti.....	65
4.1.1.3.	Enerji maliyeti.....	65
4.1.1.4.	Sigorta maliyeti.....	65
4.1.1.5.	Agrega tasarruf maliyeti.....	65
4.1.1.6.	Su tasarrufu maliyeti.....	66
4.1.1.7.	Atık uzaklaştırma tasarruf maliyeti.....	67
4.1.1.8.	Hurda maliyeti.....	67
4.1.1.9.	Amortisman.....	67
4.1.2.	Zonguldak ve Isparta illeri için geri dönüşüm sistemi maliyet hesaplamaları.....	68
4.1.3.	Antalya ili için geri dönüşüm sistemi maliyet hesaplamaları.....	75
5.	TARTIŞMA.....	83
6.	SONUÇ.....	85
	KAYNAKLAR.....	87

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

K: Kar	StF: Satış Fiyatı
DM: Değişken Maliyetler	SM: Sabit Maliyetler
BStF: Birim Satış Fiyatı	BDM: Birim Değişken Maliyet
TStM: Toplam Satış Maliyeti	TSM: Toplam Sabit Maliyet
TKP: Toplam Katkı Payı	StM: Satış Miktarı
KP: Katkı Payı	KO: Katkı Oranı
BBNStM: Başabaş Noktası Satış Miktarı	AK: Arzulanan Kar
BBNStF: Başabaş Noktası Satış Fiyatı	GStM: Gerekli Satış Miktarı
GStF: Gerekli Satış Fiyatı	GP: Güvenlik Payı
GO: Güvenlik oranı	OBKP: Ortalama Birim Katkı Payı
SG: Sabit gider	DG: Değişken gider
D: Birim değişken gider	b: Birim satış fiyatı
Q: Üretim miktarı	G: Gelir
TG: Toplam gider	m3: Metreküp
%: Yüzde	kg: Kilogram

Kısaltmalar

İNTEs: Türkiye İnşaat Sanayicileri İşveren Sendikası
GSMH: Gayri Safi Millî Hâsıla
GSYİH: Gayri Safi Yurtiçi Hâsıla
THBB: Türkiye Hazır Beton Birliği
WHO: Dünya Sağlık Örgütü
EPA: Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı
TSEN: Türk Standardları Enstitüsü
ISO: Uluslararası Standartlar Teşkilâtı
ERMCO: Avrupa Hazır Beton Birliği
YDM: Yaşam Döngü Maliyeti
NATO: Kuzey Atlantik Antlaşması Örgütü
NPV: Net Bugünkü Değer
BCR: Fayda Maliyet Oranı
EUAS: Doğrusal Yıllık Eşit Seriler
IRR: İç Verimlilik Oranı
CR: Sermayenin Geri Dönüşü
PBP: Geri Ödeme Dönemi
KYO: Kazanç Yatırım Oranı
AGO: Ayarlanan İç Geri Dönüş Oranı
BND: Bugünkü Net Değer
BBN: Başabaş Noktası

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Katı atık yönetim pramidi.....	8
Şekil 2.2.a) Hazır beton tesisi geri dönüşüm spesifikasyonu.....	23
Şekil 2.2.b) Hazır beton tesisi geri dönüşüm spesifikasyonu.....	23
Şekil 2.3. Yıkama tamburu (Coşkun 2007).....	24
Şekil 2.4. Santral gezisinde çekilen yıkama tamburu	25
Şekil 2.5. Beton boşaltım oluğu (Coşkun 2007)	26
Şekil 2.6.a) Santral gezisinde çekilen beton boşaltım oluğu.....	26
Şekil 2.6.b) Santral gezisinde çekilen beton boşaltım oluğu	27
Şekil 2.6.c) Santral gezisinde çekilen beton boşaltım oluğu.....	27
Şekil 2.7. Atık su karıştırıcı (Çoşkun 2007).....	28
Şekil 2.8. Atık su pompası	29
Şekil 2.9. Santral gezisinde çekilen çökeltme havuzu	29
Şekil 2.10. Agregajeri dönüşüm sistemi geleneksel şema	30
Şekil 2.11. Agregajeri dönüşüm sistemi güncel şema.....	30
Şekil 2.12. Agregajeri dönüşüm sistemi boşaltım oluğu ve giriş vibratörleri.....	32
Şekil 2.13. Agregajeri dönüşüm sistemi çıkış vibratörleri ve su hattı.....	33
Şekil 2.14. Agregajeri dönüşüm sistemi özet.....	33
Şekil 2.15. Geri kazanılan agreganın kurutulmak üzere serilmesi.....	34
Şekil 2.16. Geri kazanılan agreganın stoktaki agregalarla harmanlanması	34
Şekil 3.1. Başabaş noktası grafiği	60
Şekil 3.2. Sabit maliyetlerin değişmesi durumunda başabaş noktası.....	62
Şekil 3.3. Değişken maliyetlerin değişmesi durumunda başabaş noktası.....	63
Şekil 4.1. Başabaş noktası grafiği	73

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Yıkama tamburu ekipman özellikleri (Coşkun 2007).....	25
Çizelge 2.2. Atık su havuzu ajitatörü özellikleri.....	28
Çizelge 2.3. THBB'ne bağlı 328 adet tesisin agrega geri dönüşüm sistemi bulundurma İstatistiği.....	38
Çizelge 2.4. Santral gezileri kapsamında agrega geri dönüşüm sistemleri bulundurup bulundurmama durum özeti	39
Çizelge 4.1. Zonguldak ili için veriler	68
Çizelge 4.2. Antalya ili için veriler	75

1. GİRİŞ

İnşaat sektörü kendisine bağlı birden fazla alt sektörde oluşturulan üretim ve sağladığı yüksek istihdamla tüm dünyada ekonominin lokomotifi halindedir. Hem yurtiçi hem de yurtdışı faaliyetler sayesinde inşaat sektörü ülkelerin kalkınmasında büyük rol oynamakta ve ekonomik yapı içerisinde ayrı bir yere ve öneme sahiptir. Yüzlerce çeşit mal ve hizmet üretimi ile olan doğrudan bağlantısı ve yoğun iş gücü kullanımı ve sosyo-ekonomik refah düzeyine olan katkısı, bu sektörün ülke içerisinde önemli yere sahip olduğunu göstermektedir. Sektörün bu özelliği nedeni ile dünyada ekonomileri duraklamaya giren birçok ülke öncelikle inşaat sektörünü canlandırarak ekonomilerinin güçlenmelerini sağlamışlardır. Bunun en çarpıcı örneği İkinci Dünya Savaşından sonra yarı yıkılmış Almanya'nın inşaat sektörüne öncelik vermek suretiyle ekonomisini güçlendirmiş olmasıdır (İNTEs 2003).

İnşaat sektörünün dünya ekonomisindeki büyüklüğünün 3,5 trilyon Amerikan doları civarında olduğu tahmin edilmektedir ve bu rakam dünyadaki toplam GSMH'nin yaklaşık %8'lik bir kısmını oluşturmaktadır (Özdemir ve Kılıç 2011). Önümüzdeki 10 yıl içerisinde inşaat sektöründe küresel anlamda %67'lik bir büyüme ve 7,2 trilyon dolarlık üretimin 12 trilyona ulaşacağı öngörülmektedir. Bu artışta Çin, Hindistan ve ABD'nin %54'lük payı olacağı tahmin edilmektedir. Kıyaslama amacıyla ülkemizde 2011 TÜİK verileri incelendiğinde; 2011 yılı 4. çeyrekte inşaatın GSYİH 14 899 721 TL olduğu ve 4,4 gibi bir paya sahip olduğu görülmektedir. Sektörün hem dünya genelinde hem de ülkemizde böyle bir yere sahip olduğu göz önünde bulundurularak; sektörde çıktı üretmek amacıyla kullanılan tüm doğal kaynak olan girdilerin kullanımına özen göstermek gerekmektedir.

Ülkemizde sanayileşme ile birlikte ortaya çıkan sosyo-ekonomik değişimler, kentleşme olgusu ve kentlere göçün hızlandırılması, inşaat sektöründe konut yapımcılığına, alışveriş ve yaşam merkezlerinin kurulmasına ayrıca alt yapının geliştirilmesine ilaveten enerji ihtiyacını sağlayabilmek için hidroelektrik santraller gibi sistemlerin kurulmasına yönlendirmiştir. Bu inşaat projeleri karmaşık, kendine özgü olmasına rağmen; her birinin sonucunda ortaya atık çıkması ortak noktalarıdır. Sektörün bu denli büyük olması ortaya çıkacak atık miktarının da bir o kadar büyük olmasını beraberinde getirecektir. Bu atıkların büyük çoğunluğunu da doğal kaynak olarak nitelendirdiğimiz ve kendini yenileme yeteneğinin ya çok az ya da hiç olmadığı kaynaklar oluşturmaktadır. Atık oluşumu kaçınılmaz bir halde ise, geri dönüşüm ve tekrar kullanım seçeneklerine yoğunlaşılmalıdır. Böylece hammaddenin tekrar kullanılmasıyla ve atığın bertarafının önüne geçilmesiyle maddi; çevreyi kirletmeden daha temiz bir ortam oluşturulmasıyla ise çevreci bir durum oluşturulmuş olacaktır.

Bu tez çalışması kapsamında geri kazanım ve tekrar kullanım sistemleri üzerinde çalışılacak olup, bu bağlamda geri kazanım sistemi çalışma prensibi, hali hazırda uygulanan yönetmelikler irdelenecek ve sistemin yaşam döngü maliyeti çıkarılacaktır. Böylece sektörde geri dönüşüm kavramının yerleşmesi için firma ve sektör bazında maliyet odaklı bir teşvik unsuru öne çıkartılabilecektir.

2. KURAMSAL BİLGİLER VE KAYNAK TARAMALARI

Diğer önemli sektörlerle beraber inşaat sektörü, ülkelerin ekonomilerinin yapıtaşını oluşturmuştur. Aslında inşaat sektörü, son yıllarda birçok ülkenin ekonomisinin en önemli etkeni olarak nitelendirilebilir. (Barber ve El-adaway 2014). Bu öneme örnek olarak, inşaat sektörü, Avrupa Birliği'nde gayri safi yurtiçi hasıla (GSYİH) % 10 unu oluşturur ve 20 milyon iş gücü sağlamaktadır (European Commission 2014). Bu durum Amerika Birleşik Devletleri'nde, gayri safi milli hasılanın %4'ü inşaat sektörüne aittir (BEA 2011). İnşaat sektörünün 2011 yılında Amerika'da 778 milyar \$ harcama yaptığı görülmüştür (U.S. Department of Commerce 2011). Ülkemizde ise, inşaat sektörü 2014 yılının nisan ayında 1,9 milyon işçi gücüne ulaşmıştır. Bu işçi gücü toplam işçi gücünün % 7,3 üne tekabül etmektedir (EMİS 2014). Bu örnekler, sektörün hem ülkelerin ekonomileri için, hem de istihdam sağlamak için ne denli önemli olduğunu ortaya koymuştur. Çalışmanın konusunun inşaat sektörüyle alakalı seçilmesinin ana sebebi budur.

Toplumların kalkınmışlık düzeylerine, siyasal ve toplumsal örgütlenme özelliklerine bağlı olmayan çevre sorunları, özellikle su ve hava kirliliğinden sonra üçüncü kirlilik olarak adlandırılan katı atık sorunu (Hagerty vd 1973), çevrenin daha geniş anlamda canlıların yaşadıkları doğal çevre anlamında, habitat, çevre sorunlarının ise yaşanabilirlik, habitability, kavramlarıyla ilişkilendirilmesine uygun anlayışla yerel, ulusal ve uluslararası gündemlere konu olmaktadır.

İnsanoğlunun barınma ihtiyacıyla ortaya çıkan ve geçmişinin insanlık tarihine kadar dayandığının söylenebileceği inşaat atıkları, günümüzün önemli sorunlarından biri halindedir. İnşaat sektörünün, İngiltere'de yılda toplam 91 milyon ton (Osmani vd 2008), ABD'de ise toplam 164 milyon ton (Winkler 2010) atık ürettiği tahmin edilmektedir. Ülkemiz için yıllık toplam 38 milyon ton katı atık ürettiği tahmin edilmekle birlikte (Öztürk 2005), bu atıkların ne kadarlık kısmının inşaat sektörüne ait olduğu konusunda net bir bilimsel çalışma olmamasına rağmen; Baytan (2007) tarafından elde edilen %6,1'lik beton atık oranı ile bu miktarın yaklaşık 2 ila 2,5 milyon ton arasında olduğu söylenebilir. Burada bahsi geçen atıklar, inşaat yapımı ve-veya yıkımı sırasında oluşan atıklardır. 1980 den beri yapım-yıkıntı atıkları üzerine çalışmalar bulunmakla birlikte, taze atık üzerine çalışmalar daha azdır. Çalışma kapsamında, bu durum bir eksiklik olarak görülerek, taze atık üzerine çalışmalar yapılmıştır.

İnşaat atıkları genel bir kavram olmakla birlikte içerisinde farklı türde atıklar bulundurmaktadır. Beton atıkları, inşaat sektöründeki malzeme atıkları arasındaki en önemli kalemlerden birisidir. Öyle ki, toplam inşaat atıklarının ağırlıkça yaklaşık %50-55'ini beton malzemesi oluşturmaktadır (Mulheron 1988, Hendriks ve Pietersen 2000). Üretilen atıklar ülke ekonomisini etkilemenin yanı sıra, doğal kaynakları da tüketmekte ve çevreye geri dönüşü mümkün olmayan zararlar vermektedir. Şöyle ki beton atığının önlenmesi, geri dönüşümü, tekrar kullanımı; bünyesinde bulunan çimento, agrega ve su doğal kaynaklarının korunumuna katkı sağlayacaktır. Kendini yenileme kabiliyeti ya çok sınırlı ya da mümkün olmayan bu doğal kaynaklara, alternatif ham maddeler bulunmadığı sürece, örnek olarak 2010 yılından sonra beton endüstrisi dünyada her yıl 8–12 milyar

ton doğal agrega tüketecektir (Tu vd 2006), gerekli önlemler alınmaz ve hak ettiği önem verilmezse, sonraki yılların en önemli sorunu haline gelebilir. Dolayısıyla ham maddelerin azalması, artan nakliye ücretleri ve çevresel etkiler geri dönüşüm agregalarını kullanmayı gerekli hale getirmiştir (Rakshvir ve Barai 2006).

2009 yılından bu yana hazır beton üretimiyle Avrupa’da birinci sırada, dünyada ise 2013 yılında Çin ve ABD’nin ardından üçüncü sırada yer alan ülkemizde 2013 yılı itibariyle 102 milyon m³ hazır beton üretilmiş olup, 2014 yılı için ise bu rakamın 5 milyon m³ arttığı tahmin edilmektedir (THBB 2013-2014 Yılı Hazır Beton sektörü İstatistikleri). Hazır beton üretiminde öncü olan ülkemizin, geri dönüşüm sistemleriyle atık oluşumunu azaltma veya önüne geçme, depolama sorunlarından dolayı çevreye bırakılan betonların tekrar kullanımını konusunda da öncü olması beklenmektedir. Bu bağlamda devletler oluşturdukları yönetmeliklerle, inisiyatifi işletmelere bırakmadan, geri dönüşüm sistemini zorunlu hale getirebilirler. Ne yazık ki ülkemizde, yağmur sularının rögarlar veya eğimler yardımıyla, mikser yıkaması sırasında oluşan suların direkt olarak gönderildiği “çökeltme havuzu” zorunlu kılınmış iken, geri dönüşüm sistemlerinin bulundurulması inisiyatife bırakılmıştır. Hazır beton üretim sektörü için, ham maddenin ucuz olması geri kazanım sistemlerine yönelmenin önüne geçmiş (Zaharieva 2003) ve beton atığının çevreyi kirletmesini beraberinde getirmiştir.

İnşaat sektöründe ortaya çıkan atık betonların değerlendirilmesiyle ilgili olarak literatürde bugüne kadar yapılmış sayısız çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmalar çoğunlukla, atık betonun agregaya dönüştürülerek altyapı dolgu malzemesi şeklinde veya yine betonda tekrar kullanılmasına yöneliktir (Cho ve Yeo 2004, Rao vd 2007, Sobhan vd 2011, Sobri vd 2011, Zega ve Maio 2011, Herrador vd 2012, Kou vd 2012, Silva vd 2013). Bununla birlikte, söz konusu tekrar kullanımın ticari veya çevresel açıdan süreklilik ifade etmesi için tesis ve bölge bazında potansiyel olarak ne miktarda agrega üretilbileceği yeterli doğrulukta bilinmelidir. Fakat bunun için öncelikle, atık beton miktarının tespit edilmesi gerekmektedir.

İnşaat projelerindeki hazır beton atık miktarlarıyla ilgili olarak literatürdeki geçmiş araştırmalar incelendiğinde, dünyada konuyla ilgili olarak bilimsel araştırmaya dayalı sayısal veri ortaya koyan oldukça az sayıda çalışmanın olduğu görülmektedir. Bu amaçla; Soibelman (1993) ve Isatto vd (2000) Brezilya’da, Bossink ve Brouwers (1996) Hollanda’da, Poon vd (2004) Hong Kong’da ve Guzman vd (2009) İspanya’da çeşitli araştırmalar yürütmüşlerdir. Soibelman (1993) 4 konut ve 1 ticari bina şantiyesinde 4 ila 5 ay arasında değişen bir süre boyunca 7 farklı inşaat malzemesini gözlemlemiş ve betonun atık miktarını ağırlıkça ortalama %13,2 olarak tespit etmiştir. Isatto vd (2000) birbirinden farklı nitelikte ve malzemeye göre değişen sayıda şantiyede (beton için 35 şantiyede) 4-6 ay arasında değişen bir zaman aralığı süresince 16 inşaat malzemesini takip etmişler ve betonun atık miktarını ağırlıkça ortalama %9,5 olarak belirlemişlerdir. Bossink ve Brouwers (1996) 5 konut şantiyesinde 14 ay boyunca toplam 9 farklı inşaat malzemesi gözlemlemişler ve bu malzemeler arasından betonun atık miktarını ağırlıkça ortalama %3 olarak bulmuşlardır. Poon vd (2004) 5 konut şantiyesinde 20 ay süresince 11 inşaat malzemesini gözlemişler ve betonun atık miktarını ağırlıkça ortalama %2,5 olarak saptamışlardır. Guzman vd (2009) 100 konut şantiyesindeki 57 inşaat malzemesini 12 ay boyunca incelemişler ve bu malzemeler arasından betonun atık miktarını ağırlıkça ortalama %1 olarak belirlemişlerdir. Türkiye’de ise bu konuyla ilgili olarak sadece

Baytan (2007) tarafından bir çalışma yapılmıştır. Baytan (2007) hepsi birbirinden farklı türdeki 7 şantiyede 4 inşaat malzemesini 1 ila 5 ay arasında değişen bir dönem boyunca gözlemlemiş ve betonun atık miktarını ağırlıkça ortalama %6,1 olarak tespit etmiştir.

Diğer taraftan, herhangi bir bilimsel araştırma yapılmadan sadece hazır beton firması yöneticilerinin tecrübelerine dayanan bazı tahmini değerler de literatürde yer almaktadır. Buna göre, Schuette ve Liska (1994) ortalama beton atık miktarını ABD için %7,5 olarak tahmin etmişlerdir. Benzer şekilde, bu değer İngiltere için Fries (1996) ve Çin için Zhu (1996) tarafından %2,5, Güney Kore için ise Seo ve Hwang (1999) tarafından %1,5 olarak verilmiştir. Yukarıda sunulan ve bilimsel bir araştırmaya dayalı olan ve olmayan bütün sayısal değerlerden de görüldüğü gibi, beton atık miktarı %1 ila %13,2 arasında değişen geniş bir ölçekte yer almaktadır. THBB'ye (2012) göre, Türkiye'de 2011 yılı itibarıyla 90,45 milyon m³ hazır beton üretilmiştir. Bu üretim değeri göz önüne alındığında, söz konusu atık miktarının doğru bir şekilde ve yeterli hassasiyette belirlenmesinin müşteri ve üretici için gerek ticari bakımdan, gerekse doğal kaynakların tüketilmesi ve çevre kirliliği açısından ne kadar büyük ve hayati bir öneme sahip olduğu anlaşılmaktadır. Projenin gerçekleştirileceği Antalya, Zonguldak ve Isparta illerindeki farklı hazır beton üreticilerinin yöneticileriyle yapılan karşılıklı görüşmelerde, uygulamada bu kayıpların %5-10 civarında gerçekleştiği hususunda bir görüş birliği bulunmaktadır. Nitekim hazır beton tedarikçileri ile kullanıcıları arasında, beton kayıpları konusunda, mahkemelere kadar yansıyan ciddi ihtilaflar ve uyuşmazlıklar da söz konusu olabilmektedir.

Tez çalışması kapsamında, atık oluşumunda ki yıllık miktarlar, depolama sorunlarının baş göstermesi ve atığın çevreye bıraktığı zararlı etki göz önüne alınarak atık yönetimi; atık oluşumunun önüne geçilmesi zor bir durum olduğu düşünülerek geri dönüşüm ve tekrar kullanım konularına değinilmiştir ve bu bağlamda hazır beton üretim santralinde geri dönüşüm sistemi çalışma prensibi; santrallerde hâlihazırda yürütülen çevre yönetim ilkeleri ve yönetmelikler; tez çalışmasını bir sonuca ulaştırmak için yaşam döngü maliyeti ve başabaş noktası tayinleri işlenecektir.

2.1. Atık Yönetimi

Toplumların kalkınmışlık düzeylerine, siyasal ve toplumsal örgütlenme özelliklerine bağlı olmayan çevre sorunları, özellikle su ve hava kirliliğinden sonra üçüncü kirlilik olarak adlandırılan katı atık sorunu (Hagerty vd 1973), çevrenin daha geniş anlamda canlıların yaşadıkları doğal çevre anlamında, habitat, çevre sorunlarının ise yaşanabilirlik, habitability, kavramlarıyla ilişkilendirilmesine uygun anlayışla yerel, ulusal ve uluslararası gündemlere konu olmaktadır. Yaşamın doğal ve kaçınılmaz sonucu olan atıklar ve atıkların yönetimi, toplumların yıllardır gözden uzak olsun anlayışıyla davrandıkları konuların başında gelmiş; insanlık, uzun süre, yaptıklarıyla doğal dengeyi bozabileceğini düşünmemiştir. Nüfus artışı, teknolojik gelişme, sanayileşme, kentleşme, hızla artan ve farklılaşan tüketim ile ortaya çıkan katı atıklar, çevre ve insan sağlığına olumsuz etkileriyle günümüzde önemli çevre sorunlarından biri olmaktadır. Atık yönetimi, sistem yaklaşımıyla ele alınması gereken bir konudur. Sistem yaklaşımı; atık yönetiminin atık oluşumu, toplama, işleme ve uzaklaştırma gibi temel unsurları yanında enerji, çevre koruma, kaynakların korunması, verimlilik artışı, istihdam gibi konularla bütünlük içinde ele alınmasını gerektirir. Atık yönetiminde sistem yaklaşımı, katı

atıkların sadece insan çevresinden uzaklaştırılmasını değil; çevre ve insan sağlığının korunarak geliştirilmesiyle birlikte ekonomik kalkınmanın sağlanmasına da olumlu katkılar sağlayacaktır (Agrawal 1990).

Dünya Sağlık Örgütü (WHO 1946) sağlık kavramını sadece hastalıklardan uzak olma anlamında değil insanın fiziksel, zihinsel ve sosyal iyilik hali olarak tanımlamaktadır. Sağlıklı olmanın temel koşullarından birisi de sağlıklı çevredir. Katı atıklar, atık döngüsü içinde, üretildikleri andan son uzaklaştırma aşamasına kadar çevre ve insanla doğrudan ya da dolaylı etkileşim içindedir. Katı atıklar, gerek içeriklerindeki hastalık yapıcı veya bulaştırıcı maddelerle doğrudan; gerekse fare, sinek vb. diğer canlılar için beslenme ve üreme kaynağı olması nedeniyle dolaylı olarak çevre ve insan sağlığını olumsuz etkileyebilmektedir (WHO 1997, Güler ve Çobanoğlu 1996, Tokgöz ve Sarmaşık 1982). Katı atıkların çevreye etkileri biyolojik, kimyasal ve fiziksel nitelikte olabilmektedir. Doğrudan veya ara hayvanlarla bulaşabilen cüzam, veba, kolera, dizanteri, tüberküloz, kuduz, sıtma gibi hastalıklar biyolojik olumsuzluklara örnek olurken; çöp depolama alanlarında oluşan sızıntı suları ve gazlar, kimyasal ve biyolojik olumsuzluklara neden olmakta; çevreye sorumsuzca bırakılan atıklar insanlara fiziksel zararlar verebilmektedir. Yetersiz temizlik ve atık yönetimi uygulamaları ile çevre ve insan sağlığı arasındaki ilişki kalkınmamış ve/veya kalkınmakta olan ülkelerde açıkça gözlemlenmektedir (Palabıyık 2001).

Katı atık, en yalın anlatımıyla evsel, ticari ve endüstriyel işlevler sonucu oluşan ve tüketicisi tarafından artık işe yaramadığı gerekçesiyle atılan ancak çevre ve insan sağlığı yanında diğer toplumsal faydalar nedeniyle düzenli biçimde uzaklaştırılması gereken maddeler olarak tanımlanabilir (Clayton ve Huie 1973, Erdin 1996). Kavramın belirleyici özelliği, kullanıcısının ya da üreticisinin maddeyi gözden çıkartması veya bu amaca sahip olmasıdır. Atık yönetimi literatüründe katı atık kavramı sıvı, gaz veya radyoaktif atıklar dışında kalan atıklar için kullanılsa da, söz konusu katı atıkların yeniden üretim ve işleme sürecine sokulması nedeniyle artık daha fazla atık anlamı taşımayan katı ya da yarı katı maddeler için de kullanılmaktadır (Zachary 1995). Curi (1997), katı atıkları yok edilmesi gereken maddelerden çok geri kazanılması gereken zenginlik olarak gören anlayışla çöpü, arzu edilmeyen yerlerde bulunan kıymetli maddeler; Bartone (1990) ise benzer bir anlatımla atıkları yanlış zamanda yanlış yerde bulunan kaynaklar biçiminde tanımlamaktadır.

Kentsel katı atık kavramı özellikle zararlı ve tehlikeli katı atık kapsamına girmeyen atıklar için kullanılmaktadır. Kavram: Başta evsel nitelikli atıklar olmak üzere bu nitelikteki endüstriyel, ticari, kurumsal ve kentsel işlevler sonucu ortaya çıkan atıkları kapsamaktadır (EPA 1989). Kentsel katı atık kavramı, literatürde, yerel yönetimlerce ya da onlar adına yürütülen hizmetlerle toplanıp uzaklaştırılan atıklar için sıkça kullanılmaktadır. Katı atıklar, genel olarak, insan ve çevre sağlığına etkileri bakımından zararlı ve tehlikeli atıklar ile zararsız atıklar biçiminde iki grupta incelenmektedir. Zararlı ve Tehlikeli Atıklar: Atıkların çevre ve insan sağlığına yönelik potansiyel ve/veya olası olumsuz etkilerini önlemek amacıyla uzaklaştırma sürecinde özel işlemler gerektiren biyolojik, kimyasal ve fiziksel özellikte yanıcı-yakıcı, zehirleyici, yok edici veya diğer bir madde ile etkileşimi sonucu zararlı ve tehlikeli olabilen asit, kurşun, civa, arsenik bileşikleri, kendiliğinden tepkimeye yatkın reaktif atıklar, tarım ilaçları, kadmiyum bileşikleri ve radyoaktif maddelerdir. Zararsız Atıklar: Zararlı ve tehlikeli atık kapsamına

girmeyen organik ve inorganik maddelerdir. Mutfak ve yemek atık ve artıkları, karton, kâğıt, kül, metal, cam, plastik, inşaat ve hafriyat atıkları ile diğer sentetik maddeler bu gruptan sayılabilir. Katı atıklar, kaynaklarına göre değişik gruplar altında incelenebilir. Evsel Atıklar: Evsel faaliyetlerden oluşan atık ve artıklardır. Genellikle çöp olarak bilinen ve çoğunlukla zararsız atık grubuna ait atıklar olmakla birlikte evsel atıklar pil, boya vb. zararlı ve tehlikeli atıkları da içerebilmektedir. Endüstriyel Atıklar: Endüstriyel faaliyetler sonucu oluşan atıklardır. Endüstriyel işlemler sırasında ve/veya endüstriyel işlemler sonucunda oluşan atıkları kapsamaktadır. Endüstriyel katı atık yönetimi konusunda doğal kaynakların ve çevrenin korunması anlamında geri kazanım ve arıtma tesisi uygulamaları önem taşımaktadır. Ticari ve Kurumsal Atıklar: Ticari işletmelerden ve kurumlardan ortaya çıkan atıklardır. Genel olarak evsel atıklar kadar organik madde içermeyen atıklardır. Lokanta, büfe, mağaza, okul, askeri yerleşim, liman, ofis, stadyum vb. ortak kullanım alanlarından toplanan atıklar bu kapsamda değerlendirilmektedir. Belediyesel İşlevler ile İlgili Atıklar: Sokak süprüntüleri, park bahçe, toptancı halleri, plaj ve mesire yerlerinden toplanan atıklar, araba hurdaları, hayvan ölüleri, su arıtma tesislerinden ortaya çıkan çamurlar bu özelliktedir. Özel Atıklar: Uzaklaştırılması özel önem taşıyan atıklardır. Radyoaktif atıklar, tehlikeli ve zararlı endüstriyel atıklar, evsel atıklar içerisindeki boya, inceltici, temizlik maddeleri, piller vb. lastik tekerlekler, atık su çamurları, inşaat ve yıkıntı atıkları ile hastane atıkları bu gruptandır. Tarımsal atıklar, bitkisel ve hayvansal ürün elde edilmesi ve işlenmesi sonucunda ortaya çıkan atık ve artıklardır. Üretilen katı atıkların miktarı ve içerik özellikleri topluluk ya da toplumların sosyoekonomik özellikleri, beslenme alışkanlıkları, gelenekler, coğrafya, meslekler ve iklim gibi değişik şartlardan etkilenmektedir. Katı atıkların miktar-hacim ve içerik olarak özelliklerinin bilinmesi, gerekli verilerin uygun yöntemlerle toplanması katı atık yönetim sistemi planlaması ve uygulamalarında etkinliğin sağlanmasında son derece önem taşımaktadır. Katı atıkların özellikleri hakkındaki bilgi ve verilerle ilgili olarak istatistiksel güvenilirlik, standart sapma, mevsimsel özellikler, yaşam standartları gibi konuların da araştırmacılar tarafından dikkate alınması gerekmektedir.

2.1.1. Katı atık uzaklaştırma yöntemleri

İlk çağlarda yiyecek artıkları, ağaç-taş yontuklarından günümüzde uzayda başıboş dolaşan atıklar ve uydu parçalarına kadar her türlü insan faaliyeti sonucunda oluşan katı atıkların uzaklaştırılmasında binlerce yıldır uygulanan başlıca yöntemler kısaca; düzensiz depolama, düzenli-sihhi depolama, kompostlama, geri kazanım ve yakmadır (Palabıyık 2001). Düzensiz Depolama: Katı atıkların, yerleşim alanı dışında açık alan ve/veya deniz ve ırmaklara hiçbir önlem alınmadan gelişigüzel biçimde atılarak insan çevresinden uzaklaştırılmasıdır. Düzensiz depolama, katı atıkların çevresel ve ekonomik uygun koşullarda kabul edilebilir uzaklaştırılması yönteminden çok, toplumların katı atıkları algılamasında ilk evreyi oluşturan gözden uzak olsun anlayışıyla davrandıkları eski ve orta çağlarda kullanılmış, günümüzde ise kalkınamamış ve/veya kalkınmakta olan ülkelerde uygulanan, ancak insan ve çevre sağlığı ile diğer ekonomik sosyal olumsuzlukları nedeniyle terk edilmesi gereken uygulama olarak değerlendirilmelidir. Düzenli-Sihhi Depolama: Katı atıkların depolama yöntemiyle uzaklaştırılması, atıkların çevre ve insan sağlığına olumsuz etkilerinin anlaşılması ve bu alanda teknik uygulamaların gelişmesi sonucunda depolama merdiveni biçiminde adlandırılan düzensiz depolama -kontrollü depolama-mühendisli depolama-düzenli sihhi depolama gelişme çizgisini takip etmiştir (Rushbrook 1998). Uygun arazi olduğunda ekonomik ve maliyeti

görece düşük olan düzenli depolama yönteminde alanın kapasitesi arttırılabilir, kullanım ömrü dolan alanlardan ise rekreasyon amacıyla yararlanılabilir. Atıkların uzaklaştırılmasında hangi yöntem kullanılırsa kullanılsın belli atık çeşitleri için depolama yöntemine ihtiyaç duyulacaktır. Kompostlaştırma, Tekrar Kullanım, Geri Dönüşüm ve Geri Kazanım: Kompostlaştırma, organik esaslı katı atıkların oksijenli ortamda ayrıştırılmasıyla yüksek verimli toprak düzenleyicisinin ortaya çıkarılması işlemidir. Kompostlama, atıklar içerisindeki organik maddelerin ayıklanması, ebat küçültme, nemlendirme, havalı şartlarda kararlı hale getirme ve kullanıma hazırlama işlemlerinden oluşur. Dünya tarihi kadar eski geçmişe sahip ve görece az teknoloji gerektiren kompostlaştırma yöntemi özellikle park, bahçe ve mutfak atıklarının uzaklaştırılmasını tarımsal olarak verimli kılmaktadır. Tekrar kullanım; atıkların temizleme dışında hiçbir işleme tabi tutulmadan aynı şekliyle defalarca kullanılmasıdır. Atığın kendi ilk şekliyle amacı ya da değişik amaçlar doğrultusunda yeniden kullanımı yöntemi, geri kazanım yöntemine yeğlenmektedir. Çünkü atığın tekrar kullanımı için toplama ve temizleme dışında hiçbir özel işleme gerek bulunmamaktadır. Geri dönüşüm; atıkların fiziksel ve/veya kimyasal işlemlerden geçirildikten sonra ikinci hammadde olarak üretim sürecine sokulmasıdır. Geri kazanım; tekrar kullanım ve geri dönüşüm kavramlarını da kapsayan, atıkların özelliklerinden yararlanılarak içindeki bileşenleri fiziksel, kimyasal ya da biyokimyasal yöntemlerle başka ürünlere veya enerjiye çevrilmesidir. Diğer bir deyişle geri kazanım süreci; geri kazanılabilir maddelerin katı atık yönetimi içinde toplama, taşıma, aktarma, ayırma ve pazarlama fonksiyonlarının da yer aldığı, artık kullanım dışı kalmış geri kazanılabilir maddelerin yeni bir ürün olarak geri kazanılmasıdır. Kısaca, kullanım dışı kalmış atığın yeni bir ürün olarak geri kazanılmasıdır. Yakma: Toplumların, uzun yıllardır, düzensiz depolama alanlarında atıkları hacimce azaltma amacıyla kontrolsüz yakmaları dışında modern anlamda katı atık uzaklaştırma yöntemi olarak yakma: Katı atıkların özel olarak projelendirilmiş tesislerde hacim olarak azaltma ve/veya enerji elde etmek amacıyla yakılarak uzaklaştırma ve enerji kazanım yöntemidir. Başlıca amacı depolama ile uzaklaştırılacak atık miktarının azaltılması olan yakma yöntemi ile katı atıklar hacimce %80-90, ağırlık bakımından %75- 80 oranında azaltılabilir (O'reilly 1991).

Katı atık yönetimi kavramı, katı atıkların insan ve çevre sağlığı, ekonomi, mühendislik, kaynakların korunması, estetik ve diğer çevresel konularla ilgili biçimde toplumun üretim ve tüketim alışkanlıklarını da dikkate alarak atık miktarının kontrolü, toplama, biriktirme, taşıma-aktarma, işleme ve son uzaklaştırma aşamalarını kapsayan disiplin olarak tanımlanabilir (Tchobanoglous vd 1977). Kentsel katı atık yönetimi kavramı evlerden, endüstri kuruluşlarından, ticari ve diğer kurumlardan, belediyesel işlevlerden kaynaklanan evsel nitelikli ve yönetiminden yerel yönetimlerin sorumlu olduğu kentsel katı atıkların toplanması, biriktirilmesi, aktarılması-taşınması, işlenmesi, geri dönüşüm ve geri kazanımı ile son uzaklaştırmayı anlatmaktadır. Kentsel katı atık yönetimi sistem içeriği ve aktörleri, içinde yer aldıkları kent ve/veya ülkenin siyasal, ekonomik, sosyo-kültürel, teknik, mali ve çevresel özelliklerinden etkilenmekte aynı zamanda etkileyebilmektedirler. Kentsel katı atık yönetim sisteminin etkinliği ve sürdürülebilirliği kent ve/veya ülke sistemiyle bütünleşmesine bağlıdır; diğer bir deyişle katı atık sorununa yönelik geliştirilen çözümler kent ya da ülkenin özelliklerine ne kadar uygun olursa o kadar başarılı yönetim gerçekleştirilebilir. Kentsel katı atık yönetimi: Klasik anlamda atık oluşumu, toplama, işleme-geri kazanım ve son uzaklaştırma aşamalarını kapsayan sistem bileşenlerinden oluşmaktadır. Günümüzde atık yönetimi

üretim aşamasından başlamakta, tüketim ve son uzaklaştırmaya kadar ki aşamalarda en az atık oluşturan teknolojiler geliştirilerek entegre yönetim uygulanmaktadır (Şekil 2.1).



Şekil 2.1. Katı atık yönetim pramidi.

Katı atık yönetim hizmetlerinin kalkınmakta olan ülkelerde gerektiği gibi verimli ve etkin yerine getirilip getirilmediği tartışmaları sürmektedir (Cointreau ve Coad 2000). Kamu ve özel sektör işbirliği katı atık hizmetlerinin daha etkin ve verimli görülmesinde önem kazanmaktadır. Bunun sağlanmasında rekabet, verimlilik, denetimi, açıklık ve sorumluluk anahtar kavramlardır. Katı atık hizmetlerinde ulusal ve yerel anlamda kurumsal ve örgütsel yeniden yapılanma, genel anlamda hizmetlerde etkinlik, verimlilik, açıklık ve sorumluluğu sağlamada gerekliliktir.

Kentsel katı atık yönetiminin günümüzde kazandığı çağdaş anlam bağlamında entegre katı atık yönetimi ve sürdürülebilir atık yönetimi kavramlarının incelenmesi gerekmektedir. Entegre katı atık yönetimi kavramı, kentsel katı atık yönetiminde etkinlik ve güvenliğin sağlanması amacıyla, insan ve çevre sağlığı üzerinde en az etkili olabilecek katı atıkların azaltımı, kaynağında azaltım, geri kazanım, tekrar kullanım, kompostlama, enerji kazanımı için yakma ve depolama gibi katı atık yönetimi uygulamalarının birlikte kullanılmasını anlatmaktadır. Entegre katı atık yönetimi planlaması ise katı atıkların miktar ve içeriği, yerel-bölgesel hatta ulusal ekonomik sosyal ve çevresel özellikler dikkate alınarak mevcut olanaklarla atıkların üretildiği kaynakta biriktirilmesinden başlayarak toplama, taşıma, işleme ve son uzaklaştırma süreçlerini kapsayan entegre planlama biçimidir (EPA 1989, Dajani ve Warner 1980). Entegre katı atık yönetiminin temel amacı, birden fazla program ve teknolojinin rasyonel ve eşgüdüm içerisinde kullanımının katı atık yönetiminde çevresel ve ekonomik anlamda başarıyı sağlayacağıdır. Her topluluk/toplum, kendi koşullarında üretilen atık özelliklerini, teknik ve mali olanakları da göz önünde tutarak entegre katı atık yönetimi kavramı içinde belli uygulamalara önem vermelidir. Entegre katı atık yönetiminde örgütsel ve bireysel sorumluluk kentsel katı atık yönetim sistemi aktörlerindedir. Başta yerel yönetimler

olmak üzere, merkezi yönetim kurum ve kuruluşları, özel sektör, gönüllü kuruluşlar ve bireyler birlikte sorumluluk sahibidir (Palabıyık 2001). Sürdürülebilir atık yönetimi; çevresel, ekonomik ve sosyal yönleriyle gerçekleştirilmek istenen sürdürülebilir kalkınmanın önemli bir parçasıdır. Atıklar, sürdürülebilirlik bakımından iki önemli etkiye sahiptir. İlk olarak, oluşan atıklar kaynakların ne derece etkin ya da verimli kullanıldığının bir göstergesidir; ikinci olarak ise, atıkların çevreye duyarlı ve ekonomik biçimde uzaklaştırılması gereğidir. Atık yönetiminin ilk kuralı atık üretilmesinin engellenmesi, aynı zamanda kaynakların korunması anlamına gelmektedir. Atık, yok edilmesi gereken bir madde değil geri kazanılması gereken kaynak olarak görülmektedir. Sürdürülebilir atık yönetiminin hedefi, kaynakların kullanımında döngüsel sürece geçerek nihai tüketim sonucunda oluşan atıkların faydalı amaçlar doğrultusunda tekrar kullanılmasıdır. Bu nedenle sürdürülebilir atık yönetimi kavramı, toplumsal yaşamda değişik sektörlerce üretilen atıkların yönetiminde, depolama alanlarında ve yakma tesislerinde kaybolan atıkların/kaynakların en aza indirilmesi ve engellenmesi, geri kazanım oranlarında en yükseğe ulaşılması, geri kazanımı ve tekrar kullanımı mümkün olmayan materyallerin ise tekrar kullanımı ve geri kazanımı mümkün olanlarla değiştirilmesini amaçlamaktadır. Sürdürülebilir atık yönetimi, önem sırasına göre dört aşamalı karar sürecini gerektirmektedir: Atık üretiminden olabildiğince kaçınılması; Atık üretiminin kaçınılmaz olduğunda atıkların geri kazanılması; geri kazanım mümkün olmadığı durumlarda, atıkların enerji üretiminde kullanılması; Tüm bu aşamalar geçildiğinde, atıkların son uzaklaştırma için en uygun çevresel seçeneğin geliştirilerek uygulanmasıdır. Karar sürecinin her aşamasında eğitim, açık ve net düzenlemeler, yeterli teknik donanım, halkın aktif katılımı ve mali destekler önem taşımaktadır. Süreçte yer alan katı atık yönetim sistemi aktörlerine: Yerel yönetimlere, merkezi yönetime, özel sektöre, gönüllü kuruluşlara ve tek tek bireylere önemli sorumluluklar düşmektedir.

Bu çalışmada, katı atıklar ve katı atık yönetimi konusu ile Türkiye'deki uygulamaları kısaca incelenmiştir. Söz konusu yasal ve hukuki düzenlemelerin zorlamasıyla katı atık yönetimi alanında doyurucu bilimsel çalışma gereksinimini açık biçimde ortaya çıkmaktadır. Artık anlaşılmaktadır ki, katı atıklar sadece gözden uzaklaştırılarak kendisinden kurtulacak çöpler; katı atık yönetimi de sokak temizliği ve atıkların sadece toplanması değil, ekonomik ve çevresel anlamda kabul edilebilir uygun teknoloji ve programlarla atıkların yönetilmesi gereken kaynak; yerel kamusal hizmet özelliği ile birlikte uluslararası ticaret ve yatırım konusudur.

2.2. Hazır Beton Sektöründe Çevre Yönetim İlkeleri

2.2.1. Hava kalitesinin korunması

Hava kirliliğini yaratan neden toz emisyonlarıdır. Havada bulunan toz emisyonları toz, kir, is, duman ve asılı halde duran sıvı damlacıklarından oluşur. Ayrıca bu partiküller havada bulunan organik ve inorganik maddelerin kompleks karışımından da oluşabilir. Tozlar fiziksel olarak kütle konsantrasyonu ve büyüklük olarak karakterize edilirler. 2,5 mikrondan büyük olan partiküller genellikle kaba partikül olarak, 2,5 mikrondan küçük olanlar ise ince partiküller olarak adlandırılırlar.

Tesiste potansiyel toz kaynaklarını birkaç maddeyle belirtmek mümkündür. Bunlar:

- Çimento dolum boşaltım noktaları,
- Agregata tartım noktaları,
- Agregata konveyörleri,
- Agregata stok sahaları,
- Saha içi yollardaki toz, olarak sıralanabilir.

Alınacak önlemler:

- Tesisin etrafı rüzgâr kesici olarak 3 m aralıklarla en az 3 m boyunda ağaç dikilmeli veya tesis çevresi duvarla kapatılmalıdır.
- Tesislerde toz ayırma sistemleri kurulmalıdır.
- Malzemeler mümkünse kapalı mekânlarda depolanmalı ya da malzeme üzeri tozumaya karşı %10 nemde olacak şekilde ıslak tutulmalıdır.
- Savurma yapılmadan boşaltma ve doldurma yapılması sağlanmalıdır.
- Tesis içindeki yollar bitümlü kaplama malzemeleri, beton veya benzeri malzeme ile kaplanıp düzenli olarak temizlenmelidir.
- Toz filtreleri boşaltılma sırasında nemlendirme yapılmalı veya kapalı sistemle boşaltılmalıdır.
- Tesisine göre agregata besleme bunkerlerinin üzeri galvanize sac paneller ile kaplanmalı ve filtre takılmalıdır.
- Çimento silolarında filtre bulunmalı ve mutlaka çalıştırılmalıdır. Periyodik olarak filtre torbaları temizlenmeli ve denetimlerde çalışıp çalışmadığı tespit edilmelidir.

Sonuç olarak hazır beton üretim tesislerinden kaynaklanan emisyonların havayı kirletmemesi için her türlü tedbir alınmalıdır. Yukarıdaki hususlara uymayan çevreyi kirleten tesislere 2872 Sayılı Çevre Kanununa göre idari para cezası uygulanmakta ve gereğinde faaliyetten men edilebilmektedir.

2.2.2. Temiz su – atık su kontrolü

Hazır beton üretim tesislerinde, su kirliliği yönünden en önemli kirletici parametre askıda katı madde (AKM) dir.

Hazır beton üretimi, tesislerinde, mikserlerin yıkanması gibi işlemler sonucu ortaya çıkan atık sudaki askıda katı madde (AKM) konsantrasyonu ve bulanıklık oldukça yüksektir. Ayrıca mikser araçlarının dışının ve tozlanmış sahaların yıkanması sonucunda atık sular oluşmaktadır. Bu nedenlerle atık suların ve mikser içerisinde kalmış agreganın geri kazanılması için tesiste “Yıkama Tamburu” ve “Çöktürme Havuzları” kurularak geri kazanma “Recycling” işlemi uygulanmalıdır. İçerisi yıkanan transmikserlerin suyu ve agregası yıkama tamburuna verilmelidir. Yıkama tamburunda su ve agregata birbirinden ayrılır, su fazı çöktürme havuzuna gider, agregada bir yerde biriktirilir.

Yıkama tamburundan, tesisin muhtelif yerlerinden ve transmikserlerin dışının yıkanmasından çıkan atık suları çöktürme havuzunda kademeli bölmelerden geçirilip çamuru çöktürüldükten sonra elde edilen su, üretimde, transmikserlerin yıkanmasında ve

diğer muhtelif işlerde kullanılabilir. Havuzlardan alınan çamurlar ise çamur kurutma yatağı'nda kurutmaya alındıktan sonra katı atık bertaraf tesislerine gönderilir. Tesisteki çalışma şartlarına göre, havuzdan alınan çamur, içerisindeki suyun daha çabuk giderilmesi için kurutma yatağına alınmadan önce yıkama tamburundan da geçirilebilir. Böylece çöktürme havuzlarından alınan çamurların daha kuru olarak katı atık bertaraf tesislerine gönderilmesi sağlanmış olur.

Tesiste depolanan malzemeler yağmur suyu ve yıkama suları ile tesis içi ve dışına yayılması engellenmelidir. Yağmur suyu ve yıkama suyu ile taşınan sular kesinlikle tesis çevresini kirletmemeli, toprak kirliliğine neden olamamalıdır. Tesis çevresinden yağmur suyu ve yıkama suyu ile malzemelerin tesis çevresine taşınmasını önleyici sistemler kurulmalıdır. Tesis içerisinde sahanın meyli tesis içerisine doğru verilerek yağmur ve sızıntı sularının tesis dışına gitmesi önlenmelidir. Hazır beton üretiminde beton karma suyu kadar araç-gereç temizliği, mikser depolarının doldurulması esnasında bol su kullanılır. Dolayısıyla tesisteki tüm sular değerlendirilmelidir.

Mikserler malzeme taşırken sızdırma yapmamalıdır. Taşıma yapan mikserler beton taşırken ve beton dökümünden sonra mutlaka tesise dönüp yıkanmalıdır. Aksi durumda, mikser atıkları yol kenarlarına atılabilir. Şehir içinde mikserlerin dik yollardan çıkışları söz konusu ise beton dökülmesini önlemek için mikserler bu gibi yerlerde kesinlikle tam doldurulmamalıdır.

Sonuç olarak; su kirliliği açısından; tesisten evsel ve endüstriyel olabilecek hiçbir atık suyun Belediyenin kollektörlerine veya yüzeysel sulara (dere, göl, deniz, arazi) deşarj limitlerini sağlamadan verilmemesi gerekmektedir. Aksi takdirde çevreyi kirleten tesislere, hava kalitesinin korunmasında olduğu gibi, 2872 sayılı çevre kanununa göre idari para cezası uygulanır ve gereğinde faaliyetten men edilebilmektedir.

Hazır beton tesislerinin çeşitli faaliyetleri sonunda meydana gelen katı maddelerin su ortamına taşınması ile meydana gelecek olumsuz etkiler aşağıdaki gibi sıralanabilir.

- Katı maddeler birikerek göl ve göletler dolar, su depolama kapasitesi düşer.
- Göl ve denize ulaşan nehirlerin yatakları zamanla dolar, kesitlerin daralmasına sebep olur.
- Suda yaşayan canlılar için su ortamı bozulur.
- Bulanıklık artarak su kaynağının dinlenme maksatları için kullanımı ve fotosentetik aktivitesi azalır.
- Suyun faydalı kullanma imkânları azalır.
- Pestisit, ağır metaller, zirai koruma ilaçları, besi maddeleri gibi diğer kirleticiler bu katı maddelerle birlikte su yatağına girer.
- Hastalık yapan bakteri ve virüslerde aynı şekilde su ortamına taşınmış olur.
- Nehirlerin mansabına doğru çökelen katı maddelerin birikmesiyle suyolu taşımacılığı, taşkın kontrolü engellenir.
- Ayrılamayan maddeler ile siltlerin su yataklarının tabanında birikmesi organizmalar için uygun yaşama ortamını bozar. Su derinliklerine ışığın nüfusunu azaltarak, ısı radyosunu değiştirerek ve organik maddeleri, besi maddelerini veya zehirli maddeleri beraberinde taşıyarak su kalitesi bozulur.

- Su yatağı tabanının çökebilen maddeler ile örtülmesi, balık yumurtalarının ve diğer organizma larvalarının gelişmesini önler ve gıdalarını bu ortamdan temin eden organizmaların beslenmesini güçleştirir.
- Tabanda biriken maddelerin organik kaynaklı olması halinde, bunların zamanla biyolojik olarak parçalanması, sudaki çözülmüş oksijen konsantrasyonunu azaltır ve çürüme neticesinde taban oksijensiz bir ortam haline gelebilir ve arzu edilmeyen H₂S, CO₂ ve CH₄ gazları ortaya çıkabilir.
- Dere ıslahı çalışmaları gibi çok yüksek maliyete sebep olan faaliyetlerin, derelere katı madde yükü yüksek suların verilmesi sebebiyle zamanla yatağın dolarak yeniden ıslah çalışmaları yapılmasına sebep olur.

2.2.3. Katı atık kontrolü

Hazır beton tesislerinde, çöktürme havuzlarında alınan çamurlar ile yıkama tamburundan alınan değerlendirilmeyen katı atıklar “kurutma yatağı”na alınarak suyundan ayrıştırılması gerekir. Kurutma yatağında süzülen atık sular tekrar çöktürme havzalarına verilerek geri kazanılır.

Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği'nin 28.nci maddesine göre kurutma yatağından alınan arıtma çamurunun evsel katı atıklarla birlikte depolanabilmesi için içinde bulunan su oranının %65 olması gerekir. Ayrıca bu arıtma çamurları Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliğine göre Belediyelerin gösterdiği yerlerin dışındaki alanlara kesinlikle dökülemez. Belediyeler bu malzemeleri depolama alanlarında üst örtü malzemesi olarak kullanabilirler.

2.2.4. Akaryakıt – yağ – kimyasal madde kontrolü

Yakıt depolarında; sızıntı ve taşmaya yönelik önlemler alınmalı korozyon önlenmelidir. Depo yer üstünde ise sızıntı ve dökülmeye karşı deponun etrafı bir duvarla çevrilmelidir.

Kimyasallar; sınıflandırılıp etiketlenmelidir uygun depolarda muhafaza edilmelidir. Depolarda sızıntı olup olmadığı belli aralıklarda kontrol edilmelidir.

2.2.5. Gürültü – vibrasyon kontrolü

Hazır beton üretim tesislerin makine ve araçlarından kaynaklanan gürültü seviyeleri Gürültü Kontrol Yönetmeliği'ndeki limitleri aşmamalıdır. Gerektiğinde gürültü seviyeleri sürekli veya periyodik olarak ölçülmelidir.

Tesisteki makine ve kompresörler dikkatli ve kapalı mahallerde çalıştırılmalı ve bakımları yapılmalıdır. Dağıtım araçlarındaki susturucuların etkinliği sürekli olarak kontrol edilmelidir. Yük araçları 85 dBA, Beton Pompaları 115 dBA, Panmikserler 115 dBA, Yükleyici 115 dBA dır.

Tesiste kaynaklanan gürültü kirliliğine engel olmak için tesis çevresinde perdeleme yapılması, ağaçlandırılması, gereğinde duvarla kapatılması veya toprak setler yapılması gerekmektedir.

2.2.6. Personel eğitimi

Hazır beton tesisinde çalışan tüm personelin bu konuyla ilgili tüm istatistikleri değerlendirmesi ve bu istatistiklerin kendi bünyesine anlamlandırması gerekmektedir. Bu bilinçle çalışan tüm personel kendi oluşturacağı çevre denetimini en üst düzeyde tutar ve gelecekte oluşabilecek tüm sorunları bünyesinde bertaraf edecektir.

2.2.7. Dış görünüm – tesis düzenlenmesi – peyzaj – trafik

Kirli, pis ve gürültülü yerlerde çalışmadan hiçbir şekilde tam anlamıyla verim alınmaz. Bu nedenle tesis içi planlamanın önemi çok büyüktür. Bazı yapılması mümkün birtakım çalışmadan sonra tesis düzeni ve kullanılabilirliği sağlanmış olacaktır. Bunlara örnek olarak;

- Kaldırım ve yolların betonlanması,
- Güvenli ve temiz tesis girişi,
- İşaret ve levhaların kullanılması,
- Yeşil alan düzenlemesi,
- Araç, ekipman ve binaların temizlik ve bakımlarının yapılması, verilebilir.

2.3. Hazır Beton Üretim Sektöründe Kalite Belgelendirmeleri

Hazır beton üretim sektörü büyük yatırımlar yapılan, kazanç anlamında bir çok katılımcının faydalandığı bir pasta durumundadır. Ülkemiz bu üretim sektöründe Avrupa’da birinci, Dünyada ise üçüncü sırada yer almaktadır (THBB 2013-2014 Yılı Hazır Beton sektörü İstatistikleri). 2014 yılında 107 milyon m³ üretimi yakalayan (THBB 2013-2014 Yılı Hazır Beton sektörü İstatistikleri) Türkiye Hazır Beton Üretim Sektörü, kendi içerisinde doğal bir rekabet bulundurmaktadır. Bu rekabet ortamından sıyrılarak iş almak fiyatlarda oynama yapmak yerine, firmaların bünyelerinde bulundurdıkları kalite güvencesi veren belgelendirme sistemleriyle olmaktadır. Bu belgeler doğrultusunda, önceden referansı bulunmayan bir işletme hakkında bile, üretiminin kaliteli olduğu, iş sağlığı ve güvenliğine önem verildiği, mevzuatlara uygunluğu yönünde bir güvence sağlanabilmektedir. Hazır beton üretim sektöründe, seçilen malzemelerin standartlarının uygunluğuna ait belgeler bulunduğu gibi, bunların karışımıyla ortaya çıkan çimento, beton gibi çıktılarında standartı mevcuttur. Beton üretiminde kontrol edilmesi gereken ana parametreler; betonun bileşen malzemelerinin özellikleri ile bileşim oranları, taze ve sertleşmiş beton özellikleri ve bunların doğrulanması, beton özellikleri, taze betonun teslimi, imalât kontrol işlemleri, uygunluk kriterleri ve uygunluk değerlendirmesidir. Betonun üretimi ve kalite kontrolü o şekilde yapılmalı ki, kaliteye ilişkin özellikleri etkileyen, belirli değişimleri ortaya çıkarabilecek ve uygun düzenlemeler yapabilecek bir çalışmaya imkân tanınabilsin.

Beton bileşenlerinin üretildikleri yerde, malzeme imalatçısı tarafından yeterli kontrole tâbi tutuldukları ve bileşen malzemelerin tesliminde geçerli şartnameye uygunluğu belgelenmelidir. Bu işlemler yapılmamış ise beton üreticisi, malzemelerin ilgili standarda uygunluğunu kontrol etmelidir. Söz konusu beton üretiminde bileşen kontrolü TS EN 206-1 sistemine uygun yapılmalıdır. Tasarlanmış betonun karışım oranları, kıvamı ve sıcaklığı belirlenmiş şartlara göre kontrol edilmelidir. Bu kontrol süreci betonun hedef noktada teslimini içermelidir. Betonun üretim özellikleri bir Çizelge düzeninde takip edilir. Söz konusu Çizelgede deney türü sütununa; başlangıç deneyleri, ince ve iri agrega ile taze betonun su içeriği, betonun klorür içeriği, kıvam, taze ve sertleşmiş betonun yoğunluğu taze betonun çimento içeriği, taze betonun mineral katkı içeriği, kimyasal katkı içeriği, s/ç oranı, taze betonun hava içeriği, taze betonun sıcaklığı ve küp numunelerle beton basınç dayanımı deneyi yazılmalıdır. Söz konusu deneylere ilişkin amaç ve uygulama zaman aralığı ise TS EN 206-1'den alınmalıdır. Yukarıda verilen kontrol kriterleri, özel bilgi ve tecrübe gerektiren durumlar için geliştirilebilir. TS EN 206-1 standartınca bazı kriterler aranmaktadır. Bunlar;

- Taze betonda işlenebilirlik: Taze betonun homojenliğini kaybetmeden karıştırılabilmesi, taşınması, yerleştirilmesi, sıkıştırılması ve perdahlanması özelliklerine "işlenebilirlik" denir. Taze betonda işlenebilirliğin döküm boyunca korunması gerekir. İşlenebilir bir beton da vibratör kullanılarak boşluksuz yerleştirilebilir. İşlenebilirliğin ölçüsü kıvamdır.
- Betonun Kıvamı: Kıvam betonun akıcılık derecesi olarak tanımlanır. Kıvam; betonun kullanım yerine, işlenmesine ve şantiyede döküm yerine iletim şekline (pompa, kova...) bağlı olarak özenle seçilmesi gereken bir özelliktir. Kıvam değeri sabit tutulduğu sürece su/çimento oranı kontrol edilmiş olur. Kıvam, betonun akıcılığıyla veya kendi ağırlığı altında hareket etme kabiliyetiyle ilgilidir. Yayılma tablası deneyi, TS EN 12350 – 5 'e göre yapılmalıdır.
- Taze Beton Sıcaklığı: Taze betonun sıcaklığı, TS EN 206 ya göre +5° C'den az olmamalıdır.
- En Büyük Anma Büyüklüğü: TS EN 206 (D max.) Beton içinde kullanılacak en iri agrega dane büyüklüğünün en dar kalıp boyutu, döşeme derinliği, pas payı, en sık donatı aralığı gibi unsurlarla uyumlu biçimde seçilmesi gerekir.
- Sertleşmiş Betonda Basınç Dayanımı (mukavemet): Betonun mekanik özelliklerden en önemli ve değeri en büyük olanı basınç dayanımıdır. Bunun yanı sıra betonun tüm olumlu nitelikleri basınç dayanımı ile paralellik gösterir. Bu nedenle betonun basınç dayanımını saptamakla betonun kalitesi ve betonun sınıfı belirlenir. Anlaşılacağı gibi yapıların dizaynında 28 günlük dayanım esas alınır. Betonun basınç dayanımını etkileyen faktörler aşağıda belirtilmiştir.
- Çimento Tipi Ve Miktarı: Çimentonun cinsi ve dozağı (1 m³ betondaki çimento ağırlığı), beton basınç dayanımını etkiler. Yüksek dayanımlı çimentoların kullanıldığı ve çimento dozajının fazla olduğu durumda, beton kalitesinin arttığı bir yere kadar doğru olmakla beraber, beton basınç dayanımını belirleyen en önemli unsur su/çimento oranıdır.
- Karışım Suyunun Kalitesi Ve Miktarı: Beton üretiminde en uygun miktarlarda su kullanılmalıdır. Suyun en uygun değerden az veya fazla kullanılması beton dayanımını düşürür.

- Sıkıştırmanın Etkisi: Taze betonun yerleştirildikten sonra yeterince sıkıştırılmaması, boşluk oranının artmasına ve dayanımın düşmesine neden olur. Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkındaki Yönetmelikte de bahsedildiği gibi vibratörsüz beton yerleştirilmesi yapılmamalıdır. Beton her ne kadar usulüne uygun hazırlanmışsa da kalıba yerleştirilmesi sırasında vibratör kullanılmıyorsa, basınç dayanımında 30'lara varan düşmeler görülür.
- Dış Etkiler - Kür Koşulları: Betonun prizi ve sertleşmesi aşamasında çevre koşullarının etkisi çok büyüktür. Taze beton yeterli dayanımı kazanıncaya kadar, mümkün olduğunca yüksek nemli ortamda korumak gerekir. Taze beton için en olumsuz hava koşulları; yüksek sıcaklık, rüzgarlı ve kuru ortamlardır. Benzer şekilde sıfırın altındaki sıcaklıklarda önlem alınmaksızın beton dökümü sakıncalıdır. Taze betonun sıcaklığı +5 dereceden az olmamalıdır. Bu derecelerin altındaki sıcaklıklarda önlem alınması gereklidir.
- Deneysel Koşulları - Örnek Şekil ve Boyutları: Beton örneklerinin formu, boyutları, deneydeki yükleme hızları ve yüzey pürüzlülüğü gibi faktörler beton basınç dayanımını etkiler. Beton basınç dayanımı silindir (15/30), küp (15 cm ve 20 cm boyutlu) örnekler üzerinde belirlenir. Farklı form ve boyuttaki örneklerin basınç dayanımlarının, standart örneklerin eşdeğer dayanımlarına dönüştürülmesi gerekir. Dökülecek betonun çevreden kaynaklanan etkileri önemli olup TS EN 206-1 de 9-10-11 sayfalarda anlatılmıştır.

2.3.1. Hazır beton üretim sektöründe kalite belgeleri

TS EN 206-1, G uygunluk şartı gibi üretimde beklenen uygunluk şartları bulunmaktadır. Bu uygunluk şartlarının haricince kalite belgeleri bulunmaktadır. Tüm bu uygulamaların temel amacı, uluslararası bir kalite tanımının oluşturularak, firmaların bu standartları sağlayıp sağlamadıklarının denetlenerek belgelenmesidir. Bu kalite belgeleri;

Ohsas 18001 İş Sağlığı Ve Güvenliği Yönetim Sistemi: Müşterilerin ve tüketicilerin, ürün ve hizmet almakta oldukları kuruluşlardan olan beklentileri giderek artış göstermektedir. Artık sadece kaliteli ürün veya hizmet sunmak yetmemekte, bunun yanı sıra kuruluşlardan sosyal sorumluluklarını da yerine getirmeleri beklenmektedir. Bu beklentiler, klasik "kalite" tanımlarının da geçerliliğini yitirmesine sebep olmuş; tanımlarda, iş sağlığı ve güvenliği ile ilgili ifadeler geçmeye başlamış ve tanım, sosyal sorumlulukların eklenmesi ile birlikte genişletilmiştir. Artık "kalite" denilince, kuruluşların iş sağlığı ve güvenliği ile ilgili mevzuata ne derece uygun olduğu, ilgili taraflar için güvenli ve sağlıklı çalışma ortamını oluşturup oluşturmadığı ve bu ortamı sürekli iyileştirip iyileştirmediği de sorgulanmaktadır.

Çalışma ortamları, yapılan işlemlerden ve kullanılan, üretilen maddelerden kaynaklanarak, kişisel sağlık ve güvenlik riskleri oluşturan çeşitli ortam faktörleri ile doludur. Günlük yaşantımızın ortalama üçte birini geçirdiğimiz işyerlerimizde daha sağlıklı ve güvenli şekilde yaşamamız için alınması gereken tedbirlerde her çalışanın ve yöneticinin temel sorumluluğu bulunmaktadır. İnsana yaraşan bu güvenli ortamları sağlayabilmek ancak bu husustaki kuralları yaşam tarzı olarak benimsemekle sağlanabilir.

Çalışanlar için tüm yönleriyle sağlıklı ve güvenli bir çalışma ortamının oluşturulamaması, çalışma hayatının günümüzdeki en önemli sorunlarından biri durumundadır. Birçok ülkede, özellikle bizim gibi sanayileşme yolunda ilerleyen ve gelişmekte olan ülkelerde, iş sağlığı ve güvenliği ile ilgili bir takım sorunlar ortaya çıkmakta, bu sorunlar çalışanların sağlığı yanında iş verimini de etkilemektedir. Hem üretim hem de hizmet sektörlerinde, işyerlerini çalışanlar için sağlıklı ve güvenli hale getirmek, kanunlarca zorunlu kılınmıştır. İşte tam bu noktada, Occupational Health and Safety Assessment Series ifadesinin baş harflerinin bir araya getirilmesi ile kısaltılan ve Britanya Standartları Enstitüsü (BSI) tarafından 1999 yılında yayımlanan OHSAS 18001 İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetim Sistemi Standardı, bu zorunluluğu yerine getirmede yardımcı olabilecek, tetkik edilebilir ve uluslararası platformda kabul gören bir standart olarak karşımıza çıkmaktadır.

OHSAS 18001 her türde sektöre ve faaliyetleri tüm organizasyonlara uygulanabilen, iş sağlığı ve güvenliği faaliyetlerinin kuruluşların genel stratejileri ile uyumlu olarak sistematik bir şekilde ele alınıp sürekli iyileştirme yaklaşımı çerçevesinde çözümlenmesi için kullanılan etkin bir araçtır. Bu standart yardımıyla iş sağlığı ve güvenliği risklerinin belirlendiği, analiz edildiği ve önlemlerle asgari seviyeye indirildiği, yasal mevzuata uyumlu, iş sağlığı ve güvenliği ile ilgili hedeflerin bulunduğu ve bunların gerçekleştirilmesi için uygulamaların hayata geçirildiği bir yönetim sistemi kurmak mümkündür. Bu sayede çalışanlar acil durumlara hazır, iş sağlığı ve güvenliği performansını izleyen, izleme sonuçlarını iyileştirme faaliyetlerini başlatmak için kullanan, faaliyetlerini denetleyen, yaptıklarını gözden geçiren ve dokümanete eden bir kuruluşta iş sağlığı ve güvenliği faaliyetlerine gereken önemi veren bir sistemin parçası olacaklardır.

OHSAS 18001'in temel amacı; iş sağlığı ve güvenliği ile ilgili yasal mevzuatın ışığı altında, kuruluştaki söz konusu riskleri ortadan kaldırarak veya en aza indirerek, sağlıklı, güvenli bir çalışma ortamı oluşturmak ve bu ortamı yönetmektir. Daha detaylı anlatmak gerekirse OHSAS 18001'in üç ana başlıkta toplayabileceğimiz amaçları şunlardır:

- 1) Çalışanları korumak: Çalışanları işyerinin olumsuz etkilerinden korumak, rahat ve güvenli bir ortamda çalışmalarını sağlamak iş sağlığı ve güvenliğinin ilk amacıdır.
- 2) Üretim güvenliğini sağlamak: İş kazaları ve meslek hastalıkları sebebiyle oluşabilecek iş gücü ve iş günü kayıplarının en aza indirilmesi, dolayısıyla iş veriminde artışın sağlanmasıyla üretimin (ürün ve/veya hizmet) korunması iş sağlığı ve güvenliğinin amaçlarından biridir.
- 3) İşletme güvenliğini sağlamak: Çalışma ortamlarında alınan tedbirlerle, işletmeyi tehlikeye sokabilecek yangın, patlama, makine arızaları ve devre dışı kalmaların ortadan kaldırılması işletme güvenliğini sağlayacaktır.

Birçok kuruluş, değişen yasalara uyum sağlamak ve iş güçlerini korumak amacıyla risk yönetimi stratejilerinin bir parçası olarak bir İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetim Sistemi uygulamaktadır. Bu sistem, kuruluşların tutarlı bir şekilde sağlık ve güvenlik risklerini tanımlamasına ve denetlemesine, kaza risklerinin azaltılmasına, yasalara uyuma yardımcı olmasına ve genel performansı artırmasına olanak sağlayan bir çerçeve sunarak güvenli ve sağlıklı bir çalışma ortamını teşvik eder.

OHSAS 18001, iş sağlığı ve güvenliği konusundaki gereklilikleri belirlemesi ile birlikte ayrıca kalite ve çevre standartları ile uyumlu uluslararası bir standarttır. Bu sebeple OHSAS 18001, diğer yönetim sistemlerine rahatlıkla entegre edilebilmektedir. OHSAS 18001, hem kuruluşların iş sağlığı ve güvenliği ile ilgili yasal mevzuata uyumlu olduğunu gösterirken hem de iş ortamının sürekli iyileştirilmesi sayesinde iş yerindeki üretkenliği ve verimi arttırmaktadır. OHSAS 18001, kuruluşların ürün ve hizmetlerinin güvenliğinden çok çalışanın sağlığına ve işin güvenliğine yönelik bir standarttır.

OHSAS serisinde iki temel standart bulunmaktadır. Bunlardan OHSAS 18001, değerlendirme ve belgelendirme amacıyla kullanılan, spesifikasyonların verildiği standarttır. OHSAS 18002 ise OHSAS 18001'in uygulama rehberi niteliğindedir. Sonuç olarak;

- OHSAS 18001, proaktif bir yaklaşımla, zararlı sonuçlanabilecek olası tehlikelerin önceden tespitini ve gerekli önlemlerin alınmasını hedeflemektedir.
- OHSAS 18001 uygulamaları, genel olarak mevzuat yükümlülüklerin karşılanması ile paralellik gösterir.
- Sektör ve ölçek gözetmeksizin her işletmeye uygulanabilen ve gönüllük esasına dayalı bir yönetim sistemidir.

OHSAS 18001 İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetim Sistemi'nin Faydaları Nelerdir?

- İş yerlerinde ölüme, hastalığa, yaralanmaya, hasara ve diğer kayıplara sebebiyet veren istenmeyen olayların büyük ölçüde engellenmesini sağlar.
- İş sağlığı ve güvenliği çalışmalarını diğer faaliyetlere entegre ederek kaynakların korunmasını sağlar.
- Sağlık ve güvenlik konularına verilen önemi dolayısıyla yönetimin taahhüdünün sağlandığını gösterir.
- Kurumun itibarını arttırarak kamu gözünde güvenilir firma imajı kazandırır.
- Çalışanların motivasyonunu ve katılımını artırır, kuruma güven duymalarını sağlar, kuruluş değerlerine bağlılığa katkıda bulunur.
- İş sağlığı ve güvenliği ile ilgili ulusal ve uluslararası şartlara ve yasalara uygunluğu gösterir.
- İş sağlığı ve güvenliği faaliyetlerinin kuruluş içerisinde sistematik olarak yayılımını sağlar.
- Meslek hastalıkları ve kaza sayısında potansiyel düşüş sağlar, iş gücü kaybını önler.
- Arıza süresi ve bunun yol açtığı maliyetlerde potansiyel düşüşe sebep olur.
- Hem bugün hem de gelecekte sağlık ve güvenlik risklerinin daha iyi yönetilmesine imkan sağlar.
- İş sağlığı güvence altına alınırken, müşteri taleplerine uygun ürünlerin sürekliliği sağlanarak müşteri memnuniyetine ve sadakatine katkıda bulunur.
- Risk yönetimi ile muhtemel iş kazalarını kontrol altına alır. Önlem uygulamalarının açık bir biçimde tanımlanmasını ve bu faaliyetlerin yürütülmesini sağlar. Bunun sonucunda kazalar önlenmiş olur.

- Kazalar ve hastalıklar nedeni ile üretimin durmasını, yavaşlamasını önleyerek, telafi giderlerinin ceza ve tazminatların azaltılmasını sağlar, işletme maliyetlerini düşürür.
- Kuruluşun saygınlığının artırılması suretiyle rekabette avantaj sağlar.
- Çalışma ortamlarında alınan tedbirlerle, işletmeyi tehlikeye sokabilecek yangın, patlama, makine arızaları vb. durumların ortadan kaldırılması neticesinde işletme güvenliğini sağlar ve güvenlik kültürünü güçlendirir.
- İş kazaları ve meslek hastalıkları sebebiyle oluşabilecek iş ve iş gücü kayıplarını en aza indirerek, iş veriminde artışı ve maliyetlerin düşürülmesini sağlar.
- Resmi makamlar önünde, kuruluşun iş güvenliğine olan duyarlılığını kanıtlar.
- Diğer yönetim sistemi standartlarına entegre bir sistem kurulabilmesi avantajı ile doküman, çaba, sistem tasarrufu sağlar.

ISO 9001 KALİTE YÖNETİM SİSTEMİ: Günümüz koşullarında bilgi, teknoloji ve iletişim alanında yaşanan büyük gelişmeler toplumları kıyasıya bir rekabete ve her geçen gün yeni gelişmelerin yaşandığı ekonomik bir yarış içerisine sürüklemektedir. Dünya ticaretinin küreselleşmesi, rekabetin kapsam ve sınırlarını genişletmiş, yarışa katılanların sayısı giderek artmıştır. Üstelik bu yarışa katılanlar her geçen gün daha üstün nitelikli olmaktadır. Müşteriler artık daha bilinçli, daha bilgili hale gelmiş ve müşteri beklentileri en üst seviyeye ulaşmıştır. Artık müşteri beklentilerini karşılamak yeterli olmamakta müşteri beklentilerinin de ötesine geçmek gerekmektedir. Değişim hızı artmış, özellikle teknoloji alanında yaşanan gelişmeler önceden hayal bile edilemeyen uygulamaları mümkün kılmıştır. Artık değişime ve değişim hızına ayak uyduramayan kuruluşların ayakta kalabilmesi çok zordur. İşletmelerin ayakta kalabilmeleri ancak tüm sektörlerde müşteri ihtiyaç ve beklentilerine uygun mal üretiminin veya hizmetin sağlanmasıyla gerçekleşebilecektir. Bu sebeple, kuruluşlarda, tasarım aşamasından başlayarak üretim, pazarlama ve satış sonrası hizmetlere kadar tüm aşamaları kapsayan ve sürekli iyileşmeyi hedefleyen Kalite Yönetim Sistemi'nin uygulanması olmazsa olmaz bir şart olmuştur. ISO 9000 Kalite Sistem Standartları, yayımlandığı tarihten (1987) itibaren en fazla ilgi gören ve uygulama alanı bulan milletlerarası standartlar haline gelmiştir. ISO 9000 Kalite Yönetim Sistemi Standartları Serisi, etkili bir yönetim sisteminin nasıl kurulabileceğini, doküman edilebileceğini ve sürdürebileceğini göz önüne sermektedir.

ISO 9000 Kalite Standartları Serisi, organizasyonların müşteri memnuniyetinin artırılmasına yönelik olarak Kalite Yönetim Sistemi'nin kurulması ve geliştirilmesi konusunda rehberlik eden ve Uluslararası Standartlar Organizasyonu (ISO) tarafından yayımlanmış olan bir standartlar bütünüdür. ISO 9001 ise Kalite Yönetim Sistemi'nin kurulması esnasında uygulanması gereken şartları tanımlayan ve belgelendirmeye esas teşkil eden standarttır. Bununla birlikte, Uluslararası Standartlar Organizasyonu (ISO)'nun yayımlanmış olduğu kılavuz standartlar da vardır. ISO 9001 ve kılavuz standartlar, ISO 9000 serisi olarak adlandırılmaktadır. Aşağıda verilen ISO 9000 standart serisi, her tip ve büyüklükteki kuruluşun etkin bir Kalite Yönetim Sistemi oluşturması ve uygulaması için geliştirilmiştir. Hakkında genel olarak aşağıda sıralanan şeyler söylenebilir.

- ISO 9000 Kalite Yönetim Sistemleri - Temel Esaslar, Terimler ve Tarifler: ISO 9000 Standardı, kalite yönetim sistemlerinin temel esaslarını açıklar ve kalite yönetim sistemleri terminolojisini tanımlar. Bir nevi sözlük mahiyetindedir.
- ISO 9001 Kalite Yönetim Sistemleri - Şartlar: ISO 9001 Standardı, bir kuruluşun müşteri şartlarını ve uygulanabilir mevzuat şartlarını karşılayan ürünleri sağlama yeteneği olduğunu kanıtlaması gerektiğinde ve müşteri memnuniyetini artırmayı amaçladığında uyacağı kalite yönetim sisteminin şartlarını belirtir. Belgelendirmesi yapılan standarttır.
- ISO 9004 Kalite Yönetim Sistemleri - Performans İyileştirilmeleri İçin Kılavuz: ISO 9004 Standardı, kalite yönetim sisteminin etkinliğini ve verimliliğini dikkate alarak, kılavuzluk bilgilerini sağlar. Bu standardın amacı, kuruluşun performansının iyileştirilmesi ve müşteriler ile diğer ilgili tarafların memnuniyetinin sağlanmasıdır.

ISO 9001 Kalite Yönetim Sistemi, müşteri beklentileri, ihtiyaçları ve mevzuat şartlarını karşılama yolu ile müşteri memnuniyetinin artırılmasını öngören dünyaca kabul görmüş bir kalite yönetimi sistemi biçimidir. Kuruluşun organizasyonel yapısından müşterilerinin memnuniyet seviyesine, toplanan verilerin analiz edilmesinden süreçlerin etkin yönetimine, iç denetimlerden ürün tasarımına, satın almadan satışa kadar pek çok noktada Kalite Yönetim Sistemi koşullarını belirler. ISO 9001 Standardı, esas olarak bir kontrol mekanizmasıdır. Bu standardın amacı, hata ve kusurları azaltmak, ortadan kaldırmak ve daha önemlisi oluşabilecek hata ve kusurları önlemektir. Standart, direk olarak ürün ve hizmet kalitesiyle ilgili değil, yönetim sisteminin kalitesi ile ilgilidir. Buradaki temel varsayım, etkin bir Kalite Yönetim Sistemi oluşturulması ve uygulanması halinde müşteri ihtiyaçlarını karşılayacak kaliteli ürün ve hizmetler üretilceğidir.

ISO 9001 Standardı, zorlayıcı değildir ve genel şartlar içerir. Büyük ya da küçük ölçekli ayrımı olmaksızın her sektör için uygulanabilmektedir. Doğru anlaşılıp, doğru uygulandığında güçlü bir yönetim sistemini temsil eder.

ISO 9001 Standardı, Kalite Yönetim Sistemi'nin nasıl oluşturulacağını tamamen kuruluşlara bırakmıştır. Yapılması gereken "standart" bir Kalite Yönetim Sistemi değil, standardın şartlarını karşılayan bir Kalite Yönetim Sistemi oluşturmaktır. Sonuç olarak;

- Etkin bir kalite yönetim sistemi için minimum şartları belirtir.
- Şartları geneldir, ölçek fark etmeksizin her sektör için uygulanabilir.
- Neyin yapılacağını söyler, nasıl yapılacağını değil.

ISO 9001 Kalite Yönetim Sistemi'nin Faydaları Nelerdir?

- Müşteri ilişkilerine odaklanan kuruluştaki müşteri şikayetleri azalır, müşteri memnuniyeti ve bağlılığı daha da artar.
- Müşteri istek ve beklentilerini ön planda tutarak, daha iyi ürün tasarımı sağlar.
- İyi tasarım ve planlama, işlem maliyetlerini azaltır.
- Kalite problemlerinden kaynaklanan kalitesizlik maliyetlerini minimuma indirir.
- Faaliyetlerin daha iyi planlanması, sorunların daha hızlı çözülmesi ile etkin bir yönetim sağlanmış olur.

- Bu şekilde yönetim, tüm boyutlarıyla işletmesini daha net kontrol altında tutar, daha sağlıklı kararlar verir.
- Tüm sorunlar sistematik şekilde analiz edileceğinden, işletmede sürekli bir gelişme olur.
- Çalışanların faaliyetlere katılımı sağlanır, motivasyon ve çalışma heyecanları artar.
- Her alanda sürekli iyileştirme ile kalifiye eleman oranı artar.
- Departmanlar arası problemlerin çözümünde sistematik yaklaşım, verimliliği artırır.
- Süreçler ve fonksiyonlar arasındaki tanımlanmış işleyiş, organizasyon içinde sağlıklı bilgi akışı sağlar.
- Kuruluşun kalite imajı güçlenir, müşterilerin güveni artar.
- Yeni pazarlara açılma imkanı sağlayarak, rakipler ile olan farkı artırır.
- Sistematik ve yönetsel bir altyapı kurarak kurumsallaşma yolunda bir adım daha ileriye gidilmesini sağlar.
- Kurumsal kimlik, istikrarı da beraberinde getirir.

ISO 14001 ÇEVRE YÖNETİM SİSTEMİ: Bir kuruluşun faaliyetlerini içinde yürüttüğü; hava, su, toprak, doğal kaynaklar, bitki topluluğu (flora), hayvan topluluğu (fauna) ile insanları da ihtiva eden ortam ve bunun arasındaki ilişkiye "çevre" denilmektedir. İnsanın içinde bulunduğu ve birlikte yaşadığı bu çevrenin, gelişen teknoloji ve sanayi sonucunda giderek yok olduğu göz ardı edilemez bir gerçektir. Artan dünya nüfusu, teknolojinin baş döndürücü gelişim ve ilerleme hızı, yaşam alanlarındaki daralma, doğal çevrenin tahribatı, gürültü, hatalı uygulamalar, bilgi eksikliği ve eklenebilecek birçok nedenle çevre kirliliği, son yıllarda insan yaşamını ve yaşam kalitesini tehdit eden en önemli sorunlardan birisidir.

20 inci yüzyılın ikinci yarısından itibaren insanlığı tehdit eden problemlerden birisi haline gelen çevre sorunları ve kirliliği, sanayileşmenin sonucunda iyice hissedilir hale gelmiştir. Önceleri sadece kirlenme olarak algılanan ve uluslararası boyut kazanmadan yerel özellik taşıyan çevre sorunları, gün geçtikçe hızla çoğalmış, yerellikten kurtulup tüm dünyanın sorunu olmuştur. İşte bu noktada insanlığın çevreye verdiği zararı azaltmak için çevre standartları, çevreye yönelik ulusal ve uluslararası yasal mevzuatlar uygulamaya alınmıştır. Bu kapsamda çevrenin korunmasına yönelik olarak ISO tarafından yayımlanan standart serisine ISO 14000 serisi denilmektedir.

ISO 14000 serisi standartları, özünde, doğal kaynak kullanımının azaltılması, toprağa, suya, havaya verilen zararların minimum düzeye indirilmesini amaçlayan standartlar bütünüdür. Bunu da çevre performansının izlenmesi ve sürekli iyileştirilmesi temeline dayandırmakta ve çevre faktörlerine ilişkin olarak ilgili mevzuat ve kanunlar tarafından tanımlanmış koşullara uymayı şart koşturmaktadır.

ISO 14000 serisi içinde belgelendirilmesi yapılan standart ISO 14001 Standardıdır. ISO 14001, ürünün hammadeden başlayarak müşteriye sunulmasına kadar olan süreçte çevresel faktörlerin belirlenmesi ve bu faktörlerin gerekli önlemler ile kontrol altına alınarak çevreye verilen zararın en aza indirilmesi için kılavuzluk yapan bir standarttır. ISO 14001, işletmelerin çevreye verdikleri veya verebilecekleri zararların

sistematik bir şekilde azaltılması, mümkün olduğu durumlarda ortadan kaldırılması için geliştirilen bir yönetim sistemidir.

ISO 14001 Çevre Yönetim Sistemi Standardı ve ilgili standartlar serisi, hazırlanışı itibarı ile tüm ülkelerde yürürlükte olan çevre yasaları ve uygulamaya yönelik yönetmelikler ile uyumlu bir yapıda olduğundan, uygulamalar genel olarak mevzuat şartlarının getirdiği yükümlülüklerin karşılanması ile paralellik gösterir ve uygulamaların bir sistem dahilinde gerçekleştirilmesi için zemin oluşturur. ISO 14000 standart serisi, birçok standart içermektedir. Bu standartlar içerisinde en önemlileri ve bilinenleri:

- ISO 14001 Çevre Yönetim Sistemleri - Şartlar ve Kullanım Kılavuzu
- ISO 14004 Çevre Yönetim Sistemleri - Prensipler, Sistemler ve Destekleyici Tekniklere Dair Genel Kılavuz
- ISO 14020 Çevre Etiketleri ve Beyanları - Genel Prensipler
- ISO 14031 Çevre Yönetimi - Çevre Performans Değerlendirilmesi - Kılavuz
- ISO 14040 Çevre Yönetimi - Hayat Boyu Değerlendirme - İlkeler ve Çerçeve

Sonuç olarak;

- ISO 14001 Standardı, çevreye verilen zararın en aza indirilmesi için oluşturulmuş bir standarttır.
- ISO 14001 uygulamaları, genel olarak mevzuat yükümlülüklerin karşılanması ile paralellik gösterir.
- ISO 14001, bir ürün standardı değildir, ne üretildiği ile değil nasıl üretildiği ile ilgilenir.
- Sektör ve ölçek gözetmeksizin her işletmeye uygulanabilen ve gönüllük esasına dayalı bir yönetim sistemidir.

ISO 14001 Çevre Yönetim Sistemi'nin Faydaları Nelerdir?

- Ulusal ve uluslararası yasal mevzuatlara uyum sağlanır.
- İzin ve yetki belgelerinin alınmasını kolaylaştırır.
- Ulusal ve uluslararası alanda itibar kazandırır.
- Çevre etkilerinden kaynaklanan maliyetler düşer.
- Doğal kaynakların etkin kullanımı sonucunda masraflar azalır verimlilik artar.
- Müşteriye, çevre yönetimi için bir yükümlülük altına girildiği güvencesinin verilmesiyle, müşteri güveni artar.
- Mesuliyetle sonuçlanan olayları azaltır dolayısıyla mali sorumluluk sigortası maliyetlerini düşürme potansiyeli sağlar.
- Şirket faaliyetlerinden kaynaklanan kirlilik, kaynaktan başlayarak kontrol altına alınır ve kirlenme azaltılır.
- Potansiyel tehlike durumlarının belirlenmesi sayesinde acil durum ve kazalara karşı hazırlıklı olduğundan kayıpla sonuçlanan olaylarda azalma görülür.
- İşyeri kalitesinin dolayısıyla işçi moralinin yükselmesi sağlanır ve işletmeye bağlılık artar.
- Personele verilen eğitimler sayesinde çalışanlarda çevre bilincinin artması sağlanır.

- Yeşil üretim süreçlerinin önemli olduğu pazarlara girmeyi kolaylaştırır.

Daha önceden de belirtildiği üzere, kalite belgelerinin bulunması tesisin rekabet sektöründe avantaj sağlamasını beraberinde getirmektedir. Halihazırda bulunan kalite belgelerinin haricinde, doğa ve kentsel çevreyle uyumlu üretim ve hizmet için, hazır beton tesisleri çevre mevzuatı ve çevre denetim kriterlerinin yanı sıra estetik görünüm ve tesisin yeşillendirilmiş olmasının göz önünde bulundurulduğu, Yeşil ve Güvenli Tesis oluşumu da bulunmaktadır. Bu oluşum bir belgelendirme sistemine sahip değil bir anlayış biçimidir. Yeşil ve Güvenli Tesis anlayışına sahip kuruluşlar, iş güvenliğine büyük önem vererek sıfır kaza üzerine yoğunlaşırken, çevre ve hammaddeyi olabildiğince korumaktadırlar. Bu bağlamda, bu anlayıştaki işletmelerin her birinde agrega geri dönüşüm sistemi bulunmaktadır. THBB, Yeşil ve Güvenli Tesislerin yaygınlaşması için Yeşil Nokta Çevre Ödülleri kapsamında hazır beton üretim tesisleri arasında yarışma düzenlemektedir. Düzenlenen bu yarışmalar kapsamında,, Yeşil Nokta Çevre Yarışması seçmelerinde, hava kalitesinin korunması, gürültü, atık su kontrolü; akaryakıt, yağ ve kimyasal madde yönetimi; katı atık yönetimi ve trafik yönetimi gibi ayrıntılı çevre kontrolü unsurları denetlenmektedir. Tesis denetimlerinde ayrıca, tesisin toz emisyon izni, geri dönüşüm sistemleri gibi hususlar da dikkate alınmaktadır. Tesisler oluşturulan denetim ekipleri tarafından ziyaret edilmekte ve incelemelerde bulunmaktadır. Hazırlanan raporlar, Türkiye Hazır Beton Birliği Çevre Komitesi tarafından değerlendirilerek kazanan tesisler belirlenmektedir. Bu yarışma kapsamında dereceye giren tesislere teşvikler verilmekte ayrıca ERMCO'nun düzenlediği yarışmaya bildirilerek yurtdışında ülkemizi temsil etmektedirler.

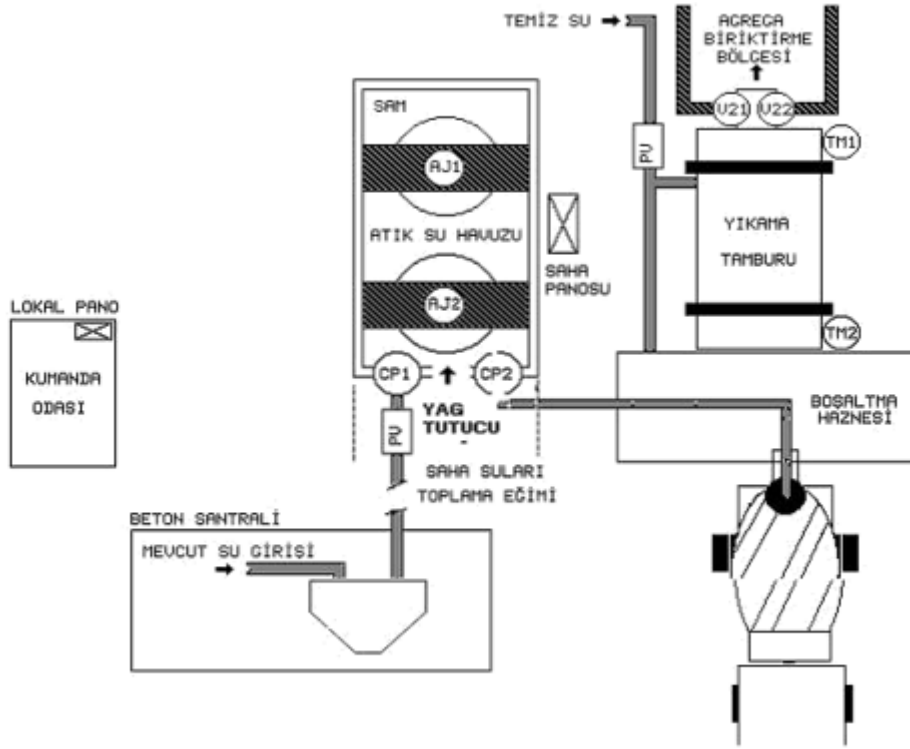
Yeşil ve Güvenli Tesis anlayışı, kısıtlı miktarda bulunan ve kendini yenileyebilme kabiliyeti çok kısıtlı olanı, hazır beton üretiminde kullanılan hammaddelerin geri dönüştürülerek yeniden kullanımını önemsemektedir. Çalışma kapsamında yapılacak başabaş noktası analizleri ve yaşam döngü maliyeti hesaplamaları sonucunda, Yeşil ve Güvenli Tesis anlayışını teşvik etmek amaçlanmaktadır.

2.4. Hazır Beton Geri Dönüşüm Sistemleri

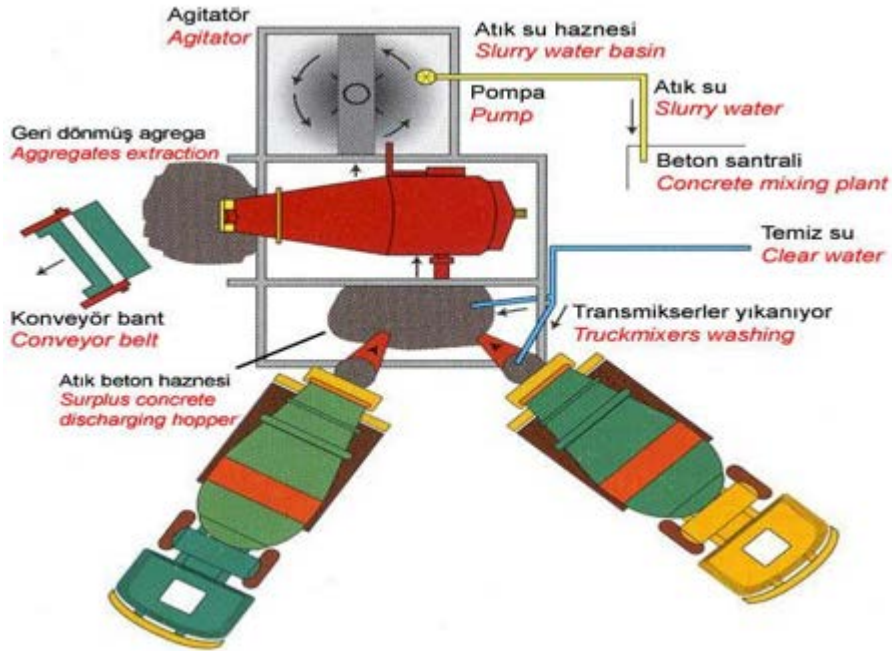
Ham madde kaynaklarının tükenmesinin, yeşil çevre bilincinin artmasının, depolama alanlarının azalmasının verdiği güçlü nedenlerle hazır beton üretim tesislerinde, geri kazanım tesisleri oluşturulmuştur. Mevzuat gereği su geri dönüşümü zorunlu kılınmaktadır.

Beton geri kazanım ünitesi, transmikserler, beton pompaları, sabit mikserler ve beton taşıyıcı kovanlarındaki arta kalan betonun temizlenmesi sırasında ortaya çıkan atık su, agrega ve çimento israfını minimum seviyeye düşürmek ve yeniden kazanırken çevreyi de korumak amacıyla planlanmaktadır (Nallı 2006).

Hazır beton tesisi geri dönüşüm spesifikasyonu Şekil 2.2.a) ve 2.2.b)'de gösterildiği gibidir.



Şekil 2.2.a) Hazır beton tesisi geri dönüşüm spesifikasyonu

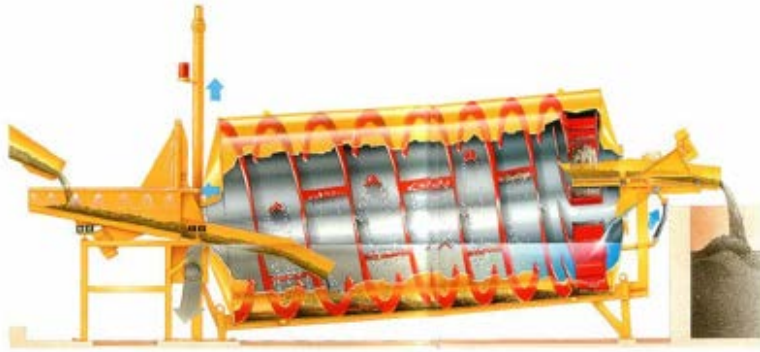


Şekil 2.2.b) Hazır beton tesisi geri dönüşüm spesifikasyonu

2.4.1. Geri dönüşüm sistemi elemanları

Hazır beton üretim tesislerinde geri dönüşüm, hatalı reçete veya üretim, transmikserlerde kalan ve iade betonların gelişigüzel dökülmesi, depolanmasının önüne geçmek amacıyla geri dönüştürerek tekrar üretim bandında kullanmayı amaçlar. Bu amaca hizmet eden geri dönüşüm sistemi parçaları incelenirken araştırma kapsamında yapılan gezilerde çekilen fotoğraflarla desteklenmiştir.

Yıkama Tamburu, atık malzeme almaya, ayırmaya yarayan ve katı maddelerin ayrılmasını sağlayan iki parçadan oluşan; cıvatalı, sökülebilir, aşınmaya dayanıklı çelikten imal edilmiş, boşaltma kısmı atık suyun üstten akmasını sağlayacak şekilde tasarlanmıştır.



Şekil 2.3. Yıkama tamburu (Coşkun 2007)



Şekil 2.4. Santral gezisinde çekilen yıkama tamburu

Çizelge 2.1’de yıkama tamburu ekipman özellikleri gösterilmiştir.

Çizelge 2.1. Yıkama tamburu ekipman özellikleri (Coşkun 2007)

Yıkama Tamburu Ekipman Özellikleri		
Kapasite	20 m ³ /saat	
Ağırlık	5.440 Kg	
Redüktör	1450-25 d/dk	2 adet
Motor	3 KW-1450 d/dk	2 adet
Yıkama tamburu	6 mm St-52	1 adet
Küresel Vana	2’’	1 adet
Pnömatik Klape	Omal 2’’	1 adet
Giriş Çıkış Vibratörleri	Olimve – 700/15	4 adet

Beton Boşaltım Oluğu, boşaltma besleme oluğu 4x1,5 m, yıkama kazanının içindeki tüm malzemeyi taşıyabilecek kapasitede tasarlanmıştır (Şekil 2.5). Geridönüşüm işleminin betonla ilk buluştuğu noktadır.



Şekil 2.5. Beton boşaltım oluğu (Coşkun 2007)



Şekil 2.6.a) Santral gezisinde çekilen beton boşaltım oluğu



Şekil 2.6.b) Santral gezisinde çekilen beton boşaltım oluğu



Şekil 2.6.c) Santral gezisinde çekilen beton boşaltım oluğu

Atık Su Karıştırıcı, karıştırıcı geri dönüşüm havuzu içerisine, homojen bir malzeme elde edebilecek şekilde tasarlanmıştır. Karıştırma aşınmaya dayanıklı dikey bir shaftla desteklenmiş, 4 paletli karıştırıcıyla sağlanmaktadır.



Şekil 2.7. Atık su karıştırıcı (Çoşkun 2007)

Çizelge 2.2. Atık su havuzu ajitatörü özellikleri

Atık Su Havuzu Ajitatörü		
Redüktör	1450-50 d/dk	1 adet
Motor	5,5 KW-1450 d/dk	1 adet
Platform	Çelik Konstrüksiyon	1 adet
Seviye Şamandırası	Enfa	1 adet

Atık Su İçin Özel Pompa: Atık su havuzuna monte edilen pompa 4,5 kW gücünde 1700 lt/dak debiye sahiptir. Suyu atık su havuzundan su silosuna gönderme işlemini görmektedir.



Şekil 2.8. Atık su pompası

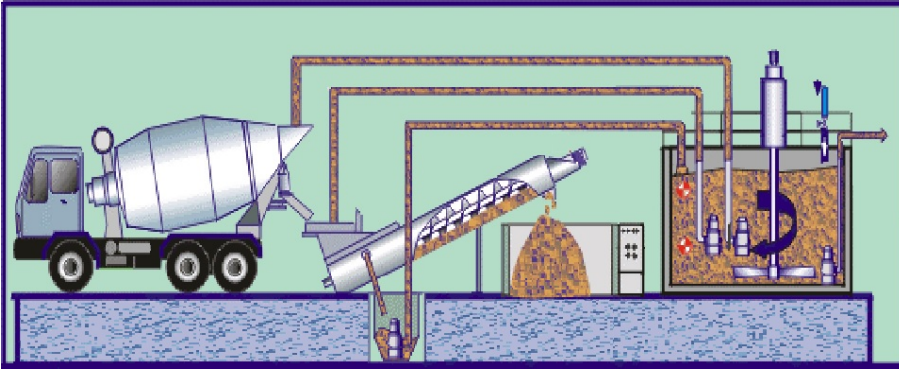
Çökeltme Havuzu, yağmur suyu ve santralde kullanılan suların eğimlerle veya rögarlarla; geri dönüşüm sistemi suyunda oluk yardımıyla gönderildiği atık suyun çökertilerek çimento ve agrega partiküllerinden arındırıldığı alandır. Burada bulunan su arındırıldıktan sonra üretim sürecine dâhil edilmektedir.



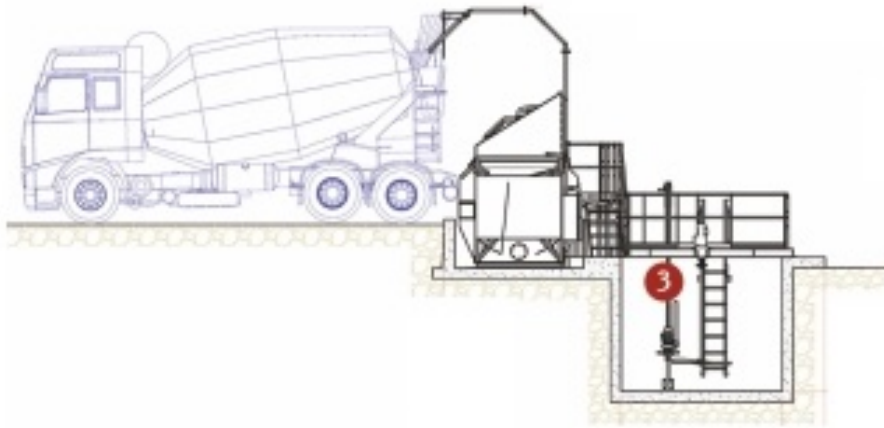
Şekil 2.9. Santral gezisinde çekilen çökeltme havuzu

2.4.2. Geri dönüşüm sistemi çalışma prensibi

Önceden de bahsedildiği gibi, hatalı reçete veya üretim, transmikserlerin çeperlerine yapışan, iade betonların boşaltılarak, tekrar kullanmaya hazır agrega elde eden agrega geri dönüşüm sistemleri farklı boyutlarda, kapasitelerde ve şekillerde olsa da çalışma prensipleri benzerdir. Şekil 2.10'da gösterilen şema eski bir agrega geri dönüşüm sistemini temsil etse de, Şekil 2.11'deki daha yeni bir sistemi temsil eden şema ile çalışma prensipleri oldukça benzerdir. Her iki durumda da amaç yıkama işleminin gerçekleştirilmesi için su takviyesi, yıkama işleminden sonra oluk yardımıyla çimento agrega su karışımını; agrega ve su, çimento, agrega partükülleri şeklinde ayırmaktır.



Şekil 2.10. Agreganın geri dönüşüm sistemi geleneksel şema



Şekil 2.11. Agreganın geri dönüşüm sistemi güncel şema

Tipik bir agrega geri dönüşüm sistemi 5 ana bölümden oluşmaktadır. Bunlar;

- Temiz su alma ünitesi,
- Beton boşaltım oluğu,
- Yıkama kazanı,
- Agreganın çıkış ünitesi,
- Kirli su tahliye ünitesidir.

Geri dönüşüm işlemi santrale teslimatını gerçekleştiriş, bir sonraki dolun işlemi yapmadan önce mikserini yıkamak için yavaşan veya iade beton içeren ve bunu boşaltmak için yavaşan veya yanlış üretim sonucu kepçenin kasasıyla gelen betonun Şekil 2.12’de görülen boşaltım oluşuna boşaltılmasıyla başlamaktadır. Eğer sistem otomatik olarak çalışan sistem ise, yarım metreküp kadar bir ağırlık hissettiğinde otomatik olarak su vermeye ve tamburunu döndürmeye başlayacaktır. Şayet değil ise, start tuşuna basarak tamburun dönmesi ve vibratörlerin çalışması sağlanabilir. Mikser yıkama işlemi için mikser içerisinde yeteri kadar su yok ise veya beton çok katı ise geri dönüşüm sisteminde ilerleyişini hızlandırmak amacıyla temiz su alma ünitesinden su alınabilir. Su alma işlemi içinde otomatik olmayan sistemlerde su al tuşuna basmak gerekmektedir. Bu su, üretimde kullanılan su silosundan CP2 pompası yardımıyla gelmektedir. Agregada geri dönüşüm sistemi içerisindeki betonun dönmesinin önüne geçmek amacıyla içerisi boşken 30 dakika durma, 4 dakika çalışma; içerisinde beton var iken sürekli olarak çalışır ve betonun çıkışı bittikten sonra tekrar içerisinde boş olduğu çalışma prensibine geri döner. Bu değerler otomasyona bağlıdır ve değişiklik yapmak mümkündür. Ancak otomatik olarak çalışmayan sistemlerde, bu prosesi gerçekleştirmek için sistemin başında durması gereken bir kişi görevlendirilmelidir. Aksi halde betonun tambur içerisinde donma olayının önüne geçilmesi zor bir hal alabilmektedir. Aynı proses keçe operatörünün keçe kovanında bulunan betonu geri dönüştürmek istediğinde de geçerlidir. Otomatik sistemde ağırlığın hissedilmesiyle işlem başlayacaktır, otomatik olmayada ise yine su alma ve tamburun dönmesi için gerekli tuşlara basılarak geri dönüşüm süreci başlatılmış olur.

Oluğa malzeme verildikten sonra, Şekilde görülen V11-V12 giriş vibratörleri betonun akışını kolaylaştırmak amacıyla çalışır. Boşaltma oluşunda bulunan fiskiyeler oluşu su vererek malzemenin tambur içine ilerlemesini sağlar. PV pnömomatik vanası belli aralıklarda çalışarak artık malzemenin ayrışabilmesi için tamburun içerisine temiz su alır. Bu su ile tambur giriş haznesi, tambur çıkış eleği ve tambur içindeki agregada yıkanır. Bu sırada agregada, agregada çıkış ünitesine doğru ilerlerken su ise kirli su tahliye ünitesinden çökeltme havuzuna yönelir. Agreganın, agregada çıkış ünitesine ulaştığı anda V21-V22 çıkış vibratörleri çalışarak yıkanan agregayı bir elekte süzerek agregada biriktirme bölgesinde biriktirir. 0,2 den küçük agregada parçacıkları su-çimento karışımıyla beraber yine kirli su tahliye bölümünden çökeltme havuzuna gönderilir.



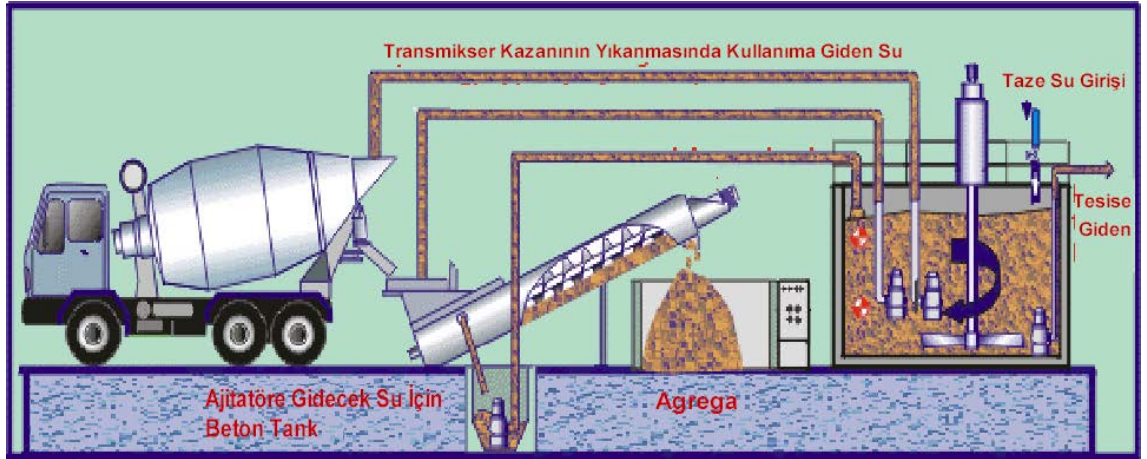
Şekil 2.12. Agreganın geri dönüşüm sistemi boşaltım oluğu ve giriş vibratörleri

Transmikserin Çıkmasından Sonra; V11-V12 giriş vibratörleri durur. Şekil 2.13’de, V21-V 22 çıkış vibratörleri 12 dakika daha çalışır ve sistem normal durma – çalışma prensibine geri döner. Bu işlem sonrasında ıslak bir şekilde olan 0,2 den büyük agregalar depolanmış, çimento, su ve agreganın partüküllerinin bulunduğu karışım çökeltme havuzuna iletilmiş durumdadır. Çökeltme havuzunda karıştırıcılar sayesinde çimentonun su içerisinde donması engellenir. 6 saatte bir kez üst tarafta bulunan temize yakın su pompa vasıtasıyla üretimde tekrar kullanmak için su silosuna gönderilirken; kepçe yardımıyla dipte kalan çimento ve agreganın partükülleri alınarak tekrar agreganın geri dönüşüm sistemine boşaltılır. Bu işlemler sırasında agregadan maksimum miktarda yararlanmaya çalışılırken, kullanılan tüm su da buharlaşan miktar hariç olarak kayıp yaşamaksızın geri dönüştürülmüş olmaktadır. Santral ve çökeltme havuzu arasında 15 – 20 metreden fazla mesafe olan yerlerde pompanın önüne, santrale su basılmasından hemen sonra suyun geri kaçmaması için bir klape konulur. Böylece borunun içerisi dolu bırakılarak santral bir kez daha su istediğinde suyun havuzdan santrale varması için oluşan zaman kaybı önlenmiş olur. Boruda çökelmeyi önlemek amacıyla 20 dakika içerisinde yeni bir su isteği olmaz ise pompanın önüne konulan klape açılır ve boru içerisindeki su havuza geri boşaltılır. Bu nedenle havuzdan santrale giden boru hattı mutlaka %5 eğimle döşenmelidir. Aksi takdirde zaman içerisinde boru içerisinde çökeltme oluşacak ve boru kesiti kısmen ya da tamamen kapanacaktır. Santrale su taşıyan boru hattı Şekil 2.13’de görülmektedir.



Şekil 2.13. Agreganın geri dönüşüm sistemi çıkış vibratörleri ve su hattı

Çalışma prensibini Şekil özetlemiştir. Agreganın çıkış ünitesinde biriktirilen agregalar ıslak halde bulunmaktadır ve üretimde kullanılmadan önce kurutulması gerekmektedir.



Şekil 2.14. Agreganın geri dönüşüm sistemi özet

Geri kazanılan agreganın daha sonra kepçe yardımıyla alınarak kendinden daha küçük daneli agreganın üzerine Şekil 2.15'deki gibi kurumak üzere serilir. Burada amaç döküm sırasında pompada tıkanmaların önüne geçmektir. Geri kazanılan agreganın boyutları 7-15 veya 15-22 arasındadır. Kuruma işleminin birkaç gün sürmesi faydalı olacaktır. Geri dönüşüm agregalarıyla yapılan beton dayanımlarının düştüğü yapılan çalışmalarla görülmüştür. Bu durumun önüne geçmek için maksimum agreganın boyutuna göre az miktarda geri kazanılan agreganın eklenebilir (Bu miktar agreganın granülometrisinin standartta verilen toleranslar içinde bırakacak miktarda olmalı ve iyice harman yapılmalıdır). Genel

olarak %1 oranında katılmaktadır.). Bu nedenle kuruma işleminden sonra stok olanına götürülen geri kazanılmış agregalar yine kepçe yardımıyla stoktaki agregalarla Şekil 2.16' daki gibi harmanlanmalıdır.



Şekil 2.15. Geri kazanılan agreganın kurutulmak üzere serilmesi



Şekil 2.16. Geri kazanılan agreganın stoktaki agregalarla harmanlanması

2.4.3. Geri kazanılmış agrega hakkında genel bilgiler

Geri dönüşüm, farklı işlemlere maruz kalmış çeşitli alanlarda kullanılmış malzemelerin atıklarının kullanılarak yeni bir malzemeye dönüştürülmesi işlemine

genel olarak “geri dönüşüm”, geri dönüşüm işlemleri ile yeniden enerji kazanımı sağlama işlemlerine ise “geri kazanım” denir. Bir başka ifade ile geri dönüşüm, kullanım dışı kalan atık malzemelerin kimyasal ve fiziksel yöntemlerle hammadde olarak imalat sürecine tekrar dâhil edilmesidir (Erdoğan 2003).

Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde geri dönüşüm üzerinde geniş çaplı çalışmalar ve araştırmalar yapılmaya başlanmıştır. Dünya geneline paralel olarak ülkemizde de nüfus artışına bağlı olarak tüketim artmaktadır. Tüketimin artması atık madde miktarının artmasına dolayısıyla geri kazanılmış malzemeleri üretimde tekrar kullanmayı çevrenin korunması ve ekonomik yönden zorunlu hale getirmektedir. Bu ekonomik zorunluluk birçok ülkeyi geri dönüşüm sürecini yasalaştırmaya götürmektedir. Gelişmiş ülkeler bazında bu konuda bir yarış süreci dahi başlamıştır. Geri dönüşümü bu derece önemli hale getiren birçok neden olmakla birlikte en önemli nedeni dünyada hammadde rezervlerinin zamanla azalmasıdır. Hammadde temini konusunda karşılaşılan bu sıkıntıya en etkili çözüm atık maddelerin geri dönüşüm ile yeniden hammadde olarak imalata katılmasıdır. Bir başka neden ise geri dönüşüm işlemi ile doğal kaynakların korunmasına katkı sağlanmasıdır. Doğal kaynaklarımız, dünya nüfusunun artması ve tüketim alışkanlıklarının değişmesi nedeni ile her geçen gün hızla azalmaktadır. Bu nedenle üretimde kullanılan ham malzeme miktarını azaltmak, değerlendirilebilir nitelikli atıkları geri dönüştürmek sureti ile doğal kaynakların verimli kullanılması zorunluluğu doğmuştur. Geri dönüşümün bir diğer faydası da ekonomik getirisidir.

Hammaddenin azalması ve doğal kaynakların hızla tükenmesi sonucunda ekonomik problemler ortaya çıkabilecek ve işte bu noktada geri dönüşüm ekonomi üzerinde olumlu etki yapacaktır. Yeni iş imkânları sağlayacak ve gelecek kuşaklara doğal kaynaklardan yararlanma olanağı sunacaktır. Ayrıca geri dönüşümün yasal olarak zorunlu hale gelmesi ile birlikte geri dönüşüm sahasında yeni bir sanayi sektörü oluşmaya başlamıştır. Bu da ekonomik gelişim ve istihdam açısından olumlu olmaktadır. Hammadde üretimi geri dönüşüm ile birlikte daha kolay sağlanmaktadır. Yani atık maddenin imalata hazır hale gelmesi doğadan elde edinime göre daha az işlem gerektirmektedir. Bu ise enerji tasarrufu sağlamaktadır. Örneğin; metal içecek kutularının geri dönüşümü işleminde, metaller doğrudan eritilerek yeni ürün haline dönüştürüldüğünde metallerin üretimi için kullanılan maden cevheri ve bu cevherin saflaştırılma işlemlerine gerek olmadan üretim gerçekleştirilebilmektedir. Atık maddelerin imhası da bir diğer problemidir. Atık maddeler ya yakılarak imha edilmektedir ya da belli bir bölgeye depolanmaktadır. Yakma işlemi ile imha çevre kirliliğine sebep olmakla doğal dengeye zarar vermektedir. Depolama işlemi ise çevre kirliliğine sebep olmaktadır. Ayrıca, depolama için belli bir bölge ayrılmalıdır ki ekonomik bir çözüm olarak görünmemektedir. Bu açıdan geri dönüşüm bu sorunlara karşı da çözüm niteliği taşımaktadır. Doğal maddeler atık haline geldikten sonra doğaya tam zıt bir etken içerisine girmektedir ve doğadan yok olma süreci oldukça uzun sürmektedir. Bu maddelerin işlenerek yeniden kazandırılması bu durumun önüne geçmektedir (Öztürk 2005).

Ülkemizde; kalkınma, sanayileşme ve şehirleşme yönündeki çalışmalara bağlı olarak yoğun bir inşaat faaliyeti yürütülmekte olup, konut, bina, köprü, yol ve benzeri

alt ve üst yapıların yapımının yanı sıra, mevcut alt ve üst yapıların tamirata, tadilatı, yenilenmesi ve yıkımı sırasında da çok büyük miktarda hafriyat toprağı ile inşaat ve yıkıntı atıkları oluşmaktadır. Ayrıca, başta deprem olmak üzere doğal afetler sonucunda yapıların yıkılması veya hasar görmesi sonucunu oldukça yüksek miktarda atık meydana gelmektedir. Bu atıkların gelişigüzel ortama verilmesi ise çevre kirliliğine neden olmakta, dolayısıyla söz konusu atıkların belirli bir sistem içinde yönetim esaslarının belirlenmesi zorunluluğı ortaya çıkmaktadır. Bu çerçevede Çevre ve Orman Bakanlığı tarafından inşaat faaliyetleri ile doğal afetler sonucunda meydana gelen hafriyat toprağı ile inşaat ve yıkıntı atıklarının üretildikleri yerlerde ayrı toplanması, geçici biriktirilmesi, taşınması, geri kazanılması ve bertaraf edilmesine ilişkin esasları belirleyen “Hafriyat Toprağı, İnşaat ve Yıkıntı Atıklarının Kontrolü Yönetmeliğı” hazırlanmış ve 2004 tarihinde yürürlüğe girmiştir (Öztürk 2005). Doğal kaynakların korunması, sürdürülebilir üretim, depolanacak atık miktarının azaltılması ve ekonomik değer yaratılması amacıyla inşaat ve yıkıntı atıklarının geri kazanılması gerekmektedir. Yüksek kaliteli geri kazanım ürünleri elde edilmesi ve maliyetlerin azaltılması amacıyla atıkların oluştukları yerlerde ayrılması gerekmektedir. Geri kazanılamayan inşaat ve yıkıntı atıkları gerekli ayrıştırma ve boyut küçültme yapıldıktan sonra Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliğı’nde belirtilen esaslara göre katı atık depolama alanında günlük örtü malzemesi olarak kullanılabilir. Ayrıca Hafriyat Toprağı, İnşaat ve Yıkıntı Atıklarının Kontrolü Yönetmeliğinde Madde 29-32’de geri kazanım tesisleri hakkında bilgiler verilmiştir. Bu kapsamda; bu tesislerin inşaat ve yıkıntı atıklarının özelliklerine, miktarına ve hacmine bağılı olarak sabit veya geçici olarak planlanacağı; taşkın riskinin yüksek olduğu yerlerde, yağmur sularının akışını engelleyecek vadilerde veya dere yataklarında, heyelan, çığ ve erozyon bölgelerinde geri kazanım tesislerinin kurulmasına ve işletilmesine müsaade edilemeyeceğı, geri kazanım tesislerinin, yüzeysel su kaynaklarından en az 300 metre uzaklıkta kurulması gerektiğı ve sabit tesislerin en yakın yerleşim birimine uzaklığının 200 metreden az olmaması gerektiğı belirtilmiştir. Tesisin etrafı tel çit ile çevrilmelidir. Geri kazanım tesislerinin bulunacağı sahanın zemini, su birikmeyecek ve yer altı suyu kirlenmeyecek şekilde betondan yapılmalı ve tesisin çalışması sırasında gürültü ve toz emisyonları ile ilgili sınır değerler sağlanmalıdır. Geri kazanım tesislerinde inşaat ve yıkıntı atıklarının kabul edileceğı birim, işletme binası, kantar ve kontrol ünitesi ile yeterli sayıda ve kapasitede ayırıcı, kırıcı, elek, taşıma sistemleri ile geçici depolama alanı bulunması zorunluluğunun olduğu da ifade edilmektedir.

Geri dönüşüm sistemi basamakları 5 adımdan oluşmaktadır. Bunlar;

1. Değerlendirilebilir nitelikli atıkların çöple karışmadan oluştukları kaynakta ayrılarak biriktirilmesi,
2. Değerlendirilebilir atıkların çöple karışmadan temiz bir şekilde ayrı toplanmasının sağlanması,
3. Kaynağında ayrı toplanan malzemelerin cam, metal, plastik, kâğıt, vb. bazında sınıflara ayrılmasının sağlanması,
4. Malzemenin kimyasal ve fiziksel bazı işlemlerden geçtikten sonra değişime uğrayarak yeni bir malzeme olarak ekonomiye geri döndüren değerlendirme süreci,

5. Geri dönüştürülen ürünün yeniden kullanıma sunulması ile yeni ürünün ekonomiye kazandırılmasıdır (Öztürk 2005).

Günümüzde artan nüfus ve hızlı kentleşme sonucunda inşaat sektörü büyük şehirlerde hızla gelişmektedir. Bir taraftan beton üretimi için doğal agrega kaynaklarında sıkıntı varken, diğer taraftan hizmet ömrünü tamamlamış ve eskimiş yapılarda meydana gelen beton atıkların büyük miktarlarda olması çevresel, ekolojik ve ekonomik olarak birçok problem doğurmaktadır. Dolayısıyla, inşaat sektöründe en yaygın kullanılan yapı malzemelerinden betonun büyük bir kısmını oluşturan agregaların geri dönüşümü çok önemli bir konu haline gelmektedir. Geleneksel beton üretiminde ağırlıkça yaklaşık %12 çimento, %8 karışım suyu ve %75 agrega kullanılmaktadır. Bunun anlamı beton endüstrisinde dünya genelinde toplam yıllık 1,6 milyar ton çimento kullanıldığı bilindiğine göre yaklaşık 10 milyar ton agrega (kum ve çakıl) ve 1 milyar ton karışım suyu kullanıldığı tahmin edilmektedir. Beton endüstrisi ortalama 12,6 milyar ton malzeme kullanmaktadır. Bu miktar dünya kaynakları bakımından ve diğer maddelerin kullanılma miktarına göre çok büyük bir rakamdır. Dünya genelinde yıllık ihtiyaç olan 10 milyar ton agreganın %30'unun madenlerden çıkarılıp işlemlerden geçirilmesi ve nakliyesi için kullanılan enerji miktarının yüksek olması ekonomik açıdan önemini göstermektedir. Bununla birlikte, büyük miktarda hammadde kullanımı dünyanın ekolojik sistemini de önemli derecede etkilemektedir. Beton endüstrisinin son 50 yılda gelişmesi ile dünya genelinde oluşan yapım yıkım atık miktarı da artarak yıllık 1 milyar ton gibi büyük bir rakama ulaşmıştır (Mehta 2002). Dünya genelinde beton endüstrisinde kullanılan agrega miktarının bu denli fazla olması ve beton endüstrisi ile oluşan yapım ve yıkım atıklarının da son yıllarda artması nedeniyle birçok ülke beton agregaları standardında geri kazanılmış agrega ifadesine yer vermekte ve yapılan araştırmalar doğrultusunda beton üretiminde kullanımını arttırmaya çalışmaktadır.

Geride kazanılmış agrega doğal agregadan oldukça farklı olan birçok özelliğe sahiptir. Bu agrega, kırma operasyonundan sonra iri ve köşeli şekilde, kırıcının ayarlarına bağlı olarak değişen tane boyut dağılımı ve düşük yoğunlukta olmaktadır (Çelik 2007). Fakat en önemli özelliği ise orijinal doğal agreganın yüzeyine çimento hamuru yapışması ile oluşan betonun kırılmasıyla meydana gelmiş olmasıdır. Bu çimento hamuru miktarı, geri kazanılmış agreganın su emme, özgül ağırlık, aşınma direnci, aderans gibi fiziksel ve mekanik özelliklerini etkilemektedir. Geride kazanılmış agrega; (i) prekast elemanlardan ve test numunelerinden, (ii) beton yapıların enkazından elde edilmektedir. İlk durumdan elde edilen agregalar sadece çimento pastasının yapışmasıyla temiz kalmaktadır. İkinci durumdan elde edilen agregalar ise tuğla, kiremit, kum, plastik, cam, ağaç, kâğıt ve metal gibi malzemelerle kirlenmektedir. Bu kirli agreganın, eleme ve diğer atıklardan ayrıştırılarak doğal iri agrega yerine betonda kullanılabilmesi düşünülmektedir. Doğal agregadaki gibi geri kazanılmış agreganın kalitesini tayin etmek için kullanmadan önce tane dağılımı, özgül ağırlık, su emme, aşınma, vb. deneylerin yapılmasına ihtiyaç vardır (Rao 2007).

2.5. Türkiye’de agrega geri dönüşüm sistemi kullanılma oranı

Çalışma kapsamında, Türkiye genelinde agrega geri dönüşüm sistemleri kullanılma kullanılmama oranlarına ait bir istatistiki veri oluşturmak amacıyla ve çıkacak veriler sonucunda geri dönüşümün ülke açısından önemini vurgulamak amacıyla Türkiye Hazır Beton Birliği (THBB) ile iletişime geçildi. Birliğin bünyesinde bulunan hazır beton üretim tesislerinin agrega geri dönüşüm sistemine ait veri depolaması bulunmamaktaydı. Literatürde de bu konu üzerine yapılan bir çalışma rastlanmadığından dolayı, istatistiki veri oluşturmak amacıyla, THBB bünyesinde bulunan 88 adet firma toplamda 450 adet hazır beton üretim tesisi ile iletişime geçildi (THBB, 2014). THBB üyesi 88 adet hazır beton üretim firmasının her biriyle, şayet tesis yakın ise bizzat mülakat ile değil ise telefon, mail veya web siteleri kontrol edilerek; firmaların bünyelerinde agrega geri dönüşüm sisteminin bulunup bulunmadığı, şayet bulunuyor ise aktif olarak kullanılıp kullanılmadığı sorularak excel çizelgesine işaretleştir.

Araştırma sonucunda, 450 adet THBB üyesi santalden 328 sı hakkında bilgi sahibi olunmuş ancak daha sonra tekrar iletişime geçilmeye çalışılsa da 122 tesis hakkında bilgi alınamamıştır. Eksik olan 122 tesis istatistiki hesap içerisine katılmamış, 328 tesis üzerinde hesaplama yapılmıştır. Her ne kadar tüm iletişim yollarında bu bilgilerin akademik çalışma için alındığı üzerine basa basa söylenmiş olsa bile, firmaların kendilerini savunmak amaçlı, var olmadığı halde var olduğunu söylemesi veya olması durumunda kullanmadıkları halde kullandıklarını söylemesi göz ardı edilirse; excel’ den çıktı olarak Çizelge 2.3 çıkmaktadır.

Çizelge 2.3. THBB’ne bağlı 328 adet tesisin agrega geri dönüşüm sistemi bulundurma yüzdeleri

	MEVCUT, KULLANILIYOR	MEVCUT, KULLANILMIYOR	MEVCUT DEĞİL	TOPLAM
AGREGA GERİ DÖNÜŞÜM BİLGİ	64	67	197	328
YÜZDE (%)	19,51%	20,43%	60,06%	100,00%

Çizelge 2.3 incelendiğinde, 2009 yılından bu yana hazır beton üretimiyle Avrupa’da birinci sırada, dünyada ise 2013 yılında Çin ve ABD’nin ardından üçüncü sırada yer alan ülkemizde (THBB 2013-2014 Yılı Hazır Beton sektörü İstatistikleri) geri dönüşüm konusunda da aynı başarıyı göstermesi beklenmektedir. Ancak çıktılar incelendiğinde agreganın tekrar kullanımı konusunda işletmelerin hassasiyet göstermediği gözlenmektedir. THBB’ye bağlı olmayan ve ülke içerisinde hazır beton üretimi yapan firmalarda bulunmaktadır. Birliğin üyesinde bulunan firmalar, KGS-Kalite Güvence Sistemi adı verilen, beton ve ilgili ürünlerde müşteri memnuniyetini esas alan, güvenilirlik, tarafsızlık, gizlilik, bağımsızlık ve profesyonel çalışma ilkeleri çerçevesinde çalışan bir muayene ve belgelendirme içeren sisteme tabiidir. Diğer bir ifadeyle, 450 adet olan THBB üyesi tesis üye olmayan 590 adet tesise (THBB Hazır Beton İstatistikleri, 2014) nazaran çevre, kalite, denetim gibi ilkelere daha önem vermektedir. Bu durumda üye olmayan işletmelerde agrega geri dönüşüm tesisi bulunmama durumunu açıklamaktadır. Üye olmayan 590 tesiste göz önünde bulundurulduğunda, geri dönüşüme hak ettiği değerin verilmediği aşikârdır.

Çalışma kapsamında, çıkan istatistiki sonuç neticesinde, hazır beton üretim tesislerinin agrega geri dönüşüm sistemi bulundurmamalarındaki nedenleri araştırmak adına, farklı bölgelerdeki santrallere geziler düzenlenmesi ve ayrıca yaşam döngü maliyeti ve başabaş noktası hesaplamak için gerçek veriler almak adına aktif olarak geri dönüşüm sistemi kullanan tesislerin gezilmesi gerekli görülmüştür. Yine bu hesaplamalarda kurulum maliyeti hakkında bilgi edinmek adına, agrega geri dönüşüm sistemleri üreten fabrika veya fabrikaların gezilmesi de gerekli görülmüştür.

Çalışmanın sonuç kısmında kullanılacak verilerin temini açısından büyük önem arz eden santral ve fabrika gezileri, önceden firmalarla yapılan girişimler sonucunda farklı bölgelerden, farklı beton üretim kapasitesine sahip santrallerden oluşturulmuştur. Farklı zamanda gerçekleştirilen toplamda 13 hazır beton tesisi incelemesi sonrasında, sadece İzmir ili Bornova ilçesinde bulunan, kurumsal bir şirket yapılanmasına ait santralde agrega geri dönüşüm sistemi aktif olarak kullanılmaktaydı. Diğer santrallerde agrega geri dönüşüm sistemi hakkında özet bilgi Çizelge 2.4’de gösterilmiştir.

Çizelge 2.4. Santral gezileri kapsamında agrega geri dönüşüm sistemleri bulundurup bulundurmama durum özeti

Tesis	Santral	Agrega Geri Dönüşüm Durum
1	Denizli	Var, Kullanılmıyor
2	İzmir- Bornova	Var, Kullanılıyor
3	Mersin- Silifke	Var, Kullanılmıyor
4	Mersin- Bölge Müdürlüğü	Var, Kullanılmıyor
5	Mersin-Yeni Sanayi	Yok
6	Adana- Yeni Sanayi	Yok
7	Adana- Zeytinli	Var, Kullanılmıyor
8	Adana- Bölge Müdürlüğü	Var, Kullanılmıyor
9	Mersin- Tarsus	Var, Kullanılmıyor
10	Isparta- Gönen	Yok
11	Isparta	Yok
12	Antalya- Çakırlar	Yok
13	Antalya- Manavgat	Yok

Gezilen santaller sonrasında, istatistiki oluşturulan verileri doğrular nitelikte sonuçlar ortaya çıktı. Farklı iller, farklı firmaların santrallerinin incelenmesi sonrasında, 13 santralden yalnızca bir tanesi aktif olarak hazır beton üretim tesisi kullanılmaktaydı. Diğer 12 santralden, yarısı agrega geri dönüşüm sistemi bulundurmakta, yarısı ise bulundurmamaktaydı. Üretim Tesislerinde zorunlu kılınan çökeltme havuzları mevcutken, yönetmelikçe bir zorunluluk bulunmayan agrega geri dönüşüm sistemlerinin kullanımı oldukça kısır olduğu gözlemlenmiştir. Yapılan telefon görüşmeleri, yüzyüze mülakat ve geziler sonucunda agrega geri dönüşüm sistemleri, diğer bölgelere nazaran Ege ve Marmara bölgesinde daha yoğun bulundurulmakta ve kullanılmaktadır. Bu durumun nedeni olarak, kentleşmenin beraberinde depolama alanları yok veya yok

denecek kadar düşük kapasitelere ulaşması, iade betonların üzerine ilave yapılarak tekrar gönderilmesi istenilmeyen ve sağlıklı bir durum olduğundan dolayı, iade betonun geri dönüşümü veya bertarafının gerekmesi ve ayrıca stok sahası veya belediyelerce belirlenen yerler dışında atık beton dökümlerinde ciddi cezalandırmaların olması sayılabilir.

Yapılan inceleme gezilerinde ayrıca, agrega geri dönüşüm sistemi bulundurup kullanmayan santral yetkililerine bu durumun nedeni soruldu. Bu nedenlerden yaygın olarak sunulanları;

- Sistemin start-stop ile çalışması, sürecin start tuşu ile başlatılıp, bitimine kadar beklenildikten sonra stop tuşuna basılmasının gerekliliği.
- Agreganın geri dönüşüm sisteminin çalışma prensibinden dolayı, sistemin çalışması için eleman istihdam edilmesinin gerekliliği.
- İşletme prensipleri gereği iade beton kabul etmemeleri.
- Yoğun sipariş döneminde transmikserlerin yıkanmadan direkt dolum yaparak siparişe çıkması.
- Agreganın geri dönüşüm sisteminin ilk denendiği gün, gün sonu betonlarını geri dönüşüm sistemine boşaltma sırasında şöförlerin gerekli hassasiyeti göstermeden bir kısmını sisteme, işten daha erken çıkmak amacıyla geri kalanını şantiye atık sahasına dökerek süreci tamamlamamaları.
- Çalışanlarda geri dönüşümün önemi konusunda bilincin bulunmadığı düşüncesi, olarak belirtilmiştir.

Bu gerekçeler incelendiğinde, daha önceki bölümlerde bahsedilen otomatik çalışma prensibine sahip agrega geri dönüşüm sistemi kullanılması halinde istihdam maliyetinden ve sürecin manuel olarak başlatma durdurması gibi durumların önüne geçilecektir. Diğer gerekçeler ise, verilecek olan eğitimlerle aşılanacak gerekçelerdir. Bu çalışma kapsamında amaçlanan bir durumda, geri dönüşüm sistemlerine karşı ön yargının gerçektir ve güncel veriler vasıtasıyla aşılanmasıdır.

Yine santral inceleme gezileri kapsamında, agrega geri dönüşüm sistemini aktif olarak kullanan işletmelerin kullanım faydaları ve zararları yetkililerle görüşülerek not alınmıştır. Bunlardan faydalar;

- Santral otomatik olarak çalıştığı için sistemi idare edecek bir kişiye ihtiyaç bulunmamakta. Transmikser şöförü normal yıkama işlemini gerçekleştirir gibi sistemin boşaltım oluğuna yıkama yapması yeterli.
- Akçansa, Çimsa gibi iade kabul etmeyen bir sisteme sahip olmasına rağmen, gün sonu betonlarını buraya boşaltmakta ve mikser yıkama işlemini burada gerçekleştirmektedir.
- Santral otoyol yakınında, alışveriş merkezi ve fabrikaların bulunduğu, boş alan bulunmayan bir konumda olduğundan dolayı ve santral sahasının kısıtlı olmasından dolayı depolayacak alanı bulunmamakta.
- Ege ve Marmara bölgesinde, belediyenin belirlediği depolama alanları ve santral depolama alanları hariç bir yere beton dökümü yapıldığında, para cezası ve sonrasında aracın trafikten men işlemleri uygulanmakta. Agreganın geri dönüşüm sistemi

bu konuda da çözüm olmakta. Ayrıca yol veya kenarına kontrolsüz dökülen betonlar kazalara da yol açabilecek potansiyelindedir.

- Aylık yaklaşık olarak 10000-12000 m³ beton üretimi olan santralin yine aylık olarak agrega geri dönüşüm sistemini kullanarak 300 ton agregayı geri kazandırarak üretime dâhil etmektedir.
- Sistemin kullanılması, hem çevrenin ve hammaddenin korunması hem de satın alınan ve kullanılan agreganın tekrar üretime katılarak bir kez daha kullanılmasıyla maddi açıdan işletmeye kar sağlamaktadır.

Şeklinde sıralanırken, zararlar;

- Sistem otomatik olmasına rağmen boşaltım işlemi sırasında akışın hızlanması ve donmaması için bol su vermek gerekir. Şayet mikser içerisinde bol miktarda su yoksa dışardan(silodan pompa yardımıyla) su takviyesi yapmak gerekebilmektedir. Özellikle sıcak havada bu gereksinim daha da artmaktadır. Sistemin otomatik olduğundan dolayı işletmek adına eleman çalıştırılmadığından, bu görev transmikser şoförüne düşmektedir. (Bu durumda yine Denizli ilinde şikayet edildiği gibi, şoförler işlemi yarıda kesebilmektedir.)
- Yedek parça temini çok hızlı olmadığından dolayı, olağan bakımlar haricinde oluşacak aksaklıklar geri dönüşüm sistemini aksatabilmektedir.

Bulunan çalışmalardan bu çalışmayı ayıran en temel özelliklerden biri, çalışmada kullanılan tüm veriler, yerinde gözlemler ve ölçümlerle ayrıca bizzat kaynağından alınan bilgilerden elde edilmiştir. Böylece gerçekçi veri ve bilgiye ulaşılmanın yanı sıra, akademik çalışmayla sektörün harmanlanması sağlanmıştır.

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Amaç

Lokomotif sektör olarak kabul edilen inşaat sektöründe, diğer sektörlerde olduğu gibi, çıktı oluşturmak amacıyla girdiler kullanılırken atık oluşumu engellenememektedir. Beton atıkları, inşaat sektöründeki malzeme atıkları arasındaki en önemli kalemlerden birisidir. Öyle ki, toplam inşaat atıklarının ağırlıkça yaklaşık %50-55'ini beton malzemesi oluşturmaktadır (Mulheron 1988, Hendriks ve Pietersen 2000). Beton üretiminin yoğun olduğu ülkemizde, atığın oluşumunun önüne geçilemediği ve inşaat sektöründe en fazla atık kaleminin betondan oluştuğu göz önünde bulundurulduğunda, geri dönüşüm sistemleri önem arz etmektedir. Ancak daha önceki bölümlerde ortaya konulan %19,51 lik aktif olarak agrega geri dönüşüm sistemi kullanım oranı bu önemin gereken değeri görmediği gözlenmektedir. Şöyle ki, Dünyada hazır beton üretim sektörü öncülerinden olan ülkemizin, geri dönüşüm konusunda da aynı başarıyı göstermesi beklenmektedir.

Çalışma kapsamında, üretimin ve dolayısıyla atığın fazla olmasıyla beraber hem kendini yenileme kabiliyetinin kısıtlı veya hiç olmadığı hammaddenin korunması hemde rastgele iade beton dökümlerinin önüne geçerek, çevrenin zarar görmesini engellenmesini sağlayan agrega geri dönüşüm sistemlerinin karlılık hesapları yapılacaktır. Literatür araştırıldığında, bu çalışmaya benzer çok fazla çalışmaya rastlanmamıştır. Bu nedenle tüm hesaplamalarda kullanılacak veriler güncel, güncel olmasıyla beraber gerçeği yansıtacak veriler olacaktır. Hesaplamalarda kullanılacak olan verilerin bir kısmı Tübitak desteğiyle gerçekleştirilen projenin saha ölçümlerinden elde edilmiştir. Bu verilerin doğruluğunun ışığında da, hazır beton üretim sektörüne agrega geri dönüşüm sistemleri kurulumuna teşvik niteliğinde olacaktır. Agrega geri dönüşüm sistemlerini aktif olarak kullanan çok az işletmenin olmasının nedenleri arasında, daha önceden böyle bir çalışmanın varlığının olmaması sayılabilir.

3.2. Gerekli Verilerin Elde Edilmesi

Daha önceden de belirtildiği üzere, çalışma kapsamında yapılacak hesaplamalar ve analizlerde, santrallerin gerçekleştirmiş oldukları aylık-yıllık agrega geri dönüşüm verileri kullanılarak yapılacaktır. Bu verilere ulaşmak amacıyla santral gezileri düzenlenmiştir. Santral gezilerinin güzergâhı ve incelenecek santraller, çalışma kapsamında iletişime geçilen THBB üyeleri arasından seçildi. Yapılan geziler sonrasında, santrallerin agrega geri dönüşüm sistemleri bulundurma sayısının oldukça az olduğu, olan santrallerinde aktif olarak kullanmadığı gözlenmiştir. Geziler kapsamında incelenen 9 hazır beton üretim tesisinden yalnızca bir tanesinin aktif olarak kullanıyor olması, daha önceden iletişime geçilen bu santrallerden alınan bilgilerin çelişmesi anlamına gelmekteydi. Alınan bilgilere göre 2 tesisin agrega geri dönüşüm sistemini aktif olarak kullanıyor olması beklenmekteydi. Bu durum ışığında, THBB üyesi santrallerle tekrar iletişime geçilerek bilgiler teyit edildi. Yapılan değişikliklerle son güncel Çizelge hazırlandı. Bu durumla beraber, iletişime geçilen ve THBB üyesi olan 328 hazır beton üretim tesisinden yalnızca 64 tanesi aktif olarak agrega geri dönüşüm tesisi bilgisine ulaşılmıştır.

Hesaplamalarda kullanılan diğer bilgiler olan agrega geri dönüşüm tesisi maliyeti, bakım maliyeti, sigorta maliyeti gibi bilgiler yine bizzat tesisi aktif olarak kullanan santrallerden ve tesis üretimi yapan fabrikadan alınmıştır. Böylece hem bilgilerin doğruluğu hem de güncelliği sağlanmış olmaktadır.

3.3. Verilerin Değerlendirilmesi

Araştırma projesi kapsamında, Antalya, Isparta ve Zonguldak illerinde ölçüm yapılan santrallerin yıllık üretim kapasiteleri verileri, Yaşam Döngü Teorisi ve Başa Baş Noktası Analizi hesaplarına tabii tutularak, yatırılan yatırımın işletme açısından karlı bir durum olup olmadığı, yapılan yatırımın ne kadar bir süre içerisinde kendini amorti edeceği gibi önemli sorulara cevap bulunmuştur. İlerleyen bölümde, Yaşam Döngü Maliyeti ve Başa Baş Noktası hakkında açıklamalara yer verilmiştir. Bu tahkiklerin önemi ve alternatifleri hakkında bilgilere de yer verilmiştir.

Hesapların uygulaması ise, Bulgular kısmında yapılmış olup, yorumu Tartışma bölümüne saklanmıştır.

3.3.1. Yaşam döngü maliyeti

Yaşam Döngü Teorisi (kuramı); gelişen bir varlığın, değişim yöntemlerini (süreçlerini) düzenleyen ve onu başlangıç için verilen noktadan, önceden belirlenmiş bir sonraki noktaya hareket ettiren gizli bir yapı (form), mantık, program ya da şifre (kod) içinde bulunmakta olduğunu, iddia etmektedir. Bu kavramın kaynağı biyolojiktir. Kavram, dış çevre olaylarından (koşullarından) etkilenen, fakat gelişimi; daima büyümesinin veya gelişiminin nasıl olacağını açıklayan kurallarla sağlanan, yaşayan bir organizmanın gelişimini ifade eder (Van de Ven ve Poole 1995).

Genel olarak bir sistemin/ürünün ortaya çıkarılması ve ömür devri aşamaları aşağıdaki şekilde tanımlanabilir:

- İhtiyacın Tanımlanması
- Kavramsal Tasarım (Planlama ve Kavram Geliştirme)
- Başlangıç Sistem Tasarımı
- Detaylı Sistem/Ürün Tasarımı
- Üretim ve İnşa Etme
- İşletim ve Destek
- Kullanımdan Çıkarma (Fabrycky ve Blanchard 1991).

Sistem/ürün yaşam döngüsü; tasarım ve geliştirme, üretim/alım ve yatarlanmaya başlanılmasından, hizmet dışı bırakılmasına kadar olan süreç, yaşam döngüsü olarak tanımlanabilir (Fabrycky ve Blanchard 1991).

Varlığın tüm ömrü boyunca toplam maliyeti ile ilgili her türlü maliyeti içeren finansal bir terim olan yaşam döngü maliyeti, donanım seçiminde ve tesislerin planlanmasında belirleyici bir rol oynamaktadır (Levitt 1952). YDM, bir ana sistemin

beklenen faydalı ömür süresi içerisindeki tasarım, geliştirme, üretim/alım, işletim, bakım ve destek süreçlerindeki direkt, dolaylı, tekrarlayan, tekrarlamayan ve ilişkili olan veya olduğu tahmin edilen diğer maliyetlerin bütün toplamalarını dikkate almaktadır (Stewart 1991). Bir varlığın, bir sistemin, bir sürecin, yaşam döngüsü boyunca toplam maliyetini belirleme süreci YDM'yi oluşturmaktadır (Fabrycky ve Blanchard 1991). YDM, sistemin kavram aşamasından, tasarım, yapım, üretim, işletim ve faydalı ömrü sonunda elden çıkarılmasına kadar olan süreçteki tüm nakit akışlarının toplamı olarak da tanımlanabilmektedir (Ostwald 1992). YDM, araştırma-geliştirme, yatırım, işletim ve bakım-onarım ve sistemin hizmet dışına çıkarılması için gereken bütün maliyetleri içermektedir (Altaylı 1995). Fuller ve Petersen (1996) tarafından geliştirilen YDM yaklaşımı, bir projede verilen çalışma süresi boyunca, bütün farklı maliyetleriyle ele alarak yapılandırılmış bir yaklaşım benimseyerek, paranın zaman değerini göstererek ayarlanabilir tüm potansiyel maliyetleriyle ekonomik bir yöntem olarak tanımlanmıştır. Sistemin fikir aşamasından, kullanılarak elden çıkma yani ömrünü yitirme aşamasına kadar geçen sürede ortaya çıkan tüm sabit ve değişken maliyetler YDM kapsamındadır (Başaran 1998). ABD Savunma Bakanlığı'nın YDM üzerine çalışmalarının yansıdığı ilk alanlar; sağlık, eğitim ve sosyal hizmetler sunan birimler olmuştur. Yaşam döngü maliyet analizi el kitabında YDM için, "birbirini dışlayan proje alternatiflerinin belli bir zaman dönemi boyunca ekonomik sonuçlarını değerlendirmek için kullanılan bir tekniktir" tanımı yapılmıştır (State of Alaska 1999). 1972 yılında, Genel Muhasebe Ofisinin (General Accounting Office) bir çalışmada, bir hastanenin 3-4 yıllık işletme maliyetinin, genellikle bina inşaat maliyetini geçmekte olduğunun tespiti, ilgili birimlerin YDM konusundaki çalışmalara girmesinde itici bir rol oynamıştır (Şimşek 1999). 1992'de, YDM İngiliz Standardı BS 3843 adı altında İngiltere'de tanınan bir standart haline gelmiştir. Norveç standartlarında YDM, edinim ile ilgili orijinal maliyetlerde dâhil olmak üzere ar-ge, tasarım, üretim, bakım ve yıkım dâhil olmak üzere bir ürün veya fonksiyonel birimin tüm fonksiyonel ömrü boyunca katlanılan maliyetleri olarak tanımlanmıştır (NS 2000). Herhangi bir gereç için YDM, tüm ömrü boyunca oluşan toplam maliyeti; satın alma, montaj, işletim, bakım ve imha gibi tüm aşamaları ile bir arada tanımlanmaktadır (Frenning vd 2001). Swaffield ve Mcdonald (2001)'a göre YDM, bir varlığın hayatı boyunca başlangıç sermayesi maliyeti, bakım onarım maliyeti, işletme maliyeti ve yok etme maliyeti ve faydasından oluşan toplam maliyetlerinin değerlendirilmesini içeren bir ekonomik değerlendirme tekniğidir. YDM, sisteme ömür süresi boyunca sahip olmanın maliyeti olarak da tanımlanabilmektedir (Yöner 2001). 1977 yılında, İngiltere Bakanlığı YDM'yi, "bir varlığın mülkiyeti sırasında ortaya çıkan tüm önemli tüm net harcamaları dikkate alarak mühendislik, muhasebe, matematik ve istatistik ile birlikte bir takım teknikler getiren kavram" olarak tanımlamıştır (Boussabaine ve Kirkham 2004). Kannan vd (2004) mühendislik açısından YDM'nin, bir projenin maliyet etkinliğinin değerlendirilmesi için oluşturulmuş bir araç olduğunu belirtmiştir. Langdon (2006)'a göre YDM, ilk sermaye maliyeti ve gelecekteki işletme ve varlık yenileme maliyeti açısından ilgili tüm ekonomik faktörleri dikkate alarak belirli bir süre içinde yapılacak karşılaştırmalı maliyet değerlendirmelerini sağlayan bir araç ve tekniktir.

Woodward (1997)'a göre YDM, bir öğenin imalattan kullanım ömrünün sonuna kadar öğeyi desteklemek amacıyla harcanan tüm fonların toplamıdır. NATO (2007) YDM'yi, "yaşam döngü maliyetlendirme bir defaya mahsus görev olarak kabul edilmemeli, tüm program değişikliklerini değerlendirmek ve maliyet tasarrufu

fırsatlarından yararlanmak için ömür devri boyunca devam eden bir faaliyet olarak kabul edilmelidir” şeklinde ifade etmiştir. YDM işletmelerin büyük yatırım kararlarında ve ürünlerin yaşam döngüsünde kullanılmaktadır. Bu yaşam döngü düşünce uygulaması, sürdürülebilir üretim ve tüketim yönetimine yönelik bir yönetim aracıdır. YDM, ürünlerin ömrü boyunca yaşam döngüsü içinde her adımda maliyetleri değerlendirmelerini kapsamaktadır. YDM yatırımların amortismanı, işletme maliyetleri, bir ürün ya da hizmet için genel üretim maliyetlerinin dağıtımı ve hatta bazen altyapı ve talepleri yerine getirmek için gerekli olan hizmetleri içermektedir (Krozer 2008).

1978 yılında Nebraska eyaletinde çıkarılan bir kanunla, eyaletle ilgili her türlü tesisin inşaatında, maliyeti 50.000 doların üstünde olmak koşuluyla, YDM analizinin yapılması zorunluluğu getirilmiştir (Earles 1981). Harold Smith 1963’de Dünya Enerji Konferansı’nda kimyasal araçlar ve ürünlerin üretimi için birikimli enerji ihtiyacını hesaplayan bir YDM raporu yayınlamıştır (Ciambrone 1993). YDMA, A.B.D. Savunma Bakanlığı tarafından silah ve silah destek sistemlerinin tedariki için II. Dünya Savaşı sırasında kullanılmıştır. Savunma Bakanlığı, 1960’ların başlarında kendi alım politikalarında maliyet etkinliğini artırmak için YDM teorisini geliştirmiştir (Cole ve Sterner 2000). Yürütülen başlangıç çalışmalarında elde edilen deneyimler sonucunda, 1964 yılında A.B.D. Savunma Bakanlığı’nca yayımlanan DOD Directive 4100.35 adlı dokümanda bir sistemin toplam YDM’yi en aza indirmeyi amaçlayan birleşik lojistik destek sistemin tasarımı düzenlenmiştir (Candan 2003). Maliyete göre tasarım konusu 1972’den itibaren Amerikan Kara Kuvvetleri’nin kara-havacılık ile ilgili sistemlerin tedarikinde yer almıştır. Bu konu ile ilgili ilk politikalar 1983’de A.B.D. Savunma Bakanlığı tarafından yayımlanan DOD 4245.3 ile kendini göstermiştir. 1989’da maliyete göre tasarım konusu bir standarda bağlanmış ve MIL-STD-337 hizmet dokümanı yayımlanmıştır. Bu konuda ayrıca, DOD-HDBK-787 maliyete göre tasarım el kitabı yayımlanmıştır (Kawauchi and Rausand 1999). Uluslararası Elektroteknik Komisyonu (International Electrotechnical Commission) 1996 yılında güvenilirliği sağlamak amacıyla, YDM ilgili önerilerin ve standartların sunulduğu IEC 60300 kodlu bir ölçüt yayınlamıştır. Halen Kanada Ulusal Savunma Bakanlığı, çeşitli iyileştirme çalışmaları ile ömür devri maliyet modelini ve metodolojisini, savunma malzemeleri tedarikinde uygulamakta ve savunma sanayi işletmelerinden, verecekleri tekliflerinde, ömür devri maliyetlere ilişkin bilgileri de istemektedir.

3.3.1.1. Yaşam döngü maliyet analizi

Yaşam döngü maliyeti (YDM) yardımıyla bir projenin ilk yatırım maliyetinden daha ekonomik olup olmayacağı ve hangi koşullarda en ekonomik şartları sağlayacağı belirlenebilmektedir. Çeşitli yatırım seçeneklerinden birini seçmek gerektiğinde, minimum yaşam dönemi maliyetine sahip seçenek en uygun seçenek kabul edilmektedir (Fuller ve Petersen 1980). YDMA alternatif bina sistemleri ve binanın ömrü boyunca sahip olduğu yatırım, bakım-onarım ve enerji maliyetleri üzerinde etkisi olan bina sistemleri ve bileşenleri için tasarım alternatiflerinin planlanmasında kullanılan ekonomik değerlendirme yöntemidir. YDMA tasarım evresinin herhangi bir evresinde gerçekleştirilebileceği gibi mevcut bir binanın değerlendirilmesi için de kullanılabilir (Marshall ve Petersen 1995). YDMA’nın ilk amacı alternatiflerin karşılaştırılması olmakla birlikte, ikincil amacı ihtiyaçların değerlendirilmesi ve

performans kriterlerinin kritik edilmesidir (SWDA 1997).

Belirli bir zaman periyodu süresince bir veya birkaç hareket tarzına yönelik olarak maliyetleri sistematik olarak belirlemeyi amaçlayan, maliyet merkezli mühendislik ekonomisi analizi, YDMA olarak tanımlanmaktadır (Cleland ve King 1975). YDMA; proje kapsamında tedarikten, işletim, idame ettirme ve elden çıkarmaya kadar olan tüm aşamalarda ortaya çıkan maliyetlerin, karar için potansiyel olarak önemli olduğu fikrini esas alan bir ekonomik proje değerlendirme metodudur (NIST 1995). YDMA, bir proje veya herhangi bir sistem alternatifinin kavram aşamasından, araştırma geliştirme, işletme, idame ve kullanımdan çıkarılması da dâhil olmak üzere tüm süreçte ortaya çıkabilecek maliyetleri hesaplamaya yönelik geliştirilmiş bir metot ve işlemler zinciridir (Özkiş 2002). YDMA, bir projenin ekonomik değerini belirlemede ilk yatırım maliyetini ve ileride oluşabilecek bakım, onarım, yenileme ve kullanıcı maliyetlerini bugünkü değere çekerek analiz eden bir yöntemdir. Analiz periyodu boyunca, maliyetlerin meydana gelme yıllarına göre parasal toplamı hesaplanmaktadır. Burada önemli olan sosyal maliyet (kullanıcı maliyetleri) ile bakım ve onarım zamanlarının nasıl verimli hale getirilerek, sosyal maliyetlerin en aza indirilebileceğinin saptanmasıdır. Bu değer ortak bir zamana çevrilerek çeşitli alternatiflerin birbirleriyle kıyaslanabilmesine olanak sağlamaktadır (Li ve Madanat 2002). Genel olarak YDM analizleri, bir ürün alınmadan ya da üretilmeden önce o ürün alternatiflerinin maliyet açısından karşılaştırılması için gerçekleştirilmektedir (Genelkurmay Başkanlığı 2004). YDMA genel tanımıyla çeşitli yatırım alternatiflerinin maliyetlerinin verimliliğini değerlendiren ekonomik bir analizdir (Jiang vd 2004).

YDMA, alternatiflerin değerlendirilmesinde ve tercih edilen yaklaşımın seçiminde yinelenen bir işlemdir ve aşağıdakilerin değerlendirilmesini içerir: Alternatif işletim/bakım kavramları, Alternatif tasarım yapılandırmaları, Alternatif satın alma çizelgeleri, Alternatif lojistik destek politikaları (Terzi 2005). YDMA'nın 4 temel faydası vardır ve bunlar;

- Satın almadaki rekabet seçeneklerini değerlendirmesi,
- Toplam maliyetlerden haberdar olmayı geliştirmesi,
- Öngörülerini geliştirmesi,
- Ödünleşim maliyetlerine rağmen performansı arttırmasıdır (Kamu Rekabet ve Satın Alma Kurumu 1992).

Başarılı bir YDMA'nın getirdiği diğer faydalar ise şu şekilde sıralanmıştır; Gelecekteki kaynak ihtiyacının tahmin edilmesini ve belirlenmesini sağlar, Ar-ge ve öncelikli tasarım kararlarını etkiler, Stratejik planlamayı ve bütçelemeyi destekler (Candan 2003). YDMA uygulamalarında, genellikle karşılaşılan zorluklar şunlardır:

- Elde edilen sabit kıymetler ile ilgili alt sistemlerin tanımlanmasındaki eksiklik,
- Ekonomik uzlaşmaya dâhil olan birçok faktör arasındaki karmaşık ilişki,
- Ürün ömrü bilgisinin büyük kısmının belirsizliği, mesela ürün için öngörülen ihtiyaçlar gibi hususlar, tesisin kullanım ömrünü tamamlayıp tamamlayacağı, tamamlayacaksa bunun ne zaman olacağı, tesisin tahmin edilen güvenilirliği, kullanılabilirliği, önceden tahmin edilen maliyetler vb. (Kelly 1997).

YDMA gelecekteki yatırım kararları için önceden bilgi alınabilecek matematiksel bir yöntemdir. Bir ürünün veya sistemin tüm ömrü boyunca harcanan maliyetler toplamının bugünkü parasal değeri, o ürünün veya sistemin yaşam boyu maliyeti olarak tanımlanmaktadır. YDMA özel alternatifler arasındaki seçim için gerekli olan sistematik ekonomik ve finansal derecelendirmeleri desteklemektedir. YDMA paranın şimdiki değerinin gelecekteki değerine indirgenmesine dayanmaktadır. Örneğin şu an yatırıma yönlendirilecek P0 tutarındaki paranın yıllık r faiz oranı için toplam n yıllık periyotta herhangi bir yıl sonraki değeri Pn 3.1 eşitliği ile hesaplanmaktadır.

$$P_n = P_0(1+r)^n \quad (3.1)$$

Yıllık r faiz oranında n yıl için A tutarında getiri sağlayacak bir yatırımın toplam şimdiki değeri P aşağıda verilen 3.2 eşitliği ile hesaplanmaktadır.

$$P = \sum_{i=1}^n \frac{A}{(1+r)^i} = A \left(\frac{(1+r)^n - 1}{r(1+r)^n} \right) \quad (3.2)$$

Eğer yatırım periyodu içerisinde (örneğin n yıl) nominal faiz oranı yerine yıllık enflasyon oranı rinf kullanılacak ise o zaman gerçek faiz oranı d gelecekteki kazançların şimdiki değerinin belirlenmesi için kullanılır. Gelecekteki kazançların şimdiki değerinin belirlenmesi için eşitlik 3.3 kullanılmaktadır.

$$d = \frac{1+r}{1+r_{inf}} - 1 \quad (3.3)$$

Eğer bir çevresel iyileştirme var ise C0 ilk maliyetiyle, n yıllık ömrü boyunca yıllık Ci tekrarlayan maliyeti ve yaşamı sonunda Rn artık değeri ile YDM eşitlik 3.4 ile hesaplanır (EMSD 2006).

$$YDM = C_0 + \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{(1+d)^i} - \frac{R_n}{(1+d)^n} \quad (3.4)$$

Projelerin ekonomik olarak değerlendirilmesinde çeşitli formatlar ve ekonomik göstergeler vardır. Bu göstergelerin en çok kullanılanları, Net Bugünkü Değer (Net Present Values, NPV), Fayda Maliyet Oranı (Benefit/Cost, B/C), Doğrusal Yıllık Eşit Maliyet (Equivalent Uniform Annual Cost, EUAC), İç Verimlilik Oranı (Internal Rate of Return, IRR), Sermayenin Geri Dönüşü (Capital Return, CR) ve Geri Ödeme Dönemi (Pay Back Period, PBP)'dir.

3.3.1.2. Net bugünkü değer

NPV'nin notasyonu aşağıdaki şekildedir:

$$NPV = -|CF_0| + \sum_{j=1}^n CF_j (P / F, \%i, j) \quad (3.5)$$

ve buradaki notasyonda ilk nakit akışı CF_0 'ın negatif (masraf) olduğu kabul edilmektedir. Geri kalan CF_j terimlerinin hepsi çoğunlukla pozitif (gelir) olmasına rağmen bunların işaretleri hakkında kabul yapılmamaktadır. $CF_j = A$ ($j = 1, 2, \dots, n$) özel durumunda 3.6'dan dolayı 3.5'in aşağıda 3.7'deki gibi olması gerekmektedir.

$$(P/A, \%i, n) = (P/A, \%i, n1) + (P/F, \%i, n1 + 1) + (P/F, \%i, n1 + 2) + \dots + (P/F, \%i, n) \quad (3.6)$$

$$NPV = -|CF_0| + A (P / A, \%i, n) \quad (3.7)$$

NPV'nin bir diğer ismi ise azalan nakit akışı veya DCF'dir.

Geri dönen toplam CF_j değeri (j yılındaki para), yatırılan $|CF_0|$ miktarını (0 yılındaki para) aştığında veya n yıl boyunca i oranında bileşik faiz kazanan ilk yatırım, geri dönüşü sağlamak için yetersiz kaldığında NPV'nin pozitif olduğu 1.5'den görülmektedir. Bir yatırımın ekonomik açıdan kabul edilebilir olması için NPV pozitif olmalı veya en kötü ihtimalle sıfır olmalıdır ($|CF_0|$ yatırımının sadece CF_j girdilerini kazandırmaya yeteceği durumda).

3.3.1.3. Fayda-maliyet oranı

Fayda-maliyet oranı (BCR) genellikle bir kamu projesinin değerini, kendi maliyetiyle ilişkili olarak belirlemek için kullanılmaktadır; bu kavram aşağıdaki gibi tanımlanmaktadır,

$$BCR \equiv \frac{B - D}{C} \quad (3.8)$$

ve burada B , proje faydasının eşit olduğu değeri göstermekte; D , zararın eşit olduğu değeri göstermekte ve C ise projenin net maliyetini temsil etmektedir. Benzer olarak net fayda değeri (NBV) aşağıdaki gibi tanımlanmaktadır.

$$NBV \equiv B - D - C$$

(3.9)

Bir projenin yapılabilir olması için $BCR > 1$ veya $NBV > 0$ olmalıdır. Bununla birlikte, zararlar ve maliyetler arasındaki ayırım biraz varsayıma dayandığından ve fayda miktarı genellikle çok kesin olarak belirlenemediğinden bu kural dikkatle uygulanmalıdır. BCR, zararların pay değeri içine yazılıp yazılmadığına veya maliyet biçiminde sınıflandırılıp payda değeri içine girip girmediğine bağlı olarak çok değişkenlik gösterebilmektedir. Eğer zararların sınıflandırılması hakkında endişe duyulursa, NBV yaklaşımını kullanmak daha uygundur, çünkü 3.9 zararların nasıl sınıflandırıldığına bakmaksızın aynı değeri vermektedir.

3.3.1.4. Doğrusal yıllık eşit seriler

Doğrusal yıllık eşit seriler (EUAS), verilen bir nakit akış kümesinin eşit olduğu değeri (belirli bir zamanda, genellikle bugünkü) homojen yıllık ödemeler serisine dönüştürerek elde edilmektedir. Böylece, eğer faiz yıllık olarak birleştirilmişse

$$EUAS = PW \times (A/P, \%i, n) \quad (3.10)$$

veya

$$PW = \sum_{j=0}^n CF_j (P/F, \%i, j) \quad (3.11)$$

$$EUAS = [\sum_{j=0}^n CF_j (P/F, \%i, j)] \times (A/P, \%i, n) \quad (3.12)$$

EUAS, karar seçenekleri analiz edilirken sıklıkla kullanılmaktadır. $CF_0 < 0$ ve $CF_j > 0$ ($j > 0$) olan çok özel durumda i arttıkça, EUAS değerinin hemen hemen doğrusal olarak azaldığı gösterilebilmektedir. Ayrıca, 1.10'da verildiği gibi, şimdiki değer (PW)'nin (ve gelecekteki değer, FV) sıfır olduğu i değerinde EUAS sıfır olmaktadır.

Eğer nakit akışlarının çoğu veya hepsi negatifse (masrafsa), negatif EUAS değeri ile işlem yapmak uygun olabilmektedir; bu miktar doğrusal yıllık eşit maliyet (EUAC) olarak adlandırılmaktadır. EUAS veya EUAC hesaplanırken bazı sabit yıllık nakit akışlarının ihmal edilebilmesi (yıllık sabit bakım masrafı gibi) ve sonunda bu sabit miktara eklenebilmesi normaldir.

3.3.1.5. İç verimlilik oranı

Bir nakit akış serisinin geri dönüş oranı (IRR), NPV'yi sifıra eşitleyen faiz oranının i^* değeridir. Buradan, eğer NPV i^* 'nin bir fonksiyonu olarak 3.5 veya 3.7 yardımıyla grafiğe aktarılırsa, eğri i eksenini i^* 'da kesecektir. Alternatif olarak, NPV'nin pozitif veya negatifin biraz üzerinde olduğu i değerleri deneme-yanılmayla bulunabilmekte ve bunların arasında i^* için lineer interpolasyon yapılabilmektedir. Eğer i^* için daha kesin bir yaklaşıma ihtiyaç duyulursa, 3.5 veya 3.7'nin sol tarafı sifıra eşitlenerek i için çözüm yapmak üzere Newton-Raphson iterasyon metodu veya başka bir sayısal teknik kullanılabilir.

3.3.1.6. Sermayenin geri dönüşü

N yılın sonunda sadece P ilk maliyeti ve SV kurtarma değeri (gerçek veya tahmini) terimlerini içeren nakit akış serisine sahip bir mala EUAS/EUAC durumu uygulansın. Bu seri için,

$$\begin{aligned}
 PW &= -P + SV (P/F, \%i, n) \\
 EUAC &= -EUAS = [P - SV (P/F, \%i, n)]x (A/P, \%i, n) \\
 &= P (A/P, \%i, n) - SV (A/F, \%i, n) \\
 &= (P - SV)(A/P, \%i, n) + i SV
 \end{aligned} \tag{3.13}$$

ve buradaki son adımda 3.14 kullanılmıştır.

$$(A/P, \%i, n) = (A/F, \%i, n) + i \tag{3.14}$$

Burada EUAC, yıllık mal maliyeti ile yıllık kurtarma değeri arasındaki farkı temsil ettiği için EUAS/EUAC sermayenin geri dönüşü (maliyeti) olarak adlandırılmakta ve CR ile gösterilmektedir.

Genelde EUAS/EUAC değerinden farklı olarak CR, malla birlikte işletme ve bakım masraflarını göz önüne almamaktadır.

3.3.1.7. Geri ödeme dönemi

Geri ödeme dönemi (PBP), paranın zaman değeri ihmal edilerek ilk yatırımın geri alınması için ihtiyaç duyulan zamandır. Buradan, $|CF_0|$ ilk yatırımı temsil etmek ve CF_j j . yıl için ($j = 1, 2, \dots, n$) net nakit girdisi olmak üzere geri ödeme dönemi aşağıdaki gibi bulunmaktadır.

$$|CF_0| = \sum_{j=0}^{PBP} CF_j \tag{3.15}$$

Eğer yıllık nakit girdileri eşitse veya ortalama bir değer kullanılırsa, o zaman 3.15 aşağıdaki hale gelmektedir,

$$PBP = \frac{|CF_0|}{YCF} \quad (3.16)$$

ve burada YCF yıllık (ortalama) nakit girdisini temsil etmektedir.

Bu kavramda paranın zaman değeri ihmal edildiği için yukarıda tartışılan diğer yöntemlerin yerine geri ödeme yöntemi kullanılmamalıdır. Diğer taraftan, NPV veya IRR ana yöntem olarak kullanıldığında geri ödeme yönteminden ikincil analiz olarak yararlanılmaktadır.

B, D ve C'yi hesaplamak için bugünkü değer (NPV) ve gelecekteki değer yöntemi veya EUAS yaklaşımı, her üç terim için de aynı metottan yararlanılması şartıyla kullanılabilir.

Tek İşaret Değişimi Durumu

Bugünkü değer hesaplamasında, $CF_0 < 0$ ve $CF_j > 0$ ($j > 0$) olduğunda – sırasıyla $CF_0, CF_1, CF_2, \dots, CF_n$ değerlerinde sadece bir işaret değişimi olduğunda – NPV'nin, i 'nin sabit olarak azalan bir fonksiyonu olduğu ve bu yüzden tek bir i^* 'in belirlendiği görülmüştü. Ayrıca, bu IRR değerinde, FW ve EUAS sıfırdır.

Birden Çok İşaret Değişimi Durumu

Sırasıyla $CF_0, CF_1, CF_2, \dots, CF_n$ birden çok işaret değişimi gösterdiğinde çeşitli faiz oranları için $NPV = 0$ olabilmektedir; böylece çeşitli geri dönüş oranları elde edilebilmektedir. (Pozitif) geri dönüş oranları sayısının daha üst sınırı, $x \equiv 1 + i^*$ için 3.5'den çıkarılan polinom şeklindeki aşağıdaki eşitlikle elde edilebilmektedir.

$$CF_0 x^n + CF_1 x^{n-1} - 1 + \dots + CF_n - 1x + CF_n = 0 \quad (3.17)$$

Descartes'in işaret kuralına göre x 'in gerçek pozitif köklerinin sayısı, $CF_0, CF_1, CF_2, \dots, CF_n$ katsayıları serisindeki işaret değişimi sayısını aşmamaktadır. Şimdi, pozitif bir x , negatif bir i^* değerine karşılık gelebilmektedir; bundan dolayı, işaret değişimlerinin sayısı i^* değerlerinin sayısının üst sınır değeridir. Özellikle, eğer işaret değişimi yoksa verilen akış için IRR değeri yoktur.

Eğer birçok i^* değeri varsa, IRR yöntemini terk etmek ve bunun yerine çeşitli faiz oranları için NPV'nin işaretini araştırmak genellikle daha uygundur.

Uygun göstergenin seçimi analizin büyüklüğüne ve içeriğine ve bazı parametrelerin belirsizliğine bağlıdır. Örneğin gelişmekte olan ülkelerde faiz oranları yüksek ve belirsiz olduğundan içsel geri dönüşüm formatı tercih edilmektedir. Diğer yandan projenin ömrünün belirsiz olduğu hallerde EUAC tercih edilir (FHWA, 2004). Göstergeleri hesaplamak için gerekli formüller çizelgede verilmiştir. Ekonomik gösterge

seçimi yapılırken aşağıdaki sorular cevaplanmalıdır (Özbay vd 2004).

1. Analiz yaparken oluşan faydalar analize ekleniyor mu?
2. Analizi gerektiren kararın büyüklüğü nedir?
3. İlk yatırım maliyeti gelecekteki harcamalarla karşılaştırınca büyüklüğü nedir?
4. Yatırımcı firmanın ihtiyacını en iyi hangi metot karşılar?
5. Karar vericiler için en uygun olan metot hangisidir?

NPV metodu, proje alternatifleri arasında eşit faydaya fakat değişken maliyete göre analiz yapılmasına olanak verir. NPV metodu değişik ekonomik değere sahip projeler için en uygun değerlendirme metodudur. NPV metodu analizciye değişik maliyetlerle projeyi değerlendirme imkânı verir. Bilinen veya hesaplanabilen faydalar ve giderler birbirine eşit olduğu müddetçe değerlendirmeye katılmaz, böylece formül çizelgede verilen 3.18'den 3.22'ye dönüşür.

$$NPVC = \sum_{t=0}^T \frac{C_t}{(1+d)^t} \quad (3.22)$$

YDMA'da maliyetler başlangıç inşa maliyeti (yatırım), bakım maliyeti, onarım maliyeti ve hurda değeri olarak sınıflandırılabilir. Buradaki maliyetlerin sadece yukarıdakilerle kısıtlanması yaklaşımı diğer bütün alternatiflerdeki kullanıcı ve sosyal maliyetlerin eşit olduğu kabulüne dayanır. Bu yaklaşım sonucu NPV bağıntısı; NPV=yatırım maliyeti + PWF * onarım maliyeti + PWF * bakım maliyeti – PWF * hurda değeri. PWF= "t" yılındaki maliyetin bugünkü değer faktörüdür.

$$PWF_t = \frac{1}{(1+d)^t} \quad (3.23)$$

3.3.1.8. Yaşam döngü maliyet analizinin amacı

Herhangi bir maliyet etkinliğini tanımlamak için, öncelikle tahminin neyi, ne için kullanılacağına amacının anlaşılması önemlidir. YDM analizi, bir varlığa sahip olmayı, elde etmede en az uzun vadeli maliyetli alternatiflerden, en etkin maliyet yaklaşımını seçmeye yardımcı olmaktadır (Barringer ve Weber 1996, Cole ve Sterner 2000). YDM, bir sistemin yaşam döngüsü ile ilgili gelecekteki tüm maliyetlerin değerlendirilmesi olarak adlandırılabilir. Söz konusu sistem, büyük bir anahtar teslim proje, tek başına bir sistem ya da dünya çapında bir uygulama aralığı olabilmektedir. YDM'nin temel amacı; farklı alternatiflerin aynı çalışma dönemi ve hizmete giriş tarihinde ve alternatiflerin aynı ekonomik varsayımlar ile karşılaştırarak optimum maliyeti belirlemektir. Üreticiler ürünleri üzerinde ürünün daha ucuza elde edilmesi, kullanımı ve eskিয়ে atma baskısı için artan talep karşısında ürünleri/sistemleri geliştirmek için kendi gelişiminin erken aşamalarında bir değerlendirme olarak YDM'ye itmiştir (Folgado vd 2008). YDM analizi, gereksinimleri verilen bir grup için ürün/sistem nihai rekabet gücünü artırmak için düşük uzun vadeli maliyet ile çözüm bularak nihai rekabet gücünün artırılmasına katkıda bulunur. Tüm bu

nedenlerden ötürü, YDM analizi her özel durumun özellikleri için metodoloji uyarlayarak ve sorunun istenen sınırları içinde kurarak çeşitli mühendislik alanlarında kullanılmaktadır (Buncher ve Rosenberger 2005). YDM içerisinde farklı katılımcıların bakış açıları şu şekilde sıralanmıştır:

- Proje mühendisliği, tek kıstas olarak sermaye maliyetlerini minimize etmek ister,
- Bakım mühendisliği, tek kıstas olarak tamir saatlerini minimize etmek ister,
- Üretim, tek kıstas olarak çalışma süresi saatini maksimize etmek ister,
- Güvenilirlik mühendisliği, tek kıstas olarak arızaları önlemek ister,
- Muhasebe, tek kıstas olarak projenin net bugünkü değerini maksimize etmek ister,
- Hissedarlar, tek kıstas olarak hisse servet değerini artırmak isterler (Korpi ve Timo 2008, Barringer 2003).

3.3.1.9. Yaşam döngü maliyet uygulaması ihtiyacı

Ekonomik eğilimler, yükselen enflasyon, pek çok sistem ve üründeki maliyet artışı, satın alma gücündeki azalma, bütçe kısıtlamaları, hızlanan rekabet vb. birçok nedenin günümüzde ortaya çıkan ortak etkileri; gerek üretici işletmelerde ve gerekse tüketicilerde maliyet konusunda büyük bir ilginin doğmasına neden olmuştur (Fabrycky ve Blanchard 1990). YDM'nin hesaplanması aynı zamanda "beşikten mezara maliyet hesaplaması" olarak da tanımlanmaktadır. Bu kavramdan, YDM sisteminde, YD boyunca oluşan tüm maliyetlerin incelendiği ve sahip olunanla, vazgeçilen diğer alternatifler arasında, YD süresince farklı zamanlarda maliyetlerin nasıl oluşacağıyla ilgilenildiği anlaşılmaktadır (Bescherer 2005). Ömür devri maliyetinin uygulanması son yıllarda artış eğilimi göstermekte ve bu artış eğilimi birçok faktörden kaynaklanmaktadır. Dhillon (1989) bu faktörleri şöyle sıralamıştır:

- Enflasyonun yükselmesi,
- Bütçe kısıtlamaları,
- Maliyet-Etkinlik analizlerinin kullanımında artış olması,
- Rekabet,
- Yüksek maliyetli ürünler (ticari uçaklar, askeri sistemler vb.)

3.3.1.10. Ydma bileşenleri

İlk yatırım maliyeti: YDMA'nın ilk aşaması, projenin ilk yatırım maliyetlerinin tanımlanmasıdır. Bu aşamadan göz önünde bulundurulmuş maliyetler şunlardır:

- Tasarlama öncesi işlemlerin maliyeti: Yapılabilirlik etütlerini içeren işlemler olarak teşebbüs maliyeti,
- Arsa maliyeti,
- Tüm tasarlama işlemlerinin (mimari, statik, makina, elektrik) maliyeti olarak,

- Tüm inşaat işlemleriyle fiziksel yapının var edilmesi, gerçekleştirme maliyeti (Manioğlu 2002).

Bakım, onarım ve yenileme maliyetleri: Kullanıma geçildikten sonra, binanın ömrü boyunca yapılan, binanın ve alt sistemlerinin rutin bakım maliyetlerini ve ortaya çıkabilecek küçük tamirat işlerinin maliyetlerini kapsamaktadır. Bunlar;

- Bina temizliği (boya, temizlik, vb.)
- Servislere ilişkin periyodik bakımlar ve kontroller
- Açık alanların düzenlenmesi vb.dir.

İşletme maliyeti: İşletme maliyetleri bina içinde kurulu olan çeşitli alt sistemlerin (ısıtma- soğutma, pis-temiz su, elektrik, açık alanların düzenlenmesi vb.) sürekli istenen hizmetleri sağlayabilmesi için gerekli olan ve düzenli olarak oluşan maliyetlerdir. İşletme maliyetleri;

- Yönetim maliyetleri,
- Vergiler,
- İşletme maliyetleri,
- Enerji maliyetleri
- Elektrik maliyetleri (ısıtma-soğutma maliyetleri, sıcak su elde etme maliyetleri),
- Pis su-temiz su maliyetleri,
- Teknik sistemlerin işletilmesi maliyeti,
- Bekçi, kapıcı, arsa ve binanın sigorta giderleri gibi diğer maliyetleri olarak tanımlanmıştır.

Enerji maliyeti: Enerji verimliliğini gösteren en önemli gösterge, enerji miktarı ve enerji maliyetleridir. Enerji maliyetleri;

- Isıtma
- Soğutma
- Aydınlatma
- Havalandırma maliyetleri şeklinde belirlenmiştir.

Hurda değeri: Binanın YDMA çalışma periyodunun sonundaki net değeridir. Gelecekteki diğer harcamalardan farklı olarak, bir alternatifin hurda değeri pozitif ya da negatif olabilir. Bir binanın ya da bina sisteminin farklı beklentilere sahip proje alternatifleri olduğu zaman özellikle hurda değeri önem taşımaktadır.

3.3.1.11. Ydma'nın işleyişi

Ydma'nın işleyiş sıralaması aşağıdaki gibidir.

- Problemin tanımlanması: YDMA sürecinin ilk aşamasında analizin yaklaşımının ve neden gerekli olduğunun tanımlanması gereklidir. Hangi sistemin ya da malzemenin analiz edileceğinin belirlenmesinin yanında analiz süresinin de saptanması gereklidir.
- Sınırlamaların ve olası alternatiflerin belirlenmesi: Değerlendirme için uygun alternatiflerin belirlenmesinden önce, ekonomik analize etki eden sınırlamaların belirlenmesi gerekir. Bu sınırlamalar fiziksel, fonksiyonel, emniyetle ilgili, bina kodlarıyla ilgili, bütçeyle ilgili olabilir. Herhangi bir YDMA'nın başarıyla gerçekleştirilebilmesi için en kritik aşama uygun alternatiflerin belirlenmesidir.
- Projenin alternatifleri tanımlanması gereklidir
- Yaklaşım karar verilmesi gereklidir
- Genel ekonomik parametreler seçilmesi gereklidir
- Her alternatif için nakit akış diyagramı çizilmesi gereklidir.
- Bakım onarım stratejileri ve zamanları belirlenmesi gereklidir.
- Firma maliyetleri hesaplanması gereklidir.
- Kullanıcı maliyetleri hesaplanması gereklidir.
- Sosyal maliyetler hesaplanması gereklidir.
- Her alternatifin net bugünkü değerinin hesaplanması: Projeye ilgili maliyetleri YMM'de kullanılmadan önce bugünkü değerlerine indirgenmeleri gereklidir.
- Sonuçların değerlendirilmesi ve duyarlılık analizinin yapılması gereklidir.

Her alternatifin bugünkü değeri hesaplanır ve böylece sonuçlar birbiriyle karşılaştırılmaktadır. En ekonomik YDM'ye sahip alternatifin kriterleri; en düşük YDM sahip, en yüksek net kazanç değerine sahip, KYO (kazanç- yatırım oranı) >1 olan ve AGO (Ayarlanan iç geri dönüş oranı) $> DR$ (indirgeme oranı) olduğu seçenektir. Alternatifler arasında bugünkü net değeri (BND) diğerlerinden %10 aşağıda olan bir alternatif varsa o alternatif tercih edilmektedir. Eğer aralarındaki fark %10'dan küçükse bütün alternatifler birbirine eşit olarak yorumlanabilmektedir. Fakat deterministik yaklaşımla analiz yapılırsa en küçük BND'ye sahip olan alternatif tercih edilmektedir (FHWA 1998).

3.3.2. Kâra Geçiş-Başabaş Noktası Analizi

Satış büyüklüğüne karşılık olan toplam maliyet giderleri doğrusunun satış gelirleri doğrusu ile kesişme noktası işletme bilim literatüründe "Başabaş Noktası (BBN)", "Ölü Nokta", ya da "Kazanca Geçiş Noktası" olarak tanımlanır. Başabaş noktası işletme gelirleri ile işletme maliyetlerinin birbirine eşit olduğu noktadır (Thompson 1993). Ayrıca bu nokta, kar durumunun sıfır olduğu noktayı temsil etmektedir (Boles ve Fleming 1996). Burada toplam gelirlerden toplam giderler çıkarıldıktan sonra, kazancın sıfır olduğu görülmektedir. BBN'de, satış düzeyinde işletmenin ne karı vardır ne de zararı; faiz ve vergi öncesi kar sıfırdır (Doğan ve Nurhan 1994). Toplam gelir ve toplam maliyet giderleri eğrileri doğrusal olduklarında, BBN (eğer var ise) bir tanedir. Bu noktadan daha küçük satış büyüklüğü ise "Zarar" daha büyük satış büyüklüğü ise "Kazanç" ile sonuçlanır (Demir ve Gümüşoğlu 2003).

Başabaş noktası analizi ile kastedilen bir firmada belli bir kârlılık düzeyine ulaşabilmek için gerekli harcamalar ile satış hacmi arasındaki ilişkinin belirlenmesidir (Türko 1994). Başabaş analizi, maliyet-hacim-kâr faktörlerinin arasındaki ilişkiyi yönetime açık ve canlı olarak sergileyen faydalı bir araçtır. Bu analiz, maliyet-hacim-kâr ilişkilerini gösteren faydalı bir araç olmasına ilaveten, alternatif kararların etkilerini tahmin etmede, yöneticilerce sıklıkla kullanılan bir yöntemdir (Özen 1995). Maliyet-hacim-kâr analizleri ile genellikle muhasebe başabaş analizleri anlaşılmasına rağmen, işletmelerin hangi üretim düzeylerinde para girişi ve çıkışı yönünden başabaş noktasına ulaşabileceğinin de bilinmesi istenebilmektedir. Bu noktada, işletmenin zarar etmeden en az hangi düzeyde faaliyet gösterebileceği ve aynı amaçla masrafların ne kadarlık bölümünün karşılanabileceği ortaya konulmaktadır. İşletmeler bu noktanın altında oldukları sürede zarar, üstünde oldukları sürede de kar ederler. BBN'nin karar aracı olarak değeri, işletmenin kazanç sağlayabilmesi için ne kadar ürün üretip, uygulandığı varsayılan fiyatlarla ne kadar satması gerektiğini göstermesidir. BBN üzerindeki üretim ve satış büyüklüklerinde, fiyat-üretim ve satış büyüklüğü kazanç arasındaki ilişkilerin ana hatlarını göstermektedir (Demir ve Gümüšoğlu 2003). Bu durumda, nakit başabaş noktasının hesaplanması gerekir. Bunun için, sabit giderleri işletmeden para çıkışı gerektiren sabit giderler ve para çıkışı gerektirmeyen sabit giderler (özellikle amortismanlar) olarak iki gruba ayırmak gerekir (Akgüç 1998). Muhasebe BBN analizi, işletmede muhasebe zararının ortaya çıkmaması için, ne kadarlık satış yapılması ile ilgilidir. Net bugünkü değer BBN analizi ile de, yatırımlardan elde edilecek nakit akışlarının bugünkü değerlerinin yatırım tutarına eşit olduğu nokta, yani yatırımın net bugünkü değerinin sıfır olması için yıllık satışının ne kadar olması gerektiği hesaplanabilir (Brealey vd 2014).

Maliyet-hacim kâr analizi (başabaş noktası analizi veya kâra geçiş analizi) ile satış miktarı, satış fiyatı, sabit ve değişken maliyetlerin kâr üzerindeki etkileri analiz edilmektedir. Belirli varsayımlar ile sınırlandırılmasına rağmen, aşağıda belirtilen konularda yöneticilere yardımcı olarak kullanılan bir yönetim muhasebesi aracıdır (Lazol 2004):

- Kâra geçiş noktasına ulaşmak için kaç birim satılmalıdır ve satış tutarı ne olmalıdır?
- İşletme başabaş noktasına hangi kapasite oranında ulaşır?
- Vergiden önce veya vergiden sonra ulaşılacak istenen kâr hedefinde yukarıdaki noktalarda değişme ne yönde olur?
- Belirli bir satış miktarında, hedeflenen kâra ulaşabilmek için mamul(ler)in satış fiyat(lar)ı ne olmalıdır?
- Kapasite dâhilinde yeni bir siparişin kârlılık üzerinde nasıl bir etkisi olabilir? Sipariş kabul edilmeli midir? Yeni bir sipariş hangi fiyata kadar kabul edilebilir?
- Alternatif fiyatlara göre, beklenen satış miktarından hangisi seçilmelidir? Satış fiyatı aşağı çekilerek satılan mamul miktarını artırmak kârı nasıl etkiler?
- Üretim veya satın alma alternatifleri arasında en uygun seçim nasıl yapılabilir?
- Üretimi devam eden mamullerin işletme kârlılığı üzerindeki etkisi ne olabilir? Söz konusu mamul üretimden kaldırılır ise, işletme kârlılığı nasıl değişir? Üretime devam edilmeli midir?
- Yeni bir reklâm kampanyası ile ortaya çıkan ek sabit maliyetleri karşılamak için gerekli satış ne kadardır?

- Sınırlı kapasitede oluşturulacak mamul karmasında hangi mamullere öncelik verilmeli midir?
- Yeni bir yatırımın amorti süresi ne olur? Yeni yatırım yapılmalı mı yapılmamalı mıdır?

Maliyet-hacim-kâr analizinin ilk aşamasında, işletmenin hangi faaliyet hacminde, en azından, ne kâr ne de zarar elde edeceği belirlenmek istenmektedir. Faaliyet kârı, başabaş noktasında sıfıra eşit olmaktadır. İşletme başabaş noktasından sonraki satışlarda kâr elde etmeye başlamaktadır. Bu nedenle, yöneticiler için başabaş noktasının bilinmesi çok önemli olmaktadır. Ancak bu şekilde doğru bir kâr planlaması yapılabilmektedir (Küçüksavaş 2002).

Belirli varsayımlar altında toplam katkı payının toplam sabit maliyetleri karşıladığı satış miktarı ve satış hasılatı, işletmenin kâra geçiş noktası olarak ifade edilmektedir. Kâra geçiş noktasının hesaplanmasına yön veren varsayımlar şu şekildedir:

- a) Giderler, sabit ve değişken olarak sınıflandırılmalıdır.
- b) Toplam sabit maliyetlerin faaliyet hacmindeki artıştan etkilenmediği ve değişken giderlerin faaliyet hacmindeki artışa göre değişme göstereceği varsayılmaktadır. Diğer bir ifade ile maliyet fonksiyonunun doğrusal olduğu varsayılır.
- c) Satış fiyatının ve farklı türde mamul satılması durumunda mamul karmasının değişmeyeceği varsayılmaktadır.
- d) Üretim faktörlerinin verimliliğinin değişmeyeceği varsayılmaktadır.
- e) Dönem başı ve dönem sonu stoklarında önemli bir değişiklik olmadığı kabul edilmektedir (Ertürk 1981).

Başabaş analizinin dayandığı varsayımların en önemlilerinden biri işletme giderlerinin sabit maliyetler ve değişken maliyetler olarak iki grupta toplanmasıdır. Bu ayrıma göre işletmelerde sabit giderler, belirli bir dönem içinde üretim hacmine bağlı olarak değişiklik göstermeyen giderlerdir. Üretim hacminin azalıp çoğalması ile genel anlamda değişen fakat birim başına değişmeyen maliyet giderlerine değişir maliyet giderleri denir (Tatar 1973).

Başabaş noktası analizi, bir analiz, bir denetim, bir yönetim aracı olarak işletmeye aşağıdaki yararları sağlar (Akgüç 1998):

- a) İşletmenin zarara uğramaması için ulaşılması gerekli is hacmi düzeyinin saptanması,
- b) Çeşitli üretim düzeylerinde birim maliyetlerinin hesaplanması,
- c) Çeşitli çalışma düzeyleri için işletmenin işletme sermayesi gereksiniminin tahmini,
- d) Değişken giderler, sabit giderler ve birim satış fiyatlarındaki değişikliklerin, işletmenin kâra geçiş noktası ve toplam kârına olabilecek etkilerinin incelenmesi,
- e) En kârlı ürün türlerinin seçilmesi, üretim bileşiminin değiştirilmesi,
- f) Asgari satış fiyatının belirlenmesi,
- g) Kâr hedefine ulaşılması için gerekli is hacminin saptanması,
- h) Firmanın üretim kapasitesinin artırılması halinde, böyle bir büyümeyi haklı kılacak satış hacminin belirlenmesi,

- i) Yeni yapılacak yatırımlarda, risk derecesini ve emniyet payını dikkate alarak, asgari üretim kapasitesinin ne olması gerektiğinin saptanması,
- j) İşletmenin izleyeceği üretim, fiyat, yatırım politikaları konusunda alınacak kararlara yardımcı olması,
- k) Kâra geçiş için önceden kabul edilen is hacmi ile işletmenin kâra geçiş noktasına fiilen ulaştığı is hacmi arasında karşılaştırmalar yapılarak, faaliyetlerin kontrol edilmesi, işletmenin izlediği politikaların ve yönetiminin değerlendirilmesi.

3.3.2.1. Başabaş noktasının matematiksel (cebirsel) eşitlik yöntemiyle belirlenmesi

Başabaş noktasının hesaplanmasında kullanılan ilk yöntem matematiksel eşitlik yöntemidir. Matematiksel eşitlik yöntemi kâr eşitliğine dayanmaktadır. Kâr, satışlar ile maliyetler arasındaki farka eşittir. Maliyetlerin, değişken ve sabit olmak üzere ikiye ayrılabilirdiğii bilindiğine göre, kâr eşitliği şöyle açıklanabilir (Kartal vd 2004).

K: Kar
 StF: Satış Fiyatı
 DM: Değişken Maliyetler
 SM: Sabit Maliyetler
 BStF: Birim Satış Fiyatı
 BDM: Birim Değişken Maliyet

$$K = StF - (DM + SM) \quad (3.24)$$

$$K = BStF - (BDM * StF + SM) \quad (3.25)$$

3.3.2.2. Başabaş noktasının katkı payı yöntemiyle belirlenmesi

Katkı payı birim satış fiyatı ile birim değişken maliyeti arasındaki farktır. Bu katkı payının aynı zamanda sabit maliyetleri karşılaması gerekmektedir. Sabit maliyetleri karşıladıktan sonra kalan kısım karı oluşturur. Bu kısma marjinal kar da denilmektedir.

Kar veya katkı payı, birim kar veya birim katkı payı hesaplanması yanında toplam olarak da hesap edilebilir (Wright 1994, Akdoğan 1994).

TStM: Toplam Satış Maliyeti
 TSM: Toplam Sabit Maliyet
 TKP: Toplam Katkı Payı
 StM: Satış Miktarı
 KP: Katkı Payı
 KO: Katkı Oranı
 BBNStM: Başabaş Noktası Satış Miktarı
 BBNStF: Başabaş Noktası Satış Fiyatı
 GStM: Gerekli Satış Miktarı
 GStF: Gerekli Satış Fiyatı

AK: Arzulanan Kar

$$BBNStM = TStM / KP \quad (3.26)$$

$$KP = (BStF - BDM) \quad (3.27)$$

$$BBNStD = (TSM * StF) / TKP \quad (3.28)$$

$$KO = TKP / StF \quad (3.29)$$

$$TKP = StF - BDM \quad (3.30)$$

$$GStM = (AK + TSM) / TKP \quad (3.31)$$

$$GStM = (AK + TSM) / KO \quad (3.32)$$

Gerçekleşen ve gerçekleşmesi beklenen satışlar ile kara geçiş noktasındaki satışlar arasındaki fark güvenlik payı olarak adlandırılmaktadır. Güvelik payına, satışların yüzdesi olarak ifade edilince güvenlik oranı denilmektedir. Güvelik oranı karlılığın göstergesi, satışların güvenlik oranına kadar azalması, karın sıfırlanması, daha da aşağı düşmesi, zararlı alana iniş mahiyetindedir. Bu oranın yüksek olması, işletmenin güvende olduğunu göstermektedir. GP, güvenlik payı; GO, güvenlik oranı olmak üzere,

$$G = GStM - BBNStM \quad (3.33)$$

$$GO = GP / GStM \quad (3.34)$$

3.3.2.3. Birden çok çeşit ürünün yer aldığı ürün karması için başabaş noktasının hesaplanması

Birden çok ürün için başabaş noktası hesaplanırken, tüm ürünlerin katı paylarının toplam ağırlıklı ortalamasının dikkate alınması gerekmektedir (Hilton, 1999). Burada formül olarak;

OBKP: Ortalama Birim Katkı Payı

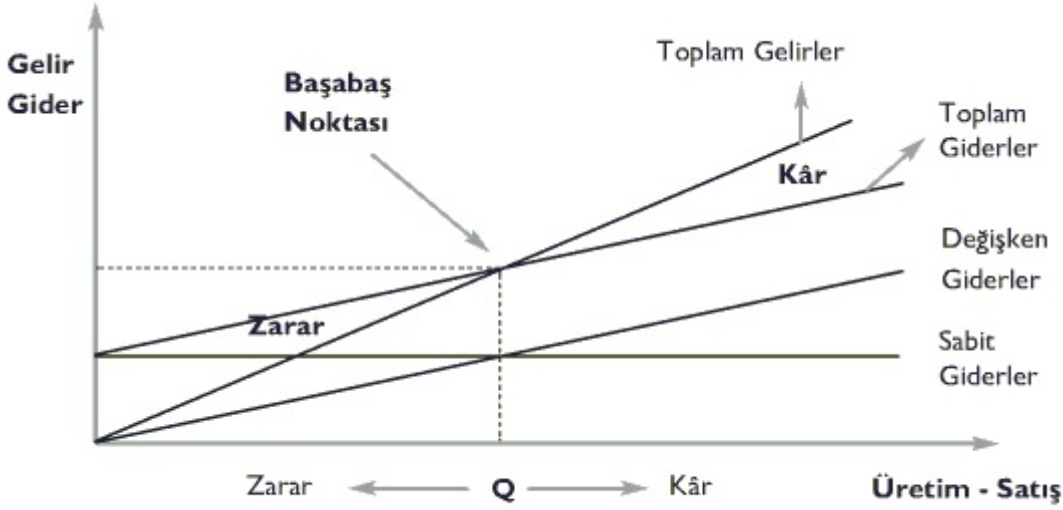
$$BBN = TSM / OBKP \quad (3.35)$$

$$OBKP = [(1. \text{ürünün BKP} \times 1. \text{ürünün toplam üretim miktarının içindeki payı}) + \dots + (n. \text{ürünün BKP} \times n. \text{Ürünün toplam üretim miktarının içindeki payı})]$$

3.3.2.4. Başabaş noktasının grafik yöntemi ile belirlenmesi

Maliyet-hacim-kâr grafiği, herhangi bir faaliyet hacminde işletmenin karşılaştığı kârı veya zararı gösterebilmektedir. Belirli bir faaliyet hacminde, toplam satışlar doğrusu ile toplam maliyet doğrusu arasındaki dikey fark, net kârı veya net zararı vermektedir (Kartal vd 2004).

Şekil 3.1’de doğrusal başabaş noktası grafiği gelir-gider ve ürün-satış verilerine göre gösterilmiştir.



Şekil 3.1. Başabaş noktası teorik eğrileri

Başabaş noktasının matematiksel çözümü çeşitli şekillerde yapılabilir. Bunlar, üretilecek mal miktarı veya satış geliri açısından, satış kapasitesinin yüzdesi olarak, amaçlanan kâr miktarına göre başabaş noktası gibi olabilir. Söz konusu yöntemlerde aşağıda verilen kısaltmalar kullanılacaktır.

- SG = Sabit gider
- DG = Değişken gider
- d = Birim değişken gider
- b = Birim satış fiyatı
- Q = Üretim miktarı
- G = Gelir
- TG = Toplam gider
- K = Kâr

$$G = Q \cdot b$$

$$TG = Q \cdot d + SG$$

$$K = G - TG = Q \cdot (b - d) - SG \quad (3.36)$$

Üretim miktarı açısından başabaş noktası, işletmenin yalnızca giderlerini karşılayabilmesi için, ne kadar üretim yapılması gerektiğini gösterir. O halde başabaş noktasında, toplam giderler gelire eşittir. Yani, Toplam giderler = Başabaş üretim miktarındaki satış geliri

Bu eşitliği açacak olursak; Sabit gid. + Değişken gid. = Birim satış fiyatı x Başabaş noktasındaki satış miktarı şeklini alır. Bu eşitlikte, başabaş noktasında satılacak/üretilecek miktara QB, sabit giderlere SG, değişken giderlere DG, birim satış fiyatına b ve birim değişken gidere d dersek, eşitliği;

$$SG + D = b \cdot QB$$

$$SG + QB \cdot d = b \cdot QB \quad (3.37)$$

Şeklinde ifade edebiliriz.

Veya başabaş noktasında kâr sıfır ve $Q=Q_B$ dersek, aynı şekilde;

$$K = 0 = G - TG = QB (b - d) - SG \quad (3.38)$$

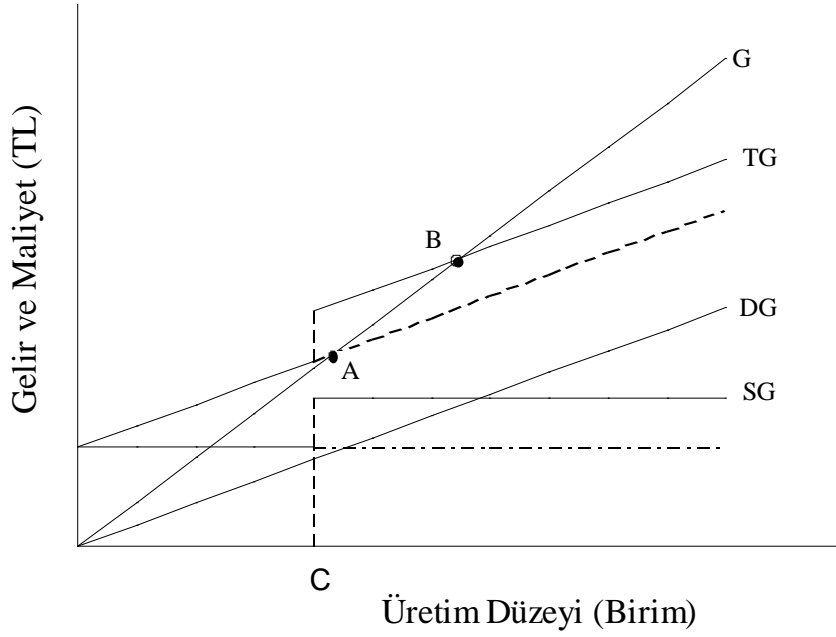
Sonucunu elde ederiz. Burada (b-d) terimi katkı (kapital) payı olarak adlandırılabilir.

3.3.2.5. Deneme-yanılma yöntemi

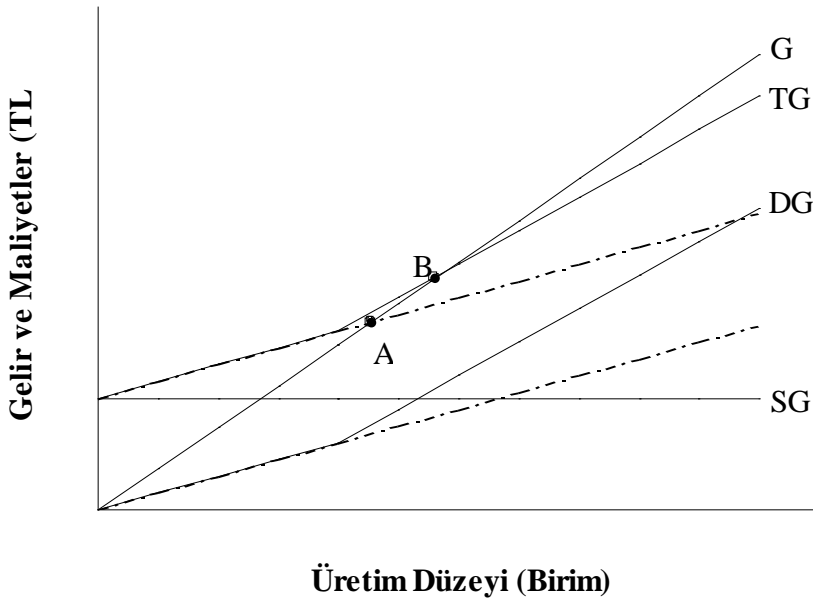
Başabaş noktası, üretim miktarı, toplam değişken giderler, toplam sabit giderler ve kâr arasında ilişki kurularak deneme yanılma yoluyla da hesaplanabilir. Bu yöntem daha çok, elde edilmesi gerekli 3kâr miktarının hesaplanmak istenmesi durumunda tercih edilmekte, bunun dışında başabaş noktasının cebirsel yolla hesaplanması daha çok tercih edilmektedir. Çünkü formül yoluyla hesaplama, deneme yanılma yoluyla yapılacak hesaplamadan daha az zaman almaktadır.

Lineer başabaş noktası analizi: Önceki bölümlerde anlatıldığı gibi, geleneksel başabaş analiz yöntemleri, bazı varsayımlara dayanan ve kısa vadede uygulanabilen yöntemlerdir. Dolayısıyla geleneksel başabaş grafiği, sadece kısa vadede ve belirli varsayımlar altındaki maliyet-hacim-kâr ilişkilerini gösterir. Uzun vade için, ilişkiler bir takım dâhili etkenler (yeni ürünler, üretim imkânları v.b.) ve harici etkenler (rekabet, genel ekonomi politikası v.b.) tarafından değiştirilirler. Bu durumda, söz konusu değişiklikleri dikkate alan analiz yöntemlerinin kullanılması gerekmektedir. Bu bölümde, lineer başabaş analizi diye adlandırılan bu yöntem hakkında bilgi verilecektir.

Varsayımların Değişmesi Durumunda Başabaş Analizi: Geleneksel başabaş analizinde kabul edilen varsayımlar değiştirildiğinde de başabaş analizi yapmak mümkündür. Ancak hesaplama biraz daha karmaşıklaşmaktadır. Geleneksel başabaş analizindeki varsayımlarda, sabit maliyetlerin hep aynı, satış fiyatının ve değişken giderlerinin sabit olduğu varsayılmıştı. Oysa yeni bir tesisin kurulması nedeniyle sabit maliyetlerde yükselme, hammadde fiyatlarında artış veya düşüş nedeniyle değişken giderlerde ve satış fiyatlarında değişiklik olabilir. Eğer, bu ve benzeri değişimler bir noktadan sonra meydana geliyor ve bu noktadan itibaren yine aynı düzeyde devam ediyorsa, grafik çözümünde kullandığımız çizgiler, kırık çizgiler olacaktır. Şekil 3.2'de ve Şekil 3.3'de sırasıyla sabit maliyetlerin değişmesi durumunda ve değişken maliyetlerin değişmesi durumunda başabaş noktalarını göstermektedirler.



Şekil 3.2 Sabit maliyetlerin değişmesi durumunda başabaş noktası



Şekil 3.3. Değişken maliyetlerin değişmesi durumunda başabaş noktası

Başabaş noktası alternatifleri: Bir işletmede başabaş noktasını aşağı çekerek kazancı arttırmanın üç temel yolu bulunmaktadır. Bunlar; sabit maliyetlerin azaltılması, değişken maliyetlerin azaltılması ve satış fiyatının arttırılmasıdır. Piyasaya yeni girmiş ve pazarda ürünlerini kabul ettirebilmek için savaş veren bir işletme, pazar payının büyük bir kısmını

kapmış üreticilerden daha değişik teşebbüsler içindedir. Bahsi geçen işletme (sabit maliyetlerini karşılayabilmek için), nakit elde edebilme problemleri ile karşı karşıya kalacağından mümkün olduğu kadar çok kazanma çabası içerisinde olacaktır. Bunun yanında pazar payının büyük bir kısmına sahip olan diğer üretici işletme ise mevcut satışlarını geliştirmek veya aynı düzeyde tutmak için yatırım araştırmalarına gidecektir. Görüleceği üzere, söz konusu işletmelerin kazançlarını artırmak veya en azından belirli bir seviyede tutabilmeleri için; yukarıda sözü edilen üç temel yol dışında, kapasite artırma, indirim gibi çeşitli başabaş noktası alternatiflerini değerlendirmeleri gerekmektedir. Başabaş noktası alternatiflerinin daha iyi anlaşılmasını sağlamak için konuyu örneklerle açıklamaya çalışacağız. Konuyla ilgili örnekler aşağıda verilmektedir.

Lineer olmayan başabaş noktası analizi: Bilindiği üzere bir işletmenin kârı, işletmenin maliyet yapısı ile gelirine bağlıdır. Bu iki fonksiyonu bilen bir mühendis için işletmenin kârını saptamak zor değildir. İşletmenin toplam gelirleri, toplam maliyetleri aşarsa işletme kâr, tersi durumunda zarar edecektir. Ancak burada önemli olan maksimum kârı sağlayacak piyasa fiyatı ile üretim miktarının saptanmasıdır. Başka bir deyişle işletme, hangi fiyat düzeyinde ne kadar mal üretmelidir ki elde edeceği kâr maksimum olsun. İşletmenin maksimum kâr etmesini sağlayan söz konusu üretim miktarına denge üretim miktarı denir. Üretimini bu düzeye çıkartan işletme dengeye ulaşmaktadır. Maksimum kârın elde edildiği üretim düzeyinin saptanmasında, işletmenin maliyet ve gelir eğrilerinden veya matematiksel yöntemlerden yararlanılmaktadır.

4. BULGULAR

4.1. Geri Dönüşüm Sistemi Maliyet Analizleri

Proje kapsamında ziyaret edilen santrallerden 20 tanesinde geri dönüşüm sisteminin bulunduğu ve bunlardan sadece İzmir ilinde bulunan tesisin sistemi aktif olarak kullandığı görülmüştür. Sistemlerin kullanılmamasında öne sürülen başlıca sebep sistemlerin işletmesinin zor olmasıdır. Görüşme yapılan tesis müdürlerine göre bu zorluk, sistemin manuel olarak çalışması ve transmiksler şoförlerinin geri dönüşüm esnasında sistemin başında beklemek istememelerinden dolayı, fazladan bir tane çalışan istihdam etme gereksinimi yaratmasıdır. Bunun yanında, yoğun üretim olan günlerde zamandan tasarruf etmek adına transmikslerin sadece gün sonunda yıkandığı belirtilmiş olup, yine şoförlerin beklemek istememeleri nedeniyle transmiksleri yıkadıktan sonra içerisindeki atıkları çöktürme havuzuna boşalttıkları ifade edilmiştir. İzmir ilinde bulunan tesiste ise yeterli depolama alanı bulunmaması sebebiyle hem transmiksler çeperinde oluşan atıklar hem de iade olan ve başka bir sevkiyatta kullanılamayan atıklar geri dönüşüm sistemine boşaltılmaktadır. Bu tesiste bulunan geri dönüşüm sisteminin diğer tesislerde bulunan sistemlerden farkı otomatik olarak çalışıyor olmasıdır. Bu durum, otomatik olarak çalışan tesislerin diğer tesislere göre daha kullanışlı ve tercih edilebilir olduğu görüşünü desteklemektedir. Proje kapsamında yapılmış olan maliyet analizleri ise, elde edilen sonuçların sektör çalışanlarını motive edebilmesi adına, otomatik olarak çalışan bir sistem üzerine yapılmıştır.

Bir yatırımın karlı olup olmadığını belirlemek adına yapılan maliyet analizlerinde, öncelikle o yatırım sonucu oluşan masraflar ile yatırımın sağlayacağı faydaların maliyetleri belirlenmelidir. Bu nedenle, geri dönüşüm sistemlerinin maliyet analizine geçilmeden önce bu sistemin kullanıcıları açısından fayda ve maliyetleri tanımlanmalıdır.

4.1.1. Geri dönüşüm sistemi fayda ve maliyetleri

4.1.1.1. İlk yatırım maliyeti

Geri dönüşüm sistemleri ile ilgili veriler Türkiye’de faaliyet gösteren geri dönüşüm sistemi üreticisi firmalarla yapılan görüşmeler sonucunda elde edilen verilerin ortalama değerleri alınarak belirlenmiştir. Bu görüşmeler sonucunda geri dönüşüm sistemlerinin ilk yatırım maliyetlerinin iki kalemden oluştuğu anlaşılmıştır. Birinci kalem geri dönüşüm sisteminin kurulacağı yerin altyapısını oluşturmak için yapılan masraflar olup ortalama 25.000 TL’dir. İkinci kalem ise geri dönüşüm sisteminin kendisi olup otomatik bir sistemin ortalama değeri nakliye ve kurulum masrafları ile beraber 150.000 TL’dir (50.000 €). Sonuç olarak, hazır beton tesislerinin geri dönüşüm sistemleri için ödemesi gereken ilk yatırım maliyeti 175.000 TL olarak belirlenmiştir.

4.1.1.2.Bakım ve onarım maliyeti

Üretici firmalar ile yapılan görüşmelerde, geri dönüşüm sistemlerinin kullanım ömürleri ortalama 25 yıl olduğu öğrenilmiştir. Bunun yanında, geri dönüşüm sistemlerinin karmaşık sistemler olmadığı ve her tesiste bulunan araç tamir bölümü çalışanlarının bu sistemlerin mekanik arızalarını kolaylıkla giderebileceği. Bu anlamda, geri dönüşüm sistemlerinin onarım maliyeti hakkında kesin bir değer hesap edilememesine rağmen, tesislerin bu işi kendi içerisinde çözdüğünden dolayı onarım maliyetinin ihmal edilebilir düzeyde olduğu kabul edilerek hesaplamalara dâhil edilmemiştir. Diğer taraftan, üretici firma yetkilisinin verdiği bilgiler doğrultusunda, geri dönüşüm sistemlerini aktif olarak kullanan hazır beton tesislerinin yaklaşık iki senede bir tambur tekeri (4 adet) ve elek parçalarını değiştirdiği anlaşılmıştır. Bu parçaların fiyatları ise tambur tekeri için 900 TL (300 €) ve elek için 750 TL (250 €) olup, hazır beton tesisleri iki yılda bir geri dönüşüm sistemlerinin bakımı için yaklaşık 4.350 TL masraf yapmaktadırlar.

4.1.1.3.Enerji maliyeti

Geri dönüşüm sistemleri elektrikle çalışan makinalardır. Ortalama atık işleme kapasitesi 15 m³/saat olan bir sistemin kullanacağı enerji miktarı 20 kW/saat'tir. 1 kW/saat elektriğin fiyatı 0,26 TL olduğu kabul edildiğinde, bir geri dönüşüm sisteminin atık geri dönüşümü için kullanacağı enerjinin maliyeti, $(20 \times 0,26) / 15 = 0,35$ TL/m³ olacaktır.

4.1.1.4.Sigorta maliyeti

Geri dönüşüm sistemi kullanan firmalarla görüşüldüğünde, bu sistemlerin sigorta maliyetlerinin, sistemin fiyatının yaklaşık %0,5 - %0,7'sine eşit olduğu belirlenmiştir. Hesaplamalarda, fiyatı 150.000 TL olan bir geri dönüşüm sisteminin yıllık sigorta maliyeti 1.000 TL olarak kabul edilmiştir.

4.1.1.5.Agrega tasarruf maliyeti

Transmikserlerin kazanlarından dökülemeyen ve/veya çeperlerine yapışıp kalan atık beton miktarları, her bir transmikserin beton döktükten sonra santrale geri döndüğünde gerçekleştirilen yıkama işlemi sırasında ölçülmüştür. Bu ölçümler sonucunda, teslim edilmek üzere santralden çıkan beton miktarının %0,3235'inin atık haline geldiği tespit edilmiştir. Teorik olarak her transmikserin döküm işleminden sonra yıkandığı göz önüne alındığında, yıllık toplam üretim miktarı 100.000 m³ olan bir beton santralinin ürettiği toplam atık miktarının; $100.000 \times 0,003235 = 323,5$ m³ olması beklenmektedir. Ancak uygulamada, iş yoğunluğu ve yıkama işleminin zaman alıyor olması nedeniyle, transmikserlerin gün içerisinde ve gün sonunda birer defa yıkandıkları

gözlemlenmiştir. Bu nedenle, yıllık toplam atık miktarı tespiti hesaplamalarında her bir transmikserin günde iki kere yıkandığı ve böylelikle iki defa atık ürettiği kabul edilmiştir. Transmikser sayısı üzerinden yapılacak hesaplamalarda kullanılmak üzere, yaş betonun transmikserde ortalama bekleme süresinin 1,5 saat olduğu varsayılarak, bir transmikserin günde ortalama 6 sefer yapacağı kabul edilmiştir. Ayrıca, beton santrallerinde farklı taşıma kapasitelerine sahip transmikserlerin bulunuyor olması, her bir transmikser için ortalama bir taşıma kapasitesi belirleme ihtiyacını doğurmuştur.

Bu çalışmada, bir transmikserin ortalama taşıma kapasitesi 10 m^3 olarak belirlenmiştir. Böylelikle ortalama üretim miktarı bilinen bir santral için ortalama atık miktarı, transmikser sayısı üzerinden tespit edilebilecektir. Zonguldak ilinde yapılan çalışmalarda, pilot beton santralinin yılda ortalama 100.000 m^3 yaş beton ürettiği hesaplanmıştır. Bir yılın 365 gün olduğu göz önüne alındığında bu miktar günde ortalama, $100.000 / 365 = 274 \text{ m}^3$ 'e karşılık gelmektedir. Bu miktardaki yaş betonu müşteriye teslim etmek için 10 m^3 taşıma kapasitesine sahip $274 / (6 \times 10) = 4,56 \approx 5$ adet transmiksere ihtiyaç duyulmaktadır. Bir günde 5 adet transmikserin kullanılması toplamda $5 \times 2 = 10$ sefer yıkamaya ve her bir yıkamada transmikserdeki beton miktarının %0,3235'inin atık haline gelmesine neden olacaktır. Sonuç olarak günde, $10 \times 10 \times 0,003235 = 0,3235 \text{ m}^3$ atık oluşur. Bu miktar yılda ortalama, $0,3235 \times 365 = 118,08 \text{ m}^3$ ve 1 m^3 betonun 2400 kg olduğu göz önüne alındığında, $2,4 \times 118,08 = 283,39$ ton yaş beton atığına eşittir. Yaş beton, yaklaşık olarak %80 agrega, %15 çimento ve %5 sudan oluşmaktadır. Bu oranlara göre 283,39 ton yaş beton atığının içinde;

$$283,39 \times 0,8 = 226,7 \text{ ton agrega,}$$

$$283,39 \times 0,15 = 42,58 \text{ ton çimento,}$$

$$283,39 \times 0,05 = 14,17 \text{ ton su bulunmaktadır.}$$

Atık su, geri dönüşüme katılmamakta ve ayrıca herhangi bir taşıma maliyeti oluşturmamaktadır. Piyasada satılan agreganın ortalama fiyatı, nakliye bedeli ile beraber, 18 (agrega fiyatı) + 8 (nakliye bedeli) = 26 TL/ton'dur. Yaş beton atığında yer alan agreganın tamamının geri dönüştürülmesi durumunda agrega alımından, $26 \times 226,7 = 5.894,2$ TL tasarruf edilecektir.

4.1.1.6. Su tasarrufu maliyeti

Günümüzde bütün hazır beton tesislerinde çökeltme havuzlarının kurulması işletme ruhsatı alımı için zorunlu olup buradan elde edilen su tekrar hazır beton üretiminde kullanılmaktadır. Diğer bir ifadeyle, hâlihazırda bütün hazır beton tesisleri suyu geri dönüştürmektedir. Dolayısıyla, tesislerin geri dönüşüm sistemleri kullanmaları su açısından fazla bir tasarrufa neden olmayacaktır. Bu anlamda, yapılan hesaplamalara bu tasarruf kalemi dâhil edilmemiştir.

4.1.1.7. Atık uzaklaştırma tasarruf maliyeti

Her ne kadar bütün tesislerde atık boşaltım alanı bulunuyor olsa da, bu alanların depolama kapasitesi sınırlıdır. Bu nedenle atık boşaltım alanı dolduktan sonra alanda bulunan malzemelerin belediyenin veya mahallin en büyük mülki amirinin izin verdiği alanlara ücret karşılığı boşaltılması gerekmektedir. Hazır beton santrali müdürleri ile yapılan görüşmelerde 28 ton kapasiteli bir kamyonla gerçekleştirilen atık uzaklaştırma maliyetinin kamyon başına yaklaşık 200 TL olduğu bildirilmiştir. Yükleme işlemi sırasında kullanılacak iş makinesinin (ekskavatör) yakıt ve operatör giderleri 170 TL/saat ve döküm yeri depolama bedeli de 2 TL/ton olarak hesaplanmıştır. Hesaplamalarda, beton atığının kazılabilirlik (yüklenbilirlik) katsayısı düşük olduğundan, yükleme kapasitesi $2,5 \text{ m}^3$ ($2,5 \times 2,4 = 6$ ton) ve döngü süresi 20 saniye (0,0055 saat) olan bir ekskavatör ile yükleme yapılacağı kabul edilmiştir. Yakıt ve operatör masrafları eklendiğinde ekskavatörün birim fiyatı, $(0,0055 \times 170) / 6 = 0,16$ TL/ton olmaktadır. Bu verilere göre agrega atığının geri dönüştürülmemesi halinde ortaya çıkacak yıllık uzaklaştırma bedeli, $(226,7 \times 200 / 28) + (226,7 \times 2) + (226,7 \times 0,16) = 2.108,31$ TL ödenmeyecek ve kazanç olarak hesaplanacaktır. Çimento atığı için benzer hesap yapıldığında, $42,58 \times (200 / 28 + 2 + 0,16) = 65,7 \times 9,3 = 396,12$ TL tasarruf elde edilmesi beklenmektedir. Ancak çimento atığı geri dönüşümde kullanılamaz halde olduğu için, geri dönüşüm tesisine sahip olan ve olmayan beton santralleri her iki durumda da atık uzaklaştırma bedeli ödeyeceğinden, uzaklaştırma bedeli hesaplamalarda bir değişikliğe sebep olmayacaktır.

4.1.1.8. Hurda maliyeti

Üretici firma yetkilisi ile yapılan görüşmede ürettikleri geri dönüşüm sistemlerinin 25 yıldır aktif olarak kullanılmaya devam edildiğini ve dolayısıyla da sistemlerin kullanım ömrü ile ilgili kesin bir değer verilemeyeceği ifade edilmiştir. Bu anlamda, yapılan hesaplamalarda emniyetli tarafta kalabilmek adına bir geri dönüşüm sisteminin kullanım ömrü 25 yıl olarak kabul edilmiştir. Bunun yanında, geri dönüşüm sistemleri genel demirden imal edilmekte olup toplam ağırlıkları yaklaşık 10 tondur. Bir ton hurda demirin tutarı yaklaşık 640 TL kabul edilirse, bu sistemin hurda değeri, $10 \times 640 = 6.400$ TL olacaktır.

4.1.1.9. Amortisman

İş makinelerinde genel olarak doğrusal (düz çizgi) amortisman hesabı kullanılmaktadır. Fiyatının 150.000 TL ve hurda maliyetinin 6.400 TL olduğu bilinen geri dönüşüm sisteminin, T.C. Gelir İdaresi Başkanlığı'nın verilerine göre faydalı ömrü 10 yıldır. Bu durumda geri dönüşüm tesisinin 10 yıl için yıllık amortismanı, $(150.000 - 6.400) / 10 = 14.360$ TL'dir.

Şirketin yıllık vergi oranı (V.O.) %20 olduğu kabul edilerek, bu amortisman miktarının şirkete 10 yıl boyunca yıllık faydası, $14.360 \times 0,20 = 2.872$ TL vergi indirimi olacaktır.

4.1.2. Zonguldak ve Isparta illeri için geri dönüşüm sistemi maliyet hesaplamaları

Çizelge 24’de, Zonguldak’ta faaliyet gösteren hazır beton üretim tesisinin üretim verileri göz önüne alınarak, geri dönüşüm sistemi için yapılan hesaplamalar sonucu yıllık fayda ve maliyetler gösterilmiştir. Isparta ilinde faaliyet gösteren tesisin üretim kapasitesiyle yakın olması, iki tesiste de yıllık 100.000 m³ değeri alındığı için, yapılan hesaplama direkt olarak 2 tesisin sonuçlarını doğuracaktır.

NPV (Net Bugünkü Değer): Net Bugünkü Değer hesaplanırken aşağıdaki notasyon (4.1) kullanılır.

$$NPV = |CF_0| + \sum_{j=0}^n CF_j (P/F, \%i, j) \quad (4.1)$$

Çizelge 4.1. Zonguldak ili için veriler

Fayda	Miktar	Birim Fiyat	Toplam (TL/yıl)
Agrega tasarruf	226,7 ton	26 (TL/ton)	5.894,2
Atık taşıma tasarruf	226,7 ton	9,3 (TL/ton)	2.108,31
Amortisman (%20 V.O.)	1	14.360 TL	2.872 (10 yıl için)
Hurda	1	6.400 TL	-
Maliyet			
İlk Yatırım	1	175.000	-
Bakım ve onarım	½	4.350 TL	2.175
Enerji	1	0,35 TL/m ³	41,33 (118,08 x 0,35)
Sigorta	1	1.000	1.000

Bu notasyona göre CF₀ ilk yatırım maliyeti olan 175.000 TL’dir. Bugünkü net değer, yıllık gelir ve giderler 25 yıl için hesaplandığında;

$$NPV = - 175.000 + 25 \times (5.894,2 + 2.108,31 - 2.175 - 41,33 - 1.000) + 10 \times 2.872 + 6.400$$

$$= - 175.000 + 119.654,5 + 28.720 + 6.400 = - 20.225,5\text{TL değerine eşittir.}$$

Bu sonuca göre bu yatırımın yapılmasının uygun olmayacağı anlaşılmaktadır.

Buradaki notasyonda ilk nakit akışı CF_0 'ın negatif (masraf) olduğu kabul edilmektedir. Geri kalan CF_j terimlerinin hepsi çoğunlukla pozitif (gelir) olmasına rağmen bunların işaretleri hakkında kabul yapılmamaktadır. $CF_j = A$ ($j = 1, 2, \dots, n$) özel durumunda (8)'den dolayı (7)'in aşağıda (9)'teki gibi olması gerekmektedir.

$$(P/A, \%i, n) = (P/A, \%i, n_1) + (P/F, \%i, n_1 + 1) + \dots + (P/F, \%i, n) \quad (4.2)$$

$$NPV = - |CF_0| + A (P / A, \%i, n) \quad (4.3)$$

NPV'nin bir diğer ismi ise azalan nakit akışı veya DCF'dir. Geri dönen toplam CF_j değeri (j yılındaki para), yatırılan $|CF_0|$ miktarını (0 yılındaki para) aştığında veya n yıl boyunca i oranında bileşik faiz kazanan ilk yatırım, geri dönüşü sağlamak için yetersiz kaldığında NPV'nin pozitif olduğu görülmektedir. Bir yatırımın ekonomik açıdan kabul edilebilir olması için NPV pozitif olmalı veya en kötü ihtimalle sıfır olmalıdır ($|CF_0|$ yatırımının sadece CF_j girdilerini kazandırmaya yeteceği durumda).

Fayda-Maliyet Oranı: Fayda-maliyet oranı (BCR) genellikle bir kamu projesinin değerini, kendi maliyetiyle ilişkili olarak belirlemek için kullanılmaktadır; bu kavram aşağıdaki gibi tanımlanmaktadır,

$$BCR \equiv (B - D) / C \quad (4.4)$$

Burada B, proje faydasının eşit olduğu değeri göstermekte; D, zararın eşit olduğu değeri göstermekte ve C ise projenin net maliyetini temsil etmektedir. Benzer olarak net fayda değeri (NBV) aşağıdaki gibi tanımlanmaktadır.

$$NBV \equiv B - D - C \quad (4.5)$$

Bir projenin yapılabilir olması için $BCR > 1$ veya $NBV > 0$ olmalıdır. Bununla birlikte, zararlar ve maliyetler arasındaki ayırım biraz varsayım dayandığından ve fayda miktarı genellikle çok kesin olarak belirlenemediğinden bu kural dikkatle uygulanmalıdır. BCR, zararların pay değeri içine yazılıp yazılmadığına veya maliyet biçiminde sınıflandırılıp payda değeri içine girip girmediğine bağlı olarak çok değişkenlik gösterebilmektedir. Eğer zararların sınıflandırılması hakkında endişe duyulursa, NBV yaklaşımını kullanmak daha uygundur, çünkü (4.5) zararların nasıl sınıflandırıldığına bakmaksızın aynı değeri vermektedir.

Zonguldak ilinde elde edilen veriler kullanıldığında, geri dönüşüm sisteminin BCR değeri 0,88 olarak hesaplanmıştır ve $0,88 < 1$ olduğu için yatırımın yapılmasının uygun olmayacağı anlaşılmaktadır. Ayrıca - 20.225,25 olan NBV değeri de sıfırdan küçük olduğu için bu yatırımın yapılmasının uygun olmayacağını göstermektedir.

$$\begin{aligned} \text{BCR} &= [25 \times (5.894,2 + 2.108,31 - 2.175 - 41,33 - 1.000) + 10 \times 2.872 + 6.400] \\ &/ 175.000 \\ &= [119.654,5 + 28.720 + 6.400] / 175.000 = 0,88 \end{aligned}$$

$$\text{NBV} = 119.654,5 + 28.720 + 6.400 - 175.000 = -20.225,5 \text{ TL} < 0$$

Doğrusal Yıllık Eşit Seriler: Doğrusal yıllık eşit seriler (EUAS), verilen bir nakit akış kümesinin eşit olduğu değeri (belirli bir zamanda, genellikle bugünkü) homojen yıllık ödemeler serisine dönüştürerek elde edilmektedir. Böylece, eğer faiz yıllık olarak birleştirilmişse,

$$\text{EUAS} = \text{PW} \times (\text{A} / \text{P}, \%i, n) \quad (4.6)$$

veya

$$\text{PW} = \sum_{j=0}^n \text{CF}_j (\text{P}/\text{F}, \%i, j) \quad (4.7)$$

ve

$$\text{EUAS} = \sum_{j=0}^n \text{CF}_j (\text{P}/\text{F}, \%i, j) \times (\text{A}/\text{P}, \%i, n) \quad (4.8)$$

şeklinde hesaplanır. EUAS, karar seçenekleri analiz edilirken sıklıkla kullanılmaktadır. $\text{CF}_0 < 0$ ve $\text{CF}_j > 0$ ($j > 0$) olan çok özel durumda i arttıkça, EUAS değerinin hemen hemen doğrusal olarak azaldığı gösterilebilmektedir. Ayrıca, (4.6)'da verildiği gibi, şimdiki değer (PW) (ve gelecekteki değer, FW) sıfır olduğu i değerinde EUAS sıfır olmaktadır.

Eğer nakit akışlarının çoğu veya hepsi negatifse (masrafsa), negatif EUAS değeri ile işlem yapmak uygun olabilmektedir; bu miktar doğrusal yıllık eşit maliyet (EUAC) olarak adlandırılmaktadır. EUAS veya EUAC hesaplanırken bazı sabit yıllık nakit akışlarının ihmal edilebilmesi (yıllık sabit bakım masrafı gibi) ve sonunda bu sabit miktara eklenebilmesi normaldir. Geri dönüşüm sisteminin EUAS değeri aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır.

$$\text{EUAS} = - 175.000 \times (\text{A}/\text{P}, \%9, 25) + [25 \times (5.894,2 + 2.108,31 - 2.175 - 41,33 -$$

$$1.000) + 10 \times 2.872] \times (A/P, \%9, 25) + 6.400 \times (A/P, \%9, 25) \\ = - 17.816,75 + 15.106 + 651,58 = - 2.059,17 \text{ TL}$$

Bu sonuca göre sistemin EUAS değeri, yani doğrusal yıllık eşit nakit akışı - 2.059,17 TL'dir.

İç Verimlilik Oranı: Bir nakit akış serisinin geri dönüş oranı (IRR), NPV'yi sifıra eşitleyen faiz oranının i^* değeridir. Buradan, eğer NPV i^* 'nin bir fonksiyonu olarak (8) yardımıyla grafiğe aktarılırsa, eğri i^* 'da kesecektir. Alternatif olarak, NPV'nin pozitif veya negatifin biraz üzerinde olduğu i değerleri deneme-yanılma ile bulunabilmekte ve bunların arasında i^* için lineer interpolasyon yapılabilmektedir.

Geri dönüşüm tesisinin kurulduğu ilk yılın sonunda, amortisman hariç, $5.894,2 + 2.108,31 - 2.175 - 41,33 - 1.000 = 4.786,18$ TL gelir elde edileceği hesaplanmıştır. Tesisin amortisman değeri 10 yıl için yıllık 14.360 TL'dir ve bu miktar şirkete yılda 2.872 TL kazanç sağlayacaktır. Tesisin 25 yıl çalışacağı kabul edildiğinde, %9 faiz oranı üzerinden şirketin 25 yıl sonraki geliri;

$$\text{Yıllık Gelir; } 25 \times 4.786,18 \times (F/P, \%9, 25) = 1.031.792,72 \text{ TL}$$

$$\text{Amortisman; } 10 \times 2.872 \times (F/P, \%9, 25) = 247.655,43$$

$$\text{Hurda değeri; } 6.400 \times (F/P, \%9, 25) = 55.187,84 \text{ TL.}$$

Böylelikle, bu yatırımın yapılması halinde 25 yıl sonra ele geçmesi beklenen miktar toplam; $1.031.792,73 + 247.655,43 + 55.187,84 = 1.334.636$ TL'dir.

Bu miktarın günümüzdeki değerinin ilk yatırım maliyetine eşit olduğu faiz oranı hesaplanırsa, bu yatırımın geri dönüş oranına ulaşılmış olacaktır. Bu oranı hesaplamak için; $-175.000 + 1.334.636 \times (P/F, \%i, 25) = 0$, denkleminde i faiz oranı yerine deneme yanılma yöntemi ile değerler atanacaktır.

$i = \%9$ için;

$$-175.000 + 1.334.636 \times (P/F, \%9, 25) = -20.225,5$$

$i = \%8$ için;

$$-175.000 + 1.334.636 \times (P/F, \%8, 25) = 19.880,05$$

İşlemlerin sonucunda NPV'yi sifıra eşitleyen i değeri, %8 ile %7 arasında bir değer çıkmaktadır. Bu değeri bulmak için lineer interpolasyon yapılarak;

$$1.334.636 / x = 175.000 = 7,6265$$

$$x = 7,6265$$

$$i_1 = 9 \text{ ve } x_1 = 8,6231$$

$$i_2 = 8 \text{ ve } x_2 = 6,8485 \text{ ise; } 7,6265 = 6,8485 + [(i - 8) / (9 - 8)] \times (8,6231 - 6,8485)$$

$i = 8,44$ olarak hesaplanır.

Bu sonuca göre, İç Verimlilik Oranı %8,44 'tür ve ilk belirlenen %9 oranından daha küçük olduğu için, bu yatırımın kabul edilebilir bir yatırım olmadığı anlaşılmaktadır.

Sermayenin geri dönüşü (CR): n yılın sonunda sadece P ilk maliyeti ve SV kurtarma değeri (gerçek veya tahmini) terimlerini içeren nakit akış serisine sahip bir mala EUAS/EUAC durumu uygulansın. Bu seri için,

$$PW = - P + SV (P/F, \%i, n) \quad (4.9)$$

ve buradan,

$$\begin{aligned} EUAC &= - EUAS = [P - SV(P/F, \%i, n)] \times (A/P, \%i, n) \\ &= P (A/P, \%i, n) - SV (A/F, \%i, n) \\ &= (P - SV) \times (A/P, \%i, n) + (i \times SV) \end{aligned} \quad (4.10)$$

eşitliği elde edilmiştir.

Genelde EUAS/EUAC değerinden farklı olarak CR, malla birlikte işletme ve bakım masraflarını göz önüne almamaktadır. Analiz uygulandığında;

$CR = (175.000 - 6.400) \times (A/P, \%9,25) + 0,09 \times 6.400 = 17.165,16 + 576 = 17.174,16$ TL sonucuna ulaşılmaktadır. Bu sonuç geri dönüşüm sisteminin yıllık net maliyetini göstermektedir.

Geri Ödeme Dönemi (PBP): PBP, paranın zaman değeri ihmal edilerek ilk yatırımın geri alınması için ihtiyaç duyulan zamandır. Buradan, $|CF_0|$ ilk yatırımı temsil etmek ve CF_j j. yıl için ($j = 1, 2, \dots, n$) net nakit girdisi olmak üzere geri ödeme dönemi aşağıdaki gibi bulunmaktadır.

$$|CF_0| = \sum_{j=0}^{PBP} CF_j \quad (4.11)$$

Eğer yıllık nakit girdileri eşitse veya ortalama bir değer kullanılırsa, o zaman (4.11) aşağıdaki hale gelmektedir,

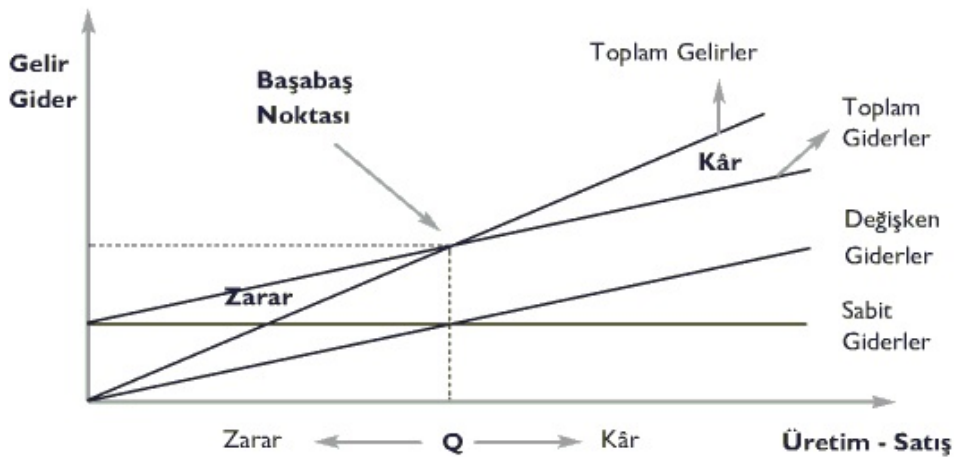
$$PBP = |CF_0| / YCF \quad (4.12)$$

ve burada YCF yıllık (ortalama) nakit girdisini temsil etmektedir.

EUAS değeri eksi (-) olan bir işletmenin PBP değeri yoktur. Zarar eden bir işletmenin yatırımı geri döndürmesi beklenemez. Ayrıca bu kavramda paranın zaman değeri ihmal edildiği için yukarıda tartışılan diğer yöntemlerin yerine geri ödeme yöntemi kullanılmamalıdır. Diğer taraftan, NPV veya IRR ana yöntem olarak kullanıldığında geri ödeme yönteminden ikincil analiz olarak yararlanılmaktadır.

B, D ve C'yi hesaplamak için bugünkü değer (NPV) ve gelecekteki değer yöntemi veya EUAS yaklaşımı, her üç terim için de aynı metottan yararlanılması şartıyla kullanılabilir.

Başabaş Noktası: İşletmenin gelir ve giderinin eşit olması için ne kadar üretim yapılmasını göstermektedir. Şekil 7'de yer alan grafik başabaş noktası analizinin bileşenlerini göstermektedir. Geri dönüşüm sistemi ile kaç ton beton atığı geri dönüştürülür ise, işletmenin gelir ve giderinin eşitleneceğini hesaplamak için yıllık giderler ve gelirler hesaplanmalıdır.



Şekil 4.1. Başabaş noktası grafiği

n: yıllık yaş beton atığı miktarı olmak üzere,

25 yıl için yıllık sabit giderler;

$$\text{İlk yatırım} = 175.000 \times (A/P, \%9, 25) = 17.816,75 \text{ TL}$$

$$\text{Bakım \& onarım} = 2.175 \times 25 \times (A/P, \%9,25) = 5.535,91$$

$$\text{Enerji} = (n \times 0,8 \times 0,35 / 2,4) \times 25 \times (A/P, \%9,25) = 0,29n$$

$$\text{Sigorta} = 1.000 \times 25 \times (A/P, \%9,25) = 2.545,25$$

$$\text{Toplam Gider} = 25.897,91 + 0,382n \text{ TL}$$

25 yıl için yıllık sabit gelirler;

$$\text{Agrega satın alma} = (n \times 0,8 \times 26) \times 25 \times (A/P, \%9, 25) = 52,94n$$

$$\text{Atık taşıma} = (n \times 0,8 \times 9,3) \times 25 \times (A/P, \%9, 25) = 18,94n$$

$$\text{Amortisman} = 10 \times 2.872 \times (A/P, \%9, 25) = 2.923,98$$

$$\text{Hurda değeri} = 6.400 \times (A/P, \%9, 25) = 651,58 \text{ TL}$$

$$\text{Toplam Gelir} = 71,88n + 3.575,56 \text{ TL}$$

olarak hesaplanmıştır. Buradan, Başabaş noktası = Gelirler – Giderler = 0 ise;

$$71,88n + 3.575,56 = 25.897,91 + 0,29n$$

$n = 311,81$ ton ($311,81 / 2,4 = 129,92 \text{ m}^3$) yaş beton atığı sonucu elde edilir. Bu sonuca göre, geri dönüşüm tesisinin başabaş noktası yıllık 311,81 ton ($129,92 \text{ m}^3$) yaş beton atığıdır. Bu değer aynı zamanda, NPV değerini 0 yapan yaş beton atık miktarına karşılık gelmektedir.

Zonguldak'ta faaliyet gösteren hazır beton tesisinde geri dönüşen agregaya maliyetini hesaplamak için sistemin 1 birim agregayı dönüştürme maliyetini hesaplamak gerekmektedir. Bu hesaplama için yıllık maliyetlerin yıllık agregaya miktarına oranının bulunması gerekir.

$$\text{Geri dönüşüm sisteminin yıllık maliyeti; } 175.000 \times (A/P, \%9, 25) + 2.175 \times 25 \times (A/P, \%9,25) + 41,33 \times 25 \times (A/P, \%9,25) + 1.000 \times 25 \times (A/P, \%9,25) = 17.816,75 +$$

$5.535,91 + 150,19 + 2.545,25 = 26.003,5$ TL olur. Buradan, yıllık dönüştürülen agrega miktarı 226,7 ton olduğuna göre geri dönüşen agrega maliyeti;

$$26.003,5 / 226,7 = 114,70 \text{ TL/ton olarak hesaplanır.}$$

4.1.3. Antalya ili için geri dönüşüm sistemi maliyet hesaplamaları

Zonguldak'ta yapılan çalışmalarda elde edilen verilerden farklı olarak Antalya'da ölçüm yapılan beton santralının ortalama yıllık üretim miktarı 300.000 m^3 olarak tespit edilmiştir. Bu miktara göre;

$$\text{Günlük beton üretim miktarı} = 300.000 / 365 = 821,92 \text{ m}^3,$$

$$\text{Günlük transmikser sayısı} = 821,92 / 10 / 6 = 13,69 \approx 14$$

$$\text{Günlük yıkma sayısı} = 14 \times 2 = 28$$

$$\text{Günlük yaş beton atık miktarı} = 28 \times 10 \times 0,003235 = 0,91 \text{ m}^3$$

$$\text{Yıllık yaş beton atık miktarı} = 0,91 \times 365 = 332,15 \text{ m}^3$$

$$\text{Yıllık yaş beton atık ağırlığı} = 332,15 \times 2,4 = 797,16 \text{ ton}$$

$$\text{Yıllık atık agrega miktarı} = 797,16 \times 0,8 = 637,73 \text{ ton}$$

Antalya ilinde yapılan çalışmalarda elde edilen veriler Çizelge 25'de gösterilmiştir. Bu verilere göre elde edilen verilere göre yapılan hesaplamalar aşağıdaki şekildedir.

Çizelge 4.2. Antalya ili için veriler

Fayda	Miktar	Birim Fiyat	Toplam (TL/yıl)
Agrega tasarruf	797,16 ton	26 (TL/ton)	20.726,16
Atık taşıma tasarruf	797,16 ton	9,3 (TL/ton)	7.413,59
Amortisman (%20 V.O.)	1	14.360 TL	2.872 (10 yıl için)
Hurda	1	6.400 TL	-
Maliyet			
İlk Yatırım	1	175.000	-
Bakım ve onarım	½	4.350 TL	2.175

Enerji	1	0,35 TL/m ³	116,25 (332,15 x 0,35)
Sigorta	1	1.000	1.000

NPV (Net Bugünkü Değer)

$$NPV = - 175.000 + 25 \times (20.726,16 + 7.413,59 - 2.175 - 116,25 - 1.000) + 10 \times 2.872 + 6.400$$

= - 175.000 + 621.212,5 + 28.720 + 6.400 = 481.332,5 TL değerine eşittir. Bu sonuca göre bu yatırımın yapılmasının uygun olacağı anlaşılmaktadır.

Fayda-Maliyet Oranı (BCR):

Antalya ilinde elde edilen veriler kullanıldığında, geri dönüşüm sisteminin BCR değeri 3,75 olarak hesaplanmıştır ve $3,75 > 1$ olduğu için yatırımın yapılmasının uygun olacağı anlaşılmaktadır. Ayrıca NBV değeri $481.332 > 0$ olması dolayısıyla da yatırımın yapılabilir bir yatırım olduğu fikri desteklenmiş olur.

$$BCR = [25 \times (20.726,16 + 7.413,59 - 2.175 - 116,25 - 1.000) + 10 \times 2.872 + 6.400] / 175.000 = [621.212,5 + 28.720 + 6.400] / 175.000 = 3,75$$

$$NBV = 621.212,5 + 28.720 + 6.400 - 175.000 = 481.332 \text{ TL} > 0$$

Doğrusal Yıllık Eşit Seriler (EUAS):

$$EUAS = - 175.000 \times (A/P, \%9, 25) + [25 \times (20.726,16 + 7.413,59 - 2.175 - 116,25 - 1.000) + 10 \times 2.872] \times (A/P, \%9, 25) + 6.400 \times (A/P, \%9, 25)$$

$$EUAS = - 17.816,75 + 866.169,63 + 651,58 = 49.004,46 \text{ TL}$$

Bu sonuca göre sistemin EUAS değeri, yani doğrusal yıllık eşit nakit akışı 49.004,46 TL'dir.

İç Verimlilik Oranı (IRR):

Geri dönüşüm tesisinin kurulduğu ilk yılsonunda, amortisman hariç, $20.726,16 + 7.413,59 - 2.175 - 116,25 - 1.000 = 24.848,5$ TL gelir elde edildiği hesaplanmıştır. Amortisman değeri 10 yıl için yıllık 14.360 TL'dir ve bu miktar şirkete yılda 2.872 TL kazanç getirecektir. Tesisin 2 yıl çalışacağı kabul edildiğinde, %9 faiz oranı üzerinden

şirketin 25 yıl sonraki geliri;

$$\text{Yıllık Gelir} = 25 \times 24.848,5 \times (F/P, \%9, 25) = 5.356.777,51 \text{ TL,}$$

$$\text{Amortisman} = 10 \times 2.872 \times (F/P, \%9, 25) = 247.655,43 \text{ TL,}$$

$$\text{Hurda değeri} = 6.400 \times (F/P, \%9, 25) = 55.187,84 \text{ TL olacaktır.}$$

Böylelikle, bu yatırımın yapılması halinde 25 yıl sonra ele geçmesi beklenen miktar toplam;

$$5.356.777,51 + 247.655,43 + 55.187,84 = 5.659.620,78 \text{ TL'dir.}$$

Bu miktarın günümüzdeki değerinin ilk yatırım maliyetine eşit olduğu faiz oranı hesaplanırsa, bu yatırımın geri dönüş oranına ulaşılmış olacaktır. Bu oranı hesaplamak için;

$$-175.000 + 5.659.620,78 \times (P/F, \%i, 25) = 0$$

Denkleminde i faiz oranı yerine deneme yanılma yöntemi ile değerler atanacaktır.

$$i=\%15 \text{ için, } -175.000 + 5.659.620,78 \times (P/F, \%15, 25) = -3.074,34$$

$$i=\%12 \text{ için, } -175.000 + 5.659.620,78 \times (P/F, \%12, 25) = 157.916,91$$

İşlemlerin sonucunda NPV'yi sıfıra eşitleyen i değeri, %15 ile %12 arasında bir değer çıkmaktadır. Bu değeri bulmak için lineer interpolasyon yapılarak;

$$5.659.620,78 / x = 175.000 = 32,3407$$

$$x = 32,3407$$

$$i_1 = 15 \text{ ve } x_1 = 32,9190$$

$$i_2 = 12 \text{ ve } x_2 = 17,0001 \text{ ise;}$$

$$32,3407 = 17,0001 + [(i - 12) / (15 - 12)] \times (32,9190 - 17,0001)$$

$$i = 14,89 \text{ olarak hesaplanır.}$$

Bu sonuca göre, İç Verimlilik Oranını %14,89'dır ve ilk belirlenen %9 oranından daha büyük olduğu için, bu yatırımın kabul edilebilir bir yatırım olduğu anlaşılmaktadır.

Sermayenin geri dönüşü (CR)

$CR = (175.000 - 6.400) \times (A/P, \%9,25) + 0,09 \times 6.400 = 17.165,16 + 576 = 17.174,16$ TL sonucuna ulaşılmaktadır. Bu sonuç geri dönüşüm sisteminin yıllık net maliyetini göstermektedir.

Geri Ödeme Dönemi (PBP):

$PBP = 175.000 / 49.004,46 = 3,57$ olarak hesaplanmıştır ve bu değer 4 yıla karşılık gelmektedir.

Başabaş noktası:

n: yıllık yağ beton atığı miktarı olmak üzere,

25 yıl için yıllık sabit giderler:

$$\text{İlk yatırım} = 175.000 \times (A/P, \%9, 25) = 17.816,75 \text{ TL}$$

$$\text{Bakım \& onarım} = 2.175 \times 25 \times (A/P, \%9,25) = 5.535,91$$

$$\text{Enerji} = (n \times 0,8 \times 0,35 / 2,4) \times 25 \times (A/P, \%9,25) = 0,29n$$

$$\text{Sigorta} = 1.000 \times 25 \times (A/P, \%9,25) = 2.545,25$$

$$\text{Toplam Gider} = 25.897,91 + 0,382n \text{ TL}$$

25 yıl için yıllık sabit gelirler:

$$\text{Agrega satın alma} = (n \times 0,8 \times 26) \times 25 \times (A/P, \%9, 25) = 52,94n$$

$$\text{Atık taşıma} = (n \times 0,8 \times 9,3) \times 25 \times (A/P, \%9, 25) = 18,94n$$

$$\text{Amortisman} = 10 \times 2.872 \times (A/P, \%9, 25) = 2.923,98$$

$$\text{Hurda değeri} = 6.400 \times (A/P, \%9, 25) = 651,58 \text{ TL}$$

$$\text{Toplam Gelir} = 71,88n + 3.575,56 \text{ TL olarak hesaplanmıştır. Buradan;}$$

$$\text{Başabaş noktası} = \text{Gelirler} - \text{Giderler} = 0 \text{ ise;}$$

$$71,88n + 3.575,56 = 25.897,91 + 0,29n$$

$n = 311,81$ ton ($311,81 / 2,4 = 129,92$ m³) yaş beton atığı sonucu elde edilir. Bu sonuca göre, geri dönüşüm tesisinin başabaş noktası yıllık 311,81 ton (129,92 m³) yaş beton atığıdır. Bu değer aynı zamanda, NPV değerini 0 yapan yaş beton atık miktarına karşılık gelmektedir. Bu değeri yıllık hazır beton üretim miktarlarına çevirirken, atık miktarlarının mikser sayısı üzerinden hesaplanması sebebiyle, kesin bir değer yerine bir değer aralığı bulunacaktır. Bu değer aralığını bulmak için birtakım hesaplamalar teze dahil edilmiştir.

Başabaş noktası değerine ulaşmak için, transmikser sayısının hesaplanması gerekmektedir. Bu hesaplamada öncelikle bulunan n değerinin güne indirilmesi gerekmektedir. Ortaya çıkan değer, 10 metreküp kapasiteli bir transmikserin kapasitesine ve TÜBİTAK projesi kapsamında hesaplanan 0,003235 atık katsayısına bölününce mikser sayımız ortaya çıkacaktır. Bu durumu matematiksel ifade etmek gerekirse,

m : transmikser sayısı

$$129,92 / 365 = 0,36$$

$$0,36 = (m \times 2) \times 10 \times 0,003235$$

$m = 5,56$ olduğuna göre, 6 adet transmikserin günde 6 sefer yapması yeterli olacaktır. Buna göre yıllık toplam üretim aralığı şu şekilde olacaktır.

B : yıllık hazır beton üretim miktarı (m³) olmak üzere,

$5,01 = (B_{\min} / 365) / (6 \times 10)$ eşitliğinden, $B_{\min} = 109.719$ m³ olacaktır. Aynı şekilde,

$$6,00 = (B_{\max} / 365) / (6 \times 10)$$
 eşitliğinden, $B_{\max} = 131.400$ m³ olacaktır.

B_{\min} ve B_{\max} değerlerine göre, bir hazır beton firması yılda 109.719 – 131.400 m³ arası üretim yapıyor ise, geri dönüşüm sistemin başabaş noktasına ulaşıyor demektir. Dolayısıyla 109.719 m³ ve üzeri üretim yapan hazır beton tesislerinin yapacağı geri dönüşüm sistemi yatırımı başabaş noktasına ulaşabileceği ve zarar etmeyeceği söylenebilir.

Geri dönüşen agrega maliyetini hesaplamak için sistemin 1 birim agregayı dönüştürme maliyetini hesaplamak gerekmektedir. Bu hesaplama için yıllık maliyetlerin yıllık agrega miktarına oranının bulunması gerekir.

Geri dönüşüm sisteminin yıllık maliyeti,

$175.000 \times (A/P, \%9, 25) + 2.175 \times 25 \times (A/P, \%9,25) + 116,25 \times 25 \times (A/P, \%9,25) + 1.000 \times 25 \times (A/P, \%9,25) = 17.816,75 + 5.535,91 + 295,89 + 2.545,25 = 26.193,8$ TL ve yıllık dönüştürülen agrega miktarı 981,12 ton olduğuna göre geri dönüşen agrega maliyeti;

$26.193,8 / 797,16 = 32,86$ TL/ton olarak hesaplanır.

Piyasa araştırma sonucu agrega maliyeti, 18 TL agrega fiyatı + 8 TL nakliye ücreti olarak toplam 26 TL olarak tespit edilmişti. Ancak hazır beton santralının geri dönüşümden üreteceği agreganın fiyatını, piyasadaki fiyatın nakliye hariç 18 TL olan kısmı ile karşılaştırmak daha doğru olacaktır. Bu fiyata agrega üretmek için, bir beton santralının yılda üretmesi gereken hazır beton miktarını bulmak için;

n: yaş beton atık miktarı olmak üzere,

$$[175.000 \times (A/P, \%9, 25) + 2.175 \times 25 \times (A/P, \%9,25) + (n \times 0,8 \times 0,35 / 2,4) \times 25 \times (A/P, \%9,25) + 1.000 \times 25 \times (A/P, \%9,25)] / (n \times 0,8) = 18$$

$$18 = (17.816,75 + 5.535,91 + 0,29n + 2.545,25) / 0,8n$$

$n = 1.835,43$ ton ($764,76 \text{ m}^3$) değeri kullanılabilir. Bu hesaba göre, yılda 1.835,43 ton atık üreten hazır beton şirketlerinin kendi tesislerinde üretecekleri agrega fiyatı 18 TL olacaktır. Bu miktarda bir atık üretimi için gereken yıllık üretim miktarı aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır.

m: transmikser sayısı olmak üzere,

$$764,76 / 365 = 2,09$$

$$2,09 = (m \times 2) \times 10 \times 0,003235$$

$m = 32,3$ olduğuna göre, 33 adet transmikserin günde 6 sefer yapması yeterli olacaktır. Buna göre yıllık toplam üretim aralığı şu şekilde olacaktır.

B: yıllık hazır beton üretim miktarı (m^3)

$$33,01 = (B_{\min} / 365) / (6 \times 10)$$

$$B_{\min} = 722.919 \text{ m}^3$$

$$34,00 = (B_{\max} / 365) / (6 \times 10)$$

$$B_{\max} = 744.600 \text{ m}^3$$

B_{min} ve B_{max} değerlerine göre, hazır beton tesisinin 18 TL'ye agrega üretmesi için yılda 722.919 – 749.600 m³ arasında üretim yapması gerekmektedir. Dolayısıyla, 749.600 m³ ve üzeri üretim yapan hazır beton tesislerinin, geri dönüşüm sistemlerinden elde ettikleri agregayı piyasa fiyatına üretmiş olacakları söylenebilir.

THBB'ye göre 2014 yılında 107 milyon m³ hazır beton üretilmiştir. Bu miktar göz önüne alındığında günde ortalama $107.000.000 / 365 = 293.150,69$ m³ beton üretilmiştir. Bu miktarda betonu teslim etmek için yine günde 6 seferden toplam $293.150,69 / 6 / 10 = 4.886$ adet transmiksere ihtiyaç duyulacaktır. Günde 2 defa yıkandığı düşünülüğünde $4.886 \times 2 = 9.772$ defa atık olacaktır. Böylelikle, ortalama 10 m³ beton taşıyan transmikseler kullanıldığında günlük atık miktarı $9.772 \times 10 \times 0,003235 = 316,12$ m³'tür ve bu miktar yılda $316,12 \times 365 = 115.383,8$ m³'e eşit olmaktadır.

Türkiye'de en çok kullanılan üç beton sınıfının (C20, C25 ve C30) birim fiyatlarının ortalaması ve Portland çimentonun ortalama birim fiyatı alınarak yapılan hesaplamalar sonucunda, Türk inşaat sektörünün yıllık yaş beton atığı maliyetleri aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır.

Hazır beton ortalama fiyat: 135 TL/m³

Agrega ortalama fiyat: 26 TL/ton

Portland çimento ortalama fiyat: 150TL/ton + 20 TL (Nakliye) = 170 TL/ton

Ortalama yıllık atık: 115.383,8 m³

Ortalama yıllık atık maliyeti: $115.383,8 \times 135 = 15.576.813$ TL

Agrega atığı: $115.383,8 \times 0,8 = 92.370,04$ m³ = 221.536,9 ton

Agrega atık maliyeti: $221.536,9 \times 26 = 5.759.960$ TL

Çimento atığı: $115.383,8 \times 0,15 = 17.307,57$ m³ = 41.538,17 ton

Çimento atık maliyeti: $41.538,17 \times 170 = 7.061.488,9$ TL

Bu değerlere göre, yıllık yaş beton atığı miktarı bir bütün olarak hesaplanırsa, israf edilen miktar 15.756.813 TL'dir. Ayrıca agrega ve çimento atığı miktarları ayrı ayrı

ölçülmek istenirse, hazır betonun içerik oranları göz önüne alındığında, yılda 5.759.960 TL atık agrega ve 7.061.488,9 TL atık çimento maliyeti oluştuğu görülecektir.

5. TARTIŞMA

Geri dönüşümü amaç edinen araştırma projesi kapsamında; hazır beton üretim tesislerinde ortaya çıkan atıkların sebepleri, betonun transmikser dolumu ve yıkanması sırasında oluşan, transmikserlerden numune alınması sonucu oluşan, transmikserin iç çeperine beton yapışması sonucu oluşan ve iade edilen beton nedeniyle oluşan atıklar olarak saptanmıştır. Beton üretiminde, daha küçük metrajlarda da olsa, santralde oluşan arızalar veya yanlış reçete üretimi neticesinde oluşan atıklar da bulunmaktadır. Bu metrajlar düşük olsa dahi hesaplamada bulunan değerlerin harici atıkların olduğu da unutulmamalıdır. Ölçümünün zorluğu ve miktarının düşüklüğü nedeniyle bu atıklar hesaplamalara dâhil edilmemiştir. İade beton miktarları, hazır beton tesislerinin üretim ve satış politikaları ekseninde yaptığı düzenlemeler ile düşük seviyelere çekilmiştir. İade betonlar ya beton sınıfı aynı veya daha düşük olan projelerde kullanılmaktadır ya da hazır beton tesisi içerisinde bir bölgeye dökülerek priz almasının ardından kırılarak tekrar kullanılmaktadır. Bu sebeple, yaş beton atığı hesaplamalarında, iade beton miktarları kullanılmamıştır. Böylelikle, atık oluşum sebepleri irdelenmiş ve sonuç olarak transmikserin iç çeperine yapışarak dökülemeyen beton miktarları, çalışma kapsamında yapılan hesaplamalarda kullanılmıştır. Bu miktarların transmikser başına üretim esasına dayanması sebebiyle de Türkiye’de yılda üretilen beton miktarını teslim etmek için gerekli günlük transmikser sayıları göz önünde bulundurulmuştur. Buradan varılan bilgiler Yaşam Döngü Maliyeti hesaplarında kullanılmıştır.

Ölçüm yapılan hazır beton santrallerinden Zonguldak ve Isparta illerinde faaliyet gösterenler, yılda ortalama 100.000 m³ üretim yapmakta ve bu üretime bağlı olarak yılda yaklaşık 283,39 ton (118,08 m³) yaş beton atığı üretmektedirler. Yaş beton, yaklaşık olarak %80 agrega, %15 çimento ve %5 sudan oluşmaktadır. Bu oranlara göre 283,39 ton yaş beton atığının içinde; $283,39 \times 0,8 = 226,7$ ton agrega, $283,39 \times 0,15 = 42,58$ ton çimento $283,39 \times 0,05 = 14,17$ ton su bulunmaktadır. Söz konusu firmaların, ilk yatırım maliyeti 175.000 TL ve kullanım ömrü 25 yıl olan geri dönüşüm sistemlerine sahip olmaları durumunda, yatırımlarının NPV değeri - 20.225,5TL olmaktadır ve bu sonuca göre yapılması uygun olmayan bir yatırım yapıldığı ortaya çıkmıştır. Bununla beraber, hesaplamalarda kabul edilen birim fiyatların ve sabit gider miktarlarının değişiklik göstermesi durumunda yeniden hesaplama yapmak gerekebilir. Kabul edilen değerler ışığında, Zonguldak ve Isparta illerinde faaliyet gösteren hazır beton firmalarının yapacağı geri dönüşüm sistemi yatırımlarının fayda-maliyet oranı (BCR) 0,88 olarak hesaplanmıştır. Bu değer 1’den küçük olması, geri dönüşüm sistemi yatırımının yapılması halinde yanlış bir tercih yapılmış olacağını ortaya koymaktadır. Ayrıca, doğrusal yıllık eşit seriler (EUAS) yöntemi ile hesaplanan değer, firmanın yıllık - 2.059,17 TL nakış akışına sahip olacağını ortaya koymaktadır. Bu değer, firmanın zarar ettiğini göstermektedir. Bunun yanında sermayenin dönüşü (CR) ise 17.174,16 TL’dir ve bu sonuç geri dönüşüm sisteminin yıllık net maliyetini göstermektedir. Hesaplamalarda yıllık faiz oranı %9 olarak kabul edilmiştir. Bu oran göz önüne alındığında, yapılacak yatırımın sermayesinin kazanacağı değerle karşılaştırmak adına yapılan iç verimlilik oranı (IRR) %8,44 olarak hesaplanmıştır. Bu değer, söz konusu yatırımın yapılması halinde kullanılacak sermayenin doğru bir şekilde değerlendirilmemiş olacağını göstermektedir. Bu sonuçlara ek olarak, bir işletmenin kâra geçmesini sağlayacak üretim miktarını hesaplamak için kullanılan, başabaş noktası analizi yapılmıştır. Bu analiz sonucunda,

kabul edilen değerler göz önüne alındığında, geri dönüşüm sistemine sahip bir hazır beton firmasının bu yatırımdan kâr etmeye başlaması için yılda ortalama 311,81 ton (129,92 m³) yaş beton atığını geri dönüştürmesi gerekmektedir. Bu değer, geri dönüşüm sistemine sahip olmayan beton santralleri için yapılacak fizibilite çalışmalarına kılavuz olacak niteliktedir. Ayrıca, bu sistemlerin geri dönüştürdüğü agreganın maliyeti de hesaplanmıştır. Bu hesaplamalara göre, yılda 100.000 m³ hazır beton üretimi yapan hazır beton firmaları için, kendi tesislerinde üretecekleri geri dönüştürülmüş agreganın maliyeti 114,70 TL/ton'dur.

Antalya'da faaliyet gösteren hazır beton firmasının yıllık üretim miktarı 300.000 m³ olarak tespit edilmiştir. Zonguldak ve Isparta illerinde üretim yapan tesislerin yaklaşık 3 katı kadar üretim yapan bu tesisin, beklenen yıllık ortalama yaş beton atık miktarı 797,16 ton (332,15 m³) dur. Bu miktarda atık üreten bir beton santralının NPV değerinin aynı oranda yüksek çıkması beklenir. Söz konusu beton santralının NPV değeri, birim fiyatlar Antalya ve Isparta illeri için seçilenlerle aynı olmak üzere, 481.332,5 TL olarak hesaplanmıştır ve bu sonuca göre yatırımın karlı bir yatırım olacağı söylenebilir. Fayda-maliyet oranı olan BCR değeri ise 3,75 olarak hesaplanmıştır ve aynı şekilde yatırımın karlı bir yatırım olacağına işaret etmektedir. Bir sonraki adımda hesaplanan EUAS değerine göre, bu yatırımın yapılması halinde yıllık net nakış akışı miktarı 49.004,46 TL olarak tespit edilmiştir. CR değerinin hesaplanmasında ürün miktarı ve sabit giderler hesaba dâhil edilmediği için, aynı özelliklere ve birim fiyatlara sahip geri dönüşüm sistemlerinin CR değerleri coğrafi konuma göre değişmeyecektir. Yılda 300.000 m³ hazır beton üreten bir tesise geri dönüşüm sistemi yatırımı yapılması halinde, dönüştürülebilecek atık miktarının etkisiyle, yatırımın 4 yıllık bir PBP değerine sahip olduğu görülmüştür. Dahası, Antalya'daki beton santraline kurulacak bir geri dönüşüm tesisinin IRR değeri %14,89 olacaktır ve bu oran, yıllık faizi oranı %9 olarak kabul edildiğinde, yapılacak bir yatırımın şirket için karlı bir hamle olacağını göstermektedir. Başabaş noktası analizi yapılırken kabul edilen birim fiyatların ve geri dönüşüm sistemi özelliklerinin aynı olması dolayısıyla, Antalya, Isparta veya Zonguldak örnekleri için başabaş noktasında bir farklılık ortaya çıkmamaktadır. Ek olarak, piyasadaki malzeme fiyatları göz önüne alındığında, Antalya'da faaliyet gösteren geri dönüşüm tesisinin agrega üretim maliyeti olan 32,86 TL/ton olacaktır.

Başabaş noktası için gereken yıllık hazır beton üretim miktarı kesin bir değer olarak değil, bir değer aralığı olarak hesaplanmıştır. B_{min} ve B_{max} değerlerine göre, bir hazır beton firması yılda 109.719 – 131.400 m³ arası üretim yapıyor ise, geri dönüşüm sistemin başabaş noktasına ulaşıyor demektir. Dolayısıyla 109.719 m³ ve üzeri üretim yapan hazır beton tesislerinin yapacağı geri dönüşüm sistemi yatırımı başabaş noktasına ulaşabileceği ve zarar etmeyeceği söylenebilir.

Araştırma kapsamında ortaya konulan aralık sayesinde, işletmelerin üretim kapasitelerini kontrol ederek, yatırımın ne oranda karlı olduğunu tahmin edebilirler. Diğer bir açıdan, elinde hazır beton geri dönüşüm tesisi bulunduran ancak kar elde etmeyen işletmenin, ne oranda kapasitesini arttırırsa kara geçeceğini saptayabilir. Bu örnekler ve benzerleri, çalışmanın pratikte uygulanabilirliğinin kanıtı niteliğindedir.

6. SONUÇ

Çalışma kapsamında yapılan yerinde ölçümler ve kaynağından alınan veriler sonucu elde edilen çıktılar, ilgili hesaplama yöntemleri ile işlendiğinde, hazır beton tesislerinin geri dönüşüm sistemlerine sahip olması durumunda elde edecekleri ekonomik faydalar ortaya çıkarılmıştır. Santrallerin karşılaştıkları güçlüklerle de değinilmiş, bunların aşılmasına yönelik fikirler sunulmuştur. Atık oluşumunun önüne geçmenin çok zor olduğu düşünüldüğünde, geri dönüşüm ve yeniden kullanım fikirleri ön plana çıkmaktadır.

Hazır beton geri dönüşüm tesisleri yüksek işletme maliyeti ve karmaşık bir işletme sürecine sahip olmayan, temel olarak yaş beton atığının su ile yıkanarak agregaların ayrıştırılmasına dayanan sistemlerdir. Otomatik mantıkta çalışan modelleri işletmek için istihdam ihtiyacının da önüne geçmektedir. Türkiye hazır beton üretim kapasitesi bakımından dünyada 3ncü Avrupada ise 1nci (THBB) olmasına rağmen geri dönüşüm sistemine ve atık ayrıştırma düzeneğine sahip santral oranı düşüktür. Bu kapsamda, Türk inşaat sektörünün yaş beton atığı ve bu atığın geri dönüştürülme sorununun çözümüne fayda sağlaması beklenen geri dönüşüm sistemlerinin yaygınlaştırılmasını teşvik edecek bir çalışma ihtiyacı doğmuştur. Çalışmanın sonucu niteliğinde, hem hazır beton üretim sektöründe hem de diğer sektörlerde, geri dönüşüme karşı kurulan mesafenin kırılması amaçlanmıştır. Bu bağlamda, söz konusu sistemlerin kullanım ömürlerinin uzunluğu ve bakım-onarım masraflarının düşüklüğü ile kolaylığı göz önüne alındığında, hazır beton tesisi sahibi firmalar için teşvik edici birer yatırım oldukları bir kez daha söylenebilir.

Çalışmanın sonunda ortaya konulan verilere bakıldığında, yılda 311,81 ton (129,92 m³) ve üzeri yaş beton atığı ürettiği belirlenen tüm hazır beton tesisleri için, geri dönüş sistemi kurmak ekonomik anlamda faydalı bir yatırım olacaktır. Bir hazır beton tesisinin yılda ortalama 129,92 m³ atık oluşturması için, yıllık ortalama üretiminin en az 109.719 m³ olması gerekmektedir. Zonguldak ve Isparta illerinde faaliyet gösteren, yılda 100.000 m³ hazır beton üreten, tesislerin geri dönüşüm sistemi yatırımı yapmaları durumunda, yatırımlarının NPV değeri -20.225,5 TL, fayda-maliyet oranı 0,88 ve iç verimlilik oranı %8,44 olacaktır. Bu değerler, söz konusu yatırımın yapılabilir olmadığını göstermektedir. Antalya'nın büyük şehir olması ve dolayısıyla inşaat faaliyetlerinin yoğunluğunun fazla olması beton üretimini de doğal olarak arttırmıştır. Benzer şekilde Türkiye'de inşaat faaliyetleri yoğun olan iller için, 300.000 m³ yıllık üretim miktarı ile Antalya örneği, geri dönüşüm sistemi yatırımının geri ödeme süresinin 4 yıl ve NPV değerinin 642.112,25 TL olması, yatırımın karlı bir yatırım olacağını göstermektedir. Üretim miktarının artması, doğal olarak yatırımın kar oranının da artması beklenmektedir. Antalya ili için yapılan hesaplamalarda ulaşılan %14,89 iç verimlilik ve 3,75 fayda-maliyet oranları bu beklentiyi karşılayabilecek niteliktedir.

Ayrıca Antalya ilinde faaliyet gösteren hazır beton tesisi için, geri dönüşüm sistemi marifetiyle üretilen geri dönüştürülmüş agreganın fiyatı 32,86 TL/ton olarak hesaplanmıştır. B_{min} ve B_{max} değerlerine göre, geri dönüştürülen agrega maliyetinin piyasadaki fiyatı olan nakliye hariç 18 TL'ye eşit olması için gereken yıllık üretim miktar aralığı 722.919 – 749.600 m³ olarak tespit edilmiştir. Dolayısıyla 722.919 m³ ve üzeri

üretim yapan hazır beton tesislerinin geri dönüşüm sistemlerinden elde ettikleri agregayı piyasa fiyatına veya daha ucuza üretmiş olacakları söylenebilir.

Söz konusu üretim miktarları Türkiye genelinde hesaplandığında ise ortaya çıkan sonuçlar dikkat çekicidir. THBB'ye göre 2014 yılında 107 milyon m³ hazır beton üretilmiştir. Bu miktar göz önüne alındığında yılda ortalama 115.383,8 m³ yaş beton atığı oluşmaktadır. Bu atık nedeniyle inşaat sektörünün yıllık israfı 15.576.813 TL'dir. Ayrıca, hazır betonun içerik oranları göz önüne alındığında, yılda 5.759.960 TL TL atık agrega ve 7.061.488,9 TL atık çimento maliyeti oluştuğu görülecektir. Çevresel etmenler de göz önüne alındığında bu faydaların sosyal olarak da artması beklenecektir. Türkiye'de hizmet veren hazır beton üreticisi firmaların, geri dönüşüm sistemlerine sahip olma oranının artırılması, hem atık betonun maliyeti, hem agrega geri dönüşümünden elde edilecek tasarruf, hem de söz konusu atığın önlenmesi ile elde edilebilecek çevresel faydaların miktarlarının artmasını sağlayabilecek ve ülke ekonomisine olumlu katkı yapabilecektir.

Geri kazanım işlemini sürekli hale getirmek, öncelikle öneminin farkındalığıyla başlamaktadır. Çözüm için tek bir yöntem uygulaması yeterli değildir. Bu bilinci üretimde bulunan her safha için uygulamak gerekir. Geri kazanımdan elde edilen ürünlerin tamamının santralde kullanılabilmesi, atık veya bertaraf edilmesi gereken malzemenin olmaması anlamına gelmektedir. Bu durum ise ham madde tüketiminde azalma, stok sahalarının farklı şekilde değerlendirilebilmesi ve işletmeye maddi açıdan kazanç anlamına gelmektedir.

İşletmelerin kısa süreli değil de uzun vadede düşünmeleri, oluşan atıkların yıllarla çarpılacak ve giderek artacağına farkına varması "geri kazanım", "çevre", "tasarruf", "yeniden kullanım" gibi kelimelerin daha sık duyulacağı anlamına gelmektedir. Aynı zamanda, doğada sınırlı miktarda bulunan ve kendini yenileme kabiliyetinin çok düşük olduğu doğal kaynakların da korunması sağlanmış olacaktır. Beton üretiminde avrupada sektör lideri olan ülkemiz (THBB Hazır Beton Sektörü İstatistikleri – 2012), aynı efor ve başarıyı geri kazanım ve daha temiz bir çevre için de göstermesi gerektiği aşikardır.

KAYNAKLAR

- EMIS (A Euro Money Institutional Investor Company). 2014. Construction sector Turkey.
- AGRAWAL, SK. 1990. Waste Management: A Systems Perspective, Industrial.
- AKDOĞAN, N. 1994. Tekdüzen muhasebe sisteminde maliyet muhasebesi uygulamaları 3. Baskı. Ankara Serbest Muhasebeciler Mali Müşavirler Odası Yayınları, Ankara.
- AKGÜÇ, Ö. 1998. Finansal yönetim. Muhasebe Enstitüsü Eğitim ve Araştırma Vakfı Yayın No: 17, İstanbul.
- ALTAYLI, B. 1995. Sistem analizi ve maliyet-etkinlik-1. Hava Basımevi ve Neşriyat Müdürlüğü, Ankara.
- KELLY A. 1997. Maintenance Strategy, Butterworth-Heinemann, Oxford, Jordan Hill, 8 p.
- BARBER, H. and EL-ADAWAY, I. (2014). Economic performance assessment for the construction industry in the South-eastern United States." *J. Manage. Eng.*, 31 (2).
- BARRINGER, HP. and Weber P.D. 1996. Life cycle cost tutorial, fifth international conference on process plant reliability, *Gulf Publishing Company*, Houston, Texas, 3 (2): 3-7 p.
- BARTONE, C. 1990. Economic and policy issues in resource recovery from municipal solid wastes. *Resources, Conservation and Recycling*, 4 s.
- BAŞARAN, M. 1998. Savunma kararlarına modern yaklaşım. Maliyet-Etkinlik Değerlendirmeleri, *Kara Harp Okulu Matbaası*, Ankara.
- BAYAR, D. ve AYDIN, N. 1994. İşletmelerde finansal yönetim. *ETAM*, Eskişehir.
- BAYTAN, M. 2007. Origins and magnitude of waste in the Turkish construction industry. MSc. Thesis, Middle East Technical University.
- BEA (U.S. Bureau of Economic Analysis). 2011. GDP by Industry Data.
- BESCHERER, F. 2005. Established Life Cycle Concepts in the Business Environment Introduction and Terminology, http://www.tuta.hut.fi/library/raportit/teta_report/report%20Bescherer%20final.pdf. [Son erişim tarihi: 11.10.2005]
- BOLES, KE. and FLEMIN, ST. 1996. Breakeven under capitation: pure and simple.

Health Care Management Review, 2: 38-47 p.

BOSSINK, BAG. and BROUWERS, HJH. 1996. Construction waste: quantification and source evaluation. *Journal of Construction Engineering and Management*, 122: 1, 55-60 p.

BOUSSABAIN, A. and KIRKHAM, RJ. 2004. Whole life cycle costing risk and risk responses. *Blackwell Publishing*.

BREALEY, RA., MYERS, SC. and MARCUS, A. 2001. İşletme finansının temelleri (Çev. BOZKURT, Ü, ARIKAN, T. and DOĞUKANLI, H.), *McGraw-Hill-Literatür Ortak Yayını*, İstanbul.

BUNCHER, M. and ROSENBERGER, C. 2005. Understanding The True Economics of Using Polymer Modified Asphalt Hotouguh Life Cycle Cost Analysis. Asphalt Pavement Alliance, IM029, 1-4 p.

CANDAN, A. 2003. Savunma sistemleri tedarikinde ömür devri maliyet sürecinin maliyet risk analizi. Yüksek Lisans Tezi, Ankara, K.H.O. Savunma Bilimleri Enstitüsü, 7 s.

CHO, YH. and YEO, S.H. 2004. Application of recycled waste aggregate to lean concrete subbase in highway pavement. *Canadian Journal of Civil Engineering*, 31: 1101–1108.

CIAMBRONE, DF. 1997. Environmental life cycle analysis. New York, Lewis Publishers, 5 p.

CLAYTON, KC. and HUIE, JM. 1973. Solid wastes management the regional approach. Ballinger Publisher Company, Cambridge, Cliffs, New Jersey, USA.

COINTREAU, LS. and COAD, A. 2000. Guidance pack executive overview. Private Sector Participation in Solid Waste Management.

COLE, RJ. and STERNER, E. 2000. Reconciling theory and practice of life cycle costing. *Building Research & Information*, 28 (5/6): 368-375.

COŞKUN, U. 2007. Hazır beton santrallerinde geri dönüşüm sistemi ile kazanılan atık suyun (milli su) beton üretiminde değerlendirilmesi. Yüksek lisans tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Afyonkarahisar.

CURİ, K. 1997. Türkiye’de katı atıkların geri kazanılması ve uzaklaştırılması sorunları. Katı Atık ve Çevre, Ekim, 28 s.

DAJANI, JS. and WARNER, D. 1980. Solid waste systems planning. Handbook of Environmental Engineering: Solid Waste Processing and Resource Recovery, Ed. L. K. Wang, N. C. Pereira, Vol. 2, the Human press, New Jersey, USA.

- DAVID, IC. and WILLIAM, RK. 1975. System Analysis and Project Management. Second Edition, New York, Mc Graw Hill Inc., 187 p.
- DEMİR, MH. ve GÜMÜŞOĞLU, Ş. 2003. Üretim Yönetimi (6. Baskı). BETA Basım A.Ş., İstanbul.
- DHILLON, BS. 1989. Life cycle costing, techniques, models and applications. *Gordon and Breach Science Publishers*, New York.
- EARLES, ME. 1981. Factor, formulas and structures for life cycle costing. Canada.
- EMSD (Electrical And Mechanical Services Department). 2006. Consultancy Study in Life Cycle Energy Analysis of Building Construction: Final Report. Hong Kong, 321 p.
- EPA (Environmental Protection Agency). 1989. The solid waste dilemma: an agenda for action. 330-SW-89-019, February.
- ERDİN, E. 1996. Çevre Bilimleri ve Teknolojisi Terimler Sözlüğü, DEÜ Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü, İzmir.
- ERDOĞAN, T. 2003. Beton, 1. Baskı, ODTÜ Geliştirme Vakfı, Ankara.
- ERTÜRK, H. 1981. Endüstri işletmelerinde marjinal maliyetlerle kara geçiş analizleri. Bursa İktisadi ve Ticari İlimler Akademisi İşletme Fakültesi, Yayın No:54, Bursa.
- EUROPEAN COMMISSION. 2014. The European construction sector, http://ec.europa.eu/economy_finance/publications/european_economy/2014/pdf/ee7_en.pdf. [Son erişim tarihi: 26.05.2016]
- FABRYCKY, WJ. and BLANCHARD, BS. 1991. Life-cycle cost and economic analysis. Prentice Hall, New Jersey, 384 p.
- FHWA (Federal Highway Administration). 1998. Life-cycle cost analysis in pavement design. Demonstration Project 115, Participant Handbook, FHWA-SA-98-040.
- FHWA (Federal Highway Administration). 2004. Life-cycle cost analysis realcost v.2.1. user manual, Office of Asset Management.
- FOLGADO, R., PEE, P. and HENRIQUES, E. 2010. Life cycle cost technology selection: a case study in the manufacturing of injection moulds. *Int. J. Production Economics*, 128 (1): 368-378 p.
- FRENNING, H., ALFREDSSON, B., ANGLE, B., HENNECKE, M., and DOOLIN, R. 2003. Pompalarda ömür boyu maliyet: pompalı tesisler için öbm analiz rehberi. Hydraulic Institute Europump, New Jersey, 16 p.

- FRICS, JW. 1996. Estimating for building and civil engineering works. 9th Edn, Butterworth Heinemann, Oxford, 448 p.
- FULLER, SK. and PETERSEN SR. 1996. Life-cycle costing manual for the federal energy management program. Washington DC: U.S. Department Energy, V: 1.13.11., 5-21.
- FULLER, SK. and PETERSEN SR. 1980. Energy conservation in building: an economics guidebook for investment decisions. U.S. Department of Commerce, Washington, 81-85.
- GENELKURMAY BAŞKANLIĞI, 2004. Değişen ve gelişen çağda lojistik. Genelkurmay Basımevi, Ankara, 224 s.
- GUZMAN, JS., MARRERO, M., DELGADO, MVM. and ARELLANO, ARA. 2009. Spanish model for quantification and management of construction waste. *Waste Management*, 29: 2542-2548.
- GÜLER, Ç. ve ÇOBANOĞLU, Z. 1996. Sağlık Açısından Çöp, Tıbbi Dökümantasyon Merkezi Toplum Sağlığı Dizisi No: 14, Ankara.
- HAGERTY, DJ., PAVONI, JL. and HEER, JE. 1973. Solid Waste Management, Van Nostrand Reinhold Company, USA.
- HENDRIKS, CF. and PIETERSEN, HS. 2000. Sustainable raw materials: construction and demolition waste, Report 22. *RILEM Publications*, France, 201 p.
- HERRADOR, R., PEREZ, P., GARACH, L. and ORDONEZ, J. 2012. Use of recycled construction and demolition waste aggregate for road course surfacing. *Journal of Transportation Engineering*, 138 (2): 182-190.
- İNTES (Türkiye İnşaat Sanayicileri İşveren Sendikası). 2003. İnşaat Raporu 2. http://www.intes.org.tr/content/file/ins_raporu2. [Son erişim tarihi: 20.03.2015]
- ISATTO, EL., FORMOSO, CT., DE CESARE, CM., HIROTA, E. H. and ALVES, T. C. L. 2000. Lean Construction: Guidelines and Tools for Controlling Waste in Building, SEBRAE/RS, Porto Alegre, Brazil.
- JIANG, R., ZHANG, W. and JI, P. 2004. Selecting the best alternative based on life-cycle cost distributions of alternatives. *Int. J. Production Economics*, 89: 69-75 p.
- JOEL, L. The Handbook of Maintenance Management. 1952. First Edition, New York, Industrial Press Inc., 96 p.
- KANNAN, R., TSO, C., RAMLI, O. and HO, HK. 2004. Lca-Lcca of oil fired steam turbine power plant in Singapore. *Energy Conversion and Management*, 45: 3093-3107 p.

- KARTAL A., SEVİM A. ve GÜNDÜZ HE. 2004. Maliyet Muhasebesi, Eskişehir, TC. Anadolu Üniversitesi Yayın No: 1524, 2. Baskı.
- KAWAUCHI, Y. and RAUSAND, M. 1999. Life Cycle Cost (LCC) analysis in oil and chemical process industries.
- KORPI, E. and TIMO, A. 2008. Life cycle costing: a review of published case studies. *Managerial Auditing Journal*, 23 (3): 240-261.
- KOU, S., ZHAN B. and POON C. 2012. Feasibility study of using recycled fresh concrete waste as coarse aggregates in concrete. *Construction and Building Materials*, 28, 1, 549-556.
- KROZER, Y. 2008. Life cycle costing for innovations in product chains. *Journal of Cleaner Production*, 16 (3): 310-321.
- KÜÇÜKSAVAŞ, N. 2002. Bilgisayar Uygulamalı Maliyet Muhasebesi. Beta A.S., İstanbul, 2 s.
- LANGDON, D. 2006. Literature review of life cycle costing (LCC) and Life Cycle Assessment (LCA). Draft Literature Review for LCC Methodology Project, Davis Langdon Management Consulting, EU.
- LAZOL, İ. 2004. Maliyet Muhasebesi. Ekin Kitapevi, 2. Baskı, Bursa.
- LI, Y. and MADANAT, S. 2002. A Steady-State Solution for the Optimal Pavement Resurfacing Problem. *Transportation Research, Part A*, 36: 525-535 p.
- ŞİMŞEK, Mİ. 1999. Life cycle cost analysis in defence system acquisition: a life cycle cost model application. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, Y.Ü. F.B.E., 16 s.
- MANIOĞLU, G. 2002. Isıtma enerjisi ekonomisi ve yaşam dönemi maliyeti açısından uygun bina kabuğu ve işletme biçimi seçeneğinin belirlenmesinde kullanılacak bir yaklaşım. Doktora Tezi, TÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, s.14-16, s.52-55, s.58-60.
- MARSHALL, HE. and PETERSEN, SR. 1995. Mechanical Estimating Guidebook for Construction-Chapter 27 Life Cycle Costing. McGraw-Hill Inc., 51 p.
- MULHERON, M. 1988. The Recycling of Demolition Debris, Current Practice, Products and Standards in the United Kingdom. Proceedings of the Second International RILEM Symposium, Tokio-Japan, pp: 510-519.
- NALLI, E. 2006. Hazır beton santrali atık suyunun beton üretiminde karma suyu olarak kullanılabilirliğinin araştırılması. Yüksek lisans tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara.
- NATO. 2007. Methods and Models for Life Cycle Costing (Methodes et Modeles D'Evaluation du cout de Possession)", Research And Technology Organization

- Neuilly-Sur-Seine, 2(1): 1.1-12.4 p.
- NIST (National Institute of Standards and Technology). 1995. Life Cycle Costing Manual. Handbook 135. U.S. Department of Commerce, 1 p.
- NS (Norks Standard). 2000. NS 3454 Life Cycle Costs For Building And Civil Engineering Work - Principles And Classification. Oslo, S., Standard Norge.
- O'REILLY, JT. 1991. State&local government solid waste management. Clark Broadman Callaghan, USA.
- OSMANI, M., GLASS, J. and PRICE, ADF. 2008. Architects perspectives on construction waste reduction by design. *Waste Management*, 28: 1147-1158.
- OSTWALD, PF. 1992. Engineering Cost Estimating. Third Edition, Prentice Hall, New Jersey.
- OZBAY, K., PARKER NA., JAWAD, D., and HUSSAIN, SME. 2004. Life-Cycle Cost Analysis State-of-the-Practice vs State-of-the-Art. 83rd Annual Meeting of the Transportation Research Board, January, National Academy of Science, Washington DC.
- ÖZEN, Ü. 1995. Break-Even Analysis for a Paper Producer, SEKA", Ninth World Productivity Congress. New Vision and Strategies for the Next Century: People, Technology and Productivity, İstanbul.
- ÖZKIL, A. 2002. Sistem dinamikleri yaklaşımli uçak ömür devri maliyet analiz modeli (Alcam). Doktora Tezi, Ankara, G.Ü.F.B.E., 7 s.
- ÖZTÜRK, M. 2005. İnşaat/Yıkıntı Atıkları Yönetimi, Çevre ve Orman Bakanlığı, Ankara.
- PALABIYIK, H. 2001. Belediyelerde kentsel katı atık yönetimi: izmir büyükşehir belediyesi örneği. Doktora Tezi, DEÜ Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir.
- POON, CS., YU, ATW., WONG, SW. and CHEUNG, E. 2004. Management of construction waste in public housing projects in Hong Kong. *Construction Management and Economics*, 22: 675-89.
- PCPU (Public Competition and Purchasing Unit). 1992. Life Cycle Costing No:35, 6 p.
- RAKSHVİR, M. and BARAİ, VS. 2006. Studies on recycled aggregates-based concrete. *Waste Management & Research Res*, 24: 225-233.
- RAO, A., Kumar N. and MISRA, S. 2007. Use of aggregates from recycled construction and demolition waste in concrete. Resources, *Conservation and Recycling*, 50: 71-81.

- RODNEY, DS. 1991. Cost Estimating. Second Edition, New York, John Wiley, 204 p.
- RUSHBROOK, P. 1998. Guidelines for Landfilling-Decision Makers' Guide and Guidance Notes. Workshop Report Waste Disposal Workshop '98, Collaborative Programme on MSWM in Low-and Middle-Income Countries, 8-11 September, Brasil.
- SCHUETTE, SD. and LISKA, RW. 1994. Building Construction Estimating, McGraw-Hill, New York, 512 p.
- SEO, S. and HWANG, Y. 1999. An estimation of construction and demolition debris in seoul, korea: waste amount, type, and estimation model. *Journal of the Air and Waste Management Association*, 49: 980-985.
- SILVA, RV., DE BRITO, J. and SAIKIA, N. 2013. Influence of curing conditions on the durability-related performance of concrete made with selected plastic waste aggregates. *Cement and Concrete Composites*, 35 (1): 23-31.
- SOBHAN, MA., MOFIZ, SA. and RASEL, HM. 2011. Effect of gradation and compactive effort on the properties of bituminous mixes with waste concrete aggregates. *International Journal of Civil and Environmental Engineering*, 11 (4): 18-21.
- SOBRI, MS., HAMZAH, SH. and RIDZUAN, ARM. 2011. Ultimate strength of steel fabric reinforced concrete short wall panel using crushed concrete waste aggregate (CCwA). *International Journal of Civil and Environmental Engineering*, 11 (1): 64-80.
- SOIBELMAN, L. 1993. Material waste in building construction: occurrence and control. MSc Dissertation, Federal University of Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brazil.
- STATE OF ALASKA. 1999. Life Cycle Cost Analysis Handbook. State of Alaska Department of Education & Early Development Education Support Services / Facilities, Juneau, Alaska.
- SWAFFIELD, LM. and MCDONALD, AM. 2001. The contractor's use of life cycle costing on pfi projects, engineering. *Construction and Architectural Management*, 15 (2): 132-148.
- SWDA (State of Wisconsin, Department of Administration). 1997. Guidelines for Life-Cycle Costing on State Building Projects. Division of Facilities Department, Wisconsin, 22-25 p.
- TATAR, T. 1973. İşletmelerde Üretim Yönetimi ve Teknikleri. Doğu Matbaacılık, Ankara.
- TCHOBANOGLIOUS, G., THEISEN, H. and ELIOSSEN, R. 1977. Solid Wastes: Engineering Principles and Management Issues, McGraw-Hill.

- TERZI, F. 2005. Proje Ömür Devri Maliyet Analiz TAI. Türk Havacılık Uzay Sanayi A.S., Kurs Dokümanı, Ankara, 112 s.
- THBB (Türkiye Hazır Beton Birliği). 2014. 2013-2014 yılı sektör verileri hazır beton istatistikleri. <http://www.thbb.org/media/74449/2013-2014-haz%C4%B1r-beton-sektoru-verileri22062015.pdf>. [Son erişim tarihi: 22.05.2016]
- THOMPSON, K. 1993. Business Management: Planing for Profit. Black Enterprise, 23, 92-97 p.
- TOKGÖZ, M. ve SARMAŞIK, N. 1982. Çöp Sorunu ve Sağlık. Çevre 82 Sempozyumu, İzmir.
- TU, YT., CHEN, YY. and HWANG, LC. 2006. Properties of hpc with recycled aggregates. *Cement and Concrete Research*, 36: 943–950.
- TÜRKO, M. 1994. Finansal Yönetim. Atatürk Üniversitesi Yayınları No: 765, İ.İ.B.F. Yayınları No: 100, Erzurum.
- DOC (U.S. Department of Commerce). 2011. U.S. Census: Construction spending. U.S. Census Bureau.
- VAN DE VEN, AH. and POOLE, MS. 1995. Explaining development and change in organizations. *Academy of Management Review*, 20 (3): 510–540.
- WHO (World Health Organization). 1946. Constitution of the World Health Organization, Geneva.
- WHO (World Health Organization). 1997. Executive Summary, Chapter 4: From Environmental Quality to Exposures and Risks, Health and Environment in Sustainable Development: Five Years After the Earth Summit.
- FABRYCKY, WJ. and BLANCHARD, BS. 1991. Life cycle cost and economic analysis. New Jersey, Prentice Hall, 7 p.
- WOODWARD, DG. 1997. Life cycle costing-theory, information acquisition and application. *International Journal of Project Management*, 15 (6): 335-344.
- WRIGHT, D. 1994. A Practical, Foundational Costing. Prentice Hall, New Jersey, 331 p.
- YÖNER, N. 2001. Proje ömür devri maliyet analizi. Milli Savunma Bakanlığı Teknik Hizmet Daire Başkanlığı, Savunma Sanayi ve Teknoloji Eğitim Merkezi (SATEM), Kurs Dokümanı, Ankara.
- ZACHARY, AS. 1995. The Environmental Policy Paradox. Prentice Hall, Englewood.

- ZAHARIEVA, RH., DIMITROVA, E. and BODIN, FB. 2003. Building waste management in Bulgaria: challenges and opportunities. *Waste Management*, 23: 749-761.
- ZEGA, CJ. and MAIO, AAD. 2011. Recycled concretes made with waste ready-mix concrete as coarse aggregate. *Journal of Materials in Civil Engineering*, 23 (3): 281–286.
- ZHU, Z. 1996. Handbook of building construction estimator. China Construction Industry Press, Beijing

ÖZGEÇMİŞ



Murat ATICI 1991 yılında Erzincan’da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Erzincan’da tamamladı. 2009 yılında girdiği Akdeniz Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü’nden, 2014 yılında mezun oldu. Ağustos 2014’te yüksek lisans eğitimine başladı. Ders döneminin, 1 yılını Akdeniz Üniversitesi’nde, yarım dönemini ise Portekiz’in Bragança ilinde bulunan Polytechnic Institute of Bragança Üniversite’nde tamamlayarak, 2016 nın şubat ayında Antalya’da Ulu İnşaat bünyesinde iş hayatına başladı.