

**T.C.
BAHÇEŞEHİR ÜNİVERSİTESİ**

**KENTSEL DÖNÜŞÜM UYGULAMALARI
NETİCESİNDE ÇIKAN ATIK MALZEMELERİN
YOL ÜSTYAPISINDA KULLANILABİLİRLİĞİ:
ÜSKÜDAR ÖRNEĞİ**

Yüksek Lisans Tezi

SUPHAN KARTALKANAT

İSTANBUL, 2013

**T.C.
BAHÇEŞEHİR ÜNİVERSİTESİ**

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
KENTSEL SİSTEMLER VE ULAŞTIRMA YÖNETİMİ**

**KENTSEL DÖNÜŞÜM UYGULAMALARI
NETİCESİNDE ÇIKAN ATIK MALZEMELERİN
YOL ÜSTYAPISINDA KULLANILABİLİRLİĞİ:
ÜSKÜDAR ÖRNEĞİ**

Yüksek Lisans Tezi

SUPHAN KARTALKANAT

Tez Danışmanı: YRD. DOÇ. DR. İBRAHİM SÖNMEZ

İSTANBUL, 2013

T.C.
BAHÇEŞEHİR ÜNİVERSİTESİ
Fen Bilimleri Enstitüsü
Kentsel Sistemler ve Ulaştırma Yönetimi

Tezin Adı : Kentsel Dönüşüm Uygulamaları Neticesinde Çıkan Atık Malzemelerin Yol Üstyapısında Kullanılabilirliği:Üsküdar Örneği

Öğrencinin Adı Soyadı : Suphan KARTALKANAT

Tez Savunma Tarihi : 07.01.2014

Bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak gerekli şartları yerine getirmiş olduğu Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından onaylanmıştır.

Doç. Dr. Tunç BOZBURA
Enstitü Müdürü

Bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak gerekli şartları yerine getirmiş olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. Mustafa ILICALI
Program Koordinatörü

Bu Tez tarafımızca okunmuş, nitelik ve içerik açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak yeterli görülmüş ve kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmzalar

Tez Danışmanı
Yrd. Doç. Dr. İbrahim SÖNMEZ

Üye
Prof. Dr. Mustafa ILICALI

Üye
Yrd. Doç. Dr. Aybike ÖNGEL

ÖNSÖZ

Günümüzde çok çeşitli yapı tekniği bulunmasına rağmen özellikle betonarme yapıların yoğunluklu kullanılması nedeniyle uzun vadede ömrü dolan yapılardan çıkan atıkların çevreyi kirletecek olması gelecek nesillere yaşanabilir atık betondan arı bir dünya bırakmanın imkanları araştırmaya değer bir konu olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu düşünce ve sorumlulukla gerek araştırmacıların ve gerekse uygulamacıların çalışmalar yapması lüzumludur. Bunun da ötesinde gelecek nesillerle aynı hakka sahip olduğumuz dünyayı-tabiatı hırpalamadan, kirletmeden kullanmak bizim borcumuzdur. Dünyamızı devasa bir çöplük gibi gören bir zihniyet yerine geri dönüşümü önceleyen ve verilen her türlü nimeti en verimli şekillerde kullanmayı hedefleyen bir düşünce ile yaşamak zorundayız.

Son yıllardaki kentsel dönüşüm projelerinin uygulanmasına yönelik kararlılığın bir göstergesi olarak yapılan kanuni-mevzuat değişiklikleri aynı zamanda ülkemizin gideceği yönü de bize göstermektedir. Yoğun kentsel dönüşümün bir sonucu da ortaya çıkan problemlerden biri artık malzemelerin ne şekilde yok edileceği ya da değerlendirileceğidir. Çalışmamızda bu malzemelerin yol üstü yapısı olarak kullanılmasının imkanı incelenerek, dar bir alanda niş bir çalışma da olsa bu gelişime katkı sunmak açısından önemli sonuçlar elde edildiği kanısındayım.

Çalışmalarımı sürdürürken özellikle deney araştırmalarını yaparken kullanılacak verilere ulaşmam için bilimsel araştırmaları, kitaplarını ve kaynaklarını benden esirgemeyen saygıdeğer hocam Yrd. Doç Dr. İbrahim SÖNMEZ'e, Program Koordinatörümüz Prof. Dr. Mustafa ILICALI'ya, Üsküdar Belediyesi bünyesinde bulunan çalışma arkadaşlarımda Belediye Başkanı Mustafa KARA'ya ve elindeki tüm kaynak ve çalışmalarını benimle paylaşan AHS Yapı Denetim adına İnşaat Mühendisi Hüseyin GÖKÇE'ye teşekkürü bir borç bilirim. Ayrıca bu çalışmada emeği benimle neredeyse eşdeğer olan, tezin zorlu hazırlanma sürecinde stresimi, her türlü kapisimi, sevgisi ve sonsuz anlayışıyla hoş karşılayan, desteğini her an hissettiren eşim Nilüfer KARTALKANAT'a hassaten teşekkür ediyorum.

ÖZET

KENTSEL DÖNÜŞÜM UYGULAMALARI NETİCESİNDE ÇIKAN ATIK MALZEMELERİN YOL ÜSTYAPISINDA KULLANILABİLİRLİĞİ: ÜSKÜDAR ÖRNEĞİ

Suphan KARTALKANAT

Kentsel Sistemler ve Ulaştırma Yöntemi

Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. İbrahim SÖNMEZ

Aralık 2013, 121 Sayfa

Ülkemizde, 6306 sayılı Afet Riski Altındaki Alanların Dönüştürülmesi Hakkında Kanununun 31.05.2012 tarihinde yürürlüğe girmesiyle birlikte Kentsel Dönüşüm süreci hız kazanmıştır. Bu süreç neticesinde ortaya çıkan yapı atıklarının yeniden değerlendirilmesi hem ülke ekonomisi hem de çevre etkileri bakımından önem arz etmektedir. Bu kapsamda çıkan yapı atıklarının Karayolu Üst Yapısında Kullanılabilirliği konusunda çalışmalar yapılmıştır.

İlk olarak daha önce yapılan uygulamalar araştırılmıştır. Yol Üst Yapısı içerisinde kullanılan geri dönüşüm malzemeleri ile ilgili yapılan çalışmalar incelenmiştir. Ülkemizde ve Dünyada bu konuda yapılan çalışmalar ve neticesinde sağlanan faydalar ortaya konulmuştur. Yol Üst Yapısı, Geri Dönüşüm ve Kentsel Dönüşüm konuları hakkında genel bilgiler verilmiştir. Bu süreç neticesinde ortaya çıkan yapı atıklarının ne şekilde Karayolu Üst Yapısında kullanılabileceğinin araştırılabilmesi için Yol Üst Yapısı Katmaları ve bu katmanlar ile ilgili deneyler hakkında ayrıntılı bilgi verilmiştir.

Daha sonra Üsküdar ilçesinde Kentsel Dönüşüm Süreci neticesinde yıkımına karar verilen binaların Raporlarına ulaşılmaya çalışılmıştır. Elde edilebilen raporlar ışığında, yıkımına başlanan binalardan numuneler alınarak, hangi yol katmanında ne oranda bu malzemelerin kullanılabileceğinin belirlenebilmesi için çeşitli deneyler yapılmıştır.

Ayrıca Üsküdar Belediyesi Bilgi İşlem Müdürlüğü veri tabanı kullanılarak ilçe genelindeki bina bilgilerine ulaşılmıştır. Bu bilgiler içerisinde yapım yılı baz alınarak yıkılması gereken binalara karar verilmiştir. Bu binaların yıkılması sonucu ortaya çıkan yapı atığı miktarı belirlenmiştir.

Sonuç olarak Üsküdar ilçesinde, Kentsel Dönüşüm Süreci neticesinde ortaya çıkacak yapı atıklarının Yol Üst Yapısında değerlendirilmesi ile sağlanacak faydalar tespit edilmeye çalışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Üsküdar, Kentsel Dönüşüm Süreci, Yol Üst Yapısı, Yapı Atıkları, Yol Üst Yapısı Deneyleri.

ABSTRACT

USABILITY OF THE CONSTRUCTION DEMOLISHING WASTE DERIVED FROM INHABITABLE URBAN TRANSFORMATION PROJECTS FOR SUPERSTRUCTURE OF HIGHWAY PROJECTS

Suphan KARTALKANAT

Urban Systems and Transportation Management

Thesis Advisor: Assistant Professor Dr. Ibrahim SONMEZ

December 2013, 121 Pages

Urban transformation process has been accelerated in our country depending on the enactment of the legislation No.6306 regarding the transformation of the buildings under disaster risk on 31.05.2012. Re-usage of the construction waste, come out of the urban transformation process is important in terms of both country economy and environment impact. Considering importance of the above mentioned advantages, studies have been performed related to the usability of construction waste for the highway superstructure.

Initially, previously carried out practices were investigated. Studies related to the recycle materials used for highway superstructure works have been reviewed. Based on the national and international studies about the subject have been introduced along with the benefits obtained in consequence of the studies. General information has been given about highway superstructure, recycling and urban transformation. The detailed information regarding the highway superstructure layers and related tests for these layers has been given for the purpose of investigation about how the construction wastes which comes out of urban transformation process can be used.

Following the tests, it was tried to reach the related reports prepared for the buildings on which demolition decision was given as part of urban transformation process in Uskudar district. In the light of the reports obtained from Uskudar municipality, various tests have been carried out using the samples obtained from the buildings for which demolition is commenced with aim of determination of material mix design to be taken up reference for each highway superstructure layer.

In addition, the information about the status of buildings located in Uskudar district has been obtained using the data base of Uskudar Municipality IT department. Based on construction date, the buildings that should be demolished have been determined. The quantity of construction waste to be derived from demolished building has been calculated.

As a result, it was tried to determine the benefits related to the usage of construction waste to be obtained from urban transformation process.

Key Words: Uskudar, Urban Transformation Process, Highway Superstructure, Construction Waste, Highway Superstructure Tests.

İÇİNDEKİLER

TABLolar	xi
ŞEKİLLER	xiii
KISALTMALAR	xiv
SEMBOLLER	xvi
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ÇALIŞMALARI.....	2
3. YOL ÜST YAPISI	7
3.1 KARAYOLU ÜSTYAPI TÜRLERİ	7
3.1.1 Rijit Üstyapı.....	8
3.1.2 Yarı Rijit (Kompozit) Üstyapı	8
3.1.3 Esnek Üstyapı	8
3.2 ESNEK ÜSTYAPI KATMANLARI.....	12
3.3 BİTÜMLÜ BAĞLAYICILAR	15
3.3.1 Asfalt (Bitüm)	16
3.3.1.1 Asfalt çimentoları	17
3.3.1.2 Okside asfalt (Blown asfalt).....	17
3.3.1.3 Sıvı petrol asfaltları (Katbek asfaltı)	17
3.3.2 Katran	18
3.4 AGREGA	18
3.4.1 Doğal Agregalar	19
3.4.1.1 Magmatik kayalar	19
3.4.1.2 Sedimanter (Tortul) kayalar.....	19
3.4.1.3 Metamorfik (Başkalaşım) kayalar	20
3.4.2 Suni Agregalar.....	20
3.4.2.1 Cüruf.....	21
3.4.2.2 Klinker.....	21
3.4.2.3 Çimento	21
3.4.3 Bitümle Kullanılan Agregalar.....	21
3.5 BİTÜMLÜ SICAK KARIŞIMLAR.....	22

3.5.1	Bitümlü Sıcak Karışım Tipleri.....	22
3.5.1.1	Asfalt betonu	22
3.5.1.2	Taş mastik asfalt (SMA)	22
3.5.1.3	Poröz asfalt.....	23
3.5.1.4	Mastik Asfalt.....	23
3.5.1.5	Kum asfalt	23
3.5.2	Fiziksel ve Mekanik Özellikler.....	24
3.5.2.1	Stabilite.....	24
3.5.2.2	Dayanıklılık (Durabilite).....	24
3.5.2.3	Geçirimsizlik	25
3.5.2.4	İşlenebilirlik	25
3.5.2.5	Fleksibilite (Esneklik).....	25
3.5.2.6	Yorulma mukavemeti.....	25
3.5.2.7	Kaymaya karşı direnç	25
3.5.2.8	Rijitlik.....	26
3.6	BİTÜMLÜ SICAK KARIŞIM DENEYLERİ	26
3.6.1	Agrega Deneyleri.....	26
3.6.1.1	Elek analizi deneyi.....	26
3.6.1.2	Los Angeles aşınma deneyi	28
3.6.1.3	Hava tesirlerine karşı dayanım deneyi (Donma deneyi).....	28
3.6.1.4	Yassılık indeksi deneyi	29
3.6.1.5	Cilalanma deneyi	29
3.6.1.6	Vialit yöntemi ile yapışma deneyi	29
3.6.1.7	Soyulma Mukavemeti Deneyi.....	30
3.6.1.8	Özgül ağırlık ve absorpsiyon deneyi.....	30
3.6.2	Bitümlü Bağlayıcılara Uygulanan Deneyler	32
3.6.2.1	Penetrasyon deneyi.....	32
3.6.2.2	Yumuşama noktası deneyi.....	32
3.6.2.3	Kuvvet ölçümlü duktilite deneyi	33
3.6.2.4	Trikloretilende çözünürlük	33
3.6.2.5	İnce film halinde ısıtma deneyi (TFOT)	33
3.6.2.6	Basınçlı yaşlandırma kabı (PAV).....	33
3.6.2.7	Parlama noktası deneyi.....	34

3.6.2.8	Özgül ağırlık deneyi	34
3.6.2.9	Viskozite	34
3.6.2.10	Destilasyon, buharlaştırma kalıntısı	35
3.6.2.11	Bitüm emülsiyonlarında çökme (5 günlük)	35
3.6.2.12	Modifiye bitümlerde depolama stabilitesi	35
3.6.2.13	Fraas kırılma noktası deneyi	35
3.6.2.14	Elastik geri dönme deneyi	36
3.6.2.15	DSR ile kompleks kesme modülü ve faz açısı tayini deneyi.....	36
3.6.2.16	BBR ile eğilme-sünme rijitliğinin tayini deneyi	36
3.6.3	Marshall Metodu ile Bitümlü Sıcak Karışım Dizaynı	37
3.6.3.1	Marshall karışım dizaynının aşamaları	37
3.6.3.2	Agrega karışım oran ve gradasyonunun belirlenmesi	39
3.6.3.3	Bitüm miktarı tayini (ASTM D2172).....	39
3.6.4	Taş Mastik Asfalt (SMA) Karışımı.....	40
3.6.5	İşyeri Karışım Formülü.....	41
3.6.5.1	İşyeri karışım formülünün (İKF) belirlenmesi.....	42
3.6.5.2	Karışımın uygunluğunun ve yapımının kontrolü.....	42
3.6.5.3	Gradasyon limitleri	44
3.6.5.4	Agrega Özellikleri.....	44
4.	GERİ DÖNÜŞÜM.....	46
4.1	GENEL BİLGİLER	46
4.2	GERİ DÖNÜŞÜMÜN FAYDALARI	47
4.3	GERİ DÖNÜŞÜM UYGULAMA AŞAMALARI	48
4.4	YAPISAL ATIKLARIN GERİ DÖNÜŞÜMÜ.....	49
4.4.1	Dünya'daki Genel Durum	49
4.4.2	Türkiye'de Genel Durum	51
4.4.3	Yapısal Atık Oluşumu ve Özellikleri.....	52
4.4.4	Yapısal Atık Yönetim Stratejileri.....	54
4.4.4.1	Yapısal Atıkların Azaltılması (Reduce).....	54
4.4.4.2	Yeniden Kullanım (Reuse).....	55
4.4.4.3	Geri Dönüştürme (Recycle)	55
4.4.4.4	Geri Kazanma (Recover)	55
4.4.4.5	Elden Çıkarma, Deponi Sahalarına Gönderme (Landfill)	55

4.4.5	Yapısal Atıkların Geri Dönüşüm Teknolojileri.....	55
4.4.5.1	Beton malzeme	57
4.4.5.2	Plastik Malzeme.....	60
4.4.5.3	Cam Malzeme	61
4.4.5.4	Ahşap Malzeme.....	61
4.4.5.5	Demir İçeren Metaller.....	62
4.4.5.6	Demir İçermeyen Metaller	63
4.4.5.7	Tuğla Malzeme	63
4.4.5.8	Taş Malzeme	64
4.5	BITÜMLÜ KARIŞIMLARIN GERİ DÖNÜŞÜMÜ	64
4.5.1	Dünyadaki Genel Durum	66
4.5.2	Amerika'da Geri Dönüşüm Uygulamaları	67
4.5.3	Avrupa'da Geri Dönüşüm Uygulamaları	68
4.6	BITÜMLÜ KARIŞIMLARIN GERİ DÖNÜŞÜM YÖNTEMLERİ	68
4.6.1	Soğuk Düzeltme (Cold Planing).....	69
4.6.2	Sıcak Geri Dönüşüm	70
4.6.3	Sıcak Yerinde Geri Dönüşüm	70
4.6.4	Soğuk Geri Dönüşüm.....	70
4.6.4.1	Yerinde soğuk dönüşüm	70
4.6.4.2	Plentte soğuk dönüşüm	71
4.6.5	Tam Derinlikli Geri Dönüşüm	71
4.7	BITÜMLÜ KARIŞIMLARIN GERİ DÖNÜŞÜM TESİSLERİ.....	73
4.7.1	Asfalt Plentlerinde Geri Dönüşüm	76
4.7.1.1	Ağırlıklı Tip Asfalt Plentlerinde Geri Dönüşüm	76
4.7.1.2	Sürekli Tip Plentlerde Geri Dönüşüm.....	78
4.7.2	Asfalt Geri Dönüşüm Plentlerinde Ratech Teknolojisi	79
4.7.3	Bitümlü Karışımların Gençleştirilmesi	82
5.	KENTSEL DÖNÜŞÜM.....	85
5.1	GENEL BİLGİLER	85
5.2	TARİHSEL SÜREÇ İÇİNDE KENTSEL DÖNÜŞÜM.....	86
5.3	TÜRKİYE'DE KENTSEL DÖNÜŞÜM SÜRECİ.....	89
5.4	KENTSEL DÖNÜŞÜM STRATEJİLERİ	91
5.4.1	Kentsel Koruma (Preservation-Conservation).....	91

5.4.2	Kentsel İyileştirme (Rehabilitation)	91
5.4.3	Kentsel Yenileme (Renewal)-Yeniden Hayat Verme (Regeneration)	91
5.4.4	Kentsel Yenileşme (Renaissance).....	91
5.4.5	Kentsel Yeniden Canlandırma (Revitalization)	92
5.4.6	Soylulaştırma (Gentification).....	92
5.5	KENTSEL DÖNÜŞÜM SÜRECİ SORUNLARI	93
5.6	BİNALARIN DEĞERLENDİRİLMESİ.....	94
6.	ÜSKÜDAR ÖRNEĞİ	97
6.1	ÜSKÜDAR'IN TARİHSEL GELİŞİMİ.....	97
6.2	KENTSEL DÖNÜŞÜM AÇISINDAN BİNA POTANSİYELİ	100
6.3	MALZEME MİKTARININ HESAPLANMASI	103
6.4	BİNA SEÇİMİ VE NUMUNE ALMA.....	104
6.5	YOL ÜST YAPISINDA KULLANILABİLİRLİK	109
6.6	ÜSKÜDAR İLÇESİ İÇİN MOLOZ MALZEME İHTİYACI	115
6.7	MALİYET HESABI.....	116
7.	SONUÇ VE ÖNERİLER.....	120
	KAYNAKÇA	122
	ÖZGEÇMİŞ.....	131

TABLULAR

Tablo 3.1: Asfalt çimentolarının sınıflandırılması	17
Tablo 3.2: Agrega elek açıklığı	27
Tablo 3.3: Agrega dane boyutu	27
Tablo 3.4: BSK kalite kontrolü	43
Tablo 3.5: Karışım tiplerinde gradasyon limitleri	44
Tablo 3.6: Agrega deneyleri	45
Tablo 3.7: Dizayn kriterleri	45
Tablo 3.8: Sıkışma ve kalınlık kriterleri	45
Tablo 4.1: Avrupa’da geri dönüşüm	50
Tablo 4.2: Malzemelerin geri dönüşüm teknolojileri ve geri dönüştürüldükten sonraki kullanım alanları	56
Tablo 4.3: Türkiye’de asfalt uygulamaları ve bitüm tüketimi	65
Tablo 4.4: Türkiye’de satıl tipine göre karayolu uzunlukları	65
Tablo 4.5: Asfalt plentleri dağılımı – 2013	65
Tablo 4.6: Kaplama bozulma türlerine göre geri dönüşüm yöntemi seçimi	73
Tablo 4.7: Modifiyeler ve değişiklik sağladığı özellikler	84
Tablo 5.1: Avrupa’da kentsel dönüşümün gelişim süreci	88
Tablo 5.2: Türkiye’de kentsel gelişim süreci	90
Tablo 5.3: Kentsel dönüşüm süreci stratejileri	92
Tablo 5.4: Konut alanlarının yenilenmesinde ortaya çıkan sorunlar	93
Tablo 6.1: Üsküdar ilçesi yıllara göre bina sayısı ve hacim dağılımı	100
Tablo 6.2: Üsküdar ilçesi mahalle bazında bina sayısı ve bina alanları	101
Tablo 6.3: Üsküdar ilçesi mahalle bazında bina sayısı ve bina alanları (... - 1999)	102
Tablo 6.4: Yapı birim alanına isabet eden yaklaşık metraj birim ölçüleri	103
Tablo 6.5: Moloz miktarının hesaplanması	104
Tablo 6.6: Kentsel dönüşüm kapsamında yıkımı istenen ve raporlarına ulaşılabilen binaların mahalle bazında dağılımları	105
Tablo 6.7: Seçilen binaların yapım yılları ve basınç dayanımları	108
Tablo 6.8: İnşaat molozu gradasyonları	110

Tablo 6.9: İnşaat atıklarının fiziksel özelliklerinin belirlenmesi	111
Tablo 6.10: Karışım gradasyonu	112
Tablo 6.11: Karışımın fiziksel özellikleri	113
Tablo 6.12: İmalat miktarları	115
Tablo 6.13: 2005-2013 yıllarına ait ortalama imalat miktarları.....	115
Tablo 6.14: Hafriyat döküm sahaları ücretleri	116
Tablo 6.15: Döküm sahalarına taşıma maliyeti	117
Tablo 6.16: Alttemel için kırma – eleme maliyeti	117
Tablo 6.17: Birim malzeme maliyetleri	118
Tablo 6.18: Moloz kullanım alanlarına maliyet ve kar hesabı.....	119

ŞEKİLLER

Şekil 3.1: Kaplama tipleri ve tabakaları	9
Şekil 3.2: Esnek üst yapı katmanları	10
Şekil 3.3: Tipik esnek üst yapı enkesiti.....	11
Şekil 3.4: Kaplama tabakaları	14
Şekil 3.5: Esnek üstyapı en kesiti ve bir üstyapı karot örneği	14
Şekil 3.6: Asfaltla hazırlanmış bir yol en kesiti örneği	15
Şekil 3.7: Bitümlü malzemeler.....	16
Şekil 3.8: Asfalt betonu aşınma ve SMA gradasyonlarının karşılaştırması.....	41
Şekil 4.1: Uluslararası geri dönüşüm sembolleri	48
Şekil 4.2: Yapısal atıkların kaynakları ve bileşenleri.....	54
Şekil 4.3: Geri dönüşüm yöntemlerinin sınıflandırılması	69
Şekil 4.4: Tam derinlikli geri dönüşümde ufalama ve rutubetlendirme.....	71
Şekil 4.5: Tam derinlikli geri dönüşümde kırma sıkıştırma ve şekillendirme	72
Şekil 4.6: Asfalt betonu kazıma ve sisteme yükleme.....	74
Şekil 4.7: Yerinde geri dönüşüm.....	74
Şekil 4.8: Sabit geri dönüşüm sistemi	75
Şekil 4.9: Taşınabilir sistem.....	75
Şekil 4.10: Ratech kapasite değişim tablosu (Nem oranına göre)	79
Şekil 4.11: Ratech bitümlü karışım geri dönüşüm plenti.....	80
Şekil 4.12: RAP malzemesinin düşük sıcaklıklarda ısıtılması.....	81
Şekil 5.1: Riskli bina tespit raporu inceleme formu örneği	96
Şekil 6.1: Salacak mahallesi kentsel dönüşüm kapsamında yıkımı istenen binalar.....	106
Şekil 6.2: Seçilen binalardan numune alımı.....	108
Şekil 6.3: Malzeme Örnekleri	109
Şekil 6.4: Malzemenin konkasörden geçirilmesi	109
Şekil 6.5: Hazırlanmış deney numuneleri	111
Şekil 6.6: Karışımın elek analizi grafiği	113
Şekil 6.7: Karışım dizayn raporu	114

KISALTMALAR

AASHTO	: Amerikan Devlet Otoyolları ve Resmi Taşımacılık Birliği
AB	: Asfalt Betonu
ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
AC	: Asfalt Çimentosu
APP	: Ataktik Polipropilen
ARRA	: Asfalt Geri Dönüşüm ve Rehabilitasyon Birliği
ASMUD	: Asfalt Mütcaahhitleri Derneği
ASTM	: Amerikan Malzeme Test Birliği
A.Ş.	: Anonim Şirketi
BBR	: Kiriş Kesme Reometresi
Bkz.	: Bakınız
BSK	: Bitümlü Sıcak Karışımlar
CBR	: Kaliforniya Taşıma Oranı
CP	: Soğuk Düzeltme
ÇBGT	: Çimento Bağlayıcılı Granüler Temel
DSR	: Dinamik Kesme Reometresi
EPA	: Çevre Koruma Ajansı
EVA	: Etilen Vinil Asetat
FDot	: Florida Ulaşım Departmanı
FDR	: Tam Derinlikli Geri Dönüşüm
FHWA	: Amerika Ulusal Karayolları
GT	: Granüler Temel
HIR	: Yerinde Sıcak Geri Dönüşüm
İKf	: İşyeri Karışım Formülü
İMO	: İnşaat Mühendisleri Odası
İSFALT	: İstanbul Asfalt Fabrikaları Sanayi ve Ticaret A.Ş.
İSTAÇ	: İstanbul Çevre Koruma ve Atık Maddeleri Değerlendirme Sanayi ve Ticaret A.Ş.
KARYAPSAN	: Kartal Yapı İnşaat Sanayi Ticaret Limited Şirketi
KGM	: Karayolları Genel Müdürlüğü

Max.	: Maksimum
MC	: Orta Hızda Kür Olan
Min.	: Minimum
MS	: Orta Hızda Kesilen Asfalt Emülsiyonları
PAV	: Basınçlı Yaşlandırma Kabı
PMT	: Plent-miks Temel
PSV	: Cilalanma Direnci
PVC	: Polivinil Klorür
RAP	: Geri Dönüşümlü Asfalt Kaplama
RC	: Çabuk Kür Olan
ROM	: Recycle of Materials
RS	: Çabuk Kesilen Asfalt Emülsiyonları
RT	: Road Tar
RTFOT	: Dönmeli İnce Film Etüvü Testi
SBS	: Stiren-Butadien-Stiren
SC	: Yavaş Kür Olan
SMA	: Taş Mastik Asfalt
SS	: Yavaş Hızla Kesilen Asfalt Emülsiyonları
TCDD	: Türkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryolları
TCK	: Türk Ceza Kanunu
TCMA	: Türkiye Çimento Mühendisleri Birliği
TFOT	: İnce Film Halinde Isıtma
TMH	: Türkiye Mühendislik Haberleri
TOKİ	: Toplu Konut İdaresi
4Rs	: Yapısal Atıkların Yönetim Hiyerarşisi

SEMBOLLER

°C	: Santigrat derece
Cm	: Santimetre
Dk	: Dakika
Dp	: Pratik Yoğunluk
Dt	: Karışımın Maksimum Teorik Özgül Ağırlığı
G*	: Kompleks Kesme Modülü
Gb	: Bitüm Özgül Ağırlığı
Gef	: Agregata Etkin Özgül Ağırlığı
Gka, Gia, Gfa	: Agregaların Zahirî Özgül Ağırlıkları
Gkb, Gib	: Agregaların Hacim Özgül Ağırlıkları
Gr	: Gram
Gsa	: Zahirî Özgül Ağırlık
Gsb	: Hacim Özgül Ağırlığı
Gse	: Etkin Özgül Ağırlık
Kg	: Kilogram
Km ²	: Kilometrekare
m	: Metre
m ²	: Metrekare
m ³	: Metreküp
mm	: Milimetre
Sn	: Saniye
Vh	: Hava Boşluğu
VMA	: Agregalar arası Boşluk
Vf	: Asfaltla Dolu Boşluk
Wa	: Agreganın Yüzdesi Olarak Bitüm Miktarı
δ	: Faz açısı
%	: Yüzde

1. GİRİŞ

Ülkemizde gerçekleşen depremlerin yıkıcı etkilerine karşı dayanıksız binaların yenilenmesi amacı ile Kentsel Dönüşüm Süreci başlatılmıştır. Bu kapsamda 6306 sayılı Afet Riski Altındaki Alanların Dönüştürülmesi Hakkında Kanun 31.05.2012 tarihinde yürürlüğe girmiştir. Bu kanunun yürürlüğe girmesiyle birlikte depreme karşı dayanıksız binaların tespit edilerek yeniden yapılması süreci başlamıştır. Bu süreçte ortaya çıkan yapı atıklarının yeniden değerlendirilmesi, irdelenmesi gereken bir konu olarak karşımıza çıkmaktadır.

Ülkemiz doğal kaynaklar bakımından zengin bir ülke olmasına karşılık bu doğal kaynakların bilinçsizce kullanılması ilerde bu kaynakların yok olması tehlikesini de beraberinde getirecektir. Doğal kaynaklar yerine veya beraberinde atıkların kullanılabilmesi, hem doğal kaynakların sürdürülebilirliği hem de atıkların depolanması ile çevreye verilen zararın aza indirilmesi açısından büyük fayda sağlayacaktır. Kentsel Dönüşüm Sürecinde ortaya çıkan yapısal atık malzemelerinin yol üst yapısında kullanılmasının, doğal malzemenin korunması ile atıklarının çevreye etkileri göz önünde bulundurularak, ülke ekonomisine katkıları irdelenecektir.

Bu sebeple tümevarım yöntemi kullanılarak İstanbul, Üsküdar İlçesinde 6306 sayılı Afet Riski Altındaki Alanların Dönüştürülmesi Hakkında Kanun kapsamında değerlendirilen binalar ile ilgili veriler toplanarak bu binalardan çıkan yapı atıklarının yol üst yapısı katmanları içerisinde karıştırılması suretiyle elde edilecek veriler ışığında Üsküdar İlçesi modellenecektir.

Yapı atıklarının yol üst yapısında kullanılabilirliğinin irdelenebilmesi için Yol Üst Yapısı ve Geri Dönüşüm konuları ile Kentsel Dönüşüm Sürecine değinmek gerekmektedir. Daha sonra arazi çalışması neticesinde elde edilen malzemenin deneysel olarak irdelenmesi ile ulaşılan bulguların Üsküdar Belediyesi veri tabanı kullanılarak elde edilen bilgiler ışığında modellenmesi gerçekleştirilecektir.

2. LİTERATÜR ÇALIŞMALARI

Günümüzde karayollarında yenileme ve bakım çalışmaları sırasında, eski yol kaplamaları, freze adı verilen makineler ile yol yüzeyinden kazınmakta ve yine bu makineler yardımı ile belirli boyutlarda kırılarak belediye şantiyelerinde veya boş arazilerde atık malzeme olarak depolanmaktadır (Asphalt 1983: Jon 1990). Bu atık malzemelerin oldukça fazla olması nedeniyle çevre kirliliği oluşmaktadır (Jon, et al. 1977: Asphalt 2006). Bu nedenle atık asfalt kırıklarının beton içerisinde doğal agrega yerine kullanılması sonucunda çevre kirliliği önlenilmekte ve ülke ekonomisine büyük katkı sağlanabilmektedir (Decker and Young 1996: Senior et al. 1994).

Dünya ülkelerinin neredeyse tümünde yol yapım ve genişletme çalışmalarının her geçen gün arttığı göz önünde bulundurulursa agrega gereksiniminin buna bağlı olarak artması kaçınılmazdır (Hanks and Magni 1989: Bansci et al. 1980). Atık asfalt kırıklarının agrega olarak beton yollarda kullanılması doğal agrega tüketimini ve nakliye masraflarını azaltabilecek etkiye sahip olduğundan beton maliyeti düşecektir. Bitümlü bir malzeme olan atık asfalt kırıklarının su emme kapasitesinin doğal agregaya göre düşük olması taze betonda su gereksinimini azaltır ve işlenebilirlik artar, ayrıca çeşitli çalışmalar incelendiğinde, sertleşmiş betonda tokluk artmakta ve çatlak oluşumunun azaldığı görülmektedir (Krietch 1991: Akpınar 2005).

Asfalt kırıkları yolların yenilenmesi ve bakımı sırasında ortaya çıkan atık malzemelerdir, bu malzemelerin esnek ve rijit kaplamalarda yeniden kullanılması mümkün olmaktadır. Rijit bir kaplama olan beton yollarda, sıcaklık ve nem farkından ve trafik yükleri nedeniyle oluşan gerilmeler altında, beton plakta çatlaklar görülebilmektedir. Bu çatlakları önlemek için beton yolu, serbest plaklar durumuna getiren derzlerin, belirli ve uygun aralıklarda yapılması gerekmektedir. Ayrıca, betona yüzeye yakın biçimde çelik teller konarak veya yine yüzeye yakın bir şekilde hasır donatıları yerleştirerek bu çatlaklar en az düzeye indirgenebilmekte ve beton çekme direnci yükseltilebilmektedir (Topçu ve Işıkdağ 2006 a).

Beton yolun, yol çeşitleri arasında çelik donatı kabul eden tek kaplama tipi olması, büyük bir avantaj olarak görülmektedir. Beton yollarda çatlak oluşumunu önleyici diğer bir yöntem ise agrega yerine şekil değiştirme kapasitesi daha yüksek çeşitli malzemeler kullanılarak beton tokluğunun artmasını sağlamaktır (Topçu ve Işıkdag 2006 a).

Amerika 'da yıllık 11 milyon ton shingle atığı ortaya çıkmaktadır. Atık shingle birikiminin önlenmesi için alternatif çareler düşünülmüş ve atık malzemelerin parçalanarak yol üstyapısı, temel ve alt temel; yol çukurları, yaya kaldırımı, köprüler ve park alanlarında kullanılabilmesi düşüncesi ortaya çıkmıştır (Şengöz ve diğ. 2002).

Amerika 'da her yıl 240 milyonun üzerinde araba lastiği, 45 milyonun üzerinde kamyon lastiği birikmekte ve her yılda 188 milyon atık lastik stoklanmaktadır. Bu nedenle, Çevre Koruma Ajansı (EPA) tarafından kurulan stok alanları yetersiz kalmaktadır. Atık birikimini önlemek için alternatif çareler düşünülmüş ve araba lastiklerinin yol dolgularında, kaplama alt malzemesi olarak, dalgakıranlar, istinat duvarları ve çarpma bariyerlerinde hafif agrega olarak ve sıcak karışım asfalt kaplamalarında modifiye malzeme olarak kullanılabilmesi ortaya çıkmıştır. Avrupa genelinde katı atıkların yüzde 5 ile yüzde 9 'unu plastik atıklar oluşturmaktadır. Kullanım sonrası plastik atıklar tüm plastik atıkların yüzde 92 'sini oluşturmaktadır. Bu kullanım sonrasında atıkların yüzde 8 'i geri dönüşümde kullanılmakta ve yüzde 17 'si kontrollü olarak yakılmaktadır. Kömürle çalışan termik santrallerde, kömürün yanması sonucu atık olarak ortaya çıkan kül zemin stabilizasyonunda, tuğla ve çimento imali gibi birçok alanda kullanılmaktadır. Amerika 'da termik santrallerden yılda 82 milyon ton, Kanada' da yılda 4 milyon ton kül ortaya çıkmaktadır. Bu atık malzemenin yerinde stabilizasyonu ve yol yapımında stabilize malzeme olarak kullanılması alanında çalışmalar yapılmaktadır (Tuncan ve diğ. 1998).

Şengöz ve Topal (2002), shingle atığının esnek yol üst kaplamalarında filler malzemesi olarak kullanılmasını araştırmışlardır. Sabit bitüm içeriği ile hazırlanan karışımlara belirli oranlarda (yüzde 1, yüzde 2, yüzde 3, yüzde 4 ve yüzde 5) shingle ekleyerek Marshall stabilite deneyi uygulamışlardır. Ayrıca, en iyi stabilite değeri veren karışımda, bağlayıcı yüzdesini yüzde 0.5 ve yüzde 1 azaltarak stabilite ve ekonomi yönünden değerlendirme

yapmışlardır. Bu çalışmalar sonucunda, shingle atıklarının sıcak karışımlarda katkı olarak kullanılabilmesi ve karışımın stabilite değerlerini artırdıkları belirlenmiştir.

Tuncan ve arkadaşları (1998), endüstriyel atıkların ve otomobil lastik atıkların sıcak karışım asfalt kaplaması üzerindeki fiziksel ve mekanik etkilerini araştırmışlardır. Çalışma iki aşamada gerçekleştirilmiştir. Birinci bölümde, otomobil lastik atıkları ve polietilen esaslı plastik atıklar, bitüm miktarının yüzde 5, yüzde 10 ve yüzde 20 'si oranında ilave edilerek kullanılmış, ikinci bölümde ise, endüstriyel atıklar olan uçucu kül, petrolü sondaj atığı, lastik tozları, mermer tozu, çimento ve kireç filler olarak kullanılmıştır. Hazırlanmış olan karışımlar üzerinde Marshall stabilite, indirek çekme dayanımı, serbest basınç dayanımı ve su hasarı deneyleri yapılmıştır. Çalışmalar sonucunda, kullanılan atık malzemelerin asfalt betonunda katkı malzemesi olarak kullanılabilmesi sonucuna varılmıştır.

Su ve Chen (2002), cam atığını belirli oranlarda (yüzde 0, yüzde 5, yüzde 10 ve yüzde 15) kullanarak Marshall stabilite deneyleri uygulamış, ASTM ve AASHTO standartlarına uygun olarak kuru/ yaş nem hasarı, kayma direnci, ışığı yansıtma, su geçirgenliği ve sıkıştırma sonuçlarına bakmışlardır. Deneysel çalışmaların sonucunda, cam atığının asfalt betonunda katkı malzemesi olarak kullanılabilmesi sonucuna varılmıştır.

Yılmaz (2002), cüruf ve baca tozlarının esnek yol kaplamalarında taş tozu gibi doğal filler malzemeler yerine alternatif kullanım imkanının olup olmadığını araştırmıştır. Marshall stabilite tasarımı yöntemine göre hazırlanan numuneler üzerinde stabilite ve akma deneyleri yapmıştır. Deneyler sonucunda da cüruf ve baca tozlarının yol üstyapısında yapay agrega olarak değerlendirilebileceği sonucuna varılmıştır.

Deniz ve arkadaşları (2005), kullanılmış otomobil lastiklerinin bitümlü sıcak karışımların performansı üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Lastik parçalarını farklı oranlarda (yüzde 1, yüzde 2, yüzde 5 ve yüzde 7) bitümlü sıcak karışıma katarak, farklı sıcaklıklarda dolaylı çekme, statik sünme, tekrarlı sünme ve Marshall stabilite deneylerine tabi tutmuşlardır. Deneysel çalışmalar sonucunda otomobil lastiklerinin belirli oranlarda bitümlü

karışımlara katılması halinde, soğuk iklimlerin hakim olduğu bölgelerde kalıcı deformasyonlara karşı olumlu etki yapacağı görülmüştür.

Turabi ve arkadaşları (2002), fosforik asit gübre fabrikası atığı fosfojipsin, yol ve stabilizasyonunda kullanımını araştırmışlardır. İki farklı zemin örneğinde, yüzde 0, 5, 10, 15 fosfojips katkı oranlarında, proctor değerlerinin ve plastisite indislerinin değişimini incelemişlerdir. Deney sonuçlarına göre, fosfojips katkısıyla zemin örneklerinin kuru birim ağırlıklarında artış, optimum su içeriklerinde ve plastisite indislerinde azalma görülmüştür.

Puzinauskas (1983), filler-asfalt karışımının özellikleri, yol karışımlarının davranışı ve özellikleri üzerine mineral fillerlerin etkilerini araştırmıştır. Bu amaçla dört farklı mineral filler (kireçtaşı tozu, kaolin kili, fuller toprağı ve kısa-lif asbest) kullanmıştır. Bitüm malzemesi sabit tutularak, üç ayrı agrega (kum, volkanik kaya ve kireçtaşı), kullanmıştır. Dört farklı mineral fillerin etkilerinin değerinin ölçülmesi için yaygın olarak kullanılan Marshall karışım tasarımı, asfalt yol karışımının fiziksel özelliklerinin belirlenmesinde kullanılmıştır.

Ali ve arkadaşları (1996), kül ilave edilen asfalt karışımların mekanik özelliklerini incelemiştir. Bu çalışmada, yüzde 5 'lik bağlayıcı yüzdesinde 4 farklı kül içeriğine sahip karışımlar değerlendirilmiştir. Bu karışımlar üzerinde yapılan elastisite modülü, sünme, kalıcı deformasyon ve yorulma gibi mekanik özellikler 0, 20 ve 40 °C 'de olmak üzere üç sıcaklıkta belirlenmiştir. Soyulma potansiyelinin belirlenmesi için yorulma etkileri test edilmiştir. Bu çalışma, filler olarak kullanılan külün mukavemet ve soyulma direncini iyileştirdiğini göstermiştir.

Güngör (1996), Afşin Elbistan uçucu külünün esnek yol üst kaplamalarında filler malzemesi olarak kullanılmasını araştırmıştır. Taş tozu, portland çimentosu ve uçucu kül fillerli karışımlara Marshall deneyi yapılmış, optimum bitüm yüzdesi, bağlayıcı ile dolu boşluk yüzdesi, boşluk yüzdesi, akma ve stabilite değerleri elde edilmiş, sonuçlar karşılaştırılmıştır. Yapılan çalışma sonucunda uçucu külün esnek üst yapılarda filler malzemesi olarak kullanılabileceği kanısına varılmıştır.

Acar ve Tapkın (1998), esnek kaplamalarda aşınma tabakası olarak kullanılan standart karışım özelliklerini taşıyan laboratuvar Marshall numuneleri ile karışımındaki filler yerine çeşitli oranlarda Portland çimentosu kullanılarak hazırlanmış numuneleri stabilite ve akma özellikleri açısından değerlendirmişlerdir. Bir grup numune üzerinde UMATTA test cihazı kullanılarak indirekt yorulma testi yapılmış ve test sonuçları karşılaştırmıştır. Sonuç olarak, deneyde kullanılan Portland çimentolu karışım hem stabilite açısından hem de yorulma ömrü yönünden olumlu sonuçlar vermiştir.

Bu çalışmada, Kentsel Dönüşüm Uygulamaları neticesinde yıkılan binalardan çıkan yapı atıklarının yol üst yapısında kullanılabilirliği incelemek olup Üsküdar ilçesinde uygulamalar neticesinde çıkan atıkların değerlendirilmesinin sağlayacağı faydalar irdelenecektir.

3. YOL ÜST YAPISI

Yol gövdesi, altyapı ve üstyapı olmak üzere iki kısımdan oluşur. Altyapı yarma ve dolguları içerir. Üstyapı ise trafik yüklerini taşıyan ve azaltarak altyapıya aktaran tabakalı bir yapıdır.

Üstyapılar, tabakalardan kullanılan malzemelerin özelliklerine göre Rijit, Yarı-Rijit (Kompozit) ve Esnek olmak üzere üçe ayrılırlar.¹

3.1 KARAYOLU ÜSTYAPI TÜRLERİ

Karayolu üstyapıları trafik yüklerini zemine ileten ve çevre etkilerine karşı dayanıklı olan mühendislik yapıları olarak bilinmektedir. Üstyapıların kaplama tabakalarında bağlayıcı olarak asfalt kullanılanlara “esnek”, çimento kullanılanlara ise “rijit” üstyapı denilmektedir. İki bağlayıcının birlikte kullanıldığı durumlarda ortaya çıkan yapılar kompozit üstyapılar olarak adlandırılmaktadır. Bu üstyapılar; trafik türü, trafik hacmi ve sürüş güvenliği ile konforu, zemin ve çevre koşulları gibi faktörlere bağlı olmaktadır. Üstyapılar esnek veya rijit olmalarına göre farklı tabakalar içermektedirler. Esnek olan yapılarda tabaka sayısı fazla olmaktadır ve tabaka kalınlıkları üstyapı tipine ve tasarım yüküne bağlı olarak değişmektedir. Alt temel tabakası gerekli drenajı sağlama sebebiyle geçirgenliği yüksek taneli malzemelerden yapılmaktadır. Bu tabakalar, üst tabakalar kadar gerilmeye maruz kalmamalı ve doğrudan temas halinde olduğu zeminin hacim değişmelerine karşı koyacak dayanımda olmalıdırlar.²

Kentsel Dönüşüm neticesinde ortaya çıkan yapısal atıkların yol üstyapısında kullanılabilirliği esnek üstyapı katmanlarında inceleneceğinden bu konuya geniş yer verilmesi yerinde olacaktır.

^{1 2} <http://www.tcma.org.tr> [Erişim tarihi: 30.09.2013]

3.1.1 Rijit Üstyapı

Yüklerin büyük bölümünün Portland çimentosundan yapılmış beton plaka tarafından taşındığı, kalan kısmının altyapıya aktarıldığı üstyapı tipidir. Taban zemini üzerine serilmiş olan granüler alttemel veya temel üzerine grobeton ve onun üzerine de donatılı veya donatısız, anolar halinde serilmiş beton plakalardan oluşmaktadır. Anolar boyutları, plaka kalınlıkları ve donatı miktarları yolun trafik sayısına ve taban zemininin mukavemetine bağlı olmaktadır (Önal 1993).

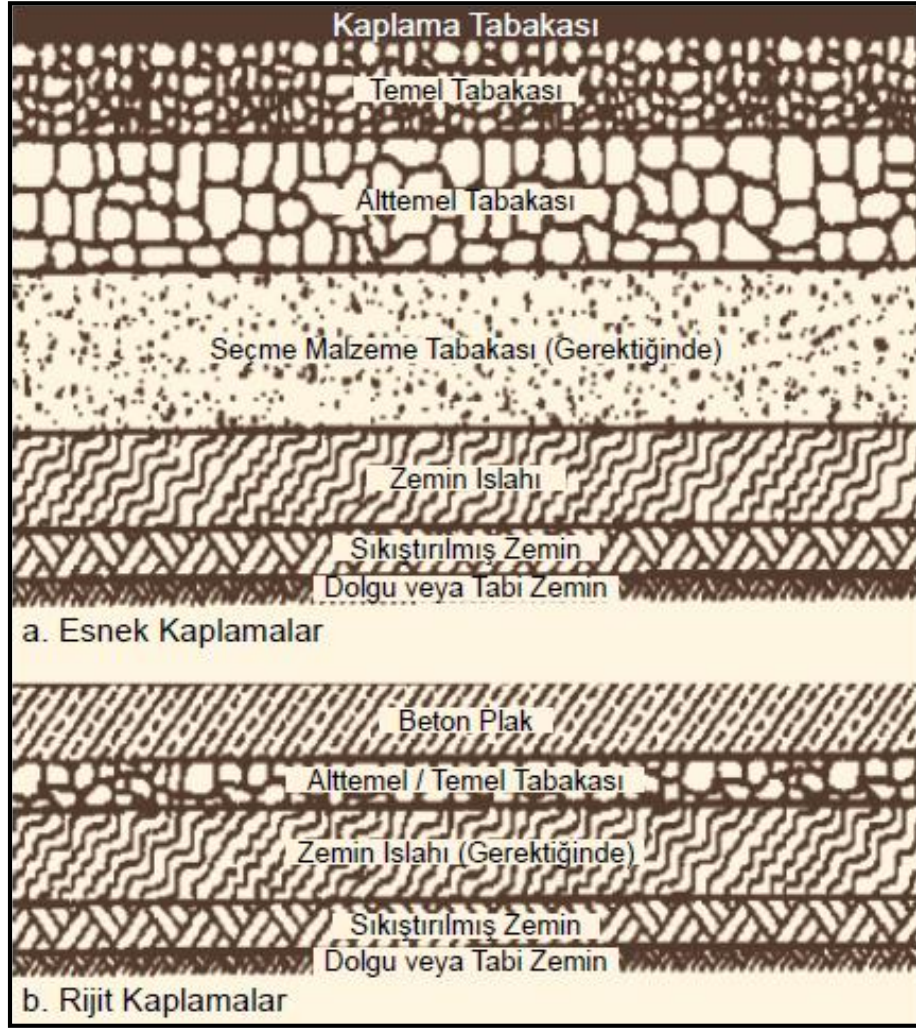
3.1.2 Yarı Rijit (Kompozit) Üstyapı

Bitümlü kaplama ve bir ya da birden fazla hidrolik bağlayıcılı tabakayı içeren ve yükleri geniş bir yüzeye yayarak tabana aktaran bir üstyapı tipidir. Yarı rijit üstyapılarda, esnek üstyapılardan farklı olarak granüler temel veya alttemel yerine çimento bağlayıcılı granüler temel veya çimento ile stabilize edilmiş alttemel kullanılmaktadır. Bu tabakaların üzerine bitümlü temel, asfalt betonu binder ve aşınma tabakaları serilerek trafik değerleri çok yüksek olan devlet ve otoyollarında bu tür üstyapılar kullanılmaktadır (Önal 1993).

3.1.3 Esnek Üstyapı

Yüklerinin büyük bir kısmının üstyapıyı oluşturan bitümlü bağlayıcılı ya da bağlayıcısız tabakalar tarafından taşındığı, kalan kısmın tabana aktarıldığı üstyapı tipidir. Stabilitesi, agrega kenetlenmesine, dane sürtünmesine ve kohezyona bağlıdır. Esnek üstyapı belirli özelliklere sahip malzemelerden oluşmuş bir seri tabakayı içerir. Tabaka kalınlıkları tabanın taşıma gücü ve trafik yüklerine bağlı olarak hesaplanır (Türel 2002). Şekil 3.1' de kaplama tabakalarını görebilmek mümkündür.

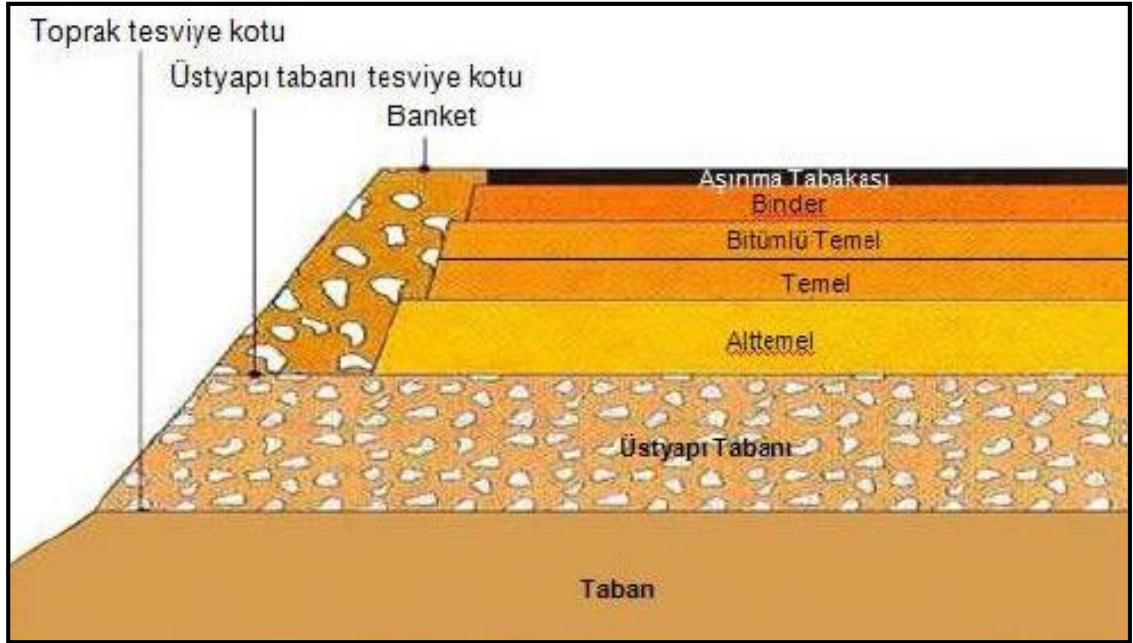
Şekil 3.1: Kaplama tipleri ve tabakaları



Kaynak: Tunç 2001.

Esnek üstyapı, proje ömrü, trafik hacmi, mevcut malzeme durumu ve taban zemini dayanımı gibi kriterlerle ilişkilendirilerek tabakalı olarak projelendirilmektedir. Bu tabakalar; kaplama tabakası, temel tabakası, alttemel tabakası ve taban zemini olarak adlandırılmaktadır (Türel 2002). Esnek üst yapı katmanlarını Şekil 3.2’de inceleyebilmek mümkündür.

Şekil 3.2: Esnek üst yapı katmanları



Kaynak: <http://www.karyapsan.com.tr/asfalt-ansiklopedisi.aspx> [Erişim tarihi: 03.12.2013]

Trafik yüklerinin bu tabakalardan geçerek taban zeminine iletilmesi, zemin içindeki klasik yük dağılışıma benzemektedir. Tekerlek yükleri altında esnek üstyapı deforme olduğundan her tabaka, üzerine gelen yükü bir alttakine biraz daha yayarak iletmekte ve taban zemine ulaşan yük büyük bir alana yayılmaktadır. Yolun en üst tabakasından alta inildikçe esnek üstyapıda oluşan gerilmelerin değeri düştüğü için, kullanılacak malzemelerin mekanik özellikleri de gerilmelerin dağılımına uygun olarak seçilmektedir (Sezgin 2003).

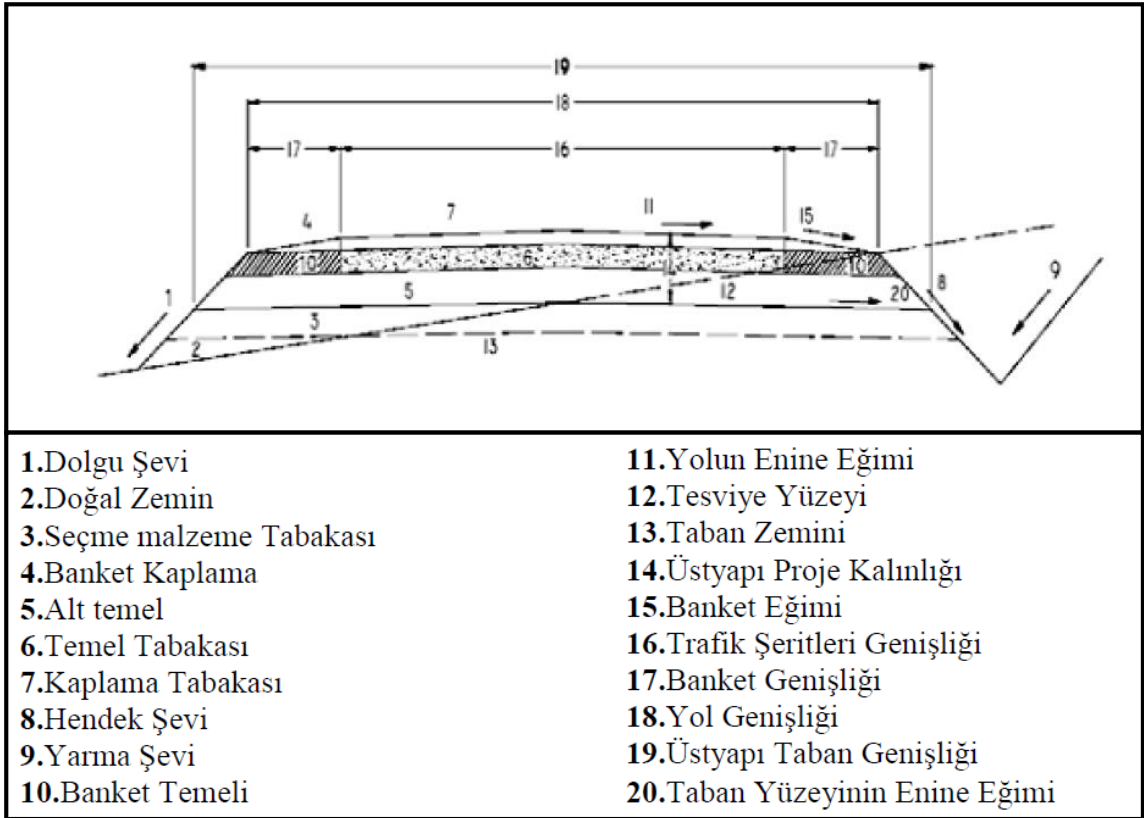
Bitümlü karışımlardan, asfalt betonundan yapılmakta olan kaplama tabakası, trafiğin ve iklimin bozucu etkilerine doğrudan doğruya maruz kaldığından, yüksek elastisite modülünün, kaymaya dirençli olmasının yanında geçirimsizlik özelliğine de sahip bulunması gerekmektedir. Ayrıca, esnek üstyapılar iyi projelendirilmezse; aşağıdaki iki nedenden biri yolun tahrip olmasına sebep olur (Sezgin 2003):

- a. Taban zemininde veya yol üstyapısını oluşturan tabakaların birinde meydana gelen gerilmelerin, malzemenin sınır gerilme değerlerini aşması ve iç dengenin bozulması ile ortaya çıkan kaymalar.

- b. Taban zemininde veya yol üstyapısı tabakalarının birindeki yüksek basınç gerilmeleri ve rutubet oranındaki önemli değişmeler altında, büyük oturmaların ortaya çıkması ve üst tabakaların oturmalara uymaması sonucunda oluşan çatlaklar, kopmalar.

Şekil 3.3' de görüldüğü gibi; esnek üstyapıların tasarımı yapılırken platform genişliği, banket genişlikleri, hendek ve şevler oldukça önemli bir yere sahiptir.

Şekil 3.3: Tipik esnek üst yapı enkesiti



Kaynak: Özgan ve diğerleri 2010.

Aşınma tabakasının altında, üstyapının oturduğu taban zeminini koruyan temel tabakası bulunmaktadır. Bu tabakanın asıl görevi, taşıtların geçişlerinden dolayı gerilmeleri taban zemininin taşıma gücü sınırları içerisinde yaymaktır. Temel tabakası, çimentolu veya bitüm bağlayıcılı karışım, stabilize edilmiş veya dikkatle seçilmiş granüller malzeme olabilmektedir (Karaşahin 1993).

Temel tabakasının altında alttemel tabakası bulunmaktadır. Alttemel tabakası, bitümlü tabakaların inşası için çalışma platformu oluşturmaktadır. Bu tabakada kullanılan malzemeler, yerel ve yol inşaatında kullanıma elverişli malzemeler (molozlar, cüruflar, inşaat atıkları gibi) olmaktadır. Bunlar, temel tabakasına göre daha düşük kalitededir ve granüller malzemedir. Taban zemini, sıkıştırılmış doğal zeminden oluşmaktadır ve yapısal olarak en önemli tabakadır. Üstyapı yükü son olarak bu tabakaya iletilmektedir. Bu tabakanın esas görevini iyi yapabilmesi için iyi bir drenaja ihtiyacı vardır (Karaşahin 1993).

3.2 ESNEK ÜSTYAPI KATMANLARI

ÜSTYAPI TABANI: Tesviye yüzeyi altında kalan, yarma veya dolgularda üstyapının taşıma gücüne etkisi olabilecek bir derinliğe kadar (25-85 cm) devam eden tabakadır. Tabanın CBR (Kaliforniya Taşıma Oranı) değeri üstyapı tabakalarının kalınlıklarını belirleyen en önemli faktörlerdendir (Cüre 2005).

ALTTEMEL: Temel tabakasını taşımak üzere taban üzerine yerleştirilen, belirli fiziksel özelliklere sahip malzemedir oluşmuş bir üstyapı tabakasıdır. 10-30 cm arasında kalınlığa sahiptir (Cüre 2005).

TEMEL: Alttemel üzerine hesaplanan bir kalınlıkta (10-30 cm) inşa edilen, belirli fiziksel özelliklere sahip malzeme ile oluşturulan iyi bir drenaj sağlayarak don etkisini azaltmaya yarayan bir üstyapı tabakasıdır (Cüre 2005).

Karayollarında üç farklı temel tipi kullanılmaktadır.

- i. Granüler Temel (GT)
- ii. Plent-miks Temel (PMT)
- iii. Çimento Bağlayıcılı Granüler Temel (ÇBGT) (Cüre 2005).

TESVİYE YÜZEYİ: Yol üstyapısı ve banketlerin oturduğu altyapı zeminin üst yüzeyidir (Kurt 2012).

İNCE TESVİYE (REGLAJ): Tesviye yüzeyinin projesine uygun olarak enine ve boyuna eğim verilmesi sonucu greyder yardımıyla yapılan düzeltme işlemidir. Reglajı yapılan yol üst yapı inşasına hazır hale gelmiş demektir (Kurt 2012).

AŞINMA TABAKASI: Bitümlü karışımla yapılan beton asfalt kaplamalarda en üstte bulunan tabaka trafiğin ve iklim koşullarının bozucu etkilerine karşı koymaktadır. En üst asfalt tabakası olan aşınma tabakası, genellikle 5 cm kalınlığında asfalt betonu olarak uygulanmaktadır. Aşınma tabakası kullanım amacına göre iki ayrı tiptedir (Kurt 2012):

Beton Asfalt Aşınma (Tip 1) : En büyük tane boyutu 19 mm olan aşınma tipidir. Beton Asfalt Aşınma (Tip 2) : En büyük tane boyutu 12,5 mm olan, Tip 1 aşınmaya kıyasla daha yüksek oranda bitüme haiz aşınma tipidir. Genellikle hafif araç otoparkları, spor sahaları, yürüme yolları gibi ağır ve sürekli trafiğin bulunmadığı sahalarda uygulanmaktadır (Kurt 2012).

BİNDER TABAKASI: Aşınma tabakasının altında yer almaktadır. Genellikle bitümlü temel veya plentmiks temel tabakaları üzerine uygulanan binder tabakası, trafiğe bağlı olarak 6-8 cm kalınlıklarda asfalt betonu olarak tatbik edilmektedir (Kurt 2012).

BİTÜMLÜ TEMEL TABAKASI: Genellikle plentmiks temel tabakası üzerine uygulanan bitümlü temel tabakası, trafiğe bağlı olarak 8-18 cm kalınlıklarda tatbik edilmektedir.³

KAPLAMA TABAKASI: Üstyapının en üst tabakası olup, genellikle;

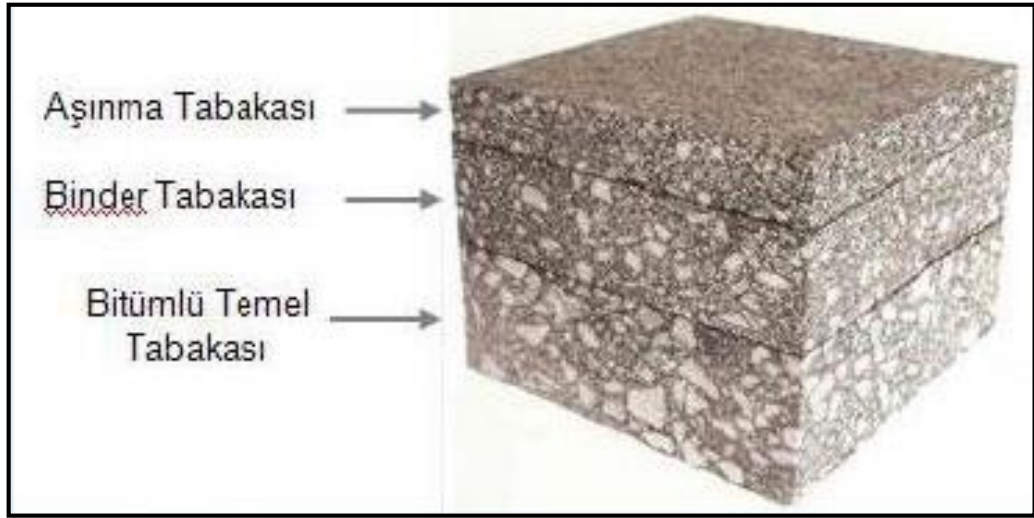
- i. Asfalt betonu (AB)veya
- ii. Sathi kaplama olarak inşa edilmektedir (Cüre 2005).

YÜZEYSEL (SATHİ) KAPLAMALAR: Bağlayıcılar ve agrega yol yüzeyine ayrı ayrı serilerek sıkıştırılmaktadır. Karıştırma söz konusu olmamaktadır. Trafik yoğunluğu günlük 1000 araca kadar olan yollara uygulanmaktadır (TMH 2003).

³ <http://www.asyol.com.tr>[Erişim tarihi: 04.12.2013].

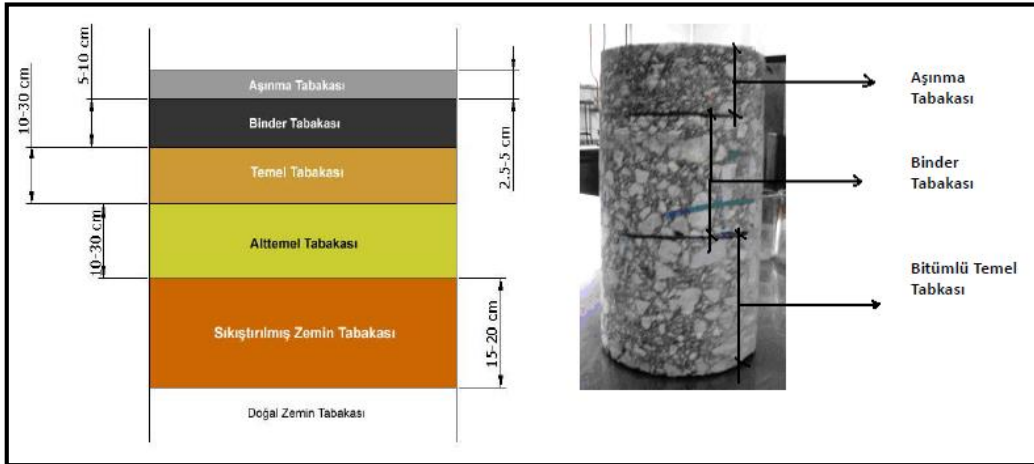
ASFALT BETONU: Bitümlü bağlayıcılarla yapılan karışımların oluşturduğu kaplamalar Hafif bitümlü kaplamalar ve Beton asfalt olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Beton asfaltlar sıcak karışımlıdır, kalitelidir ve yoğun trafikte uygulanır. (TMH 2003).

Şekil 3.4: Kaplama tabakaları



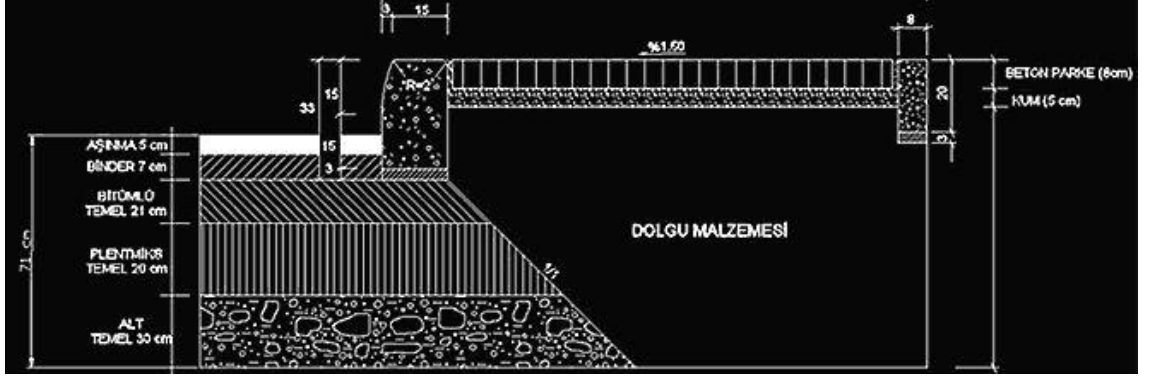
Kaynak: <http://www.karyapsan.com.tr/asfalt-ansiklopedisi.aspx> [Erişim tarihi: 03.12.2013]

Şekil 3.5: Esnek üstyapı en kesiti ve bir üstyapı karot örneği



Kaynak: <http://www2.aku.edu.tr/~icaga/dersler/img/karayolu.pdf> [Erişim tarihi: 03.12.2013]

Şekil 3.6: Asfaltla hazırlanmış bir yol en kesiti örneği



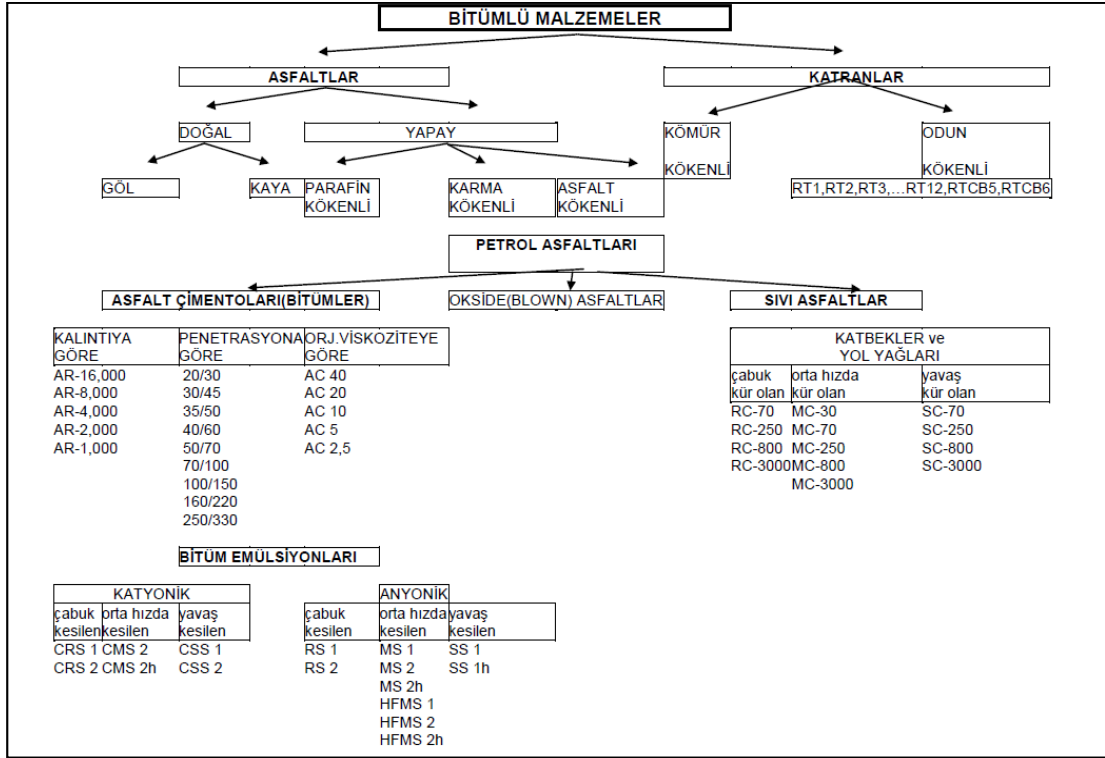
Kaynak: <http://www.kayseri.bel.tr/web2/index.php?page=fen-isleri-daire-baskanligi>[Erişim tarihi: 03.12.2013]

Şekil 3.4 ve Şekil 3,5'te esnek üst yapı en kesiti ile üstyapı karot örneği görülmekte, Şekil 3.6' de ise asfaltla hazırlanmış bir yol en kesiti örneği görülmektedir.

3.3 BİTÜMLÜ BAĞLAYICILAR

Bitüm “doğal kökenli hidrokarbonların karışımı veya pirojenik kökenli hidrokarbonların karışımı olarak ya da her ikisinin bir kombinasyonu şeklinde çoğu zaman bunların gaz sıvı, yarı katı ve katı olabilen metal dışı türevleri ile bir arada bulunan yapıştırıcı özellikleri olan ve karbon disülfürde tamamen çözünen madde” olarak tanımlanmaktadır. Bitümlü bağlayıcılar asfaltlar ve katranlar olmak üzere iki kısma ayrılmaktadırlar (Bayındırlık Bakanlığı 1988). Bitümlü malzemeleri Şekil 3.7'de inceleyebilmek mümkündür.

Şekil 3.7: Bitümlü malzemeler



Kaynak: Orhan 2012.

3.3.1 Asfalt (Bitüm)

Asfalt, doğal halde bulunan ya da ham petrolün damıtılması sırasında elde edilen koyu kahverengi-siyah renkte yarı-katı veya sıvı halde olabilen kuvvetli yapıştırıcı (bağlayıcı) özelliğe sahip hidrokarbonlardan oluşan bir maddedir (Bayındırlık Bakanlığı 1988).

Asfaltlar, doğal ve yapay olarak ikiye ayrılmaktadır. Doğal asfaltlar, doğada genellikle mineral maddelerle karışmış halde bulunurlar. Göl ve kaya asfaltı diye adlandırılırlar. Trinidad göl asfaltı, en yaygın kullanılan göl asfaltıdır. Rezervi 10-15 milyon tondur. Rafine edildikten sonra yüzde 55 bitüm, yüzde 35 mineral madde ve yüzde 10 organik madde içermektedir. Kaya asfaltları ise mineral maddeler ile maksimum yüzde 12 bitüm içerirler (Bayındırlık ve İskan Bakanlığı 1993).

3.3.1.1 Asfalt çimentoları

Asfalt çimentoları AC ile gösterilmekte ve 10-300 arasında değişen penetrasyon derecelerine göre sınıflandırılmaktadırlar. Tablo 3.1’de bu değerler gösterilmektedir. Penetrasyon asfaltları daha sert olanların daha yumuşak olanlar ile karıştırılmasından elde edildiği gibi sert olanların yüksek kaynama noktalı bir yağ ile yumuşatılmasıyla da elde edilebilmektedir (Gençtürk 2011).

Asfalt çimentolarının tamamı agregalar ile karıştırılmadan önce belirli derecelere kadar ısıtmaya ihtiyaç göstermektedirler.

Tablo 3.1: Asfalt çimentolarının sınıflandırılması

PENETRASYON SINIFLAMASI	VİSKOZİTE SINIFLAMASI
40 – 50 Pen AC	AC-20
60 – 70 Pen AC	AC-40
85 – 100 Pen AC	AC-10
120 – 150 Pen AC	AC-5
200 – 300 Pen AC	AC-20,5

Kaynak: Gençtürk 2011.

3.3.1.2 Okside asfalt (Blown asfalt)

Arıtma işlemi sonucunda elde edilen kalıntının içerisinde hava geçirerek yarı katı asfaltlara yeni özellikler kazandırılabilir. Bu iş için normal damıtma, kalıntı henüz sıvı iken kesilmektedir. Bu sıvı kalıntı ayrı bir tanka alınarak yüksek sıcaklıkta tutulmak suretiyle içerisinde hava geçirilmekte ve böylece çok sert olan blown asfaltlar elde edilmektedir (Bayındırlık Bakanlığı 1988).

3.3.1.3 Sıvı petrol asfaltları (Katbek asfaltı)

Sıvı petrol asfaltları, asfalt çimentolarının farklı özellikli çözücülerle karıştırılarak işlenebilir hale getirilmesi ile elde edilmektedirler. Sıvı petrol asfaltları, asfalt malzemesi

ve çimentolu temel tabakalarının yüzeylerinde yapıştırma malzemesi olarak kullanılmaktadırlar. Bunun yanında, bu tür asfaltlar bitümlü makadam ve ince daneli soğuk asfalt yapımında da kullanılmaktadırlar (Bayındırlık Bakanlığı 1988).

3.3.2 Katran

Katran, kömürün veya odunun kapalı bir sistem içerisinde kuru kuruya damıtılmasından elde edilmektedir. Bu şekilde elde edilen katrana ham katran denilmektedir ve katran genellikle arıtıldıktan sonra kullanılmaktadır. Fakat yol kaplamalarında bağlayıcı olarak kullanılan katranın kömür kökenli olması tercih edilmektedir (Bayındırlık Bakanlığı 1988).

Katran metalurjik amaçlar için kok elde edilmesi veya havagazı üretimi için kömürün kuru olarak damıtılması sırasında bir yan ürün olarak elde edilmektedir. Katranlar, yapışma özelliğinden dolayı asfalt çimentoları içerisinde dop olarak da kullanılabilirler. Katranın, agregaya yapışma özelliği asfalttan daha fazla olmasına karşın ömrü asfalttan daha kısadır (Bayındırlık Bakanlığı 1988).

RT (Road Tar) sembolü ile gösterilen yol katranları kıvamlılıklarına göre RT-1, RT-2 RT-12 ve RTCB-5, RTCB-6 olmak üzere 14 sınıfa ayrılmaktadırlar ve numaralar büyüdükçe kıvamlılık artmaktadır (Bayındırlık Bakanlığı 1988).

3.4 AGREGA

Agrega; kum, çakıl, kırmataş, cüruf ve diğer mineral bileşiklerin bitümlü bir karışım, portland çimentosu, harç, makadam, mastik vb. bağlayıcı bir ortamda, bir araya gelmeleri ve bu malzemelerin bağlayıcısız kullanılmak üzere (örneğin demir yollarında balast malzemesi) bir araya getirilmesi sonucu oluşmaktadır. Agregalar doğal ve suni olmak üzere ikiye ayrılmaktadırlar (Bayındırlık ve İskan Bakanlığı 1993).

3.4.1 Doğal Agregalar

Doğal olarak oluşmuş kayalardan fiziksel yolla doğrudan doğruya elde edilmektedirler. Kayalardaki mineraller başlıca oksijen, alüminyum, demir, magnezyum, kalsiyum, sodyum, potasyum ve daha az olarak diğer elementlerden ibarettir. Kayaç; bir veya birkaç çeşit mineralin bir araya gelmesi ile oluşmuş katı bir madde olarak bilinmektedir. Mineral ise; doğal yollarla oluşan, kimyasal yollarla gösterilebilen, genellikle homojen kristal yapısı olan inorganik maddelerdir (Bayındırlık ve İskan Bakanlığı 1993).

Kayaçlarda mineralojik ve kimyasal bileşimle birlikte, taşın yapı ve dokusunun oluşumunun ve jeolojik durumunun da önemi büyüktür. Örneğin bir granit, bir gnays ve bir arkoz tamamen aynı mineralojik ve kimyasal bileşimde olabilmektedir. Aynı oranda feldspat, kuvars ve mika mineralleri ihtiva edebilirler. Fakat görünüş, jeolojik durum ve oluşumları bakımından birbirlerinden tamamen farklıdır. Kayaçlar kökenlerine göre üçe ayrılırlar: Magmatik (Püskürük) Kayaçlar, Sedimanter (Tortul) Kayaçlar, Metamorfik (Başkalaşım) Kayaçlar (Bayındırlık ve İskan Bakanlığı 1993).

3.4.1.1 Magmatik kayaçlar

Yer kabuğunun derinliklerinde bulunan magmanın katılaşması ile meydana gelmektedirler. Bu katılaşma yeryüzünde olabildiği gibi, yerkabuğunun derinliklerinde büyük kütleler halinde yeraltındaki tabakalar arasında veya yarık ve çatlaklar içinde damarlar halinde de olabilmektedir. Magmanın yeryüzünde katılaşması ile dış püskürük kayaçlar, derinlerde katılaşması ile derinlik kayaçları (veya iç püskürükler) ve damarlar halinde katılaşması ile de damar kayaçları oluşmaktadır (Bayındırlık Bakanlığı 1988).

3.4.1.2 Sedimanter (Tortul) kayaçlar

Her türlü taşın dağılması, bu dağılan parçaların veya eriyiklerin nakledilmesi, deniz veya göl dibi gibi sedimantasyon havzalarında tortullaşması ve daha sonra bunların katılaşması ile meydana gelen taşlardır. Tortul kayaçların başlıca özellikleri; tabakalı olmaları ve içlerinde fosil ve canlıların iz ve kalıplarının bulunabilmesidir. Sedimanter kayaçlar

oluşum tarzlarına göre üçe ayrılırlar. Klasik (Mekanik) tortul kayaçlar, kimyasal tortul kayaçlar ve organik tortul kayaçlar (Bayındırlık Bakanlığı 1988).

Klasik tortul kayaçlar; yerkabuğunda mevcut taşların çeşitli nedenlerle ufalanıp parçalanması ve bu parçaların su ve rüzgâr gibi etkilerle çukur yerlerdeki sular içinde birikmesi ve parçaların diyajenetik (bir nevi çimentolaşma) olaylarla birleşip katılaşması sonucu oluşmaktadır. Örneğin kumtaşı (gre), konglomera, kalker, marn birer tortul kayaçtır. Kimyasal tortul kayaçlar; çözünebilen minerallerin, çözültideki suyun uçması, çöktürücü bir maddenin karışması ile çözültiden ayrılıp çökmeleri sonucunda oluşmaktadır. Bu tip kayaçlar daha ziyade kayacın kimyasal bileşimine dayanarak karbonatlı (kalkerler), silisli (kimyasal çörtler), demirli (oolitik demir mineralleri) fosfatlı (kuvars taneli fosfatlar) tuzlu (tuz, anhidrit, jips) olmak üzere çeşitli gruplara ayrılabilirler (Bayındırlık Bakanlığı 1988).

Organik tortul kayaçlar; Bunların oluşumunda esas rolü canlılar oynamaktadır. Organik tortul kayaçlar karbonatlı (organik kalkerler), silisli (diatomit, radiolarit) veya karbonik (kömürler) olabilmektedirler (Bayındırlık Bakanlığı 1988).

3.4.1.3 Metamorfik (Başkalaşım) kayaçlar

Magmatik veya tortul kayaçların yüksek ısı ve ya yüksek basınç su buharı ve türlü bileşimdeki gazlar etkisi veya mekanik olarak şekil değiştirmesi ile değişik bir yapı-doku ve mineralojik bileşim kazanması sonucunda oluşmaktadır. Metamorfizma sonucunda taşın mineralleri kristal şeklini değiştirir veya eski minerallerin yerine yeni mineraller teşekkül eder. Metamorf taşlara örnek olarak verebilecek bir taş olan mermer, kalkerlerin değişiminden meydana gelmektedir (Bayındırlık Bakanlığı 1988).

3.4.2 Suni Agregalar

Asfalt kaplama inşaatında kullanılan başlıca suni agregalar şunlardır:

3.4.2.1 Cüruf

Demir filizinin endüstride indirgenmesi sırasında artık madde olarak yüksek fırınlardan elde edilen cüruf en fazla kullanılan suni agrega olarak bilinmektedir (Bayındırlık Bakanlığı 1988).

3.4.2.2 Klinker

Fırınlardan bir artığı olup, küllerin eriyerek topraklar haline gelmesinden oluşmaktadır. Klinker çok değişebilen bir malzeme olduğundan yalnız bu iş için hazırlanmış şartnamelere uygun klinkerler asfalt kaplama yapımında kullanılabilirler (Bayındırlık Bakanlığı 1988).

3.4.2.3 Çimento

İlave edildiği bitümlü karışımda sadece filler olarak görev görmektedir ve bu yüzden standart granülometrik bileşimleri, saflıkları ve bitüm bağlayıcılarla herhangi bir reaksiyona girmediği için filler olarak kullanılmaya çok elverişlidir (Bayındırlık Bakanlığı 1988).

3.4.3 Bitümlü Kullanılan Agregalar

Bitümlü kaplamalarda kullanılacak agreganın, kökeni ne olursa olsun, her kaplama tipi için TCK şartnamelerinde verilen fiziksel özellikleri sağlaması gerekmektedir. Ancak istenen bütün koşulları sağlayan bir agrega yol yapımında kullanılmalıdır (Bayındırlık Bakanlığı 1988).

Agregalar boyutlarına göre üç grupta incelenebilmektedir (Bayındırlık Bakanlığı 1988):

- a. Kaba agrega (4.75 mm'lik elek üzerinde kalan)
- b. İnce agrega (4.75 mm'lik elekten geçip 0.075 mm'lik elek üzerinde kalan)
- c. Mineral filler (0.075 mm'lik elekten geçen)

Bu üç grup malzemenin her biri bitümlü karışımın ayrı ayrı özelliklerini kontrol etmektedir. Genellikle mineral filler agreganın 0.075 mm'lik eleği geçen kısmı olarak tanımlanmaktadır fakat 0.075 mm'den daha ince olan bütün malzemeler filler görevi görmezler. Mineral fillerin 0.075 mm'yi geçen kısmı düzgün bir granülometrik bileşime sahip olmalı ve aynı zamanda 0.001 mm'den daha ince boyuttaki taneleri dahi içermelidir. Granülometrik bileşim mineral filler için önemli bir özelliktir. Her ne kadar 0.075 mm'lik eleği geçen malzemeler olarak tanımlanırsa da bu konuda konulan şartnamelerde üst sınır genellikle 0.600 mm'den başlamaktadır (Bayındırlık Bakanlığı 1988).

Tane biçimi de mineral fillerin etkenliğinde önemli rol oynamaktadır. Köşeli taneler yassı, uzun ve düz tanelere tercih edilmektedir. Kalker tozu, portland çimentosu ve silisli malzeme tozu çokça kullanılan mineral fillerden bazıları olarak bilinmektedir (Bayındırlık Bakanlığı 1988).

3.5 BİTÜMLÜ SICAK KARIŞIMLAR

3.5.1 Bitümlü Sıcak Karışım Tipleri

3.5.1.1 Asfalt betonu

Yoğun bir gradasyona sahip ve boşluk oranı düşük olan bu karışımların bitüm oranları da düşük olmaktadır. Bu karışımlar aşınma ve binder tabakalarında kullanılmaktadırlar. İri boyutlu yoğun gradasyonlu karışımlar ise bitümlü temel tabakasında kullanılmaktadır. Dünyada ve ülkemizde en yaygın kullanılan BSK tipi asfalt betonu olarak bilinmektedir (Orhan 2012).

3.5.1.2 Taş mastik asfalt (SMA)

Kesikli gradasyona sahip bu karışım, iri agrega iskeleti içindeki boşlukların bitüm-filler harcı ile doldurulmasıyla elde edilmektedir. Bu tip karışımlarda, oluşturulan agrega iskelet yapısı ile yüksek mukavemet sağlanmaktadır. SMA üretimi ve uygulanması

sırasında bitümün drene olmasının önlenmesi amacıyla elyaf, polimer veya her ikisi de kullanılmaktadır (Orhan 2012).

3.5.1.3 Poröz asfalt

İri agrega oranı yüksek, ince agrega ve filler kısmı az olan uniform açık gradasyonlu malzemelerle oluşturulan bu karışımın boşluk oranı yüksektir ve bu şekilde yüzeyden üstyapıya giren suların drenajını sağlamaktadır. Bitümlü bağlayıcı filminin süreklilik göstermesi ve nispeten kalın olması poröz asfaltın uzun ömürlü olmasını sağlamaktadır (Orhan 2012).

3.5.1.4 Mastik Asfalt

Kesikli gradasyonlu, düşük orandaki iri agreganın zengin bir harç (bitüm+ince agrega+filler) içinde dağılmış halde bulunduğu boşluksuz karışım tipleridir. Bu karışımların bitüm oranı yüksek, boşluk oranı düşüktür. Kaba agregalar bu harcın içinde iskelet teşkil etmeyecek şekilde dağılmıştır ve sıcak dökülerek sıkıştırma gerektirmez. Bu tür karışımların yüzey pürüzlülüğü, önceden bitümle kaplanmış mıcırın yüzey üzerine serilip sıkıştırılmasıyla sağlanmaktadır. Mastik asfalt, köprü üstlerinde ve havaalanlarında daha yaygın kullanılmaktadır (Orhan 2012).

3.5.1.5 Kum asfalt

Bitüm, sıvı petrol asfaltı veya emülsiyon asfalt ile kumun karışımı olan bir asfalt tipidir. Kum veya kum-çakıl karışımından hazırlanan agrega, mineral filler de içerebilmektedir. Bu tip asfaltilarda karışım plentte veya yerinde yapılabilir. ⁴

⁴ www.tamyol.com.tr [Erişim tarihi: 03.12.2013]

3.5.2 Fiziksel ve Mekanik Özellikler

Hazırlanan ve yol üzerine serilen karışımın bazı özellikleri sağlaması beklenmektedir. Bunlar, karışımın hazırlanmasında temel amaçlardır. Bu amaçları aşağıdaki gibi sıralayabilmek mümkündür (Umar 1985):

3.5.2.1 Stabilite

Stabilite, taşıtlardan gelen sürekli dinamik yükler ve uzun süreli statik yükler ile hızlanan veya yavaşlayan tekerlek tesirleri altında oluşan basınç, çekme, kesme kuvveti (makaslama) ile sökülmeye karşı beton asfalt kaplamanın gösterdiği dirençtir. Stabilite trafik yüklerini karşılayacak kadar yüksek olmak zorundadır. Fakat çok yüksek stabilite, çok sert bir karışım anlamına gelir ki bu tür kaplamalar trafik yükleri altında oluşan defleksiyonlara uyamayıp çatlamaktadırlar. Bu nedenle düşük stabilite gibi çok yüksek stabilite de zararlı olmaktadır (Cüre 2005).

3.5.2.2 Dayanıklılık (Durabilite)

Beton asfalt kaplamanın dayanıklılığı, trafik, su, hava ve sıcaklık değişikliklerinin etkilerine karşı gösterdiği dirençtir. Ayrıca bir beton asfalt kaplamanın trafik etkileri karşısında yeterince kararlı olabilmesi için dayanıklılık koşullarının da iyi olması gerekmektedir. Karışımın aşınmaya karşı direnci doğal olarak agreganın aşınma özelliğine bağlıdır ve aşınma tabakalarında daha sert agregalar kullanılarak daha yüksek bir dayanıklılık sağlanabilmektedir. Dayanıklılığa etki eden diğer önemli faktör ise nemdir. Mevcut nem halinde karışımın soyulmaya karşı direnci agreganın asfalt absorpsiyonu ile ilgili olmaktadır. Asfaltın oksitlenmeye karşı direncinde, asfaltın yaşlanma karakteristikleri ve beton asfalt karışımındaki boşluk oranı önemli rol oynamaktadır (Cüre 2005).

3.5.2.3 Geçirimsizlik

Geçirimsizlik, asfalt betonunun içine, hava ve su girişine karşı koyma direncidir ve karışımın içindeki hava boşluklarının oranı ile ilişkilidir (Cüre 2005).

3.5.2.4 İşlenebilirlik

İşlenebilirlik, malzemeyi istenilen kıvamda, istenilen üniformlukta, sıkıştırma ile kolayca yerleştirebilmektir. Bu özellik, agrega granülometrisi, asfalt çimentosu oranı, en büyük dane boyutu, danelerin şekli ve agreganın yüzey dokusu ile çok yakından ilgili olmaktadır (Umar 1985).

3.5.2.5 Fleksibilite (Esneklik)

Yolun alt tabakasındaki çökmelerden, kaplama tabakalarına geçebilecek deformasyona çatlama karşılığında karşı koyabilme yeteneğidir (Umar 1985).

3.5.2.6 Yorulma mukavemeti

Kaplamanın çekme mukavemetinin altında etki eden trafik yüklerinin tekerrür sayısına karşılık gelen mukavemet değeridir (Umar 1985).

3.5.2.7 Kaymaya karşı direnç

Beton asfalt kaplama yüzeyinin, sürtünme etkisiyle araçların güvenli bir şekilde durmasını ve hareket etmesini sağlaması bu direnç değerine bağlıdır. Bu özellik kaplamanın yüzey dokusu kadar beton asfalt karışımındaki asfalt çimentosu ve karışımın boşluk oranı ile ilgilidir (Umar 1985).

3.5.2.8 Rijitlik

Rijitlik modülü, elastik malzemelerin elastikiyet modülünün yanında ısı ve yükleme hızına da bağlı olmaktadır (Umar 1985).

3.6 BİTÜMLÜ SICAK KARIŞIM DENEYLERİ

3.6.1 Agregada Deneyleri

3.6.1.1 Elek analizi deneyi

Bitümlü kaplamalarda kullanılacak agregaların, dane boyutu dağılımını bulmak için aşağıda açıklıkları verilen kare delikli elekler kullanılmaktadır. Tablo 3.2’de elek açıklıkları verilmiştir. Bu deney ile ilgili standartlar ASTM C136 ve ASTM C117’de belirlenmiştir (Orhan 2012).

Deney, agreganın dane boyutu dağılımının bulunması amacıyla yapılır. Deney sonucu bulunan gradasyon sınıflandırmada, gradasyonun şartnameye uygunluğunun kontrolünde ve agregada karışım oranlarının hesabında kullanılır (Orhan 2012).

Tablo 3.2: Agregata elek açıklığı

Elek Açıklığı	
mm	inch
37,5	1 1/2
25	1
19,1	3/4
12,7	1/2
9,52	3/8
4,75	No.4
2	No.10
0,42	No.40
0,177	No.80
0,075	No.200

Kaynak: Orhan 2012.

Deney numunesi, agreganın maksimum dane boyutuna göre aşağıda verilen miktarlarda temsili olarak dörtleme metodu ya da bölgeç ile alınır ve 110°C ± 5°C' lik sıcaklıktaki etüvde ya da havada kurutulur. Dane boyutları için Tablo 3.3'e bakılabilir (Orhan 2012).

Tablo 3.3: Agregata dane boyutu

Normal Maksimum Boyut (mm, inç)	Deney Numunesi Ağırlığı, min. (kg)
4.75 (No.4)	0.50
9.5 (3/8)	1
12.5 (1/2)	2
19.0 (3/4)	5
25.0 (1)	10
37.5 (1 1/2)	15

Kaynak: Orhan 2012.

Kurutulmuş numune tartıldıktan sonra No.200 elekten yıkanır (elek yıpranmasın diye üzerine No.80 ya da No.40 elek yerleştirilir). Yıkanan numune $110^{\circ} C \pm 5^{\circ}C$ lik etüvde kurutulur. Malzemenin yüzde 100'ün geçtiği eleklerden başlamak üzere alt eleklerden ayrı ayrı elenir. Her elek üzerinde kalanlar kümülatif (toplu olarak) tartılır. Tartımlar elek analizi formuna geçilir. Rutubeti giderilmiş numune ağırlığı kullanılarak her elek üzerinde kalan miktarların yüzdesi ve daha sonra yüzde geçen miktarları hesaplanır (Orhan 2012).

3.6.1.2 Los Angeles aşınma deneyi

Los Angeles Aşınma deneyi, darbelenme ve aşındırma etkisiyle agrega danelerinde oluşan aşınmanın bulunmasını sağlar. Bu deneyde dane boyutu 75 m'den küçük olan iri agregaların Los Angeles aşınma makinesi ile aşınmaya karşı mukavemeti bulunur. Deneyde içi boş, iki ucu kapalı bir silindir şeklinde olan makine içerisine agrega ile birlikte metal aşındırıcı küreler konularak, makine belirli bir hızla, belirli bir devirde çalıştırılır. Sonuçta, metal kürelerin üzerine düşmesi sonucu aşınan malzemenin deney başında alınan malzemeye göre ağırlıkça yüzdesi aşınma kaybı olarak verilir. Bu deney ile ilgili standartlar ASTM C131, AASHTO T96 ve TS EN 1097-2'de belirlenmiştir (Orhan 2012).

3.6.1.3 Hava tesirlerine karşı dayanım deneyi (Donma deneyi)

Bu deney, uzun zaman hava tesirleri altında kalan agregaların donma ve çözülmeye karşı mukavemetlerinin ölçülmesinde kullanılan çabuklaştırılmış bir deneydir. Deneyde Na_2SO_4 ve $MgSO_4$ çözeltileri kullanılabilir. Deney 4.75 mm üzerinde kalan agregaya, 5 donma-çözülme periyodu olarak uygulanır ve bu işlemler sonunda oluşan kayıp yüzdesi hesaplanır. Agregada üzerinde oluşturulan etki, doğada olan yaklaşık 500 donma ve çözülme olayına denktir. Bu deney ile ilgili standartlar AASHTO T104, TS EN 1367-1'de belirlenmiştir (Orhan 2012).

3.6.1.4 Yassılık indeksi deneyi

Kalınlığı, nominal boyutunun 0,6'sından daha küçük olan agregada danelerinin yassı olarak tanımlanmasına dayanan bir metottur. Agregada numunelerinin yassılık indeksi, belirli açıklıkları olan bir şablon kullanarak ayrılan yassı danelerin ağırlığının, toplam numune ağırlığına oranının yüzdesi olarak ifade edilir. Bu deney ile ilgili standartlar BS 812'de belirlenmiştir (Orhan 2012).

3.6.1.5 Cilalanma deneyi

Bu deney, agreganın, trafik altında sürtünme ile aşındırıldığında ne dereceye kadar cilalanacağı belirlenmek amacıyla yapılır. Laboratuarda yol yüzeyine benzer koşullar oluşturularak, agreganın cilalanma değeri tayin edilir. Deneyde 10 mm' lik BS eleğinde geçip 10-14 mm' lik yassılık eleğinde kalan agregada kullanılır. Bu agregalardan briketler hazırlanarak, cilalandırma makinesinde hızlandırılmış aşınmaya maruz bırakılır. Daha sonra sürtünme aleti ile cilalanma değeri ölçülür (Orhan 2012).

Sert ve pürüzlü agregalarda, (bazalt, granit, v.b) cilalanma değeri yüksektir. Çok sert olmayan ve pürüzlülüğü az olan agregalarda (kalker gibi) cilalanma değeri düşüktür. Cilalanma değeri yüksek agregalar ile yapılan kaplamanın pürüzlülüğü ve buna bağlı olarak kaymaya karşı direnci fazladır. Ancak kaymaya karşı direnç gradasyona ve karışım tipine de bağlıdır. Bu deney ile ilgili standartlar TS EN 1097-8'de belirlenmiştir (Orhan 2012).

3.6.1.6 Vialit yöntemi ile yapışma deneyi

Deneyin amacı, agregada ile bitümlü bağlayıcı arasındaki yapışmanın su etkisi altında azalmasının bulunmasıdır. Deney genellikle sathi kaplama yapımında kullanılacak micirlara yapılır. Bu deney ile ilgili standartlar KTŞ Kısım 403 Ek-B'de belirlenmiştir (Orhan 2012).

3.6.1.7 Soyulma Mukavemeti Deneyi

Soyulma deneyinde, su ve sıcaklık etkisiyle agregada bitüm adezyonundaki azalma belirlenir. Soyulma miktarı, kullanılan agregada cinsine (kalker, bazalt, gibi) ve bitümlü bağlayıcı tipine bağlıdır. Soyulma mukavemeti düşük agregalarda, kullanılacak asfalt çimentosuna katkı maddeleri deneyle belirlenen oranda katılarak, soyulma mukavemeti artırılır. Aynı agregada ile menşei farklı, fakat aynı asfalt sınıfında (Örneği; AC 60/70 pen) yer alan asfalt çimentoları ile deney yapıldığında dahi soyulma miktarı değişkenlik göstermektedir. Bu nedenle, uygulama sırasında şantiyeye gelen her parti bitümlü bağlayıcı ile soyulma deneyi yapılmalı ve soyulma mukavemeti artırıcı katkı maddesi gerekip gerekmediği ve gerekli ise oranı doğru olarak belirlenmelidir. Bu deney ile ilgili standartlar KTŞ Kısım 403 Ek-A'da belirlenmiştir (Orhan 2012).

3.6.1.8 Özgül ağırlık ve absorpsiyon deneyi

Bu deney ile ilgili standartlar ASTM C127 ve TS EN 1097-6'da belirlenmiştir. Agreganın özgül ağırlığı, o agreganın birim hacimdeki ağırlığının, aynı hacimde ve 25°C'deki suyun ağırlığına oranıdır. Danenin, hacim tanımlamasına bağlı olarak, üç tane özgül ağırlık türü vardır (Orhan 2012):

- a. Zahiri Özgül Ağırlık (Gsa): Belirli bir sıcaklıkta agreganın geçirimsiz boşluklarını içeren birim hacminin havadaki ağırlığının, aynı sıcaklıkta ve aynı hacimdeki havası alınmış destile suyun ağırlığına oranıdır.
- b. Hacim Özgül Ağırlığı (Gsb): Belirli bir sıcaklıkta agreganın geçirgen olan ve olmayan boşluklarını içeren birim hacminin havadaki ağırlığının, aynı sıcaklık ve hacminin havadaki ağırlığının, aynı sıcaklıkta ve aynı hacimdeki havası alınmış destile suyun ağırlığına oranıdır.
- c. Efektif Özgül Ağırlık (Gse): Belirli bir sıcaklıkta agreganın asfalt geçirimli boşlukları hariç geçirimli ve geçirimsiz boşluklarının içeren birim hacminin

havadaki ağırlığının, aynı sıcaklık ve hacimdeki havası alınmış destile suyun ağırlığına oranıdır (Orhan 2012).

Sıkıştırılmış kaplamanın, hava boşluğu hesabında efektif özgül ağırlık, agreganın tarafından absorbe edilen asfalt miktarını dikkate alınarak bulunan, kullanılır (Orhan 2012).

Belirlenen karışım gradasyonuna uygun olarak hazırlanan numuneler üzerinde kaba agreganın hacim ve zahiri özgül ağırlık, ince agreganın hacim ve zahiri özgül ağırlık ile absorpsiyonu ve fillerin zahiri özgül ağırlığı deneylerle bulunur. Kaba, ince ve fillerin malzemenin özgül ağırlıkları kullanılarak, agreganın karışımının özgül ağırlıkları aşağıdaki formüllerden hesaplanır (Orhan 2012).

$$G_{sb} = \frac{\%K + \%I + \%F}{\frac{\%K}{G_{kb}} + \frac{\%I}{G_{ib}} + \frac{\%F}{G_{fa}}} \quad (3.1)$$

$$G_{sa} = \frac{\%K + \%I + \%F}{\frac{\%K}{G_{ka}} + \frac{\%I}{G_{ia}} + \frac{\%F}{G_{fa}}} \quad (3.2)$$

G_{sb} = Agreganın hacim özgül ağırlığı

G_{sa} = Karışımın Zahiri özgül ağırlığı

$\%K, \%I, \%F$ = Agregaların ağırlıkça yüzdeleri

G_{kb}, G_{ib} = Agregaların hacim özgül ağırlıkları

G_{ka}, G_{ia}, G_{fa} = Agregaların Zahiri özgül ağırlıkları

Agreganın efektif özgül ağırlık ise iki şekilde belirlenir.

a. Agreganın özgül ağırlıkları kullanılarak bulunması

$$G_{ef} = \frac{G_{sb} + G_{sa}}{2} \quad (3.3)$$

G_{ef} = Agreganın efektif özgül ağırlığı

- b. Bitümlü karışımın maksimum teorik özgül ağırlık deneyi ile bulunması (Orhan 2012).

Beklenen optimum bitüm yüzdesinden hazırlanan karışımın maksimum teorik özgül ağırlığı (boşluksuz) deneyle belirlenir ve efektif özgül ağırlık aşağıdaki şekilde hesaplanır (Orhan 2012).

$$G_{ef} = \frac{100}{\frac{100+W_a}{D_t} - \frac{W_a}{G_b}} \quad (3.4)$$

D_t = Karışımın maksimum teorik özgül ağırlığı

W_a = Agreganın yüzdesi olarak bitüm miktarı

G_b = Bitüm özgül ağırlığı

3.6.2 Bitümlü Bağlayıcılara Uygulanan Deneyler

3.6.2.1 Penetrasyon deneyi

Bitümlü bağlayıcının sertlik veya kıvamlıkları TS EN 1426 ve ASTM D5 belirtilen standartlara göre belirlenir. Standard bir iğnenin belirli bir yük (100g) altında belirli bir süre (5sn) asfalt çimentosu içine dikey olarak battığı mesafe 0,1mm cinsinden bulunur. Penetrasyon değeri kıvamlılıkla ters orantılıdır. Penetrasyon yükseldikçe bitüm yumuşar. Kıvamlılık artıkça bitüm sertleşir (Orhan 2012).

3.6.2.2 Yumuşama noktası deneyi

Bitümlü bağlayıcının sıcaklığa karşı duyarlılığını ölçmek için (hangi sıcaklıkta bitümün akmaya başladığı) yüzük-bilya yöntemi ile yumuşama noktası olarak ifade edilen sıcaklığı belirlenir. Yumuşama noktası çok yüksek bitümlerin viskozitesinde yüksek olduğundan, sıcak karışım yapım sıcaklıkları da yüksek olmaktadır. Bu deney ile ilgili standartlar TS EN 1427 ve ASTM D36'da belirlenmiştir (Orhan 2012).

3.6.2.3 Kuvvet ölçümlü duktilite deneyi

Duktilitenin kelime anlamı uzama veya çekebilme demektir. Bitümlü bağlayıcının düşük sıcaklıkta (25°C, 13°C, 7°C gibi) kohezyondan oluşan (Cohesive) dayanımı duktilite ile belirlenir. Belirlenen sıcaklıktaki su banyosu içerisinde 50mm/dk hız ile bitüm çekilerek kopma anındaki uzama miktarı cm olarak bulunur ve yük uzama eğrisinde deformasyon enerjisi hesaplanır. Bu deney ile ilgili standartlar TS EN 12589’da belirlenmiştir (Orhan 2012).

3.6.2.4 Trikloretilende çözünürlük

Deney, içerisinde mineral madde bulunmayan ya da çok az bulunan bitümlü bağlayıcının (trikloretilen, karbon sülfür, benzen gibi) organik çözücüler sayesinde çözünürlüğünü belirlemek için yapılır. Bitümlerin trikloretilende en az % 99 çözülmesi gerekir. Bu deney ile ilgili standartlar TS EN 12592’de belirlenmiştir (Orhan 2012).

3.6.2.5 İnce film halinde ısıtma deneyi (TFOT)

Deneyde, karışım hazırlama, serme-sıkıştırma sırasında bitümlü bağlayıcıda oluşan yaşlanma örneklenir. Deneyin iki amacı vardır: yaşlanmış bitüm üzerinde fiziksel deneyler yapılır ve sonrasında işlem sırasında asfalta oluşan kütle kaybı belirlenir. Bitümün yaşlanmasında dolayı bir kütle kaybı oluşur ancak bazı asfaltlarda okside ürünler oluşumundan dolayı bir ağırlık artışı da söz konusudur. Bu deney ile ilgili standartlar TS EN 12607-2 ve TS EN 12607-1’de belirlenmiştir (Orhan 2012).

3.6.2.6 Basınçlı yaşlandırma kabı (PAV)

Deneyde, RTFOT deneyinden çıkan numuneler her birine 50 gr olacak şekilde numune kaplarına konur. Numune kapları 10 adet numune kabı alabilen raflı numune taşıyıcıya yerleştirilir. Sonra basınçlı yaşlandırma kabına alınarak 2,2 MPa basınç altında 100°C’de 20 saat süre ile yaşlandırılır. Böylece kaplamanın hizmet sırasında karşılaşacağı

yaşlanma etkileri yansıtılmış olur. Bu deney ile ilgili standartlar ve AASHTO R 28’de belirlenmiştir (Orhan 2012).

3.6.2.7 Parlama noktası deneyi

Parlama noktası, bir maddenin buharının alev temasında geçici olarak parladığı fakat yanmaya devam etmediği en düşük sıcaklık olarak tanımlanır. Parlama noktası, bitümlü bağlayıcının uygulama sırasında ısıtılırken meydana gelebilecek herhangi bir tutuşma ve alev alma riskini önlemek bakımında önemlidir. Parlama noktası, asfalt çimentoları ve SC sıvı petrol asfaltlarında Cleveland Açık Kabı ile, MC ve RC sıvı petrol asfaltlarında Tagliabue Kapalı Kabı (15-74°C aralığı için) ile belirlenmektedir. Bu deney ile ilgili standartlar TS EN ISO 2592 ve TS 1171’de belirlenmiştir (Orhan 2012).

3.6.2.8 Özgül ağırlık deneyi

Bitümlü malzemenin özgül ağırlığı 25°C sıcaklıktaki, hacminin havadaki ağırlığının aynı sıcaklık ve aynı hacimdeki havası alınmış destile suyun ağırlığına oranıdır. Genellikle piknometre yöntemi ile özgül ağırlık belirlenir. Bu deney ile ilgili standartlar TS 1087’de belirlenmiştir (Orhan 2012).

3.6.2.9 Viskozite

Viskozite asfaltın kıvamlılığı ile ilgili ve akmaya karşı olan direncin bir ölçüsüdür. Kıvamlılık arttıkça yani asfalt yarı-katı hale yaklaştıkça viskozite değeri yükselir. Viskozite deneyinin amacı, asfaltların uygulama sırasında ısıtıldıkları sıcaklık sınırları içerisindeki akma özelliğini tayin etmektedir (Orhan 2012).

Saybolt-furol viskozite sıvı petrol asfaltları ve Bitüm emülsiyonları için kullanılır. Bitümlerin, pompalama ve doldurma, boşaltma sırasındaki akma özelliğini belirlemek için Brookfield Viskozimetre aleti kullanılır. Ayrıca aynı aletle sıcak karışımların karıştırma ve sıkıştırma sıcaklıklarında viskoziteye bağlı olarak bulunur. Asfaltın viskozitesinin 170±20 santistok olduğu sıcaklık karıştırma sıcaklığı ve viskozitesinin

280±30 santistok olduğu sıcaklık sıkıştırma sıcaklığı olarak belirlenir. Bu deney ile ilgili standartlar TS 117’de belirlenmiştir (Orhan 2012).

3.6.2.10 Destilasyon, buharlaştırma kalıntısı

Sıvı petrol asfaltları ve asfalt emülsiyonlarında, asfalt çimentosu miktarını belirlemek için farklı yöntemler ile destilasyon ve buharlaştırma yapılır. Bu deney ile ilgili standartlar TS 122 ve TS 132’de belirlenmiştir (Orhan 2012).

3.6.2.11 Bitüm emülsiyonlarında çökme (5 günlük)

Deney, Bitüm emülsiyonu depolandığı zaman oluşabilecek ayrışmayı belirlemek için yapılır. Mezür içerisinde oda sıcaklığında 5 gün bekletilen emülsiyonun alt ve üst kısmından örnek alınarak asfalt kalıntı miktarları belirlenir. Alt ve üst arasındaki fark yüzde 5’den az olmalıdır. Emülsiyon depolanmadan kullanılacaksa bu deney yapılmayabilir. Bu deney ile ilgili standartlar TS 132’de belirlenmiştir (Orhan 2012).

3.6.2.12 Modifiye bitümlerde depolama stabilitesi

Modifiye bitümler depolandığında polimer-bitüm ayrışmasının olup olmadığını belirlemek için uygulanan bir deneydir. Modifiye bitüm 3 gün 180°C’ de mezür içerisinde bekletilir ve daha sonra üst ve alt kısımdan örnek alınarak yumuşama noktası ve penetrasyon deneyleri yapılarak fark olup olmadığına bakılır. Bu deney ile ilgili standartlar TS EN 13399’da belirlenmiştir (Orhan 2012).

3.6.2.13 Fraas kırılma noktası deneyi

Bitümün düşük sıcaklıktaki davranışı belirlemek için yapılan bir deneydir. Deneyde, bitümün kritik sertliğe (stiffness) ulaştığı ve kırıldığı sıcaklık (-30°C’ ye kadar) belirlenir. Bitüme ve modifiye bitümlere yapılabilen deneylerdir. Özellikle soğuk bölgelerde kullanılacak bitümleri belirlemede kullanılmaktadır. Bu deney ile ilgili standartlar TS EN 12593’te belirlenmiştir (Orhan 2012).

3.6.2.14 Elastik geri dönme deneyi

Deneyde, düktilite aleti kullanılarak istenilen sıcaklıkta (25°C) bitümün elastik geri dönmesi, geri dönen elastik deformasyon, belirlenir. Deney, genellikle elastomerik modifiye bitümlere uygulanır, ancak diğer bitümlere de uygulandığından az miktarda geri dönme bulunur. Modifiye bitüm şartnamesine göre elastomerik modifiye bitümlerde elastik geri dönme min. Yüzde 60 olmalıdır. Bu deney ile ilgili standartlar TS EN 13398'de belirlenmiştir (Orhan 2012).

3.6.2.15 DSR ile kompleks kesme modülü ve faz açısı tayini deneyi

Bitümün davranışı, hem yükleme zamanına hem de sıcaklığa bağlı olduğu için ideal deney her iki faktörü de içermelidir. Dinamik Kesme Reometresi (DSR) bitümlü bağlayıcıların zamana bağlı orta ve yüksek sıcaklıklarda reolojik özellikleri (kompleks kesme modülü ve faz açısı) belirlenmektedir (Orhan 2012).

DSR, bitümün viskoz ve elastik davranışını belirlemek amacıyla kompleks kesme modülü(G^*) ve faz açısını(δ) ölçer. G^* malzeme kesme gerilmesine maruz bırakıldığında deformasyona karşı gösterdiği dirençtir. İki bileşenden oluşur: elastik(geri dönüşümlü) ve viskoz (geri dönüşümsüz). δ ise geri dönüşümlü ve geri dönüşümsüz deformasyonların göreceli miktarıdır. G^* ve δ değerleri deney sıcaklığına ve yüklemenin frekansına bağlıdır. Bu deney ile ilgili standartlar TS EN 14770 ve AASHTO T315'de belirlenmiştir (Orhan 2012).

3.6.2.16 BBR ile eğilme-sünme rijitliğinin tayini deneyi

Kiriş Eğme Reometresi (BBR), bitümün düşük sıcaklıklardaki davranışını belirlemek amacıyla yapılır. BBR basit olarak bağlayıcının belirli bir sıcaklıkta ve sabit bir yük altında ne miktarda sünme veya defleksiyona maruz kaldığını gösterir. Bu deney ile ilgili standartlar TS EN 14771 ve AASHTO T313'te belirlenmiştir (Orhan 2012).

3.6.3 Marshall Metodu ile Bitümlü Sıcak Karışım Dizaynı

Agregaların kurutulması ve iyi bir karıştırma ve işlenebilirlik için ısıtılması, asfalt çimentosunun ise uygun bir akıcılığa gelmesi amacıyla ısıtılmasından sonra, agrega ve bitümün bir tesiste karıştırılması ile hazırlanan karışımlara bitümlü sıcak karışım (BSK) denilmektedir (Orhan 2012).

Asfalt kaplamaların karışım dizaynının amaçları; sağlam (durabil) bir üstyapı elde etmek için gerekli bitüm miktarını belirlemek, trafik yükleri altında deformasyon göstermeyecek yeterli dayanımı oluşturmak, sıkıştırılmış tabakada, trafik altında oluşabilecek çok az miktarda sıkışmaya; kuma, akma ve stabilite düşüklüğü olmadan sağlayacak, ancak tabakanın içinde rutubet ve fazla hava barındırmayacak ölçüde boşluğu sağlamak, segregasyona olmadan uygun serimi sağlayacak bir işlenebilirliğine sahip ekonomik bir karışım ve agrega gradasyonunun belirlenmesi şeklindedir (Orhan 2012).

3.6.3.1 Marshall karışım dizaynının aşamaları

- i. Agrega gruplarının yaş metoda göre elek analizinin yapılması ve şantiye sonuçları ile karşılaştırılarak dizayn esas gradasyonların belirlenmesi
- ii. Agrega karışım oranlarının ve karışım gradasyonunun ilgili, şartname gradasyon limitleri içerisinde kalacak şekilde, hesaplanması
- iii. Agrega özgül ağırlıkları ve briket agregası tartımı için gerekli hesapların yapılması
- iv. Karışım gradasyonunda hazırlanan agregalar üzerinde kaba ve ince özgül ağırlık deneyleri ile filler zahiri özgül ağırlık deneyinin yapılması
- v. Beklenen optimum bitüm ile optimum bitümün ± 0.5 ve ± 1.0 bitüm değerlerinde, her bitüm yüzdesi için en az 3 briket olmak üzere, şartnameye göre, 2x75 ya da 2x50 darbe uygulanarak briketlerin sıkıştırılması
- vi. Karışımın maksimum teorik özgül ağırlık deneyi için, beklenen optimum bitüm yüzdesinde, iki numune hazırlanması ve deneyin yapılması
- vii. Briketlerin yüksekliklerinin ölçülmesi
- viii. Briketlerin hacim özgül ağırlıklarının belirlenmesi
- ix. Briketler üzerinde Marshall stabilite ve Akma deneyinin yapılması

x. Marshall formuna işlenen tüm deney ve ölçüm sonuçlarına göre, her bitüm yüzdesi için briketlerin ortalama yükseklikleri, **Dp'ler (pratik yoğunluk)** hesaplandıktan sonra, **Dt (teorik özgül ağırlık)**, **Vh (hava boşluğu)**, **VMA (agregalar arası boşluk)**, **Vf (asfaltla dolu boşluk)**, briket yüksekliğine göre düzeltilmiş stabilite ve ortalama **stabilite ve akma** değerleri hesaplanır. Aşağıdaki grafikler çizilir (Orhan 2012).

- a. Bitüm yüzdesi - Dp
- b. Bitüm yüzdesi - Stabilite
- c. Bitüm yüzdesi - Akma
- d. Bitüm yüzdesi - Boşluk
- e. Bitüm yüzdesi - VMA
- f. Bitüm yüzdesi - Vf

Optimum bitüm yüzdesi belirlenirken, genellikle boşluk değeri göz önünde bulundurulur.

- i. Aşınma tabakası için yüzde 4 boşluk
- ii. Binder tabakası için yüzde 4 - yüzde 5 boşluk
- iii. Bitümlü temel tabakası için yüzde 5 - yüzde 6 boşluk

Boşluk esas alınarak diğer değerlerin şartname kriterlerine uygun olup olmadığına bakılır. Karışımın kullanılacağı bölgenin iklim koşullarında göz önünde bulundurularak bitüm miktarı belirlenir. Soğuk bölgelerde, durabilite ve düşük sıcaklık çatlaklarına karşı dayanıklı bir tabaka oluşturmak için bitümü daha zengin fakat kuma meydana getirmeyecek karışımlar, sıcak bölgeler için plastik deformasyonu azaltacak ancak yeterli durabiliteyi sağlayacak karışımlar oluşturulmalıdır (Orhan 2012).

Ayrıca yüzey tabakası olan asfalt betonu aşınma tabakasında pürüzlülüğü artırmak ve kaplamayı kaymaya karşı dirençli hale getirmek için; sert ve pürüzlü agrega kullanımı, karışım gradasyonunda orta malzemeyi artırarak bir miktar kesiklilik ve ekonomik koşullarda göz önünde bulundurularak, tercih edilmelidir (Orhan 2012).

3.6.3.2 Agrega karışım oran ve gradasyonunun belirlenmesi

Bitümlü sıcak karışım tabakalarının yapımında kullanılacak agregaya en az üç ayrı dane grubunun (kaba, orta, ince) karışımından oluşmalıdır. Konkasörde, agregaya gruplarının kırımları, agreganın kullanılacağı tabakanın gradasyonunu sağlayacak şekilde yapılmalıdır. Üretilen agregalar ile uygun karışım gradasyonunun elde edilip edilmeyeceğini belirlemek için, üretime başlandığı günden, agregaya karışım oranlarının hesabının yapılması gereklidir. Üç ya da daha fazla agregaya grubunun istenilen şartname gradasyonunu verecek şekilde karıştırılması için gereken oranlar değişik metodlarla belirlenebilmektedir. Laboratuvarında genellikle deneme-yanılma metodu kullanılmaktadır (Orhan 2012).

3.6.3.3 Bitüm miktarı tayini (ASTM D2172)

Bitümlü karışımlarda bitüm miktarının tayini şu amaçlar için yapılır; imalat sırasında, karışımdaki bitümün dizayn değerine uygun verilip verilmediğini belirlemek, karışımdaki agregaya gradasyonunu belirlemek, bozulmuş kaplamalardan alınan karotlar üzerinde, bitüm miktarı ve gradasyon belirleyerek, kaplamanın muhtemel bozulma sebeplerini araştırmak. Karışımdan ya da kaplamadan alınan numune, spatula veya küçük bir kürek ile ayrıştırılabilecek kadar yumuşak değilse bir tepsiye konarak yumuşaması için $110\pm 5^{\circ}\text{C}$ etüvde bekletilir (Orhan 2012).

Santrifüjlü ya da ısıtıcılı cam ekstraktör aleti kullanılarak deney yapılabilir. Santrifüjlü ekstraktör ile deney daha kısa zamanda bitmekte ancak filler kaybı yüksektir. Isıtıcılı cam ekstraktör ile deney yaklaşık 2-4 saat sürmekte ancak filler kaybı daha az olmaktadır (Orhan 2012).

Ayrıca, Asfalt analizatör cihazı ile TS EN 12697-1 deney standardına göre bitüm miktarı, hiç filler kaybı olmadan belirlenebilmekte ve deneyden çıkan bitüm-etilen karışımı alınarak, Döner Buharlaştırıcı aleti kullanılarak TS EN 12697-3 deney standardına göre bitümlü bağlayıcı geri kazanılmakta ve üzerinde istenilen deneyler yapılabilmektedir (Orhan 2012).

Bitüm yüzdesi tayini deneyinin, yaygın olarak kullanılan cam ekstraktör ile yapılışı aşağıda özetlenmiştir.

Karışımın Dmaks' na göre uygun miktarda malzeme filtre kağıdı yerleştirilmiş tel sepet içine konular. Cam silindire ayrıştırıcı, trikloretilen, seviyesi tel sepetin koni ucundan aşağıda olacak miktarda konular. Tel sepet cam silindire yerleştirilir. Yoğunlaştırıcı cam silindirin üzerine yerleştirilir ve yoğunlaştırıcı içinden sürekli soğuk su geçmesi sağlanır. Cam silindirin altında bulunan ısıtıcının sıcaklığı, ayrıştırıcı yavaşça kaynayacak ve yoğunlaştırıcıdan sepet içine düzenli bir akış sağlanacak şekilde ayarlanır. Etilen kaynamaya başladığında buharlaşan kısmı üsteki soğuk yoğunlaştırıcıya çarparak yoğunlaşır ve karışımın üstüne damlamaya başlar ve karışımın içindeki bitümü ayrıştırır. Sepetin alt konik ucundan etilenin rengi, açık kehribar, görünene kadar işleme devam edilir. Daha sonra bitümü alınmış agregaya tel sepetten çıkartılarak etileni uçması için oda sıcaklığında bir süre bekletildikten sonra $110\pm 5^{\circ}\text{C}$ ' lik etüvde sabit ağırlığa kadar kurutulur. Daha sonra karışım ve agregaya ağırlığında, bitüm miktarı hesaplanır. Gradasyonun belirlenmesi isteniyorsa, deneyden çıkan agreganın elek analizi yapılır. Agregayı yıkama sırasında, ince danelerin yüzmemesi için, bir miktar, çok köpürme oluşturmayacak, sıvı bulaşık deterjanı kullanılır (Orhan 2012).

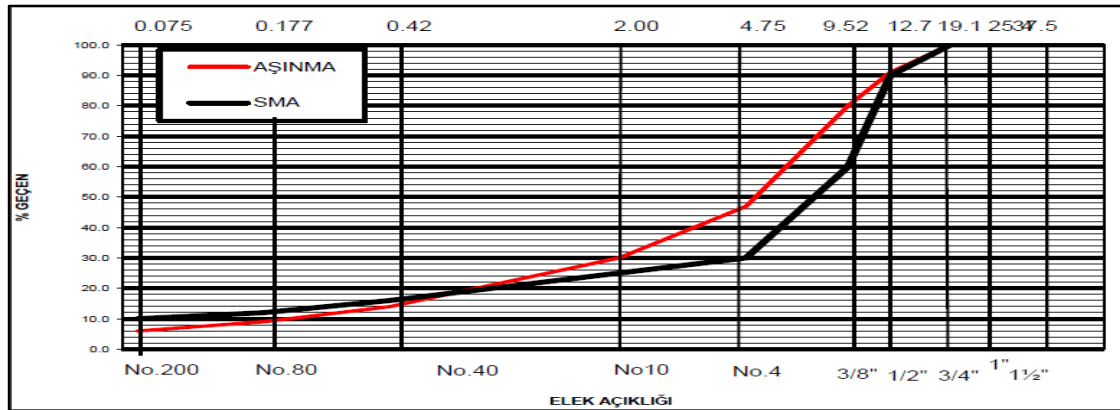
Bitüm yüzdesi tayini sırasında, karışımdaki bir miktar filler malzemesi etilen ve bitümle birlikte filtre kağıdından süzülür. Bu nedenle, bitüm miktarı ve agregaya gradasyonu hesaplanırken filler kaybının dikkate alınması gerekir, Filler kaybı her farklı karışım, filtre kağıdı ve ekstraktör için önceden belirlenmelidir (Orhan 2012).

3.6.4 Taş Mastik Asfalt (SMA) Karışımı

Taş Mastik Asfalt (SMA) 1960' lı yılların sonunda Almanya' da çivili kar lastiklerinin oluşturduğu plastik deformasyonlara karşı koymak amacıyla geliştirilmiş bir karışım tipidir. Bugün SMA Avrupa ülkeleri ile Japonya ve ABD'de de kullanılmaktadır (Orhan 2012).

SMA, iri agregadan oluşmuş bir iskelet ile boşlukları dolduran ince agrega filler-bitüm harcının (mastik harç) karışımıdır. Kaba agrega yüksek dane teması ve iç kenetlenme ile trafik yüklerini taşır. Mastik harç ise boşlukları doldurarak yüksek bitüm oranı nedeniyle durabiliteyi artırır. SMA karışımına, bitüm oranı yüksek olduğundan, bitüm ve bitüm+fillerin karışımından süzülmesini önlemek için, elyaf ilave edilir. SMA yapımında fiber kullanımı bitüm miktarını artırmakta, durabiliteyi yükseltmekte ve plastik deformasyonlara karşı dayanımı artırmaktadır. SMA yapımının amaçları; yüksek hava sıcaklıkları ve ağır dingil yükleri nedeniyle oluşan tekerlek izinde oluklaşma şeklindeki plastik deformasyonlara karşı dayanımı artırmak, düşük sıcaklıklı çatlaklarını geciktirmek, agrega soyulmasına önlemek, kesikli gradasyon nedeniyle, yüzey pürüzlülüğünü artırmak olarak sayılabilir. SMA yapımında modifiye bitüm kullanıldığında özellikleri daha da artırılmış olur. Şekil 3.8’ de asfalt betonu aşınma ve SMA gradasyonları karşılaştırılmıştır (Orhan 2012).

Şekil 3.8: Asfalt betonu aşınma ve SMA gradasyonlarının karşılaştırması



Kaynak: Orhan 2012.

3.6.5 İşyeri Karışım Formülü

Konkasörde üretilen her boyut agregadan günlük olarak numuneler alınarak yaş elek analizi ile gradasyon belirlenir. Plentte karışım üretilmeye başlandığında plent ayarlarını yapabilmek için, soğuk silolardan numuneler alınarak gerekli oranların sağlanıp sağlanmadığı kontrol edilir. Sıcak silolardan numune alınarak gradasyon belirlenir ve sıcak silo oranları hesaplanır. Karışım dizaynında verilen oranlar soğuk silo oranlarıdır (Orhan 2012).

3.6.5.1 İşyeri karışım formülünün (İKF) belirlenmesi

İşyeri karışım formülü, laboratuvar karışım dizaynına göre plentin ayarlanmasından sonra üretilen karışımın fiziksel özelliklerinin belirlenmesi ve sıkışma kontrolüne esas olarak yoğunluğunun tespitini kapsar. İKF hazırlanma aşamaları aşağıdaki gibidir (Orhan 2012).

- i. Dizayn raporunda belirlenen karışım oranlarına göre soğuk silo ayarları yapılır.
- ii. Soğuk silolardan ve banttan numuneler alınarak, gradasyona bakılır.
- iii. Sıcak silolardan numuneler alınarak dizayn karışım gradasyonuna uygun sıcak silo karışım oranları belirlenir.
- iv. Dizayn raporunda belirtilen optimum Bitüm ile karışım hazırlanır.
- v. Karışımdan numune alınarak 6 adet Marshall briketi hazırlanır.
- vi. Briketler üzerinde Hacim Özgül Ağırlık (Dp) ve Stabilitate, Akma deneyleri yapılır.
- vii. Hazırlanan 6 adet briketin yoğunluklarının (Dp) ortalaması alınır. Her bir briketin yoğunluğu, ortalama yoğunluktan 0.015 farklı ise bu değerler atılarak ortalama yoğunluk (Dp) hesaplanır. Atılan değer 2'den fazla ise tekrar 6 briket hazırlanır.
- viii. Briketlerin, boşluk (Vh), agregalar arası boşluk (VMA), asfaltla dolu boşluk (Vf) değerleri hesaplanır.
- ix. Stabilitate, Akma, Vh, VMA ve Vf değerlerinin şartnamede belirtilen dizayn kriterlerine uygun olması gerekir (Değil ise, sebep araştırılır, gerekli ise dizayn yenilenir).
- x. Briketleri Dp ortalamaları alınarak işyeri karışım yoğunluğu belirlenir. Bu değer sıkışma kontrolünde kullanılır (Orhan 2012).

3.6.5.2 Karışımın uygunluğunun ve yapımının kontrolü

BSK yapımında, üretilen agreganın günlük olarak gradasyon kontrolü, gerek duyulduğunda agreganın Aşınma, donma, özgül ağırlık ve absorpsiyon, yassılık, kil topakları ve ufalanabilir dane, metilen mavisi, likit limit, plastik limit değerlerine bakılmalıdır. Bu değerlerdeki değişimler karışım dizayn değerlerini az, bazı hallerde çok fazla etkileyebilir. Dizayn tekrarı gerekebilir. BSK imalatının ve yapımının kontrolü ile ilgili tablo aşağıda verilmektedir. (Bkz. Tablo 3.4)

Tablo 3.4: BSK kalite kontrolü

Amacı	Deney Adı		Sıklığı, kriteri	Değerlendirme
Malzeme hazırlanması sırasında gradasyon tespiti	Elek analizi	Kaba	Max. 200 m ³ 'de Max. 300 m ³ 'de (BT)	10 adet elek analizi ortalamasına göre dizayn gradasyonu hazırlanır.
		İnce	Max.100 m ³ 'de (A+B+BT)	
Konkasör kırımını kontrol etmek	Elek analizi		Min. 400 m ³ 'de bir Min. 500 m ³ 'de bir(BT)	Dizayn ile karşılaştırılır.
Sıcak silo gradasyon kontrolü	Elek analizi		Her gün bir kez	Gradasyon, Sıcak silo oranları ve karışım gradasyonunun IKF'ne uygun olup olmadığına bakılır.
Karışımın fiziksel özelliklerinin kontrolü	Briket hazırlama,Dp, Stabilitate, Akma deneyleri ve Vh, Vf, VMA hesapları		Min. günde iki kez	Sonuçların dizayn ve şartnameye uygun olup olmadığına bakılır.
Segregasyon olup olmadığının tespiti	Finişer arkasından serimden sonra numune alınarak bitüm %'si tayini ve çıkan agreganın elek analizi		Min. günde iki kez.	Karışım gradasyonuna uygun olup olmadığı belirlenir.
Tabakanın sıkışma kontrolü	Karot alımı		Min.250 t'da bir min. 500 t'da bir. (BT)	Sıkışmanın yeterli olup olmadığı belirlenir.
Kalınlık kontrolü	Sıkışma için alınan karot numuneleri kullanılır.			Üstyapı projesinde verilen kalınlığının ± 0.1h toleranslarında olmalı
Karıştırma sıcaklıkları Normal bitüm için	40/60, 50/70 70/100	Bitüm 145-160°C Agrega 150-165°C 140-155°C 145-160°C		
Karışım sıcaklığı	<u>Hava Sıcaklığı (Gölgede)</u>		<u>Karışım Sıcaklığı</u>	
	5-15 °C		Min. 155 °C Max 160 °C	
	15-35 °C		Min. 145 °C Max 160 °C	
	> 35 °C		Min. 140 °C Max 160 °C	
Sıkıştırma sıcaklığı	İlk silindiraj >130°C -- Son silindiraj >80°C			

Kaynak: Orhan 2012.

3.6.5.3 Gradasyon limitleri

Bitümlü sıcak karışım yapımında kullanılacak, mineral agrega, kaba, ince, mineral filler olmak üzere en az üç, TMA için dört, ayrı dane boyutu grubunun belli oranlarda karıştırılmasından oluşturulacaktır (Orhan 2012). Tablo 3.5 karışım tiplerine göre gradasyon limitlerini incelemek mümkündür.

Tablo 3.5: Karışım tiplerinde gradasyon limitleri

ELEK AÇIKLIĞI		K A R I Ş I M T I P I (% geçen)					
İnch	mm	B.TEML-A	B.TEML-B	BİNDER	AŞINMA	SMA 12,5/0	SMA 9,5/0
1 1/2"	37,5	100	100				
1"	25,4	72-100	80-100	100			
3/4"	19,1	60-90	70-90±5	80-100±4	100	100	
1/2"	12,7	50-78	61-81±5	58-80±4	83-100	90-100±4	100
3/8"	9,52	43-70	55-75±5	48-70±4	70-90	50-75±4	90-100
No.4	4,76	30-55	42-62±5	30-52±4	40-55	25-40±3	25-45
No.10	2,00	18-42	30-47±3	20-40±3	25-38	20-30±3	20-30
No.40	0,42	6-21	15-26±3	8-22±3	10-20	12-22±3	12-22
No.80	0,18	2-13	7-17±3	5-14±3	6-15	9-17±3	9-17
No.200	0,074	0-7	1-8±2	2-8±2	4-10	8-14±2	8-14

Kaynak: Orhan 2012.

3.6.5.4 Agrega Özellikleri

Bitümlü sıcak karışımlarda agreganın belirli özellikler taşıması gerekmektedir. Tablo 3.6'da kaplama tabakalarına göre agrega deneylerinden elde edilen bulguları bulunmaktadır. Dizayn kriterleri ise Tablo 3.7'de gösterilmiştir. Ayrıca Tablo 3.8'de sıkışma ve kalınlık kriterleri gösterilmektedir.

Tablo 3.6:Agrega deneyleri

AGREGA DENEYLERİ	AŞINMA	BİNDER	B.TEMEL	S.KAPLM	SMA
AŞINMA, maks %	30	35	35	30	25
SAĞLAMLIK,(MgSO ₄) maks %	16	18	18	18	14
SOYULMA MUKAVEMETİ, min %	50	50	50	50	60
YAPIŞMA, maks %	-	-	-	12	
ÇİLANMA DEĞERİ, min	50	-	-	50	50
KIRILMIŞLIK,min %	100	100	100	80	
YASSILIK İNDEKSİ, maks %	30	35	35	25	25
SU ABSORPSİYONU,maks %	2,0	2,5	2,5	2,5	2,0
METİLEN MAVİSİ, maks %	1,5	1,5	2,0	2,0	1,5
KİL TOPAKLARI VE UFALANABİLİR DANE maks, %	0,5	0,5	1,0	0,5	bulunmayacak

Kaynak: Orhan 2012.

Tablo 3.7: Dizayn kriterleri

	AŞINMA		BİNDER		BİTÜMLÜ TEMEL		SMA	
	min.	maks.	min.	maks.	min.	maks.	min.	maks.
DARBE SAYISI	75		75		75		50	
STABİLİTE,Kg	900	-	750	-	600	-	750	-
AKMA,mm	2	4	2	4	2	5	2	4
BOŞLUK,%	3	5	4	6	4	7	2 3*	4 4*
ASF.DOLU BOŞLUK,%	65	75	60	75	55	70		
Filler/Bitüm Oranı		1,5	-	1,4	-	-		
ASFALT ÇİMENTOSU,%	4,0	7,0	3,5	6,5	3	5,5		
VMA	14	-	13	-	12	-	16 Tip1 17 Tip2	- -
Elyaf miktarı, %							0,3	1,5
Bitüm süzülme, %								0,3
Rut derinliği (30000 devir, 60°C'de),%								6

Kaynak: Orhan 2012.

Tablo 3.8: Sıkışma ve kalınlık kriterleri

		SIKIŞMA	KALINLIK	Hava Boşluğu	Bitüm Toleransı
BİTÜMLÜ TEMEL VE BİNDER	Tek değer	96	±0,1h	ort. maks.%7,5	±%0,3
	Ortalama	98	h- h+0,1h	ort. maks.%7	
AŞINMA	Tek değer	97	±0,1h	maks.%6	
	Ortalama	98	h- h+0,1h		
SMA	Ortalama	97	h- h+0,1h	maks.%6	

Kaynak: Orhan 2012.

4. GERİ DÖNÜŞÜM

4.1 GENEL BİLGİLER

Gerİ dönüşüm kavramı terim olarak, kullanım dışı kalan geri dönüştürülebilir atık malzemelerin çeşitli geri dönüşüm yöntemleri ile hammadde olarak tekrar imalat süreçlerine kazandırılması olarak tanımlanabilmektedir.

Tüketilmekte olan maddelerin yeniden geri dönüşüm içine katılabilmesi ile hammadde ihtiyacı azalmaktadır. Bu şekilde nüfus artışı ile paralel olarak artan tüketimin doğal dengeyi bozması ve doğaya verilen zarar engellenmiş olmaktadır. Bununla birlikte yeniden dönüştürülebilen maddelerin tekrar hammadde olarak kullanılması büyük miktarda enerji tasarrufunu mümkün kılmaktadır.⁵

Gerİ dönüşüme olan ihtiyaç, savaşlar nedeniyle ortaya çıkan kaynak sıkıntıları sonucunda oluşmaya başlamıştır. Büyük devletler, II. Dünya Savaşı sırasında ülke çapında geri dönüşümle ilgili kampanyalar başlatmışlardır. Bu ülkelerde vatandaşlar özellikle metal ve fiber maddeleri toplama konusunda teşvik edilmişlerdir. Özellikle ABD'de geri dönüşüm işlemi yurtseverlik anlayışında çok önemli bir yer edinmiştir. Savaş sırasında oluşturulan kaynak koruma programları, doğal kaynakları kısıtlı bazı ülkelerde (Japonya gibi), savaş sonrası da devam ettirilmiştir.⁶

Gerİ dönüşüm sisteminde başlıca amaçlanan; lüzumsuz kaynak kullanımının önüne geçilmesi ve atıkların kaynağında ayrıştırılması ile birlikte atık çöp miktarının azaltılması olarak belirtilebilmektedir. Birçok maddenin geri dönüşümü ve tekrar kullanım alanlarının ortaya çıkması kaynakların tükenmesini önleyecektir. Bu şekilde, ülkelerin ihtiyaçlarını karşılayabilmek için ithal edilen hurda malzemeye ödenen döviz miktarı da azalacak, kullanılan enerjiden büyük ölçüde tasarruf sağlanabilecektir.⁷

^{5 6} <http://tr.wikipedia.org> [Erişim tarihi:17.11.2013]

⁷ <http://tr.wikipedia.org> [18.11.2013]

Geri dönüştürme metotları her malzeme için farklılık göstermektedir:⁸

Alüminyum: Atık alüminyum küçük parçacıklar halinde doğranarak büyük ocaklarda eritilmekte ve dökme alüminyum üretilmektedir.

Beton: Beton parçalar, yıkım alanlarından toplanarak kırma makinelerinde ufak parçalar haline getirilmekte ve çakıl olarak kullanılmaktadır.

Kâğıt: Kâğıt öncelikle kâğıt çamuru hazırlamak için su içerisinde liflerine ayrılmakta ve geri dönüşmüş kâğıt üretiminde kullanılmaktadır.

Plastik: Plastik atıklar cinslerine göre ayrılarak kırma makinelerinde kırılmakta ve parçalar hammadde ile karıştırılarak üretimde kullanılmaktadır.

Cam: Cam atıklar (şişe, kavanoz vb.) toplama kutularında toplanarak, camlar kırılmakta ve hammadde karışımına eklenerek eritme ocaklarına dökülmektedir.⁹

4.2 GERİ DÖNÜŞÜMÜN FAYDALARI

- a. Doğal kaynaklarımız korunur: Malzeme tüketimini azaltarak nitelikli atıkların geri dönüştürülmesi suretiyle doğal kaynakların kullanılması sağlanmaktadır.
- b. Enerji Tasarrufu Sağlanır: Geri dönüşüm malzeme üretiminde endüstriyel işlem sayısının azaltılmasıyla enerji tasarrufu sağlanmaktadır.
- c. Artık Miktarı Azalır: Çöplere giden atık miktarında azalma sağlanmasıyla taşıma ve depolamada enerji tasarrufu yapılmaktadır.
- d. Geri Dönüşüm Geleceğe ve Ekonomiye Yatırım Demektir.
- e. Geri Dönüşüm Çevreye Yarar Sağlar: Doğanın birkaç bin yılda tümüyle yok edebildiği atıkların doğaya terk edilmesini önlemektedir.
- f. Geri Dönüşüm Kentsel Ekolojiye Yarar Sağlar.¹⁰

^{8,9} <http://tr.wikipedia.org> [18.11.2013]

¹⁰ <http://www.geridonusum.org> [Erişim tarihi: 18.11.2013]

Geri dönüşümün belediyeye yapacağı ekonomik katkı özellikle temizlik işlerinin niteliğinde yükselişe neden olmaktadır. Tüketilen maddelerin yeniden dönüşüm halkası içine katılmasıyla tekrar ham madde olarak kullanımı sağlanmış olmaktadır. Böylece insan nüfusunun artışı ile paralel olarak artan tüketimin doğal dengeyi bozması doğadan aldıklarımızı tekrar doğaya vererek az da olsa engellenmiş olmaktadır ve bu şekilde enerji tasarrufu da mümkün olmaktadır.¹¹

Şekil 4.1: Uluslararası geri dönüşüm sembolleri



Kaynak: Coşkun 2007.

Çöpün içinde bulunan geri dönüştürülebilir malzemelerin önemli bir miktarını yiyecek ve içecek ambalajlarında kullanılan metal plastik ve cam atıklar ile kağıt ve karton oluşturmaktadır. Bununla birlikte kemik ve tekstil parçaları da özel ayırtma tesislerinde geri dönüştürülebilmektedir. Geri dönüşüm sembollerini Şekil 4.1’de görebilmek mümkündür (Coşkun 2007).

4.3 GERİ DÖNÜŞÜM UYGULAMA AŞAMALARI

- a. **Kaynakta Ayırtma;** Değerlendirilebilir nitelikli atıkları çöple karıştırmadan kaynakta ayırarak biriktirme.
- b. **Değerlendirilebilir Atıkları Ayrı Toplama;** Bu işlem değerlendirilebilir atıkların çöple karışmadan temiz bir şekilde ayrı toplanmasını sağlar.
- c. **Sınıflama;** Kaynağında ayrı toplanan malzemelerin cam, metal plastik ve kağıt bazında sınıflara ayrılmasını sağlar.

¹¹ <http://www.geridonusum.org> [Erişim tarihi: 18.11.2013]

- d. **Değerlendirme;** Temiz ayrılmış kullanılmış malzemelerin ekonomiye geri dönüştürülmesidir. Bu işlemde malzeme kimyasal ve fiziksel değişime uğrayarak ekonomiye kazandırılır.
- e. **Yeni Ürünü Ekonomiye Kazandırma;** Geri dönüştürülen ürünün yeniden kullanıma sunulmasıdır.¹²

Bunların yanında; değerlendirilebilir atıklar diğer atıklarla karıştırılmadan ayrı şekilde biriktirilmelidir. Biriktirilen bu atıklar çöple karıştırılmadan belediyeler tarafından ayrı toplanarak ayırma tesislerinde cinslerine göre sınıflandırılmaktadır. Bu üç işlem geri kazanım olarak tanımlanmaktadır.

4.4 YAPISAL ATIKLARIN GERİ DÖNÜŞÜMÜ

4.4.1 Dünya'daki Genel Durum

Dünyada, bazı ülkeler yapısal atıkları yönetmek ve açığa çıkan malzemeleri değerlendirebilmek için ciddi çalışmalar yürütmüş ve bu konuda kanunlarla gerekli yönetim stratejilerini uygulamayı zorunlu kılmışlardır. Ülkelerin yıllık oluşturduğu yapısal atık miktarları ve geri dönüşüm oranları değişiklik göstermektedir. Ekonomik ve teknik durum, doğal kaynakların özellikleri, nüfus yoğunluğu, nakliye çeşitliliği, mevzuat çeşitliliği ülkelerin yapısal atıklar konusundaki tutumlarını etkilemektedir (Te Dorsthorst and Kowalczyk, 2003).

Geri dönüşüm metotları da, AB ülkeleri arasında değişiklik göstermektedir. Bazı üye ülkeler bu atıkları yönetmek için atık hiyerarşisine dayalı bazı yöntemler geliştirmiş olsalar da birçok AB ülkesinde yapısal atıklar genelde deponi sahalarına gönderilerek yönetilmektedir. Bazı üye ülkelerde asbest ve ağır metaller gibi tehlikeli atıklar diğer yapısal atıklardan ayrılmamaktadır. Bu atıklar, miktarları küçük olmasına rağmen içinde buldukları önemli ebatlardaki geri dönüştürülmüş ürünleri ve dolum alanlarını etkileyebilmektedir (Te Dorsthorst and Kowalczyk, 2003).

¹² <http://www.cevreonline.com> [Erişim tarihi:18.11.2013]

Danimarka’da, belediyeler yapısal atık toplamakla yükümlüdür ve yapısal atıkları kolay geri dönüştürebilmek için özel sınıflandırma yöntemleri geliştirmişlerdir. Ülkede, 1993 yılına kadar olan yüzde 82 geri kazanım hedefine ulaşılmıştır. Almanya’da ise yapım faaliyetlerinin yoğun olduğu eyaletlerde gönüllü olarak alınan önlemler mevcuttur. 1995–2005 yılı arasında depolama alanına gidecek yapısal atık miktarını yüzde 50, Avustralya ise yüzde 80 oranında azaltmayı planlamıştır. Avustralya yapısal atığının yüzde 30 ‘unu geri kazanılmakta veya tekrar kullanılmaktadır. Güney Avrupa ülkeleri sahip oldukları doğal kaynakların fazlalığı ve ucuzluğu sebebi ile bu konuda daha zayıf durumdadırlar (Te Dorsthorst and Kowalczyk, 2003).

Avrupa’da ülkeler bazında çıkan atık çeşidi ve miktarını ile bu atıkların ne şekilde değerlendirildiği Tablo 4.1’de görmek mümkündür.

Tablo 4.1: Avrupa’da geri dönüşüm

Ülke	Nüfus	İnşaat/Yıkıntı Atığı (milyon ton)	İnşaat/Yıkıntı Atığı (kg/kişi/yıl)	Evsel Katı Atık (kg/kişi/yıl)	Geri Kazanma veya Tekrar Kullanılan (%)	Yakma veya Depolama (%)
Belçika	10	7	700	350	87	13
Danimarka	5.2	3	575	460	81	19
Finlandiya	5	1	200	620	45	55
Fransa	56	24	420	460	15	85
Yunanistan	10	2	200	300	<5	>95
Hollanda	15	4	270	500	90	10
İrlanda	3.5	1	285	310	<5	>95
İtalya	58	20	350	350	9	91
Lüksemburg	0.4	0	-	450	n/a	n/a
Portekiz	10	3	300	300	<5	>95
İspanya	39	13	340	320	<5	>95
İngiltere	57	30	530	350	45	55
İsviçre	8.5	2	240	370	21	79
Almanya	79	59	750	360	17	83
Avusturya	7.7	5	650	430	41	59
Avrupa Topluluğu	364	180 (210*)	495	390	28	72

Kaynak: Öztürk, 2005-a.

4.4.2 Türkiye’de Genel Durum

Tüm Türkiye’de yapısal atık sorunları yaşanmaktadır. Özellikle; İstanbul, Ankara, İzmir, Adana, Kocaeli gibi gelişmiş şehirlerde bu konuda önlem alma ve sorunla başa çıkma yolunda çalışmalar yürütülmektedir. Türkiye nüfusunun yüzde 15’inin (yaklaşık 12 milyon) yaşadığı, bina sayısı bakımından (777 416 bina) en kalabalık olan, Türkiye’nin en fazla yapılaşma faaliyetlerinin yaşandığı, dolayısıyla yapısal atık sorunuyla en yüksek oranda karşı karşıya kalan İstanbul, yapısal atık yönetimi ile ilgili en çok çalışmanın yürütüldüğü şehrimizdir (İstaç 2005).

Ülkemizde, 2872 sayılı Çevre Kanunu uyarınca çıkarılan, yapısal atıkların çevreye zarar verecek şekilde çevreye atılmasının önüne geçilmesi, yapısal atıkların tekrar kullanım ve geri dönüşümünün sağlanması ve bertaraf edilebilmesi için gerekli teknik ve idari standartların oluşturularak prensip ve politikaların ortaya koyulabilmesi amacıyla, ‘Hafriyat Toprağı, İnşaat ve Yıkıntı Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği’ 18.03.2004 tarih ve 25406 sayılı resmi gazetede yayımlanarak yürürlüğe girmiştir (İstaç 2005).

İstanbul’daki yapısal atıkları geri dönüştürmek üzere Tuzla’da bir tane aktif geri dönüşüm tesisi mevcuttur. Anadolu yakasında Ümraniye’de, Avrupa yakasında ise Gaziosmanpaşa ve Eyüp’te de tesis oluşturmak hedeflenmektedir. Geri dönüşüm tesislerinin düzenlenmesi ve işletilmesi, İSTAÇ’ın sorumluluğuna verilmiştir. Bu kapsamda İSTAÇ Tuzla’daki mobil geri dönüşüm tesisini geliştirmek, İstanbul’a tam teşekküllü bir geri dönüşüm tesisi kurmak amacıyla harekete geçmiş ve bu tesis için çeneli kırıcılar, elek sistemleri alınmıştır. Bu makineler vasıtasıyla manyetik demir tutucu ile demir ayrılmakta, büyük beton blokları kısa sürede 0–45 mm ebadına getirilmekte ve büyük parçalardan elenerek ayrılmaktadır (İstaç 2005).

4.4.3 Yapısal Atık Oluşumu ve Özellikleri

Bir inşaatın yapımı veya inşa edilmiş bir yapının yıkımı esnasında doğrudan ya da dolaylı olarak ortaya çıkan istenmeyen malzemelerin tamamına yapısal atık denilmektedir.¹³

Şehirlerde oluşan katı atıkların hacimsel ve ağırlık olarak yüzde 13-29'unu yapısal atıklar oluşturmaktadır. Özellikle doğal afetler sonucu bu oran yüzde 50'ye kadar çıkmaktadır. Yapısal atıklar, her türlü bina, yol ve köprü yapımı, tadilatı, tamiratı ve yıkım işlemi sonucu oluşmaktadır (Öztürk 2005-a).

Yapısal atıklar bir kaç yönden tasnif edilebilmektedir:

- a. Fiziksel durumlarına göre: katı, sıvı, gaz, radyoaktif.
- b. Kullanımına göre: hareketsiz (inert; moloz, beton), hareketli (non-inert; çerçeve, cam).
- c. Zararlarına göre: tehlikeli (asbest, PVC), tehlikesiz (demir, çakıl) (Öztürk 2005-a).

Yapısal atıkların birçoğu zararsız ve hareketsiz atıklar sınıfında olsalar da bazı zararlı malzemeler yapılarda kullanılmaktadır. Bu malzemeler (boya, yapışkan, zift gibi) yapı üretiminde hareketsiz hale getirilmektedir. Bununla birlikte yapısal atık yönetimi sırasında bu malzemeleri içeren parçalar uygun bir şekilde özel konteynirlara yerleştirilmelidir. Zararlı yapısal atıklar daha çok asbestli yalıtım malzemeleri, kurşun içeren boruların kullanıldığı yıkım ve yenileme çalışmaları esnasında oluşmaktadır (Magdich, 1995).

Yapısal atığın kaynağı;

- a. Yapı/altyapı inşaatı ve yıkımı atığı,
- b. Ulaşım ile ilgili inşaat, yıkıntı ve tamirat atığı,
- c. Yol temizleme atığı,

¹³ <http://www.wikipedia.org> [Erişim tarihi: 31.12.2013]

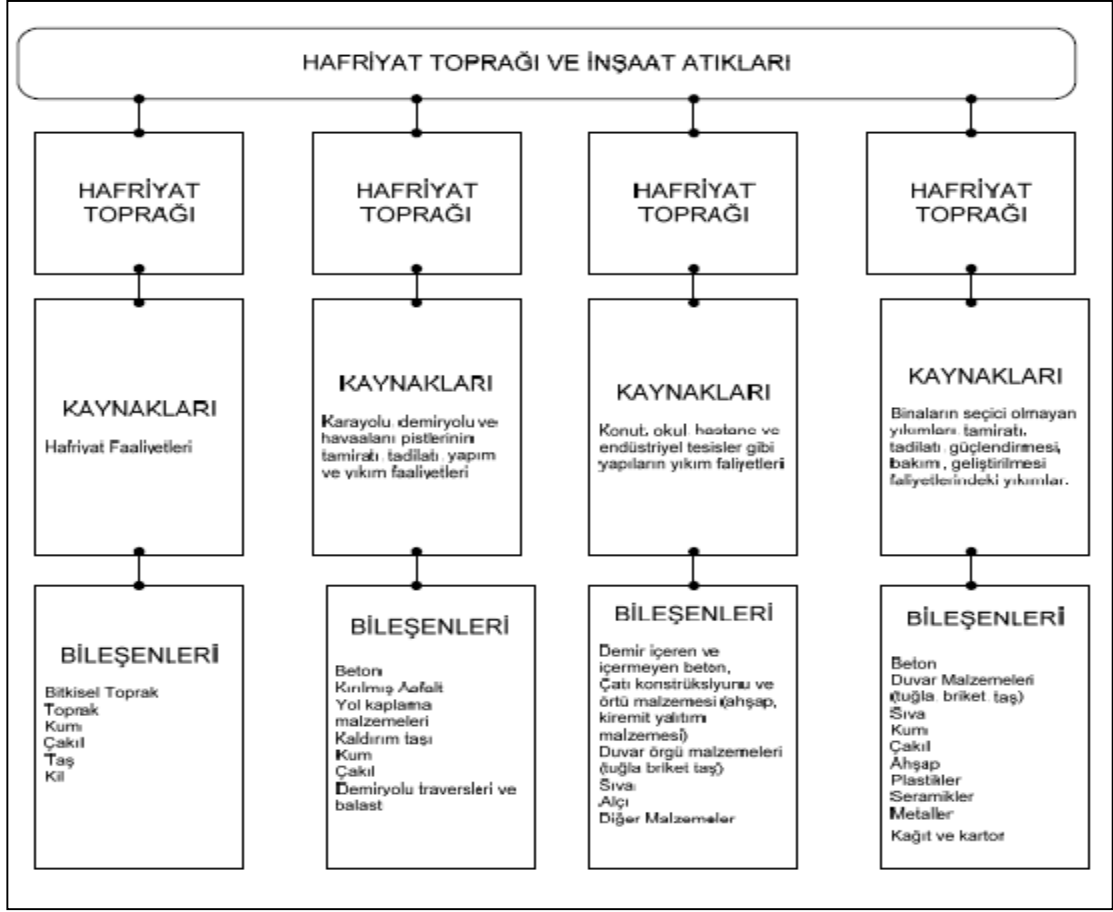
- d. Doğal afet (fırtına, sel, deprem gibi) atığı, olmak üzere 4 ana grup altında toplanmıştır Öztürk (2005-a).

Yapısal atıklar aşağıdaki gibi kategorize edilebilmektedir;

- i. Kazı malzemeleri: Kazı esnasında oluşan toprak, kum, çakıl, kaya parçaları, kil ve kazıdan çıkan tüm diğer malzemeler bu gruptadır. Bu tür atıklar ayrıca taşkın, heyelan gibi doğal afetler sonucunda oluşmaktadır. Bu malzemelerin kimyasal yapısı, kazının yapıldığı yerin doğal yapısına da bağlıdır.
- ii. Yol Yapımı ve Bakım Malzemeleri: Bu malzemeler, asfalt, kum, çakıl, metal, beton ve yol kazısından gelen kazı malzemeleri olabilir. Bu malzemeler, şehirlerde yeraltı su ve atık su kanallarının ve elektrik malzemelerinin döşenmesi esnasında da oluşabilmektedir.
- iii. Yıkıntı Atıkları: Bu malzemeler, toprak, çakıl, beton parçaları, kireçli sıva, briket, kaplama plakaları, alçı taşı, kum, işlenmiş taş ve porselenden ibarettir. Yıkıntı atıkları homojen değildir. Binaların ve diğer yapıların yıkımı esnasında oluşmaktadır. Atığın kompozisyonu, binanın/yapının tipine, yapısına, yapısında kullanılan malzemeye, yaşına, modeline ve boyutuna bağlıdır. Aynı zamanda tarihi, kültürel ve ekonomik değerine bağlı olarak da değişmektedir.
- iv. Çalışma Bölgesi Atık Malzemeleri: Bu tür malzemeler, tamir, destekleme, büyütme, genişleme ve yenileme işlemlerinden oluşan tahta, plastik, kağıt, cam, metal, lastik, boya, emaye, kaplama, tutkal ve diğer malzemelerden ibarettir Öztürk (2005-a).

Çevre ve Orman Bakanlığı, Hafriyat Toprağı, İnşaat ve Yıkıntı Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği (2004)'e göre ise; Hafriyat toprağı, Yol yıkıntı atıkları, Yıkıntı atıkları, Karışık yıkıntı atıkları olmak üzere gruplandırmıştır. Yönetmelikte geçen atıklarının kaynakları ve bileşenleri Şekil 4.2'de verilmiştir (Çevre ve Orman Bakanlığı, 2004).

Şekil 4.2: Yapısal atıkların kaynakları ve bileşenleri



Kaynak: Çevre ve Orman Bakanlığı 2004.

4.4.4 Yapısal Atık Yönetim Stratejileri

Yapısal atıkların yönetim hiyerarşisi çevresel etkilerine göre alçaktan yükseğe, azaltma (reduce), yeniden kullanma (reuse), geri dönüştürme (recycle) ve recover (geri kazanma) olmak üzere dört kısımdan oluşur ve “4Rs” olarak adlandırılır. Bunların uygulanmadığı durumda, genelde atığın deponi sahalarına boşaltılması şeklinde gerçekleştirilen elden çıkarma (disposal) yöntemine başvurulmaktadır (Al-Ansary et al. 2004).

4.4.4.1 Yapısal Atıkların Azaltılması (Reduce)

Atık oluşumunu azaltma aşamasında alınacak önlemler; tasarım aşaması, satın alma ve stoklama ile zararlı atıkların azaltılması şeklinde olmaktadır (Al-Ansary et al. 2004).

4.4.4.2 Yeniden Kullanım (Reuse)

Yeniden kullanım (reuse), malzemelerinin ve yapı bileşenlerinin sökülerek başka bir binada kullanılmasıdır. Yeniden kullanımı arttıracak yöntemler; atık toplama prosedürlerine uymak, atık yönetimi personelinin çalışmaları, saha çalışmaları ve belgeleme sisteminin düzgün işlemesi olmalıdır (Al-Ansary et al. 2004).

4.4.4.3 Geri Dönüştürme (Recycle)

Geri dönüşüm sayesinde kaynaklar ve deponi alanlar daha az kullanılmaktadır. Bunlarla birlikte atıkların çevreye etkileri de geri dönüşümle azaltılmış ve çevre korunmuş olmaktadır (Al-Ansary et al. 2004).

4.4.4.4 Geri Kazanma (Recover)

Yakma (incinerating), toz haline getirip yakıt olarak kullanma (briquetting), ısı kesim yani sıcak tesiriyle eritme (pyrolysis) ve gazlaştırma (gasification) geri kazanma yöntemleridir (Al-Ansary et al. 2004). Günümüzde, bunlardan en çok kullanılan yöntem, büyük fırınlarında yakmadır.

4.4.4.5 Elden Çıkarma, Deponi Sahalarına Gönderme (Landfill)

Deponi sahalarına gönderme, atık bertaraf hiyerarşisinin en alt basamağıdır ve bütün seçenekler tükendiğinde başvurulmalıdır (Al-Ansary et al. 2004).

4.4.5 Yapısal Atıkların Geri Dönüşüm Teknolojileri

Geri dönüşebilir bir malzeme söz konusu olduğu zaman ekonomi, diğer malzemelerle uyumluluk, malzemenin özellikleri konularına dikkat etmek gerekmektedir (Tam and Tam, 2006).

Bazı yapı malzemelerinin geri dönüşümü, sağladığı çevresel yararların yanında ekonomik yararlar da sağlamaktadır (alüminyum, çelik, cam, kağıt vb). Fakat bazılarının (örneğin

beton) geri dönüşümü ek maliyet getirebilir. Geri dönüşüm konusunda duyarlı bazı ülkelerde, ekonomik getirisine bakılmaksızın çevre ve insan sağlığı adına geri dönüşüm gerçekleştirilmektedir. Bununla birlikte, birçok malzemenin geri dönüşüm şeması yapılması rağmen, genel çerçevede, yapılsa atıkların güncel geri dönüşüm yöntemi birkaç katı atık türünü içermektedir. Günümüzde: asfalt, tuğla, beton, demir içeren metaller, cam, taş, demir içermeyen metaller, kağıt-karton, plastik, ahşabın geri dönüşümü çalışılmaktadır. Tablo 4.2’de bu malzemelerin geri dönüşüm teknolojileri ve geri dönüştürüldükten sonraki kullanım alanları verilmiştir.

Tablo 4.2: Malzemelerin geri dönüşüm teknolojileri ve geri dönüştürüldükten sonraki kullanım alanları

Malzemeler	Geri Dönüşüm Teknolojisi	Geri Dönüştürülmüş Ürün
Asfalt	Soğuk Geri Dönüşüm Isı Üretimi Minnesota Üretim Paralel Silindir Üretim Uzatılmış Silindir Üretim Mikrodalga Asfalt Geri Dönüşüm Sistemi Finfalt	Geri Dönüştürülmüş Asfalt Asfalt Agregası
	Yüzey Yenileme Yakıp kül (ash) haline getirme Agrega haline getirmek için kırma	Balçık kül Dolgu malzemesi Hardcore
Beton	Agrega haline getirmek için kırma	Geri dönüştürülmüş agregası Yeni beton yapımında kullanma Nehir seti Dolgu malzemesi
Demir İçeren Metaller	Eritmek Doğrudan yeniden kullanma	Gri dönüştürülmüş çelik parçaları
Cam	Doğrudan yeniden kullanma Öğütürerek toz haline getirme Cıtalama Kırıp agregaya katma Yakıp kül (ash) haline getirme	Geri Dönüştürülmüş Pencere Ünitesi Cam elyafı Dolgu malzemesi Seramik Kaldırım taşı Asfalt Geri dönüştürülmüş agregası Çimento yerine Sentetik toprak
	Agrega haline getirmek için kırma Kül(ash) haline getirmek için 900C ye ısıtma	Isı yalıtım betonu Geleneksel çamur tuğla Sodyum silikat tuğla
Demir İçermeyen Metaller	Eritmek	Geri dönüştürülmüş metal
Kağıt/Karton	Temizleme	Geri dönüştürülmüş kağıt
Plastik	Kriyojenik öğütme ile toza dönüştürme Kırma, kesme Agrega haline getirmek için kırma	Panel Geri dönüştürülmüş plastik Plastik kereste Geri dönüştürülmüş agregası Alan doldurma drenajı Asfalt Sentetik toprak
	Yakıp kül (ash) haline getirme	
Ahşap	Doğrudan yeniden kullanma Agregaya karıştırma Maden eritme ocağında oksijenini çıkarma Gazlaştırma ve ıslık kesim Yüksek su buharı altında şekil verme	Tek parça ahşap Mobilya ve mutfak malzemeleri Hafif geri dönüştürülmüş agregası Enerji kaynağı Kimyasal üretim Ahşap kaynaklı panel Plastik kereste Geofiber İzolasyon levhası

Kaynak: Tam and Tam 2006.

4.4.5.1 Beton malzeme

Beton, agrega (ince ve kaba agrega) çimento ile suyun, kimyasal ve mineral katkı maddeleri ilave edilerek veya edilmeden, homojen olarak üretim teknolojisine uygun karıştırılmasından oluşan, başlangıçta plastik kıvamda olup, şekil verilebilen, zamanla katılaşp sertleşerek mukavemet kazanan önemli bir yapı malzemesidir (Köroğlu 2008).

Dünyada toplam yapısal atıkların yaklaşık yüzde 40'ını beton atıkları oluşturmaktadır. Betonunun yaklaşık yüzde 55–80'ini oluşturan agregaların tekrar kullanımı, doğal agrega kaynaklarının tüketimini ve bunların çevresel etkilerini de azaltacaktır. Eğer, her türlü bina inşaatının ve yol, köprü, baraj gibi geniş bir alanı kaplayan, inşaat sektörünün bir parçası olan beton ve asfalt üretiminin en önemli hammaddesi olan agregalara alternatif agrega kaynakları bulunmazsa, 2010 yılından sonra beton endüstrisi dünyada her yıl 8–12 milyar ton doğal agrega tüketecektir. Dünya genelinde tüm maden üretimi içinde yüzde 58'lik payla birinci sırayı alan agreganı ortalama kişi başı kullanımı Avrupa'da yıllık 7 ton iken ülkemizde bu rakam 4 ton olarak belirlenmiştir (Köroğlu, 2008).

4.4.5.1.1 Türkiye'de beton geri dönüşümünün önemi

İnşaat sektöründe yapısal atıkların çevreye verdiği zararların azaltılması için özellikle yapısal beton atıklarının beton agregası olarak tekrar kullanılması oldukça önemlidir. Ülkemizde kullanılan betonun yüzde 95'i hazır betondur. Hazır betonda kullanılan agregalarının %86'sının kırma taş, %14'ünün doğal kum olduğu ve bir kırma taş tesisinde yılda ortalama 400.000 ton, doğal kum tesisinde ise yılda ortalama 200.000 ton agrega üretildiği kabul edilmektedir. 2006 yılı itibariyle ülkemizde 650 kurulu kırma taş tesisi ve 120 kum tesisi olduğu düşünüldüğünde 770 noktada agrega üretildiği ortaya çıkmaktadır (Öztürk Ö. 2007).

Ekonomik ömürlerini tamamlayan yapıların yıkılması ve deprem gibi doğal afetlerden dolayı oluşan moloz ve inşaat atıklarını özellikle büyük şehirlerde, şehir dışına taşımak önemli bir nakliye masrafı çıkaracaktır. Bu taşıma işlemi esnasında yakıt sarfiyatı, araçlardan çıkacak egzoz dumanıyla çevrenin kirlenmesi, yüklü araçların trafiğe ve

yollara vereceği zararlar, iş ve zaman kaybı azımsanmayacak kadar çok olacaktır. Dolayısıyla ham maddelerin azalması, artan nakliye giderleri ve çevresel etkiler geri dönüşüm agregalarını kullanmayı zorunlu hale getirmiştir. Örneğin, İstanbul'da yıllık agrega tüketimi yaklaşık 100 milyon ton civarındadır. Agrega kaynaklarının İstanbul'da inşaat, hazır beton ve asfalt operasyonlarına uzaklığı 50–75 km arasındadır ve bu kaynaklar tükenmeye yüz tutmuştur. Bu kaynaklara alternatif ocakların inşaat, hazır beton ve asfalt operasyonlarına olan uzaklığı 100-150 km arasında değişebilmektedir (Öztürk Ö. 2007).

4.4.5.1.2 Betonun geri dönüşüm teknolojisi ve geri dönüştürülmüş beton kullanımı

Betonun geri dönüşümü ile elde edilecek agregalar farklı alanlarda çeşitli şekillerde kullanılmaktadır. Beton, en çok mekanik işlemler (ezerek farklı büyüklüklerde parçalar haline getirme) yapılarak yol, asfalt, nehir seti, yapımında agrega; temel inşaatlarında dolgu malzemesi olarak kullanılmaktadır. Bu, betonun en basit ve ekonomik geri dönüşüm yöntemidir. Bunların yanında Japonya ve Hollanda gibi gelişmiş ülkeler başta olmak üzere geri dönüştürülmüş beton agregalar, yol döşeme bloğu, yapısal olmayan ve yapısal betonda da kullanılmaya çalışılmaktadır. Betonun geri dönüşüm işlemi için tüketilen enerji, beton üretimi için tüketilen ilk enerjiden yüzde 5 daha fazla olmasına rağmen çevresel yararlar için bu uygulamalar yapılmaktadır (Gao et al. 2001).

Aşağıda, geri dönüştürülmüş betona mekanik işlemler uygulandıktan sonra elde edilen farklı ebatlardaki agregaların kullanım alanları verilmiştir (Akıoğlu ve ark., 1996).

- a. 80–200 mm beton agregaları, dolgu malzemesi olarak hidrolik işlerinde,
- b. 0–80 mm beton agregaları, standartları yerine getirmek üzere sıra ile beton imalatında, yol inşaatlarında zemin malzemesi olarak, toprak dolgu malzemesi olarak ve sertleşmemiş zemin oluşturmak için park sahalarında
- c. Geri kazanılmış kum, çok az kullanılmaktadır. Çoğunlukla yol kaplamalarının altında ya da yol alt temel yapısında
- d. 0–56 mm geri kazanılmış kagır, zemin dolgusu olarak ve sertleşmemiş zemin oluşturmak için park sahalarında,

e. Asfalt agregaları, yollar ve park alanları kaplamalarında, yeni asfalt içinde kullanılmaktadır (Akıoğlu ve ark. 1996).

Avrupa Birliği genelinde, beton başta olmak üzere, tuğla, kiremit, seramik gibi kum-çakıla dönüştürülmeye müsait ürünlerden kum-çakıl ikincil agregaların üretimi yoğun olarak gerçekleştirilse de bu, ihtiyacının sadece yüzde 8'ini karşılamaktadır. Bu oran, kum-çakıl tüketimi miktarı hakkında fikir verirken beton geri dönüşümünün önemini ve gerekliliğini vurgulamaktadır (European Comission, 2000).

4.4.5.1.3 Beton blok üretimi

Hong Kong'da Polytechnic Üniversitesi'nde, 5mm – 10mm büyüklüğindeki beton, taş ve benzeri türden yapısal atıklar kullanılarak tuğla ve bloklar elde edilmiştir, bu çevre dostu teknoloji iki patent almıştır. Bu teknolojiye, beton tuğla ve kaldırım döşemesi üretimi için mekanize edilmiş kalıplar kullanılmaktadır. Metot, aynı zamanda, yeni kaldırım taşı yapımında, işlenmemiş sıfır malzeme kullanımına da uygundur. Bu metot kullanılarak, karıştırılmış malzemeler, aynı anda titreştiren ve sıkıştıran bir hareketle kalıplanırlar, dolayısıyla normal beton yapımındaki gerektiği gibi ayrıca bir karıştırmaya ihtiyaç duyulmaz. Kalıplama makinesindeki karışımı beslemek amacıyla akışkan hale getirmek için sadece çok az miktarda su yeterlidir. Tuğla ve bloklara, basınç direnci, çapraz direnç, çekme-büzüşme, kayma ve diğer dayanıklılık özelliklerini kontrol eden bir dizi zorunlu test uygulanmıştır. Testlerin sonucunda, bu teknik kullanılarak elde edilen beton kaldırım taşlarının, sıfır malzeme ile elde edilenlerden hiçbir farkının olmadığı ortaya çıkmıştır. Bu blokların içine atık uçucu küller, ocak kalıntısı küller, kömürün kükürdünü giderme işleminde açığa çıkan tortular, yakımı esnasında açığa çıkan kurumlar da eklenebilir (Poon 2002).

4.4.5.1.4 Yeni beton üretimi

Günümüzde, atık betonların yeni beton üretiminde kullanım olanağı konusunda birçok araştırma ve deney yapılmaktadır. Bu atıklılarından elde edilen agregalar yeni beton yapımında kullanılmak istendiğinde, öncelikle beton üretiminde kullanılan agregaların

özelliklerinin irdelenmesi ve beton üretimi için gerekli kıstaslara uyulması gerekmektedir. Çünkü betonun birçok önemli özelliği, betonun üretiminde kullanılan agreganın karakteristiklerine geniş ölçüde bağlıdır. Diğer bir deyişle beton özelliklerinin istenilen değerleri alabilmesi bu malzemenin üretiminde kullanılan agrega karakteristiklerinin şartlarını yerine getirmesi ile mümkündür. Beton agregası; beton veya harç yapımında çimento ve su karışımından oluşan bağlayıcı malzeme ile birlikte bir araya getirilen, organik olmayan doğal veya yapay malzemenin genellikle 100 mm' yi aşmayan (yapı betonlarında çoğu zaman 63 mm' yi geçmeyen) büyüklüklerdeki kırılmış veya kırılmamış tanelerin oluşturduğu bir yığındır. Agregaların beton içerisinde rolünün çok büyük olması sebebi ile betonda kullanılacak agregaların yapısı, granülometrisi (tane dağılımı), sertliği betonu direk olarak etkilemektedir (Usta, 2005).

Beton agregaları, harçtan en ekonomik şekilde yararlanılacak granülometriye sahip olmalı ve suyun etkisi altında yumuşayarak dağılmamalıdır. Çimento ile beklenen bir biçimde reaksiyona girmeli ve bu reaksiyonu engelleyecek veya yavaşlatacak yabancı maddeler içermemelidir. Agregası, kullanım yeri ve amacına göre; granülometrik dağılımı, tane şekli, tane dayanımı, aşınma direnci, dona dayanıklılığı ve zararlı maddeler bakımından TSE'nin belirlemiş olduğu ölçütlere uygun olmalıdır (Koroğlu, 2008).

Agregalarda aranan en önemli özellikler ise şunlardır: Sert, dayanıklı ve boşluksuz olmaları, zayıf taneler içermemeleri (deniz kabuğu, odun, kömür gibi), basınca ve aşınmaya mukavemetli olmaları, toz, toprak ve betona zarar verebilecek maddeler içermemeleri, yassı ve uzun taneler içermemeleri, çimentoyla zararlı reaksiyona girmemeleridir (Usta, 2005).

4.4.5.2 Plastik Malzeme

Plastikler, günümüzde bütün dünyada demir, ahşap, cam yerine alternatif malzeme olarak kullanılmakta ve her gün yeni uygulamalara imkan sağlamaktadır. Gerek ekonomiklik, gerekse kolay uygulanabilirlik plastiğin diğer maddelere göre tüketimini artırmakta ve plastik tüketiminin fazlalığı ülkelerin gelişmişliğinin bir göstergesi olarak

değerlendirilmektedir. Plastik malzemelerde yapılarda pek çok değişik şekillerde kullanılmaktadır. Plastik (Usta 2005);

- i. Beton işlerinde kullanılan PVC plastik dilatasyon malzemeleri
- ii. Polivinil Klorür (PVC) yer döşemeleri
- iii. Isı-ses yalıtım malzemeleri
- iv. Sert PVC kanalizasyon boru ve boru ekleme parçaları
- v. Kabuk ve plak elemanları
- vi. Profil elemanları
- vii. Koruyucu ince kaplamalar
- viii. Yapıştırıcı yalıtım ve katkı malzemeleri
- ix. Örtü ve dokuma elemanları olarak karşımıza çıkmaktadır (Usta 2005).

4.4.5.3 Cam Malzeme

Çok yönlü bir malzeme olan cam, şeffaflığı, şeklinin bozulmaması, koku ve tat vermemesi nedeniyle birçok yerde kullanılmaktadır. Cam sanayii, inşaat, otomotiv, meşrubat, gıda, beyaz eşya, mobilya, eczacılık, elektrik-elektronik vb. birçok sektöre girdi veren önemli bir sektördür. Cam endüstrisi camı; düz cam, cam ambalaj, cam ev eşyası, cam lifleri (cam yünü gibi), cam mozaik, emniyet camları, çift cam ve diğer camlar olarak üretmektedir (Yılmaz, 2006). En fazla yapılarda kullanılan cam, pencere, kapı, raf, cephe elemanı ve cam lifi olarak kullanılmaktadır.

4.4.5.4 Ahşap Malzeme

Ahşabın yapı malzemesi olarak kullanılmaya başlanması, beton ve çeliğe oranla çok eskidir. Önceleri, deneyime dayalı olan uygulama, mühendislik bilimlerindeki ilerlemelere paralel gelişen yapı tekniğiyle bilimsel olarak yapılanmaya başlamıştır. Daha sonra, ahşap yapıda kullanılan birleşim araçlarının da, aynı şekilde, modern teknolojiye göre araştırılıp yönetmeliklerde yer almaları ahşap yapının yaygınlaşmasına yardım etmiştir. Hafif olması, farklı iklim koşullarına dayanıklı olması, özel boyalarla artırılan yangın direnci, emprenye edilerek çürüme ve böcek tahribatına karşı korunması, yapı

söküldüğünde yeniden kurulabilmesi, onarım ve plan değişikliğinin kolay olması, enerji dostu ve depreme dayanıklı olması, çelik, beton, taş ve kerpiçle mükemmel bir uyum içerisinde kullanılabilmesi gibi özellikler ahşap malzemenin tüm ekolojik tasarım kriterleri ile uyduğuna göstermektedir (Bostancıoğlu ve Birer, 2004).

Orman ürünleri endüstri sektörü; faaliyet konularına göre ahşabı: kereste, yonga levha, lif levha, kaplama, kontrplak, mobilya ve kağıt ana başlıklarında büyük ölçekli sanayi kolları oluşmaktadır. İşlenmemiş halde yakacak odun dışında kullanım alanı sınırlıdır. Günümüzde 6000'den fazla kullanım alanı olması sebebiyle, malzeme olarak önemli bir yere sahiptir. Doğal ve organik bir yapı malzemesi olan ahşap, yapı üretiminde; geçit ve köprülerde, iskelelerde, temellerde (temel kazığı ve palplanş), binaların taşıyıcı sistem kurgusunda (kütük, çerçeve ve panel), büyük açıklıklı yapılarda, çatı, duvar, döşeme ve merdiven kaplamalarında, kapı ve pencere doğramalarında, kalıp ve iskelelerde, mobilya vb. ürünlerin üretiminde kullanılan bir yapı malzemesidir (Gavcar ve ark 1996).

4.4.5.5 Demir İçeren Metaller

Metalik demirin karbon, manganez, silisyum, fosfor, kükürt, ve diğer birçok elementle alaşım, bileşim ve karışımıyla oluşan çelik, demirin allotropik (kristal yapısının sıcaklığa bağlı olarak değişen) bir metal olması, ısıtma işlemi ve alaşımlama ile çok farklı özellikler kazanabilmesi sayesinde; standartlarda 2000'den fazla türüyle endüstriyel malzemeler içinde en mükemmeli ve yeniden kullanım özelliği en yüksek malzemedir. Dünya metal üretiminin yüzde 95'i demir olup demirin karbonla yaptığı alaşımlar, yani çelikler en yaygın kullanılan mühendislik malzemelerini oluşturmaktadır. Üretilen her 100 kg çeliğin 40 kg'ı yeniden kullanılan malzemedan üretilmektedir. Çelik çeşitlerinin bu denli çok olması, her biri başka özellikler isteyen yerlerde ve işlerde kullanılmasına olanak sağlamaktadır. Ucuzluğu, hammadde kaynaklarının genişliği, üretim teknolojisinin gelişmişliği, çeşitlerinin ve dolayısıyla kullanım alanlarının çok yaygın oluşu çeliği dünyada en çok üretilen ve tüketilen metal durumuna getirmiştir. 20. yüzyılın başında 28 milyon ton olan dünya çelik tüketimi bu yüzyılın sonunda 780 milyon tona ulaşmıştır (Kayır, 2001).

4.4.5.6 Demir İçermeyen Metaller

Yapısal atıkların içinde olabilecek başlıca demir içermeyen metaller alüminyum, bakır, kurşun ve çinkodur. Bunlardan en çok kullanılan ve en önemli olan alüminyumdur çünkü dünyada en fazla kullanılan demir dışı metaldir ve en fazla kaynakta ayrı toplanan ambalaj atığıdır. Alüminyum, inşaat sektöründe binaların çatı ve cephe kaplamalarında, kapı ve pencerelerinde, merdivenlerde, çatı iskeletinde, inşaat iskelelerinde ve sera yapımında büyük miktarda kullanılır. Alüminyumun sağlamlığı yanında sahip olduğu dekoratif görünüm, eloksal kaplama ile bir bakıma ölümsüzleşir. Gerek natürel veya renkli eloksal kaplama, gerek ise lake kaplama elektrostatik toz veya sıvı boyama ile alüminyum; mimar ve mühendislere inşaat sektöründe zengin seçenekler sunar. İnşaat sektöründe; alüminyum ekstrüzyon, yassı-ürünler ve döküm ürünleri kapı/pencere doğramaları, cephe/çatı kaplamaları ve aksesuarların yapımında kullanılmaktadır (Ulucak, 2008).

4.4.5.7 Tuğla Malzeme

Tuğla malzemelerin geri dönüşümü söz konusu olduğunda, beton malzemeye uygulandığı gibi daha çok mekanik yollarla ezme işlemleri yapılmaktadır. Tuğlalar, yıkım atıklarından harç ile kirlenmiş, alçı ile sıvanmış, beton ve ahşap gibi farklı malzemeler ile karıştırılmış olarak çıkabilmektedir. Kullanılabilir tuğlanın ayrılması genelde çok zahmetlidir ve elle tasnif yapmayı gerektirmektedir. Danimarka'da eski binalarda sadece yüzde 10–15 oranında yeniden kullanılabilirdiği belirtilmiştir. Bu tasnif ve temizleme işi yoğun emek ister ve maliyetli olur (Kristensen, 1994).

Tuğlaların yapıdan kirli olarak çıkarılıp temizlenerek kullanımları, onları ekonomik olarak sıfır tuğladan çok daha pahalı hale getirmektedir. Japonya, Kyoto' da 2004'de yapılan saha çalışmasında, parçalanmış tuğlalar yakılarak ince uçucu küllere çevrilmiştir. Son yıllarda, Hong Kong'da tuğlalar genelde dolgu malzemelerinin içine katılmaktadır. Parçalanmış tuğlalar yaygın olarak yol kenarlarında dolgu malzemesi ve peyzajda süs olarak kullanılmaktadır (Tam and Tam, 2006).

4.4.5.8 Taş Malzeme

Ülkemiz, mermer başta olmak üzere bazı doğal taşlar bakımından oldukça zengin durumdadır. Doğal taşların dışında, bazı minerallerin, dayanıklılığı, estetiği arttırmak amacıyla farklı oranlarda bir araya getirilmesiyle oluşturulan yapaya taşlar da günümüz inşaat sektöründe oldukça rağbet görmektedir. Türkiye’de önemli ölçüde çıkarılan ve işlenen mermerin gerek üretimi sürecinde gerekse işleme tesislerinde işlenmesi sürecinde açığa çıkan değişik boyutlu parça mermer atıkları, belirli bir boyuta kırıldıktan sonra farklı kullanım alanları bulabilmektedir. Bunlar beton ve asfalt karışımlarda agrega, yol zemini ve baraj inşaatlarında dolgu malzemesi, suni mermer plağı, karosiman ve bir mermer süsleme sanatı olarak antik taş yapımında kullanılmasıdır. (Little and Epps 2001).

4.5 BİTÜMLÜ KARIŞIMLARIN GERİ DÖNÜŞÜMÜ

Asfalt kaplamaların geri dönüşümünde, kullanılmış kaplamalardan edinilen malzemeler, bir takım yeni malzemelerle karıştırılmaktadırlar. Geri kazanılmış olan bu karışımlar; eski malzemelerin geldiği yol tabanlarına yerleştirilebilmesinin yanında, bitümlü sıcak karışımlara gerek duyulan başka yerlerde de kullanılabilirler. (Öztürk 2005-a).

Asfalt çeşitleri arasında bulunan sathi kaplamanın kullanımından sonra sökülerek geri kazanılması mümkün olmamaktadır. Bu nedenle asfaltın geri kazanımına dair öngörüler, kullanıldığı yerden geri kazanılabilmesi şeklinde sökülümü mümkün olabilen bitümlü sıcak karışıma dair veriler üzerinden yapılmaktadır (Öztürk 2005-a).

Asfaltla ilgili sayısal verilere bakıldığında Tablo 4.3, 4.4 ve 4.5’ün incelenmesi mümkün olabilmektedir.

Tablo 4.3: Türkiye’de asfalt uygulamaları ve bitüm tüketimi

Yol Tipi	Yıl	Bitümlü sıcak karışım (Milyon ton)	Sathi kaplama (km ²)	Soğuk bitümlü karışım (x 1000 ton)	Bitüm tüketimi (x 1000 ton)
Karayolları	2008	10,2	175	2.904	916
	2009	14,9	180	962	1.140
	2010	22,1	200	1.643	1.590
	2011	29,4	172,2	512	1.625
	2012	22,5	168,5	960	1.420
Şehir içi yollar	2008	16,3	21	297	880
	2009	7,9	9	26	534
	2010	13,0	11	210	0,553
	2011	13,6	5,6	22	673
	2012	15,6	10,6	163	611
Köy yolları	2008	0,07	71	344	218
	2009	0,3	40	415	117
	2010	0,2	86	515	0,227
	2011	0,46	99,4	486	292
	2012	0,27	79,6	696	140
Toplam	2008	26,6	267	3.545	2.014
	2009	23,1	229	1.403	1.791
	2010	35,3	297	2.369	2.370
	2011	43,5	277	1.020	2.590
	2012	38,3	294,9	1.819	2.809

Kaynak: <http://www.asmud.org.tr/asfalt.php?sayfa=25> [Erişim tarihi:14.11.2013]

Tablo 4.4: Türkiye’ de sathi tipine göre karayolu uzunlukları

Yol Tipi	Uzunluğu (km)			
	Bitümlü Sıcak Karışım	Sathi Kaplama	Diğer	Toplam
Devlet yolu	11.240	19.631	504	31.375
İl yolu	1.910	26.831	3.139	31.880
Otoyol	2.127	-	-	2.127
Toplam	15.277	46.462	3.643	65.382

Kaynak: <http://www.asmud.org.tr/asfalt.php?sayfa=25> [Erişim tarihi:14.11.2013]

Tablo 4.5: Asfalt plantleri dağılımı – 2013

Kapasite Ton/Saat	Köy Hizmetleri	Belediye	K.G.M.	Askeriye	ASMÜD Üyeleri	Diğer Firmalar	Toplam
$x \geq 240$		7		6	50	116	173
$240 > x \geq 160$	5	22		-	89	149	265
$160 > x \geq 100$	3	22	13	-	13	52	109
$x < 100$	55	93	111		6	14	279
Toplam	63	144	124	6	158	331	826

Kaynak: <http://www.asmud.org.tr/asfalt.php?sayfa=25> [Erişim tarihi:14.11.2013]

Asfaltın sökülmüş kısmının dışında kalan diğer hafriyat toprağı, yıkıntı atıkları toplanarak depolama alanlarına taşınmakta ve başka amaçlar için kullanımı sağlanmakta, kısıtlı oranlarda da olsa geri kazanımları mümkün olabilmektedir. Örnek olarak; beton atıkları çeşitli amaçlarla (dolgu v.b.) değerlendirilmektedir fakat yeni beton yapımında kullanılmak üzere geri kazanılması aynı derecede kolay olmamaktadır. Oysa sökülen asfalt, aksine yeni asfalt yapımında geri kazanılmaya çok daha uygun durumdadır. Amerika Birleşik Devletlerindeki uygulamaların etkinliğinden de anlaşılacağı üzere asfalt atığının uygun işlemlerle geri kazanılması ve yeni asfalt yapımında kullanılması ile önemli bir ekonomik değerin yaratılması mümkün olabilmektedir. Çizelgedeki üretim miktarlarına bakıldığında aşağıdaki öngörülere varılmaktadır (Öztürk 2005-a).

- a. Bütün bu hammadde tüketimlerinin azalması ile bunların üretimleri sırasında oluşan entegre kirlilik aynı oranda azalacaktır
- b. Asfalt üretim maliyetleri düşecek, dolayısıyla aynı miktarda hammadde ve diğer kaynaklar tüketilerek daha fazla asfalt yol yapılacaktır (Öztürk 2005-a).

4.5.1 Dünyadaki Genel Durum

Avrupa ülkelerinde özellikle Almanya ve Fransa ile Amerika Birleşik Devletleri'nde geri kazanılmış asfalt kaplama karışım teknikleri yaygın şekilde kullanılmaktadır. Asfalt kaplamaların kazılmasıyla elde edilen geri kazanım malzemelerinin yeni yapılacak kaplama tabakasındaki kullanım oranları günümüzde geliştirilen teknik ve uygulama yöntemleri sayesinde yüzde 80'e varan oranlarda yapılabilmektedir (İsfalt 2009).

Geri dönüşüm, yeni agrega kullanımındaki sarmal maliyeti ve ham malzeme bulmadaki zorluğu ortaya çıkararak RAP kullanımını önermektedir. Aynı zamanda RAP kullanımı, atık malzeme artışıyla birlikte ortaya çıkan yüksek maliyetleri azaltmanın yanında, çevresel sorunlar yaratan atıkları da engellemektedir. Yükleniciler ve müşteriler RAP kullanmakla, yapı maliyetlerini azaltmalarının yanında sürdürülebilirlik için gerekli "yeşil" tasarrufu da yapmaktadırlar (İsfalt 2009).

4.5.2 Amerika'da Geri Dönüşüm Uygulamaları

Geri dönüştürme işleminin ilk uygulandığı yer Florida'dır. Karayollarında geri dönüşümlü asfalt kaplama kullanmanın faydalarının bilincindeki Florida Ulaşım Departmanı (FDOT) malzeme maliyetinden elde edilen tasarrufun daha çok yol yapımına olanak sağladığını fark etmiştir. 1977 yılında ilk kez Florida West Palm Beach'te uygulanan geri dönüşümlü asfalt kaplama uygulama projesinde, yüzde 25 RAP içeren bir ağırlıklı tip plentten üretilen 25.000 ton sıcak asfalt karışımı kullanılmıştır. 1978 yılında ise Panama City'de yeni yol yüzeyi oluşturulması için yapılan başka bir projede modifiye edilmiş bir ağırlıklı tip plentten yüzde 30 RAP içeren karışım kullanılmıştır. Sonrasında 1979 yılında, Ocala'da yeni bir deneme yapılmış sürekli tip plentte üretilen yüksek RAP içerikli 31.500 ton malzeme kullanılmıştır (Kaya 2011).

Yapılan denemelerin sonucunda, RAP içeren güncel karışımların geleneksel karışımlardan daha iyi olduğu sonucuna varılmıştır. Günümüzde de aşınma tabakasında yüzde 15'e kadar RAP kullanımına izin verilmektedir. 2008 yılından sonra bitüm maliyetlerindeki (petrol fiyatının artması nedeniyle) artışların Amerika Ulusal Karayolları FHWA araştırmacılarına göre, RAP kullanımında tekrar artışa neden olabileceği vurgulanmaktadır (Kaya 2011).

Geri dönüşümle ilgili literatürde, A.B.D ve Avrupa ülkelerinin haricinde çeşitli uygulamalara rastlayabileceğimiz bir diğer ülke olan Rusya'nın St Petersburg kentine yakın Pulkovo Havaalanında, Recycle of Materials (ROM) firması, asfalt geri dönüşüm yöntemini kullanmıştır. ROM, geri dönüşüm yönteminin sağladığı maddi ve çevresel kazançlardan yararlanan ilk Rus firması olarak bilinmektedir. İlk yıllarda şirket başarılı olmakta zorlanmış olmasına rağmen geri dönüşüm ülkede yerleşip yayıldıktan sonra ikincil malzemeler değer kazanmıştır ve firma büyüyerek havaalanı sektörüne de girmiştir. 2000 yılında Moskova Domodedovo Havaalanında ilk asfalt kaplama geri dönüşüm malzemesi kullanılmış ve yaygınlaştırılmıştır (Kaya 2011).

4.5.3 Avrupa'da Geri Dönüşüm Uygulamaları

Geri dönüşüm uygulamasının ilk zamanlarından bu yana geçen 30 yılı aşkın sürenin sonucunda elde edilen deneyim birikiminin yanında geri dönüşümlü asfalt kaplama (RAP) uygulamalarının kalite açısından yeni üretilen standart karışımlarla aynı performansı gösterdiği görülmüştür. Bu da Avrupa Birliği'nin konuya geçmişe oranla daha ciddi yaklaşımlarına neden olmuştur (Kaya 2011).

Geri dönüşümden elde edilen sonuçların ilk defa üretime girmiş malzemelerle yapılan karışım sonuçlarıyla dayanım ve kalite açısından farklılık göstermemesi gibi konularda artı değerler katması sebebiyle son yıllarda Avrupa Birliği kapsamında da bu konuda girişimler yapılmıştır. Bunun yanında Hollanda'da da konuyla ilgili güzel bir örnek yapılmıştır. 1970'lerden günümüze geri dönüşüm uygulamalarını takip eden ve aktif rol oynayan Hollanda'da asfalt plentlerinin yüzde 95' inden fazlası sıcak geri dönüşüme uyumlu hale getirilmiş ve geri dönüşümlü asfalt kaplama (RAP) 'ın karışıma girme oranı yapılan modifikasyonlarla minimum yüzde 50' lere çıkarılmıştır (European Asphalt Pavement Association 2008).

4.6 BİTÜMLÜ KARIŞIMLARIN GERİ DÖNÜŞÜM YÖNTEMLERİ

Geri dönüşüm yöntemleri yolda geri dönüşüm ve plentte geri dönüşüm olmak üzere iki farklı şekilde uygulanmakla birlikte, asfalt geri dönüşüm ve rehabilitasyon birliği (ARRA) beş farklı geri dönüşüm tekniği tanımlamaktadır. Bunlar; Soğuk Düzeltme (Cold Planing), Sıcak Geri Dönüşüm (Hot Recycling), Sıcak Yerinde Geri Dönüşüm (Hot In-Place Recycling), Soğuk Geri Dönüşüm (Cold Recycling), Tam Derinlikli Geri Dönüşüm (Full Depth Reclamation) olmak üzere adlandırılmaktadır (ARRA 2001).

Kaplamanın iyileştirilmesi sırasında ısı kullanılıp kullanılmamasına göre, sıcak geri dönüşüm ve soğuk geri dönüşüm olarak da iki ana başlıktan söz edilebilmektedir. Bunlar da kendi içlerinde plentte ve yerinde olmak üzere iki türde uygulanabilmektedir. Eski kaplamanın sökülerek inşaat sahasından uzak merkezi bir plentte iyileştirilmesine plentte geri dönüşüm, uygun koşullarda kaplamanın yerinde iyileştirilmesine ise yerinde geri

dönüşüm adı verilmektedir. Kaldırılan kaplamanın derinliğine bağlı olarak; yüzeysel geri dönüşüm ve tam derinlikli geri dönüşüm olmak üzere iki ana başlık daha bulunmaktadır. Bu sınıflandırmalar Şekil 4.3'te daha açık bir biçimde görülebilmektedir (Aravind, K. & Das, A. 2007).

Şekil 4.3: Geri dönüşüm yöntemlerinin sınıflandırılması

GERİ DÖNÜŞÜM YÖNTEMLERİ	Soğuk Düzeltme	
	Sıcak Geri Dönüşüm	
	Sıcak Yerinde Geri Dönüşüm	
	Soğuk Geri Dönüşüm	Soğuk Yerinde Geri Dönüşüm
		Soğuk Plentte Geri Dönüşüm
	Tam Derinlikli Geri Dönüşüm	

Kaynak: ARRA 2001.

4.6.1 Soğuk Düzeltme (Cold Planing)

Soğuk düzeltme; mevcut kaplamanın istenilen derinlik, boy kesit ve enine eğimde kontrollü olarak olduğu yerden kaldırılması işlemine verilen addır. Ayrıca soğuk düzeltme, yolun pürüzlülüğünü ve sürtünmesini artırmak yolun kayganlığını azaltmak amacıyla da kullanılabilir (Ilıcalı ve diğ. 2001).

Soğuk düzeltme (CP) işleminin avantajları; sürüş konforunu çok olumsuz etkileyen tekerlek izleri veya bozulmuş kaplama yüzeylerinin kaldırılması, boyuna profil ve enine eğimlerin istenildiği gibi düzenlenmesi, yolun yüzeysel drenajının yeniden modellenmesi, sürtünmenin artırılması, yeniden yapım yöntemlerine göre daha az enerji tüketimi, kamuyu daha az rahatsız edip daha verimli çalışma şeklinde ifade edilebilmektedir (Ilıcalı ve diğ. 2001).

4.6.2 Sıcak Geri Dönüşüm

Sıcak geri dönüşüm sırasında geri dönüştürülecek asfalt kaplama malzemesi ısı transferi yöntemiyle yumuşatılmakta ve sıcak karışımın diğer elemanları olan yeni agrega ve bitümle karışıma girmektedir. Mevcut kaplamadan kazınan ve daha sonra kullanılmak üzere depolanan malzeme, ağırlıklı tip ya da sürekli tip sıcak asfalt plantinde işlem görmektedir (Ilıcalı ve diğ. 2001).

4.6.3 Sıcak Yerinde Geri Dönüşüm

Yerinde sıcak geri dönüşüm (HIR) uygulamasının önemli bir özelliği geri dönüştürülmek üzere kazılan asfalt kaplamanın tamamının işleme girmesidir. Sıcak yerinde geri dönüşüm yöntemi; Yüzeysel Geri Dönüşüm (Surface Recycling), Yeniden Karıştırma (Remixing), Yeniden Kaplama (Repaving) Yüzeysel Geri Dönüşüm olmak üzere üç bölümde incelenebilmektedir (ARRA 2001).

4.6.4 Soğuk Geri Dönüşüm

Soğuk Geri Dönüşüm (Cold Recycling) uygulamaları ısıl uygulama yapılmadan gerçekleştirilmektedir. Soğuk geri dönüşüm uygulamaları da Soğuk Yerinde Geri Dönüşüm (Cold In-Place Recycling) ve Soğuk Plantte Geri Dönüşüm (Cold Central Plant Recycling) olmak üzere iki şekilde yapılmaktadır (ARRA 2001).

4.6.4.1 Yerinde soğuk dönüşüm

Bu yöntemde, bağlayıcı olarak bitüm, çimento veya kireç kullanılmakta olduğundan ısı gerektirmemektedir. Eski kaplama tabakasının, buldozer, greyder, vibratörlü sıkıştırıcı veya silindirler yardımıyla parçalanarak, temel veya alt temel tabakası ile beraber işlenmesi sonucu yeni bir temel tabakası oluşturulmaktadır. Yerinde karıştırma işlemi; greyderle karıştırma, döner karıştırma ve mobil plant karıştırması olmak üzere üç farklı şekilde yapılmaktadır (ARRA 2001).

4.6.4.2 Plentte soğuk dönüşüm

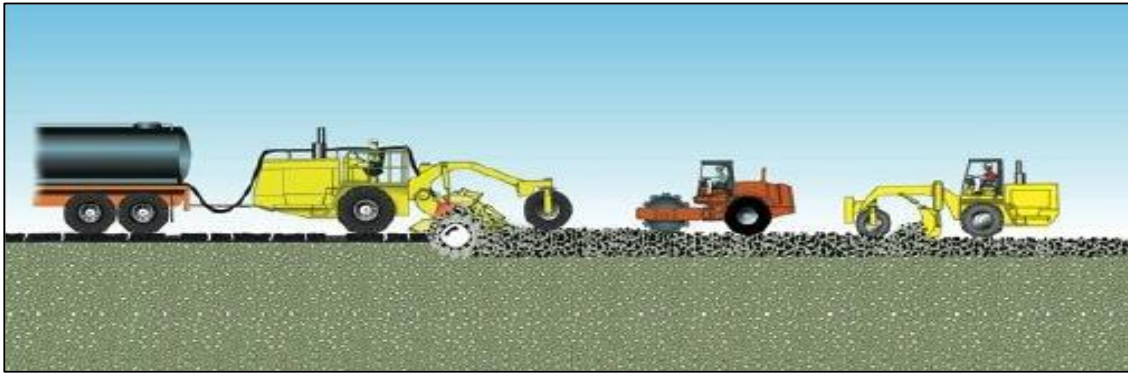
Plentte soğuk geri dönüşüm uygulaması, asfalt kaplamanın geri dönüşümünün yapıldığı sabit soğuk karışım plentlerinde yapılmaktadır. Elde edilen karışım, üretimin hemen sonrasında yol yapımında kullanılabilmesinin yanında, bakım işleri ve yama yapılması gibi durumlarda kullanılmak üzere stoklanabilmektedir (ARRA 2001).

4.6.5 Tam Derinlikli Geri Dönüşüm

Uygulamalarda genellikle öğütme ve rutubetlendirme işleminden, bitmiş yol yüzeyinin sıkıştırılması işlemine kadar sekiz ana aşama bulunmaktadır (ARRA 2001).

Tam derinlikli geri dönüşüm (FDR), yol makinesi tarafından yolun mevcut bitümlü tabakalarının öğütülerek ufalanması ve belirli oranda temel veya alt temel malzemesi ile karıştırılması ile başlamaktadır. Geri dönüştürücü (reclaimer), kırma makinesi değilse ve kaplamayı orijinal agregadan daha küçük boyutlara indiremiyorsa geride homojen ve iyi derecelenmiş bir malzeme bırakabilmektedir. Bunlar; Şekil 4.4 ve 4.5'te daha açıklamalı bir şekilde görülebilmektedir (ARRA 2001).

Şekil 4.4: Tam derinlikli geri dönüşümde ufalama ve rutubetlendirme

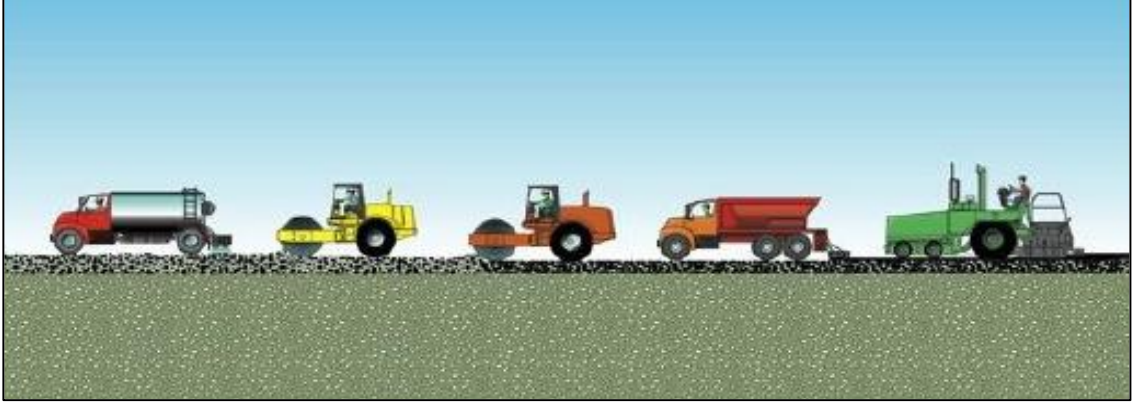


Kaynak: Rebuilding by Reclaiming, 2001.

İslah edilmiş malzemenin, greyderle şekillendirilmeden önce kalıcı bir malzeme yoğunluğuna ulaşabilmesi için son geri dönüştürücü geçişinden sonra zemin boşluklarını

en aza indirecek şekilde tek tamburlu keçi ayak silindir veya 25 tonluk lastik tekerlekli silindir yardımıyla sıkıştırmasının yapılması gerekmektedir (Ed Kearney P. E. 2008).

Şekil 4.5: Tam derinlikli geri dönüşümde kırma sıkıştırma ve şekillendirme



Kaynak: Rebuilding by Reclaiming, 2001.

Kaplama bozulma türlerine göre uygulanabilen geri dönüşüm yöntemleri Tablo 4.6'da ayrıntılı bir şekilde verilmiştir.

Tablo 4.6: Kaplama bozulma türlerine göre geri dönüşüm yöntemi seçimi

Kaplama Bozulma Tipi	Soğuk Düzeltme	Sıcak Geri Dönüşüm	Sıcak Yerinde Geri Dönüşüm	Soğuk Yerinde Geri Dönüşüm	Tam Derinlikli Geri Dönüşüm
Yüzey Kusurları - Sökülme - Cilalanma	x x	x x	x x		
Kalıcı Deformasyon - Tekerlek izi-Sığ - Tekerlek izi-Derin	x	x x	x	x	x
Trafikten Kaynaklanan Çatlaklar - Timsah Sırtı - Boyuna Çatlaklar - Kaplama Kenarı Çatlakları - Yansıma Çatlakları		x x x x	x x	x x x	x x x
Trafikten Kaynaklanmayan Çatlaklar - Blok Tipi Çatlaklar - Boyuna Çatlakları - Enine Çatlakları		x x x	x	x x	x x
Yamalar - Yüzeysel Yamalar - Derin Yamalar - Problemler - Temel/Alttemel		x x			x x x
Seyahat Konforu/Pürüzlülük - Genel olarak Pürüzlü - Çukur	x x	x x	x x		x

Kaynak: Kök ve diğerleri, 2011.

4.7 BITÜMLÜ KARIŞIMLARIN GERİ DÖNÜŞÜM TESİSLERİ

Bitümlü malzemelerin geri kazanımı iki sınıfa ayrılır. Bunlar, yerinde (arazide) geri kazanım ve arazi dışında (asfalt plantlerinde) geri kazanımdır (Kök ve diğerleri 2011).

Atık asfaltın yerinde geri dönüştürülerek atık nakliye masraflarının ortadan kaldırılması şeklinde işleyen bir sistemdir. Atık asfalt geri dönüştürüldüğü için yeni hammadde kullanım miktarını düşürmektedir. Mobil geri dönüşüm Asfalt Geri Dönüşüm Makineleri ile asfalt atıkları geri dönüştürülerek karayollarına uygulanabilmektedir. Geri dönüşüm

sistemi; sabit geri dönüşüm tesisi, taşınabilir sistem ve kazınmış asfaltın mevcut üretim sürecine girmesi olmak üzere üç farklı şekilde gerçekleştirilmektedir (Kök ve diğerleri 2011).

Geri dönüşümde, kazınmış asfaltın geri dönüştürülerek yeniden yollara uygulanması sürecini kısaltan mobil sistem, şu zamanlarda da Türkiye'nin birçok noktasında uygulanmaktadır. Bu sistem, ünite başına saatte 10 tona kadar atık asfaltı geri dönüştürebilmektedir (Kök ve diğerleri 2011).

Şekil 4.6: Asfalt betonu kazıma ve sisteme yükleme



Kaynak: <http://www.makinatorkiye.com>

Şekil 4.7: Yerinde geri dönüşüm



Kaynak: <http://www.makinatorkiye.com>

Şekil 4.8: Sabit geri dönüşüm sistemi



Kaynak: İsfalt 2009.

Şekil 4.9: Taşınabilir sistem



Kaynak: <http://www.makinatorkiye.com>

Yukarıdaki şekillerde görüldüğü gibi, bozulmuş asfaltın sökülerek mobil araçlarla kazı işleminin yapıldığı alanda geri dönüşümü şeklinde gerçekleşen sistem yerinde geri dönüşüm olarak adlandırılmaktadır. Geri dönüşüm ve kazıma işlemi maliyetli olduğu için kullanılacak araçların seçimi oldukça önemlidir. Ülkemizde yaygın olarak kullanılan Wirtgen marka kazıma araçlarıdır. Bu araçların teknik özellikleri ve çeşitleri modellere göre farklılık göstermektedir (İsfalt 2009).

4.7.1 Asfalt Plentlerinde Geri Dönüşüm

Mevcut kaplamadan çıkarılan malzemenin daha sonra kullanılmak üzere depolanması ya da sıcak bir karışım plentinde işleme alınması şeklinde yapılmaktadır. Ağırlıklı ve sürekli tip plentler bu uygulamalar için kullanılabilir. Geri kazanılan malzeme çevreye zararlı emisyon yaymadan ısıtılabilir (İsfalt 2009).

Ağırlıklı plent tiplerinde geri kazanım, yeni agregaların yüksek derecelerde ısıtılması ve ardından kurutucudan geçirilerek ya da mikserle eklenerek kullanılmasıyla yapılmaktadır. Bu şekilde, emisyon problemi ortadan kaldırılmaktadır fakat diğer yandan agreganın ısıtılması uzun sürdüğü için plentten maksimum üretim elde edilememektedir. Ağırlıklı tip plentlerin kullanımından doğan zararlardan biri de, yüksek ısıtma maliyeti ve imalat sıcaklıklarından dolayı toz kolektörleri ile karıştırıcıdaki yıpranma ve aşınmanın hızlanmasıdır. Sürekli tip plentlerde geri kazanım işlemi, kazanılan malzemenin mikserle eklenmesiyle yapılmaktadır. Plentin kullanıldığı ilk denemelerde çevreye zararlı dumanlar çıkmıştır. Yüksek sıcaklıkta bitüm buharlaştığı için bu şekilde bir duman oluşmaktadır. Bitüm 450°C civarında buharlaşmaktadır, mikserin içindeki gaz sıcaklığı 2000°C' ye ulaşabileceği için geri kazanılan malzemenin ilavesi kontrol edilerek yapılmalıdır (İsfalt 2009).

4.7.1.1 Ağırlıklı Tip Asfalt Plentlerinde Geri Dönüşüm

Ağırlıklı tip asfalt plentlerinde, geri dönüşüm metotları, kondüktif ısı transferine dayanmaktadır. Kondüktif ısı transferi, aşırı sıcak malzemeyle soğuk malzemenin karışımı ile elde edilmektedir. Konvektif ısı transferi ise soğuk agregayla sıcak gazların karşılaştırılması ile sağlanmaktadır (İsfalt 2009).

Ağırlıklı tip plentlerde, geri dönüşüm metotlarına bağlı olmaksızın, aşırı sıcak agrega dönüştürülmüş, soğuk, nemli karışımı ısıtmak için kullanılmaktadır. Geri dönüşüm tesis teknikleri arasında en çok kullanılanlar aşağıda açıklanmıştır (İsfalt 2009).

4.7.1.1.1 Tartım kovası geri dönüşüm tekniği

Bu teknikte soğuk, nemli, kullanılmış karışım, ek malzeme olarak tartıldığı, üretim kulesindeki tartım kovasına ilave edilmektedir. Burada kullanılmış karışım, geri dönüşüm haznesinden elevatör yardımıyla tartım kutusuna ilave edilmektedir. Konveyör ve elevatörün ani çalıştırılma ve durdurulmaya uygun motorlara sahip olmaları gerekmektedir (İsfalt 2009).

Kullanılmış olan malzeme, tartım kovasında ısıtılmış agrega ile karıştırılmaktadır. Kondüktif ısı transferi de burada başlayarak mikserde devam etmektedir. Isı transferi yapılırken kullanılan malzemeden yüksek miktarda buhar çıkışı olmaktadır. Buharın ve beraberinde çıkan ince malzemenin sızıntı olmadan emisyon kontrol sistemine yönlendirilmesi için, mikserin ve tartım kovasının izolasyonunun çok iyi bir şekilde yapılması gerekmektedir (İsfalt 2009).

4.7.1.1.2 Kullanılmış malzeme geri dönüşüm tekniği

Bu teknikte, kullanılmış olan malzeme ayrı bir tartım kovası ile mikserde boşaltılmaktadır. Son yıllarda popülerlik kazanmış olan bu metodun birçok avantajı vardır (Kaya 2011):

- i. Agrega ve bitüm karışım için hazırlanırken, kullanılmış malzeme de ayrı bir kovada tartıldığından harman hazırlama süresini kısaltmaktadır.
- ii. Isı transferi ve buharlaşma, tartım kovası tekniğinde olduğu gibi gerçekleşmektedir.
- iii. Kullanılmış malzemeyle yapılan uzun süreli üretimlerde, harman hazırlama süresi kısaldığından kapasite artmaktadır.
- iv. Tartım işlemi ayrı bir kovada, buhar çıkışından etkilenmeden yapıldığından daha doğru olmaktadır (Kaya 2011).

4.7.1.1.3 Sepetli elevatör tekniği

Sepetli elevatör tekniği son zamanlarda kabul gören bir diğer tekniktir. Basitliği ve buhar çıkışının üretim kulesi içinde olmasını engellemesi sebebiyle tercih edilmektedir.

Bu metotta; soğuk, nemli malzeme, aşırı sıcak agrega ile agreganın kurutucudan çıkıp, sepetli elevatöre yüklendiği yerde karşılaşmaktadır. Kondüktif ısı transferi sonucu oluşan buharlaşma, agrega ve kullanılmış karışım, üretim kulesine giderken elevatör sepetlerinde gerçekleşmektedir. Gerçekleşen buharlaşma, bir boru sistemi ile emisyon kontrol sistemine çekilerek yapılmaktadır. Kullanıma hazır hale gelen karışım sürekli olarak agrega ile karıştırılacağı için, hem agrega hem de malzeme besleme konveyörlerinde tartılı bant sisteminin bulunması gerekmektedir (Kaya 2011).

4.7.1.1.4 Kullanılmış karışımın kurutucuya eklenmesi

Sepetli elevatör tekniği ile aynı sayılabilen bir yaklaşım olarak bilinmektedir. Fakat burada ek olarak, kullanılmış malzeme, kurutucunun yanma bölgesine boşaltılmakta ve ısı transferi bu bölgede başlamaktadır. Buhar, kurutucu içinde açığa çıkarak aşırı sıcak agrega ile kullanılmış karışım kurutucu içinde karıştırılmakta ve elevatöre yüklenmektedir. Karışım, ısı transferi nedeniyle kurutucu içinde daha uzun süre kaldığından yüzde 25-yüzde 35 civarı kullanılmış malzeme kullanılabilir ve işlemin devamı, sepetli elevatör tekniği ile aynı şekilde ilerler (Kaya 2011).

4.7.1.2 Sürekli Tip Plentlerde Geri Dönüşüm

Sürekli tip plentlerde, kullanılmış bitümlü sıcak karışımın geri dönüştürülmesi metodu, ağırlıklı tip plentten çok daha farklıdır. Burada kullanılmış malzeme, herhangi bir ek işleme tabi tutulmadan, sıcak agrega ve bitümlü karışım için mikserle boşaltılmaktadır. Karışım, sıcak agrega ile karşılaştığında, karışım içindeki buhar dışarıya çıkmaktadır. Çıkan buhar miktarı, karışım içindeki nem miktarına; geri dönüştürülmüş karışımın kalitesi, kullanılan malzemelerin kalitesine ve uygulanan metoda bağlıdır (Kaya 2011).

Kaplama ünitesine sahip bir paralel akımlı kurutucu, kullanılmış malzemeyi paralel akımlı mikserle aynı şekilde almakta ve karşıt akımlı bir kurutucuda malzeme, kaplama ünitesinin girişine boşaltılmaktadır. Çift kademeli tamburlarda ise malzeme, dış tamburun brülöre en yakın kısmından alınmaktadır. Kullanılmış karışım, dış tambura bağlayıcıdan

önce verilmekte ve bu şekilde malzemenin ısıtılmış agregadan ve iç tamburdan yeterince ısı alması sağlanmaktadır. Üç kademeli tamburda, malzeme, üstteki bir ağızdan birinci ve ikinci bölge arasına boşaltılmaktadır. Sonrasında, ısıtılmış agrega ile karıştırılarak, ikinci bölgeden geçmekte ve üçüncü bölgede bağlayıcı eklenmektedir. Çift tamburlu plantlerde, kullanılmış malzeme, tamburlu mikserde boşaltılmaktadır. Tamburlu mikserde ise agreganın girdiği ve bitümün ilave edildiği giriş kısmına boşaltılarak kullanılmaktadır (Kaya 2011).

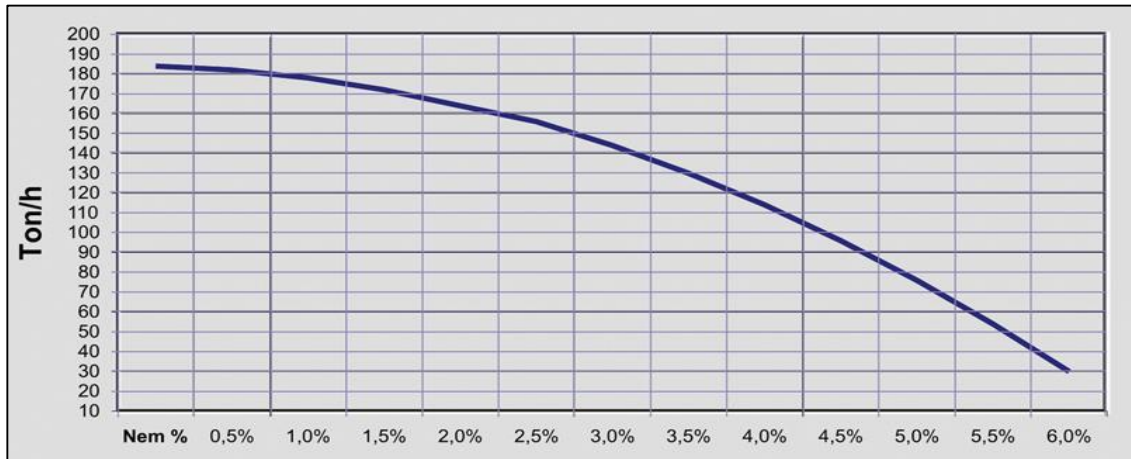
4.7.2 Asfalt Geri Dönüşüm Plantlerinde Ratech Teknolojisi

Bu teknolojiye, asfalt plantinden bağımsız olarak; Rap (Recycled Asphalt Pavement) + ilave agrega + ilave bitüm + anti aging alınarak kendi mikserlerinde karışım yapılmakta ve bitümlü temel için yüzde 100 asfalt üretimi sağlanabilmektedir (Kaya 2011).

Asfalt Plenti ile birlikte;

- i. yüzde 70'e kadar RAP malzemesi kullanmak suretiyle binder tabakası
- ii. yüzde 50'ye kadar RAP malzemesi kullanmak suretiyle aşınma tabakası

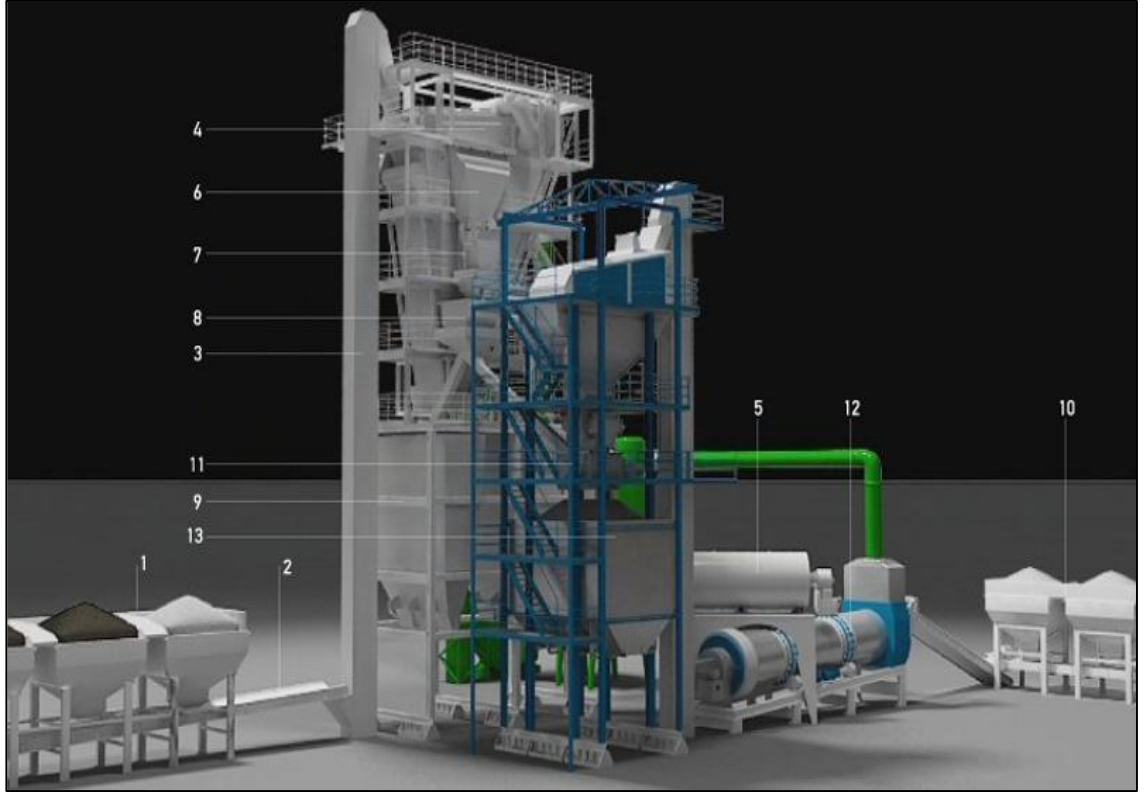
Şekil 4.10: Ratech kapasite değişim tablosu (Nem oranına göre)



Kaynak: <http://www.e-mak.com/tr>

Şekil 4.10 ve 4.11'de ratech bitümlü karışımların kapasite değişimi ve geri dönüşüm planti incelenebilmektedir. Şekil 4.12'de ise RAP malzemesinin düşük sıcaklıklarda ısıtılma anı görülmektedir.

Şekil 4.11: Ratech bitümlü karışım geri dönüşüm plenti

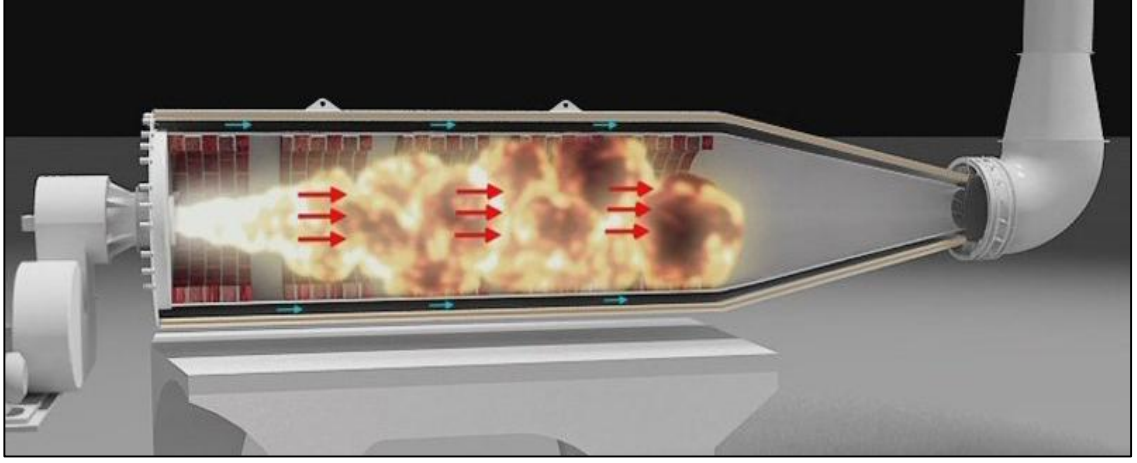


Kaynak: <http://www.e-mak.com/tr>

Şekil 4.10'daki numaralar aşağıdaki sırayla plent bölümlerini göstermektedir.

- i. Ratech Soğuk Agregası ve RAP Siloları
- ii. Besleme Konveyörü
- iii. Dik Elevatör
- iv. Paletli Üçgen Kurutucu
- v. Sıcak Hava Jeneratörü
- vi. Sıcak RAP Deposu
- vii. RAP Kantarı
- viii. RATEch Mikseri
- ix. RATEch Hazır Asfalt Bunkeri
- x. Asfalt Plenti Soğuk Agregası Siloları
- xi. Asfalt Plenti Mikseri
- xii. Asfalt Plenti Kurutucusu
- xiii. Asfalt Plenti Hazır Asfalt Bunkeri

Şekil 4.12: RAP malzemesinin düşük sıcaklıklarda ısıtılması



Kaynak: <http://www.e-mak.com/tr>

Geri dönüşümde kullanılan yöntemlere ek olarak, bu yöntemlerin uygulanması sırasında veya öncesinde karışıma ya da mevcut kaplamaya çeşitli katkı maddelerinin eklenmesi bitümlü karışımların geri dönüşümüne yardımcı olabilmektedir. Bu katkı maddeleri; köpük asfalt, atık mermer, uçucu kül, fosfojips ve cam tozu olarak bilinmektedir (Kök 2011).

Köpük Asfalt: Soğuk ve tam derinlikli geri dönüşüm yöntemlerinde kullanılan köpük asfalt yöntemiyle ömrünü tamamlamış üstyapı malzemelerinden düşük maliyetle faydalanabilmek amaçlanmaktadır. Bu yöntem, trafiğin fazla olduğu yollarda temel tabakasının elde edilmesi amacıyla, düşük trafik hacimli yollarda ise kaplama tabakası olarak kullanılabilir (Kök 2011).

Atık Mermer: Atık mermer parçaları ve tozunun, asfalt kaplamalarda iki şekilde kullanılması mümkündür. Birincisi sürtünme tabakası ve binder tabakalarında agrega olarak, diğeri ise bağlayıcı katkı malzemesi veya ince malzeme olarak kullanılmaktadır (Kök 2011).

- a. *Asfalt karışımında agrega olarak kullanımı:* Atık mermer parçalarının asfalt yol kaplamalarında agrega olarak kullanımı bu malzemelerin değerlendirilmesi için en uygun yollardan biri olarak bilinmektedir. Dikkat edilmesi gereken en önemli konu, kullanılan mineralin sürtünmeye karşı olan direncinin tespit edilmesi, önemli

olduğu bölgelerde kullanılacak malzemenin PSV (cilalanma direnci) değerinin 45'den yüksek olmasının sağlanmasıdır.

- b. *Bitümün katkı maddesi olarak kullanımı:* Bitümlü karışımların geri dönüşümünde mermer atıklarının kullanılması sonucu; bitümün viskozitesinin artması ya da erimesi engellenmektedir. Mermer atıkları enerji tasarrufu sağlamakta ve çevreye verilen zararı minimuma indirmektedir. Yol temeli ve temel altı katmanlarında sıkışma malzemesi olmaktadır. Sağlanan ekonomik kazanım, endüstriye yeni bir kaynak sağlamaktadır (Akbulut ve diğ. 2003).

Uçucu Kül: Düşük kalorili linyit kömürlerinin yakıldığı termik santrallerde, elektrik üretimi sırasında toz halindeki kömürün yanması sonucu baca gazları ile sürüklenen ve elektro filtreler yardımı ile tutularak atmosfere çıkışı önlenen mikron boyutunda kül tanecikleri meydana gelmektedir. Endüstriyel bir atık olan ve uçabilen bu küllere 'uçucu kül' adı verilmektedir (Kök 2011).

Fosfojips: Yaş yöntemle fosforik asit üretimi, fosfat kayasının sülfürik, asitle reaksiyona sokulması esasına dayanmaktadır. Reaksiyonda oluşan fosforik asit ve yan ürün fosfojips süzülerek birbirinden ayrılmaktadır ve ele geçen bu yan ürün fosfojips olarak bilinmektedir (Kök 2011).

Cam Tozu: Cam, silikat ve diğer küçük oksitleri içine alan seçilmiş ham materyallerin katılaştırılmasıyla yapılan, ametal inorganik bir materyaldir. Cam parlak olmasının yanında küçük bir etkiyle kolayca kırılabilir ve bu fiziki özellik filler malzeme haline getirmek amacıyla camın ezilmesinde kullanılmaktadır (Türkiye Şişe ve Cam Fabrikaları A. Ş. 2005).

4.7.3 Bitümlü Karışımların Gençleştirilmesi

Bitümün modifiye edilme sebepleri şu şekilde sıralanabilmektedir (Ertekin 2003):

- a. Düşük servis sıcaklıklarında daha esnek karışımlar elde etmek ve böylece kalıcı deformasyonları azaltmak,

- b. Yüksek servis sıcaklıklarında daha sert karışımlar elde etmek ve böylece tekerlek izlerini azaltmak,
- c. Kayma direnci yüksek yüzeyler elde etmek,
- d. Karışımların stabilitesini ve mukavemetini arttırmak,
- e. Karışımların yorulma direncini arttırmak,
- f. Yaşlanmış bitümlü bağlayıcıları gençleştirmek,
- g. Düşük kaliteli agregaları kullanılır hale getirmek,
- h. Agregaların üzerinde daha kalın bağlayıcı filmleri oluşturarak, bağlayıcı ve agregaların birbirine yapışma özelliğini artırarak, soyulmayı azaltmak,
- i. Akmayı ya da kusmayı azaltmak,
- j. Yakıt dökülmelerine karşı direnci sağlamak,
- k. Kaplama tabakalarının kalınlıklarını azaltmak ve daha ince aşınma tabakalarının kullanımını sağlamak,
- l. Çatlakları geciktirmek,
- m. Uygulama alanlarını artırmak,
- n. Absorpsiyonu minimize etmek,
- o. Kaplamaların performansını yükseltmek,
- p. Kaplamaların uzun vadede ekonomik olmasını sağlamak (Ertekin 2003).

Bağlayıcıya çeşitli katkı maddelerinin eklenmesiyle bu özellikler tam olmasa da kısmen sağlanabilmektedir. Eklenecek katkı maddelerinde bazı özellikler aranmaktadır. Katkı maddeleri; kolay elde edilebilmelidir, bitümle uyuşmalıdır, bitüm karışım sıcaklığında özelliğini kaybetmemelidir, bitüm ile homojen olarak karışabilmelidir, bitümün yüksek karıştırma ve serme sıcaklıklarında, çok fazla viskoz hale gelmeden akışkanlığa karşı direncinin artmasını sağlamalıdır, düşük sıcaklıklarda ise kaplamanın çok kırılğan veya sert olmasını önlemelidir ve bunun yanında uygun maliyette olmalıdır (Ertekin 2003).

Tablo 4.7’de bazı yaygın kullanılan modifiyeler ve özellikleri verilmiştir. Bu tablonun incelenmesi bitümlü karışımları gençleştirme konusunun daha iyi anlaşılması açısından faydalı olacaktır.

Tablo 4.7: Modifiyeler ve değişiklik sağladığı özellikler

BAZI YAYGIN KULLANILAN MODİFİYELERİN ROLÜ	
	Kimyasal Katkıların Rolü
Yağ	Bitümin yapısı, Bağlayıcılık, Viskozite Penetrasyon değeri, Yumuşama
Fiiler Tozu	Yumuşama noktası, Viskozite, Sertlik, Yoğunluk, Maliyet, Mekanik Sağlamlık
Fiberler	Tiksotropik, atlak Direnci, Viskozite
Balmumu	Viskozite (sıcak), Sertlik (soğuk), Bağlayıcılık, Adezyon
APP (Ataktik polipropilen) EVA (Etilen vinil asetat)	Sertlik, Penetrasyon Değeri, Frass Kırılma Noktası, Yumuşama Noktası
SBS (stiren-butadien-stiren)	Penetrasyon Değeri, Yumuşama Noktası, Elastik Geri Dönüş, Düşük Sıcaklık Kırılmalığı
Solvent	Viskozite
Emülsifikasyon	Viskozite, Islatma Kabiliyeti, Uygulama Sıcaklığı
Islatma Ajanları	Islatma Kabiliyeti, Adezyon

Kaynak: Ilıcalı ve diğerleri, 2001.

Bitümler katkı maddelerinin karıştırılması sonucu elde edilen modifiye bitümler; depolama, uygulama ve hizmet sırasında sahip olduğu özelliklerini kaybetmemesi, işlenebilirlik özelliğine sahip olması, depolama, uygulama ve hizmet sırasında fiziksel ve kimyasal olarak stabil olması, uygulama sıcaklıklarında püskürtülebilme ve agregayı sarabilme akışkanlığını da sağlayabilmesi gerekmektedir (Kaya 2011).

5. KENTSEL DÖNÜŞÜM

5.1 GENEL BİLGİLER

Kentsel dönüşüm, istenmeyen kentsel dokuların fiziksel olarak dönüştürüldüğü ve dönüşümün sosyo-ekonomik sonuçlarının da göz önünde bulundurulduğu parçadan bütüne giden bir uygulama sürecini kapsamaktadır.

Turok (2004, s.63) kentsel dönüşümü şöyle açıklamıştır; *kamu, özel sektör ve halk katılımını savunan, yoksul bölgelerin ıslahına ve yapı-çevre-donatı üçlüsünün iyileştirilmesine çalışan, kişilerin yaşam mekanlarının yanında ticaret ve sanayi sayesinde ekonominin de ilerlemesini amaçlayan; bununla birlikte, kent merkezlerini, günümüz yaşamına uyum sağlayabilecek niteliğe kavuşturmak bakımından geliştirilmiş bir planlama çalışmasıdır.*

Kentsel dönüşüm uygulamaları genel olarak altı biçimde yapılmaktadır. Bunlar; yerinde dönüşüm, transfer, yık-yap, yık-boşalt, riskli evini getir, yeni evini al ve kamu-özel sektör proje ortaklık sistemidir¹⁴

Yerinde dönüşüm: Bir kentin belirli bir bölgesinin etap etap yıkılarak yeniden inşa edilmesidir Bu yöntem gelişmiş ülkelerde tercih edilen dönüşüm sistemidir.

Transfer: Kentin belirli bir bölümünün başka bir yere transfer edilmesidir.

Yık-yap: Belediyelerin riskli yapının yıkımına karşılık yeni bina yapma karşılığı yatırımcılara arsa tahsis etmesidir.

Yık-boşalt sistemi: Kamu tarafından riskli binalar yıkılır ve bu yıkımlar neticesinde oluşan alanların mülkiyeti alınarak, bu alanları yeşil alan, park, sağlık tesisi ve okul gibi kamu alanı olarak kullanır.

¹⁴ <http://e-imo.imo.org.tr> [Erişim tarihi:20.11.2013]

Riskli evini getir, yeni evini al sistemi: Yeni proje kapsamında riskli evini Kamu Kurumuna veren mülk sahibi, karşılığında yüzde 15-20 daha küçük olan yeni evi alır ya da yeni ev ile riskli ev arasındaki farkı öder.

Kamu-özel sektör proje ortaklık sistemi: Kamu ve özel sektör ortaklığı ile kentsel dönüşüm projeleri tasarlanarak, proje kapsamında imar hakları toplulaştırılması ve imar hakları transfer yöntemleri ile mülk sahiplerine alternatiflerin sunulduğu sistemdir.

Kentsel dönüşüm, ekonomik ve fiziksel açıdan kentlerde meydana gelen bozulmalara çözüm olarak kenti yaşanılabilir kılma amacını taşıyan planlama aracıdır. Bu nedenle, toplumsal çökme ve bozulmalara karşı önlem alabilme amacını da taşımaktadır.

Kentsel alanların ekonomik canlılıklarını yitirmesi sonucu çöküntü bölgeleri oluşmaktadır. Kentsel dönüşüm projeleri, ekonomik canlılığı yeniden getirecek stratejileri geliştirerek kentsel refahı ve yaşam kalitesini arttırmayı amaçlamaktadır (Akkar 2006).

Ülkemizde başlayan kentsel dönüşüm süreci 23 Ekim 2011 tarihinde gerçekleşen Van Depremi sonrasında ortaya konan siyasi irade neticesinde 31 Mayıs 2012 tarihinde yürürlüğe giren 6306 sayılı Afet Riski Altındaki Alanların Dönüştürülmesi Hakkında Kanun ile başlamıştır. Kentsel dönüşüm süreci, dayandığı kanunun isminden de anlaşılacağı üzere ülkemizde afet risklerine karşı binaların yıkılarak yeniden yapılması şeklinde gerçekleşmektedir.

5.2 TARİHSEL SÜREÇ İÇİNDE KENTSEL DÖNÜŞÜM

Avrupa'da 1945-1950 dönemi, II. Dünya Savaşı'nın bıraktığı izleri düzeltme girişimleriyle geçmiştir. Savaş döneminde yıkılan binalar, kentte çöküntü alanları yaratarak konut sıkıntısını da beraberinde getirmiştir. Bu dönemde yönetimde olan İşçi Partisi Hükümeti, yıkımlar sonucu oluşan konut ihtiyacını karşılamak için yapılandırma ve geliştirme girişimlerine başlamıştır. Bu süreçte oluşturulacak kent politikası ve hizmetler devlet kontrolünde tutulmuştur (Roberts 2000).

1970’li yıllarda İngiltere’nin kentsel politikasında kentin fiziki gelişimi ön planda tutulmuştur, bununla birlikte fiziki, ekonomik ve sosyal zorluklar arasında daha iyi bir koordinasyon sağlanmıştır (Roberts 2000).

1977 yılında kent içi politikada kentsel yoksulluk ve ekonomik canlanmanın önemini anlatmak amacıyla “White Paper” oluşturulmuştur. White Paper, kentsel dönüşüm girişimlerinde “Ortaklık” anlayışının oluşumunu sağlamıştır (Eş 2007).

1980’li yıllar ise kentsel dönüşümde özel sektörün ön plana çıktığı zamanlardır. Günümüzde ise, küreselleşme hareketiyle birlikte bilgi ve iletişim teknolojilerinin zamanla gelişmesiyle kentsel dönüşüm çalışmalarının da global kent anlayışına hizmet edecek şekilde geliştiği görülmektedir (Eş 2007).

Tablo 5.1’de Avrupa’daki kentsel dönüşümün gelişim süreci detaylı bir şekilde anlatılmaktadır.

Tablo 5.1: Avrupa’da kentsel dönüşümün gelişim süreci

Dönemsel Politik Sınıflandırma	1950 Dönemi Yeniden Yapılandırma	1960 Dönemi Yeniden Canlandırma	1970 Dönemi Yenileme	1980 Dönemi Yeniden Geliştirme	1990 Dönemi Dönüşüm
Ana strateji ve yönlendirme	Kentlerin ve belediyelerin eskiyen bölgelerinin ‘master plan’a göre yeniden yapılandırılması; kent çeperindeki gelişim.	1950’lerin devam eden konuları; merkezden uzak, banliyö alanlarının büyümesi; bazı erken rehabilitasyon teşebbüsü.	Yerinde yenileme ve komşu mahalle projelerine odaklanma; çevrenin geliştirilmesine devam edilmesi.	Birçok büyük geliştirme ve yeniden geliştirme projeleri; prestij projeler; belediye sınırları dışı için projeler.	Daha kapsamlı politika ve uygulamalara yönelinmesi; bütünsel anlayışın öneminin vurgulanması.
Anahtar aktörler ve çıkar sahipleri	Ulusal ve bölgesel yönetim; özel sektör geliştiricileri ve yapımcılar.	Kamu ve özel sektör arasında daha dengeli bir ilişkinin oluşturulması.	Özel sektörün rolünün artırılması ve yerel yönetimin sorumluluğunun dağıtılması.	Özel sektörün ve özel acentelerin önemi; ortaklık ilişkilerinin artması.	Ortaklığın baskın yaklaşımı.
Mekansal Boyut	Bölge ve arsa düzeyinin önemi.	Meydana çıkan aktivitelerin bölgesel düzeyi.	Önce bölgesel ve yerel düzey; daha sonra yerel düzeye daha çok önem verilmesi.	1980’lerin başlarında arsa düzeyinde; daha sonra ise bölge düzeyinde gelişimin önemi.	Stratejik perspektifin yeniden oluşturulması
Ekonomik Odak	Bazı özel sektör katılımı ile birlikte kamu sektörü yatırımı.	1950’den beri devam eden sürecin, özel yatırımlar üzerinde giderek artan etkisi.	Kamu sektörü kaynaklarını zorlama ve özel sektör yatırımlarını artırma.	Seçkin kamu kaynaklarına karşı özel sektör baskısı.	Kamu, özel sektör ve gönüllü kaynakların arasında denge sağlanması.
Sosyal İçerik	Konut ve yaşam standartlarını iyileştirme.	Sosyal yaşamın ve refah düzeyinin iyileştirilmesi.	Faal ve daha yetkili bir toplum.	Oldukça seçkin devlet desteği ile kendine yeten toplum.	Ortaklığın önemi.
Fiziki Önem	Merkezi alanlarla kent çeperlerinin ikamesi.	1950’lerdeki gibi varolan alanların rehabilite edilmesi.	Eski kentsel alanların daha geniş yenilenmesi.	Büyük ölçekli yenileme ve yeni geliştirme projeleri; ‘prestij projeler’.	1980’lere göre daha sadelik; miras ve muhafaza
Çevresel Yaklaşım	Peyzaj ve yeşil alan.	Seçici gelişmeler	Bazı yeniliklerle çevrenin geliştirilmesi.	Daha geniş çevre yaratma kaygısının artması.	Çevresel sürdürülebilirliğin ana düşünce haline gelmesi.

Kaynak: Robert, 2000.

5.3 TÜRKİYE’DE KENTSEL DÖNÜŞÜM SÜRECİ

1948 yılında Amerika’nın sunduğu “Marshall Yardımı” ile tarımda işleme teknolojisinin kullanılmasıyla Türkiye’de büyük kentlere göçler başlamıştır. Bu durum, İstanbul’un yoğun göç almasına ve kentte çarpık yapılaşmanın başlamasına sebep olmuştur (Dündar 2001).

1980’li yıllar konut üretiminde kurumsal toplu konut anlayışının kurumsallaştığı dönem olarak bilinmektedir. 1984 yılında bir kamu kuruluşu olan, orta ve alt gelir grubuna hizmet eden Toplu Konut İdaresi (TOKİ) kurulmuştur (Dündar 2001).

2004 yılından sonra ise, yasal düzenlemeler sonucu TOKİ’ye yeni yetkiler verilmesi sonucunda TOKİ’nin ülke konut politikası üzerinde etkin hale geldiği görülmektedir. Bu dönemde, arsa ofisine ait büyük bir alanın TOKİ’ye devredilmesiyle TOKİ ülkedeki konut üretiminde baskın hale gelmiştir ve bu durum kentsel dönüşüm projelerine yansımıştır. TOKİ, 2004 yılında “Küçükçekmece Kentsel Dönüşüm Projesi”ne başlamıştır. 1990’ların sonlarından beri durgunlaşan kentsel dönüşüm projeleri bu şekilde yeniden hareketlenmeye başlamıştır. Fakat kentsel dönüşüm projeleri tasarlayan birçok kurum, “Kentsel Dönüşüm Yasası”nın çıkmasını beklemek zorunda kalmıştır. TOKİ de çıkarılan kanunlar sonucunda, kendi belirlediği ya da valilik tarafından belirlenen toplu konut alanlarında, gecekondularını temizlemek ve iyileştirmek amacıyla yeniden yapılandırmak için kentsel dönüşüm projelerinde aktif olarak rol alabilmektedir (Özdemir 2007).

2000’li yıllarda ise, neo-liberal kentsel politikaların etkisi sonucunda, kentsel araziler ve yapılar ‘kullanım değerleri’ yerine ‘değişim değerleri’ ne göre dikkate alınmaya başlamıştır. Rant sağlamayı hedefleyen bu politika şekli ile ‘prestijli’ proje uygulamalarının hedeflendiği anlaşılmıştır (Kuyucu 2007).

Türkiye’deki Kentsel Dönüşümün gelişim süreci Tablo 5.2’de ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

Tablo 5.2: Türkiye’de kentsel gelişim süreci

1950 Dönemi	1960 Dönemi	1970 Dönemi	1980 Dönemi	1990 Dönemi	2000’li Yıllar
Devletçilik Politikası	Yap-satçı konut üretimi	Toplu Konut Türü yoğun kooperatif konut üretimleri	Küreselleşmeye ayak uydurma girişimleri “Küresel Kent” sistemi	Makro ekonomik kriz ile kentsel dönüşüm projelerinin yavaşlaması	Neo-Liberal Kentsel Politika
Sanayileşme Dönemi	775 sayılı “Gecekondu Yasası”	Kentsel dönüşümün ilk uygulamaları. İslah-imar planları ile kentsel dönüşüm	Örgütsel Kentsel Dönüşüm anlayışının geliştirilmesi çabaları	İlk Kamu-Özel Sektör Ortaklı Kentsel Dönüşüm Projeleri *Dikmen Vadisi Projesi *Portakal Çiçeği Vadisi Projesi	Kentsel Dönüşüm Projelerinde yeniden hareketlenme
Kaçak Yapılaşma ve Çarpık Kentleşme	Hızlanan gecekondu üretimi	Gecekondulaşmada kentsel rantlara el koyma ve arsa spekülasyonu dönemi	Arsa fiyatlarının özellikle kent çeperlerinde artması		“Kentsel Dönüşüm Yasası” beklentisi
		‘Af Yasaları’ ile kurumsallaşan kaçak yapılaşma ve özel hisseli tapulu arsa yağması	1984 TOKİ’nin kurulması		TOKİ’ye verilen yetkiler sonucu kentsel dönüşüm projelerinde TOKİ’nin baskın rolü

Kaynak: Kömürcüoğlu 2008.

Ayrıca son olarak ülkemizde gerçekleşen afetlerin yıkıcı etkilerine karşı dayanıksız binaların yenilenmesi amacı ile Kentsel Dönüşüm Süreci, 6306 sayılı “Afet Riski Altındaki Alanların Dönüştürülmesi Hakkında Kanun” un 31.05.2012 tarihinde yürürlüğe girmesiyle hız kazanmıştır.

5.4 KENTSEL DÖNÜŞÜM STRATEJİLERİ

Kentsel dönüşüm uygulamalarında hedeflenen amaçlara ulaşmak için “kentsel koruma”, “kentsel iyileştirme”, “kentsel yeniden canlandırma”, “kentsel yenileme”, “kentsel yenileşme” ve “soylulaştırma” yöntemleri kullanılmaktadır.

5.4.1 Kentsel Koruma (Preservation-Conservation)

Özgün niteliği ile koruma ve sınırlı değişim ile koruma olmak üzere iki tür korumayı içermektedir. Özgün niteliği ile koruma, yapıların özgünlüğüne zarar vermeden korumayı ifade etmekte, sınırlı değişim ile koruma ise, yapıların ekonomik kullanımda kalmasını sağlamak üzere günün koşullarına uyarlanması olarak açıklanmaktadır (Kocamemi, 2006: 14).

5.4.2 Kentsel İyileştirme (Rehabilitation)

Kentsel iyileştirme, “bir yerleşim yerinin özellikle oturulabilirlik niteliklerini yitirmiş konut alanlarını daha üstün işgörü ölçünlerine kavuşturmak” olarak tanımlanmaktadır. Kentsel alanın özgünlüğüne zarar veren, aykırı tüm oluşumların ayıklanması hedeflenmektedir (Keleş 1980: Demirsoy 2006).

5.4.3 Kentsel Yenileme (Renewal)-Yeniden Hayat Verme (Regeneration)

Yoksul bölgelerin ıslahını ve kişilerin yaşam mekanlarının yanında ekonominin de ilerlemesini amaçlayan, kent merkezlerini, günümüz yaşamına entegre etmeyi amaçlayan bir planlama çalışması olarak tanımlanmaktadır (Öner 2007).

5.4.4 Kentsel Yenileşme (Renaissance)

Kentsel yenileşme kentsel yenilemeden farklı olarak, kentte yapılacak değişikliklere halkın katılımını öngörmekte ve dönüşüm yapılacak kent mekanının o mekanda yaşayan insanlarla birlikte ele alınarak canlandırılmasını hedeflemektedir (Demirsoy 2006).

5.4.5 Kentsel Yeniden Canlandırma (Revitalization)

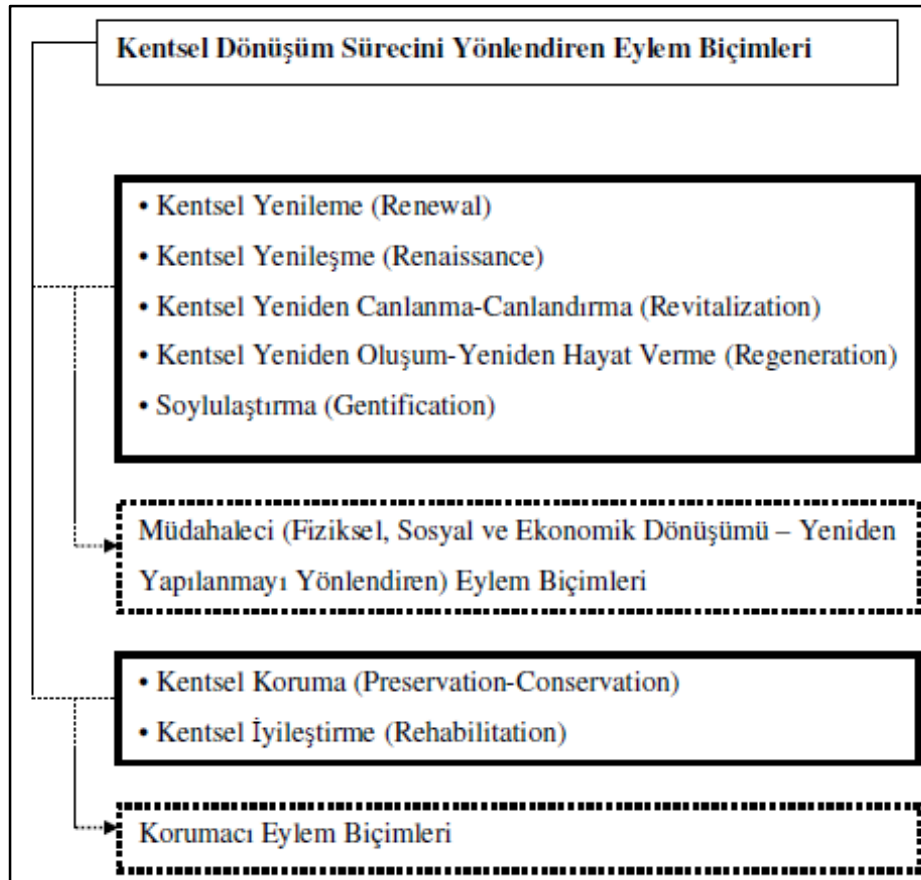
Çöküntü sürecindeki kentlerin çöküntüye neden olan parçalarının ortadan kaldırılması veya değiştirilmesiyle, o alanın tekrar hayata döndürülmesidir (Genç 2003).

5.4.6 Soylulaştırma (Gentification)

En basit ve sınırlı tanımıyla, dar gelirlilerin yasadığı konut alanlarına, daha üst sınıfların yerleşmeye başlaması sürecidir (Ciravoglu 2006).

Kentsel dönüşümde kullanılan yöntemlerin eylem biçimleri Tablo 5.3’de anlatılmaktadır (Demirsoy 2006).

Tablo 5.3: Kentsel dönüşüm süreci stratejileri



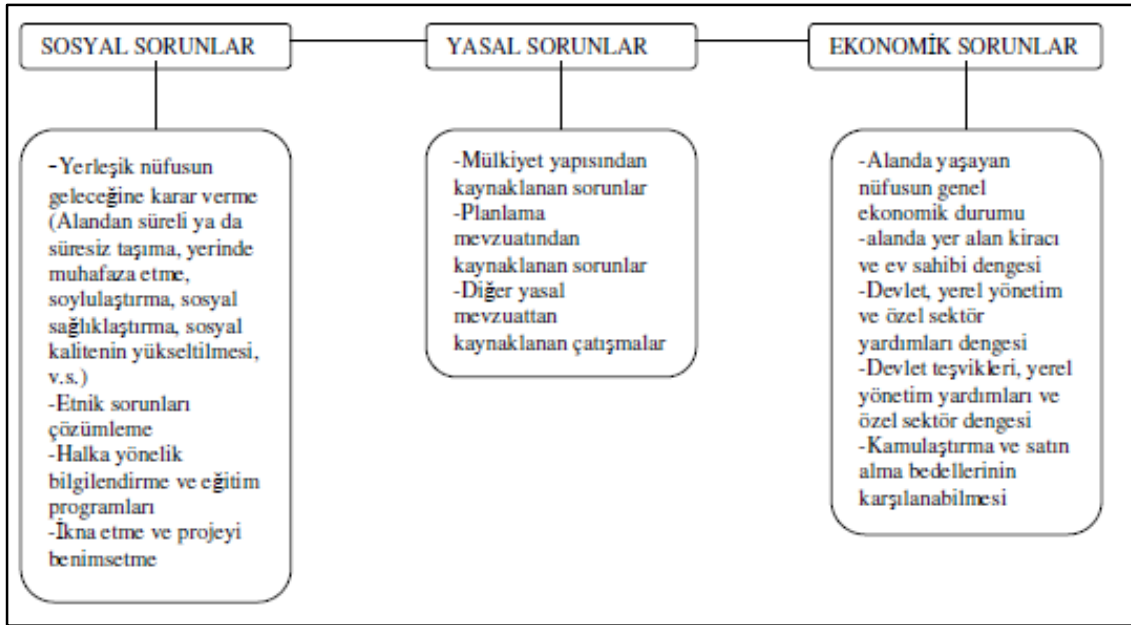
Kaynak: Demirsoy 2006.

Buna göre, “kentsel yenileme”, “kentsel yenileşme”, “kentsel yeniden canlandırma” ve “soylulaştırma” yöntemleri mevcut olanı yıkmaya ya da yeniden yapmayı hedefleyen müdahaleci eylem biçimleri iken “kentsel koruma” ve “kentsel iyileştirme” ise mevcut olanı koruma şeklinde gerçekleştirilen kentsel dönüşüm uygulamaları olarak açıklanabilmektedir (Demirsoy 2006).

5.5 KENTSEL DÖNÜŞÜM SÜRECİ SORUNLARI

Kent parçalarının yeniden hayata döndürülmesinde bazı sorunlar ortaya çıkmaktadır. Bu sorunlar Tablo 5.4’de geniş bir şekilde açıklanmaktadır.

Tablo 5.4: Konut alanlarının yenilenmesinde ortaya çıkan sorunlar



Kaynak: Özden 2008.

Bu sorunlarla karşılaşılmaması ya da bu sorunların çözümü için yapılması gerekenler aşağıda sıralanmaktadır (Özden 2008):

- Halk yapılacak proje hakkında bilgilendirilerek projeye dahil edilmelidir. Projenin uygulanacağı alanda yaşayan halka proje net şekilde anlatılmalıdır.
- Yasadan kaynaklanan sorunlar merkezi yönetimle birlikte çözümlenmelidir.

- iii. Mal sahibi ve kiracıların maruz kaldıkları ekonomik sorunlar da yerel yönetimler ve merkezi yönetim tarafından alınacak tedbirlerle en aza indirilmelidir (Özden 2008).

5.6 BİNALARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

Kentsel Dönüşüm Süreci, 6306 sayılı “Afet Riski Altındaki Alanların Dönüştürülmesi Hakkında Kanun ”un 31.05.2012 tarihinde yürürlüğe girmesiyle hız kazanmaya başlamıştır. Bu kanun ve bu bağlı çıkartılan yönetmelik ile binaların kimler tarafından nasıl belirleneceği, sürecin nasıl işleyeceği ve bu sürecin getirdiği avantajların sınırları belirlenmiştir. Kentsel Dönüşüm kapsamında binaların değerlendirilmesi ile ilgili işlem aşamaları aşağıdaki gibidir.¹⁵

- i. Binaların riskli yapı olup olmadığının tespitinin yapılması için ilgililerince Çevre ve Şehircilik Bakanlığında lisans almış büro, şirket veya üniversitelere müracaat edilir.
- ii. Büro, şirket ya da üniversite tespiti istenilen binaya ait teknik raporu hazırlar. Yapı riskli yapı ise, raporu iki gün içinde Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğüne gönderir.
- iii. Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğünce rapor incelenir, raporda eksiklik varsa tamamlanması istenir. Yapı riskli yapı ise, 10 iş günü içinde tapuya yapının riskli yapı olduğu bildirilir.(Ayrıca Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü ilgili Belediyeyi konuyla ilgili bilgilendirir.)
- iv. Tapu Sicil Müdürlüğünce parsel sahiplerine, yapılarının riskli yapı olduğuna dair tebligat yapılır.
- v. Parsel maliklerince 15 gün içinde Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğüne raporla ilgili itirazda bulunulabilir.
- vi. İtiraz edilmesi halinde riskli yapı raporu üst heyetçe incelenerek nihai karar verilir.
- vii. Yapı riskli yapı ise yıkım yapılması için Belediyeye yazı yazılır.

¹⁵ <http://www.kadikoykentsyenileme.com/12-islem-asamalari.html> [Erişim Tarihi: 15.10.2013]

- viii. Riskli yapıların, yapı sahiplerinin kendi aralarında anlaşarak yapıların tahliye edilmesi ve yıkılması esastır. Malikler ve kiracıların kira yardımı talep etmeleri halinde taleplerini Çevre ve Şehircilik Bakanlığına bildirmeleri gerekmektedir.
- ix. Maliklerince yıkımı gerçekleştirilmeyen riskli yapılara 60 gün süre verilerek idarece riskli yapılarını yıkmaları istenir. Süre sonunda yıkılmayan riskli yapıların maliklerine yapılarının yıkımını gerçekleştirmeleri için bir kez daha süre verilir ve bu süre sonunda da binalarının yıkımı yapılmadığı takdirde idarelerce yıkılacağı belirtilir.
- x. Yapı ilgililerince yıktırılmadı takdirde ilgili idarece yapının nüfus ve eşyadan tahliyesine gidilir. Tahliye işlemleri gerçekleştikten sonra binanın yıkımına geçilir.(Yıkım masrafları ve diğer yardımların dönüşüm projeleri özel hesabından karşılanması esastır.)
- xi. Yine de yapının yıkımı gerçekleşmemiş ise, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı yapıyı kendisi yıkar ya da yıktırır.
- xii. Yapı Belediyece tapudaki hisse oranları esas alınarak kat irtifakı veya kat mülkiyeti tapusundan arsa tapusuna geçer. Bu işlem Belediyece re'sen yapılır.
- xiii. Parsel maliklerince binanın yapımına geçilmesi esastır.
- xiv. Arsa tapusuna geçen bina maliklerine tebligat yapılarak, 30 gün içinde inşaatın yapımı için anlaşmaları istenir.
- xv. Arsa maliklerinin 2/3 oranı altında kalmamaları kaydıyla inşaatın yapılmasına karar alınabilir.
- xvi. 1/3 oranındaki hissenin ise SPK değerlendirmeleri gibi bedelleri tespit ettirilir ve diğer kat maliklerine almayacakları sorulur. Kat malikleri almadıkları takdirde Maliye Bakanlığınca kamulaştırma yapılır ve yapı izin belgesi için çalışmalara başlanır.

Çevre ve Şehircilik Bakanlığında lisans almış büro, şirket veya üniversiteler tarafında riskli binalar ile ilgili inceleme ve araştırmalar yapıldıktan sonra tanzim edilen rapor ile ilgili temel bilgileri içeren Riskli Bina Tespit Raporu İnceleme Formu Örneğini Şekil 5.1'de incelemek mümkündür.

Şekil 5.1: Riskli bina tespit raporu inceleme formu örneği

T.C. ÇEVRE VE ŞEHİRCİLİK BAKANLIĞI		RİSKLİ BİNA TESPİT RAPORU İNCELEME FORMU (*) (BETONARME BİNALAR)			
FORMU DOLDURAN İDARE					
I. GENEL BİLGİLER					
Tespiti Yaptıran Malikin Adı ve Soyadı:		Binanın Yapım Yılı:		Parcel Pafta No:	
Binanın adresi - İli/Belediyesi:				Ada No:	Parcel No:
İncelemeyi Yapan Lisanslı Kuruluş:					
II. MEVCUT TAŞIYICI SİSTEM BİLGİLERİ					
Bina boyutları (yaklaşık)(m)		Kat sayısı		Ortalama kat yüksekliği (m)	
Taşıyıcı sistem tipi (çerçeve, perde, perde+çerçeve)		Döşeme sistemi (kirişli, nervürlü, kaset, mantar, asımlı)		Temel Sistemi (bakil, mütemadi, radye, kazıklı)	
III. BİNADAN BİLGİ TOPLAMA					
Deprem bölgesi		Seçilen Bilgi Düzeyi		Binanın Projesi (var/yok)	
Binadan alınan toplam karot sayısı		Mevcut beton dayanımı (MPa)		Mevcut donatı tipi (BÇI - BÇIII)	
Kolon boyuna donatı tespiti (var/yok)		Kolonlarda sargı koşulu sağlanıyor mu? (evet/hayır)		Kiriş donatı tespiti (var/yok)	
Donatı bindirme koşulu sağlanıyor mu? (evet/hayır)		Donatı korozyonu (var/yok)		Temel muayene çukuru sayısı	
Zemin etüd raporu (var/yok)		Zemin sınıfı ve grubu:		Zemin emniyeti (kg/cm ²):	
IV. MEVCUT DURUM PERFORMANS ANALİZ SONUÇLARI					
Zemin kat kolonlarında "İleri Hasar Bölgesi"ndeki kolonların, bu katta kolonlar tarafından taşınan kesme kuvvetine toplam katkısı" (%)		Katlar İçerisinde Maksimum Göreli Kat Öteleme Oranı (ümax/h) ve bu oranın hangi katta oluştuğu			
Can güvenliği performansı sağlanıyor mu? (DBYBHY 7.7.3)		Hesaplama Kullanan Programın Adı ve Sürüm Numarası			
V. SONUÇ (**)		<input type="checkbox"/> Bina Riskli		<input type="checkbox"/> Bina Risksiz	
(**)Açıklamalar (Bina "Riskli" olarak tespit edildi ise gerekçesi) :					
Hesap ve Raporları İnceleyerek bu Formu Dolduran İnşaat Mühendisi (İsim, imza, tarih):					
(*) Bu form Lisanslı Kuruluşlarca hazırlanan risk tespit raporlarının İdare tarafından incelenmesi sırasında, İdare tarafından doldurulacaktır. Tespit ve analizler "2007- Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik" e uygun olacaktır.					

Kaynak: <http://www.csb.gov.tr/db/kirikkale/webmenu/webmenu8037.pdf> [Erişim tarihi: 15.10.2013]

6. ÜSKÜDAR ÖRNEĞİ

6.1 ÜSKÜDAR'IN TARİHSEL GELİŞİMİ

M.Ö. 7.yüzyılda bir Grek kolonisi olarak kurulan Halkedon'un (Kadıköy) iskelesi ve tersaneleri, bugünkü Üsküdar'ın yerleştığı alanda bulunmaktaydı ve buraya Hrisopolis (Altın Şehir) denirdi. Pers işgali sırasında Anadolu Yarımadası'ndaki kavimlerden ve halktan vergi olarak toplanan altınlar buradaki hazinelerde saklandığı için yöreye bu adın yakıştırıldığı söylenmektedir. Bir başka yoruma göre de, Agamemnon'un oğlu Krizes kaçarak Anadolu'ya gelmiş ve Üsküdar'da öldüğü için şehir onun adıyla anılmıştır. Bunun yanı sıra, bazı insanlar günbatımında evleri karşı yakadan yaldızlı gibi görüldüğü için Üsküdar'a Altın Şehir adını vermişlerdir.

Hrisopolis M.Ö.508'de Pers Kralı Darius'un egemenliği altına girmiş, M.Ö.410'da Atinalı Alkibiades'in zaferiyle sonuçlanan deniz savaşından sonra bu komutan kent çevresine sur yaptırmış ve Boğaz'dan geçen gemilerden taşıdıkları malların değeri oranında geçiş parası almıştır. Yazar Ksenophon, M.Ö.404 yıllarında On Binler'in hayatta kalanlarının, Asya seferi dönüşünde Karadeniz kıyısı yoluyla Hrisopolis'e geldiğini ve burada kaldıkları bir hafta boyunca ellerindeki ganimetleri bölge halkına sattıklarını anlatmaktadır. Büyük İskender ve ardıllarının zamanında Anadolu'nun kuzeybatısıyla birlikte Halkedon ve Hrisopolis de Küçük Frigya'nın sınırları içinde kalmaktadır.

Arapların birçok kez kuşatma girişiminde bulunduğu Konstantinopolis'te karadan ve denizden gelen Müslüman askerlerin ilk hedefi ve karargâhı Üsküdar olmuştur. Harun'ü-Reşid 782'de henüz halife olmadan Üsküdar önüne gelmiş ve her yıl burada kalmıştır. 783'de İmparatoriçe Eirene'nin ordusuna yenilince, 70.000 altın vermeye zorlandığı bilinmektedir. Öte yandan kaynaklar, Anadolu'nun Türklerce fethinden sonra Danişmendlilerden Turasan Bey'in Üsküdar'a kadar geldiğini, Alemdağı'nda bir kale yaptırdığını ve Bizanslılarla çarpışırken kalesinin önünde şehit düştüğünü yazmaktadır. Bunun yanında, sözü edilen kaleye ait hiçbir ize rastlanmadığından, bu bilgi

doğrulanamamaktadır. Bizans döneminde küçük bir kasaba olarak varlığını sürdüren Üsküdar, pek çok ihtilal girişiminde de başlangıç noktası olmuştur.

Örneğin 963'de Nikeforos Fokas kendini burada imparator ilan ettirmiş ve iktidarı ele geçirmiştir. Öte yandan 1097'de Haçlı ordusu, ordugâhını Üsküdar tepelerinde kurmuş, izleyen Haçlı seferlerinde de bölge, hep üs olarak kullanılmıştır.

Sultan Orhan da Bizans'ın Bitinya bölgesini aldıktan sonra, bu imparatorluğun kapısı sayılan Hrisopolis önlerine kadar gelmiş, bunun üzerine III. Andronikos, topladığı askerleri buraya göndermiş ancak yenilmiştir. Sultan Orhan, kendisinden yardım isteyen Ceneviz donanmasına destek amaçlı Kadıköy ve Üsküdar'a süvari göndermiş, böylece Boğaz'ın kilit noktalarına yerleşerek bir anlamda İstanbul'un fethinden 101 yıl önce Kadıköy ve Üsküdar'ı ele geçirmiştir.

I.Bayezid (Yıldırım) döneminde (1389-1402), İstanbul'da bulunan Müslümanların davalarına bir Müslüman kadı'nın bakması karara bağlanmış, böylece Türklerin egemenliği altında bulunan Üsküdar'da da bir kadı görevlendirilmiştir. Yıldırım Bayezid'in ölümünden sonra yaşanan Fetret Devri'nde Bitinya'daki yerler kaybedilince Türkler Üsküdar'dan uzaklaştırılmışsa da, I.Mehmed (Çelebi) tahta geçtikten sonra bu yerleri Bizanslılardan geri almış, böylece Türkler bölgedeki eski ticaret serbestliğine yeniden kavuşmuşlardır.¹⁶

29 Mayıs 1453 'de İstanbul 'un, Türkler tarafından fethedilmesinden sonra Üsküdar hızla gelişme göstermiş, Üsküdar 'a kesin ve kalıcı iskan başlamıştır. Bu arada 91 cami veya mescit, 51 tekke, 12 hamam, 11 kervansaray, 2 imaret, 7 medrese, 260 çeşme, 5 büyük iskele, 2 darüşşifa, 2 menzilhane, tabhane, sıbyan mektebi, kütüphane, darülhadis, sebil ve posta teşkilatı ile birçok padişah, sultan, paşa ve devlet adamlarının sarayları, yalı ve köşkleri ile süslenmiştir.¹⁷

¹⁶ <http://www.turkcebilgi.com> [Erişim tarihi:10.12.2013]

¹⁷ <http://www.uskudar.gov.tr> [Erişim tarihi: 10.12.2013]

İstanbul'un fethinden sonra 2.Mehmed (Fatih), Üsküdar'dan kaçan Rumların yerine Anadolu'dan gelen Türkleri yerleştirmiştir. Ancak Üsküdar'ın fetih sırasında 100 yıldan beri Türklerin elinde olması ve karşılaştırma yapmaya olanak verecek belgelerin bulunmaması nedeniyle, fetihten sonra nüfusunun ne kadar arttığını saptamak mümkün olamamaktadır. 2. Mehmet döneminde İstanbul'un iskan bölgelerinin yönetsel açıdan 4 kadılığa ayrılmasıyla Üsküdar da bir kadılık olmuş ve Galata ile Haslar kadılıklarıyla birlikte Bilad-ı Selase adı verilen üçlüyü oluşturmuştur.¹⁸

Üsküdar'ın Osmanlı dönemindeki önemli bir özelliği de, her yıl Mekke ve Medine'ye gidecek hacı adaylarının oluşturduğu Surre-i Hümayun'un törenlerle buradan uğurlanmasıdır. Hacı adaylarını ve sultanın Mekke Şerifine gönderdiği armağanları taşıyan develerin oluşturduğu uzun konvoyun yola çıkması öncesinde düzenlenen törenler, Üsküdar'a büyük bir canlılık getirmiştir. Bir yandan da Üsküdar, yaşam yolculuğunun sona ermesiyle ilgili izlerle yüklüdür. Daha 14. yüzyılda oluşmaya başlayan ve fetih sonrasında tümüyle Müslüman kabristanı haline gelen Karacaahmed Mezarlığı buradadır. Mezarlığa adını veren Bektaşî büyüğü Karaca Ahmed'in yanı sıra, pek çok tarikat şeyhi, Üsküdar'da tekke kurmuştur.

Kırsal yerleşmesi olmayan Üsküdar, 1918 ve 1924'de ayrı vilayet yapılmış ancak 1926'da yönetsel düzenlemeler sırasında ilçe yapılarak İstanbul'a bağlanmıştır. 1471'de Vezir Rum Mehmed Paşa tarafından yaptırılan ve Paşa'nın adını taşıyan Tabhaneli Cami ve Türbe ile günümüze ulaşamamış olan medrese ve hamamın yanı sıra başta Kızkulesi olmak üzere Üsküdar'da birçok tarihi eser bulunmaktadır.

Günümüzde Anadolu yakasında, Kocaeli Yarımadası'nın batı kesiminde yer alan Üsküdar İlçesi, doğuda Ümraniye, güneyde Kadıköy ilçeleri, batı ve kuzeybatıda İstanbul Boğazı, kuzeyde de Beykoz İlçesi'ne komşudur. İlçe bu sınırlar içinde 35 km'lik bir alan kaplamaktadır.

¹⁸ <http://www.uskudar.bel.tr> [Erişim tarihi: 10.12.2013]

6.2 KENTSEL DÖNÜŞÜM AÇISINDAN BİNA POTANSİYELİ

Üsküdar'ın nüfusu 582.666, mahalle sayısı 33'tür. İlçe yüzölçümü 35,7 km²'dir. Üsküdar' da 2501 cadde-sokak vardır ve sokak-yol boyu 466.735 metredir. Yol-sokak alanı 2472 m²'dir. Ana arter sayısı 89'dur. Ana arterdeki cadde-yol boyu ise 89.533 metredir.

Üsküdar Belediye Başkanlığı Bilgi İşlem Müdürlüğü veri tabanından sağlanan bilgilere göre 57.651 adet bina bulunmaktadır. Bu binaların yapım tarihlerine göre adet olarak miktarları ile kontur gabari bilgileri kullanılarak hesaplanan hacimleri Tablo 6.1'de gösterilmiştir. Ayrıca bina sayılarının mahalle bazında dağılımını ve alanlarını Tablo 6.2'de görmek mümkündür.

Bu veriler ışığında 1999 öncesi yapılan binalar ile yapım yılları belli olmayan yani hiçbir mühendislik hizmeti alınmadan yapılan binaların sayısı ve hacimleri Tablo 6.3'de görülmektedir.

Tablo 6.1: Üsküdar ilçesi yıllara göre bina sayısı ve hacim dağılımı

Sıra No	Yapım Yılı	Bina Sayısı (Adet)	TOPLAM BİNA ALANI (m ²)
1	Belirsiz	47.597	34.054.668,58
2	1930 - 1939	33	9.473,96
3	1940 - 1949	41	13.307,36
4	1950 - 1959	256	75.302,85
5	1960 - 1969	647	337.115,86
6	1970 - 1979	2.154	1.507.515,75
7	1980 - 1989	2.332	1.994.247,04
8	1990 - 1999	2.586	2.810.730,94
9	2000 - 2009	1.521	3.761.000,56
10	2010 - 2013	484	580.146,68
TOPLAM		57.651	45.143.509,58

Kaynak: Üsküdar Belediyesi Bilgi İşlem Müdürlüğü Veri Tabanı

Tablo 6.2: Üsküdar ilçesi mahalle bazında bina sayısı ve bina alanları

Sıra No	Mahalle Adı	Bina Sayısı (Adet)	TOPLAM BİNA ALANI (m ²)
1	Acıbadem Mahallesi	1.004	1.871.422,29
2	Ahmediye Mahallesi	876	732.811,57
3	Altunizade Mahallesi	955	2.012.885,66
4	Aziz Mahmud Hüdayi Mahallesi	1.110	878.467,80
5	Bahçelievler Mahallesi	2.655	1.416.592,93
6	Barbaros Mahallesi	870	1.744.478,78
7	Beylerbeyi Mahallesi	1.088	693.895,67
8	Bulgurlu Mahallesi	1.991	2.572.020,32
9	Burhaniye Mahallesi	2.405	2.987.382,41
10	Cumhuriyet Mahallesi	2.331	2.117.075,42
11	Çengelköy Mahallesi	2.391	1.334.097,98
12	Ferah Mahallesi	1.645	1.009.749,59
13	Güzeltepe Mahallesi	2.171	1.367.152,00
14	İcadiye Mahallesi	1.645	1.160.392,46
15	Kandilli Mahallesi	557	354.490,70
16	Kısıklı Mahallesi	1.918	1.610.983,96
17	Kirazlıtepe Mahallesi	2.556	1.013.006,47
18	Kuleli Mahallesi	538	135.096,91
19	Kuzguncuk Mahallesi	1.310	519.104,46
20	Küçük Çamlıca Mahallesi	1.488	1.080.014,04
21	Küçüksu Mahallesi	1.948	1.452.295,38
22	Küplüce Mahallesi	2.809	1.459.193,90
23	Mehmet Akif Ersoy Mahallesi	3.273	1.808.523,53
24	Mimar Sinan Mahallesi	1.847	2.454.981,94
25	Murat Reis Mahallesi	1.303	811.783,51
26	Salacak Mahallesi	942	765.160,16
27	Selami Ali Mahallesi	992	863.731,48
28	Selimiye Mahallesi	1.004	947.785,11
29	Sultantepe Mahallesi	919	910.440,33
30	Ünalın Mahallesi	3.292	2.361.132,76
31	Validei Atik Mahallesi	1.736	1.420.971,99
32	Yavuztürk Mahallesi	5.128	2.466.414,89
33	Zeynep Kamil Mahallesi	954	809.972,18
TOPLAM		57.651	45.143.508,58

Kaynak: Üsküdar Belediyesi Bilgi İşlem Müdürlüğü Veri Tabanı

Tablo 6.3: Üsküdar ilçesi mahalle bazında bina sayısı ve bina alanları (... - 1999)

Sıra No	Mahalle Adı	Bina Sayısı (Adet)	TOPLAM BİNA ALANI (m ²)
1	Acıbadem Mahallesi	927	1.743.119,16
2	Ahmediye Mahallesi	860	716.383,69
3	Altunizade Mahallesi	871	1.742.544,88
4	Aziz Mahmud Hüdayi Mahallesi	1.076	843.562,32
5	Bahçelievler Mahallesi	2.593	1.191.166,83
6	Barbaros Mahallesi	781	1.289.565,21
7	Beylerbeyi Mahallesi	1.084	691.917,81
8	Bulgurlu Mahallesi	1.874	2.317.163,24
9	Burhaniye Mahallesi	2.281	1.425.195,09
10	Cumhuriyet Mahallesi	2.225	2.019.208,35
11	Çengelköy Mahallesi	2.362	1.319.474,53
12	Ferah Mahallesi	1.540	863.748,53
13	Güzeltepe Mahallesi	2.056	1.346.092,40
14	İcadiye Mahallesi	1.617	1.138.910,63
15	Kandilli Mahallesi	486	288.413,56
16	Kısıklı Mahallesi	1.836	1.536.030,65
17	Kirazlıtepe Mahallesi	2.540	1.008.019,93
18	Kuleli Mahallesi	536	134.670,91
19	Kuzguncuk Mahallesi	1.250	469.766,87
20	Küçük Çamlıca Mahallesi	1.361	939.151,07
21	Küçüksu Mahallesi	1.787	1.238.911,70
22	Küplüce Mahallesi	2.800	1.454.234,43
23	Mehmet Akif Ersoy Mahallesi	3.223	1.751.494,09
24	Mimar Sinan Mahallesi	1.816	2.414.173,14
25	Murat Reis Mahallesi	1.235	747.493,57
26	Salacak Mahallesi	890	713.841,62
27	Selami Ali Mahallesi	944	796.402,56
28	Selimiye Mahallesi	992	938.213,69
29	Sultantepe Mahallesi	903	894.746,02
30	Ünalın Mahallesi	3.188	2.257.624,80
31	Validei Atik Mahallesi	1.707	1.400.281,98
32	Yavuztürk Mahallesi	5.069	2.405.305,96
33	Zeynep Kamil Mahallesi	932	765.532,12
TOPLAM		55.642	40.802.361,34

Kaynak: Üsküdar Belediyesi Bilgi İşlem Müdürlüğü Veri Tabanı

6.3 MALZEME MİKTARININ HESAPLANMASI

Üsküdar ilçesinde 1999 yılından önce yapılan binalar ile ilgili hesaplanan alan miktarından yol üst yapısında kullanılmak üzere çıkacak atık malzemenin hesaplanması gerekmektedir. Yapı birim alanına isabet eden yaklaşık metraj birim ölçüleri Tablo 6.4’de görülmektedir. Kentsel dönüşüm süreci kapsamında değerlendirilen binalardan çıkacak malzemelerden beton, duvar ve sıva miktarları hesaplanarak yol üst yapısında kullanılabilir moloz miktarının yaklaşık olarak hesaplanması mümkündür.

Tablo 6.4: Yapı birim alanına isabet eden yaklaşık metraj birim ölçüleri

SIRA NO	MALZEME CİNSİ	YIĞMA		BETONARME KARKAS	
1	Betonarme Betonu	0,250	m ³ /m ²	0,38	m ³ /m ²
2	Betonarme Demiri	22,000	kg/m ²	34,00	kg/m ²
3	Kalıp	1,750	m ³ /m ²	2,60	m ³ /m ²
4	Kalıp İskelesi	1,900	m ³ /m ²	2,80	m ³ /m ²
5	İş İskelesi	1,430	m ² /m ²	1,43	m ² /m ²
6	Tuğla Duvar	0,200	m ³ /m ²	0,15	m ³ /m ²
7	İç Sıva	2,400	m ² /m ²	2,40	m ² /m ²
8	Dış Sıva	1,300	m ² /m ²	1,30	m ² /m ²
9	Tavan Sıvası	0,900	m ² /m ²	0,90	m ² /m ²
10	Badana (İç)	3,000	m ² /m ²	3,00	m ² /m ²
11	Fayans-Seramik	0,300	m ² /m ²	0,30	m ² /m ²
12	Ahşap Yapı + Karkas	0,150	m ² /m ²	0,15	m ² /m ²
13	Ahşap Pencere	0,120	m ² /m ²	0,12	m ² /m ²
14	Yağlı Boya	0,420	m ² /m ²	0,42	m ² /m ²
15	Ahşap Çatı, Kiremit Örtü	1,250	m ² /m ²	1,25	m ² /m ²
16	Metal örtü	1,330	m ² /m ²	1,33	m ² /m ²
17	Mozaik Döşeme Kaplaması	0,900	m ² /m ²	0,90	m ² /m ²
18	Cam	0,100	m ² /m ²	0,10	m ² /m ²

Kaynak: <http://www.imo.org.tr> [Erişim Tarihi: 28.11.2013]

Üsküdar ilçesinde 1999 yılından önce yapılan binalar ile ilgili hesaplanan alan miktarları ile Tablo 6.4’de beton, duvar ve sıva için verilen yapı birim alanına isabet eden yaklaşık

metraj birim ölçüleri kullanılarak çıkacak moloz miktarı Tablo 6.5'te hesaplanmıştır. Sıva moloz miktarı hesaplanırken sıva kalınlığı 3 cm olarak kabul edilmiştir.

Tablo 6.5: Moloz miktarının hesaplanması

Sıra No	Malzeme Cinsi	Birimi	Toplam Alan (m ²)	Birim Malzeme Miktarı (m ³ /m ²)	Moloz Miktarı (m ³)
1	Beton	m ³	40.802.361,34	0,250	10.200.590,34
2	Duvar	m ³	40.802.361,34	0,200	8.160.472,27
3	Sıva	m ³	40.802.361,34	0,027	1.101.663,76
TOPLAM					19.462.726,36

6.4 BİNA SEÇİMİ VE NUMUNE ALMA

Üsküdar'da Kentsel Dönüşüm Süreci 6306 sayılı Afet Riski Altındaki Alanların Dönüştürülmesi Hakkında Kanununun 31.05.2012 tarihinde yürürlüğe girmesiyle birlikte başlamıştır. Bu kapsamda değerlendirilen binaların adet bazında miktarları ve raporlarına ulaşılabilen bina sayıları mahalle bazında Tablo 6.6'da görülmektedir.

Tablo 6.6: Kentsel dönüşüm kapsamında yıkımı istenen ve raporlarına ulaşılabilen binaların mahalle bazında dağılımları

Sıra No	Mahalle Adı	Bina Sayısı (Adet)	Raporlarına Ulaşılan Bina Sayısı (Adet)
1	Acıbadem Mahallesi	19	3
2	Ahmediye Mahallesi		
3	Altunizade Mahallesi	3	
4	Aziz Mahmud Hüdayi Mahallesi	7	3
5	Bahçelievler Mahallesi		
6	Barbaros Mahallesi	1	
7	Beylerbeyi Mahallesi		
8	Bulgurlu Mahallesi	11	3
9	Burhaniye Mahallesi		
10	Çengelköy Mahallesi		
11	Cumhuriyet Mahallesi	6	
12	Ferah Mahallesi	11	1
13	Güzeltepe Mahallesi		
14	İcadiye Mahallesi	5	1
15	Kandilli Mahallesi		
16	Kirazlıtepe Mahallesi		
17	Kısıklı Mahallesi	11	3
18	Küçük Çamlıca Mahallesi	2	1
19	Küçüksu Mahallesi		
20	Kuleli Mahallesi		
21	Küplüce Mahallesi		
22	Kuzguncuk Mahallesi		
23	Mehmet Akif Ersoy Mahallesi		
24	Mimar Sinan Mahallesi	1	
25	Murat Reis Mahallesi	6	4
26	Salacak Mahallesi	13	6
27	Selami Ali Mahallesi	6	1
28	Selimiye Mahallesi	4	1
29	Sultantepe Mahallesi	7	3
30	Ünalan Mahallesi	7	4
31	Validei Atik Mahallesi	4	1
32	Yavuztürk Mahallesi		
33	Zeynep Kamil Mahallesi	3	
TOPLAM		127	35

Kaynak: Üsküdar Belediyesi Yapı Kontrol Müdürlüğü Arşiv Dosyaları.

Şekil 6.1: Salacak mahallesi kentsel dönüşüm kapsamında yıkımı istenen binalar

 <p>18 Pafta, 361 Ada, 14 Parsel Yıkımı devam ediyor.</p>	 <p>17 Pafta, 357 Ada, 22 Parsel Yıkımına başlanmamış.</p>	 <p>17 Pafta, 357 Ada, 21 Parsel Yıkımına başlanmamış</p>
 <p>10 Pafta, 1335 Ada, 147 Parsel Yıkımına başlanmamış.</p>	 <p>10 Pafta, 345 Ada, 41 Parsel Yıkımına başlanmamış.</p>	 <p>9 Pafta, 341 Ada, 36 Parsel Yıkımı başlamamış</p>
 <p>17 Pafta, 360 Ada, 34 Parsel Yıkımına başlanmamış</p>	 <p>17 Pafta, 357 Ada, 12 Parsel Yıkımı başlamamış</p>	 <p>9 Pafta, 341 Ada, 10 Parsel Yıkımı tamamlanmış</p>
 <p>20 Pafta, 353 Ada, 21 Parsel Yıkımı tamamlanmış</p>	 <p>17 Pafta, 360 Ada, 20 Parsel İnşai faaliyet devam etmekte</p>	 <p>17 Pafta, 360 Ada, 34 Parsel İnşai faaliyet devam etmekte</p>
 <p>11 Pafta, 349 Ada, 1 Parsel İnşai faaliyet tamamlanmış</p>		

Tablo 6.6’da bulunan bilgiler ışığında değerlendirme yapılmış olup raporlarına ulaşılabilen bina sayısının fazla olması sebebiyle Salacak Mahallesinden yıkımı istenen binalar ilgili numune alınmasına karar verilmiştir. Salacak Mahallesinde yıkılması için rapor düzenlenen binalar ile ilgili arazi çalışmasına ait resimler Şekil 6.1’de verilmiştir. Bu kapsamda 13 adet bina mahallinde tetkik edilerek Şekil 6.1’de belirtilen bilgilere ulaşılmıştır. Bu bilgiler ışığında yıkımı devam eden bir binadan yol üst yapısında kullanılabilirliğin araştırılması için numune alınmıştır. Ayrıca yıkımına henüz başlanmamış olan 7 binada yıkılması durumunda numune alınmak üzere haftalık mahallinde tetkikler ile gözlem altına alınmıştır. Ancak yıkımı beklenen 7 binadan sadece iki adet binanın yıkımı gerçekleşmiş olup bu binalardan numune alınmıştır. Bu binalardan bundan sonra BİNA 1 (18 Pafta, 361 Ada, 14 Parsel) ve BİNA 2 (17 Pafta, 357 Ada, 22 Parsel) olarak bahsedilecektir.

Salacak Mahallesi sınırları içerisinde belirlenen binalarla ilgili, yıkımı yapılan BİNA 1 ve BİNA 2’den yol üst yapısında kullanılabilirliğin araştırılması için numuneler alınarak İSFALT laboratuvarına götürülmüştür. Yıkılan binalardan numune alınırken sadece beton, sıva ve duvar kırıklarının alınmasına dikkat edilmiştir. Numune alınması ile ilgili resimler Şekil 6.2’de verilmiştir.

Şekil 6.2: Seçilen binalardan numune alımı



Numune alınan binalar ile ilgili Çevre ve Şehircilik Bakanlığında lisans almış firma tarafından hazırlanan Riskli Bina Tespit Raporları içerisinde deney yapılarak bulunan ortalama beton dayanımları ve bina yapım yılları Tablo 6.7’de verilmiştir.

Tablo 6.7: Seçilen binaların yapım yılları ve basınç dayanımları

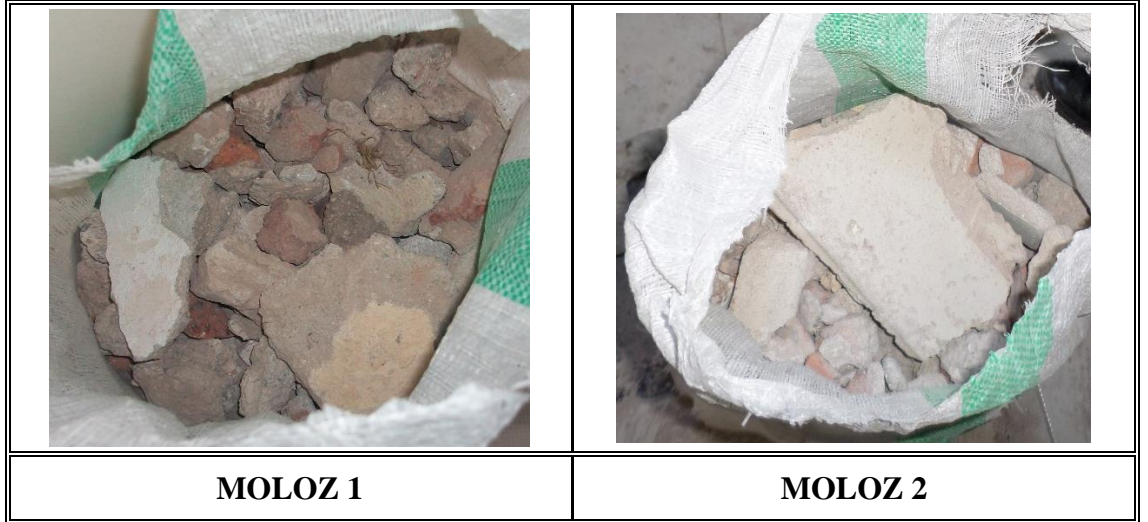
BİNA ADI	YAPIM YILI	ORTALAMA BETON BASINÇ DAYANIMI (N/mm ² - MPa)
BİNA 1	1969	10,8
BİNA 2	1977	8,03

Kaynak: Riskli Bina Tespit Raporları

6.5 YOL ÜST YAPISINDA KULLANILABİLİRLİK

Belirli kriterler ve mevcut durum kısıtlamaları ile seçilen Bina 1 ve Bina 2'den numune alındıktan sonra İSFALT Genel Müdürlüğü laboratuvarına götürülmüş olup bina numaralarına göre götürülen malzeme, MOLOZ 1 ve MOLOZ 2 (bkz. Şekil 6.3) olarak isimlendirilerek, çeşitli agrega deneylerine tabi tutulmuştur. Götürülen malzemeler tane büyüklüğü deney yapmaya elverişli olmaması sebebiyle, MOLOZ 1 ve MOLOZ 2 Şekil 6.4'te görüldüğü gibi konkasörden geçirilerek mekanik olarak parçalanmaları sağlanmıştır.

Şekil 6.3: Malzeme Örnekleri



Şekil 6.4: Malzemenin konkasörden geçirilmesi



Konkasör yardımıyla Moloz 1 ve Moloz 2 malzemeleri içerisinde bulunan büyük parçalar kırıldıktan sonra agrega deneylerine başlanmıştır. Moloz 1 ve Moloz 2 malzemeleri için Elek Analizi deneyi yapılmış olup sonuçları Tablo 6.8’de bulunmaktadır.

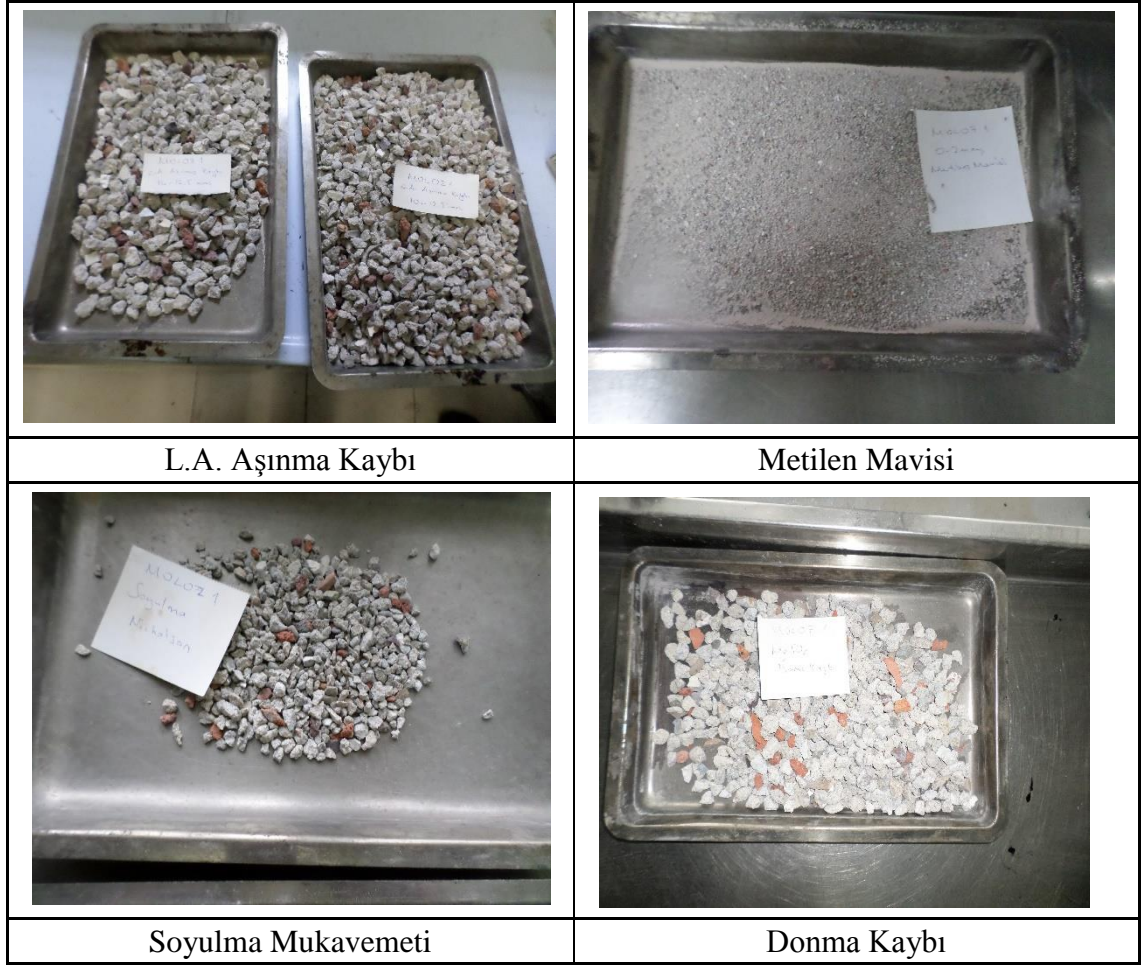
Tablo 6.8: İnşaat molozu gradasyonları

Elek Açıklığı (mm)	0-50mm Moloz 1 (% Geçen)	0-50mm Moloz 2 (% Geçen)
50 mm		
37,5mm	88,1	41,6
25,4mm	69,7	17,8
19,0 mm	60,1	13,1
12,5 mm	49,5	10,6
9,5 mm	43,5	9,3
4,75 mm	32,9	6,9
2,0 mm	21,4	4,9
0,425 mm	7,6	2,5
0,180 mm	3,6	1
0,075 mm	1,9	0,5

Kaynak: İsfalt Laboratuvarı Deney Sonuçları

Moloz malzemelerin fiziksel özelliklerinin belirlenmesi için belirli gradasyon ve miktarlarda malzemeler Şekil 6.5’te görüldüğü gibi ayrılmıştır. Ayrılan malzemeler ile Moloz 1 ve Moloz 2 için ayrı ayrı deneyler yapılarak fiziksel özellikler Tablo 6.9’da gösterildiği üzere belirlenmiştir.

Şekil 6.5: Hazırlanmış deney numuneleri



Tablo 6.9: İnşaat atıklarının fiziksel özelliklerinin belirlenmesi

DENEY ADI	BİRİM	DENEY METODU	MOLOZ 1	MOLOZ 2
Aşınma Kaybı (LA),	%	TS EN 1097-2	55	57
Yassılık	%	BS 812	35,1	32,2
Absorbsiyon,(Kaba) .	%	TS EN 1097-6	11,4	11,6
Soyulma Mukavemeti , (Bağlayıcı ile uyum)	%	Nicholson	10 - 15	10 - 15
Plastisite İndeksi	%	TS 1900	N.P.	N.P.
Metilen Mavisi	%	TS EN 933-9	0,25	0,25
MgSo4 ile Donma Kaybı,	%	TS EN 1367-2	20	39,7
Tane Yoğunluğu	gr/cm ³	TS EN 1097-6	1,983	1,885

Kaynak: İsfalt Laboratuvarı Deney Sonuçları

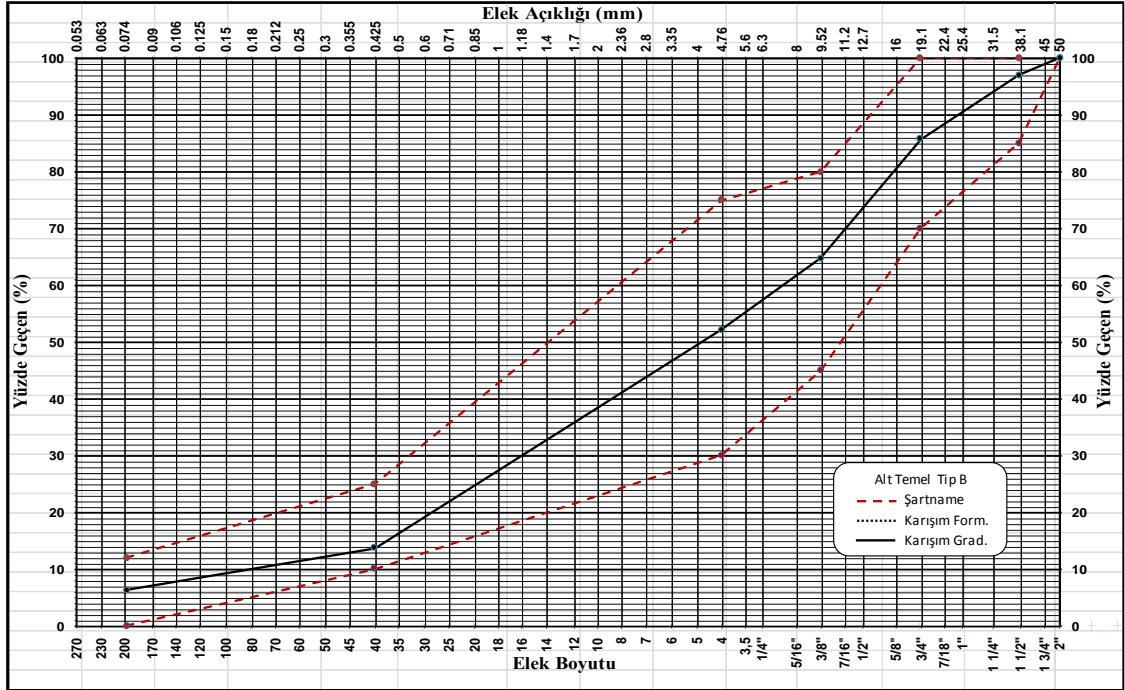
Yapılan deneyler neticesinde Moloz 1 ve Moloz 2 ile ilgili fiziksel özellikler bulunmuş olup şartnamelerde belirtilen kriterlerin sağlanmadığı tespit edilmiştir. Tablo 6.9 incelendiğinde her iki malzemede de Absorbsiyon yüzdeleri çok yüksek çıktığından bu malzemelerin bitümlü katmanlarda kullanımına imkan vermemektedir. Moloz malzemelerin gradasyon değerleri, fiziksel özellikleri ile İSFALT Genel Müdürlüğü'nde bu konuda daha önce yapılmış çalışmalar göz önünde bulundurularak yol üst yapısı imalatı için kullanılan agregalar (%75) ile Moloz 1 ve Moloz 2'den elde edilen karışım (%25) kullanılarak yeni bir malzeme hazırlanmasına karar verilmiştir. Bu malzeme ile ilgili yapılan Elek Analizi Deneyi sonuçları Tablo 6.10'da verilmiştir. Hazırlanan karışımın gradasyonun Şekil 6.6'da görüldüğü gibi Alttemel Tip A'ya uygun olduğu belirlenmiştir.

Tablo 6.10: Karışım gradasyonu

Elek Açıklığı (mm)	%25 Moloz + % 75 Agregası Alt Temel Tip A (% Geçen)
50 mm	
37,5mm	100
25,4mm	100
19,0 mm	87,5
12,5 mm	100
9,5 mm	69,2
4,75 mm	58,1
2,0 mm	100
0,425 mm	17,5
0,180 mm	100
0,075 mm	8

Kaynak: İsfalt Laboratuvarı Deney Sonuçları

Şekil 6.6: Karışımın elek analizi grafiği



Kaynak: İsfalt Laboratuvarı Deney Sonuçları

Gradasyon değerleri Alt Temel Tip A'ya uygun bulunan karışımın fiziksel özellikleri ile ilgili deney sonuçları ve Alttemel Tip A Şartname limitleri Tablo 6.11'de gösterilmiştir. Karışım malzeme için yapılan deney sonuçları incelendiğinde inşaat atık malzemenin %25 oranında agrega ile karıştırıldığında Alttemel Tip A için belirlenen Şartname koşullarını sağladığı görülmektedir. Sadece Absorbsiyon yüzdesi agregaya göre daha yüksek bulunmuştur. Ancak bu katmanda bağlayıcı olarak su kullanıldığından maliyeti artırıcı etkiden bahsetmek söz konusu değildir.

Tablo 6.11: Karışımın fiziksel özellikleri

Deneyler	Birim	Metod	Avr.Yakası Fabirkaları Agregaları	%25 MOLOZ % 75 AGREGA	Şartname Alttemel Tip.A
Aşınma Kaybı (LA)	%	TS EN 1097-2	21,5	28	Maks 45
Yassılık	%	BS 812	26,5	30,4	Maks 35
Absorbsiyon,(Kaba)	%	TS EN 1097-6	0,61	3,1	Maks 3,5
Soyulma Mukavemeti,	%	Nicholson	65-75	65-75	-
Plastisite İndeksi	%	TS 1900	NP	NP	Maks 6
Metilen Mavisi	%	TS EN 933-9	0,75	1	Maks 4
MgSo4 ile Donma Kaybı	%	TS EN 1367-2	4,2	-	Maks 25
Tane Yoğunluğu	gr/cm ³	TS EN 1097-6	2,699	2,465	-

Kaynak: İsfalt Laboratuvarı Deney Sonuçları

Karışım ile ilgili Dizayn Raporu Şekil 6.7’de verilmiştir. Kullanılan inşaat molozunun kalitesi ve kırılma şekilleri göz önünde bulundurularak daha farklı katmanlarda da yeni karışım dizaynları oluşturulabilir. Üst yapı katmanlarında kaplama tabakasına yaklaştıkça daha düşük oranlarda uzaklaştıkça daha yüksek oranlarda inşaat atık malzemeleri kullanmak tüm bu veriler ışığında mümkün gözükmemektedir.

Şekil 6.7: Karışım dizayn raporu

PLENTMİKS DİZAYN RAPORU		Laboratuvar Kalite Yönetim Sistemi					
		Yayın Tarihi		17/02/2010			
Düzenleme Tarihi		16/12/2013					
Düzenleyen Birim		Kalite Yönetim ve Ar - Ge Müdürlüğü					
Proje		Bahçeşehir Üni.Moloz Çalışması					
Tipi		Alt Temel Tip A				Rapor No	302
Metodu		TS 1900 -1					
KARIŞIM %' LERİ							
İnşaat Molozu		: 25					
25 - 38 mm (4 no agregası)		: 5					
12 - 19 mm (2 no agregası)		: 15					
5 - 12 mm (1 no agregası)		: 10					
0 - 5 mm (Taş tozu)		: 45					
Toplam		100					
Elek No.	İnşaat Molozu	25 - 38 mm	12 - 19 mm	5 - 12 mm	0 - 5 mm	Karışım	Şartname
3"	100	100,0				100	100 - 100
2"	100	100,0	100,0			100	100 - 100
1 1/2"	88,1	100,0	100,0	100,0		97,0	85 - 100
3/4"	60,1	25,5	96,5	100,0	100,0	85,8	70 - 100
3/8"	43,5	0,8	7,2	77,0	100,0	64,7	45 - 80
No 4	32,9	0,2	1,9	13,6	93,9	52,1	30 - 75
No 40	7,6	0,2	0,4	1,2	25,7	13,7	10 - 25
No 200	1,9	0,1	0,4	1,1	12,6	6,3	0 - 12
Maksimum Kuru Birim Ağırlık (ton/m3)		Standart	-		CBR (%)	Standart	
		Modifiye	2,193			Modifiye	251
Optimum Su İçeriği %		Standart	-		Arterberg Limitleri	Likit Limit %	
		Modifiye	6,4			Plastik limit %	
						Plastisite İndeksi	N.P
Yassılık İndeksi Ortalama %				30,4	Aşınma (Los Angeles) %		28,0
DENEYİ YAPAN		GÖZETİM YAPAN				O N A Y	

Kaynak: İsfalt Laboratuvarı Deney Sonuçları

6.6 ÜSKÜDAR İLÇESİ İÇİN MOLOZ MALZEME İHTİYACI

Üsküdar ilçesinde Kentsel Dönüşüm Sürecinin tamamlanmasıyla ortaya çıkacak atık malzeme miktarının ilçe içerisinde ne ölçüde kullanılacağını belirlemek için Üsküdar Belediyesi Fen İşleri Müdürlüğü Veri Tabanı kullanılarak ulaşılan son 9 yıla ait imalat miktarları Tablo 6.12’de verilmiştir.

Tablo 6.12: İmalat miktarları

YIL	Asfalt Yol Yapımı (Ton)	Tretuar Yapımı (m ²)	Parke Yol Yapımı (m ²)	Yeni Yol Yapımı (m ²)	Yol Genişletme (m ²)
2005	45.750,663	19147,00	24356,00	7700,00	10885,00
2006	80.318,029	74392,00	177872,00	11130,00	33236,00
2007	55.090,084	48482,00	81787,00	3080,00	9194,50
2008	65.726,280	53018,00	111681,00	10360,00	13443,50
2009	21.394,200	58931,00	80794,00	15638,00	7367,50
2010	50.014,200	84549,00	73907,00	9408,00	10738,00
2011	70.161,000	111205,00	59820,00	2387,00	15438,50
2012	66.953,130	91649,00	59214,00	350,00	4756,50
2013	64.450,540	114130,06	63519,00	3507,00	2632,00
TOPLAM	519.858,126	655503,06	732950,00	63560,00	107691,50

Kaynak: Üsküdar Belediyesi Fen İşleri Müdürlüğü Veri Tabanı

Yukarıdaki tabloda yıllara göre yapılan imalat miktarları incelendiğinde alttemel katmanlarını içeren Tretuar Yapımı, Parke Yol Yapımı, Yeni Yol Yapımı ve Yol Genişletme imalat miktarlarının ortalaması alınarak çıkan moloz miktarının bu veriler ışığında yıllık ihtiyaç hesaplanacaktır. Son dokuz yıla ait imalat miktarlarının ortalaması Tablo 6.13’de görülmektedir.

Tablo 6.13: 2005-2013 yıllarına ait ortalama imalat miktarları

Tretuar Yapımı (m ²)	Parke Yol Yapımı (m ²)	Yeni Yol Yapımı (m ²)	Yol Genişleme (m ²)	TOPLAM (m ²)
72.833,673	81.438,889	7.062,222	11.965,722	173.300,507

Kaynak: Üsküdar Belediyesi Fen İşleri Müdürlüğü Veri Tabanı

Yıllık ortalama olarak yapılan yol miktarlarında altemmel tabakasının 20 cm kalınlığında yapıldığı düşünöldüğünde yıllık ortalama 34.660,10 m³ malzemeye ihtiyaç olduğu hesaplanmaktadır. Bu miktarın yüzde 25'inin inşaat molozları ile karşılanacağı düşünöldüğünde yıllık ortalama 8.665,03 m³ atık malzemeye ihtiyaç olduğu sonucuna varılmaktadır.

6.7 MALİYET HESABI

Üsküdar ilçesinde Kentsel Dönüşüm Sürecinin tamamlanmasıyla ortaya çıkacak atık malzemenin kullanılması ve kullanılmaması halinde ortaya çıkacak maliyetlerin hesaplanması için maliyeti ortaya çıkaracak iş kalemlerinin belirlenmesi gerekmektedir.

Bu malzemenin kullanılmaması halinde depolama alanlarına taşınması gerekmektedir. Taşımanın ortaya çıkaracağı maliyetin iki ana başlık altında nakliye ve döküm sahalarına ödenen ücretler olarak hesaplanması gerekmektedir. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından yayınlanan İnşaat Birim Fiyat Analizlerinde bulunan SBNF.27 numaralı “Şantiye Dışına Kamyonla Kazı Malzemesi ve Moloz Nakli” pozunun ton fiyatı 24,34 TL olarak belirlenmiştir. Ayrıca tablo 6.14'te hafriyat döküm sahaları için belirlenen ücretlerden Şile Kurna döküm sahası nakit döküm için belirlenen ton fiyatı 3 TL göz önünde bulundurulduğunda toplam fiyat 27,37 TL olarak hesaplanmaktadır.

Tablo 6.14: Hafriyat döküm sahaları ücretleri

SAHALAR	HARFİYAT TOPRAĞI (TL/TON Kdv Dahil)	NAKİT DÖKÜM (TL/TON Kdv Dahil)
Tayakadın	2,5	4
Ağaçlı	2,5	4
Seymenköyü/Silivri	2	Nakit Döküm Yok
Şile Kurna	2	3
Bolluca	3	4,5
Ömerli	4,13	5,9
Akfirat (Tepeören Tuzla)	6,5	9,5
Kömürcüoda Geri Kazanım	-	-
Muratbey	6,5	-

Kaynak: <http://www.istac.com.tr> [Erişim Tarihi: 28.11.2013]

Üsküdar ilçesinde hesaba katılan binalarda kentsel dönüşümün uygulanması ve bu binalardan çıkacak atık malzeme miktarının malzeme yoğunluğunun 1,6 ton/m³ kabulü ile döküm sahalarına taşınma maliyeti tablo 6.15’te hesaplanmıştır.

Tablo 6.15: Döküm sahalarına taşıma maliyeti

Malzeme Miktarı	Birim	Birim Fiyat	Maliyet
31.140.362,18	ton	27,37 TL	852.311.712,76 TL

Süreç neticesinde ortaya çıkan malzemenin alttemel katmanında kullanılması durumunda alttemel (yüzde 100 agrega) ve karışım alttemel (yüzde 75 agrega + yüzde 25 moloz) için malzeme maliyetlerinin hesaplanması gerekmektedir. Alttemel (yüzde 100 agrega) malzeme maliyeti için Karayolları Genel Müdürlüğü tarafından yayınlanan İnşaat Birim Fiyat Analizlerinde bulunan KGM/08.021/K(T) numaralı “Ocaktan Taş Hazırlanması” pozunun ton fiyatı olan 7,37 TL belirlenmiştir. Karışım alttemel (yüzde 75 agrega + yüzde 25 moloz) malzeme maliyet ise molozun geri dönüşüm tesislerine nakliyesi mülk sahipleri tarafından gerçekleştirileceği göz önünde bulundurulduğunda 5,53 TL olarak hesaplanmaktadır.

Tablo 6.16: Alttemel için kırma – eleme maliyeti

ALTTEMELE İÇİN KIRMA - ELEME İŞLEMİ (m ³)				
GİRDİLER	Ölçü	Miktarı	Birim Fiyatı	Tutarı
150 m YE TAŞIMA				
HER CİNS VE TONAJDA MOTORLU ARAÇ TAŞIMA KATSAYISI K	K	0.00375	183,00	0,69
KONKASÖRE VE TAŞITLARA YÜKLEME VE KONKASÖR ALTININ BOŞALTILMASI				
LASTİK TEK. YÜKLEYİCİ 1 SAAT ÜCRETİ (1.5 YD3,80 DHP	SA	0.025	63,98	1,60
KIRMA, ELEME				
KONKASÖRÜN BİR SAATLİK ÜCRETİ(PRİMER 15X24 INC)	SA	0.025	141,72	3,54
BOŞALTMA, FİĞÜRE				
DÜZ İŞÇİ (İNŞAAT İŞÇİSİ)	SA	0.3	4,65	1,40
TOPLAM				7,23

Kaynak: Karayolları Genel Müdürlüğü

Her iki durum için malzeme maliyeti belirlendikten sonra uygun gradasyonu sağlamak üzere malzemelerin kırma eleme maliyetinin hesaplanması gerekmektedir. Karayolları Genel Müdürlüğü tarafından yayınlanan İnşaat Birim Fiyat Analizlerinde bulunan

KGM/15.102/1-K numaralı ‘‘Ocak Taşından Konkasör ile Kırılmış ve Elenmiş 50 mm (2 inç) lik Alt Temel Malzemesi Temini’’ pozundan faydalanılarak tablo 6.16’da görüldüğü gibi kırma eleme maliyetinin m³ fiyatı 7,23 TL belirlenmiştir. Malzeme yoğunluğunun 1,6 ton/m³ kabulü ile kırma eleme maliyetinin ton fiyatı 4,52 TL olarak hesaplanmaktadır.

İzmir Ticaret Odası tarafından yayınlanan AR&GE Bülten 2012 Aralık-Sektörel yayınında her 1 metreküp inşaat/yıkıntı atığından yaklaşık 0,60 metreküp malzeme geri dönüştürüldüğü belirtilmektedir. Bu bilgi ışığında 1 ton geri dönüştürülmüş malzeme için 1,67 ton malzemenin kırma eleme işleminden geçirilmesi gerektiği anlaşılmaktadır. Kırma eleme maliyetinin ton fiyatı 4,52 TL olarak belirlendiğinden moloz malzemenin 1 ton malzeme elde edilmesinin maliyeti 7,55 TL olarak hesaplanmaktadır.

Bu bilgiler ışığında tablo 6.17 incelendiğinde karışım alttemel (yüzde 75 agrega + yüzde 25 moloz) için birim ton maliyeti, 5,53 TL malzeme maliyeti ve 5,28 TL kırma eleme maliyeti olmak üzere toplam 10,81 TL olarak hesaplanırken alttemel (yüzde 100 agrega) için birim ton maliyeti, 7,37 TL malzeme maliyeti ve 4,52 TL kırma eleme maliyeti olmak üzere toplam 11,89 TL olarak hesaplanmaktadır. Ayrıca karışım alttemel kullanılması halinde birim ton başına maliyetin 1,08 TL düşürüldüğü görülmektedir.

Tablo 6.17: Birim malzeme maliyetleri

Malzeme Cinsi	Malzeme Birim Fiyatı (ton)	Kırma/Eleme Birim Fiyatı (ton)	Toplam Tutar
Alttemel (%100 Agrega)	7,37 TL	4,52 TL	11,89 TL
Karışım Alttemel (%75 Agrega + %25 Moloz)	5,53 TL	5,28 TL	10,81 TL
Malzeme Fiyat Farkı	1,84 TL	-0,76 TL	1,08 TL

Üsküdar’da kentsel dönüşüm sürecinin 20 yıl içerisinde tamamlanacağı kabulü ile ilçe genelinde kullanılacak malzeme miktarı ve kalan malzeme miktarının ne şekilde değerlendirileceği ekonomiye sağlatılacak katma değer açısından önemlidir. Üsküdar ilçe genelinde gerekli olan yıllık atık malzeme miktarı 8.665,03 m³ olarak hesaplanmış olup malzeme yoğunluğunun 1,6 ton/m³ kabulü bu miktar 13.864,05 ton olarak

hesaplanmaktadır. Üsküdar'da kentsel dönüşüm sürecinin 20 yıl içerisinde tamamlanacağı kabulü ile ilçe genelinde çıkacak malzeme miktarı 31.140.362,18 ton olarak hesaplanırken geri dönüşüm uygulandıktan sonra elde edilecek malzeme miktarı 18.646.923,46 ton olarak hesaplanmaktadır. Üsküdar ilçesi genelinde 20 yıl içerisinde kullanılacak toplam malzeme miktarı 277.281,00 ton olarak belirlenirken süreç neticesinde çıkacak malzeme miktarından Üsküdar'ın ihtiyacı çıkarıldığında geriye 18.369.642,46 ton moloz malzeme kalmaktadır. Geri dönüştürülmüş bu malzemenin kırma eleme maliyeti ise birim ton fiyatı 7,55 TL olarak göz önüne alındığında ihtiyaç fazlası moloz için toplam maliyet 138.690.800,57 TL olarak hesaplanmaktadır.

Tablo 6.18: Moloz kullanım alanlarına maliyet ve kar hesabı

Moloz Kullanım Alanı	Moloz Miktarı (ton)	Birim Fiyatı	Birim TUTAR	Birim Maliyet	Birim Maliyet TUTARI	TOPLAM KAR
Alttemel	277.281,00	11,89 TL	3.296.871,09 TL	10,81 TL	2.997.407,61 TL	299.463,48 TL
Moloz	18.369.642,46	9,55 TL	175.430.085,49 TL	7,55 TL	138.690.800,57 TL	314.120.903,17 TL
TOPLAM	18.646.923,46		178.726.956,58 TL		141.688.208,18 TL	314.420.366,65 TL

Alttemel (yüzde 100 agrega) için birim ton maliyeti 11,89 TL olarak hesaplanırken alttemel katmanında kullanıma hazır hale getirilen moloz malzemenin birim ton maliyeti 7,55 TL olarak belirlenmiştir. Geri dönüştürülmüş malzemenin kalite olarak agregadan daha kötü durumda olması ve tek başına kullanılamaması düşünüldüğünde satış fiyatı belirlenirken agregadan daha düşük olmasına dikkat edilmelidir. Moloz malzemenin işlendikten sonra satılması durumunda birim ton malzemedan 2 TL kar düşünüldüğünde kalan malzemedan elde edilecek toplam kar tutarı 314.420.366,65 TL olarak hesaplanmaktadır.

Moloz kullanım alanlarına göre toplam maliyet ve kar hesabını içeren tablo 6.18 incelendiğinde Üsküdar'da Kentsel Dönüşüm Sürecinin tamamlanmasıyla ortaya çıkacak atık malzemenin alttemel içerisinde ve agregaya dönüştürülerek satılması durumunda birim tonda ve toplamda elde edilecek tutarlar görülmektedir. Atık malzemenin kullanılması durumunda toplamda 314.420.366,65 TL tasarruf sağlanacağı hesaplanmaktadır.

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Ülkemizde hızla gelişen bilinçlenme olgusunun bir getirisi olarak ortaya çıkan Kentsel Dönüşüm Süreci ve bu sürecin getirdiği problemler irdelenmesi gereken konular olarak karşımıza çıkmaktadır. Kentsel Dönüşüm Süreci ile insan hayatının önemi ön plana çıkarken, sürdürülebilirlik ve çevre konularının da eşgüdümlü olarak irdelenmesiyle süreçten tam bir başarı beklenmesi mümkündür.

Ülkemizde son yıllarda ulaşım projeleri anlamında çok büyük atılımlar yaşanmaktadır. Büyük kapsamlı projeler hayata geçirilmekte ve geçirilmeye devam etmektedir. Bu projeler kapsamında kullanılan malzemelerin çoğunluğu doğal malzemeler olarak karşımıza çıkmaktadır. Doğal malzemeler bakımından ülkemizin zengin oluşu şuan için bir problem oluşturmamaktadır. Ancak doğal malzemelerin tüketimi düşünüldüğünde, kaynak bulma bakımından sıkıntı yaşanması için gelecek zaman açısından, çok uzun bir süreçten bahsetmek mümkün olmamaktadır. Doğal kaynakların korunması, kullanılan malzemeler yerine kullanılabilir atık sistemi geliştirilmesi ve hayata geçirilmesi ile mümkündür. Ülkemizde başlayan Kentsel Dönüşüm süreci göz önünde bulundurulduğunda çıkacak yapı atıklarının geri dönüşüm yöntemleri ile tekrar kullanılabilirlerinin araştırılması gerekmektedir.

Bu çalışmamızda Üsküdar ilçesinde, Kentsel Dönüşüm Sürecinin tamamlanmasına müteakip çıkacak toplam atık miktarı hesaplanmaya çalışılmıştır. Üsküdar ilçesinde bina stoku içerisinde yapım yılları baz alınarak ve 1999 yılı öncesinde yapılan binaların kontur-gabari bilgileri göz önünde bulundurularak çıkacak atık malzeme miktarının bulunması hedeflenmiştir. Bu yöntemle binalar için toplam hacim miktarı hesaplanmış olup bulunan hacmin üçte ikisinin boşluk olduğu kabulü ile net malzeme miktarı belirlenmiştir.

Kentsel dönüşüm kapsamında değerlendirilen binalardan alınan atık malzemelere agrega deneyleri uygulanmıştır. Yapılan deneyler neticesinde çıkan sonuçlar irdelenmiş olup bu konuda İsfalt Genel Müdürlüğü Laboratuvarında daha önce yapılan çalışmalar göz

önünde bulundurulur atık malzeme ile agrega belirli gradasyon ve oranlarda bir araya getirilerek karışım oluşturulmuştur. Oluşturulan karışım tekrar agrega deneylerine tabi tutulmuş ve yol üst yapısı katmanlarından Alttemel Tip A'da kullanılabilirliği ispatlanmıştır.

Üsküdar ilçesinde çıkacak moloz miktarı bu kapsamda değerlendirildiğinde yol yapım işlerinde Alttemel Tip A için kullanılacak agrega miktarını yüzde 25 oranında düşüreceği düşünülmektedir. Üsküdar ilçesinde toplam 55.642 adet binadan 19.462.726,36 m³ (31.140.362,18 ton) atık malzeme çıkacağı hesaplanmıştır. Bu veriler ışığında Üsküdar ilçesinde hesaba katılan binalarda kentsel dönüşüm uygulamasının 20 yıl içerisinde tamamlanması ve bu binalardan çıkacak atık malzemenin ilçe ihtiyacı düşünülerek alttemel içerisinde kullanılması ve agregaya dönüştürülerek satılması durumları göz önünde bulundurulduğunda ülke ekonomisine 314.420.366,65 TL'lik katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Ayrıca Kentsel dönüşüm neticesinde çıkacak atıkların çevreye olacak etkisi, görüntü kirliliğinin yanı sıra atıkların doğada yok oluş süreleri göz önüne alındığında ciddi bir sorun olarak karşımıza çıkmaktadır. Binaların yıkılmasıyla birlikte ortaya çıkacak cam, plastik ve metal malzemelerin çevreye olan etkileri, ayrıca bir araştırma konusu olup Çevresel Etki Değerlendirme Raporları ile belirlenmesi mümkündür.

Kentsel Dönüşüm sürecinin ileriki safhalarında daha fazla binanın yıkılması ile çıkan atık malzemenin diğer katmanlarda kullanılabilirliğinin araştırılması mümkün olacaktır. Kısıtlı zaman aralığında kısıtlı bina sayısı ile elde edilen veriler ümit verici olup çıkan malzeme miktarı ve çeşitliliğinin artmasıyla birlikte çıkan malzemenin beton dayanımı ve yapım yılları arasında bir bağlantı kurulması halinde yıkılacak binalardan çıkan malzemelerden beklenecek performansların belirlenmesi mümkün olacaktır. Bu sayede Kentsel Dönüşüm kapsamında değerlendirilen binalar için hazırlanan raporlar ışığında malzemenin hangi yol katmanında ne oranda kullanılacağı önceden belirlenmiş olacaktır.

KAYNAKÇA

Kitaplar

- Ed Kearney P. E., 2008. *A Carrier In Recycling*, NYSDOT, Asphalt Enstitüsü, Gorman Bros. Inc., Wirtgen America Inc. Consultant.
- Genç, 2003. *Kent Yenileme ve Yerel Yönetimler: Kamu Yönetimi Perspektifi*, Yerel ve Kentsel Politikalar, Konya: Çizgi Kitabevi.
- Ilıcalı, M., Eren, K., Özen, H., Sönmez, İ., Tayfur, S., 2001. *Asfalt ve Uygulamaları*, İstanbul: İsfalt Yayınları.
- Keçeciler, A. F. ve Gümrükçüoğlu, A, 1988. *Bitümlü Malzemeler Laboratuvar El Kitabı*. Ankara: K.G.M Teknik Araştırma Dairesi Başkanlığı.
- Köroğlu M. A. ve Köken A., 2007. *Düşük Mukavemetli Atık Betonların Beton Agregası Olarak Kullanılabilirliği*, Konya.
- Kurt, O., 2012. *Ulaşım Ders Notları*. Kocaeli: Kocaeli Üniversitesi Harita Mühendisliği.
- Orhan,F., 2012. *Bitümlü Karışımlar Laboratuvarı Çalışmaları*. Ankara: K.G.M Teknik Araştırma Dairesi Başkanlığı.
- Önal, A. ve Kahramangil, M., 1993. *Bitümlü Karışımlar Laboratuvar El Kitabı*. Ankara: K.G.M Teknik Araştırma Dairesi Başkanlığı.
- Özdemir, D., 2007. *Kamu-Özel Sektör Ortaklıkları ve Yönetişim*, Yerel Yönetimler Üzerine Güncel Yazılar – II, Ankara: Nobel Yayın Dağıtım, ss. 313-333.
- Özden, P,P., 2008. *Kentsel Yenileme*,İstanbul: İmge Yayınevi, s.236.
- Öztürk, M., 2005-a. *İnşaat / Yıkıntı Atıkları Yönetimi*. Ankara: Çevre ve Orman Bakanlığı.
- Roberts, P., 2000. *The Evolution, Definition and Purpose of Urban Regeneration*. Urban Regeneration a Handbook. British Urban Regeneration Association, ss. 9-36.
- Tunç, A., 2001. *Yol Malzemeleri ve Uygulamaları*, İstanbul: Atlas Yayınları, s.840.
- Umar, F., Açar, E., 1985. *Yol Üstyapısı*, İstanbul: İ.T.Ü İnşaat Fakültesi.

Sürelî Yayınlar

- Akkan, M., 2006. *Kentsel Dönüşüm Üzerine Batı'daki Kavramlar, Tanımlar, Süreçler ve Türkiye, Planlama*, TMMOB Şehir Plancıları Odası.
- Ali, N., Chan, J.S., Simms, S., Bushman, R., Bergan, A.T., 1996. *Mechanistic evaluation of fly ash asphalt concrete mixtures*, Journal of Materials in Civil Engineering, ASCE.
- Aravind, K. ve Das, A., 2007. *Bituminous pavement recycling*. Journal of Materials in Civil Engineering.
- ARRA, 2001. *Asphalt recycling and reclaiming association basic manual rebuilding by reclaiming- the FDR process*, Better Roads Magazine.
- Bostancıoğlu E., Düzgün B. E., 2004 *.Ekoloji ve Ahşap-Türkiye' de Ahşap Malzemenin Geleceği*, Bursa: Uludağ Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, **Cilt 9**, Sayı 2, s. 37-44.
- Ciravoğlu, A., İslam, T., 2006. *Soylulaştırma ve İstanbul*, Mimar İst., (21).
- European Asphalt Pavement Association*, 2008. Arguments to stimulate the government to promote asphalt reuse and recycling.
- Kılıç N.,2012. *Kentsel Dönüşümde Geri Dönüşüm Atağı*, İzmir Ticaret Odası AR&GE Bülten 2012 Aralık-Sektörel.
- Te Dorsthorst B J H, Kowalczyk T, 2005. *State of Deconstruction in the Netherlands, Techniques, Economics, and Safety*, Editors: Charles J. Kibert, Abdol Chini, and Charles Hendriks, Hollanda, s.s. 1, 2, 10-14.
- TMH - Türkiye Mühendislik Haberleri, 2003/5. Sayı 427.

Diğer Yayınlar

- Acar, S.O., Tapkın, S., 1998. Portland çimentosu kullanılarak hazırlanan Marshall numunelerinin özelliklerinin incelenmesi, 2. *Ulusal Asfalt Sempozyumu Bildiriler Kitabı*, Ankara, s. 95.
- Akıoğlu E., Köylüoğlu O.S, Arıoğlu N., 1996. Dünyada Geri Kazanılmış Agreganın Üretim Politikalarının Gözden Geçirilmesi ve Ülkemiz Açısından İrdelenmesi, 1. *Ulusal Kırmataş Sempozyumu'96*, İstanbul, s. 33–51.
- Akbulut, H., Gürer, C., İçağa, Y., 2003. *Atık Agregaların Yol Kaplamalarında Kullanımı Bildirisi*, Afyon Kocatepe Üniversitesi.
- Akpınar, A.F., (2005). Asfalt kırığı agregalı betonların mekanik özellikleri. *Yüksek Lisans Tezi*, Eskişehir: Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, FBE. s. 79.
- Al-Ansary, M. S., El-Haggar, S.M., Taha, M. A., 2004. Sustainable guidelines for managing demolition waste in egypt, *Proceedings Of The International RILEM Conference On The Use Of Recycled Materials in Building and Structures*, Barselona: ss.1–11.
- Asfalt Taahhüt Ticaret Sanayi A.Ş., 2013, <http://www.asyol.com.tr/tabakalar.html> [erişim tarihi: 4 Aralık 2013].
- Asphalt Institute, 1983. *Asphalt cold mix recycling manual*, p. 121.
- Asphalt Institute, 2006. *Asphalt concrete cold recycling user guide*, p. 55.
- Bansci, J.J., Benedek, A., Emery, J.J. and Lawrence, J., 1980. *The leaching of toxic organic compounds from solid wastes*, EPA National Conference on Management of Uncontrolled Waste Sites, p. 173.
- Coşkun, U., (2007). Hazır beton santrallerinde geri dönüşüm sistemi ile kazanılan atık suyun (milli su) beton üretiminde değerlendirilmesi. *Yüksek Lisans Tezi*. Afyon: Afyon Kocatepe Üniversitesi FBE.
- Cüre, S., (2005). Kalite kontrolü. *Yüksek Lisans Tezi*. Balıkesir: Balıkesir Üniversitesi FBE.
- Çevre Bilgi Portalı, 2007, http://www.cevreonline.com/atik2/geri_donusum.htm [erişim tarihi: 18 Kasım 2013].
- Çevre ve Orman Bakanlığı, 2004. *Hafriyat Toprağı, İnşaat ve Yıkıntı Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği*, www.cevreorman.gov.tr/yasa/y/25406.doc [erişim tarihi: 18 Kasım 2013].

- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2009, İnşaat Birim Fiyat Analizleri
- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2013, <http://www.csb.gov.tr/> [erişim tarihi: 15.10.2013]
- Decker, D.S. and Young, T.J., 1996. Handling RAP in an HMA facility, *Proceedings of the Canadian Technical Asphalt Association*, p. 187.
- Demirsoy, M. S., (2006). Kentsel dönüşümün projelerinin kent kimliği üzerindeki etkisi (Lübnan-Beyrut-Solidere Kentsel Dönüşüm Projesi Örnek Alan İncelemesi). *Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi*. İstanbul: Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi FBE.
- Deniz, M.T., Sönmez, İ., Yıldırım, S. A., Eren, B. K., 2005. Kullanılmış otomobil lastiklerinin bitümlü sıcak karışım performansına etkisi. *6. Ulaştırma Kongresi*, İstanbul, s. 349.
- Dündar, Ö., (2001). Models of urban transformation: Informal housing in Ankara, Cities. *Yüksek Lisans Tezi*. Ankara: Gazi Üniversitesi FBE.
- E-MAK Makine İnşaat Sanayi ve Ticaret A.Ş., 2010, <http://www.e-mak.com/tr/urunler/ratech.asp?SectionID=2> [erişim tarihi: 15 Şubat 2013].
- Ertekin, S. B., (2003). Polyefin katkıların asfaltın kıvamı ve yumuşama noktasına etkileri. *Yüksek Lisans Tezi*. İzmir: Dokuz Eylül Üniversitesi FBE.
- Eş, M., 2007, http://www.bilgiyonetimi.org/cm/pages/mkl_gos.php?nt=163 [erişim tarihi: 15 Kasım 2013].
- European Commission, 2000. *Management of Construction and Demolition Waste*, Working Document No 1, Directorate – General Environment, Directorate E - Industry and environment ENV.E.3 - Waste Management.
- Gao W., Ariyama T., Ojima T. and Meier A., 2001. *Energy Impacts of Recycling Disassembly Material in Residential Buildings*, Energy and Building 33, s. 553–562
- Gavcar E, 1996. *Türkiye’de Orman Ürünleri Endüstrisinin Hammadde Kaynakları ve Karsılaştığı Problemler*, Trabzon: Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi.
- Gençtürk, G., (2011). Sönmüş kireç ile çimento ve pr plast kullanımının asfalt kaplamaların mekanik özellikleri üzerindeki etkileri. *Yüksek Lisans Tezi*. Trabzon: Karadeniz Teknik Üniversitesi FBE.

- Güngör, M.M., (1996). Afşin-Elbistan uçucu külünün esnek yol kaplamalarında filler olarak kullanımı üzerine bir araştırma. *Yüksek Lisans Tezi*. Elazığ: Fırat Üniversitesi FBE.
- Gürer, C., 2012. Karayolu (Highways). Afyon Kocatepe Üniversitesi, <http://www2.aku.edu.tr/~icaga/dersler/img/karayolu.pdf> [erişim tarihi: 3 Aralık 2013].
- Hanks, A.J. and Magni, E.R., 1989. *The use of bituminous and concrete material in granular base and earth*, *Materials Information Report*, p. 68.
- İsfalt, 2009. *Aşfaltta Geri Dönüşüm Bildirisi*, İstanbul Büyükşehir Belediyesi.
- İstaç A.Ş. Genel Müdürlüğü, 2005. *İstanbul için İnşaat ve Yıkıntı Atıkları Yönetim Planı*, İstanbul Büyükşehir Belediyesi Çevre Koruma ve Kontrol Daire Başkanlığı Çevre Koruma Müdürlüğü, İstanbul, s. 8, 14, 16–26
- İstaç A.Ş. Genel Müdürlüğü, 2013. Hafriyat Döküm Sahaları Ücretleri <http://www.istac.com.tr> [erişim Tarihi: 28.11.2013]
- Jon, A., Little, D.N., O’Neal, R.J. and Gallaway, B.M., 1977. *Mixture properties of recycled central plant materials*, American Society for Testing and Materials. Special Technical Publication, p. 662.
- Jon, A., 1990. *Cold recycled bituminous concrete using bituminous materials*, Synthesis of Highway Practice, p. 160.
- Kadıköy Belediyesi Kentsel Yenileme, 2013, <http://www.kadikoykentselyenileme.com> [erişim Tarihi: 15.10.2013]
- Karaşahin, M., (1993). Resilient Behaviour of granular materials for Analysis of highway Pavements. *Doktora Tezi*. Nottingham Üniversitesi.
- Karayolları Genel Müdürlüğü, 2009, İnşaat Birim Fiyat Analizleri
- Kartal Yapı İnşaat Sanayi Ticaret Ltd. Şti., 2011, <http://www.karyapsan.com.tr/asfalt-ansiklopedisi.aspx> [erişim tarihi: 3 Aralık 2013].
- Kaya, B., (2011). Bitümlü karışımların geri dönüşümü, çevresel etkileri ve maliyet analizi. *Yüksek Lisans Tezi*. İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi FBE.
- Kayır Y. Z., 2001. TMMOB Metalürji Mühendisleri Odası Başkanı 1.Demir Çelik Sempozyumu ve Sergisi açılış konuşması, Zonguldak.
- Kocamemi, G. N., (2006). Kentsel dönüşüm süreci kızılçesme örneği. *Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi*. İstanbul: Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi FBE.

- Kök, B.V., 2011. Kuloğlu, N., Yılmaz, M., Karayolu esnek üstyapı malzemelerinin geri dönüşümünde köpük asfalt yönteminin kullanılması, *6th International Advanced Technologies Symposium (IATS'11)*, 16-18 May 2011 Elazığ: Elazığ Üniversitesi.
- Krietch, A.J., 1991. *Evaluation of RAP as clean fill*. Asphalt Institute, p. 8.
- Kristensen P., 1994. *Recycling of Clay Bricks: Demolition and Reuse of Concrete*, E K Lauritzen, E & FN Spon, Londra s. 411–413.
- Kömürcüoğlu, N., (2008). Türkiye’de konut eksenli kentsel dönüşüm projelerinde özel sektörün rolü: İstanbul örneği. *Yüksek Lisans Tezi*. İstanbul: Yıldız Teknik Üniversitesi FBE.
- Magdich P., 1995. *The Construction and Demolition Industry*, Construction and Demolition, Pollution Prevention Hand Book, düzenleyen Thomas E. Higgins, Lewis Publishers, Kanada, s. 389-400.
- Little N. D., Epps J. A., 2001. *The Benefits of Hydrated Lime in Hot Mix Asphalt*, NationalLime Association, USA.
- Makine ve Sanayi İlan Sitesi, 2013, <http://www.makinatorkiye.com> [erişim tarihi: 15 Mart 2013].
- Öner, S., (2007): Kentsel yenileme kapsamında kentsel dönüşüm projelerinin İstanbul Küçükçekmece kentsel dönüşüm projesi örneğinde irdelenmesi. *Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi*. Zonguldak: Zonguldak Karaelmas Üniversitesi FBE
- Özgan, E., Serin, S., Ertürk, S., Hastürk, C., Metin, E., 2010. Düzce karayolu esnek üstyapısının projelendirilmesi D100–11 Karayolu örneği, *Myo-Os Ulusal Meslek Yüksekokulları Öğrenci Sempozyumu*, 21-22 Ekim 2010 Düzce: Düzce Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi, ss.449-458.
- Öztürk Ö., Çelikkol M., Erkan M., 2007. *Türkiye Agregas Sektör Raporu*, Kasım-Aralık s. 52-56.
- Poon C. S., 2002. *Environmentally Friendly Bricks & Blocks from Recycled Aggregates*, International Conference on Innovation and Sustainable Development of Civil Engineering in the 21st Century, Beijing.
- Puzinauskas, V.P., 1983. Filler in asphalt mixtures, *The Asphalt Institute, Research Report*, Maryland, USA.

- Senior, S.A., Szoke, S.I. and Rogers, C.A., 1994. *Ontario's experience with reclaimed materials for use in aggregates*, The International Road Federation Conference, p. 212.
- Sezgin, H., (2003). Karayolları esnek üstyapılarında alttemel tabakasının yapay sinir ağları kullanılarak modellenmesi. *Yüksek Lisans Tezi*. Isparta: Süleyman Demirel Üniversitesi FBE. s.105.
- Su, Nan, Chen, J. S., 2002. Engineering properties of asphalt concrete made with recycled glass, *Department of Construction Engineering*, Taiwan: National Yunlin University of Science and Technology, s. 259.
- Şengöz, B., Topal, A., 2002. Bitümlü çatı örtüsü (shingle) atıklarının bitümlü sıcak karışımlarda değerlendirilmesi, *4. Mühendislik Mimarlık Sempozyumu*, Balıkesir, s.169.
- Tam, Vivian W Y, Tam C M., 2006, 'A Review On the Viable Technology For Construction Waste Recycling', *Resources Conservation and Recycling*, Avustralya ve Hong Kong, sayı. 47 (3), s. 209–221.
- Tam Yol Asfalt A.Ş., 2013, Yol Üst Yapısı. <http://www.tamyol.com.tr> [erişim tarihi: 3 Aralık 2013].
- T.C. Devlet Demiryolları, 2010, <http://www.tcdd.gov.tr> [erişim tarihi: 15 Kasım 2013].
- TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası, 2013, <http://e-imo.imo.org.tr> [erişim tarihi: 20 Kasım 2013].
- Topçu, İ.B. ve Işıkdag, B., 2006. Atık asfalt kırıklarının agrega olarak beton yollarda değerlendirilmesi, *7th International Congress on Advances in Civil Engineering* İstanbul.
- Tuncan, A., Çetin, A., Tuncan, M., 1998. Lastik atıkların asfalt betonu kaplamaların mekanik özelliklerine etkileri, *2. Ulusal Asfalt Sempozyumu Bildiriler Kitabı*, Ankara, s.139.
- Turabi, A., Okucu, A., Değirmenci, N., 2002. Fosforik asit üretim atığı fosfojipsin stabilizasyon malzemesi olarak kullanım olanaklarının araştırılması, *4. Mühendislik Mimarlık Sempozyumu*, Balıkesir, s.93.
- Turok, I., 2004. Urban regeneration what can be done and what should be avoidant, *Uluslararası Kentsel Dönüşüm Sempozyumu Bildirisi*, İstanbul Büyükşehir Belediyesi.

- Türel, Ö.,(2002). Antalya ve Çevre İllerdeki Bölgesel Devlet Yollarının Mevcut Üstyapı Uygulamalarının İncelenmesi, 'Rijit Üstyapı' Formunda Yeniden Çözülmesi, Maliyet Karşılaştırmalarının Yapılabilirliğinin Araştırılması, *Yüksek Lisans Tezi*. Antalya: A.Ü. FBE. s. 236.
- Türk Standartları Enstitüsü (1964). TS 117 Viskozite Deneyi, Ankara.
- Türk Standartları Enstitüsü (1978). TS 122 ve TS 132 Destilasyon, Buharlaştırma Kalıntısı Deneyi, Ankara.
- Türk Standartları Enstitüsü (1972). TS 1087 Özgül Ağırlık Deneyi, Ankara
- Türk Standartları Enstitüsü (2012). TS EN 1097-2 Los Angeles Aşınma Deneyi, Ankara.
- Türk Standartları Enstitüsü (2002). TS EN 1097-6 Özgül Ağırlık ve Absorpsiyon Deneyi, Ankara.
- Türk Standartları Enstitüsü (2010). TS EN 1097-8 Cilalanma Deneyi, Ankara.
- Türk Standartları Enstitüsü (2009). TS EN 1367-1 Hava Tesirlerine Karşı Dayanım Deneyi (Donma Deneyi), Ankara.
- Türk Standartları Enstitüsü (2008). TS EN 1426 Penetrasyon Deneyi, Ankara.
- Türk Standartları Enstitüsü (2008). TS EN 1427 Yumuşama Noktası Deneyi, Ankara.
- Türk Standartları Enstitüsü (2006). TS EN ISO 2592 ve TS 1171 Parlama Noktası Deneyi, Ankara.
- Türk Standartları Enstitüsü (2002). TS EN 12589 Kuvvet Ölçümlü Düktilite Deneyi, Ankara.
- Türk Standartları Enstitüsü (2008). TS EN 12592 Trikloretilende Çözünürlük Deneyi, Ankara.
- Türk Standartları Enstitüsü (2008). TS EN 12593 Fraas Kırılma Noktası Deneyi, Ankara.
- Türk Standartları Enstitüsü (2008). TS EN 12607-2 ve TS EN 12607-1 İnce Film Halinde Isıtma Deneyi, Ankara.
- Türk Standartları Enstitüsü (2013). TS EN 12697-1 ve TS EN 12697-2 Bitüm Miktarı Tayini Deneyi, Ankara.
- Türk Standartları Enstitüsü (2010). TS EN 13398 Elastik Geri Dönme Deneyi, Ankara.
- Türk Standartları Enstitüsü (2010). TS EN 13399 Modifiye Bitümlerde Depolama Stabilesi, Ankara.
- Türk Standartları Enstitüsü (2012). TS EN 14770 DSR ile Kompleks Kesme Modülü ve Faz Açısı Tayini Deneyi, Ankara.

- Türk Standartları Enstitüsü (2012). TS EN 14771 BBR ile Eğilme- Sünme Rijitliğinin Tayini Deneyi, Ankara.
- Türkçe Genel Başvuru ve Bilgi Sitesi, 2013, <http://www.turkcebilgi.com> [erişim tarihi: 10 Aralık 2013].
- Türkiye Asfalt Mütahhitleri Derneği, 2009, <http://www.asmud.org.tr> [erişim tarihi: 14 Kasım 2013].
- Türkiye İçin Geri Dönüşüm, 2007, <http://www.geridonusum.org/genel/geri-donusum-nicin-nemlidir.html> [erişim tarihi: 18 Kasım 2013].Türkiye Şişe ve Cam Fabrikaları A. Ş., 2005. *Araştırma Merkezi Cam Teknoloji Grubu Raporu*.
- Üsküdar Belediyesi, 2013, <http://www.uskudar.bel.tr/tr-tr> [erişim tarihi: 10 Aralık 2013].
- Üsküdar Kaymakamlığı, 2013, <http://www.uskudar.gov.tr> [erişim tarihi: 10 Aralık 2013].
- Vikipedi Özgür Ansiklopedi, 2013, <http://tr.wikipedia.org> [erişim tarihi:17 Kasım 2013].
- Vikipedi Özgür Ansiklopedi, 2013, <http://tr.wikipedia.org> [erişim tarihi:31 Aralık 2013].
- Yeğinoğlu, A., 2009, Niçin Beton Yol. TÇMB Arge Enstitüsü, http://www.tcma.org.tr/images/file/nicin_beton_yol_low.pdf [erişim tarihi: 30 Eylül 2013].
- Yılmaz, A., 2002. Bir elektrometalürji tesisinin atıklarının yol üstyapısında kullanılabilirliğinin araştırılması, 4. *Mühendislik Mimarlık Sempozyumu*, Balıkesir, s.201.
- Yılmaz B., 2006. Cam Sanayii, T.C.Başbakanlık Dış Ticaret Müsteşarlığı İhracatı Geliştirme Etüt Merkezi, Ankara.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Suphan KARTALKANAT

Sürekli Adresi : Kurtköy Mahallesi Eftelya Sokak H2 Blok D: 31 Pendik/İstanbul

D. Yeri ve Yılı : Silvan / 1983

Yabancı Dili : İngilizce (Orta), Rusça (Başlangıç)

İlk Öğretim : 19 Mayıs İlköğretim Okulu (1994)
Petrol Ofisi İlköğretim Okulu (1997)

Orta Öğretim : Batman Lisesi (2000)

Lisans : İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fak. İnşaat Mühendisliği (2006)

Çalışma Hayatı : 2011 - Üsküdar Belediye Başkanlığı Fen İşleri Müdürlüğü
(Kontrol Mühendisi.) (İstanbul)

2010 – 2011 Üsküdar Belediye Başkanlığı Fen İşleri Müdürlüğü
(Kontrol Mühendisi.) (İstanbul)

2009 – 2010 Şenkaya İnşaat (Şantiye Şefi.) (İstanbul)

2008 – 2009 Polimeks İnşaat, (Şantiye Şefi.) (Aşkabat)

2006 – 2008 İstanbul Büyükşehir Belediyesi İmar Müdürlüğü
(Kontrol Mühendisi) (İstanbul)