**İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

# ESNEK ÜSTYAPILI KARAYOLLARINDA KORUYUCU BAKIM YÖNTEMLERİNİN İNCELENMESİ

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**İnş. Müh. Ahmet TÜRKYILMAZ**

**Anabilim Dalı: İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ**

**Programı : ULAŞTIRMA MÜHENDİSLİĞİ**

**EKİM 2007**

**İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

# ESNEK ÜSTYAPILI KARAYOLLARINDA KORUYUCU BAKIM YÖNTEMLERİNİN İNCELENMESİ

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**
**İnş. Müh. Ahmet TÜRKYILMAZ**
**501031400**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 14 Eylül 2007**
**Tezin Savunulduğu Tarih : 5 Ekim 2007**

**Tez Danışmanı : Yrd.Doç.Dr. Murat ERGÜN**
**Jüri Üyesi : Yrd.Doç.Dr. Şükriye İYİNAM**
**Jüri Üyesi : Öğr.Gör.Dr. Mustafa GÜRSOY**

**EKİM 2007**

## ÖNSÖZ

Bu tez çalışmasında, bana verdiği destek ve yardımlarından dolayı tez danışmanım Sayın Yrd. Doç. Dr. Murat ERGÜN'e, her zaman yanımda olan eşim Kimya Müh. Işıl TÜRKYILMAZ, babam Av. Nurettin TÜRKYILMAZ ve annem L. Nihal TÜRKYILMAZ'a sonsuz teşekkürlerimi borç bilirim.

İnş. Müh. Ahmet TÜRKYILMAZ

Kasım 2007

**İÇİNDEKİLER**


**KISALTMALAR** vii
**TABLO LİSTESİ** viii
**ŞEKİL LİSTESİ** ix
**ÖZET** xi
**SUMMARY** xii

**1. GİRİŞ** 1

**2. ESNEK ÜSTYAPILI KARAYOLLARININ KORUYUCU BAKIMI** 3
2.1. Bakım Tanımlamalarındaki Terimler 3
2.2. Üstyapı Koruyucu Bakımın Tanımı 5
2.3. Kaplamalarda Koruyucu Bakımın Gereksinimleri 6
2.4. Üstyapı Koruyucu Bakımın Korunması 6
2.5. Koruyucu Bakım İyileştirme Yöntemleri 7
2.6. Geçmişte Koruyucu Bakımın Kullanılmamasının Nedenleri 8
2.7. Üstyapı Koruyucu Bakım Programının Yararları 9
2.7.1. Tüketici memnuniyeti 9
2.7.2. Güvenilir kararlar 9
2.7.3. Geliştirilmiş stratejiler ve teknikler 10
2.7.4. Kaplama durumunun iyileştirilmesi 10
2.7.5. Maliyet etkinliği 10
2.7.6. Güvenliğin artması 11
2.8. Kaplamalarda Koruyucu Bakım Programını Geliştirmede Potansiyel Tehlikeler ve Engeller 11
2.8.1. Halkın kabulü 11
2.8.2. Yönetimin kabulü 12
2.8.3. Araştırma ihtiyaçları 12
2.8.4. Eğitim 12
2.8.5. Veri yönetimi 12
2.8.6. Bakım için kaynak(bütçe) 13
2.8.7. Ekibin kabulü 13
2.9. Kaplama Koruma Programının Elemanları 13
2.10. Koruyucu Bakım Programını Gerçekleştirmede Gerekli Adımlar 15
2.10.1. Uygun / Tahsis edilmiş kaynak 16
2.10.2. Üst yönetimin desteği / taahhüdü 16

2.10.3. Veri toplama ve yönetim 16
2.10.4. Ekip uygunluğu 17
2.10.5. Eğitim 17
2.10.6. Geliştirilen modeller / Uygulanacak yerler 17
2.10.7. Hukuksal dayanak 17
2.10.8. Tanıtım / Reklam 17
2.11. Koruyucu Bakım Yöntemi Seçimi ve Zamanlaması 22
2.11.1. Yöntem seçmek için araçlar 22

**3. KARAYOLU ÜSTYAPISINDA OLUŞAN BOZULMALAR 29**
3.1. Bozulmaya Yol Açan Etkenler 30
3.1.1. Tasarım hataları 30
3.1.2. Yapım hataları 30
3.1.3. Bakım hataları 31
3.1.4. Çevre ve iklim şartları 32
3.1.5. Trafik etkileri 32

**4. ESNEK ÜSTYAPILI KARAYOLLARINDA KORUYUCU BAKIM YÖNTEMLERİ 35**
4.1. Çatlak Bakımı 37
4.1.1. Bakım ile çatlak tamiri: Temizleme ve bakım 38
4.1.2. Bakım ile çatlak tamiri: Kesme ve bakım 40
4.1.3. Bakım ile çatlak tamiri: Püskürtme ve bakım 43
4.2. Slurry Seal 46
4.2.1. Akıcı harç tipi örtü makinesi 46
4.2.2. Malzemeler 47
4.2.3. Yapım süreci 50
4.2.4. Karışımı hazırlama 54
4.2.5. Karışımı yerleştirme 56
4.2.6. Kür olma/Trafiğin düzenlenmesi 58
4.3. Karartma Tabakası 58
4.3.1. Giriş 58
4.3.2. Karartma tabakası uygulanacak yerler 59
4.3.3. Karartma tabakası malzemeleri ve özellikleri 62
4.3.4. Karartma tabakası yapımı 63
4.4. Mikro Asfalt Betonu 65
4.4.1. Mikro asfalt betonu yapımı 65
4.4.2. Yapım süreci 67
4.4.3. Kullanıldığı yerler 69
4.4.4. Mikro asfalt betonu'nun beklenen ömrü 72

4.4.5. Uygulama çeşitleri 72
4.4.6. Uygulanacak yerler 75
4.5. İnce Koruyucu Kaplama 76
4.5.1. Giriş 76
4.5.2. Yoğun gradasyonlu ince kaplamalar 77
4.5.2.1. Performans 78
4.5.2.2. Malzeme gereksinimleri 80
4.5.2.3. İnşaat 80
4.5.3. Açık gradasyonlu ince kaplamalar (poroz asfalt) 82
4.5.3.1. Performans 83
4.5.3.2. Uygulanacak yerin seçimi 84
4.5.3.3. Hizmet ömrü ve maliyet 85
4.5.3.4. Açık gradasyonlu kaplamaların tanımlaması ve tasarımı 85
4.5.3.5. Yapım ve inşaat 86
4.5.4. Kesikli gradasyon karışımlar 86
4.5.4.1. Bozulmalar/Koşullar 87
4.5.4.2. Uygulanacak yerin seçimi 88
4.5.4.3. Hizmet ömrü ve maliyet 88
4.5.4.4. Tasarım 88
4.5.4.5. İnşaat 88
4.6. Sathi Kaplama 89
4.6.1. Sathi kaplama tipleri 89
4.6.2. Sathi kaplamanın yararları 93
4.6.3. Sathi kaplamaların performansını etkileyen parametreler 93
4.6.4. Agrega özellikleri 94
4.6.5. Bağlayıcı malzemeler ve özellikleri 96
4.6.6. Sathi kaplama yapısında kullanılan donanım 98
4.6.7. Uygulama aşaması 100
4.6.8. Yapım 101

**5. KORUYUCU BAKIMIN OPTİMUM ZAMANLAMASI VE MALİYET ETKİNLİĞİ 105**
5.1. Bakım Yöntemlerinin Optimum Zamanlaması 105
5.2. En Uygun Maliyetli İyileştirme Yöntemine Karar Vermenin Analizi 108
5.2.1. Uygun maliyeti değerlendirme teknikleri 108
5.2.2. Uygun yöntem seçeneklerinin karşılaştırılması ve analiz edilmesi 109
5.3. Maliyet Etkinliği 110
5.3.1. Bir yöntemin maliyet etkinliğine karar verme 110
5.3.2. Faktörleri seçme 111

**6. TÜRKİYE KARAYOLLARINDA KORUYUCU BAKIM** **113**
6.1. Bitümlü Kaplamalar 113
6.2. Ülkemizde Uygulanan Sathi Kaplamaların Yapım Amaçları 114
6.3. Sathi Kaplamanın Performansını Etkileyen Faktörler 114
6.4. Malzemeler 115
6.5. Bitümlü Malzemeler ve Özellikleri 118
6.5.1. Astar olarak kullanılacak bitümlü malzemeler 118
6.5.2. Kaplama için kullanılacak bitümlü malzemeler 118
6.5.3. Sathi kaplama dizaynı 118
6.6. Yapım Şartları 119
6.6.1. Yolun hazırlanması 119
6.6.2. Astar malzemesinin uygulanması 119
6.6.3. Karışımdaki bağlayıcının özellikleri 121
6.6.4. Agrega 123
6.6.5. Trafik kontrolü ve emniyet 124
6.7. Şehiriçi Yollarda Koruyucu Bakım 124

**7. SONUÇ** **127**
**KAYNAKLAR** **129**

**KISALTMALAR**

| | |
|---|---|
| **PPM** | : Kaplama Koruma Bakımı |
| **RCM** | : Emniyet Merkezli Bakım |
| **AASHTO** | : American Association of State Highway and Transportation |
| **NCHRP** | : National Cooperative Highway Research Program |
| **TRB** | : Transportation Research Board |
| **Mn/DOT** | : Minnesota Department of Transportation |
| **FHWA** | : The Federal Highway Administration |
| **PMS** | : Kaplama Bakım Sistemleri |
| **HMA** | : Sıcak Karışımlı Asfalt |
| **OGAC** | : Açık Gradsyonlu İnceltilmiş Kaplama |
| **DGAC** | : Yoğun Gradasyonlu İnceltilmiş Kaplama |
| **EAC** | : Eşdeğer Yıllık Maliyet |
| **OGFC** | : Açık Gradasyonlu Kaplamalarda Sürtünme Katsayısı |
| **MAB** | : Soğuk Mikro Asfalt Betonu |
| **BSK** | : Bitümlü Sıcak Karışımlar |

## TABLO LİSTESİ

**Sayfa No**


| | | |
|---|---|---|
| **Tablo 2.1** | Kaplama koruma bakım programının uygulama ihyitaçlarının karşılaştırılması için stratejiler……..... | 21 |
| **Tablo 3.1** | Çeşitli Ülke Standartlarında Yer Alan Dingil Yükleri ve Toplam Taşıt Ağırlıkları İle İlgili Sınırlar..... | 33 |
| **Tablo 4.1** | Esnek Üstyapılı Karayollarında Koruyucu BakımYöntemleri….. | 36 |
| **Tablo 4.2** | Caltrans Harç Tipi Emülsiyon Agrega Gradasyonu ..... | 48 |
| **Tablo 4.3** | Genel Agrega Özellikleri ve Agrega Gereksinimleri……..... | 49 |
| **Tablo 4.4** | Asfalt Betonu Karışımlar İçin Agrega Gereksinimleri..... | 78 |
| **Tablo 4.5** | Gerekli Agrega Özellikleri…..... | 83 |
| **Tablo 4.6** | Kesikli Agrega Gradasyonu Çeşidi ..... | 87 |
| **Tablo 4.7** | Tek Tabaka Sathi Kaplama Gradasyonları ..... | 95 |
| **Tablo 4.8** | Çift Kat Sathi Kaplama Gradasyonları..... | 95 |
| **Tablo 4.9** | Sathi Kaplama Agregaları İçin Özellikler ve Şartname Sınırları... | 96 |
| **Tablo4.10** | Sathi Kaplama Yapımında Kullanılan Bağlayıcı Tipleri..... | 97 |
| **Tablo 5.1** | Koruyucu Bakım Yöntemlerinin Umulan Ömür Süreleri ve Birim Maliyetleri……..... | 108 |
| **Tablo 6.1** | Sathi Kaplama Gradasyonları..... | 116 |
| **Tablo 6.2** | Agrega Özellikleri…..... | 117 |
| **Tablo 6.3** | Bitümlü Malzemelerin Püskürtme Sıcaklıkları ..... | 120 |
| **Tablo 6.4** | Türkiye'nin Sıcaklık Dağılımına Göre Kullanılacak Bitüm Sınıfları..... | 122 |

## ŞEKİL LİSTESİ

**Sayfa No**


**Şekil 2.1** :Kaplama bakımlarının kategorileri..... 5
**Şekil 2.2** : Kaplamanın koruyucu bakımlı ve koruyucu bakımsız bozulma eğrisi ..... 8
**Şekil 2.3** : Koruyucu kaplama programının elemanları ..... 15
**Şekil 2.4** : Pürüzlülük için karar ağacı ..... 24
**Şekil 2.5** : Çatlaklar için karar ağacı ..... 25
**Şekil 4.1** : Enine ve boyuna çatlaklar ..... 39
**Şekil 4.2** : Boyuna çatlaklar..... 42
**Şekil 4.3** : Reservuar ölçüleri ..... 42
**Şekil 4.4** : Boyuna çatlaklar ..... 44
**Şekil 4.5** : Optimum bağlayıcı içeriğine karar verme..... 50
**Şekil 4.6** : Genel stok/plan hazırlama alanı.. ..... 51
**Şekil 4.7** : Yüzey hazırlama metotları.....53
**Şekil 4.8** : Sıcaklığın kırılma hızı üzerindeki etkisi..... 54
**Şekil 4.9** : Boyuna birleşimler (iyi ve kötü)..... 54
**Şekil 4.10** : Emülsiyon asfaltı harç tipi karışım akışkanı..... 55
**Şekil 4.11** : Emülsiyon asfaltı harç tipi karışım makinası ..... 56
**Şekil 4.12** : Akıcı harç makinası..... 57
**Şekil 4.13** : Asfalt emülsiyon spreyi..... 59
**Şekil 4.14** : Karartma tabakası uygulaması..... 61
**Şekil 4.15** : Uygun yüzey.....61
**Şekil 4.16** : Karartma tabakasından önce..... 61
**Şekil 4.17** : Karartma tabakasından sonra ..... 61
**Şekil 4.18** : Uygulamadan önce ve uygulamadan sonra kaplama..... 61
**Şekil 4.19** : Mikro asfalt betonu makinası..... 66
**Şekil 4.20** : Mikro asfalt betonu makinası ..... 66
**Şekil 4.21** : Mikro asfalt betonu karışım makinası ..... 68
**Şekil 4.22** : Mikro asfalt betonu uygulamaları.....71
**Şekil 4.23** : Mikro asfalt betonu uygulaması ile tamir edilen tekerlek izi bozulması .....73
**Şekil 4.24** : İnceltilmiş koruyucu kaplama karışımının tipleri..... 77
**Şekil 4.25** : Tipik açık ve yoğun gradasyonlu ince kaplamalar ..... 81
**Şekil 4.26** : Yatay bağlantı formasyonu..... 82
**Şekil 4.27** : Boyuna bağlantı formasyonu..... 82
**Şekil 4.28** : Tipik açık ve yoğun gradasyonlu ince kaplamalar ..... 84
**Şekil 4.29** : Tekli sathi kaplama .....89
**Şekil 4.30** : Çoklu sathi kaplama.....90
**Şekil 4.31** : Mevcut kaplama üzerine yapılan sathi kaplama tipleri ..... 91
**Şekil 4.32** : Sathi kaplama performansına doğrudan veya dolaylı olarak etkidiği düşünülen parametreler..... 94

**Şekil 4.33 :** Süpürge..... 98
**Şekil 4.34 :** Asfalt distribütörü..... 99
**Şekil 4.35 :** Agrega serici ..... 99
**Şekil 4.36 :** Bağlayıcı uygulaması.....102
**Şekil 4.37 :** Agreganın yayılması.....102
**Şekil 4.38 :** Silindirleme.....103
**Şekil 4.39 :** Süpürme..... 103
**Şekil 4.40 :** Enine bağlantılar..... 103
**Şekil 4.41 :** Dağıtıcı..... 103
**Şekil 5.1 :** Toplam maliyetin süre ile ilişkisi.....106
**Şekil 5.2 :** Çeşitli bakım ve onarımın zamanlama ilişkisi..... 107
**Şekil 5.3 :** Bakım veya onarımın yaşlanma fonksiyonuna göre maliyeti..... 107
**Şekil 5.4 :** Kaplama koşullarının zaman fonksiyonu ile çeşitlendirilmesi.....109
**Şekil 6.1 :** Devlet ve il yollarının kaplama durumu.....114
**Şekil 6.2 :** Türkiye'nin ortalama sıcaklık dağılımı ..... 121
**Şekil 6.3 :** Koruyucu bakım uygulamalarının performansı ..... 126

# ESNEK ÜSTYAPILI KARAYOLLARINDA KORUYUCU BAKIM YÖNTEMLERİNİN İNCELENMESİ

## ÖZET

Bu çalışmanın ana amacı esnek üstyapılı karayolları için dünyada uygulanan koruyucu bakım yöntemlerinin incelenmesi ve ülkemizde uygulanabilirliğinin araştırılmasıdır. Çalışmanın ilk kısmında, bu amaca yönelik olarak üstyapıların bakımı hakkında genel tanımlamalar yapılmıştır. Esnek Üstyapılı Karayollarının koruyucu bakımı hakkında genel tanımlamalar ise detaylı bir şekilde çalışmanın ikinci kısmında verilmiştir. Çalışmanın üçüncü kısmında ise esnek üstyapılı karayollarında koruyucu bakım yönteminin seçimi hakkında bilgiler sunulmuştur. Çalışmanın dördüncü kısmında esnek üstyapılı karayollarında ne tip bozulmalar oluştuğu ve nedenleri sebepleri le birlikte açıklanmıştır.

Dünyada uygulanan değişik koruyucu bakım yöntemleri çalışmanın beşinci kısmında detaylı olarak incelenmiştir. Bu yöntemlerden birincisi; çatlak bakımı, çatlaklara su ve moloz girmesini önlemek için kullanılır. Çatlak bakımı, çatlak içindeki molozları açığa çıkarmak ve sızdırmazlık sağlayıcı maddeyle doldurmayı içerir. Diğeri; Slurry seal, Slurry seal; iyi-gradasyonlu, mineral filler, asfalt emülsiyonu ve sudan oluşan bir karışımdır. Aşınma tabakasında oluşan çatlakların kapanması; soyulmuş ve soyulmaya başlamış yüzeylerin onarımı ve ayrıca cilalanmış üstyapıların sürüş emniyetini arttırmak için kullanılır. Üçüncü yöntem; karartma tabakasıfog seal, geçirimsizliği geliştirmek için mevcut kaplama yüzeyine asfalt ekleme, yerdeki agrega kaybına ilave edilen agregayı koruma veya yüzey görünümünü basitçe geliştirme metodudur. Dördüncü yöntem olan mikro asfalt betonu, benzer bir yöntem olan harç tipi örtme kaplama gibi mikro asfalt betonu da, ince gradasyonlu agrega, asfalt emülsiyonu, su ve mineral fillerin karışımından oluşmaktadır. Harç tipi örtme kaplama, tüm dünyada şehir ve iki şeritli yolların kullanım süresini uzattığı için ekonomik bir iyileştirme yöntemi olarak kullanılsa da, mikro asfalt betonu, kapasite arttıran materyaller, gelişmiş polimerler ve başka katkı maddeleri içerir. Beşinci yöntem inceltilmiş koruyucu kaplama, yapısal olmayan tabakadır ve koruyucu veya düzeltici bir muhafaza işlemi için uygulanır. Son yöntem olan Sathi kaplama, bitümlü binderin uygulanmasına müteakip agreganın uygulanmasını takip etmesidir.

Çalışmanın altıncı bölümde koruyucu bakımların optimum zamanlaması ve maliyet etkinliği incelenmiştir. Çalışmanın sonunda ülkemizde uygulanan koruyucu bakım yöntemleri hakkında bilgiler verilmiş, dünyadaki koruyucu bakım uygulamaları ve ülkemizde yapılan uygulamalar karşılaştırılmıştır.

## EXAMİNİNG PREVENTATİVE MAİNTENANCE TREATMENTS OF FLEXİBLE ASPHALT PAVEMENT


### SUMMARY

The main aim of this study is to examine preventative maintenance treatments of flexible highway pavement in the world and in our country. The first part of this study, common terms are explained about flexible pavement maintenance. The terms about preventative maintenance are written in details at the second part of this study.

The third part of this study, information are offered about the selection of preventative maintenance treatments of flexible highway pavements. İn the fourth part, the types and causes of distresses that consist of flexible highway pavements.

The different types of preventative maintenance treatments applied in the world are examined inthe fifth part of this study in details. The first treatment; crack sealing, used to prevent water and debris from entering a crack. Crack sealing involves blowing out the debrisin the crack. The other treeatment slurry seal is a mixture of fine aggregate, asphalt emulsion, water, and mineral filler. Slurry seals are used to seal the existing asphalt pavement surface, slow surface raveling, seal small cracks, and improve surface friction. The third one, Fog seals are a method of adding asphalt to an existing pavement surface to improve sealing or waterproofing, prevent further stone loss by holding aggregate in place, or simply improve the surface appearance. The other treatment microsurfacing is sometimes incorrectly referred to as a polymer-modified slurry seal. The fifth one thin maintenance overlays, A thin treatment for the purposes of this chapter is a non-structural layer and is applied as a maintenance treatment, either corrective or preventive. The last treatment is chip seal the application of a bituminous binder immediately followed by the application of an aggregate.

The sixth part of study, the optimum timing and cost effectiveness of preventative maintenance are explained. The last part of this study, given informations about the preventative maintenance treatments applied in our country and the preventative maintenance application in the world and in our country are compared.

# 1. GİRİŞ

Yol inşaatı bittikten sonra, alt yapı yönetimindeki en önemli işlemler bakım işlemleridir. Uygulamada, yol bakımının tanımında büyük farklılıklar olup, özellikle bakım ve onarım arasında büyük bir çelişki oluşur. Yol altyapısında, yeniden düzenleme, restorasyon ve yenileme terimleri onarımdan daha çok kullanılmaktadır.

Karayollarında bakım ve onarımı birbirinden ayıran çizgi bulanıktır. Genellikle, tasarım bölümü, bakım ve yapım bölümünü de kapsar. Bazen, bu tanımlama bütçe olanaklarına da bağlıdır. Daha önceleri, yol üstyapısı bakımı için, bütçeden yeterli kaynak ayrılmazdı. Bakım çalışmaları, sadece yerel bütçe kaynakları ile yapılırken, onarım çalışmaları devlet bütçesinden ayrılan fonlar kullanılarak yapılmıştır. Önceden yerel yönetimler tarafından yapılan bakım eğer bir sözleşme üzerinden yapılıyorsa onarım olarak tanımlanıyordu. Bu düşüncelerin değişmesi uzun yıllar sonunda gerçekleşmiştir. Örnek olarak, karayollarının bakımı için devlet bütçesinden ayrılan bütçe, onarım çalışmaları için ayrılan bütçe kadardı. Bununla birlikte, özellikle yurt dışındaki yollarda hızla yaygınlaşan özelleştirme sayesinde bakım ve onarım arasındaki çizgi yok olmak üzeredir.

Bakım, bir yolda elektirik lambalarını değiştirme, oluşan çukurları doldurma, çatlakları tamir etme aktiviteleri gibi rutin konular olarak algılanmaktadır. Gerçekten bakımı anlamak ve üstyapı yönetimini uygulayabilmek için, pratik anlamda bakımın açık bir şekilde tanımlaması gereklidir.

Bakımın, en iyi kısa ve öz tanımı; özellikle tasarlanmış ve yapılmış işler gibi unsurları, sistemleri, üstyapı ve altyapı elemanların işlevini sürdürebilmesi için gerekli işlemler serisidir.

Koruyucu bakım, rutin bakım, iyileştirme bakımı, onarım ve yenileme gibi bakım ile ilgili terimler pratikte kullanılmaktadır.

Koruyucu bakım, yol üstyapı sisteminindeki bozuklukları ve bozulmaları geciktirmek ve kaplamanın hizmet ömrünü uzatmak için yapılan bakımdır. Rutin bakım, herhangi bir bakımın düzenli kaide ve plan çerçevesinde yapılmasıdır.

İyileştirme bakımı, doğal afetler veya aniden oluşan bir yol problemini çözmek için uygulanır. Onarım, yol üstyapısında oluşan sürtünme eksikliği, tekerlek izi ve geniş çatlaklar sonucu oluşan bozulmaları gidermek amacıyla yapılır. Yenileme, üstyapının fonksiyonunu yitirmesi nedeniyle yenilenmesi işlemi olup, maliyeti çok yüksektir.

Bu çalışmanın ana amacı, esnek üstyapılı karayolları için dünyada uygulanan koruyucu bakım yöntemlerinin incelenmesi ve ülkemizde uygulanabilirliğinin araştırılmasıdır. Bu amaca yönelik olarak, çalışmanın ilk bölümünde, üstyapıların bakımı hakkında genel tanımlamalar yapılmıştır. Koruyucu bakım hakkında genel tanımlamalar ise, detaylı bir şekilde çalışmanın ikinci bölümünde verilmiştir. Çalışmanın üçüncü bölümünde esnek üstyapılı karayollarında ne tip bozulmalar oluştuğu ve nedenleri açıklanmıştır. Çalışmanın dördüncü bölümünde, esnek üstyapılı karayollarında koruyucu bakım yönteminin seçimi hakkında bilgiler sunulmuştur. Koruyucu bakımın optimum zamanlaması ve maliyet etkinliği, çalışmanın beşinci bölümünde anlatılmıştır. Çalışmanın altıncı bölümünde, ülkemizdeki koruyucu bakım çalışmaları hakkında bilgiler verilmiştir.

## 2. ESNEK ÜSTYAPILI KARAYOLLARININ KORUYUCU BAKIMI

Çalışmanın bu bölümünde ilk olarak bakımın değişik tanımları sunulmuş daha sonrada üstyapı koruyucu bakım detaylı bir biçimde anlatılmıştır.

### 2.1. Bakım Tanımlamalarındaki Terimler

Rutin bakım, iyileştirme bakımı, koruyucu bakım, onarma bakım, proaktif bakım ve reaktif bakım gibi terimler genellikle pratikte kullanılmaktadır. Diğer kullanılan terimler de zor zaman yerleştirmesi, kondisyon bakımı, gözlemleme, aktiviteleridir.

Yakında bütün kaynaklar bazı düzenli bakım aktivitelerine ihtiyaç olduğunu kabul edeceklerdir. Mesela arabanın yağı düzenli bir şekilde değiştirilir. Bu olay hem koruyucu bakımdır hem de düzenli yapılırsa rutin bakımdır.

Koruyucu bakım problemleri sıkıntıları engellemek için bir efor harcayarak yapılır ve genellikle rutin bir şekilde yapılır. Bununla birlikte her rutin bakım koruyucu değildir. İyileştirme bakımı açık bir zarara ve kusura çare olmak için yapılır ve bir olaydan sonra yapılır. Bundan dolayı reaktif bakımda denilebilir. Proaktif bakım, bakım ekibinin muhakemesi sonucunda başarılı bir şekilde uygulanır veya çökmeye ve bozulmaya yüz tutan yerleri korumak için planlanır. Koruyucu bakım ve proaktif bakım benzerdirler.

Kontrol etme şartları bakım şartlarına yol gösterir. Bu işlemde, düzenli kontroller üstyapı koşullarının gözlemlenmesiyle gerçekleştirilir ve bakım bu koşulların bir fonksiyonuymuş gibi program yapılır.

Sözlüğe göre bakım "elverişli koşulları, düzenli çalışmayı, onarılmış durumu muhafaza etme işlemi" olarak tanımlanır. Daha detaylı işlevsel bir tanımlama önerilirse bakım, belirli prosedürler, görevler, talimatlar, personel, nitelikler, ekipman ve belirli çevre koşulları içinde gereksinimi karşılamak için ihtiyaç duyulan kaynaklardan bahseder. En iyi kısa ve öz tanım ise; bakım, özellikle dizayn edilmiş ve yapılmış işler gibi unsurları, sistemleri, üstyapı varlıklarını veya yürürlükteki olanakları, muhafaza etmek için gerekli işlemler serisidir. Bu tanımlar neticesinde bakımın birçok sayıda alt kümesi meydana gelmektedir. Günümüzde artan bütçe sıkıntılarından dolayı, ülkeler ve yerel birimler düşük maliyetle performansı yüksek iş yapmak istemektedir. Önceden yerel karayolları birimleri yeni yollar inşa etmeye

önem verirdi, fakat şimdi mevcut kaplama yüzeylerini bakmaya ve korumaya odaklanmaktadırlar.

Koruyucu bakım: Bir unsurun veya sistemin bozukluklarını ve bozulmalarını geciktirmek ve kaplamanın fonksiyonel süresini uzatmak ve geliştirmek için yapılır. İhtiyaç duyulan servis aktivitelerini ve rutin bakımları azaltmak ve ilerleyen sorunları geciktirmek için amaçlanan işlemlerin ve yüzeysel iyileştirmelerin bir stratejisidir.

Onarım bakımı: Sürtünme eksikliği, tekerlek izi ve geniş çatlaklar gibi kaplamada oluşan eksiklik veya açıklıklardan sonra yapılır.

İyileştirme bakımı: Zararları tamir etmek veya bozulmadan sonra yeterli süreç için üstyapı olanaklarını yenilemektir.

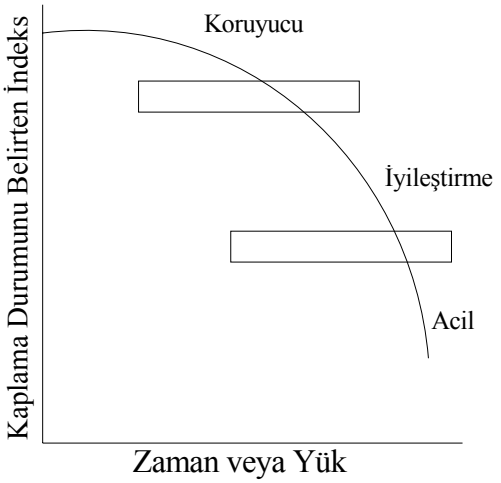
Rutin bakım: Herhangi bir bakımın düzenli bir kaide ve plan çerçevesinde yapılmasıdır. Genellikle koruyucu bakım gibi uygulanır.

Uzun süreli yenileme (hard-time replacement): Parçanın bozulup bozulmadığına bakılmaksızın uzun bir zaman geçtikten sonra yenileme işleminin yapılmasıdır. Bundan dolayı rutin bakımın bir çeşidi olmakla beraber iyileştirme ve koruyucu bakımda olabilir.

Acil bakım: Yakında olmasından korkulan çökme veya bozulmalara anında yapılan bakımdır. Mesela, bir köprünün çelik halatı çatlayabilir veya bir geminin geçmesi esnasında desteklerine vurması ve desteğin çatlaması sonucunda yapılan bakımdır.

Bütün bakım çeşitleri, geniş kaplama bakım programına ihtiyaç duyarlar. Bununla birlikte, koruyucu bakım uygulamak, kaplamayı onarım bakımını uygulamaktan daha iyi korur. Koruyucu bakım doğru zamanda doğru yolda doğru onarımı tamamlar.

Koruyucu, iyileştirme ve acil bakımlar için birçok kaplama yöntemi mevcuttur. Şekil 2.1. bu üç çeşit bakım arasındaki farkı göstermektedir. Bunlar arasındaki asıl fark bakım yöntemi uygulandığı zamanüstyapının kondisyonunda anlaşılır.




**Şekil.2.1.** Kaplama bakımlarının kategorileri [13]

## 2.2. Üstyapı Koruyucu Bakımın Tanımı

Koruyucu bakım, birçok yol birimi için nispeten yeni bir kavramdır. Bu yüzden, yaygın olarak görülen yanlış anlamalar ve karışıklıklar bulunmaktadır; bunun doğrultusunda yol birimleri 'koruyucu bakım'ın ne olduğu ve ne olmadığı konusuna yönelmiştir. Bu yol gösterici olmuş fakat bazı durumlarda yetkili ve halk desteği de gerekmektedir. [3]

AASHTO'nun koruyucu bakım tanımlamasına göre: planlanmış strateji, mevcut yol sisteminin uygun maliyetli yöntemlerle korunması, gelecekteki bozulmaları yavaşlatması ve sistemin fonksiyonel durumunu sürdürmesi veya geliştirmesidir. [3]

Üstyapı koruyucu bakımı(PPM) bir veya daha fazla yöntemin uygulanmasına odaklanır ve genellikle yolların yüzey kaplaması olarak sınırlandırılabilir.

AASHTO'nun yönetim kadrosu üstyapı koruyucu bakımın tanımlamasını güzel bir şekilde özetlemektedir.
"Doğru zamanda doğru kaplamaya doğru bakım yönteminin uygulanması" [3]

## 2.3. Kaplamalarda Koruyucu Bakımın Gereksinimleri

Yol birimleri, kaplamayı rehabilite etmeye adım atmadan önce kaplamanın yapısal durumunun ve sürüş kalitesinin bozulmasını bekler. Onarımın amacı, yapısal zararları onarmak, tekerlek izi, çatlak gibi ölçülebilir kaplama şartlarını restore

etmektir. Bu maliyetli ve zaman gerektiren bir aktivite olması ile birlikte trafik aksamalarına, yakın çevredeki işyeri ve konukların rahatsızlık duymalarına da neden olacaktır. Bu kötü senaryo gerekli devlet fonunun artması gibi bir sonuca yol açmıştır. [3]

Yol birimleri kaplamaların servis ömrünü uzatan, düşük fiyatlı koruyucu yöntemler uygulamalarını keşfetmişlerdir. Bu da daha iyi yatırımı, daha iyi sürüş kalitesini, tüketici memnuniyetinin ve kullanıcı desteğinin artışını beraberinde getirmiştir.

Harcanan her kuruşun gelecekte altı kat tasarruf edileceğinin tahmin edilmesi yol birimlerin üstyapı koruyucu bakımı uygulamasındaki başarıyı kanıtlamıştır. [3]

### 2.4. Üstyapı Koruyucu Bakımın Korunması

Koruyucu bakım programı sistematik olarak, zamanla koruyucu bakım yöntemlerinin seri biçimde kullanılmasıdır. İyileştirme, kaplama yüzeyinin kalitesini geliştirir ve kaplama ömrünü uzatır fakat, asıl kaplama bakımının yararları, koruyucu bakım performansı için tutarlı bir takvim yapıldığı zaman anlaşılır. [1]

Etkili bir koruyucu kaplama programı birçok koruyucu bakım stratejisini ve onarım yöntemini tamamlar. Programın amacı, verimli bir şekilde ve etkili bir maliyetle sistem performansını artırmak ve kaplama ömrünü uzatmaktır. Çalışmalar koruyucu bakımın, hiçbir şey yapmamaktan altı veya on kat daha uygun maliyetli olduğunu göstermiştir. Kaplama korunması, yaşam boyu maliyetin azalmasını sağlar; iyileştirme yöntemleri, erken uygulandığı zaman uygun maliyetlidir. Ayrıca, kaplama ömrünü uzatmak için, yıldan yıla bakım bütçesi tarafından düzenli olarak bir birimin koruyucu bakım ve onarım yapmasına izin verilmelidir, aksi takdirde büyük değişimler olabilir. Mesela Michigan Ulaştırma Departmanı, yapım programını hazırlarken koruyucu bakımı da dahil etmektedir. [1]

Başarılı bir kaplama koruma programının kritik elemanları şunlarıdır;

1-) karayolunu seçmek

2-) problemin sebebine karar vermek

3-) doğru yöntemleri tanımlama ve uygulamak

4-) ihtiyaç duyulan işi doğru zamanda yapmaya karar vermek

5-) performansı gözlemlemek

Böylece program sonuçlara göre düzeltilebilir.

Koruyucu bakım aktiviteleri geleneksel yöntemleride içerebilir, mesela çatlak bakımı, karartma tabakası ve ince kaplamalar gibi. Ayrıca yeni çıkan teknolojileri de içerebilir(mikro asfalt betonu). Çatlak tedavileri bir yana, bütün bu iyileştirme yöntemleri yeni bir yüzey giydirmesiyle kaplamadan ayrılırlar. Karartma tabakası, yeni bir yüzey giydirmesi sağlar, ayrıca, genellikle orijinal yüzeydeki sürtünme katsayısından daha az bir sürtünme katsayısına sahiptir. [1]

## 2.5. Koruyucu Bakım İyileştirme Yöntemleri

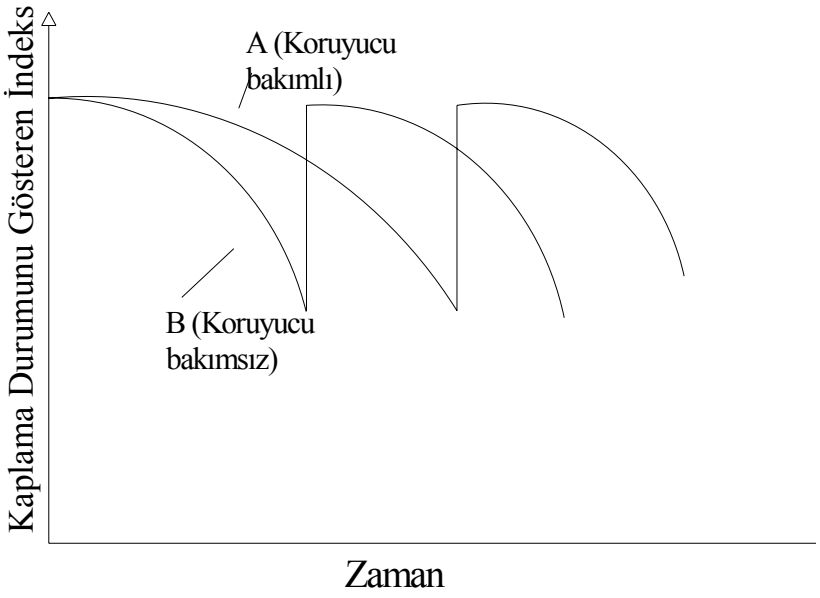
Bir sorun meydan gelene kadar beklemek ekonomik bir durum veya koruyucu bakım değildir. Koruyucu bakım yöntemlerinin etkisi kaplamanın durumu ile doğrudan ilişkilidir. İyi durumdaki kaplamaların koruyucu bakımı kaplamanın servis ömrünün uzamasında çok etkilidir. Uygun olmayan bir biçimde onarım yapmak, bozulmaların ilerleme oranını artırır. [1]

Koruyucu bakım genellikle planlanarak yapılır. Amacı, bir an önce kaplama bozulmalarını onarmak, kaplama hatalarını (başarısızlıklarını) geciktirmek ve tamamlayıcı bakıma olan ihtiyacı azaltmaktır. Buna rağmen, bu çeşit bakımlar kaplamanın yük taşıma kapasitesini geliştirmek için değil kaplamanın kullanımını ve hizmetömrünü uzatmak için kullanılır. [1]

Genellikle, koruyucu bakım metotları çevre tarafından meydana gelen hasarları onarmak için dizayn edilmişlerdir. Kaplama yüzeyinin periyodik onarımı çeşitli yararlar sağlayabilir, kaplama yüzeyi, sızdırmazlık sağlayan malzeme içerir (suyun kaplama yüzeyinden içeri girmesini engeller) ve oksidasyon, ayrışma ve yüzey çatlakların etkisini kontrol etme gibi özelliklere sahiptir. Çevresel etkiler zamanla meydana çıkar, öyleyse, koruyucu bakım yöntemlerinin uzun ömürlü olması, yol kesiti üzerindeki trafik miktarından daha çok zamanla ilişkilidir. [1]

Doğru zamanda hangi yöntemin uygulanabileceğini seçmek için, yol durumunun incelenmesi ve tahribatsız testler kullanılabilir. Bu durum, hangi kaplamaların bakıma ihtiyacı olduğunu ve ne zaman iyileştirme yapılabileceğine karar vermek için daha fazla rasyonel bir yaklaşım sağlar. Kaplama durumunun incelenmesi, bir iyileştirme yöntemi yapıldığı zaman bazı eşik limitleri tanımlamayı gerektirebilir.

Şekil 2.2'de koruyucu bakımlı ve bakımsız bir kaplamada, kaplama durumunun nasıl değiştiğini göstermektedir. [1]




**Şekil.2.2** Kaplamanın koruyucu bakımlı ve koruyucu bakımsız bozulma eğrisi [6]

### 2.6. Geçmişte Koruyucu Bakımın Kullanılmamasının Nedenleri

Koruyucu bakım çok uzun süredir mevcut olmasına rağmen bazı nedenlerden dolayı fazla kullanılmıyordu. Bu nedenlerin bazıları aşağıda yer almaktadır. [1]

- Birçok mevcut koruyucu bakım yöntemi, yüksek hacimli karayolları için uygun olarak kabul edilmemesi.

- Bakım için fon veya bütçenin ayrılmaması.

- Koruyucu bakım uygulamalarının performansı ve maliyet etkinliği hakkındaki bilgi eksikliği,

-Karayolları idareleri, yolların ve yol şeritlerinin sürücü için önemini kavrayamaması.

Bir yolda çukurlar veya diğer problemler meydana geldiği zaman, problemin giderilmesi için sorumlu kuruluşlar gerekeni yaparlar ve bunu da bakım bütçesindeki para gerçekleştirirler. Bu yüzden karayolu koruyucu bakımı unutulur. Yöneticiler, oluşan çukurları, çatlakları çözmeye öncelik verir ve koruyucu bakımı ihmal ederek doğru olanın yapıldığını zannederler. Bir diğer neden ise, koruyucu bakım bütçesi ve

kış bakımı bütçesi genellikle aynıdır. Sürücülerin güvenliği ile direkt etkili olduğu için kış bakımına yüksek derecede öncelik verilir ve kışın uzun sürmesi de bütçede koruyucu bakıma kalan miktarın azalmasına neden olur. Bütçede kalan miktarda uygun bir bakım programı yapmak için yeterli olmaz. [1]

## 2.7. Üstyapı Koruyucu Bakım Programının Yararları

Üstyapı koruyucu bakım programının yararları, konunun anlaşılması ve dokümante edilmesini sağlamaktadır; bu faydalar birimden birime farklılıklar gösterir, bu farklılıklar hem birimin stratejik hedefi hem de elde bulunan fonun ne şekilde arttırılabileceği ile ilgili olabilmektedir.

Üstyapı koruyucu bakım programının yararları aşağıda listelenmiştir. Bütün yararlar gerçekte ölçülmese de literatürde ve yetkililerin kararlarında yer almaktadır. [3]

### 2.7.1. Tüketici memnuniyeti

Yapılan anketlerin sonuçlarına göre müşteri memnuniyeti üstyapı koruyucu bakım programının bir parçası olmalıdır. Anketler; otomobil sürücülerinin iyi korunmuş bir yol sisteminin tanımlamasında güvenli hareket ve kaplama durumunun önemli olduğunu göstermiştir. Ayrıca kamuoyu bu hedefe ulaşmak için ödenen vergilerin arttırılmasına razıdır. Etkili bir üstyapı koruyucu bakım programının sonuçları; pürüzsüz kaplamalar, çukur onarma gibi bakım faaliyetlerindeki gecikmelerde azalma ve önemli onarım projelerinde daha az aksamadır. Bu olumlu değişiklikler seyahat eden kullanıcı tarafından fark edilir ve desteklenir. [3]

### 2.7.2. Güvenilir kararlar

Başarılı bir üstyapı koruyucu bakım programı ile çalışan birimler performanslarını "doğru zamanda doğru yola doğru koruyucu bakım yöntemiyle müdahele (doğru müdahalelerin yapılması) edilmesi" ilkesinin uygulanmasıyla ispat etmişlerdir. Üstyapı koruyucu bakım programları, geçmişteki performanslarının, şu anki performanslarının ve farklı bakım yöntemi opsiyonlarıyla beklenen performanslarının kombinasyonunu temel almaktadır. Verinin bulunması ve erişilebilirliği herhangi bir üstyapı koruyucu bakım programının başarısı için kritik elemanlardır. Daha iyi kararların üstyapı koruyucu bakım programı için önemli

faydaları olurken, derlenip toplanmış kullanılabilir formatta bulunan gerekli bilgiler birçok birime avantaj sağlar. [3]

### 2.7.3. Geliştirilmiş stratejiler ve teknikler

Bir birim üstyapı koruyucu bakım arenasında riske girerken gayet açıktır ki; önleyici bakım yöntemleri mümkün olan en yüksek performansı sağlamaktır. Geliştirilen malzemeler yada metotlar yada her ikisinin birleşimi, performansın yükselmesini sağlayacaktır. Artan ihtiyaç ve taleplerin sonucu olarak ta bugün birçok malzeme performans yükselişini sağlamak için tasarlanmaktadır. Endüstri bunları düşünerek adım atmaktadır, yeni metotları ve ekipmanları geliştirirken toplam performansı da hesaba katmaktadır. Yeni geliştirilmiş muamelelerin başlangıç fiyatı bazı durumlarda daha yüksek olabilirken, beklenen ömrü geleneksel uygulamalardan daha fazla olacaktır. Sonuç olarak bakım maliyetlerinin toplamında bir azalma olacaktır. [3]

### 2.7.4. Kaplama durumunun iyileştirilmesi

Başarılı bir üstyapı koruyucu bakım programı, başlı başına kaplamaların ve bütün şebekelerin performans döngüsünü uzatır. Bu fayda daha iyi bir şekilde ölçülebilir ve belgelendirilebilir. New York, Michigan, Wisconsin, California ve Ohio'da bu bakımdan mükemmel bir şekilde bilgi akışı sağlayan birimler bulunmaktadır. [3]

### 2.7.5. Maliyet etkinliği

Birimlerin görüşüne göre; üstyapı koruyucu bakım programlarının en önemli faydalarından biri finansmandır. Gerçek tasarruf değerleri, belgelendirilebilme açısından en zor ele geçirilen faydalardır. Yapılan strateji maliyetlerinde ve teorik kaplama ağında karşılaştırmalar vardır. Yapılan yöntemlerin kaplama ağındaki bütün şartlara etkileri kıyaslanır. Bu karşılaştırmalar teorik maliyet tasarrufları olarak üstyapı koruyucu bakım programı için belgelendirilir. Eğer yönetim, elde edilen yolculuk kalitesi yada başlangıçtaki kaplama şartları göstergeleri gibi kesin servis seviyelerini sağlamayı taahhüt ederse maliyet tasarrufu bilgilerini belgelendirmek kolaylaşacaktır. Bu da göstermektedir ki yönetim, üstyapı koruyucu bakım programıyla daima daha yüksek bir kullanım seviyesi sağlayacaktır.

Ayrıca aktif olarak üstyapı koruyucu bakım programına sahip bazı birimler programın mali açıdan avantajlarını bildirmektedir. Bu tasarruf sayesinde daha iyi kaplama şartları yada daha az maliyetle aynı şartlar gerçekleştirilir. [3]

### 2.7.6. Güvenliğin artması

Tüketicinin görüşüne göre güvenliğin artışı, önem sırasına göre ilk sırada yer almaktadır. Üstyapı koruyucu bakım programı ölçülebilir güvenlik yararları sağlar. Bugünlerde geliştirilen yöntemlere, daha iyi bir yüzey sağlayacağı, yüzeyin daha iyi muhafaza edileceği, çukur, tekerlek izi gibi güvenlik ile ilgili kusurların azaltılacağı konularında itimat edilmektedir. Bunların sonucu olarak geliştirilen yüzey dokusu, yüzey sürtünmesinde (kuru ve ıslak), yüzeyin su püskürtmesinde ve yoldaki gürültüde direkt olarak pozitif bir etkiye sahip olacaktır. Ayrıca daha iyi şartlardaki kaplamalar, daha az onarıma gereksinim duyacaktır. Bu da seyahat eden ve inşaat işlerinde çalışan insanların, inşaat aktivitelerindeki tehlikelere daha aza maruz kalmalarını sağlayacaktır. [3]

Birimlere, bu yararların ölçüm değerlerinin belgelenerek bir yerde bulunmasını mı yoksa yararların belirlenmesini mi üstyapı koruyucu bakım programında önemli olduğunu düşünüyorsunuz diye bir soru sorulur. Bu soruyu cevaplandırmış hemen hemen her birim üstyapı koruyucu bakım programının belirlenmiş faydalarının önemli olduğunu düşünmektedir. Aynı zamanda, üstyapı koruyucu bakım programlarından kazandıkları yararların subjektif olarak ölçülmesi için mücadele etmektedirler. Ne olursa olsun sezgisel ve anekdot faydalar gerçektirler. [3]

## 2.8. Kaplamalarda Koruyucu Bakım Programını Geliştirmede Potansiyel Tehlikeler ve Engeller

Bazı birimlerde, üstyapı koruyucu bakım programının gelişimi hem yönetim personeli hem de yönetim için önemli bir değişikliktir. Herhangi bir değişiklikte ilerleme yavaş olur ve bazı engellerle karşılaşılır. Üstyapı koruyucu bakım programının gelişiminde en çok karşılaşılan engeller aşağıda yer almaktadır. [3]

### 2.8.1. Halkın kabulü

Sürücüler, yollara onarım yapılmadan önce onların bozulduğunu görmeye alışıktırlar. En kötü durumdaki yollar, sürücü şikayetleri ve birimlerin onarım (rehabilitasyon) stratejileri bakımından daha fazla dikkat çekmektedir. Fakat üstyapı koruyucu bakım programı bozulan kaplamalar ile değil, durumu nispeten daha iyi olan kaplamalardaki işleri yönetmektedir. Yönetim personeli arasındaki ortak kaygı, kamuoyunun bu değişikliği kabul etmeyeceğidir. Fakat son durumlar göstermektedir

ki; toplum, mali uygulamalar, geliştirilen kaplama performansı, daha kısa süre ve daha az gecikme konularıyla ilgilenmektedir. Uygun eğitim ile bu bilgi, yönetimin üstyapı koruyucu bakım programına yardımcı olmak için kullanılabilir. [3]

### 2.8.2. Yönetimin kabulü

Birçok kamuoyu biriminin yönetimi ile birlikte bakım aktivitelerinin statüsü azalmaktadır. Yönetim her zaman yeni yapılan yollara, varolan yolların bakımından daha fazla ilgi göstermektedir. Mühendisler üstyapı koruyucu bakım programı ile gelen değişiklikleri destekledikleri halde yönetim yardımının desteklenmeye ve teşvik edilmeye ihtiyacı vardır. [3]

### 2.8.3. Araştırma ihtiyaçları

Üstyapı koruyucu bakım programlarının avantajlarının desteklenmesi ve ilerletilmesi için gerekli gerçek verilerin bulundurulması zordur ve genellikle bu mümkün olamaz. Kanıtların olmaması; birimlerin karar veren kişileri eski düşüncelerinden uzaklaştırıp, üstyapı koruyucu bakım programını kabul etmeleri açısından zorluk çıkarmaktadır. [3]

### 2.8.4. Eğitim

Müteahhitler ve şirket sahipleri, çeşitli bakım işlemlerini yıllardır başarılı bir şekilde yapmaktadırlar. Fakat üstyapı koruyucu bakım programının ortaya çıktığı sahada, kaliteli (yüksek) yüzey işlemlerinin uygulandığı bilindik bir mekanizma yeterli olmamaktadır. Aday projeleri seçebilmek, uygun işlemleri tanımlayabilmek ve bu işlemlerdeki zamanlamayı yapabilmek gereklidir. Bu durumda eğitim gerekli bilgilerin kazanılması için şarttır. [3]

### 2.8.5. Veri yönetimi

Üstyapı koruyucu bakım işlemlerindeki performans takibi, birimlerin hangi işlemi yapıp hangi işlemleri yapmayacaklarını tanımlamalarına olanak sağlar. Maalesef, birçok kısımda çok az performans takip işlemi yerine getirilmektedir. [3]

Bakımın hedefi; problemi tanımlamak, onu tespit etmek ve bir sonraki probleme ilerlemektir. Önceki işlerin performans takibi için zaman ve ilgi yoktur. Oysaki üstyapı koruyucu bakım statüsü, şu andaki seviyesinden daha yukarılara

çıkartılacaksa, performans takibi birimlerde standart bir uygulama haline gelmelidir. [3]

### 2.8.6. Bakım için kaynak(bütçe)

Gerçek şudur ki; birçok birimde, politik ortamın, birim yönetiminin ya da kaynak yapısının değişimiyle öncelikler değişiklik gösterebilir. Bugün yönetime stratejik gelen bir program, yarın konunun personel, kaynak gibi diğer programlara saptırılmasıyla kısıtlanabilir ya da ortadan kaldırılabilir. Üstyapı koruyucu bakım programları, öncelikle kaynak değişkenliğine duyarlıdır. PPM programlarının düzenli, planlı döngüsel bir sistemde uygulanması gereklidir fakat, kaynakta olan herhangi bir eksiklik birim şebekesinin bütün koşullarını azaltabilir. [3]

### 2.8.7. Ekibin kabulü

Üstyapı koruyucu bakım teşebbüslerinin başarısında her aşama kritiktir. Görmezden gelinebilen aşamalardan biri olan ekip aşaması gerçekte işin yapıldığı yerdir. Ekipler geçmişten beri yaptıkları işte uygulanan değişiklikleri bir tehdit olarak algılarlar. Ekipler bu değişikliği onların uyguladıkları metotlar ve stratejilein yetersiz ve değersiz olduğuna dair bir delil olarak görürler. Eğer bu hoşnutsuzluk içeren düşünceler fark edilmezse, üstyapı koruyucu bakım programı zayıf bir başlangıç yapabilir hatta belki de program başarısızlık ile sonuçlanabilir. [3]

## 2.9. Kaplama Koruma Programının Elemanları

Başarılı bir kaplama koruma programı için birçok sayıda teknik unsur vardır, fakat iki tane teknik olmayan unsur önce gelmelidir. Bunlar;

1- En üst mertebedeki yöneticilerin program için kurumlar ile birlikte taahhüdü.

2- Tüketiciye amaçlanan kapsamlı bir eğitim.

Eğer bu iki özellik program içinde uygulanmazsa başarılı olmaz. Kaplama üzerindeki bakım performans aktivitelerine tüketici tarafından iyi olması yönünde eleştiri gelecektir. İdare yönetimleri koruma sisteminin konseptleri hakkında konuşmalar yapmalıdırlar ve koruyucu bakım yöntemlerinin yararları hakkında eleştirilere cevap vermelidirler ki, kamuoyu vergi mükellefi amaçlarının ne olduğunu bilmelidir. [6]

Aşağıdaki öğeler kaplama koruma programı geliştirileceği zaman göz önünde tutulmalıdır.

1-Programın standartlarını sağlamak: Bu standart kurallar, bir program koordinatörünü tanımlama, çevresel konular ve güvenlik gibi özellikleri sağlamak için koruma programında ve bütün stratejileri tanımlamada gereklidir. Programın teknik elemanları, ihtiyaçlara karar vermek için sistemin ne kullanması gerektiği gibi konuları içermesi gerekir. Sonuç olarak, programın hedefleri ile ilişkili ilerlemenin ölçülebilmesi için bir sistemin tanımlanması gerekmektedir. [6]

2- Bakım ihtiyaçlarına karar vermek: Yönetimin görevleri altında kaplama ağının var olan koşullarına karar vermek için bir sistem yönetimi, programın gerekli bir parçasıdır. Kaplama yönetim sistemleri (PMS) direkt olarak yönetimler tarafından bir parça olarak kullanılır fakat onların karmaşıklıkları ve yaklaşımları çoğu zaman çeşitlendirilir. Genellikle bir inceleme, var olan kaplamanın parçaları ile iletilir ve çeşitli bozulma özellikleri not edilir. Geleneksel kaplama yönetim sisteminin hatalı koşulları gösterdiği ve koruma için erken indikatörleri sağlamadığının belirtilmesi gerekmektedir. [6]

Bu verilerin analizi, proje konumu, günlük trafik ortalaması, araç yüzdesi, trafik aydınlatmaları ve çevresel koşullar (yüksek ve düşük sıcaklık, don olayları, yağış) gibi bilgiler doğrultusunda veriler için bir envanter sağlar ki bunlar da, koruma, onarım veya yeniden yapım için uygun kaplama parçalarının yapılmasınada etkili olabilmektedir. [6]

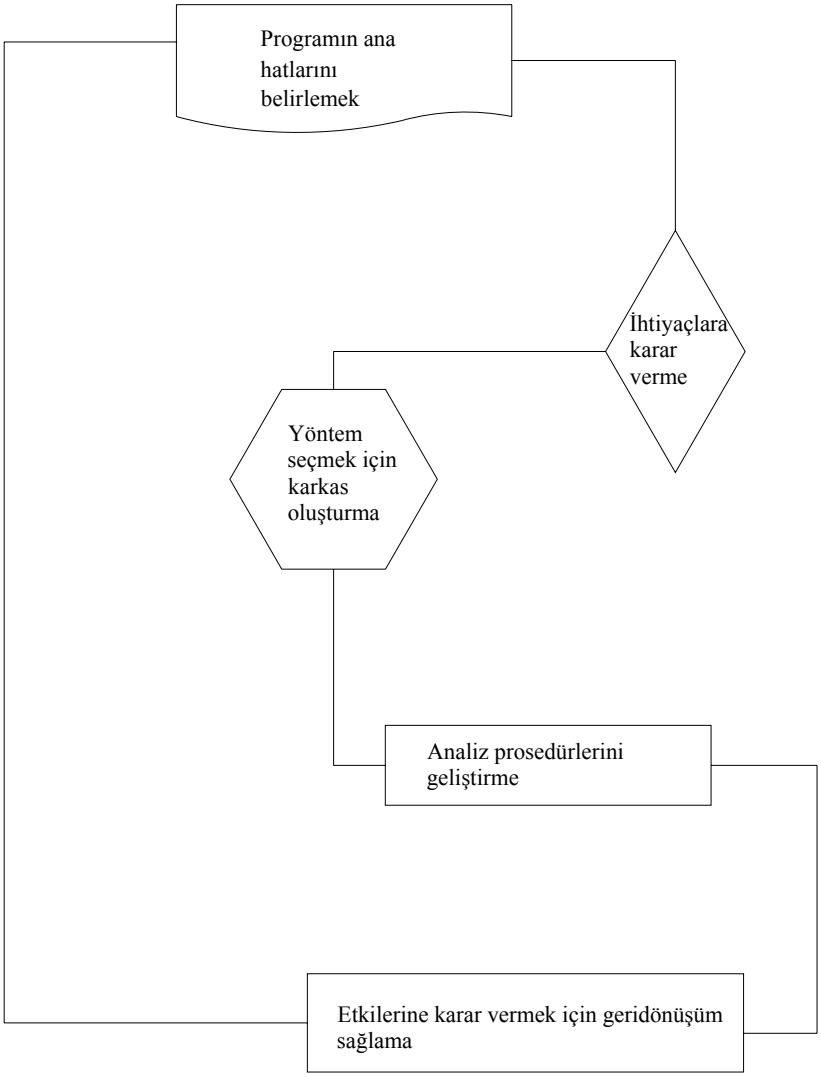
Kaplamaların şimdiki bakım veya onarım gereksinimleri, kaplama korunması için genellikle iyi bir aday değildir.

3- Yöntem seçmek için bir yapı sağlamak: Proje için düşünülen kullanım seviyesinin belirlenmesi için, iklim ve zorluk seviyeleri ve çeşitlerine uygun bir bakım yöntemi seçmek önemlidir. [6]

4- En etkili yönteme karar vermek için analiz prosedürleri geliştirmek: Bakım yöntemlerinin uygun maliyetli olanına karar vermek için birçok sayıda prosedür bulunur. Bunlar, çeşitli yaklaşımlara dayandırılır ve basitten komplekse doğru çeşitlendirilir. [6]

5- Etkili olan programa karar vermek için bir geri dönüşüm mekanizması içermek: Belirlenmiş hedeflerle ilgili olarak programın nasıl çalıştığını belirlemek için

yönetimin yöntemidir. Programların gelişimlerinden dolayı değiştirilmeye ihtiyacı olan faktörleri düzeltmeye yardım eden bir araç haline gelmiştir. Geri dönüşüm, hem bireysel kaplama performansını hem de bütün sistemin performansını içerir. Şekil 2.3, kaplama koruma programının çeşitli elemanlar üzerindeki ilişkiyi gösteren bir grafiktir. [6]




**Şekil 2.3** Koruyucu kaplama programının elemanları [6]

## 2.10. Koruyucu Bakım Programını Gerçekleştirmede Gerekli Adımlar

Başarılı bir programın gelişimi için herhangi bir yönetimin üstyapı koruyucu bakım programını uygulaması ya da programın değişiminde spesifik ihtiyaçları belirlemesi gereklidir. Yönetimler, bu ihtiyaçları karşılamak için stratejiler geliştirmelidir. Her

yönetim kendi durumuna en uygun yapıda bir yönteme başvuracaktır fakat diğer yönetimleri aynı koşullarda ne yaptıklarını bilmek te faydalı olabilmektedir. [3]

Üstyapı koruyucu bakım anketlerinin bir bölümünde, yönetimlere başarılı bir programın gelişimindeki en önemli ihtiyaçların neler olduğunu düşündükleri soruldu. Önemli olarak tanımlanmış ihtiyaçlar aşağıda yer almaktadır ve kaç adet yönetimin hangi ihtiyacı işaretlediği parantez içinde yazılmaktadır. [3]

- Uygun/Tahsis edilmiş Kaynak (16)
- Üst Yönetimin Desteği/Taahhüdü (13)
- Veri Toplama ve Yönetim (12)
- Ekip Uygunluğu (5)
- Eğitim (6)
- Geliştirilen Modeller/Proje Seçimi (6)
- Hukuksal Dayanak (5)
- Tanıtım/Reklam (2)

İhtiyaçların her biri tek başlarına temel alınamazlar. Birbirleri ile bağlantılıdırlar. Tavsiye edilen stratejilerin bazıları birden fazla ihtiyaç için uygulanabilmektedir. Tanımlanan ihtiyaçların kısa bir özeti aşağıda yer almaktadır. [3]

### 2.10.1. Uygun/Tahsis edilmiş kaynak

Üstyapı koruyucu bakım programlarının uygulanmasında başarılı olan yönetimler, uygun, güvenli ve sürekli bir fon kaynağı bulmanın önemi ile karşılaşırlar. Tahsis edilmiş fonların kuruluşu, kararlı bir kaynak akışının sağlanmasını garantiye almaya yardım eder ve böylece yönetimin gerekli teknolojileri uygulamasına da olanak sağlar. [3]

### 2.10.2. Üst yönetimin desteği/taahhüdü

Etkili bir üstyapı koruyucu bakım programının oluşumu üst yönetimin desteği ve taahhüdünü gerektirmektedir. Birimlerin birçok talebi vardır ve bu programlar, bu isteklerin en yüksek düzeyde başarılabilmesi için en iyi fırsatı sağlarlar. [3]

### 2.10.3. Veri toplama ve yönetim

Objektif, doğru ve tekrarlanabilen ölçümler üstyapı koruyucu bakım programının başarısında kritiktir. Birçok birimin kaplama yönetim sisteminin sağladığı bilgilere

ihtiyacı vardır. kaplama yönetim sistemindeki değişiklikler bilgi aktarımını sağlamak ve üstyapı koruyucu bakım programını desteklemek için gereklidir. [3]

### 2.10.4. Ekip uygunluğu

Üstyapı koruyucu bakım programının başarılı olabilmesi için, işin yürütülmesi ve takip edilmesi gereklidir ve bunlar üstyapı koruyucu bakım programının konsepti ve felsefesi çerçevesinde gerçekleşmelidir. Eğer ekip içindekiler bu işi destekleyerek çalışmıyorlarsa, başarı şansı çok zayıftır. [3]

### 2.10.5. Eğitim

Üstyapı koruyucu bakım programının konsepti ve felsefesi birçok birim için yeni kavramlardır. Gerçekte üstyapı koruyucu bakım, birimin çizgisi için önemli bir değişikliktir. İşin teknik ve mekanik bilgisinin gerekliliğinin yanı sıra üstyapı koruyucu bakım programının amacının anlaşılması ve kavranması da gerekmektedir.

### 2.10.6. Geliştirilen modeller/Uygulanacak yerler

Hem asfalt betonu hem de portland çimentolu beton kalıplarına uygun birçok üstyapı koruyucu bakım işlem seçeneği mevcuttur. Seçeneklerin bazıları uygunken diğerleri uygun değildir. “doğru zamanda doğru yöntemi” seçebilmek için yönetimlerin performans ve maliyetleri temel alan bir süreç seçmeleri ve bu süreci geliştirmeleri gerekmektedir. Tabi ki birçok durumda bunu söylemek yapmaktan daha kolaydır. [3]

### 2.10.7. Hukuksal dayanak

Birçok yönetimin bütçeleri ve önemli kaynak talepleri, hukuksal dayanak ile giderilmektedir. Hukuksal dayanak, yönetimin üstyapı koruyucu bakım programının başarısında kritik bir ihtiyaçtır. Eğer program uygun ve tutarlı bir seviyede kaynaklandırılamıyorsa, bu programı gerçekleştirmek mümkün değildir. [3]

### 2.10.8. Tanıtım/Reklam

Üstyapı koruyucu bakım programı haber yapılmaz, kurdele kesimleri, açılış törenleri olmaz. Gerçekte birçok insan akıllı ve mantıklı bir programın içinde, bakıma ihtiyaç duyulan kaplamaların önemsenmeyerek iyi bir performans için yapılan çalışmaların bulunmasını sorgulamaktadır. Toplum, güvenilir mali uygulamalarla ilgilenmektedir.

Tabi ki, uygun bilgi ve eğitim ile beraber bu ilgi, üstyapı koruyucu bakım programının desteğine yöneltilebilir.

Bahsedilen ihtiyaçlarla karşılaşıldığında tavsiye edilen stratejiler aşağıda listelenmektedir. Bu stratejiler genel olarak üstyapı koruyucu bakım programlarının başarılı olduğu durumlarda bildirilmiştir.

1- Koruyucu bakımın yararlarını kanıtlayan bir plan geliştir ki planın fon ayrımı için gerekli para sağlansın.

2- Bir dış etken olarak kaynakların bulunması ve bir iç etken olarak konsept uygunluğu doğrultusunda planı ilerlet.

3- Kaynakların, üstyapı koruyucu bakım uygulamalarına doğru yön değiştirmesini sağlayan adımlar atılması gereklidir.

4- Yönetim sabırlı olmalı ve programın yararlarının hemen belli olmadığının farkına varmalıdır.

5- Kaplama şartları daha fazla kötüye gitmeden, sözleşmelerin teslim edilmesi için gerekli sürenin en aza indirilmesi önemlidir.

6- Merkezde toplanılan organizasyonlarda, saha personelinin karar sürecinde yer alması için özel çabalar sarf edilmelidir.

7- Üstyapı koruyucu bakım projelerini basit tut.

8- İlk olarak, endüstriyi bu iş ile istila etme. Küçük başla ve programı ilerlet.

9- Koruyucu bakım işlemleri için şartname geliştirmede endüstri ile ortaklaşa çalış.

10- Üstyapı koruyucu bakım kavramlarını fazla övme.

11- Programlar, işlemlerin maliyet, çeşit ve performans değişikliklerine adapte olmayı gerektirmektedir.

12- Programı takip et, eğer bazı unsurlar çalışmıyorsa onları tespit et.

13- Sorunları çözmek için endüstri ile birlikte çalış.

14- Hedefleri belirle. Eğer belirli bir amacın yoksa yeni bir programa başlamak ya da varolan bir programı sürdürmek zordur. Hedefler basit ve ölçülebilir olmalı, müşteri ve yönetimlerin ihtiyaçlarını karşılayabilmelidir. Ölçülebilen hedeflere örnek olarak:

a- Kaplama şartları (koşulları)

b- Yapısal değerlendirmelerin ortalamaları

c- Bir koşul kategorisindeki kaplama yüzdeleri

d- Maliyet tasarrufları

15- Yararları belgelendirmek ve ilerletmek üstyapı koruyucu bakım programı yerine getirilmiş olsa da devam etmelidir. Eğer kurulan politika ile yararlar gösterilemiyorsa, kaynak akışı devam etmeyebilir.

16- Kaynakların bulunması. Uygun, tutarlı ve devamlı bir kaynak akışına sahip olmuş bir program önemli bir başarı elde etmiştir. Yönetimlerin, üstyapı koruyucu bakım programı için kaynaklara (fonlara) ulaşmada ilk olarak kullanabilecekleri üç kaynak aşağıda yer almaktadır.

a- Yeni para (gelire katkıda bulunma).

b- Diğer programlardan gelebilecek mevcut kaynaklar.

c- Devlet kaynaklarıyla esnekliğin artırılması.

17- Kaynak seviyeleri üstyapı yönetim programının ihtiyaçlarına uymalıdır.

18- İyileştirmelerin geliştirilmesi, ilerletilmesi ve zamanlama.

a- Memnun olma.

b- Geri beslemeyi takip etme.

c- Rehberlikte değişiklik yapma.

d- Uygulamalar için bir el kitabı geliştirme.

19- Üstyapı koruyucu bakım programının yararları hakkında halkı eğitmek için toplumla iletişim kurulmasını sağlamak.

20- Bakım işlemlerinde kullanmak için video geliştirmek.

21-Kaplamalardaki bakım işlemlerine önem verilmesiyle yönetimlerin performansındaki artışın anlaşılması için yol göstermek.

22- Üst yöneticiler ile sistemin teması ile ilgili görüşülmesi.

23- Araştırmaları NCHRP, TRB, vs. ile desteklemek.

24- Üstyapı koruyucu bakım programının öneminin vurgulanması için kursların açılması, seminerler düzenlenmesi gibi çalışmalar yapmak.

25- “En iyi uygulamalar”’ı içeren bir el kitabı geliştirmek.

26- Uygun üstyapı koruyucu bakım işleminin zamanlamasının belirlenmesinde uzmanlarının deneyimlerine güvenmek.

27- Performansın belirlenmesi için daha önce yapılan üstyapı koruyucu bakım programlarının her yıl yeniden gözden geçirilmesi.

Tablo 2.1, üstyapı koruyucu bakım programının gerçekleştirilmesi için gerekli ihtiyaçlarla karşılaşıldığında uygulanan stratejiler ile ilgili bilgileri birleştirmektedir. Tabloda gösterildiği gibi birçok strateji birden fazla ihtiyaç için uygulanabilmektedir. [3]

**Tablo 2.1.** Kaplama koruma bakım programının uygulama ihtiyaçlarının karşılaştırılması için stratejiler [3]

| Stratejiler | İhtiyaçlar | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Uygun Tahsis Edilmiş Kaynak | Üst Yönetimin Desteği | Veri Toplama ve Yönetim | Ekip Uygunluğu | Eğitim | Geliştirlien Modeller/Uygulanacak yerler | Hukuksal Dayanak | Tanıtım/Reklam |
| 1-Plan Geliştirme | x | x | | x | | | x | |
| 2-Planı İlerletme | x | x | | x | | | x | x |
| 3-Kaynakların PM'e doğru yön değiştirmesi | x | | | | | | | |
| 4-Sabırlı olmak gerekir | x | x | x | x | x | x | x | x |
| 5-Gerekli sürenin en aza indirilmesi | | x | | x | | | x | |
| 6-Saha personeli içerme | | x | x | x | x | | | |
| 7-Koruyucu bakım projelerini basit tut | | x | | x | | | | x |
| 8-Küçük başla ve programı ilerlet | | x | | x | | | | x |
| 9-Endüstri ile birlikte çalışma | | x | | x | x | | | x |
| 10-Koruyucu bakım kavramlarını fazla övme | x | x | | x | | x | | |
| 11-Programlar değişikliklere adapte olmalı | x | x | | x | x | x | | |
| 12-Programı takip et ve gerekliyse tespit et | x | x | x | x | | x | x | x |
| 13-Endüstri ile birlikte çalış | x | x | | x | x | | x | x |
| 14-Hedefleri belirle | x | x | x | | | x | | |
| 15-Yararları belgelendirme ve ilerletme | x | x | | x | x | x | x | x |
| 16-İthaf edilen kaynakların bulunması | x | | | | | | | |
| 17-Kaynaklar ihtiyaçlara uymalı | | x | | x | | | | |
| 18-Yöntemlerin geliştirilmesi ve ilerlemesi | x | | x | x | x | x | | |
| 19-toplumla iletişim kurma | | | | | x | | x | x |
| 20-Bakım için video geliştirme | | | | x | x | | | x |
| 21-Gruplara odaklanma | x | x | | | | | x | x |
| 22-Sistem ile ilgili görüşülmesi | x | x | | x | x | | | x |
| 23-Araştırmaları NCHRP ile destekleme | | | x | | x | x | | |
| 24-Kurslar ve seminerler düzenleme | | x | | x | x | | | |
| 25-Uygulamaları içeren kitapçık çıkarma | | x | | x | x | | | |
| 26-Uzmanların deneyimine güvenme | | | x | | x | x | | |
| 27-PPM programını yıllık düzenlenmesi | x | x | x | x | | x | | |

## 2.11. Koruyucu Bakım Yöntemi Seçimi ve Zamanlaması

Esnek üstyapılı karayollarında koruyucu bakım yöntemleri (iyileştirmeleri) başlangıçta orijinal kaplamanın ömrünü korumak veya uzatmak için uygulanır. Karayolu idareleri tarafından kullanılan farklı yöntem çeşitlerinin sınıflandırılmasını sağlar. Yöntemlerin bir kısmı bakım kategorisi altında geri kalanları da onarım (onarım) kategorisi altında yer almaktadır. [6]

Birçok yönetim ve organizasyon, mevcut kaplamanın herhangi bir durumu için uygun bakım ve onarım (onarım) stratejisi seçmek için karar mekanizması geliştirmektedir. Bu bölümde, karar ağaçlarının ve matrislerin faydalarının her bir yöntemin optimal zamanda seçilmesi için daha iyi bir yaklaşım olduğu anlatılacaktır. [6]

### 2.11.1. Yöntem seçmek için araçlar

En genel araçlar, karar ağaçları ve matrisleridir. Bu araçların gelişimi içinde karar verilen verilerin genel çeşitleri aşağıda yer almaktadır.

- İnşaat tarihi ve/veya kaplama yüzey çeşidi

- Trafik seviyesi ve/veya fonksiyonel sınıflandırmanın bir göstergesi

- Bozulmanın çeşidi hakkında daha spesifik bilgi

- En az bir çeşit durum indeksi (pürüzlülük ve/veya yorulma içeren)

- Geometriler (eğer kaplamanın genişlemesi veya banket tamiri gerekli olursa yol gösterirler.)

- Hangi yöntemin kullanılacağını belirleyen çevresel koşullar.

Bu araçların avantajları doğal olarak yönetimlerin kullandığı karar yöntemlerini yansıtmaktadır. Diğer avantajlar ise aşağıdadır.

- Karar kriteri ve yakın yöntemleri geliştirmek için esnektir.

- Tutarlı tavsiyeleri yerine getirmek için yeteneklidir.

- Nispeten kolaylıkla seçilen yöntem ile açıklanabilir ve programlanabilir.

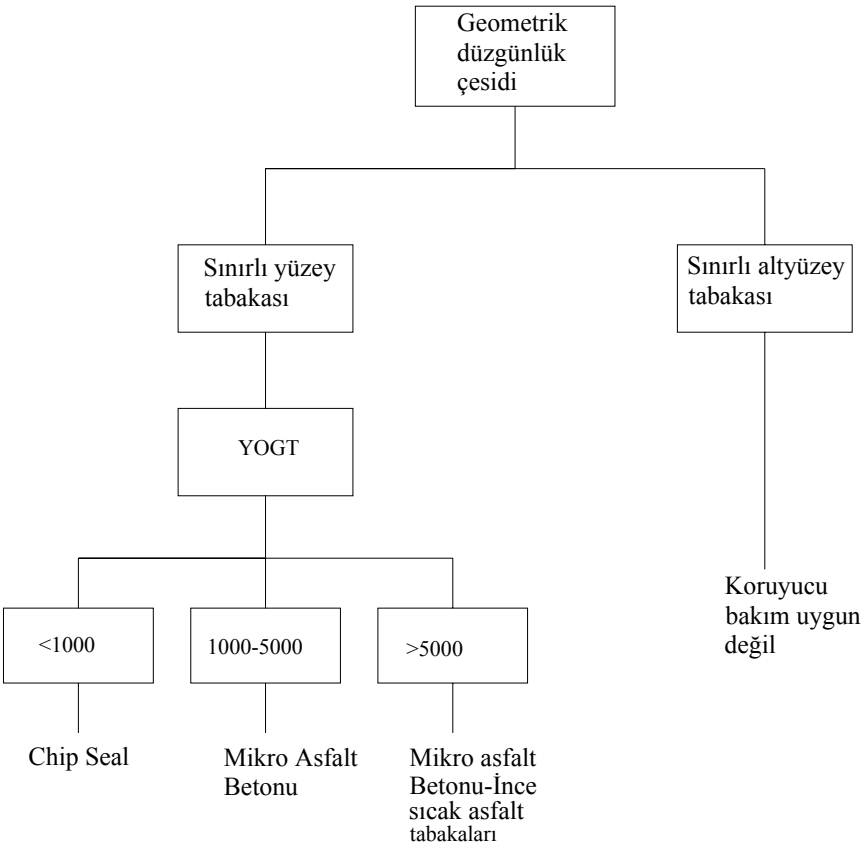
Her iki araçın da uygun koruyucu bakım yöntemlerini tanımlama ve seçmede etkili bir biçimde kullanılabilmesi, rutin koruma ve onarım (rehabilitasyon) seçeneklerinden daha iyidir. Bu araçların başlıca dezavantajı, genellikle geçmişte iyi

çalışan bir veya birkaç yöntem üzerinde dikkatli bir şekilde odaklanmak için dizayn edilmiş olmalarıdır. Maalesef, daha etkili olabilecek yeni ve gelişmiş yöntemleri önemsememektedirler. Ayrıca, şu da dikkate alınmalıdır ki, karar ağaçlarının ve matrislerinin kullanımı optimum ve en uygun maliyetli yöntemin seçimini sağlamamaktadır. Genellikle, optmizasyonu başarmak için maliyet ve zamanlamaya karar veren daha geniş bir yöntem seçilmesi talep edilir. [6]

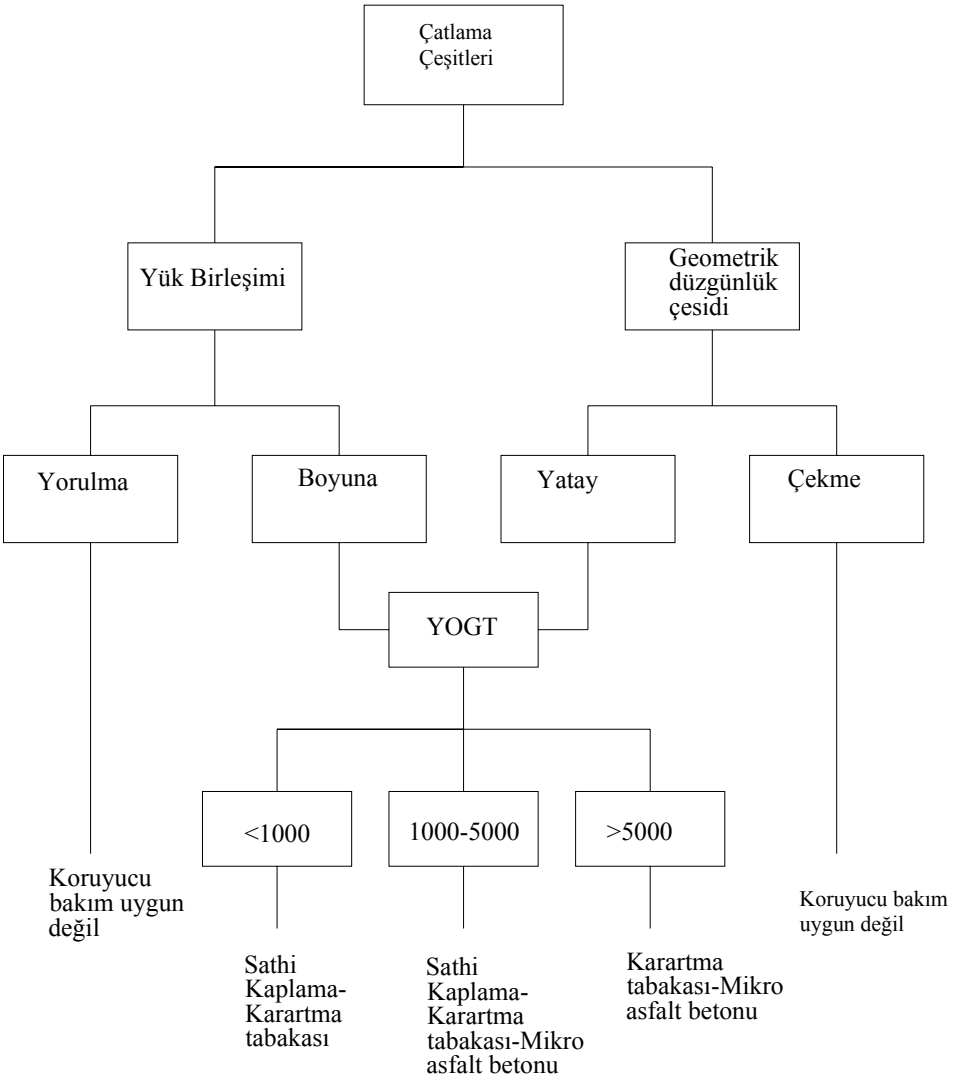
**Karar ağaçları**

Terminolojide belirtildiği gibi karar ağaçları, branşların kullanımı doğrultusunda belirli bir yöntemi tanımlamak için bir takım kriterleri kapsar. Her branş, bir takım özel koşulları gösterir ki (kaplama çeşidi ve seviyesi, trafik hacmi ve fonksiyonel sınıflandırma gibi) bunlar eninde sonunda belirli bir yöntemin tanımlamasında öncelikli olurlar. [6]

Şekil 2.4. ve 2.5., bakım ve onarım ile ilişkili olarak kavramları örneklemek için sadece birkaç yöntemin kullanılmasını gösteren karar ağacına bir örnektir. Bu örnekte, yöntem seçmek için temel beş kriter kullanılmaktadır. Bununla birlikte, kullanıcılar herhangi bir koşul için karar ağacının uygulanmasında dikkatli olmalıdırlar. [6]




Şekil 2.4. Pürüzlülük için Karar ağacı [6]




Şekil 2.5. Çatlaklar için karar ağacı [6]

**Karar matrisleri**

Karar matrisleri, karar ağaçlarına benzemektedir ki uygun bakım ve onarım yöntemlerine ulaşmak için bir takım kurallar ve kriterleri vardır. En büyük fark ise karar ağaçları yöntem seçmede daha sistematik ve grafiksel yaklaşmayı sağlar. Gerçek şu ki, karar matrisleri daha küçük boşluklar içine daha fazla bilgi depolamaya yarar. [6]

Uygun bakım yöntemlerini seçmek için etkili birçok faktör olduğunu bu düşünceler sunar. Bunlar:

- Zorlanmanın çeşidi ve aralığı

- İklim

- Yöntemin maliyeti

- Üstlenici kalitesinin hazırlığı

- Sınıflandırma yılının zamanı

- Trafik yükü(yüklemesi)

- Kaplama çeşidinin oluşumu

- Umulan servis süresi

- Materyal kalitesinin hazırlığı

- Kaplama sesi(gürültüsü)

- Yüzey sürtünmesi

Sırasıyla en uygun maliyetli koruyucu bakım yöntemini seçmeye başlamak için potansiyel yöntemlerin her birinin performans özelliklerini anlamak, belirli projeler üzerinde uygun olabilen yukarıdaki faktörlere ve diğerlerine karar vermek gerekmektedir. Gerçekte yönetim yetkilerinin boyutu ve aralığına bağlı olan faktörler, coğrafi alandan alana değişiklik göstermektedir. [6]

**Karar ağaçları ve matrisleri kullanmanın faydaları ve sınırlamaları**

Karar ağaçları ve matrisleri kullanmanın faydaları ve sınırlamaları aşağıda gösterilmektedir.

Yararları:

- Deneyime sahip olmayı sağlar

- Yerel şartlarda iyi çalışır

- Proje seviyesi için uygundur.

Sınırlamalar:

- Yönetimden yönetime her zaman transfer edilemeyebilir

- Yeni yöntemleri kullanmayı veya yenilikleri sınırlandırma

- Önemli olan bütün faktörleri dahil etmek zordur(örneğin; fonksiyonel sınıflandırma, kalan ömür)

- Bütün kaplama bozulma çeşitlerini dahil eden matris geliştirmek zordur

- En uygun maliyetli stratejiye karar veren çeşitli olası alternatifleri daha ayrıntılı içermez.

- Ağ (network) değerleri için iyi değildir. [6]

**Bakım işlem matrislerinin seçilmesi**

Kabul edilmiş işlemler arasından seçim yaparken dikkat edilmesi gereken başlıca konular;

- Performans ve İnşa edilebilirlik

- Müşteri memnuniyeti'dir.

Performans ve inşa edilebilirlik faktörleri işlemin beklenen ömrünü, işlem üzerindeki mevsimlik etkileri, varolan kaplama koşullarını, varolan kaplama yapısını ve işlem için EAC hesaplamasını içermektedir. Müteahhitin tecrübesi, malzeme kullanılırlığı ve hava şartlarının kısıtlamaları da hesaba katılmalıdır. Bu öğelerin herbiri 1 ile 5 arasında değerlendirilir. Bölge bakım mühendisi ya da yerel denetçi kendi kişisel tecrübelerine dayanarak dereceleri tayin etmelidir. Dereceler, işlem uygulandığında uygun gelme gerçeğine dayanmaktadır, buna rağmen iklim şartları ve malzeme kısıtlamaları gibi proje sınırlamaları, bahsedilen prosedürlere engel olabilir. Yeni ürün ya da malzeme kaynaklarının yer aldığı durumlarda risk faktörü hesaba katılır ve bu malzemelere daha düşük dereceler verilir. Benzer olarak eğer müteahhit yeni ürün ya da malzemelere yabancı ise yeni ürünün teknik özelliklerine rağmen daha düşük dereceler verilmelidir. [6]

Müşteri memnuniyeti faktörleri, sosyal faktörlerdir ki bunlar trafiğe engel olma, ses seviyesi gibi içeriklere sahiptir. Döküntü ve genel görünüş gibi estetik faktörleri de içermektedir. Bu durum uygun seçeneğin, maliyet ve performanstan daha farklı faktörler açısından da değerlendirilmesini mümkün kılar. Maliyet etkinliği en fazla ve en dayanıklı olan işlem, bazı şartlar altında doğru zamanda doğru kaplama için doğru işlem olmayabilir. [6]

Derecelendirme faktörü, iş başarısının temelinde ve spesifik işlemin niteliğini tayin etmede ağırlıklı rol oynar. Daha yüksek derece, iş başarısındaki nitelik etkisinin daha anlamlı olması demektir. Ayrıca bütün derece faktörlerinin toplamı bire eşit olmalıdır. [6]

**Karar matrislerini geliştirme**

Daha önce de belirtildiği gibi çok sayıda faktör, en uygun koruyucu bakım yöntemi seçim kararını etkileyebilir. Bir karar matrisi, seçilmiş yöntemler içindeki çeşitlerin etkilerini oluşturmak için faydalı bir mekanizma sağlar. Karar matrisleri çeşitli formlara sahiptir ve ulaşım da dahil çok sayıda iş alanı tarafından geliştirilmektedir. Bir karar matrisinin hazırlanması aşağıdaki adımları içermektedir: [6]

1. EAC sonuçlarına göre olası işlemler seçilmesi.

2. Asgari trafik şeridi kapanmaları ve yüksek trafik hacimli yolların gece çalışma gerektirmesi gibi proje için önemli olan spesifik özellikleri tanımlanır. Bu özellikler, gelişen proje boyunca tutarlılık göstermesi gerekmektedir.

3. Eğer istenirse, her şart için derecelendirme faktörleri geliştirilir, örneğin; trafik şeridi kapanması sesten daha önemlidir, ses, inşaat yılının zamanından daha önemlidir. Özel bir projede, seçimde yanlılık yapmamak için bu özellikler her işlem için uyumlu olmalıdır. Bütün faktörlerin toplamı %100'e eşit olması gerekmektedir.

4. Her muhtemel işlem için her özelliğin önemi oranlanır. Örneğin; sathi kaplama için trafiğin kesilme zamanının uzunluğu, ince sıcak karışım asfalt kaplama için farklılık gösterir. Mesela her işlem için 1-5 arasında bir değerlendirme yapılabilir, en önemli olan 5 puan, en az önemli olan da 1 puanla derecelendirilebilir. Puantaj faktörlerinin, birim tarafından tayin edilmesi.

5. Her işlem için puanların hesaplanması ve en yüksek puanlı olanın seçilmesi. [6]

## 3. KARAYOLU ÜSTYAPISINDA OLUŞAN BOZULMALAR

Yollar yeni inşa edildiklerinde iyi durumdadırlar. Ancak trafik yükleri ve iklim koşulları nedeniyle zamanla bozulurlar. Bu bozulmalar, başlangıçta çok yavaş olduğu için yolun servis seviyesini koruyabilmek için sadece periyodik bakıma ihtiyaç gösterirler. Ancak, süre ilerleyip zamanında bakım ve iyileştirme yapılmazsa, bozulmalar artarak çok pahalı bakım ve iyileştirme seçeneklerine gereksinim gösterirler. Bu nedenle bozulmaya başlamış yollarda, zamanında yapılmış bakım programları, en fazla kazancı sağlar. [35]

Yapılacak bakım programları, üstyapının sağlıklı değerlendirilmesi ile başlar. Bu amaçla bozulmaya yüz tutan yolların yapısal dayanımının, yüzey bozukluklarının ve üstyapı tabakalarının fiziksel özelliklerinin belirlenmesi gerekir. Genellikle etütler sonucunda toplanan verilerle analizler yapılır ve üstyapı takviye kalınlıkları belirlenir. Genel olarak, esnek üstyapılardaki bozuklukların gruplandırılması şu şekildedir;

a) Çatlaklar, Oturmalar, Ondülasyonlar
b) Çukurlar
c) Segregasyon, Sökülme ve Soyulmadır. [35]

Üstyapı bozulması daha öncede tarif edildiği gibi, bir üstyapının tasarım süresi sonunda trafik yükleri ve çevresel etkiler sonucunda düşmesi beklenen hizmet yeteneğinin bir derecesidir. Üstyapı bozulmalarında, öncelikle bozulma nedenlerinin araştırılması gerekir. Bozulmaya neden olan etkenler tespit edilip, yok edildikten sonra yapılacak bakım ve onarım çalışmaları sayesinde, ileride tekrarlanabilecek olan bozulmalar da önlenmiş olacaktır. [35]

Türkiye şartlarında, tasarım metodunun ve malzemenin yanlış seçimi, trafiğin öngörülenden artışı, iklimsel şartların ağırlığı, yol bakımı sırasındaki projeye ve tekniğe uygunluk oluşturulmayan yapımlar, bakım biriminin daha az etkin çalışması ve diğer birimler ile koordinasyon eksiklikleri, başlıca bozulma nedenleridir. [35]

Bir yolun hizmet ömrünü uzatmanın veya ekonomik ömrü içerisinde ondan ekonomik bir şekilde faydalanmanın tek çözümü, gerekli düzeyde devamlı bakım

yaparken, yol üstyapısının dayanımını gerekirse onarım çabalarıyla yükseltmektir. [35]

Yol bozulmalarının giderilmesi, ancak bozulma nedenlerinin iyice anlaşılmasına bağlıdır. Aksi takdirde, nedeni anlaşılmayan veya yanlış anlaşılan bozuklukların bakım ve onarım hizmetleri, mevcut aksaklıkları gidermekten uzak kalacaktır. [35]

Yol sonsuz uzunlukta bir yapı olduğuna göre, yol boyunca bozulmaya etki eden faktörler devamlı değişim göstermekte, şartnamesine uygun inşa edilse de mevcut zemin yapısı, nem oranı, iklim, trafik miktarları, farklı dingil yükleri gibi faktörler yolu etkilemektedir. Böylece, sayısız aksaklıklar yüzeyde kendini gösterirken, kullanıcıları tarafından bu bozukluklar gözlenmekte ve kullanıcılar bunların giderilmesi konusunda kamuoyu ile baskı unsuru oluşturmaktadır. [35]

Genel olarak, yol üstyapısında meydana gelen bozulmalar, fonksiyonel bozulma ve yapısal bozulma olmak üzere iki türlü olarak tanımlanır. Fonksiyonel bozulmada, üstyapı için amaçlanan fonksiyonlar yavaş yavaş yerine getirilemez. Yapısal bozulma ise, üstyapı bileşenlerinin bir veya birkaçının kırılmasını, göçmesini veya bozulmasını belirtir. [35]

### 3.1. Bozulmaya Yol Açan Etkenler

Yol esnek üstyapısında, çeşitli nedenlerle meydana gelen bozulmaların etkenleri, aşağıda ana başlıklar altında sınıflandırılıp belirtilmiştir. Bunlar genelde tasarım hataları, yapım hataları, bakım hataları, çevre şartları, iklim şartları ve trafik etkilerinden kaynaklanmaktadır. [35]

#### 3.1.1. Tasarım hataları

Taban zemini etütlerinin yeterince sağlıklı yapılmaması, büyük boyutlu yarma ve dolguların oluşturulması, şevlerin dik kesilmesi, hendeklerin ve sanat yapılarının uygun yer ve boyutta yapılmaması, büz ve menfez üstlerinde yeterli dolgu boyu bırakılmaması, üstyapı projelendirilmesinde trafik ve çevresel etkilerde yapılan yanlış hesaplamalar sonucu meydana gelen bozulmalardır. [35]

#### 3.1.2. Yapım hataları

Taşıma gücü zayıf zemin iyileştirilmeden yol gövdesinin oluşturulması, uygun dolgu malzemesi seçilmemesi, drenaj sisteminin yetersiz olması, asfalt tabaka

kalınlıklarının şartnameye göre yapılmaması, kaplama malzemesi olarak kullanılan agrega ve bitümlü malzemenin yanlış seçimi ve kalite eksiklikleri, yetersiz yada aşırı sıkıştırma, düşük hava sıcaklığında veya yağışlı havada bitümlü karışım imalatı, kalitesiz işçilik, yapım hataları olarak sayılabilir. [35]

Üstyapı tabakalarında oluşabilecek bozulmaların sebepleri, yukarıda belirtildiği gibi kötü malzeme kullanımı, sıkıştırmanın uygun şekilde yapılmaması, yapım sırasında hava sıcaklığının istenilen düzeyde olmaması sayılabilir. Yüzeysel kaplamada ya da asfalt betonu kaplamada kullanılacak agreganın temiz, sağlam ve şartnameye uygun granülometriye sahip olması gerekir. İyi seçilmemiş veya kontrol edilmemiş granülometrili, çürük, kirli, çabuk cilalanan ve yüksek oranda yuvarlak agrega (tüvenan malzeme) içeren malzemeler kullanılmamalıdır. Bitümlü bağlayıcı da gerekli oranlarda kullanılmalı, gerekenden az ya da fazla kullanılmamalıdır. Asfalt betonu kaplamalar için filler yüzdesinin yetersiz ya da fazla olmamasına, yetersiz karıştırma yapılmamasına dikkat edilmelidir. Ayrıca, aşırı derece veya yetersiz sıkıştırma, astar veya yapıştırma tabakalarının gerekli özenle yapılmaması, asfalt betonu kaplamalar içinde serme ve sıkıştırma sıcaklıklarının düşük olması, yapım sırasında karışımın segregasyona uğraması, genel yapım hataları olarak sınıflandırılabilir. [35]

### 3.1.3. Bakım hataları

Yol gövdesi, kaplama, sanat yapıları, drenaj ve diğer tesislerin zaman içerisinde işlevini yitirmeye başlar başlamaz, bunların bakım ve onarımlarındaki gecikmeler yüzünden oluşan hatalar ve uygun yapılmayan kar ve buz mücadeleleridir. [35]

Karayolları kenarlarında bulunan banketlerin bakımı, trafik emniyeti ve üstyapının ömrü yönünden önem arz eder. Bu bakımdan banketlerin daima düzgün ve sert bir yüzey olarak korunması gerekir. Banket bakımının ihmal edildiği yollarda, kaplama ile banket yüzey sularının dış ortama akmayışı nedeniyle birbirinden ayrılır ve kaplama kenardan ortaya doğru süratle bozulmaya başlar. Bütün drenaj sistemleri, hendek ve kanallar, sanat yapıları sürekli kontrol edilmeli, eğer kanallar, drenaj boruları veya menfezler çeşitli sürüntü maddeleriyle tıkanmış ise temizlenmelidir. [35]

Kışın meydana gelen kar yağışı ve buzlanma, trafiğin güvenli ve hızlı seyretmesini engeller. Bu nedenle, yapılan bakım işlemlerindeki yanlış eylemler kaplamaya zarar

verebilmektedir. Kar ve buz ile mücadelede tuz gereğinden fazla uygulanırsa, kaplamanın bozulmasına neden olabilirler. [35]

### 3.1.4. Çevre ve iklim şartları

Bitümlü bağlayıcıların viskoziteleri sıcaklığa doğrudan bağlıdır. Kışın agreganın bağlayıcıya yapışabilmesini sağlamak için, çok düşük viskoziteli bağlayıcı kullanıldığında, ilkbaharda sıcaklık yükselince, yumuşama sonucu üstyapının bozulması kaçınılmaz olacaktır. [35]

Don etkisi olan bölgelerde, yol üstyapısının davranışı don penetrasyon derinliği ile yakından ilgilidir. Don penetrasyon derinliğinin tespiti için çeşitli teorik formül ve abakların yanı sıra arazi ve sıcaklık ölçümleri de geniş bir şekilde kullanılır. [35]

Yağış mevsimlerinde yağmur ve kar sularının drenaj sistemlerinin yardımıyla uzaklaştırılması gerekir. Taban zemininde bulunan kil ve silt gibi bazı malzemeler bünyelerine su aldıklarında, büyük hacim değişikliği gösterirler. Bu hacim değişikliği sonucu meydana gelen kabarmalar ise üstyapıda kırılma ve dağılmalara yol açar. Yağışlardan sonra oluşan yüzeysel sular, yol yüzeyi, banket, yarma ve dolgu şevlerinin erozyonuna sebep olurlar. [35]

### 3.1.5. Trafik etkileri

Yapılan araştırmalar sonucunda, ülkemizde yukarıda bahsedilen tasarım, yapım, bakım hataları ve iklim şartlarının yanında, üstyapı bozulmasında en önemli etkenlerden biride, denetimsiz seyreden aşırı yüklü kamyonlar olduğu gözlenmiştir. O halde, konu sadece karayollarına yapılan harcamalar açısından ele alınırsa, hedefe yönelik en etkili önlem, ağır taşıtların izin verilen maksimum dingil yüklerinin sınırlanması veya ekonomik açıdan dingil yüklerinin artması gerekiyorsa, üstyapı tasarımının öngörülen yeni dingil yük değerleri kullanılarak yapılması biçiminde ortaya çıkmaktadır. Buna ek olarak, yollarda seyreden ağır taşıtların ağırlık kontrollerine önem verilmelidir. İzin verilen sınırların üzerinde yüklenmiş taşıtların, yola verdiği zarar önemli seviyelere ulaşmaktadır. [35]

Tablo 3.1' de çeşitli ülkelerde uygulanan dingil yükü limitleri verilmiştir. Değer aralığı olarak verilmiş limitler dingiller arası mesafeye, dingilin motris olup olmamasına veya toplam dingil sayısına bağlı olarak değişen yükleri ifade etmektedir. [35]

Karayollarında seyreden taşıtların dingil yüklerinin yolun yıpranmasına olan etkileri, 1957- 1961 yılları arasında yapılmış AASHTO (American Association of State Highway Officials) deney yolu verileriyle ortaya çıkarılmış olan bağıntılarla belirlenmektedir. [35]

Tablo 3.1 Çeşitli Ülke Standartlarında Yer Alan Dingil Yükleri ve Toplam Taşıt Ağırlıkları İle İlgili Sınırlar [35]

| | dingil yükü (ton) | | | taşıt ağırlığı (ton) | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | direksiyon dingili | tek dingil | tandem | tandem dingilli | 3 dingilli | yarı römorklu katar | römorklu katar |
| Almanya | 10 | 10 | 11-20 | 17 | 24 | 40-44 | 40 |
| Avusturya | 10 | 10 | 16 | 16 | 22 | 38 | 38 |
| Bulgaristan | 6 | 10 | 13-20 | 16 | 26 | 38 | 42 |
| Belçika | 10 | 10 | 19-20 | 19 | 26 | 44 | 44 |
| Danimarka | 10 | 10 | 16-20 | 18 | 24 | 48 | 48 |
| Finlandiya | 8 | 10 | 18 | 17 | 25 | 44 | 56 |
| Fransa | 13 | 13 | 21 | 19 | 26 | 40-44 | 40 |
| Hollanda | 10 | 11 | 11.5-19 | 20 | 30 | 50 | 50 |
| İngiltere | 9.2 | 10.5 | 10.5-20.34 | 17 | 24.39 | 38 | 32.52 |
| İsveç | 10 | 10 | 16 | 17 | 29 | 37.5-51.4 | 37.5-51.4 |
| İsviçre | 10 | 10 | 18 | 16 | 19 | 28 | 28 |
| İtalya | 12 | 12 | 20 | 18 | 24 | 40-44 | 40-44 |
| Macaristan | 10 | 10 | 16 | 20 | 24 | 40 | 40 |
| Norveç | 10 | 10 | 16 | 20 | 26 | 45 | 50 |
| Polonya | | 8-10 | 14.5 | 16 | 24 | 38 | 33 |
| Romanya | | 10 | 16 | 16 | 22 | 38 | 38 |
| Türkiye | 13 | 13 | 19 | 19 | 26 | 42 | 42 |
| Yugoslavya | 10 | 10 | 16 | 18 | 24 | 40 | 40 |
| Yunanistan | 7 | 10-13 | 20 | 19 | 26 | 38 | 38 |

Ülkemizde çoğunlukla 8,2 ton tek dingil yüküne göre tasarlanmış ve inşa edilmiş olan yollarımızda, hiç bir iyileştirmeye gidilmeden tek dingil yükü özellikle transit taşımacılık için önce 10,0 tona daha sonra ise 13,0 tona çıkarılmıştır. Farklı dingil yüklerinin, standart dingil yüküne oranla yol esnek üstyapısına vermiş olduğu zarara

"eşdeğerlik faktörü" adı verilmektedir. AASHO yol deney sonuçları yorumlanarak eşdeğerlik faktörü aşağıdaki 4.1 bağıntısı ile hesaplanmaktadır. [35]

$$EF = \sum_{i=1}^{n} \left| \frac{L_i}{8.2} \right|^{\alpha} \qquad (3.1)$$

$\alpha$ katsayısı Türkiye koşulları için 4,4 olarak alınmıştır. Örneğin, yoldan geçen 14 tonluk bir dingil yükü, 8 tonluk dingil yüküne oranla yola;

$$EF = \left| \frac{14}{8} \right|^{4.4} \cong 12 \qquad (3.2)$$

kez daha fazla zarar verecektir. Diğer bir deyişle, 14 tonluk bir dingil yükünün yoldan bir geçişiyle, 8 tonluk bir dingil yükünün aynı yoldan 12 defa geçmesi eşdeğer olmaktadır. [35]

# 4. ESNEK ÜSTYAPILI KARAYOLLARINDA KORUYUCU BAKIM YÖNTEMLERİ

Bu bölümde esnek üstyapılı karayollarında uygulanan koruyucu bakım yöntemleri detaylı bir şekilde incelenecektir. Tablo 4.1.'de de görüldüğü üzere çatlak bakımı, emülsiyon asfaltı harç tipi kaplama, karartma tabakası, mikro asfalt betonu, ince koruyucu kaplamalar ve sathi kaplamalar en çok kullanılan koruyucu bakım yöntemleridir.

**Tablo 4.1.** Esnek Üstyapılı Karayollarında Koruyucu Bakım Yöntemleri [1]

| Koruyucu Bakım Teknikleri | Kullanım Sebepleri | | | | | | Trafik Hacmi | | Kalınlık Ortalaması | Uygulama Oranları | | | Ortalama Süre | Ortalama Maliyet | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | sürtünme | soyulma | tekerlek izi | çatlaklar | yaşlanma | drenaj | düşük | yüksek | | Asfalt | Agrega | Karışım | Yıl | ağırlık veya alan | bir mil |
| Çatlak bakımı | | | | | | x | x | x | | | | | 1-4 yıl | $60-1.00 per lb | $1000-$4000 |
| Karartma tabakası | | x | | x | x | | x | | | .10-.15 Gal/sy | | | 1-2yıl | $20-25 per sy | $1400-$1700 |
| Harç tipi örtme tabakası | | x | | x | x | | x | | 1/8"-1/4" | .15-.20 Gal/sy | | 6-15/sy | 2-5 yıl | $70-95 per sy | $5000-$7000 |
| Mikro asfalt betonu | x | x | x | x | x | | | x | 1/2"-1 1/2"&1/4 yüzey | | | 6-15/sy to 50 sy | 3-8 yıl | $1.25-2.00per lb | $8500-$14000 |
| Sathi kaplama | | x | | x | x | x | x | | 1/4" | .30-35 Gal/sy | 8/9LS 15-25/sy | | 3-5 yıl | $80-1.10 per lb | $5500-$7500 |
| Çift katlı sathi kaplama | | x | | x | x | x | x | | 1/2" | .35Gal/sy | 8/9LS 25-40/sy | | 4-8 yıl | $1.25-1.75 per lb | $8500-$12000 |
| İnceltilmiş koruyucu karışımlar | x | x | x | x | x | x | x | x | 1"-11/2" | | | | 7-10 yıl | $30-35per ton | $7000-$15000 |

### 4.1. Çatlak Bakımı

Çatlak bakım yöntemi çatlaklara su ve toz girmesini önlemek için kullanılır. Çatlak bakımı, çatlak içindeki tozları açığa çıkarmak ve sızdırmazlık sağlayıcı maddeyle doldurmayı içerir. Bakım yapılan çatlakların genişliği ¾ inch'ten küçüktür. Bu kategoride; temizleme ve bakım, kesme ve bakım, püskürtme ve bakım olmak üzere üç yaklaşım vardır. [1]

Birçok karayolu acentası ve idaresi çatlak bakımını koruyucu bakım programının bir parçası olarak görür. Asfalt yüzeyli yollardaki çatlakları doldurmaya ve kaplama yüzeyinden içeri sızan nemden korunmaya yardım eder. Bu nem alttemel tabakalarının yapılarını bozar ki bu kaplama bozulmalarının nedenlerinin başında yer alır. Çatlak bakımının yararları hemen gözlemlenmeyebilir, ancak yıllar sonra bakım yapılmış kaplama, yapılmamış olan kaplamadan daha az bozulma işareti göstermeye başlar ve fark belli olur. [1]

Çatlak doldurmanın çatlak bakımından farkı, hazırlanışı ve kullanılan sızdırmazlık sağlayıcı malzemenin çeşididir. Çatlaklar ¾ inch'ten daha geniştir.

Tam derin çatlak tamiri, bakımdan daha faydalı olacak, büyük bozulmalara uğramış kaplamadaki çatlakları tamir etmek için kullanılan bir metottur.

Bakım veya doldurma işleminde hedeflenen çatlak tipinin genişliği ve boşluğu, işlemin yapılıp yapılmamasına karar vermek için temel prensiptir. Normalde, çatlaklar ¾ inch genişliğinden küçükse, kaplama boyunca uniform ve kenar bozulmalarla sınırlıysa, bakım uygulanır. Etkili bir çatlak bakımı için yönlendirici ve kesici (router and saw) genişliğinin çatlağın iki tarafına da değmesi gerekir ama çatlak genişliği ¾ inch genişliğinden fazla ise temas edemezler. [1]

Çatlak yöntem materyallerinin birçok çeşidi vardır. Asfalt çimentosu ve likit asfalt, biraz da olsa esnekliğe sahiptir ve yüksek sıcaklığa duyarlıdır ki bu yüzden çalışmayan çatlaklar içinde filler gibi malzemelerin kullanımı sınırlandırılmıştır. Mineral filler ve fiberler gibi katkı malzemeleri, asfalta minimal düzeyde elastisite sağlarlar ve sıcaklık duyarlılığını önemli düzeyde etkilemezler. Mineral filler ve fiberler çatlak doldurma işlemlerinde kullanılmaya daha uygundurlar. [1]

### 4.1.1. Bakım ile çatlak tamiri:Temizleme ve bakım

Bu yöntem bütün çatlak çeşitlerinde kullanılabilir. Çatlaktaki tozu dışarı çıkarmak için hava kompresörü kullanımını içerir ve ondan sonra sızdırmazlık sağlayıcı malzeme ile çatlağı doldurur. [1]

Çatlak bakımı ile çatlak doldurma işlemlerini birbirine karıştırmamak gerekir. Çatlak doldurma tipik olarak asfalt emülsiyonu veya AC-3 ile yapılır ve çatlaklara su sızmasını engelleyemez. Bunun yerine, su ve sıkıştırılamaz malzeme miktarının kaplama sistemine girişini azaltır. Çünkü filler denilen malzeme çabuk sertleşir ve bundan dolayı çatlak doldurma işleminin etkili olabilmesi için her yıl yenilenmelidir. [1]

**Zamanlama**

Daha ekonomik olmak için çatlaklar ince ve dar iken uygulanmalıdır. [1]

**Amaç**

Amaç, su ve sıkıştırılamaz malzemenin kaplama yapısına girişini azaltmak veya engellemektir ki bu durum temel malzemeyi zayıflatabilir ve kaplamanın özgürce genişlemesini (şişmesini) ve küçülmesini engelleyebilir. [1]

**Kaplama koşullarının mevcut olması**

Yeni veya son zamanlarda rehabilite edilmiş yüzeye ihtiyaç vardır. Şekil 5.1. de gösterildiği üzere görünür yüzey bozulmaları enine ve boyuna çatlakları kapsar. [1]



**Şekil 4.1.** Enine ve boyuna çatlaklar [2]

**Bakım metotları**

İyileştirme yönteminde önce hava kompresörüyle bütün çatlakları temizleme ve kurutma işlemleri mevcuttur. [1]

**Mevsimsel sınırlamalar**

En iyi uygulanacak anlar bahar ve sonbahar gibi hava sıcaklığının orta derecede soğuk olduğu zamanlardır. [1]

**Trafik kontrolü**

Sızdırmazlık sağlayıcı malzeme iyileştirmesi yapılırken trafik başka yönlere aktarılır. Eğer kaplama bakımdan hemen sonra açılmak zorunda kalırsa, sızdırmazlık

malzemesinin tekerlekler tarafından toplanmasına karşı malzemenin üzerine hafifçe kaliteli kum veya kağıt örtülerek korunur. [1]

**Umulan performans ve servis süresi**

Yeter miktarda sızdırmazlık malzemesinin çatlağın kenarlarına sürülmesine başlamadan önce olan doğru zamanda bu teknik uygulanırsa, performans süresinin 3 yıl olabileceği beklenir. Bakım malzemesi, su ve sıkıştırılamaz malzemenin kaplama yapısına girişini uzun süre engelleyemese bile en azından büyük ölçüde su sızmasını azaltabilir ve kaplamanın ömrünü uzatır. [1]

**Sınırlamalar**

Kaplama yüzeyine bakım yapmak için, bu yöntemi baştan başa kaplama ömrü boyunca tekrarlamak gerekir. Aşırı miktardaki sızdırmazlık sağlayıcı malzemenin yüzeye uygulanması kaplama sürtünmesinde azalmaya neden olabilir. [1]

**Malzemeler**

Çatlak bakımı malzemeleri çatlak kenarlarına yapışmasını sağlar. Malzemelerin elastomer olması tercih edilir yani bu demektir ki elastisite katsayısı düşüktür ve kolayca uzayabilir. [2]

**Tahmin edilen birim maliyet**

Temizleme ve bakım için birim maliyet tipik olarak 0.10 ile 0.30 dolar arasında lineer olarak değişir ki bu durum projenin boyutuna da bağlıdır. [1]

### 4.1.2. Bakım ile çatlak tamiri: Kesme ve bakım

Bu metot, düzenli aralıklar boyunca yeni yerleştirilmiş bir kaplamada enine birleşim noktaları yaratmak için kullanılır ve sonra çatlaklar sızdırmazlık sağlayıcı malzeme ile doldurulur. [1]

**Zamanlama**

Kaplama yapıldıktan sonra ki 48 saat içinde yeni yerleştirilmiş asfalt kaplamasına uygulanır. [1]

**Amaç**

Termal değişimlerden dolayı oluşan rötre çatlaklarını kontrol eder. Su ve sıkıştırılamaz malzemenin kaplama yapısına girişini azaltır veya engeller ki bu durum temel malzemeyi zayıflatabilir ve kaplamanın özgürce genişlemesini (şişmesini) ve küçülmesini engelleyebilir. [1]

**Kaplama koşullarının mevcut olması**

Yeni kaplanmış asfalt yüzeyinin çatlaksız olması gerekir. [1]

**Bakım metotları**

Deponun boyutları şekil faktörleri tarafından sınıflandırılır ki haznenin genişlik ve derinliği orantılıdır. Genelde standart bir depo şekli yoktur. En genel şekiller dikdörtgene yakındır. Dikdörtgenin boyutu 5/8 inch'e ½ inch olabilir ama ölçüler malzeme özelliklerine bağlı olarak ayarlanabilir. [1]

Sızdırmazlık sağlayıcı malzeme kaplama yüzeyi ile aynı hizada yerleştirilir. Bu, kaplama yüzeyine ve depo kenar köşelerine malzemenin adezyonu daha iyi yapmasını sağlar. [1]

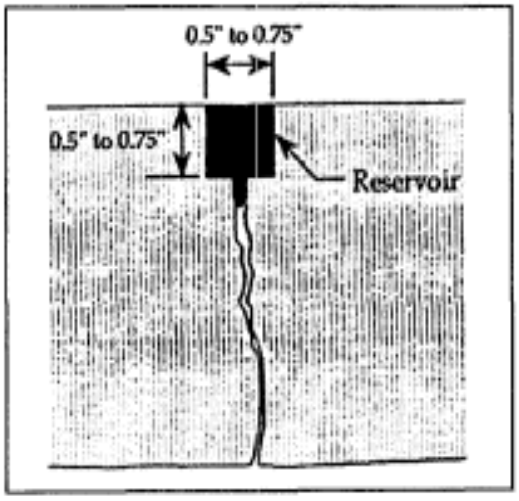
Alttemel çeşidine bağlı olarak 40 fit boşluk bırakılması önerilir. Granüler zemindeki kaplamalar için mafsallardan 30 fit bırakılması iyi olabilir. [1]

Şekil 5.2.'de görülen boyuna çatlakların bakımı yapıldığı zaman, özellikle kurblarda, yolculuk esnasında malzeme üzerinden kayabilir. Bu çok tehlikeli olabilir ve kurblardaki boyuna çatlakların bakımı yapılacağı zaman dikkate alınmalıdır. Şekil 5.3.'te de reservuar ölçüleri gösterilmektedir. [1]





**Şekil 4.2.** .Boyuna çatlaklar [2]




**Şekil 4.3.** .Reservuar ölçüleri [1]

**Trafik kontrolü**

Sızdırmazlık sağlayıcı malzeme iyileştirilmesi yapılırken trafik başka yönlere aktarılır. Eğer kaplama, bakımdan hemen sonra açılmak zorunda kalırsa, sızdırmazlık malzemesinin tekerlekler tarafından toplanmasına karşı malzemenin üzerine hafifçe kaliteli kum veya kağıt örtülür. [1]

**Umulan (Beklenen) performans ve servis süresi**

Çalışmalar gösteriyor ki yeni bir asfalt yüzeyindeki bakım, servis süresini 7 yıldan 10 yıla çıkarır ve yeni yerleştirilmiş asfalt kaplama içindeki rastgele bir çatlağın miktarında önemli derecede azalma olur. [1]

**Sınırlamalar**

Kaplama yüzeyine bakım yapmak için, bu yöntemi baştan başa kaplama ömrü boyunca tekrarlamak gerekir. Aşırı miktardaki sızdırmazlık sağlayıcı malzemenin yüzeye uygulanması kaplama sürtünmesinde azalmaya neden olabilir. [1]

**Tahmin edilen birim maliyet**

Kesim ve bakım yöntemi için birim maliyet fiyatı, projenin boyutuna bağlı olarak, 1,7 dolar civarındadır. [1]

### 4.1.3. Bakım ile çatlak tamiri: Püskürtme ve bakım

Enine ve boyuna çatlaklarda kullanılır. Kaplama, püskürtücü ile temizleniryüzey traşlanır ve çatlak sızdırmazlık sağlayıcı malzeme ile doldurulduktan sonra üstü ince kaplamayla kaplanır. Bu prosedür, su ve sıkıştırılmaz malzemenin kaplama yapısına girişini azaltmak veya engellemektir bu durum temeli zayıflatabilir ve kaplamanın serbestçe şişmesini ve küçülmesini engelleyebilir. [1]

**Zamanlama**

Püskürtme ve bakım, erken gerçekleştirilirse başarılı olur. Eğer çatlaklar, çok kötü derecede bozulduysa veya fazlasıyla genişlediyse bakım yapılmaz, doldurma işlemi yapılır. [1]

**Amaç**

Termal değişimlerden dolayı oluşan rötre çatlaklarını kontrol eder. Su ve sıkıştırılamaz malzemenin kaplama yapısına girişini azaltır veya engeller ki bu durum temel malzemeyi zayıflatabilir ve kaplamanın özgürce genişlemesini (şişmesini) ve küçülmesini engelleyebilir. [1]

**Kaplama koşullarının mevcut olması**

Yeni veya son zamanlarda rehabilite edilmiş yüzeye ihtiyaç vardır. Görünür yüzey bozulmaları enine ve boyuna çatlakları kapsar. [1]

**Bakım metotları**

Deponun boyutlarının ¾ inch'e ¾ inch olması önerilir ama bakım malzemesine göre boyutu ayarlanabilir. Şekil 5.4. de görülen boyuna çatlakların bakımı yapıldığı zaman, özellikle kurblarda, yolculuk esnasında malzeme üzerinde kayabilir. Bu çok tehlikeli olabilir ve kurblardaki boyuna çatlakların bakımı yapılacağı zaman dikkate alınmalıdır. [1]



**Şekil 4.4** Boyuna çatlaklar [2]

**Mevsimsel sınırlamalar**

En iyi uygulanacak anlar bahar ve sonbahar gibi hava sıcaklığının orta derecede soğuk olduğu zamanlardır. [1]

**Trafik kontrolü**

Sızdırmazlık sağlayıcı malzeme iyileştirilmesi yapılırken trafik başka yönlere aktarılır. Eğer kaplama bakımdan hemen sonra trafiğe açılmak zorunda kalırsa, sızdırmazlık malzemesinin tekerlekler tarafından toplanmasına karşı malzemenin üzerine hafifçe kaliteli kum veya kağıt örtülür. [1]

**Umulan performans ve servis süresi**

Yeter miktarda sızdırmazlık malzemesinin çatlağın kenarlarına sürülmesine başlamadan önce ki doğru zamanda bu teknik uygulanırsa, performans süresinin 3 yıl olabileceği beklenir. Bakım malzemesi, su ve sıkıştırılamaz malzemenin kaplama yapısına girişini uzun süre engelleyemese bile en azından büyük ölçüde su sızmasını azaltabilir ve kaplamanın ömrünü uzatır. Çalışmalar gösteriyor ki bu yöntem kaplamanın ömrüne minimum iki yıl kazandırmakla beraber ortalama beş yıl ekler.

Yeni veya son zamanlarda rehabilite edilmiş yüzeye ihtiyaç vardır. Görünür yüzey bozulmaları enine ve boyuna çatlakları kapsar. [1]

**Sınırlamalar**

Kaplama yüzeyine bakım yapmak için, bu yöntemi baştan başa kaplamA ömrü boyunca tekrarlamak gerekir. Aşırı miktardaki sızdırmazlık sağlayıcı malzemenin yüzeye uygulanması kaplama sürtünmesinde azalmaya neden olabilir.

Asfalt betonu çatlak bakımı için özel koşullar vardır. [1]

**Tahmin edilen değer**

Püskürtme ve bakım yönteminin birim maliyeti 0.50 ile 0.85 dolar arasındadır ve proje boyutuna göre değişiklik gösterir. [1]

## 4.2. Slurry Seal

Akıcı harç tipi örtü; iyi-gradasyonlu agrega, mineral filler(gerekliyse), asfalt emülsiyonu ve sudan oluşan bir karışımdır. Aşınma tabakasında oluşan çatlakların kapanması; soyulmuş ve soyulmaya başlamış yüzeylerin onarımı ve ayrıca cilalanmış üstyapıların sürüş emniyetini arttırmak için kullanılır. [2]

Akıcı harç tipi örtü, doğru bir şekilde eski bir üst yapının sathına uygulandığında, etkin olarak kullanılabilir. Zamanında uygulanması, asfalt oksidasyonu ve kaplamanın soyulması nedeniyle oluşabilecek sathi hatalarını azaltacaktır. Satıh çatlaklarını kapatacak, sökülmeyi durduracak, açık satıhları hava ve su geçirmez bir hale getirecek, kayganlığa karşı direnci ve üstyapı görünümünü geliştirecektir. Akıcı harç tipi örtünün bir takım yararları aşağıda listelenmiştir:

- Hızlı uygulama özelliği,

- Boya şeritleri için mükemmel bir satıh dokusu,

- Küçük satıh hatalarını düzeltebilme özelliği,

- Minimum bordür yüksekliği kaybı,

- Rögar kapakları veya diğer yapılar için ayarlamaya gerek duyulmaması,

- Var olan üst yapının estetiğini geliştirmesi,

- Yüzey pürüzlülüğünün artmasından dolayı sürüş güvenliğinin artması.[4]

### 4.2.1. Akıcı harç tipi örtü makinesi

Akıcı harç genellikle 5-12mm kalınlığında uygulanır. Hareketli bir karıştırma plentinden çıkan akıcı harç, bir serici kutuya aktarılır. Akıcı harç tipi örtü üretimi için kullanılan makine kendi başına bağımsız, sürekli akış sağlayan bir karıştırma birimidir. Belirlenmiş agrega, mineral filler(gerekliyse), su ve asfalt emülsiyonu miktarları karıştırma bölümünde karıştırılır. Belirli temel özellikler bütün harman(batch) tipi harç makineleri için geçerlidir. Asfalt emülsiyonu, su, agrega ve mineral filler için ayrı depoları, siloları ve ölçüm sistemleri bulunan kamyona monteli bir sistemdir. Harç makinesinde, harcın serici kutuya aktarıldığı tek ya da çift karıştırıcı bulunmaktadır. Kutuda değişken lastik silgeçler ve ayarlanabilir genişlik için bir ekipman bulunmaktadır. Harcı hareketli tutmak ve karışımın

homojen olarak serici kutu genişliğinde yayılmasını sağlamak için serici kutularda hidrolik çalışan burgular bulunabilir. [4]

### 4.2.2. Malzemeler

Harç tipi örtüde kullanılan agrega temiz, köşeli, dayanıklı, iyi gradasyonlu ve homojen olmalıdır. Harç tipi karışımda kullanılacak agrega ya da agrega karışımı aşağıdaki koşullara uymalıdır:

- Kum eşdeğeri, ASTM D 2419 (AASHTO T 176) 45 minimum

- Los Angeles aşınma kaybı, ASTM C 131 (AASHTO T 96)C Gradasyonlu, 35 maksimum

%25'lik su absorpsiyonundan az, düz-dokulu kum miktarı, toplam iri ve ince agrega karışımının %50'sini geçmemelidir. Harç tipi karışımlar için kullanılan üç tip gradasyon aşağıda açıklanmaktadır:

Tip 1; en çok çatlakların doldurulması için kullanılır. Küçük hava alanları, park alanları ya da banketler gibi düşük yoğunluktaki trafik alanlarında kullanılır.

Tip 2; en yaygın kullanılan gradasyondur. Kaplamada sökülmeyi, oksidasyonu ve bağ kaybını önlemek ve kayganlığa karşı direnci arttırmak için kullanılır. Var olan agregaların kalitesine ve tasarımına bağlı olarak orta derecede yoğun trafik için kullanılır.

Tip 3; daha ağır trafik koşullarındaki çok tabakalı uygulamalarda, ilk tabaka olarak kayganlığa karşı direnci geliştirmek için satıh koşullarını düzeltmekte kullanılır.

Harç tipi karışımda kullanılan emülsifiye asfalt SS-1, SS-1h, CS-1 ya da CSS-1h olabilir. Trafiğe erken açılma gerekiyorsa, çabuk kesilen (QS) asfalt emülsiyonu kullanılır. Kimi zamanlar; harç tipi karışımın kesilme zamanını kontrol etmek için asfalt emülsiyonuna küçük miktarda sıvı ya da katkı eklenir. Bu katkı, anyonik ve çabuk kesilen emülsiyonlarda kesilmeyi başlatır.

Stabilitenin oluşmasını ve harcın kesilmesini sağlamak için küçük miktarda mineral filler, sönmüş kireç, kalker tozu, portland çimentosu ya da uçucu kül eklemek gerekir. Harçta kullanılan su, karışım için uygun olmalıdır. [4]

**Agregalar**

Harç tipi karışımının uygun şekilde birleştirilmesi için agregada olması gereken fiziksel özellikler aşağıda verilmektedir:

Jeoloji: Bu özellik, adezif ve kohezif özellikleri ile birlikte agreganın emülsiyon ile uyumunu belirtmektedir.

Şekil: Agregalar, gerekli kenetlenmiş matrisin biçimlendirilmesi amacıyla çatlak yüzlere sahip olmalıdır. Yuvarlak agregalar zayıf karışım direnciyle sonuçlanır.

Doku: Pürüzlü yüzey bağları emülsiyonlarla birlikte daha kolay şekillendirilir.

Yaş ve reaktivite: Yeni ezilmiş agregalar, yaşlı(hava etkisine uğramış) agregalara göre daha fazla yüzey yüküne sahiptir. Yüzey yükü, reaksiyon hızılarında başlıca rol oynayan özelliktir.

Temizlik: Toz, alüvyon ve çamur gibi zararlı malzemeler zayıf kohezyona neden olabilir ve reaksiyon hızını ters yönde etkiler.

Sağlamlık ve aşınma direnci**:** Bu özellikler don olayları görülen ve çok ıslak bölgelerde önemli rol oynamaktadırlar.

Caltrans, harç tipi emülsiyon için üç çeşit sınıflandırma boyutu belirlemiştir: Çeşit I, II ve III. Her çeşit için derecelendirme Tablo 4.2.'de listelenmiştir. [2]

**Tablo 4.2.** Caltrans Harç tipi emülsiyon agrega gradasyonu [17]

| | **GEÇİŞ YÜZDELERİ** | | |
|---|---|---|---|
| **ELEK BOYUTU** | **ÇEŞİT I** | **ÇEŞİT II** | **ÇEŞİT III** |
| 9.5 mm | − | 100 | 100 |
| 4.75 mm | 100 | 94−100 | 70−90 |
| 2.36 mm | 90−100 | 65−90 | 45−70 |
| 1.18 mm | 60−90 | 40−70 | 28−50 |
| 600-µm | 40−65 | 25−50 | 19−34 |
| 75-µm | 10−20 | 5−15 | 5−15 |

Bu sınıflandırmalardaki ilk fark agreganın üst boyutudur. Bu boyut, en uygun emülsiyon seçimini amaçlayan ve karışım tarafından gerekli artık asfaltın miktarını göstermektedir. Çeşit I'deki emülsiyonlar en hassas çeşittir ve hafif trafik yoğunluğu olan yollarda ya da yoğun park alanı olan yerlerde kullanılırlar. Çeşit II'deki emülsiyonlar daha kabadır ve yoğun trafik hacmini hafifletmek için sökülme ve

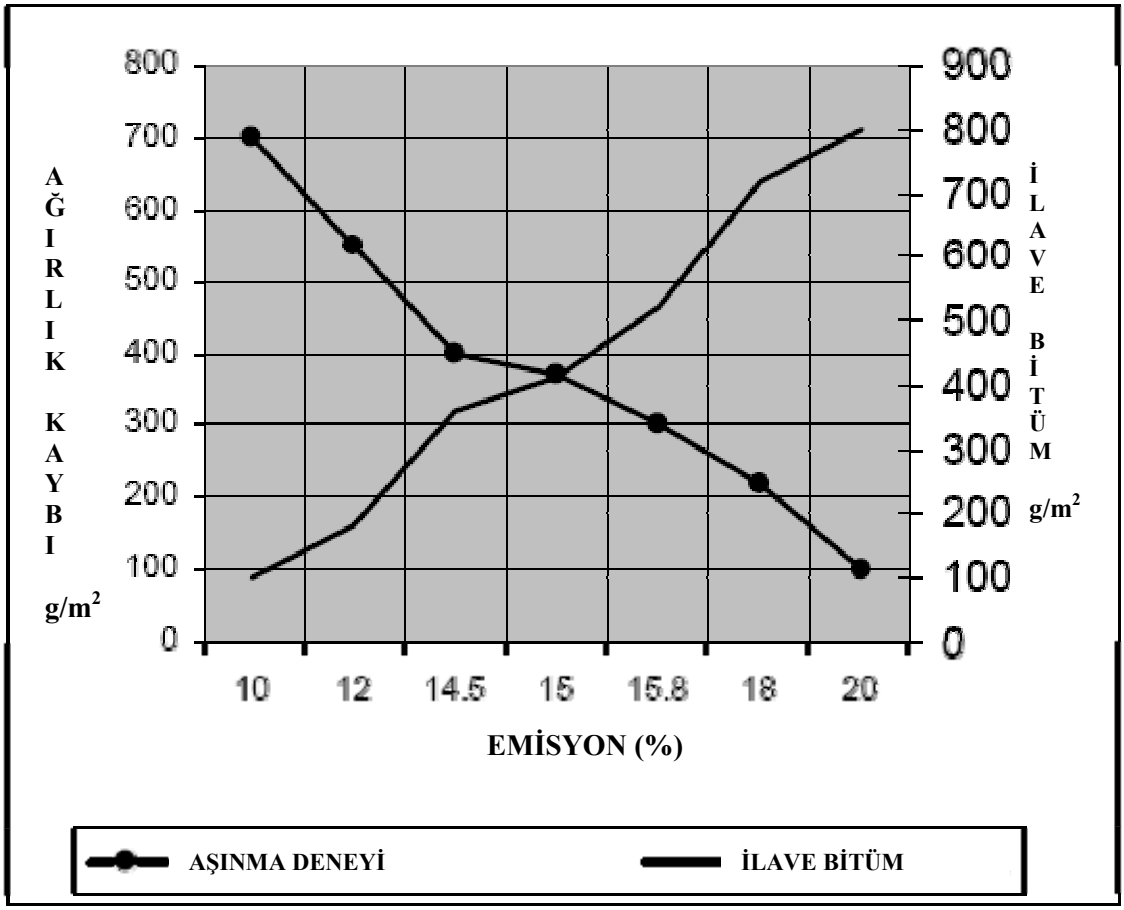
oksidasyon olan yollarda kullanmak için önerilir. Çeşit III'deki emülsiyonlar en sert sınıftır ve ikinci dereceden yüzey bozukluklarını doldurmak, sökülme ve oksidasyonu düzeltmek ve yüzey sürtünmesini iyileştirmek için uygundurlar. Çeşit III'deki emülsiyonlar özellikle arterlerde ve otobanlarda kullanılır. Emülsiyon yüzey karışımındaki agregaların görevi bölgedeki daha büyük taşları çimentolamak için artık asfalt ile harcı şekillendirmektir. Kohezif ve uzun ömürlü karışımlar oluşturmak için agregaların içeriği gereklidir. Agregaların içeriği gradasyon örtüsünün orta noktasında olmalıdır. Genel agrega kalite gereksinimleri Tablo 2.3.'de yer almaktadır. [2]

**Tablo 4.3.** Genel Agrega Özellikleri ve Agrega Gereksinimleri [22]

| **TEST** | **SLURRY SEAL ÇEŞİDİ** | | | **TEST NUMARASI VE AMAÇ** |
|---|---|---|---|---|
| | **I** | **II** | **III** | |
| Kum Eşdeğeri(min.) | 45 | 55 | 60 | CT 217 - Toprak İçeriği |
| Dayanıklılık İnd.(min) | 55 | 55 | 55 | CT 229 - Islak/kuru maruz kalma direnci |

**Optimum bağlayıcı**

Optimum orandaki emülsiyon miktarı ya da bağlayıcı içeriği Islak İz Testi ve Aşırı Bağlayıcı Testi'den elde edilen sonuçların işaretlenmesiyle bulunmaktadır. Şekil 4.5, tipik bir test sonucunu göstermektedir. Optimum bağlayıcı içeriği işaretlenmiş iki çizginin kesişim noktasına yakındır fakat test, karışımı etkileyen bütün faktörleri hesaba katmamaktadır. Örneğin işaretlenmiş sonuçların kesişim noktasındaki optimum bağlayıcı içeriği, beklenen trafik koşullarına göre düzeltilir. Her iki testten de geçmek için hafif trafik koşullarında en yüksek bağlayıcı içeriğini, ağır trafik koşullarında ise en düşük bağlayıcı içeriğini seçmek gerekmektedir. Optimum noktayı seçmek deneyim gerektirmektedir ve bu durum saha bilgisine dayandırılmalıdır. [2]




**Şekil 4.5.** Optimum Bağlayıcı İçeriğine Karar Verme [2]

### 4.2.3. Yapım süreci

Yapım sürecinin içerdiği başlıca öğeler aşağıda yer almaktadır.

- Güvenlik ve Trafik Kontrolü
- Ekipman Gereksinimleri
- Stok/Plan Hazırlama Alanı Gereksinimleri
- Yüzey Hazırlanması
- Uygulama Koşulları
- Uygulama Çeşitleri
- Kalite Konuları [2]

**Güvenlik ve trafik kontrolü**

Trafik kontrolü hem seyahat eden kişilerin hem de işi gerçekleştiren çalışanların güvenliği için gereklidir. Trafik kontrolü, iş ekipmanları iş sahasına ya da yola giriş

yapmadan önce yerini almalıdır. Trafik kontrolü, inşaat işaretlerini, inşaat konilerini ya da barikatları, bayraklı personeli ve pilot araçları içermektedir. [2]

**Stok/Plan hazırlama alanı gereksinimleri**

Stok ve plan hazırlama alanı bazı temel gereksinimleri karşılamalıdır. Bu gereksinimler aşağıda yer almaktadır.

- Agrega kümeleri için temiz, iyi süzülmüş tampon
- Yükleme makinaları için yükleyici
- Tuz bulunan su tedarik edilmesi
- Emülsiyon tankeri
- Katkı maddesi tankeri

Stok ve plan hazırlama alanı mümkün olduğunca iş mevkine yakın olmalıdır. Şekil 4.6.'de tipik bir stok ve plan hazırlama alanı gösterilmektedir [2]



**Şekil 4.6.** Genel stok/plan hazırlama alanı [2]

**Yüzey hazırlama**

Yüzey hazırlamanın asıl amacı, emülsiyon işlemi uygulanacak yüzeyin temiz ve sağlam olmasını sağlamaktır. Yüzey hazırlamanın ilk adımında, çatlak bakımı ve yamama sayesinde işlevsel performans özelliklerini ve kaplamanın yapısal bütünlüğünü yenileme işlemi yapılmaktadır. [2]

**Uygulama koşulları**

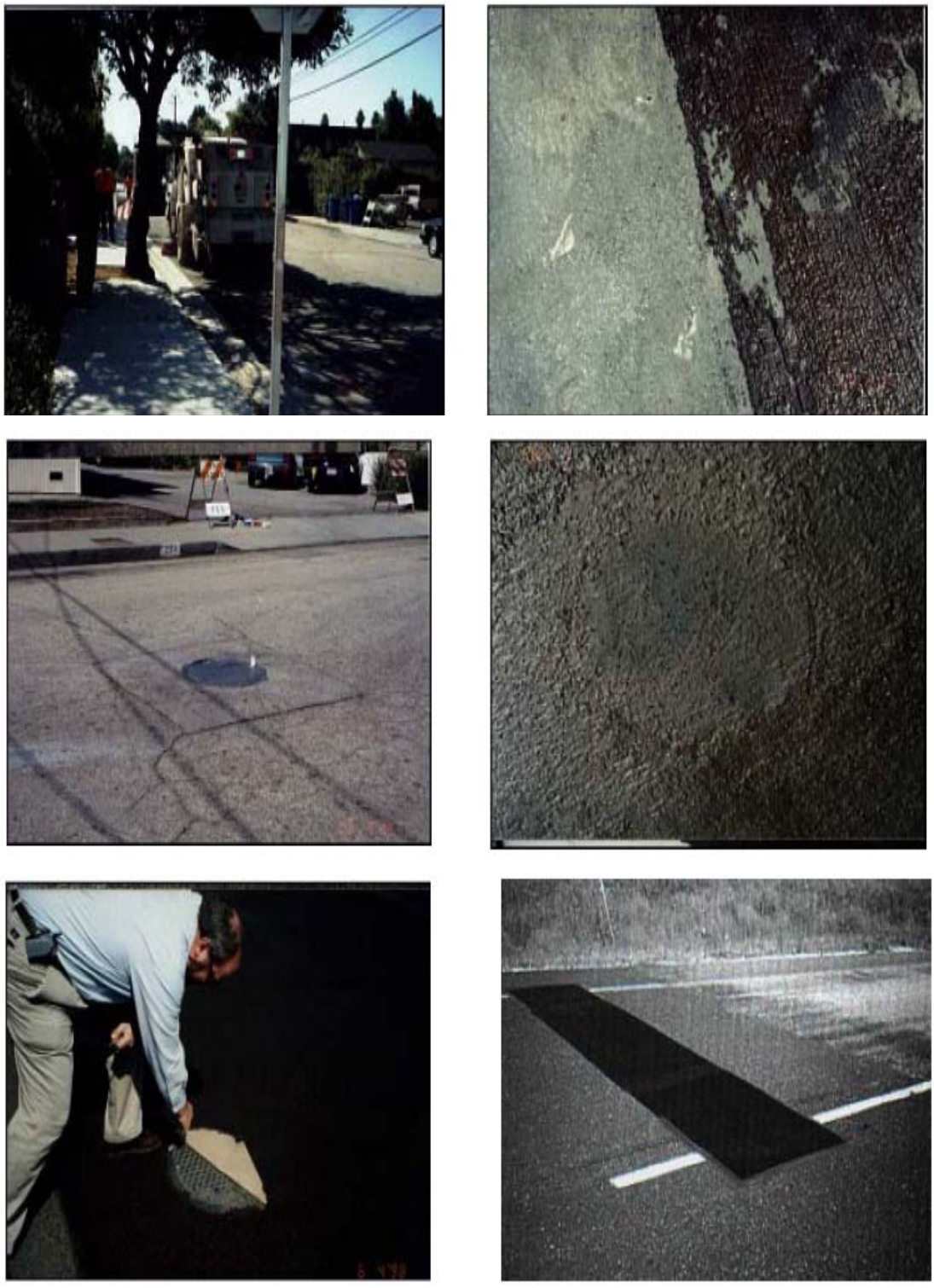
Başarı için temel gereksinim emülsiyonun kırılabilir ve sürekli filmle şekillendirilebilir olmasıdır ki emülsiyon karışımının kohezif hale gelmesi için bu tek yoldur. Sonuç olarak nem, rüzgar şartları ve sıcaklık(yüzey ve hava) önemlidir ve göz önünde bulundurulmalıdır. Katkı maddelerindeki değişim, uygulama boyunca değişen hava koşullarına göre yapılmalıdır. Her durumda harç tipi emülsiyon uygulaması gece çalışması için uygun değildir. Bunun sebebi ise gece buharlaşma hızının daha düşük olmasıdır ki bu durum kırılma ve iyileşme zamanlarının uzamasıyla sonuçlanır. Şekil 4.8., sıcaklığın emülsiyonun kırılma hızı üzerindeki etkisini göstermektedir. [2]

**Kalite konuları**

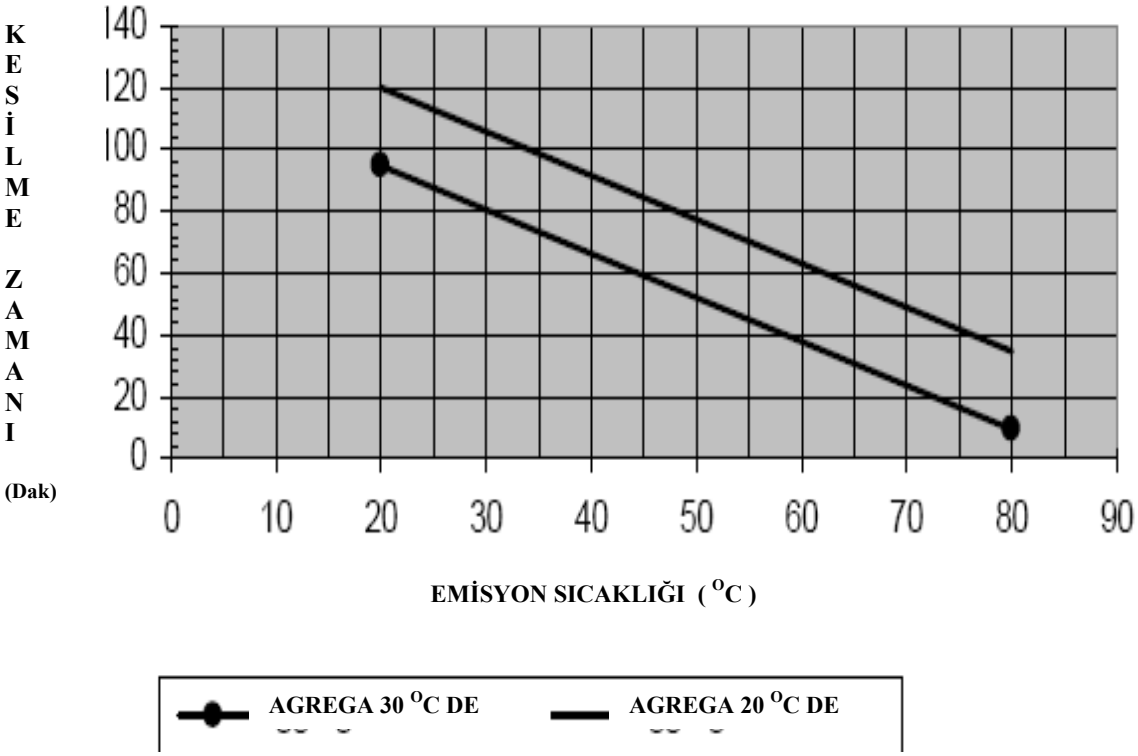
Kalite kontrol, konstrüksiyon süreci boyunca düzgün bir yüzey sonucuna ulaşmak için kritiktir. [2]

**Boyuna bağlantılar**

Boyuna bağlantılar, üste örtülebilir ya da uç kısma eklenebilir. Şerit boyunca düz veya kavisli olabilirler. Örtme işleminde genişlik 75mm'yi geçmemelidir. Şekil 4.7. yüksek ve düşük kaliteli boyuna bağlantıları, Şekil 4.9. ise boyuna birleşimleri göstermektedir. [2]



**Şekil 4.7.** Yüzey hazırlama metotları [2]




**Şekil 4.8.** Sıcaklığın kırılma hızı üzerindeki etkisi [2]



**Şekil 4.9.** Boyuna birleşimler (iyi ve kötü) [2]

### 4.2.4. Karışımı hazırlama

Akıcı harç tipi örtü malzemelerini laboratuarda farklı oranlarda karıştırmak uygun karışımın seçilmesinde yardımcı olabilir. Şekil 4.10.'da görülen doğru karışım, silgecin önünde ondüle halinde akacak yumuşak ve pürüzsüz dokuya sahip bir harç

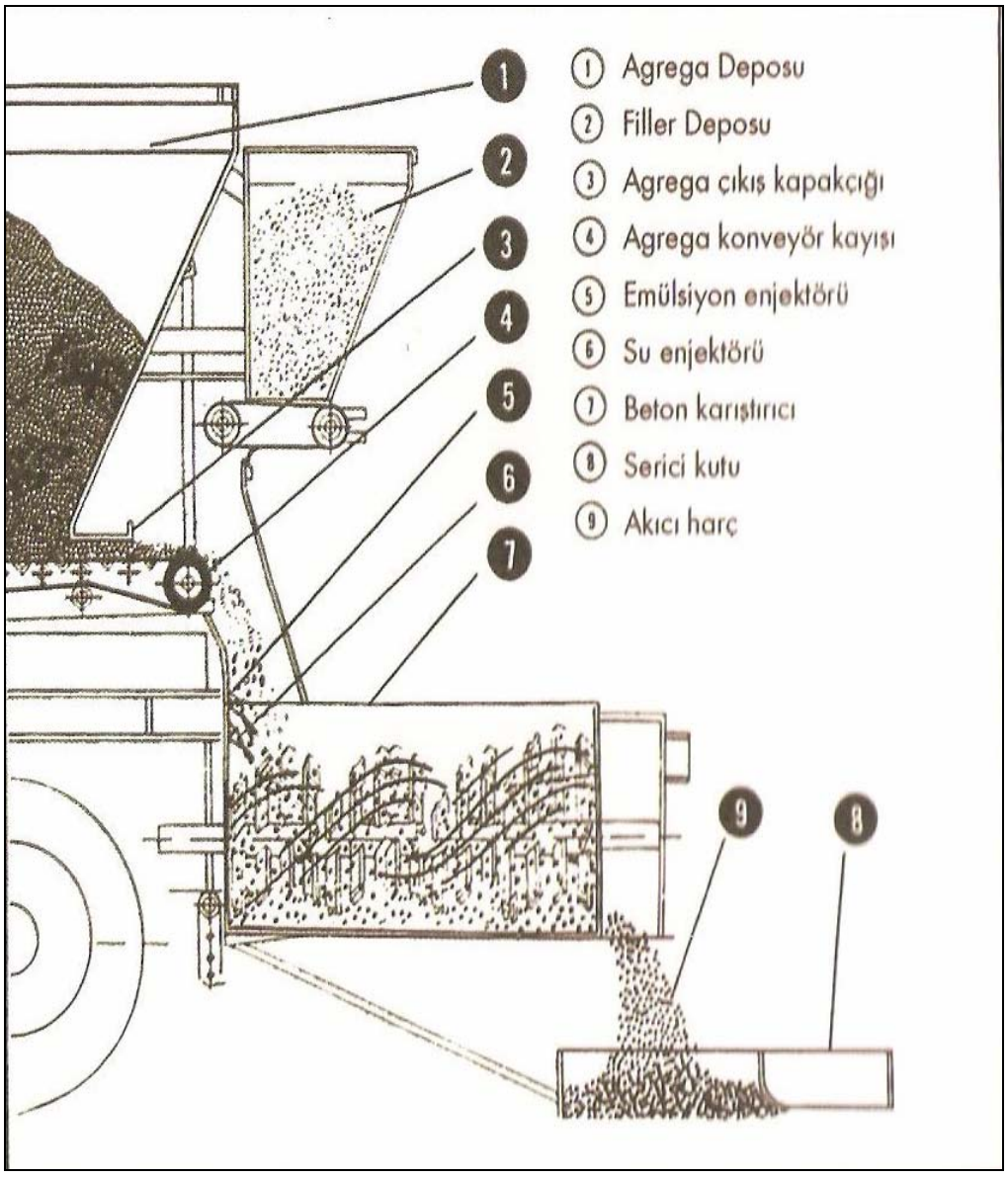
üretmelidir. Şekil 4.10.'daki bu harç, yarı akışkan, emülsiyon akışı olmayan homojen bir kütle olmalıdır. [4]



**Şekil 4.10.** Emülsiyon asfaltı harç tipi karışım akışkanı [4]

Karışım oranları laboratuarda belirlendikten sonra, birkaç deneme karışımı yapılması önerilir. Bu işlem çalışmanın yürütüleceği yerde yapılabilir. Deneme kesimleri yapmak ile akıcı harç makinesindeki besleme ve ölçüm ekipmanları ayarlanır. Agrega akışı, farklı kanal kapağı aralıklarına ve pompalanan emülsiyon miktarına göre belirlenmelidir. Bunun ardından akıcı harç tipi karışım oranlarının doğru olup olmadıkları kontrol edilmelidir. Laboratuarda belirlenmiş bir karışımla başlarken bile, en iyi malzeme karışımını bulmak için birkaç deneme çalışması yapmak gerekir. Toplanma, yığılma ya da karışmamış agrega gözlemlenirse, akıcı harç üstyapıdan kaldırılmalıdır. Kaba agrega karışımın dibinde toplanırsa kaldırma işlemi yapılmalıdır. [4]

Aşırı büyük agregalar nedeniyle oluşan şeritler bir el silgeciyle anında düzeltilmelidir. Şekil 4.11.'de akıcı harç tipi karışım makinası görülmektedir. [4]




**Şekil 4.11.** Emülsiyon asfaltı harç tipi karışım makinası [4]

### 4.2.5. Karışımı yerleştirme

Akıcı harcı uygulamadan önce üstyapı sathındaki pislikler, toz, çamur lekeleri, bitkiler ve başka yabancı maddeler temizlenmelidir. Akıcı harç uygulamasından önce, akıcı harç için belirlenmiş tipte ve penetrasyonda seyreltilmiş asfalt emülsiyonundan oluşan bir yapıştırma tabakası gerekebilir. Yeni üstyapılar söz konusu olduğunda yapıştırma tabakası gerekli olmayabilir. Üstyapı sathı her zaman nemli olmalı ancak, Şekil 4.12.'de görülen akıcı harç makinesinin önünde serbest su bulunmamalıdır. [4]



**Şekil 4.12.** Akıcı harç makinesı

Serici kutunun içinde ondüle halinde düz olarak akacak, pürüzsüz dokuya sahip bir akıcı harç üreterek homojen bir karışım elde etmek çok önemlidir. Homojen olmayan bir karışım kötü bir satıh oluşmasına neden olacak ve bunu izleyen birçok sorun ortaya çıkacaktır. [4]

Aşırı akıcı harç birikmesini önlemek için boyuna ve enine derzlere dikkat edilmelidir. Derzi, ilk yerleştirilen şerit tamamıyla kür olduktan sonra ya da yarı akışkan durumdayken yapmak gerekir. [4]

Derzi ve satıh görünümünü geliştirmek için serici kutunun arkasından bir kanaviçe şerit ya da fırça çekilir. Fırçalar düzenli olarak değiştirilmelidir. Derzleri geliştirmek ve makinenin ulaşamayacağı yerlere akıcı harç yerleştirmek için el arabaları kullanılır. [4]

Serici kutudaki akıcı harç homojen bir kalınlıkta tutulmalıdır. Yüksek çatı eğimli üstyapılarda ya da dever uygulama eğrilerinde akıcı harç serici kutunun yüksek olan kısmına çekilmelidir. Yerçekimi, düşük kısmı dolu tutacaktır. [4]

Lastikli-tekerlekle silindirlemenin dayanıklılığı geliştireceği alanlarda akıcı harç tipi örtünün silindirlenmesine gerek duyulabilir. Bu alanların arasında otobanlar, uçak pistleri, kamyon terminali alanları ve yoğun trafikli yolların kavşakları bulunur. Bunların hepsi hidrolik direksiyon dönüşlerine, frenlemelere ve hızlanma kuvvetlerine maruz kalırlar. Silindirleme için 345 kpa'lık tekerlek basınçlı, 4.5

tonluk lastik tekerlekli silindir uygun olacaktır. Temiz su, akıcı harç karışımın üzerinden buharlaştığı zaman silindirleme işlemi başlatılabilir. Bu anı kontrol etmek için yolun üzerine bir kağıt bastırılır ve kağıdın ıslanmasına göre karar verilir. Kalınlık 6mm'den fazla değilse ya da sezon sonu çalışmasına gerek duyulmuyorsa silindirleme işlemi yapılmaz. [4]

### 4.2.6. Kür olma/Trafiğin düzenlenmesi

Akıcı harç, sıcaklığın en az 10 $^0$C olduğu ve yağmur beklenmediği durumda uygulanmalıdır. Yeni yerleştirilmiş akıcı harç tamamıyla kür olmadan trafiğe açılmamalıdır. Silindirlemede olduğu gibi, temiz su akıcı harç karışımından çekildiğinde akıcı harç üzerinde trafiğe izin verilebilir. Trafik akışı ve yönlendirilmesi iyi düzenlenmelidir çünkü; park edilirken yapılan çabuk duruşlar ya da hızlanmalar ve tekerlek dönüşleri akıcı harca zarar verecektir. [4]

## 4.3. Karartma Tabakası

### 4.3.1. Giriş

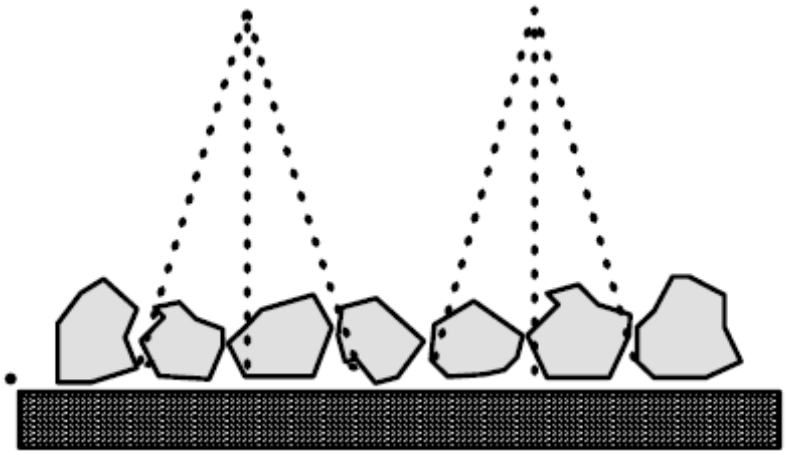
Karartma tabakası, geçirmezliği geliştirmek için mevcut kaplama yüzeyine emülsiyon ekleme, yerdeki agrega kaybına ilave edilen çakılı koruma veya yüzey görünümünü basitçe geliştirme metodudur. Bununla birlikte, uygunsuz kullanımı kaygan kaplamalara ve malzeme fazlalığının izlenmesine neden olabilir.

Karartma tabakası şöyle tanımlanır; 'Sulu asfalt emülsiyonunun hafif bir püskürtme uygulaması, başlıca kuru ve yıpranmış yüzeyleri zenginleştirmek ve soyulmayı azaltmak için mevcut asfalt sathında geçirmezlik elde etmek için kullanılır.' [18] Diğerleri karartma tabakası için, eski yüzeye taze emülsiyon ekleyerek, kaplama yüzeyinin ömrünü uzatmak için geliştirilmiş yöntemlerdir. [11]

### Karartma tabakası fonksiyonu

Karartma tabakası, mevcut emülsiyon bağlayıcıyı kaplamak, korumak ve gençleştirmek (dinçleştirmek) için dizayn edilir. Emülsiyonun eklenmesi, su ve hava permeabilitesini azaltarak yaşlanmaya duyarlılığını azaltır ve yüzeyin su geçirmezliğini geliştirir. Karartma tabakası emülsiyonu, kaplama yüzeyindeki boşlukları doldurmalıdır. Bundan dolayı emülsiyon uygulama boyunca yeterli derecede düşük vizkoziteye sahip olmalıdır ki kaplamadaki yüzey boşluklarına

penetre etmeden önce kesilmemelidir. Bu durum su ile seyreltilmiş, ayarlanmış düşük bir emülsiyon kullanılarak başarılabilir. Suyla seyreltilmiş olan emülsiyonlar uygun değildir çünkü emülsiyon kırılmasından sonra kaygan bir yüzeye neden olabileceği gibi kaplama yüzeyindeki asfalt fazlalığından dolayı oluşan yüzey boşluklarına da uygun şekilde penetre olmayabilir. Şekil 4.13.'de asfalt emülsiyon spreyi görülmektedir. [2]



**Şekil 4.13.** Asfalt emülsiyon spreyi [2]

Uygulama boyunca emülsiyon, mevcut bağlayıcı tabakasını ve agrega yüzeyini ıslatır. Katyon emülsiyonlar, eski(yıpranmış) asfalt filminden veya agreganın yüzeyinden suyu yer değiştirebilir. Emülsiyon, su kaybı ve kimyasal tepkimeyle kırıldıktan sonra agregada yeni bir bağlayıcı film yer alır ve bağlayıcı film oluşmuş olur. Emülsiyon kırılmasında birçok faktör etkileyicidir fakat en baskın faktör rüzgar, yağmur ve sıcaklık gibi hava koşullarıdır. Anyonik(negatif yüklü) emülsiyonların birçok agrega ile belirli bir yüzey etkileşimi bulunmamaktadır. Buharlaşmadan kaynaklanan su kayıpları, agrega sayesinde suyun emilmesine ve kaplama yüzeyindeki boşluklar da emülsiyon çatlamalarına(kırılmasına) neden olur. [2]

### 4.3.2. Karartma tabakası uygulanacak yerler

Karartma tabakası, kaplama yüzeyini kuvvetlendirme ve yüzeydeki agregaları muhafaza etme metodu olarak kullanılmaktadır. Yani, sökük ve yaşlanmış kaplamalara uygulayabilmek için uygun bir yöntemdir. Kaplama yaşı derecesinin ölçülmesinde, görsel incelemeden daha kolay bir yol bulunmamaktadır. Farklı asfaltlar farklı oranlarda yaşlanmaktadır ve bölgesel deneyimler işlem zamanının belirlenmesinde önemlidir. Kauçuk ve polimer ile modifiye edilmiş emülsiyonlar,

geleneksel bağlayıcılara oranla daha yavaş yaşlanırlar. Karartma tabakaları, çatlamalar, temel bozulmalar, aşırı derecede agrega kaybı ya da daha başka zorlu kaplama kusurları gibi bozulmaları ıslah etmek için uygun değildir. [2]

Sürüş yolunda, karartma tabakaları sadece emülsiyonun yüzey penetrasyonunun beklenildiği yerlerde uygulanmalıdır ki bunlar yaşlanmış, bozuk, sıcak karışım yüzeyleri, yüzeysel(sathi) kaplama yüzeyleri ve açık-ayrılmış asfalt yüzeyleridir. [2]

Genel olarak trafik düzeyi, iş taslağı dışında belirleyici bir faktör değildir. İhtiyaç olunan durumlarda, tıkanmış kaplamalar, kaplama uygulamasından kısa süre sonra trafiğe açılır, toplanmayı önlemek için kumdan kurutma kağıdı kullanılır. [2]

**Yaşlı ve hasarlı yüzeyler**

Karatma tabakasının seyahat yollarındaki kullanımı sadece açık yüzey yapılarda kullanılmasıyla sınırlandırılır. Bu sathi kaplama, yaşlı ve yoğun kademeli ve açık kademeli çeşitleri kapsamaktadır. Buna rağmen kaplama, boşlukları doldurabilir ve drenaj fonksiyonunu azaltabilir ya da ortadan kaldırabilir. Şekil 4.14., tipik bir karartma tabakası uygulamasını gösterirken, Şekil 4.15.'den Şekil 4.16.'ya kadar olanlar karartma tabakası uygulanacak yerler için uygun olan ve uygun olmayan yüzeyleri göstermektedir. İyi uygulanan karartma tabakalarının sonuçları Şekil 4.17. ve Şekil 4.18.'de gösterilmektedir. Uygulama oranını kontrol etmek ve emülsiyonun doğru bir şekilde seyreltilmiş olmasını sağlamak çok önemlidir. Karartma tabakası(kumlu kurutma kağıdı), yüksek hız yapılmayan yollarda ya da trafik akışının az olduğu yollarda ve banketlerde kaplama bakım işlemi olarak kullanılabilir. Bu işlem sıcak karışım asfaltı ya da kaplama yüzeyi muhafaza etmektedir. Bazı örneklerde(trafiğin düzgün akışında), kurutma kağıdı ile karartma tabakası uygulaması kabul edilebilir. Kum, trafik tarafından kaldırılır ve iyi bir yüzey dokusu bırakılmış olur. [2]



**Şekil 4.14.** Karartma tabakası uygulaması [2]



**Şekil 4.15.** Uygun yüzey [2]



**Şekil 4.16.** Karartma tabakasından önce [2]



**Şekil 4.17.** Karartma tabakasından sonra [2]



a) uygulamadan önce b) uygulamadan sonra

**Şekil 4.18.** Uygulamadan önce ve uygulamadan sonra kaplama [2]

**Yeni yüzeyler**

Daha az kumlu karartma tabakası(flush coats) yeni sathi kaplamalarda talaşları yere kenetlemek için bir yapı kaplaması olarak kullanılır. Bu durum yeni kaplamada trafiğe izin verildiği anda uçuşan talaşlardan kaynaklanan araç ya da ön cam hasarlarını azaltmaktadır. Kumlu kurutma kağıdı ile olan karartma tabakası, yüksek hız yapılmayan yollarda ya da trafik akışının az olduğu yollarda ve banketlerde kaplama bakım işlemi olarak kullanılır. Bu işlem sıcak karışım asfaltı ya da kaplama yüzeyi muhafaza etmektedir. [2]

**Karartma tabakası performansı – Yararlar ve kısıtlamalar**

Karartma tabakası bozulmayı durdurmak ve yaşlanan yüzeylere bağlayıcı eklemek için pahalı olmayan bir yöntemdir. Yeni sathi kaplama uygulanmış yerdeki talaşları tutar ve olası araç hasarlarını azaltır. [2]

Karartma tabakaları, sıkı yüzeylerde, agrega eklemeden yüzeysel tabaka yapımı gibi kullanışlı değildir, yüzey dokusunu azaltır ve kaygan bir yüzey oluşturabilir. Bağlayıcıların değişik oranlarda yaşlanmalarına göre eğer kaplamalar beş yaşından daha yaşlı değil ise, karartma tabakası modifiye edilmiş polimer karışımlarında kullanılmamalıdır. [2]

Karartma tabakası uygulamaları hava durumundan dolayı kısıtlandırılır. Uygulamalar sonbaharda(örneğin eylül 1) kesilir ki yağış faktörü ortadan kalksın ve donma şartları ile karşılaşılmadan önce emülsiyon tam olarak sertleşebilsin. Yüzeysel tabaka yapımı kışın uygulanır, penetrasyon daha az zaman alır ve yüzeysel tabaka yapımı parlak ve kaygan yüzey koşullarına sebep olmaya eğilimlidir. [2]

### 4.3.3. Karartma tabakası malzemeleri ve özellikleri

Karartma tabakalarında kullanılan materyaller genellikle asfalt emülsiyonu ve sudur. Bazen özel durumlar için emülsiyonlar, belli miktarda katkı maddesi eklenerek yapılır. Mesela, gençleştirme yağları kaplamadaki eski bağlayıcı tabakasını yumuşatmak ve gençleştirmek için kullanılabilir. Gençleştirme yöntemleri, dizayn ve uygulamasında özel dikkat gerektirir ve SSQ 37-60O ve SSP 37-600M ile kaplanır. [2]

Karartma tabakası için önerilen emülsiyon çeşitleri katyonik(asfalt parçalarının üzerinde pozitif yüzey yük) veya anyonik(asfalt parçalarının üzerinde negatif yüzey yük) olabilir. [2]

Asfalt emülsiyonlarının bu çeşidi en az %43 su içerir. Bununla birlikte, seyreltmeye başvurulduğu zaman emülsiyona ilave su eklenir. Bütün su(eklenen su ve orjinal emülsiyon suyu) buharlaştıktan sonra kalan fazla asfalt bağlayıcı tabakasıdır. [2]

### 4.3.4. Karartma tabakası yapımı

**İnşaat alanı koşulları**

Etkili olması için karatma tabakalarının çabuk kırılması gereklidir(yoğun asfalta geri dönme) ve tamamen iyileşmelidir(kohezif filmin oluşması için su kaybı). Bunun bir oranı olmalı ve bağlayıcı, araçlar tarafından kaldırılmadan trafikte düzenleme yapılmalıdır. Bu işlemi başarabilmek için, bağlayıcının film özellikleri uygun olmalıdır(örneğin bağlayıcı önceki filmle birleşebilmeli ki yeni kaplamada trafiğe izin verilsin). Asfalt filmleri, düşük viskoziteli seyreltiklerin yokluğunda, düşük sıcaklıklarda iyi bir şekilde oluşturulamaz. Yani sıcak koşullarda, yağmur yağma ihtimalinin az olduğu durumlarda başarılı uygulamalar garanti edilebilir. Karartma tabakaları, atmosfer sıcaklığı 10°C(50°F)'nin altındayken ve kaplama sıcaklığı 15°C(59°F)'nin altındayken uygulanmamalıdır. [2]

Eğer beklenmedik bir yağmurla karşılaşılırsa, emülsiyon kırılması öncesinde, emülsiyon kaplama yıkanabilir ve kaplama yüzeyi kırılarak kaygan bir yüzey oluşur.

**Yüzey hazırlanması**

Karartma tabakası uygulanmadan önce kiri, döküntüyü ve tozu uzaklaştırmak için kaplama yüzeyi, yol temizleyicisi, süpürge ya da su pompası yardımıyla temizlenmelidir. Karartma tabakası uygulamasından önce kaplama yüzeyi temiz ve kuru olmalıdır. Eğer su ile yıkamak gerekli ise bu işlem elverişli bir kuruma elde etmek için karartma tabakası uygulamasından 24 saat önce tamamlanmış olmalıdır. [2]

**Malzeme hazırlanması**

Asfalt emülsiyonları(orjinal emülsiyonlar), %43 oranında su içermektedir fakat kullanmadan önce ilaveten seyreltme işlemi yapılmalıdır. Bu ek seyreltme işlemi

viskoziteyi azaltır ve uygun bir kontrol için küçük miktarlardaki artık bağlayıcıların uygulamasına olanak sağlar. Genellikle tedarikçi orjinal emülsiyonu fabrikada ya da sahada seyreltir. Seyreltme oranının %50(1:1 yani eşit miktarda su ve emülsiyon) olması tavsiye edilir. Seyreltilmiş su içilebilir olmalı ve içerisinde algılanabilen katı parçacıklar ya da çözülebilir tuzlar(sert su) bulunmamalıdır. [2]

**Uygulama oranları ve püskürtme**

Emülsiyonu uygulamak için uygun bir şekilde ayarlanmış dağıtıcı kamyonlar kullanılmalıdır. Püskürtme ağzının 4 ile 5mm açıklıkta olması tavsiye edilir. Emülsiyon maksimum 50°C(122°F)'ye kadar ısıtılabilir, bununla birlikte genellikle emülsiyon ortam sıcaklığında püskürtülür. [2]. Emülsiyon, yüzey koşullarına bağlı olarak, belli bir oranda püskürtülür. Bütün yüzeyde bir kesit numune alınarak, yaklaşık uygulanma oranları seçilmelidir. Yüzey koşullarına bağlı olarak, seyreltilmiş emülsiyon için tipik uygulama oranları 0.15'ten 1.0 litre/$m^2$'e kadardır. 1:1 seyreltilmiş emülsiyon orjinal emülsiyondur ki, daha sonra eşit bölümlü suyla seyreltilir. [10]

**Trafik kontrol**

Trafik kontrolü, uygulamanın bütünlüğünü korumak için gereklidir. Karartma tabakası malzemesi için bakım zamanı, uygulamanın yapıldığı andaki hava şartlarına ve kaplama yüzeyi şartlarına bağımlı olarak değişiklik gösterecektir. İdeal şartlar altında, yüzey ve hava sıcaklığı artışı olduğunda, trafiğin karartma tabakası malzemesinden en az iki saat uzak tutulması tavsiye edilir ve uygun kızak testi(CT 342) değerleri başarılır. [2]

**Kalite kontrol**

Kalite kontrol ve işçilik, karartma tabakası işleminin ömrü ve performansında kritiktir. Karartma tabakası işlemindeki başlıca ekipman parçaları distribütör kabı ve kamyon botlarıdır. Her birinin projenin teknik özellikleri tarafından görevini yapması gereklidir. Sprey(püskürtme) kabı, kaplama yüzeyinden uygun bir yüksekliğe(mesafeye) kurulmalı, malzemenin düzenli uygulamasını temin etmek için

sprey ağızları uygun bir açıyla yerleştirilmelidir. Malzeme sıcaklıkları, kalite kontrol amacıyla ölçülmelidir. [18]

Emülsiyon özellikleri, yapılmış örneklere ve test edilmiş prosedürlere göre onaylanmalıdır. Fazlalık olan emülsiyon kaygan kaplamalara neden olabilir.

**Destek işlemi**

Yaklaşık 1kg/ $m^2$'lik kum kurutma kağıdı kullanımı trafiğin erken açılmasına olanak sağlar. Temizleme gereklidir. Kum kaplanırken dahi trafik kontrolünde hız sınırlaması gerekmektedir. [2]

Sürtünme katsayısı, CT 342 kullanılarak ölçülebilir. Bu işlemin uygun değerin ölçülebilmesi için uygulamanın iyileştirilmesinden sonra yapılması tavsiye edilir. Son yüzeyin CT 342 tarafından belirlenen sürtünme katsayısının 0.30'dan az olması sağlanmalıdır. İşlem gören kaplama kabul edilebilir değer kaydedilene kadar trafiğe açılmamalıdır. [2]

## 4.4. Mikro Asfalt Betonu

Yol bakımı içinde en çok kullanılan yöntemlerden biridir ve geliştirilmiş bir polimer katkılı mikro asfalt, soğuk karışımlı bir kaplama sistemidir. Ayrıca otoyollar ve havaalanları gibi günümüz yol problemlerine büyük oranda çare olmaktadır. [12]

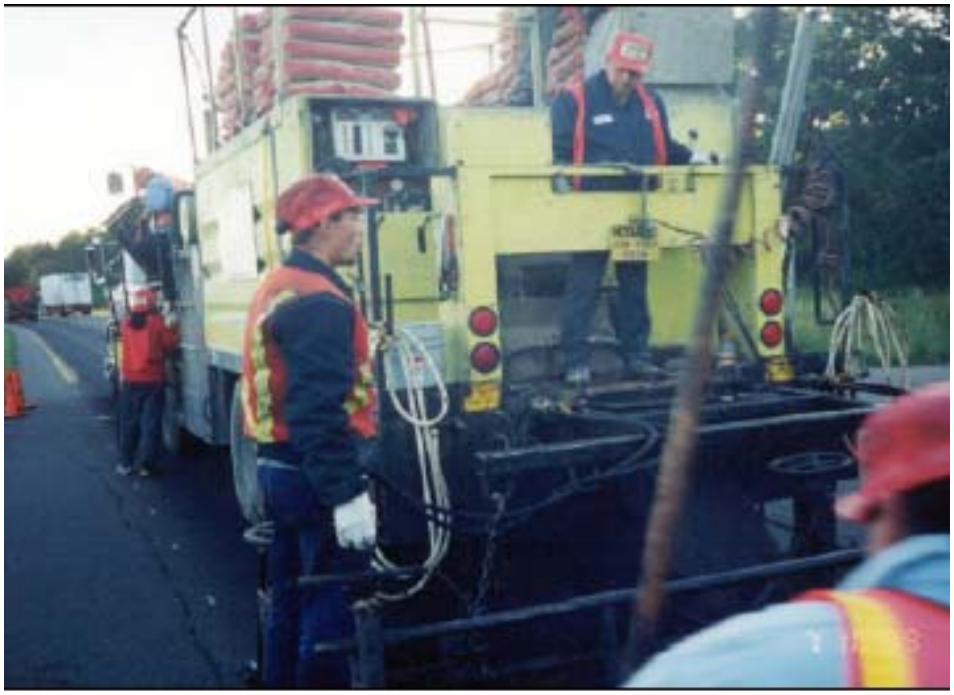
Benzer bir yöntem olan slurry seal(harç tipi örtme kaplama) gibi mikro asfalt betonu da ince gradasyonlu agrega, asfalt emülsiyonu, su ve mineral fillerin karışımından oluşmaktadır. Harç tipi örtme kaplama, tüm dünyada şehir ve iki şeritli yolların kullanım süresini uzattığı için ekonomik bir iyileştirme yöntemi olarak kullanılsa da, mikro asfalt betonu, kapasite arttıran materyaller, polimerler ve başka katkı maddeleri içerir. [12]

### 4.4.1. Mikro asfalt betonu yapımı

Mikro asfalt betonu, varolan kaplamaya bütün malzemeleri taşıyan, onları içinde karıştıran ve yol yüzeyine seren özel bir makinayla yapılır ve uygulanır.

Materyaller sürekli ve doğru bir şekilde ölçülür, sonra mikro asfalt betonu makinanın mikseriyle karıştırılır. Şekil 4.19. ve Şekil 4.20.'de görüldüğü gibi makine, ileri doğru hareket ettikçe karışım sürekli beslenir ve trafik şeridinin tek yönü genişliği

boyunca mikro asfalt betonunu serer, ayrıca yol içinde maksimum stabiliteyi sağlamak için olukların derin kısımları içine büyük taneli agrega parçalarını bırakmak için de dizayn edilmiştir. [2]



**Şekil 4.19.** Mikro asfalt betonu makinası [2]



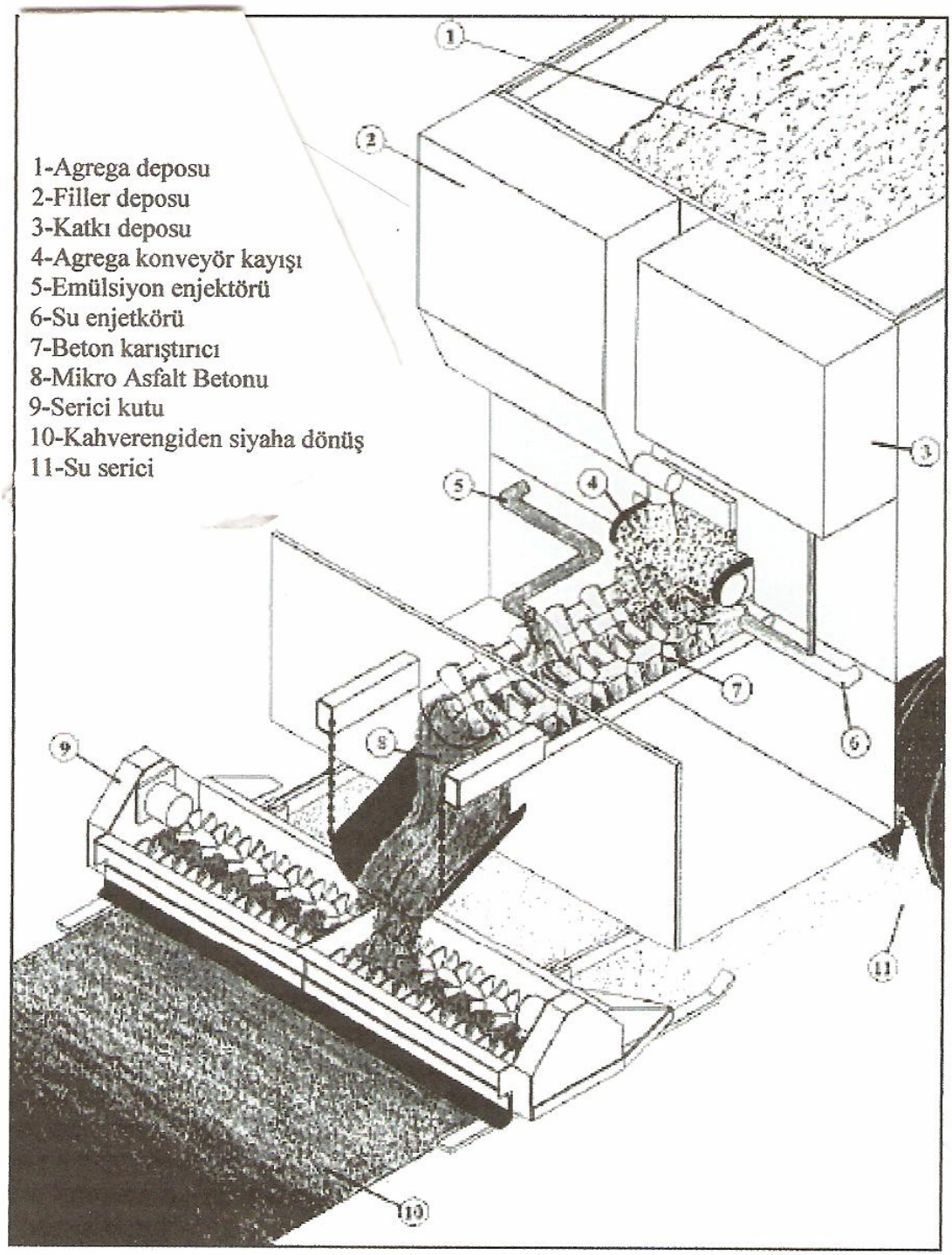

**Şekil 4.20.** Mikro asfalt betonu makinası [2]

Yeni yüzey başlangıçta koyu kahverengi olur ve suyun kimyasallarla çıkartılması, yüzeyin bir saat içinde trafiğe açılması sonucunda siyah bir yüzeye dönüşür.

### 4.4.2. Yapım süreci

Şekil 4.21.'de detaylı olarak görülen yapım sürecinin içerdiği başlıca öğeler aşağıda yer almaktadır.

- Güvenlik ve Trafik Kontrolü
- Ekipman Gereksinimleri
- Stok/Proje Hazırlanma Alanı Gereksinimleri
- Yüzey Hazırlama
- Uygulama Koşulları
- Uygulama Çeşitleri
- Kalite Konuları
- Saha Yapım Şartları
- Saha iyileştirmeleri [12]




**Şekil 4.21.** Mikro asfalt betonu karışım makinası [19]

### 4.4.3. Kullanıldığı yerler

Çeşitli dizaynlardaki karışımlar, teknikler ve ekipman kullanımı, mikro asfalt betonunu bazı durumlarda başarılı yapabilir.

- Çabuk trafik uygulamalarında, 9,5 mm'den daha ince olan yerlerde, mikro asfalt betonu destek direncini, renk karşıtlığını, yüzey iyileştirmesi, yüksek hızlardaki servis süresini, yoğun trafiğin olduğu yollarda(otobanlarda) arttırabilir. Bazı projelerde trafik bir saat içinde trafiğe açılabilir.

- Modern, devamlı yükleyen kaplama makinaları sayesinde trafik aksamalarına veya yol kapatmalarına neden olmadan bir gün içinde 500 ton mikro asfalt betonu serilebilir. Bu da yüzey uygulamalarında 10,6 km şeride denk gelmektedir.

- Şehir arterlerinde ve yoğun trafik birleşim yerlerindeki restore edilecek yol yüzeyindeki drenaj sistemini mikro asfalt betonu etkilemez ve değiştirmez.

- Düzenli yağış esnasında meydana çıkan problemleri elemek için yollara uygulanan bir yöntem olan mikro asfalt betonu ayrıca uygun yüzey profilini muhafaza eder ve kullanımı güvenli hale getirir.

- Mikro asfalt betonu, 9,5 mm veya daha ince bir şekilde çoğu yüzeye etkili olarak uygulanabilir. Diğer uygulamalardan dolayı ise birçok alan, tonlarca karışım ile kaplanmış olur. Bu da mikro asfalt betonu ile kaplamanın maliyetini uygun hale getirir.

- Mikro asfalt betonu, tekerlek izine, yazın çökmelere, kışın çatlaklara dayanıklı stabil ve yeni bir yüzey meydana getirir.

- Asfalt betonu ve çimento betonu yüzeylere uygulanan mikro asfalt betonu genellikle minimum seviyede ölü yük ekleyerek kaygan köprü döşemelerine destek dirençli bir yüzey meydana getirmek için kullanılır.

- Yolun trafiğe çabuk açılması özelliğinden dolayı mikro asfalt betonu, geniş bir sıcaklık yelpazesinde ve birçok hava koşulunda uygulanabilir ayrıca etkili bir biçimde kaplamanın süresini uzatır. Özellikle gece uygulamalarının yapılabilmesi için uygun bir yöntem olduğundan trafiğin yoğun olduğu yollarda, karayollarında ve havaalanlarında uygulanır. [2]

- Çevre sıcaklığında da uygulanabilen mikro asfalt betonu düşük enerji gereksinimine sahiptir. Çevresel olarak güvenlidir, herhangi bir kirletici materyal, ürün yaymaz.

- Mikro asfalt betonu için beklenilen kullanım süresi genellikle 7 yılı aşmaktadır.

- Kaplama stabiliteyken ve plastik deformasyon söz konusu olmadan, 38 mm derinliğin üstündeki tekerlek izlerini dolduran, freze makinesi olmadan bu problemi çözebilen tek yöntem mikro asfalt betonudur. Şekil 4.22., mikro asfalt betonunun bazı yerlerdeki uygulamaları görülmektedir. [2]



1- Teksasta uygulanan yüzey giydirmesi [2]



2 Virginia da uygulanan karayolu [2]



2- Çabuk trafiğe açılabilme özelliğinden dolayı uygulanır

**Şekil 4.22.** Mikro asfalt betonu uygulamaları [2]

Mikro asfalt betonu, yüksek kalitede malzemelerin seçilmesi ile başlar(asfalt, agrega, dövücüler, su ve katkı maddeleri) ki bunlar hem bireysel hem de kombine bir şekilde özel laboratuar testlerinden geçmek zorundadırlar.

Mikro asfalt betonu ince bir kaplamadır ve iki, üç kere serilebilir. Sistemdeki emülsiyon her zaman yapısı değişmiş polimerdir ve kimyasal kırılma meydana gelmesi için özel katkı maddeleri kullanılır ki bu durum çoğunlukla hava şartlarından bağımsızdır. Kırılma esnasında emülsiyon etkileri, agrega yüzeyi sulandırır. Şartların çeşitliliğine bağlı olarak bu tür sistemlerde trafik bir saat içerisinde ya da uygulama işleminden daha kısa sürede açılabilir.

Mikro asfalt betonu, harç tipi örtme kaplama ile aynı uygulamalarda kullanılabilir. Buna rağmen, mikro asfalt betonu daha yüksek kalitedeki agregalarda, hızlı düzenlemelerde ve kalın tabakaların yerleşmesine izin veren yüksek katılık içeren emülsiyon iyileştirmelerinde kullanılır. Kalın tabakalar, aşağıda yer alan temdit edilmiş performans özelliklerini ve uygulamalarını oluşturmaktadır:

- İkincil yüzey profil düzensizliklerini düzeltme,
- Tekerlek izi doldurma,
- Yüksek dayanıklılık,
- Gece çalışma ( ya da soğutucu dereceler).

Mikro asfalt betonu, harç tipi örtme kaplama gibi çatlak iyileştirmesini amaçlamaz ve temelde olan kaplamarda yüzey içinden yansıyan çatlakları önlemez. [2]

### 4.4.4. Mikro asfalt betonu'nun beklenen ömrü

Mikro asfalt betonunun 7 ila 10 yıl arasında dayanacağı hesaplanmasına rağmen daha uzun ömürlü olacağı iddia edilmektedir. Tekerlek izlerine uygulandığı zaman muamele ömrü mikro asfalt betonunun kararlılığına, trafik seviyesine ve temelde olan kaplamanın şartlarına bağlıdır. [25]

Bozukluğun ana mekanizması aşınmadır. Yüzey oksitlenir ve zaman içerisinde aşınır. Erken muamele bozuklukları, yüksek derecede eğilen yüzey yerleşimlerinde, çatlak yüzeylerde, temel hataları olan kaplamalarda ve önceden hazırlanmış yetersiz ya da bozuk yüzeylerde meydana gelir. [12]

### 4.4.5. Uygulama çeşitleri

#### Tam geniş kaplama

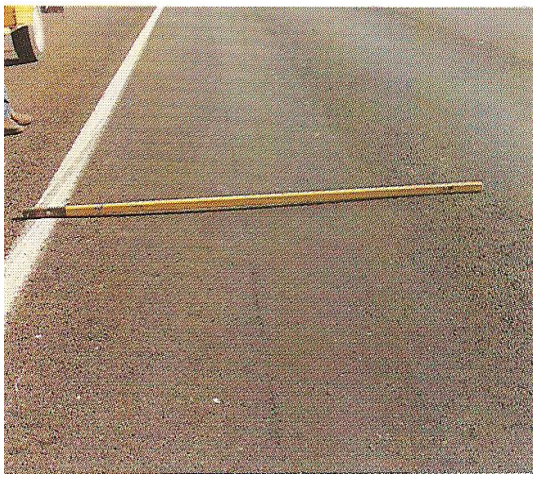
Tam geniş kaplama işlemi uygulanırken standart dağıtıcı kutusu kullanılmaktadır. Genellikle iki şeritli yol için üç geçiş kullanılır. Bu durum kenerların temizlenmesine ve bindirmelerin azalmasına izin vermektedir. Bindirme kaplamalar sadece kaplama güvenilir şartlarda kapatıldığı zaman uygulanmaktadır. [12]

#### Kazı kaplama

Kazı kaplama, dağıtıcı kutusunun geniş yerinden daha dar olan ve ikincil derece çaprazlama bozukluklara sahip kaplamaları düzeltmede ve uzunlamasına tekerlek izinin 12.5mm derinlikten daha az olduğu kaplamalarda kullanılmaktadır. [12]

#### Tekerlek izi doldurma

Tekerlek izi yüksek kararlılıktaki mikro asfalt betonu karışımı ile doldurulabilir. Bu uygulama için tekerlek izi kutusu gerekli olup. tekerlek izi kutusu, karışımı tekerlek izine yönlendirir ve sonraki sıkıştırmayı denklemek için kaplama bitişine bırakır. Bu tarz tekerlek izi doldurma işlemi genellikle yüzey tabakası ile kaplanır. Tekerlek izi bulunan yüzeylerde karışımın sıkıştırılmasını sağlamak için silindir işlemi uygulanır. Tekerlek izi doldurma işlemi uzun süreli trafik sıkışmaları ile sonuçlanan kalıcı tekerlek izlerinde kullanılmalıdır. Eğer devam eden bir tekerlek izi sorunu varsa, mikro asfalt betonu bu devam eden gelişmeyi önlemeyecektir. Şekil 4.23.'te tekerlek izi tamir işlemi görülmektedir. [12]



1- Uygulamadan önceki tekerlek izi



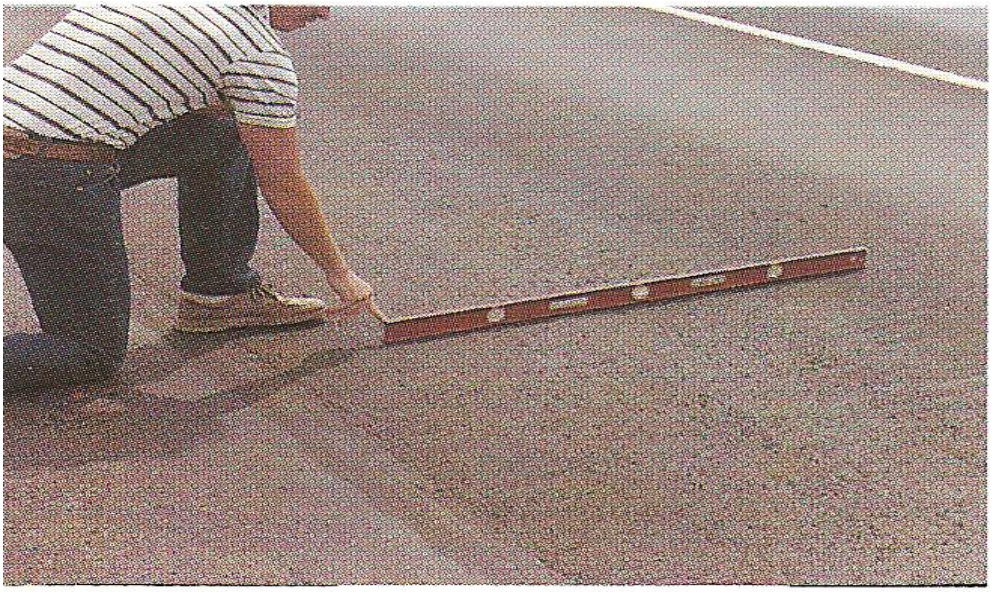
2-Tekerlek izini doldurma



3-Son işlemler



4-Doldurulan tekerlek izi



5- Bir yıl sonra tamir edilen tekerlek izi

**Şekil 4.23.** Mikro asfalt betonu uygulaması ile tamir edilen tekerlek izi bozulması [2]

**Uzunlamasına bağlantılar**

Uzunlamasına bağlantılar üst üste bindirilmelidir. Bunlar düz olmalı ya da yol şeridi ile birlikte kavislenmelidir. Örtüşmeler yol üzerinde olmalıdır ve genişliği 75mm'yi aşmamalıdır. [12]

**Çaprazlama bağlantılar**

Yığın sistemlerle çalışırken çaprazlama bağlantılar kullanmak kaçınılmazdır, bir kamyon tahliye edildiği her durumda çaprazlama bağlantılar gereklidir. Yüzeyde darbe yaratmaktan kaçınmak için bağlantılardaki geçişler düzgün olmalıdır. Bu darbelerden uzak durmak için bağlantılara müdahale edilmeli ve el işçiliği minimum seviyede tutulmalıdır. Düzgün bir bağlantı elde etmedeki başlıca sorun, harç tipi örtme makinası bağlantıda çalışmaya başladığında meydana gelir, özellikle mikro asfalt betonu ile çalışıldığında ki bu durum el ile çalışmanın zor olduğu ve çabuk kırılma olan bir durumdur. [12]

**Kenarlar ve banketler**

Harç tipi örtme kaplama ile yapılan kenarlar ve banketler zayıf görünüp, pürüzlü olabilir. Bu durum, harç tipi örtme kaplamadan daha zor olan elle çalışmalarda, çabuk kırılma görülen mikro asfalt betonunda daha sık meydana gelmektedir. [12]

**Düzensiz karışımlar ve ayırma**

Yetersiz tasarlanmış harç tipi örtme karışımları ya da düşük çimento içerikli karışımlar ya da çok yüksek su içeriği, kutu içerisinde duran karışımı hemen ayırabilir. Bu durum, zayıf yapıyla birlikte karanlık ve düz görünen yüzeyi etkiler. Emülsiyon ince malzemelerin üzerinde kırıldığı zaman ayrılmış karışımlar harç tipi örtme işlemini etkileyebilir. [12]

**Pürüzsüzlük problemleri**

Harç tipi örtme karışımlar, varolan yol yüzeyi profilini takip eder ve böylece kaplamanın pürüzsüzlüğünü önemli derecede değiştirmemektedir. [12]

**Trafiğin zamanından önce açılmasından dolayı oluşan hasarlar**

Harç tipi örtme kaplama ya da mikro asfalt betonu, trafikten dolayı meydana gelen yıpranmayı önlemek için yeterli kohezyonu toplamalıdır. Erken taş dökülmesi

normaldir fakat %3 oranını aşmamalıdır. Eğer karışım trafiğe erken açılırsa, özellikle yüksek gerilme olan bölgelerde bozulma hızlanacaktır. [12]

**Ekipman gereksinimleri**

Harç tipi örtme kaplama ve mikro asfalt betonu ekipmanı arasındaki fark dağıtıcı kutularının kullanımıdır. Harç tipi kaplamanın dağıtıcı kutusu, bir sürgü kutusudur. Sürgü kutusu zincirler vasıtasıyla harç karma makinasının arkasından çekilir. Bu kutu delgiye sahip olabilir ya da olmayabilir fakat çabuk kurulan sistemler için delgi kullanılmalıdır. Harç tipi örtme kaplamanın çalışması ve dağılması kolay olmalıdır ve kutuda herhangi bir soruna sebep olmamalıdır. Mikro asfalt betonu dağıtıcı kutusu, harç tipi örtme kaplama dağıtıcı kutusundakine göre daha katı karışımları hareket ettirebilir, bu işlemi hızlıca yapar ve daha sonra karışım kırılmadan önce onu yayar. Bu işlemle uyum sağlanması için iki takımlı delgiler kullanılır ve kutunun arkasında kauçuk doku bulunur. Kauçuk doku, dirsekli iskele kullanılarak genişletilir. Dirsekli iskele yüzey için istenen yüzey dokusunu oluşturur. Ayrıca mikro asfalt betonu kutusu, harç karma makinasının arkasına sertçe takılarak önceden ayarlanmış kalınlıktaki malzemenin yerleştirilmesine izin vermektedir. [12]

### 4.4.6. Uygulanacak yerler

Harç tipi örtme kaplama, uygulamaların erimi için kullanılabilir fakat uygulanacak yerin seçimi kritiktir ve çukur onarma, çatlak kaplama ve kazarak inceleme gibi tekrar edilecek işlemler gerektirebilir. [12]

Harç tipi örtme kaplama malzemelerinin başlıca kullanımı bozulmalar görülmeden önceki periyodik yüzey programının parçası olan kaplama koruması içindir. Uygulanacak yerlerdeki başlıca kriterler aşağıda yer almaktadır. [12]

- Geçerli, uygun ve tükenmiş temeller, yüzeyler ve banketler
- Bozulmadan uzak, çukur ve çatlak içeriği. Bunlar harç tipi örtme uygulamasından önce onarılmalıdır. Çukurlar doldurulmalı ve harç tipi örtme kaplama işleminden birkaç hafta önce sıkılaştırılmalıdır. Çatlak doldurma, harç tipi örtme kaplama işleminden birkaç ay önce yapılmalıdır. [12]

Harç tipi örtme kaplama kullanılarak müdahale edilebilen bozulma biçimleri:

- Ayrışma: Gevşek yüzeyler ya da agrega kayıpları olan yüzeyler, mikro asfalt betonu ya da harç tipi örtme kaplama işlemi kullanılarak tekrar kaplanabilir.

- İnce çizgi şeklindeki çatlaklar ile oksitlenen kaplamalar: Bu yüzeyler mikro asfalt betonu ya da harç tipi örtme kaplama işlemi kullanılarak tekrar kaplanabilir.
- Tekerlek izi olan kaplamalar: Yüzey konsolidasyonu sonucunda oluşan deformasyon. Sıcak karışımın önemli plastik deformasyonunun temel hatasından kaynaklanan tekerlek izi sorunlarına, geçici ölçümler haricinde işlem yapılamaz.
- Pürüzlü kaplamalar: Bu bozukluklara mikro asfalt betonu işlemi ile müdahale edilebilir. [12]

Harç tipi örtme kaplama kullanılarak müdahale edilemeyen bozulma biçimleri:
- Çatlama
- Temel hataların herhangi bir çeşidi
- Sıcak karışım tabakaları(plastik makaslama deformasyonu gösterir.)

Harç tipi örtme kaplama bozulmaların nedenini ortadan kaldırmayacaktır. Sonuç olarak bozulmalar harç tipi örtme kaplama uygulamasına rağmen meydana gelmeye devam edecektir. [12]

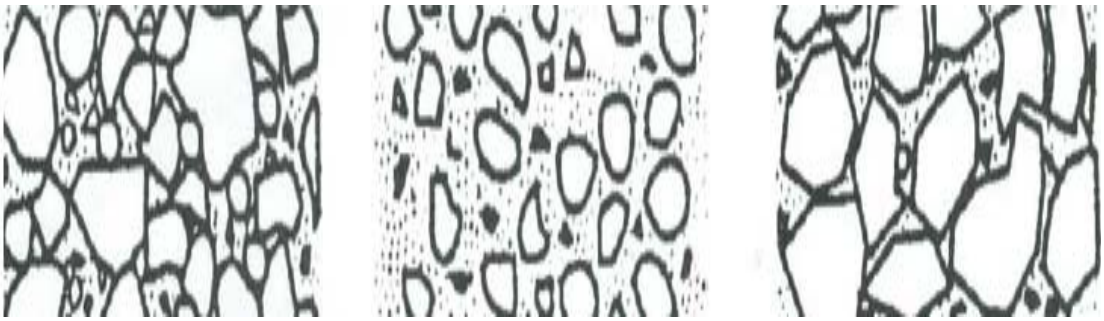
## 4.5. İnce Koruyucu Kaplama

### 4.5.1. Giriş

İnce kaplama, yapısal olmayan bir tabaka olup, koruyucu veya düzeltici bir muhafaza işlemi için uygulanır. Ülkemiz uygulamalarında, inceltici işlemlerin kalınlığı 37,5mm (1,5 inch)den azdır. Caltrans'ta ince kaplamalar 30mm kalınlığındadır. [2]

Geçmişte, Caltrans tarafından, tek başına veya baskıyı absorbe edici ince zar iç kaplama (samı) gibi diğer işlemlerin kombinasyonları ile birlikte, çoğunlukla üç koruyucu kaplama tipi kullanılmıştır. Bunlar aşağıdakileri içermektedir;
- Yoğun Gradasyonlu İnce Kaplama (Tip A ve B)
- Açık Gradasyonlu (Konvensiyonel Tip O ve O-Yüksek Madde)
- Kesikli Gradasyonlu Karışım (Tip G) [2]

Değişik karışımlar, agrega gradasyonu, bağlayıcı içeriği ve boşlukları baz alınarak tanımlanır. Şekil 4.24., genel olarak bu karışım tipleri için agrega yapısındaki farklılıkları örneklemektedir. [2]



A) YOĞUN DERECELİ B) KESIKLI C) AÇIK DERECELİ

**Şekil 4.24.** İnceltilmiş koruyucu kaplama karışımının tipleri [27]

### 4.5.2. Yoğun gradasyonlu ince kaplamalar

Yoğun gradasyonlu karışımlar, sistemde sürekli olarak büyükten küçüğe giden bir agrega yapısındadır. Bunlar sürekli silindirik sıcak karışım tertibatı veya dozaj tertibatında karıştırılır. Normalde bu karışımlarda AR-4000 veya 8000 asfaltlar (maden zifti) kullanılır; bununla beraber zift malzemesi, değişik iklim koşullarına ve umulan bozulmalara uyum sağlamak üzere modifiye edilebilir.

Yoğun gradasyonlu karışımlar için agrega dereceleri, standart spesifikasyonlarla sağlanmıştır. 25'den 37mm'ye kadar (1'den 1 ½ dahil) ince kaplamalar için agrega ebatları kaplamanın maksimum yarısıyla sınırlıdır. Bu nedenle, 19mm (0,75 dahil) genellikle kullanılmaz ve 12,5mm (0,5 dahil) orta(medyum) karışımlar genelde üst sınırdır. Tablo 4.4. gerekli duyulan agrega gereksinimlerini göstermektedir. [32]

**Tablo 4.4.** Asfalt betonu karışımlar için agrega gereksinimleri [32]

| Testler | California testi | Asfalt Betonu Çeşidi | |
|---|---|---|---|
| | | A | B |
| Kırılan Parçaların yüzdeleri: | 205 | | |
| İri taneli agrega | | 90% | 25% |
| İyi agrega (4.75 mm. Geçer, 2.36 mm. Tutulur.) | | 70% | 20% |
| Los Angeles | 211 | | |
| 100 Rev. | | 10% | |
| 500 Rev. | | 45% | 50% |
| Kum Eşdeğeri | 217 | | |
| Sözleşme uyumu | | 47% | 42% |
| İşletme mesafesi | | 50% | 45% |
| İnce tabakanın soyulması | 302 | | |
| $K_c$ faktör | 303 | 1,7 | 1,7 |
| $K_f$ faktör | 302 | 1,7 | 1,7 |

#### 4.5.2.1. Performans

Yoğun gradasyonlu karışımlar nispeten düşük hava boşlukları içerir ve aşınma resistansı olarak sızdırmazlık işlevi görür. Geçmişte, yoğun karışımlar, asfalt kaplamalarında ve portland çimentolu beton kaplamalarda genellikle kullanılan karışım olmuştur. [2]

#### Tehlikeler

Konvensiyonel yoğun gradasyonlu ince kaplamalar, kuvvetli tabakalar üzerine konmalıdır. Çünkü çok küçük yapısal gelişim göstermelerine karşın, fonksiyonel performans halinde (ör; sürüş kalitesi vb.) yüzeyi yenileyebilirler. Bunlar mevcut yol döşemelerindeki aşağıda belirtilen tehlikeleri hafifletmek için kullanılabilir:

- Ayrışma,
- Oksitleme,
- Minor çatlaklar,
- Minor yüzey düzensizlikleri,
- Kayma direnci,
- Su geçirmezlik kaplamaları [2]

**Başlıca bozulma biçimleri**

Yoğun gradasyonlu ince kaplamalar aşağıdaki tehlikeleri gösterebilir;
- Yoğun trafik ve yüksek ısıya bağlı olarak sürekli deformasyon ,
- Sürekli trafik doluluğundan yorulma çatlakları,
- Mevcut yol döşemesinden kaplamaya doğru yansıyan çatlaklardan dolayı yansıma kırıkları,
- Oksidasyon ve bağlayıcının sertleşmesi, su hasarı, düşük bağlayıcı içeriği, ve düşük kompaksiyon içeren faktörlerden kaynaklanan ayrışmalar,
- Bağlayıcı ve agrega bağdaşmazlığından kaynaklanan soyulma (su hasarı),
- Zayıf yoğunluk ve/veya döşeme kaplama uygulamasından dolayı tabakalara ayrılma. [2]

Bunlar sıklıkla, doğru bağlantı ve düzgün karışım dizaynı seçimine yönlendirilebilir. Yoğun gradasyonlu ince kaplamada başlıca hata modları tabakalara ayrılma, çözülme ve zayıf yoğunluktan dolayı kırılmalardır. İnce kaplamalar, düzgün yoğunluk için gerekli süreyi azaltarak kalın kaplamalardan daha hızlı soğurlar. Böylece, eğer ince bir kaplama hedeflenmiş hava boşluklarına yoğunlaştırılmamışsa, daha az tutunmaya ve sökülmeye yönelecek veya tabakalara ayrılacaktır. [2]

**Uygulanacak yerin seçimi**

İnce kaplamalar, sadece küçük hataların mevcut olduğu ve tüm yapılış gerekliliklerinin özellikle yoğunluğun karşılanabildiği sağlam yollarda kullanılmalıdır. Yol seçimini etkileyen değişkenler şöyledir;
- Trafik yoğunluğu,
- Mevcut asfalt koşulları,
- Çevre. [2]

**Dayanma süresi ve maliyetleri**

Yoğun gradasyonlu ince kaplamalar 2 ile 10 yıl arası dayanır gözükür ancak daha çok 4 ile 6 yıl arasında dayanır [26]. Kaplamaların süresi, yoldaki yaşanan trafik doluluğu, döşemenin kaplandığı çevre koşulları (iklim), ve döşemenin mevcut şartlarından direkt olarak etkilenir. Örneğin, kötü şartlarda yola konan ince kaplamanın, iyi şartlarda kaplanandan daha uzun ömürlü olması beklenemez. Aynı şekilde, daha yüklü trafik olan yola iyi şartlarda döşenen kaplamanın, aynı yola daha hafif trafik koşullarında döşenmesine göre daha uzun ömürlü olması beklenemez. [2]

Yoğun gradasyonlu ince kaplamaların maliyetini birçok faktör etkiler. Yoğun gradasyonlu ince tabakanın yerleştirilme maliyetinde payı olan birkaç ana faktör şöyledir;

- Malzemeler (bağlayıcı ve agrega modifiyeli ve modifiyesiz)
- Projenin konumu (ör: Kente karşı kırsal bölge, sıcak karıştırma işletmesine yakınlık vb.)
- Kaplamanın kalınlığı
- Özel yapım talepleri(standart kaplama veya gece çalışması sıkı kontrol edilmelidir) [2]

#### 4.5.2.2. Malzeme gereksinimleri

Yoğun gradasyonlu asfalt beton (DGAC) mutlaka inşaat boyunca bozulmaya mukavemet gösterecek uzun süre dayanıklılık sağlayacak malzemeden yapılmalı. Böylece, sıkıştırma esnasında, kırılmaya dayanıklı olması için agregalar (istif) yeterince sert olmalı ve suya karşı bağlantıları ayrılmaya dirençli olabilmesi için bağlantılar yeterince uyumlu olmalıdır. Diğer karakteristik özelliklerde tanecik şekli çok önemlidir. Basitçe bağlayıcı mutlaka gelişme etkisine direnç gösterecek uygun kalite de olmalıdır. (oksidasyon ve ortak sertleşme.) işlem oldukça yumuşak bağlayıcıyla veya oldukça kalın bağlayıcı film karışımı ile yapılmalıdır. Fakat kesinlikle sert (yeterli sertlik) ve karışımı çok kalın bağlayıcı film ile yapılırsa kalıcı deformasyon ortaya çıkar. Böylece, tutkal derecesi (AR 4000, AR 8000 vb. ) sık sık bu çekici koşullarda seçilir. Belirli zorunlu hallerde bağlayıcı değişimi karışımın direncini etkin kılmak için yapılır. [2]

#### 4.5.2.3. İnşaat

**Yapım**

Agrega ve bağlayıcı karıştırmada gerekli araçlar ve karıştırıcılar kullanılır. [32] Karışımdaki önemli faktörler bağlayıcının ve agreganın uygun depolanması ile agreganın uygun kurulukta olmasıdır. [2]

**Depolama**

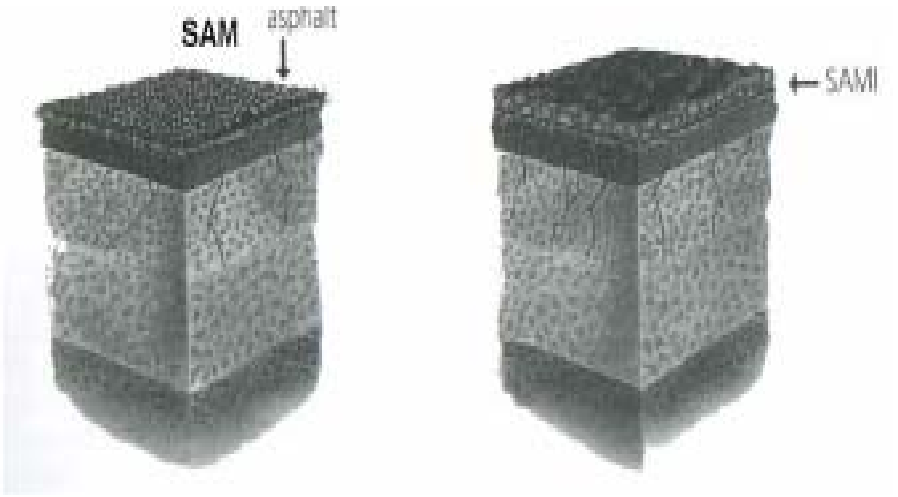
DGAC 18 saatten fazla olmamak kaydı ile silolarda depolanabilir. Malzeme sertleşmiş halde ise kullanılamaz. [32]

**Nakil**

Standart nakil ekipmanları (arkadan damperli araç, yada hareketli alt damperli araç) bazen yoğun gradasyonlu ince kaplamalarda kullanılabilir. [2]

**Yüzey hazırlama**

Yüzey hazırlama her kaplamanın performansı için kritiktir. Bu demektir ki ilk olarak üstyapının kusurları tamir edilmelidir. Çatlaklar kapatılmalı ve tüm delikler yamanmalıdır. Şekil 4.25. gerilim altındaki ince kaplama çeşitlerini göstermektedir. [2]

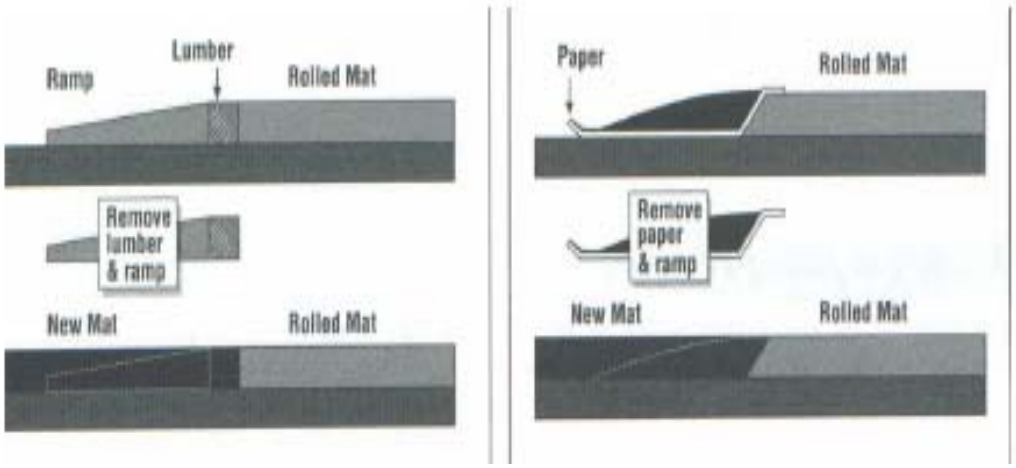



a) gerilimi emen membran yüzeyde b) gerlimi emen membran iç tabakası

**Şekil 4.25.** Tipik açık ve yoğun gradasyonlu ince kaplamalar [27]

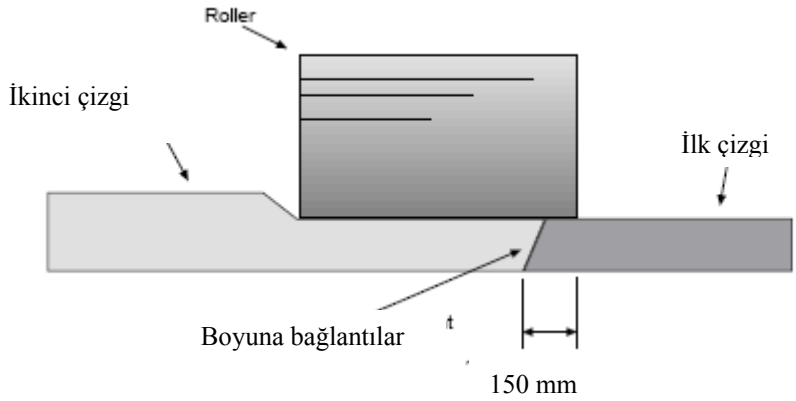
**Birleştirilme yöntemi**

Birleştirme yöntemi ,bir kaplama uygulamadan önce, varolan bir döşemenin üzerinde asfalt püskürtülmesinin bir uygulamasıdır. Birleştirme yöntemi eski ve yeni döşeme tabakaları arasındadır ve adezyonu düzenler [20]. Şekil 4.26. ve 4.27. te yatay ve boyuna bağlantı formasyonları görülmektedir.




a) kafa bağlantı b) konik bağlantı

**Şekil 4.26.** Yatay bağlantı formasyonu [27]




**Şekil 4.27.** Boyuna bağlantı formasyonu [21]

### 4.5.3. Açık gradasyonlu ince kaplamalar (poroz asfalt)

Geleneksel yoğun asfalt betonu ile karşılaştırldığında açık gradasyonlu bir yapı sağlayan kaplama yöntemidir. OGAC karışımı gözenekli olduğu için yüzey suların karışım boyunca akmasını ve yüzeyden çabuk bir şekilde drene olmasını sağlar. Açık gradasyonlu karışımların ana kazancı portland çimentolu beton kaplamalarda, yakın püskürtme ve serpmedeki kaydadeğer düşüşdür. Diğer kazançlar lastik sesindeki bir düşüş ve sürtünme karakteristiklerinin içinde DGAC karışımlarına yakın bir artışı içine alır. Tablo 4.5. gereksinim duyulan agrega özellikleri üzeinde bilgi vermektesir. [2]

**Tablo 4.5.** Gerekli agrega özellikleri [32]

| California Test Metodu | Açık Gradasyonlu Asfalt Betonu |
|---|---|
| CT 205 Kırılan Parçaların yüzdeleri<br>İri taneli agrega<br>İyi agrega | <br>%90<br>%90 |
| Los Angeles<br>100 devir kaybı<br>500 devir kaybı | <br>%10<br>%40 |
| İnce tabakanın soyulması | 40% |

#### 4.5.3.1. Performans

OGAC, karayolu yüzeyinde biriken suyu kolayca drene edebilecek şekilde dizayn edilir. [2]

**Sorunlar**

Konvensiyonel açık gradasyonlu ince kaplamalar sadece sağlam mevcut döşemelerin üzerine yerleştirilebilir, çünkü onlar yapısal mukavemetleri yoktur, fakat onlar işlevsel performans döşemelerinde yüzeyi yenileyebilir onlar varolan bir döşemedir ve oluşan sorunları azaltabilir. [2]

-kayma problemi

-sıçratma ve püskürtme

-ses problemi

-soyulma

-oksidasyon

-küçük yüzeylerde bozukluk

-yüzey yansıma problemi

-kusma olan yüzeyler

OGAC kaplamaları birbirini izleyen sorunları gösterir;

-yüksek sıcaklık ve yoğun trafiğe bağlı sürekli deformasyon

-yüksek alanlarda oluşan kusurlar

-tekrarlanan yol trafiğine bağlı kaplamanın çatlaması

-varolan kaplamada yansıyan çatlamalara bağlı oluşan çatlama

-tabakalar halinde serilmeden dolayı oluşan düşük kompaksiyon

-agrega ve bağlayıcı arasındaki uyuşmazlıktan oluşan soyulma [2, 23, 24]

#### 4.5.3.2. Uygulanacak yerin seçimi

**Açık gradasyonlu ince kaplamaların kullanıldığı yerler**

OGAC yararlarının önemli olduğu yerde AC kaplamanın yüzeysel tabakası için istenilen bir uygulamalıdır. Özellikle trafiğin yoğun olduğu ve yağış miktarının orta ve yüksek olduğu kesimlerde kullanılır. Şekil 4.28. açık garadsyonlu ile yoğun gradsyonlu kaplama arasındaki farkı açıkça göstermektedir. OGAC, özellikle aşağıdaki sorunlar için kullanılamalıdır:

Yoğun yağmurlu kesimler

Yağışlı havalarda oluşan kazaların bulunduğu kesimler

Kayma direnci

Yağışlı gece görüş netliği

Eğimli kesimler

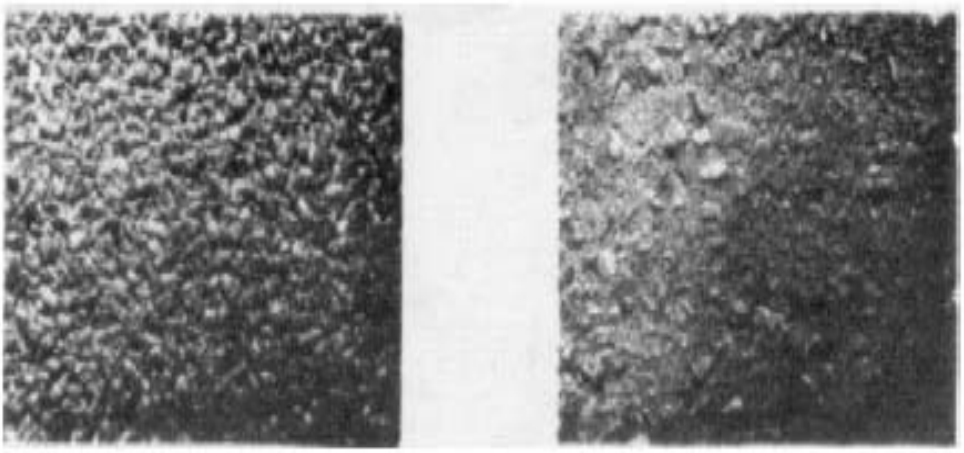
Gürültü

Yapısal yeterlilik

Oksidasyon azaltma

Sıçrama ve sızdırmayı azaltma

Çatlakları azaltma [2]



a) standart açık gradasyonlu b)standart yoğun gradasyonlu

**Şekil 4.28.** Tipik açık ve yoğun gradasyonlu ince kaplamalar [2]

**Açık gradasyonlu kaplamaların kullanılmaması gereken yerler**

OGAC şu hallerde kullanılmamalıdır:

- Güvenli olmayan kaplamalar
- Karlı ve buzlu alanlar
- Şiddetli dönüş hareketi olan alanlar
- Çamurlu alanlar
- Yakıt ve yağ dökülü alanlar
- Preslenen ve doldurulan alanlar [2]

### 4.5.3.3. Hizmet ömrü ve maliyet

OGAC kaplama kağıt üstünde 2-10 yıl gösterilmektedir, fakat uygulamada 4-6 yıl gözlemlenmektedir [26]. Kaplama ömrü varolan kaplamanın durumundan direkt olarak etkilenir, özellikle kaplamanın bulunduğu yerdeki hava şartları ve trafik yükü belirleyici etkilerdir. Örnek olarak kötü koşullarda yerleştirilen bir üstyapı ömrünün, iyi koşullarda yerleştirilen bir üstyapı ömrü kadar uzun olacağı beklenilemez. Benzer şekilde trafik yükü çok olan bir üstyapı ömrü, trafik yükü az olan bir üstyapı ömründen daha kısa olacaktır. [2]

Çok sayıda faktör, açık gradasyonlu ince kaplamanın maliyetini etkilemektedir. Bu faktörlerden birkaçı aşağıda yer almaktadır:

- Malzemeler (bağlayıcı ve agrega ile birlikte yada tamamlayıcılar olmadan)
- Projenin konumu
- Kaplamanın kalınlığı
- Özel inşaat gereksinimleri [2].

### 4.5.3.4. Açık gradasyonlu kaplamaların tanımlaması ve tasarımı

Yüksek bağlayıcı oranı olan açık karışımlarda sadece kauçuklu asfalt bağlayıcılar kullanılır ve bu karışımlardaki bağlayıcı içeriği %1 ile %12 arasında farklılık gösterir. [2]

#### 4.5.3.5. Yapım ve inşaat

Yapım ve inşaat metodları, yoğun gradasyonlu materyaller ile benzerdir. Metodlar aşağıdaki önemli maddeleri izlemelidir [26]:

**İmalat**

Tesis, kendine özgü değişiklikler göstermez. Bağlayıcı depoları çalkalanmalı, özellikle asfalt lastik bağlayıcıları kullanılıyorsa, depoya koyma veya doldurma zamanı ve sıcaklıkları için sınırlamaları gözlemlenmelidir. Bağlayıcı uygunluğu, doğruluğu garanti etmek için kütle akış sayacı gerektirmektedir. Düşük sıcaklıklarda, agreganın kaplanması yetersizlikle sonuçlanabilir. [2]

**Depolama**

Genellikle, açık gradasyonlu karışımı 2 saatten fazla depolanmamalıdır. Bu bağlayıcının süzülme potansiyeline bağlıdır. [2]

**Taşıma**

Standart taşıma ekipmanları kullanılabilir. Tente, karışımın ısı kaybının önlenmesine ve kabuk tutmasını engelleyebilir, özellikle gece ve soğuk hava çalışması değiştirilmiş karışım kullanılır. Bu, gece ve gündüz çalışması için 30 dakikadan daha uzun taşıma kritiktir. [2]

### 4.5.4. Kesikli gradasyon karışımlar

Bu karışım kesikli agrega gradsyonunu içerir. Tablo 4.6. kesikli agrega gradsyonunu göstermektedir [2].

**Tablo 4.6.** Kesikli agrega gradsyonu çeşidi [33]

19 mm. Max, iri

| Elek boyutları | Yüzdeler | | |
|---|---|---|---|
| | İstenilen gradasyon limitleri | İşlenen sıra | Kontrat uyumu |
| 25 mm | - | 100 | 100 |
| 19 mm | - | 95-100 | 90-100 |
| 12.5 mm | 83-87 | X±5 | X±7 |
| 9.5 mm | 65-70 | X±5 | X±7 |
| 4.75 mm | 33-37 | X±5 | X±7 |
| 2.36 mm | 18-22 | X±4 | X±5 |
| 600 µm | 8-,12 | X±4 | X±5 |
| 75 µm | - | 2-,7 | 0-8 |

12,5 mm max, medium

| Elek boyutları | Yüzdeler | | |
|---|---|---|---|
| | İstenilen gradasyon limitleri | İşlenen sıra | Kontrat uyumu |
| 25 mm | - | - | - |
| 19 mm | - | 100 | 100 |
| 12.5 mm | - | 95-100 | 90-100 |
| 9.5 mm | 83-87 | X±5 | X±7 |
| 4.75 mm | 33-37 | X±5 | X±7 |
| 2.36 mm | 18-22 | X±4 | X±5 |
| 600 µm | 8-,12 | X±4 | X±5 |
| 75 µm | - | 2-,7 | 0-8 |

#### 4.5.4.1. Bozulmalar/Koşullar

Kesikli kalın kaplamalar, sadece yapısal olarak sağlam kaaplamalar üzerine yerleştirilmelidir, çünkü onların yapısal bir fonksiyonu yoktur fakat fonksiyonel performans açısından yüzeyi yenilerler(ör: sürüş kalitesi). Bunlar, varolan kaplamada, aşağıda yeralan bozulmaları hafifletmek için kullanılır. [2]

- Sökülme

- Oksidasyon

- Yansıma çatlama

- Kabaran yüzeyler

- Kayma problemleri [2].

#### 4.5.4.2. Uygulanacak yerin seçimi

Kesikli gradasyon tipi karışımlar, yoğun gradasyonlu asfalt kaplamanın üzerindeki yüzey işlemi gibi ya da bazen portland çimento betonu kaplamalarda kullanılır. Yapısal olarak sağlam kaplamalara yerleştirilmelidir. Yeni inşaat ve rahabilitasyon projelerinde kullanılabilir. Bu karışımlar genellikle seyahat yollarında kullanılır ve bütün yol, yatağa çaprazlama (banket kenarının dışından banket kenarının dışına) yerleştirilmeli ki sürtünme özellikleri değişmesin ve uygun drenaj sağlansın. Uygun dizayn edilen ve inşa edilen G tipi karışımların az geçirgenlik ve iyi dayanıklılık gibi karakteristik özellikleri vardır(yüksek bağlayıcı içeriğine bağlı olarak). [2]
Kesikli gradasyon tipi karşımlar, sağlam olmayan, çatlama, tekerlek izi, sızdırma veya çöküntü gösteren kaplamalarda kullanılmamalıdır. Bu karışımların kullanımı kaplamanın bozulma boyutunu engellemez. [2]

#### 4.5.4.3. Hizmet ömrü ve maliyet

Kesikli gradasyon tipi karışımların maliyeti, OGAC'a benzemektedir [2].

#### 4.5.4.4. Tasarım

SSP 39-400M 'de gösterildiği gibi kesikli gradasyon tipi karışımların tasarımı, yoğun gradasyonlu karışımları ile benzerdir. [2]

- Agregalar sınıflandırılmalı ve kaliteli karışım için %7 den %9 a kadar kum ağırlığıyla asfalt bağlayıcı içermelidir. [2]

- Hava boşluğu içeriği, değişen bağlayıcı içeriğini trafik seviyesi ve iklimsel bölgelere göre seçmede kullanılır. [33]

- Laboratuvar karışımları 149 ile 163$^{o}$C arasında yapılır ve kompaksiyon 143 ile 149$^{o}$C arasında olur. [2]

#### 4.5.4.5. İnşaat

Kesikli gradasyon tipi karışımların yapım metodları, yoğun grdasyonlu materyelleri için olan metodlarla benzerdir. Önemli konular aşağıda yer almaktadır. [26]

**İmalat**

Tesis, kendine özgü değişiklikler göstermez. Bağlayıcı depoları çalkalanmalı, özellikle asfalt sızdırmazlık bağlayıcıları kullanılıyorsa, depoya koyma veya doldurma zamanı ve sıcaklıkları için sınırlamaları gözlemlenmelidir. Karışımın sıcaklığı, agreganın kaplanmasına izin verecek oranda olmalıdır. Yüksek sıcaklıklar duman fazlalığıyla sonuçlanırken düşük sıcaklıklar, agreganın elverişli bir şekilde kaplanmasına izin vermez.

**Depolama**

Genel olarak G tipi karışımlar, kaplama sızdırmazlık bağlayıcının sağlamlık sınırlamalarına bağlı olarak iki saatten daha uzun süre depolanmamalıdır. [2]

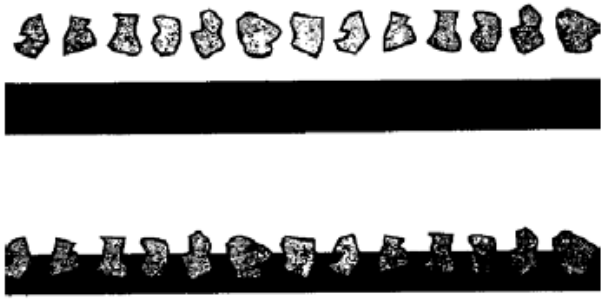
## 4.6. Sathi Kaplama

Sathi kaplama, bitümlü bağlayıcının uygulanmasından sonra agreganın uygulanmasını takip etmesidir. Agrega silindir ile bağlayıcı içine kaplanır .Çeşitli tabakalarda değişik bağlayıcı ve agrega tipleri kendine özgü bozulma tiplerine ve yol durumlarına göre kullanılabilir. [5]

### 4.6.1. Sathi kaplama tipleri

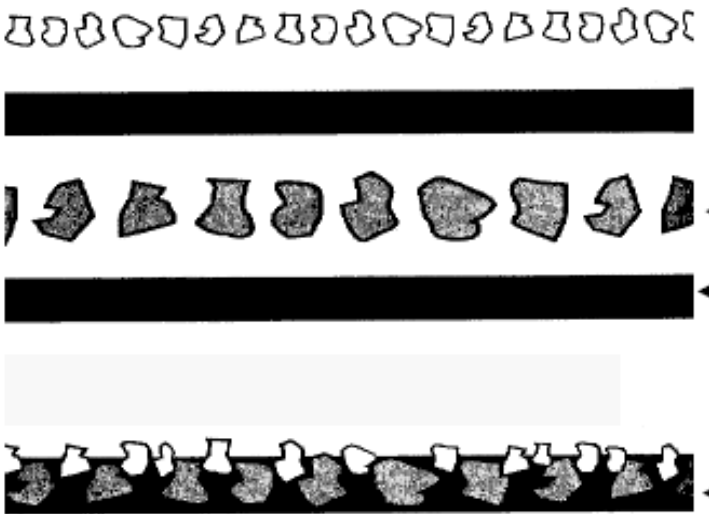
Birimler tarafından kullanılan çok çeşitli sathi kaplama tipleri bulunmaktadır. Bununla beraber geçerli olmayan ek işlemlerin açıklaması diğer metotların tanıtımı ile yapılır. Sathi kaplama işlem tiplerinin kapsamı ; [2]

- Tekli Sathi kaplama: Tekli Sathi kaplama agreganın bağlayıcıya kaplanmasıdır. Kaplamanın korunması işlemi gibi kullanılır. Şekil 4.29. de tekli sathi kaplama uygulaması görülmektedir. [2]

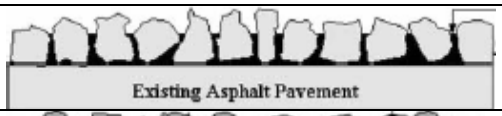
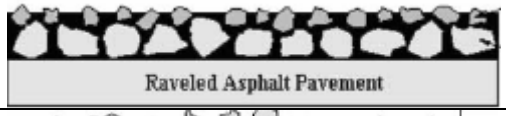


**Şekil 4.29.** Tekli Sathi kaplama [2]

- Çoklu Sathi kaplama: Çoklu Sathi kaplama agreganın ve bağlayıcının çoklu uygulamasının yukarı doğru tabaka oluşturmasıdır. Örnekteki gibi, çiftli sathi kaplama oluşumu döşenmiş çakıl üzerine bağlayıcının püskürtme uygulaması ve çakılın silindir ile gömülmesiyle tekrar bir başka kat çakıl bağlayıcı ile uygulanır (yaklaşık ana çakıl tabakasının ortalama yarı ölçüsündedir)tekrar silindir ile geçilir. Uygulamalar arasında temizlik yapılmalıdır. Bu işlem gerektiğinde tekrar edilir kaplamanın kenarına / seviyesine kadar devam eder. Çoklu sathi kaplama daha uzun sonlanan yüzey işlemlerinde ve daha sert kaplama olan yerlerde kullanılır ve gerekir . Şekil 4.30. çoklu sathi kapalama uygulamasını, 4.31. mevcut sathi kaplama çeşitlerini göstermektedir. [2]



**Şekil 4.30.** Çoklu Sathi kaplama [2]

| | |
|---|---|
| Tek kat sathi kaplama |  |
| Çift kat sathi kaplama |  |
| Yayılmış tek kat sathi kaplama uygulaması |  |
| Cape türü sathi kaplama |  |
| Tersine çevrilmiş sathi kaplama |  |
| Sandviç tipi sathi kaplama |  |
| Geotekstil ile güçlendirilmiş sathi kaplama |  |

**Şekil 4.31.** Mevcut Kaplama Üzerine Yapılan Sathi Kaplama Tipleri [14]

**- Mevcut kaplama üzerine yayılmış tek kat sathi kaplama uygulaması:** Bu tip sathi kaplama bir tek kat sathi kaplama uygulamasıdır. Tek farkı iri agregalar arasına nominal boyutu daha küçük olan agrega serilerek, bu agregaların araya sıkışması sonucu oluşur. [28]

**- Mevcut kaplama üzerine Cape türü sathi kaplama:** Bu tip kaplamlar ilk kez Güney Afrika'daki Cape Town'da uygulandığı için adını o bölgeden almıştır. Temel olarak çift kat sathi kaplama uygulamasıdır, ikinci katta kum örtme tabakası uygulanır. Bu tip sathi kaplamlar oldukça sağlamdır ve beton asfalt kaplamaya göre daha iyi kayma direnci sağlarlar. [16]

**-Mevcut kaplama üzerine tersine çevrilmiş sathi kaplama:** Bu tip sathi kaplamalar tersine çevrilmiş sathi kaplama olarak anılır, çünkü ilk kat serilen agreganın nominal boyutu ikinci kat serilen agreganın nominal boyutundan daha küçüktür. Bu tip sathi kaplamalar özellikle kusma görülen yüzeyleri onarmak için kullanılır. Avustralya'da kusma görülen yüzeylerin onarımında başarılı bir şekilde uygulanmaktadır. Ayrıca yüzey doksundaki bozuklukları düzeltmek için de bu tip kaplamalar kullanılmaktadır. [28]

**- Mevcut kaplama üzerine sandviç tipi sathi kaplama:** Bu tip sathi kaplamalar iki farklı nominal boyuta sahip agrega arasına bağlayıcı serilmesi şeklinde gerçekleştirildiği için sandviç tipi sathi kaplama olarak isimlendirilmiştir. Özellikle sökülmüş agregalara sahip yüzeylerin onarılmasında bu tip sathi kaplamlar kullanılmaktadır. [28]

**- Mevcut kaplama üzerine geotekstil ile güçlendirilmiş sathi kaplama:** Bu tip sathi kaplamalar ise oldukça okside olmuş veya termal çatlaklara sahip yüzeylerin üzerine yapılmış normal sathi kaplamanın performansını geliştirmek için geotekstil kullanılarak yapılır. Mevcut kaplama yüzeyi üzerine geotekstil yapıştırıldıktan sonra tek kat agrega serimi gerçekleştirilir. [28]

Bu tip kaplamaların uygulanmadan önce sathi kaplamalarda da yapılan agrega ve bağlayıcının belirli özelliklere sahip olması gerekir. Kullanılacak agregalar şartname boyut ve gradasyonunu sağlamalı, temiz, kübik şekilli veya açısal köşelere sahip olmalı, aşınma, donma-çözülme parçalanması ve cilalanmaya karşı dirençli olmalıdır. Agregalar volkanik, metamorfik, sedimanter kökenli veya yapay agregalar olabilir. Yapılan farklı çalışmalar hafif agregalarında sathi kaplama agregası olarak kullanılabileceğini göstermiştir. Özellikle bu tip agregalar cilalanmaya karşı oldukça dirençlidirler ve özellikle sathi kaplamalarda araçların fırlatması sonucu oluşan ön cam kırılmalarında azalama sağlarlar. Sathi kaplamalarda kullanılacak olan bağlayıcılar ise,

- Uygun oranlarda kullanıldığında kusma yapmamalı,
- Kaplama yüzeyini örtecek yeterlilikte akıcı, yeteri derecede viskoz olmalı ve yüzeyde gölcük şeklinde birikinti yapmamalıdır.
- Adezyonu hızlı bir şekilde geliştirmeli ve yol yüzeyindeki agregayı sıkı bir şekilde tutmalıdır. [28]

Genellikle bu tip kaplama yapımında asfalt çimentosu ve emülsiyon asfalt tipi bağlayıcılar kullanılmaktadır. İklim ve hava durumu bağlayıcı seçiminde en önemli rol oynar. Sathi kaplama yapımı sırasındaki ortam sıcaklığı kaplamanın kalitesi üzerindeki en önemli etkendir. Yüksek sıcaklıklarda sert asfaltlar tercih edilirken, özellikle ortam sıcaklığı düşük, nem oranı yüksek, kaplama yüzeyi veya agrega nemli olduğunda genellikle emülsiyonlar asfalt çimentolarına nazaran tercih edilir. [14]

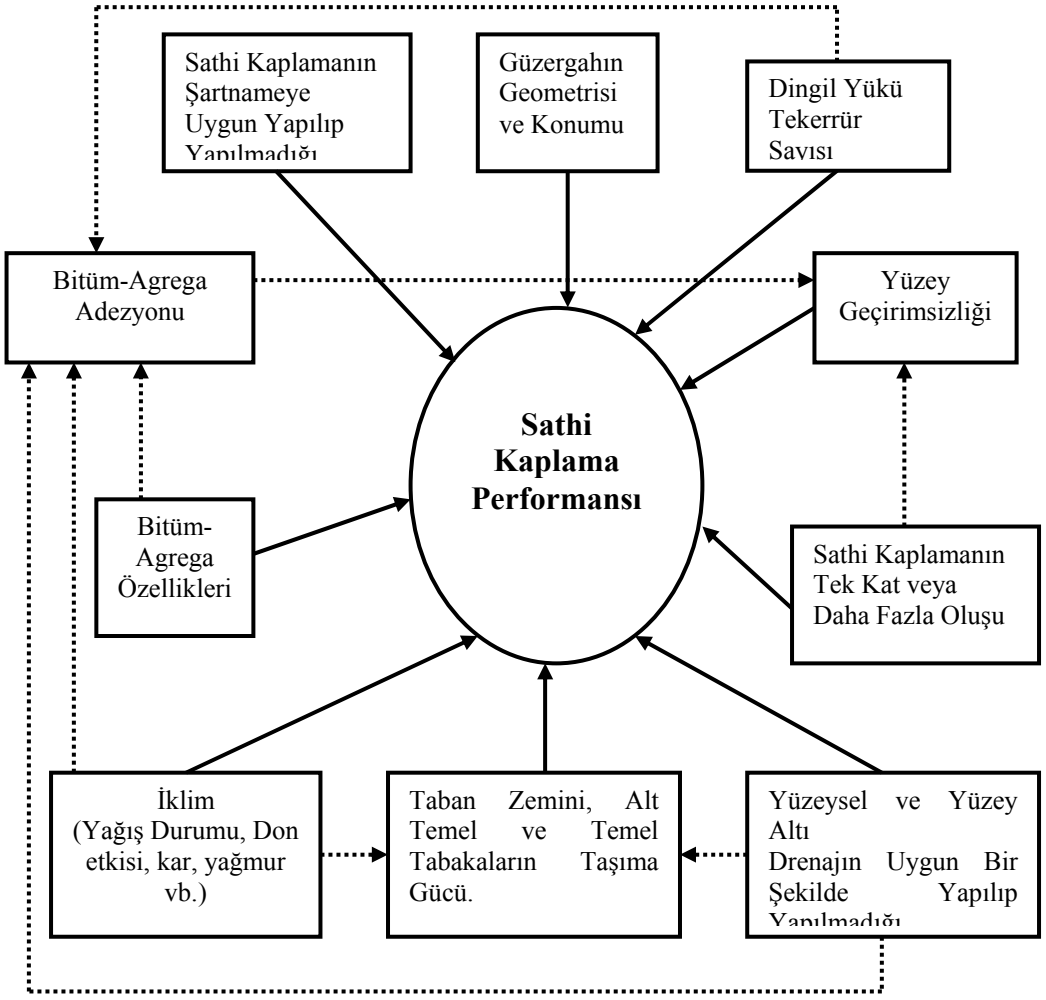
### 4.6.2. Sathi kaplamanın yararları

Asfalt döşemeye sathi(yüzeysel tabaka) kaplama yapılmasının ilk amacı; yüzeyi güneş ve suyun kötü etkilerinden korumaktır. Bir asfalt döşemesi güneşe, rüzgara ve suya maruz kaldığında; asfalt katılaşır ya da oksitlenir. Bu döşemenin daha hassas olmasına neden olur. Sonuç olarak; döşeme trafiğe ve ısı derecesi değişikliklerine maruz kaldığında eğilmeye ve esnemeye başladığı için çatlar. Bir yüzeysel tabaka kaplaması; sadece oksitlenme sürecini yavaşlatmayıp ayrıca döşemenin içine su geçirmemeye yardım eden su geçirmez ince tabakayı sağlar ve onun üstüne materyallerin girmesini önleyerek bu durumla mücadele eder. [5]

Sathi kaplamanın ikinci yararı; sağladığı yüzey sürtünmesindeki artıştır. Bu da örtü agregasının yüzeye etkilediği ek dokuyla elde edilir. Zamanla, trafik asfalt yüzey kaplamasından yararlanmaya başlar. Bu sökme durumuyla son bulur. Döşeme yüzeyine, yeterli materyaller kullanıldığı zaman, trafik geçiş agregasında daha çok yürütülür. Bu agregalar düzgün ve cilalı oldukça, geçit kaygan olacağı için hemen durdurmak zor olabilir. Bir sathi kaplama, döşeme dokusunu ve sürtünme özelliklerini artırır. [5]

### 4.6.3. Sathi kaplamaların performansını etkileyen parametreler

Sathi kaplama performansına etki eden faktörler literatürden bilinmesine karşın, parametrelerin büyüklüğü ile ilgili detaylı bilgi bulunmamaktadır. Özellikle ülkemiz yol kaplamalarının % 80'ine yakınının sathi kaplama olduğu göz önünde bulundurulursa bu kaplamaların performansına etki eden faktörler uygulama mühendisleri tarafından iyi bilinmelidir. Özellikle ülkemiz sathi kaplamaların performansına doğrudan veya dolaylı olarak etki ettiği düşünülen parametreler Şekil 4.32.'de özetlenmiştir. Sathi kaplama performansına etki eden bazı parametreler şu şekilde etki etmektedir [28]:




**Şekil 4.32.** Sathi Kaplama Performansına Doğrudan veya Dolaylı Olarak Etkidiği Düşünülen Parametreler [29]

### 4.6.4. Agrega özellikleri

Sathi kaplamalarda kullanılan agrega ve bitümlü bağlayıcıların şartname özelliklerini sağlaması gerekmektedir. Sathi kaplamalarda kullanılan agregaların aşınma, parçalanma, hava tesirlerine karşı dayanıklı, yassı malzeme miktarlarının şartnamede belirtilen değerler içerisinde olması gerekmektedir. Ayrıca sathi kaplama agregalarının oldukça iyi soyulma dayanımı ve yapışma özelliklerine sahip olmalıdır, aksi takdirde kaplama istenen geçirimsizlik özelliğini sağlayamayacak ve hızla bozulacaktır. Agregaların yapışma özellikleri malzemenin temiz olması, organik ve yumuşak malzeme içermemesine de bağlıdır. Agrega danelerinin iyi bir adezyon sağlayabilmesi için kırmataş ve kübik özellikli olmalıdır. [28]

Agreganın gradasyon değerleri de yollar fenni şartnamesinde belirtilen değerlere uygun olmalıdır. Bu değerler her bölgenin kendi iklimsel özelliklerine göre değişebilir. Ülkemizde uygulanan tek ve çift kat sathi kaplamalara ait dört farklı tip şartname gradasyonları sırasıyla Tablo 4.7. ve Tablo 4.8. ve Tablo 4.9.'de görülmektedir. [34]

**Tablo 4.7.** Tek Tabaka Sathi Kaplama Gradasyonları [34]

| **Elek Boyutu (mm)** | **% Geçen** | | | |
|---|---|---|---|---|
| | **Tip 1** | **Tip 2** | **Tip 3** | **Tip 4** |
| 25 (1˝) | 100 | | | |
| 19 (3/4˝) | 90-100 | 100 | | |
| 12,5 (1/2˝) | 0-35 | 90-100 | | |
| 9,5 (3/8˝) | 0-10 | 0-40 | 100 | 100 |
| 4,75 (No:4) | 0-5 | 0-5 | 75-100 | 85-100 |
| 2,00 (No:10) | | | 0-10 | 0-35 |
| 0,075 (No:200) | | | 0-2 | 0-5 |

**Tablo4.8.** Çift Kat Sathi Kaplama Gradasyonları [34]

| **Elek Boyu** | **% Geçen** | | | |
|---|---|---|---|---|
| | **Tip-1** | | **Tip-2** | |
| | **1. Tabaka** | **2. Tabaka** | **1.Tabaka** | **2. Tabaka** |
| 25 (1˝) | 100 | | | |
| 19 (3/4˝) | 90-100 | | 100 | |
| 12,5 (1/2˝) | 0-35 | 100 | 90-100 | |
| 9,5 (3/8˝) | 0-10 | 90-100 | 0-40 | 100 |
| 6,3 (1/4˝) | - | - | - | 90-100 |
| 4,75 (No:4) | 0-5 | 0-40 | 0-5 | 60-85 |
| 2,00 (No:10) | - | 0-10 | - | 0-25 |
| 0,075 (No:200) | - | 0-2 | - | 0-2 |

**Tablo 4.9.** Sathi Kaplama Agregaları için Özellikler ve Şartname Sınırları [28]

| **Agrega Özellikleri** | **Standart** | **Şartname Sınırı** |
|---|---|---|
| Los Angeles Aşınma Kaybı, en yüksek % | CEN EN 1097-2 (ASTM C-131) | 35 |
| Hava Tesirlerine Karşı Dayanıklılık (Donma Deneyi, $Na_2SO_4$ ile) kayıp en yüksek % | CEN EN 1367-1 | 12 |
| Kırılmışlık, ağırlıkça en az %<br>-Tip 1, Tip 2 için 4,75 mm elek üzerinin en az iki yüzü<br>-Tip 3, Tip 4 2,00 mm elek üzerinin en az iki yüzü | -<br><br>- | 60<br><br>60 |
| Soyulma Dayanımı en az % | KGM 2004 | 50 |
| Vialit Yöntemi ile Yapışma Deneyi | KGM 2004 | 12 |
| Yassılık İndeksi Deneyi, en yüksek % | CEN EN 933-3 | 30 |
| Cilalanma Değeri, en az | BS 812 | 0,50 |

### 4.6.5. Bağlayıcı malzemeler ve özellikleri

Bitümlü bağlayıcı agregaları satıha yapıştıran malzeme olarak görev yapar. İyi bir sathi kaplama yapmak ancak uygun ve yerinde bitümlü malzeme seçimi ile mümkün olur. Bağlayıcılar genellikle katran, katbek veya penetrasyonlu asfalt çimentosu ve bitümlü emülsiyonlardan ibaret olup püskürtülebilmeleri için uygun akıcılığa kadar ısıtılmaları gerekir. Sathi kaplamalar için her bölgenin iklim şartlarına uygun bitümlü bağlayıcı seçilmesi gerekmektedir. Bağlayıcı malzeme seçilirken [28]:

- Bitümlü kaplama yapılacak kentin iklim şartları,
- Tatbik edileceği andaki hava koşulları,
- Rutubet ve rüzgâr durumu,
- Tatbik edilecek yüzeyin durumu,
- Tatbik edilecek agreganın tipi, cinsi ve durumu,
- Makine parkı

gibi hususlar göz önünde bulundurulmalıdır [36]. Genellikle sıcak hava koşulları için: AC 120–150, AC 150–200 asfalt çimentoları veya RT 9 yol katranı veya RC–4,

RC–5 ve MC–5 katbek asfaltları soğuk hava koşulları için; RS–1, RS–2 asfalt emülsiyonları kullanılır. Kullanılacak miktar 0,75-1,75 lt/$m^2$'dir.

Asfalt çimentosu kullanılmasının sakıncası ısıtmak ve sıcak uygulamak zorunluluğudur. Buna karşılık asfalt çimentosu kullanılması halinde üste serilecek agrega tabakasını daha iri daneli malzemeden oluşturmak mümkündür.

Astar tabakasında RT-1, RT-2 yol katranları, SC-0, SC-1, MC-0 veya MC-1 katbek asfaltları, SS-1 asfalt emülsiyonları kullanılır. Kullanılacak miktar 1,00-2,50 lt/$m^2$'dir [15]. Tablo 4.10.'da sathi kaplama yapımında kullanılan asfalt tipleri görülmektedir.

**Tablo 4.10.** Sathi Kaplama Yapımında Kullanılan Bağlayıcı Tipleri [34]

| | **Asfalt Çimentoları** | | **Emülsiyon ve Katbek Asfaltlar** | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | **Asfalt Emülsiyonları (Anyonik)** | | | | | | **Asfalt Emülsiyonları (Katyonik)** | | | | **Orta Hızda Kür Olan** | | | **Yavaş Hızda Kür Olan** | |
| Uygulama Sıcaklığı | 130+ | 130+ | 20-60 | 50-85 | 20-70 | 20-70 | 20-70 | 20-70 | 50-85 | 50-85 | 20-70 | 20-70 | 25-50 | 50-80 | 50-80 | 45-80 | 20-70 |
| Yapım Tipleri | AC-200 AC-300 | AC -20 AC-150 | RS-1 | RS-2 | MS-1 | HFMS-1 | SS-1 | SS-1h | CRS-1 | CRS-2 | CSS-1 | CSS-1h | MC-30 | MC-70 | MC-250 | SC-70 | SC-250 |
| Sathi Kaplamalar | X | X | X | X | X | X | | | X | X | | | | | | | |
| Astar | | | | | | | X | X | | | X | X | X | X | X | | |
| Toz Engellenmsi | | | | | | | X | X | | | X | X | X | X | X | X | X |
| Yapıştırma Tabakası | | | | | | | X | X | | | X | X | | | | | |
| Karartma Örtüsü | | | | | | | X | X | | | X | X | | | | | |
| Kum Örtme Tabakası | | | X | | X | X | | | X | | | | | | | | |
| Akıcı Harç Tipi Örtü | | | | | | | X | X | | | | | | | | | |

### 4.6.6. Sathi kaplama yapısında kullanılan donanım

Genellikle bir sathi kaplamada kullanılan sayısız çeşitli donanım vardır. Donanım listesi aşağıdaki gibidir:

- Güç Süpürgeleri
- Asfalt dağıtıcısı
- Mıcır Serici
- Pnömatik Lastikli Silindiri
- Kamyon Nakli
- Yükleyici Sonlandıran Ön Taraf
- Asfalt Tankeri
- Çeşitli El Araçları [5]

**Süpürgeler**

Yüzeysel tabaka kaplamada kullanılan iki çeşit süpürge vardır.Yüzeysel tabaka kaplamalar şehir alanlarında hızlanan silicileri kullanırken bu yapılar kırsal alanlarda önden monte edilmiş döner silicileri kullanır. Süpürgeler; yüzeysel tabaka kaplamasından önce döşeme yüzeylerinde oluşan döküntüleri ya da pisliği temizlemesinden önce kullanılır. Bu, asfalt bağlayıcıyı yapıştırmak için temiz bir yüzey sağlar. Yüzeysel tabaka kaplama yapılınca, bağlayıcının içine gömülmemiş fazla agregaları gidermek için kullanılan süpürgeler şekil 4.33. de gösterilmiştir. [5]



**Şekil 4.33.** Süpürge [5]

**Asfalt distribütörü**

Yüzeysel tabaka kaplamadaki anahtar parça donanımlarından biri şekildeki asfalt distribütörüdür. Doğru derinlikteki ve genişlikteki asfalt bağlayıcının aynı katmana uygulanması gerekir. Şekil 4.34.' de asfalt distribütörü görülmektedir. [5]




**Şekil 4.34.** Asfalt distribütörü [5]

**Agrega serici**

Donanımın diğer önemli parçası da mıcır serici şekilde gösterilmektedir. Agrega katmanının bütün geniş yüzeysel tabakaya olmasa bile, aynı tarzda uygulanmalıdır. Kısaca, düzgünce ve iyi bir çalışma düzeyinde yapılmalıdır. Şekil 4.35'de mıcır serici görülmektedir. [5]



**Şekil 4.35.** Agrega serici [5]

**Pnömatik lastik silindiri**

Belki de en çok gözden kaçırılmış donanım parçası pnömatik lastik silindiridir. İlkel işlemleri; sfalt bağlayıcıya agregaları bastırmaktır. Dönmeyi hızlıca tamamlamak için yeterli silindirlere sahip olmak önemlidir. [5]

**Roleytanklar**

Gerekli olan bitümlü malzemenin ana depolardan veya seyyar yer tanklarından distribütörlere kadar taşınmasına, istenilen dereceye kadar ısıtılmasına ve bazı katkı maddelerinin distribütörden önce üniform şekilde karıştırılmasına yarayan makinelerdir. Bunların çeşitli model ve büyüklükte olanları mevcuttur. [5]

**Silindirler**

Agrega taneciklerinin sıkıştırılması sathi kaplama çalışmasının önemli bir bölümüdür. Silindirlemenin amacı, agreganın bağlayıcı ile olan bağlantısının iyi bir şekilde olmasını sağlamak ve agrega serilmesi sırasında oluşan düzensizlikleri düzeltmektir. Böylelikle trafiğin bozucu etkisi azaltılır. Bunun için silindirin bir veya iki kez geçmesi yeterlidir. Geçiş sayısının arttırılması ufak ve yumuşak agrega danelerinin kırılmasına dolayısı ile segragasyona yol açar. Bu yüzden sathi kaplama uygulamalarında 415-620 kpa'lık tekerlek basınçlarına sahip lastik tekerlekli silindirler önerilmektedir. Lastik tekerlekli silindirlerin temini mümkün değilse 8 ton'dan fazla olmayan çelik bandajlı silindirler kullanılmalı ve silindirleme çok dikkatli yapılmalıdır. [5]

### 4.6.7. Uygulama aşaması

Bir sathi kaplama uygulanacak yerin seçimi kaplamaya ve mevcut bozulmaların çeşidine bağlıdır. Ana kriter sathi kaplamaların çeşitli tipleri olmasıdır , bunlar ;

1) Standart sathi kaplama: minimal çatlaklar mevcut olan kaplamalarda kullanılır.
2) Polymer modifiye emulsiyon sathi kaplama: doğru soyulmalarda ve kaplama oksitlenmesinde kullanılır.
3) Kauçuk katkılı sathi kaplama : Çatlaklarda ve aşınmış yüzeylerde restore etmek için çabuk çözümdür .
4) Çatlak , düzlük ve temel hatalar gibi bozulmalar: Sıradan ve sıcak sathi kaplama uygulamalarında yapılmaz .

5) Deformasyon , tekerlek izi ve sürme : Herhangi bir sathi kapalama ile yapılamaz. [2]

Sathi kaplamanın kapsadığı ana avantajlar :

1) Uygun maliyet işlemi : Doğru tipteki kaplamayı uygun yerleştirirken uygun maliyeti sağlar .

2) Sağlamlık : Sathi kaplama kullanımı uygun ve uzun ömürlüdür.

3) Yapım kolaylığı : Sathi kaplamaların yapımı halkın kullanımını engelleyen diğer işlemlerden daha hızlıdır. [2]

Sathi kaplamanın kapsadığı ana dezavantajlar:

1)Çözüm süresi : Polimer katkılı emisyon kaplamalar birkaç saat sürebilir (hava şartlarına bağlı ) sınırlanmış trafiği tolere edebilir.

2)Uçucu sathi kaplamalar : Araç hasarı rüzgardan taşların savrulmaması için uçan sathi kaplamalar temizlenmeli .

3) Gürültü Koşulları : Sathi kaplamalar sürüş esnasında gürültülü olabilir.

4)Hava Koşulları : Soğuk uygulamalı sathi kaplamalar sıcakta, kuru havada ve sadece gündüz uygulanmalıdır .Sıcak uygulanan sathi kaplamalar uygun serin şartlarda ve akşam inşaa edilmelidir.

5)Performans : Sathi kaplamalar sert yüzeyler yaratır ve park alanı olarak kullanılmaz. Sathi kaplamalar sürüş kalitesini artırmaz . [2]

Sathi kaplamaların kapsadığı diğer sınırlamalar:

1)PME Kaplama : Bunlar normal olarak kavşak ve zorlayıcı alanlar / bölümler için uygun değildir. [2]

### 4.6.8. Yapım

**Yapım aşamaları**

Yapım evreleri şu şelikde oluşur :

1)Proje hazırlığı

2)Yüzey kaplama hazırlığı

3)Bağlayıcı uygulaması

4)Agreganın yayılması

5)Silindirleme

6)Süpürme [2].

İnşaat işlemi aşağidaki bölümlerde açıklanmaktadir .

**Hazırlık**

Yüzeyin hazırlanması chip seal in kritik bir aşamasıdır. Şekil 4.42. den Şekil 4.45. ya kadar sathi kaplama uygulaması görülmektedir. Kaplama alanlarındaki yapısal hatalar hatalı alanın kaplanması ve yamanması hareketi ile belirlenmektedir. Sathi kaplamanın uygulanması yamalanması için öncelikle soğuk karışım kullanılır.Sonunda hazırlanan yüzey temiz , kuru ve serbest olmalıdır. Bağlayıcı uygulama öncesinde engelleyici malzeme olmamalıdır. Sathi kaplama proje hazırlığının kapsamı içinde [2] ;

Yüzeyin dövülmesi ( eğer engelleyici malzeme veya akışkan bir durum varsa kaldırılmalıdır).

1)Çatlak ve yarıklar sathi kaplama tarafından doldurulmaktadır.

2)Bozuk alanı yamamak veya kazılması istenir.

3)Kaplama yüzeyi üzerindeki engelleyici malzemeyi süpürme , sökülmüş alan gibi.

4)Kaplama işaretlerini ve delineatorları kaldırmak / taşımak . [2]

Eğer yamanan bölge kaplamaın kalan bölümünden daha tozluysa , öncelikle (tack coat )kaplaması istenir. Bilinen karanlık yerlerki nadiren güneş alanlar (köprü altları) kayaların zararını önlemek için (tack coat ) a ihtiyacı vardır. [2]



**Şekil4.36** Bağlayıcı uygulaması [2]



**Şekil 4.37** Agreganın yayılması [2]




**Şekil 4.38** Silindirleme [2]



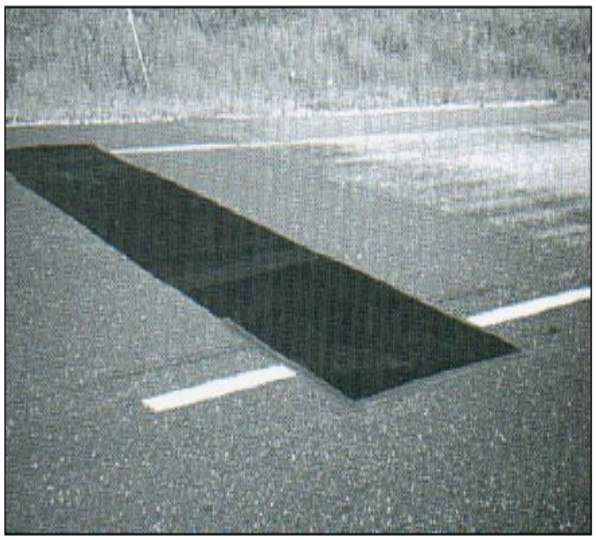
**Şekil 4.39** Süpürme [2]

**Ek yerleri**

Sathi kaplama uygulaması keçe kağıdı veya benzeri üstüne başlanmalı ve bitirilmelidir. Ek yeri geçişleri keskin ve temiz olarak sağlanmalıdır. Boyuna olan ekler üst üste yapılmalıdır.Bu süreçte ıslak zemin 75 den 100 mm arasındadır. [2]

**Püskürtme**

Sprey dağıtıcısı sathi kaplama prosedüründe en önemli ekipmandır. Bunun fonksiyonu yüzey üzerindeki tasarım değerinde kullanılan bağlayıcıyla birleşiktir. Tipik olarak sprey dağıtıcısı (boot trucks) şekil 5.46. ve 5.47. de gösterilen kamyon ağzındadır. [2]



**Şekil 4.40** Enine bağlantılar [2]



**Şekil 4.41** Dağıtıcı [2]

**Yük kamyonu**

Yük kamyonları bağlayıcıyı ve agregayı sürekli tedarik etmekle yükümlüdürler. [2]

**Silindirleme**

Silindirin fonksiyonu bağlayıcının içine agregayı gömmektir. Sıcak havalarda çakılın gömülmesi daha kolaydır. Çakılı kırabileceği için çelik silindirler tavsiye edilmez. silindirlenen sathi kaplamada önemli değişiklikler aşağıda yer almaktadır. [2]

1)Kontakt basıncı

2)Pattern ve geçiş sayısı

3)Hız

4)Lastiklerin yüzey pürüsüzlüğü

5)Uygun silindir numarası [2]

**Süpürme**

Süpürme önceden gereklidir, sonra yada sathi kaplama operasyonu esnasında. Sathi kaplama uygulamadan önce kaplamanın süpürülmüş, temiz ve tozdan ve yıkıntılardan arınmış olmalıdr. Gömülü çakılı yerinden çıkarmamak için süpürge aşınmış olmamalıdır. [2]

# 5. KORUYUCU BAKIMIN OPTİMUM ZAMANLAMASI VE MALİYET ETKİNLİĞİ

## 5.1. Bakım Yöntemlerinin Optimum Zamanlaması

Seçilen yöntemin yerleştirme zamanına karar verme, etkili bir koruyucu bakım programının diğer bir kritik unsurudur. Bazı idareler, kaplama durumunu, ölçme ve araştırma sonucuna dayanarak yöntemler geliştirmişlerdir. Birçok araştırma uygulanacak yönteme karar vermek için önemli bilgiler sağlamaktadır. Bir araştırma şartının kullanımı, bozulmayan denemeyi birleştirmeye, böylece bir ağ içindeki kaplamaların hangi yönteme ihtiyaç duyduğunu ve ne zaman bu yöntemin uygulanması gerektiğine karar vermeyi sağlar. Şekil 5.2, özel projeler için bir yöntemin zamanlamasına karar vermek için idarenin kabul ettiği karar yöntemi çeşidine bir örnektir[7]. 1-100 skala, kaplama araştırma şartlarının verilerini kullanma , eşik limitleri ise ne zaman bir yöntem çeşidinin yerleştirilmesi gerektiğini tanımlamak için geliştirilebilir. Tabi ki koruyucu bakım kavramının amacı, mümkün olduğunca kaplama ömrünü uzatmak ve koşulları korumak için kaplama ömrü içinde ekonomik bir yöntemi erkenden yerleştirmektir. [6]

Şekil 5.1.'den Şekil 5.3.'e kadar gösterilen bir diğer yaklaşım ise yıllık maliyet yaklaşımını kullanmadır. Şekil 5.3. göstermektedir ki bakım ne kadar gecikirse, kaplama onarımının maliyeti de o kadar yüksek olacaktır. Alternatif olarak eğer kaplamaya erkenden bakım yapılırsa, gereksiz yere harcama yapılmış olur. Vakitsiz bakımın yıllık maliyeti Şekil 5.1'de gösterilmiştir. Uygulanan çeşitli bakım yöntemlerin optimum zamanları aşağıda yer almaktadır. [6]

Karartma Tabakası: 1-3 yıl

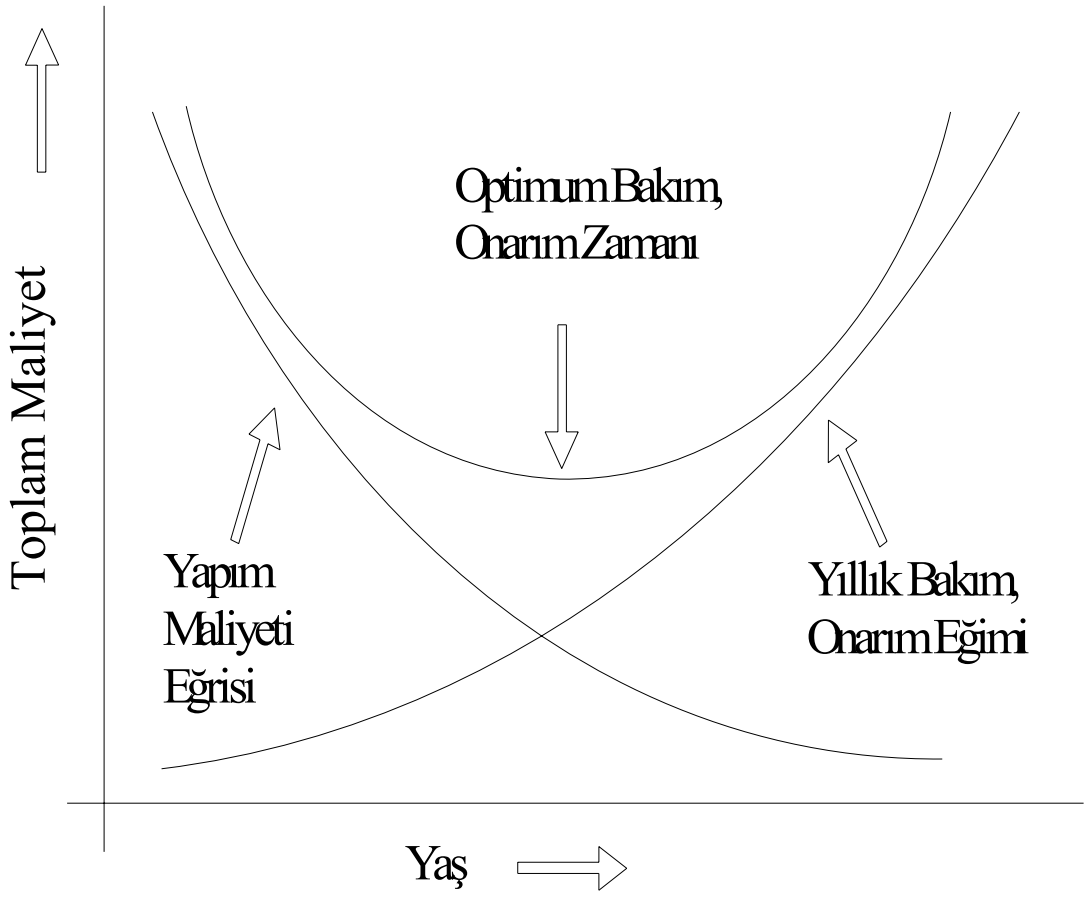
Çatlak Bakımı: 2-4 yıl

Sathi Kaplamalar: 5-7 yıl

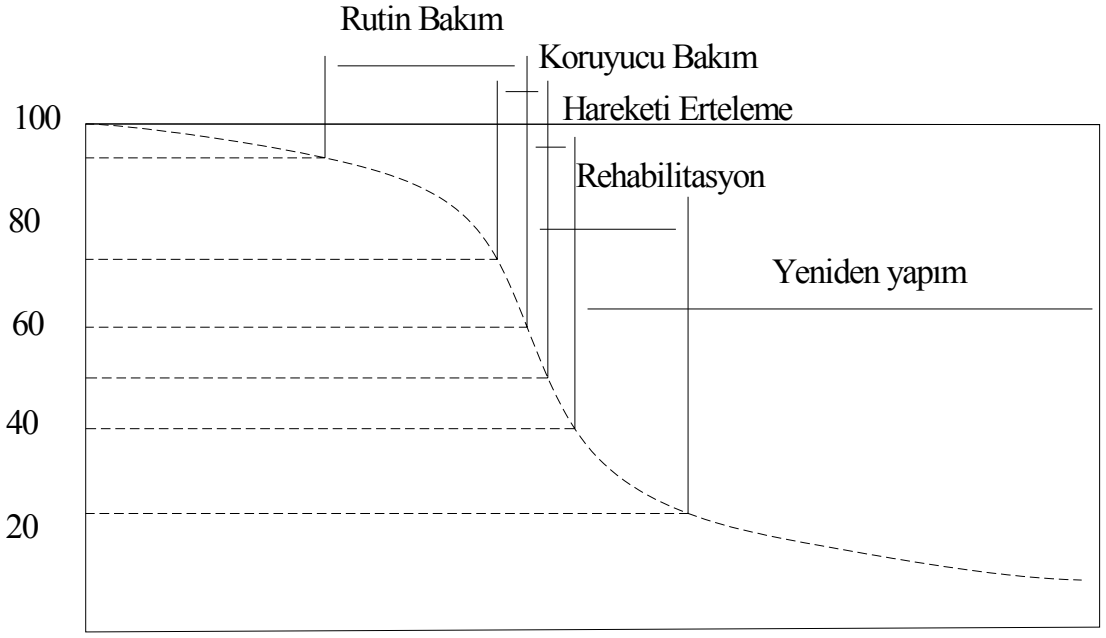
Harç Tipi Örtme Kaplama: 5-7 yıl

İnce Örtücü Tabaka: 5-10 yıl

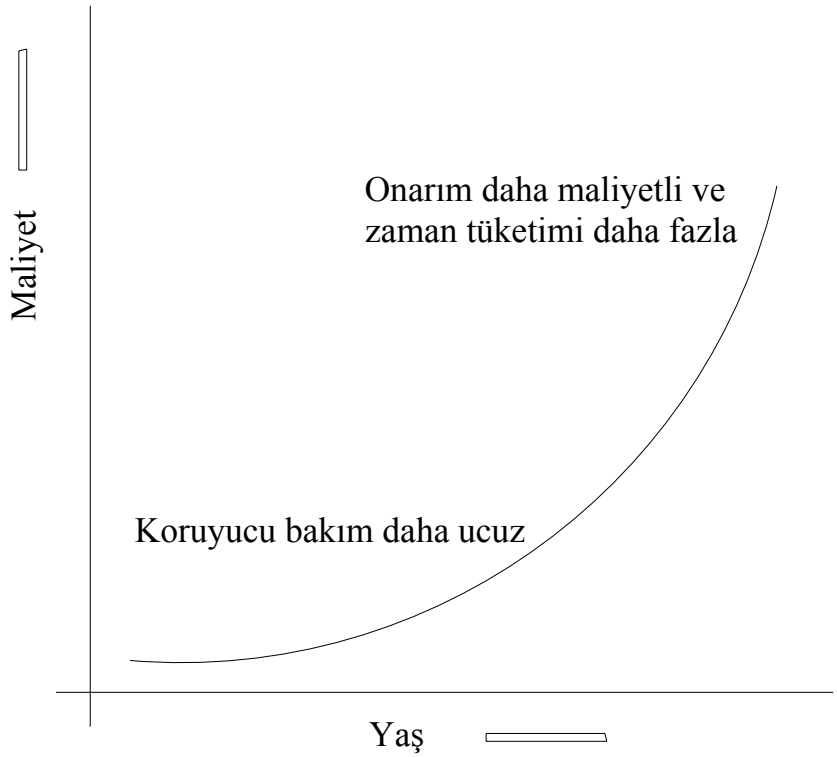
Değişik yöntemlerin gerçek zamanlaması trafik seviyesine(hacmine) ve çevreye bağlı olarak değişiklik gösterebilir. [6]




**Şekil 5.1** Toplam maliyetin süre ile ilişkisi [8]




Şekil 6.2. Çeşitli bakım ve onarımın zamanlama ile ilşkisi [6]




**Şekil 5.3** Bakım veya onarımın yaşlanma fonksiyonuna göre maliyeti [8]

## 5.2. En Uygun Maliyetli İyileştirme Yöntemine Karar Vermenin Analizi

Değişik koruyucu bakım yöntemleri için beklenen ömür değerleri ve tipik birim maliyetleri Tablo 6.1'de gösterilmiştir. Çalışmanın çok sayıda olan başlıkları, bir fiyat başlığı altında gruplanırsa, teklif sonuçlarından maliyeti analiz etmek zor olabilir. Diğer taraftan düşünülen her yöntemin maliyet etkinliğine karar vermek için bu maliyet verileri kullanılabilir. En uygun maliyete sahip koruyucu bakım yöntemine karar vermek için bir üstyapı oluşturulabilir. [6]

**Tablo 5.1** Koruyucu bakım yöntemlerinin umulan ömür süreleri ve birim maliyetleri [6]

| Yöntemler | maliyet/m2 | maliyet/yd2 | Umulan ömür süresi (yıl) | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | min | ort | max |
| Çatlak İyileştirme (a) | $0,60 | $0,50 | 2 | 3 | 5 |
| Karartma tabakası (b) | $0,54 | $0,45 | 2 | 3 | 4 |
| Slurry seal(c) | $1,08 | $0,90 | 3 | 5 | 7 |
| Mikro asfalt betonu (d) | $1,50 | $1,25 | 3 | 7 | 9 |
| Sathi kaplama(e) | $1,02 | $0,85 | 3 | 5 | 7 |
| İnce sıcak karışımlar (f) | $2,09 | $1,75 | 2 | 7 | 12 |

### 5.2.1. Uygun maliyeti değerlendirme teknikleri

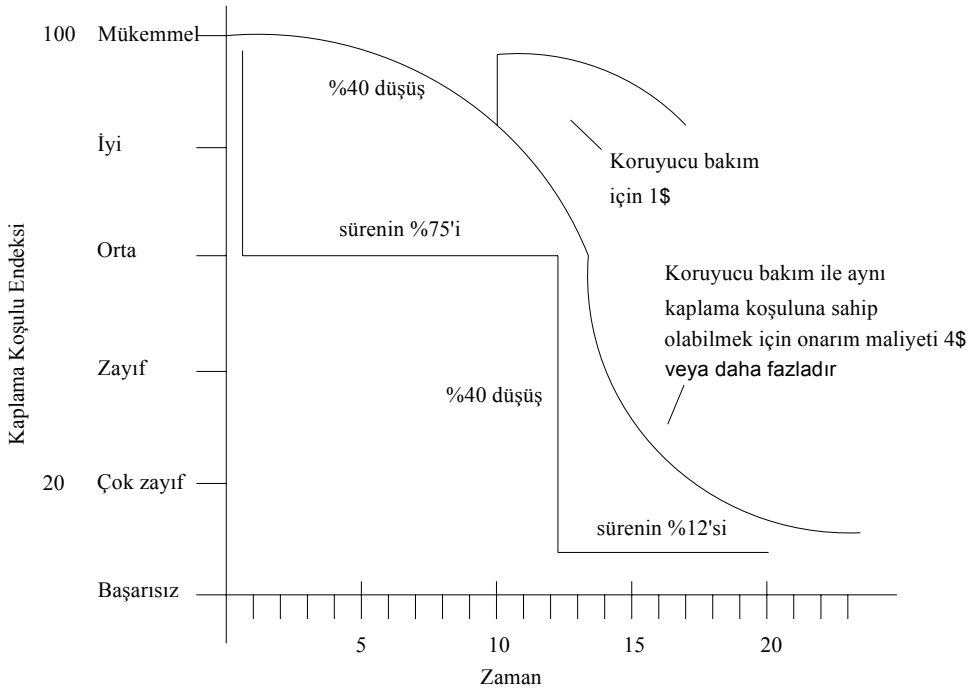
Uygun maliyete karar vermek için çok sayıda yaklaşım oluşur ve bazısının anlaşılması zor olabilir. Eşdeğer yıllık maliyet(EAC) metodu aşağıdaki gibidir. [31]

EAC'nin hesaplanmasına örnek olarak, karartma tabakası değerleri kullanılırsa, birim maliyet = $\$0.45/yd^2$ beklenen ömür olan 3.5 yıla bölünürse sonuç $0.13 olacaktır. [6]

### 5.2.2. Uygun yöntem seçeneklerinin karşılaştırılması ve analiz edilmesi

Tanımlanan birçok yöntemin uygun olması mümkündür. Farklı yöntemlerin karşılaştırılmasında, deplasman maliyeti, yöntemin ömrü ve kaplamanın ömrünü uzatıp uzatmadığı gibi kriterler göz önünde bulundurulur. Yöntem seçeneklerini karşılaştırırken ve analiz ederken dikkat edilen diğer faktörler de; maliyet etkinliği, trafik seviyesi ve inşaat kısıtlamalarıdır, ayrıca hava şartları, iyileştirme zamanı ya da yerel sorunlar gibi işleme özel faktörler de vardır. En çok istenen işlem, en önemli faydayı sağlayabilmesinin yanısıra(kaplama ömrünün uzaması hatta işlem ömrünün uzamasıda olabilir). [2]

Yeniden inşa ve bakım maliyetleri kaplama yaşıyla orantılı olarak artmaktadır. Bunun yanısıra eğer bakım ve onarımın uygulamaları ne kadar erken olursa maliyetler de o kadar erken olmaktadır. Maksimum maliyet etkinliğini sağlamak için, bakım yönteminin optimum bir uygulama zamanı vardır. Yöntem uygulamalarının zamanlaması ve maliyet etkinliği arasındaki ilişki Şekil 5.4 ’te gösterilmektedir. [2]




**Şekil 5.4** Kaplama koşullarının zaman fonksiyonu ile çeşitlendirilmesi [6]

## 5.3. Maliyet Etkinliği

İlk değerlendirme için kolaylaştırılmış bir yaklaşım kullanılabilir. Bu kolaylaştırılmış yaklaşım, maliyetler ve gerçek fiyat teklifi dalgalanmalarında kullanışlıdır. Bunun için Eşdeğer yıllık maliyet( EAC) kullanılabilir. Bu yöntemde, yıllık maliyet eşitliği aşağıdaki denklem kullanılarak hesaplanır. [2]

EAC = İşlemin Birim Maliyeti / İşlemin Beklenen Ömrü

Bu aşamada, en düşük yıllık maliyet eşitliğine sahip işlem seçilebilir ve performans gereksinimleriyle karşılaşılır. Daha kompleks yöntemler de mevcuttur ve bunlar bütün ömür maliyeti hesaplamalarında kullanılabilir. [2]

### 5.3.1. Bir yöntemin maliyet etkinliğine karar verme

Herhangi bir kaplama bakım yönteminin değerine karar vermek için bir çok faktörü göz önünde bulundurmak gerekir. Karar yöntemi aşağıdaki üç soru ve cevaplarını içerir. [1]

1-Yöntemler kaplama performansını arttırır mı?

Performans konfor, uygunluk, güvenlik veya ömür döngüsü maliyetleri gibi bazı değişik yollarla ölçülebilir,. Eğer tüketiciyle ilişkili konuların herhangi birinde ilerlemeler yoksa o zaman bu yöntemi kullanmak için hiçbir neden yoktur. Eğer bir veya daha fazla alanda gelişme varsa ikinci soru sorulmalıdır. [1]

2-Yöntemin maliyeti uygun mudur?

Bir yöntemin faydasını ölçme, kaplamanın performansıyla değerlendirilerek ölçülmelidir, yöntemin kendi performansı yeterli değildir. Mesela, eğer bir yüzeysel tabaka yapımı kaplamaya uygulanırsa, maliyet faydalarının analizi için o kaplamanın yüzeysel tabaka yapımının uygulanmamış bir benzeriyle kıyaslanması gerekir. Yüzeysel tabaka yapımı kaplama ömrünü 5 yıldan 10 yıla kadar uzatabilir. [1]

Aynı şekilde, kaplamadaki çatlakların bakımı, kaplama ömrünü uzun yıllar uzatır. Kaplama ömrünü uzatım değeri, maliyet etkinliğine(uygun maliyet) karar vermek için gözden geçirilmelidir. [1]

Bakım maliyetlerini kıyaslama yapıldığı zaman genellikle yapılan hata, kaplamanın ömrü ve maliyetinin iyileştirme yönteminin ömrü ve maliyetiyle karşılaştırılmasıdır. Bu karşılaştırma uygun değildir. [1]

3- Kullanılan en iyi iyileştirme metodu nedir?

İlk önce, bir yöntemin uygun maliyetli olmasına karar verilir ve ondan sonra en iyi maliyetler ve yapım metodları işaretlenir. [1]

### 5.3.2. Faktörleri seçme

Normal sapmaları, tedbirleri ve diğer özel faktörleri kaldırınca, kaplama yönetim sistemleri, kullanıcılara en uygun maliyetli yönteme karar vermek için imkan tanır. Bu seçimler genellikle aşağıdaki faktörlere dayandırılır. [1]

- Kaplama çeşidinin var olması
- Çatlak koşulu
- Bozulmanın miktarı ve çeşidi
- Karayolu kullanımı ve trafik seviyesi
- İklim ve çevresel faktörler
- Trafik yükü
- İyileştirme yönteminin maliyeti
- Umulan(beklenen) ömür(süre)
- Nitelikli ekip ve müteahhitlerin elverişliliği
- Kaliteli malzemelerin elverişliliği
- Yerleştirme yılının zamanı
- Olanakların aksama süresi
- Kaplama gürültüsü
- Yüzey sürtünmesi

Yukarıda listelenen faktörlerden biri olan -çatlak koşulu- iyileştirme seçme yönteminin nasıl çalıştığını anlamak için iyi bir örnek sağlar. Bozulmuş kaplama için doğru bakım çeşidi genellikle çatlakların koşuluna ve yoğunluğuna bağlıdır. Eğer çatlaklar olağansa, fakat yüksek derecede kenar bozulmalarına sahip değilse, yüzey

iyileştirme yöntemleri en iyisi olabilir. Yüksek kenar bozulmalarında ilerlemeler olursa, çatlak stratejisine ve yamamaya ihtiyaç duyulabilir. Eğer çatlaklar, yoğunluk ve biraz bozulmaya sahipse, bakım ve doldurma işinden etkili bir iyileştirme yapılabilir. [1]

Genel olarak birçok çatlak ciddi olarak bozulur. Bu durumda çatlak bakımı veya doldurma, her ikisi de ekonomik olmayabilir ve teknik olarak sağlam temele oturmayabilir. [1]

# 6. TÜRKİYE KARAYOLLARINDA KORUYUCU BAKIM

Karayolları Genel Müdürlüğü'nün yapım, bakım ve onarımdan sorumlu olduğu yaklaşık 63.000 km uzunluğundaki devlet ve il yolu üstyapısının % 80'i sathi kaplamadır. Sathi kaplamalı yolların hizmet sürelerinin uzatılması, ekonomik açıdan kaynaklarımızın yerinde kullanılması için imalatların çalışma mevsimi içerisinde şartnamesine uygun şekilde yapılması gerekmektedir. [23]

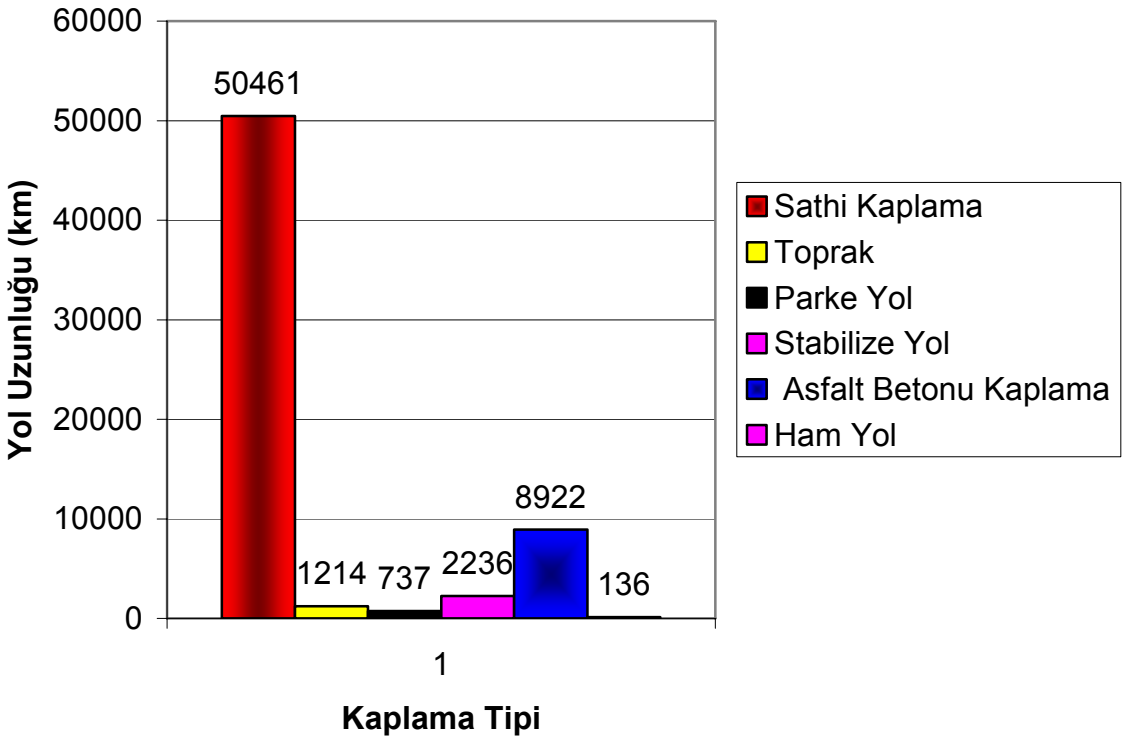
## 6.1. Bitümlü Kaplamalar

Bitümlü Kaplamalar genel olarak;

1. Karışım Tipi Kaplamalar (Bitümlü Sıcak Karışımlar)
2. Sathi Kaplamalar

olarak iki sınıfa ayrılırlar.

Yol standartlarının ve araç konforlarının her geçen gün daha da ilerlediği zamanımızda, hala ülkemizde ekonomik sebeplerden dolayı sathi kaplamalar, şehir içi ve şehirlerarası yollarda çok yaygın olarak inşa edilmektedir. Ülkemizin 63706 km uzunluğundaki karayollarının yalnızca 8922 km.sinin asfalt betonu, 50461 km.si sathi kaplamadan oluşmaktadır. Şekil 6.1.'de 2005 verilerine göre devlet ve il yollarının kaplama durumu görülmektedir. [30]




**Şekil 6.1** Devlet ve İl Yollarının Kaplama Durumu [30]

### 6.2. Ülkemizde Uygulanan Sathi Kaplamaların Yapım Amaçları

Sathi kaplamaların herhangi bir yük taşıma özellikleri olmamakla birlikte aşağıda belirtilen işlevlere sahiptir.

a) Düşük trafikli ($T_{8,2}<3x10^6$) olan yollarda kaplama tabakası olarak,

b) Kayganlaşan asfalt betonu üzerinde maliyeti ucuz, kaymaya karşı direnci yüksek bir yol yüzeyi elde etmek,

c)Yol yüzeyine gelen suların temel, alttemel ve taban zeminine geçmesini önlemek,

d) Hizmete açılması düşünülen granüler temel tabakalarını geçici olarak bir kaplama ile teşkil etmek,

e) Bozulmuş kaplamaların bakım ve onarımları için yapılır. [23]

### 6.3. Sathi Kaplamanın Performansını Etkileyen Faktörler

Trafik; günlük ticari taşıt (boş ağırlığı > 1,5 ton olan araçlar) sayısı, mıcırın yol yüzeyine gömülme oranını etkiler.

Mevcut Yol Yüzeyi; mıcırların yol yüzeyine batması yol yüzeyinin sertliği ve ticari taşıt sayısı ile ilişkilidir. Yüzey poroz ise yüzeydeki asfalt film tabakası kalınlığı azalır.

Mıcırın Tipi ve Boyutu; mıcır çok küçük boyutlarda ise çok çabuk gömülür, iri boyutta olursa trafik tarafından sökülür. Mıcır uygun boyutta ve cilalanmaya karşı dayanıklı olmalıdır.

Bitümlü Bağlıyıcı; bitümlü bağlıyıcının fonksiyonu, yüzeyi su geçirmez hale getirmek ve mıcırları alt tabakaya yapıştırmaktır. Mıcırların yapışabilmesi için, mıcır serilirken bitüm yeterli viskozitede olmalıdır. Yol trafiğe açıldığında mıcırlar yerlerinden çıkmamalı ve uzun süreli düşük sıcaklıklarda bitüm çatlamamalıdır.

Püskürtülen Bitümlü Bağlayıcının Oranı; püskürtülen bağlayıcı miktarı mıcırların yapışmasını sağlayacak miktarda olmalı, yeterli yüzey doku derinliği sağlanabilmesi için mıcırlar arasındaki boşluklar bitüm ile dolmamalıdır.

Çevre Koşulları; iklim, yer ve trafik durumu ile ilişkilidir. Bağlayıcının kür olma miktarı, kaplamanın yapıldığı alan kapalı ise ( örneğin; ağaçların gölgesi ya da köprü altları gibi) bu durumdan etkilenir.

Sathi yapıldığı aylar ve kaplamanın trafiğe açıldığı zamandaki hava koşulları performans üzerinde etkendir.

Trafik, özellikle kavşaklar ve ada etrafında ilave gerilmeler oluşturarak mıcır sökülmesine neden olabilir, rampalarda ise ağır yüklü araçlar mıcır gömülmelerini artırır. [23]

### 6.4. Malzemeler

**Agrega ve özellikleri**

Agrega kırma taş veya kırılmış çakıl olacak ve temiz, pürüzlü, sağlam ve dayanıklı danelerden oluşacaktır. Agrega içinde yumuşak ve dayanıksız parçalar, kil, organik ve diğer zararlı maddeler serbest veya agregayı sarmış halde bulunmayacaktır. [23]

Agrega gradasyonu Tablo6.1.'de belirtilen gradasyonlara uygun olacaktır.

**Tablo6.1.** Sathi Kaplama Gradasyonları [23]

| Elek Boyu | % GEÇEN | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | **A - Tipi** | **Tip - 1** | **Tip - 2** | **Tip - 3** | **Tip - 4** |
| 25 mm (1") | 100 | 100 | | | |
| 19 mm (3/4") | 0 - 30 | 90 - 100 | 100 | | |
| 12.5 mm (1/2") | 0 - 10 | 0 - 35 | 90 - 100 | | |
| 9.5 mm (3/8") | | 0 - 10 | 0 - 40 | 100 | 100 |
| 4.75 mm (No.4) | 0 - 2 | 0 - 5 | 0 - 5 | 75 - 100 | 85 - 100 |
| 2.00 mm (No.10) | | | | 0 - 10 | 0 - 35 |
| 0.075 mm (No.200) | | | | 0 - 2 | 0 - 5 |

A-Tipi ve Tip -1 gradasyonlarındaki sathi kaplamalar; kalınlığı yeterli, düzgün yüzeyli granüler temel, plent-miks temel, çimento bağlayıcılı granüler temel veya benzeri temeller üzerine uygulanabilecek ve bitümlü malzeme ile agrega birbiri peşi sıra uygulanarak bir yüzey tabakası oluşturacaktır. [23]

A-tipi gradasyonu 1.kat sathi kaplamada kullanılacaktır. Çift kat sathi kaplama yapılacaksa, A tipinin üzerine 2. kat olarak Tip-2 gardasyonunda mıcır kullanılacaktır. [23]

Tip - 2-3-4 gradasyonlarında yapılan sathi kaplamalar bitümlü yüzey tabakalarının ömrünü arttırmak, hava ve su etkilerinden korumak, kaygan olmayan yüzeyler elde etmek amacı ile bitümlü malzeme ile agreganın birbiri peşi sıra uygulanması ile inşa edilen bir yüzey tabakasıdır. [23]

Agrega üretimi sırasında en çok 200 $m^3$ de bir elek analizi yapılarak şartname sınırları içine girip girmediği kontrol edilecektir. [23]

Agrega; Tablo6.2'de belirtilen fiziksel ve mekanik özellikleri sağlayacaktır. Agrega çakıldan hazırlanmış ise Tip-1 ve Tip-2 gradasyonları 4.75 mm (No.4) elek üzerinde kalan kısmının Tip-3 ve Tip-4 için 2.00 (kalan kısmının ağırlıkça en az % 80 inin iki veya daha fazla yüzü kırılmış olacaktır. [23]

**Tablo 6.2.** Agrega Özellikleri [23]

| DENEY | ŞARTNAME LİMİTİ | DENEY STANDARDI |
|---|---|---|
| Aşınma Kaybı (Los Angeles) maksimum % | 30 | TS 3694 ( ASTM C - 131 ) |
| Hava Tesirlerine Karşı Dayanıklılık (donma deneyi, $Na_2SO_4$ ile ) kayıp, maksimum % | 12 | TS 3655 ( ASTM C - 88 ) |
| Kırılmışlık, ağırlıkça min. %<br>- Tip - 1, Tip - 2 için 4.75 mm. elek üzerinden en az iki yüzü<br>- Tip - 3, Tip - 4 için 2.00 mm. elek üzerinde en az iki yüzü. | <br><br>80<br><br>80 | <br><br>----<br><br>---- |
| Soyulma Mukavemeti, minimum % | 50 | ..... |
| Yapışma Deneyi, (Vialit Metodu ile) düşen mıcır sayısı, maksimum, (%) | 12 | ..... |
| Yassılık İndeksi maksimum % | 25 | BS 812 |
| Cilalanma Değeri,minimum | 50 | TE EN 1097-8 |
| Kil Topakları ve Ufalanabilir Taneler, maksimum % | 0,5 | ASTM C-142 |

Agrega yıkanmış ve temiz olacaktır. Serilmeden önce kuru olacaktır. İnce toz filmi ile kaplanmış ve kirli agrega tanelerine bitüm yapışmamaktadır.

Mıcır yol boyunca depo edilecek ise depo yerlerinde agreganın temiz bir şekilde korunması için gerekli önlemler alınacaktır.

Agrega "Soyulma Deneyi" yöntemine göre test edildiğinde, soyulmaya karşı mukavemeti en az % 50 ve "Yapışma Deneyi (Vialit yöntemi)" ne göre test

edildiğinde; düşen mıcır sayısı en fazla %12 olacaktır. Soyulma ve Yapışma yönünden şartname kriterlerini sağlamayan agregalar için dop ile bitümlü bağlayıcının yapışma özelliğini arttırıcı katkı maddeleri ilave edilebilecektir. Soyulma mukavemetini arttırmak için kullanılacak katkı malzemesinin, cinsi ve miktarı laboratuar deneyi sonucunda tespit edileceltir. [23]

Agrega kübik danelerden oluşacak, yassılık indeksi ve cilalanma değeri şartname limitlerine uyacaktır.

### 6.5. Bitümlü Malzemeler ve Özellikleri

#### 6.5.1. Astar olarak kullanılacak bitümlü malzemeler

Astar malzemesi olarak TS 1083 – "Yol Üstyapılarında Kullanılan Sıvı Petrol Asfaltları" standardına uygun MC-30 ve MC-70; TS 1082-"Yol Üstyapılarında Kullanılan Asfalt Emülsiyonları" standardına uygun SS-1, SS-1h, CSS-1, CSS-1h malzemelerinden birisi kullanılacaktır. [23]

Sathi kaplama yapımında kullanılacak bütün bitümlü malzemelerden TS 115 EN58/ 1996-"Bitümlü Bağlayıcılar - Numune Alma" standardına göre numune alınacak ve malzemenin şartnamesine uygun olup olmadığı tespit edilecektir. [23]

#### 6.5.2. Kaplama için kullanılacak bitümlü malzemeler

Kaplama için TS 1081 EN 12591 Bitümler ve Bitümlü Bağlayıcılar-Kaplama Sınıfı Bitümler- Özellikler" standardına uygun 70/100 penetrasyonlu bitüm, 100/150 penetrasyonlu bitüm, 160/220 penetrasyonlu bitüm; TS 1082 ye uygun RS-1, CRS-1 veya CRS-2 bitümlü bağlayıcılardan birisi kullanılacaktır. [23]

#### 6.5.3. Sathi kaplama dizaynı

Tek tabaka sathi kaplama yapımında astarlanmış veya gerektiğinde yapıştırma malzemesi uygulanmış yüzey üzerine hangi miktarda bitümlü malzeme ve agrega serileceği; kullanılacak agreganın ortalama boyutu, yassılık indeksi sathi kaplama yapılacak yoldaki trafik hacmi ile mevcut sathın durumu ve yörenin iklim koşulları göz önünde bulundurularak uygun bulunan bir dizayn elde edilecektir. [23]

## 6.6. Yapım Şartları

### 6.6.1. Yolun hazırlanması

Mevcut yol, sathi kaplama yapılmadan önce mutlaka kontrol edilecektir. Kaplamanın yapılacağı satıh toz, pislik, kil parçacıkları ve diğer yabancı maddelerden tamamen temizleninceye kadar döner süpürgeler veya diğer mekanik süpürgeler, hatta gerekiyorsa el süpürgeleri yardımı ile süpürülecektir.

Yol yüzeyi granüler temel, plent-miks temel ise yüzeydeki çukurlar ve çöküntüler, bütün gevsek ve kusurlu malzemelerin kaldırılması ve yerine tekniğine uygun granüler bir yama malzemesinin konulması suretiyle onarılacaktır. Yama malzemesi çevresine uyacak ve düzgün bir yüzey oluşturacak şekilde sıkıştırılacaktır. Satıhta gevşek ve serbest malzeme bulunmayacak, şekilde süpürme işlemi yapılacaktır. Üstyapı kalınlıkları tam uygulanmış olacak, şartnamelerde istenilen yoğunluk ve sıkışmayı sağlayacaktır. Yukarıdaki şartlara uymayan temeller üzerine sathi kaplama inşa edilmeyecektir. [23]

Mevcut yolun yüzeyinde seyahat kalitesini düşüren tümsekler, ondülasyonlar, girinti ve çıkıntılar pürüzlü ve düzgün bir yüzey sağlanacak şekilde giderilecektir. Astar tabakasının uygulanmasından hemen önce süpürme işlemi, kaplama genişliğinin her iki tarafından 25'er cm daha geniş bir yüzeyde yapılacaktır. Satıhtan süpürülen malzemeler kaplama agregası ile karıştırılmayacaktır. [23]

### 6.6.2. Astar malzemesinin uygulanması

Astar malzemesi püskürtülmeden önce yol yüzeyi kuru olacak, granüler, plent-miks temellerde yüzeyden itibaren 3 cm'lik derinlikte rutubet % 2 den fazla olmayacaktır.

Distribütör, sathi kaplama yapımında en önemli iş makinelerinden birisidir. Distribütör, belirlenmiş miktardaki bitümlü malzemeyi üniform olarak püskürtebilecek teçhizatla birlikte takometre, bitümetre, 5. teker ve termometre ile de donatılmış olmalıdır. Bitümlü bağlayıcıyı istenilen miktarda püskürtecek kapasitede olmalı, püskürtme borusunun her noktasında aynı basıncı sağlamalıdır. Astar malzemesi olarak bitüm emülsiyonu kullanıldığında ise yüzey hafifçe rutubetlendirilecektir. [23]

Astar malzemesi 0.5-2.0 litre/$m^2$ olacak miktarda püskürtülecektir. Astarın ne kadar verileceği yol yüzeyinin durumuna göre ön inceleme neticesinde tespit edilen dizayn ile metrekareye düşen astar malzemesinin mühendisin verdiği miktara uyup uymadığı deney yapılarak kontrol edilecektir. Astar malzemesinin püskürtme sıcaklıkları Tablo6.3. de verilmektedir. [23]

**Tablo6.3.** Bitümlü Malzemelerin Püskürtme Sıcaklıkları [23]

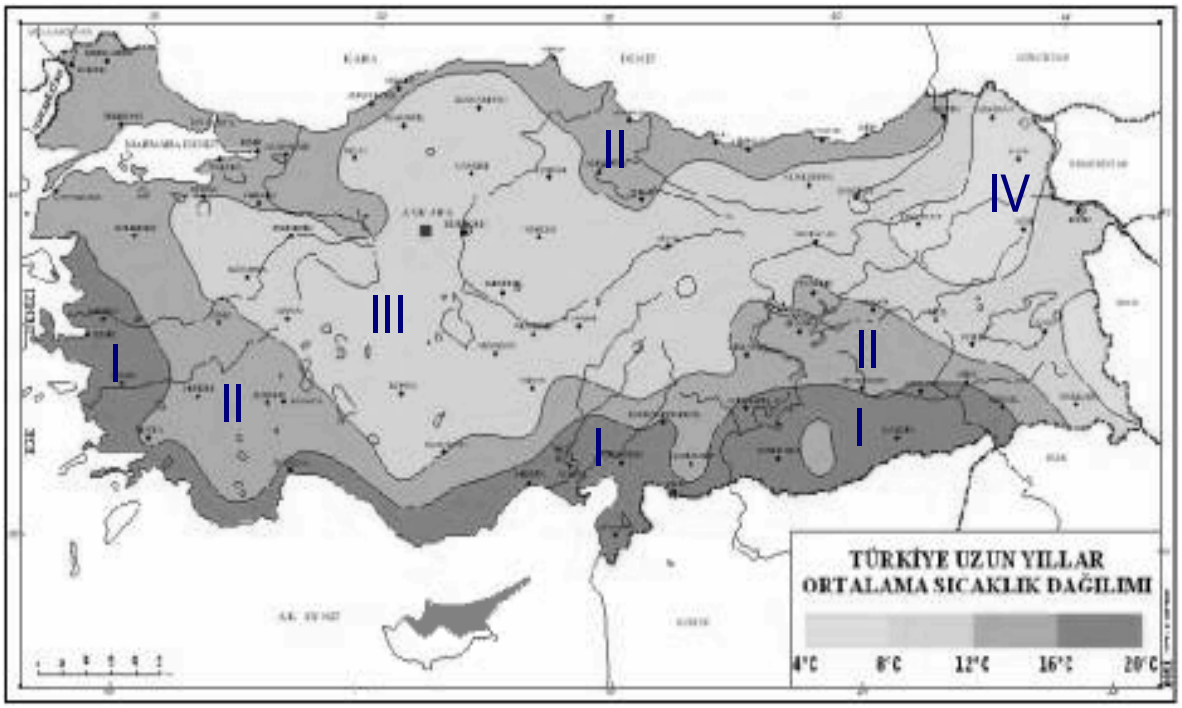
| **Bitümlü Malzemenin Cinsi** | **Püskürtme Sıcaklığı, °C** |
|---|---|
| MC-30 | 30 - 50 |
| MC-70 | 50 – 80 |
| RS-1 | 20 - 60 |
| RS-2 | 50 – 85 |
| CRS-1 | 50 – 85 |
| CRS-2 | 60 – 85 |
| SS-1 | 20 – 70 |
| SS-1h | 20 - 70 |
| CSS-1 | 20 – 70 |
| CSS-1h | 20 – 70 |
| 70/100 pen. bitüm | 130+ |
| 100/150 pen. bitüm | 130+ |
| 160/220 pen. bitüm | 130+ |

Astar malzemesi, hava sıcaklığı gölgede en az 10°C ve daha yüksek iken uygulanacaktır. Astar malzemesi uygulandıktan sonra malzemenin kür ve yüzey içine penetre edebilmesi için en az 24, en çok 48 saat beklenecektir. [23]

### 6.6.3. Karışımdaki bağlayıcının özellikleri

Sathi kaplama, kaplama yapılacak yerdeki hava sıcaklığı gölgede en az 10°C ve daha yüksek iken uygulanacaktır. Hava sıcaklığının gece 5°C nin altına düşmesi durumunda gündüz hava sıcaklığı gölgede en az 10°C olsa bile kaplama yapılmayacaktır. Uygulanacak bitümlü bağlayıcı miktarı 0.70-1.75 litre/$m^2$ arasında olup, kesin miktarı dizayn ile saptanacaktır. Uygulamanın saptanan miktarda olup olmadığı yapım sırasında yapılacak deney ile tespit edilecektir.

Türkiye' de farklı iklimler görülmesi nedeniyle bölgesel olarak değişken sıcaklık değerleri ortaya çıkmaktadır. Sathi kaplama yapımından sonra problemlerle karşılaşmamak için imalatta kullanılacak olan bitümün önceden doğru tespit edilmesi gerekir. Sıcaklık dağılımına göre kullanılacak bitüm sınıfları Türkiye haritasında ve Tablo6.4'te gösterilmiş olup, BSK ve sathi kaplama çalışmalarında bitüm tercihleri buna göre yapılmalıdır. Şekil 6.2. de Türkiye'nin ortalama sıcaklık dağılımı görünmektedir. [23]




**Şekil 6.2** Türkiye.'nin ortalama sıcaklık dağılımı [23]

**Tablo 6.4.** Türkiye'nin Sıcaklık Dağılımına Göre Kullanılacak Bitüm Sınıfları [23]

| | **BİTÜM SINIFI** | |
|---|---|---|
| **KESİMLER** | **BSK** | **SATHİ KAPLAMA** |
| **I** | **B 40 / 60**<br>**B 50 / 70** | **B 70 / 100** |
| **II - III** | **B 50 / 70** | **B 100 / 150** |
| **IV** | **B 70 / 100** | **B 100 / 150** |

| **BİTÜM SINIFI** | | **BİTÜMÜN KULLANILACAĞI YERLER** |
|---|---|---|
| **BSK İçin** | **SATHİ KAPLAMA İçin** | |
| **B 40/60** | **B 70/100** | **Akdeniz İkliminin hüküm sürdüğü kesimler ve Güney Doğu Anadolu'nun güney kesimleri** |
| **B 50/70** | | |
| **B 50/70** | **B 100/150** | **Karadeniz, Marmara, İç Anadolu, İç Batı Anadolu, Güney Doğu Anadolu'nun Kuzey kesimleri, Doğu Anadolu'nun Batı kesimleri** |
| **B 70/100** | **B 100/150** | **Yukarıda belirtilen bölgelerin çok soğuk kesimleri ile Doğu Anadolu'nun soğuk ve yüksek kesimleri** |

Bitümlü malzeme yol yüzeyine püskürtüldükten hemen sonra sıcaklığı kaplama sıcaklığına kadar azalacağından, sathi kaplama yapım hızı, bitüm filmi bir dakika içinde agrega ile kaplanacak şekilde olmalıdır. [23]

Bütün kaplama genişliğince, bitümlü ve agrega uygulaması boyuna ek yerini ortadan kaldırır. Fakat genellikle sathi kaplama yapımı sırasında trafiğe yol vermek gerektiğinden boyuna ek yeri kaçınılmaz olmaktadır. Ayrıca kaplama bitümlü malzemesi bütün yol genişliğince uygulandığında, distribütör püskürtme borusunun her noktasına aynı basıncı sağlamalı ve bütün yol genişliğince agrega serilmesi için önceden önlem alınmalıdır. Genellikle kaplama iki veya üç şerit halinde yapıldığından boyuna ek yerinde agrega yığılmasını önlemek için, bitümlü malzemenin yandaki şeridin üzerine taşmayıp şeridin kenarına tam uyması ve agreganın da tam püskürtülen bağlayıcı üzerine gelmesi sağlanmalıdır.

Herhangi bir nedenle distribütörün bitümlü bağlayıcı vermediği, atladığı bütün noktalara bitümlü bağlayıcı bir el püskürtücüsü ile uygulanacaktır. [23]

Kaplamada soyulmaya karşı mukavemeti düşük olan agregalar kullanılması halinde, soyulma mukavemetini arttırıcı katkı maddelerinin kullanılmasına karar verilmiş ise, katkının kullanılma şekline uygun hareket edilecektir. [23]

### 6.6.4. Agrega

Sathi kaplama yapımında bitümlü bağlayıcı ve örtme agregası arasında hızlı bir adezyon sağlamak: örtme agregası serildiği anda bağlayıcının viskozitesine, örtme agregasının temiz ve kuru olmasına bağlıdır. Bitüm emülsiyonlu sathi kaplamada kullanılan agrega rutubetli olabilir, ancak hiçbir durumda agrega üzerine yapışmış kil ve benzeri malzemeler olmayacaktır. [23]

Bitümlü malzemenin püskürtülmesinden hemen sonra mıcır serilmelidir. Bitüm ve bitüm emülsiyonu ile agrega serimi arasında zaman kaybına müsaade edilmemelidir. Distribütör ile mıcır yayıcı arasında en fazla 5 m, mıcır yayıcı ile silindir arasında ise 5-10 m mesafe olmalıdır. Sathi kaplama yapımında agrega sericisi önemli bir iş makinesidir. İyi kullanmak koşulu ile iyi bir agrega serici agrega kaybını önler ve üniform bir serme yapar. [23]

Örtme agregası; bitümlü bağlayıcı uygulamasının hemen arkasından, agrega sericisi ile üniform bir şekilde yapılacaktır. Serilecek agrega miktarı kabaca 8—25 kg/m$^2$ arasında olup, kesin miktarı dizayn ile saptanacaktır. Uygulamanın

saptanan miktarda olup olmadığı yapım sırasında yapılacak deney ile tespit edilecektir. [23]

Örtme agregası serildikten hemen sonra lastik tekerlekli ve 6-8 ton ağırlığında demir bandajlı silindirlerle silindiraja başlanacaktır. Hiçbir zaman silindiraj sırasında agregaların çatlamasına, kırılmasına ve ufalanmasına izin verilmeyecektir. Silindiraj, boyuna doğrultuda ve kaplamanın dış kenarından başlanarak eksene doğru, yatay kurplarda kaplama içinden dışına doğru, düşey kurplarda düşük kotdan yüksek kota doğru yapılacaktır. Her geçiş bir önceki geçişe ön tekerleklerin yarısı kadar bindirme yapacaktır. İlk silindiraj agrega yayıldıktan 15 dakika sonra tamamlanmış olacaktır. Bundan sonra silindiraj sadece düzgün bir yüzey elde edilinceye kadar devam edecektir. [23]

Bütün önlemlere rağmen, sıkıştırma işleminden sonra bitüm ile agrega arasında adezyon sağlanmasını takiben yüzeyde serbest malzeme kalmışsa bu malzeme kaplamaya zarar vermeden süpürülecektir. [23]
Silindiraj tamamlanıncaya kadar kaplama üzerinden trafik geçirilmeyecektir.

### 6.6.5. Trafik kontrolü ve emniyet

Yoldan geçecek trafik, çalışanların emniyetini sağlayacak ve çalışmaların aksamasını en aza indirecek şekilde ikaz işaretleri, bayrakçılar ile düzenlenecektir. [23]

Yeni bitmiş kaplama üzerinden trafiğin yüksek süratle geçmesi agrega tanelerinin oynamasına sebep olur. Yeni bitmiş kaplama üzerinden trafiğin geçmesi zorunlu ise, silindiraj tamamlanıp bitümlü bağlayıcı kısmı sertleşinceye kadar, geçecek araçların hızı 15 km/saat veya daha az olarak sınırlandırılacaktır. Daha sonra Mühendis trafik kontrolüne son verene kadar, hız 25 km/saat veya daha az olarak sınırlandırılacaktır. [23]

## 6.7. Şehiriçi Yollarda Koruyucu Bakım

Ülkemizde şehir içi yollarda sıklıkla kullanılan kaplama türü bitümlü sıcak karışım (BSK) dır. Sıcak karışım türü kaplamalar oldukça maliyeti yatırımlar olup, trafiğe açıldıktan sonra zamanla bozulmakta ve üstyapıların hizmet seviyesi düşmektedir. Yerel yönetimler halka hizmet götürmek için oluşturulmuş kurumlardır. Belediyelerin halkın ulaşım için en etkin olarak kullandıkları bu yol ağlarını hem

sürekli olarak belli hizmet seviyesinde tutmaları hem de kendi bütçelerini en etkin şekilde kullanmaları gerekmektedir. [24]

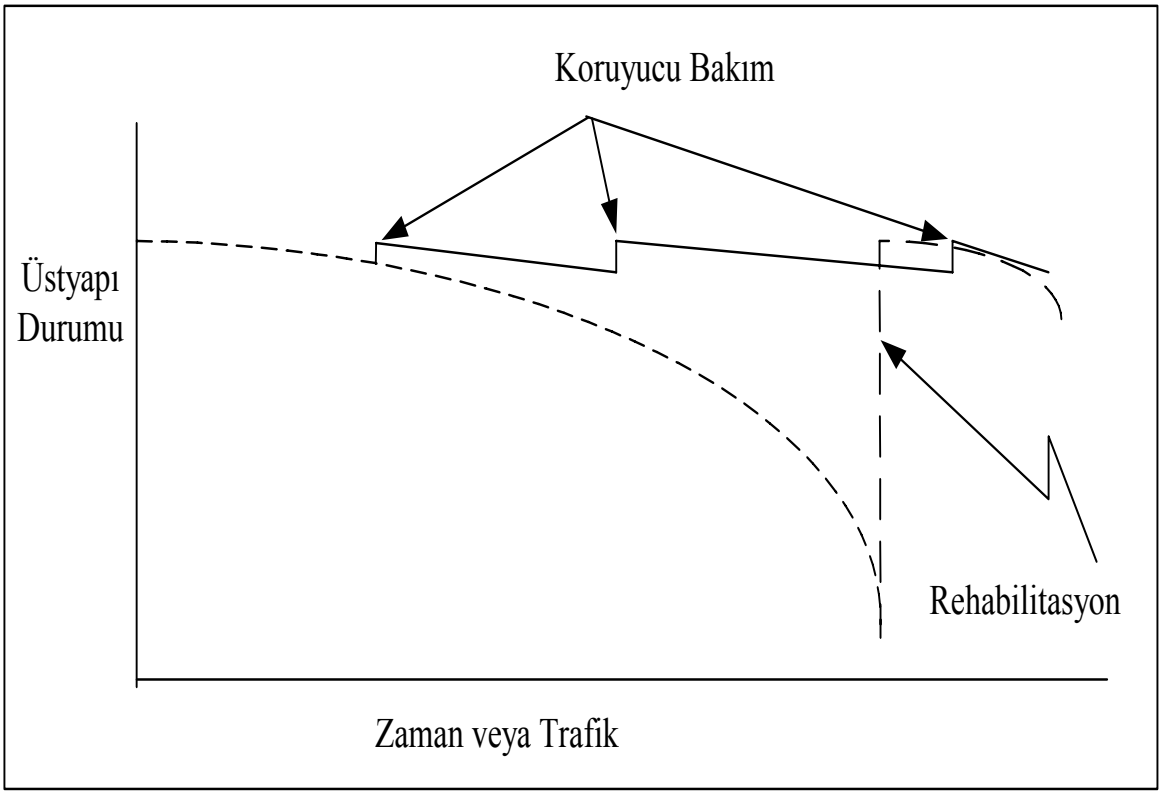
Yerel yönetimler kısıtlı bütçe imkânları ile halka hizmet etmeye çalışan kurumlardır. Bu nedenle, sahip oldukları bu kısıtlı imkânları doğru kullanabilmeleri için, doğru ve etkin uygulamaların doğru zamanlarda doğru işlere yönlendirilmesi en akılcı çözüm olacaktır. Belediyelerin verdiği hizmetlerden halkın en çok etkilendiği hizmet sınıflarından biri de ulaşımdır ve şehirlerde ulaşımın % 90‘ nı karayolu ile yapılmaktadır. Şehir içi yollarındaki üstyapıların yeterli seviyede hizmet verebilmeleri için; sırasıyla doğru kaplama seçimi, doğru karışım ve üstyapı tasarımlarından sonra doğru bakım stratejileri geliştirmeleri gerekmektedir. [24]

Koruyucu bakım, karayolu terminolojisinde son zamanlarda çok sık kullanılan bir kavramdır. Bu kavram ile ilgili yanlış anlaşılmaların önüne geçmek için öncelikle koruyucu bakımdan ne kastedildiğini açıklamak lazım. AASHTO‘ ya göre “ mevcut bir yol ağını koruyan, gelecekte meydana gelebilecek bozulmaları geciktiren veya ağın fonksiyonel durumunu iyileştiren (yapısal kapasitesini artırmadan) maliyet etkin uygulamaların planlanmış bir stratejisidir. Kısaca, koruyucu bakım; doğru kaplamaya, doğru bakımı, doğru zamanda yapmaktır. [3]

Öncelikle, karayollarına uygulanan bakım tiplerinden bahsetmek lazım. 3 tip üstyapı bakım uygulaması vardır. 1- Koruyucu bakım(üstyapının fonksiyonel ömrünü uzatmak için yapılır. Bunlar, yüzeysel kaplama stratejileridir ve daha önemli bozulmaları geciktirmek için ve rutin bakım ve hizmet aktivitelerini azaltmak amacıyla yapılan uygulamalardır). 2- Düzeltici bakım (üstyapıda sürtünme kaybı, az veya çok tekerlek izi oluşumu ve yoğun çatlaklar gibi bozulmalar meydana geldikten sonra yapılan bakımdır. Reaktif bakım olarak da adlandırılabilir.) 3- Acil bakım (büyük hacimli folluk tipi oyulmalar gibi acil olarak tamir edilmesi gereken durumlarda uygulanır. Bu bakım, aynı zamanda köklü gerçek tamirler yapılana kadar yüzeyi belli seviyede tutmak için yapılan geçici işlemler olarak da adlandırılabilir.). [1]

Burada, en önemli bakım olduğuna inanılan koruyucu bakım üzerinde durulacaktır. Bu bakım şekli önemlidir çünkü en iyi maliyet etkin çözümü koruyucu bakım vermektedir. Maliyet etkin çözüm, en iyi ve en ekonomik çözüm demektir. Şekil 6.3.’te de görüldüğü üzere, bir üstyapıya doğru zamanlarda koruyucu bakım

yapıldığında zaman ilerlese de üstyapı durumu hemen hemen aynı hizmet seviyesinde kalmaktadır.




**Şekil 6.3.** Koruyucu bakım uygulamalarının performansı [1]

Ülkemizde, gerek şehiriçi yollarda gerekse karayollarında periyodik bakım olarak genellikle yollar yapısal bozulma göstermese de, yüzeye 4-5 cm BSK ilavesi yapılmaktadır. Bu uygulama hem ekonomik değildir hem de uygulama sonrasında üstyapıdan her zaman istenen performans alınamamaktadır. Bu uygulamanın yerine Ülkemizde de artık Dünya' da başarı ile uygulanan harç tipi kaplamalar ve mikro asfalt betonu uygulamalarına geçilmesi gerekmektedir. [24]

Çünkü, genelde koruyucu bakım uygulamalarının özelde de bu tip kaplamaların gerçekleştirilmesi ile, ilgili kurumlar hem maliyet etkin bir çözüm üretecekler hem de yollara gereksiz yere harcanacak olan bütçelerini diğer kamu hizmetlerine tahsis edeceklerdir. Böylece ülke ekonomimize büyük bir katkı sağlanmış olacaktır. [24]

# 7. SONUÇ

Birçok idare için üstyapı koruyucu bakımın felsefesi, doğru zamanda doğru işlemin uygulanması**,** yön strateji ve felsefe belirgin bir değişiklik anlamına gelmektedir. Önceden, Uygulanacak yerlerdeki genel yaklaşım, en kötüyü en önce alma stratejisini içermekteydi. O halde, durumu en zayıf olan kaplamalar işleme alınmak için seçilirler. Dolayısıyla da uygulana işlemler daha pahalıdır, daha fazla zaman kaybına sebep olur ve genellikle bu işlemlerin ömrü kısa olur. [3]

Üstyapı koruyucu bakım programları, kaplama ömürlerinde ki uygun maliyetli işlemlerin erken uygulanabilmesini içeren anlayışları ile resmi ve gayri resmi olarak başlarlar. Bu işlemler uygun maliyetli olup, hızlı bir şekilde yapılırlar ve sürücülere asgari düzeyde rahatsızlık verirler. Ayrıca bu işlemler kaplamaların tasarım ömürlerine ulaşmalarını yada bu ömrü uzatmalarını sağlarlar, çünkü yapılan uygulamalar, kaplamalar iyi durumdayken gerçekleştirilerek kaplamayı korur. [3]

Birçok kurum, finansal kısıtlamalarla karşı karşıya olup, sınırlı ulaşım bütçelerini nasıl harcayacakları ile ilgili bazı seçimler yapmalıdırlar. Sunulmuş olan üstyapı koruyucu bakım kaynaklarıyla bile, kaplamalara nasıl ve ne tip bakım yapılacağı ile ilgili uygun bir seçim yapılmalıdır. Kısıtlamalar mevcut iken, koruyucu bakım ve en kötüyü en önce alma stratejisi birbiriyle uyuşmamaktadır. En kötü kaplamayı en önce işleme alan ve geriye kalan kaynaklarıyla önleyici faaliyetlerde bulunan bir programın kaderi başarısızlıktır. Başarısız işlemler kaynakların büyük bir kısmını götürecek ve bu uygulanan işlemler performansı iyileştiremeyeceği gibi bütün programın itibarını da sarsacaktır. Doğru zamanda doğru kaplamaya doğru işlemin uygulanması geriye kalan ve yetersiz kaynaklarla gerçekleştirilmeye çalışılırsa, programın başarısızlığı garanti altına alınır. [3]

Şüphesiz üstyapı koruyucu bakımın yaklaşımıyla yapılacak değişikliklerden kaynaklanan birçok engel vardır ve bu engeller farklılık gösterirler. Çalışmalar toplumun (kullanıcıların) üstyapı koruyucu bakıma yaklaşımını benimsemeye hazır olduğunu göstermektedir. Daha iyi kullanılan kaplamaların sonucundaki; gelişen güvenlik ve devamlı bakımdan kaynaklanan gecikmelerdeki azalmalar onarımın

memnunlukla kabul edilmesi sonucunu doğurur. Bu sonuçlar, programların devamı için gerekli kaynakların daha kolay elde edilmesi ve arttırılması için kullanılmalıdır.

Üstyapı koruyucu bakım programlarının başarı olasılığı, uygulanan işlem dışında, iyi planlanan bir işlemle de arttırılabilir. Her uygulayıcı birim kendi şartlarına en uygun bir işleme başvuracaktır. [3]

Koruyucu bakımda en başarılı yaklaşımlar aşağıdaki adımları içermelidir.

- Koruyucu bakım programı için ölçülebilir bir hedef seçilmesi,

- Koruyucu bakım programının, idare ve topluma olan yararlarını değerlendiren ve belgelendiren bir yol uygulanması,

- Ayrılacak kaynakların (fon) araştırılması ve elde edilmesi.

- Yapılan koruyucu bakımın başarısının (veya başarısızlığının) kontrol edlmesi [3]

## KAYNAKLAR

### A) Kitap ve Kitap Bölümleri için gösterim


[1] **Ann Johnson, P.E.,** 2000. Best Practices Handbook on Asphalt Pavement Maintenance, Minnesota Technology Transfer Center, Minnesota.

[2] **Caltrans Division of Maintenance,** 2003. Maintenance Technical Advisory Guidelines. State of California Department, California.

[3] **Foundation for Pavement Preservation**, 2001. Pavement Preventive Maintenance Guidelines. Cross Park DriveAustin, Texas.

[4] **Ilıcalı, M., Tayfur, S**., **Özen, H.,** 2001. Asfalt ve Uygulamaları, Seçil Ofset, İstanbul.

[5] **Janisch, D.W.,** 1998. Minnesota Seal Coat Handbook, Minnesota Technology Transfer Center, Minnesota.

[6] **Hicks, R.G., Seeds, S.B., Peshkin, D.G.,** 2000. Selecting A Preventive Maintenance Treatment For Flexible Pavements, Minnesota Technology Transfer Center, Washington.

[7] **Cornell Local Roads Program Report 95-4,** 1995. Hot and Cold Mixing Paving: Principles and Practices.

[8] **Hicks, R.G., Jackson, D.,** Ocak 1998. Benefits of Pavement Miantenance, Western Pavement Maintenance Forum, Sacremento.

[9] **Caltrans Division of Maintenance,** 2003. Technical Advisory Guide for Miccrosurfacing Pilot Project. State of California Department, California.

[10] **Hicks, R.G., Holleran, G.** Mart 2002. Purpose and Use of Fog Seals and Rejuvenators, Foundation For Pavement Preservation, Federal Highway Administration.

[11] **Booth, EHS., Gaughan, R., Holleran, G.,** Mart 1998. Some Uses of Bitumen Emulsions in SA and NSW, Australian Road Research Board.

[12] **State of California Department of Transportation.** 2003. Technical Advisory Guide For Microsurfacing Pilot Projects, Office of Pavement Preservation Division of Maintenance, Sacremento.

[13] **Zaniewski, J.P., Mamlouk, M.S.,** 1996. Pavement Maintenance Effectiveness Preventive Maintenance Treatments Participants Handbook, Federal Highway Administration. Washington.

[14] **Gransberg, D., James, D.M.B.,** 2005. Chip Seal Best Practices, Transportation Research Board. Washington, D.C.

[15] **Umar, F., Ağar, E.,** 1991. Yol Üstyapısı, İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul.

[16] **Solaimanian, M., Kennedy, T.W.,** 1998. Evaluation of the Cape Seal Process As a Pavement Rehabilition Alternative, Center For Transportation Research, Bureau of Engineering Research. The University of Texas At Austin.

**Süreli Dergiler**

[17] **Standard Specifications,** 1999. California Department of Transportation. Sacramento, California.

[18] **The Asphalt Institute,** 1999. A Basic Asphalt Emulsion Manual No:19, Lexington, Kentucky.

[19] **Holleran, G.,** Temmuz 2001. ABC's of Slurry Surfacing, Asphalt Contractor Magazine.

[20] **Asphalt Institute Series,** HMA Construction, MS-22, 2nd Edition. Lexington, Kentucky.

[21] **Asphalt Institute Series,.** HMA Construction, MS-22. Lexington, Kentucky.

**Akademik Konferanslarda Yayınlanmış Bildiriler**

[22] **Schilling, P.,** 2002. Success wiith Bituminous Emulsions Requires a Well Balanced Chemistry of Emulsions, Bitumen and Aggregate**.** İnternational Slurry Surfacing Association Conference, Berlin, Germany.

[23] **Demir, B.,** Mart 2007. Karayollarında Asfalt Sathi Kaplama Uygulamaları, Asfalt Günleri, Selçuk Üniversitesi, Konya.

[24] **Hınıslıoğlu, S.,** Mart 2007. Üstyapılarda Koruyucu Bakım ve Belediyeler İçin Önemi, Asfalt Günleri, Selçuk Üniversitesi, Konya.

[25] **Van Kirk, J.,** 2000. Long Lasting Slurry Pavements, International Slurry Seal Association Conference, Amelia Island, Florida.

[26] **Hicks, R.G., Fee, F., Moulthrop, J.S.,** 2000. Experience With Thin and Ultra Thin HMA Pavements in the United States, Australian Asphalt Pavement Association International Conference. Sydney, Australia.

[27] **Austrods,** 2000. Guide to the Selection of Road Surfacings. Sydney, Australia.

[28] **Karaşahin, M., Gürer, C.,** Mart 2007. Sathi Kaplamalar, Asfalt Günleri, Selçuk Üniversitesi, Konya.

**Akademik Konferanslarda Yayınlanmış Bildiriler**

[29] **Karaşahin, M., Gürer, C.,** 2007. Sathi Kaplamalarının Performansına Etki Eden Parametrelerin İncelenmesi ve Bir Performans Modeli Geliştirilmesi, Karayolları Genel Müdürlüğünde Verilmiş Brifing Notları.

**Standartlar**

[30] **Karayolları Genel Müdürlüğü,** Nisan 2005. Bakım Dairesi Başkanlığı, T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara.

[31] **Federal Highway Administration,** 1997. Pavement Management Analysis, Multi-Year Prioritization, National Highway Istitute. Washington.

[32] **Standart Specifications, Section 39,** 1999. Asphalt Concrete, California Department of Transportation. Sacremento, California.

[33] **T5040.31,** 1990. Techinical Advisory on Open Graded Friction Courses, Federal Highway Administration.

[34] **T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Karayolları Genel Müdürlüğü,** 2004. Yollar Fenni Şartnamesi. KGM Matbaası, Yayın No:170/2, Ankara.

**Tezler**

[35] **Doğan, O.**, 2006. Esnek Üstyapılı Devlet Yollarındaki Bozulmaların Bulanık Mantık İle Tahmini, *Yüksek Lisans Tezi,* İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul

**Web Siteleri**

[36] **Web Site 1**: http://www.muni.org/streets/chipsealprogram.cfm Erişim: 12.12.2006