

ÇANKIRI KARATEKİN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

CİBUTİ YOLUNDAKİ DEFORMASYONLARIN ANALİZİ

Mahdi Moustapha AL-NAEM

İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ÇANKIRI
2024

Her hakkı saklıdır

TEZ ONAYI

Mahdi Moustapha AL-NAEM tarafından hazırlanan “**Cibuti Yolundaki Deformasyonların Analizi**” adlı tez çalışması 30/04/2024 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında **Yüksek Lisans Tezi** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Dr. Öğr. Üyesi Başak VARLI BİNGÖL

Jüri Üyeleri :

Başkan : Dr. Öğr. Üyesi Başak VARLI BİNGÖL
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
Çankırı Karatekin Üniversitesi

Üye : Prof. Dr. Ender SARIFAKIOĞLU
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
Çankırı Karatekin Üniversitesi

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Ahmet GÖKDEMİR
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
Gazi Üniversitesi

Yukarıdaki sonucu onaylarım

Prof. Dr. Hamit ALYAR

Enstitü Müdürü

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Çankırı Karatekin Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğine göre hazırlamış olduğum “**Cibuti Yolundaki Deformasyonların Analizi**” konulu tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı, tezin içerdiği yenilik ve sonuçları başka bir yerden almadığımı, tezde kullandığım eserleri usulüne göre kaynak olarak gösterdiğimi, tezin Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü’nden başka bir bilim kuruluna akademik amaç ve unvan almak amacıyla vermediğimi ve bu çalışmanın Çankırı Karatekin Üniversitesi tarafından kullanılan “Bilimsel İntihal Tespit Programı”yla tarandığını, “intihal içermediğini” beyan ederim. Çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması halinde ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçlara razı olduğumu bildiririm. Çankırı Karatekin Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca gereğinin yapılmasını arz ederim (30/04/2024).

Mahdi MOUSTAPHA AL-NAEM

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

CİBUTİ YOLUNDAKİ DEFORMASYONLARIN ANALİZİ

Mahdi MOUSTAPHA AL-NAEM

Çankırı Karatekin Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Başak VARLI BİNGÖL

Yol kaplaması dayanıklılığını kaybeder ve bir miktar hasar başlarsa da, bu alanda bir mühendis olarak, ömrü uzatmak için kaplamanın kapasitesi ile arabalardan etkilenme yük arasında iyi bir denge kurmalıyız. yumurta sarısı Üstyapı kapasitesiyle ilgili birçok çalışma çok dağınıktır ve Cibuti'deki kaplamalara özel olarak yayınlanmış herhangi bir üstyapı denetim protokolü mevcut değildir. Bu sağlama amacı, kullanım stresleri, hava durumu, malzeme yol ömrü üzerindeki etkisi ve mevcut yolların nasıl rehabilite bakımı veya uzun ömürlü yolların nasıl inşa edilme özelliği mevcut bilgileri özetlemek ve pekiştirmektir. Bu kapsamın kapsamlı literatür araştırmasını, Cibuti'deki çeşitli yolların mevcut yollarını kullanarak testin düzenlenmesi ve Cibuti hükümeti tarafından yayınlanan çeşitli raporlar içermektedir. Literatür taramaları, yayınlanmış standartların, teknik raporların ve bilimsel makalelerin incelemelerini içerir. İncelemede ele alınan konular, Cibuti'deki yolların gerçek, beton ve bitümlü kaplamaların kalan mekanik özellikleri ve bunların iklim ve yüklere göre koşulları ve çeşitli hasar onarım talimatları yer almaktadır. Jeoteknik test sonuçları, Alizee LCPC yazılımı ile bir yol tasarlamak için kullanılacaktır. Son olarak, araştırmalara dayalı olarak birbirinden ayrı testlere dayalı olarak, gelişmeler için öneriler sunulmaktadır.

2024, 84 sayfa

ANAHTAR KELİMELER:Yollar, Cibuti, Karayolu kaplama, Analiz, Alizee LCPC

ABSTRACT

Master of Science Thesis

ANALYSIS OF DISTRESSES ON DJIBOUTI ROAD

Mahdi MOUSTAPHA AL-NAEM

Çankırı Karatekin University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Civil Engineering

Advisor: Asst. Prof. Dr. Başak VARLI BİNGÖL

Although road pavement can lose strength and start to develop some damage with the time so as an engineer in this field, we must find a good balance between the capacity of the pavement and the load due to the cars to growth the life of the road. Many studies on pavement capacity are very scattered and no published pavement inspection protocols specific to pavements in Djibouti are available. The purpose of this work is to summarize and consolidate current knowledge about the stresses of use, weather, materials impact on road life, and how to rehabilitate existing roads or build long-lasting roads. The scope of this work includes extensive literature research, testing of several roads in Djibouti using existing road data, and several reports published by Djiboutian government. Literature reviews include reviews of published standards, technical reports, and scientific papers. Topics covered in the review include the actual conditions of roads in Djibouti, the residual mechanical properties of concrete and bituminous pavements and their behaviour with respect to climate and loads, and various methods of repairing damage. The outcomes of geotechnical test will be used to design a road with Alizee LCPC software. Lastly, based on the research experimental testing, recommendations for future work are presented.

2024, 84 pages

Keywords: Roads, Djibouti, Pavement, Analysis, Alizee LCPC

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜRLER

Lisansüstü eğitimim boyunca her sorunumda yanında olan, sabrı ve bilgileriyle bana kattıkları için tez danışmanım değerli Dr. Öğr. Üyesi Başak VARLI BİNGÖL'e her konuda öneri ve eleştirileriyle yardımlarını gördüğüm hocama ve arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Değerli danışmanım, size minnettarlığın ifade etmek için kelimeler yetersiz kalıyor. Bana sağladığınız desteğin ve rehberliğinizin yanı sıra, gösterdiğiniz hoşgörü ve anlayış için de teşekkür ediyorum. Siz olmadan bu tez çalışmasını başarmam mümkün olmazdı.

Son olarak tez sürecinde bana sabır gösteren ve desteğini daima hissettiğim, uzun ve yorucu çalışmaların boyunca her yanında olan, maddi manevi hiçbir desteğini esirgemeyen ve tüm zorlukları benimle sevgili anneme ve kardeşlerime candan ve yürekten teşekkür ederim.

Mahdi MOUSTAPHA AL-NAEM

Çankırı, Nisan 2024

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT	ii
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜRLER.....	iii
İÇİNDEKİLER	iv
SİMGELER DİZİNİ	vi
KISALTMALAR LİSTESİ.....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ	x
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR İNCELEMESİ.....	2
2.1 Genel Bakış	2
2.1.1 Cibuti şehri.....	2
2.1.2 Cibuti karayolu acentesi (ADR)	4
2.1.3 Cibuti'deki yollar	4
2.2 Yolun Etkisi	6
2.2.1 Sosyal etkiler	6
2.2.2 Ekonomiye etkiler	8
2.2.3 Çevresel etkiler	10
2.3 Farklı Yol Kaplamaları ve Kullanılan Malzemeler	11
2.3.1 Farklı kaplama türleri.....	13
2.3.2 Kullanılan farklı malzemeler	17
2.4 Arkasındaki Kaplamanın Mekanik Davranışı.....	22
2.4.1 Lastik yükleri	22
2.4.2 İklim.....	26
2.4.3 Su etkisi.....	30
2.5 Yol Yüzeyi Anormalliklerinin Tespiti ve Onarımı.....	39
2.5.1 Çatlama.....	39
2.5.2 Yüzey deformasyonu	44
2.5.3 Parçalanma.....	46
2.5.4 Kaplama tabakası kusurları	48

2.6 ALIZE-LCPC Yazılımı Tanıtımı.....	50
2.6.1 Genel yapı.....	50
3. MATERYAL VE YÖNTEM	52
3.1 Boyutlandırma Yaklaşımının Prensibi.....	52
3.2 Farklı Manuel Boyutlandırma Yöntemleri.....	54
3.3 Alize LCPC	58
3.4 Veri Toplama.....	65
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	66
4.1 Cibuti Şehrindeki Yolların Durumu: Mevcut Yollardan Analizler	66
4.2 Alize LCPC ile yol projesinin tasarlanması.....	71
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	73
KAYNAKLAR	74
EKLER.....	76
ÖZGEÇMİŞ.....	84

SİMGELER DİZİNİ

g	Gram
Kg	Kilogram
mm	Milimetre
µg	Mikrogram
cm	Santimetre
cm ²	Santimetre kare
° C	Santigrat derece
%	Yüzde



KISALTMALAR LİSTESİ

AC-WC	Asfalt betonu aşınma kursu
Q6	Bölge numara 6
ADR	Cibuti Karayolları Ajansı
MTLH	Hidrolik bağlayıcı ile işlenmiş malzemeler
GNT	Mezarı tedavi edilmedi
NE	Referans aksların birikmiş trafiği
ECF	Soğuk dökülmüş asfalt
BBSG	Yarı taneli asfalt betonu
TMJA veya MJA	Yıllık ortalama günlük trafik
NFAT	Yorgunluk ömrü asfalt karışımı

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1 Yol kaplamasının bileşimi (ASMÜD 2021)	12
Şekil 2.2 Esnek kaplamalar (Bjorn Johannessen 2008)	14
Şekil 2.3 Bitümlü Üstyapılar (Bjorn Johannessen 2008)	15
Şekil 2.4 Sert Üstyapılar (Bjorn Johannessen 2008).....	15
Şekil 2.5 Yarı-rijit Üstyapılar (Bjorn Johannessen 2008).....	16
Şekil 2.6 Kompozit Üstyapılar (Bjorn Johannessen 2008)	17
Şekil 2.7 Tasarım özellikleri (Bjorn Johannessen 2008)	21
Şekil 2.8 Zeminde hareket eden bir yükün etkisi altında tekerlek izi oluşumu (InfoCiment 2019)	22
Şekil 2.9 Yük geçişinin etkisi altında zeminin sapmasını gösteren diyagram (InfoCiment 2019)	23
Şekil 2.10 Doğal zemin üzerine oturan bağlanmamış granüler bir tabakadan oluşan bir yolun işletme diyagramı (InfoCiment 2019)	23
Şekil 2.11 Doğal zemin üzerinde çimento ile işlenmiş bir kaplamanın çalışma şeması (InfoCiment 2019)	25
Şekil 2.12 BANDS 2.0 simülasyonundan bitüm sıcaklığı ile bitüm sertliği (Sbit) arasındaki ilişkinin grafiği (AIP konferans tutanakları 2018)	28
Şekil 2.13 BANDS 2.0 simülasyonundan bitüm sıcaklığı ile asfalt karışım sertliği (Smix) arasındaki ilişkinin grafiği (AIP konferans tutanakları 2018).....	28
Şekil 2.14 BANDS 2.0 simülasyonundan bitüm sıcaklığı ile asfalt karışımının yorulma ömrü (NFAT) arasındaki ilişkinin grafiği. (AIP konferans tutanakları 2018)	29
Şekil 2.15 İdeal durum (Road Research Center Brussels 1965)	30
Şekil 2.16 Yol yapısına su girişi (Road Research Center Brussels 1965)	30
Şekil 2.17 Kaplamadaki derzlerden ve/veya çatlaklardan su sızması (Road Research Center Brussels 1965).....	31
Şekil 2.18 Yanal sızıntı (Road Research Center Brussels 1965).	31
Şekil 2.19 Kılcal yükselme (Road Research Center Brussels 1965)	32
Şekil 2.20 Su tablasının yükselmesi (Road Research Center Brussels 1965).....	32
Şekil 2.21 Zayıf ıslak zemin örneği (Road Research Center Brussels 1965)	33
Şekil 2.22 İnce parçacıkların yükselişi (Road Research Center Brussels 1965).....	33
Şekil 2.23 Suda Kızaklama (Road Research Center Brussels 1965)	34
Şekil 2.24 Bitümlü numunelerin 40°C'de 72 saat süreyle hızlandırılmış şartlandırılması (Road Research Center Brussels 1965)	35
Şekil 2.25 Pompalama olgusu (Road Research Center Brussels 1965)	35
Şekil 2.26 “Punch out” fenomeninin görselleştirilmesi (Road Research Center Brussels 1965).....	36
Şekil 2.27 Su kaynaklı “Punch out” fenomeni (Road Research Center Brussels 1965).37	
Şekil 2.28 Erozyon (Road Research Center Brussels 1965)	38
Şekil 2.29 İç erozyon (Road Research Center Brussels 1965).....	38
Şekil 2.30 Yorulma çatlaması (Timsah çatlaması) (IOSR-JMCE 2015)	40
Şekil 2.31 Boyuna çatlak (IOSR-JMCE 2015)	41

Şekil 2.32 Enime çatlama (IOSR-JMCE 2015)	41
Şekil 2.33 Blok çatlaması (IOSR-JMCE 2015)	42
Şekil 2.34 Bir otobüs durağında kayma çatlaması (IOSR-JMCE 2015).....	42
Şekil 2.35 Ana arterde çatlaklar (IOSR-JMCE 2015).....	43
Şekil 2.36 Asfalt kaplamada kenar çatlaması (IOSR-JMCE 2015)	44
Şekil 2.37 Dalgalanmalar (IOSR-JMCE 2015).....	45
Şekil 2.38 Depresyonlar (IOSR-JMCE 2015).....	45
Şekil 2.39 Asfalt kaplamadaki kabarma (IOSR-JMCE 2015)	46
Şekil 2.40 Çukurlar (IOSR-JMCE 2015).....	47
Şekil 2.41 Yamalar (IOSR-JMCE 2015)	47
Şekil 2.42 Düşük yoğunluk nedeniyle çözülme (IOSR-JMCE 2015)	48
Şekil 2.43 Aşırı asfaltlama sonucu kanama (IOSR-JMCE 2015).....	49
Şekil 2.44 Parlatılmış agrega (IOSR-JMCE 2015)	49
Şekil 3.1 Boyutlandırma yaklaşımının ilkesi (NF P 98-086 2011).....	53
Şekil 3.2 Alize LCPC'nin Menü penceresi.....	59
Şekil 3.3 Temel Yol temelinin ana menü çubuğu	59
Şekil 3.4 Kaplama yapısına.....	60
Şekil 3.5 Arayüzler için yardım ekranı	60
Şekil 3.6 Minimum ve maksimum kalınlık için yardım penceresi	61
Şekil 3.7 Mekanik hesaplama sonuçlarının ana penceresi	62
Şekil 3.8 Mekanik sonuçların yazdırılması	63
Şekil 3.9 2D profil modunda sonuçların görselleştirilmesi örneği, uzunlamasına XX yönü boyunca sonuçların yatay profilleri	63
Şekil 3.10 Eşdeğerler yüzeyinde sonuç görselleştirmesi	64
Şekil 3.11 İzin verilen ddeğerlerin hesaplanması	64
Şekil 4.1 (a) L'Air yolu 1, (b) L'Air yolu 2	66
Şekil 4.2 (a) Venise Yolu 1, (b) Venise Yolu 2	67
Şekil 4.3 (a) Q6 Yolu, (b) Q6 Yolu 2.....	69
Şekil 4.4 Cadde 26	70
Şekil 4.5 Alizee LCPC yazılımındaki hesaplamanın açıklaması.	72

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1 2022'deki karayolu ağı (ADR Cibuti karayolu ajansı 2022).....	5
Çizelge 2.2 Cibuti Altyapısı (ADR Cibuti karayolu ajansı 2022)	6
Çizelge 2.3 BANDS 2.0 simülasyonundan çeşitli sıcaklıklarda bitüm sertliği (Sbit)(AIP konferans tutanakları 2018)	27
Çizelge 2.4 BANDS 2.0 simülasyonundan çeşitli sıcaklıklarda asfalt karışımı sertliği (Smix) (AIP konferans tutanakları 2018)	27
Çizelge 2.5 BANDS 2.0 simülasyonundan çeşitli sıcaklıklarda asfalt karışımının yorulma ömrü (NFAT) (AIP konferans tutanakları 2018).....	28
Çizelge 3.1 Her malzeme için eşdeğerlik katsayıları (Dimensionnement des chaussees routieres cas RN40A).....	55
Çizelge 3.2 Ağır araç trafiği sınıflar (Dimensionnement des chaussees routieres cas RN40A).....	56
Çizelge 3.3 CBR'ye göre toprakların sınıflandırılması katsayıları (Dimensionnement des chaussees routieres cas RN40A).....	57

1. GİRİŞ

Yollar, Cibuti'nin ulaşım altyapılarının hayati bir parçası olup, Cibuti Yol Ajansı'nın Haziran 2022'de yayınlanan verilerine göre, Cibuti şehrinde asfalt yolların uzunluğu kaplamasız 376,4km'ye kıyasla sadece 204km'dir.(ADR Cibuti Yollar Ajansı 2022). Bu yüksek lisans tezi özellikle yol kaplamaları hakkında bilgi vermektedir. Öncelikle Cibuti'den ve altyapı inşaatlarından genel olarak bahsedeceğim. Ülke çapında yollarda yakın zamanda meydana gelen çok sayıda yağmur olayı, doğal afetin yol kaplamaları üzerindeki potansiyel etkilerini anlatan rehberlere ve kaynaklara olan ihtiyacı ortaya çıkarmış ve doğal afetlerle başa çıkmak için kullanılabilecek yöntemleri bulmuştur.

İkinci kez, nasıl kullanılabileceğini daha iyi anlamak için yolun mekanik davranışı gibi konuları inceleyecektir ve ayrıca hava durumu ve doğal afetlerin yol kaplaması üzerindeki etkisi bu raporun bir sonraki bölümünde önemlidir. Farklı yol türlerini iyice anladıktan sonra, yolların hızla bozulmasının kesin nedenini bilmek için Cibuti'deki bir veya daha fazla yolun analizi üzerine araştırmamı derinleştirecektir ve daha sonra halihazırda yolların ömrünü uzatmak için yeterli çözümü sunacaktır.

Farklı boyutlandırma yöntemleri, yazılımda bir yol tasarlamaya veya boyutlandırmaya başlamadan önce anlaşılması önemlidir, bu nedenle bu bölümün konusu olacaktır, bu bölümde konumu farklı yol, tünel ve havacılık yolları üzerinde derinleştirecektir. kaplama boyutlandırması. Sonunda sahada elde edilen gerçek verilerle yazılım üzerinde bir yol tasarlayıp boyutlandıracaktır.

2. LİTERATÜR İNCELEMESİ

Bu konuyla ilgili yapılan çalışmalar ile ulusal ve uluslararası literatür gözden geçirilmiştir. Konuyla ilgili daha önce yapılan çalışmalara aşağıda kısaca değinilmiştir.

Cibuti'deki karayolu altyapısının mevcut durumuna ilişkin somut çalışmaların bulunmaması nedeniyle bunu, hemen hemen aynı toprak ve meteorolojik koşullara sahip ülkelerde yürütülen benzer araştırmalara dayandıracaktır.

Cibuti'deki yollardaki gerçek sorunları anlamak için, öncelikle farklı yol türlerini, bunların farklı basınçlar karşısındaki davranışlarını, farklı deformasyon türlerini ve bunların nasıl tedavi edileceğini inceleyerek bir yolun farklı yönlerini anlamalıyız. .

Bu bölüm Cibuti'deki yolların karşılaştığı sorunları anlamamızı ve tanımlamamızı sağlayacaktır.

Cibuti'de bazı mühendislerin yolu boyutlandırmak için yazılım kullanması oldukça yaygındır ve bu yazılımlar arasında Fransa'da geliştirilen Alizee LCPC yazılımı da bulunmaktadır.

2.1 Genel Bakış

2.1.1 Cibuti şehri

Cibuti, Afrika Boynuzu'nun kuzeydoğu kıyısında stratejik olarak konumlanmış küçük bir ülkedir. Doğuda uzanan ve Kızıldeniz'i Aden Körfezi'nden ayıran Bab el Mendeb Boğazı'nda yer alır. Cibuti'nin başkenti Cibuti şehri, körfezin güney cephesine uzanan mercan resifleri üzerine inşa edilmiştir; farklı başlıca şehirler Obock, Tadjoura, Ali Sabieh, Arta ve Dikhil'dir (Britannica 2023).

Topografya: Djibouti, Kuzey'de Eritre ile sınırlandırılmıştır, batı ve güneybatıda Etiyopya ve güneyde Somali ile sınırlandırılmıştır. Aden Körfezi'ne boşalan Tadjoura Körfezi , ülkenin doğu yarısını böler ve 230 mil (370 km) kıyı şeridinin çoğunu kaplar (Britannica 2023).

İklim: Düzenli olarak sağanak hava, önemli mevsimlere göre değişiklik gösterir. Serin mevsim, tipik Akdeniz iklimi ile Ekim'den Nisan'a kadar sürer; sıcaklıklar düşük 70°F ile orta 80°F (20°C'nin altı ile 30°C'nin altı) arasında değişir ve düşük nem bulunur. Sıcak sezon Mayıs'tan Eylül ayına kadar sürer. Yeni Khamsin rüzgarları iç çöllerden esiyor ve sıcaklıkları ortalama en düşük 80°F (düşük Santigrat) seviyesinden 110°F (Santigrat ortası) gibi boğucu yükseklerle çıkarıyor. Yılın bu zamanı, nemin en yüksek olduğu gün olarak adlandırılmıştır. Ülkenin en harika bölgelerinden biri, yüksek rakımlı Day Ormanı'dır. Sıcaklıklar düşükten orta 10°C'ye kadar kaydedilir. Yağmur mevsimi Ocak'tan Mart'a kadar sürer ve yağışların çoğu şiddetli ve anidir. Bu düzensiz yağış düzeninin nihai sonucu, deniz seviyesindeki alanları tahrip eden periyodik ani sellerdir (Britannica 2023).

Demografi eğilimleri: Cibuti, Sahra altı Afrika'nın en kentleşmiş ülkesidir ve nüfusun neredeyse beşte dördünün kentsel alanlarda yaşadığına inanılmaktadır. Nüfusun neredeyse üçte biri 15.

Ekonomi: Djibouti'nin ekonomisi genellikle stratejik konumu ve limanlarının önemiyle şekillenir. Ülkenin ekonomisi genellikle lojistik, liman hizmetleri, ticaret ve hizmetler sektörleri üzerine odaklanmıştır. Özellikle, Djibouti'nin stratejik konumu, uluslararası deniz ticareti için önemli bir geçiş noktası olmasını sağlar ve bu da liman hizmetlerinin büyümesine katkıda bulunur. Ancak, Djibouti'nin ekonomisi bazı zorluklarla karşı karşıyadır. Ülkenin kısıtlı doğal kaynaklara sahip olması, tarım ve sanayi gibi sektörlerin gelişimini sınırlar. Ayrıca, yüksek işsizlik oranları ve yoksulluk Djibouti'nin karşılaştığı başka bir zorluktur. Bununla birlikte, son yıllarda hükümet, altyapı projeleri ve yabancı yatırımların teşviki gibi çeşitli önlemlerle ekonomik büyümeyi desteklemeye çalışmıştır..

Ulaşım: Cibuti'nin yerel bir değişim merkezi olma kimliği, mevcut küresel limanı ve Cibuti-Addis Ababa demiryolu üzerine inşa edilmiştir. Aynı şekilde develer, Arap yelkenlileri ve kamyonlar aracılığıyla sınır ülkelerine çok sayıda kayıt dışı aktarma da yapılıyor . Cibuti'nin karayolu topluluğu yaklaşık 2.000 mil (3.000 km) yol içermektedir ve bunların 1/2'sinden çok daha azı asfalttır. Ana rotalar, Tadjoura ile kuzeyi başkente bağlayan asfalt bir yolu ve başkenti güneye bağlayan Grand Bara Bulvarı'nı kapsıyor.Cibuti şehrine yakın Ambouli'de küresel bir havaalanı bulunmaktadır (Donnéesmondiale.com).

2.1.2 Cibuti karayolu acentesi (ADR)

Cibuti Karayolları Ajansı, ulusal karayolu ağının inşaat, bakım ve rehabilitasyon işlerinin uygulanmasından sorumlu olan Ekipman ve Ulaştırma Bakanlığına bağlı halka açık bir şirkettir. ADR aynı zamanda yol ağının yönetilmesinden ve yol çalışmaları için devredilen sözleşme makamından da sorumludur. Özellikle misyonu: Karayolu ağındaki operasyonların yürütülmesi,ulusal otoyol ağının durumuna ilişkin bir veri tabanı oluşturmak ve kalıcı olarak yönetmek,yıllık olarak uygulanan yol çalışmaları (bakım, rehabilitasyon ve yeni çalışmalar) için sürekli bir ulusal program geliştirilmesik,karayolu ağındaki altyapı projeleri, yollar ve mühendislik yapıları için fon araştırma dosyalarını hazırlamak, yolların inşaatı rehabilitasyonu ve bakımı kapsamında çevreyi korumak için gerekli tüm önlemleri almak.

Soubaneh Said Ismael başkanlığındaki bir Genel Müdürlükten oluşur (ADR Cibuti karayolu ajansı 2022).Uluslararası ağ için transit taşımacılığı da dahil olmak üzere karayolu taşımacılığına yönelik talebi karşılayabilecek bir hizmet düzeyinde her zaman sürdürmekten sorumludur (ADR Agence routière de Djibouti 2022).

2.1.3 Cibuti'deki yollar

Cibuti Şehrindeki asfalt yollar, kaplamasız 376,74 km'ye kıyasla yalnızca 204 km'dir.Bu asfalt yollar artık 20 yaşın üzerindedir ve her yıl yağın düzensiz yağmurlar, halihazırda

hassas olan yolların durumunu önemli ölçüde etkilemektedir. Bu bilgilerin çoğu Yol Veri Bankası tarafından bakım rota şeması şeklinde sağlanmıştır ve aşağıdaki (Çizelgede 2.1) özetlenmiştir.

Çizelge 2.1 2022'deki karayolu ağı (ADR Agence routière de Djibouti 2022)

İSİMLER		ŞEHİR İÇİ YOLLAR (KM)			
Şehir	Şehir	Kaplama asfalt tabanı	Olmadan kaplama	Toplam	Yüzdesi Kaplama (%)
Cibuti	Ras-Dika	36,23	5,47	41,70	86,9
	Boulaos	73,78	130,27	204,05	36,2
	Balbala	54,11	258,48	312,59	17,3
	Ara Toplam	164,12	394,22	558,34	29,4

Kaplama yüzdesi Cibuti şehrinde bir belediyeden diğerine büyük farklılıklar göstermektedir; Ras-Dika Belediyesinde yaklaşık %90, Boulaos Belediyesinde ise ancak %36,2 ve Balbala Belediyesinde %17,3'tür .

Karayolları ve otoyol ağının toplam uzunluğu 2.893 km'dir. Cibuti böylece dünya sıralamasında 147. sırada yer alıyor. Ama aynı zamanda şunları da hesaba katmalıyız: Ülkenin nüfus yoğunluğu oldukça düşük olup km² başına yaklaşık 43 kişi düşmektedir. Bu nedenle en uzak bölgelere ulaşmak için kat edilmesi gereken mesafeler genellikle ortalamanın üzerindedir.

Yılda ortalama 222 kişinin trafik kazalarında öldüğü (2012'den 2019'a kadar) Cibuti'deki karayolu trafiğinin çok tehlikeli olduğu değerlendiriliyor. Bu, yılda 100.000 kişi başına yaklaşık 23,7 kaza sonucu ölüme denk geliyor. Bu, bir bütün olarak AB için 5,9 ve küresel olarak 17,1'dir.

Çizelge 2.2 Cibuti Altyapısı (ADR Agence routière de Djibouti 2022)

	Toplam	1 milyon kişi başına	Kişi başına
Yollar	2.900 kilometre	2.886,66 km	124,70 m
İzlemek	100 kilometre	96,79 km	4,18 m
Su yolları	0	0,00 kilometre	0,00 m
Ticari Limanlar	33	32.93	0,001
Havalimanları	1	1.00	0,043

2.2 Yolun Etkisi

Herkesin bildiği gibi yolların bir ülkenin ekonomisine pek çok olumlu etkisi vardır, bu etkiler olumlu olabileceği gibi olumsuz da olabilir ve sadece ekonomik durumu etkilemez. Aynı zamanda sosyal hayata ve çevreye de etkisi var. Yolun ekonomik, sosyal ve çevreye doğrudan veya dolaylı etkileri olabilir, bu etkiler kesin olarak belirlenemez.

2.2.1 Sosyal etkiler

Taşımacılığın sosyal etkileri, doğası gereği ne ekonomik ne de çevresel olarak tanımlanabilir. Ya da daha geniş anlamda kişisel zevkler, refah, davranış veya görüşler ,gruplar, sosyal sınıflar ve genel olarak toplumlar üzerindeki etki olarak tanımlanabilir. Otomobil karayolu trafiğinin, literatürde iyi bir şekilde belgelenen birçok olumsuz sosyal etkisi vardır. Örneğin trafik, birçok sağlık sorunuyla ve refahın azalmasıyla ilişkilendirilebilecek hava kirliliğine ve gürültüye neden olur . Trafik aralıklarındaki artışlar ayrıca bisikletliler ve yayalar için çarpışma olasılığını da artırır. Bu aynı zamanda yürüyerek ve bisiklete binme eğilimini de azaltarak bedensel aktivitede azalmaya ve yakındaki tesislere erişimde azalmaya ve sonuçta sosyal dışlanmaya ve sağlık ve refahın bozulmasına yol açabilir .Yüksek trafik aralıkları ayrıca toplulukları birbirinden ayırır ve sosyal uyum üzerinde yetenek sonuçları doğurur (Appleyard ve diğerleri, 1981 ve Paulo Rui Anciaes 2016).

Kırsal alan

Kırsal alanlardaki yaşam kalitesi, ilk bakışta kırsal yaşamla doğrudan ilişkili görünmeyen ancak kırsal yaşamı büyük ölçüde etkileyen birçok koşul ve faktör tarafından belirlenmektedir. Köylülerin hayatını kolaylaştıran, kırsal ve kentli arasındaki yaşam kalitesi farkını azaltan medeniyetin faydalarından bahsetmektedir. Bu faydalar, uzmanlaşmış hizmet dağıtım sistemleri ve genel olarak altyapı olarak adlandırılan belirli nesneler tarafından sağlanır. İnsan yaşamının temelini oluşturan altyapı olmadan kırsalda tatmin edici bir yaşam gerçekleştirilemez. Gerekli altyapının bulunmadığı kırsal alanlar yaşamak ve çalışmak için elverişsizdir. Modern toplumun bilgi ifşası, kırsal kesimdeki insanların yaşamlarında niteliksel değişiklikler için koşullar yaratarak, sözde köylü köy yaşamı fikrini sürdürmeyi imkansız hale getirmektedir.

Kırsal kalkınmada yol altyapısının önemi göz ardı edilemez. Karayolu ağları kırsal komün alanlarında nüfus artışı için gerekli koşulları yaratır, milli gelir düzeylerini yükseltir, girişimciliği ve ekonomik büyümeyi teşvik eder, gerekli sosyal ve finansal bağlantıları kurar. Sokak toplulukları, kırsal ve beton ortamlardaki farklı yaşam koşullarını dengeleyerek köy sakinlerini büyük şehirlerde yoğunlaşabilecek medeniyetin faydalarına yaklaştırıyor. Günümüzün acil bilimsel sorunu, kırsal alanlardaki yol inşaatının olumlu ve olumsuz sonuçlarını değerlendirmek, yol ağının iyileştirilmesinin yıkıcı sonuçlarını ortadan kaldırmak ve kırsal kentsel alanların mali ve sosyal gelişimini sağlamaktır. Mevcut karayolu altyapısına yönelik teorik ve metodolojik kılavuzların geliştirilmektedir .

Kırsal alanlardaki yol inşaatı, çevresel, sosyal ve finansal alanlarda ortaya çıkabilecek yüksek kalite ve vahim sonuçlarla gözlemlenmektedir. Koruma açısından bakıldığında, yol altyapısının iyileştirilmesinin etkisi yıkıcıdır. Karayolu ağının iyileştirilmesinin mali sonuçları hem büyük hem de korkutucudur. Bu, şirketlere daha geniş bir erişim ve daha hızlı şekilde tedarik kaynağı sağlarken, arazi kullanım makinelerinin sorun yaşamaları durumunda hasar oluşması gibi teknolojik sistem gelişmeleri sıklıkla gözlemlenmektedir (Bryzhko 2019).

2.2.2 Ekonomiye etkiler

Olumlu Etkiler

Yol altyapısı, mal ve hizmetlerin, insanların ve sermayenin etkili bir şekilde hareket etmesini sağlayarak ekonomik kalkınmaya önemli katkılar sağlar. İyi geliştirilmiş bir yol ağı, pazarlara, okullara, sağlık hizmetlerine ve diğer temel hizmetlere erişimi artırarak işletmelerin müşterilere daha verimli ulaşmasını sağlar ve bireylerin istihdam fırsatlarına ve temel hizmetlere ulaşmasına yardımcı olarak ekonomik aktiviteyi teşvik eder. İyi bakımlı yol altyapısı, taşıma maliyetlerini azaltır, tedarik zinciri verimliliğini artırır ve böylece bölgeler ve ülkeler arasında ticari ilişkileri güçlendirerek ekonomik büyümeyi teşvik eder. İyi geliştirilmiş kırsal yol altyapısı, çiftçilerin ürünlerini daha verimli bir şekilde pazarlara taşımalarını sağlar, hasat sonrası kayıpları azaltır ve geliri artırarak yoksulluğun azaltılmasına ve genel kırsal kalkınmaya katkıda bulunur. Yol altyapısı, turizm endüstrisinde, turistik destinasyonlara, kültürel sitelere ve rekreasyon alanlarına erişimi sağlayarak önemli bir rol oynar. İyi bakımlı yollar, ziyaretçi deneyimini artırır, daha fazla turisti çeker ve konaklama, ulaşım ve eğlence gibi ilgili endüstrilerin büyümesini destekleyerek istihdam ve gelir fırsatlarını artırır. Sonuç olarak, yol altyapısı, erişimi artırarak, ticaret ve ticareti kolaylaştırarak, yatırım çekerek, kırsal kalkınmayı teşvik ederek ve turizm endüstrisini destekleyerek ekonomik kalkınmayı teşvik eden bir katalizör olarak hizmet eder. Dolayısıyla, yol inşaatı ve bakımına yatırım yapmak, sürdürülebilir ekonomik büyümeyi teşvik etmek ve toplulukların genel yaşam kalitesini iyileştirmek için hayati öneme sahiptir (Nurmuhammed Yusupov 2020).

Olumsuz etkiler

Kötü inşa edilmiş bir yol veya yolun kötü konumu ekonomiyi olumsuz etkileyebilir, bunun için kullanılacak malzemelere, kullanılacak kaplama türüne dikkat etmeli ve ayrıca gelecekteki yol için çok sayıda konum çalışması yapmalıyız. Olumsuz etkilerin bazı örnekleri şunlardır:

➤ Kötü inşa edilmiş bir yolun olumsuz etkileri:

Daha yüksek bakım maliyetleri: Kötü inşa edilmiş yollar hasara, aşınmaya ve yıpranmaya karşı daha hassastır, bu da daha yüksek bakım ve onarım maliyetlerine yol açabilir. Azalan Verimlilik: Kötü inşa edilmiş yollarda ulaşım zor olabilir ve düşük hız limitlerine sahip olabilir, bu da işletmeler ve bireyler için verimliliğin azalmasına ve ulaşım maliyetlerinin artmasına neden olur. Ticaretin azalması: Kötü yollar malların taşınmasını zorlaştırabilir, ticareti engelleyebilir ve ekonomiyi olumsuz etkileyebilir. Azalan yatırım: Kötü inşa edilmiş yollar, yatırımı daha az çekici hale getirebilir, ekonomik büyümeyi ve istihdam olanaklarını sınırlayabilir. Daha az turist: Kötü yollar turistlere ülke hakkında kötü bir imaj verebilir ve bölgeye ulaşmalarını zorlaştırabilir, bu da ülkenin itibarını ve yerel ekonomiyi olumsuz yönde etkileyebilir. Güvenlik riskleri: Kötü inşa edilmiş yollar kaza riskini artırır, bu da daha yüksek sağlık ve sigorta masraflarına ve hatta can kaybına neden olabilir. Azalan rekabet gücü: Kötü inşa edilmiş yollar, bir ülkeyi yatırımcılar için daha az çekici hale getirerek, mal ve hizmetleri verimli bir şekilde taşımayı daha az mümkün hale getirerek küresel ekonomide daha az rekabetçi hale getirebilir (Nurmuhammed Yusupov 2020)..

Genel olarak, bakımsız yolların bir ülkenin ekonomisi üzerinde önemli olumsuz etkileri olabilir, ekonomik büyümeyi ve kalkınmayı destekleyen yüksek standartlara sahip yolların inşa edilmesi önemlidir.

➤ Kötü konuma sahip bir yolun ülke ekonomisi üzerinde birçok olumsuz etkisi olabilir. Bazı örnekler şunları içerir:

Sınırlı erişilebilirlik: Kötü konumlandırılmış yollar limanlar, havalimanları ve endüstriyel alanlar gibi kilit alanlara bağlanmayabilir, bu da işletmelerin ve bireylerin, mal ve hizmetleri taşımalarını zorlaştırabilir. Arazinin değer kaybetmesi: Kötü konumlandırılmış yollar yakındaki arazinin değerini düşürebilir, bu da onu tarım, ormancılık veya diğer kullanımlar açısından değerini azaltabilir. Mülk Değer Kaybı: Kötü yollar yakındaki mülklerin değerini düşürür, ev sahiplerinin evlerini satmasını veya yeniden finanse etmesini zorlaştırır. Turistlerin azalması: Kötü konumlu yollar popüler turistik yerlere

ulaşmayı zorlaştırabilir ve bu da yerel ekonomi üzerinde olumsuz etki yaratabilir. Azalan yatırım: Kötü konumlandırılmış yollar, endüstriyel alanlar gibi temel yatırım alanlarına bağlanmayabilir ve bu da ekonomik büyümeyi ve istihdam olanaklarını sınırlayabilir. Artan trafik sıkışıklığı: Kötü konumlandırılmış yollar trafiği kaldıramayabilir, bu da sıkışıklığı artırabilir ve üretkenliği azaltabilir. Toplu taşımanın azalması: Kötü konumlu yollar toplu taşımaya bağlanmayabilir, bu da potansiyel olarak arabası olmayanlar için ekonomik fırsatları sınırlayabilir. Toplumun yer değiştirmesi: Yanlış konumlandırılmış yollar toplulukları yer değiştirmeye zorlayabilir, bu da geğim kaynaklarını ve kültürel mirası etkileyebilir (Nurmuhammed Yusupov 2020)..

Genel olarak, kötü yol konumlandırması bir ülkenin ekonomisi üzerinde önemli bir olumsuz etkiye sahip olabilir. Ekonomik büyümeyi ve kalkınmayı desteklemek için yol konumlandırmasını dikkatli bir şekilde değerlendirmek önemlidir (Nurmuhammed Yusupov 2020).

Yolların ekonomi üzerindeki etkisi karmaşık olabilir ve yeni yol inşa etmeden veya mevcut yolları genişletmeden önce maliyet ve faydaların dikkatle değerlendirilmesi önemlidir. Bir yol mühendisi olarak yolun ekonomiye olumlu etkilerini en üst düzeye çıkarmak için tüm olasılıkları dikkate almakla yükümlüdür (Nurmuhammed Yusupov 2020).

2.2.3 Çevresel etkiler

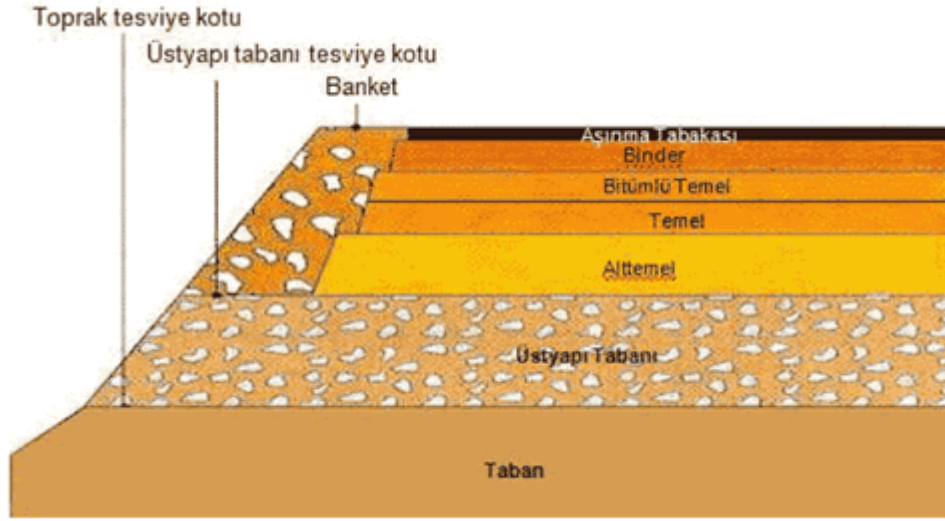
Karayolu ağı, insan toplumu için ulaşım, seyahat, kültürel alışveriş, mal ve bilgi akışı gibi önemli sosyo-ekonomik işlevler ve hizmetler sağlar. Aynı zamanda çevreyi çeşitli şekillerde etkileyebilirler; Bunun ana nedenlerinden biri, peyzajın parçalanması, akustik rahatsızlıklar, kenar etkileri ve insan yapımı hastalıkların yaygınlaşması nedeniyle oluşan yaygın ekolojik hasardır (habitat tahribatı, türlerin yok olması, peyzajın parçalanması, ekosistemin bozulması vb.). Ayrıca yollar, yolları kullanan araçlardan kaynaklanan emisyonlar yoluyla hava ve su kirliliğinin yanı sıra iklim değişikliğine de katkıda bulunabilir. Yolların inşası ve bakımı da toprak erozyonu ve doğal manzaraların tahrip edilmesi gibi olumsuz etkilere sebep olabilir (Shuailong Feng 2021).

Ekosistemler üzerinde zararlı etkisi olan yol inşaatları çevreyi ve bileşenlerini etkilemektedir. Güney Çin Ulusal Mühendislik, Ormancılık ve Ekolojik Uygulamalı Teknoloji Enstitüsü tarafından gerçekleştirilen mevcut çalışmayla ilgili olarak, otoyol inşaatı çevresinde toprağın bazı doğal bileşenlerinin azaldığını ve hatta yok olduğunu gözlemlenmiştir. Bunun nedeni doğal peyzajlardan kapalı alanlara geçişin toprak erozyonu ve bitki örtüsünün bozulması gibi yıkıcı süreçlerin tetiklenmesi veya hızlanmasına yol açmasıdır (Ifen 2006).

Üstelik yolların çevresel etkisi, taşıdıkları trafik miktarıyla çarpılır. Büyük miktarda malzeme tüketilmekte ve ülkede yıllık toplam üretimin yarısı yollarda tüketilmektedir. Karayolu trafiğinden kaynaklanan atıkların üçte biri (çoğunlukla inert malzemeler) çöp depolama alanlarına gönderilir. Karayolu trafiği ve yol inşaatı ülkenin CO2 emisyonlarına katkıda bulunur (Ifen 2006).

2.3 Farklı Yol Kaplamaları ve Kullanılan Malzemeler

Yollar birçok katmandan oluşur: ÜstYapı tabanı, alttemel, temel tabakası, bitümlü temel tabakası, binder, Aşınma tabakası. Bu katmanlar birlikte yol yüzeyini oluşturur. Yüksek kaliteli yapı malzemelerinden yapılmış kaplama, trafiğin oluşturduğu kuvvetleri dağıtır ve yola etki eden yükleri aşırı yüklerden ve deformasyonlardan güvenilir bir şekilde korur. Farklı trafik seviyeleri, özel ve uygun tasarımlar gerektirir. Yol, çeşitli malzemelerden ve çakıl, taş, asfalt, beton veya iyileştirilmiş topraktan yapılmış malzeme karışımlarından yapılabilir. Yol katmanı malzemesi ve kalınlığının seçimi beklenen trafik yoğunluğuna bağlıdır. Mevcut bütçe, yol koşulları ve uygun yerel malzemelerin bulunabilirliği gibi faktörler , tasarım aşamasında dikkatle dikkate alınması gereken önemli parametrelerdir .



Şekil 2.1 Yol kaplamasının bileşimi (ASMÜD 2021)

Yüzey katmanı yalıtılmıştır ve kapak yüzey suyunun girişini önler. Tabanı ve alt zemini zayıflatır. Kırsal alanlardaki yaygın yollar genellikle doğal çakıl taşıyla korunmaktadır. Bitüm ve beton yüzeyler daha geçirimsiz zemin sunar. İklim ve trafiğin harmanladığı aşınma kuvvetlerine karşı direnç. Yol tabanı (ayrıca taban tabakası olarak da adlandırılır), yola ekstra dayanıklılık ve yük taşıma kapasitesi sunması açısından temel katmandır. Genel olarak bu katman, yol kalitesinin iyileştirilmesine yardımcı olduğu gösterilen belirli özellikler sergileyen kırılmış ve elenmiş malzemelerden veya seçilmiş doğal kaynak topraklardan oluşur. Kaplama aynı zamanda yol kaplama malzemesi ile kaplama arasında ayırıcı bir katman görevi de görebilir. Yolun inşa edildiği doğal zemine "zemin" denir. Yol yatağı bozulmamış topraktan oluşabilir veya yol, yol hattı boyunca başka yerlerden ithal edilen toprakla doldurulabilir. Trafiği az olan yollarda veya iyi toprak üzerine kurulmuş kırsal yollarda bu tür katmanlara ihtiyaç duyulmaz. Bazı durumlarda iyi bir yüzey kalitesi elde etmek için yeterlidir. Diğer durumlarda doğal zeminler beklenen trafiği karşılayacak kadar elastik olabilir. Yol tasarımının önemli bir kısmı yol yüzeyinin bir kısmını oluşturan tüm katmanların bileşiminin seçilmesidir. Her mühendislik yapısında olduğu gibi tasarım da yolun kullanılacağı kullanım türüne bağlıdır. Trafik yol çerçevesini ve temelini zorlayarak yüzeyde aşınmaya neden olur. Trafikten kaynaklanan yüklerin yola zarar vermeden yüzeyden temele veya toprak altına aktarılması gerekmektedir. Bu nedenle, optimum kaplama düzeninin belirlenmesinde önemli bir faktör temelin kalitesidir. Eğer yol sağlam bir zemin üzerindeyse takviye katmanlarına

olan ihtiyaç azalır. Zayıf topraklı bölgelerde döşenen yollarda, kuvvetlerin temellere daha iyi dağıtılması için daha güçlü temeller gerekir. Benzer şekilde trafiğin yoğun olduğu yollar da daha dayanıklı yüzey işlemleri gerektirir. Ülke çapındaki yerleşim gereksinimleri, yolların yapısına (ana yollar, tali yollar, üçüncül yollar, besleyici yollar, köy yolları) ve trafik hacmine bağlı olarak uygun yerleşim çözümleri için rehberlik sağlar. Bu yönergeler genellikle geniş bir yelpazedeki olası çözümleri içerir ve belirli bir proje için nihai planın yerel olarak mevcut malzeme kaynaklarının kullanımını en üst düzeye çıkarmasını sağlar (Institut Français des Routes 2016).Kaplama tasarımı büyük ölçüde ampirik bir bilimdir ve gerçekte neyin işe yaradığına dayanır. Değişen topraklar ve yerel koşullardaki farklılıklar göz önüne alındığında, yol tasarımı büyük ölçüde belirli koşullar altında sonraki yaşamda görülen tepkilere dayanmaktadır. Hava durumu, trafik, zemin koşulları vb.nin etkili olduğu kanıtlanmıştır.Kaplama tasarımındaki ana belirleyiciler şunlardır: Toprak altı kalitesi, uygun inşaat malzemelerine olan mesafe ve ilgili maliyetler, trafik miktarı ve türü (yoğun veya hafif), trafik tahmini, hava koşulları, bakım talebi (Institut Français des Routes 2016).

2.3.1 Farklı kaplama türleri

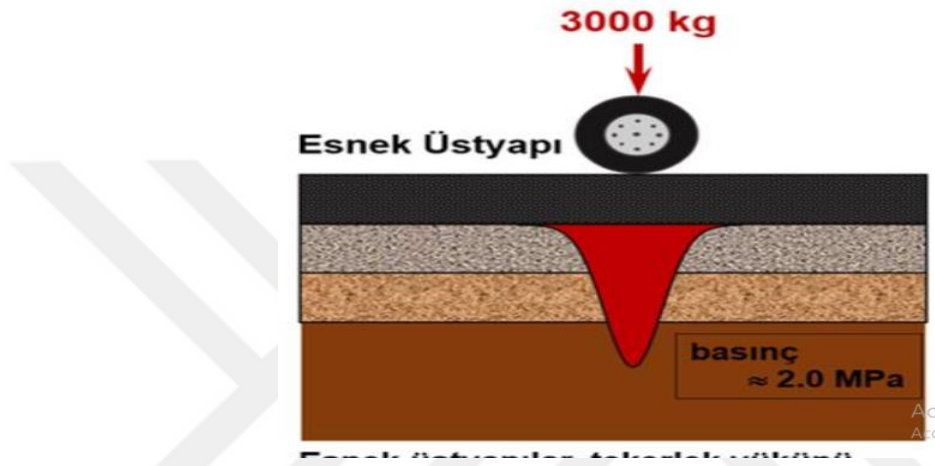
Cibuti'de yaygın olarak karşılaşılan kaplamalar, onları oluşturan yapıya göre beş kategoride sınıflandırılabilir. Genellikle şu şekilde anılırlar:

- Esnek Üstyapılar
- Bitümlü kaplama
- Yarı-rijit Üstyapılar
- Sert (veya beton) Üstyapılar
- Kompozit Üstyapılar

➤ Esnek Üstyapılar

Esnek kaplamalar, tabanı işlenmemiş malzemelerden yapılmış, nispeten zayıf (0,12 m'ye eşit veya daha az) bir bitüm tabakasıyla kaplanmış kaplamalardır. Nispeten ince olan bitümlü kaplama ($\leq 0,12$ m), trafikten kaynaklanan dikey gerilimlerin çok az yayılmasını

sağlar ve tabanında bükülme nedeniyle tekrarlanan çekme kuvvetlerine maruz kalır (Şekil 2.2). Trafiğin yarattığı kuvvet bu nedenle granüler kazık boyunca tabandan destekleyici toprağın yüzeyine yayılır. Doğası ve kalınlığı nedeniyle granüler katmanın düşük sertliği, bu kaplamaları işlenmemiş malzemelerin ve destekleyici toprakların hidrik durumundaki değişikliklere karşı özellikle duyarlı hale getirme etkisine sahiptir (Bjørn Johannessen 2008).



Şekil 2.2 Esnek kaplamalar (Bjørn Johannessen 2008)

➤ Bitümlü Üstyapılar

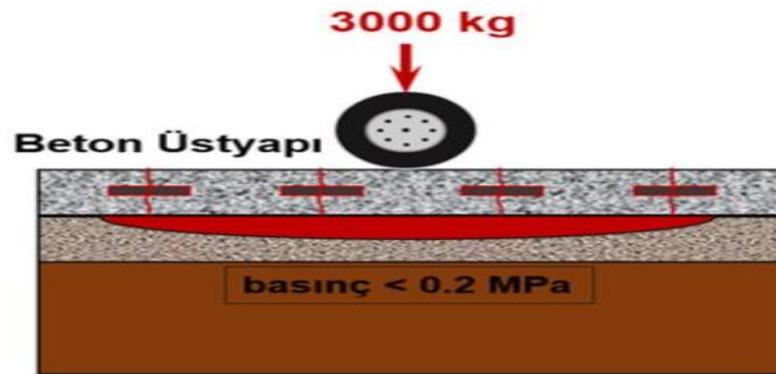
Bitümlü kaplamalar, tabanı bitümlü malzemelerden oluşan, toplam kalınlığı 0,12 m'den fazla olan kaplamalardır. Bitümlü malzeme katmanlarının sertliği, desteğe iletilen dikey gerilimleri büyük ölçüde azaltarak dağıtmayı mümkün kılar. Yuvarlanma yüklerinin neden olduğu kuvvetler, bitümlü katmanlarda çekme-esneme ile karşılanır. Farklı katmanlar arasındaki arayüzler bağlı kaldığı sürece maksimum çekme kuvvetleri en derin katmanın tabanında meydana gelir. Katmanlar çözülürse, her biri daha büyük bir gerilimle çekme kuvvetine maruz kalır ve yorulma nedeniyle kırılabilir. Bu nedenle arayüzlerin kalitesinin bu kaplamaların davranışı üzerinde büyük etkisi vardır (Şekil 2.1)(Bjørn Johannessen 2008).



Şekil 2.3 Bitümlü Üstyapılar (Bjørn Johannessen 2008)

➤ Sert (veya beton) Üstyapılar

Esas itibarıyla sert bir malzemeyle, genellikle çimento betonuyla yapılan kaplama; Beton tabakası normalde taban ve yüzey tabakası rolünü üstlenir ancak ince bir asfalt betonu aşınma tabakasıyla kaplanabilir. Bu tip kaplamanın avantajları, destek üzerindeki yüklerin iyi dağılımı ve yorulmaya karşı iyi dirençtir (Şekil 2.4).

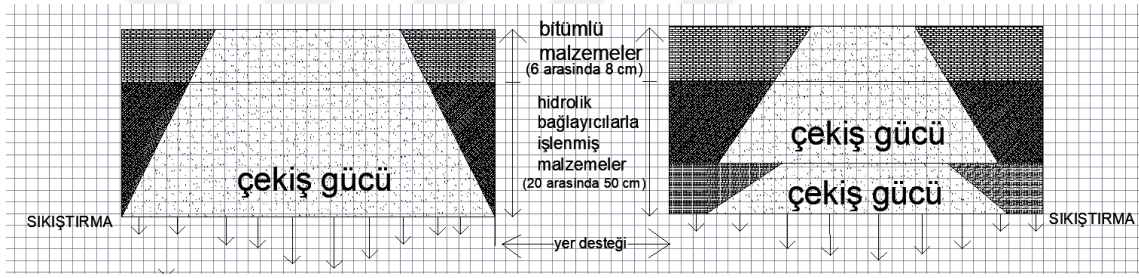


Şekil 2.4 Sert Üstyapılar (Bjørn Johannessen 2008)

➤ Yarı-rijit Üstyapılar

Yarı-rijit Üstyapılar, tabanı hidrolik bağlayıcı ile işlenmiş malzemelerden yapılmış kaplamalardır. Hidrolik bağlayıcıyla işlenen malzemelerin büyük sertliği, kaplama desteğine iletilen dikey gerilimlerin büyük ölçüde azaltılmasını mümkün kılar. İşlenmiş

koltuk, bu tip yolun boyutlandırılmasında belirleyici olduğu kanıtlanan çekme-bükme gerilimlerine maruz kalır. Taban katmanı ile temel katmanı arasındaki arayüz bağlandığı sürece, maksimum çekme gerilmesi temel katmanının tabanında gözlenir. Bu arayüz, "hızlı" sertleşen hidrolik bağlayıcılarla (çimento, yol bağlayıcı, ön zemin cüruf) inşa edilen yapıların çoğunda olduğu gibi gevşek veya kaygansa, katmanların her ikisi de tabanlarında gerilim altında çalışır. Bu nedenle arayüzlerin kalitesi bu kaplamaların davranışları üzerinde büyük bir etkiye sahiptir. Hidrolik bağlayıcılarla işlenen tabanlar büzülmeye ve termal büzülmeye maruz kalır, bu da oldukça düzenli bir aralıkta (5 ila 15 m arasında) aşınma süreci boyunca (yılda bir santimetre civarında) hızla yükselen çatlama kesitine neden olur. Termal değişimlere göre, çatlağın açılması milimetrenin onda birkaçından birkaç milimetreye kadar değişir, bu da değişken birbirine geçme koşullarıyla sonuçlanır (Şekil 2.5).



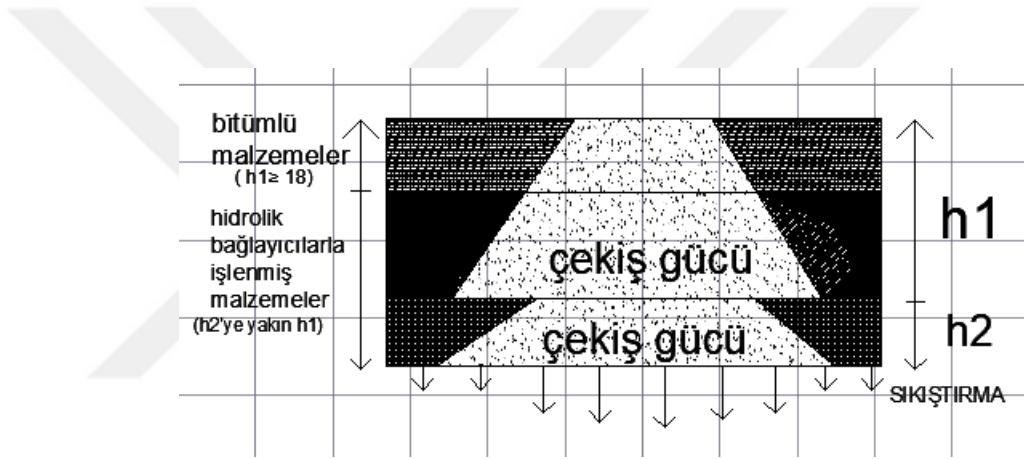
Şekil 2.5 Yarı-rijit Üstyapılar (Bjørn Johannessen 2008)

➤ Kompozit Üstyapılar

Kompozit Üstyapılar, tabanı iki farklı malzeme katmanından oluşan kaplamalardır: hidrolik bağlayıcılarla işlenmiş malzemelerdeki temel katmanı ve bitümlü malzemelerdeki taban katmanıdır. Bitümlü tabakaların toplam kalınlığının yapıya oranı 0,4 ile 0,6 arasındadır. Temel tabakasının hidrolik malzemeleri, yüksek sertlikleri nedeniyle, destek zeminine iletilen kuvvetleri dağıtır ve zayıflatır. Kalınlığı sayesinde bitümlü malzemelerden oluşan taban katmanı, temel katmanındaki enine çatlakların yükselişini yavaşlatır ve günlük termal değişimleri azaltır. Ayrıca mekanik performansı temel katmanının tabanındaki bükülme gerilmelerinin azaltılmasını mümkün kılar. Bitümlü ve hidrolik malzemeler arasındaki farklı termal genişleme katsayıları ve trafiğin etkisiyle, temel ve temel katmanları belirli bölgelerde soyulup kırılabilen, bu da

yapının mekanik çalışma modunun iki aşamalı olarak değerlendirilmesine yol açmaktadır :

- 1: Alttemel tabakası ile temel tabakası arasındaki ara yüzeyin bağlı olduğu kabul edilir: hidrolik bağlayıcılarla işlenen katmanın tabanı çekme yorulmasına maruz kalır;
- 2: Alttemel tabakası ve temel tabakası arasındaki arayüz yerel olarak gevşer: o andan itibaren iki katman, tabanlarındaki çekiş nedeniyle yüksek düzeyde gerilime maruz kalır. Temel katmanı özellikle gerilim altındadır ve bu da hızlı bir şekilde bozulmasına neden olur (Şekil 2.6)(hesaplama modülünün 5'e bölünmesi).



Şekil 2.6 Kompozit Üstyapılar (Bjørn Johannessen 2008)

2.3.2 Kullanılan farklı malzemeler

Yol yüzeylerinin birçok farklı konfigürasyonu ve varyasyonu vardır. Kırsal yolların inşası amacıyla, kırsal kesimde her türlü hava koşuluna uygun temel erişim yollarının sağlanmasına yönelik yaygın olarak uygulanan bazı çözümlerin dikkate alınması yeterlidir. Kırsal yollar, asfaltlama için kullanılan ana yapı malzemesine göre sınıflandırılabilir (Bjørn Johannessen 2008):

➤ Toprak

Toprak yol, kullanılan toprağın performansına özel gereksinimler getirilmeden yola bitişik topraktan inşa edilen bir yoldur. Toprak yollar, trafiğin az olması beklenen alanlara kolay erişim sağlamanın uygun bir yolu olabilir. Toprak yollar genellikle köyler ile ilçe yolları veya besleyici yollar arasındaki nihai bağlantıları sağlamak için inşa edilir. Sınırlı trafik ve kısa mesafeler nedeniyle, tüm yıl boyunca ve her türlü hava koşulunda açık olma gerekliliği, daha sık ve çeşitli ulaşım modları için tasarlanmış yollara göre daha az kritiktir. Bu tür yolların inşası genellikle aşamalı bir inşaat sürecinin ilk adımı olarak yapılır. Karayoluyla erişilemeyen alanlarda, gelişen toprak yolların topluluk erişimini önemli ölçüde artırabileceği kabul edilmelidir. Kalıcı nehir geçişlerinin kurulmasıyla birlikte bu çözüm ulaşım ihtiyaçlarını karşılamaya yeterli olabilir. Trafik arttıkça ve daha fazla bakım gerektikçe , yol yüzeyleri ve bunların alt temellerinin iyileştirilmesi gerekebilir. Kırsal alanlarda yerel ulaşım çoğunlukla bisiklet, motosiklet, hayvan arabaları ve iki tekerlekli traktörler gibi motorsuz veya hafif ara ulaşım araçlarından oluşmaktadır. Açıkçası bu tür trafik, yoğun ve sık ticari trafikten farklı performans gerektirir. Kırsal alanlarda yaygın olan hafif trafik sıklıklarının nedeniyle pahalı kaplamalara ve yüzey işlemlerine gerek kalmayabilir (Bjorn Johannessen 2008).

➤ Çakıl veya agrega

Herhangi bir kamu yolu ağındaki yolların çoğunluğu, köyleri ve yerleşim yerlerini ana otoyollara ve otoyollara bağlayan çok sayıda otoyoldan oluşur. Karayolları ülkenin farklı bölgeleri arasında ulaşımı sağlarken, yerel yollar da kırsal alanlara önemli erişim sağlıyor. Yerel yollarda genellikle nispeten az trafik vardır. Ancak çoğu durumda topluluğa ulaşımın tek yolu bunlardır, dolayısıyla hizmet verdikleri yerel nüfus için önemli bir rol oynarlar. Bu alanlara her türlü hava koşulunda erişimin sağlanması için geniş bir kırsal yol ağına ihtiyaç vardır. Çakıl yüzeyinin kalınlığı mevcut çakıl malzemesinin kalitesine, alt toprağın mukavemetine ve beklenen trafik yüklerine bağlıdır. Orta kaliteli çakıl için 10-20 cm'lik bir katman uygulanması gelenekseldir. Çakıl yol yüzeyinin tamamına uygulanabilir veya trafiğin çoğunun geçtiği orta kısımla sınırlı olabilir (Björn Johannesen 2008).

➤ Bitümlü

Bitüm, halihazırda inşaat sektöründe (yol işleri, su yalıtım işleri, hidrolik işler) kullanılan başlıca siyah ürünleri oluşturmaktadır. Bitüm, petrolün ayrımsal damıtılmasından elde edilir . 1980'lerden bu yana, artık yol mühendisliğinde kullanılmayan kömür ziftlerinin ve katranlarının yerini aldılar. Asfalt kaplama çeşitli yöntem ve malzemeler kullanılarak üretilmektedir. Bazı hazır karışımlar büyük endüstriyel harmanlama tesislerinde yapılırken, bazıları da malzemelerin sahada harmanlanmasıyla yapılır. Hepsinin ortak özelliği doğal toprakla karıştırılmış zemin agregası veya farklı asfalt formülasyonları içermesidir. Ayırt edebileceğimiz özellikler:

- Saf bitüm: Farklı özelliklerine (viskozite, nüfuz edebilirlik, yumuşama noktası vb.) göre çeşitli sınıflarda tanımlanan bitüm .
- Oksitlenmiş bitüm veya kükürtlü bitüm: Yüksek sıcaklıklarda hava ile reaksiyona girerek reolojik özellikleri değiştirilmiş bitüm.
- Sıvılaştırılmış bitüm veya CUT BACK: viskozitesini azaltmak için petrol seyrelticiyle karıştırılan bitüm. Akışkanlık ve kuruma hızına göre 3 çeşidi vardır: yavaş kürlenme , orta kürlenme hızlı kürlenme.
- Eritilmiş bitüm: Düşük uçuculukta eritken yağın eklenmesiyle yumuşatılmış bitüm (genellikle petrol kökenli bir yağ veya bitkisel yağ karışımı: kolza tohumu)
- Modifiye bitüm: Özellikleri kimyasal maddelerin eklenmesiyle değiştirilmiş bitüm: doğal kauçuk, sentetik elastomerler, kükürt, organo -metalik bileşikler, pigmentler, vb.
- Bileşik bitüm: Bitümün %50'den fazlasını temsil ettiği bitüm-katran, bitüm-zift (şu anda yakıtlara dayanıklı anti-kerosen kaplamada bile kullanılmamaktadır).
- Bitüm emülsiyonları: Emülgatörler veya yüzey aktif maddeler (yağlı aminler) kullanılarak bitümün su içinde dağıtılması. % 65 ila 69 oranında bitüm içerirler ve asidik (hidroklorik asit, asetik asit vb. ilavesi) veya bazik (aminler vb.) olabilirler.
- Asfalt: Bitüm (%7 ila 14), agrega ve mineral tozlarının karışımı. Bazen doğal asfalt tozu (kireçtaşı kayası veya doğal olarak emdirilmiş kumtaşı: kaya asfaltı) içerir . Yüksek sıcaklıklarda üretilip uygulanır (uygulama sıcaklığı 200°C'yi geçmemelidir) ve iyi bir sızdırmazlık sağlar (pürüzsüz malzeme, boşluk olmaz). Kaplamalar, yollar, köprüler vb. yüzeylerde kaplama olarak kullanılır.

- Bitümlü kaplanmış veya bitümlü karışım, bitüm (%5 ila 10) ve agrega karışımı. Tüm bu bitümlere yapışkan katkıları (amino türevleri) eklenebilir. Uygulama sıcaklığına bağlı olarak şunları ayırt ederiz:
 - Sıcak karışım asfalt yaklaşık 150°C – 160°C sıcaklıkta üretilir ve bir son işlemci kullanılarak yaklaşık 140°C – 150°C sıcaklıkta yerleştirilir.
 - Yaklaşık 90° ila 130° arasında üretilen ve 90°C'de uygulanan sıcak karışım.
 - Soğuk karışım: Oda sıcaklığında uygulanan agrega ile bitüm emülsiyonunun karışımı yol bakımı ve onarımı (Bjørn Johannessen 2008).

➤ Beton

Beton kaplama genellikle bazı ülkelerde aşırı trafik yoğunluğunun olduğu yollar için kullanılır. Beton zeminlere esnek olmayan zeminler denir. Çünkü levhalar alttaki katmandaki mukavemet düzensizliklerini köprülemeye hizmet eder. Beton kaplamalar otoyollarda ve yollarda yaygındır ve ağır yükler ve aşırı trafik nedeniyle ağır bir şekilde gerilebilir. Temel katmanın yanı sıra her üst katman için de beton kaplama kullanılmaktadır. Bu yapı malzemesinin dayanıklılığına rağmen yüksek maliyeti olduğunu belirtmek önemlidir..

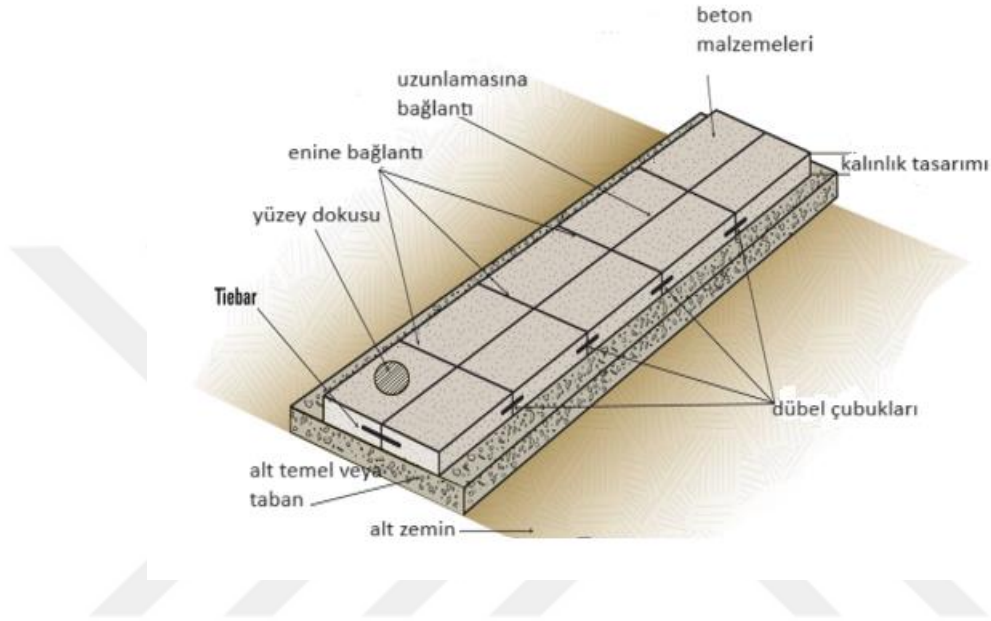
Yaygın Beton Kaplama Çeşitleri

Yaygın olarak iki tip beton kaplama kullanılmaktadır: JPCP ve CRCP. Her iki inşaat şekli de belirli çalışma gereksinimlerini karşılayan veya aşan sürdürülebilir yürüyüş yolları sağlayabilir. Hem JPCP hem de CRCP, yeni inşaatlar, yenileme işleri ve mevcut yollarda bağlı olmayan kaplamalar için (yenileme) uygundur.

• Derzli Düz Beton Kaplama

Maliyet etkinliği ve güvenilirliği nedeniyle günümüzde inşa edilen beton kaplamaların çoğunluğu JPCP tasarımlarıdır. İstenildiği gibi, levhalar artık inşaat demirini genellikle birbirinden 15-20 feet uzakta olan enine derzler arasında dağıtmıyor. Ayrıca, paneller

arasında araç ve otobüs gibi ağır trafik yüklerini aktarmak için yan bağlantılarda dübel çubukları ve paneller arasında şifreli kilitler oluşturmak için dikey bağlantı noktalarında bağlantı çubukları içerir (Björn Johannessen 2008).



Şekil 2.7 Tasarım özellikleri (Björn Johannessen 2008)

- Sürekli Betonarme Kaplama

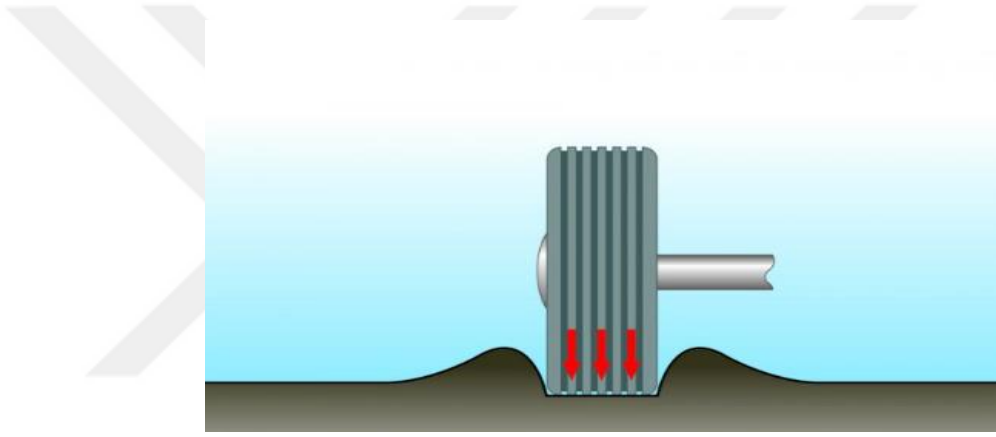
Sürekli donatılı beton yol çapraz derzler olmadan tasarlanmıştır (mevcut çapraz derzler hem inşaat derzleridir hem de köprüler de dahil olmak üzere yapıların kaplamasını ayırmak için kullanılan uç derzlerdir ve özel dikkat gerektirir). Bunun yerine sürekli donatılı beton döşeme (Şekil 2.7), genellikle döşemenin kesit alanının yüzde 0,6-0,8'i kadar büyük miktarda uzunlamasına takviye içerir. Yüksek boyuna takviye içeriği, makul aralıklarla (yaklaşık 3-8 feet) yanal çatlakları iyileştirir ve teçhizatın ömrü boyunca kümenin yük döngüleriyle etkileşimini korur hem de çatlakların sıkı bir şekilde sabitlenmesinde etkilidir. İnşaat sırasında üyeler. Bazı firmalar yoğun şehir içi hatlarda yüksek trafik yüklerine uygun olduğu için sürekli donatılı beton tasarımlarını kullanır (Björn Johannessen 2008).

2.4 Arkasındaki Kaplamanın Mekanik Davranışı

2.4.1 Lastik yükleri

➤ Hareket eden bir lastiğin basıncıyla zeminin reaksiyonudur

Aracın ağırlığı lastikler vasıtasıyla basınç şeklinde yere iletilir. Genel olarak topraklar bu tür basınçlara zarar vermeden dayanamaz. Zemin yeterince sağlam değilse lastik zemini sıkıştırır ve tekerlek izi oluşur (Şekil 2.8).

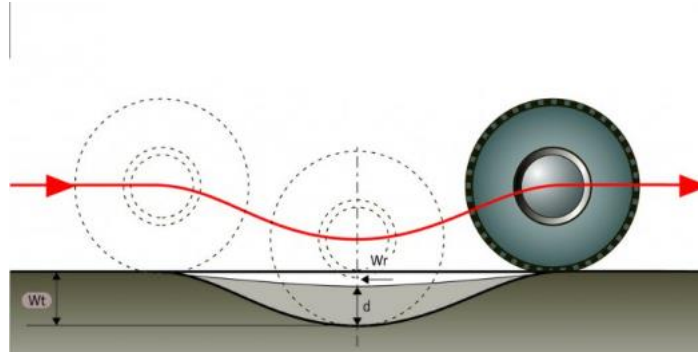


Şekil 2.8 Zeminde hareket eden bir yükün etkisi altında tekerlek izi oluşumu (InfoCiment 2019)

Zemin yük taşıyorsa, fark edilemeyen ancak anlaşılması gereken iki şey olur (Şekil 2.9).

- Lastiğin altındaki zemin çöküyor. Bu toplam gerinimdir: W_t .
- Tekerlek uzaklaştığında zemin yükselir ancak tamamen yükselmez: kalan deformasyon kalır: W_r .

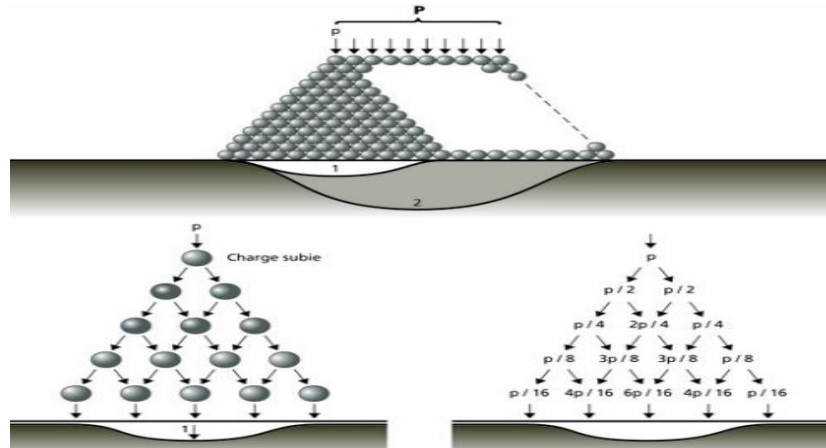
1) $d = W_t - W_r$ farkına “sapma” denir.



Şekil 2.9 Yük geçişinin etkisi altında zeminin sapmasını gösteren diyagram (InfoCiment 2019)

- Zemin ile teker bağlanmamış granüler bir tabaka yerleştirildiğinde olan şey budur.

Bağlanmamış bir granüler tabakada, kurucu taneler birbirinden bağımsız kalır. Bu nedenle 100 ila 500 MPa arasında düşük modüllü malzemelerdir. Sonuç olarak, bir yükün etkisi altında, bu katman esas olarak sıkıştırılarak çalışır, yani yükün tamamını eşit olmayan bir şekilde dağıtarak alttaki toprağa iletir. En önemli basınç yükün altındadır. Bu olguyu şematize etmek için birbirinin aynı taşlardan, hatta mermerlerden oluşan bir yığın hayal edin (Şekil 2.10) (InfoCiment 2019).



Şekil 2.10 Doğal zemin üzerine oturan bağlanmamış granüler bir tabakadan oluşan bir yolun işletme diyagramı (InfoCiment 2019)

Bir topun üzerindeki p yükünü düşünün.

Bu, alttaki katmanın iki topunun her birine $p/2$ 'yi iletacaktır. 3. sıranın üç topunda sırasıyla:

$p/4$ 2 $p/4$ $p/4$, şu şekilde olacaktır: $p/8$ 3 $p/8$ 3 $p/8$ $p/8$ vb.

N'inci sırada p yükünün yayılmasına karşılık gelen çan şeklinde bir dağılım olduğu görülmektedir (Şekil 2.11). Ancak granüler tabaka-zemin arayüzünde yayılı yüklerin toplamının p yüküne eşit olduğu görülmektedir (InfoCiment 2019).

Granüler bir tabakayı boyutlandırmak, yani kalınlığını belirlemek için, alttaki toprağa aktarılan maksimum dikey basınç, toprağın taşıma kapasitesinden daha az olmalıdır. Bu genellikle CBR (Kaliforniya Rulman Oranı) testiyle değerlendirilir (InfoCiment 2019).

Tekrarlanan yük geçişlerinin etkisi altında, granüler katman toprak gibi davranır:

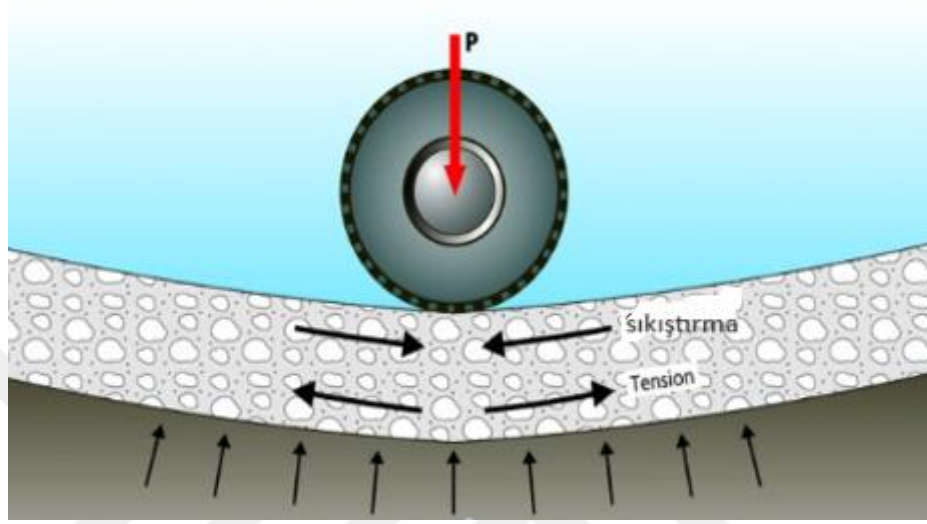
- Bir sapma vardır.
- Dolayısıyla yüklerin tekrar tekrar geçmesiyle artan ve tekerlek izi oluşmasına neden olan artık deformasyona sahiptir.

➤ Eğer zemin ile tekerlek arasına çimento ile işlenmiş bir granüler tabaka yerleştirilirse

Bu katmana bir P yükü uygulanırsa, yükün zemine aktarımı, bağlanmamış granüler katmanda olduğu gibi aynı şekilde gerçekleşmez (Şekil 2.11)..

Taneler arasındaki bağların varlığı ve çokluğu yükün aktarımını değiştirir. Böylece birleştirilen tabaka çok sert olabilen, modülü sabit olan ve sıcaklıktan ve yükün uygulama süresinden bağımsız olan bir levha oluşturur. Yük dağılımının destekleyici zemin üzerindeki etkisi bu durumda çok önemlidir. Zemine iletilen basınç gerilmeleri bu durumda nispeten düşüktür. Bununla birlikte, yüklerden dolayı dikey gerilmelerin çok

yüksek sönümlenmesi, işlenmiş katman içerisinde alt kısımda basınç ve özellikle çekme gerilimlerinin ortaya çıkmasıyla telafi edilir (Şekil 2.11).



Şekil 2.11 Doğal zemin üzerinde çimento ile işlenmiş bir kaplamanın çalışma şeması (InfoCiment 2019)

Yükün her geçişinde, işlenmiş katman alt lif seviyesinde bükülerek gerilim altında çalışır; İşlem çok sayıda tekrarlanırsa , oluşturulan kuvvetler her seferinde malzemenin izin verilen gerilimini aşmasa ile bu katman yorulur ve sonunda çatlama meydana gelir. Buna tekrarlayan zorlanma yorgunluğu denir. Çimento ile işlenmiş bir tabakanın boyutlandırılması, tekrarlanan yüklerin etkisi altında çatlamaması için kalınlığının belirlenmesinden oluşur. Bu deformasyonu önlemek için, işlenmiş tabakanın gerilme stresinin belirlenmesi ve bunun malzemenin izin verilen gerilme stresinden daha düşük olduğunun sağlanması uygun olacaktır(InfoCiment 2019)..

➤ Eğer bir çimento beton döşeme zemin ile tekerlek arasına yerleştirilirse

Bir beton levha, özellikle yüksek çimento içeriği nedeniyle işlenmiş bir katmandan farklılık gösterir. P yükünün etkisi altındaki davranışı, çimentoyla işlenmiş granüler tabakanın davranışıyla karşılaştırılabilir ancak mekanik özellikleri çok daha yüksek

olacaktır. Bu nedenle boyutlandırma, belirli bir süre boyunca yüklerin tekrarını çatlama veya kırılma olmadan desteklemek için levhanın kalınlığının hesaplanmasından oluşur. Bu aşağıdakilerden oluşur: Bükme yoluyla beton çekme gerilmesini belirleyin ve betonun izin verilen çekme gerilmesinden daha az olmasını sağlayın.

- Eğer zemin ile tekerlek arasına bitüm ile işlenmiş granüler bir tabaka yerleştirilirse

Bitümle işlenen granüler bir tabaka, sıcaklığa ve yükün uygulama süresine bağlı olarak değişken bir modüle sahip olma dezavantajına sahiptir. Çimentoyla işlenmiş bir katman beton bir levha gibi gelişirken, bitümle işlenmiş granüler bir katman, yorulma çatlaması öncesinde, yüklerin tekrar tekrar geçmesi nedeniyle oluşan tekerlek izlerine yol açan bir sürtünmeye neden olur; davranışı büyük ölçüde iklime ve alt katmanların deforme olabilirliğine bağlıdır (InfoCiment 2019).

2.4.2 İklim

İlk araştırma sıcak karışım asfalt üzerine odaklanmıştır (AIP konferans tutanakları 2018).

- Sıcak karışım asfalt

Sıcak karışım asfaltın belirgin karışım gradasyon tipleri ile taşıma tabakası olarak hizmet etmesi durumunda, Marshall Testi kullanılarak deneysel olarak belirlenen sıcak karışım asfaltın genel performansı belirlenir. Bitüm penetrasyonu, bitümün yumuşama noktası, bitümün miktarı, karışımın miktarı ve boşluk miktarı, bitümün mekanik genel performansı (Örneğin: bitümün sertliği) ve sıcak karışım asfalt (asfalt karışımının sertliği ve yorulma yaşam tarzı asfalt karışımını içeren) kayıtlarına dayanmaktadır. sıcaklık değişiklikleriyle ilgili olarak tahmin edilebilir. Sıcak karışım asfaltın bu mekanik performansları, BANDS 2.0 yazılım programı ile simüle edilebilen Shell nomografi kullanılarak çözülmüştür . Kombinasyon, Asfalt Betonu Aşınma Kursu (AC-WC) ve Sıcak Haddelenmiş Sac Giyme Kursu'nu (HRS-WC) kendine özgü derecelendirmeleri dikkate alınarak içermektedir. Çalışma, Bina Marga (2010) kaba karışım ve ince karışım

spesifikasyonuna uygun olarak 60/70 asfalt penetrasyonundan oluşan bitüm ve asfalt agrega malzemelerinin kontrol edilmesiyle başlatılmıştır (AIP konferans tutanakları 2018).

Sıcak karışım asfaltın mekanik genel performansı üzerindeki etkisi, BANDS 2.0 yazılım programı tarafından simüle edildi. Sıcaklıklar 20°C, 23°C, 26°C ve 29°C olarak belirlenmiştir.. Asfalt sertliği (Sbit), asfalt penetrasyonu ve asfalt yumuşama noktası bilgileri girilerek elde edilir. Asfalt karışım sertliği (Smix), Sbit , asfalt içeriği, karışım miktarı ve sıcak asfalt içeriği verilerinden , asfalt karışım yorulma özelliği (NFAT) ise asfalt karışım bilgilerinden elde edildi. Her bir sıcak asfalt kombinasyonu için karışım ve asfalt miktarı belirlendi. Aşağıda BANDS 2.0 yazılım programına ait simülasyon sonuçları bulunmaktadır (Çizelge 2.4, Çizelge 2.5 ve Çizelge 2.6).

Çizelge 2.3 BANDS 2.0 simülasyonundan çeşitli sıcaklıklarda bitüm sertliği (Sbit)(AIP konferans tutanakları 2018)

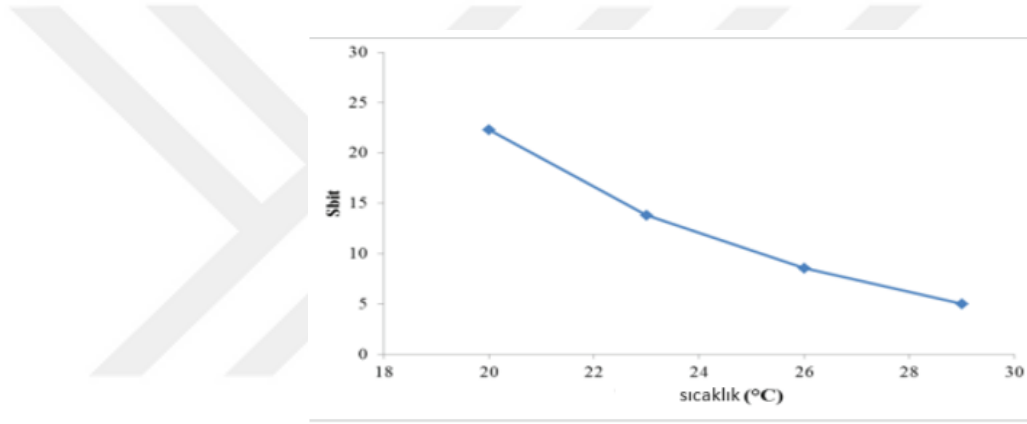
Bitüm sıcaklığı (°C)	Yükleme zamanı (saniye)	Penetrasyon değeri (0,1mm)	Yumuşama noktası (°C)	Bitümlü sertlik (Mpa)
20	0.02	60,5	51,5	22,30
23	0.02	60,5	51,5	13,80
26	0.02	60,5	51,5	8,54
29	0.02	60,5	51,5	5,02

Çizelge 2.4 BANDS 2.0 simülasyonundan çeşitli sıcaklıklarda asfalt karışımı sertliği (Smix) (AIP konferans tutanakları 2018)

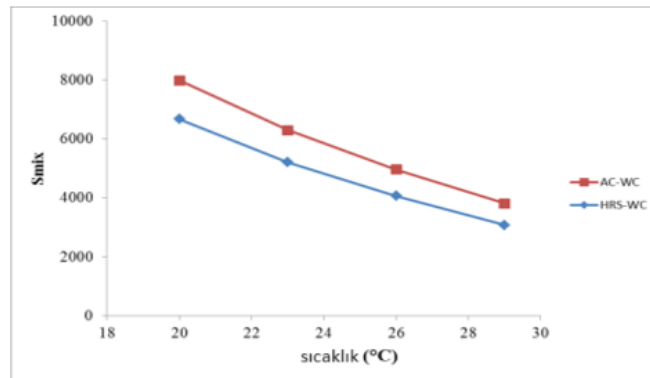
Bitüm sıcaklığı (°C)	Bitümlü sertlik (Mpa)	Bitüm hacmi (%)		Agrega hacmi (%)		Boşlukların hacmi (%)		Asfalt karışımının sertliği (Mpa)	
		AC-WC	HRS-WC	AC-WC	HRS-WC	AC-WC	HRS-WC	AC-WC	HRS-WC
20	22,30	5,8	6,35	89,66	88,19	4,54	5,46	7980	6670
23	13,80	5,8	6,35	89,66	88,19	4,54	5,46	6290	5200
26	8,54	5,8	6,35	89,66	88,19	4,54	5,46	4960	4060
29	5,02	5,8	6,35	89,66	88,19	4,54	5,46	3810	3080

Çizelge 2.5 BANDS 2.0 simülasyonundan çeşitli sıcaklıklarda asfalt karışımının yorulma ömrü (NFAT) (AIP konferans tutanakları 2018)

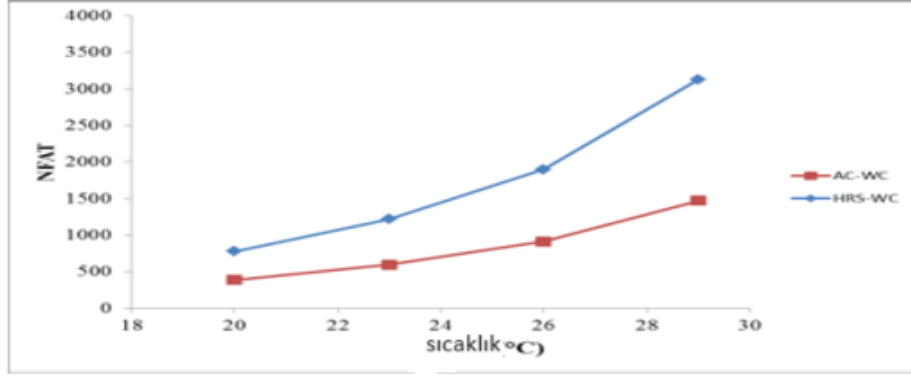
Bitüm sıcaklığı (°C)	Yorgunluk gerilimi (mµ/m)	Bitüm hacmi (%)		Asfalt karışımının sertliği (Mpa)		Yorulma ömrü asfalt karışımı (x1000)	
		AC-WC	HRS-WC	AC-WC	HRS-WC	AC-WC	HRS-WC
20	22,30	5,8	6,35	7980	6670	0,388	0,779
23	13,80	5,8	6,35	6290	5200	0,595	1,220
26	8,54	5,8	6,35	4960	4060	0,912	1,900
29	5,02	5,8	6,35	3810	3080	1,470	3,130



Şekil 2.12 BANDS 2.0 simülasyonundan bitüm sıcaklığı ile bitüm sertliği (Sbit) arasındaki ilişkinin grafiği (AIP konferans tutanakları 2018)



Şekil 2.13 BANDS 2.0 simülasyonundan bitüm sıcaklığı ile asfalt karışım sertliği (Smix) arasındaki ilişkinin grafiği (AIP konferans tutanakları 2018)



Şekil 2.14 BANDS 2.0 simülasyonundan bitüm sıcaklığı ile asfalt karışımının yorulma ömrü (NFAT) arasındaki ilişkinin grafiği. (AIP konferans tutanakları 2018)

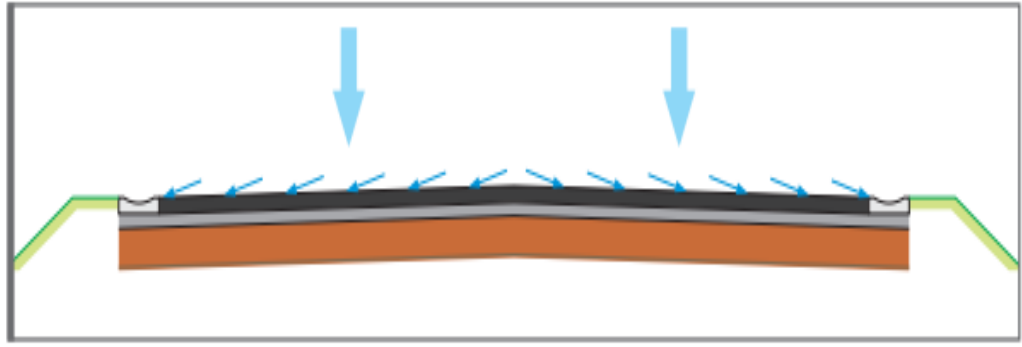
BANDS 2.0 yazılım programıyla simüle edilen asfalt ve sıcak asfaltın mekanik özellikleri ve sıcaklık koşullandırmanın birleşimi, asfalt sertliğinin (Sbit) artan sıcaklıkla azaldığını ortaya çıkardı. Öte yandan, farklı dereceli asfalt karışımları, özellikle yoğun ve delikli asfalt karışımları kullanılarak farklı sıcaklıklarda yüksek sıcaklıktaki asfaltın genel mekanik performansları aşağıdaki gibidir.

Asfalt Karışımı Sertliği (Smix): Asfalt karışımının sertliği, bir asfalt karışımının deformasyona karşı direncini değerlendirmek için kullanılır. Sıcaklık ne kadar yüksek olursa asfalt karışımının sertliği (Smix) o kadar düşük olur. Aynı sıcaklıkta, klima/tuvalet kombinasyonu HRS/tuvalet kombinasyonundan daha yüksek bir karışıma sahiptir (AIP Konferansı Bildirileri 2018).

Yorulma Yaşam Tarzı Asfalt Karışımları (NFAT): Asfalt kaplamalardaki yorulma, çatlama olgusudur. Bunun nedeni trafik yükleri, sıcaklık değişimleri ve üretim uygulamaları nedeniyle yoldaki çekme gerilimleridir. Yorulma koşulları, yorulma çatlaklarına neden olabilecek farklı stres paketleridir. Sıcaklık ne kadar yüksek olursa asfalt karışımı (NFAT) o kadar iyi olur. Aynı sıcaklıkta, klima ve tuvalet kombinasyonu ona HRS ve tuvalet kombinasyonundan daha düşük NFAT veriyor. Yoğun not, ona tam nottan daha düşük bir NFAT verir. Bu nedenle yoğun tesviye, delikli tesviyeye göre yorulmaya karşı daha az dayanıklıdır (AIP Konferansı Bildirileri 2018).

2.4.3 Su etkisi

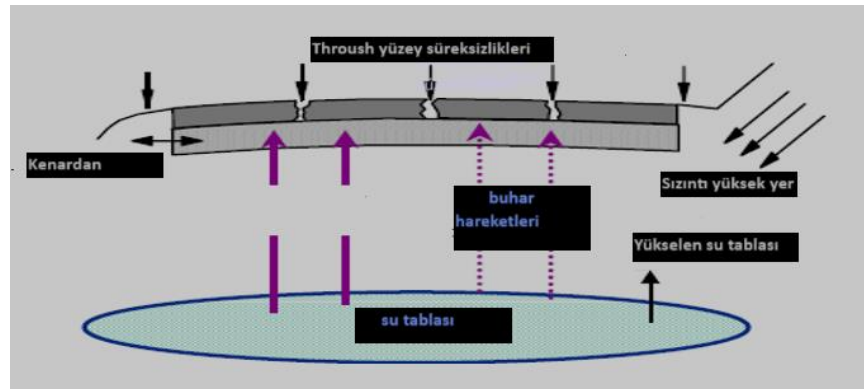
Su, hem kullanıcılar açısından hem de işlerin sürdürülebilirliği açısından pek çok sıkıntının kaynağı olabilir. Klasik bir yapıda (geçirimsiz kaplama) ve ideal bir durumda su, yol yapısına nüfuz etmeden ve yol yüzeyinde durmadan yüzeyden akar ve hızlı bir şekilde tahliye edilir (Şekil 2.15). Gerçekte su, özellikle derzler ve çatlaklar yoluyla her zaman kaplamanın yapısına kısmen nüfuz eder (Road Research Center Brussels 1965).



Şekil 2.15 İdeal durum (Road Research Center Brussels 1965)

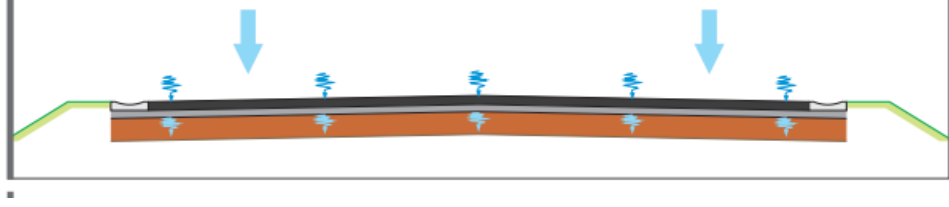
➤ Su kaplama yapısına nasıl nüfuz edebilir ?

Su kaplamanın gövdesine dikey sızma yoluyla, yanal sızma yoluyla veya alttan gelebilir.



Şekil 2.16 Yol yapısına su girişi (Road Research Center Brussels 1965)

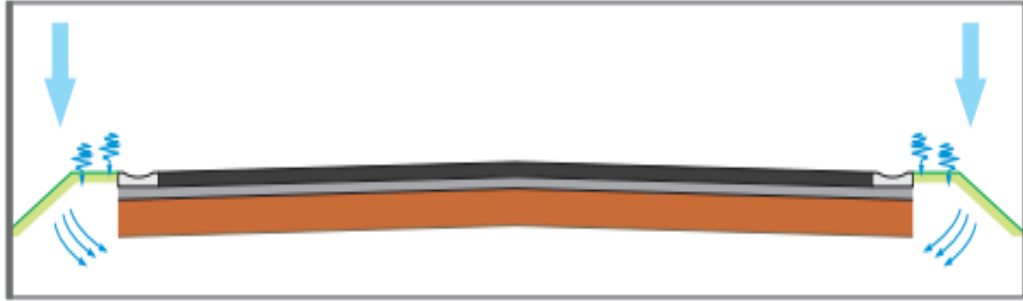
- Dikey sızma



Şekil 2.17 Kaplamadaki derzlerden ve/veya çatlaklardan su sızması (Road Research Center Brussels 1965)

- Yanal sızıntı

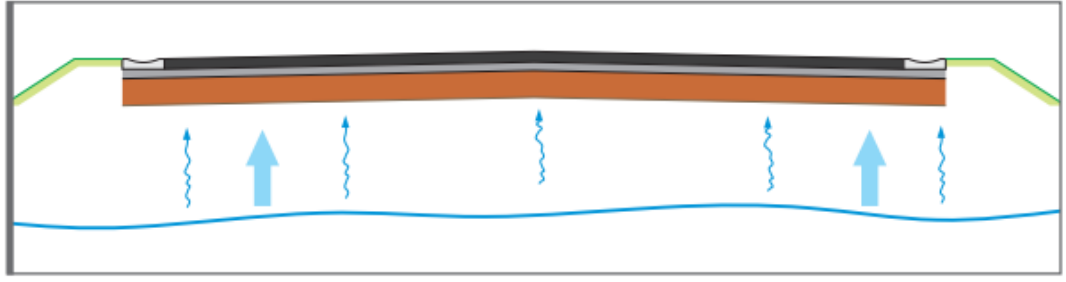
Botun tabanı ince topraktan yapılmışsa, su yapının altına yanıl olarak emilebilir (çevresel etki). Su, temel seviyesindeki banketler yoluyla yanıl olarak sızabilir (yanıl su hareketi veya ince topraklarda kılcallık yoluyla difüzyon). Yanıl sızma aynı zamanda tıklal hendeklerin bir sonucu da olabilir (Şekil 2.18)(Road Research Center Brussels 1965).



Şekil 2.18 Yanıl sızıntı (Road Research Center Brussels 1965).

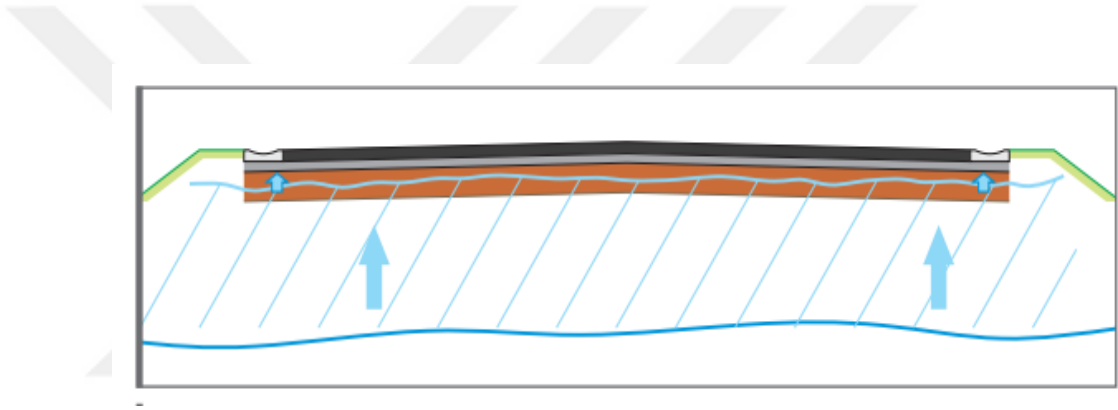
- Altıl

Kılcal yükselme (Şekil 2.19), kaplamanın yapısında asılı bir tabakanın oluşmasına yol açabilir.



Şekil 2.19 Kılcal yükselme (Road Research Center Brussels 1965)

Yeraltı suyu seviyesi (Şekil 2.20) kaplama yapısına ulaşacak ve onu doyuracak kadar yüksek olabilir.



Şekil 2.20 Su tablasının yükselmesi (Road Research Center Brussels 1965).

➤ Suyun neden olduğu riskler

- Kaldırma kaybı

Botun tabanında kaldırımın yetersiz kaldırılması, yol yapısının farklı katmanlarında deformasyonlara neden olabilir. Bu anlamda, suyun varlığı, mevcut yol yapısının bozunumunu hızlandırmada önemli bir rol oynar. Bu, bir kısır döngüdür: su, çatlaklardan ve açık derzlerden sızar, bu da aşınmayı azaltır. Bunun sonucunda deformasyonların ortaya çıkması, çatlakların ve derzlerin açılmasını hızlandırır. Su ile doymuş olan kaldırım gövdesinin katmanları da kaldırılmasının azaldığını görebilir. Dahası, trafik etkisi, agregaların birbirlerine göre hareket etmesine neden olur, bu da suyun varlığında daha fazla olan aşınma (sürtünmeyle aşınma) fenomeni ile birlikte gelir. Bu, uzun vadeli

katmanın kaldırılmasının azalmasına yol açar. İnce parçacıklardan kaynaklanan kirlenme (Road Research Center Brussels 1965).



Şekil 2.21 Zayıf ıslak zemin örneği (Road Research Center Brussels 1965)

- İnce parçacıkların kirliliği

Tabakanın altındaki toprakta bulunan suyun araçların geçişi ile basınçlandırılması, zeminin ince elemanlarının yukarı doğru ilerleyerek alt tabanı ve ardından üst tabakaları kirlletmesine neden olacaktır. Katmanlarda az çok önemli boşluklar varsa ve toprak ince plastik parçacıklar içeriyorsa bu olay daha belirgindir. Granüler bir tabakanın ince elementler tarafından kirlenmesi, iç sürtünme açısını azaltarak, geçirgenliği azaltarak ve yaşlanmaya karşı daha duyarlı hale getirerek kaldırma kuvvetini azaltma etkisine sahiptir (Şekil 2.22).



Şekil 2.22 İnce parçacıkların yükselişi (Road Research Center Brussels 1965)

- Tehlikeli yollar

Bu sorun sürücüler tarafından iyi bilinmektedir. Su, şiddetli sağanak yağışlarda suda kızaklama riskiyle birlikte yolu daha kaygan hale getirir. Bu nedenle yol, kaplama yüzeyinde suyun durgunluğunu önleyecek şekilde profillenmelidir. Yağmurlu havalarda görüş mesafesinin gözle görülür biçimde azaldığını da unutmamak gerekmektedir (Şekil 2.23).



Şekil 2.23 Suda Kızaklama (Road Research Center Brussels 1965)

- Bitümlü karışımların suya duyarlılığı

Asfalt karışımının dayanıklılığına birçok faktörün katkıda bulunduğu bilinmesine rağmen, bağlayıcı-agrega etkileşimi bu olgunun temel özelliklerinden biri olarak tanımlanmaktadır. Aslında asfaltta yetersiz yapışma, kaplamanın hızla hasar görmesine neden olur. Bu bağlamda su, bağlayıcı ile agrega arasındaki etkileşimi bozabilecek ve sonuç olarak bitümlü karışımın başarısızlığını başlatabilecek önemli bir faktördür.



Şekil 2.24 Bitümlü numunelerin 40°C'de 72 saat süreyle hızlandırılmış şartlandırılması (Road Research Center Brussels 1965)

- “Pumping” fenomeni

Beton levha kaplamalarının altında biriken su, trafiğin etkisi altında pompalama olayına neden olabilir ve bu da temel/yüzey arayüzünde erozyona yol açarak düzensizliğe, kaplamanın bozulmasına veya levhaların kırılmasına neden olur (Şekil 2.25).



Şekil 2.25 Pompalama olgusu (Road Research Center Brussels 1965)

- “Punch out” Fenomeni

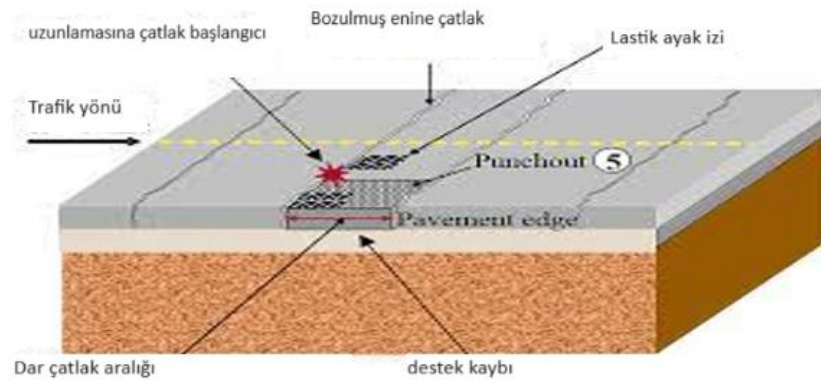
Sürekli güçlendirilmiş betona özgü olan punch out fenomeni, genellikle kaplamanın dış kenarına yakın yerlerde bulunan ve trafiğin dinamik etkisi altında betonun parçalanmasına ve blokların yırtılmasına neden olan çatlakların ortaya çıkmasıyla karakterize edilir.

“Punch out”, şu faktörler tarafından desteklenir: Temel ve beton/temel arayüzünde suyun varlığı;

- Aşınabilir bir temelin varlığı;
- Levhaların kenarında yoğun trafik;
- Çatlakları kapatın.

O halde gözlemlenen olay şudur: Levhanın kenarının altında mevcut olan su, ağır araçların basınçlı geçişidir. Kaplamanın dış kenarının tekrar tekrar pompalanmasıyla temelin aşınmasına neden olur ve bu da döşeme altında hafif boşlukların oluşmasına neden olur. birbirine yakın enine çatlaklar ortaya çıkar (Road Research Center Brussels 1965).

Boşlukların varlığı, pompalamanın bir sonucu olarak çatlaklardan yük aktarımını azaltır. Bunlar, enine yönde bükülme gerilimlerinde büyük bir artışa neden olur ve zamanla kaplamanın kenarından 0,5 ila 1 metre arasında uzunlamasına bir çatlamaya yol açar. Bu şekilde oluşturulan beton blok, hareketli trafik altında hızla kararsız hale gelecek ve tamamen parçalanacak, sonuçta parçaların dışarı atılmasıyla sonuçlanacaktır (Road Research Center Brussels 1965).



Şekil 2.26 “Punch out” fenomeninin görselleştirilmesi (Road Research Center Brussels 1965).



Şekil 2.27 Su kaynaklı “Punchout” fenomeni (Road Research Center Brussels 1965)

Fenomeni kötüleştiren bazı faktörler şunlardır::

- Yüzey kaplaması ile temeli arasında bir bitümlü kaplama tabakasının bulunmaması;
 - Yalın temel betonunun kalitesizliği;
 - Döşemenin kenarında drenajın olmaması ve derzlerin zayıf sızdırmazlığı;
 - Merkezi bankta drenajın olmaması.
- Erozyon sorunu

Yağış sonrası ek denetimin son derece yoğun olması koşuluyla, yüzey erozyonu (dış erozyon) hızlı bir şekilde önlenabilir (Road Research Center Brussels 1965).



Şekil 2.28 Erozyon (Road Research Center Brussels 1965)

Yeraltı erozyonu (iç erozyon) olgusu daha tehlikelidir çünkü çoğu zaman çok geç fark edilir. Bunlar, örneğin kollektörlerdeki sızıntıların neden olduğu zemindeki boşluklardır. Herhangi bir uyarı işareti olmadan bir yapının iç erozyon nedeniyle çöktüğünü görmek alışılmadık bir durum değildir (Road Research Center Brussels 1965).



Şekil 2.29 İç erozyon (Road Research Center Brussels 1965)

2.5 Yol Yüzeyi Anormalliklerinin Tespiti ve Onarımı

Yol bozulması, trafik yükleri ve çevre koşullarının birleşik etkisi altında ilerleyen yol yüzeyi kusurlarının (kusurlarının) sürecidir. Yaygın asfalt yüzey kusurlarının dört ana kategorisi şunlardır (IOSR-JMCE 2015):

- Çatlama
- Yüzey deformasyonu
- Parçalanma (çukurlar vb.)
- Yüzey kusurları (kanama vb.)

2.5.1 Çatlama

En yaygın çatlama türleri şunlardır:

- Yorulma çatlaması
- Boyuna çatlama
- Enine çatlama
- Blok çatlaması
- Kayma çatlaması
- Yansıtıcı çatlama
- Kenar çatlaması

Yorulma çatlaması (Timsah çatlaması): Yorulma çatlaklarına genel olarak timsah çatlakları denir. Bunlar küçük, düzensiz şekilli kaplama yamaları oluşturan bir dizi birbirine bağlı çatlaktır. Tekrarlanan trafik yükleri (yorulma) nedeniyle tabliye veya alt temelin arızalanmasından kaynaklanır. Sonuçta çatlaklar şekilde görüldüğü gibi yüzeyin çökmesine neden olur. Sonuç bir çukurdur. Timsah çatlakları genellikle toprak veya drenaj problemleriyle ilgilidir. Küçük alanlar yama veya alan onarımı ile onarılabilir. Daha büyük alanların ıslahı veya yeniden inşası gerekir. Her iki durumda da drenaj dikkatle kontrol edilmelidir (IOSR-JMCE 2015)(Şekil 2.30).



Şekil 2.30 Yorulma çatlaması (Timsah çatlaması)(IOSR-JMCE 2015)

Boyuna çatlaklar: Boyuna çatlaklar Cıbuti'de kaplama bozulmasının yaygın bir şeklidir. Bu tip yük genellikle kaplama kenarına paraleldir ve kaplamalı kaplama kenarından 1,3 ila 2,5 metre uzaktadır. Banketin kenarına neredeyse paralel uzanan bir dizi uzunlamasına çatlak tipiktir. Bu tür boyuna çatlakların ana nedenleri, alt toprak malzemesi olarak yüksek oranda plastikliğe sahip killi toprakların varlığı ve iklim değişikliğine bağlı olarak bu toprakların su içeriğindeki değişikliklerdir. Yüksek plastisiteye sahip killi zeminler, nem değişimlerine maruz kaldıklarında hacimlerini önemli ölçüde değiştirir. Yağışların az olduğu dönemlerde kaplama dışında ve yol kenarlarına yakın toprak su kaybından dolayı büzüşmektedir. Şeridin ortasına yakın toprak nispeten yüksek nem içeriğine sahip olmaya devam etmektedir. Killi zemin nemini kaybedip hacmi değiştikçe kaplama kenarına paralel yönde çatlaklar gelişir. Kenar ve boyuna çatlakların ikinci nedeni, yolun kaplama kenarına yakın trafik yüküdür. Yolun bu korunmasız kenarları (dar banket veya asfaltsız), asfalt bağlayıcı malzemede yüksek gerilimler yaratarak uzunlamasına çatlamalara neden olur. Boyuna çatlaklar alt temeldeki hacimsel değişikliklerden veya trafikten kaynaklanır ve genellikle yolun tüm uzunluğu boyunca sürekli olarak meydana gelmemektir (Şekil 2.32)(IOSR-JMCE 2015).



Şekil 2.31 Boyuna çatlak (IOSR-JMCE 2015)

Enine çatlak: Enine çatlaklar yolun merkez hattına neredeyse dik açılarda meydana gelir. Çoğunlukla birbirlerinden ayrılırlar ve uzunlamasına çatlaklar gibi bazı aynı nedenlere sahiptirler. Yanal çatlaklar başlangıçta geniş aralıklarla (20 fit veya daha fazla) meydana gelir. Genellikle kılcal çizgiler veya çok ince çatlaklar olarak başlarlar ve yaşlandıkça büyürler. Eğer yeterince kapatılmaz ve muhafaza edilmezse, ön çatlığa paralel olarak ikincil bir çatlak veya birden fazla çatlak gelişecektir. Yan yırtıkların ve onarımın motivasyonu uzunlamasına yırtıklarla aynıdır. Ayrıca asfalt çimentosunun çok sert olması durumunda termal sorunlardan dolayı düşük sıcaklıklarda çatlaklar meydana gelebilir. Bu şekil daha az ciddi bir enine çatlığı göstermektedir (Şekil 2.32)(IOSR-JMCE 2015).



Şekil 2.32 Enine çatlama (IOSR-JMCE 2015)

Blok çatlama: Blok çatlığı, kaplamayı anormalliklere bölen birbirine bağlı çatlakların toplamıdır. Bu durum enine çatlakların ve boyuna çatlakların zaman zaman kesişmesinin sonucudur. Ayrıca inşaat sırasındaki sıkıştırma kaybından da kaynaklanabilir. Küçük blok çatlakları ince bir taban tabakası ile onarılabilir. Daha şiddetli çatlamlar üst üste

bindirme veya geri dönüşüm gerektirebilir. Altta yatan bir sorun tespit edilirse rehabilitasyon veya yeniden yapılanma gerekebilir. Resimde orta dereceden aşırıya kadar blok çatlaması görülür (Şekil 2.33)(IOSR-JMCE 2015).



Şekil 2.33 Blok çatlaması (IOSR-JMCE 2015)

Kayma çatlaması: Kayma çatlağı, kenarı karşıdan gelen araca bakan hilal şeklinde bir çatlaktır. Bunlar trafikten kaynaklanan yatay kuvvetler kullanılarak oluşturulur. Çoğunlukla asfalt toprak tabakası ile altındaki tabaka arasındaki zayıf yapışmanın bir sonucu olarak ortaya çıkarlar. Yapışkan tabakanın kaybı genellikle anahtar faktördür. Onarımlar kaygan alanların kaldırılmasını ve yeniden yüzey kaplamayı gerektirir (Şekil 2.34)(IOSR-JMCE 2015).



Şekil 2.34 Bir otobüs durağında kayma çatlaması (IOSR-JMCE 2015)

Yansıtıcı çatlama: Yol bakımı ve restorasyonu ile ilgilenen mühendisler için büyük bir sorundur. Sorun, eski kaplama tabakasında çatlakların bulunması, trafik yüklerinin çatlakların üzerinden geçmesiyle çatlakların kaplama tabakasına yayılması ve sıcaklık dalgalanmalarından kaynaklanmaktadır. Mevcut çatlakların hemen üzerindeki

kaplamadaki gerilim konsantrasyonları, kaplamadaki çatlakların başlamasına ve yayılmasına katkıda bulunur. Adından da anlaşılacağı gibi yansıtıcı çatlaklar, yüzeyde yeniden ortaya çıkan çatlakların üzerine güvenli bir şekilde gizlenir. Bunlar yukarıdaki diğer çatlaklara benzer teknikler kullanılarak onarılabilir. Son kat veya son kat uygulanmadan önce çatlakların tamamen onarılması gerekir (IOSR-JMCE 2015) (Şekil 2.35).



Şekil 2.35 Ana arterde çatlaklar (IOSR-JMCE 2015)

Kenar çatlaması: Kenar çatlakları genellikle kaplamanın kenarında hilal şeklinde başlar. Kenardan başlayarak timsahın gözyaşları gibi yayılana kadar yayılır. Kötü drenaj koşulları ve yol kenarı desteğinin olmayışı bu tür çatlakların en yaygın nedenleridir. Bu, alttaki temel malzemenin batmasına ve zayıflamasına neden olur. Aşırı büyümüş kaplama kenarları veya yoğun trafik de kenar çatlaklarına neden olabilir. Yeraltı suyu yolu zayıflatırsa bazı kaplamalarda da oluşabilir. Çatlama derecesi düşükse çatlaklar doldurulabilir. Şiddet arttıkça yamaların uygulanması veya etkilenen bölgenin değiştirilmesi gerekebilir. Her durumda fazla suyun uzaklaştırılması ve banketlerin iyi malzeme ile yeniden inşa edilmesi gerekir. Şekilde yüksek şiddette kenar çatlaması gösterilmektedir (IOSR-JMCE 2015)(Şekil 2.36).



Şekil 2.36 Asfalt kaplamada kenar çatlaması (IOSR-JMCE 2015)

2.5.2 Yüzey deformasyonu

Yol deformasyonu, yolun bir veya daha fazla katmanındaki zayıf noktaların inşaat sonrasında önemli ölçüde yer değiştirmesi nedeniyle meydana gelir. Çatlak oluşumu deformasyonu izlemek için kullanılabilir. Yüzey bozulmaları, trafiğe tehlike oluşturabilir. Yüzey deformasyonunun temel şeklidir (IOSR-JMCE 2015):

- Dalgalanmalar
- Çökmeler
- Kabarma

Dalgalanmalar: Yol yüzeyi bir çamaşır tahtasına benzediğinden olukluluğa "çamaşır tahtası" adı verilir. Asfalt betonu yüzey stabilitesi , çok fazla asfalt çimentosu, çok fazla ince agrega veya yuvarlak veya temiz dokulu kaba agregadan kaynaklanabilir. Dalgalar genellikle arabanın hızlandığı veya yavaşladığı yerde meydana gelir. Küçük dalgalar boyanarak veya frezelenerek onarılabilir. Şiddetli dalgalanmalar, yüzeyin taşlanabilmesinden önce daha derin taşlama gerektirir (IOSR-JMCE 2015)(Şekil 2.37).



Şekil 2.37 Dalgalanmalar (IOSR-JMCE 2015)

Depresyonlar: çatlaklardan oluşan küçük, lokalize çanak şeklinde bir alandır. Çukurlar tümseklere neden olur, sürücüler için tehlike oluşturur ve su birikmesine neden olur. Çökme genellikle lokal sıkışma veya stabilitesizlik nedeniyle yüzey kökünün altındaki destek tabakasının yer değiştirmesi sonucu meydana gelir. Yerel çöküntüleri kazıp yeniden inşa ederek onarın. Büyük Buhran durumunda yeniden yapılanma gereklidir (IOSR-JMCE 2015)(Şekil 2.38).



Şekil 2.38 Depresyonlar (IOSR-JMCE 2015)

Kabarma : Yol yüzeyinde lokal olarak yukarıya doğru oluşan bir çıkıntıdır. Şişme, aşınmış bir tabaka veya alt temel altındaki alt temel tabakasının şişmesinden kaynaklanır. Genleşmeye genellikle donma veya nem neden olur. Oldukça plastik killi yüzeyler don gibi şişebilir (ancak genellikle sıcak havalarda). Çıkıntı, yol yatağı malzemesinin kazılması ve çıkarılan parçanın yeniden inşa edilmesiyle onarılır. Ciddi şişme durumlarında, yeniden inşa gerekebilir (IOSR-JMCE 2015)(Şekil 2.39).



Şekil 2.39 Asfalt kaplamadaki kabarma (IOSR-JMCE 2015)

2.5.3 Parçalanma

Parçaların kademeli olarak daha küçük parçalara ayrılmasına parçalanma denir. Hasarlar erken aşamalarda giderilmezse, tam bir yama restorasyonu gerekebilir. En yaygın iki parçalanma türü şunlardır (IOSR-JMCE 2015):

Çukurlar: Çukur, çukura benzeyen kase şeklinde bir deliktir. Bunlar ilerleyici başarısızlıklardır. İlk önce üst katmandan küçük bir parça kesin. Zamanla yük yolun alt katmanlarına yayılır. Şekilde gösterildiği gibi drenajın zayıf olduğu bölgelerde çukurlar yaygındır. Çukurlar, bir veya daha fazla kaplama katmanının yeterince güçlü olmaması durumunda oluşur ve genellikle su varlığında trafik yükü altında kaplamanın bozulmasına neden olur. Çoğu çukur, eğer oluşmadan önce temel sebep giderilirse oluşmaz. Kazı ve restorasyon yoluyla restorasyon. Büyük çukurlar varsa, alanın yeniden inşa edilmesi veya yeniden tasarlanması gerekebilir (IOSR-JMCE 2015)(Şekil 2.40).



Şekil 2.40 Çukurlar (IOSR-JMCE 2015)

Yamalar: Yama, kaplamanın ortadan kaldırılan ve değiştirilen bir parçası olarak tanımlanır. Yamalar genellikle yol kusurlarını onarmak veya hendekleri kapatmak için kullanılır. Yama arızası , çevredeki kaplamanın ekstra büyük bir arızasına neden olabilir .Bazı insanlar yamaları kaplama kusuru olarak görmez. Yarı kalıcı bir yamada gerçekleştirilen yüksek kaliteli yamalar için bu geçerli olsa da, fırlatma ve yuvarlanma yaması yalnızca bir korumadır. Temel sebep çukurun altında kalıyor. Bir yamayı geri yüklemek için yarı kalıcı bir yama yerleştirilmelidir. Geniş çukurlar aynı zamanda bölgede onarım ve rehabilitasyon yapılmasına da yol açabilir. İyileştirme en çok çukurların nedeninin toprak sorunları olduğu durumlarda gereklidir (IOSR-JMCE 2015) (Şekil 2.41).



Şekil 2.41 Yamalar (IOSR-JMCE 2015)

2.5.4 Kaplama tabakası kusurları

kaplama kusurları kaplama katmanındaki problemlerle ilgilidir. Yüzey geriliminin en yaygın biçimleri şunlardır: (IOSR-JMCE 2015)

- Dağılma
- Terleme(kusma)
- Soyulma

Dağılma: Yol yüzeyinden malzeme kaybıdır. Bunun nedeni asfalt çimentosu ve agrega arasındaki yetersiz yapışmadır. İlk olarak ince agrega gevşeyerek yol yüzeyinde küçük pürüzlü noktalar bırakır. Ayrışma ilerledikçe, daha büyük topakların soyulması, daha pürüzlü bir yüzey oluşmasına neden olur. Yoğun trafik ve aşırı soğuk havalar yıpranmayı hızlandırabilir. Bazı uç sızdırmazlık sorunları, yanlış kurulum tekniklerinden kaynaklanır. Bu aynı zamanda kanamaya da neden olabilir. Sorunu aşınma katmanları veya kaplamalarla çözün (IOSR-JMCE 2015)(Şekil 2.42).



Şekil 2.42 Düşük yoğunluk nedeniyle çözülme (IOSR-JMCE 2015)

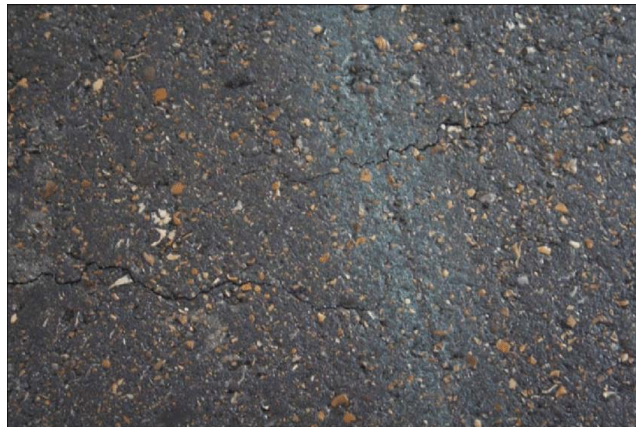
Terleme (Kusma): Terleme, yol yüzeyinde fazla asfalt bulunması ve asfalt çimento lekelerinin oluşmasıdır. Çok fazla asfalt çimentosu kaplamanın kayma direncini azaltır ve ıslandığında çok kayganlaşarak güvenlik tehlikesi yaratabilir. Bunun nedeni, karışımdaki çok yüksek asfalt çimentosu içeriği, çok düşük viskoziteli (çok akışkan)

asfalt çimentosu kullanılması, çok ağır kaplama veya astar tabakası veya yanlış uygulanmış sızdırmazlık tabakasıdır. Sıcak iklimlerde kanama daha sık görülür, ancak asfalt çimentosu çok daha az viskozdur (çünkü daha akışkandır) ve trafik asfaltı yere doğru iter. Şekil 2.47 sıcak havalarda kanama örneğini göstermektedir (IOSR-JMCE 2015)(Şekil 2.43).



Şekil 2.43 Aşırı asfaltlama sonucu kanama (IOSR-JMCE 2015)

Soyulma: Trafik nedeniyle kaplama yüzeyindeki agreganın aşınmasıdır. Bu, tehlikeli, düşük sürtünmeli bir yüzey oluşturabilir. Yüzeyi ince bir aşınma yüzeyi ile onarın (IOSR-JMCE 2015)(Şekil 2.44).



Şekil 2.44 Parlatılmış agrega (IOSR-JMCE 2015)

2.6 ALIZE-LCPC Yazılımı Tanıtımı

Alize-LCPC Rotaları, üstyapı için rasyonel mekanik tasarım yöntemini uygulamak üzere kurulmuştur. yapıları, LCPC ve SETRA Fransız kuruluşları tarafından geliştirilmiştir; bu yöntem, düzenleyici Fransız ulusal karayolu ağı boyunca kaplamaların tasarlanması için bir yaklaşım ve dahası diğer birçok yol projesi geliştirme ajansı tarafından benimsenmiştir. program tarafından da dikkate alınan donma-çözülme doğrulaması. Alize-LCPC'nin entegre versiyonu üç ana modül içermektedir:

- Mekanik hesaplama modülü, programda oluşan gerilme ve gerinimlerin belirlenmesine dayanır. "Alize-mekanik modülü" olarak adlandırılan trafik yüklerine göre yol malzemeleri.
- Üstyapı donma-çözülme davranışına ilişkin tasarımın doğrulanmasına adanmış modül, "Alize-don çözülme modülü"
- Kaplamanın elastik modüllerinin hesaplanması için kullanılan geri hesaplama modülü "Alize-back hesaplama modülü" olarak adlandırılan, ölçülen sapma kaselerinden elde edilen malzemeler

2.6.1 Genel yapı

Alize-LCPC programının genel mimarisi, mümkün olan en geniş ölçüde kolaylaştırmayı amaçlamaktadır, rasyonel üstyapı tasarım yönteminin uygulanması. Bu amaç aşağıdaki işlevleri ortaya çıkarmaktadır:

Alize-mekanik modül :

- Üstyapı yapısının tanımı: kalınlık, farklı katmanların elastikiyet parametreleri ve katmanlar arasındaki arayüz durumu;
- Yüzeyde uygulanan yüklemenin tanımı (referans yük veya diğer yüklemeler, "özel yükleme");

- Farklı malzemeler tarafından izin verilen gerilme ve/veya gerinimlerin, malzemelerin özelliklerine göre belirlenmesi hasar kanunu parametreleri ve trafik durumu;
- Trafik yüklerinin üstyapı malzemelerinde yarattığı gerilme ve gerinimlerin hesaplanması;
- Mekanik hesaplama sonuçlarının grafiksel gösterimi
- Çeşitli hipotezlerin ve sayısal değerlerin pratik seçimi için yardım ve destek mekanik hesaplama tarafından ihtiyaç duyulan parametreler, aşağıdaki özelliklere uygun olarak teknik Kılavuz LCPC-SETRA ve/veya Yeni Yapılar Kataloğu;

Hem mekanik hem de standart materyalleri içeren bir kütüphanenin (mechanicam kütüphanesi) yönetimi özellikler yukarıda atıfta bulunulan LCPC-SETRA belgeleri ve özelleştirilmiş materyaller tarafından tanımlanmıştır kullanıcı tarafından tanımlanan.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 Boyutlandırma Yaklaşımının Prensibi

Kaplama tasarım yöntemi, yapının mekanik tasarımını ve donma tasarımını içerir. Mekanik boyutlandırma, seçilen yapının, sabit boyutlandırma süresi boyunca belirlenen toplam ağır yük taşıt trafiğini destekleyebildiğinin doğrulanmasından oluşur. Hafif araçlarla bağlantılı trafiğin ihmal edilebilir bir etkiye sahip olacağı varsayılmaktadır.

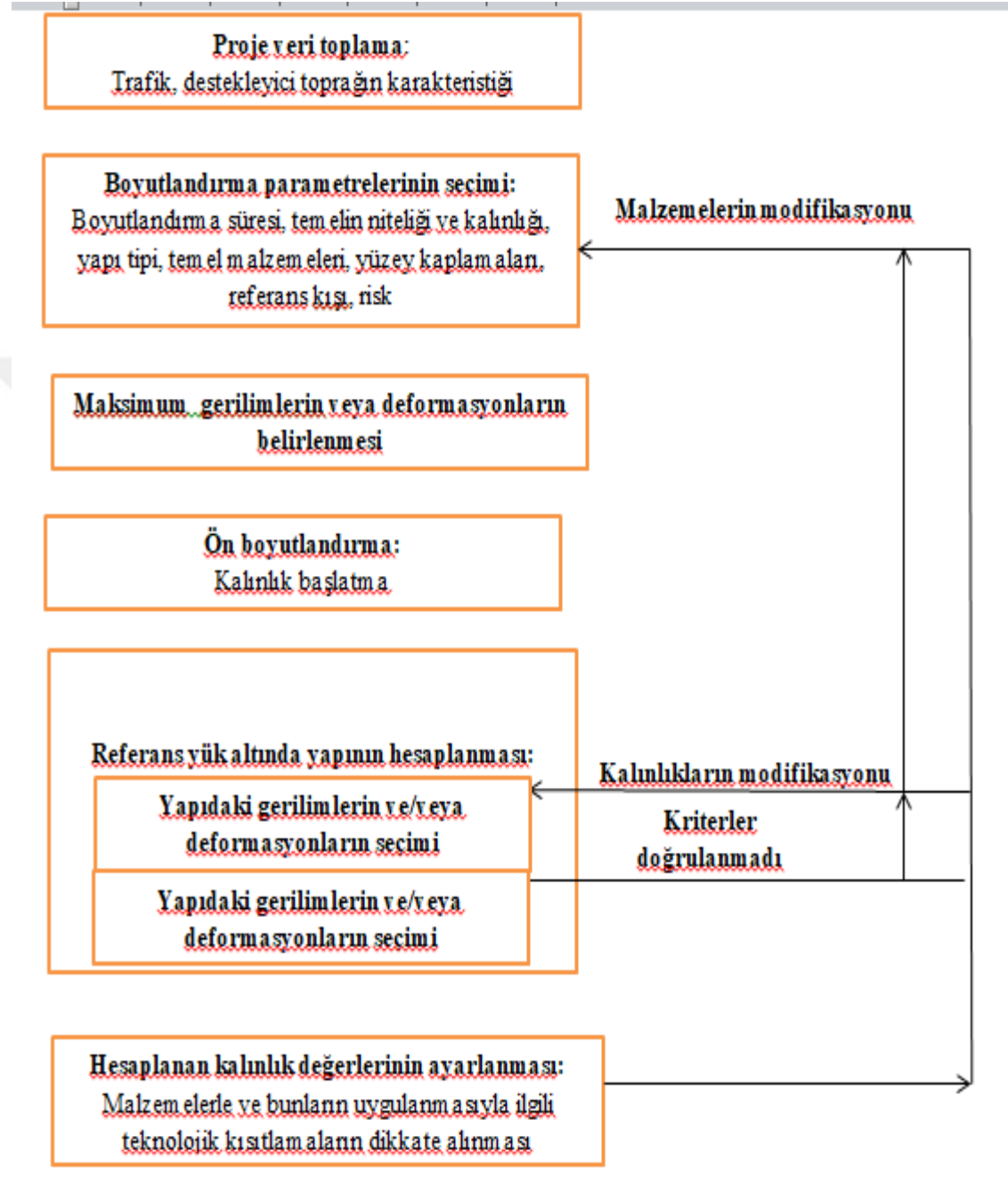
Doğrulama aşağıdakiler arasındaki karşılaştırmayla ilgilidir:

- Bir referans aks geçtiğinde kaplama yapısının davranışını temsil eden ve doğrusal bir elastik model kullanılarak hesaplanan mekanik büyüklükler (gerilmeler, deformasyonlar) ;
- Bu aynı miktarların kabul edilebilir değerleri, özellikle boyutlandırma yaklaşımının olasılıksal karakteri ve sert kaplamaların süreksizlikleri dikkate alınarak çeşitli ayarlama katsayılarıyla ilişkilendirilen, tekrarlanan yükler altında malzemelerin mekanik direncinin fonksiyonu.

Bu durumda kaplamada hesaplanan gerilimler, kabul edilebilir gerilimlerden daha az veya onlara eşit olmalıdır. Katmanların minimum kalınlığının belirlenmesi, bu kritere uymak amacıyla ardışık yinelemelerle yapılır.

Mekanik hesaplamalar sonucunda ortaya çıkan yapı daha sonra donma/çözölmeye karşı kontrol edilir. Yöntem, referans olarak alınan kış don indeksinden daha büyük olması gereken, karayolu tarafından kabul edilebilir don indeksinin hesaplanmasına dayanmaktadır. Bu adım, mekanik hesaplamadan kaynaklanan kalınlıkların değiştirilmesine yol açabilir. Kalınlıklardaki artış kaplama yapısının boyutlandırılmasına izin vermiyorsa, kaplamanın veya toprağı oluşturan malzemeler ve muhtemelen kaplama katmanı değiştirilebilir. Bir kaplamanın boyutlandırılması, önceden proje verilerinin ve bir kaplama seçiminin tanımlanmasını gerektirir. belirli sayıda boyutlandırma

parametresi. Özellikle riskin, boyutlandırma süresinin, trafik hipotezlerinin ve donma doğrulaması için kış referansının sabitlenmesi gerekmektedir (NF P 98-086 2011).



Şekil 3.1 Boyutlandırma yaklaşımının ilkesi (NF P 98-086 2011)

3.2 Farklı Manuel Boyutlandırma Yöntemleri

İki yöntem vardır: ampirik ve yarı ampirik yöntemler.

Bu yöntemler üç parametreye dayanmaktadır:

- Taşıma gücü: Çeşitli geoteknik testlerle elde edilmiştir.
- Trafik: şerit başına yük, şişirme basıncı ve yüklerin tekrarı.
- Katmanları oluşturan farklı malzemelerin mekanik özellikleri.

➤ CBR yöntemi (Kaliforniya – Rulman – Oran)

15 cm'den daha az bir su derinliğinde modifiye edilmiş optimum Proktor ile (90° ila 100°) sıkıştırılması yoluyla destekleyici toprak numunesi üzerinde zımbalama testine dayanan yarı ampirik bir yöntemdir . Uygulama yapılacak yolun gövde toplam kalınlığının tespiti aşağıda sunulan formülün uygulanmasıyla elde edilir(Dimensionnement des chaussees routieres cas RN40A).

Denklem (3.1) eşdeğer kalınlık

$$Eeq = \frac{100 + (\sqrt{p}) \left(75 + 50 \log \left(\frac{N}{10} \right) \right)}{ICBR + 5} \quad (3.1)$$

I_{CBR} : CBR endeksi (sol desteği)

N : 1500 kg üzeri boş kamyonların günlük sayısını ifade eder

P: yol yükü P = 6,5 t (aks 13 t)

Günlük: ondalık logaritma

Eşdeğer kalınlık: aşağıdaki ilişkiyle verilir:

$$e = c_1 \times e_1 + c_2 \times e_2 + c_3 \times e_3$$

C1, C2, C3: denklik katsayıları.

e1, e2, e3 : épaisseurs réelles des couches.

Aşağıdaki tablo her bir malzeme için eşdeğerlik katsayılarını göstermektedir:

Çizelge 3.1 Her malzeme için eşdeğerlik katsayıları (Dimensionnement des chaussées routières cas RN40A)

Kullanılan malzemeler	Eşdeğerlik katsayısı
Bitümlü beton veya yoğun kaplama	2.00
Mezar çimentosu	1.50
Mezar bitümlü	1.50 ila 1.70
Ezilmiş çakıl veya çakıl	1.00
Haddelenmiş çakıl – kumlu çakıl TVO	0,75
çimento kumu	1,00 ila 1,20
Kum	0,50
Volkanik bir tüf	0.60

➤ AASHO Yöntemi (Amerikan Devlet Karayolu Yetkilileri Birliği)

Bu ampirik yöntem, gerçek veya deneysel kaplamaların trafiği altındaki davranışının gözlemlenmesine dayanmaktadır.

➤ Yapıların kataloglanması yöntemi

Bu "SETRA" tarafından oluşturulan yeni tip yapıların kataloğudur

- Kaplama yapılarını kullanılan malzemelere göre (GNT, SL, GC, SB) ayırt eder.
- Ayrıca önemlerine göre 200 ila 1500 Véh /J arasında değişen dört trafik sınıfını da dikkate alır.
- Temel toprağının jeoteknik özelliklerini dikkate alır.
- İki veri parametresine göre sınıflandırılmış bir dizi kayıt biçiminde gelir:
- Tj'nin 20. yılındaki kümülatif kamyon trafiği .
- Toprak özellikleri (Sj)

➤ Trafik sınıfının belirlenmesi

Trafik sınıfı (TPLi), hizmete girdiği yıl en yoğun yol üzerinde seyahat eden ağır araç trafiğine göre belirlenir. Benimsenen trafiklerin sınıfları aşağıdaki tablodadır.

Çizelge 3.2 Ağır araç trafiği sınıflar (Dimensionnement des chaussées routieres cas RN40A)

Trafik sınıfı	20 yıllık kümülatif kamyon trafiği
T ₁	$T < 7,3^5$
T ₂	$7,3^5 < T < 2^5$
T ₃	$2^5 < T < 7,3^6$
² T ₄	$7,3^6 < T < 4^7$
T ₅	$T > 4^7$

denklem (3.2) Kümülatif trafik aşağıdaki formülle verilir:

$$T_c = T_{pL} \left[1 + \frac{(1+\tau)^{n+1}}{\tau} \right] \cdot 365 \quad (3.2)$$

T_{PL} ile : Hizmete girdiği yıldaki ağır vasıta trafiği

n : Ömrü (n=20 yıl) **τ** : Alınan artış oranı %4'e eşit

➤ Toprak sınıfının belirlenmesi

Zeminlerin sınıflandırılması, Modifiye Proktor'un optimum su içeriğine ve karşılık gelen maksimum yoğunluğa göre sıkıştırılan test numuneleri üzerinde ölçülen CBR indeksine dayanmaktadır. Dört günlük daldırmanın ardından sınıflandırma aşağıdaki eşiklere göre yapılacaktır (Dimensionnement des chaussées routieres cas RN40A).

Çizelge 3.3 CBR'ye göre toprakların sınıflandırılması katsayıları (Dimensionnement des chaussées routieres cas RN40A)

Toprak sınıfı	CBR endeksi
S ₀	>40
S1	25-40
S2	10-25
S3	05-10
S4	<05

- LCPC yöntemi (Köprüler ve Yollar Merkezi Laboratuvarı)

Bu yöntem AASHO testlerinden türetilmiştir; (Üniversite Yahia ücretleri 2019) denklem (3.3) ifadesiyle verilen eşdeğer trafiğin belirlenmesine dayanmaktadır.

$$T_{eq} = TJMA \cdot a [(1 + Z)^n - 1] \cdot 0.75 \cdot P \cdot 365 / [(1 + Z) - 1] \quad (3.2)$$

Şununla: T_{eq} = 13t'lik aks başına eşdeğer trafik

TJMA = yolun işletmeye alınması sırasındaki trafik.

a = kanal sayısına bağlı olan katsayı.

Z = yıllık büyüme oranı.

n = yol ömrü.

p = ağır sıkletlerin yüzdesi

Eşdeğer trafik değeri belirlendikten sonra LCPC'den kalınlık eşdeğeri " e " (T_{eq} , ICBR'ye göre) değerini ararız. LCPC grafiği belirli sayıda bölgeye bölünmüştür ve bu bölgelere bağlı olarak tavsiye edilir. Baz katın doğası ve kalitesi (Yahia Üniversitesi 2019).

3.3 Alize LCPC

LCPC (Laboratoire Central des Ponts) tarafından geliştirilen bir yazılım paketidir ve Fransa'da yol tasarımı ve analizi için tasarlanmış *Chaussées* "(LCPC). Yazılım, mühendisler ve planlamacılar tarafından yol ağlarını simüle etmek ve optimize etmek ve bunların çeşitli trafik koşulları altındaki performansını değerlendirmek için kullanılır.

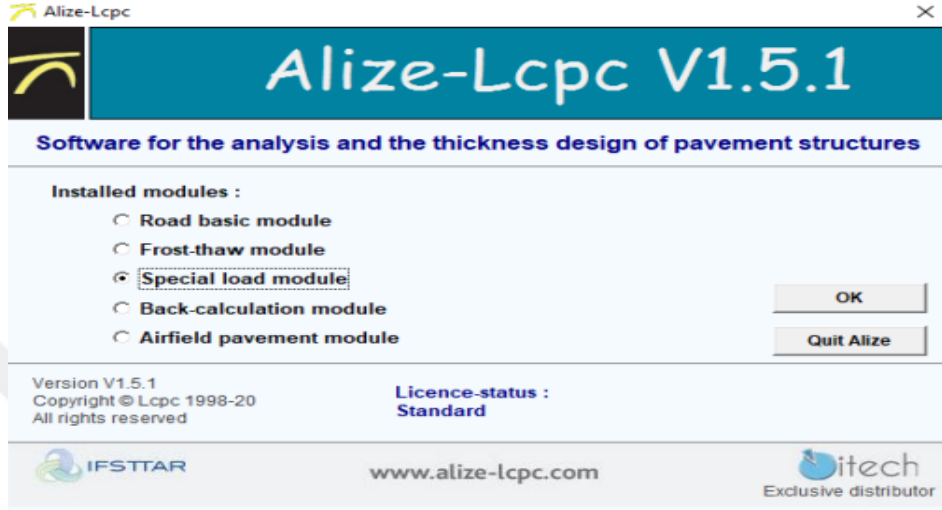
Alize LCPC'nin temel özelliklerinden bazıları şunlardır (Şekil 3.2 ve Şekil 3.3)

- Dikey ve yatay hizalama tasarımı, hafriyat hesaplamaları ve kaplama tasarımı dahil olmak üzere yol geometrisi tasarımı ve analizi.
- Kapasite analizi, kuyruk uzunluğu analizi ve seyahat süresi analizi dahil olmak üzere trafik akışı simülasyonu ve analizi.
- Gürültü ve hava kirliliği analizini de içeren çevresel etki değerlendirmesi. Çarpışma analizi ve risk değerlendirmesi de dahil olmak üzere güvenlik analizi.

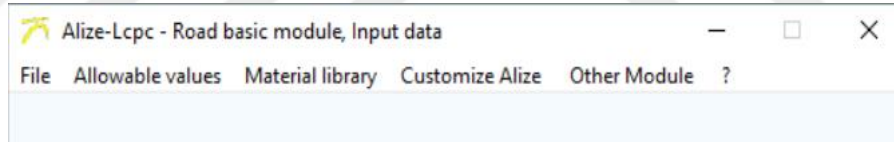
Alize-LCPC'nin entegre versiyonu beş ana modül içerir (Şekil 3.2)

- 'Alize Mekanik Modül' adı verilen, trafik yüklerinin yol malzemelerinde oluşturduğu gerilme ve gerinimlerin belirlenmesine dayalı bir mekanik hesaplama modülüdür.
- davranışına ilişkin tasarımı kontrol etmeye yönelik özel bir yükleme modülü,

- Ölçülen deforme kabuktan yol malzemelerinin elastik modülünü hesaplayan bir ters hesaplama modülü "Alize ters hesaplama modülü".
- Havaalanı kaplama modülü.



Şekil 3.2 Alize LCPC'nin Menü penceresi



Şekil 3.3 Temel Yol temelinin ana menü çubuğu

Bitişik katmanlar arasındaki arayüzlerin nasıl çalıştığını karakterize etmek için üç tür arayüz kullanılabilir: sınırlayıcı, kayma ve yarı sınırlayıcı. Arayüz koşulları, çeşitli

malzemeler arasındaki teması modellemek için Fransız Kaplama Tasarımı CPC-SETRA Teknik Kılavuzunda belirtilmiştir (Şekil 3.4).

Alize-Lcpc - Road basic module, Input data

File Allowable values Material library Customize Alize Other Module ?

title

Basis structure

	thick. (m)	modulus (MPa)	Nu	material type
bonded	0.08	7000	0.350	eb-bbsg3
1/2 bond.	0.22	23000	0.250	gc-t3
bonded	infinite	50	0.350	pf2

Modify the structure
nbr of layers: 4
Add 1 layer
Remove 1 layer

Alternative data
nbr of variants: 1
See/manage variants
Remove all the variants

Compute. level (m)
Modify the levels

Help
Interface type
Mini-maxi thicknesses

Calcul mécanique
Extended computation
Fast comput. (ref.load)

Quit Alize

Give the title of the structure (free text, optional)

Şekil 3.4 Kaplama yapısına

Alize-Lcpc - Interfaces, Lcpc-Setra guide 1994 and standard...

semi-rigid pavement

materials in contact	interface
wearing course/base layer	bonded
gcv/gcv	unbond.
gc4/gc4 (according to NF P98-086)	unbond.
glg/glg	bonded
base/subbase other materials	1/2 bond.
subbase/support without curing	bonded
subbase/support with curing	unbond.
subbase/support global study	unbond.

Exit

Şekil 3.5 Arayüzler için yardım ekranı

Yazılımda, aşınma tabakası, temel tabakası, alt temel ve doğal toprak için kullanılan malzemeleri de bulabılacaktır. Arayüz Yardım penceresinde (Şekil 3.5), farklı arayüz türlerini bulacaktır.

Alize-Lcpc - Minimal and maximum thicknesses of material according to the 1998 Catalogue

Guide 1994 - Catalogue 1998 Norme NF P98-086

Layer thicknesses, according to NF P98-086 standard

Minimal and maximum thicknesses of layers (normative annex H)

	GB		EME		GH BCR	S traités	GNT		BAC BC5g	BC5ng	BC2
	0/14	0/20	0/10	0/14	0/20		0/14	0/20			
mini	8cm	10cm	6cm	7cm	9cm	15cm	18cm	10cm	15cm	/	/
maxi	14cm	16cm	8cm	13cm	15cm	32cm	32cm	35cm	35cm	/	/

Thickness ranges of the different surface layer techniques

Technique	Granularity	Thickness (m)
BBSG	EB10	0.05 à 0.07
BBSG	EB14	0.06 à 0.09
BBM	EB10	0.03 à 0.04
BBM	EB14	0.035 à 0.05
BBDr	BBDr6	0.03 à 0.04
BBDr	BBDr10	0.04 à 0.05
BBS	EB10-type 1	0.04 à 0.05
BBS	EB10-type 2	0.04 à 0.05
BBS	EB10-type 3	0.08
BBS	EB10-type 4	0.10 à 0.12
BBTM	BBTM6	0.02 à 0.03
BBTM	BBTM10	0.02 à 0.03
BBUM	UTLAC6	0.015
BBUM	UTLAC10	0.015
BBME	EB10	0.05 à 0.07
BBME	EB14	0.06 à 0.09
ES		
ACR		

Flexible pavements : thicknesses of the bituminous surface layer (normative annex B)

Traffic NE mini	Traffic NE maxi	Th. BB (m)
10 000	130 000	0.04
130 000	168 000	0.05
168 000	216 000	0.06
216 000	280 000	0.07
280 000	360 000	0.08
360 000	465 000	0.09
465 000	600 000	0.10
600 000	775 000	0.11
775 000	1 000 000	0.12

Composite pavements : minimal thicknesses of surface layers (normative annex B)

Traffic class	Minimal th. (m)
Traffic < T1	0.06
Traffic = T1	0.08
Traffic > T1	0.10 à 0.14

Thick, composite and inverted pavements (normative annex B)

Surface layer (wearing + binder)	according to the technological limits of each technic and total structure pavement
Binder layer	thickness 5 to 7 cm recommended. Up to 9 cm if BBM or BBTM surface layer

Exit

Şekil 3.6 Minimum ve maksimum kalınlık için yardım penceresi

"Minimum teknik kalınlıklar" (Şekil 3.6) yardım düğmesi hem minimum hem de maksimum kalınlığı çağırır 1998'de oluşturulurken dahil edilmiş olan malzeme uygulama değerleri Katalog.

➤ Mekanik hesaplamanın sonuçları

Hesaplama noktalarındaki gerilmeler ve gerinimler. Her hesaplama seviyesinde, XoY yatay düzlemindeki minimum gerinim (EpsT) ve küçük birincil gerilim (SigmaT) ve ZZ yönünde maksimum gerinim (Eps) ve gerilim (SigmaZ) gösterilir (Şekil 3.7, Şekil 3.8, Şekil 3.9 ve Şekil 10).

- Daha genel tasarım uygulamalarında bu tablo, kullanılan sonuçları doğrudan özetlemek için kullanılır.
- Yapısal tasarım.

Alize-Lcpc - Results (Structure : data shown on the Structure screen, Reference load)

variant no 1: Duration 00:00sec

thick. (m)	modulus (MPa)	Poisson ratio	Zcalcul (m)	EpsT (μdef)	SigmaT (MPa)	EpsZ (μdef)	SigmaZ (MPa)
0.070	7000.0	0.350	0.000	46.8	0.642	-28.2	0.658
	bonded		0.070	13.6	0.358	29.8	0.546
0.150	9000.0	0.350	0.070	13.6	0.453	19.0	0.546
	bonded		0.220	-90.4	-1.097	84.0	0.047
0.250	240.0	0.350	0.220	-90.4	-0.005	203.6	0.047
	bonded		0.470	-106.8	-0.025	166.6	0.023
infinite	80.0	0.350	0.470	-106.8	0.000	286.7	0.023

Results shown on screen

☒ Table 1 ☐ Table 2

☐ Table 3 ☐ Table 4

☐ Table 5 ☐ Table 6

☐ Table 7 ☐ Table 8

Deflection = 39.4 mm/100

dual-wheel center

Rdc = 801.0 m

Print Save

See loading Exit

Şekil 3.7 Mekanik hesaplama sonuçlarının ana penceresi

Alize-Lcpc - Design of pavement structures
according to the French Lcpc-Setra rational method

Description of the calculation

- data Structure : direct input, no name
- title of the study Catalogue RRN 1998, VRNS Form 26 - Structure gb3/gnt/pf3 - Trafic TC5
- load data :
 - standard 65 kN dual-wheel axle
 - vertical pressure : 0.6620 MPa
 - contact radius : 0.1250 m
 - dual-wheel spacing: 0.3750 m

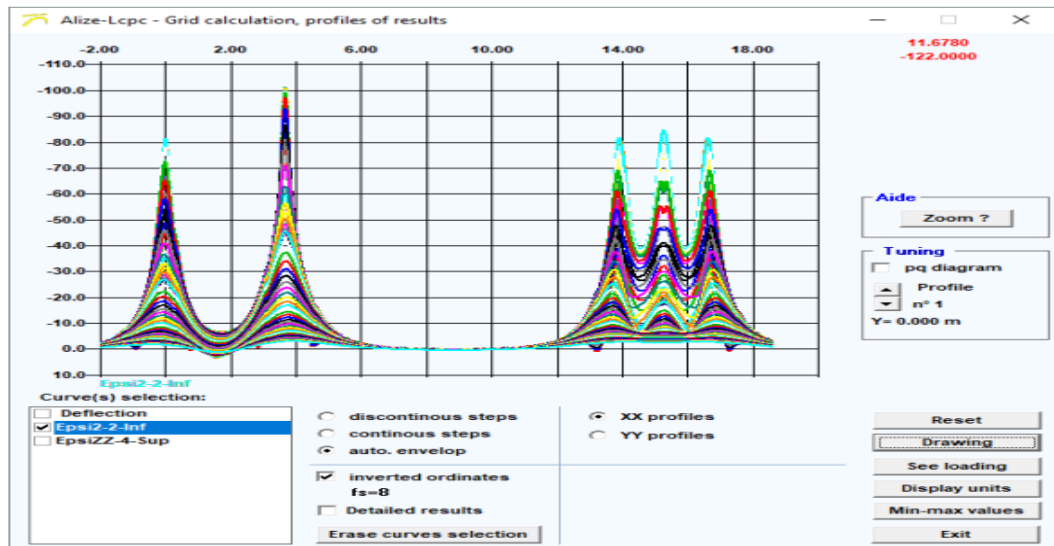
units: m, MN and MPa; strains in μ strain; deflection in mm/100

Table 1 (synthesis):
major main traction stresses in the horizontal plane XoY and
major main compression stresses along the vertical ZZ axis; maximal deflection

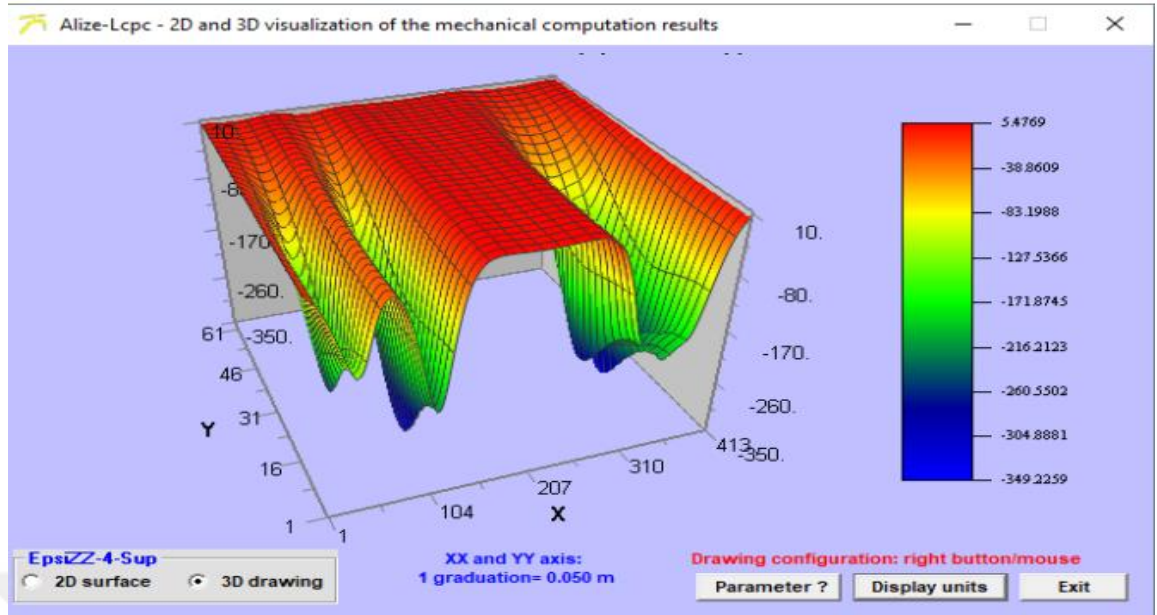
	level comput.	EpsilonT horizontal	SigmaT horizontal	EpsilonZ vertical	SigmaZ vertical
th= 0.080 m	0.000m	42.3	0.455	-3.9	0.658
Yg= 5400.0 MPa					
nu= 0.350	0.080m	11.5	0.269	45.6	0.538
th= 0.150 m	0.080m	11.5	0.439	19.6	0.538
Yg= 9300.0 MPa					
nu= 0.350	0.230m	-77.9	-0.964	72.7	0.056
th= 0.200 m	0.230m	-77.9	-0.009	166.2	0.056
Yg= 360.0 MPa					
nu= 0.350	0.430m	-93.3	-0.033	142.3	0.030
th. infinite	0.430m	-93.3	0.000	245.2	0.030
Yg= 120.0 MPa					
nu= 0.350					

Maximal deflection =29.4 mm/100 (dual-wheel center)
Curvature radius =876.1 m (dual-wheel center)

Şekil 3.8 Mekanik sonuçların yazdırılması



Şekil 3.9 2D profil modunda sonuçların görselleştirilmesi örneği, uzunlamasına XX yönü boyunca sonuçların yatay profilleri



Şekil 3.10 Eşdeğerler yüzeyinde sonuç görselleştirmesi

- İzin verilen değerlerin hesaplanması

Şekil 3.11 İzin verilen ddeğerlerin hesaplanması

3.4 Veri Toplama

Proje veri toplama

Trafik:

- MJA=20
- Geometrik büyüme oranı= %2
- Ömür = 10 yıl
- Hava durumu verileri: Yerinde ortalama hava durumu =29°C
- Alt sınıf = PF3
- Mevcut malzemelerin özelliği = GNT 0/31,5 : CBR=120 ve BBSG

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1 Cibuti Şehrindeki Yolların Durumu: Mevcut Yollardan Analizler

➤ L'air yolu RN-001



Şekil 4.1 (a) L'Air yolu 1, (b) L'Air yolu 2

- Tanım

L' Air yolu, Haziran 2020'de son kez yenilenen çift yönlü bir yoldur, yol şehir merkezi ile Balbala belediyesini birbirine bağlayan ana yoldur . Yol genellikle günde yüzlerce hafif araç tarafından kullanılıyor. Yolun amacı ana yol olup, kullanılan kaplama türü bitüm kaplamalı esnek bir kaplamadır (Şekil 4.1).

- Mevcut durum

Yol oldukça kırılgan durumda ve acil müdahale gerektirir. Yukarıdaki görüntülerden yolun çok ileri bir aşamada bozulmayla karşı karşıya olduğunu, asıl bozulmanın parçalanma türünden olduğunu ve daha doğrusu kesitin çok geniş bir yüzeyi üzerindeki aşınma tabakasındaki çukurlar olduğunu görebilmektedir. Yüzey tabakasındaki çukurların nedenleri çok çeşitlidir ve veri yetersizliği nedeniyle kesin nedeni

açıklayamamaktadır ancak yine de Cibuti'de çok sık görülen bazı faktörleri tahmin etmektedir: Gösterildiği gibi zayıf drenaj. Çukurlar, bir veya daha fazla kaplama katmanının yeterince stabil olmaması ve trafik yüklerinden dolayı kaplamanın bozulmasına neden olması durumunda ortaya çıkar.

- Öneri

İlgili bilgi eksikliği nedeniyle, bozulmanın onarılması için kesin bir çözüm vermem imkansız ancak standartlara göre bu tür bozulmalar, bozulmanın yapısal düzen haline gelmemesi için aşınma tabakasının mümkün olduğu kadar çabuk kaplanmasını gerekmektedir. Çukurlar uzun süredir oluşuyorsa , sorunu düzeltmek için yüzeyin yeniden kaplanması veya derinlemesine kaldırılması ve değiştirilmesi gerekmektedir. Kapsamlı ve uzun süreli çukurlar, kaplamanın bozulmasına yol açan yapısal problemlere dönüşebilmektedir.

- Venise Yolu



(a)



(b)

Şekil 4.2 (a) Venise Yolu 1, (b) Venise Yolu 2

- Tanım

Venedik Yolu, Haziran 2022'de son kez yenilenen çift yönlü bir yoldur, yol, Cibuti limanına ana erişim olan bir ana yoldur. Yol genellikle günde yüz ağır araç tarafından ödünç alınmaktadır. Yolun amacı ana yol olup, kullanılan kaplama tipi bitüm kaplamalı yarı sert kaplamadır (Sétra -LCPC, 1997)(Şekil 4.2).

- Mevcut durum

Yol kritik gibi görünmese de bazı yüzeysel kusurlar barındırıyor. Yukarıdaki görüntülerden, yolun, kesitin çok geniş bir yüzeyinde ve ikinci görüntüde (Şekil 3.5) aşınma tabakasında küçük şişlikler (Şekil 3.4 ve 3.5) ile, daha doğrusu aşınma tabakasında bir deformasyonla karşı karşıya olduğunu sabitliyoruz. birincil aşamasında çözülmenin oluşmasıdır. Sebepler bu alanın plaj kenarında olması, yetersiz sayma veya çakıl ile asfalt arasındaki yapışmanın yetersiz olması nedeniyle donma/çözülme olabilir. Bu bozulma Trafik nedeniyle hızlandırılabilir.

- Öneri

Sökülme için aşınma tabakasının mümkündür olan en kısa sürede kapatılmasına başvurulmalıdır ve şişme durumunda alt temel malzemesinin kazılması ve kaldırılan alanın yeniden inşa edilmesiyle tamir edilebilir. Bu tür bozulmalar, kaplamanın bozulmasına yol açacak yapısal sorunlara dönüşmemeleri için hızlı müdahale gerektirir.

➤ Q6 Yolu



(a)



(b)

Şekil 4.3 (a) Q6 Yolu, (b) Q6 Yolu 2

- Tanım

Q6 Güzergahı, 2019 yılında son kez yenilenen çift yönlü bir yol olup, yol hafif araçların dolaşımına imkan veren yerel bir yoldur ve hız 30km/saat ile sınırlıdır. Yol genellikle daha az yoğun trafik tarafından kullanılır. Kullanılan kaplama tipi bitüm kaplamalı esnek kaplamadır (Sétra -LCPC, 1997)(Şekil 4.3).

- Mevcut durum

Yol kritik gibi görünmese de bazı yüzeysel kusurlar barındırır Yukarıdaki görüntülerden, yolun aşınma tabakasındaki kaplamanın yüzey kusuruyla (Ravelling) karşı karşıya olduğunu sabit tutmaktadır ve ana nedenler arasında yoldaki suyun durgunluğu (Şekil 4.3),aşınma tabakasının yetersiz sayılması veya Kötü inşaat tekniği bu kusurları trafik nedeniyle hızlandırabilir.

- Öneri

Bu tür yüzey kusurları, bozulmanın yapısal hale gelmemesi ve iyi bir su tahliyesi sağlanması ve ayrıca sakinlerin yoldaki suyun zararları konusunda bilinçlendirilmesi için aşınma tabakasının mümkün olan en kısa sürede asfaltla kaplanmasını gerektirir. Mahalle

yolları civardaki sakinler tarafından ihmal ediliyor ve bu ihmal kaplama ömrünün kısılmasına neden olmaktadır.

➤ Cadde 26



Şekil 4.4 Cadde 26

- Tanım

Cadde 26, son kez 2019 yılında yenilenen kaplamalara ayrılmış, çift yönlü bir yol olup, yol ağır araçların dolaşımına olanak sağlayan ana yol olup hız 50km/saat ile sınırlıdır. Yol genellikle çok önemli olmayan bir trafik tarafından ödünç alınmaktadır. Kullanılan kaplama tipi bitüm kaplamalı esnek kaplamadır (Sétra -LCPC, 1997)(Şekil 4.4).

- Mevcut durum

Yolun durumu kritik görünüyor (Şekil 4.4). Yukarıdaki görüntüden, yolun çeşitli bozulmalarla karşı karşıya olduğunu ve bu bozulmaların arasında yapısal da olabilecektir yüzey kusurlarının (Ravelling) ve kenarlarda tekerlek izlerinin bulunduğunu sabit olmaktadır. Nedenleri zayıf sıkıştırma olabilir; Kötü inşaat tekniği ve kaplamada su durgunluğu (Şekil 4.4) tüm kaplama yapısının bozulmasına neden olabilir.

- Öneri

Kaplamanın durumu göz önüne alındığında, tekerlek izi aşamasını değerlendirmek için bir saha araştırması yapılmalıdır. Tekerlek izi oluşumu genellikle yolun bir veya daha fazla katmanının çökmesinden kaynaklanır. Yivin genişliği tabakanın kırıldığını gösterir. Çok dar oluklar genellikle yüzey arızasını, geniş oluklar ise platform arızasını gösterir. Yüzeydeki küçük oyuklar mikro sıva ile doldurulabilir. Sorun yeraltındaysa, iyileştirilmesi veya yeniden inşa edilmesi gerekebilir.

4.2 Alize LCPC ile yol projesinin tasarlanması

➤ Alize yazılımından elde edilen sonuç

Bu çalışmada üstyapı tasarımı için Alizée LCPC versiyon 1.5 kullanılmıştır. Alizée LCPC 2.0 sürümü en son sürümdür ve bu yeni güncelleme kullanım açısından değişiklikler getirmekte ve birkaç yeni özellik eklemektedir, ancak kullanılan hesaplama referansları aynı kalmaktadır (Şekil 4.5). Yol tasarımı için: Üstyapı yapıları için Fransız Tasarım kılavuzu, LCPC-SETRA 1994 daha ayrıntılı olarak sunulmaktadır rasyonel üstyapı tasarımı ilkeleri, yeni standart üstyapı yapıları kataloğu, LCPC-SETRA 1998 ve Varyant Spesifikasyonları Teknik Kılavuzu, SETRA 2003.

Alize-Lcpc - Design of pavement structures
according to the French Lcpc-Setra rational method

Description of the calculation

- data Structure : direct input, no name
- title of the study Catalogue RRN 1998, VRS Fiche 4 - Structure gc3/gc3/pf2 - Trafic TC5
- load data :
 - standard 65 kN dual-wheel axle
 - vertical pressure : 0,6620 MPa
 - contact radius : 0,1250 m
 - dual-wheel spacing: 0,3750 m

units: m, MN and MPa; strains in μstrain ; deflection in mm/100

Table 1 (synthesis):

**major main traction stresses in the horizontal plane XoY and
major main compression stresses along the vertical ZZ axis; maximal deflection**

	level comput.	EpsilonT horizontal	SigmaT horizontal	EpsilonZ vertical	SigmaZ vertical
th= 0,050 m	0,000m	-204,2	<i>surface (z=0.000)</i>	-132,0	0,658
Yg= 1530,0 MPa					
nu= 0,350	0,050m	-201,7	-0,164	442,6	0,566
			<i>bonded (z=0,050m)</i>		
th= 0,150 m	0,050m	-201,7	0,061	1094,2	0,566
Yg= 400,0 MPa					
nu= 0,350	0,200m	-571,0	-0,228	760,9	0,166
			<i>bonded (z=0,200m)</i>		
th. infinite	0,200m	-571,0	-0,006	1365,3	0,166
Yg= 120,0 MPa					
nu= 0,350					

Maximal deflection =67,4 mm/100 (dual-wheel center)

Curvature radius =82,7 m (dual-wheel center)

Computation of Allowable value - material: bituminous - bb
traffic data :

MJA = 20 lorries/direction/lane
geometric growth= 2,00%
service duration= 10,0 years
cumulated traffic NPL = 79 933 heavy lorries

other equivalent traffic data (inferred) :

arithmetic growth= 2,11%

equivalent cumulated traffic NE:

coefficient CAM= 0,30

cumul. traffic NE= 23 980 reference axles

material characteristics:

Epsilon6= 100,00 μstrain
inverse slope 1/b= -5,00
TetaEq= 29 °C
modulus E(10°C) = 7200 MPa
modulus E(TetaEq)= 1530 MPa
struct. bituminous th.= 0,100 m
standard deviation Sh= 0,010 m
standard deviation SN= 0,250
risk= 30,0%
coefficient Kr= 0,9370
coefficient Ks= 1
coefficient Kc= 1,1

Allowable EpsilonT= 471,5 μstrain

Computation of Allowable value - material: untreated graded aggregates and soil (soil, low traffic)
traffic data :

MJA = 20 lorries/direction/lane
geometric growth= 2,00%
service duration= 10,0 years

cumulated traffic NPL = 79 933 heavy lorries

other equivalent traffic data (inferred) :

arithmetic growth= 2,11%

equivalent cumulated traffic NE:

coefficient CAM= 0,40

cumul. traffic NE= 31 973 reference axles

material characteristics:

coefficient A= 16000
exponent= -0,2220

Allowable EpsilonZ= 1599,8 μstrain

Şekil 4.5 Alizee LCPC yazılımındaki hesaplamaların açıklaması.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yol inşaatı, ulaşımı ve ticareti kolaylaştırmak için yolların ve otoyolların tasarlanması, inşa edilmesi ve bakımının yapılmasını içerir. Bu, araştırma gibi çeşitli aşamaları içerir. Planlama, sınıflandırma, asfaltlama, drenaj, tabela ve aydınlatma gibi gerekli özelliklerin eklenmesi. Yol inşaatı vasıflı işçiler, ağır makineler ve beton ve asfalt gibi inşaat malzemeleri gerektirir. İnşaat süreci yol ve arazi türüne göre değişiklik gösterebilmektedir ve devlet kurumları, yükleniciler ve diğer paydaşlar arasında işbirliği gerekmektedir. Doğru bakım, yol güvenliğini ve uzun ömürlülüğü sağlamak için kritik öneme sahiptir ve genellikle düzenli denetimleri, onarımları ve yeniden asfaltlamayı içerir.

Cibuti, ülke içinde ve komşu ülkelerle ticareti ve ulaşımı kolaylaştırmak için yeni otoyollar inşa etmeye ve yol altyapısını iyileştirmeye yatırım yapmıştır . Ülke aynı zamanda kıta çapında karayolu bağlantısını geliştirmeyi amaçlayan Trans-Afrika otoyol ağının da bir parçası. Ancak bu çabalara rağmen; Cibuti karayolu ağı hâlâ yetersiz bakım ve sınırlı finansman gibi sorunlarla karşı karşıyadır.

Cibuti'de bakımsızlık, kaplamaların bozulmasını hızlandıran ana faktörlerden biri olup, Devletin bu soruna ilişkin karar alması zorunlu hale gelmektedir. Üstelik çok yüksek sıcaklık, kaplamaya çok fazla zarar veren göz ardı edilemeyecek bir faktördür; Yol mühendisleri bunu dikkate almalı ve en uygun malzemeleri seçmelidir. Cibuti'deki karayolu altyapısı sıklıkla ihmal ediliyor ancak Başkan'ın Cibuti'yi uluslararası bir merkez haline getirmeye yönelik "2035 vizyonu" ile ulusal karayollarında giderek daha fazla iyileştirme sağlayamaktadır.

KAYNAKLAR

- ADR, Ministère des Infrastructures et des Équipements de Djibouti. Rapport de travail trimestriel de juin 2022: 5-18
- ADR Agence routière de Djibouti, Rapport d'activité janvier et février 2022: 2-6
- ASMÜD,2021, Asfalt Tabakalar Web sitesi: <http://www.asmud.org.tr/>. Erişim Tarihi: 15.05.2024.
- AIP AVIS DE CONFÉRENCE, 2018, Effect of temperature changes on the mechanical performance of hot mix asphalt as a wearing layer with different gradation types. Web sitesi: <https://The-effect-of-temperature-changes-on-mechanistic.com> . Erişim Tarihi: 06.07.2023.
- Association of African Construction and Public Works Laboratories (ALBTP) Transnational Committee of African Geotechnicians (CTGA) 2018, Règles techniques pour la construction de routes dans les pays d'Afrique tropicale,20-70
- Bjørn Johannessen, International Labor Organization 2008 , Rural road construction: Chapter 9 paving,16-24
- Bryzhko, Viktor Gennadevich 1 & BRYZHKO 2019, Ilya Viktorovich 2 , Comprehensive assessment of the impact of road infrastructure development in a rural municipal district :18-36
- DJIBOUTI CITY, 2021. Web sitesi: <https://www.britannica.com/place/Djibouti>. Erişim Tarihi: 10.05.2023.
- DJIBOU INFRASTRUCTURE, 2020.Web sitesi: <https://www.DonnéesMondiales.com>. Erişim Tarihi: 15.05.2023.
- DJIBOU INFRASTRUCTURE, 2020. Web sitesi: <https://www.donneesmondiales.com>. Erişim Tarihi: 13.06.2023.
- IFEN, 2006. The effects of the highway network on the environment, Web sitesi: <https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr> (Fransızca versiyonu) Erişim Tarihi: 19.06.2023.
- Institut Français des Routes 2016, Institut des rues et des infrastructures de mobilité. Diagnostic et conception des renforts de revêtement: 42-51
- INFOCİMENT,2019, Effet de nombreux pneus sur la chaussée Web sitesi: <https://www.infociments.fr>. Erişim Tarihi: 02.07.2023.

- Mémoire de maîtrise à l'université yahia fares de medea, 2020, Dimensionnement des chaussées routières cas RN40A, Mémoire de maîtrise, Université d'Alger, 100 pages, Algérie
- Nurmuhammed Yusupov 2020, Measuring the impact of road infrastructure on household welfare: Evidence from Azerbaijan, Asian Development Bank Institute: 14-28
- OSR Journal of Mechanical and Civil Engineering (IOSR-JMCE), 2015, Coating Deterioration and Its Causes. Web sitesi: <https://www.iosrjournals.org> Erişim Tarihi: 14.08.2023.
- Paulo Rui Anciaes 2016, Social impacts of road traffic: perceptions and priorities of local residents: 36-50
- Road Research Center Brussels 2016, Code of practice for the protection of roads against the effects of water, Regarding the protection of road works against the effects of water: 16-25
- Shuailong Feng 2021, Measuring the Environmental Impacts of Highway Construction Using Remote Sensing Approach: 6-12

EKLER

EK 1. Farklı aşınma tabakası tekniklerinin kalınlık aralığı

EK 2. Otoyol olmayan bir yol için trafik ve malzemelere bağı olarak ortalama agresiflik katsayısı

EK 3. Kentsel kaplamalarda kullanılan farklı aşınma tabakası teknikleri

EK . Yapının türü, malzemesi ve trafik sınıfı ile ilişkili % cinsinden risk değerleri

EK 5. Aşınma yüzeyi için izin verilen değerlerin hesaplanması

EK 6. Temel ve alt zemin katmanı için izin verilen değerlerin hesaplanması

EK 7. Referans yük ve İzin verilen yük

EK 1. Farklı aşınma tabakası tekniklerinin kalınlık aralığı

Teknik	Standartlar	Parçalılık	Hastalık (m)
BB yarı grenli BBSG	NF EN 13108-1	EB10 EB14	0,05 ila 0,07 0,06 ila 0,09
BB ince BBM	NF EN 13108-1	EB10 EB14	0,03 ila 0,04 0,035 ila 0,05
BB boşaltma BBDr	NF EN 13108-7	BBDr6 BBDr10	0,03 ila 0,04 0,04 ila 0,05
BBS (Kaplama NE ≤ 250000 için Asfalt Betonu)	NF EN 13108-1	EB10-Tip 1 EB10-Tip 2 EB10-Tip 3 EB10-Tip 4	0,04 ila 0,05 0,04 ila 0,05 0,08 0,10 ila 0,12
BB çok ince BBTM	NF EN 13108-2	BBTM10 BBTM6	0,02 ila 0,03 0,02 ila 0,03
BB Ultra-ince BUM	prNF EN 13108-9 (mayıs 2010)	UTLAC10 UTLAC6	0,015 0,015
BB yüksek modül BBME	NF EN 13108-1	EB10 EB14	0,05 ila 0,07 0,06 ila 0,09
Yüzeyssel kaplamalar ES	NF EN 12271		
yol mastik asfalt	NF EN 13108-6		

NE: Boyutlandırma için, boyutlandırma süresi (NPL) boyunca biriken ağır yük taşıtlarının sayısı, aşağıdaki denklem kullanılarak CAM trafiğinin ortalama saldırganlık katsayısı kullanılarak Eşdeğer Referans Dingil Sayısına (NE) dönüştürülür.

$$NE = TGA \times CAM$$

NE: Eşdeğer sayıda referans aks

NPL: Boyutlandırma dönemi için hesaplanan kamyon sayısı

CAM: Ortalama trafik agresiflik katsayısı

EK 2. Otoyol olmayan bir yol için trafik ve malzemelere bağı olarak ortalama agresiflik katsayısı.

	T5	T4	T3-	Ç3+	T2,T1,T0
CAM Bitümlü malzemeler	0,3	0,3	0,4	0,5	0,5
Hidrolik bağlayıcılar ve betonla işlenmiş CAM Malzemeleri	0,4	0,5	0,6	0,6	0,8
CAM Zemin, GNT	0,4	0,5	0,6	0,75	1

EK 3. Kentsel kaplamalarda kullanılan farklı aşınma tabakası teknikleri

Yol türü	giyim Kursu	Temel katman
TJMA $\leq$ 25	Yüzeysel kaplamalar BBM BBSG Çimento beton	GNT GNT veya GB GNT veya GB veya MTLH –
TJMA $\leq$ 150	ECF Asfalt BBM BBSG BBME Çimento beton	GB veya BC M.Ö GB veya GNT GNT GNT BC2 veya MTLH veya GNT
TJMA $\leq$ 1000	ECF BBTM-BBUM BBMa sınıf 3 BBSG BBME Çimento beton	GB veya EME GB veya EME veya MTLH GB veya GNT EME veya MTLH veya GNT GB veya EME BC2 veya MTLH veya GNT veya GB

EK 4. Yapı tipine, malzemeye ve trafik sınıfına bağlı % cinsinden risk değerleri

		Teksas	TS	T0	T1	T2	Ç3	T4	T5
Kalın ve yarı sert bitümlü yapılar	MB	1,0	1,0	2,0	5,0	12,0	25,0	25,0	30,0
	MTLH	1,0	1,0	2,5	5,0	7,5	12,0	12,0	25,0
Ters yapılar	MB	1,0	1,0	2,0	5,0	12,0	25,0	25,0	30,0
	MTLH	1,0	2,0	5,0	10,0	15,0	35,0	24,0	25,0
Karma yapılar	MB	1,0	1,0	2,0	5,0	12,0	25,0	25,0	30,0
	MTLH	1,0	2,0	3,0	10,0	20,0	35,0	35,0	50,0
Beton yapılar									
Taban/Yüzey Rotası		1,0	1,0	2,8	5,0	7,5	15	25,0	25,0
BAC ve BCg hariç alt temel		2,0	2,0	5,6	10,0	15,0	25,0	25,0	25,0
BCg için alt taban		50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0

EK 5. Aşınma yüzeyi için izin verilen değerlerin hesaplanması

Alize-Lcpc - Computation of allowable values

Cumulated heavy lorries traffic: data

☒ Annual daily mean (MJA):	20
☒ Geometric growth rate (%):	2
☐ Arithmetic growth rate (%):	2,11
☒ Service duration (years):	10
☐ Cumulated traffic (heavy lorries):	7,9933E+4

Tick 3 boxes at most

Help

CAM: Lcpc-Setra Guide 1994

CAM: Catalogue 1998

Risks: Lcpc-Setra 1994

Risks: Catalogue 1998

1998 structures Catalogue

Allowable values: data

material type	bituminous	E10°C10Hz (MPa)	7200
coefficient CAM	0,3	Eteq10Hz (MPa):	1530
risk (%):	30	standard dev. Sh (m):	0,010
cumul. traffic NE=	2,3980E+4	standard dev. SN:	0,250
Epsilon6 (µstrain):	100	Kr (risk):	0,937
-1/b	5	Kc (adjustment):	1,1
		Ks (bound lay./pf3 pf4):	1

Compute EpsiT allowable

Inverse comput. NE=f(EpsiT)

Inverse comput. Risk=f(EpsiT)

Material library

Print

Save

Allowable
471,5 µstrain

Free note
bituminous

Memo
4 - EpsiZ= 1599,8 (uga, soils)
5 - EpsiT= 471,5 (bituminous)

clear=dble click

Exit

EK 6. Temel ve alt zemin katmanı için izin verilen değerlerin hesaplanması

Alize-Lcpc - Computation of allowable values

Cumulated heavy lorries traffic: data

☒ Annual daily mean (MJA):	20
☒ Geometric growth rate (%):	2
☐ Arithmetic growth rate (%):	2,11
☒ Service duration (years):	10
☐ Cumulated traffic (heavy lorries):	7,9933E+4

Tick 3 boxes at most

Help

CAM: Lcpc-Setra Guide 1994

CAM: Catalogue 1998

Risks: Lcpc-Setra 1994

Risks: Catalogue 1998

1998 structures Catalogue

Allowable values: data

material type	uga-soils
coefficient CAM	0,4
cumul. traffic NE=	3,1973E+4
Coefficient A:	16000
slope b :	-0,222

Compute EpsiZ allowable

Inverse comput. NE = f(EpsiZ)

Material library

Print

Save

Compute EpsiZ

Free note

uga, soils

Memo

4 - EpsiZ= 1599,8 (uga, soils)

5 - EpsiT= 471,5 (bituminous)

clear=dbl click

Exit

EK 7. Referans yük ve İzin verilen yük

Alize-Lcpc - Results (Structure : data shown on the Structure screen, Reference load)

variant no 1: Duration 00:00sec

thick. (m)	modulus (MPa)	Poisson coeff.	Zcalcul (m)	EpsT (µdef)	SigmaT (MPa)	EpsZ (µdef)	SigmaZ (MPa)
0,050	1530,0	0,350	0,000	-204,2	-0,086	-132,0	0,658
	bonded		0,050	-201,7	-0,164	442,6	0,566
0,150	400,0	0,350	0,050	-201,7	0,061	1094,2	0,566
	bonded		0,200	-571,0	-0,228	760,9	0,166
infinite	120,0	0,350	0,200	-571,0	-0,006	1365,3	0,166

Results shown on screen

☒ Table 1 ☐ Table 2

☐ Table 3 ☐ Table 4

☐ Table 5 ☐ Table 6

☐ Table 7 ☐ Table 8

Deflection = 67,4 mm/100

dual-wheel center

Rdc = 82,7 m

Print Save

See loading Exit

Alize-Lcpc Memo

☐ 4 - EpsiZ= 1599,8 (uga, soils)

☐ 5 - EpsiT= 471,5 (bituminous)

For printing Allowable values computation after the results of mechanical computation: please tick the corresponding boxes in the list above.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı ve Soyadı : Mahdi MOUSTAPHA AL-NAEM

Eğitim

Yüksek Lisans Çankırı Karatekin Üniversitesi 2021-2024
Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Mühendisliği Bölümü

Lisans Cibuti Üniversitesi 2017-2020
Mühendislik Fakültesi
İnşaat Mühendisliği Bölümü