

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

**HAVALİMANI ZEMİN İNCELEME VE
ZEMİN İYİLEŞTİRMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Bilal ÖZÇELİK

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Geoteknik Bilim Dalı

MAYIS 2025

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

**HAVALİMANI ZEMİN İNCELEME VE
ZEMİN İYİLEŞTİRMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Bilal ÖZÇELİK

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Geoteknik Bilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Aşkın ÖZOCAK

MAYIS 2025

Bilal ÖZÇELİK tarafından hazırlanan “HAVALİMANI ZEMİN İNCELEME VE ZEMİN İYİLEŞTİRMESİ” adlı tez çalışması 28.05.2025 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı **Geoteknik** Bilim Dalı’nda Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Jürisi

Jüri Başkanı :	Prof. Dr. Aşkın ÖZOCAK (Danışman) Sakarya Üniversitesi	
Jüri Üyesi :	Dr. Öğr. Üyesi Emre AKMAZ Sakarya Üniversitesi	
Jüri Üyesi :	Dr. Öğr. Üyesi Kurban ÖNTÜRK Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi	



ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Lisansüstü Eğitim-Öğretim Yönetmeliğine ve Yükseköğretim Kurumları Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesine uygun olarak hazırlamış olduğum “HAVALİMANI ZEMİN İNCELEME VE ZEMİN İYİLEŞTİRMESİ” başlıklı tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın tüm aşamalarında yukarıda belirtilen yönetmelik ve yönergeye uygun davrandığımı, tezin içerdiği yenilik ve sonuçları başka bir yerden almadığımı, tezde kullandığım eserleri usulüne göre kaynak olarak gösterdiğimi, T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı’nın 31.05.2024 tarihli ve E-46466486-755.99-1848048 sayılı yazısında verilen izin doğrultusunda idareden edinilen verilerin kullanılmasında bir sakıncanın bulunmadığını, bu tezi başka bir bilim kuruluna akademik amaç ve unvan almak amacıyla vermediğimi ve 20.04.2016 tarihli Resmi Gazete’de yayımlanan Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin 9/2 ve 22/2 maddeleri gereğince Sakarya Üniversitesi’nin abonesi olduğu intihal yazılım programı kullanılarak Enstitü tarafından belirlenmiş ölçütlere uygun rapor alındığını, çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun ortaya çıkması halinde doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi beyan ederim.

(28/05/2025).

Bilal ÖZÇELİK



TEŞEKKÜR

Tez süreci boyunca yol göstericiliği sayesinde beni en doğru şekilde yönlendiren tez danışmanım Prof. Dr. Aşkın Özocak hocam ile yüksek lisans eğitimi süresince çalışma hayatımda kolaylık sağlamanın yanısıra bilgi ve belge taleplerimin karşılanmasına katkı sağlayan Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığındaki Daire Başkanımız Halil Örgören ve uzun yıllardır tecrübelerinden yararlandığım, her konuda desteğini esirgemeyen Genel Müdür Yardımcımız M. Kerem Yeğnidemir’e teşekkürü borç bilirim.

Bununla birlikte eğitim-öğretim hayatım boyunca desteklerini esirgemeyen annem, babam ve kardeşlerime, tezimin hazırlanması sürecinde yanımda olan eşime teşekkür ve sevgilerimi sunuyorum.

Bilal ÖZÇELİK



İÇİNDEKİLER

Sayfa

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ	v
TEŞEKKÜR	vii
İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR	xi
TABLO LİSTESİ	xiii
ŞEKİL LİSTESİ	xv
ÖZET	xvii
SUMMARY	xix
1. Giriş	1
1.1. Amaç ve Kapsam	1
1.2. Literatür Araştırması	1
2. HAVALİMANI PROJE	5
2.1. Havalimanı Proje Detayları, Tahminler, Şartnameler	5
2.2. Havalimanı Yer Seçimi ve Fizibilite Raporu	5
2.3. Havalimanı Proje Detayları	6
2.4. Havalimanı Şartnameler	10
3. ZEMİN İNCELEME ÇALIŞMALARI	11
3.1. Rize Artvin Havalimanı	11
3.1.1. Etüdün amacı ve kapsamı	11
3.1.2. Proje alanının yeri	11
3.1.3. Topografya ve iklim	12
3.1.4. Projeye ait bilgiler	12
3.1.5. İnceleme alanı jeolojisi	18
3.2. Trabzon Yeni Havalimanı	18
3.2.1. Etüdün amacı ve kapsamı	18
3.2.2. Proje alanının yeri	19
3.2.3. Topografya ve iklim	19
3.2.4. Projeye ait bilgiler	20
3.2.5. İnceleme alanı jeolojisi	25
3.3. Hatay Havalimanı	25
3.3.1. Etüdün amacı ve kapsamı	25
3.3.2. Proje alanının yeri	25
3.3.3. Coğrafi konum, jeomorfoloji, topografya, iklim ve bitki örtüsü	26
3.3.4. Projeye ait bilgiler	27
3.3.5. PAT sahaları yerleşim planı çalışmasına esas kabuller	31
3.3.6. İnceleme alanı jeolojisi	31
3.3.7. Tektonik ve aktif tektonik	32
4. ZEMİN İYİLEŞTİRME ÇALIŞMALARI	35
4.1. Rize-Artvin ve Trabzon Yeni Havalimanları Zemin İyileştirme Çalışmaları. 35	
4.1.1. Deniz dibi taban tarama	35
4.1.2. PAT sahaları dolgularında ön yükleme	36

4.2. Hatay Havalimanı Zemin İyileştirme Çalışmaları.....	39
4.2.1. Darbeli kırmataş kolon yapılması	40
5. DEĞERLENDİRMELER	41
5.1. Rize Artvin Havalimanı Zemin İnceleme Verileri	41
5.1.1. Rize-Artvin Havalimanı kesit hesabı	45
5.2. Trabzon Havalimanı Zemin İnceleme Verileri.....	47
5.2.1. Trabzon Yeni Havalimanı kesit hesabı	51
5.3. Hatay Havalimanı Zemin İnceleme Verileri	53
5.3.1. Hatay Havalimanı taşıma gücü ve deprem etkisi	58
5.3.2. Hatay Havalimanı sıvılaşma analizi ve deprem etkisi	58
5.3.3. Hatay Havalimanı kesit hesabı	59
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	63
KAYNAKLAR.....	65
ÖZGEÇMİŞ	69



KISALTMALAR

ACN	: Uçak sınıflandırma numarası (Aircraft classification number)
AYGM	: Altyapı Yatırımları Genel Müdürlüğü
ATC	: Hava trafik kontrol hizmetleri (Air traffic control)
CBR	: Kaliforniya taşıma oranı (Continuous bit rate)
DHMI	: Devlet Hava Meydanları İşletmesi Genel Müdürlüğü
DSİ	: Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü
FAA	: Federal Havacılık Dairesi (Federal Aviation Administration)
FOD	: Yabancı madde hasarı (Foreign object damage)
ICAO	: Uluslararası Sivil Havacılık Örgütü (Int. Civil Aviation Organization)
ILS	: Aletli iniş sistemi (Instrument landing system)
KGM	: Karayolları Genel Müdürlüğü
LCN	: Yük sınıflandırma numarası (Load classification number)
PAT	: Pist, apron, taksiyolu.
PCN	: Kaplama sınıflandırma numarası (Pavement classification number)
SHGM	: Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü
SHT-HES	: Havaalanı Emniyet Standartları Talimatı



TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 2.1. Eğim Açısı ve Eğim Kategorisi (Mülga Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Yer Bilimsel Verilerin Planlama Entegrasyonu El Kitabı.	7
Tablo 2.2. Havalimanı referans kodu (SHT-HES).	8
Tablo 3.1. Rize Artvin Havalimanı tasarım bilgileri.	13
Tablo 3.2. Rize Artvin Havalimanı terminal binası tasarım bilgileri.	15
Tablo 3.3. Rize Artvin Havalimanı destek binaları tasarım bilgileri.	15
Tablo 3.4. Rize Artvin Havalimanı için A321 neo uçağı referans alınarak pist uzunluğu hesaplama.	17
Tablo 3.5. Trabzon Yeni Havalimanı tasarım bilgileri.	22
Tablo 3.6. Trabzon Yeni Havalimanı üstyapı tasarım bilgileri.	22
Tablo 3.7. Trabzon Yeni Havalimanı için A380 uçağı referans alınarak pist uzunluğu hesaplama.	24



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1. 2003-2007 yıllarında meydana gelen hava durumu kaynaklı kazaların nedenleri (FAA, 2010).	6
Şekil 2.2. Havalimanı genel yerleşim planı.	9
Şekil 3.1. Rize Artvin Havalimanı'nın konumu.	11
Şekil 3.2. Rize Artvin Havalimanı mendirek tasarımı.	14
Şekil 3.3. Rize Artvin Havalimanı sandık kesiti tasarımı.	14
Şekil 3.4. Rize Artvin Havalimanı rüzgar esme yönlerine göre pist yönü hesaplama.	16
Şekil 3.5. Trabzon Yeni Havalimanı'nın konumu	19
Şekil 3.6. Trabzon Yeni Havalimanı rüzgar esme yönlerine göre pist yönü hesaplama.	23
Şekil 3.7. Hatay Havalimanı'nın konumu.	26
Şekil 3.8. Hatay Havalimanı geçirimsizlik perdesi imalatı öncesi taşkın sırasındaki görünümü (2012).	29
Şekil 3.9. Hatay Havalimanı geçirimsizlik perdesi tip kesiti (Slurry-Trench).	29
Şekil 3.10. Hatay Havalimanı geçirimsizlik perdesi imalatı sonrası taşkın sırasındaki görünümü (2020).	30
Şekil 4.1. Rize-Artvin Havalimanı zemin enkesiti.	36
Şekil 4.2. Rize-Artvin Havalimanında kullanılan X bloklar.	37
Şekil 4.3. Rize-Artvin Havalimanı basit yükleme uygulaması.	38
Şekil 4.4. Rize-Artvin Havalimanı ön yükleme sonrasında ölçülen zaman-deformasyon çizelgesi.	38
Şekil 4.5. Hatay Havalimanı zemin enkesiti.	40
Şekil 4.6. Hatay Havalimanı darbeli kırmataş kolon uygulaması tip enkesiti.	40
Şekil 5.1. Rize-Artvin Havalimanı zemin parametreleri.	42
Şekil 5.2. (Devamı): Rize-Artvin Havalimanı zemin parametreleri.	43
Şekil 5.3. Rize-Artvin Havalimanı sondaj yerleri.	44
Şekil 5.4. Rize-Artvin Havalimanı A-A zemin kesiti.	44
Şekil 5.5. Rize-Artvin Havalimanı B-B zemin kesiti.	45
Şekil 5.6. Rize-Artvin Havalimanı kaplama tasarımına yönelik örnek kapsamındaki uçak bilgileri.	46
Şekil 5.7. Rize-Artvin Havalimanı kapsama tasarımına yönelik örnek kapsamındaki CBR=10 sonuçları.	47
Şekil 5.8. Rize-Artvin Havalimanı kapsama tasarımına yönelik örnek kapsamındaki CBR=1 sonuçları.	47
Şekil 5.9. Trabzon Yeni Havalimanı zemin parametreleri.	48
Şekil 5.10. (Devamı): Trabzon Yeni Havalimanı zemin parametreleri.	49
Şekil 5.11. Trabzon Yeni Havalimanı sondaj yerleri.	50
Şekil 5.12. Trabzon Yeni Havalimanı A-A zemin kesiti.	50
Şekil 5.13. Trabzon Yeni Havalimanı B-B zemin kesiti.	51
Şekil 5.14. Trabzon Yeni Havalimanı kaplama tasarımına yönelik örnek kapsamındaki uçak bilgileri.	52

Şekil 5.15. Trabzon Yeni Havalimanı kaplama tasarımına yönelik örnek kapsamındaki CBR=10 sonuçları.	53
Şekil 5.16. Trabzon Yeni Havalimanı kaplama tasarımına yönelik örnek kapsamındaki CBR=1 sonuçları.	53
Şekil 5.17. Hatay Havalimanı zemin parametreleri.	54
Şekil 5.18. (Devamı): Hatay Havalimanı zemin parametreleri.	55
Şekil 5.19. (Devamı): Hatay Havalimanı zemin parametreleri.	56
Şekil 5.20. Hatay Havalimanı sondaj yerleri.	57
Şekil 5.21. Hatay Havalimanı A-A zemin kesiti.....	57
Şekil 5.22. Hatay Havalimanı B-B zemin kesiti.	57
Şekil 5.23. Hatay Havalimanı kaplama tasarımına yönelik örnek kapsamındaki uçak bilgileri.	60
Şekil 5.24. Hatay Havalimanı kaplama tasarımına yönelik örnek kapsamındaki CBR=10 sonuçları.	61
Şekil 5.25. Hatay Havalimanı kaplama tasarımına yönelik örnek kapsamındaki CBR=1 sonuçları.	61



HAVALİMANI ZEMİN İNCELEME VE ZEMİN İYİLEŞTİRMESİ

ÖZET

Havalimanı bünyesinde inşa edilen pist, apron ve taksiyollarında (PAT) kullanılan dolgu malzemeleri ile sandık kesitinde kullanılacak malzemelerin özellikleri ve kalınlıkları, yerel zemin özelliklerinin de etkileri göz önünde bulundurularak tasarlanmaktadır. Bilindiği gibi bu yapılar hem normal yükler altında, hem de afetlerde maruz kaldığı yükler sonrası hizmet edecek şekilde tasarlanmalıdır. Bu çalışmada ülkemizde inşa edilmiş, inşa sürecinde olan ve inşası planlanan üç farklı havalimanı dolguları ile sandık kesitlerinde kullanılacak malzemelerin mevcut zemin koşulları ve tasarlanan dolgu özellikleri göz önünde bulundurularak hem taşıma gücü hem de oturma (sıkışma ve konsolidasyon) açısından değerlendirilmesi yapılmıştır.

Türkiye’de hava taşımacılığına olan talep ve buna bağlı olarak havacılık sektörüne yapılan yatırımlar, küresel eğilime paralel olarak hızla artmaktadır. Havalimanı inşası karmaşık bir süreçtir ve pek çok faktörün dikkatle değerlendirilmesini gerektirir. Bu faktörler arasında yolcu kapasitesi gereksinimleri, hakim rüzgar yönleri ve önerilen arazinin çevresindeki engel durumu yer almakta olup, tümü havalimanı operasyonlarının güvenliği ve verimliliğini etkiler. Lokasyon seçimi, erişilebilirlik, çevresel etkiler ve maliyetler üzerinde doğrudan etkili olduğu için kritik bir unsurdur.

Bu tez, Türkiye’deki önemli bazı havalimanlarının proje tasarımı ve zemin iyileştirme çalışmalarına odaklanmaktadır: Denizin doldurulmasıyla inşa edilen Rize-Artvin Havalimanı; benzer deniz dolgusu tekniğiyle inşa edilmesi planlanan Trabzon Yeni Havalimanı; ve 6 Şubat 2023’te meydana gelen yıkıcı Kahramanmaraş depremlerinde ciddi şekilde hasar gören Hatay Havalimanı. Çalışmada bu havalimanlarındaki zemin yapılarının tasarımı, uygulanan zemin iyileştirme yöntemleri ve bu iyileştirmeler sonrası PAT alanları (pist, apron, taksi yolları) için tip kesitlerin belirlenmesi analiz edilmektedir.

Zemin iyileştirme önlemleri tamamlandıktan sonra, kaplama tasarımı ileri yazılım araçlarıyla gerçekleştirilir. Bu tez kapsamında kaplama tasarımı, 21 Aralık 2023 tarihinde güncellenen Faarfield yazılımının 2.1.1 sürümü ile yapılmaktadır. Yazılım, havalimanını kullanması beklenen uçak tipleri, iniş-kalkış sıklıkları ve havalimanının öngörülen ekonomik ömrü gibi temel girdi parametrelerini gerektirir. Bu çalışmada ekonomik ömür 20 yıl olarak belirlenmiştir. Çünkü daha uzun ekonomik ömürlere göre tasarlanan kaplamalar, çok kalın ve maliyetli katmanlar gerektirebilir; bu da maliyet-fayda açısından makul olmayabilir.



AIRPORT GROUND INSPECTION AND GROUND IMPROVEMENT

SUMMARY

In Turkey, the demand for air transportation and the corresponding investments in the aviation sector have been growing rapidly, mirroring the global trend. As economic development continues and both domestic and international travel increase, air transport has become a critical component of the country's infrastructure. In recent years, this heightened demand has led to the construction of numerous new airports across the country. In addition to these newly built airports, several projects aimed at increasing the capacity of existing airports are ongoing, and plans for entirely new airports are actively progressing.

The process of airport construction is complex and requires careful consideration of many factors. These include passenger capacity requirements, prevailing wind directions, and the status of obstacles around the proposed site, all of which influence the safety and efficiency of airport operations. Location selection is a critical aspect, as it impacts accessibility, environmental concerns, and costs. Cost analyses are essential to ensure that projects are financially viable, and proximity to urban centers is another key criterion, as airports need to be easily accessible to passengers. These factors combined necessitate meticulous planning and detailed feasibility studies before proceeding with construction.

This thesis focuses on the project design and ground improvement studies of several important airports in Turkey: Rize-Artvin Airport, which was constructed by reclaiming land from the sea; Trabzon New Airport, which is planned to be built using similar sea-filling techniques; and Hatay Airport, which suffered significant damage during the devastating Kahramanmaraş earthquakes on February 6, 2023. The study addresses the design of ground structures at these airports, evaluates the ground improvement methods employed, and analyzes the determination of type cross-sections for airport PAT areas (runways, aprons, taxiways) following these improvements.

At airports, large surface areas are allocated for essential facilities, including PAT areas that accommodate aircraft landing, taxiing, and parking. Additionally, infrastructure such as air traffic control towers, hangars, terminal buildings, power centers, heating plants, multi-purpose garages, apron barriers, and entrance control buildings must be carefully planned and constructed to meet operational needs.

One of the major challenges in airport construction is the availability of suitable land surfaces. Due to geographical and environmental constraints, it is often not possible to find naturally flat, stable areas of sufficient size near city centers or strategic locations. To overcome this, excavation and land reclamation through filling activities are frequently undertaken to create the necessary surfaces for airport infrastructure.

However, the natural or backfill ground conditions may not always be adequate to support the structural loads imposed by airport facilities and aircraft operations. In such cases, ground improvement is essential. Soil layers may need to be strengthened

or stabilized to serve as a reliable foundation. Common ground improvement techniques include compaction, preloading (also known as surcharge loading), injection grouting, and the installation of stone columns. These methods help to accelerate settlement and improve soil strength, reducing the risk of uneven subsidence that could damage pavement and structures.

In airports studied in this thesis, ground surfaces have been made suitable for construction primarily by sea filling followed by compaction of the fill material to create a stable platform. This approach is crucial to ensure the durability and safety of airport operations on reclaimed land.

Hatay Airport, in particular, is located in the basin of Amik Lake, an area characterized by soft soils vulnerable to deformation under seismic loads. After the Kahramanmaraş earthquakes, significant deformations were observed at Hatay Airport, highlighting the critical need for ground improvement before reconstructing or reinforcing essential structures like box sections for use. The earthquake-induced ground settlements at Hatay, ranging from 1 to 1.5 meters, underscore the importance of engineering solutions that can mitigate seismic effects and enhance resilience.

For Rize-Artvin Airport and the planned Trabzon New Airport, settlement control is a major concern. Since these airports are built or will be built on sea fill, their long-term structural health depends heavily on how well ground settlements are predicted and managed during and after construction. Proper ground improvement not only ensures safety but also extends the operational life of airport infrastructure. In Hatay, post-earthquake ground improvement is vital to resume full-capacity operations and prevent prolonged service interruptions.

After ground improvement measures are completed, pavement design is conducted using advanced software tools. Specifically, the Faarfield software version 2.1.1, updated on December 21, 2023, is utilized for this purpose. This software requires several key input parameters, including the types of aircraft expected to use the airport, their frequency of landings and takeoffs, and the projected economic life of the airport. For the scope of this thesis, the economic life is set at 20 years. This time frame is chosen because designing pavements for longer economic lives can lead to overly thick and costly pavement layers, which may not be justifiable from a cost-benefit perspective. In Turkey, the 20-year reference period is generally accepted for airport pavement design to balance durability and economy.

The software allows for design calculations considering either flexible or rigid pavement options. Key soil parameters such as the California Bearing Ratio (CBR) for rigid pavements and the modulus of subgrade reaction (k) for flexible pavements are determined through ground investigations and fed into the program. The selection between flexible and rigid pavement depends on several factors including traffic load, ground conditions, and maintenance considerations.

Planning for airports involves passenger forecasts spanning 10, 20, and even 50 years into the future. As passenger numbers grow, airports must expand or upgrade their infrastructure to maintain safety, comfort, and compliance with international aviation standards. This often necessitates additional investments beyond initial construction to address evolving aviation needs, such as upgrading flight corridors, technical facilities, runways, aprons, taxiways, and electromechanical systems, all of which have their own economic lives and maintenance schedules.

In the case of Hatay Airport, the ground settlement caused by the earthquake has necessitated a reevaluation of pavement design principles. The area of 554,557 m² within the total airport area of 2,838,130 m² requires careful selection of filling materials and ground improvement methods to ensure the new pavement layers will withstand the revised conditions. Proper engineering practices here have a substantial economic impact, as failure to address ground instability could lead to costly repairs or operational downtime.

The results of calculations and analyses carried out in this thesis demonstrate that with appropriate ground assessments and improvement strategies, airports can achieve enhanced strength and longevity in their infrastructure while maintaining economic efficiency. Ground improvement techniques such as preloading play a vital role in accelerating consolidation and settlement processes, ensuring the constructed surfaces meet operational requirements in a timely manner.

For example, at Rize-Artvin Airport, preloading was applied to silty sand layers to rapidly complete settlements caused by high stress increases during filling. Approximately 35 cm of settlement occurred during filling and preloading phases, after which deformation was monitored following the construction of the box sections. No significant additional settlement was observed, indicating the effectiveness of the method.

Encouraged by these successful results, it is recommended that similar preloading methods be applied at Trabzon New Airport for ground improvement of PAT areas. This would help mitigate settlement issues and provide a more stable foundation for airport infrastructure.

On the other hand, Hatay Airport suffered severe damage during the 2023 Kahramanmaraş earthquakes, with significant deformations observed in the PAT fields. Field investigations revealed that the soil consists largely of high plasticity silty clay and clay layers. Based on these findings, the installation of impact crushed stone columns was deemed an appropriate ground reinforcement technique to enhance the load-bearing capacity and reduce settlement risks.



1. GİRİŞ

1.1. Amaç ve Kapsam

Türkiye’de hava ulaşım ihtiyacı ve havacılık sektörüne yapılan yatırımlar dünya ülkeleriyle paralel olarak artış göstermektedir. Son yıllarda artan havalimanı ihtiyaçları dolayısıyla birçok havalimanı inşaatı yapılmış olup yapımı devam eden havalimanlarının yanı sıra kapasite artırma çalışmaları ve yeni havalimanı projelerine yönelik çalışmalar da devam etmektedir.

Havalimanı inşaatlarının yapımı için ihtiyaç duyulan yolcu kapasitesi, rüzgar yönü, mania durumu gibi unsurlara ait kriterlerin yerine getirilmesi gerekliliğinden dolayı havalimanı yapılması sürecinde yer seçimi, maliyet analizi, merkeze uzaklık gibi hususların titizlikle ele alınması gerekmektedir.

Tez kapsamında denize dolgu yapılarak inşa edilmiş Rize-Artvin Havalimanı, denize dolgu yapılarak inşası planlanan Trabzon Yeni Havalimanı ve 6 Şubat 2023 Kahramanmaraş depremleri sırasında hasar görmüş Hatay Havalimanının yeniden inşa edilmesi sürecinde projelendirilmesine yönelik çalışmalar yer almaktadır. Çalışmada havalimanlarının projelendirilmesinde zemin yapısı, kullanılacak iyileştirme yöntemleri, yapılan çalışmalar sonrası havalimanı PAT sahalarının tip enkesitlerinin belirlenmesi değerlendirilmiştir.

1.2. Literatür Araştırması

(Bol v.d., 2024), çalışmalarında, 6 Şubat 2023’te Hatay’da meydana gelen Kahramanmaraş depremlerinin sonrasındaki sivilaşma tehlikelerini araştırmaktadır. Hatay Havalimanı’nın hem faylanma hem de sivilaşma kaynaklı zemin deformasyonları nedeniyle hasar gördüğü ve bölgedeki yerel jeolojinin, nehirlerden etkilenen gölsel tortuların uzantısını göstermekte olduğu yer almaktadır.

(Günay, 1995), yüksek lisans tez çalışmasında, kaya dolgu inşası faaliyetlerine olan ihtiyacın günümüzde daha fazla olmasının nedenlerine yer vererek bu sürecin yürütülmesinde mühendislik faaliyetlerinin önemini vurgulamaktadır. Kaya dolguların incelenmesinin tarihsel sürecinin yanı sıra laboratuvar ve arazi deneylerinin

bağlı olduğu etkenler de değerlendirilmiştir. Yapılan çalışmalarda elde edilen sonuçlar kullanılan yöntemler, malzeme çeşitliliği gibi etmenler de göz önünde bulundurularak değerlendirilmiştir.

(Yılmaz, 1999), yüksek lisans tez çalışmasında, Doğu Karadeniz Bölgesinde bulunan Rize ve Trabzon illerinde yeni yerleşim alanlarına ihtiyaç duyulduğunu ancak engebeli coğrafi koşullar nedeniyle bunun pek mümkün olmadığını belirtmektedir. Bu illerde yeni yerleşim sahası ihtiyaçlarının denize dolgu yapılması marifetiyle karşılandığı, bu kapsamda söz konusu sahaların kıyı hidrodinamiğinin incelenmesine önem verilmiştir.

(Karakaş, 2020), yüksek lisans tez çalışmasında, havalimanlarında hizmete sunulan kaplama sahalarının incelenmesine yönelik çalışmalar yürütmüştür. Havalimanı kaplama sahaları çeşitli kriterler değerlendirilerek esnek ve rijit kaplama olarak yapılmakta olup bu kaplamaların süreç içerisindeki dayanımı Load Classification Number (LCN) ve Pavement Classification Number (PCN) ölçümleri ile değerlendirilmektedir. Çalışma kapsamında Balıkesir Havalimanı'nın LCN ölçümleri ile Gaziantep Havalimanı'nın PCN ölçümlerinin değerlendirilmesi yapılmış ve kaplama sahalarında ortaya çıkan olumsuzlukların sebepleri ortaya konulmuştur

(Çoşkun, 2019), yüksek lisans tez çalışmasında, havayolu ulaşımına olan talebin süreç içerisinde artmasıyla birlikte ortaya çıkan kapasite sorununu gidermek için inşa edilen İstanbul Havalimanında; pistlerin yerleşiminin, rüzgar kaynaklı operasyonel faaliyetlerdeki aksamalara etkisinin incelenmesine yönelik çalışmalar yürütülmüştür.

(Türk, 2015), yüksek lisans tez çalışmasında, Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı'nın komşu şehirlerin havayolu ulaşımına yönelik ihtiyacını gidermek için bölgesel havacılığı geliştirme hedefi kapsamında, Ordu ve Giresun'un yakın çevresine hizmet etmesi hedeflenerek planlandığı belirtilmekte olup bu kapsamda doğal ve beşeri özelliklerin değerlendirilmesiyle denize dolgu yapılarak inşa edilen Ordu-Giresun Havalimanı incelenmiştir.

(Bedir, 2022), yüksek lisans tez çalışmasında, havalimanının yapıldığı bölgeye ulaşım hizmetlerinin sağlanmasının yanı sıra sosyo ekonomik ve çevresel etkileri de bulunmaktadır. Erzurum Havalimanı'nın çevresel etkilerini inceleyebilmek amacıyla istatistiki veriler elde edilerek analiz çalışması yapılmıştır.

(Tür ve Balas, 2010), çalışmalarında Karadeniz sahil yolunun, Piraziz-Sarp arasındaki kesimde yer alan tahkimat yapılarında, koruyucu tabakanın fiziksel özellikleri ve deniz

yöresine ait belirgin dalga yüksekliği (H_s) değerini kullanarak, rassal tasarım değişkenlerindeki belirsizlikleri olasılık dağılımları yardımıyla örnekleyen güvenilirliğe dayalı risk modeli uygulanmıştır.

(Bağrıaçık, 2020), çalışmasında, taş kolon uygulamalarının yumuşak kil, silt ve gevşek kumların zemin iyileştirilmesinde kullanıldığını ve bu yöntem ile taşıma gücünün arttırılması, oturmaların azaltılması, sıvılaşma potansiyelinin azaltılması ve şevlerin stabilitelerinin arttırılması gibi faydalar sağlandığı belirtilmektedir.





2. HAVALİMANI PROJE

2.1. Havalimanı Proje Detayları, Tahminler, Şartnameler

Havalimanı; hava araçlarının iniş ve kalkışının yanı sıra bakım ve diğer ihtiyaçlarının karşılanmasına, yolcu ve yük taşınmasına ilişkin tesisleri bünyesinde bulunduran yerlere denir. Havaalanı ve hava meydanı olarak da adlandırılmaktadır.

Havalimanında hava araçlarının inip kalkması için PAT (pist, apron, taksiyolu) sahaları veya heliport, diğer ihtiyaçların sağlanması için ise hava trafik kontrol kulesi, hangar, terminal binası, güç merkezi, ısı merkezi, çok maksatlı garaj, apron bariyer ve giriş kontrol binası gibi tesislerin teşkil edileceği bir yüzey bulunmaktadır.

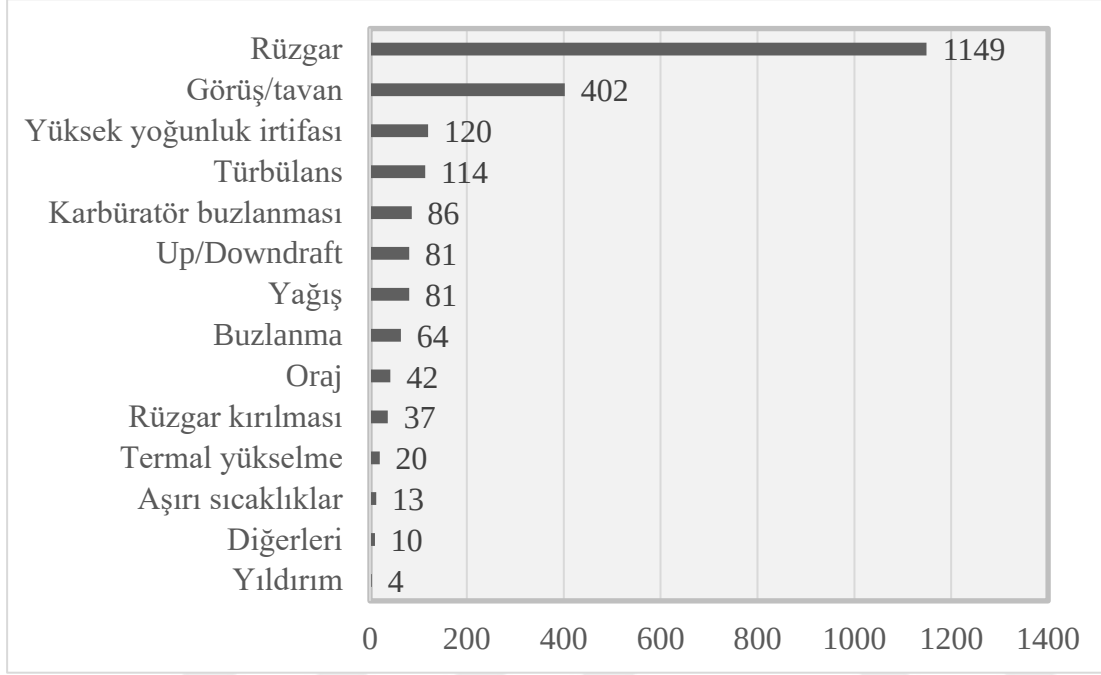
2.2. Havalimanı Yer Seçimi ve Fizibilite Raporu

Havalimanı yapımına karar verilmesi süreci; bölgenin ihtiyaçlarının, talep tahmin analizlerinin, güvenlikle ilgili gereksinimlerin ve kamu yararına yönelik fayda/maliyet analizlerinin yapılmasıyla nihayetlenir.

Havalimanı yapım talebinin ortaya çıkması neticesinde ilgili talep T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı'na bağlı Altyapı Yatırımları Genel Müdürlüğü (AYGM)'ye iletilerek talebin değerlendirilmesi istenilmektedir. İdarece söz konusu talebin olduğu bölgeye yönelik temel ihtiyaçlar belirlenerek inşaat maliyetinin minimum seviyede tutulacağı yer seçim alternatifleri üzerinde çalışılmaktadır. T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı'na bağlı Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM)'nin ilgili bölgede bulunan ölçüm istasyonlarının rüzgar verilerinden faydalanılarak bir pistin hangi doğrultuda konumlandırılabilmesi belirlenmektedir.

Bir uçağın iniş ve kalkış operasyonlarını gerçekleştirebilmesi için yan doğrultuda rüzgar almaması tercih edilmektedir. Yandan alınacak rüzgarlar operasyonun risk teşkil etmesine, ertelenmesine ya da yapılamamasına neden olabilmektedir. Şekil 2.1'de 2003-2007 yılları arasında FAA tarafından yapılan çalışmada 1740 uçak kazasının oluşumuna katkıda bulunan 2223 farklı meteorolojik parametrenin dağılımı incelenmiştir. Kazalar üzerinde en fazla etkili olan meteorolojik faktörler sırasıyla; rüzgar, yatay görüş mesafesi/bulut tabanı, yüksek hava yoğunluğu irtifası, türbülans,

karbüratör buzlanması, yağış, yukarı/aşağı yönlü hava akımları, buzlanma, fırtına, rüzgar kesmesi, termal yükselmeler, aşırı sıcaklıklar, diğer meteorolojik etkenler ve yıldırım/şimşek olarak belirlenmiştir. Genel olarak, kazaların %51.7'sinde rüzgarın ana etken olduğu ve beş yıllık süreçte toplam 1149 kazaya neden olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 2.1. 2003-2007 yıllarında meydana gelen hava durumu kaynaklı kazaların nedenleri (FAA, 2010).

Bu hususlar da dikkate alınarak yapılan konumlandırma sonrasında yaklaşık maliyet hesabı yapılarak fizibilite raporunun hazırlanabilmesi adına altlık oluşturulmaktadır.

Fizibilite raporu hazırlanarak, yapım ve işletme maliyetleri göz önünde bulundurularak değerlendirilmektedir. Farklı finansman modelleri incelenerek bir havalimanının yapılmasına ya da yapılmamasına karar verilmektedir.

2.3. Havalimanı Proje Detayları

Havalimanı yapılmasına karar verilmesi durumunda; havalimanı yapımına yönelik gerekli yüzeyler coğrafi koşullar nedeniyle her zaman bulunamamaktadır. Kazı ve dolgu faaliyetleri yapılarak bu yüzeylerin oluşturulması mümkün kılınabilmektedir. Tablo 2.1’de tarif edilen eğimli alanlarda Karadeniz Bölgesi’nin Doğu Karadeniz Bölümü’nde de görüleceği üzere çok yüksek kazı-dolgu maliyetlerinin ortaya çıkması

durumunda alternatif çözümlerden birisi denizin doldurulması suretiyle yüzey oluşturulması olmaktadır.

Tablo 2.1. Eğim Açısı ve Eğim Kategorisi (Mülga Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Yer Bilimsel Verilerin Planlama Entegrasyonu El Kitabı).

Eğim Açısı	Eğim Kategorisi
0°-5°	Yumuşak Eğimli Alanlar
5°-15°	Düşük Eğimli Alanlar
15°-30°	Orta Eğimli Alanlar
30°-45°	Yüksek Eğimli Alanlar
>45°	Çok Yüksek Eğimli Alanlar

Derindeki zemin tabakalarının daha nitelikli olması, eğimlerin giderilmesi, daha düz bir arazi istenmesi gibi durumlarda, kesitte yer alan bazı zemin tabakalarının kaldırılmasına kazı denilmektedir. Kaya, zemin veya bu gereçlerin karışımlarının kullanılarak boş alanların doldurulması işlemine ise dolgu adı verilmektedir. Dolgu aşamasında dolgu inşasına uygun bir gereç enerji uygulaması ile sıkıştırılarak dolgu yapısı inşa edilmektedir. Bu aşamada genellikle zemin/kaya karışımı gereçler kullanılmaktadır.

Mevcut veya dolgu çalışması ile oluşturulan ortamın ölçülen zemin parametreleri bazen temel ortamı olarak yetersiz kalmaktadır. Bu durumlarda da zemin tabakalarının iyileştirilmesi gerekebilmektedir. Dolgunun sıkıştırılması işleminin yanı sıra ön yükleme, enjeksiyon, taş kolon gibi yöntemler de uygulanarak zeminin iyileştirilmesi sağlanabilmektedir. Ayrıca kısa sürede faaliyete açılması planlanan bu havalimanlarında oturmaların daha kısa sürede düşük seviyelere indirilmesi önem taşımaktadır.

Tez kapsamında incelenen havalimanlarından Rize-Artvin ve yapımı planlanan Trabzon Yeni Havalimanlarında ortam denizin doldurulması ve sıkıştırılmış dolgu ile yeni bir yüzey oluşturularak kullanıma uygun hale getirilmektedir.

Hatay Havalimanı ise Amik Gölü'nün havzasında yer almakta olup 6 Şubat 2023 Kahramanmaraş merkezli deprem sonrasında deprem yükleri etkisinde

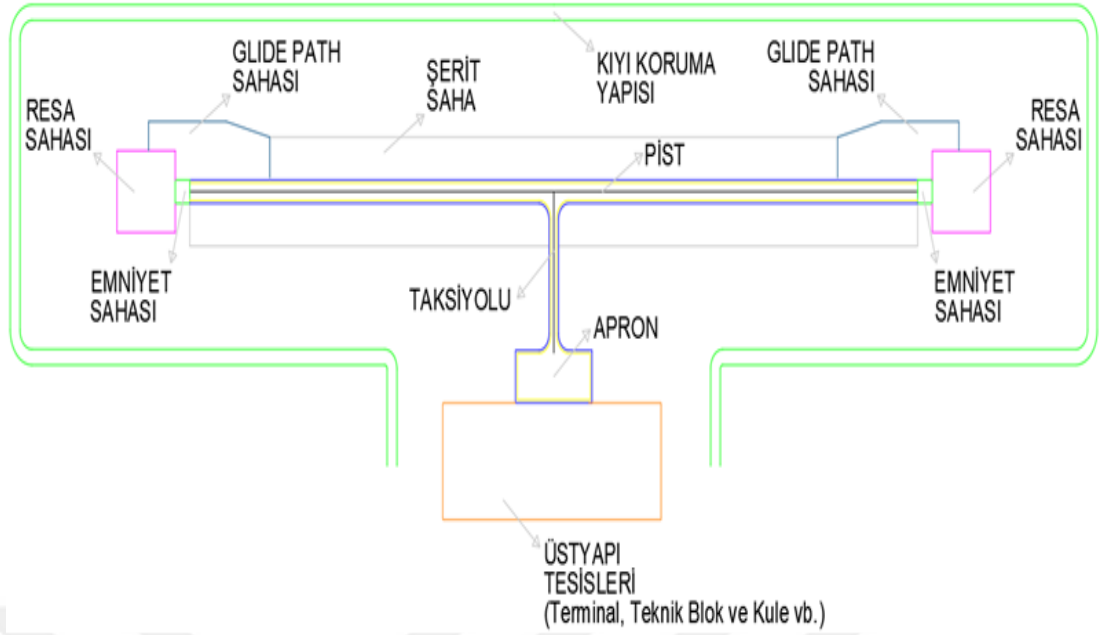
deformasyonlara maruz kalmıştır. Bu nedenle kullanım için oluşturulacak sandık kesiti öncesinde zeminde iyileştirme yapılması ihtiyacı önem göstermektedir.

Denize dolgu havalimanı inşaatına dair temel kalemler olarak; deniz seviyesinden havalimanının ve yapılacak üstyapı tesislerinin (terminal binası, kule vb.) mania sınırlarına takılmayacak kotuna kadar dolgu yapılması, yapılacak pistin dolgusunu korumak için ise tahkimat yapımı imalatları yer almaktadır. Bunun için yapım faaliyetleri öncesinde hazırlanan batimetri haritası verileri doğrultusunda dolgu imalatı yapılmalıdır. Akabinde mania kotuna uygun olarak pist/pistler, taksiyolu/taksiyolları, apron yapılması gerekmektedir. Şekil 2.2’de havalimanlarında bulunması gereken ana unsurlara yönelik örnek genel yerleşim planı yer almaktadır.

Proje çalışmalarına altlık oluşturabilmesi maksadıyla havalimanlarında kullanılacak uçak tipi belirlenerek Tablo 2.2’de yer alan bilgilerden faydalanılarak havalimanı referans kodu belirlenmektedir. Referans kodu doğrultusunda PAT sahalarının uzunluk ve genişlik gereklilikleri, emniyet sahaları, şerit sahalar, süzülüş yolu (*glide path*) ve diğer seyrüsefer sistemlerine ait ihtiyaçların analizi yapılmaktadır.

Tablo 2.2. Havalimanı referans kodu (SHT-HES).

Kod unsuru 1	
Kod Numarası	Uçak Referans Baz Uzunluğu
1	800 metreden az
2	800 metre ve üzeri ile 1200 metreden az
3	1200 metre ve üzeri ile 1800 metreden az
4	1800 metre ve üzeri
Kod unsuru 2	
Kod Harfi	Kanat Açıklığı
A	15 metreden az
B	15 metre ve üzeri ile 24 metreden az
C	24 metre ve üzeri ile 36 metreden az
D	36 metre ve üzeri ile 52 metreden az
E	52 metre ve üzeri ile 65 metreden az
F	65 metre ve üzeri ile 80 metreden az



Şekil 2.2. Havalimanı genel yerleşim planı.

Öngörülen dolgu kesitlerinin tabanında yer alan zemin koşullarının incelenmesi amacıyla temel sondajları, yerinde ve laboratuvar deneylerinden oluşan araştırma programı yürütülmekte, elde edilen verilerle projelendirilmeye yönelik jeolojik-geoteknik modelleme çalışmaları ve tasarıma esas veri tabanını içeren jeolojik-geoteknik araştırma raporu hazırlanmaktadır.

Tasarım parametreleri, fizibilite raporu göz önünde bulundurularak söz konusu ihtiyaç programının doğrultusunda belirlenir. Bu doğrultuda PAT sahaları ile üstyapı tesislerinin tasarımı yapılmaktadır.

PAT sahalarına dair ihtiyaçların belirlenmesinde havalimanında kullanılması planlanan baz uçak (ilgili havalimanının uçak trafiğinde yer alacak tasarım uçağı) üzerinden hesap yapılmaktadır. PAT sahalarının sınıfının belirlenmesinde uluslararası standartların yer aldığı ICAO Annex-14 kriterleri baz alınarak SHGM (Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü) tarafından hazırlanan SHT-HES (Havaalanı Emniyet Standartları Talimatı) kullanılmaktadır. Bunun yanı sıra FAA tarafından yayınlanan uçuş emniyeti ve kesit hesaplama talimatları da dikkate alınmaktadır.

Havalimanı referans kodu, uçak referans baz uzunluğu ve kanat açıklığı faktörleri doğrultusunda belirlenmektedir. Havalimanı referans kodunun belirlenmesi sonrasında bölgenin yükseltisi ve MGM (Meteoroloji Genel Müdürlüğü)'den alınan sıcaklık verileri bir araya getirilerek SHT-HES (Havaalanı Emniyet Standartları Talimatı) talimatlarından faydalanılarak pistin uzunluğu, apron genişliği, taksiyolu

uzunluğu gibi ölçölendirmeler hesaplanmaktadır. Tasarım parametreleri belirlendikten sonra, Rize ve Trabzon Yeni Havalimanları gibi denize yapılacak havalimanlarında dolgu ve üzerinde yer alan tesislerin korunabilmesi amacıyla mendirek imalatları yapılarak inşaat faaliyetleri başlamaktadır. Hatay Havalimanı gibi karada yapılan havalimanlarında ise taşkın kotu, don derinliği gibi faktörler de inşaat faaliyetleri öncesinde göz önünde bulundurulmaktadır.

Havalimanlarında bulunan kaplamalı sahalar genellikle rijit veya esnek olmak üzere iki şekilde inşa edilmektedir. Bu sahalar hava taşıtlarının güvenliği için uygun yapısal ve yüzeysel koşullara sahip olmalıdır. Kaplama sahalarının tasarımının matematiksel modellenmesinde güçlüklerle karşılaşıldığı için analitik yöntemlere nazaran genellikle ampirik tasarım yöntemleri kullanılmaktadır. Bu nedenle uluslararası geçerliliği kabul edilen mekanistik-ampirik tasarım yöntemlerinden olan Faarfield Yöntemi kullanılmaktadır. Faarfield yönteminde gerekli olan uçak ağırlığı, tekerlek ve iniş takımı düzeni değerleri tanımlanmaktadır. Gerekli olan operasyon sayısı ve yıllara dayanan istatistiki veriler havalimanı işletmeci kuruluşundan sağlanarak yapımı planlanan şehirdeki beklenen uçuş yoğunluğuna benzer havalimanları da göz önünde bulundurularak karar verilmektedir. Faarfield yönteminde temel zemini taşıma gücü, uçak ağırlığı, tekerlek ve iniş takımı düzeni ve operasyon sayısının kaplama sahası kalınlığı üzerinde etkili olduğu bilinmekte olup taşıma gücü değer arttıkça önerilen kaplama kalınlıklarının azalması söz konusudur.

2.4. Havalimanı Şartnameler

Havalimanı yapım işlerinde temel inşa kalemlerinin yapımında Altyapı Yatırımları Genel Müdürlüğü (AYGM) teknik şartnamelerinden faydalanılmaktadır. Bununla birlikte Karayolları Genel Müdürlüğü (KGM) ve Devlet Su İşleri Genel Müdürlüklerinin (DSİ) de teknik şartnamelerine ve pozlarına ihtiyaç duyulabilmektedir.

AYGM havalimanı yapımına yönelik on adet teknik şartname bulunmaktadır. AYGM şartnameleri kapsamında havalimanı sahası içerisindeki altyapı işleri kapsamında projelerle veya idarece tespit edilecek kot, ebat, meyil ve tip enkesitlere uygun olarak kazı, dolgu, tesviye, kullanılacak malzemelerin fiziksel özelliklerinin belirlenmesi, uygulama miktarı, kullanılacak makine teçhizatının belirlenmesi gibi usullerin yapım, bakım ve ödeme şartları belirlenmektedir.

3. ZEMİN İNCELEME ÇALIŞMALARI

3.1. Rize Artvin Havalimanı

3.1.1. Etüdün amacı ve kapsamı

Rize-Artvin Havalimanı Projesi kapsamında, ilgili havalimanı sahasında yapılan deniz tabanı araştırma sondajları ve laboratuvar deney sonuçlarına bağlı olarak saha çalışmalarını içeren geoteknik verilerin diğer zemin sahalarıyla birlikte incelenmesi amaçlanmaktadır.

3.1.2. Proje alanının yeri



Şekil 3.1. Rize Artvin Havalimanı'nın konumu.

Proje alanı Rize İli, Pazar İlçesinde yer almaktadır. Ülkemizin Karadeniz Bölgesi'nin Doğu Karadeniz Bölümü'nde yer almaktadır. Rize'nin batısında Trabzon, güneyinde Erzurum, doğusunda Artvin illeri yer almaktadır. Kuzey tarafında ise Karadeniz ile çevrilidir. İlin göller dışında kalan yüzölçümü 3920 km²'dir. Proje alanının yer aldığı

Pazar İlçesi'nin yüzölçümü 315 km²'dir. Trabzon'a 79 km, Erzurum'a 253 km, Artvin'e 149 km ve Türkiye ile Gürcistan sınırı olan Sarp Sınır Kapısı'na 91 km mesafede olup kara yolu ile bağlantısı bulunmaktadır (Şekil 3.1).

3.1.3. Topografya ve iklim

Rize'de yaz ayları serin, kış ayları ılıman bir şekilde yaşanmaktadır. Her mevsim yağış almaktadır. Elli yıllık meteorolojik veriler dikkate alındığında Rize'nin yıllık sıcaklık ortalaması 14°C'dir. Bu süreçte en düşük sıcaklık -7°C ve en yüksek sıcaklık 38°C olarak ölçülmektedir. En soğuk ay olan Ocak ayının sıcaklık ortalaması 6,7 C° derece, en sıcak ay olan Temmuz ayının sıcaklık ortalaması ise 22,2 C° derecedir. Rize İli'nin arazisi genel olarak dağlık ve engebeldir. Doğu Karadeniz kıyı sıradağları yayının kuzey yamacında yer almaktadır.

3.1.4. Projeye ait bilgiler

Havalimanları, uzun süreli meteorolojik veriler dikkate alınarak hakim rüzgar yönü doğrultusunda konumlandırılmaktadır. Bilindiği üzere uçaklar kalkış yaparken ve iniş yaparken rüzgarı uçağın yan tarafından değil, karşı tarafından alması gerekmektedir. Yan rüzgarlar kimi zaman uçakların pisti pas geçmesine, kimi zaman ise inişin o pist üzerine yapılamamasına neden olmaktadır. 13 knot rüzgar durumunda verimlilik oranı %95'in altında bir orana karşılık gelen bir doğrultuda havalimanı inşaatı yapılmamaktadır.

Türkiye'de hakim rüzgar yönü kuzeydoğu-güneybatı eksenindedir. Rize-Artvin Havalimanı yer seçimi sürecinde her ne kadar hakim rüzgar yönünde olmasa da %95 rüzgar yönü verimlilik esası sağlandığı için Pazar ilçesinde konumlandırılması uygun görülerek tasarlanmıştır. Havalimanının yapılacağı bölgenin coğrafi konumu, iklimi ve bitki örtüsü, yağış rejiminin yanısıra yüksek dolgu miktarları ile öngörülemeyen durumlarda tamiratının da kolay bir şekilde gerçekleşebilmesi nedenlerinden ötürü esnek kaplama kesitinin uygun olacağı değerlendirilmiştir.

Deniz üzerinde yapılacak olması nedeniyle Türkiye sınırlarının en yüksek dalga boylarına ulaşılan denizlerinden biri olan Doğu Karadeniz'de dalga boyunun hesaplanması da önemli bir faktör olmaktadır. Bu nedenle dalgaların olumsuz etkilerinden korunmak amacıyla bir mendirek kesitinin uygulanmasına da gerek duyulmuştur. Fayda/maliyet analizleri neticesinde bu mendirek Şekil 3.2'de tasarımı yer alan X-bloklar vasıtasıyla oluşturulmuştur.

Havalimanının yolcu kapasitesi yapılan fizibilite çalışmaları sonucunda 3.000.000 yolcu/yıl olarak hesaplanmıştır. Yurtiçi yolcu taşımacılığının yanı sıra Rize'nin doğal güzellikleri ve son yıllarda artan yayla turizminin de etkisiyle uluslararası uçuşların da yapılabileceği öngörülmüştür.

Referans uçak tipi olarak Boeing 737-800 ve Airbus 320 uçaklarının havalimanında sıklıkla kullanılacak olması nedeniyle 4D sınıfı bir havalimanının tasarlanmasının uygun olacağı değerlendirilmiştir.

Havalimanının denizden yüksekliği, sıcaklığı, uçak referans baz uzunluğu gibi etkenler de değerlendirilerek yapılan hesaplamalar neticesinde 3000 x 45 m ölçülerinde bir pist yapılmasının gerekli olacağı belirlenmiştir.

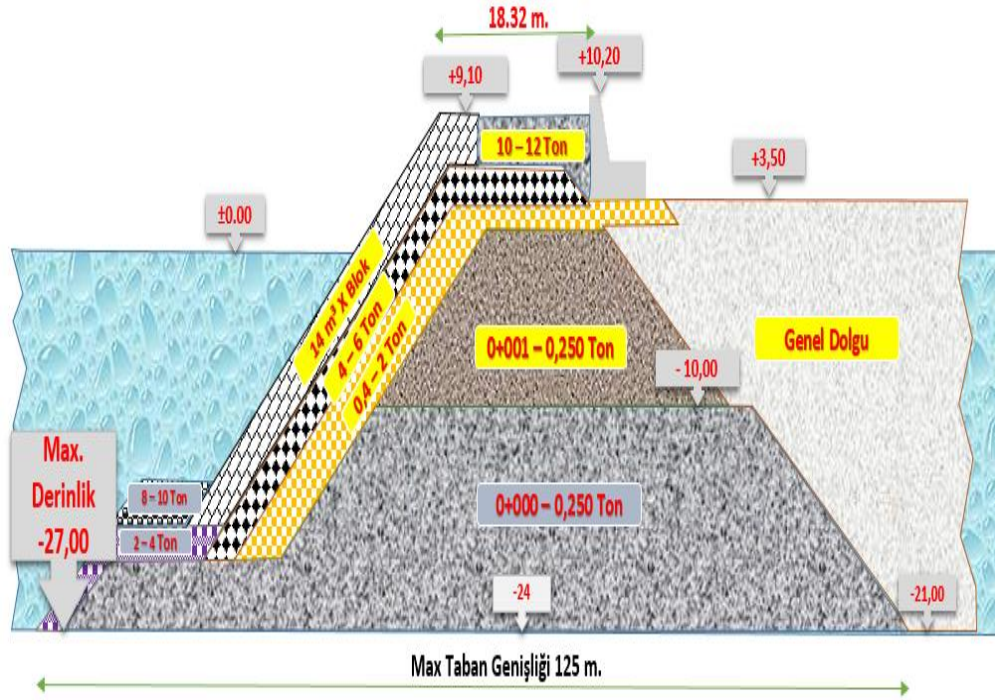
Ayrıca 4 adet büyük gövde (kanat açıklığı = 36-52 m) veya 6 adet orta gövde (kanat açıklığı = 24-36 m) uçağın park ve yolcu indirme/bindirme işlemlerini yapabilmeleri amacıyla 300 x 120 m ölçülerinde bir apron ve yapılan hesaplama neticesinde 24 x 265 m taksiyolu inşa edilmesi gerekmiştir. Bununla birlikte güvenliğe yönelik 2 adet 120 x 120 m apron ve 24 x 265 m taksiyollarına da ihtiyaç duyulmuştur.

PAT sahalarına yönelik boyutlandırmalar tamamlandıktan sonra hazırlanan sandık kesiti en kesit tasarımı ve detay görüntüsü Şekil 3.3'de görülmektedir.

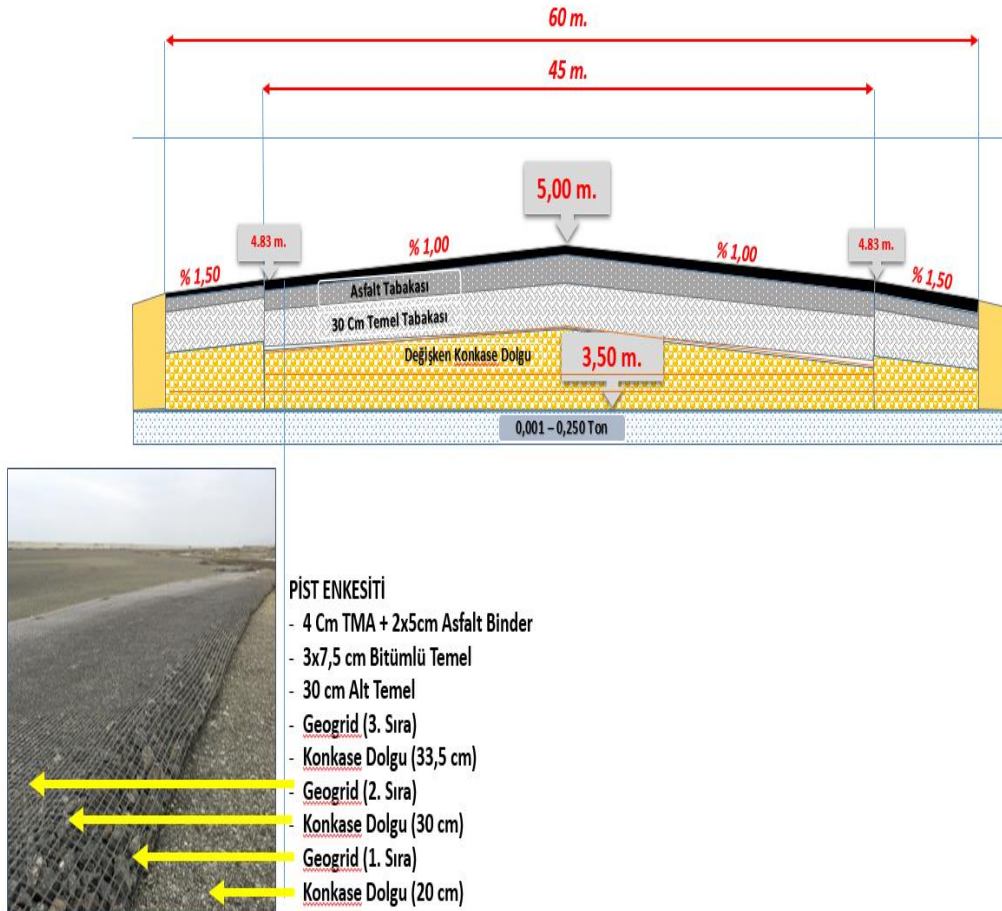
Rize-Artvin Havalimanı fizibilite raporunda yer alan yolcu kapasitesine uygun işletme ihtiyaçları doğrultusunda hazırlanan tasarım bilgileri Tablo 3.1, Tablo 3.2 ve Tablo 3.3'de yer almaktadır.

Tablo 3.1. Rize Artvin Havalimanı tasarım bilgileri.

Mendirek	4.550 m Dış + 1.761 m İç, Toplam: 6.311 m
Deniz Dolgu Alanı	3 milyon m ²
Dolguda Kullanılan Taş	100 milyon ton
Beton Blok	20.500 adet
Pist	3000 m x 45 m
Apron	300 m x 120 m (1 adet) + 120 m x 120 m (2 adet)
Taksiyolu	3 adet: 24 m x 265 m (3 adet)
Üstyapı Tesisleri	Terminal: 32.000 m ² , Toplam Kapalı Alan: 47.000 m ²
Otopark	Toplam 448 Araç, 380 Genel Otopark / 23 VIP Otoparkı / 45 CİP Otoparkı



Şekil 3.2. Rize Artvin Havalimanı mendirek tasarımı.



Şekil 3.3. Rize Artvin Havalimanı sandık kesiti tasarımı.

Tablo 3.2. Rize Artvin Havalimanı terminal binası tasarım bilgileri.

Yolcu Kapasitesi	3.000.000 yolcu/yıl
Terminal Uzunluk	325 m x 75 m
Terminal Cephe Yüksekliği	13 m
Terminal Yükseklik (Mahya)	18,70 m
Kule Binası Yükseklik	36 m
VIP Salonu	3.500 m ²
CIP Salonu	1.300 m ²
Check-In Salonu ve Bankosu	3.376 m ² (17+1 adet)
Pasaport Bankosu	2 adet
İç Hatlar Giden Yolcu Salonu	2.150 m ²
Dış Hatlar Giden Yolcu Salonu	1.000 m ²
İç Hatlar Gelen Yolcu Salonu	935 m ²
Dış Hatlar Gelen Yolcu Salonu	1.750 m ²
Karşılama Holü	2.066 m ²

Tablo 3.3. Rize Artvin Havalimanı destek binaları tasarım bilgileri.

Teknik Blok ve Kule	4.000 m ²
Çok Maksatlı Garaj Binası	3.500 m ²
ARFF Binası	3.700 m ²
Güç Merkezi	1.000 m ²
Isı Merkezi	830 m ²
Güvenlik Binası	320 m ²
Apron Bariyer Binası	200 m ²
Katı Atık Binası	200 m ²
Giriş Kontrol Binası	55 m ²
Regülatör (2 adet)	560 m ²
Verici İstasyon Binası	50 m ²
Anten Kulesi	700 m ²

RİZE İSTASYONU								
RÜZGAR ESME YÖNLERİNE GÖRE KULLANILABİLİR PİST YÖNÜ HESAPLAMASI								
Yönler / Esme % leri	0,1 - 1,4	1,5 - 7,4	7,5 - 14,4	14,5 - 21,4				
N	2.524	0.124	0.000	0.000				
NNE	2.047	0.384	0.000	0.000				
NE	1.937	0.643	0.000	0.000				
ENE	2.818	3.357	0.001	0.000				
E	2.285	1.960	0.000	0.000				
ESE	2.736	1.635	0.000	0.000				
SE	2.441	0.279	0.000	0.000				
SSE	5.687	0.872	0.000	0.000				
S	6.024	0.371	0.000	0.000				
SSW	12.075	0.367	0.001	0.000				
SW	9.607	0.603	0.000	0.000				
WSW	10.048	5.595	0.008	0.000				
W	3.453	3.635	0.024	0.000				
WNW	3.743	5.314	0.036	0.000				
NW	3.059	1.424	0.002	0.000				
NNW	2.405	0.476	0.002	0.000				
10 Knot için Kullanılabilirlik Faktörü %	N - S	NNE - SSW	NE - SW	ENE - WSW	E - W	ESE - WNW	SE - NW	SSE - NNW
	89.69	92.04	94.80	97.53	98.51	97.82	94.45	91.44
13 Knot için Kullanılabilirlik Faktörü %	N - S	NNE - SSW	NE - SW	ENE - WSW	E - W	ESE - WNW	SE - NW	SSE - NNW
	98.02	98.27	99.16	99.60	99.78	99.76	99.19	97.94

Şekil 3.4. Rize Artvin Havalimanı rüzgar esme yönlerine göre pist yönü hesaplama.

Meteoroloji Genel Müdürlüğünce (MGM) bir bölgenin meteorolojik parametrelerindeki değişimini ölçebilmek adına otomatik gözlem sistemlerinin olduğu istasyonları bulunmaktadır. Gözlem istasyonlarında yer alan ünitelerden birisi de rüzgar hız ve yön algılayıcılarıdır. Bu ünitelerden elde edilen verilerden faydalanılarak havalimanı yapımına uygun görülen sahanın rüzgar gülü hazırlanmaktadır. Şekil 3.4'te yer alan yüzdesel verimlilik hesabı, hazırlanan rüzgar gülüne dayandırılarak hesaplanmaktadır. E (güney) – W (kuzey) en verimli yön olarak görülmektedir. Ancak havalimanının farklı yönlerde konumlandırılması durumunda da rüzgar açısından alternatifler bulunmaktadır.

Tablo 3.4. Rize Artvin Havalimanı için A321 neo uçağı referans alınarak pist uzunluğu hesaplama.

RİZE-ARTVİN HAVALİMANI			
Meydan yüksekliği	MY	: 5,0	m
Gözlem yüksekliği	GY	: 5,0	m
Uçak referans uzunluğu	BU	: 2366,0	m
Ortalama sıcaklık	T1	: 24,5	C
Ortalama yüksek sıcaklık	T2	: 28,1	C
A) Yükseklik Düzeltmesi			
$L1 = BU + ((BU * MY * 0,07) / 300)$			
$L1 = 2,865 + ((2,865 * 05 * 0,07) / 300) = 2368,8$			
B) Sıcaklık Düzeltmesi			
$Tr = T1 + ((T2 - T1) / 3)$			
$Tr = 24 + ((28 - 24) / 3) = 25,7$			
$Th = 15 - (GY * 0,0065)$			
$Th = 15 - (39 * 0,0065) = 15,0$			
C) Boy Hesabı			
$L = L1 + (L1 * 0,01 * (Tr - Th))$			
$L = 2,868 + (2,868 * 0,01 * (26 - 15)) = 2622,9 \text{ m}$			
D) Eğim Düzeltmesi (Etüt eğimi 0,008) (gerekli durumlarda)			2832,8 m
NOT: AIRBUS A321 neo UÇAĞI REFERANS OLARAK KULLANILMIŞTIR. (4C KATEGORİSİNE GÖRE)			

Tablo 3.4.'ten de anlaşılacağı üzere uçak referans uzunluğu 2366 m olan A321 neo tipi uçak için min. 2832,76 m pist gereklidir. Ancak bu sınıfta birbirine yakın büyüklüklerde farklı kategoride uçak tiplerinin sıklıkla kullanılması nedeniyle 4D

kategori uçakların da inebilmesini sağlamak amacıyla pistin 3000 m ve D kategori tasarım kriterleri dikkate alınarak teşkil edilmesi planlanmaktadır.

3.1.5. İnceleme alanı jeolojisi

İnceleme alanında toplamda 16 adet sondaj çalışması yapılmıştır. Yapılan deniz sondajlarında; az killi, siltli kum ve yer yer çakıl-blok birimlerine rastlanmış olup, kuvaterner yaşlı denizel çökel olarak değerlendirilmektedir. Kuvaterner yaşlı denizel çökellerin altında ise Eosen yaşlı Melyat Formasyonu'na (Tm) ait aglomera birimi gözlenmektedir.

3.2. Trabzon Yeni Havalimanı

3.2.1. Etüdün amacı ve kapsamı

Trabzon Yeni Havalimanı projelendirilmesi kapsamında deniz tabanı ve kara zemin araştırma sondajlarına, CPT deneylerine ve laboratuvar deney sonuçlarına bağlı olarak saha çalışmalarını içeren geoteknik verilerin incelenmesi amaçlanmıştır.

3.2.2. Proje alanının yeri



Şekil 3.5. Trabzon Yeni Havalimanı'nın konumu

Proje alanı Trabzon İli, Ortahisar İlçesinde yer almaktadır. Trabzon, Ortahisar İlçesi, 40 derece kuzey enlemi ve 39 derece doğu boylamı içinde, Karadeniz sahilinde yer almaktadır.

Trabzon'un doğusunda Rize, güneyinde Gümüşhane ve Bayburt, batısında Giresun illeri yer almaktadır. Kuzey tarafında ise Karadeniz ile çevrilidir. İlin yüzölçümü 4685 km²'dir. Proje alanının yer aldığı Ortahisar İlçesi'nin yüzölçümü 236 km²'dir. (Şekil 3.5.)

3.2.3. Topografya ve iklim

Proje sahası Alçak-Basık Kıyı özelliğinde olup, düşük eğimli bir yapıya sahiptir. Deniz tabanı eş-derinlik eğrileri genel olarak taban topoğrafyasına uyumlu olarak uzanmaktadır. Topoğrafik eğim genelde 0°-5° aralığında değişmekte olup, sahada

taban topografyası, -3.00 ve -20.80 metre arasında değişen su derinliklerine sahip, düşük eğimli bir morfolojik yapı bulunmaktadır.

Trabzon’da yaz ayları serin, kış ayları ılıman bir şekilde yaşanmaktadır. Her mevsim yağış almaktadır. Yağışlar, kıyıya yakın alanlarda yağmur, orta ve yüksek kesimlerde ise genellikle kar şeklindedir. Yaz mevsiminde ortalama sıcaklık 18,8°C civarındadır. Bahar mevsimlerinde aylık ortalama sıcaklıklar 15 °C’nin üzerine çıkmaktadır.

3.2.4. Projeye ait bilgiler

Havalimanları, uzun süreli meteorolojik veriler dikkate alınarak hakim rüzgar yönü doğrultusunda konumlandırılmaktadır. Bilindiği üzere uçaklar kalkış yaparken ve iniş yaparken rüzgarı uçağın yan tarafından değil, karşısından almak isterler. Yan rüzgarlar kimi zaman uçakların pisti pas geçmesine, kimi zaman ise inişin o pist üzerine yapılamamasına neden olmaktadır. 13 knot rüzgar durumunda verimlilik oranı %95’in altında bir orana karşılık gelen doğrultuda havalimanı inşaatı yapılmamaktadır.

Türkiye’de hakim rüzgar yönü kuzeydoğu-güneybatı eksenindedir. Trabzon Yeni Havalimanı %95 rüzgar yönü verimlilik esası sağlandığı için eski Trabzon Havalimanı ile aynı yönde yer almaktadır.

Havalimanının yapılacağı bölgenin coğrafi konumu, iklimi ve bitki örtüsü, yağış rejiminin yanısıra yüksek dolgu miktarları ile öngörülemeyen durumlarda tamiratının da kolay bir şekilde gerçekleşebilmesi nedenlerinden dolayı asfalt kaplama kesitinin uygun olacağı değerlendirilmiştir.

Deniz üzerinde yapılacak olması nedeniyle Türkiye sınırlarının en yüksek dalga boylarına ulaşılan denizlerinden biri olan Doğu Karadeniz’de dalga boyunun hesaplanması da önemli bir fakör olmaktadır. Bu nedenle dalgaların olumsuz etkilerinden korunmak amacıyla bir mendirek kesitinin uygulanmasına gerek duyulmuştur. Fayda/maliyet analizleri neticesinde bu mendirek X-bloklar vasıtasıyla oluşturulmuştur.

Havalimanının yolcu kapasitesi yapılan fizibilite çalışmaları sonucunda işletmeye alınacağı tarih itibarıyla 5.627.567 olup hizmet ömrü süresini tamamladığında 12.082.868 yolcu/yıl olarak hesaplanmıştır. Yurtiçi yolcu taşımacılığının yanı sıra Trabzon’un doğal güzellikleri ve son yıllarda artan yayla turizminin de etkisiyle uluslararası uçuşların da yoğun bir şekilde gerçekleşeceği öngörülmüştür.

Referans uçak tipi olarak Airbus 380 uçaklarının havalimanında kullanılacak olması nedeniyle 4F sınıfı bir havalimanının tasarlanmasının uygun olacağı değerlendirilmiştir.

Havalimanının denizden yüksekliği, sıcaklığı, uçak referans baz uzunluğu gibi etkenler de değerlendirilerek yapılan hesaplamalar neticesinde 2 adet 3240 x 45 m ölçülerinde pist (pist + yedek pist) yapılmasının gerekli olacağı belirlenmiştir.

Ayrıca 1 adet F büyük gövde (kanat açıklığı = 65-80 m), 3 adet E büyük gövde (kanat açıklığı = 52-65 m), 16 adet C büyük gövde (kanat açıklığı = 24-36 m) uçağın park ve yolcu indirme/bindirme işlemlerini yapabilmeleri amacıyla 1370 x 155 m ve 400 x 120 m ölçülerinde iki apron ve 5 adet 24 x 170 m bağlantı taksiyolu ve 3 adet 24 x 360 m yüksek sürat taksiyolu inşa edilmesi gerekmektedir.

PAT sahalarına yönelik boyutlandırmalar tamamlandıktan sonra hazırlanan sandık kesiti en kesit tasarımının Rize Artvin Havalimanına benzer şekilde olması planlanmaktadır.

Trabzon Yeni Havalimanı fizibilite raporunda yer alan yolcu kapasitesine uygun işletme ihtiyaçları doğrultusunda hazırlanan tasarım bilgileri Tablo 3.5 ve Tablo 3.6'da yer almaktadır.

Tablo 3.5. Trabzon Yeni Havalimanı tasarım bilgileri

Mendirek	5.250 m Dış + 750 m İç, Toplam: 6.000 m
Deniz Dolgu Alanı	3,85 milyon m ²
Dolguda Kullanılan Taş	130 milyon ton
Pist	3240 m x 45 m
Paralel Taksiyolu	3240 m x 45 m
Apron	1370 m x 155 m (1 adet) + 400 m x 120 m (1 adet)
Taksiyolu	3 adet: 24 m x 265 m (3 adet)
Üstyapı Tesisleri	Terminal: 32.000 m ² , Toplam Kapalı Alan: 47.000 m ²
Otopark	Toplam 448 Araç 380 Genel Otopark / 23 VIP Otoparkı / 45 CIP Otoparkı

Tablo 3.6. Trabzon Yeni Havalimanı üstyapı tasarım bilgileri

Yolcu Kapasitesi	12.082.868 yolcu/yıl
Terminal Binası	90.000 m ²
Kapalı Otopark (750 araç)	25.000 m ²
Verici İstasyonu	90.000 m ²
Güvenlik Binası	200 m ²
Giriş-Kontrol Binası	50 m ²
Güç Merkezi	5.000 m ²
Çok Maksatlı Garaj	5.000 m ²
Kule Binası	750 m ²
Teknik Blok	4.500 m ²
Isı Merkezi – Su Deposu	6.000 m ²
Paket Arıtma	200 m ²
Apron Bariyer Binası	100 m ²
Regülatör	400 m ²
Katı Atık Binası	1.000 m ²
Meteoroloji Binası ve Kulesi	1.000 m ²
Kargo Terminali	5.000 m ²
Misafirhane	3.500 m ²
Aydınlatma Bakım Binası	500 m ²

Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM) otomatik gözlem istasyonu ünitelerinden elde edilen verilerden faydalanılarak rüzgar gülü esasına dayandırılarak hazırlanan yüzdesel verimlilik hesabı Şekil 3.6’da yer almaktadır. SE (güneydoğu) – NW (kuzeybatı) en verimli yön olarak görülmektedir. Ancak havalimanının farklı yönlerde konumlandırılması durumunda da rüzgar açısından alternatifler bulunmaktadır.

TRABZON İSTASYONU								
RÜZGAR ESME YÖNLERİNE GÖRE KULLANILABİLİR PİST YÖNÜ HESAPLAMASI								
Yönler / Esme % leri	0,1 - 1,4	1,5 - 7,4	7,5 - 14,4	14,5 - 21,4				
N	0.425	0.180	0.000	0.000				
NNE	1.378	0.519	0.000	0.000				
NE	1.262	0.689	0.000	0.000				
ENE	2.618	5.921	0.000	0.000				
E	1.319	5.539	0.000	0.000				
ESE	0.731	1.899	0.000	0.000				
SE	0.445	0.657	0.000	0.000				
SSE	1.111	1.746	0.002	0.000				
S	2.734	3.990	0.044	0.000				
SSW	16.879	14.595	0.037	0.000				
SW	3.326	1.781	0.002	0.000				
WSW	1.854	1.339	0.002	0.000				
W	1.289	1.605	0.002	0.000				
WNW	1.960	6.499	0.220	0.000				
NW	2.684	8.689	0.289	0.000				
NNW	1.781	1.956	0.000	0.000				
10 Knot için Kullanılabilirlik Faktörü %	N - S	NNE - SSW	NE - SW	ENE - WSW	E - W	ESE - WNW	SE - NW	SSE - NNW
	87.68	86.72	88.07	89.25	87.96	87.84	87.62	89.31
13 Knot için Kullanılabilirlik Faktörü %	N - S	NNE - SSW	NE - SW	ENE - WSW	E - W	ESE - WNW	SE - NW	SSE - NNW
	97.38	97.04	97.09	98.04	97.86	96.81	98.19	97.93

Şekil 3.6. Trabzon Yeni Havalimanı rüzgar esme yönlerine göre pist yönü hesaplama.

Tablo 3.7.'den de anlaşılacağı üzere uçak referans uzunluğu 2865 m olan A380 tipi uçak için min. 3180,42 m pist gereklidir. Deniz üzerindeki havalimanının boyuna eğimi 0 olarak planlandığından eğim düzeltilmesine gerek duyulmamaktadır. Ancak seyrüsefer cihazları, ışıklandırma gibi sebeplerle pistin 3240 m olarak teşkil edilmesi planlanmaktadır.

Tablo 3.7. Trabzon Yeni Havalimanı için A380 uçağı referans alınarak pist uzunluğu hesaplama.

TRABZON YENİ HAVALİMANI			
Meydan yüksekliği	MY :	5,0	m
Gözlem yüksekliği	GY :	39,0	m
Uçak referans uzunluğu	BU :	2865,0	m
Ortalama sıcaklık	T1 :	24,4	C
Ortalama yüksek sıcaklık	T2 :	28,1	C
A) Yükseklik Düzeltmesi			
$L1 = BU + ((BU * MY * 0,07) / 300)$			
$L1 = 2,865 + ((2,865 * 05 * 0,07) / 300) = 2868,3$			
B) Sıcaklık Düzeltmesi			
$Tr = T1 + ((T2 - T1) / 3)$			
$Tr = 24 + ((28 - 24) / 3) = 25,6$			
$Th = 15 - (GY * 0,0065)$			
$Th = 15 - (39 * 0,0065) = 14,8$			
C) Boy Hesabı			
$L = L1 + (L1 * 0,01 * (Tr - Th))$			
$L = 2,868 + (2,868 * 0,01 * (26 - 15)) = 3180,4 \text{ m}$			
D) Eğim Düzeltmesi (Etüt eğimi 0,008) (gerekli durumlarda)			
3434,9 m			
NOT: AIRBUS A380 UÇAĞI REFERANS OLARAK KULLANILMIŞTIR. (4F KATEGORİSİNE GÖRE)			

3.2.5. İnceleme alanı jeolojisi

İnceleme alanı içerisinde yer alan birimlerin yanal ve düşey değişimlerinin belirlenebilmesi için deniz ve kara üzerinde 37 farklı lokasyonda, 32'si deniz yüzeyinden itibaren 13,00-64.95 m. arasında değişen derinliklere sahip toplam 633 m. deniz tabanı ve 5 farklı lokasyonda 15,00-20,00 metre arasında değişen derinliklere sahip toplam 94,00 m. kara zemin araştırma sondajı açılmıştır.

İnceleme alanı jeolojisine genel olarak bakıldığında yanal devamlılık sunduğu görülmektedir. Açılan jeoteknik sondaj kuyularında deniz seviyesi aşıldıktan sonra birleştirilmiş zemin sınıflamasına göre GW, GM, SW, SM, CL ve ML zemin sınıflarına ait düzgün dane dağılımlı çakıl, siltli çakıl, düzgün dane dağılımlı kum, siltli kum, killi kum, düşük plastisiteli kil, düşük plastisiteli silt, ve çakıl birimlerinden oluşan denizel ve karasal çökeller yer almaktadır. Bu çökellerin altında andezit, dasit, ve bazalt kaya birimleri gözlemlenmiştir.

3.3. Hatay Havalimanı

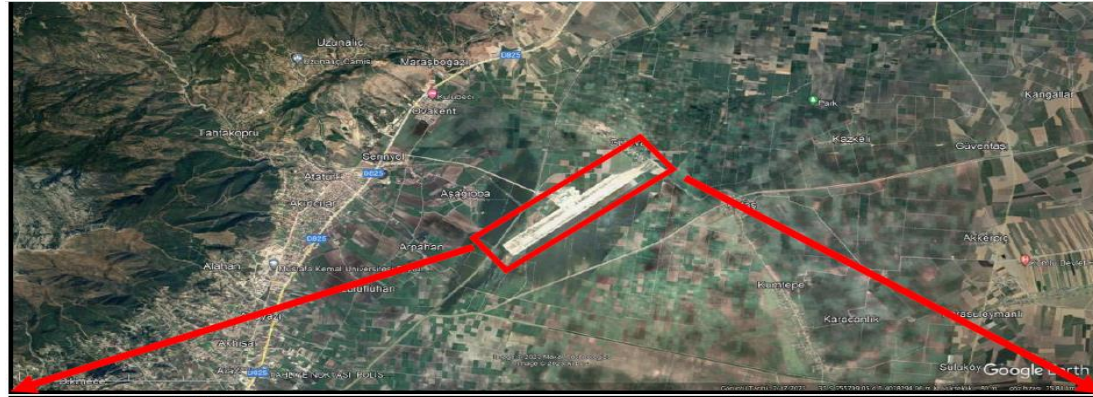
3.3.1. Etüdün amacı ve kapsamı

06.02.2023 tarihinde meydana gelen 7.7 ve 7.5 büyüklüğündeki Pazarcık/Kahramanmaraş, Elbistan/Kahramanmaraş merkezli depremler sonrasında Hatay Havalimanı sınırları içerisinde özellikle PAT sahalarında onarım ihtiyacı ortaya çıkaran deformasyonlar meydana gelmiştir. Söz konusu deformasyonların belirlenmesi ve araştırma sondajlarına, CPT deneylerine ve laboratuvar deney sonuçlarına bağlı olarak saha çalışmalarını içeren geoteknik verilerin diğer zemin sahalarıyla birlikte incelenmesi amaçlanmıştır.

Havalimanında deprem sonrası kuzey-güney uzanımlı deformasyonların daha fazla olduğu gözlemlenmiştir. Havalimanı çevreleyen duvarlarda oturma, yükselme ve kopmalar meydana gelmiştir. Hatay Havalimanı çevresinde (eski Amik Gölü Havzası) taşkın sularının havalimanına zarar vermesini engelleyebilmek için yapılan geçirimsizlik perdesinin duvarlarında da benzer deformasyonlar bulunması nedeniyle imalatın görevini yerine getiremeyeceği görüşü ortaya çıkmıştır.

3.3.2. Proje alanının yeri

Çalışma alanı, Hatay Havalimanı sınırları içerisinde yer almaktadır. İnceleme alanına ulaşım, Antakya İskenderun Yolu D825 karayolu üzerinden sağlanmaktadır. İnceleme alanını gösteren uydu görüntüsü Şekil 3.7.'de sunulmaktadır.



Şekil 3.7. Hatay Havalimanı'nın konumu.

3.3.3. Coğrafi konum, jeomorfoloji, topografya, iklim ve bitki örtüsü

Hatay'daki önemli jeomorfolojik ünitesini Akdeniz Bölgesi'ndeki Adana Bölümü'nün doğu kesiminde bulunan Antakya-Kahramanmaraş Grabeni meydana getirir. Bu graben alanı, Ölü Deniz ve Doğu Anadolu Fayları ile Kıbrıs Yayı'nın etkisi altında gelişmiş olup, Karasu fayının denetiminde şekillenmiştir (Perinçek ve Çemen, 1990; Perinçek ve Eren, 1990; Lyberis vd., 1992; Şaroğlu vd., 1992; Karabacak, 2007). Özellikle Neojen sonrası faylanmaya bağlı çökmeler ve Kuaterner'deki akarsu kapması, graben alanındaki göl ve bataklıkların oluşumunda etkili olmuştur (Korkmaz, 2008). Antakya-Kahramanmaraş grabeni batıdan Amanos Dağları, doğudan Kurt

Dağları, kuzeyden Güneydoğu Toros Dağları güneyden de Akdeniz ile sınırlandırılmaktadır. Graben 180 km uzunluğunda, 10–30 km genişliğinde yaklaşık olarak 10.400 km² alanı kaplar. Graben KD – GB doğrultusundadır.

Grabenin doğu ve batısında açılma rejiminin ürünü olan normal fayların etkisiyle sürekli bir çökme ve çanaklaşma meydana gelmiştir. Bu çanaklaşma, Ölü Deniz Fay Zonu'nun oluşmaya Hatay Havalimanı başladığı Orta Miyosen'den sonra başlamış ve günümüze kadar sürmüştür. Amik Ovasının orta kesiminde 350 m'ye varan alüviyal dolgular da ovanın kenar kısımlarına doğru basamaklar halinde incelen yapılarıyla zemindeki düşen bloklara işaret etmektedirler (Toprak vd., 2002; Karataş, 2010).

Graben tabanında yaygın jeolojik birimler genellikle Pliyosen ve sonrası dönemlere aittir. Kuvaterner yaşlı alüvyonlar ve bazik lav akıntıları topoğrafyanın büyük kısmına hâkim durumdadır. Bununla birlikte alüviyal örtülerle kaplı 101.000 ha (DSİ, 1958) alana sahip Amik Ovası yine bu graben alanı içerisinde bulunur (Karataş, 2010).

Hatay'da aktif tektonizma sonucunda oluşan yeryüzü şekillerinin yanı sıra birikinti koni ve yelpazeleri ile geçişi sağlayan yamaçlar gibi yeryüzü şekilleri de bulunur. Birikinti koni ve yelpazeleri Amanos dağlarından kaynağını alan akarsuların ova tabanlarıyla birleştikleri alanda eğim değerlerinin azalmasına paralel olarak getirdikleri yükleri biriktirmeleri neticesinde meydana gelmişlerdir. Bu şekiller il sınırları içerisinde Amanos Dağlarının yamaçlarında kimi zaman kuşak oluşturacak halde kimi zaman da münferit şekilde bulunurlar. Yamaçlar ise jeomorfolojik birimler arasında geçişi sağlamakta olup il genelinde yaygındırlar (Karataş, 2010).

Hatay Havalimanı'nın da bulunduğu Amik ovası grabenin güney kesiminde yer almaktadır (Korkmaz, 2008).

3.3.4. Projeye ait bilgiler

Hatay Havalimanında deprem sonrası ortaya çıkan deformasyonların giderilmesi ve hizmet ömrü boyunca deprem etkileri gibi yüklere maruz kaldığında olumsuzlukların en düşük seviyede tutulması planlanmaktadır. Hatay Havalimanı deprem öncesi 3000 x 45 m pist (KD-GB istikameti), 2 adet 24 x 265 m taksiyolu ve 420 x 120 m apron (10 uçak kapasitesi) ile 46.826 m² terminal binası ve hizmet binalarınca hizmet vermektedir.

Deprem sonrası durumda havalimanının gelişimine ve gelecek provizyonuna katkı sağlamak amacıyla bazı revizyonların yapılmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Artan yolcu

kapasitesi, bölgede turizmin gelişmesi gibi nedenlerin yanı sıra deprem sonrası durumda da karşılaşılan tek pistin bakım onarım çalışmalarının yapılabilmesi için pistin ve dolayısıyla havalimanının uçuşlara kapatılması gerekliliği nedeniyle yeni durumda havalimanının iki pist (pist+yedek pist) olarak yapılması ihtiyacı uygun görülmektedir.

Havalimanının iki pist olması ve artan trafik nedeniyle havalimanı tasarımında hızlı çıkış ve bağlantı taksiyollarının yapılması da gerekmektedir. Depremde terminal binasının ve diğer üstyapı tesislerinin hizmet etmesine engel teşkil edecek bir hasar görülmediği için havalimanında üstyapıya yönelik küçük iyileştirmelerin yeterli olacağı öngörülmektedir.

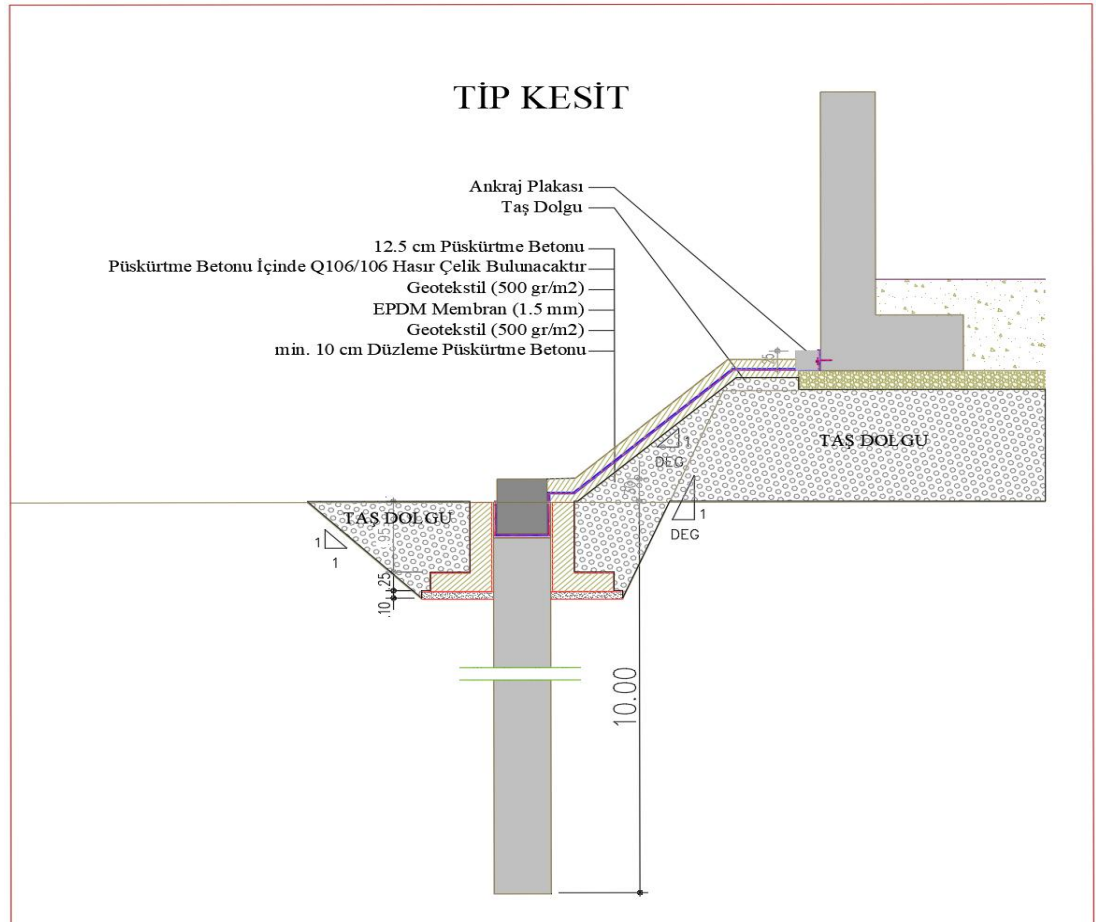
Deprem sonrasında zemin inceleme çalışması yapılarak PAT sahalarında kapsamlı proje ve zemin iyileştirmeye yönelik çalışmalar yapılmıştır. Ancak havalimanının deprem sonrası müdahalelerin sürekliliğinin sağlanması amacıyla GB tarafındaki pistin 2082 m'lik bölümü kısmı onarım yapılarak kullanılmaktadır.

Eski Amik Gölü havzasında bulunan havalimanı alanında taşkın kotu 81.50 m'dir. Deprem öncesi durumda dahi havalimanı PAT sahaları bu kotun altında kalmakta olup, Şekil 3.8'de geçirimsizlik perdesi imalatı öncesi taşkın anında havalimanının sular altında kalarak hizmet veremediği görülmektedir. Şekil 3.10'da ise geçirimsizlik perdesi imalatı sonrası havalimanı sahasının görünümü bulunmaktadır. Depremde hasar görmeden önce kullanılmakta olan geçirimsizlik perdesine ait tip kesit ise Şekil 3.9'da yer almaktadır.

Bununla birlikte yapılan ölçümler neticesinde depremin etkisiyle faylanma ve zemin sıvılaşması sebepli tüm sahada oturma meydana gelmiş, PAT sahalarında ve havalimanı çevresinde yapılan taşkın koruma perdesi kotları deprem öncesi duruma göre 1.5 m azalım göstermiştir. Mevcut pist kotları 77.02 m ile 78.30 m arasında değişmektedir.



Şekil 3.8. Hatay Havalimanı geçirimsizlik perdesi imalatı öncesi taşkın sırasındaki görünümü (2012).



Şekil 3.9. Hatay Havalimanı geçirimsizlik perdesi tip kesiti (Slurry-Trench).



Şekil 3.10. Hatay Havalimanı geçirimsizlik perdesi imalatı sonrası taşkın sırasındaki görünümü (2020).

Havalimanını çevreleyecek şekilde 10 m derinlikteki geçirimsizlik perdesi, ortalama 2 m yükseklikteki taşkın koruma perdeleri ile toplama çukurları ve pompa sistemi yapılarak taşkın anında suyun havalimanı sahasında birikmesinin önlenmesi amaçlanmaktadır. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı teknik personeline deprem sonrası yerinde yapılan incelemeler neticesinde oluşturduğu değerlendirmeler şu şekildedir;

- Hatay Havalimanının da içinde yer aldığı Amik ovası hidrolojik, hidrojeolojik, jeolojik, sismolojik ve geoteknik etkenler dikkate alındığında havalimanı yerleşimine uygun bir alan değildir. Zemin profilinde sismik zemin sıvılaşmasına ve yüksek konsolidasyon oturmaları üretebilecek gevşek, organik içerikli tabakalar bulunmaktadır.

- 06.02.2023 tarihinde meydana gelen 7.7 ve 7.5 büyüklüğündeki Pazarcık/Kahramanmaraş, Elbistan/Kahramanmaraş merkezli depremler sonrasında faylanma ve zemin sıvılaşması nedeniyle 1-1,5 metrelere ulaşan kalıcı oturmalar oluşmuştur. Bu durum havalimanı kotlarının deprem sonrasında kalıcı olarak değişmesine neden olmuştur.

- Havalimanının taşkın sularından etkilenmesinin önüne geçebilmek amacıyla havalimanı çevresi boyunca inşa edilmiş geçirimsiz diyafram perde (slurry-trench)

deprem sırasında meydana gelen zemin hareketlerine bağı olarak birçok kesiminde işlevini yitirmiştir.

- Mevcut hasarlı diyafram perdenin tamir edilmemesi ya da yenilenmemesi durumunda diyafram perdeden sızan sular havalimanı operasyonunda eksikliklere neden olacaktır.
- Ancak havalimanı sahasının taşkın kotunun altında olması sebebiyle deprem sırasında benzer hasarlar tekrar ortaya çıkabilecektir. Bu nedenle havalimanı sahasının kotunun yükseltilmesi daha uygun bir çözüm olarak öngörülmüştür.
- Havalimanı sahasının yeni dolgularla yükseltilmesi sırasında dolgunun altındaki sıvılaşma ve aşırı oturmaların ortaya çıkabileceği gevşek veya yumuşak zemin tabakalarının da yenilenmesi faydalı olacaktır.

3.3.5. PAT sahaları yerleşim planı çalışmasına esas kabuller

Depremi etkisiyle geçirimsizlik perdesinin sürekliliği bozulduğu, taşkın perdeleri ve tüm sahanın kotlarının daha da düştüğü dikkate alınarak PAT sahalarının yeniden planlanmasında mümkün olduğu kadar taşkın kotunun üzerinde kalacak şekilde çalışılmıştır. Terminal binası apron çıkış kotu sabit kabul edilerek SHT-HES talimatları ışığında uygulanabilecek max. ve min eğim standartları ile PAT sahalarının kotu belirlenmiştir. Mümkün olduğu kadar havalimanının yapım faaliyetleri esnasında hizmete devam edebileceği şekilde yapılabilecek alternatifler üretilmeye çalışılmış olup bu kapsamda, mevcut durumda iki tane olan bağlantı taksiyollarının sıra ile kullanılarak diğerinin kotunun yükseltilmesi, 420 m uzunluktaki apronun 2 bölüme ayrılarak bağlantı taksiyolları ile birlikte kısım kısım kullanılması, paralel taksiyolu veya yeni pist yapılarak trafiğin devamının sağlanması şeklinde planlamalar yapılmıştır.

3.3.6. İnceleme alanı jeolojisi

Hatay Havalimanı gölsel kıyı kordonu çökeli ve göl tabanı çökeli içerisinde bulunmaktadır. Yapılan sondaj çalışmaları sonucuna göre inceleme alanında üst seviyelerde daha önceki imalatlara ait kırmataş dolgu bulunmaktadır. Dolgu altında ise kavrı içeren siltli kumlu kil ve organik kil görülmüştür. Derin sondaj kuyularında (Sondaj derinliği≈150 m) ise çakıllı seviyeler görülmüştür.

3.3.7. Tektonik ve aktif tektonik

Arabistan, Afrika ve Anadolu levhalarının birbirleriyle göreceli hareketleri sonucunda, doğuda Arabistan levhasının Avrasya levhası ile çarpışması, batıda ise Afrika ve Anadolu levhalarının dalma-batma sınırı ile yakınsaması sonucu Doğu Akdeniz Bölgesi'nin sismotektoniği gelişmektedir. (Mc Kenzie, 1972). Avrasya levhası ile Arap-Afrika levhaları, Geç Kratese'den günümüze kadar yaklaşık K-G yönlü yakınsama hareketi etkisi altında bulunmaktadır. (Kavuzlu, 2006). Bu yakınsama hareketi ile ortaya çıkan sıkışma sonucunda Arap-Afrika levhaları ile Avrasya levhaları arasındaki Tetis Okyanusu'nun kuzeye doğru olan yitimle kapanmıştır (Kavuzlu, 2006). Kızıldağ ofiyoliti ve Arap levhasının kuzeyinde yer alan diğer ofiyolit napları (Troodos/Kıbrıs; Baer-Bassit/Suriye; Zagros/İran; Semail/Umman) bu okyanusal litosferin kalıntısıdır. Kızıldağ ofiyoliti, Permo-Triyas-Geç Kretase zaman aralığında var olan Tetis Okyanusu'nun güney kolu içerisinde Geç Kretase'de dalma-batma zonu üzerinde yay-önü ortamında oluşmuş ofiyolitleri temsil eder (Selçuk, 1985 ve içerdiği atıflar; Stampfli vd., 2001; Bağcı vd., 2008; Dilek ve Thy, 2009; Sarıfakioğlu vd., 2012; Şimşek vd., 2017). Güneydoğu Anadolu Otoktonu (Arap Karbonat Platformunun kuzey kenarı) üzerine tektonik dokanakla yerleşen Kızıldağ ofiyolitinin üzerinde uyumsuz olarak bulunan en yaşlı sedimanter kayalar, Maastrihtiyen yaşlı Terbüzek formasyonuna ait bol ofiyolit kırıntılı konglomera, kumtaşı ve kireçtaşlarıdır. Bu durum, okyanus-içi yitim zonundaki okyanusal kabuğunun (yani Kızıldağ ofiyoliti) oluşumunun Geç Kretase öncesi tamamlandığını işaret eder. Kızıldağ ofiyolitine ait bazikortaç kayalara ait U-Pb zirkon yaşları, 90.6 ± 6.4 ile 97.7 ± 1.1 My arasında değişmektedir (Şimşek vd., 2017). Bu yaş verilerinden Kızıldağ ofiyolitinin Senomaniyen-Turoniyen zaman aralığında oluştuğu anlaşılır. Kızıldağ ofiyolitinin hemen güneyinde, Suriye sınırları içerisinde kalan ve eşleniği olan; Baer-Bassit ofiyolitinin taban metamorfitlelerine ait amfibolit ve yeşilşist kayalarına ait hornblend ve plajiyoklaz kristallerinden 86-93 My K-Ar radyometrik yaş verisi elde edilmiştir (Thuizat vd., 1981; Delaloye ve Wagner, 1984). Bu veri, Kızıldağ ofiyolitinin temsil ettiği SSZ-tipi okyanusal litosferin Tetis Okyanusu'nun güney kolu içerisinde yitim zonu tektonik ortamında oluştuktan sonra okyanus-içinde ekaylanarak kıta üzerine (Arap Platformu) yerleşmesi yaklaşık 15 My içerisinde olduğunu işaret eder. Bununla birlikte, Baer-Bassit ofiyolitik melanjda, OrtaTriyas-Erken Kretase ve Geç Triyas-Orta Kretase yaşı veren kireçtaşı blokları tespit edilmiştir (Al-Riyami vd., 2002).

Arap levhası ile Anadolu levhasının sınır oluşturduğu Anadolu coğrafyası üzerinde kıtakıta biçimindeki çarpışma olayı, Orta-Geç Miyosen’de Bitlis-Zagros Bindirme Kuşağı boyunca gerçekleşmiştir (Gülen vd., 1987; Arpat ve şaroğlu, 1975). Yakınsama hareketinin sürmesi nedeniyle Avrasya ve Arap-Afrika levhaları arasında kalan Anadolu bloğunun kısalıp kalınlaşması, Geç Miyosen sonrasından günümüze kadar sürmektedir. Geç Miyosen Pliyosen’den itibaren sıkışma ile deformasyonu karşılayamaz duruma gelen Anadolu bloğu, doğrultu atımlı Kuzey ve Doğu Anadolu fayları etkisiyle batıya doğru yanal olarak hareket etmeye başlamıştır (Kavuzlu, 2006). Bu durum, genişleme ile ilişkili alkalın bileşimli Geç Miyosen yaşlı bazaltların Reyhanlı kuzeyinde, Kırıkhan (Hatay) ve İşlahiye (Gaziantep) dolayında gözlenmesi ile de izah edilebilir. Arap levhası ile Anadolu levhasının çarpışma olayında, Arabistan levhasının Afrika’ya göre daha hızlı kuzeye doğru hareket etmesi sebebiyle Arap levhası Afrika’dan K-G doğrultulu l Deniz Transform Fayı ile ayrılmıştır (Gülen vd., 1987).

Bölgede bulunan yaklaşık KD-GB doğrultulu sol yanal atımlı aktif Hacıpaşa fayı ve Reyhanlı fayı, l Deniz Fayı’nın kuzey segmentini, Amanos ise Doğu Anadolu Fayı’nın segmentini oluşturmaktadır (Emre ve Duman, 2011; Emre vd., 2012).

Hatay Havalimanı’nın bulunduğu tektonik çöküntü sonucu oluşan Amik ovasında Akyüz vd, 2006 ile Karabacak, 2007 tarafından l Deniz Fay Zonu’nun Geç Kuvaterner tektonik aktivitesinin faylı alüviyal ve koliviyal tortullarla karakterize edildiği söylenmektedir.

Hatay Havalimanı, Holosen yaşlı Amik Gl Fayı’nın yaklaşık 8 km kuzey batısında, Antakya Fay Zonu’nun 13 km kuzey batısında, ldeniz Fay Zonu Hacıpaşa Segmenti’nin 11.5 km kuzey batısında, Holosen yaşlı Doğu Anadolu Fay Zonu Amanos Segmenti’nin yaklaşık 9.5 km güneyinde, Kuvaterner yaşlı Amanos Segmenti’nin yaklaşık 12 km güneyinde bulunmaktadır.



4. ZEMİN İYİLEŞTİRME ÇALIŞMALARI

Bu bölümde incelemesi yapılan 3 farklı havalimanının zeminlerinde gerçekleştirilmiş olan veya planlanan zemin iyileştirme çalışmaları hakkında bilgi verilmektedir. Türkiye’de faaliyet gösteren deniz dolgusu Rize-Artvin Havalimanı ile yapımı planlanan Trabzon Yeni Havalimanının yapım süreçlerinde gelişecek olan oturmalar yapı sağlığı açısından en çok dikkat edilmesi gereken husustur. Bununla birlikte deprem sonrası durumda Hatay Havalimanı faaliyetlerinin de tam kapasite olarak yeniden sürdürülebilmesi, hizmetin sekteye uğramaması için gerekli görülen zemin iyileştirme çalışmalarının yapılması beklenmektedir. Kamu yararı ve ekonomik sebeplerin öncelendiği bu tip projelerin hızlı bir şekilde tamamlanmasının, inşai faaliyet süreçlerinin kısa tutulmasının bazı olumsuz etkileri bulunmaktadır.

4.1. Rize-Artvin ve Trabzon Yeni Havalimanları Zemin İyileştirme Çalışmaları

Rize-Artvin ve Trabzon Yeni Havalimanlarında denizin belirli bir alanının mendireklerle korunarak doldurulmasıyla yeni bir zemin oluşturulması akabinde teşkil edildiği daha önceki bölümlerde açıklanmıştı. Havalimanının yapımının bitirilmesi sonrasında hizmet ömrü boyunca sorunsuz hizmet edebilmesi için yapı sağlığının korunması da önem teşkil etmektedir.

Yapının üstyapı tesislerinin zarar görmesi durumunda can ve mal kaybının ortaya çıkması geri dönülemez sonuçlar ortaya çıkaracaktır. Altyapı tesislerinde özellikle PAT sahalarının zarar görmesi durumunda ise bir takım oturmaların ortaya çıkması operasyonel faaliyetlerin gerçekleşmemesine neden olabilecektir. Bunun yanı sıra kaplama sahalarından kopan parçaların FOD (yabancı madde hasarı) oluşturması riski ortaya çıkar. Bu durumda FOD oluşturan malzemeler motor parçalarının içine girerek sistemlerin tamamen arızalanmasına ve uçuş emniyetinin ortadan kalkmasına yada devam uçuşlarının gerçekleşmemesine neden olmaktadır.

4.1.1. Deniz dibi taban tarama

Türkiye’de hali hazırda hizmet etmekte olan deniz dolgusu içeren Ordu-Giresun ve Rize-Artvin Havalimanlarının deniz tabanlarında tarama işlemi yapılmıştır. PAT sahalarının maruz kalacağı büyük yükler karşısında sağlam bir şekilde hizmet

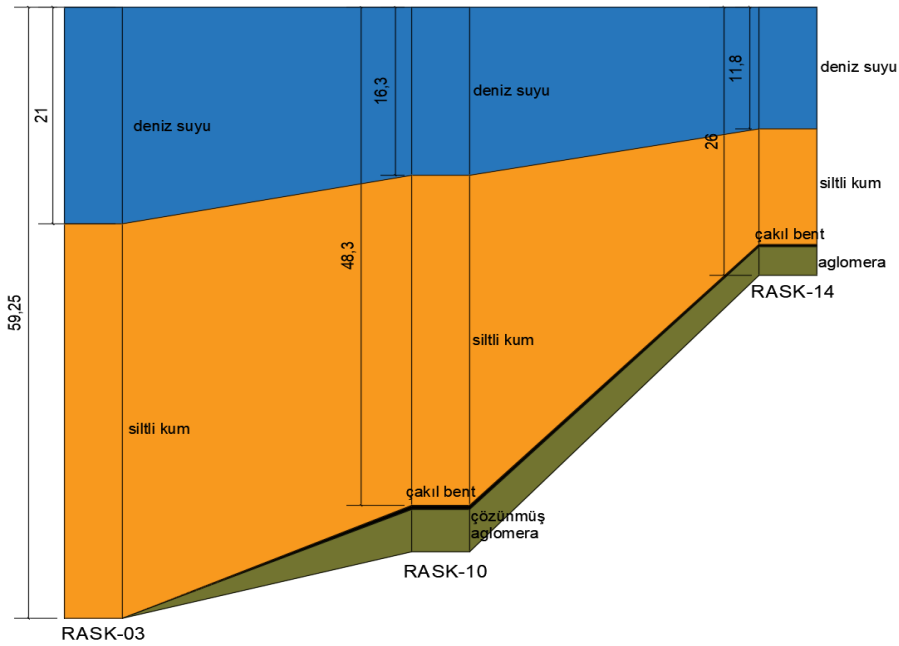
edebilmesi için altında yer alan dolgunun da sağlıklı bir şekilde serilmesi gerekmektedir. Bu dolgunun PAT sahalarına isabet eden yerlerinde ise tarama ile çamur kıvamında olan, belli bir granülometrisi bulunmayan malzemenin uzaklaştırılması amaçlanmaktadır. Zemin etüdü çalışmaları sonrasında daha sağlam zemine ulaşılabilecek taranması gereken yükseklik tespit edilerek deniz dibi tarama aletleri yardımıyla bu malzeme PAT sahalarından uzaklaştırılmaktadır.

Rize-Artvin Havalimanında uygulanan bu iyileştirme yönteminin Trabzon Yeni Havalimanında da kullanılması öngörülmektedir.

4.1.2. PAT sahaları dolgularında ön yükleme

Özellikle yüksek dolguların üzerine yapılacak yapılarda zamana bağlı oturmaların hızlı bir şekilde tamamlanması amacıyla genellikle ön yükleme yöntemi uygulanmaktadır.

Şekil 4.1’de Rize-Artvin Havalimanı çalışma alanında arazi çalışmaları sonrası elde edilen zemin kesiti verilmiştir. Buna göre zeminde, deniz seviyesi altında siltli kum hakimiyeti görülmektedir.



Şekil 4.1. Rize-Artvin Havalimanı zemin enkesiti.

Rize-Artvin Havalimanında yaklaşık 9 katlı bir bina yüksekliğinde, 27 metreyi bulan dolgu üzerinde yer alan PAT sahalarında oturmanın zamana bağlı olarak devam etmesi beklenmektedir. İnşası planlanan Trabzon Yeni Havalimanı projesinde de benzer

derinliklerde dolgu yapılması gerekmekte olup ön yükleme ile iyileştirme yapılması planlanmaktadır.

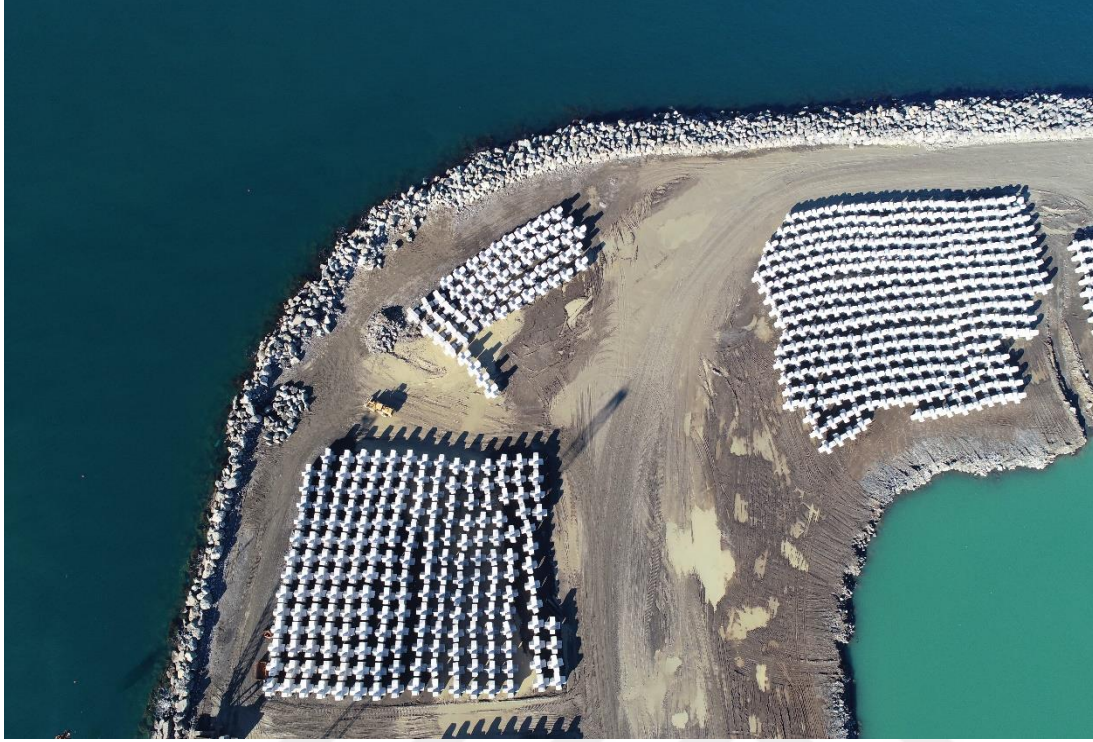
Hizmete açılmalarının bölge için olumlu etkileri düşünüldüğünde bu oturmaların hızla tamamlanması gerekmektedir. Rize-Artvin Havalimanında sandık tabakası inşası başlamadan önce ön yükleme yöntemi ile oturmaların hızlandırılması havalimanının daha hızlı bir şekilde tamamlanmasını sağlamıştır. Rize-Artvin Havalimanı mendirek imalatında Şekil 4.2’de yer alan X bloklar kullanılmıştır. Yaklaşık 1000 adet 6-10-14 m³ X blok kütlelerin imalattan sonra taşınması pek mümkün olmayacağından şantiyenin bir bölümü imalatın yapılması için kullanılmıştır. İmal edilen X bloklar ise PAT sahalarında bekletilerek oturmaların hızlandırılmasını sağlamıştır.



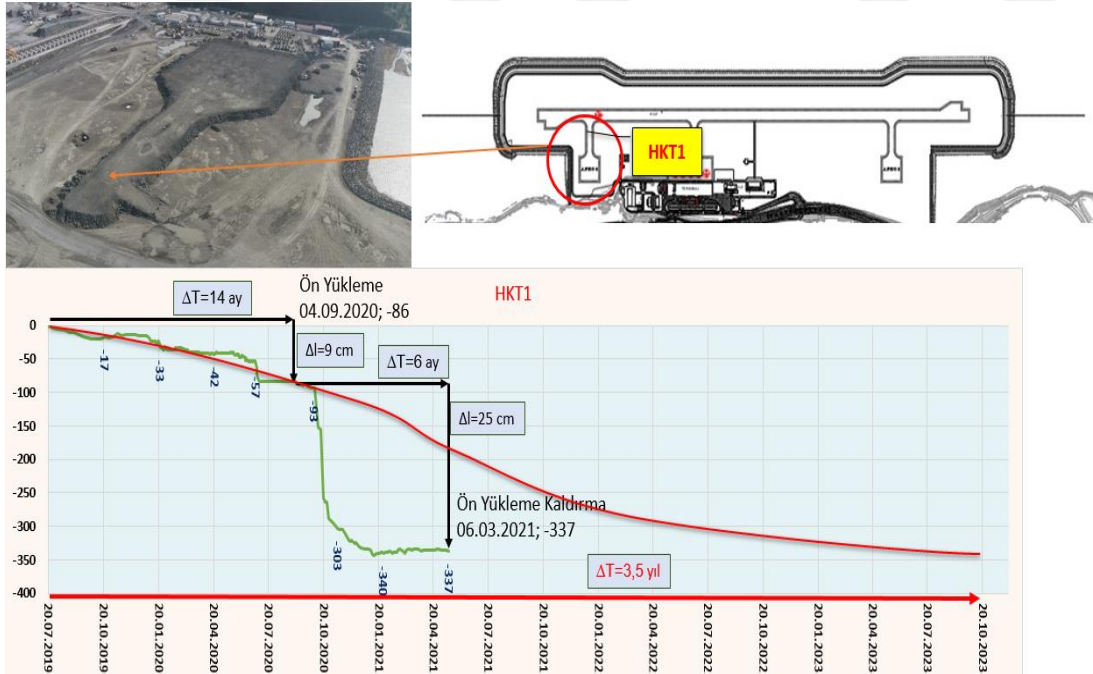
Şekil 4.2. Rize-Artvin Havalimanında kullanılan X bloklar.

Deniz suyu kesitinin pist üst kotuna kadar dolgu yapılması sonrasında Rize-Artvin Havalimanı kesitinde yer alan siltli kum tabakalarına yaklaşık 250 kPa gerilme artışı geleceği öngörülmüştür. Bu büyüklükteki gerilme artışının oluşturacağı oturmaların kısa sürede tamamlanması için Şekil 4.3’te yer alan ön yükleme yöntemi (basit yükleme) uygulanmıştır. Bu yöntemle deniz kalınlığı kaya dolgu malzemesi ile doldurulduktan sonra, X blok kütleleri ile yükseltilerek gerilme artışı sağlanmış ve Şekil 4.4’te sunulan zemin-deformasyon eğrisi elde edilmiştir. Yaklaşık 6 aylık bir konsolidasyon süreci sonrası oturmalar tamamlandıktan sonra X blok kütleleri kaldırılarak sandık kesitinin teşkili gerçekleştirilmiştir. Dolgu ve ön yükleme sürecinde yaklaşık 35 cm civarında oturma gerçekleşmiştir. Sandık kesiti imalatı

sonrası deformasyon kontrolüne devam edilmiş ve kayda değer bir oturma büyüklüğü not edilmemiştir.



Şekil 4.3. Rize-Artvin Havalimanı basit yükleme uygulaması.



Şekil 4.4. Rize-Artvin Havalimanı ön yükleme sonrasında ölçülen zaman-deformasyon çizelgesi.

Trabzon Yeni Havalimanına yönelik yapılan çalışmalarda da Rize-Artvin Havalimanında ön yükleme sonrası elde edilen olumlu sonuçlar neticesinde zeminin iyileştirilmesine yönelik PAT sahalarında ön yükleme yapılması planlanmaktadır.

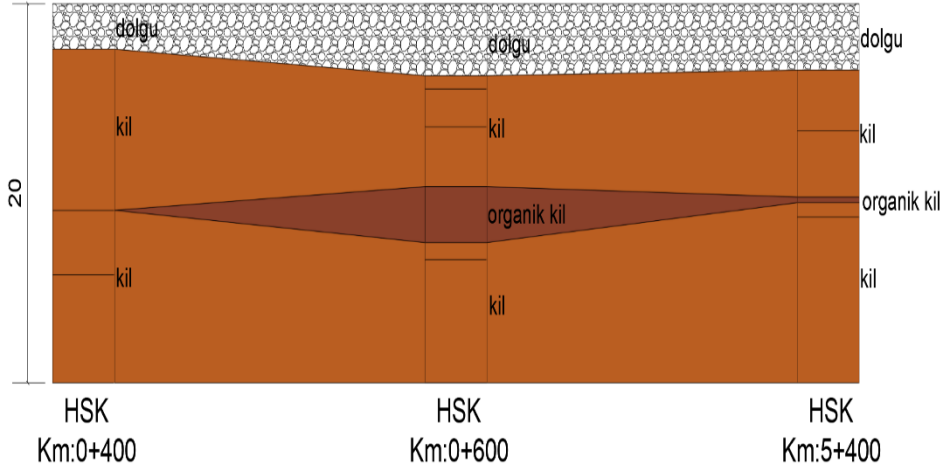
4.2. Hatay Havalimanı Zemin İyileştirme Çalışmaları

Hatay Havalimanı 06.02.2023 tarihli Kahramanmaraş depremleri sonrası yapılan zemin incelemeleri sonrasında alanda zemin sıvılaşmasına uygun gevşek zeminler ile yüksek değerlerde konsolidasyon oturmalarına yol açabilecek gevşek, yer yer organik içerikli kalın yumuşak tabakaların varlığı belirlenmiştir. Şekil 4.5'te zemin enkesitinden bir görünüm yer almaktadır.

Hatay Havalimanında yapılacak dolgu miktarlarına bağlı olarak uygulanan iyileştirme yöntemi zeminde meydana gelecek deformasyonların büyüklüğünü etkileyecektir. Zeminde yapılan çalışmalar neticesinde belirlenen kil düzeylerinde tekrar eden yüklerin aşırı boşluk suyu basıncı oluşturarak taşıma gücü ve yanal yüklere karşı dayanım kaybı oluşturacağı düşünülmektedir.

PAT sahalarının iyileştirilme yapılmadan tekrar inşa edilmesinin ve kullanılmasının sakıncalı olacağı değerlendirilmektedir. Pistin bir bölümünden geçmekte olan fay ise havalimanının deprem durumunda tekrar büyük tehditlere maruz kalacağını göstermektedir. Bu nedenlerle bir takım iyileştirme seçeneklerinin değerlendirilmesi kaçınılmaz olmuştur.

2007 yılında inşa edilen ve kullanılmakta olan Hatay Havalimanı 2023 Kahramanmaraş depremlerinde hasar görmüş olup PAT sahalarında önemli deformasyonlar belirmiştir. Alanda yapılmış plan arazi çalışmaları sonrası zemin kesitinin yüksek plastisiteli siltli kil/kil hakimiyetinde olduğu bildirilmiştir. (Ünver, T. ve Tüfenkçi, O.O. 2023).

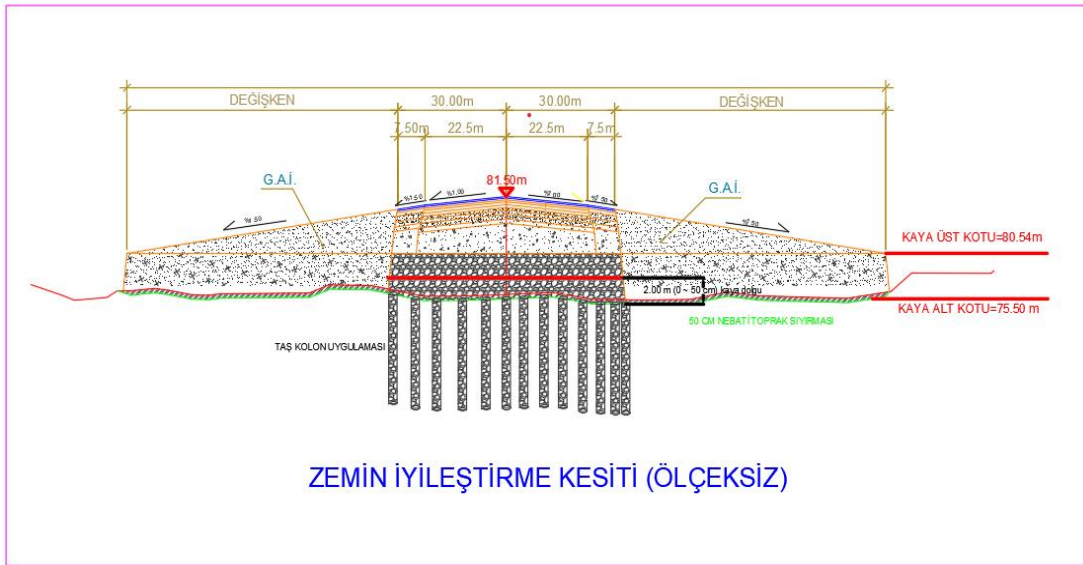


Şekil 4.5. Hatay Havalimanı zemin enkesiti.

4.2.1. Darbeli kırmataş kolon yapılıması

Hatay Havalimanı zemin kesitlerinin güçlendirilmesi için darbeli kırmataş kolon imalatı önerilmiştir. (Dalgıç, S., 2024)

Şekil 4.6’da yer alan darbeli kırmataş kolon uygulaması tip enkesitinden de görüleceği üzere bu yöntem ile pist eksenine ve bu eksene dik doğrultuda 2,5 m karelaçlı, 0,70 m çapta ve 10 m derinlikte darbeli kırmataş kolon imalatı yapılması planlanmıştır. İmal edilecek darbeli kırmataş kolon sayesinde zeminin dayanımının artmasının yanı sıra sıvılaşma gibi bir zemin probleminin ortaya çıkması durumunda darbeli kırmataş kolonu üzerinde yer alacak keçe ve üzerine serilecek granüler malzeme ile suyun drenajı mümkün olacaktır.



Şekil 4.6. Hatay Havalimanı darbeli kırmataş kolon uygulaması tip enkesiti.

5. DEĞERLENDİRMELER

Bu bölümde havalimanlarında yapılan çalışmalar neticesinde hazırlanan verilerin değerlendirilmesi amaçlanmaktadır. Zemine yönelik fikrimizin oluşabileceği terminal binasının yakınına ve pist eksenine denk gelecek şekilde her bir havalimanına yönelik iki kesit ve yedi noktanın değerlendirilmesi yapılmıştır. Ortaya çıkan durum yorumlanarak taşıma gücü ve kaplama tasarımı gerçekleştirilmiştir.

Kaplama tasarımı Faarfield yazılımının 12/21/2023 tarihli 2.1.1. güncellemesi ile hizmete sunulan bilgisayar programı kullanılarak yapılmaktadır. Yazılımın kullanımında bazı parametrelere ihtiyaç duyulmaktadır. Havalimanının ihtiyaçları doğrultusunda havalimanı trafiğine etki edecek uçak tipleri, uçak iniş-kalkış sayıları belirlenmektedir. Bunun yanı sıra havalimanının ekonomik ömrü etken olmaktadır. Bu tez kapsamında ekonomik ömür 20 yıl olarak değerlendirilmiştir. Daha uzun sürelerin öngörülmesi durumunda kaplama tasarımı ihtiyacın ötesinde kalınlıkların ortaya çıkabildiği hesaplanmaktadır. Türkiye’de yapılan havalimanlarının büyük bir kısmında fayda/maliyet analizleri neticesinde 20 yıldan daha uzun ekonomik ömür referans alınarak hesap yapılması durumu gerekli bulunmamaktadır. Bunun yanı sıra havalimanı PAT sahalarının esnek ya da rijit kaplama seçeneklerinden yola çıkılarak geçmiş tecrübeler de değerlendirilerek hazırlanacak tasarım hesabının yapılması için zemin araştırmalarından ve şartnamelere uygun kullanılacak malzemelerden elde edilecek “CBR” değeri rijit kaplamalarda, “k” ise esnek kaplamalarda yazılıma işlenmiştir.

5.1. Rize Artvin Havalimanı Zemin İnceleme Verileri

Havalimanının batimetri haritasının alınması sonrası deniz tabanında bulunan zeminin özelliklerinin de bilinmesi gerekmektedir. Bu kapsamda Rize-Artvin Havalimanında Şekil 5.2’de yer alan sondaj yerleri belirlenerek gerekli çalışmalar yapılmıştır. Üstyapı tesislerine yönelik fikir edinebilmek amacıyla RAS-03, RAS-10, RAS-14 ile PAT sahalarına yönelik fikir edinebilmek için RAS-08, RAS-12, RAS-15, RAS-16 nolu sondaj numunelerinin zemin mekaniği deney verileri elde edilmiştir. Bu deney

sonuçları Şekil 5.1’de sunulmuştur. Burada yer alan A-A ve B-B kesitler için oluşturulan jeolojik profiller Şekil 5.3 ve 5.4’te sunulmuştur.

Numune				Doğal Su Muhtevası (%)	Doğal Birim Hacim Ağırlık (g/cm³)	Kuru Birim Hacim Ağırlık (g/cm³)	Elek Analizi		Atterberg Limitleri				USCS
Sondaj / AÇ Kuyusu Adı (km)	Tipi ve Adı	Derinlik (m)	SPT-N (Darbe sayısı)				10 Kalan(%)	200 Geçen(%)	LL (%)		PL (%)	PI (%)	
									Beş nokta	Tek nokta			
RAS-3	SPT-2	22.80-23.25	4	30,3	1,82	1,28	9,2	15,1	-	-	-	NP	SM
RAS-3	SPT-3	24.30-24.75	3	34,7	1,92	1,26	0,0	8,7	-	-	-	NP	SM
RAS-3	SPT-4	25.80-26.25	3	32,0	1,99	1,36	0,0	10,9	-	-	-	NP	SM
RAS-3	SPT-5	27.30-27.75	13	34,7	1,82	1,22	2,8	16,3	-	-	-	NP	SM
RAS-3	SPT-6	28.80-29.25	6	40,5	1,86	1,21	1,2	44,9	-	-	-	NP	SM
RAS-3	SPT-9	33.30-33.75	-	31,5	1,87	1,29	5,1	23,2	-	-	-	NP	SM
RAS-3	SPT-10	34.80-35.25	16	32,2	1,83	1,26	3,9	47,5	-	-	-	NP	SM
RAS-3	SPT-11	36.30-36.75	21	32,5	1,70	1,21	5,6	55,6	-	-	-	NP	ML
RAS-3	SPT-12	37.80-38.25	19	35,1	1,86	1,21	0,0	47,1	-	-	-	NP	SM
RAS-3	SPT-13	39.30-39.75	24	33,0	1,75	1,20	2,3	58,2	-	-	-	NP	ML
RAS-3	SPT-14	40.80-41.25	32	37,1	1,73	1,20	0,0	61,2	-	-	-	NP	ML
RAS-3	SPT-15	42.30-42.75	28	33,3	1,71	1,21	5,3	56,5	-	-	-	NP	ML
RAS-3	SPT-16	43.80-44.25	33	31,4	1,89	1,30	2,5	18,8	-	-	-	NP	SM
RAS-3	SPT-17	45.30-45.75	39	30,5	1,93	1,36	0,0	32,2	-	-	-	NP	SM
RAS-3	SPT-18	46.80-47.25	67	39,1	1,95	1,21	0,0	10,0	-	-	-	NP	SM
RAS-3	SPT-19	48.30-48.75	18	38,0	1,91	1,20	4,4	10,9	-	-	-	NP	SM
RAS-3	SPT-21	51.30-51.75	24	36,6	1,88	1,21	0,0	2,4	-	-	-	NP	SW-SP
RAS-3	SPT-22	52.80-53.25	36	38,1	1,89	1,20	7,5	13,5	-	-	-	NP	SM
RAS-3	SPT-23	54.30-54.75	40	36,2	1,92	1,23	0,4	4,3	-	-	-	NP	SW-SP
RAS-3	SPT-24	55.80-56.25	-	38,2	1,90	1,21	2,2	16,6	-	-	-	NP	SM
RAS-3	SPT-25	57.30-57.75	46	32,3	1,94	1,31	0,3	11,5	-	-	-	NP	SM
RAS-3	SPT-26	58.80-59.25	63	19,8	1,86	1,49	0,0	30,4	-	-	-	NP	SM
RAS-8	SPT-1	15.30-15.75	3	39,6	1,82	1,39	2,1	12,1	-	-	-	NP	SM
RAS-8	SPT-2	16.80-17.25	11	27,0	-	-	0,0	32,7	-	-	-	NP	SM
RAS-8	SPT-3	19.80-20.25	6	24,6	1,86	1,42	0,0	33,2	-	-	-	NP	SM
RAS-8	SPT-5	21.30-21.75	22	26,1	1,89	1,40	0,0	32,4	-	-	-	NP	SM
RAS-8	SPT-6	22.80-23.35	16	25,3	1,83	1,39	0,0	36,2	-	-	-	NP	SM
RAS-8	SPT-7	24.30-24.75	7	22,0	1,79	1,41	0,0	56,6	-	-	-	NP	ML
RAS-8	SPT-8	25.80-26.25	5	23,6	1,80	1,38	0,0	52,7	-	-	-	NP	ML
RAS-8	CR-1	27.00-28.50	-	0,0	2,22	2,15	-	-	-	-	-	-	-
RAS-8	CR-2	28.50-30.00	-	0,0	2,25	2,12	-	-	-	-	-	-	-
RAS-8	CR-3	30.00-31.50	-	0,0	2,29	2,14	-	-	-	-	-	-	-
RAS-10	SPT-2	18.30-18.75	4	18,1	1,87	1,53	28,5	20,1	-	-	-	NP	SM
RAS-10	SPT-3	19.80-20.25	13	36,6	1,88	1,26	1,2	36,6	-	-	-	NP	SM
RAS-10	SPT-4	21.30-21.75	5	31,7	1,89	1,31	7,5	28,8	-	-	-	NP	SM
RAS-10	SPT-5	22.80-23.25	35	33,9	1,84	1,28	6,4	46,6	-	-	-	NP	SM
RAS-10	SPT-6	24.30-24.75	18	32,8	1,76	1,22	2,6	62,0	-	42,1	26,3	15,8	ML
RAS-10	SPT-7	25.80-26.25	25	33,7	1,80	1,23	2,9	40,4	-	-	-	NP	SM
RAS-10	SPT-8	27.30-27.75	21	32,4	1,81	1,27	5,2	39,0	-	-	-	NP	SM
RAS-10	SPT-9	28.80-29.25	43	30,1	1,85	1,32	1,5	48,1	-	-	-	NP	SM
RAS-10	SPT-10	30.30-30.75	26	33,3	1,87	1,25	7,8	30,2	-	-	-	NP	SM
RAS-10	SPT-11	31.80-32.25	22	35,9	1,86	1,24	2,9	38,3	-	-	-	NP	SM
RAS-10	SPT-12	33.30-33.75	22	39,1	1,91	1,22	0,0	19,6	-	-	-	NP	SM
RAS-10	SPT-13	34.80-35.25	28	37,6	1,86	1,23	0,0	33,9	-	-	-	NP	SM
RAS-10	SPT-14	36.30-36.75	37	30,2	1,85	1,30	0,0	22,8	-	-	-	NP	SM
RAS-10	SPT-15	37.80-38.25	81	30,2	1,79	1,26	0,0	79,7	-	43,2	26,6	16,6	ML
RAS-10	SPT-16	39.30-39.75	57	35,9	1,86	1,22	0,0	39,5	-	-	-	NP	SM
RAS-10	SPT-17	40.80-41.25	37	35,8	1,88	1,21	0,0	28,0	-	-	-	NP	SM
RAS-10	SPT-18	42.30-42.75	37	27,9	1,87	1,36	0,9	14,5	-	-	-	NP	SM
RAS-10	SPT-19	43.80-44.25	40	43,4	1,89	1,20	3,1	28,3	-	-	-	NP	SM
RAS-10	SPT-20	45.30-45.75	24	39,8	1,90	1,23	0,0	23,7	-	-	-	NP	SM
RAS-10	SPT-21	46.80-47.25	21	36,3	1,91	1,44	0,6	16,9	-	-	-	NP	SM

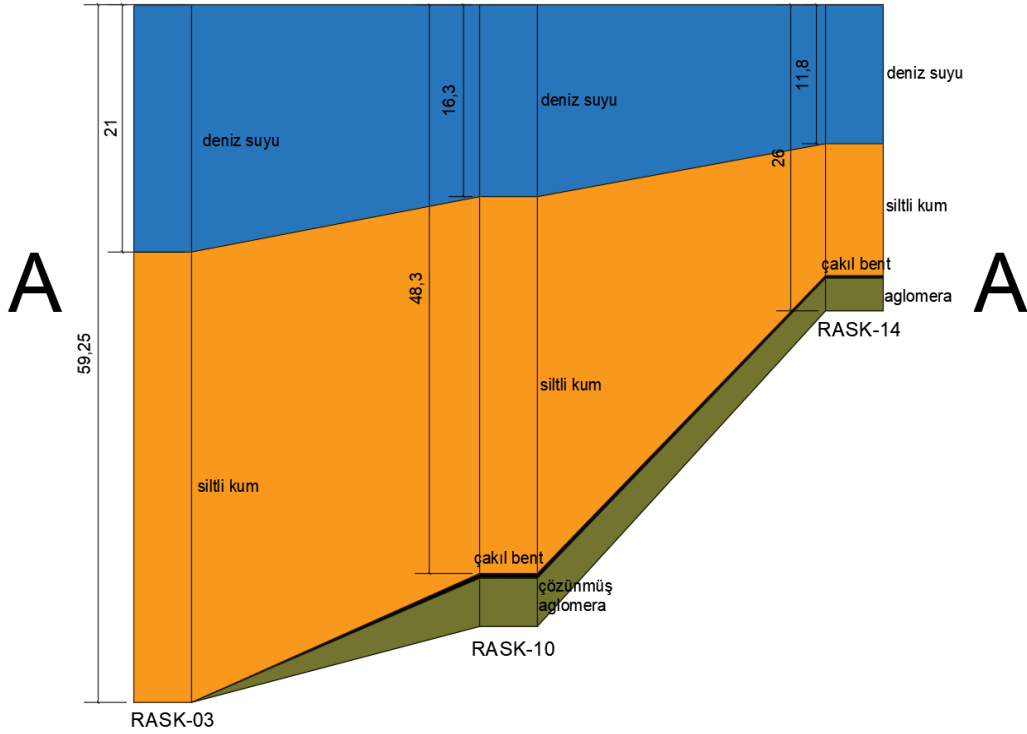
Şekil 5.1. Rize-Artvin Havalimanı zemin parametreleri.

RAS-12	SPT-2	17.60-18.05	9	23,5	1,89	1,46	2,4	35,9	-	-	-	NP	SM
RAS-12	SPT-3	19.10-19.55	3	46,9	1,85	1,26	0,9	42,0	-	-	-	NP	SM
RAS-12	SPT-4	20.60-21.05	6	33,6	1,85	1,22	2,3	48,2	-	-	-	NP	SM
RAS-12	SPT-5	22.10-22.55	14	35,2	1,86	1,23	0,0	46,7	-	-	-	NP	SM
RAS-12	SPT-6	23.60-24.05	4	26,1	1,85	1,40	18,9	48,6	-	-	-	NP	SM
RAS-12	SPT-8	26.60-27.05	24	32,1	1,83	1,25	7,3	37,8	-	-	-	NP	SM
RAS-12	SPT-9	28.10-28.55	17	30,6	1,78	1,24	4,6	68,9	-	42,0	26,8	15,2	ML
RAS-12	SPT-10	29.60-30.05	21	31,7	1,85	1,29	0,0	31,3	-	-	-	NP	SM
RAS-12	SPT-11	31.10-31.55	7	29,5	1,84	1,30	0,0	30,9	-	-	-	NP	SM
RAS-12	SPT-12	32.60-33.05	21	34,9	1,87	1,23	0,0	24,1	-	-	-	NP	SM
RAS-12	SPT-13	34.10-34.55	25	7,3	1,89	1,75	0,0	47,7	-	-	-	NP	SM
RAS-12	SPT-14	35.60-36.05	31	23,2	1,77	1,36	8,5	46,0	-	-	-	NP	ML
RAS-12	SPT-15	37.10-37.55	R	33,7	1,75	1,20	0,0	50,0	-	-	-	NP	ML
RAS-12	SPT-16	38.60-39.05	37	31,4	1,86	1,29	1,9	46,7	-	-	-	NP	SM
RAS-12	SPT-17	40.10-40.55	30	32,0	1,88	1,28	1,0	43,0	-	-	-	NP	SM
RAS-12	SPT-18	41.60-42.05	R	33,3	1,89	1,28	4,8	40,3	-	-	-	NP	SM
RAS-12	SPT-19	43.10-43.55	R	51,4	1,90	1,20	6,1	49,5	-	-	-	NP	SM
RAS-12	SPT-20	44.60-45.05	R	34,5	1,85	1,25	4,4	34,8	-	-	-	NP	SM
RAS-14	SPT-2	13.70-14.15	13	28,5	1,87	1,39	0,0	8,0	-	-	-	NP	SM
RAS-14	SPT-3	15.20-16.65	12	28,3	1,86	1,38	0,0	14,9	-	-	-	NP	SM
RAS-14	SPT-6	19.70-20.15	7	25,6	1,89	1,43	0,0	20,9	-	-	-	NP	SM
RAS-14	CR-1	23.00-24.50	-	-	2,27	2,18	-	-	-	-	-	-	-
RAS-14	CR-2	24.50-26.00	-	-	2,25	2,12	-	-	-	-	-	-	-
RAS-15	SPT-1	14.60-15.05	6	30,4	1,88	1,37	4,3	19,8	-	-	-	NP	SM
RAS-15	SPT-2	16.10-16.55	2	33,3	1,87	1,30	2,4	17,9	-	-	-	NP	SM
RAS-15	SPT-3	17.60-18.05	3	30,7	-	-	0,0	30,8	-	-	-	NP	SM
RAS-15	SPT-4	19.10-19.55	5	29,6	1,88	1,36	0,0	31,3	-	-	-	NP	SM
RAS-15	SPT-7	23.60-24.05	7	30,1	-	-	0,0	30,6	-	-	-	NP	SM
RAS-15	SPT-8	25.10-25.55	6	33,1	1,82	1,30	0,0	60,8	-	-	-	NP	ML
RAS-15	SPT-9	26.50-27.05	7	30,3	1,79	1,27	0,0	57,2	-	-	-	NP	ML
RAS-15	SPT-10-A	28.10-28.55	8	31,3	1,86	1,29	0,0	29,4	-	-	-	NP	SM
RAS-15	SPT-10-B	28.10-28.55	8	35,9	1,89	1,28	0,0	46,8	-	-	-	NP	SM
RAS-15	SPT-11	29.60-30.05	12	31,5	1,82	1,29	0,0	28,8	-	-	-	NP	SM
RAS-15	SPT-12	31.10-31.55	14	28,8	-	-	7,6	25,8	-	-	-	NP	SM
RAS-15	SPT-13	32.60-33.05	21	27,8	1,86	1,35	9,9	24,1	-	-	-	NP	SM
RAS-15	SPT-14	34.10-34.55	15	30,1	1,88	1,33	0,0	31,2	-	-	-	NP	SM
RAS-15	CR-1	35.50-37.00	-	-	2,22	2,13	-	-	-	-	-	-	-
RAS-15	CR-2	37.00-38.50	-	-	2,26	2,18	-	-	-	-	-	-	-
RAS-15	CR-3	38.50-40.00	-	-	2,36	2,29	-	-	-	-	-	-	-
RAS-16	SPT-1	15.60-16.05	9	25,1	1,92	1,46	10,3	12,3	-	-	-	NP	SM
RAS-16	SPT-2	17.10-17.55	7	21,4	1,90	1,50	15,5	16,0	-	-	-	NP	SM
RAS-16	SPT-3	18.60-19.05	8	22,2	1,89	1,48	15,6	12,6	-	-	-	NP	SM
RAS-16	SPT-4	20.10-20.55	7	32,2	1,88	1,28	5,7	13,8	-	-	-	NP	SM
RAS-16	SPT-5	21.60-22.09	25	24,1	1,91	1,45	3,6	32,1	-	-	-	NP	SM
RAS-16	SPT-6	23.10-23.55	12	32,6	1,86	1,53	2,6	24,2	-	-	-	NP	SM
RAS-16	SPT-8	26.10-26.55	32	32,1	1,89	1,29	19,1	23,4	-	-	-	NP	SM
RAS-16	SPT-9	27.60-28.05	46	33,3	1,88	1,27	0,0	31,5	-	-	-	NP	SM
RAS-16	SPT-10	29.10-29.55	52	34,1	1,72	1,23	1,2	54,2	-	-	-	NP	ML
RAS-16	SPT-11	30.60-31.05	41	27,1	1,90	1,39	3,3	29,3	-	-	-	NP	SM
RAS-16	SPT-12	32.10-32.55	15	24,1	1,91	1,46	1,1	8,4	-	-	-	NP	SM
RAS-16	CR-1	32.85-34.35	-	-	2,30	2,26	-	-	-	-	-	-	-
RAS-16	CR-2	34.35-35.85	-	-	2,37	2,31	-	-	-	-	-	-	-

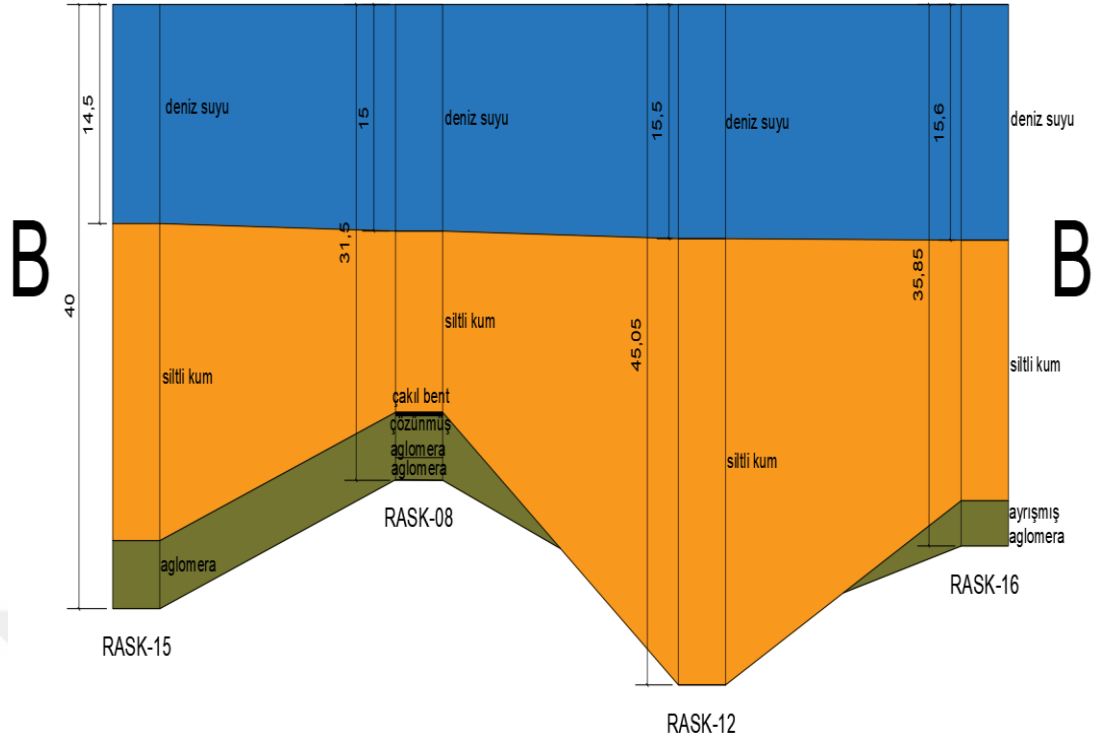
Şekil 5.2. (Devamı): Rize-Artvin Havalimanı zemin parametreleri.



Şekil 5.3. Rize-Artvin Havalimanı sondaj yerleri



Şekil 5.4. Rize-Artvin Havalimanı A-A zemin kesiti.



Şekil 5.5. Rize-Artvin Havalimanı B-B zemin kesiti.

5.1.1. Rize-Artvin Havalimanı kesit hesabı

Rize-Artvin Havalimanı işi kapsamında yer seçimi, batimetri, zemin iyileştirme ve kullanım kapasitelerinin belirlenmesinin ardından fizibilite raporlarında yer alan yolcu kapasiteleri ve benzer havalimanlarını kullanan yolcu sayıları üzerinden belirli öngörülerde bulunarak PAT sahalarına yönelik tip enkesit projelerinin oluşturulması amaçlanmıştır. Bu çalışma kapsamında Faarfield yazılımının 12/21/2023 tarihli 2.1.1. güncellemesi ile hizmete sunulan bilgisayar programı kullanılmıştır. Tasarım ömrü 20 yıl esas alınmıştır.

Rize-Artvin Havalimanı gibi yüksek toprak hareketlerinin bulunduğu dolgu zeminlerde esnek kaplama kullanımının rijit kaplamalara göre daha avantajlı olacağı öngörülmektedir. Esnek kaplamaların bakım, onarım hizmetlerinin daha hızlı bir şekilde nihayetleniriliyor olması bu kaplama tipinin seçiminde avantaj sağlamaktadır.

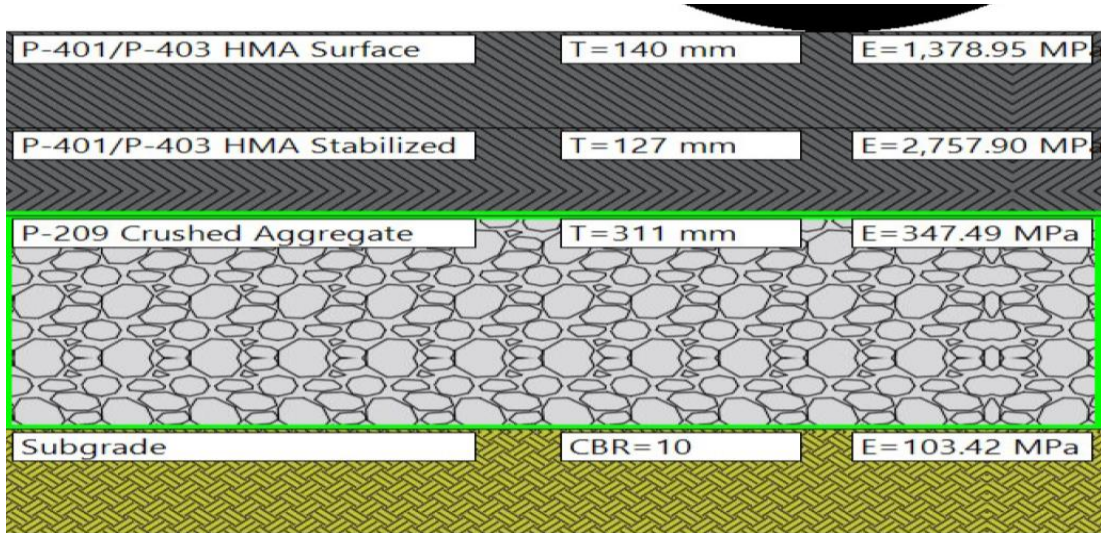
Zemin çalışmalarının tamamlanmasının ardından kaya dolgularda sıkışma kontrolü, dolgu yapımında kullanılan malzemenin tabaka tabaka dökülüp serilip her tabakanın sıkıştırılması sırasında, 15 ton statik ağırlığındaki silindirin son iki geçişindeki toplam oturma miktarı 6 mm'den az ise yeterli sıkışma elde edilmiş olduğu kabul edilmektedir. (AYGM Teknik Şartname 1-RV).

Şekil 5.5'te Rize-Artvin Havalimanı kaplama tasarımına yönelik örnek çalışma kapsamındaki uçak tipleri yer almaktadır. Şartnamelere uygun olarak dolgu yapılması sonrası CBR deneyleri ile dayanım belirlenmektedir. Havalimanı tip enkesitleri projelendirme safhasında hesaplanmaktadır. Bu nedenle bir takım kabuller yapılarak bazı ön çalışmalar yürütülmektedir. Bu kapsamda Faarfield yazılımı aracılığıyla yapılacak dolgu imalatının en az CBR=10 (ıslak) değerini sağlayacağı kabul edilerek Şekil 5.6'da yer alan sonuçlar elde edilmiştir. Şekil 5.7'de ise örnek çalışma kapsamında havalimanı zemininde CBR=1 (ıslak) değerini sağlayacağı kabul edilerek yapılan hesaplamanın sonuçları yer almaktadır.

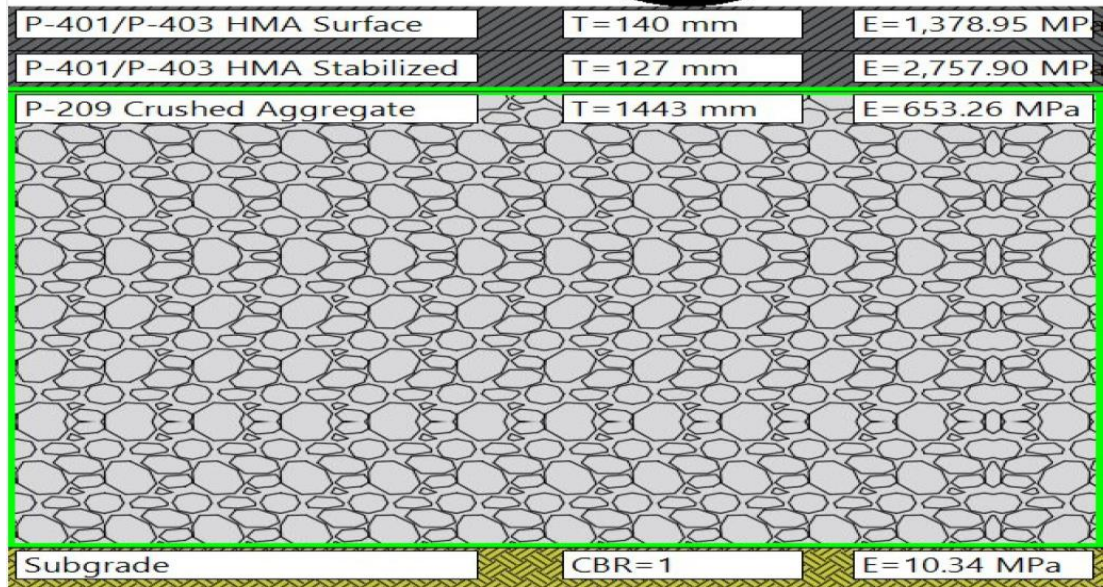
Hesaplama sonucu kesit kalınlıkları tasarımı ve maliyet hesabını etkilemektedir. Rize-Artvin Havalimanı yapım öncesi projelendirilmesi safhasında tip enkesitlerinin belirlenmesi; ortaya çıkan sonuçların yanı sıra havalimanı inşaatı yapılan Rize İlinin don derinliği, benzer havalimanlarından elde edilen tecrübeler gibi etkenler de göz önünde bulundurularak yapılmıştır.

Uçak Bilgileri				
No	Uçak Adı	Uçak Ağırlığı (kg)	Yıllık Uçak Kalkış Sayısı	Yıllık Büyüme Oranı (%)
1	A319 neo	75,900	1200	5
2	A320 neo	70,400	1200	5
3	A321 neo	97,400	1200	5
4	B737-700	79,242	1200	5
5	B737-800	70,307	2400	5
6	Cessna Citation II/Bravo C550/551	6,804	1200	5
7	EMB-195 STD	48,950	1200	5
8	Learjet 35/36/35A/36A	8,165	1200	5
9	Learjet 45/55B	9,752	1200	5
10	ARFF Vehicle - 3000 gal-	37,648	1200	0

Şekil 5.6. Rize-Artvin Havalimanı kaplama tasarımına yönelik örnek kapsamındaki uçak bilgileri.



Şekil 5.7. Rize-Artvin Havalimanı kapsama tasarımına yönelik örnek kapsamındaki CBR=10 sonuçları.



Şekil 5.8. Rize-Artvin Havalimanı kapsama tasarımına yönelik örnek kapsamındaki CBR=1 sonuçları.

5.2. Trabzon Havalimanı Zemin İnceleme Verileri

Yapımı planlanan Trabzon Yeni Havalimanı projesinde yer alacak üstyapı tesislerine yönelik fikir edinebilmek amacıyla SK-21, SK-22, SK-24 ile PAT sahalarına yönelik fikir edinebilmek için SK-05, SK-09, SK-19, SK-28 sondaj noktaları için Şekil 5.9'da gösterilen A-A ve B-B kesitleri için jeolojik profiller hazırlanarak Şekil 5.10 ve Şekil 5.11'de sunulmuştur. Söz konusu sondajlardan alınan numuneler üzerinde gerçekleştirilmiş olan deneylerden elde edilen zemin parametreleri de Şekil 5.8'de verilmektedir.

Numune				Doğal Su	Doğal Birim	Elek Analizi		Atterberg Limitleri			Zemin Sınıfı	Litoloji
Sondaj / AÇ Kuyusu Adı (km)	Tipi ve Adı	Derinlik (m)	SPT-N (Darbe sayısı)	Muhtevası (%)	Hacim Ağırlık (g/cm³)	No. 4 Kalan(%)	200 Geçen(%)	LL (%)	PL (%)	PI (%)	USCS	
TSK-5	SPT-1	9.10-9.55	3	23,0	1,83	0,0	8,7	-	-	NP	SM	Siltli Kum
TSK-5	SPT-2	10.50-10.95	5	27,1	1,80	0,0	22,6	-	-	NP	SM	Siltli Kum
TSK-5	SPT-3	12.00-12.45	5	22,4	1,77	5,6	21,7	-	-	NP	SM	Siltli Kum
TSK-5	SPT-4	13.50-13.95	4	22,5	1,79	36,8	22,5	-	-	NP	SM	Siltli Kum
TSK-5	SPT-5	15.00-15.45	9	22,2	1,79	0,0	6,7	-	-	NP	SM	Siltli Kum
TSK-5	SPT-6	16.50-16.95	6	16,3	1,90	48,3	14,3	-	-	NP	GM	Siltli Çakıl
TSK-5	SPT-7	18.00-18.45	12	15,3	1,88	1,1	35,2	-	-	NP	SM	Siltli Kum
TSK-5	SPT-8	19.50-19.95	33	26,9	1,85	16,6	26,9	-	-	NP	SM	Siltli Kum
TSK-5	SPT-9	21.00-21.45	51	23,7	1,86	15,7	36,9	-	-	NP	SM	Siltli Kum
TSK-5	SPT-10	22.50-22.95	54	31,7	1,89	5,8	30,0	-	-	NP	SM	Siltli Kum
TSK-5	SPT-11	24.00-24.45	61	29,6	1,84	4,5	42,5	-	-	NP	SM	Siltli Kum
TSK-5	SPT-12	25.50-25.95	50	29,8	1,85	0,0	32,5	-	-	NP	SM	Siltli Kum
TSK-5	SPT-20	37.50-37.95	-	21,7	1,82	0,0	10,2	-	-	NP	SM	Siltli Kum
TSK-5	SPT-21	39.00-39.45	-	28,8	1,83	0,0	37,6	-	-	NP	SM	Siltli Kum
TSK-9	SPT-1	8.20-8.65	3	37,5	1,86	0,0	13,2	-	-	NP	SM	Siltli Kum
TSK-9	SPT-2	9.00-9.45	6	20,7	1,84	0,0	27,4	-	-	NP	SM	Siltli Kum
TSK-9	SPT-3	10.50-10.95	10	23,6	1,82	10,7	14,3	-	-	NP	SM	Siltli Kum
TSK-9	SPT-4	12.00-12.45	12	25,0	1,86	0,0	21,5	-	-	NP	SM	Siltli Kum
TSK-9	SPT-5	13.50-13.95	16	23,8	1,88	0,0	15,1	-	-	NP	SM	Siltli Kum
TSK-9	SPT-6	15.00-15.45	22	28,3	1,83	0,0	11,7	-	-	NP	SM	Siltli Kum
TSK-9	SPT-7	16.50-16.95	19	18,6	1,80	9,3	28,3	-	-	NP	SM	Siltli Kum
TSK-9	SPT-8	18.00-18.45	22	24,2	1,82	10,8	23,3	-	-	NP	SM	Siltli Kum
TSK-9	SPT-9	19.50-19.95	28	4,2	1,77	0,0	16,8	-	-	NP	SM	Siltli Kum
TSK-9	SPT-10	21.00-21.45	24	19,3	1,79	0,0	11,1	-	-	NP	SM	Siltli Kum
TSK-9	SPT-11	22.50-22.71	R	8,2	1,78	46,6	12,3	-	-	NP	GM	Siltli Çakıl
TSK-9	SPT-12	24.00-24.45	18	22,1	1,80	4,1	11,6	-	-	NP	SM	Siltli Kum
TSK-9	SPT-13	25.50-25.95	61	21,5	1,79	4,2	14,1	-	-	NP	SM	Siltli Kum
TSK-19	SPT-1	12.60-13.05	10	25,9	1,88	6,3	4,5	-	-	NP	SW	Kum
TSK-19	SPT-2	13.50-13.95	5	26,0	1,84	4,4	13,2	-	-	NP	SM	Siltli Kum
TSK-19	SPT-3	15.00-15.45	6	22,4	1,85	11,6	9,1	-	-	NP	SM	Siltli Kum
TSK-19	SPT-4	16.50-16.95	1	22,1	1,82	13,9	16,4	-	-	NP	SM	Siltli Kum
TSK-19	SPT-5	18.00-18.45	9	25,5	1,89	3,3	18,6	-	-	NP	SM	Siltli Kum
TSK-19	SPT-6	19.50-19.95	29	18,8	1,84	6,9	9,0	-	-	NP	SM	Siltli Kum
TSK-19	SPT-7	21.00-21.45	15	27,1	1,82	1,2	9,4	-	-	NP	SM	Siltli Kum
TSK-19	SPT-8	22.50-22.95	16	20,2	1,81	12,7	9,9	-	-	NP	SM	Siltli Çakıl
TSK-19	SPT-9	24.00-24.45	25	19,9	1,80	9,1	4,1	-	-	NP	SW	Kum

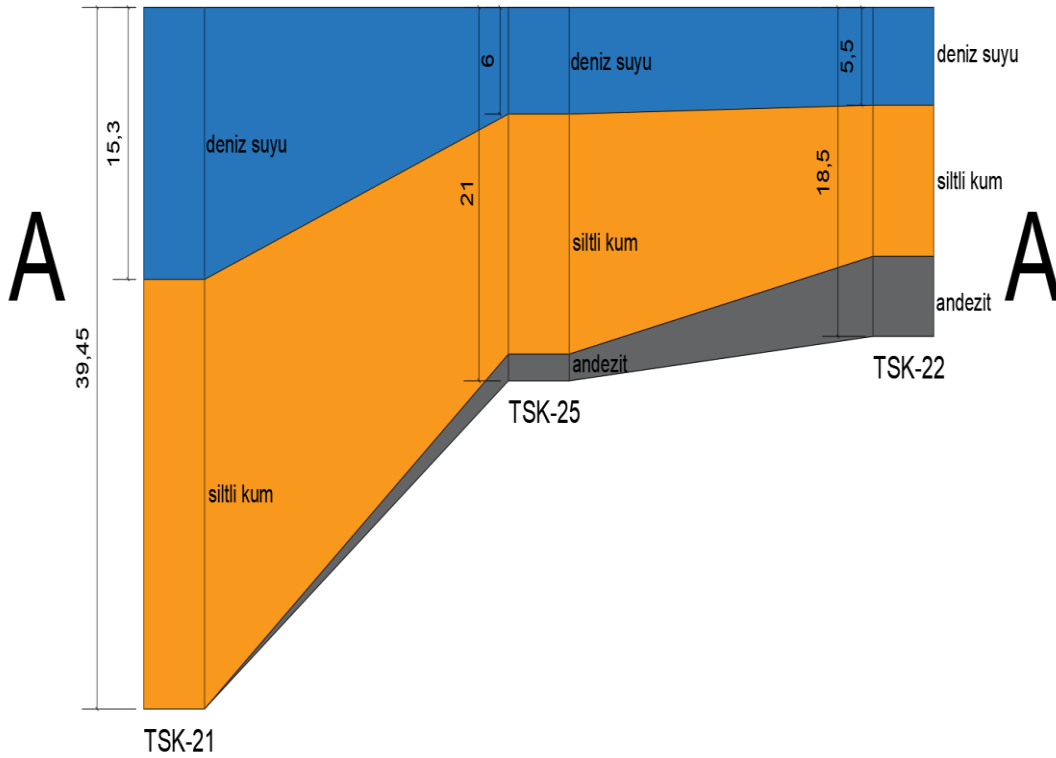
Şekil 5.9. Trabzon Yeni Havalimanı zemin parametreleri.

TSK-21	SPT-1	15.30-15.75	3	30,8	1,86	6,3	14,9	-	-	NP	SM	Siltli Kum
TSK-21	SPT-2	16.50-16.95	8	25,5	1,84	4,5	42,0	-	-	NP	SM	Siltli Kum
TSK-21	SPT-3	18.00-18.45	4	21,5	1,81	13,8	16,3	-	-	NP	SM	Siltli Kum
TSK-21	SPT-4	19.50-19.95	10	25,1	1,88	5,2	8,9	-	-	NP	SM	Siltli Kum
TSK-21	SPT-5	21.00-21.45	7	27,4	1,84	9,8	36,0	-	-	NP	SM	Siltli Kum
TSK-21	SPT-6	22.50-22.95	11	23,6	1,85	19,5	25,6	-	-	NP	SM	Siltli Kum
TSK-21	SPT-7	24.00-24.45	16	28,9	1,82	3,9	26,5	-	-	NP	SM	Siltli Kum
TSK-21	SPT-8	25.50-25.95	18	28,5	1,83	12,4	27,1	-	-	NP	SM	Siltli Kum
TSK-21	SPT-9	27.00-27.45	24	31,4	1,85	5,2	29,9	-	-	NP	SM	Siltli Kum
TSK-21	SPT-10	28.50-28.95	45	29,2	1,88	5,4	52,2	-	-	NP	ML	Silt
TSK-21	SPT-11	30.00-30.45	25	27,9	1,86	2,5	31,1	-	-	NP	SM	Siltli Kum
TSK-21	SPT-12	31.50-31.95	29	25,4	1,87	0,0	59,0	-	-	NP	ML	Silt
TSK-21	SPT-13	33.00-33.45	29	26,5	1,81	0,0	51,9	-	-	NP	ML	Silt
TSK-21	SPT-14	34.50-34.95	53	27,8	1,77	0,0	29,0	-	-	NP	SM	Siltli Kum
TSK-21	SPT-15	36.00-36.45	67	23,4	1,82	0,0	56,4	-	-	NP	ML	Silt
TSK-21	SPT-16	37.50-37.95	51	24,3	1,8	0,0	38,9	-	-	NP	SM	Siltli Kum
TSK-21	SPT-17	39.00-39.45	59	22,6	1,85	6,4	15,9	-	-	NP	SM	Siltli Kum
TSK-21	SPT-18	40.50-40.95	-	25,0	1,83	1,8	35,7	-	-	NP	SM	Siltli Kum
TSK-21	SPT-19	42.00-42.32	-	26,1	1,79	8,8	21,8	-	-	NP	SM	Siltli Kum
TDSK-22	SPT-1	6.00-6.45	17	26,6	1,83	0,0	16,2	-	-	NP	SM	Siltli Kum
TDSK-22	SPT-2	7.50-7.95	6	30,2	1,81	10,4	81,3	-	-	NP	ML	Silt
TDSK-22	SPT-3	9.00-9.45	8	28,3	1,86	3,9	42,5	-	-	NP	SM	Siltli Kum
TDSK-22	SPT-4	10.50-10.95	22	23,4	1,84	23,8	22,1	-	-	NP	SM	Siltli Kum
TDSK-22	SPT-5	12.00-12.45	22	27,6	1,82	0,0	33,5	-	-	NP	SM	Siltli Kum
TDSK-22	SPT-6	13.50-13.95	21	25,4	1,83	9,6	35,1	-	-	NP	SM	Siltli Kum
TDSK-22	SPT-7	15.00-15.45	29	30,3	1,88	0,9	54,8	-	-	NP	ML	Silt
TDSK-22	SPT-8	16.50-16.95	21	27,5	1,83	4,7	33,5	-	-	NP	SM	Siltli Kum
TDSK-22	SPT-9	18.00-18.45	31	28,2	1,85	0,0	23,8	-	-	NP	SM	Siltli Kum
TDSK-22	SPT-10	19.50-19.95	31	25,8	1,85	0,5	47,8	-	-	NP	SM	Siltli Kum
TDSK-22	SPT-11	21.00-21.45	28	26,0	1,84	0,0	21,4	-	-	NP	SM	Siltli Kum
TDSK-22	SPT-12	22.50-22.56	-	21,0	1,89	71,0	6,4	-	-	NP	GM	Siltli Çakıl
TSK-24	SPT-1	1.50-1.95	18	5,3	1,86	25,1	13,4	-	-	NP	SM	Siltli Kum
TSK-24	SPT-2	3.00-3.45	29	9,2	1,92	54,9	27,2	-	-	NP	GM	Siltli Çakıl
TSK-28	SPT-1	9.00-9.45	6	25,4	1,83	3,5	25,4	-	-	NP	SM	Siltli Kum
TSK-28	SPT-2	10.50-10.95	14	27,2	1,84	1,2	20,7	-	-	NP	SM	Siltli Kum
TSK-28	SPT-3	12.00-12.45	13	26,2	1,84	1,2	39,8	-	-	NP	SM	Siltli Kum
TSK-28	SPT-4	13.50-13.95	16	23,0	1,82	18,2	12,1	-	-	NP	SM	Siltli Kum
TSK-28	SPT-5	15.00-15.45	48	10,6	1,88	56,3	16,2	-	-	NP	GM	Siltli Çakıl
TSK-28	SPT-6	16.50-16.95	-	18,9	1,89	0,0	30,3	-	-	NP	SM	Siltli Kum
TSK-28	SPT-7	18.00-18.45	89	11,0	1,85	52,0	13,9	-	-	NP	GM	Siltli Çakıl
TSK-28	SPT-8	19.50-19.75	-	22,4	1,84	12,8	6,6	-	-	NP	SM	Siltli Kum

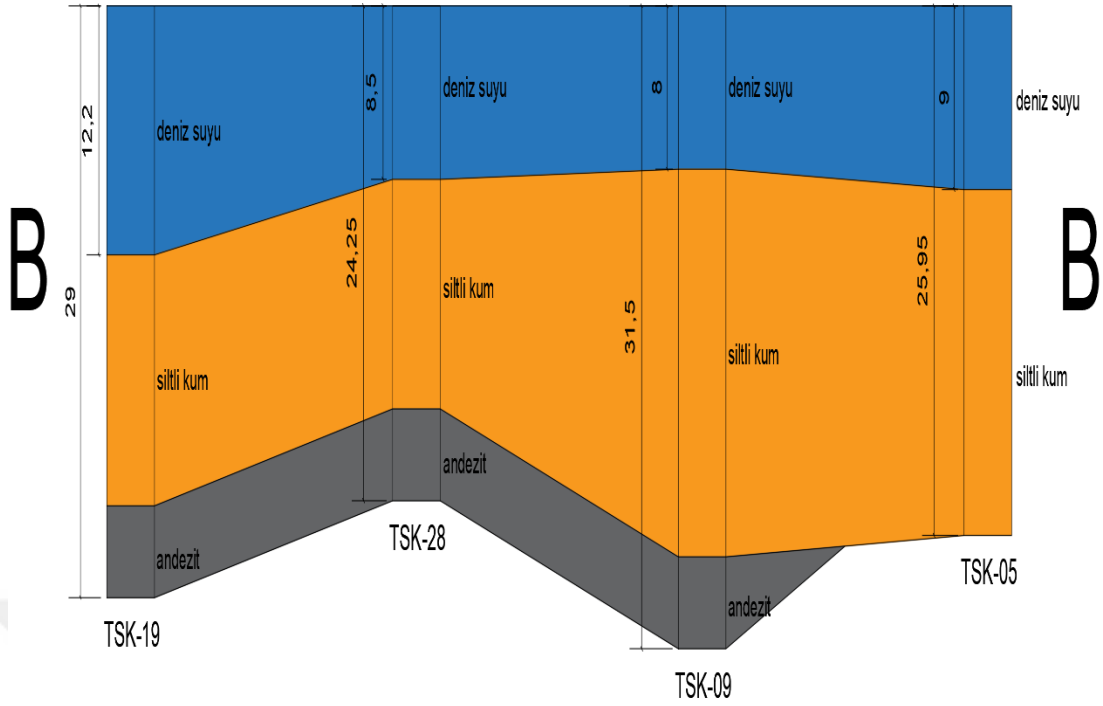
Şekil 5.10. (Devamı): Trabzon Yeni Havalimanı zemin parametreleri.



Şekil 5.11. Trabzon Yeni Havalimanı sondaj yerleri.



Şekil 5.12. Trabzon Yeni Havalimanı A-A zemin kesiti.



Şekil 5.13. Trabzon Yeni Havalimanı B-B zemin kesiti

5.2.1. Trabzon Yeni Havalimanı kesit hesabı

Trabzon ve yöresinin son dönemde artan turistik cazibesi nedeniyle mevcut Trabzon Havalimanında yurt içi ve yurt dışı seferlerinin sayısında artış söz konusu olmuştur. Yolcu kapasitesi düşünüldüğünde mevcut havalimanının büyütülmesi söz konusu olmadığı için yeni havalimanının yapımında da havalimanı operasyonlarının devamlılığı hedeflenmiştir.

Artan kapasitenin yanısıra 4F kategoride yer alan daha büyük gövdeli uçakların da iniş yapabileceği bir havalimanına yönelik yer seçimi çalışmaları sonucunda mevcut havalimanının yakınındaki denizin doldurulmasıyla yeni bir havalimanı sahası elde edilmesi planlanmaktadır. Yapılan fizibilite çalışmaları sonrasında beklenen uçak tipleri ve yolcu kapasiteleri doğrultusunda PAT sahalarına yönelik tip enkesit projelerinin oluşturulması amaçlanmaktadır. Bu çalışma kapsamında Faarfield yazılımının 12/21/2023 tarihli 2.1.1. güncellemesi ile hizmete sunulan bilgisayar yazılımı kullanılmıştır.

Trabzon Yeni Havalimanı gibi yüksek toprak hareketlerinin bulunduğu dolgu zeminlerde esnek kaplama kullanımının rijit kaplamalara göre daha avantajlı olacağı öngörülmektedir. Esnek kaplamaların bakım, onarım hizmetlerinin daha hızlı bir şekilde sonlandırılabilir olması bu kaplama tipinin seçiminde avantaj sağlamaktadır.

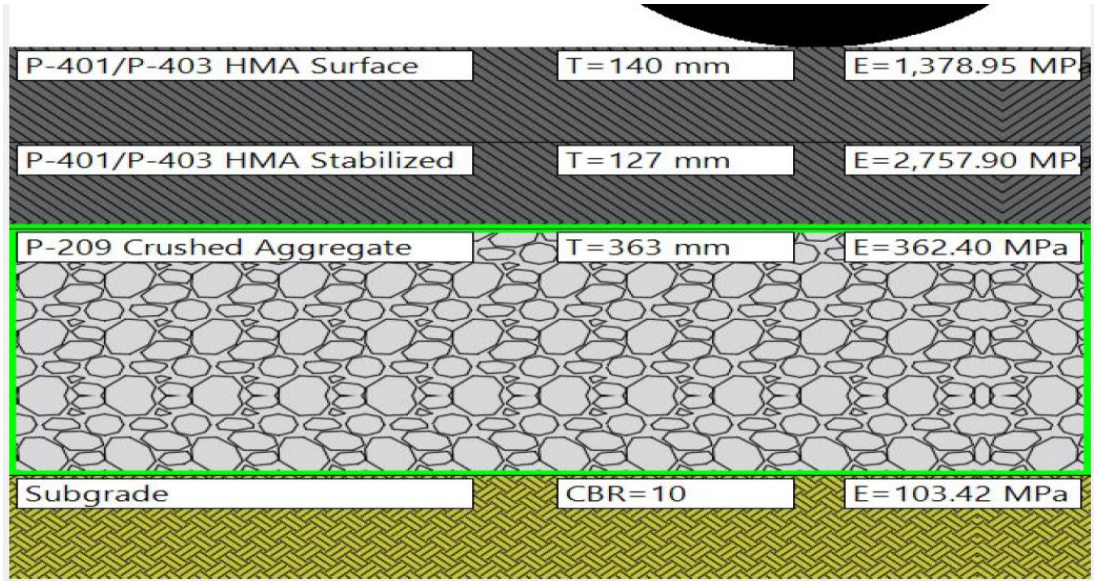
Zemin çalışmalarının tamamlanmasının ardından kaya dolgularda sıkışma kontrolü, dolgu yapımında kullanılan malzemenin tabaka tabaka dökülüp serilip her tabakanın sıkıştırılması sırasında, 15 ton statik ağırlığındaki silindirin son iki geçişindeki toplam oturma miktarı 6 mm'den az ise yeterli sıkışma elde edilmiş olduğu kabul edilmektedir. (AYGM Teknik Şartname 1-RV)

Şekil 5.12'de Trabzon Yeni Havalimanı kaplama tasarımına yönelik örnek çalışma kapsamındaki uçak tipleri yer almaktadır. Şartnamelere uygun olarak dolgu yapılması sonrası CBR deneyleri ile dayanım belirlenmektedir. Havalimanı tip enkesitleri projelendirme safhasında hesaplanmaktadır. Bu nedenle bir takım kabuller yapılarak bazı ön çalışmalar yürütülmektedir. Bu kapsamda Faarfield yazılımı aracılığıyla yapılacak dolgu imalatının en az CBR=10 (ıslak) değerini sağlayacağı kabul edilerek Şekil 5.13'de yer alan sonuçlar elde edilmiştir. Şekil 5.14'de ise örnek çalışma kapsamında havalimanı zemininde CBR=1 (ıslak) değerini sağlayacağı kabul edilerek yapılan hesaplamanın sonuçları yer almaktadır.

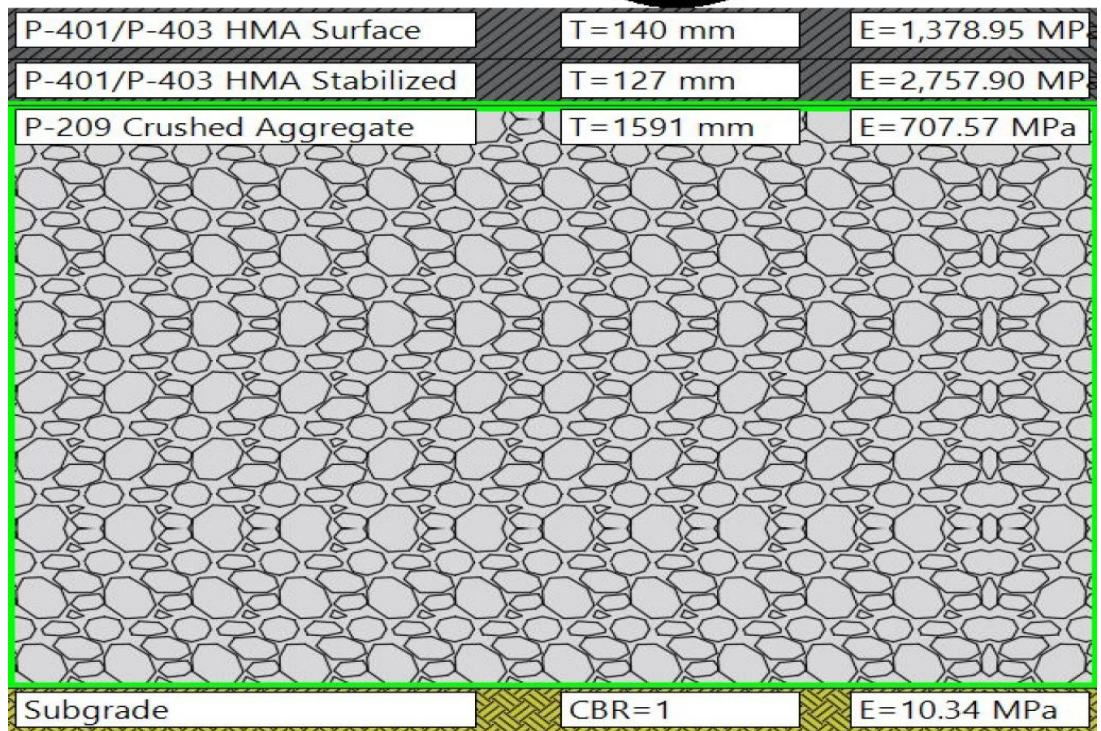
Faarfield yazılımıyla elde edilen hesaplama sonucu kesit kalınlıkları tasarımını ve maliyet hesabını etkilemektedir. Trabzon Yeni Havalimanının projelendirilmesi amacıyla tip enkesitlerinin belirlenmesi; ortaya çıkan sonuçların yanı sıra havalimanı inşaatı yapılan Trabzon İlinin don derinliği, benzer havalimanlarından elde edilen tecrübeler gibi etkenler de göz önünde bulundurularak yapılmıştır.

Uçak Bilgileri				
No	Uçak Adı	Uçak Ağırlığı (kg)	Yıllık Uçak Kalkış Sayısı	Yıllık Büyüme Oranı (%)
1	A319 neo	75,900	2000	5
2	A320 neo	70,400	2000	5
3	A321 neo	97,400	2000	5
4	A330-300 WV022	233,900	2000	5
5	A380-800 WV007	491,916	1200	5
6	A380-800 WV007 Belly	491,916	1200	5
7	B737-700	70,307	2000	5
8	B737-800	79,242	6000	5
9	Cessna Citation II/Bravo C550/551	6,804	2000	5
10	EMB-195 STD	48,950	2000	5
11	Learjet 35/36/35A/36A	8,165	2000	5
12	ARFF Vehicle - 3000 gal-	37,648	1200	0

Şekil 5.14. Trabzon Yeni Havalimanı kaplama tasarımına yönelik örnek kapsamındaki uçak bilgileri.



Şekil 5.15. Trabzon Yeni Havalimanı kaplama tasarımına yönelik örnek kapsamındaki CBR=10 sonuçları.



Şekil 5.16. Trabzon Yeni Havalimanı kaplama tasarımına yönelik örnek kapsamındaki CBR=1 sonuçları.

5.3. Hatay Havalimanı Zemin İnceleme Verileri

Deprem sonrası Hatay Havalimanı zemininin incelenebilmesi amacıyla Şekil 5.16'da sondaj yerleri gösterilen alanlarda çalışmalar yapılmıştır. Bu kapsamda üstyapı tesislerine yönelik fikir edinebilmek amacıyla Km:0+400, Km:0+600, Km:5+400 ile

PAT sahalarına yönelik fikir edinebilmek için Km:2+000, Km:1+200, Km:10+200, Km:10+800 noktalarında yapılmış sondaj verileri ve bu sondajlardan elde edilen örnekler üzerinde gerçekleştirilmiş zemin mekaniği deney sonuçları göz önüne alınmıştır. Söz konusu A-A ve B-B kesitleri için jeolojik profiller Şekil 5.17 ve Şekil 5.18’de, deney sonuçları özeti ise Şekil 5.15’te sunulmuştur.

Numune				Doğal Su	Doğal Birim	Kuru Birim	Özgül	Üç Eksenli Basınç		Konsolidasyon Deneyi		Elek Analizi		Atterberg Limitleri			USCS
Sondaj / AÇ	Tipi ve Adı	Derinlik (m)	SPT-N	Muhtevası (%)	Hacim Kütle (KN/m ³)	Hacim Kütle (KN/m ³)	Ağırlık (mg/m ³)	C (kPa)	Q (°)	Şişme Yüzdesi (%)	Şişme Basıncı	10 Kalan (%)	200 Geçen	LL (%)	PL (%)	PI (%)	
0+400	SPT-1	3.00-3.45	5	56,8	-	-	-	-	-	-	-	0,0	97,56	64,3	28,6	35,7	CH
0+400	SPT-2	4.50-4.95	6	44,0	-	-	-	-	-	-	-	0,0	90,51	59,3	24,4	34,9	CH
0+400	UD-1	5.00-5.50	-	35,5	17,12	12,63	2,69	59,77	7	1,33	14,784	0,0	95,23	65,8	31,1	34,7	CH
0+400	SPT-3	6.00-6.45	6	41,0	-	-	-	-	-	-	-	0,0	89,19	60,7	27,0	33,7	CH
0+400	SPT-4	7.50-7.95	6	59,7	-	-	-	-	-	-	-	0,0	91,89	63,4	28,4	35,0	CH
0+400	UD-2	8.50-9.00	-	31,4	16,96	12,91	2,67	58,01	7	1	11,787	0,0	95,41	60,8	27,3	33,5	CH
0+400	SPT-5	9.00-9.45	8	60,4	-	-	-	-	-	-	-	0,0	80,13	58,2	24,8	33,4	CH
0+400	SPT-6	10.50-10.95	8	63,4	-	-	-	-	-	-	-	0,0	91,89	59,0	24,8	34,2	CH
0+400	SPT-7	12.00-12.45	8	62,8	-	-	-	-	-	-	-	0,0	97,89	69,9	31,0	38,9	CH
0+400	SPT-8	13.50-13.95	6	52,7	-	-	-	-	-	-	-	0,0	97,69	67,9	31,0	36,9	CH
0+400	SPT-9	15.00-15.45	9	55,2	-	-	-	-	-	-	-	0,0	98,19	66,2	27,7	38,5	CH
0+400	SPT-10	16.50-16.95	7	60,2	-	-	-	-	-	-	-	0,0	97,89	65,6	29,6	36,0	CH
0+400	SPT-11	18.00-18.45	8	60,2	-	-	-	-	-	-	-	0,0	97,29	64,2	29,8	34,4	CH
0+600	SPT-1	4.50-4.95	4	42,4	-	-	-	-	-	-	-	0,0	94,61	59,6	24,4	35,2	CH
0+600	Zemin Karotu-1	5.25-5.50	-	43,9	18,08	-	-	-	-	-	-	0,0	84,89	64,7	30,1	34,6	CH
0+600	UD-1	5.50-6.00	-	32,5	16,88	12,74	2,72	85,77	10	1,43	15,733	0,0	95,99	62,1	29,4	32,7	CH
0+600	SPT-2	6.00-6.45	5	42,6	-	-	-	-	-	-	-	0,0	93,89	59,3	25,2	34,1	CH
0+600	Zemin Karotu-2	7.20-7.50	-	40,4	16,51	-	-	-	-	-	-	0,0	87,01	58,0	24,5	33,5	CH
0+600	SPT-3	7.50-7.95	4	43,2	-	-	-	-	-	-	-	0,0	93,89	58,9	25,5	33,4	CH
0+600	UD-2	8.50-9.00	-	39,1	17,04	12,25	2,70	62,31	7	1,13	13,335	0,0	83,88	66,1	32,1	34,0	CH
0+600	SPT-4	9.00-9.45	3	42,4	-	-	-	-	-	-	-	0,0	94,45	67,3	30,4	36,9	CH
0+600	Zemin Karotu-3	10.20-10.50	-	76,4	16,12	-	-	-	-	-	-	0,0	91,89	68,2	32,4	35,8	OH
0+600	SPT-5	10.50-10.95	3	86,9	-	-	-	-	-	-	-	0,0	92,86	69,1	29,8	39,3	OH
0+600	SPT-6	12.00-12.45	3	80,1	-	-	-	-	-	-	-	0,0	89,89	72,9	32,5	40,4	OH
0+600	Zemin Karotu-4	12.60-12.85	-	61,7	15,63	-	-	-	-	-	-	0,0	86,73	65,7	31,8	33,9	CH
0+600	SPT-7	13.50-13.95	4	55,4	-	-	-	-	-	-	-	0,0	78,18	46,6	21,9	24,7	CL
0+600	Zemin Karotu-5	13.95-14.15	-	60,4	17,01	-	-	-	-	-	-	0,0	98,67	60,7	25,4	35,3	CH
0+600	SPT-8	15.00-15.45	3	57,1	-	-	-	-	-	-	-	0,0	91,86	60,6	28,0	32,6	CH
0+600	SPT-9	16.50-16.95	2	50,5	-	-	-	-	-	-	-	0,0	95,88	64,4	27,7	36,7	CH
0+600	Zemin Karotu-6	16.95-17.20	-	57,6	17,66	-	-	-	-	-	-	0,0	98,05	67,4	31,6	35,8	CH
0+600	SPT-10	18.00-18.45	3	52,9	-	-	-	-	-	-	-	0,0	99,10	63,3	28,6	34,7	CH
0+600	Zemin Karotu-7	18.50-18.75	-	54,1	18,47	-	-	-	-	-	-	0,0	96,95	63,7	28,9	34,8	CH
0+600	SPT-11	19.50-19.95	3	56,6	-	-	-	-	-	-	-	0,0	97,83	69,1	30,9	38,2	CH

Şekil 5.17. Hatay Havalimanı zemin parametreleri.

1+200	Zemin Karotu-1	4.30-4.45	-	39,3	17,59	-	-	-	-	-	-	0,0	97,89	55,3	25,2	30,1	CH
1+200	SPT-1	4.50-4.95	5	57,0	-	-	2,68	-	-	-	-	0,0	97,89	58,8	25,1	33,7	CH
1+200	Zemin Karotu-2	4.95-5.10	-	43,3	17,38	-	-	-	-	-	-	0,0	96,89	56,4	27,3	29,1	CH
1+200	Zemin Karotu-3	5.15-5.30	-	32,5	16,61	-	-	-	-	-	-	0,0	93,89	56,4	24,1	32,3	CH
1+200	UD-1	5.50-6.00	-	28,4	17,10	13,32	2,67	91,08	12	2,08	22,575	0,0	98,99	61,3	29,5	31,8	CH
1+200	SPT-2	6.00-6.45	5	32,5	-	-	-	-	-	-	-	0,0	74,73	45,7	21,3	24,4	CL
1+200	Zemin Karotu-4	7.35-7.50	-	41,4	16,89	-	-	-	-	-	-	0,0	92,89	60,3	27,1	33,2	CH
1+200	SPT-3	7.50-7.95	4	37,8	-	-	-	-	-	-	-	0,0	96,73	59,8	30,4	29,4	CH
1+200	UD-2	8.50-9.00	-	25,5	16,67	13,18	2,71	61,64	7	0,90	10,738	0,0	95,99	55,3	24,1	31,2	CH
1+200	SPT-4	9.00-9.45	3	82,7	-	-	-	-	-	-	-	0,0	91,89	73,2	34,2	39,0	CH
1+200	Zemin Karotu-5	9.45-10.50	-	70,8	16,03	-	-	-	-	-	-	0,0	91,89	58,7	24,2	34,5	OH
1+200	SPT-5	10.50-10.95	2	47,4	-	-	-	-	-	-	-	0,0	99,43	58,2	25,5	32,7	CH
1+200	SPT-6	12.00-12.45	2	75,6	-	-	2,64	-	-	-	-	0,0	87,88	98,8	96,8	2,0	MH
1+200	Zemin Karotu-6	13.30-13.50	-	59,1	16,91	-	-	-	-	-	-	0,0	96,56	57,5	24,0	33,5	CH
1+200	SPT-7	13.50-13.95	3	56,1	-	-	-	-	-	-	-	0,0	96,77	60,1	25,3	34,8	CH
1+200	Zemin Karotu-7	14.80-15.00	-	66,7	18,19	-	2,66	-	-	-	-	0,0	93,89	66,7	27,3	39,4	CH
1+200	SPT-8	15.00-15.45	3	57,0	-	-	-	-	-	-	-	0,0	96,79	60,8	23,3	37,5	CH
1+200	SPT-9	16.50-16.95	3	62,8	-	-	-	-	-	-	-	0,0	96,89	60,8	27,2	33,6	CH
1+200	Zemin Karotu-8	17.30-17.55	-	61,7	19,06	-	-	-	-	-	-	0,0	95,41	60,8	27,2	33,6	CH
1+200	SPT-10	18.00-18.45	3	60,7	-	-	2,68	-	-	-	-	0,0	94,73	59,4	23,3	36,1	CH
2+000	Zemin Karotu-1	3.00-3.20	-	59,9	18,28	-	-	-	-	-	-	0,0	97,99	59,3	25,4	33,9	CH
2+000	UD-1	5.50-6.00	-	28,9	16,78	13,02	2,65	46,13	5	0,89	11,737	0,0	84,73	45,7	23,4	22,3	CL
2+000	SPT-1	6.00-6.45	3	35,4	-	-	-	-	-	-	-	0,0	80,89	42,1	20,5	21,6	CL
2+000	Zemin Karotu-2	7.70-8.00	-	70,9	16,35	-	-	-	-	-	-	0,0	93,99	61,1	27,7	33,4	CH
2+000	UD-2	8.50-9.00	-	29,0	16,91	13,11	2,68	78,19	9	1,34	14,534	0,0	93,56	57,4	24,3	33,1	CH
2+000	SPT-2	9.00-9.45	5	89,6	-	-	-	-	-	-	-	0,0	95,73	57,2	25,1	32,1	CH
2+000	Zemin Karotu-3	9.60-9.80	-	71,7	15,43	-	-	-	-	-	-	0,0	85,59	60,6	27,7	32,9	OH
2+000	Zemin Karotu-4	10.00-10.20	-	69,1	15,83	-	-	-	-	-	-	0,0	87,99	65,2	30,5	34,7	OH
2+000	Zemin Karotu-5	11.25-11.50	-	55,2	16,28	-	-	-	-	-	-	0,0	90,01	58,7	24,7	34,0	CH
2+000	Zemin Karotu-6	11.55-11.85	-	57,3	16,70	-	2,71	-	-	-	-	0,0	84,89	53,6	24,6	29,0	CH
2+000	SPT-3	12.00-12.45	2	57,4	-	-	2,66	-	-	-	-	0,0	52,00	35,7	22,2	13,5	CL
2+000	Zemin Karotu-7	12.45-12.65	-	57,5	17,20	-	2,72	-	-	-	-	0,0	87,99	59,2	27,6	31,6	CH
2+000	Zemin Karotu-8	13.70-13.90	-	55,1	17,88	-	-	-	-	-	-	0,0	84,99	57,1	27,7	29,4	CH
2+000	Zemin Karotu-9	14.35-14.55	-	44,9	18,71	-	-	-	-	-	-	0,0	91,86	56,6	23,7	32,9	CH
2+000	SPT-4	15.00-15.45	3	54,3	-	-	-	-	-	-	-	0,0	97,89	60,1	28,7	31,4	CH
2+000	Zemin Karotu-10	15.45-15.70	-	44,0	18,07	-	-	-	-	-	-	0,0	95,89	58,1	25,6	32,5	CH
2+000	Zemin Karotu-11	16.40-16.65	-	43,2	16,88	-	-	-	-	-	-	0,0	80,73	55,6	27,3	28,3	CH
2+000	SPT-5	18.00-18.45	2	53,1	-	-	-	-	-	-	-	0,0	96,49	54,8	23,4	31,4	CH
2+000	Zemin Karotu-12	18.45-18.70	-	54,8	16,76	-	-	-	-	-	-	0,0	97,89	64,9	27,6	37,3	CH
2+000	Zemin Karotu-13	19.50-19.85	-	52,5	16,51	-	2,71	-	-	-	-	0,0	93,71	59,7	24,8	34,9	CH
5+400	Zemin Karotu-1	4.30-4.50	-	18,2	16,67	-	-	-	-	-	-	0,0	96,56	66,7	30,3	36,4	CH
5+400	SPT-1	4.50-4.95	7	18,9	-	-	-	-	-	-	-	0,0	97,89	64,3	30,2	34,1	CH
5+400	UD-1	5.50-6.00	-	27,6	17,12	13,42	2,67	100,94	14	2,97	31,715	0,0	96,48	61,3	29,3	32,0	CH
5+400	SPT-2	6.00-6.45	4	17,6	-	-	-	-	-	-	-	0,0	97,89	71,5	28,1	43,4	CH
5+400	Zemin Karotu-2	7.20-7.50	-	34,2	17,17	-	-	-	-	-	-	0,0	97,88	59,2	23,3	35,9	CH
5+400	SPT-3	7.50-7.95	5	26,7	-	-	-	-	-	-	-	0,0	92,89	64,5	25,5	39,0	CH
5+400	UD-2	8.50-9.00	-	27,6	17,56	13,76	2,68	91,37	11	0,77	9,999	0,0	97,89	63,2	29,1	34,1	CH
5+400	SPT-4	9.00-9.45	5	49,0	-	-	2,71	-	-	-	-	0,0	99,10	59,9	26,1	33,8	CH
5+400	Zemin Karotu-3	10.20-10.50	-	60,3	15,6	-	2,59	-	-	-	-	0,0	88,82	66,4	29,3	37,1	OH
5+400	SPT-5	10.50-10.95	4	36,4	-	-	2,68	-	-	-	-	0,0	58,78	36,9	20,5	16,4	CL
5+400	Zemin Karotu-4	10.95-11.20	-	56,4	16,09	-	2,70	-	-	-	-	0,0	87,43	72,0	27,1	44,9	CH

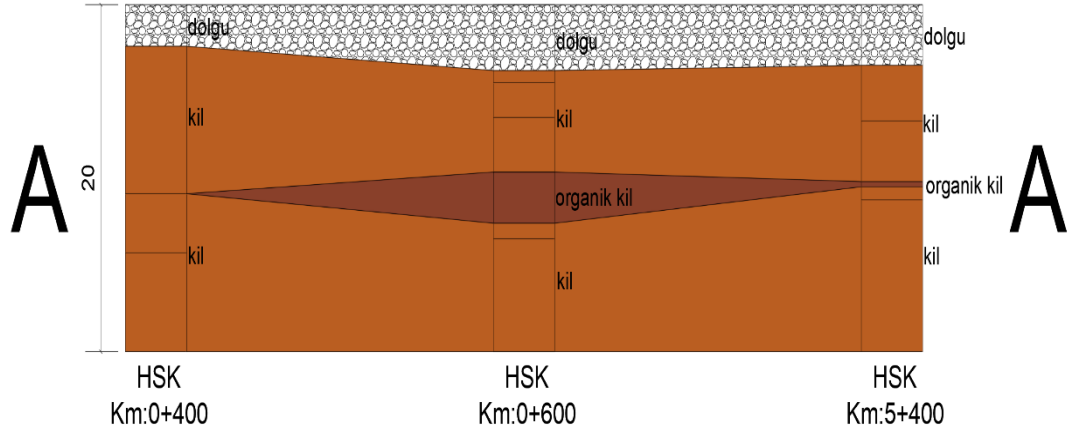
Şekil 5.18. (Devamı): Hatay Havalimanı zemin parametreleri.

5+400	SPT-6	12.00-12.45	4	50,3	-	-	-	-	-	-	-	0,0	97,01	56,8	27,2	29,6	CH
5+400	Zemin Karotu-5	12.70-13.00	-	23,5	16,77	-	-	-	-	-	-	0,0	98,56	62,0	27,4	34,6	CH
5+400	SPT-7	13.50-13.95	3	23,7	-	-	2,71	-	-	-	-	0,0	94,89	65,9	27,6	38,3	CH
5+400	Zemin Karotu-6	14.30-15.00	-	24,8	17,07	-	-	-	-	-	-	0,0	97,89	56,8	23,2	33,6	CH
5+400	SPT-8	15.00-15.45	4	52,6	-	-	2,70	-	-	-	-	0,0	96,89	64,2	27,3	36,9	CH
5+400	Zemin Karotu-7	15.70-16.20	-	51,6	17,17	-	-	-	-	-	-	0,0	96,45	56,3	25,1	31,2	CH
5+400	SPT-9	16.50-16.95	4	31,1	-	-	-	-	-	-	-	0,0	95,89	57,8	23,3	34,5	CH
5+400	Zemin Karotu-8	17.50-17.70	-	26,4	16,57	-	-	-	-	-	-	0,0	97,41	62,0	27,4	34,6	CH
5+400	SPT-10	18.00-18.45	4	49,8	-	-	-	-	-	-	-	0,0	96,53	54,6	27,5	27,1	CH
10+200	Zemin Karotu-1	4.30-4.50	-	80,4	17,30	-	-	-	-	-	-	0,0	97,51	65,8	30,3	35,5	CH
10+200	SPT-1	4.50-4.95	5	59,0	-	-	-	-	-	-	-	0,0	95,88	63,9	30,2	33,7	CH
10+200	UD-1	5.50-6.00	-	26,2	16,41	13,00	2,66	73,69	8	2,21	24,223	0,0	93,99	59,4	28,3	31,1	CH
10+200	SPT-2	6.00-6.45	5	39,0	-	-	-	-	-	-	-	0,0	91,86	59,7	23,5	36,2	CH
10+200	SPT-3	7.50-7.95	5	37,3	-	-	-	-	-	-	-	0,0	96,32	60,1	28,3	31,8	CH
10+200	UD-2	8.50-9.00	-	33,6	16,12	12,07	2,61	95,46	12	0,58	7,791	0,0	89,53	63,4	34,3	29,1	MH
10+200	SPT-4	9.00-9.45	4	51,3	-	-	2,70	-	-	-	-	0,0	97,89	61,0	28,2	32,8	CH
10+200	SPT-5	10.50-10.95	3	80,9	-	-	-	-	-	-	-	0,0	93,45	64,4	27,1	37,3	CH
10+200	Zemin Karotu-2	10.95-11.15	-	73,6	15,63	-	-	-	-	-	-	0,0	87,01	64,2	32,0	32,2	OH
10+200	Zemin Karotu-3	11.75-12.00	-	73,2	17,01	-	-	-	-	-	-	0,0	93,46	58,2	23,2	35,0	CH
10+200	SPT-6	12.00-12.45	4	72,4	-	-	2,67	-	-	-	-	0,0	97,45	60,8	27,1	33,7	CH
10+200	SPT-7	13.50-13.95	2	55,9	-	-	-	-	-	-	-	0,0	97,02	59,7	25,2	34,5	CH
10+200	Zemin Karotu-4	14.60-14.90	-	48,0	19,16	-	-	-	-	-	-	0,0	96,73	57,9	24,3	33,6	CH
10+200	SPT-8	15.00-15.45	3	49,9	-	-	-	-	-	-	-	0,0	97,89	61,3	28,2	33,1	CH
10+200	SPT-9	16.50-16.95	3	55,5	-	-	-	-	-	-	-	0,0	97,68	63,6	27,1	36,5	CH
10+200	Zemin Karotu-5	17.70-17.90	-	51,6	18,67	-	-	-	-	-	-	0,0	97,56	61,6	29,2	32,4	CH
10+200	SPT-10	18.00-18.45	2	51,7	-	-	-	-	-	-	-	0,0	99,25	56,7	24,2	32,5	CH
10+200	Zemin Karotu-6	18.45-18.65	-	55,4	17,86	-	2,67	-	-	-	-	0,0	97,86	57,9	25,2	32,7	CH
10+200	Zemin Karotu-7	18.65-18.85	-	51,0	16,71	-	-	-	-	-	-	0,0	97,89	58,3	24,1	34,2	CH
10+200	SPT-11	19.50-19.95	3	53,6	-	-	-	-	-	-	-	0,0	97,53	63,1	29,2	33,9	CH
10+800	SPT-1	4.50-4.95	6	55,9	-	-	-	-	-	-	-	0,0	97,89	59,1	27,2	31,9	CH
10+800	Zemin Karotu-1	5.95-5.20	-	54,8	17,21	-	-	-	-	-	-	0,0	96,43	59,8	28,4	31,4	CH
10+800	UD-1	5.50-6.00	-	28,0	16,80	13,13	2,68	68,88	10	1,27	14,784	0,0	96,45	57,5	25,4	32,1	CH
10+800	SPT-2	6.00-6.45	6	36,4	-	-	-	-	-	-	-	0,0	92,58	97,0	66,9	30,1	CH
10+800	SPT-3	7.50-7.95	5	42,6	-	-	-	-	-	-	-	0,0	93,89	62,8	26,7	36,1	CH
10+800	Zemin Karotu-2	7.95-8.20	-	43,6	17,69	-	-	-	-	-	-	0,0	97,49	60,5	23,4	37,1	CH
10+800	UD-2	8.50-9.00	-	30,3	17,85	13,71	2,69	82,98	9	0,83	9,939	0,0	90,61	85,8	32,5	53,3	CH
10+800	SPT-4	9.00-9.45	2	89,4	-	-	-	-	-	-	-	1,3	68,89	60,3	27,6	32,7	CH
10+800	Zemin Karotu-3	9.45-9.75	-	73,6	18,19	-	-	-	-	-	-	0,0	97,89	57,4	23,6	33,8	MH
10+800	SPT-5	10.50-10.95	2	76,4	-	-	-	-	-	-	-	0,0	99,01	56,6	26,5	30,1	OH
10+800	Zemin Karotu-4	10.95-11.20	-	71,9	18,43	-	-	-	-	-	-	0,0	98,23	64,0	29,6	34,4	CH
10+800	SPT-6	12.00-12.45	2	71,9	-	-	-	-	-	-	-	0,0	97,25	52,8	22,0	30,8	CH
10+800	Zemin Karotu-5	12.45-12.70	-	62,9	19,16	-	-	-	-	-	-	0,0	96,89	63,7	27,3	36,4	CH
10+800	SPT-7	13.50-13.95	3	57,5	-	-	-	-	-	-	-	0,0	99,63	55,5	27,7	27,8	CH
10+800	Zemin Karotu-6	14.00-14.25	-	68,5	18,77	-	2,71	-	-	-	-	0,0	99,48	55,3	25,5	29,8	CH
10+800	Zemin Karotu-7	14.65-15.00	-	54,1	17,87	-	-	-	-	-	-	0,0	91,89	60,2	26,2	34,0	CH
10+800	SPT-8	15.00-15.45	3	57,3	-	-	-	-	-	-	-	0,0	97,89	60,0	23,2	36,8	CH
10+800	SPT-9	16.50-16.95	3	54,9	-	-	-	-	-	-	-	0,0	96,48	57,7	25,5	32,2	CH
10+800	Zemin Karotu-8	16.95-17.50	-	55,6	17,69	-	-	-	-	-	-	0,0	97,56	65,9	29,6	36,3	CH
10+800	SPT-10	18.00-18.45	2	55,3	-	-	-	-	-	-	-	0,0	96,56	56,3	23,6	32,7	CH

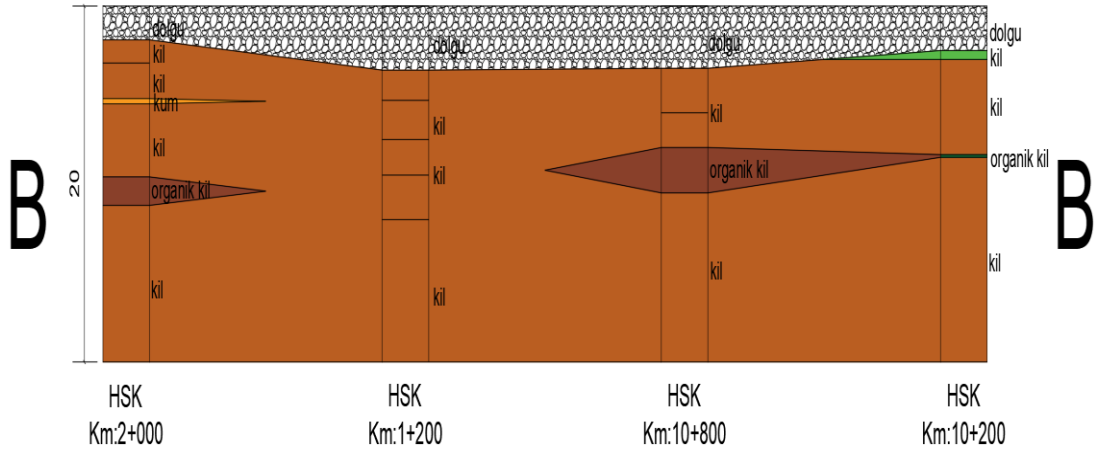
Şekil 5.19. (Devamı): Hatay Havalimanı zemin parametreleri.



Şekil 5.20. Hatay Havalimanı sondaj yerleri.



Şekil 5.21. Hatay Havalimanı A-A zemin kesiti.



Şekil 5.22. Hatay Havalimanı B-B zemin kesiti.

5.3.1. Hatay Havalimanı taşıma gücü ve deprem etkisi

Zemin taşıma gücü, temel mühendisliği ve yapı tasarımı açısından en kritik parametrelerden biri olarak kabul edilir. Bir zeminin, üzerine gelen dış yükleri herhangi bir kesme kuvveti ya da aşırı oturma meydana gelmeden taşıyabilme kapasitesi, taşıma gücü olarak tanımlanır. Bu değer, doğrudan zemin özelliklerine, yer altı su seviyesine, yükleme koşullarına ve zeminin bulunduğu bölgedeki sismik aktiviteye bağlıdır. Özellikle 6 Şubat 2023 tarihinde meydana gelen Kahramanmaraş merkezli ve Hatay'ı doğrudan etkileyen depremler, zemin taşıma gücünün yapı güvenliği üzerindeki belirleyici rolünü bir kez daha ortaya koymuştur. (Şenol ve diğerleri, 2023; Aktan ve Yonar, 2024).

Deprem bölgelerinde özellikle sulu killi zeminlerin taşıma gücü, deprem sırasında geçici olarak ciddi ölçüde azalabilir. Bu durum, Hatay'daki bazı yapıların temellerinde yaşanan ani oturma ve göçmelere açık bir şekilde gözlemlenmiştir. (Mısıkoğlu, 2024; Şenol ve diğerleri, 2023).

Hatay'da büyük yıkıma yol açan depremler, zeminin taşıma kapasitesinin, yapı güvenliğinde ne denli hayati olduğunu bir kez daha ortaya koymuştur. Özellikle Antakya, Kırıkhan ve Defne ilçelerinde, zemin özelliklerinin uygun olmayan alanlarda yapılan binalarda ciddi hasarlar gözlemlenmiştir. (Aktan ve Yonar, 2024; Mısıkoğlu, 2024). Ayrıca, kentsel dönüşüm öncesi inşa edilmiş bazı yapılar, taşıma gücünü zorlayan tasarım hataları nedeniyle tamamen çökmüştür. (Al ve diğerleri, 2023).

Hatay Havalimanı da deprem sonrası bir süre hizmet verememiş olup, ciddi bir zaafiyet ortaya çıkmasına neden olmuştur.

5.3.2. Hatay Havalimanı sıvılaşma analizi ve deprem etkisi

Sıvılaşma, yer altı su seviyesinin yüksek olduğu, gevşek kumlu veya siltli zeminlerde deprem gibi ani yüklemeler sonucunda zemin taneleri arasındaki boşluk suyu basıncının artarak efektif gerilmenin sıfıra yaklaşmasıyla gerçekleşir. Bu durumda zemin, taşıma gücünü kaybeder ve sıvı gibi davranmaya başlar.

Zemin sıvılaşması, doymuş ve gevşek kumlu zeminlerin, özellikle güçlü yer hareketleri sırasında geçici olarak dayanımını kaybetmesi ve sıvı gibi davranmaya başlaması durumudur. Bu olay, yapısal temellerin oturmasına, eğilmesine veya tamamen çökmesine yol açarak ciddi can ve mal kayıplarına neden olabilir. Sıvılaşma, Türkiye

gibi aktif fay hatları üzerinde bulunan ÷lkelerde zemin emniyeti açısından kritik bir m÷hendislik problemidir.

Hatay’da 6 Şubat 2023 depremleri sonrası yapılan arazi gözlemleri, sıvılaşmanın ciddi etkilerini ortaya koymuştur. Özellikle Amik Ovası gibi alüvyon zeminli bölgelerde, sıvılaşma nedeniyle zemin oturmaları, altyapı sistemlerinde bozulmalar ve yüzey deformasyonları gözlemlenmiştir. (Mıstıkoğlu, 2024). Antakya ve Kırıkhan ilçelerinde bazı binaların temellerinde gözlenen oturma ve eğilme, yeraltı su seviyesinin yüksek olduğu alanlardaki sıvılaşma ile ilişkilendirilmiştir. (Şenol ve diğeri, 2023).

Bol vd. (2024)'nin yaptıkları çalışmada Hatay Havaalanı hem faylanma hem de sıvılaşma kaynaklı zemin deformasyonları nedeniyle hasar gördüğünü belgelemişlerdir.

Deprem sonrası yapılan hasar analizlerinde, sıvılaşma riskinin yeterince dikkate alınmadan inşa edilen yapılar nedeniyle birçok bölgede göçme ve kalıcı zemin deformasyonları yaşanmıştır. Bu durum, sıvılaşma risk analizlerinin yapılaşma öncesi zorunlu hale getirilmesi gerektiğini göstermektedir. (Al ve diğeri, 2023; Polat ve Sarıçam, 2024).

Sıvılaşma riskini azaltmak için; derin kompaksiyon, jet grouting, taş kolon uygulamaları gibi zemin iyileştirme yöntemlerinin yanı sıra temel sistemleri ile yeraltı su seviyesinin düşür÷lmesi yapılabilmektedir. Ayrıca yerleşim planlaması ile yüksek sıvılaşma potansiyeline sahip alanların yapılaşmaya açılmaması da önem göstermektedir.

Hatay Havalimanı’nın yeniden inşa edilmesi sürecinde hava tarafının zemin iyileştirmesine yönelik olarak darbeli kırmataş kolon uygulaması yapılarak sıvılaşma riskinin azaltılması hedeflenmiştir.

5.3.3. Hatay Havalimanı kesit hesabı

Hatay Havalimanı 2007 yılında işletmeye açılmıştır. 6 Şubat 2022 Kahramanmaraş merkezli depremler sonrasında PAT sahaları büyük hasar görmüş, acil ihtiyaçların giderilmesi için kısa süre içerisinde hizmete açılmış olsa da tam kapasiteyle hizmet verecek duruma getirilememiştir.

Hatay’ın tarihi ve turistik g z ll klerinin yanı sıra gastronomi turizminin de etkisiyle sürekli artan yolcu kapasitesi, yakın zamanda yaşanan afet benzeri durumlarda daha avantajlı olması sebebiyle pist + paralel taksiyolu (emergency pist) olarak inşa edilmesinin daha uygun olacağı değerlendirilmiştir. Bu kapsamda yapılan proje çalışmalarında zeminin güçlendirilmesinin ardından Faarfield yazılımının 12/21/2023 tarihli 2.1.1. güncellemesi ile hizmete sunulan bilgisayar yazılımı kullanılmıştır.

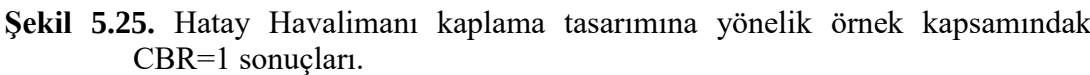
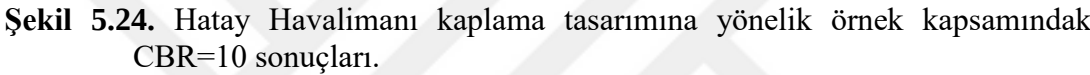
Hatay Havalimanı bulunduğu yörenin iklim koşulları, mevcut altapı ile darbeli kırmataş kolon kullanılarak yapılan iyileştirme analizleri sonrasında mevcut durumda olduğu gibi rijit kaplama yapılmasının daha avantajlı olacağı öngörülmüştür.

Zemin çalışmalarının tamamlanmasının ardından kaya dolgularda sıkışma kontrolü, dolgu yapımında kullanılan malzemenin tabaka tabaka dökülüp serilip her tabakanın sıkıştırılması sırasında, 15 ton statik ağırlığındaki silindirin son iki geçişindeki toplam oturma miktarı 6 mm’den az ise yeterli sıkışma elde edilmiş olduğu kabul edilmektedir. (AYGM Teknik şartname 1-RV).

şekil 5.19’da Hatay Havalimanı kaplama tasarımına yönelik örnek çalışma kapsamındaki uçak tipleri yer almaktadır. şartnamelere uygun olarak dolgu yapılması sonrası CBR deneyleri ile dayanım belirlenmektedir. Havalimanı tip enkesitleri projelendirme safhasında hesaplanmaktadır. Bu nedenle bir takım kabuller yapılarak bazı  n çalışmalar yürütülmektedir. Bu kapsamda Faarfield yazılımı aracılığıyla yapılacak dolgu imalatının en az CBR=10 (ıslak) değerini sağlayacağı kabul edilerek şekil 5.20’de yer alan sonuçlar elde edilmiştir. şekil 5.21’de ise örnek çalışma kapsamında havalimanı zemininde CBR=1 (ıslak) değerini sağlayacağı kabul edilerek yapılan hesaplamanın sonuçları yer almaktadır.

Uçak Bilgileri				
No	Uçak Adı	Uçak Ağırlığı (kg)	Yıllık Uçak Kalkış Sayısı	Yıllık Büyüme Oranı (%)
1	A319 neo	75,900	1200	5
2	A320 neo	70,400	1200	5
3	A321 neo	97,400	1200	5
4	B737-700	79,242	1200	5
5	B737-800	70,307	3000	5
6	Cessna Citation II/Bravo C550/551	6,804	1200	5
7	EMB-195 STD	48,950	1200	5
8	Learjet 35/36/35A/36A	8,165	1200	5
9	A330-300 WV022	233,900	600	5
10	ARFF Vehicle - 3000 gal-	37,648	1200	0

şekil 5.23. Hatay Havalimanı kaplama tasarımına yönelik örnek kapsamındaki uçak bilgileri.





6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Ülkemizin havayolu ulaşım altyapısının planlaması, ilgili kurum, kuruluş ve havacılık otoritelerinin koordinesinde hazırlanan Havaalanları Master Planlama Esasları çerçevesinde yapılmaktadır. Yurtiçi ve yurtdışı havayolu şirketlerinin uçuş planlamasında da havalimanları ve bulundukları bölgenin yolcu potansiyeli ile gelecek yıllardaki arz durumu dikkate alınmaktadır.

Ülkemizde son yıllarda havayolu ulaşım altyapısının gelişimine yönelik yapılan yatırımlar neticesinde iç hat ve dış hat yolcu sayıları çok büyük oranda artmış ve aynı şekilde Karadeniz Bölgesine de havayolu ile ulaşım talebindeki artış doğrultusunda denize dolgu Ordu-Giresun ve Rize-Artvin Havalimanları tamamlanarak hizmete sunulmuştur. Trabzon Havalimanı ise hâlihazırdaki tesislerin kapasitesi olan yıllık 3,5-4 milyon yolcu potansiyelinin üzerinde yolcuya hizmet vermekte olduğu için benzer bir yapım yöntemiyle Trabzon Yeni Havalimanının projelendirilmesi faaliyetleri devam etmektedir.

Son yıllarda artan bir ivme ile yolcu kapasitesi büyümekte olan ve ilave yatırımların yapılmasına ihtiyaç duyulması muhtemel Hatay Havalimanı ise deprem kaynaklı hasarların da ortaya çıkması nedeniyle yeniden projelendirilmiştir.

Gelecek 10, 20 ve 50 yıllık yolcu öngörülleri dikkate alınarak planlanan havalimanlarında yolcu potansiyelinin yanında yolculara emniyetli ve konforlu hizmet sunulabilmesi, uçuş emniyetinin temini, uluslararası standartlara uyum, havacılık ihtiyaçları (uçuş koridorları, teknik imkânlar, pist, apron, taksiyolu gibi ünitelerin durumu ve ekonomik ömürleri, mevcut tesislerin kapasiteleri, elektromekanik sistemlerin durumu ve kullanılabilirliği) gibi birçok sebebe ilave yatırım ihtiyaçları meydana gelebilmektedir.

Rize-Artvin ve Trabzon Yeni Havalimanının denize dolgu yapılması sebebiyle yüksek miktarda dolgu malzemesine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu malzemelerin yapısı zemine gelen yükler karşısında PAT sahalarının duraylılığını sağlamak adına önem teşkil etmekte olup elde edilecek CBR sonucuna göre yapılacak Faarfield hesabı ile kaplama tasarımının belirlenmesi mümkün kılınacaktır.

Hatay Havalimanında ise zeminin deprem sonrası 1-1,5 m mertebelerinde oturması nedeniyle kullanılacak dolgu malzemesi ve zemine yönelik ilave önlemler sonrasında ortaya çıkan yeni duruma göre kaplama tasarımına yönelik esaslar belirlenmiştir. Hatay Havalimanında 2.838.130 m²'lik havalimanı sahası içerisindeki 554.557 m² kaplamalı alana yönelik tip en kesitlerde kullanılacak malzemenin bu esaslara göre belirleneceği düşünüldüğünde doğru mühendislik uygulamalarının kullanılmasının ekonomik etkisi çok büyük olacaktır.

Zemin parametreleri ve bu parametreler ışığında yapılan hesaplamalar sonucu ortaya çıkan sonuçlardan da anlaşılacağı üzere havalimanı zeminlerinin incelenmesi, gerekli iyileştirmelerin yapılması ile dayanım, kullanım ömrü gibi avantajların yanı sıra ekonomik çözümler elde edilecektir.

Bu çalışma kapsamında Rize-Artvin, Trabzon Yeni ve Hatay Havalimanlarının mevcut durum ve tasarıma yönelik zemin inceleme ve zemin iyileştirme çalışmaları içinde yer alınmış, proje ve uygulamaya yönelik çalışmalar değerlendirilmiştir.

Rize-Artvin Havalimanı kesitinde yer alan siltli kum tabakalarına gelecek yüksek gerilme artışı altında oluşacak oturmaların kısa sürede tamamlanması için ön yükleme yöntemi (basit yükleme) uygulanmıştır. Dolgu ve ön yükleme sürecinde yaklaşık 35 cm civarında oturma gerçekleşmiş, sandık kesiti imalatı sonrası deformasyon kontrolüne devam edilmiş ve kayda değer bir oturma büyüklüğü not edilmemiştir.

Trabzon Yeni Havalimanına yönelik yapılan çalışmalarda da Rize-Artvin Havalimanında ön yükleme sonrası elde edilen olumlu sonuçlar neticesinde zeminin iyileştirilmesine yönelik PAT sahalarında ön yükleme yapılması uygun olacaktır.

Servis sürecinde iken 2023 Kahramanmaraş depremlerinde hasar görmüş olup Hatay Havalimanı PAT sahalarında önemli deformasyonlar belirmiştir. Alanda yapılmış olan arazi çalışmaları sonrası zemin kesitinin yüksek plastisiteli siltli kil/kil hakimiyetinde olduğu anlaşılmış olup zemin kesitlerinin güçlendirilmesi için darbeli kırmataş kolon imalatının uygun olacağı görüşü kabul görmüştür.

KAYNAKLAR

- AASHTO. (1996). *Standard Specifications for Highway Bridges* (16th ed.). Washington, D.C.
- AFAD. (2018). *Türkiye Deprem Tehlike Haritası*. T.C. İçişleri Bakanlığı Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı.
- AFAD. (2023). *Deprem Kataloğu*. T.C. İçişleri Bakanlığı Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı. <https://deprem.afad.gov.tr/event-catalog>. Erişim Tarihi: 20.06.2024.
- Aktan, S. ve Yonar, F. (2024). Hatay İli Antakya Mekezde Yarı Kırsal Bölgede 6 ve 20 Şubat 2023 Depremlerinin Etkisi. *Kırklareli Üniversitesi Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, 10(2), 99-116.
- Al, A., Yılmaz, B. ve Demir, C. (2023). Afet sonrası Dayanışma Pratiklerinin İzinin Sürmek: 2023 Şubat Depremleri Hatay Örneği. *Academia.edu*. Erişim Tarihi: 26.06.2024
- Al-Riyami, K., Robertson, A. H. F., Dixon, J. E., & Xenophontos, C. (2002). Origin and emplacement of the Late Cretaceous Baer–Bassit ophiolite and its metamorphic sole in NW Syria. *Lithos*, 65(3–4), 225–260.
- Altyapı Yatırımları Genel Müdürlüğü (2022, Aralık). *Kıyı Yapıları Jeolojik-Jeoteknik Zemin Etüt/Veri Raporu Hazırlama Kılavuzu/Formatı*. <https://aygm.uab.gov.tr/uploads/pages/arastirma-dairesi-baskanligi/kiyi-yapilari-jeolojik-jeoteknik-zemin-etut-veri-raporu-hazirlama-formati.pdf>. (Erişim Tarihi: 10 Nisan 2025).
- Altyapı Yatırımları Genel Müdürlüğü (2024). *Liman ve Deniz İnşaatı İşlerine Ait Birim Fiyat Tarifleri*. <https://aygm.uab.gov.tr/uploads/pages/kiyi-yapilari-daire-baskanliklari/2024-liman-ve-deniz-insaati-islerine-ait-birim-fiyat-tarifleri-65f14b62d9c50.pdf>. (Erişim Tarihi: 10 Nisan 2025).
- Arpat, E., & Şaroğlu, F. (1975). Türkiye'deki bazı önemli genç tektonik olaylar. *Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni*, 18(1), 91–101.
- Bağcı, U., Parlak, O., & Höck, V. (2008). Petrology of the Tekirova (Antalya) ophiolite (southern Turkey): Evidence for diverse magma generations and their tectonic implications during Neotethyan subduction. *Lithos*, 100(1–4), 174–209.
- Bağrıaçık, B. (2020). Kil bir zeminin taş kolon yöntemiyle iyileştirilmesinde optimum alan yerleşim oranının belirlenmesi. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*. 8(1), 221-228.
- Bedir, F. (2022). Türkiye’de havayolu ulaşımında havaalanlarının yeri ve çevresel etkileri: *Erzurum Havalimanı örneği* [Yüksek lisans tezi] Bayburt Üniversitesi

- Bol, E., Özocak, A., Sert, S., Çetin, K.Ö., Arslan, E., Kocaman, K. ve Ayhan, B.U. (2024). Evaluation of soil liquefaction in the city of Hatay triggered after the February 6, 2023 Kahramanmaraş-Türkiye Earthquake Sequence. *Engineering Geology*, 339(2024), 107648.
- Çoşkun, S. N. (2019). *İstanbul Havalimanı'nda rüzgân uçuş operasyonlarına etkisi* [Yüksek lisans tezi] İstanbul Teknik Üniversitesi.
- Dalgıç, S. (2024). Hatay Havalimanı PAT Sahaları Onarımı ve Gelişimi İş Değerlendirme Raporu. İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Mühendislik Fakültesi, İstanbul.
- Delaloye, M., & Wagner, J. J. (1984). Geochemistry and geochronology of the Kızıldağ ophiolite (Hatay, Turkey). C. R. Séances de la Société de Physique et d'Histoire Naturelle de Genève, 10, 141–150.
- DHMİ. (2007) Geoteknik Tasarım Esasları, T.C. Ulaştırma Bakanlığı Demiryollar, Limanlar, Havameydanları İnşaatı Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Dilek, Y., & Thy, P. (2009). Island arc tholeiite to boninitic melt evolution of the Cretaceous Kızıldağ (Turkey) ophiolite: Model for multi-stage early arc–forearc magmatism in Tethyan subduction factories. *Lithos*, 113(1–2), 68–89.
- Emre, Ö., & Duman, T. Y. (2011). Active faulting in the eastern Marmara region, Turkey: Implications for earthquake hazard. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 20(3), 345–378.
- Emre, Ö., Duman, T. Y., Özalp, S., Elmacı, H., Olgun, Ş., & Şaroğlu, F. (2012). Active Fault Map of Turkey with an Explanatory Text. General Directorate of Mineral Research and Exploration (MTA), Special Publication Series-30, Ankara.
- Federal Aviation Administration (2010). *Weather-Related Aviation Accident Study 2003–2007*.
- Federal Aviation Administration (2021, 6 Temmuz). *Airport Pavement Design and Evaluation*. Erişim Tarihi: 10 Nisan 2025, https://www.faa.gov/documentLibrary/media/Advisory_Circular/150-5320-6G-Pavement-Design.pdf.
- Gülen, L., Sarı, B., & Toksöz, M. N. (1987). Seismotectonics of the Eastern Mediterranean region: Implications for plate interactions. *Tectonophysics*, 153(1–4), 295–308.
- Günay, G. (1995). *Kaya dolgu yapılar ve kaya dolgulardaki son gelişmeler*. [Yüksek lisans tezi] İstanbul Teknik Üniversitesi.
- Hava Ulaşım Genel Etüdü (2019, Ağustos). HUGE Projesi Final Raporu Özeti.
- International Civil Aviation Organization (2020). *Aerodrome Design Manual, Part 1-Runways* (4th ed.). Doc 9157.
- Karabacak, V. (2007). *Gediz grabeninde genç tektonik ve aktif faylanma*. [Yüksek lisans tezi] Dokuz Eylül Üniversitesi.
- Karakaş, M. B. (2020). *Havalimanı üstyapı tasarımı ve Türkiye'deki havalimanları*. [Yüksek lisans tezi] Toros Üniversitesi.
- Karataş, İ. (2010). *Doğu Anadolu'da faylanma sistemlerinin yapısal özellikleri ve deprem potansiyeli*. [Yüksek lisans tezi] Fırat Üniversitesi.

- Kavuzlu, A. (2006). Güneydoğu Anadolu Bölgesi koşullarında kavuzlu ve kavuzsuz arpa çeşitlerinin tane verimi ve bazı kalite özellikleri. *Dicle Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 35(1), 45–52.
- Korkmaz, M. (2008). *Doğu Anadolu bölgesindeki aktif tektonik hareketlerin incelenmesi*. [Doktora tezi] Atatürk Üniversitesi.
- Lyberis, N., Demirbağ, E., Yılmaz, Y. (1992). The North Anatolian Fault: An example of sinistral strike-slip faulting. *Tectonophysics*, 207(1–2), 1–16.
- McKenzie, D. (1972). Plate tectonics of the Mediterranean region. *Nature*, 240(5376), 599–600.
- Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM), 2024, İllere ait Genel İstatistik Verileri (Rize, Trabzon, Hatay İlleri), T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Erişim tarihi: 26.06.2024, <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=A&m>
- Mıstıkoğlu, G. (2024). Şubat 2023 Depremlerinin Hatay’da Oluşturduğu Sorunların Değerlendirilmesi. *Kent Akademisi*, 17(4), 1211-1230.
- Perinçek, D., & Çemen, İ. (1990). Anadolu’nun tektonik evrimi üzerine bir değerlendirme. *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, 35(2), 45-60.
- Perinçek, D., & Eren, R. (1990). Doğu Anadolu’da Neotektonik rejim ve bunun sonuçları. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 33(1), 23-34.
- Polat, M.S. ve Sarıçam, H. (2024). 6 Şubat Depreminden Etkilenen Bölgelerdeki Öğretmenlerin Karşılaştığı Sorunlar: Hatay İli Örneği, *Akademik Yaklaşımlar Dergisi*, 15(1), 764-789.
- Sarıfakıoğlu, E., Dilek, Y., & Sevin, M. (2014). Jurassic–Paleogene intraoceanic magmatic evolution of the Ankara Mélange, north-central Anatolia, Turkey. *Solid Earth*, 5(1), 77–108.
- Selçuk, A. (1985). Söke-Selçuk-Kuşadası bölgesinin jeolojisi ve volkanik kayaçların petrokimyasal özellikleri. *Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, 105–106, 14–15.
- Stampfli, G. M., Borel, G. D., Cavazza, W., Mosar, J., & Ziegler, P. A. (2001). The Paleotectonic Atlas of the Peri-Tethyan Domain. European Geophysical Society.
- Şaroğlu, F., Emre, Ö., & Kuşçu, İ. (1992). Türkiye’nin aktif fay haritası ve deprem potansiyeli. *MTA Dergisi*, 114, 27–50.
- Şenol, A. F., Demirci, E. ve Kaya, S. (2023). Kahramanmaraş Depremleri (6 Şubat 2023) Sonrası Hatay İlindeki Yapıların Hasar Durumlarının Değerlendirilmesi. ResearchGate.
- Şimşek, M., Mutlu, H., & Güleç, N. (2017). Origin, evolution and geothermometry of the thermal waters in the western Turkey geothermal systems. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 346, 1–15.
- Thuizat, R., Whitechurch, H., Montigny, R., & Juteau, T. (1981). K–Ar dating of some intra-ophiolitic metamorphic soles from the Eastern Mediterranean: New evidence for oceanic thrusting before obduction. *Tectonophysics*, 73(1–2), 121–133.

- Toprak, V., Uğuz, M. F., & Özgül, N. (2002). Doğu Anadolu Bölgesi'nin neotektonik özellikleri ve güncel tektonik rejimi. *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, 46(1), 17–32.
- Tunç, A. (2003). *Havaalanı Mühendisliği ve Uygulamaları*. Asil Yayın Dağıtım.
- Tunç, A. (2004). *Kaplama Mühendisliği ve Uygulamaları*. Asil Yayın Dağıtım. DHMİ Genel Müdürlüğü (2011). *Havacılık Terimleri Sözlüğü*. Pulat Basımevi
- Tür, R. ve Balas, C. E. (2010). Kıyı tahkimat yapılarının güvenilirliğe dayalı risk modeli. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*. Cilt 25, No 3, 511-516, 2010.
- Türk, H. (2015). *Ordu-Giresun Havalimanı (mekan seçimi ve muhtemel etkileri)* [Yüksek lisans tezi] Giresun Üniversitesi.
- Türkiye Hava Meydanları İşletmesi Genel Müdürlüğü. (2020). Türkiye Hava Meydanı Yapıları Deprem Yönetmeliği. T.C. Resmi Gazete, 31266 (Mükerrer), 06.10.2020.
- Ünver, T. ve Tüfenkci, O.O. (2023). *Devlet Hava Meydanları İşletmesi Genel Müdürlüğü Hatay Havalimanı Jeoloji-Jeoteknik Amaçlı Sondaj Çalışmalarının Yapılması Raporu*. Akademi Etüt Proje Müh. Müş. Ltd. Şti., Ankara.
- Yılmaz, D. (1999). *Rize ve Trabzon illerinde deniz dolgularının etüdü* [Yüksek lisans tezi] Karadeniz Teknik Üniversitesi.

ÖZGEÇMİŞ

Ad-Soyad : Bilal ÖZÇELİK

ÖĞRENİM DURUMU:

- Lisans : 2014, Selçuk Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLER:

- 2016 – Halen çalışıyor : T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı / Altyapı Yatırımları Genel Müdürlüğü