



**GENEL VE OPERASYONEL HAVA TRAFİĞİNİN YER ALDIĞI
HAVA SAHALARINDA MEVCUT KISITLARIN İNCELENMESİ
VE KISITLARA UYGUN YAKLAŞMA PROSEDÜRLERİNİN
TASARLANMASI**

Yüksek Lisans Tezi

Osman POLAT

Eskişehir 2024

**GENEL VE OPERASYONEL HAVA TRAFİĞİNİN YER ALDIĞI
HAVA SAHALARINDA MEVCUT KISITLARIN İNCELENMESİ VE
KISITLARA UYGUN YAKLAŞMA PROSEDÜRLERİNİN TASARLANMASI**

Osman POLAT

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Hava Trafik Kontrolü Anabilim Dalı
Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Emre AYDOĞAN**

**Eskişehir
Eskişehir Teknik Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Ağustos 2024**

JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI

Osman POLAT'ın GENEL VE OPERASYONEL HAVA TRAFİĞİNİN YER ALDIĞI HAVA SAHALARINDA MEVCUT KISITLARIN İNCELENMESİ VE KISITLARA UYGUN YAKLAŞMA PROSEDÜRLERİNİN TASARLANMASI başlıklı çalışması 06/08/2024 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından değerlendirilerek "Eskişehir Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliği"nin ilgili maddeleri uyarınca, Hava Trafik Kontrolü Anabilim dalında Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Üye

Unvan Adı Soyadı

: Dr. Öğr. Üyesi Emre AYDOĞAN

Üye

: Doç. Dr. Kadir DÖNMEZ

Üye

: Dr. Öğr. Üyesi Fulya AYBEK ÇETEK

İmza

Prof. Dr. Semra KURAMA

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Müdürü

DANIşMAN ONAYI

Danişmanlığını yürüttüğüm Yüksek Lisans đrencisi Osman POLAT, GENEL VE OPERASYONEL HAVA TRAFİğİNİN YER ALDIğI HAVA SAHALARINDA MEVCUT KISITLARIN İNCELENMESİ VE KISITLARA UYGUN YAKLAşMA PROSEDÜRLERİNİN TASARLANMASI başlıklı tez çalışmasını tamamlamıştır. Hazırlamış olduğu tez tarafımda incelenmiş ve öğrencinin tez savunma sınavına alınması bilimsel ve etik açıdan uygun görülmüştür.

Tez Daniřmanı
Dr. Öğr. Üyesi Emre AYDOğAN

ÖZET

GENEL VE OPERASYONEL HAVA TRAFİĞİNİN YER ALDIĞI HAVA SAHALARINDA MEVCUT KISITLARIN İNCELENMESİ VE KISITLARA UYGUN YAKLAŞMA PROSEDÜRLERİNİN TASARLANMASI

Osman POLAT

Hava Trafik Kontrolü Anabilim Dalı

Eskişehir Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Ağustos 2024

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Emre AYDOĞAN

Havacılık sektöründeki her geçen gün artan talep beraberinde hava trafiğinde de artış oluşturmaktadır. Hava trafiğindeki artışa rağmen havacılık emniyetinden ödün vermeden mevcut talebi yakıt ve zaman tasarrufu sağlayacak şekilde karşılamak gerekmektedir. Bu doğrultuda uçuşu etkileyen mâniaalar, yasaklı/taahditli/tehlikeli sahalar ve diğer uçuşların yarattığı etkileşimler nedeniyle uçuş rotasının etkin ve verimli olması için düzenlemelere ihtiyaç vardır. Uluslararası kurallar çerçevesinde emniyetli uçuşun sağlanması, insan hatalarını ortadan kaldırılması ve iş yükünün azaltılması amacıyla önceden hazırlanarak yayımlanan prosedürlerle uçuş rotası düzenlemeleri yapılmaktadır. Birden fazla havalimanı bulunan yoğun hava sahalarında farklı tip uçakların farklı görevler icra etmesi, coğrafi koşullar ve yoğun nüfuslu yerlerde uçuşlara getirilen kısıtlar gibi pek çok faktör uçaklar için en uygun prosedürün uygulanmasını mümkün kılmamaktadır. Ancak gelişen teknolojinin de yardımıyla Performansa Dayalı Seyrüsefer (Performance Based Navigation, PBN) uygulamaları bu durumlarda pilota ve hava trafik kontrolörüne büyük kolaylık sağlayarak emniyetli, etkin ve verimli uçuşun yapılmasını sağlamaktadır. Bu çalışmada, yoğun hava trafik faaliyeti yürütülen Ankara Terminal Kontrol Sahasında (Terminal Control Area, TMA) bulunan Etimesgut meydanı için mevcut olan pek çok kısıt altında Standart Geliş Rotası (Standart Arrival Route, STAR) önerilerek tasarlanmıştır. Tasarlanan STAR ile elde edilen avantaj ve dezavantajlar irdelenmiştir.

Anahtar Sözcükler: Hava trafik yönetimi, Hava sahası ve prosedür tasarımı, RNAV DME/DME

ABSTRACT

REVIEWING CURRENT RESTRICTIONS IN AIRSPACES WHERE GENERAL AND OPERATIONAL AIR TRAFFIC TAKES PLACE AND DESIGNING APPROACH PROCEDURES IN ACCORDANCE WITH THE CONSTRAINTS

Osman POLAT

Air Traffic Control Department

Eskişehir Technical University, Graduate Education Institute, August 2024

Advisor: Dr. Lecturer Emre AYDOĞAN

The ever-increasing demand in the aviation industry also increases air traffic. Despite the increase in air traffic, it is necessary to meet the current demand in a way that saves fuel and time without compromising aviation safety. In this regard, regulations are needed to ensure that the flight route is effective and efficient due to obstacles affecting the flight, prohibited/restricted/dangerous areas, and interactions created by other flights. Flight route arrangements are made with previously prepared and published procedures to ensure safe flight within the framework of international rules, eliminate human errors, and reduce the workload. Many factors, such as the fact that different types of aircraft perform various tasks in busy airspaces with more than one airport, geographical conditions, and restrictions on flights in densely populated areas, do not make it possible to apply the most appropriate procedure for aircraft. However, with the help of developing technology, Performance Based Navigation (PBN) applications provide great convenience to the pilot and air traffic controller in such situations and ensure safe, effective, and efficient flight. In this study, a Standard Arrival Route (STAR) has been proposed and designed for Etimesgut airfield, located in the Ankara Terminal Control Area (TMA), where intense air traffic activity is conducted under many existing constraints. The advantages and disadvantages obtained with the designed STAR have been examined.

Keywords: Air traffic management, Airspace and procedure design, RNAV DME/DME

TEŞEKKÜR

Çalışmamın başından sonuna kadar bana yol gösteren, yoğun iş temposu arasında değerli vaktini ayırarak verdiği destek ve yardımlarından ötürü değerli danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Emre AYDOĞAN’a teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek Lisans eğitimime olanak sağlayan ve her zaman desteğini hissettiğim Prof. Dr. Öznur USANMAZ’a ve derslerine katıldığım tüm hocalarıma teşekkürü borç biliyorum.

Tez çalışmam süresince benimle tüm samimiyetleriyle görüşlerini ve tecrübelerini paylaşan Hava Trafik Kontrolörü meslektaşlarım Alperen LALE, Caner AKIN, M. Tolga DAĞDEVİREN, Erhan BUZDAĞLI ve Ö. Faruk İNCE’ye yardımlarından dolayı teşekkür ederim.

Yüksek Lisans eğitimim süresince beni cesaretlendiren, her türlü desteği veren değerli eşim Ceren ÖZBEK POLAT’a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Bu tezimi, bilimin ışığı ile Atatürk’ün gösterdiği yolda ilerleyeceği bir hayatı olması dileğiyle kızım Deniz İpek POLAT’a ithaf ediyorum.

Osman POLAT

06/08/2024

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Bu tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı; bu çalışma kapsamında elde edilen tüm veri ve bilgiler için kaynak gösterdiğimi ve bu kaynaklara kaynakçada yer verdiğimi; bu çalışmanın Eskişehir Teknik Üniversitesi tarafından kullanılan “bilimsel intihal tespit programı” yla tarandığını ve hiçbir şekilde “intihal içermediğini” beyan ederim. Herhangi bir zamanda, çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçları kabul ettiğimi bildiririm.

Osman POLAT

İÇİNDEKİLER

Sayfa

BAŞLIK SAYFASI	i
JÜRİ VE ENSTİTÜ ONAYI	ii
DANIŞMAN ONAYI	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR	vi
ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ	vii
İÇİNDEKİLER	viii
TABLolar DİZİNİ	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ	xii
GÖRSELLER DİZİNİ	xiii
DENKLEMLER	xiv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xv
1. GİRİŞ	19
1.1. Çalışmanın Amacı	20
1.2. Kaynak Taraması	21
2. HAVA TRAFİK HİZMETİ	24
2.1. Türkiye’de Hava Trafik Kontrol Hizmeti	25
2.2. Hava Sahasının Organizasyonu	26
2.2.1. Hava sahası içindeki bölgeler	28
2.3. Hava Sahasının Planlanması ve Tasarımı	30
2.3.1. Hava sahası tasarımını etkileyen unsurlar	30
2.3.1.1. Uçuş koşulları	31
2.3.1.2. Mânialar	31
2.3.1.3 Uçuş yapılması kısıtlanmış sahalar	31
2.3.1.4. NOTAM	32
2.3.1.5. Sivil ve askeri trafikler	32
2.4. Hava Sahasında Düzenlemeler ve Uygulamalar	32
2.4.1. Hava sahasının esnek kullanımı (FUA)	33
2.4.2. İnsansız hava araçları için düzenlemeler	33
2.4.3. Yakıt tasarrufu ve çevresel etki düzenlemeleri	34

3. UÇUŞ OPERASYONLARI	36
3.1. Aletli Yaklaşma Usulü	36
3.1.1. Geliş safhası	37
3.1.2. İlk yaklaşma safhası	37
3.1.3. Ara yaklaşma safhası	37
3.1.4. Son yaklaşma safhası	37
3.1.5. Pas geçme safhası	38
3.2. Uçak Kategorileri	39
3.3. Geleneksel Seyrüsefer Yöntemleri	39
3.3.1. NDB ve otomatik yön bulucu (ADF)	40
3.3.2. VOR	40
3.3.3. TACAN	41
3.3.4. DME	41
3.3.5. OMEGA	42
3.3.6. LORAN	42
3.3.7. INS / IRS	42
3.3.8. ILS	42
3.4. Standart Geliş Rotası (STAR)	44
3.5. Standart Aletli Kalkış (Standart Instrument Departure, SID)	44
3.6. Uydu Destekli Seyrüsefer	44
3.7. Performansa Dayalı Seyrüsefer Uygulamaları	45
3.7.1. Saha seyrüseferi (RNAV)	46
3.7.2. Gerekli seyrüsefer performansı (RNP)	46
4. ANKARA TERMİNAL HAVA SAHASININ İNCELENMESİ	48
4.1. Ankara Terminal Hava Sahası İçindeki Kontrol Sahaları	48
4.2. Ankara Terminal Hava Sahası İçindeki Tehlikeli/Yasak/Tahditli Sahalar ve Çalışma Sahaları	49
5. PROBLEMİN TESPİTİ	50
5.1. Etimesgut Meydanı Özellikleri	50
5.2. Etimesgut Meydanı Aletli Yaklaşma Usulleri	51
5.2.1. TACAN A alçalması	51
5.2.2. TACAN C alçalması	51

5.2.3. VOR/DME A alçalması	52
5.2.4. ILS alçalması	52
5.2.5. Trafiklerin TACAN A IAF'dan veya VOR/DME A IAF'dan ILS IAF'A yönlendirilmesi	53
5.2.6. Turlu yaklaşma için meteoroloji incelemesi	53
5.2.7. Aletli alçalma uygulamalarında yaşanan sorunlar	54
5.3. Performansa Dayalı Seyrüsefer Kapsamında DME/DME Yöntemi Tavsiyesi	55
6. PERFORMANSA DAYALI SEYRÜSEFER KONSEPTİ	58
6.1. Seyrüsefer İşlevsel Gereksinimleri	58
6.2. RNP ve RNAV Özelliklerinin Belirlenmesi	60
6.3. RNAV-DME/DME Tasarım Kriterleri	65
6.3.1. DME/DME sistem doğruluğu	65
6.3.2. DME/DME kapsama alanı	69
6.3.3. DME/DME kapsama alanının belirlenmesi	79
7. ETİMESGUT MEYDANI İÇİN DME/DME ALÇALMASININ TASARIMI ..	71
7.1. DME İstasyonlarının Belirlenmesi	71
7.2. Güncelleme Alanının Belirlenmesi	73
7.3. Arazi ve Mânia Değerlendirmesi	74
7.4. Yol Noktalarının Belirlenmesi	75
7.5. STAR Çizimi	76
7.6. Tasarlanan STAR'ın Diğer Meydanlar ile Etkileşimi	80
7.7. Tasarımın Doğrulanması	81
8. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME	82
KAYNAKÇA	84
EKLER	
ÖZGEÇMİŞ	

TABLÖLAR DİZİNİ

Sayfa

Tablo 5.1. 2018-2023 Yıllarına ait meteoroloji istatistiği	54
Tablo 6.1. FTE değerleri	66
Tablo 6.2. Tampon bölge değerleri	68
Tablo 6.3. DME RNAV (RNAV 1) XTT, ATT ve yarı alan genişliği	68
Tablo 7.1. Etimesgut meydan civarı DME istasyonları	71
Tablo 7.2. DME istasyonları frekans ve koordinat bilgileri.....	72
Tablo 7.3 Meydan civarı yükseklik bilgileri	74
Tablo 7.4. Yol noktaları	76
Tablo 7.5. Etimesgut (LTAD) pist bilgileri	78
Tablo 7.6. Etimesgut (LTAD) TACAN bilgileri	78
Tablo 7.7. NDB/DME (HAY) bilgileri.....	78

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1. Kontrol bölgesi (CTR)	28
Şekil 2.2. Kontrol sahası (CTA)	29
Şekil 2.3. Terminal kontrol sahası (TMA)	29
Şekil 3.1. Aletli yaklaşma safhaları	39
Şekil 6.1. Hava sahası konsepti	58
Şekil 6.2. PBN yönlendirmeleri	59
Şekil 6.3. Seyrüsefer doğruluğu	60
Şekil 6.4. RNAV ve RNP seyrüsefer gereklilikleri	62
Şekil 6.5. Yol Noktaları sembolleri	63
Şekil 6.6. DME/DME sistem doğruluğu	65
Şekil 6.7. DME/DME güncelleme alanı	70
Şekil 7.1. Tasarlanan STAR RNAV (DME/DME) Rwy 11	80

GÖRSELLER DİZİNİ

Sayfa

Görsel 3.1. ADF göstergesi	40
Görsel 3.2. VOR göstergesi	41
Görsel 7.1. DME istasyonlarının konumları	72
Görsel 7.2. Tasarım için belirlenen DME istasyonları	73
Görsel 7.3. Güncelleme alanı	74
Görsel 7.4. Pafta indeksi	77
Görsel 7.5. Pafta haritası	77
Görsel 7.6. Kapsama alanı ve DME güncelleme alanı	79

DENKLEMLER

Sayfa

Denklem 6.1. DME/DME sistem doğruluğu	66
Denklem 6.2. Çapraz yol toleransı	67
Denklem 6.3. Paralel yol toleransı	67
Denklem 6.4. Yarı alan genişliği	67
Denklem 6.5. Ara yaklaşma safhası yarı alan genişliği	67
Denklem 6.6. FAF yarı alan genişliği	67
Denklem 6.7. Son yaklaşma safhası yarı alan genişliği	67

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

α :	:Alpha
σ :	:Sigma
ACC	: Saha Kontrol Merkezi (Area Control Center)
ADF	: Otomatik Yön Bulucu (Automatic Direction Finder)
AFUA	: Gelişmiş Hava Sahasının Esnek Kullanımı (Advanced FUA)
AIP	: Havacılık Bilgi Yayını (Aeronautical Information Publication)
A-RNP	: Gelişmiş RNP (Advanced Required Navigation Performance)
APP	: Yaklaşma Kontrol (Approach Control)
APV	: Dikey Rehberlikli Yaklaşma (Approach With Vertical Guidance)
ATC	: Hava Trafik Kontrol (Air Traffic Control)
ATCO	: Hava Trafik Kontrolörü (Air Traffic Controller)
ATM	: Hava Trafik Yönetimi (Air Traffic Management)
ATT	: Paralel Yol Toleransı (Along-Track Tolerance)
ATS	: Hava Trafik Hizmetleri (Air Traffic Services)
BV	: Tampon Bölge Değeri (Buffer Value)
CAT	: Kategori (Category)
CF	: Fikse Uçuş Yolu (Course to Fix)
CTA	: Kontrol Sahası (Control Area)
CTR	: Kontrol Bölgesi (Control Zone)
D	: Tehlikeli Saha (Dangerous)
DF	: Direkt Fiks (Direct to Fix)
DH	: Karar Yüksekliği (Decision High)
DHMI	: Devlet Hava Meydanları İşletmesi
DME	: Mesafe Ölçüm Cihazı (Distance Measuring Equipment)
DOC	: Doküman (Documan)
DTT	: DME Sistem Doğruluğu (DME System Use Accuracy)
ENR	: Yol Safhası (Enroute)
EUROCONTROL:	Hava Seyrüseferi Emniyeti için Avrupa Teşkilatı (European Organization for The Safety of Air Navigation)
FAF	: Son Yaklaşma Fiksi (Final Approach Fix)
FAP	: Son Yaklaşma Noktası (Final Approach Point)
FAA	: Federal havacılık İdaresi (Federal Aviation Administration)

FIR	: Uçuş Bilgi Bölgesi (Flight Information Region)
FL	: Uçuş Seviyesi (Flight Level)
FUA	: Hava Sahasının Esnek Kullanımı (Flexible Use of Airspace)
Ft.	: Feet
FTE	: Uçuş Teknik Hatasının (Flight Technical Error)
FTT	: Uçuş Teknik Toleransının (Flight Technical Tolerance)
GAT	: Genel Hava Trafiği (General Air Traffic)
GBAS	: Yer Tabanlı Destek Sistemi (Ground Based Augmentation System)
GLS	: GBAS İniş Sistemi (GBAS Landing System)
GNSS	: Küresel Uydu Seyrüsefer Sistemi (Global Navigation Satellite System)
GPS	: Küresel Konumlama Sistemi (Global Positioning System)
HvKK	: Hava Kuvvetleri Komutanlığı
IAC	: Aletli Yaklaşma Haritası (Instrument Approach Chart)
IAF	: İlk Yaklaşma Fiksi (Initial Approach Fix)
IAP	: Aletli Yaklaşma Usulleri (Instrument Approach Procedure)
IAS	: İşari Hava Sürati (Indicated Air Speed)
ICAO	: Uluslararası Sivil Havacılık Teşkilatı (International Civil Aviation Organization)
IF	: Ara Yaklaşma Fiksi (Intermediate Fix)
IFP	: Aletli Uçuş Prosedürleri (Instrument Flight Procedures)
IFR	: Aletli Uçuş Kuralları (Instrument Flight Rules)
ILS	: Aletli İniş Sistemi (Instrument Landing System)
IM	: İç Marker (Inner Marker)
IMC	: Aletli Meteorolojik Şartlar (Instrument Meteorological Condition)
INS	: Ataletsel Seyrüsefer Sistemi (Inertial Navigation System)
IRS	: Ataletsel Referans Sistemi (Inertial Reference System)
IRU	: Ataletsel Referans Ünitesi (Inertial Reference Unit)
İHA	: İnsansız Hava Aracı
Kt	: Knot
LDA	: Lokalizer Yön Yardımı (Localizer Type Directional Aid)
LNAV	: Yatay Seyrüsefer (Lateral Navigation)
LPV	: Dikey Rehberlikli Lokalizer (Localizer Performance With Vertical Guidance)

M : Metre (Meter)

MAPt : Pas Geçme Noktası (Missed Approach Point)

MM : Orta Marker (Middle Marker)

MTMA : Askeri Terminal Kontrol Sahası (Military Terminal Control Area)

MTO : Meteoroloji

NATO : Kuzey Atlantik Antlaşması Örgütü (North Atlantic Treaty Organization)

NDB : Yönlendirilmemiş Radyo Bıkını (Non-directional Radio Beacon)

NextGen: Gelecek Nesil Hava Taşımacılığı Sistemi (Next Generation Air Transportation System)

NM : Deniz Mili (Nautical Mile)

NOTAM: Havacılara Bildiri (Notice to Airmen)

NPA : Hassas Olmayan Yaklaşma (Non Precision Approach)

NSE : Seyrüsefer Sistem Hatası (Navigation System Error)

OAT : Operasyonel Hava Trafiği (Operational Air Traffic)

OC : Mânia Kleransı (Obstacle Clearance)

OM : Dış Marker (Outer Marker)

P : Yasak Saha (Prohibited)

PA : Hassas Yaklaşma (Precision Approach)

PAR : Hassas Yaklaşma Radarı (Precision Approach Radar)

PANS-OPS: Hava Seyrüsefer Hizmetleri İçin Prosedürler (Procedures for Air Navigation Services)

PBN : Performans Esaslı Seyrüsefer (Performance Based Navigation)

PDE : Yol Tanımlama Hatası (Path Definition Error)

PEE : Konum Tahmin Hatası (Position Estimation Error)

P-RNAV: Hassas Saha Seyrüseferi (Precision Area Navigation)

PVT : Konum, Hız, Zaman (Position, Velocity, Time)

R : Tahditli Saha (Restricted)

RF : Sabit Yarıçap Arkı (Radius to Fix)

RNAV : Saha Seyrüseferi (Area Navigation)

RNP : Gerekli Seyrüsefer Performansı (Required Navigation Performance)

RVR : Pist Görüş Mesafesi (Runway Visual Range)

RWY : Pist (Runway)

SES : Tek Avrupa Sahası (Single European Sky)

SESAR : Tek Avrupa Sahası Hava Trafik Yönetimi Araştırmaları (Single European Sky ATM Research)

SHGM : Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü

SID : Standart Aletli Kalkış (Standart Instrument Departure)

ST : Sistem Hesaplama Toleransı (System Computational Tolerance)

STANAG: Standardizasyon Anlaşması (Standardization Agreement)

STAR : Standart Geliş Rotası (Standart Arrival Route)

TACAN: Taktik Hava Seyrüseferi (Tactical Air Navigation)

THK : Türk Hava Kurumu

THY : Türk Hava Yolları

TMA : Terminal Kontrol Sahası (Terminal Control Area)

TSE : Toplam Sistem Hatası (Total System Error)

UHF : Ultra Yüksek Frekans (Ultra High Frequency)

UIR : Üst Uçuş Bilgi Bölgesi (Upper Flight Information Region)

VFR : Görerek Uçuş Kuralları (Visual Flight Rules)

VHF : Çok Yüksek Frekans (Very High Frequency)

VMC : Görerek Meteorolojik Şartlar (Visual Meteorological Condition)

VNAV : Dikey Yaklaşma (Vertical Navigation)

VOR : Çok Yüksek Frekanslı Tüm Yönlü Radyo Verici İstasyonu (Very High Frequency Omni Directional Radio Range)

WP : Yol Noktası (Waypoint)

XTT : Çapraz Yol Toleransı (Cross-Track Tolerance)

1. GİRİŞ

Kuş gibi gökyüzünde uçuş hayali, insanı M.Ö.1760 da ilk uçurtmayı yapmasının ardından birçok çılgınlıklarla beraber gözlem ve bilimsel düşünceyle balon, zeplin, uçak derken uzay yolculuğu yapabilen araçların yapımına erişirmiştir.

Havacılıkta dönüm noktası sayılan Wright kardeşlerin 1903'te icat ettikleri uçaktan 1908'e kadar girişimleri sonrası para kazanmaları özellikle Avrupa'da ve Amerika'da uçak sanayisinin oluşturulmasını ve girişimlerin ortaya çıkmasına sebep olmuştur. Sanayi çağının gelişmesine ivme kazandıran savaşların uçak teknolojisine etkileri büyük olmuştur. Ülkelerin savunma, gözetleme ve saldırma ihtiyaçlarından ötürü gökyüzünü kullanma istekleri savaş uçaklarını geliştirmiş, beraberinde sivil uçakların gelişimine de katkı sağlamıştır. Günümüzde de insan, kendi gökyüzüne sığmayıp başka gezegenlere uçuşlar denemeye başlamıştır.

Hayatımıza girerek işlerimizi kolaylaştırmayı başaran her yeni buluşa gösterilen ilgi ve talep farklı bir ihtiyacı meydana getirebilmektedir. İnsanın uçmayı başararak giderek artan uçak sayısı bir başka ihtiyacı doğurmuştur. İlk zamanlarda uçakların birbirlerinden haberdar olma kabiliyeti bulunmadığından pilotun sadece görebildiği kadar alana hâkim olarak uçuşu söz konusuydu ve kazalardan korunmada GÖR ve GÖRÜN esastı ve artan uçuş faaliyetlerinin sonucu olarak 1922 yılında iki uçağın havada çarpışması uçaklara "tavsiye hizmeti" kavramını yaratarak Hava Trafik Hizmetinin (Air Traffic Service, ATS) doğuşuna neden olmuştur.

Tavsiye hizmeti veren ilk kontrolör tarafından konuşma ihtiyacı duyulmadan bayraklarla yapılan iş, sonradan telsizler, radarlar, uydular kullanılarak uçan bütün araçların yönetildiği havacılığın önemli bir parçası olan Hava Trafik Yönetim Sistemine dönüşmüştür. Hava trafik yönetim sisteminin amacı gelişen teknoloji ile daha da büyüyen ve karmaşık hale gelen hava trafiğinin emniyetli bir şekilde düzenlenmesidir.

Her uçak uçuşu esnasında belirli kurallar ile hava trafiğinin düzenlendiği ve emniyetin sağlandığı belirli sınırları olan bir hava sahasında bulunur. Dünya haritası farklı şekillerde çok parçalı bir yapboz olarak düşünüldüğünde her parçanın bir hava sahası olduğu, her birinin kendi yönetimi ve kuralları olduğu söylenebilir. Bu sahalardaki uçuşların düzen ve emniyeti için aynı amaçta bir araya gelen ülkelerin oluşturduğu havacılık örgütlerinin belirlediği standartlar, koordinasyon usulleri ve verdiği tavsiyeler doğrultusunda hava trafik yönetim düzenlemeleri oluşturulmaktadır. Bu düzenlemeler kontrol sahalarının belirlenmesi, hava yollarının tasarlanması, trafik ayırmaları ve uçuş

kuralları olmak üzere birçok uygulamalar barındırmaktadır.

Önceleri pilot sadece görebildiği kadar etrafına hâkim olup uçağın rotasını belirleyebilirken şimdi hava trafik hizmetiyle beraber teknolojinin yardımıyla dünyanın bir ucundan diğer ucuna pilotsuz hava aracının uçuşu gerçekleştirilebilmektedir. Bir uçak bir noktadan diğer bir noktaya yol gösterici yardımcı cihazlar vasıtasıyla yolunu kaybetmeden ulaşabilmektedir. Geleneksel olarak tabir edilen VOR (VHF Omnidirectional Radio Range), NDB (Non-directional Radio Beacon), DME (Distance Measuring Equipment) ve askeri amaçlı kullanılan TACAN (Tactical Air Navigation) gibi seyrüsefer sistemleri halen kullanımdadır. Bunlara ek olarak uydu destekli seyrüsefer sistemlerinin yardımıyla çok daha emniyetli ve ekonomik rotalar oluşturulabilmektedir. Geleneksel usullerde uçak rotasını yerdeki cihazın üzerinden uçarak gerçekleştirmek zorunda iken uydu destekli uçuşlarda daha esnek daha etkin rotalar tasarlanabilmektedir. Bu teknoloji sayesinde uçuşun en kritik safhaları kabul edilen kalkış ve iniş safhaları da hatasız şekilde yürütülebilmektedir.

1.1. Çalışmanın Amacı

Bu çalışmada; yoğun bir hava sahasına örnek Ankara TMA içinde bulunan ve çeşitli kısıtları olan Etimesgut meydanı için mevcut yaklaşma/alçalma uygulamalarından farklı olarak Saha Seyrüseferi (Area Navigation, RNAV) uygulamalarından olan DME/DME yaklaşması kuralları çerçevesinde STAR önerisi değerlendirilmiştir.

Etimesgut meydanı için halihazırda yapılan yaklaşımların/alçalmaların bir bölümü vektör hizmeti veya tanımlı olmayan rotada uçuş ile gerçekleşmektedir. Vektör hizmetinde, hava trafik kontrolörü tarafından pilota verilen uçuş başı ve irtifa gibi talimatlar ile belirli bir noktaya ulaşması sağlanır. Bu yöntemde pilot, rota ile ilgili bir öngörüsü olmadığından kontrolör talimatları ile uçuşunu gerçekleştirir. Ayrıca sürekli talimatlar nedeniyle telsiz meşguliyeti meydana gelir. Bir diğer usul ise pilotun kendi inisiyatifinde, haritalarda belirtilmiş irtifa/uçuş seviyesi kurallarına uyarak tanımlı olmayan bir rota ile istenen noktaya gitmesidir. Bu usul tavsiye edilmese de ihtiyaç halinde pilotlar tarafından talep edilebilmektedir. Bu çalışma ile geleneksel yöntemler yerine tasarlanmış, tanımlanmış bir yol ile hava trafik kontrolörünün ve pilotun bir sonraki noktada uçuş bilgilerini bildiği daha kontrollü, daha emniyetli rotada uçuş, iş yükü ve telsiz meşguliyetinin azaltıldığı bir uygulama amaçlanmıştır.

Ayrıca çalışmada, Türkiye hava sahasında ortak kullanımı mümkün olan askeri

seyrüsefer cihazlarıyla RNAV DME/DME uygulaması için alt yapının geniş bir kapsama alanına sahip olabileceği ve RNAV usullerin geleneksel yöntemlere kıyasla faydalarının ortaya çıkacağı öngörülmüştür.

1.2. Kaynak Taraması

Hava sahası tasarımı ve Performansa Dayalı Seyrüsefer (Performance Based Navigation, PBN) uygulamalarına olan ihtiyaç ile getirdiği faydalar üzerine yapılan kaynak taraması neticesinde bu konudaki çalışmalara ve halihazırda uygulanan DME/DME yaklaşımlarına ait bazı kaynaklar elde edilmiştir.

Kaçar E. (2023), hava sahası karmaşıklığına etki eden faktörleri incelediği çalışmada yaklaşma kontrol ünitesinde çalışan kontrolörler perspektifinden yaptığı değerlendirme sonucunda: Hava Sahasındaki Hava Alanı Sayısının önemli kriterlerden biri olduğu, bununla beraber Trafik Farklılıkları ve Trafikler Arasındaki Performans Farklılıklarının da önemli kriterler arasında olduğu sonucunu çıkarmıştır [1].

Guo D. ve arkadaşlarının (2021), PBN operasyonlar ile geleneksel operasyonları kıyasladıkları çalışmada PBN operasyonlarının daha az yakıt maliyeti, daha kısa rota aralığı ve kontrolör iş yükünü azaltan faydaların ortaya çıktığına tanık olmuşlardır [2].

Israel E. ve arkadaşları (2020) aletli uçuş prosedür tasarımı için paydaşların hedefleri ve güvenlik kriterleri doğrultusunda prosedürler için bir otomatik tasarım konseptini önermişlerdir. Bu öneride tasarım mimarisinin tanımlandığı otomasyon sistemi tarafından operasyon sahasında alternatif tasarımlar sunularak karmaşık hedeflerin ve kısıtlamaların dengelendiği optimal alet uçuşu prosedür tasarım çözümlerinin sağlanacağı belirtilmiştir. Yapay zekâ ve optimizasyon tekniklerinin tasarıma uygulanması, bir insan tasarımcısının tek başına yapabileceğinden çok daha kapsamlı bir çözüm araştırması sağlayacağı ve bu tür bir sistemin geniş paydaş yelpazesinin operasyonel ihtiyaçlarını karşılama potansiyeline sahip olduğu değerlendirilmiştir [3].

Smith Elida C. ve arkadaşlarının (2005), RNAV usullerinin kontrolör ve pilot arasında gerçekleşen iki yönlü iletişime olan etkisi ile ilgili yaptıkları incelemede, RNAV usullerin önceki usullere göre iletişimi önemli derecede azalttığı, bu sonuçla iki yönlü iletişimden kaynaklanan hataların azalabileceği ve kontrolör iş yükünün azalmasında fayda sağlayabileceği değerlendirilmiştir [4].

Topkova T. tarafından (2022), GNSS'in birincil seyrüsefer olarak yerini alması

sonrası geleneksel seyrüsefer yardımcılarının rollerinin değişmesi ile altyapı düzenlemesi üzerine ve GNSS'in kullanılamaz olduğu durumda alternatif çözüm olan DME cihazlarının Avrupa'daki altyapı incelemesinde trafik sayısının artması ve mevcut istasyonların belirli oranda azaltılmasında dahi yeterli olacağı sonucuna varılmıştır [5].

Membola M. (2021) askeri uçakların sivil havacılığa uyumunu arttırmaya yönelik yaptığı çalışmada, tek küresel hava sahasının kullanımı giderek daha yaygın hale gelmesiyle askeri aviyonik sistemleri için odak alanının görevin etkinliği ve hava sahasının ortak kullanımı olduğu yönünde tespit yapmıştır. Askeri uçakların sivil havacılığa uyumu ile etkili ve esnek uçuş operasyonları gerçekleştirmeyi sağlayacağı, RNP/RNAV sistemlerinin yükseltilmesi, pilotların farklı seyrüsefer sistemleri arasında geçiş yapma zorunluluğunu ortadan kaldırarak görevleri daha etkin ve esnek bir şekilde planlamalarına olanak tanıyacağı, PBN teknolojilerinin, uçuş verimliliğini artırma, güvenliği artırma, yakıt tasarrufu sağlama ve askeri uçuş sürelerini azaltma gibi çeşitli avantajlar sağlayacağı, yeni teknolojilerin ve sistemlerin, pilotların iş yükünü azaltmayı ve durum farkındalığını artırmayı hedeflediğinden bu, pilotların uçuş planlarını daha iyi görmelerini ve yakındaki tehdit bilgilerini izlemelerini sağlayacağı değerlendirilmiştir [6].

Divya C. Chandra D.C. ve Markunas R. (2017) tarafından aletli uçuş prosedürlerinin karmaşıklığı pilot perspektifinden incelenerek raporlanmıştır. 45 havayolu pilotunun katıldığı çalışmada PBN uygulamalarının (SID, STAR) tasarım aşaması, haritalandırılması ve uygulanması süreçlerinde yaşanan karmaşıklıklara yönelik görüşler bildirilmiştir. Prosedürlerin uçuş ekiplerinin iş yükü üzerindeki etkisi, haritalardaki okuma zorluğu, operasyonel karmaşıklığın çözümü için tasarımda pilot ve hava trafik kontrolörü perspektiflerinin önemli olduğu gibi sonuçlar çıkarılmış ve daha güvenli PBN tasarımları için tavsiyelerde bulunulmuştur [7].

Osturamov ve arkadaşlarının (2021) yaptıkları çalışmada Amerika'da son 15 yılda (2005-2020) rapor edilen 347 Küresel Uydu Seyrüsefer Sistemi (Global Navigation Satellite System,GNSS) hatası bildirildiği ve artmaya devam ettiği belirtilmiştir. Ayrıca GNSS sinyallerinin karıştırmaya duyarlı olması nedeniyle uçuş emniyetini aksatabileceği DME/DME yönteminin GNSS yöntemine iyi bir alternatif olduğu belirtilmiştir [8].

Lilley ve arkadaşlarının (2012) yaptıkları çalışmada teknik incelemeler sonrasında kullanılan aviyonik ve DME cihazlarının ihtiyaçtan daha fazla hassasiyete sahip oldukları ve yazılımsal güncellemeler ile "RNAV 0,3" seviyesinde dahi hizmet sağlanabileceği

tahmin ettiklerini belirtmişlerdir [9].

Bir başka çalışmada, Lo ve arkadaşları (2013) artan GNSS kullanımında olası bir arıza durumunda alternatif konumlama ve zamanlama ihtiyacını karşılamak üzere yaptıkları araştırmada DME'lerin genellikle 0.05 NM'den daha iyi menzil doğruluklarına ulaştığını ve mevcut DME'lerin doğruluğunun standartları önemli ölçüde aştığını belirtmişlerdir [10].

Yapılması planlanan STAR (RNAV1-DME/DME) için benzer çalışmalar araştırıldığında Türkiye hava sahasında uygulamasının henüz olmadığı ama Avrupa'da birçok havalimanında uygulamada olduğu görülmüştür [11]. Avrupa'da STAR (RNAV 1 DME/DME) yönteminin uygulandığı havalimanları EK 1'de gösterilmiştir.

RNAV-DME/DME yöntemi dünyanın birçok yerinde uygulanmakta ve aynı zamanda GNSS ve DME/DME/IRU olarak da uygulandığı görülmektedir. Genel olarak DME/DME tasarımı GNSS ile yapılacak olan STAR'larda alternatif seyrüsefer yöntemi olarak düşünülmüştür.

Avrupa ülkelerinin Havacılık Bilgi Yayınlarında (Aeronautical Information Publication, AIP) yayımlanan örnek DME/DME alçalma planlarından bazıları;

San Sebastian (LESO, İspanya) havalimanına ait RWY04/22 pisti için DME/DME'ye uygun tasarlanmış STAR (RNAV1) haritası EK 2'de,

Cluj-Napoca (LRCL, Romanya) meydanına ait RWY07 için RNAV (DME/DME) STAR haritası EK 3'de,

Viyana (LOWW, Avusturya) havalimanı RWY11 için tasarlanmış RNAV Arrival haritası (GNSS or DME/DME) EK 4 de,

Luebeck-Blankensee (EDHL, Almanya) havalimanı RWY07 için tasarlanan RNAV-STAR (GPS, DME/DME, DME/DME/IRU) haritası EK 5'de gösterilmiştir.

Frankfurt (EDDF, Almanya) havalimanı RWY07L/07C/07R için tasarlanan RNAV-STAR (GNSS, DME/DME, DME/DME/IRU) haritası EK 6'de gösterilmiştir.

2. HAVA TRAFİK HİZMETİ

Birden fazla uçağın aynı anda uçuşu, uçuş emniyeti için kaçınılmaz olarak ve bilgilendirme amaçlı bir hizmet ihtiyacı doğurmaktadır. “Hava trafik hizmeti: hava araçları arasında ve hava aracı ile mâniyeler arasındaki manevra alanında çarpışmaları önlemek ve hava trafiğinin düzenli akışını hızlandırmak ve sürdürmek amacıyla sağlanan bir hizmettir.” [12] tanımı verilen hizmetin önemini yeterince anlatmaktadır. Bu hizmeti vermek Hava Trafik Kontrolörünün (ATCo) görevidir. Hava trafik kontrolörü, özellikle pilot için görerek uçuşun mümkün olmadığı durumlarda kendisini yönlendirmesi için teslim ettiği kişidir.

Hava trafik kontrol mesleği ile ilgili araştırmalar en stresli mesleklerden biri olduğunu göstermektedir [13]. Hava trafiği biraz daha araştırıldığında bu karmaşıklığın insan tarafından çözümlenmeye çalışıldığı ayrıca şaşırtıcı olmaktadır. Hava trafik kontrolörlerinin uçuş emniyetinde önemli rol oynamalarından dolayı yapılan işe kusursuz uyum sağlamaları beklenmektedir. Bunun üstesinden gelecek nitelikli ve yetkin kişilerin belirlenmesi ve eğitimleri için tavsiyeler uluslararası dokümanlarda belirtilmiştir. Hizmet sağlayıcı kuruluşlar bu dokümanlar doğrultusunda kontrolör temini sağlayarak eğitimlerini düzenlemektedirler. Bu dokümanlardan bazıları şunlardır:

- ICAO (Uluslararası Sivil Havacılık Örgütü) EK 1- Personel Lisansları
- ICAO Doc.10056-Hava Trafik Kontrolörü Yetkinlik Esaslı Eğitim ve Değerlendirme Kılavuzu (Manual on Air Traffic Controller Competency-based Training and Assessment)
- ICAO Doc. 9835- Dil Yeterliliği Gereksinimlerinin Uygulanmasına İlişkin Kılavuz (Manual on the Implementation of ICAO Language Proficiency Requirements)
- ICAO Doc. 9868-Hava Seyrüsefer Hizmetlerine İlişkin Prosedürler-Eğitim (Procedures for Air Navigation Services -Training)
- EUROCONTROL ESARR (European Safety Regulatory Requirements) 5- EAM 5 / GUI 1- Hava Trafik Kontrol Görevlileri için ESARR 5 Gerekliliklerine İlişkin Açıklayıcı Materyal – Bölüm A (Explanatory Material on ESARR 5 Requirements for Air Traffic Control Officers – Part A)
- FAA (Federal Aviation Administration)- Hava Trafik Becerileri Değerlendirmesi (Air Traffic Skills Assessment , ATSA)
- FEAST- İlk Avrupa Hava Trafik Kontrolörü Seçim Testi (First European Air

traffic Controller Selection Test)

- SHY 65,01-Hava Trafik Kontrol Hizmetleri Personeli Lisans Ve Derecelendirme Yönetmeliği (Türkiye Cumhuriyeti Ulaştırma Bakanlığı-2007)
- Türk Silahlı Kuvvetleri Hava Trafik Kontrol Hizmetleri Personeli Lisans Ve Derecelendirme Yönetmeliği (T.C. Millî Savunma Bakanlığı-2013).

2.1. Türkiye’de Hava Trafik Kontrol Hizmeti

Tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de gelişen havacılık faaliyetleri 1912 yılında İstanbul-Sefaköy’de küçük bir meydanla başlamış, 1925 yılında Türk Tayyare Cemiyeti ile sivil havacılığının temeli atılmış ve 1933 yılında ilk sivil hava taşımacılığı yapılmıştır. Cumhuriyetimizin 10. yılında, Millî Savunma Bakanlığı'na bağlı olarak "Havayolları Devlet İşletme İdaresi" kurulmuş ve Türkiye’de sivil hava yolları kurmak ve taşıma yapmak üzere görevlendirilmiştir. 1954 yılında Ulaştırma Bakanlığı bünyesinde kurulan "Sivil Havacılık Dairesi Başkanlığı", 1987 yılında "Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü" (SHGM) olarak yeniden teşkilatlandırılmıştır. SHGM her geçen gün kendini yenileyerek ve geliştirerek ulusal çıkarlarımızın korunması ile uluslararası ilişkilerimizin düzenli bir şekilde yürütülmesi ve denetlenmesi için faaliyetlerine devam etmektedir. Bu faaliyetler doğrultusunda sektördeki iş yükünün neredeyse tamamı olan Türkiye havalimanlarının işletilmesi ile Türkiye hava sahasındaki hava trafiğinin düzenlenmesi ve kontrolü görevi, SHGM denetiminde Devlet Hava Meydanları İşletmesi (DHMİ) Genel Müdürlüğüne yerine getirilmektedir [14].

Türkiye’de havacılık faaliyetlerinin önemli unsuru olan askeri havacılık da gün geçtikçe gelişimini sürdürmektedir. Osmanlı ordusunun 13 Şubat 1911 tarihinde Avrupa’ya pilotaj eğitimine personel göndereceğini ilan etmesinden sonra müracaat edenlerin tespit edilmesi amacıyla 1 Haziran 1911 tarihinde Kıttaat-ı Fenniye Müfettişliğinin önerisi ve Erkân-ı Harbiye Dairesinin uygun görmesi üzerine bir komisyon kurulması kararlaştırılmıştır. Teşkilî kararlaştırılan “Tayyare Komisyonu” günümüzde Türk Hava Kuvvetlerinin ilk teşkilî olarak kabul edilmiştir [15]. O günden bugüne envanterinde yüzlerce uçak barındıran Türk Hava Kuvvetleri özellikle 2000’li yıllarından itibaren etkin bir hale gelen Türk hava harp sanayiinin kamu ve özel teşebbüs yatırımları ile bünyesine yeni nesil uçak ve insansız hava aracı sistemlerini dahil etmiştir. Hava Kuvvetleri sahip olduğu uçaklar ile kendisine ait havaalanlarında uçuşlarını icra ederken Türk hava sahasındaki faaliyetleri sivil ve askeri ünitelerin koordinasyonu ile

yürütülmektedir. Önceden askeri havaalanları sadece askeri trafikler için kullanılırken 2000’li yıllardan sonra hava yolu taşımacılığında artan taleple birlikte daha fazla havaalanlarına ihtiyaç doğdu ve kamu yararı gözetilerek askeri maksatlı kullanılan havaalanları sivil uçuşlara açıldı. Sivil kullanıma açılan askeri meydanlarda yer hizmetleri DHMİ sorumluluğunda olsa da hava trafik hizmetlerinde iş yükü ortaklığı başlamıştır. Bazı askeri meydanlarda hava trafik hizmeti DHMİ personeli tarafından yürütülürken sivil hava trafiğine açık olan 57 havalimanının 8 tanesinde (Amasya/Merzifon, Balıkesir/Merkez, Batman, Diyarbakır, Kayseri, Kocaeli/Cengiz Topel, Konya, Malatya) meydan kontrol ve yaklaşma kontrol hizmeti askeri hava trafik kontrolörleri tarafından verilmektedir.

Bu birleşimle Türk hava sahasındaki sivil ve askeri trafiklerin yönetimini DHMİ tarafından “SHY 65-01 Hava Trafik Kontrol Hizmetleri Personeli Lisans Ve Derecelendirme Yönetmeliği” ile belirlenmiş ve uluslararası standartlarda eğitim almış kontrolörler ile Türk Hava Kuvvetleri Komutanlığı (HvKK) tarafından “Türk Silahlı Kuvvetleri Hava Trafik Kontrol Hizmetleri Personeli Lisans Ve Derecelendirme Yönetmeliği” ile belirlenmiş ve uluslararası standartlarda eğitim almış kontrolörler beraber sağlamaktadır.

DHMİ’nin 2023 faaliyet raporuna göre, 2023 yılında Türkiye genelinde sivil ticari uçak trafiğine açık 57 havalimanına inen-kalkan uçak trafiği; iç hatlarda 869.404 ve dış hatlarda 816.473 olmak üzere, toplam 1.685.877 olarak kaydedilmiştir. Belirtilen bu sayılara üst geçiş (overflight) (485.453) ve operasyonel uçuşlar da eklendiğinde hava sahasında verilen hava trafik hizmetinin kapasitesi görülebilir [16].

Her ne kadar Türk hava sahasında sivil trafiğin yönetimi DHMİ faaliyetinde olsa da verilen hava trafik hizmetine ortak olan askeri havalimanlarında görev yapan askeri kontrolörlerin katkısı da göz ardı edilemeyecek kadar fazladır.

2.2. Hava Sahasının Organizasyonu

Bir hava sahasında yapılacak olan uçuş faaliyetlerinin emniyetli bir şekilde yürütülmesi için organizasyona ihtiyaç vardır. Bu organizasyonda hava sahasının kurulması ve adlandırılması, hava sahası sınırlamaları, hava sahası sınıflandırmaları, Uçuş Bilgi Bölgesi (Flight Information Region, FIR) ve ATS Yolları, Hava Sahasının Esnek Kullanımı (Flexible Use of Airspace, FUA) gibi birçok düzenleme yapılmalıdır.

Her ülkenin hava sahası ve civarı, ülkenin büyüklüğüne, konumuna ve hava

trafiğinin durumuna göre bir veya daha fazla uçuş bilgi bölgesine (FIR) bölünür. Örneğin Türkiye'nin hava sahası Ankara FIR ve İstanbul FIR olmak üzere iki uçuş bilgi bölgesine bölünmüştür. FIR, uçuş bilgi servisi ve uyarı servisinin sağlandığı belirli bir hava sahasıdır.

- Uçuş Bilgileri Servisi: Uçuşların güvenli ve etkili bir şekilde yürütülmesi için yararlı tavsiyeler ve bilgi vermek amacıyla verilen bir hizmettir.
- Uyarı Servisi: Arama ve kurtarma yardımına ihtiyaç duyan uçaklarla ilgili, servisleri bilgilendirmek ve bu organizasyonlara yardımcı olmak için verilen bir hizmettir.

FIR'lar deniz seviyesinden belirli bir irtifaya kadar olan bölgeyi kapsarlar. Bazı durumlarda, FIR'ın dikey bir ayırması vardır; bu durumda, alttaki bölüm FIR olarak kalırken, yukarıdaki hava sahası Üst Uçuş Bilgi Bölgesi (Upper Flight Information Region, UIR) olarak adlandırılır [17]

Herhangi bir FIR içerisindeki hava sahaları kontrollü ve kontrolsüz olmak üzere iki ana kısma ayrılırlar. Kontrollü ve kontrolsüz hava sahaları da kendi ICAO tarafından belirlenmiş çeşitli bölümlere ve sınıflara ayrılırlar

ICAO hava sahasını sağlanan hava trafik hizmetlerine ve uçuş gerekliliklerine göre yedi sınıfa (A, B, C, D, E, F ve G) kontrollü ve kontrolsüz hava sahası olarak ayırır. Kontrollü hava sahası A, B, C, D ve E Sınıflarını kapsar. Kontrolsüz hava sahası F ve G sınıflarını kapsarken, her bir hava sahası sınıfı uçakların tam olarak nasıl uçuşması gerektiğini belirten bir dizi kural içerir. ICAO, düzenleyici bir kurum olarak, üye devletlerin gereksinimlerine uyan hava sahası sınıflarını seçmesine izin verir. Hava sahası sınıfları içinde, emniyet iki uçak arasında gerekli ayırma korunarak sağlanır [18]. Hava sahalarının sınıflandırılması ve belirlenmesi şu şekildedir:

- A Sınıfı. Sadece IFR (Instrument Flight Rules, Aletli Uçuş Kuralları) uçuşlara izin verilmektedir, tüm uçuşlar hava trafik kontrol hizmeti ile birlikte verilmektedir ve birbirinden ayrılmıştır.
- B Sınıfı. IFR ve VFR (Visual Flight Rules, Görerek Uçuş Kuralları) uçuşlara izin verilmekte olup, tüm uçuşlar hava trafik kontrol hizmeti ile birlikte verilmektedir ve birbirinden ayrılmıştır.
- C Sınıfı. IFR ve VFR uçuşlara izin verilmekte olup, tüm uçuşlara hava trafik kontrol hizmeti verilmektedir ve IFR uçuşları diğer IFR uçuşlarından ve VFR uçuşlarından ayrılmıştır. VFR uçuşları, IFR uçuşlarından ayrılır ve diğer VFR

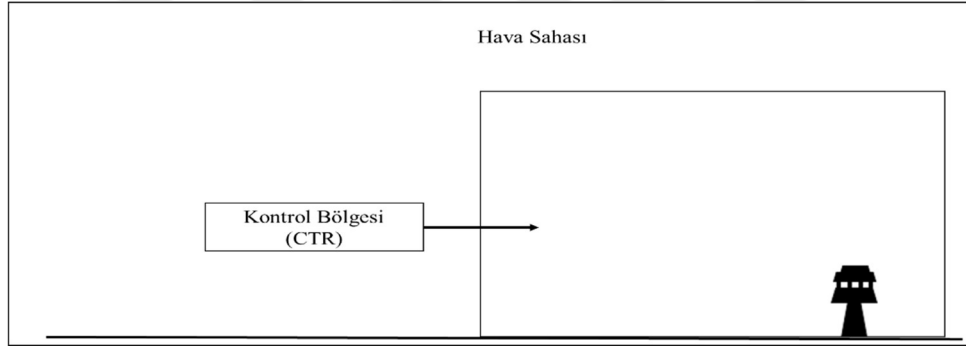
uçuşlarına ilişkin trafik bilgilerini alır.

- D Sınıfı hava sahasında hem IFR hem de VFR trafiğinin ATC izinlerine uyması gerekir; ancak ATC yalnızca IFR karşı IFR ayırımından sorumludur.
- E Sınıfı hava sahasında ATC, IFR ve VFR trafik arasında ayırım sağlamaz; IFR trafik, kontrolsüz VFR trafikten ayrılma sorumluluğunu o trafikle paylaşır [19].

2.2.1. Hava sahası içindeki bölgeler

İçerisinde yer alan TMA'lar, Kontrol Bölgeleri (Control Zone, CTR), Kontrol Sahaları (Control Area, CTA) ve Saha Kontrol Merkezi (Area Control Center, ACC) hava sahasını veya FIR'ı oluşturur.

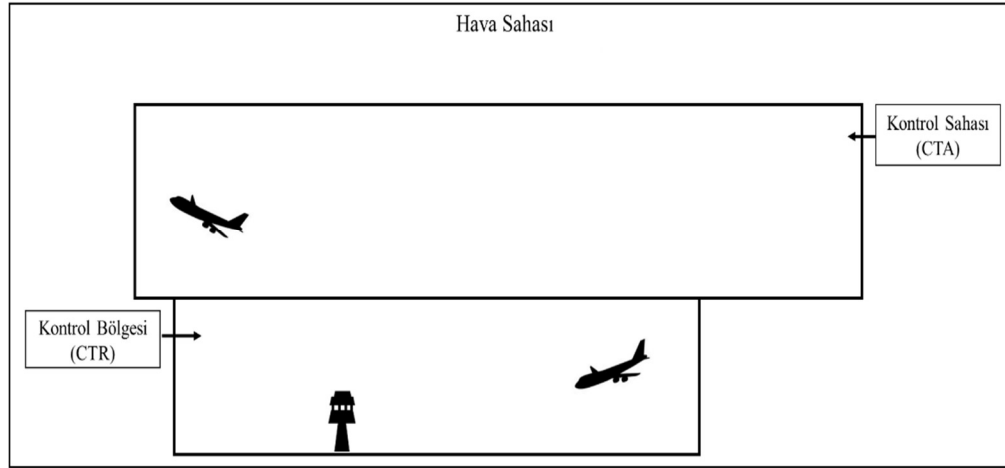
Kontrol Bölgesi: Kontrollü trafik bölgesi olarak bilinen bu bölge (Şekil 2.1.), normalde bir havaalanı çevresinde bulunan, yüzeyden belirlenen bir üst sınıra uzanan alanda, bu havalimanından ve bu havalimanına faaliyet gösteren hava trafiğini korumak için belirlenmiştir. Bu hava sahası genellikle bir kule kontrolörüne verilmiş hava sahasıdır.



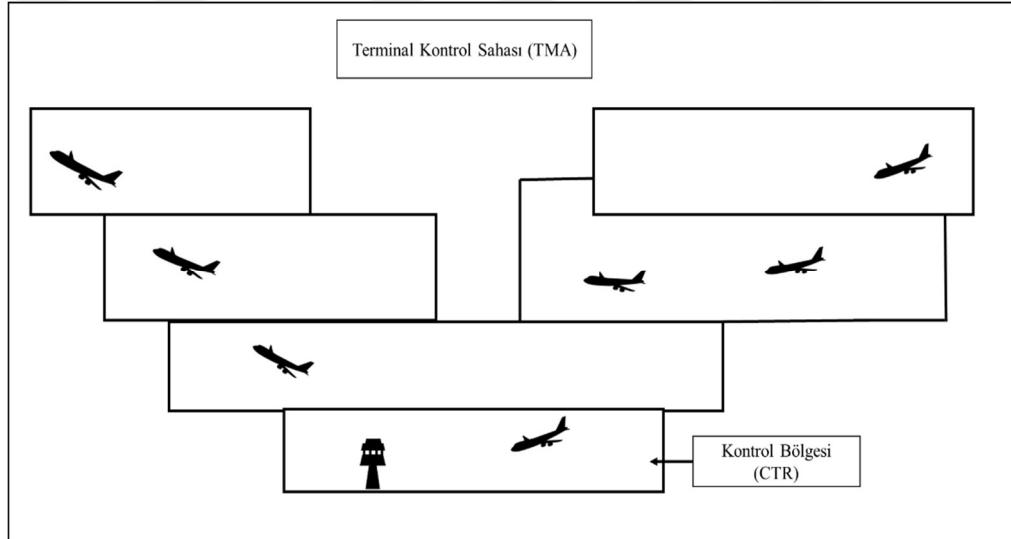
Şekil 2.1. Kontrol bölgesi (CTR)

Kontrol Sahası: Bir havalimanının çevresinde bulunan ve daha düşük bir seviyeden belirli bir üst seviyeye uzanan kontrollü bir hava sahasıdır (Şekil 2.2.). Bu alt seviye zemin olmayacaktır. Genellikle bir kontrol bölgesinin üstünde yer alır ve havalimanından tırmanan uçaklara koruma sağlar.

Terminal Kontrol Sahası: Büyük bir havalimanını çevreleyen yüksek miktarda trafiğe sahip kontrollü bir hava sahasıdır (Şekil 2.3.). TMA'nın, CTA'dan farkı birden fazla büyük alana bölünmüş olmasıdır. TMA, yaklaşma kontrol (Approach Control, APP) servisinin sağlandığı hava sahasıdır.



Şekil 2.2. Kontrol sahası (CTA)



Şekil 2.3. Terminal kontrol sahası (TMA)

Askeri meydanların ve uçuşlarının kontrol edildiği sahaya ise Askeri Terminal Kontrol Sahası (Military Terminal Control Area, MTMA) denmektedir.

TMA'ların oluşturulma amacı, bir TMA içinde yer alan tüm askerî ve sivil meydanların uçuş faaliyetleri ile bu meydanlara dışarıdan gelen ve bu meydanlardan giden trafiklerin düzenli ve emniyetli bir şekilde uçuşlarını gerçekleştirilmesine yardımcı olmaktır. Meydan seviyesinden değil, belirli bir irtifadan başlar ve üst limiti genellikle Uçuş Seviyesi (Flight Level, FL) olarak ifade edilir [20].

Saha kontrol merkezi: ACC, havaalanı yaklaşmaları ve gidişleri arasındaki yüksek irtifalarda IFR uçuşlarına güzergâh kontrol hizmetinin sağlandığı hava sahasıdır [17].

2.3. Hava Sahasının Planlanması ve Tasarımı

Hava sahası FIR'lara ayrıldıktan ve kontrol sahaları belirlendikten sonra bu sahaların içinde yapılacak havacılık faaliyetleri için kurallar ve yöntemler belirlenir. Bunları belirlerken hizmet verilecek uçuş koşulları, uçak çeşitliliği, uçuş rotasını etkileyebilecek mâniolar, uçuşa kısıtlanmış sahalar ve diğer havalimanları (içerisinde birden fazla havalimanı bulunan sahalarda) uygulanacak kural ve yöntemlere etki edecektir. Uluslararası standartları sağlamak adına kullanılan başlıca temel dokümanlar şunlardır;

- ICAO Doc 8168 VoL-2 Hava Seyrüsefer Hizmetleri için Kurallar-Uçak İşletmeciliği (PANS-OPS)
- ICAO Doc 9368: Alet Uçuş Prosedürlerinin Tasarımı
- ICAO Doc 9371: Bekleme, Dönüş ve Patern Prosedürlerinin Tasarımı
- ICAO Doc 9905: RNP AR Prosedür Tasarım Kılavuzu
- ICAO Doc 9906: Uçuş Prosedürü Tasarımı için Kalite Güvence Kılavuzu
- ICAO Doc 9613: Performansa Dayalı Seyrüsefer Kılavuzu
- ICAO Doc 9426: Hava Trafik Hizmetleri Planlama Kılavuzu
- ICAO Ek 11: Hava Trafik Hizmetleri,
- ICAO Ek 14: Havaalanları,
- ICAO Ek 15: Havacılık Bilgi Hizmetleri,
- ICAO Ek 16: Çevresel Koruma,
- STANAG (Standardization Agreement, NATO) 3759- Aletli Yaklaşma ve Ayrılma Prosedürlerinin Hazırlama Kılavuzu,
- STANAG 7199- Uçuş Prosedürleri.

Ülkeler bu dokümanlar doğrultusunda oluşturduğu standartları veya standart dışı uygulama ve kuralları içeren AIP dokümanını yayımlamaktadır.

2.3.1. Hava sahası tasarımını etkileyen unsurlar

Tasarlanacak olan hava sahasındaki çeşitli koşullar (coğrafi, yaşam alanları vb.) ve uyulması gereken kurallar nedeniyle oluşturulmak istenen kontrol bölgeleri ve uçuş rotaları etkilenecektir. Bu unsurların dikkate alınmasıyla uçuş emniyeti sağlanarak tasarım gerçekleştirilebilir.

2.3.1.1. Uçuş koşulları

Hava sahasında hizmet verilecek trafiğin uçuş koşulu uygulanacak yöntemlerin belirlenmesinde önemli bir etkidir. İki tip uçuş koşulundan birincisi görerek uçuş kuralları (VFR) ile pilotun uçağın kontrolünü ve seyrüseferini uçak dışını gözle takip ederek yaptığı uçuştur. Görerek uçuş yapılabilmesi için gerekli meteorolojik koşullara Görerek Uçuş Meteorolojik Şartları (Visual Meteorological Condition, VMC) denir. Görerek uçuş meteorolojik şartları görüş, bulutlara olan mesafe ve tavan olarak ifade edilen ve tespit edilen minimum değerlere uygun veya bunun üzerindeki meteorolojik şartlardır. ICAO'nun Ek 2 (Hava Kuralları) dokümanında bu şartlar belirtilmiştir. İkinci uçuş tipi ise Aletli Uçuş Kuralları (IFR) ile uçuştur. Koşulların görerek uçuş için belirlenen minimum değerlerden daha aşağıda olduğu şartlara Aletli Meteorolojik Şartlar (Instrument Meteorological Condition, IMC) denir. Bu şartlarda, pilotun sahip olduğu lisans ve dereceler ile uçaktaki cihazlar yeterli ise Aletli Uçuş Kuralları ile uçuş yapılabilir. Alet uçuşu olarak da tanımlanan bu uçuşta pilot uçak içindeki cihazları, göstergeleri ve seyrüsefer yardımcılarını kullanarak uçuşu gerçekleştirir.

2.3.1.2. Mânialar

Uçakların yerde veya uçuşu esnasında korunması için belirlenmiş alanları aşan ya da bu alanların dışında ancak hava seyrüseferine tehlike oluşturduğu değerlendirilen geçici, sabit ya da hareketli cisimler mânia olarak tanımlanır. Uçakların özellikle tırmanma ve alçalma sırasında mânialardan kaçınma prosedürler daha hassas belirlenmektedir. Hava sahasının tasarımına mânia yönünden yardımcı olan, ICAO Ek-14 (Havaalanları), ICAO Doc. 9859 (Emniyet Yönetim Kılavuzu), ICAO Doc.8168 (Hava Seyrüsefer Hizmetleri için Kurallar-Uçak İşletmeciliği-PANS-OPS) ve havalimanlarında kullanılan seyrüsefer yardımcı cihazlarını ilgilendiren ICAO Eur. Doc. 015 (Avrupa Bina Kısıtlı Alanlarının Yönetimine İlişkin Kılavuz) gibi mevzuatlar bulunmaktadır.

2.3.1.3 Uçuş yapılması kısıtlanmış sahalar

Hava sahasında çeşitli nedenler ile uçuş için uygun olup olmadığı önceden belirlenmiş ve yayımlanmış olan sahalar şöyle tanımlanmıştır; içinde uçuş yapılmasının belli şartlara bağlandığı saha Tahditli Saha (Restricted, R), uçuş yapılması yasaklanmış, hudutları belirli hava sahası Yasak Saha (Prohibited, P), içerisinde uçuşlara tehlike

yaratacak faaliyetlerin yapılabileceği sınırları belirlenmiş hava sahası Tehlikeli Saha (Dangerous, D).

2.3.1.4. NOTAM

NOTAM, usulleri ICAO Ek-15 (Havacılık Bilgi Hizmetleri) ve ICAO Doc. 8126 (Havacılık Bilgi Hizmetleri Kılavuzu) dokümanlarında belirtilen şekilde uçuş harekâtı ile ilgili personele herhangi bir havacılık kolaylığı, hizmeti, yöntemi ya da bir tehlikenin varlığı, koşulları veya değişikliğine ilişkin bilgileri, zamanında duyurma amacıyla yapılan bir uyarı yayınıdır. Hava sahasının kullanımını etkileyebilecek durumlar NOTAM'lar ile önceden bildirilerek gerekli yöntem ve usullerin belirlenmesi sağlanır.

2.3.1.5. Sivil ve askeri trafikler

Ticari amaçlı uçuşlar ile ülke savunması veya kamu yararı için yapılan uçuşların önemi doğal olarak birbirinden farklılık göstermektedir. Uçuş gereksinimlerinin yanında uçak performansları da sağlanan hizmette farklılıklar yaratmaktadır. Bir havayolunda uçan ticari yolcu taşıma uçağı ile üzerinde bomba taşıyan F-16 veya kamera ve silahla donatılmış İnsansız Hava Aracının (İHA) performansı ve talepleri birbirinden farklı olacaktır. Bu nedenlerle uçak ve görev çeşitliliği için de prosedürlerin uygun şekilde tasarlanması ve yönetilmesi gerekmektedir. Bu trafiklerin uluslararası sınıflandırmaları ise şu şekildedir: Genel Hava Trafiği (General Air Traffic, GAT), ICAO kural ve prosedürlerine uygun olarak gerçekleştirilen tüm uçuşları kapsamaktadır. Bunlar, ICAO kurallarının operasyonel gereklilikleri karşıladığı askeri uçuşları içerebilir. ICAO kural ve prosedürlerine uymayan askeri trafiğe Operasyonel Hava Trafiği (Operational Air Traffic, OAT) adı verilmektedir. OAT Avrupa'da GAT için belirtilen hükümlere uymayan ve ilgili ulusal otoriteler tarafından kural ve prosedürler belirlenmiş olan tüm uçuşlar için kullanılmaktadır [21]. Askeri görevler dışında devlet adına uçan (polis, yangın söndürme, ambulans vb.) trafikler de OAT kapsamında sınıflandırılmaktadır.

2.4. Hava Sahasında Düzenlemeler ve Uygulamalar

Hava sahasının tasarımı emniyet ve düzenin yanında sahanın en etkin ve en verimli şekilde kullanımını hedefler. Artan talep, teknolojik gelişmeler, farklı amaç ve ihtiyaçlar nedeniyle farklı tip uçak faaliyetleri hava sahalarının karmaşıklığını arttırırken kapasitelerini zorlamaya başlamıştır. Sivil havacılık örgütleri ortaya çıkan sorunlara

ilişkin sürekli yeni konsept ve yöntemler bulmaya çalışmaktadır.

2.4.1. Hava sahasının esnek kullanımı (FUA)

Askeri amaçla ayrılmış sahaların kullanılmadığı zamanlarda sivil kullanıma açılmasını amaçlayan FUA konsepti hayata geçirilmiştir. FUA, 10 Mart 2004 tarihli ve 551/2004 sayılı Tek Avrupa Sahası (Single European Sky, SES) mevzuat paketinin 7. maddesi ile 20 Nisan 2004 tarihinde yürürlüğe girmiştir. SES, hava sahasının kullanımı ve düzenlenmesiyle ilgili olup, amacı ortak ulaştırma politikası çerçevesinde daha bütünleşmiş bir hava sahası fikrini desteklemek, etkin ve emniyetli hava trafik yönetimi sağlanabilmesi için ortak tasarım, planlama ve yönetim usullerini belirlemektir [22].

FUA konseptine göre hava sahası ne sivil ne de askeri uçuşlara aittir. Hava sahası, günlük ihtiyaçlara göre sivil ve askeri uçuşlara tahsis edilerek, devamlı ve esnek olarak yönetilir. Yapılması mecburi olan hava sahası bölümlenmeleri, geçici yapıdadır. FUA konsepti hava sahasının esnekliğini artırırken, hava trafik sisteminin kapasitesini de artırır [23]. FUA sayesinde, ileri seviye iş birliği ve üst düzey sivil-askeri koordinasyon sağlanır, hava sahasının dinamik yapısı güçlenir ve daha verimli ATS yol yapıları oluşturulur. Bu sayede hava sahasında hava araçlarının uçuş mesafelerinin kısalması, yakıt tüketimlerinin iyileşmesi, atmosfere bırakılan emisyon miktarının azalması ve zaman tasarrufu gibi ilave kazanımlar sağlanmaktadır [22].

FUA'nın sağladığı rota avantajları ile iş yükünde azalma, yakıt tasarrufu ve çevre etkiye olan faydası SESAR (Single European Sky ATM Research)'ın yayımladığı "Avrupa Hava Trafik Yönetimi (Air Traffic Management, ATM) Ana Plan (Master Plan, MP) 3.Kademe" dokümanında vurgulanmıştır [24]. EUROCONTROL ise sağlanan faydalar sonrasında uygulamaya konulan Gelişmiş Hava Sahasının Esnek Kullanımı (Advanced FUA) konsepti ile düzeyde hava sahası kullanımı daha güvenli, verimli ve doğru bilgi/veri akışı sağlanabildiğini duyurmuştur [25].

2.4.2. İnsansız hava araçları için düzenlemeler

Sektörde her ne kadar düzenleme yapılırsa yapılsın bazen bu düzenlemeler teknolojinin hızına yetişememektedir. Özellikle son dönemde gündemi meşgul eden insansız hava araçlarının yaygın kullanımı ayrı bir çözüm bekleyen, hava sahasının yeni bir sorunudur. Her ne kadar hava trafiği açısından bir yük gibi görünse de sağladığı faydalar neticesinde hava sahalarında yerini almış ve kullanımı yaygınlaşmıştır.

İHA, aerodinamik kuvvetler aracılığıyla sürekli uçuş yapma yeteneğinde olan, üzerinde pilot bulunmaksızın uzaktan İHA pilotu tarafından kontrol edilerek veya otonom operasyonu İHA pilotu tarafından planlanarak uçurulan ya da havada kalabilen hava aracı olarak tanımlanmaktadır [26]. İHA'lar için kural ve düzenlemelerin oluşturulmasına halen devam edilmektedir. İHA'ların sivil hava sahasına tam entegrasyonuna yönelik uluslararası ve ulusal düzeyde düzenlemelerin 2030 yılı civarında tamamlanabileceği değerlendirilmektedir [27]. Türk hava sahasındaki İHA faaliyetleri için düzenlenen SHT-İHA (İnsansız Hava Aracı Sistemleri Talimatı) 2020 yılında revize edilerek yayımlanmıştır [26].

Bu talimatın 2'nci maddesinde belirtilen;

(1) Bu Talimat, Türk hava sahasında uçacak İHA'ları, ilgili sistemleri, bunları ithal edecek, satışını yapacak, işletecek ya da kullanacak gerçek ve tüzel kişileri, bu kapsamda görev alacak personeli, İHA ekibini ve hava sahası kullanımı ile verilecek hava trafik hizmetlerini kapsar.

(2) Aşağıdaki İHA ve sistemleri bu Talimatın kapsamı dışındadır:

- a) Devlet insansız hava araçları,
- b) Yalnızca kapalı alanlarda kullanılan İHA ve sistemleri,
- c) Yere veya herhangi bir platforma bağlı olan insansız balon ve benzeri sistemler,

ç) Azami kalkış ağırlığı 500 gr'dan daha az olan İHA'lar.” ifadesinden de anlaşılacağı gibi tüm faaliyetleri kapsayacak düzenlemeler oluşturulamamıştır.

2.4.3. Yakıt tasarrufu ve çevresel etki düzenlemeleri

Havacılık faaliyetleri sağladığı ulaşım, istihdam ve ekonomik anlamda faydalarının karşılığında hava kirliliği, biyoçeşitlilik, iklim değişikliği, gürültü gibi birçok konuda olumsuz etkiler yaratmaktadır [28].

Çevresel etki bahsinde, iklim değişikliğine insan kaynaklı karbon emisyonu değerlendirmesinde havacılığın oranının %3 olduğu, 2050 yılında %15'lere varacağı tahmin edilmektedir [29].

Emniyetli bir uçuşla beraber uçuş maliyetlerini düşürmek ve çevresel etkilerini en aza indirme gayreti tasarımcıları sürekli etkin ve verimli bir uçuş yöntemi araştırmasına itmektedir.

Eurocontrol bölgesi hava sahasında 1 NM (Deniz Mili, Nautical Mile) mesafe

tasarrufu yıllık yaklaşık 4 milyon NM mesafeye, 24.000 ton yakıt tasarrufuna, 80.000 ton CO₂'nin daha az salınmasına ve 20 milyon Euro'ya eşit olduğu tahmin edilmektedir [30].

SESAR, Gelecek Nesil Hava Taşımacılığı Sistemi (NextGen) gibi büyük uluslararası projelerin yardımıyla, hava trafiği yönetimi alanında optimal rota, yakıt verimliliği, uçak emisyonları gibi birçok sistem iyileştirmesi gerçekleştirilmiştir.

ICAO'nun 2030 yılına kadar iç ve dış hat yolcu sayısının altı milyara ulaşacağı tahmini [31] dikkate alındığında hava sahasının verimli kullanılarak yakıt tasarrufu ve çevresel etkiyi azaltmak için yeni çalışmalar ile çözümlerin getirilmesi gerektiği ortaya çıkmaktadır. ICAO'nun çevresel etki alanında düzenlemeler önerdiği doküman ICAO Ek-16 (Çevresel Koruma)'dır.



3. UÇUŞ OPERASYONLARI

Gör ve görün ile başlayan seyrüsefer, aletli uçuş becerisiyle pilotun etrafını görmesine gerek duymadan bir meydandan başka bir meydana uçuşuna imkân kazandırmıştır. Yer bazlı yardımcı cihazların uzun yıllar kullanımı ile gerçekleştirilen bu yöntem geleneksel seyrüsefer olarak tanımlanmaktadır. Yer bazlı seyrüsefer sistemlerine ek olarak günümüzde uydu bazlı seyrüsefer hızla yerini almaktadır.

Aletli Uçuş Prosedürleri (Instrument Flight Procedure, IFP); bir havaalanından kalkıştan diğer havaalanına inişe kadar emniyetli ve düzenli uçuş operasyonları gerçekleştirmek için mânialardan korunarak uçuş aletlerinin yardımıyla yapılan daha önceden belirlenmiş yayınlanan önceden tanımlı bir seri manevradan oluşur.

Türkiye AIP'sinde “Türkiye’de Bekleme, Yaklaşma ve Kalkış usullerinin oluşturulmasında kullanılan kriterler; ICAO Doc. 8168/Vol-2 dokümanının son versiyonunda yer alanları içerir.” [32] ifadesiyle uluslararası standartlara uyum belirtilmiştir. Bu doküman; Prosedür uzmanlarına yönelik rehber dokümandır. Emniyetli, düzenli aletli uçuş operasyonlarının başarılması için temel alanları ve Mânia Kleransı (Obstacle Clearance, OC) gerekliliklerini tanımlar. Seyrüsefer hizmeti sağlayıcılarının ve aletli uçuş haritası üreten organizasyonların temel yönergesidir.

Seyrüsefer sistemlerinin birbirine göre üstün ve eksik tarafları vardır. Bu eksik tarafları gidermek ve daha hassas konum bilgileri elde edebilmek için bütünleşik yöntemler kullanılabilir. Yer tabanlı seyrüsefer cihazlarının yanı sıra uydular vasıtasıyla elde edilen hassas konum bilgileri günümüzde tüm sivil ve askeri uçaklar için kolaylık ve emniyet sağlamaktadır.

3.1. Aletli Yaklaşma Usulü

IFR uçuş yapan trafik havalimanına yaklaştıktan sonra alçalma ve iniş usullerini uygular. Aletli yaklaşma usulleri (Instrument Approach Procedure, IAP), ICAO Doc. 8168 dokümanında “Uçağı ilk yaklaşma fiksinden veya tanımlanmış geliş yolunun başından inişin tamamlanabileceği bir noktaya getirecek, eğer iniş tamamlanamayacaksa bir bekleme noktasına getirecek veya belli bir yüksekliğe tırmandıracak, mânialardan koruyarak uçuş aletlerinin yardımıyla yapılan daha önceden belirlenmiş manevralar serisi.” olarak tanımlanır [33]. Bir aletli yaklaşma usulü 5 ayrı kısımdan oluşur. Bunlar; geliş, ilk, ara, son ve pas geçme kısımlarıdır (Şekil 3.1.).

3.1.1. Geliş safhası

Bu safhada temel amaç, uçağın yol aşamasından ilk yaklaşma fiksine gelişini sağlamaktır. Bu rotalar, operasyonel anlamda avantaj sağlamak için tesis edilir ve yayınlanır [34].

3.1.2. İlk yaklaşma safhası

Uçağı ara yaklaşma veya son yaklaşma safhasına hizalamak için bir yöntem sağlamak ve hizalama sırasında alçalmasına izin vermektedir. Bu bir DME yayı, bir prosedür dönüşü, bekleme paterni veya son yaklaşım rotasını kesen bir rotayı takip ederek gerçekleştirilir. İlk yaklaşım safhası bir ilk yaklaşma fiksine (Intial Approach Fix, IAF) başlar ve genellikle ara yaklaşma safhasıyla birleştiği yerde veya bir ara yaklaşma fiksine (Intermediate Fix, IF) biter [35].

3.1.3. Ara yaklaşma safhası

Bu safha orta yaklaşma fiksine başlar ve hassas olmayan yaklaşımlar için son yaklaşma fiksine (Final Approach Fix, FAF) sona erer. 5NM'den az 15NM'den fazla olamaz. Optimum uzunluğu 10NM'dir. Ara yaklaşma safhası uçağı, hızı ve konfigürasyonu açısından son yaklaşıma hazırladığı için düz bir safha olabilir. Eğer alçalma gerekli ise alçalma eğimi %5 olarak seçilmelidir. İlk yaklaşma ve ara yaklaşma safhalarının amacı ise uçağı son yaklaşıma hazırlamaktır [36].

3.1.4. Son yaklaşma safhası

Dikey rehberlik veya hassas bir yaklaşıma sahip bir yaklaşma için son yaklaşma safhası, süzülüş eğimi (glideslope)/süzülüş yolu (glidepath)'nu yaklaşma haritasında gösterilen minimum kesme irtifasını kestiği noktada başlar. ATC, daha düşük bir kesme irtifası izni verirse, son yaklaşım safhası, o irtifada süzülüş eğimi/süzülüş yolu kesilmesiyle başlar. Hassas olmayan bir yaklaşma için, son yaklaşma safhası ya belirlenmiş bir son yaklaşma fiksine (FAF) başlar, ya da uçağın son yaklaşma hattına doğru giriş yaptığı noktada başlar, pas geçme noktasında (Missed Approach Point, MAPt) ya da inişle sona erer [35]. Hassas yaklaşımlarda ise son yaklaşma noktasında (Final Approach Point, FAP) başlar.

Son yaklaşma hattı rehberliği temelinde üç tür prosedür vardır:

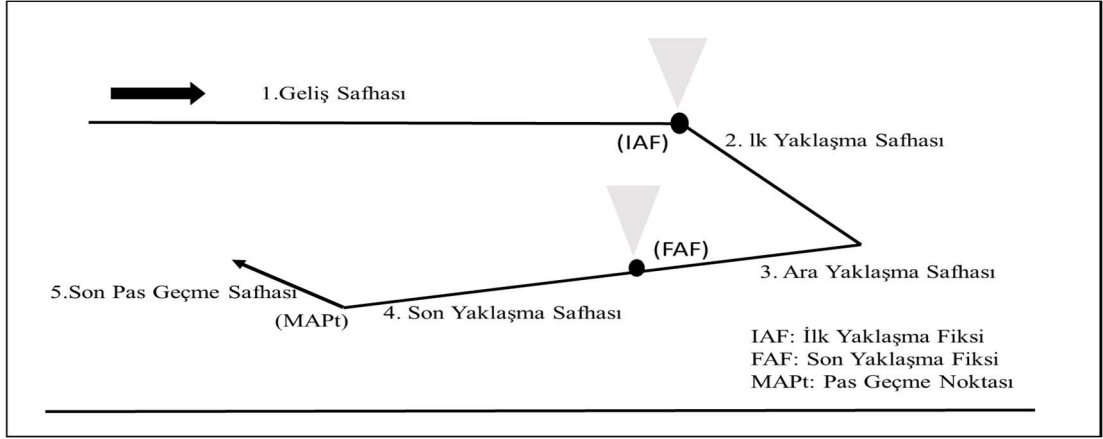
- Hassas Yaklaşma (Precision Approach, PA); ICAO Ek 10 (Havacılık

Haberleşmesi – Dijital Veri Haberleşme Sistemleri)’un hassas standartlarını karşılayan bir rota ve glidepath sapma bilgisi sağlayan bir seyrüsefer sistemi temelinde olan bir aletli yaklaşımdır. Örneğin, PAR (Hassas Yaklaşma Radarı, Precision Approach Radar), ILS (Aletli İniş Sistemi, Instrument Landing System) ve GLS (GBAS İniş Sistemi, GBAS Landing System) hassas yaklaşımlardır.

- Dikey Rehberlikli Yaklaşma (Approach With Vertical Guidance, APV); ICAO Ek 10’un hassas yaklaşma standartlarını karşılaması gerekli olmayan ancak rota ve glidepath sapma bilgisi sağlayan bir navigasyon sistemi temelinde olan bir aletli yaklaşımdır. Örneğin, Barometrik dikey rehberlik (Baro- Vertical Navigation), glidepath ile Lokalizer Yön Yardımı (Localizer Type Directional Aid, LDA), Yatay Rehberlik/Dikey Rehberlik (Lateral Navigation, LNAV/Vertical Navigation, VNAV) ve Dikey Rehberlikli Lokalizer (Localizer Performance With Vertical Guidance, LPV) yaklaşımlardır.
- Hassas Olmayan Yaklaşma (Non Precision Approach, NPA); yalnızca rota sapma bilgisi sağlayan ancak süzülüş sapma bilgisi sağlamayan bir seyrüsefer sistemi temelinde olan bir aletli yaklaşımdır [35].

3.1.5 Pas geçme safhası

Son yaklaşma safhasında, pilot karar yüksekliğine veya minimum alçalma yüksekliğine kadar alçalıp inişi gerçekleştirememesi durumunda pas geçme safhasını uygular. Hassas olmayan yaklaşımda pas geçme safhası, pas geçme noktasından başlar. MAPt noktası bir seyrüsefer yardımcısının üzerinde, FAF’ dan itibaren belli bir uzaklık sonra tanımlanabileceği gibi pist başı olarak da tanımlanabilir. İki tür pas geçme vardır. Bunlar; düz pas geçme ve dönerek pas geçmedir. Düz pas geçme durumunda, uçak pist eksenini boyunca tırmandırılarak bir bekleme referans noktası üzerine gönderilir. Dönerek pas geçme ise iki şekilde olur; dönüş noktasından itibaren veya dönüş yüksekliğinden itibaren. Genellikle DME mesafesi olarak belirlenen dönüş noktasına ulaştıktan sonra veya pas geçme yüzeyindeki engeller üzerinden emniyetli geçişi sağlayacak yüksekliğe ulaştıktan sonra dönerek pas geçilir [36].



Şekil 3.1. Aletli yaklaşma safhaları

3.2. Uçak Kategorileri

Aletli yaklaşımlarda uçaklar, maksimum iniş ağırlığında ve iniş konfigürasyonundaki uçağın 1,3 stall hızı (stall hızı: uçağın havada tutunabileceği asgari hız) baz alınarak ve de ilgili uçakların manevra yapabilme kabiliyetleri de göz önünde bulundurularak beş kategoriye ayrılmaktadır. Sınıflandırma uçak hız göstergesinde okunan hıza (Indicated Air Speed, IAS) göre yapılmaktadır [37].

- Kategori A-169 km/s'den (91 kt) daha az (IAS)
- Kategori B-169 km/s (91 kt)'den fazla ve 224 km/s'den (121 kt) az (IAS)
- Kategori C-224 km/s (121 kt)'den fazla ve 261 km/s'den (141 kt) az (IAS)
- Kategori D-261 km/s (141 kt)'den fazla ve 307 km/s'den (166 kt) az (IAS)
- Kategori E-307 km/s (166 kt)'den fazla ve 391 km/s'den (211 kt) az (IAS).

3.3. Geleneksel Seyrüsefer Yöntemleri

VOR, NDB, TACAN ve DME gibi yer bazlı radyo seyrüsefer yardımcılarının kullanımı ile gerçekleştirilir. Tasarım radyo seyrüsefer istasyonunun konumuna bağlıdır, istasyon üzerinden uçuş gerektirir. OMEGA ve LORAN (Long Range Navigation) gibi yer bazlı cihazlar ise günümüzde artık kullanılmamaktadır.

Yer cihazlarından bağımsız olarak eylemsizlik kuralları ile çalışan Ataletsel Seyrüsefer Sistemi (Inertial Navigation System, INS) ve Ataletsel Referans Sistemi (Inertial Reference System, IRS) uzun yıllardır seyrüsefer yöntemi olarak kullanılmaktadır.

Uçağın kötü hava koşullarında yerdeki cihazların yardımı piste emniyetli bir şekilde alçalmasını sağlayan ILS artık geleneksel bir sistem olarak kullanılmaktadır.

3.3.1. NDB ve otomatik yön bulucu

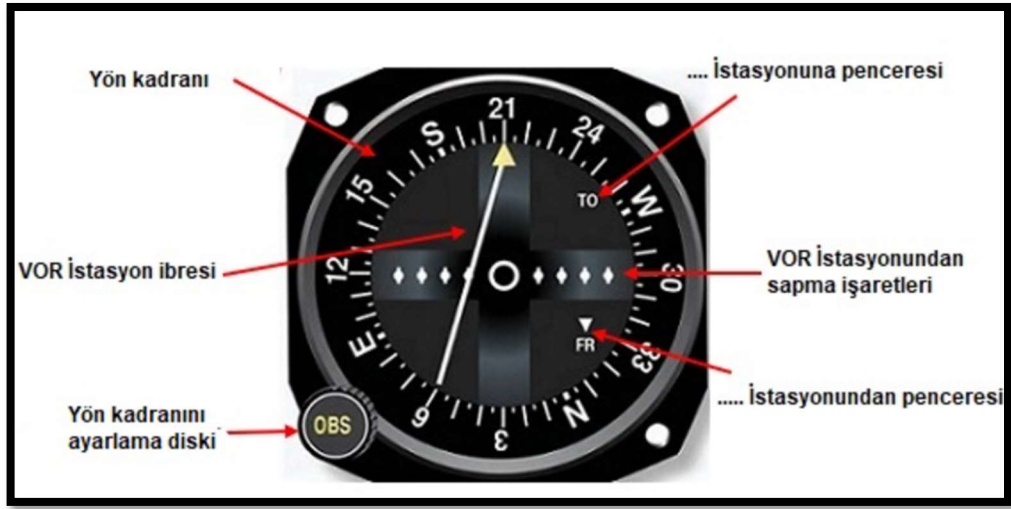
NDB, Geçmişte radyo pusulası olarak adlandırılan, en basit radyo seyrüsefer sistemidir. NDB sistemin yer istasyonu, Otomatik Yön Bulucu (Automatic Direction Finder, ADF) ise uçaktaki alıcı cihaz ve göstergeden oluşan sistemdir (Görsel 3.1.). ADF'in istikamet iğnesi, tıpkı kuzeyi gösteren bir el pusulası iğnesi gibi, sürekli olarak NDB istasyonunu 2° hassasiyetinde gösterir. İğnenin gösterdiği istikamete doğru uçan bir uçak, NDB istasyonunun üzerinden geçecektir. Uçak istasyondan aynı doğrultuda uzaklaşmaya başladığında, ADF iğnesi saat 6 istikametini (geriyi) gösterecektir.



Görsel 3.1. ADF göstergesi

3.3.2.VOR

Konum belirleme, istasyona doğru/istasyondan radyal takip etme (tracking), bekleme paterni muhafaza etme ve alet inişi gibi amaçlarla alet uçuşunda yaygın olarak kullanılan bir seyrüsefer yardımcısıdır. VOR cihazları çoğunlukla DME ile birlikte (VOR/DME) kullanılır ve VOR için seçilen frekans aynı zamanda DME istasyonuna da bağlanır. Böylece hem radyal takibi hem de mesafe bilgisi sağlanmış olur. Uçakta bulunan VOR göstergesi Görsel 3.2.de gösterilmiştir.



Görsel 3.2. VOR göstergesi

3.3.3. TACAN

Askerî uçaklar tarafından kullanılan bir ultra yüksek frekans (Ultra High Frequency, UHF) seyrüsefer yardımcısı. Hava aracı ile yer istasyonu arasındaki diyagonal mesafe ile uçak ve yer istasyonlarının birbirlerine göre manyetik istikâmetlerini verir.

TACAN, VOR/DME ikilisine çok benzer ancak daha hassastır. Sivil uçaklar tarafından da kullanılabilen VORTAC istasyonları ise yan yana konuşlanmış bir VOR ile TACAN'ın birleşimidir. VORTAC istasyonu DME bilgisini TACAN'dan alır.

3.3.4. DME

Mesafe ölçen ve UHF bandında çalışan bir seyrüsefer yardımcısıdır. Yerdeki bir DME istasyonundan ve uçaktaki bir DME sorgulayıcısından meydana gelir. Uçaktaki sorgulayıcı yer istasyonuna gönderdiği sinyallerin karşılığı olarak yer istasyonundan gönderilen sinyallerin geliş süresini ölçer ve kokpitte deniz mili (NM) cinsinden gösterir.

Mesafe bilgisi, uçak ile yer istasyonu arasındaki eğimli hattın (slat range) uzunluğudur. Bu sebeple uçağın yerdeki iz düşümü ile yer istasyonu arasındaki yatay mesafe, DME ekranında görülen mesafeden azdır, ancak istasyondan uzaklaştıkça bu fark azalır ve pratik amaçlarla ihmal edilir. Yer istasyonunun tam üzerindeki bir uçağın irtifası ile DME'si bilgileri farklı olmakla birlikte aynıdır. Örneğin istasyon üzerinde yaklaşık 6000 feet irtifada olan bir uçağın DME'si 1 NM olacaktır (1 NM=6080 feet).

DME yön bilgisi göstermez. Bu nedenle örneğin DME ekranında 10 NM bilgisini

gören bir uçak, yer istasyonunun etrafında yarıçapı yaklaşık 10 NM olan çemberi oluşturan noktalardan herhangi birinin üzerinde olabilir.

3.3.5.OMEGA

Askeri amaçlı olarak Amerika Birleşik Devletleri tarafından 1982 yılında kurulmuş ve uzun menzilli uçuşlarda uçağın dünyanın neresinde olduğunu bildiren bir radyo seyrüsefer yardımcısıdır. Duyarlı bir sistem olması sebebiyle sivil uçaklar tarafından da tercih edilmiştir. Günümüzde kullanılan uydu tabanlı cihazlar keşfedilene kadar, Omega Seyrüsefer Sistemi, tüm dünyada yaygın olarak kullanılmıştır. GPS'in tamamen çalışır durumda olduğunun ilan edilmesiyle, OMEGA'nın kullanımı, operasyonun sürdürülmesinin ekonomik olarak gerekçelendirilemeyeceği bir noktaya geldi ve 1997 yılında kapatıldı [38].

3.3.6. LORAN

Gemi ve uçakların konumlarını belirlemeye yardımcı olan bir karasal seyrüsefer sistemidir. Bu sistemde yayın grubu ana istasyon ve birkaç yardımcı istasyondan meydana gelir. Uzun menzilli navigasyonun kısaltması olan LORAN, II. Dünya Savaşı sırasında ABD'de geliştirilen hiperbolik bir radyo navigasyon sistemidir. GPS sisteminin yaygın olarak kullanılmasından dolayı eskimiş kabul edilen LORAN 2010 yılında, ABD Sahil Güvenliği artık gerekli olmadığını ilan ettikten sonra istasyonlarını kapatmıştır [39].

3.3.7. INS / IRS

Seyrüsefer bilgilerini ve seyrüsefer performans bilgilerini kendi başına üretebilen sistemlere denir. Bu sistemler bünyesinde barındırdığı jiroskop ve ivme ölçerlerin harekete verdiği tepkiyi sayısal değerlerle ifade ederek çalışır. Herhangi bir yer istasyonu ile bağlantısı olmayan bu sistem gerekli başlangıç değerleri girildikten sonra INS dışarıdan sürekli veri almaya ihtiyaç duymaz. IRS, INS'in daha gelişmiş bir versiyonudur ve modern uçaklarda Ataletsel Referans Ünitesi (Inertial Reference Unit, IRU) olarak bulunur. Ayrıca Küresel Konumlandırma Sistemi (Global Positioning System, GPS) gibi diğer seyrüsefer sistemleriyle entegre çalışabilir.

3.3.8. ILS

Bulut tavanının alçak, görüş faktörlerinin kötü olduğu durumlarda uçağın piste

elektronik cihazlarla emniyetle iniş yapmasını sağlayan bir sistemdir.

Üç ana yer tesisi şunlardır:

- Localizer: Elektronik merkez pist hattını göstermek için ufki düzlem meydana getirir. Bir piste ILS yaklaşması yapan uçakların, pistin merkez hattı doğrultusunda yaklaşımlarını sağlar. Localizer vericileri 25 mile kadar güvenilir olarak sinyal yayınlara. Localizer Course' un kullanım açısı 3 derecedir. Pist merkez hattına göre 1,5° sağ ve 1,5° soldadır.
- Glide Path: İniş noktasına doğru bir açıyla (3°) yaklaşması için dikey düzlem meydana getirir. İniş yapacak uçaklara piste en uygun süzülme açısı içinde alçalmasını sağlar.
- Markerler: Yaklaşma hattı boyunca dizilen ve dikey yayın yapan vericileridir. ILS' de kullanılan markerler alçalma yapan uçakların pilotlarına pist başına ne kadar mesafede olduklarını bildirir. Dış marker (Outer Marker, OM), Orta marker (Middle Marker, MM) ve İç marker (Inner Marker, IM) olmak üzere üç adettir.
 - Dış Markerler: Pist başına 4-7 NM mesafeye yerleştirilirler. Uçak markerin yayın sahası içinden geçerken, alet paneli üzerinde mavi bir lambayı, tanıtma hatlarının duyulma süresince yakarlar.
 - Orta Markerler: Pist başına 3500 feet mesafeye yerleştirilmişlerdir. Uçak markerin yayın sahasından geçerken alet paneli üzerinde amber renkli bir lambayı hat ve noktaların duyulma süresince yakarlar.
 - İç Markerler: Bazı konfigürasyonlarda ILS Kategori (Cat) II için yükseklik bilgisi sağlar. Pist başından 50 feet (ft) uzaklığa yerleştirilir. Marker üzerinde beyaz renkli lamba yanar.

Bu üç yer tesisi daha çok fayda sağlamak ve emniyeti için, yüksek şiddet yaklaşma ışıkları ve DME ile beraber kullanılırlar.

ILS Kategorileri: Performanslarına göre 3 tip ILS kategorisi vardır ve bu kategoriler karar yüksekliği (Decision High, DH) ile pist görüş menzili (Runway Visual Range, RVR) kavramlarıyla tanımlanırlar.

- Cat I: DH=60 m., RVR 800 m. (60 m. irtifaya kadar aletli yaklaşma, 60 m.'nin altında görerek şartlarda yaklaşma yapılacak, görüş ise 800 m.'den

fazla olacak anlamındadır.)

- Cat II: DH=30 m., RVR 400 m.
- Cat III: Kendi içersinde üçe ayrılır. Bunlar:
 - Cat III a: DH= 15-30 m., RVR 200 m.
 - Cat III b: DH= 0-15 m., RVR=50-200 m.
 - Cat III c: DH 0 m., RVR=0.

3.4. Standart Geliş Rotası (STAR)

STAR, belirli havalimanlarına gidecek olan IFR uçaklara uygulanmak üzere oluşturulmuş bir IFR varış rotasıdır. Yol aşaması ile yaklaşma aşamasını birleştirir. Hava yolundan ayrılarak yoğun bir terminal sahasına girişlerde standart bir yöntem sağlar.

Kapalı STAR, devamlı bir rotada uçağın son yaklaşma yardımcısına dahil olmasıyla tamamlanır.

Açık STAR, yol sonlandırıcısı uçağı belirli bir noktaya getirir son yaklaştırmaya girmesi için radar vektörü gerekir.

3.5. Standart Aletli Kalkış (Standart Instrument Departure, SID)

Standart Aletli Kalkış, bir uçağı kalkış pistinden, havayoluna geçiş yapacağı belirli bir noktaya yönlendiren, önceden tanımlanmış uçuş yoludur. Bu yollar, güvenli ve verimli kalkışları sağlamak ve kalkış prosedürlerinden havayoluna geçişi kolaylaştırmak için oluşturulmuştur. Aynı zamanda terminal kapasitesini artırmak, minimum iletişimle trafik akışını etkili bir şekilde kontrol etmek ve çevresel etkinin azaltılması amacıyla tasarlanır.

3.6. Uydu Destekli Seyrüsefer

Küresel Seyrüsefer Uydu Sistemi (GNSS); uydu sistemleri ile bunların desteğinde her türlü seyrüsefer gereksinimlerini karşılamak amacıyla oluşturulmuş uzay ve yer tesislerine verilen adlandırmadır.

Amacı, hassas Konum, Hız, Zaman (Position, Velocity, Time, PVT) bilgisi gerektiren uygulamaların ihtiyacını karşılamaktır. Uzay (uydu), Kontrol (yer istasyonları) ve Kullanıcı Ekipmanlarından oluşmaktadır. Hava seyrüseferinde GPS, hassas yaklaştırmaya yakın doğrulukta havaalanına ulaşmaya olanak tanımaktadır. Hassas olmayan yaklaşımların gerçekleştirilmesinde, pilot ya da oto pilot uçağı piste doğru uygun bir pozisyonda aletli yaklaşma haritalarına göre alçaltır. Yaklaşmanın her bir

evresinde en düşük güvenli yükseklik dikkate alınarak alçalma gerçekleştirilir.

GNSS sistemlerinin hassasiyetinin artırılması amacıyla aşağıdaki uydu ve yer tabanlı destek sistemleri oluşturulmuştur.

- Uydu Tabanlı Destek Sistemi (SBAS)
- Yer Tabanlı Destek Sistemi (GBAS)
- Hava Aracı Tabanlı Destek Sistemi (ABAS)
- GPS İniş Sistemi (GPS LS)

Günümüzde konum, hız ve zaman belirleme amaçlı kullanılan başlıca Uydu Konum Belirleme sistemleri;

- GPS (ABD)
- GLONASS (Rusya)
- BEIDOU/COMPASS (Çin)
- QZSS (Japonya)
- IRNSS/GAGAN (NAVIC) (Hindistan)
- GALLILEO (Avrupa Birliği) olarak belirtilebilir.

3.7. Performansa Dayalı Seyrüsefer Uygulamaları

Performansa Dayalı Seyrüsefer (Performance Based Navigation, PBN), seyrüsefer yardımcılara dayalı noktadan noktaya sağlanan geleneksel seyrüseferin, uçaktaki ekipman ve performansa dayalı teknoloji ile yapılan seyrüsefere değişimini ifade etmektedir. Seyrüsefer özellikleri, seyrüsefer altyapısı ve seyrüsefer uygulamaları olmak üzere üç elemandan oluşmaktadır. Seyrüsefer özellikleri, RNAV özellikler veya Gerekli Seyrüsefer Performansı (Required Navigation Performance, RNP) özellikleri olarak tanımlanabilir. RNP özellikleri RNAV özelliklerden ayıran tek fark, RNP de kokpit izleme ve ikaz sisteminin mevcut olmasıdır. Seyrüsefer altyapısı, yere veya uyduya dayalı seyrüsefer yardımcılarını ifade etmektedir. Seyrüsefer uygulaması ise seyrüsefer özellikleri ve seyrüsefer altyapısının hava trafik hizmet yolları, aletli yaklaşma prosedürleri ve belirlenen hava sahasına uygulanmasıdır [40].

RNAV ve RNP tanımlanırken RNAV X, RNP X olarak ifade edilir. “X” ifadesi, hava sahası, yol veya prosedür içindeki uçağın uçuş süresinin en az %95’inde sağlaması beklenen deniz mili (NM) cinsinden yatay doğruluğu göstermektedir. Uçuş safhalarına göre beklenen doğruluk değerleri farklılık göstermektedir.

3.7.1. Saha seyrüseferi (RNAV)

ICAO tarafından yapılan tanıma göre “RNAV, istasyon referanslı seyrüsefer yardımcılarının erişim alanı dâhilinde ya da uçaktaki cihazların kendi seyrüsefer limitleri dâhilinde ya da bunların birleşimi sayesinde istenilen herhangi bir uçuş güzergâhında uçağın operasyonuna olanak veren bir seyrüsefer yöntemi” olarak ifade edilmektedir.

RNAV teçhizatı, uçağın veri sistemine önceden yüklenmiş yol noktaları (Waypoint, WP) arasında uçuşmasını sağlar.

Günümüzde uygulamaları gelişen RNAV uygulamaları Terminal Hava sahası tasarımında daha fazla esneklik sağlamaktadır. Uyduların uzayda yerini alması ve konum bilgisinin sağlanmasıyla beraber uçakların yer destekli cihazlara bağılılığı azalmıştır. Bu gelişmeler seyrüsefer yapan uçağın yer bazlı konum bilgisi veren cihazın üzerinden geçme zorunluluğunu ortadan kaldırmıştır. Uçaktaki RNAV ekipmanı uygun yönlendirme komutlarıyla uçaktaki bir veya daha fazla sensör ve yönlendiricilerden aldığı verileri işleyerek uçak pozisyonunu otomatik olarak belirler.

RNAV sistemleri seyrüsefer sistemlerinden sağlanan bilgilerden bir veya birkaçını kullanabilir. RNAV sistemine bilgi sağlayan seyrüsefer sistemleri aşağıda sıralanmıştır;

- VOR/DME,
- DME/DME,
- GNSS,
- INS/IRS,

Ayrıca Uluslararası sivil kaynaklarda askeri uçakların kullanımına yönelik olduğu için çok fazla bahsedilmeyen TACAN cihazı kullanım usulleri NATO’nun üye ülkeler için yayımladığı STANAG’larda belirtilmektedir. STANAG 3759- ve STANAG 7199 yayınlarında ICAO prosedürlerinin benimsendiği belirtilmiştir. Buna paralel olarak ICAO Ek-10’un TACAN kullanım tavsiyesi ve Eurocontrol’ün TACAN kullanımının devamına yönelik yayımladığı broşür [41] TACAN cihazının RNAV uygulamalarında ortak kullanımda yer alması gerekliliğini göstermektedir.

3.7.2. Gerekli seyrüsefer performansı (RNP)

RNP, uçaktaki ekipmanla performans izleme ve uyarıyı destekleyen RNAV sistemidir. Bu sistemde pilot göstergeler yardımıyla oluşabilecek hatalı durumları takip edebilmektedir.

RNAV ve RNP uygulamaları esnek uçuş rotaları sağlanmaktadır. Geleneksel seyrüseferle kısıtlanan rotalar PBN'in getirdiği rota muhafaza doğruluğu ve rota etrafındaki koruma alanlarının azalması konularındaki yararları ile faydalarını kanıtlamıştır.



4. ANKARA TERMİNAL HAVA SAHASININ İNCELENMESİ

Ankara TMA: 40 03 40 N-32 55 58 E merkez ve yarıçapı 42NM, alt sınırı 4500 feet'den başlayarak üst sınırı 24500 feet (alçak (lower) ve yüksek (upper) sektörler olarak ikiye ayrılmış) olan sahadır (EK 7).

Ankara TMA içerisindeki tüm meydanların IFR/VFR gelen-giden trafikler için yaklaşma hizmeti Esenboğa yaklaşma tarafından sağlanmaktadır. TMA incelendiğinde kompleks sahada birden fazla meydanda ve farklı tipte uçaklara farklı hizmetler sağlandığı görülmektedir. Hava sahası tasarımı yapılmış geliş-gidiş usulleri belirlenmiş ve geliştirilmeye devam edilen Ankara TMA, hava trafik yönetimi açısından zor bir saha olmakla beraber araştırma ve geliştirme için uygun bir sahadır.

4.1. Ankara Terminal Hava Sahası İçindeki Kontrol Sahaları

Esenboğa CTR: Alt sınırı yer seviyesinden başlayarak üst sınırı 4500 feet olan sahadır.

Uluslararası hava taşımacılığına hizmet veren havalimanında yılda yaklaşık 1 milyon trafiğe hizmet verilmektedir. Her türlü ticari ve devlet uçağı bu havalimanını kullanmaktadır. Ankara TMA nin en yoğun hava trafiğine sahiptir.

Etmesgut CTR (Askeri Meydan): Alt sınırı yer seviyesinden başlayarak üst sınırı 5500 feet (NOTAM ile 4500 feet olarak belirlenmiş) olan sahadır.

Askeri amaçlı hizmet vermek üzere faaliyet gösteren meydanda, askeri lojistik uçaklarının yanında Orman Bakanlığına ait hizmet uçakları ve yangın söndürme uçakları, Sağlık Bakanlığına ait ambulans helikopterler, Türk Hava Kurumu uçuş okuluna ait eğitim uçakları konuşlanmış olup yoğun şekilde görev ve eğitim uçuşları icra edilmektedir.

Mürted CTR (Askeri Meydan): 40 03 56 N-32 33 58 E merkez olmak üzere 14 NM yarıçaplı, alt sınır yerden başlayarak 120 seviyeye kadar olan sahadır.

Askeri meydan statüsündeki meydanda askeri jet ve nakliye uçuşlarının yanı sıra havacılık alanında faaliyet gösteren Türk Havacılık ve Uzay Sanayii AŞ. (TUSAŞ)'ın araştırma-geliştirme amaçlı farklı tiplerde (uçak, helikopter, İHA) uçuşları bu meydanda icra edilmektedir.

Güvercinlik CTR (Askeri Meydan): Güvercinlik uçuş kulesi merkez olmak üzere 3 NM yarıçaplı dairenin alt sınırı yer seviyesi, üst sınırı 3900 feet olan sahadır.

Ankara TMA de bulunan bir diğer askeri maksatlı meydan olan Güvercinlik meydanında genellikle askeri helikopter uçuşları icra edilmekte olup konum olarak

Esenboğa ve Etimesgut meydanları arasında kaldığından uçuş faaliyetleri diğer iki meydanı da etkilemektedir.

Temelli CTR (Askeri Meydan): Alt sınırı yer sathından başlayarak üst sınırı 5500 feet olan sahadır.

Bünyesinde konuşlu uçak bulunmayan ancak askeri eğitim maksatlı olarak kullanılmaktadır.

Ufuk Danişment CTR: Alt sınırı yer sathından başlayarak üst sınırı 5000 feet olan sahadır.

Devlet helikopterlerinin kullanımına yönelik hizmet veren bir meydan olan Ufuk Danişment meydanı konumu itibariyle faaliyetleri diğer meydanlar için çok fazla bir etkide bulunmamaktadır.

4.2. Ankara Terminal Hava Sahası İçindeki Tehlikeli/Yasak/Tahditli Sahalar ve Çalışma sahaları

LT-D20, LT-D23, LT-D24, LT-D25, LT-D32, LT-D36, LT-R1, LT-R2, LT-R5, LT-R9, LT-R34, LT-R42, LT-R43 sahaları Anakara TMA içinde bulunmakta olup bilgileri Türkiye AIP'si ENR 5.1-5'te belirtilmiştir.

5. PROBLEMİN TESPİTİ

Terminal kontrol sahasında, coğrafi engeller, tahditli/tehlikeli/kısıtlı sahalar ve meydanların hareket tarzları bir diğer meydanın uygulamasını kaçınılmaz olarak etkilemektedir. Ankara TMA'da bulunan meydanların birbirlerine olan yakınlığı ve yoğunlukları bu etkileşimi arttırarak çözüm gerektiren pek çok problem oluşturmaktadır. Tüm bu problemler için pek çok çözüm arayışı yürütülmektedir. Aranılan bu çözümlerin emniyetli, etkin ve verimli olması önemli unsurlardır.

Etimesgut meydanı kuzeyinde Esenboğa, batısında Mürted, doğusunda Güvercinlik meydanı ile etkileşimde bulunan bir konumda bulunmaktadır. Kontrol sahası 5500 feet (NOTAM ile 4500 feet) olarak belirlenmiştir. Askeri uçuşların yanı sıra diğer devlet kurumlarının (Orman Bakanlığı, Sağlık Bakanlığı vb.) uçuşları ve Türk Hava Kurumu (THK) Uçuş Okulu pilotaj eğitim uçuşları nedeniyle yoğun uçuş faaliyeti gerçekleşmektedir.

IFR uçuşların özellikle OAT uçuşların yoğunluğu meydanın doğu ve güney bölgelerine/bölgelerinden gerçekleşmekte olup, doğusunda Güvercinlik meydanı uçuşları, Esenboğa meydanı yaklaşma hattı ve tahditli/tehlikeli/kısıtlı sahalar, güneyinde NOTAM'lı sahalar nedeniyle özellikle yaklaşma usullerinde etkin ve verimli bir hareket tarzı gerçekleştirilememektedir. Batıda Mürted meydanı için ILS alçalmasındaki trafikler zaman zaman çakışmalara neden olabilmekte ve koordinasyona ile gerekli ayırmalar sağlanmaktadır. Kuzeyinde Esenboğa meydanı için alçalma hattı bulunmakta fakat bu sektör Etimesgut tarafından yoğun olarak kullanılmadığından önemli sorunlar yaşanmamaktadır. Ancak doğu ve güney yönlerinden gerçekleşen yaklaşımlar için mevcut alçalmaların son bölümleri türlü yaklaşma yöntemi gerektirdiğinden meydanın IMC olması durumunda etkin bir yaklaşma için yeni çözümlere ihtiyaç duyulmaktadır.

Bu çalışmada Etimesgut meydanında IFR trafikler için uygulanan yaklaşma ve alçalma prosedürleri incelenmiş ve mevcut yaklaşma prosedüründen farklı bir uygulama tasarlanarak analizi yapılmıştır. Öncelikle mevcut uygulama incelenerek durum ortaya konduktan sonra yeni önerinin sağlayabileceği faydalar açıklanmıştır.

5.1 Etimesgut Meydanı Özellikleri

Etimesgut meydanında IFR ve VFR trafiklere 24 saat hizmet verilmektedir. Meydan rakımı 2653 feettir. Meydanda alet pist yönü RWY 11L/29R ve küçük gövdeli VFR uçaklar için RWY11R/29L iki pist mevcuttur. Meydan içerisinde seyrüsefer

yardımcı cihazı olarak TACAN ve ILS cihazı bulunmakta olup, VOR (BAG) cihazı meydana 9.5 DME mesafededir. Meydanda 24 saat hizmet veren Meteoroloji Brifing Ofisi bulunmaktadır.

CTR içerisindeki trafikler Etimesgut uçuş kulesi tarafından, dışındaki trafikler Esenboğa yaklaşma ünitesi tarafından yönetilmektedir. Esenboğa yaklaşma ve TMA'daki diğer meydanlarla koordinasyon usulleri Ankara Terminal Kontrol Sahası Talimatı ile belirlenmiştir [20].

5.2. Etimesgut Meydanı Aletli Yaklaşma Usulleri

Etimesgut meydanına gelen trafikler aletli yaklaşma yapmak için TACAN alçalması (sadece askeri trafikler), VOR/DME alçalması ve ILS alçalması usullerini uygulamaktadırlar.

5.2.1. TACAN A alçalması

Etimesgut meydanı için yoğun olarak doğu, güney sektörden gelişlerde kullandığı “TACAN A” (EK 8) alçalmasını incelediğimizde; havayolları ile “HAY ve HALİL” noktalarından TMA'ye gelen trafikler yaklaşma tarafından bu noktalardan sonra TACAN A IAF noktası olan “ARIFO” 'ya vektör edilmekte yahut direkt uçuş müsaadesi verilmektedir. Etimesgut TACAN'a göre 230 Radyal, 16 DME mesafede olan “ARIFO” noktasına minimum 7000 feet irtifada gelen trafik bu noktadan sonra Etimesgut TACAN'a göre 050° uçuş başıyla alçalmasına başlar. Bu alçalma pist istikametinde olmadığından pistin güneyinden yaklaşan trafik 3 DME 5100 feetten sonra alçalma minimumu olan 4100 feet'e kadar alçalır. Bu irtifada pist görüşü sağlanmış ise ilgili pist için rüzgâr altı pozisyonuna dahil olur ve esas bacak, son yaklaşma pozisyonlarını takip ederek inişini tamamlar.

TACAN A alçalması için Turlu Yaklaşma Minimumları; yer görüşü 5000 m., bulut alt tavanı 1500 feet olarak belirlenmiştir. Meteorolojik şartlar bu limitlerin altında ise TACAN A alçalması uygulanamamaktadır. Bu durumda TACAN A trafikler ILS alçalması için meydan batısında Etimesgut TACAN'a göre 287 Radyal, 21 DME'de bulunan ILS IAF noktası “FETHİ” 'ye yönlendirilmektedir.

5.2.2. TACAN C alçalması

Etimesgut meydanına doğudan yaklaşan trafikler için tasarlanan “TACAN C” (EK

9) alçalması, Esenboğa meydanı alçalma hattını etkilemesi, Güvercinlik meydan üzerinden alçalma yapıyor olması ve LT-R9, LT-R30 sahalarına yakın geçiş olması nedeniyle uygulaması koordinasyon gerektiren bir alçalmadır. Etimesgut TACAN'a göre 130 Radyal, 20 DME'de "ZAHIT" IAF noktasında 8000 feet ile 10000 feet arasında bulunan trafik alçalmayı uygulayarak meydan güney doğusundan yaklaşır. TACAN C alçalma minimumu olan 4100 feetten sonra TACAN A da olduğu gibi turlu yaklaşma usulleri ile inişini tamamlar. TACAN C alçalmasının meteorolojik nedenlerle uygun olmadığı koşullarda trafikler ILS alçalması için meydan batısında Etimesgut TACAN'a göre 287 Radyal, 21 DME'de bulunan ILS IAF noktası FETHI'ye yönlendirilmektedir.

5.2.3. VOR/DME A alçalması

Etimesgut meydanı için tek VOR alçalması olan "VOR/DME A" (EK 10) seyrüsefer bilgilerini meydan kuzeydoğusu 9.5 DME mesafede bulunan "BAG" VOR/DME'den almaktadır. VOR alçalması yapmak isteyen trafikler yaklaşma kontrol tarafından VOR/DME A IAF noktası olan "KUZDA" 'ya vektör edilmekte yahut direkt uçuş müsaadesi verilmektedir. BAG VOR'a göre 221 Radyal, 20 DME (Etimesgut meydan güneybatısı 11.5 DME) mesafede olan KUZDA noktasına 7000 feet irtifada gelen trafik bu noktadan sonra 041° uçuş başıyla meydana doğru alçalmaya başlar. Bu alçalma da pist istikametinde olmadığından pistin güneyinden yaklaşan trafik 4100 feet'e kadar alçalır. Bu irtifada pist görüşü sağlanmış ise ilgili pist için rüzgâr altı pozisyonuna dahil olur ve esas bacak, son yaklaşma pozisyonlarını takip ederek inişini tamamlar. TACAN alçalmaları için geçerli olan Turlu Yaklaşma Minimumları VOR/DME A alçalması için de geçerlidir (yer görüşü 5000 m., bulut alt tavanı 1500 feet). Meteorolojik şartlar bu limitlerin altında ise VOR/DME A alçalması uygulanamamaktadır. Bu durumda trafikler ILS alçalması için meydan batısında Etimesgut TACAN'a göre 287 Radyal, 21 DME'de bulunan ILS IAF noktası "FETHI" 'ye yönlendirilmektedir.

5.2.4. ILS alçalması

Etimesgut meydanı için ILS alçalması sadece RWY 11 için uygulanabilmektedir (EK 11). Rüzgâr nedeniyle RWY 29 olması durumunda ILS alçalmasının da diğer alçalmalar gibi son safhası turlu yaklaşma olarak uygulanmaktadır (alçalma limitleri 1500 feet alt tavan, 5000 metre yer görüşü). RWY 11 için ILS alçalması yapmak isteyen trafikler TACAN'a göre 287 Radyal, 21 DME'de "FETHI" IAF noktasında veya BAG

VOR/DME'ye göre 264 Radyal 25 DME'de "ENDER" IAF noktasında 8000 irtifayı rapor ettikten sonra ILS alçalmasına başlar. Localizer ve glide path sinyallerini takip eden trafikler ILS minimumları olan 200 feet, 800 metreye kadar alçalışına devam eder. Pilot minimumlarda pist görüşünü sağlarsa inişine devam eder, aksi takdirde pas geçme talimatını uygular. ILS alçalmasının yapılabilmesi için meydana olması gereken meteorolojik koşul ise alt tavan 200 feet, RVR 550 metredir.

5.2.5 Trafiklerin TACAN A IAF'dan veya VOR/DME A IAF'dan ILS IAF'a yönlendirilmesi

Etimesgut meydanına yapılmak istenen TACAN veya VOR alçalmaları için olması gereken meteorolojik koşullar (minimum 1500 feet alt tavan, 5000 metre yer görüşü) oluşmadığında trafikler için ILS alçalması tavsiye edilmektedir. Hassas olmayan aletli yaklaşma sonucu pistin görülememesi yahut meteoroloji raporlarına istinaden trafikler ILS alçalmasını talep edebilirler. Etimesgut geliş trafikleri ILS alçalması talep ettiklerinde yaklaşma kontrol tarafından bu noktalara vektör edilerek veya direkt uçuşa serbest kılınarak yönlendirilmektedir. Hassas olmayan yaklaşma ile pist görüşünü sağlayamayarak pas geçişi takiben ILS IAF noktasına gidecek trafiklerin meydan kontrol tarafından tekrar yaklaşma kontrol ünitesine devri yapılır. Yaklaşma kontrol pas geçen trafikleri vektör ederek ILS IAF noktasına yönlendirir. Böylelikle, meteoroloji nedeniyle oluşan kısıtlarda ILS hassas yaklaşması ile uçakların inişi sağlanır.

5.2.6. Turlu yaklaşma için meteoroloji incelemesi

Bir aletli yaklaşmanın son safhasında pilotun görerek uçuşa geçtiği ve rüzgâr altı pozisyonu ile devam eden uygulama "Turlu Yaklaşma" olarak adlandırılmaktadır. Turlu yaklaşma meydanın coğrafi yapısı, seyrüsefer yardımcılarının konumları veya son yaklaşma safhasında uçakların direkt yaklaşmanın uygun olmaması gibi durumlardan dolayı gerekli bir uygulama olabilmektedir. Turlu yaklaşımlarda pilot belli bir noktadan sonra görsel referanslar ile uçuşuna devam ettirmektedir. Bu referanslar kaybolduğunda iniş pistini bulunamayacak ve pas geçme usulleri uygulanmak zorunda kalınacaktır. Turlu yaklaşma sonrası iniş yapılacak alçalmalarda minimum değerler diğer alçalmalara göre daha yüksektir.

Etimesgut meydanında yapılacak aletli yaklaşımların son safhaları turlu yaklaşma olarak uygulanmaktadır ve bu alçalmaların minimumları bulut alt tavanı 1500 feet, yer

görüşü 5000 metre olarak belirlenmiştir. Etimesgut meydanının son 5 yıl içindeki (2018-2023) meteorolojisi incelenerek yer görüşünün 5000 m.'den az, bulut alt tavanının 1500 feetten az olduğu günlerin istatistiğine çıkarılmış ve Tablo 5.1.'de gösterilmiştir.

Tablo 5.1 2018-2023 Yıllarına ait meteoroloji (görüş ve bulut alt tavanı) istatistiği

Yıl	Yer Görüşü 5000 m.'nin Altında Olduğu Gün Sayısı	Bulut Alt Tavanı 1500 Feet'in Altında Olduğu Gün Sayısı
2018	54	16
2019	49	30
2020	40	18
2021	53	33
2022	34	34
2023	32	24
TOPLAM	262	155

Tablo 5.1.'de verilen gün sayısı, bir gün içinde herhangi bir saatte yayınlanmış raporda düşük değer tespit edilmiş gün sayısıdır, bütün günü kapsamayabilir. Gün içerisinde saatlik olarak hazırlanmış meteoroloji raporlarında yer görüş değeri ve bulut alt tavanı değeri aynı raporda belirtildiğinden her ikisinin de aynı gün ve saatte düşük olduğu durumlar olabilir. Her iki değerin de aynı raporlarda düşük olduğu varsayıldığında en az 262 günde bu durumun olduğu gözlenmektedir.

Bu inceleme ile son 5 yıl içerisinde en az 262 günde TACAN A, TACAN C ve VOR/DME A alçalmalarının minimum değerinin altında kaldığı zamanların olduğu ve alçalmaların uygulanabilir olmadığı tespit edilmiştir. Bu zamanlarda gelen trafiklerin zorunlu olarak ILS alçalması yaptıkları değerlendirilmiştir.

5.2.7. Aletli alçalma uygulamalarında yaşanan sorunlar

Etimesgut meydanı için uygulanan aletli alçalmalar incelendiğinde hassas olmayan alçalmaların son safhasının turlu yaklaşma olması ve alçalma limitlerinin yüksek olması nedeniyle nispeten çok kötü olmayan meteorolojik koşullar da dahi ILS alçalmasının zorunlu olması ve sadece RWY 11 için hassas yaklaşma imkânı olması en önemli sorun olarak görülmektedir. Meydan doğusunda bulunan Güvercinlik meydan faaliyetleri, Esenboğa yaklaşma hattı ve LT-R sahaları bu sektörde hareket kısıtı yaratmaktadır.

TACAN C alçalmasının müsait olduğu durumlarda da yapılması gereken koordinasyon yoğunluğu başka bir sorun olarak gösterilebilir. ILS alçalmasına yönelik pilotlar, yaklaşma kontrol personeli ve meydan kontrol personeli ile yapılan görüşmelerde özellikle doğudan ve güneyden gelen trafiklerin ILS alçalması için kat ettikleri mesafe, tüketilen yakıt, kaybedilen zaman, vektör hizmetinden kaynaklı telsiz meşguliyeti ile sürekli koordinasyon gibi ilave iş yükü konuları da diğer sorunlar olarak tespit edilmiştir.

Uçağın havayolundan ayrılış noktasından (HAY) (EK-17) meydana olan uzaklığı 32 NM'dir, ILS alçalması ile RWY 11'e iniş planlayan trafiğin toplam uçuş mesafesi yaklaşık 60 NM olmaktadır. Havayolundan ayrıldıktan sonra RWY 11 ILS IAF noktasına kadar yapılan uçuşta (yaklaşık 40 NM) tanımlı bir yol bulunmamaktadır. Tasarlanacak olan RNAV STAR ile coğrafi koşulların ve diğer kısıtların müsaade ettiği ölçüde uçuş yolunu kısaltabileceği ve havayolundan ayrılarak IAF noktasına giden uçağın tanımlı yoldan uçarak daha emniyetli bir uçuş gerçekleştireceği, vektör hizmetine gerek kalmayacağı için iş yükünü azaltacağı değerlendirilmektedir.

5.3. Performansa Dayalı Seyrüsefer Kapsamında DME/DME Yöntemi Tavsiyesi

Her ne kadar teknoloji hızlı ilerlese de halihazırda sistemde bulunan araç ve cihazların yeni sistemlere ve uygulamalara yüzde yüz uyum sağlaması mümkün olmamaktadır. Bir uçağın ilk uçuşu ile uçuşa elverişsiz hale gelene kadar olan ömrü nispeten uzun olduğundan teknolojiye ayak uydurması zor olabilmektedir. Ülkemizde Türk Hava Yollarına (THY) ait bir yolcu uçağının 1997 yılından günümüze kadar uçtuğunu [42], Türk Hava Kuvvetlerinde ise 1970'lerde ilk uçuşunu yapmış [43] bir nakliye uçağının halen uçabildiğini düşünürsek, bir uçak teknolojiden bağımsız olarak bakımları ve kontrolleri eksiksiz yapılması koşuluyla uzun süre uçuşuna devam edebilmektedir.

Ticari alanda hizmet veren şirketler yeni nesil sistemlere ticari kaygı ve rekabet sebebiyle kamu adına faaliyet gösteren kurumlardan daha önce geçiş yapabilmektedirler. Askeri uçaklar ise devlet imkanları ile sağlandığından kullanım ömürlerinin daha uzun tutulması çabası vardır. Bu nedenle ülkemizde de askeri uçaklar genel olarak sivil uçaklara göre nispeten daha eski seyrüsefer cihazları ile uçuşlarını gerçekleştirmektedir.

Avrupa'da PBN uygulaması, 18 Temmuz 2018 tarih ve 2018/1048 sayılı Avrupa Birliğinin Komisyon Uygulama Yönetmeliği kapsamındadır. 2030 yılına kadar PBN uygulamasına geçişin tamamlanması planlanırken bu süreçte ve 2030 yılı sonrasında

GAT olarak uçuş yapan Devlet uçakları, zorunlu PBN gereklilikleriyle tam olarak uyumlu olmayabileceğinden, devlet uçaklarının faaliyetlerinin desteklenmesi ve PBN geçiş önlemlerini içeren sivil-asker uyumuna yönelik tavsiyeleri içeren el kitabını yayımlamıştır [44].

Uydu sistemlerini kullanarak seyrüsefer yapabilen uçaklarda olası bağlantı sorunları (coğrafi yapı, civardaki yoğun elektronik cihaz sinyalleri vb.) nedeniyle bu yöntemde sıkıntılar yaratabilmektedir. Böyle bir durumda uçağın konum bilgisini doğrulayacak güvenilir alternatif bir yöntem daha ihtiyacı olacaktır.

Bu çalışmada yapılması planlanan DME/DME yöntemi ICAO Ek-10'da şu şekilde belirtilmiştir; “DME/DME konumlandırma, uçağın RNAV sistemi tarafından, uçak veri tabanındaki DME tesis konumlarından gelen çoklu DME mesafelerinden konumu üçgenleme prensibine dayanır. Elde edilen konum çözümünün doğruluğu, DME'lere olan mesafe ve onların göreceli geometrisine bağlıdır. Bu nedenle, DME altyapısının RNAV işlemini desteklemek için yeterli olduğundan emin olmak için bazı ek önlemler gereklidir; yani yeterli sayıda DME'nin mevcut olduğundan ve konumlarının doğruluğu gereksinimleri karşılayacak şekilde yeterli geometri sağladığından emin olunması gerekir. Yaklaşma ve kalkış prosedürleri için, yeterli sinyal gücü olduğunu ve çoklu yol nedeniyle yanlış kilitlenme veya kilidi açma olmadığını doğrulamak da gereklidir. Yeterli sayıda DME'nin olduğundan emin olurken, aynı zamanda gerekli performansın sağlanması için operasyonel olması gereken kritik DME'leri (belirli performansın garanti edilmesi için operasyonel gereklilikler) belirlemek de önemlidir.”. Aynı dokümanda DME/DME için bir diğer değerlendirme ise şöyledir; “DME/DME, RNAV 1, RNAV 2 ve RNAV 5 navigasyon özelliklerine dayanan PBN (Performans Tabanlı Seyir) işlemlerini tamamen destekler. DME/DME, mevcut en uygun karasal PBN yeteneğidir. DME/DME, RNAV uygulamaları için GNSS'e tamamen yedekli bir yetenek sağlar ve uygun bir DME altyapısı tarafından desteklendiğinde ± 1 NM (yüzde 95) yanal doğruluk performansını gerektiren RNP (Uydu Tabanlı Seyir) uygulamaları için uygun bir alternatif yetenek sunar.”. Ayrıca, ICAO Ek-10 DME'lerden mümkün olduğu kadar faydalanılarak kapsama alanlarının artırılması ve hava sahası yöneticilerinin askeri tesislerden (TACAN) faydalanma yoluna gitmeleri yönünde tavsiyelerde bulunmaktadır.

Bu yöntemin temelinde konumları ve mesafeleri bilinen en az iki DME istasyonundan alınan sinyallerin uçuş bilgisayarında yürütülen matematik hesaplaması ile

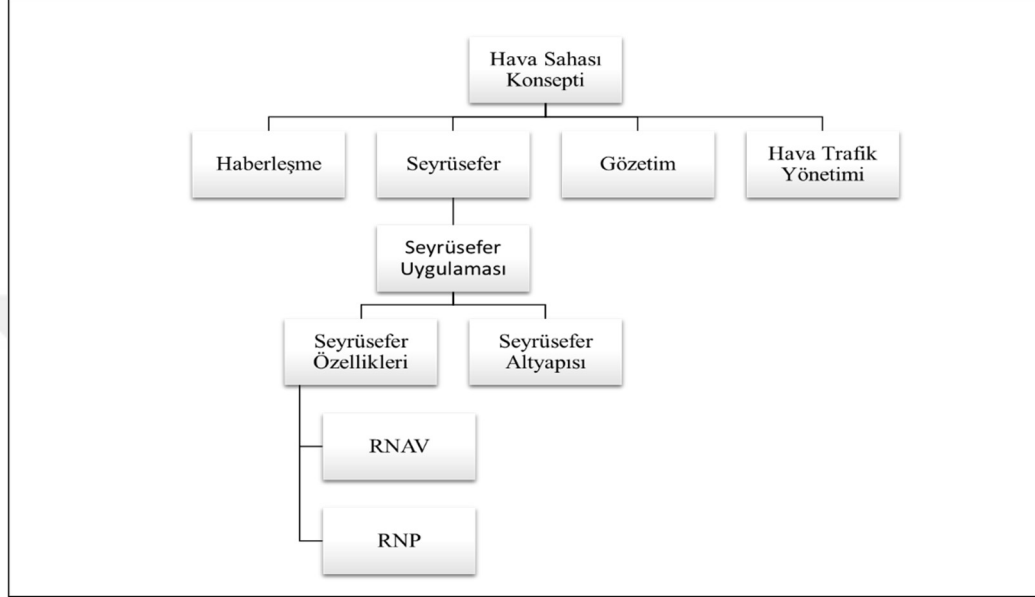
uçağın konumunu tahmini üzerinedir [45]. Bu hesaplamalar sonrası DME'lerin hassasiyeti ve açısal olarak uygun bölgede bulunan uçağın tahmini konum bilgisi RNAV1 kriterleri için kabul edilir sonuçtır.

Bu değerlendirmeler sonrasında Etimesgut meydanında uçuş yapan askeri uçaklar için bir RNAV STAR yöntemi olan DME/DME yaklaşması ile tasarlanacak STAR ile ILS alçalmasına 21 DME den daha önce bağlantı yapılarak uçakların daha kısa bir rota ile iniş yapabileceği düşünülmüştür. Oluşacak bu karma yaklaşma aynı zamanda sivil trafikler için de uygulanabilir olacağından sivil ve askeri trafikler için ortak bir yaklaşma usulü geliştirilmiş olacaktır.



6. PERFORMANSA DAYALI SEYRÜSEFER KONSEPTİ

Hava Sahası Konsepti İletişim, Seyrüsefer, Gözetim ve Hava Trafik Yönetimi fonksiyonlarını içerir. PBN, Hava Sahası Konseptinin (Şekil 6.1.) yalnızca Saha Seyrüseferi kısmıyla ilgilidir [46].

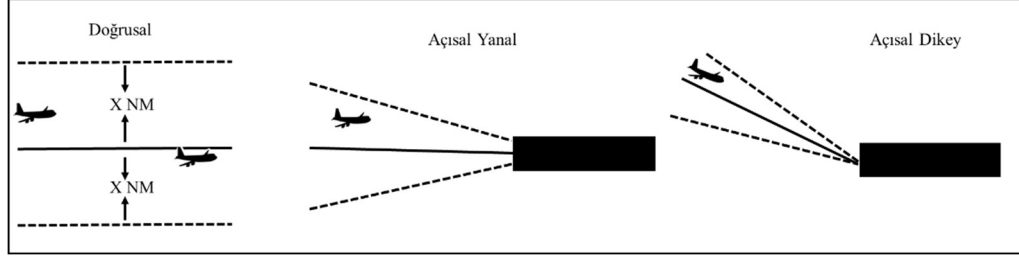


Şekil 6.1. Hava sahası konsepti

ICAO Doc. 9613'te PBN şu şekilde açıklanır, “PBN kavramı, uçak RNAV ve RNP sistemi performans gereksinimlerinin, belirli bir hava sahası konsepti bağlamında önerilen operasyonlar için ihtiyaç duyulan doğruluk, bütünlük, süreklilik ve işlevsellik açısından tanımlanmasını belirtir. PBN konsepti, sensör bazlı navigasyondan performans bazlı seyrüsefere geçişi temsil eder. Performansa dayalı navigasyon, bir ATS rotası boyunca veya aletli yaklaşma prosedürüne göre veya belirlenmiş bir hava sahasında çalışan uçaklara yönelik performans gerekliliklerine dayalı alan seyrüseferidir.” [47].

RNAV uygulamalarına dayalı olarak hava sahası yapılarının düzen getirilmesi ihtiyacından dolayı PBN geliştirilmiştir.

Uçuşun okyanus, havayolu ve terminal aşamalarında PBN, doğrusal yanal performans gereklilikleri ve zaman kısıtlamaları olan operasyonlarla sınırlıdır. Uçuşun yaklaşma aşamalarında PBN hem doğrusal hem de açisal yanal yönlendirmeli operasyonları ve belirli yaklaşımlar için dikey yönlendirmeyi barındırır (Şekil 6.2.).



Şekil 6.2. PBN yönlendirmeleri

RNAV ve RNP sistemleri temelde benzerdir. Aralarındaki temel fark, yerleşik performans izleme ve uyarı gerekliliğidir. Uçak içi seyrüsefer performansının izlenmesi ve uyarı verilmesi gerekliliğini içeren seyrüsefer özelliğine RNP özelliği adı verilir. Bu tür gerekliliklere sahip olmayanlara RNAV özelliği adı verilir. Bir RNP özelliklerinin performans gereksinimini karşılayabilen bir alan seyrüsefer sistemine RNP sistemi adı verilir.

PBN, hava sahası ve engel kaldırma kriterlerini geliştirmeye yönelik sensöre özgü yönetime göre bir dizi avantaj sunar; örneğin:

- sensöre özgü rota ve prosedürlerin sürdürülme ihtiyacını ve bunlarla ilgili maliyetleri azaltır,
- maliyet açısından engelleyici olabilecek her yeni seyrüsefer sistemi evriminde sensöre özel operasyonlar geliştirme ihtiyacını ortadan kaldırır,
- hava sahasının daha verimli kullanılmasına izin verir (rota yerleştirme, yakıt verimliliği ve gürültü azaltma),
- RNAV ve RNP sistemlerinin nasıl kullanıldığına açıklık getirir,
- küresel kullanıma yönelik sınırlı bir dizi seyrüsefer gerekliliğini sağlayarak operatörler için operasyonel onay sürecini kolaylaştırır.

Seyrüsefer özellikleri; tanımlanmış bir hava sahasında performansa dayalı seyrüsefer operasyonlarını desteklemek için uçak ve hava mürettebatı gereksinimleridir. İki tür seyrüsefer gerekliliği vardır:

RNAV özellikleri; RNAV ön ekiyle belirtilen, uçak içi performans izleme ve uyarı gerekliliğini içermeyen, alan seyrüseferini temel alan bir seyrüsefer gerekliliği, ör. RNAV5, RNAV1.

RNP özellikleri; RNP ön ekiyle belirtilen, araç içi performans izleme ve uyarı gerekliliğini içeren, alan seyrüsefer temel alan bir seyrüsefer gerekliliği; ör. RNP 4, RNP APCH.

6.1. Seyrüsefer İşlevsel Gereksinimleri

Hem RNAV hem de RNP gereksinimleri, belirli seyrüsefer işlevlerine yönelik gereklilikleri içerir. Temel düzeyde bu işlevsel gereksinimler şunları içerebilir:

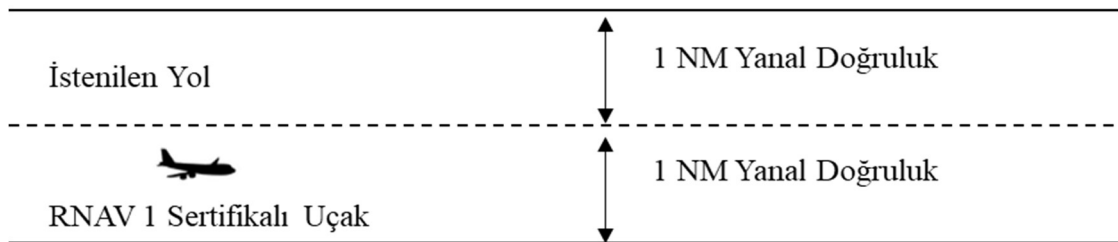
- Uçan pilota, ana görüş alanına yerleştirilen bir seyrüsefer ekranı üzerinde görüntülenecek olan rotaya göre uçağın konumunun sürekli gösterimi,
- Aktif yol noktasına olan mesafenin ve yönün görüntülenmesi,
- Aktif yol noktasına kadar olan yer hızının veya süresinin görüntülenmesi,
- Seyrüsefer veri depolama fonksiyonu,
- Sensörler dahil RNAV veya RNP sisteminin uygun arıza göstergesi.

6.2. RNP ve RNAV Özelliklerinin Belirlenmesi

Her bir seyrüsefer gerekliliği için özel performans gereklilikleri tanımlandığından, belirli bir seyrüsefer gerekliliği için onaylanan bir hava aracı, başka herhangi bir seyrüsefer gerekliliği için otomatik olarak onaylanmaz. Benzer şekilde, sıkı doğruluk gerekliliklerine sahip bir RNP veya RNAV gereklilikleri için onaylanmış bir hava aracı (örneğin, RNP 0.3 gerekliliği), daha az katı doğruluk gerekliliğine sahip bir seyrüsefer gerekliliği (örneğin, RNP 4) için otomatik olarak onaylanmaz.

Seyrüsefer Altyapısı, yer veya uzay tabanlı seyrüsefer cihazlarını ifade eder. Yer tabanlı olanlar DME ve VOR'u içerir. Uzay tabanlı olanlar, ICAO Ek 10'da tanımlandığı gibi GNSS öğelerini içerir.

Okyanus, yol ve terminal operasyonları için bir RNP gerekliliği, RNP X olarak belirlenir. Hem RNP hem de RNAV tanımlamaları için, "X" ifadesi (belirtildiği yerde), deniz mili cinsinden yanal seyrüsefer doğruluğunu (toplam sistem hatası) ifade eder; bunun hava sahası, rota veya prosedür dahilinde uçuş süresinin en az yüzde 95'inde sağlanması beklenir. Örneğin, RNAV 1; istenilen uçuş yolunun her iki yanında 1 deniz mili doğruluğa sahip olan RNAV hassasiyeti anlamına gelir (Şekil 6.3.).



Şekil 6.3. Seyrüsefer doğruluğu

RNAV 1 ve 2: Uçuşun yol aşamasında, SID'lerde, STAR'larda ve diğer yerlerde RNAV operasyonlarını desteklemek için kullanılır. FAF/FAP'a kadar yaklaşır.

RNAV 5: Kıtasal hava sahası için uçuşun yol aşamasında RNAV operasyonlarını desteklemek için kullanılır.

RNAV 10: Okyanus veya uzak bölge hava sahasında uzunlamasına mesafeye dayalı ayırma minimumunu desteklemek için uçuşun yol aşamasındaki RNAV operasyonlarını desteklemek için kullanılır.

RNP 4: Okyanus veya uzak bölge hava sahasında uzunlamasına mesafeye dayalı ayırma minimumunu desteklemek için uçuşun yol aşamasındaki RNAV operasyonlarını desteklemek için kullanılır.

RNP 2: Okyanus, uzak bölge ve kıtasal uçuşların yol aşamasında RNP operasyonlarını desteklemek için kullanılır.

RNP 1: SID'lerde, STAR'larda FAF/FAP'a kadar olan yaklaşımlarda veya ATS gözetimi olmayan veya kısıtlı olan düşük ve orta yoğunluklu trafikte RNP işlemlerini desteklemek için kullanılır.

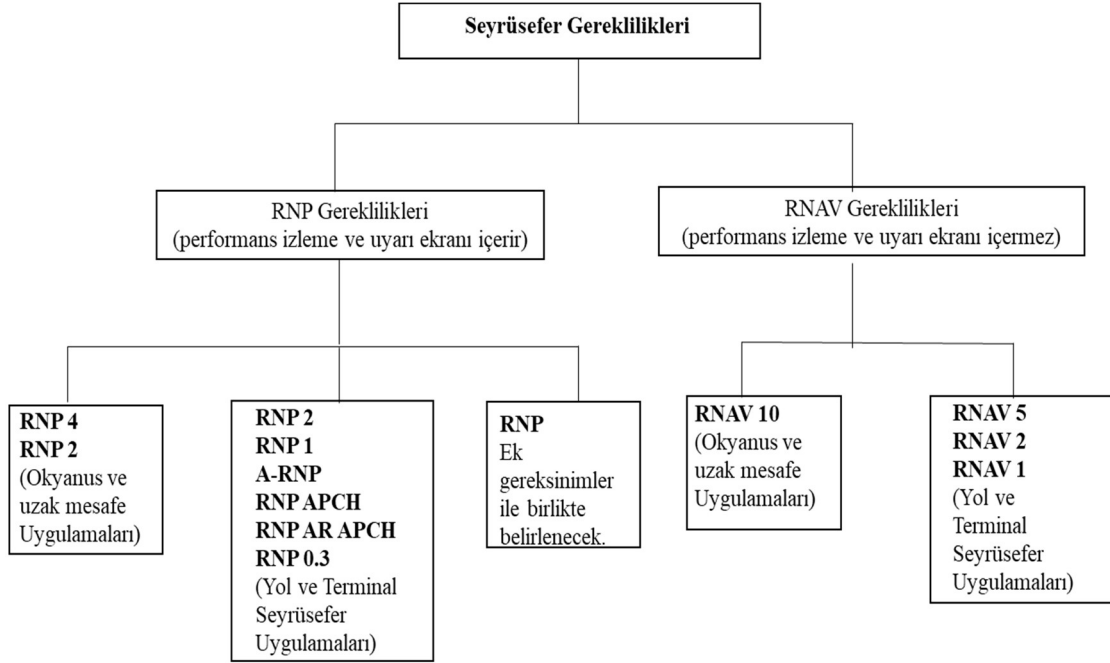
Gelişmiş RNP (Advanced, ARNP): Kıtasal hava sahasında yol safhasında, SID'ler, STAR'lar ve yaklaşma prosedürleri üzerindeki RNP operasyonlarını desteklemek için kullanılır. ARNP seyrüsefer doğruluğu için; 0,3 NM son yaklaşma; yol safhasında 1 veya 2 NM, SID, STAR, ilk/ara ve pas geçme safhalarında 1 NM'lik seyrüsefer doğruluğu gerektirir.

RNP 0.3: Son yaklaşma hariç uçuşun tüm aşamalarında helikopter RNP operasyonlarını desteklemek için kullanılır.

RNP APCH: LNAV, LNAV/VNAV, LP ve LPV minimumlarına RNP yaklaşma operasyonlarını desteklemek için kullanılır.

RNP AR APCH: Düz ve/veya sabit yarıçaplı son yaklaşımlarda dahil, son yaklaşma için 0,3 NM'ye eşit veya daha az, diğer safhalarda 1 NM seyrüsefer doğruluğuna sahip RNP yaklaşma operasyonlarını desteklemek için kullanılır.

RNAV ve RNP seyrüsefer gereklilikleri Şekil 6.4.'de gösterilmiştir.



Şekil 6.4. RNAV ve RNP seyrüsefer gerekliklikleri

RNP ve RNAV uçuşlarda uçağın takip edeceği rotada Yol Tanımlayıcılar (Yol Noktaları) bulunur. Şahin (2012) [48] yol tanımlayıcılarını şu şekilde açıklamıştır: Yol bacakları ve geçişler TMA'da prosedürler, düz çizgiler veya geçiş alanları gibi bacak serilerine bölünmüştür. RNAV rotadaki her bir WP, bir bacadan diğerine otomatik geçiş gerçekleştirmek için uçak seyrüsefer sisteminin gerekli olduğu yeri göstermektedir. Bu geçiş, hız ve/veya irtifa ve/veya yöndeki değişiklikleri içermektedir. 5° veya daha fazla rota açısı değişikliği içeren geçişler, aşağıdaki dört yöntemden biriyle belirlenebilir:

a) Geçiş noktasından (Fly-by) geçişler: Bir sonraki rota bacağına dönüş önceden belirlenmektedir. MAPt WP hariç, tüm RNAV geçişler için tercih edilen yöntemdir. Geçiş noktası geçişler, öncü ve müteakip bacaklar ile ortak WP kullanılarak tanımlanmaktadır. Geçiş noktası geçişlerin başlangıç ve bitişini belirlemek için ilave WP'lere ihtiyaç yoktur.

b) Uğrak nokta (Fly-over) geçişler: Bir sonraki bacağına dönüş başlamadan önce, uçak WP üzerinden uçacaktır. Uğrak nokta geçişler, özellikle TMA'da geçiş noktası veya sabit yarıçap geçişlerin kullanımının imkânsız olduğu ve uğrak nokta geçişle açık avantajlar kazanılacak durumda kullanılmaktadır. Geçiş noktası geçişinde olduğu gibi, öncü ve müteakip bacaklar ve onların ortak WP'i ile tanımlanmaktadır.

c) Fikse doğru sabit yarıçap arkı (RF): Uçak dönüşünü belirli dönüşü tanımlanan

yarıçap ile uçmaktadır. Bu geçiş RF yol sonlandırıcısını kullanmaktadır ve en doğru, tahmin edilebilir ve tekrarlanabilir bir dönüş sağlamaktadır.

d) Şartlı geçişler: Belirli bir irtifaya ulaşıldığında; RNAV sistem geçişi başlatmaktadır. Şartlı geçişler; öncü bacak, müteakip bacak ve irtifa tahditiyle tanımlanan dönüşü içermektedir. Aynı zamanda nominal rotadaki WP'te tanımlanabilir. Sonraki bacak sadece fikse uçuş yolu (Course to fix, CF) veya direkt fiks (Direct to fix, DF) olarak kodlanabilir. Şartlı geçişler genellikle kalkış safhasında kullanılmaktadır.

Geçiş noktası geçişlerde, rota açısı değişikliği 120°'yi aşmamalıdır. Sabit yarıçap dönüş, 120°'yi aşan tüm dönüşler ve mümkün olduğunda 90°'yi aşan tüm dönüşler için kullanılabilir.

Geçiş noktasından geçişler, uğrak noktadan geçişler için amaçlanan geçişler ICAO harita sembolü Şekil 6.5.'de gösterilmektedir.

Yol Geçiş Adı	ICAO Sembolü
Geçiş Noktası	
Uğrak Nokta	

Şekil 6.5. Yol noktaları sembolleri

Yol tanımlayıcıların isimlendirilmesi ise ICAO Doc.8168'de şu şekilde açıklanmıştır: RNAV SID'leri, STAR'ları ve aletli yaklaşma prosedürlerini desteklemek için kullanılan yol noktaları benzersiz, beş harfli, telaffuz edilebilir bir "isim kodu" veya beş alfasayısal bir ad koduyla belirlenir.

Yol noktaları, yalnızca uygun şekilde tahsis edilmiş dört harfli konum koduna sahip (ICAO Doc. 7910 (Konum Kodları)'da belirtilen) bir havaalanı için kullanıldıkları takdirde kendilerine özgü yol noktaları, beş alfasayısal bir ad koduyla belirlenir.

ICAO Ek 11'e uygun olarak benzersiz, beş harfli, telaffuz edilebilir bir "isim kodu" aşağıdaki durumlarda, kullanılır:

- Bir SID'nin son yol noktasında,
- Bir STAR'ın başlangıç yol noktasında,
- Birden fazla terminal kontrol alanı için ortak olan veya yol boyunca

kullanılmayan, birden fazla havaalanı için ortak bir prosedürde kullanılan yol noktalarında,

- ATC amaçlı yol noktalarında.

Alfasayısal kod kullanıldığında uyulması gereken kriterler şunlardır:

- Kabul edilen alfasayısal kodlama tüm ülke içinde geçerli olacaktır.
- Beş alfasayısal isim kodu, havaalanı tanımlayıcısından alınan karakterleri ve/veya önemli noktanın kullanımını gösteren karakterleri içermelidir, tüm kombinasyonlar üçten fazla rakam içermemelidir.
- Uygulama kuralları ülke AIP'sinde yayımlanmalıdır.
- Beş alfasayısal kod kullanıldığı terminal sahasında benzersiz olmalıdır.
- Küresel benzersizlik garanti edilemeyeceğinden tüm alfasayısal yol noktaları AIP'de yayımlanmalıdır.
- Küresel benzerlik garanti edilemeyeceğinden, pilot tarafından herhangi bir yanlış seçime neden olmamak için, ATC yol safhasından terminal safhasına yönlendirmede beş alfasayısal koduyla belirtilen yol noktalarını kullanmamalıdır.

6.3. RNAV-DME/DME Tasarım Kriterleri

RNAV-DME/DME tasarım kriterleri, uçakların belirli bir yol üzerinde seyrüsefer yapabilmesi için DME istasyonlarından gelen mesafe bilgilerinin kullanılmasını içerir. Bu kriterler, uçuş güvenliğini ve seyrüsefer hassasiyetini sağlamak amacıyla ICAO tarafından belirlenmiştir. RNAV-DME/DME tasarımlarında, uçağın konumunu belirlemek için iki veya daha fazla DME istasyonundan alınan mesafeler kullanılır. Tasarım sırasında, DME istasyonlarının yerleşimi, yayın doğruluğu, sinyal kapsama alanı ve geometrik dağılımı, seyrüsefer sisteminin toplam hatası gibi kriterler dikkate alınır. Bu kriterler, uçağın rotadan sapma miktarını minimize etmek ve güvenli bir şekilde seyrüsefer yapmasını sağlamak amacıyla oluşturulmuştur.

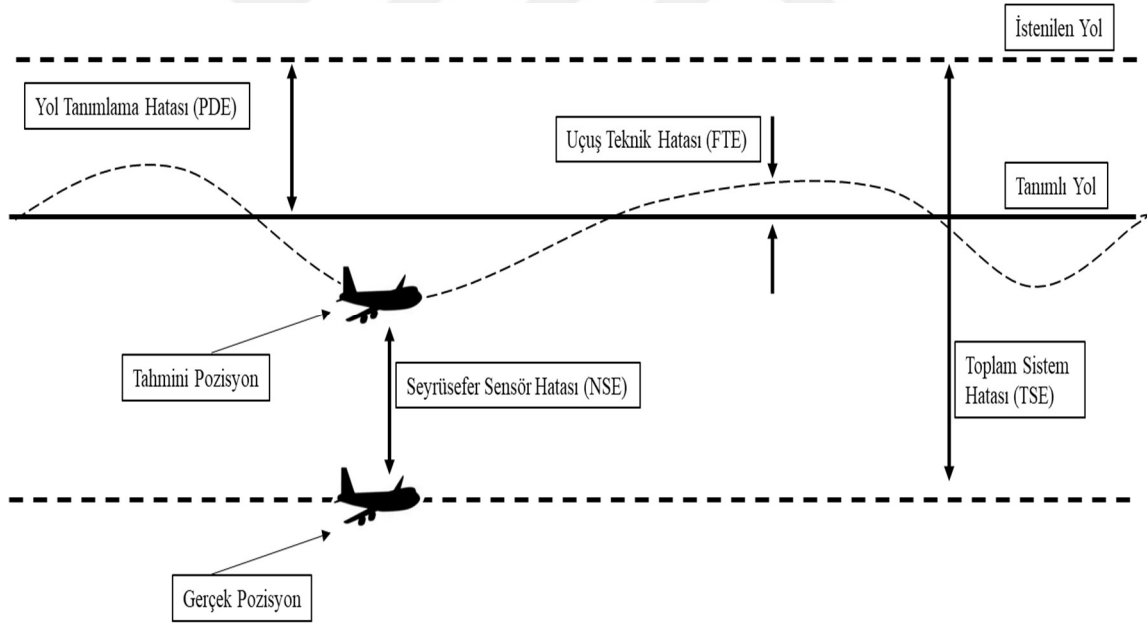
6.3.1. DME/DME sistem doğruluğu

Bir RNAV sistemin doğruluğu, uçağın gerçek konumu ile olması beklenen konum arasındaki fark olarak ifade edilen toplam sistem toleransı terimi ile tanımlanır (Şekil 6.6.).

Yeterli DME kapsamının sağlanmasının yanı sıra doğruluk da dikkate alınmalıdır.

Yer tabanlı altyapı tarafından sağlanan sinyal tanımlanan RNAV prosedürünün tüm noktalarında sinyal doğruluğunu karşılamalı veya aşmalıdır. Her ne kadar DME sinyallerinin doğruluğu ICAO Ek-10'daki doğruluk gereklilikleriyle tutarlı olsa da tasarlanan RNAV 1 için hata hesaplarının da doğrulanması gerekir [49].

RNAV 1 için yanal takip doğruluğu Toplam Sistem Hatası (Total System Error, TSE) olarak tanımlanır ve uçuş süresinin %95'i için ± 1 NM'ye eşit veya daha az olması gereklidir. TSE, Seyrüsefer Sistemi Hatası (Navigation System Error, NSE) ve Uçuş Teknik Hatasının (Flight Technical Error, FTE) toplam karekökünden türetilir (Root Sum Square, RSS). NSE, Konum Tahmin Hatası (Position Estimation Error, PEE), Yol Tanımlama Hatası (Path Definition Error, PDE) ve görüntüleme hatasını içerir. Altyapı değerlendirmesi amaçları açısından, PDE ve görüntüleme hatasının ihmal edilebilir düzeyde olduğu varsayılabilir. PEE, uzaydaki sinyal hatası ve havadaki alıcı hatasından oluşur. TSE, NSE (PEE) ve FTE'ye odaklanmaktadır [49].



Şekil 6.6. DME/DME sistem doğruluğu

Doğruluk değerlendirmesinin ilk seviyesi, Uçuş Teknik Hatası (FTE) ile Seyrüsefer Sistem Hatası (NSE) arasındadır. RNAV için RNAV 1 için ICAO Doc 8168 (PANS-OPS) ve Doc 9613'de belirtildiği gibi $FTE \pm 0,5$ NM (%95) ($FTE = \frac{1}{2}$ gerekli seyrüsefer doğruluğu) değeri kullanılır. PBN uygulamalarında kullanılan diğer FTE değerleri Tablo 6.1.'de verilmiştir [49].

Tablo 6.1. FTE değerleri

Uçuş Safhası	FTE (%95)
Yol Safhası (kalkış veya varış havaalanı referans noktasından 56 km (30 NM) daha fazla veya eşit ise)	RNAV 5 – 4 630 m (2.5 NM) RNP 4 – 3 704 m (2 NM) RNAV 2 – 1 852 m (1 NM) RNAV 1 – 926 m (0.5 NM) RNP-1 – 926 m (0.5 NM)
Terminal Safhası (havaalanı referans noktasına 56 km (30 NM)'den daha az olan SID, STAR, ilk ve ara yaklaşmalar)	RNAV 2 – 1 852 m (1 NM) RNAV 1 – 926 m (0.5 NM) RNP-1 – 926 m (0.5 NM) RNP APCH – 926 m (0.5 NM)
Son Yaklaşma Safhası	RNP APCH – 463 m (0.25 NM)
Pas Geçme Safhası	RNP APCH – 926 m (0.5 NM)

FTE ve NSE bağımsız hatalar olarak ele alındığından, FTE değeri ile karekök toplamı formülü kullanılarak izin verilen maksimum $\pm 0,866$ NM (%95) NSE değeri sağlanır. Bu hatalar döngüsel hatalar olarak ele alınır ve hat boyunca ve çapraz hatlara bileşenlere daha fazla paylaştırma yapılmaz [49].

NSE ikiye ayrılmıştır: biri havadaki ekipmandan (sorgulayıcı) ve diğeri yer ekipmanından (transponder). RNAV uygulamasında minimum gerekliliği sağlamak için, uygun geometri ve yeterli aralıkta 2 DME'nin mevcut olması gerektiğinden aşağıdaki DME/DME Sistem Doğruluğu (DME System Use Accuracy, DTT) denklemi şu şekildedir:

$$2\sigma_{DME1/DME2} \leq 2 \sqrt{\frac{(\sigma_{DME1,air}^2 + \sigma_{DME1,SIS}^2) + (\sigma_{DME2,air}^2 + \sigma_{DME2,SIS}^2)}{\sin(\alpha)}} \quad (6.1)$$

$\sigma_{SIS} = 0.05$ NM (gerekirse daha büyük değer),

$\sigma_{air} = \text{Maks. } \{(0.085 \text{ NM}, (\text{mesafenin } 0.125\% \text{'i})\}$,

$\alpha = 30^\circ$ ile 150° arasında olmalıdır [49].

Bu formül, belirli bir DME çiftinin amaçlanan prosedürü destekleyip destekleyemeyeceğini belirlemek için kullanılır.

Çapraz yol toleransı (Cross-Track Tolerance, XTT): Belirli bir rotadan dik olarak ölçülen

izin verilen sapmayı ifade eder. Havada ve yerdeki ekipman toleransları ile uçuş teknik toleransının (Flight Technical Tolerance, FTT) birleşik toleranslarını kapsar. Bu parametre, uçakların belirli uçuş koridorları veya rotaları içinde kalmasını sağlayarak hava seyahatinde güvenliği ve verimliliği sağlamada önemlidir.

$$XTT = \sqrt{DTT^2 + FTE^2 + ST^2} \quad (6.2)$$

Paralel yol toleransı (Along-Track Tolerance, ATT): Nominal rotaya paralel olarak ölçülen ve bu rotadan izin verilen sapmayı temsil eden bir toleranstır. Havada ve yerdeki ekipman toleransları tarafından etkilenir. ATT, uçakların belirlenen rotada kalmasını sağlamak için önemli bir parametredir.

$$ATT = \sqrt{DTT^2 + ST^2} \quad (6.3)$$

Sistem Hesaplama Toleransı (System Computational Tolerance ST): Sistemdeki hesaplamalar sırasında kabul edilebilir hata veya sapmaları ifade eder. ICAO Doc 8168'e göre Sistem Hesaplama Toleransı ± 463 m (0.25 NM) olarak belirlenmiştir. WGS-84 uygulanmasına bağlı bir tolerans değeridir.

Yarı Alan Genişliği (Semi-Width Area 1/2 AW): Uçuş yolunun iki yanındaki koruma alanlarını belirler. Uçuş yolu hatalarını kapsayan ve rotadaki emniyetli alanın oluşturulması için mâniaaların dikkate alınması gereken alandır. Tüm RNAV ve RNP uygulamalarında (RNP AR hariç) Mânia Klerans Alanının ($\frac{1}{2}A/W$) belirlenmesi aşağıdaki denkleme göre yapılmaktadır [26]:

$$\frac{1}{2}A/W = 1.5 * XTT + BV \text{ (BV/Tampon Bölge Değeri)} \quad (6.4)$$

Geliş ve yaklaşma prosedürlerinde uçuş fazlarındaki değişimlerde (bir öncekinden bir sonrakine geçişte) farklı XTT ve BV değerleri kullanılmaktadır.

$$\text{Ara Yaklaşma Safhası } \frac{1}{2} A/W = 1.5 * XTT_{IF} + \text{Terminal BV} \quad (6.5)$$

$$\text{FAF } \frac{1}{2} A/W = 1.5 * XTT_{FAF} + \text{Terminal BV} \quad (6.6)$$

$$\text{Son Yaklaşma Safhası } \frac{1}{2} A/W = 1.5 * XTT_{MAPt} + \text{Son Yaklaşma BV} \quad (6.7)$$

ICAO DOC 8168'de verilen Tampon Bölge Değerleri Tablo 6.2'de verilmiştir [33]. İki DME güncelleme istasyonunun kullanılabilirliğini temel alan uçuşun yol, geliş, ilk/ara yaklaşma ve kalkış aşamaları için DME RNAV (RNAV 1) XTT, ATT ve yarı alan genişliği hesaplamaları Tablo 6.3.'de verilmiştir [33]

Tablo 6.2. Tampon bölge değerleri

Uçuş Safhası	Kategori A-E için Tampon Bölge	Kategori H için Tampon Bölge
Yol Safhası (kalkış veya varış havaalanı referans noktasından 56 km (30 NM) daha fazla veya eşit ise)	3 704 m (2.0 NM)	1 852 m (1.0 NM)
Terminal Safhası (havaalanı referans noktasına 56 km (30 NM)'den daha az olan STARs, ilk ve ara yaklaşmalar, havaalanı referans noktasına 56 km (30 NM)'den daha az fakat 28 km (15NM)'den fazla olan SID ve pas geçme safhaları)	1 852 m (1.0 NM)	1 296 m (0.7 NM)
Son Yaklaşma Safhası	926 m (0.5 NM)	648 m (0.35 NM)
Pas Geçme Safhası ve SID'ler (havaalanı referans noktasına 28 km (15 NM)'e kadar)	926 m (0.5 NM)	648 m (0.35 NM)

Tablo 6.3. DME RNAV (RNAV 1) XTT, ATT ve yarı alan genişliği

İrtifa (ft)	Yol/STAR/SID (>30 NM ARP)			STAR/IF/IAF (<30 NM ARP)			SID (<15 NM DER)			FAF		
	XTT	ATT	1/2 A/W	XTT	ATT	1/2 A/W	XTT	ATT	1/2 A/W	XTT	ATT	1/2 A/W
15 000	BÜTÜN SEVİYER İÇİN			1.24	1.13	2.85	1.24	1.13	2.35			
14 000				1.20	1.10	2.81	1.20	1.10	2.31			
13 000				1.17	1.06	2.76	1.17	1.06	2.26			
12 000				1.14	1.02	2.71	1.14	1.02	2.21			
11 000				1.11	0.99	2.66	1.11	0.99	2.16			
10 000				1.07	0.95	2.61	1.07	0.95	2.11	0.98	0.95	1.97
9 000				1.04	0.91	2.55	1.04	0.91	2.05	0.94	0.91	1.91
8 000				1.00	0.86	2.50	1.00	0.86	2.00	0.90	0.86	1.85
7 000				0.96	0.82	2.44	0.96	0.82	1.94	0.86	0.82	1.79
6 000				0.92	0.77	2.38	0.92	0.77	1.88	0.81	0.77	1.72
5 000				0.88	0.72	2.32	0.88	0.72	1.82	0.76	0.72	1.65
4 000				0.83	0.67	2.25	0.83	0.67	1.75	0.71	0.67	1.57
1 000- 3 000				0.79	0.61	2.18	0.79	0.61	1.68	0.66	0.61	1.49

6.3.2. DME/DME kapsama alanı

DME/DME (RNAV 1) tasarımında doğru konum güncellemesi yapılabilmesi için uygun DME kapsamının mevcut olduğundan emin olmak için en az iki DME istasyonu seçilerek rotanın teorik uygulanabilirlik kontrolü yapılmalıdır. İki farklı cihazdan alınan bilgi bileşeninin kabul edilebilir konum hatası ölçeğinde kalması için yapılan hesaplamalar sonucunda elde edilen uygulama şartları ICAO Doc.8168'de şu şekilde belirtilmiştir.

- DME istasyonuna en fazla uzaklık 160 DME olmalı,
- DME istasyonlarının kesme açısı en fazla 150°, en az açısı 30° olmalı,
- Tasarlanan yolun 3 DME içindeki istasyonlar kullanılmamalı,
- İstasyonlar ile ilgili kısıtlar varsa dikkate alınmalıdır.

İstenilen Açının doğruluk gereksinimleri dikkate alındığında, DME/DME kullanılarak yapılan konum tahmininin doğruluğu, kesme açısının 90° olması durumunda 0,3 NM kadar iyi olabilir. Kesme açısı değiştiğinde veya arttığında veya azaldığında beklenen konum doğruluğu 0,5 NM'ye düşecektir. 30°'nin altında ve 150°'nin üzerinde çözüm kullanım için fazla hatalıdır [50].

6.3.3. DME/DME Kapsama alanının belirlenmesi

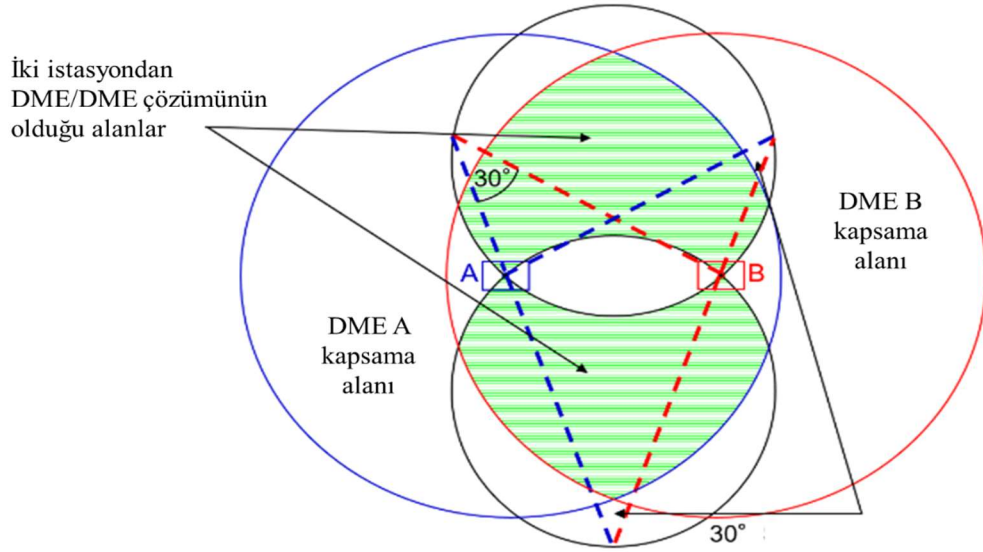
Tasarlanacak rotada uçağın her iki DME istasyonundan da kesintisiz sinyal alarak emniyetli şekilde uçuşunu gerçekleştireceği bölgenin belirlenmesi için izlenecek yol şu şekildedir;

- Her istasyon için, Tanımlanmış Opreasyonel Kapsamı (DOC) en fazla 370,4 km (200.0 NM) olan merkezi bir daire çizilmelidir.
- DME istasyonlarının her iki tarafında da 'D' mesafesine (istasyonlar arası mesafe) eşit yarıçaplı (30-150° arasındaki DME kesişme daireleri) her iki DME istasyonundan da geçen iki daire çizilmelidir.
- Her iki DME istasyonunun merkezine odaklanarak 1,85 km (1 NM) yarıçaplı güncelleme olmayan bölge daireleri çizilir.

İki DME güncelleme alanı, aşağıdaki iki koşulu sağlayan bir alandan oluşur; Belirlenmiş İşletme Kapsamı (DOC)/370,4 km (200.0 NM) içindeki alan ve 30/150 derece kesişme açısı alanı.

DME/DME kapsamı dışında kalan alanlar; güncelleme olmayan bölge daireleri ve iki DME istasyonu arasındaki alandır.

Bu çizim neticesinde tasarlanan yolun güncelleme alanı (taralı bölge) içinde kalması gerekmektedir (Şekil 6.7.).



Şekil 6.7. DME/DME güncelleme alanı

Uygulanacak olan yöntemde belirli bir DME çiftlerinde ortaksa bu DME kritik olarak belirtilir. Yalnızca geçerli bir destekleyici DME çifti mevcutsa, her iki DME tesisinin de kritik olduğu kabul edilir [49].

7. ETİMESGUT MEYDANI İÇİN DME/DME ALÇALMASININ TASARIMI

Etimesgut meydanı için uygulanan geleneksel yöntemlerin yerine geçebilecek ve ileriki zamanlarda GNSS kullanımı ile yapılacak seyrüsefer uygulamasına alternatif olabilecek DME/DME alçalması tasarımı için izlenecek yol şu şekildedir;

- DME istasyonlarının belirlenmesi,
- DME kapsama alanının belirlenmesi,
- Arazi/Mânia İncelemesi,
- Yol Noktalarının belirlenmesi,
- STAR çizimi,
- Tasarlanan rotanın diğer meydanlarla etkileşimi,
- Doğrulama.

7.1. DME İstasyonlarının Belirlenmesi

ICAO Ek-10 dokümanında açıklanan seyrüsefer kriterlerine uygun ve AIP’lerde yayımlanmış DME istasyonlarından, DME/DME uygulaması için yol tasarımı yapılacak bölgeyi kapsayan ve güncelleme alanı hesabı için uygun DME çiftlerinin belirlenmesi gerekmektedir.

Eurocontrol verilerine göre Türkiye’de bulunan DME, TACAN ve VOR/DME (107 adet) istasyonlarının konumlarına ait harita EK 12’de gösterilmiştir [51].

Türkiye AIP’sinde yayımlanmış ve Etimesgut meydan civarındaki (yaklaşık 100NM) DME istasyonları Tablo 7.1.de gösterilmiştir.

Tablo 7.1. Etimesgut meydan civarı DME istasyonları

TANITMA KODU	İSTASYON ADI	SEYRÜSEFER KOLAYLIĞI
ANK	ANKARA	DME
BAG	BAGLUM	VOR/DME
BUK	ÇUBUK	VOR/DME
ESB	ESENBOĞA	VOR/DME
ETI	ETİMESGUT	TACAN
HAY	HAYMANA	NDB/DME

Harita Genel Müdürlüğünün tüm kullanıcılara açık olarak sunduğu “KÜRE” uygulaması ile hazırlanan DME’lerin konumları Görsel 7.1.’de belirtilmiştir.



Görsel 7.1. DME istasyonlarının konumları

Meydan civarında bulunan DME istasyonlarına ait frekans ve koordinat bilgileri Tablo 7.2. de gösterilmiştir.

Tablo 7.2. DME istasyonları frekans ve koordinat bilgileri

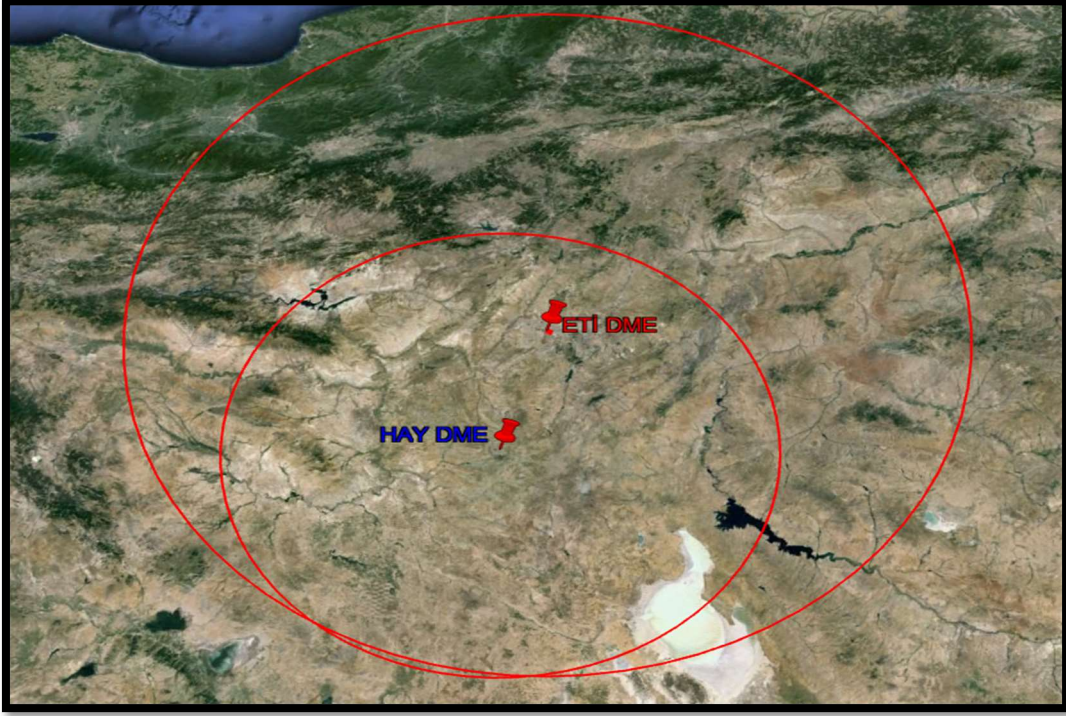
TANITMA KODU	İSTASYON ADI	DME FREKANSI	KOORDİNAT
ANK	ANKARA	CH96X	395711.8N 0324942.0E
ETI	ETİMESGUT	CH113X	395727.0N 0324028.7E
BAG	BAGLUM	CH78X	400412.0N 0324835.6E
BUK	ÇUBUK	CH90X	401430.7N 0330617.7E
ESB	ESENBOĞA	CH58X	400847.8N 0330044.9E
HAY	HAYMANA	CH55X	392611.9N 0323034.2E

Bu istasyonlardan seçilecek olan iki DME'nin konumlarına göre Bölüm 8.'de belirtilen hesaplama ile rotayı kapsayacak güncelleme alanı belirlenecektir.

Kullanılacak DME'lerin Belirlenmesi: Etimesgut meydanına yapılacak alçalma nedeniyle birinci istasyon olarak meydana bulunan Etimesgut TACAN cihazının

DME'si (ETİ) ve tasarım yapılacak bölgeyi (meydan güneyini) kapsayacak konumda olması itibari ile Haymana DME (HAY) ikinci istasyon olarak belirlenmiştir.

Bu çalışmada tasarlanacak bölgeyi kapsayan gösterim için cihaz menzillerinin 100 NM yeterli olacağı değerlendirilmiş, ETİ TACAN DME için 100 NM, HAY DME için Türkiye AIP'side belirtilen 65 NM menzil gösterimi yapılmıştır (Görsel 7.2).

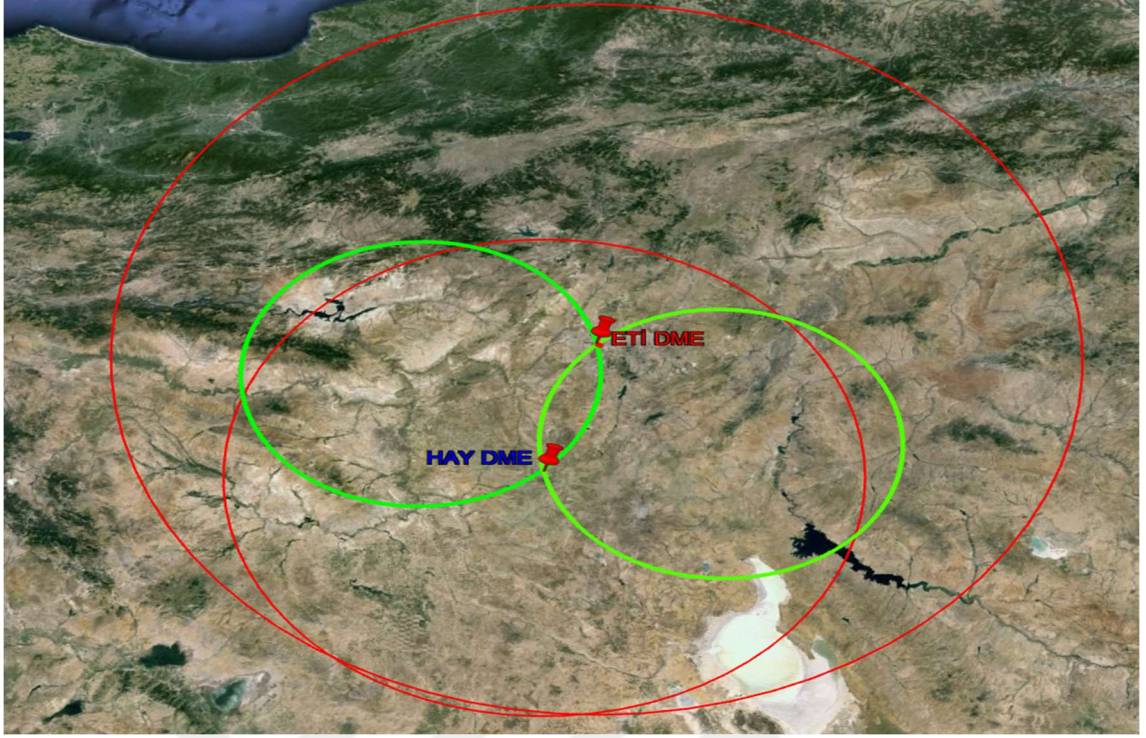


Görsel 7.2. Tasarım için belirlenen DME istasyonları

Doc 8168'de belirtilen “Prosedürün herhangi bir noktasında, konumlandırma yalnızca belirli bir DME çifti kullanılarak gerçekleştirilebiliyorsa, o DME'ler prosedür için kritik olarak kabul edilir.” koşuluna göre seçilen bu iki DME bu yaklaşma için mecburi olduğundan kritik DME istasyonları olarak değerlendirilmiştir.

7.2. Güncelleme Alanının Belirlenmesi

Her iki DME cihazının sinyal bölgesinde kalması koşuluyla çizilen (yarı çapı iki DME istasyonu arası uzunlukta ve istasyonlardan geçen) dairelerin içinde kalan bölge güncelleme bölgesidir (Görsel 7.3). DME istasyonlarının çevresindeki 1 NM yarıçaplı bölge ve iki dairenin kesişim bölgesi güncelleme alana dahil edilmez.



Görsel 7.3. Güncelleme alanı

7.3. Arazi ve Mânia Değerlendirmesi

Tasarım yapılması istenen bölgede Harita Genel Müdürlüğünün yayınladığı güncel Ankara fiziki haritasında yapılan incelemede Etimesgut meydanı güney, güney batı ve batısında tespit edilen en yüksek rakımlı arazi ve diğer yüksekliklere ait bilgiler Tablo 7.3'te verilmiş ve EK 13'de gösterilmiştir.

Tablo 7.3 Meydan civarı yükseklik bilgileri

Coğrafi Adı	Radyal	Mesafe (NM)	Yükseklik (Feet)
Kabasinan Tepesi	185 R	23,5	4740
Han Tepesi	201 R	16,5	4551
Çile Dağı	243 R	25.2	4725
Abdülselem Dağı	268 R	14.1	5289
Çal Tepe	270 R	19	4442

Yapılacak olan STAR'ın bu bölgede alt irtifa tahdit 6500 feet tahditli olarak planlandığından ve en yüksek arazi yüksekliği (5289 feet) ile emniyetli mânia ayırmasının

(ICAO DOC 8168’e göre 300m/984 feet) sağlanmış olduğu değerlendirilmektedir. Ayrıca bu inceleme EK 14’de gösterilen Etimesgut MRVC ve Ek 15’de gösterilen Esenboğa MRVC haritasıyla tutarlıdır, yapılacak olan kontrol uçuşu ile doğrulanması gerekmektedir.

DME Sinyal Değerlendirmesi: DME sistemi, uçağa yayınlanmış prosedürlere uygun olarak uçuşun yaklaşma, kalkış veya yol aşamaları sırasında sürekli mesafe bilgisi sağlar. Sinyaller pilot tarafından ekrandan yorumlanabilir ya da doğrudan uçuş yönetim sistemine aktarılabilir.

DME cihazlarının kalibrasyonu ICAO Ek-10 standartları ve tavsiyeleri doğrultusunda, ICAO Doc 8071’de belirtilen usuller ile uygun donanımdaki uçuş kontrol uçağı tarafından yapılmaktadır.

Tasarlanacak olan rotadaki DME sinyal kontrolleri bu çalışma sonrasında uçuş kontrol uçağı ile yapılması planlanmaktadır. Tasarım aşamasında, DME cihazları anten anteni görme prensibi ile çalıştığından uçak mesafe bilgisi almak istiyorsa cihazla önünde sinyal kesici herhangi bir engel bulunmadığının kontrolü gerekmektedir. Bu doğrultuda tasarım yapılacak bölgede uçağın kullanacağı irtifalarda DME cihazını görüp görmediğı incelemesi coğrafi engel yönünden incelenmiş engel yaratacak yükselti tespit edilmemiştir. Ancak yapılacak olan uçuş kontrolünde doğal mânia dışındaki yükseltilerin kontrolü gerekmektedir.

7.4. Yol Noktalarının Belirlenmesi

Etimesgut meydanına batıdan, güneyden ve doğudan gelecek trafiklerin hava yolunu terk ettikleri noktanın genellikle “HAY” ya da “HALİL” olması sebebiyle bu noktadan sonra tasarlanacak Kapalı STAR ile uçağın ILS alçalması yapması planlanmıştır.

İstenilen alçalmanın Esenboğa yaklaşma ünitesi tarafından vektör hizmeti ile yapılması durumunda oluşabilecek örnek rota EK 16’ da gösterilmiştir.

Etimesgut meydanına uçuş gerçekleştiren pilotlar ile yapılan görüşmelerde de ILS IAF (FETHİ) noktasına gitmeden daha kısa tanımlı bir rota ile ILS alçalmasına bağlanmanın faydalı olacağı ortak görüşüne varılmıştır.

Yapılan görüşmeler ve incelemeler neticesinde Kapalı STAR için belirlenen yol noktaları Tablo 7.4’de belirtilmiştir.

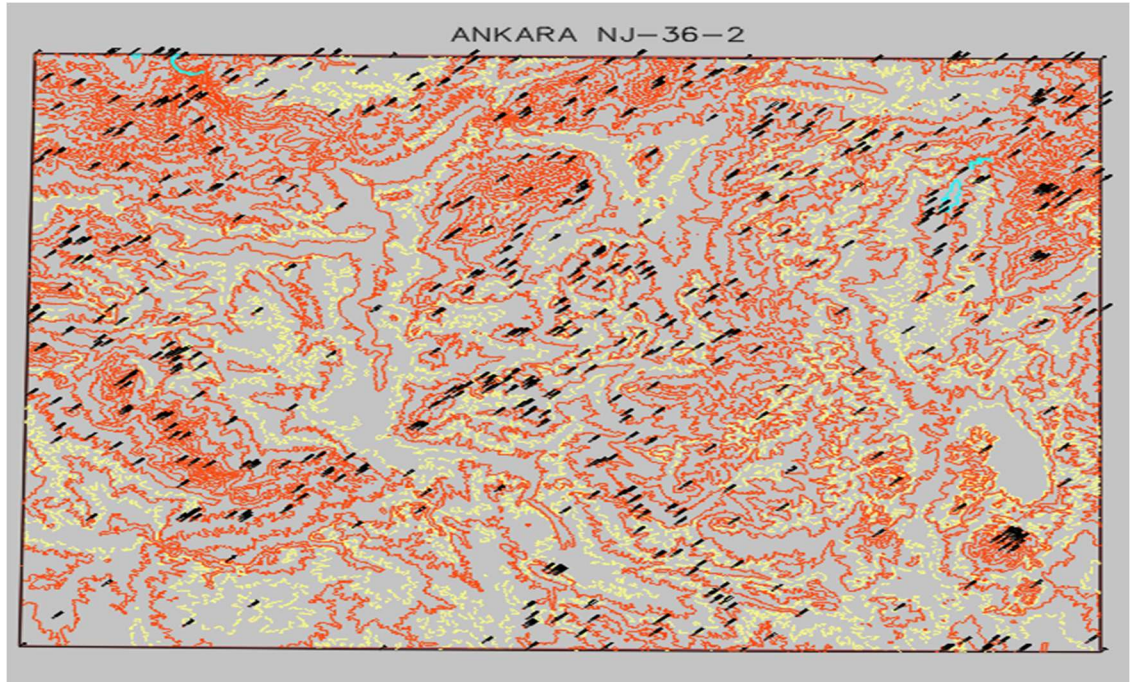
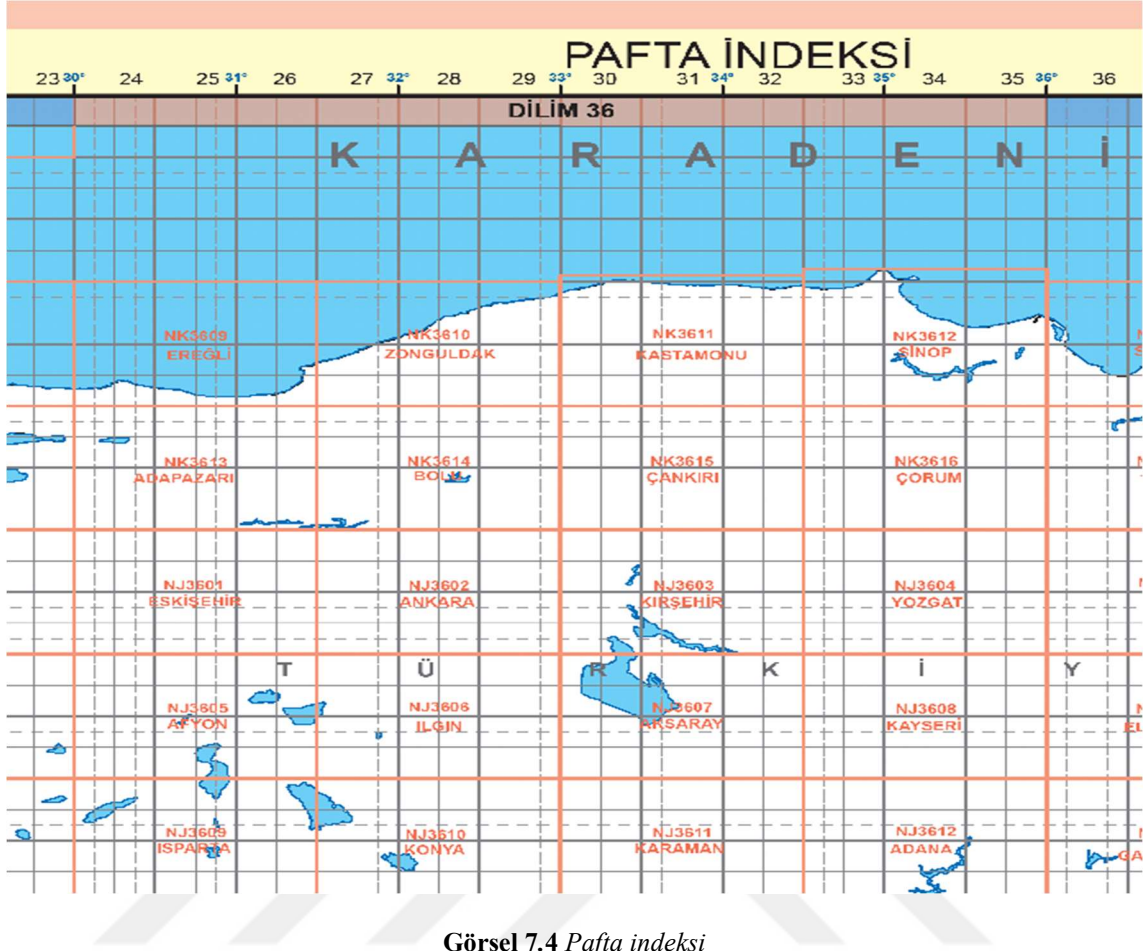
Tablo 7.4. Yol noktaları

WP	KOORDİNAT (WGS-84)	TÜRÜ	MESAFE (ETİ)	RADYAL (ETİ)
TAD01	39:31:20.37N, 32:20:04.31E	FLY BY	30,4 NM	211
TAD02	39:45:46.60N, 32:24:35.83E	FLY BY	16,9 NM	226
TAD03	39:53:57.49N, 32:23:54.03E	FLY BY	13,2 NM	255
POLAT	39:57:02.22N, 32:14:23.94E	FLY BY	19,9 NM	270
TAD05	40:02:39.55N, 32:17:27.18E	FLY BY	18.2 NM	287
IF	40:03:11.91N, 32:23:02.17E	FLY BY	14.5 NM	293
FAP	40:00:28.89N, 32:28:03.15E			
UÇUŞ BAŞI VE İRTİFA				
W1-W2 H015-7000				
W2-W3 H355-6500				
W3-W4 H290-6500				
POLAT-W5 H020-6500				
W5-IF H080-6000				
ETİ TACAN/DME	395727.0N 0324028.7E	CH113X	100NM	
HAY DME	392611.9N 0323034.2E	CH55X	65NM	
KRİTİK DME (ETİ, HAY)				

7.5. STAR Çizimi

Uçuş rotaları coğrafi koşullar, NOTAM'lı/kısıtlı sahalar, uçak karakteristikleri, talep edilen uygulamalar ve uluslararası kurallar doğrultusunda yapılan hesaplamalar ile çizilmektedir. Yetkili hava sahası tasarlayıcıları bütün bu veriler ile lisanslı bilgisayar programları (Örn. PDToolKit [52]) yardımıyla yeni rotalar oluşturabilmektedir. Türkiye hava sahasında yapılacak tasarımlar için DHMİ ve askeri meydan tasarımları için Hava Kuvvetleri Komutanlığı yetkili birimlerdir.

Bu çalışmada lisanslı tasarım programına erişim sağlanamadığından olmadığından "AutoCAD" tasarım uygulaması kullanılmıştır. Tasarlanacak rota için bölge coğrafyası (pafta bilgileri) (Görsel 7.4, Görsel 7.5), pist bilgileri (Tablo 7.5.), DME istasyon bilgileri (Tablo 7.6, Tablo 7.7), yol noktaları ve ICAO Doc.8168'de belirtilen hesaplamaların veri girişi yapılmıştır.



Tablo 7.5. Etimesgut (LTAD) pist bilgileri

Pist Numarası	Gerçek İstikamet	Pist Ölçüleri (M)	Pist Kaplaması ve Kapasitesi	THR Koordinatı Pist Sonu Koordinatı THR Jeoid Dalgalanması	THR İrtifası ve Hassas Yaklaşmada TDZ'nin En Yüksek İrtifası
11	113.60°	2457X42	Asfalt LCN 50	395722.74N0324022.20E - GUND: 121 FT	THR 805.3 M/2642 FT TDZ 805.9 M/2644 FT
29	293.61°	2457X42	Asfalt LCN 50	395650.84N0324157.05E - GUND: 121 FT	THR 808 M/2653 FT

Tablo 7.6. Etimesgut (LTAD) TACAN bilgileri

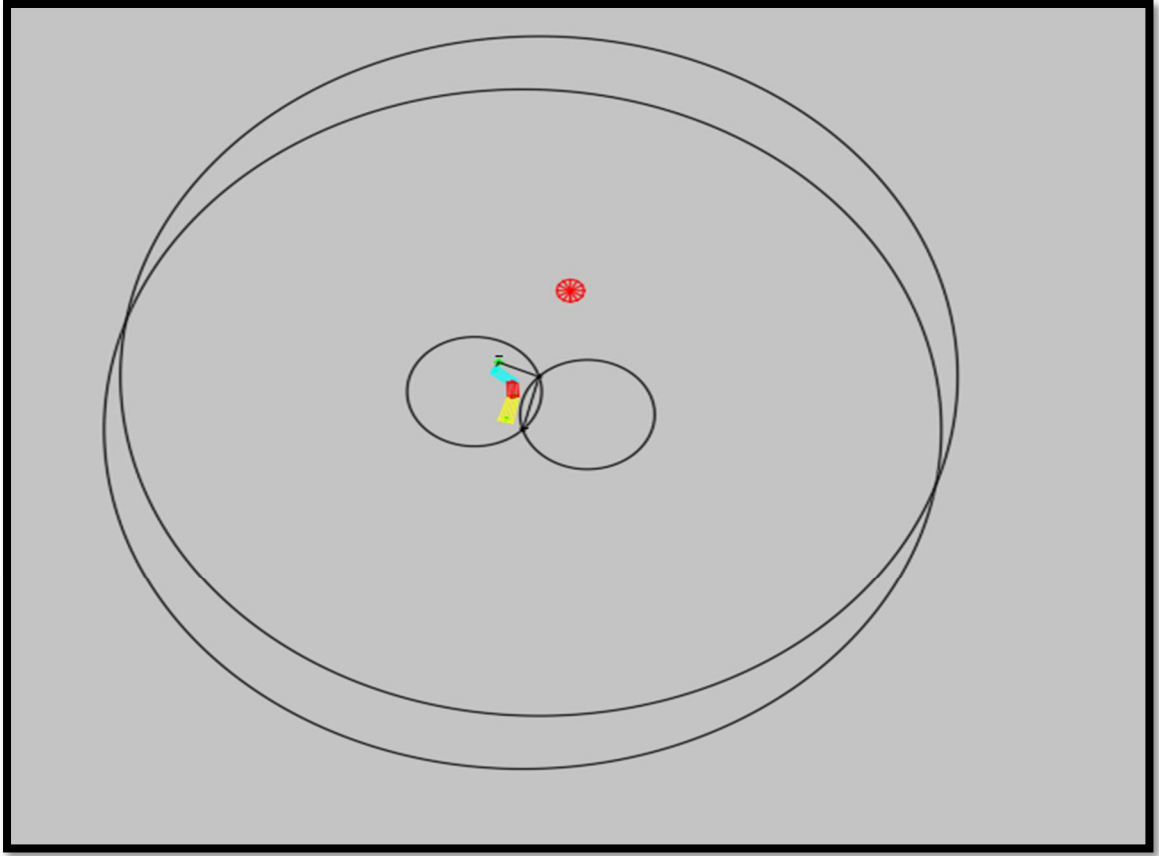
Yardımcı Tipi	Tanıtma Kodu	Frekans	Faaliyet Zamanı	Gönderici Anten Koordinatı	DME Anten İrtifası	Açıklama
TACAN	ETI	CH113X	24 saat	395727.0N 0324028.7E	818 M	ETI TACAN 200 ve 210 Radyaller arasında tüm seviyelerde güvenilmezdir.

Tablo 7.7. NDB/DME (HAY) bilgileri

Yardımcı Tipi	Tanıtma Kodu	Frekans	Faaliyet Zamanı	Gönderici Anten Koordinatı	DME Anten İrtifası	Açıklama
NDB/DME	HAY	350 KHZ CH55X	24 saat	392611.9N 0323034.2E	1303 M	

Kapsama alanı ve DME güncelleme alanı için,

- Her iki DME merkezinden 370400 m (200 NM) yarıçaplı daireler çizildi,
- ETI DME-HAY DME arası mesafe; 59516.9229 m, ETI DME-HAY
- DME arası mesafenin yarıçap olan 75°/75°/30° üçgeninden faydalanılarak güncelleme alanı çizildi,
- Her iki DME merkezinden 1852 m yarıçaplı daireler (güncelleme alanına dahil olmayan bölge) çizildi, oluşan gösterim Görsel 7.6'de verilmiştir.

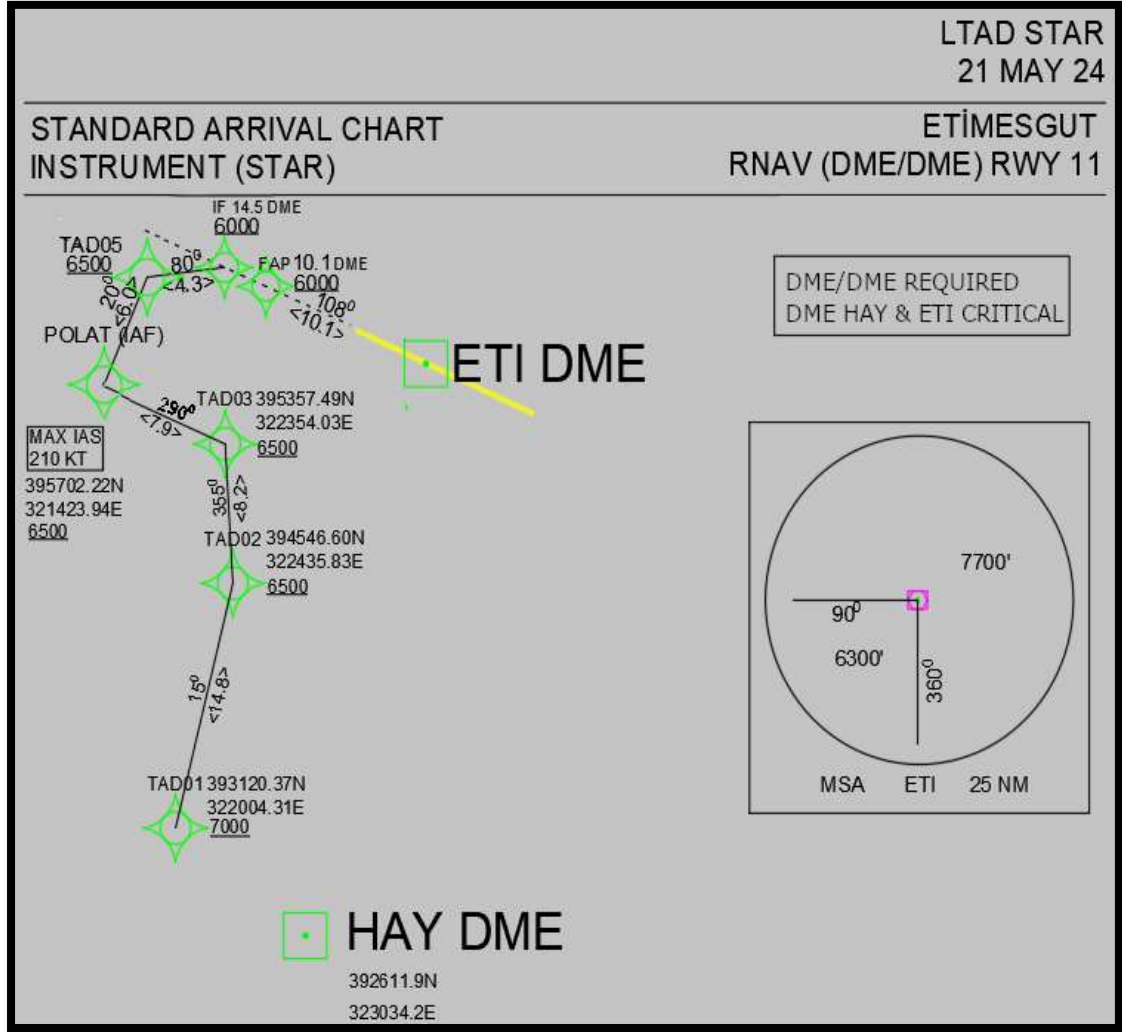


Görsel 7.6 Kapsama alanı ve DME güncelleme alanı

AutoCAD uygulamasına girilen veriler sonrasında oluşturulan ve ara yaklaşma noktasına (IF) kadar devam eden RNAV 1 STAR (DME/DME) alçalma planı Şekil 7.1’de gösterilmiştir.

Havayolundan HAY noktasından ayrılan uçak Etimesguta göre 211 Radyal (ETİ TACAN 200°-210° arasında güvenilir tahdidi olması nedeniyle başlangıç noktası 211 Radyal üzerinde seçilmiştir (Tablo 7.6)) 30,4 NM 7000 feet (min.) irtifadan TAD01 yol noktasında STAR’a başlayarak 015° uçuş başı 6500 feet (min.) irtifaya alçalışla ve 14,8 NM uçuşla TAD02 yol noktasına, buradan 6500 feet (min.) irtifada 355° uçuş başı 8,2 NM uçuşla TAD03 yol noktasına sonrasında 6500 feet (min.) irtifada 290° uçuş başı 7,9 NM giderek POLAT IAF noktasına ulaşır. IAF’tan 6500 feet (min.) irtifada 020° uçuş başına dönüşle 6 NM giderek TAD05 yol noktasını takibinde 080° uçuş başına dönüşle birlikte 6000 feet (min.) irtifaya alçalışla 4.3 NM uçarak ETİ TACAN’a göre 293 Radyal 14,5 NM’de IF noktasına ulaşır. IF’te sonlanan STAR’ın halihazırda uygulanan ILS alçalmasına uyumlu (FAP 288R/ 10,1 NM/ 6000 feet) olacak şekilde tasarlanmıştır. Pilotun IF’den sonra ILS alçalma planı ile devam ederek inişini tamamlayabileceği

değerlendirilmiştir. İleriki çalışmalarda, Eurocontrol’ün gündeminde olan “Hibrit Yaklaşma” [53] yöntemi ile tek alçalma planı üzerinden RNP/RNAV ve ILS’in kombinasyon gösterimi ve uygulamasının sağlanabileceği değerlendirilmektedir.



Şekil 7.1 Etimesgut havalimanı için tasarlanan STAR RNAV (DME/DME) Rwy 11

7.6. Tasarlanan STAR’ın Diğer Meydanlar ile Etkileşimi

Tasarım yapılan bölge Etimesgut meydan güney ve güney batı sektörü 35 NM dahilinde kalmaktadır. Bu sektörlerde herhangi bir meydan bulunmadığından başka bir meydanın kontrol sahasını etkilememektedir. Ancak Etimesgut meydan kuzeybatısında bulunan Mürted meydanı RWY 03/21 ILS ve alçalma hattı (EK 18, EK 19) noktası Etimesgut’a göre 287 Radyal 8,5 NM ‘den geçmekte olup ve bu alçalma ile Etimesgut RWY 11 ILS alçalma hattı kesişmektedir. Bu sebeple yapılan tasarımda meydan batısında

kalan (POLAT (IAF)-TAD05-IF) noktalar Mürted RWY 03 ILS alçalması ile kesişmektedir. Mevcut uygulamada Mürted meydanına yapılacak RWY 03 ILS alçalması Esenboğa yaklaşma kontrol tarafından Etimegut meydanı ile koordine edilerek yapılmaktadır. Tasarlanan STAR'ı uygulayacak trafik ile Mürted RWY 03 ILS alçalması yapacak trafiklerin çakışması durumunda da Esenboğa yaklaşma tarafından ayırma sağlanması gerekmektedir.

7.7. Tasarımın Doğrulanması

Yer doğrulaması: Önerilen prosedürün ilk doğrulaması, uçuş simülatörleri ve/veya FMC simülasyon yazılım araçları kullanılarak yapılabilir. Bu araçlar, öngörülen uçuş yolunun sürekliliğini ve tekrarlı birliğini kontrol etmek için kullanılır. Bu doğrulama, minimum ve maksimum IAS, rüzgarlar, uçak tipi ve kütlesi ile FMC tipinin etkisini içermelidir.

Uçuş kontrolü: İlk teorik geçerlilik kontrolü, daha sonra uçuş kontrolü ile onaylanmalıdır. Uçuş kontrol yetkilisine önceden tasarım kontrol detaylarının tamamı sağlanmalıdır, bu detaylar arasında kritik DME'lerin detayları da bulunmalıdır.

8. DEĞERLENDİRME VE SONUÇ

DME/DME yöntemi geleneksel seyrüsefere göre daha hassas konum belirleme kabiliyetine sahip olduğundan çeşitli nedenlerle kısıtlı sahalarda emniyetli seyrüseferi mümkün kılmaktadır. Bu sayede bazı hava sahalarında alternatif uygulama, bazı hava sahalarında birincil yöntem olarak tercih edilebilmektedir.

Olumsuz hava koşulları nedeniyle mevcut geleneksel aletli yaklaşma usullerini uygulayamayacak trafiklerin ILS alçalması yapmak için yaklaşma kontrol tarafından pilot mesuliyetinde direkt uçuş veya kontrolör tarafından vektör yardımı ile ILS IAF noktasına varışı sağlanmakta iken bir RNAV yöntemi olan DME/DME ile Kapalı STAR tasarlanmıştır. Bu STAR ile IF noktasına önceden tanımlanmış bir rota ile pilota emniyetli bir uçuş önerilmiş ve vektör hizmeti iş yükünü ortadan kaldıracak bir uygulama sağlanmaktadır.

8.1. Fayda Analizi

Geleneksel yöntemlerde karşılaşılan vektör hizmetindeki öngörüsüz uçuş, iş yükü, telsiz meşguliyeti yahut tanımlı olmayan rotalarda uçuşun emniyet şartları ile bu uçuşun getirdiği sorumluluklar gibi olumsuzlukların yerine bu çalışmada tavsiye edilen RNAV DME/DME uygulaması birçok olumsuz durumun ortadan kalmasını sağlayacaktır.

Askeri maksatlı bir cihaz olan TACAN'ın ortak kullanımının mümkün olabileceği ve bu sonuçla seyrüsefer alt yapısının güçlendirilebileceği ortaya konmuştur. Ayrıca tasarlanan uygulama hem askeri hem sivil trafikler için ortak bir usul olmuştur.

Askeri trafiklerin DME/DME uygulaması ile PBN uygulamalarına adaptasyonunda ve hava sahasının ortak kullanımında fayda sağlayacağı değerlendirilmektedir.

Bu çalışmada GNSS ile seyrüsefer kabiliyeti olan ancak olumsuz durumlarda bu yöntemi yapamayacak veya GNSS kabiliyeti olmayan ancak daha geleneksel bir cihaz olan DME'ye sahip ve diğer gerekli donanımla birlikte uygulayabileceği bir yaklaşma/alçalma yöntemi önerilmiştir. Bu yöntem dünyanın birçok yerinde uygulanmakta ve uluslararası dokümanlarda tavsiye edilmektedir.

Uygulamada olan ülkelerde tasarlanan STAR rotaları için birincil seyrüsefer GNSS olsa da DME/DME usulleri alternatif olarak gösterilmektedir. Bu sebeple Etimesgut için tasarlanan DME/DME STAR rotası aynı zamanda GNSS ile uygulamaya müsait olduğu değerlendirilmektedir.

Türkiye hava sahasında henüz uygulaması olmayan bu yöntem müsait coğrafi

koşullar nedeniyle ihtiyaç duyulmamış olabilir ancak GNSS'le yapılan uçuşlar için alternatif yöntem olarak uygulamaya geçilmesi fayda sağlayacaktır.

8.2. Sonuç

Hava araçlarının kalkış noktasından varış noktasına kadar doğru ve emniyetli bir rota izlemesi için pilota yardımcı olan cihazların güvenilirliği ve devamlılığı son derece önemlidir. Bu açıdan seyrüsefer cihazlarının uçaklarla beraber yeni teknolojik yapıda olması, kontrollerinin sürekli yapılması ve mümkün olduğu kadar kapsam dışı alan kalmayana kadar çoğaltılması gerekmektedir. İhtiyaçlar değerlendirilerek sivil ve askeri kaynaklar ortak kullanıma müsait hale getirilerek emniyetli sahalar genişletilmelidir.

Mevcut seyrüsefer cihazları ile ihtiyaç duyulan noktalarda yapılacak yeni yöntemler ve uygulamalar işleri kolaylaştırabilecektir. GNSS kabiliyeti her ne kadar çağın en güvenilir seyrüsefer yöntemi olarak görünse de bu yöntemin de yetersiz kaldığı sorun yaşadığı durumlar oluştuğunda mevcut diğer cihazlarla alternatif yöntemlerin hazır olması istenmeyen olayların önüne geçecektir.

Bu çalışmada sunulan tasarım onaylı bir program tasarımı değildir. DME/DME yaklaşmasının uygulanması tavsiyesi üzerine örnek görsel olarak nitelendirilebilir. DME/DME uygulaması için ihtiyaçlar, hesaplamalar ve dikkat edilmesi gerekenler belirtilmiş, askeri trafiklerin PBN uygulamalarına adaptasyonu, TACAN cihazının ortak kullanımının hava sahası altyapı kapasitesine katkısı, tanımlı yol oluşturulması, emniyet ve iş yükü faydalarına değinilmiştir.

Sonraki çalışmalarda, onaylı bir tasarım programında tasarlanacak daha kısa DME/DME rotası ile önceki uygulamalar arasındaki mesafe farkının zaman, yakıt tüketimi ve dolayısıyla çevreye etkisi yönünden faydalarının ölçümleri yapılabilir, Türkiye'deki DME altyapısı incelenerek kapsama alanları hesaplanıp tüm hava sahasında DME/DME uygulanabilirliği değerlendirilebilir.

KAYNAKÇA

- [1] Kaçar (E. 2023), “Terminal Hava Sahası Karmaşıklığı Faktörlerinin Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri Kullanılarak İncelenmesi” Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Hava Trafik Kontrolü Anabilim Dalı.
- [2] D. Guo and D. Huang, (2021). “PBN operation advantage analysis over conventional navigation,” *Aerospace Systems*, vol. 4, pp. 335–343, doi: 10.1007/s42401-021-00084-z.
- [3] E. Israel, W. Justin Barnes, and L. Smith (2020). “Automating the Design of Instrument Flight Procedures,” in *Integrated Communications, Navigation and Surveillance Conference, ICNS*, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., doi: 10.1109/ICNS50378.2020.9222871
- [4] E. C. Smith (2005). “Impact Of Rnav Terminal Procedures On Controller Workload.”, 24th Digital Avionics Systems Conference.
- [5] Topkova T. (2022). “Evaluation of DME Network for Ensuring RNAV Capability in the European Region.”, Yayınlanmış Doktora Tezi, Czech Technical University In Prague Faculty Of Transportation Sciences Department Of Air Transport
- [6] N. Viola, I. Roberto, D. Candidate, and M. Membola (2021). “New Advance Civil Navigation’s solutions to increase the compliance of military fighters A/C with civil aviation in future global airspace.”, Yayınlanmış Yüksek Lisans Tezi, Politecnico Di Torno Aerospace Engineering.
- [7] D. C. Chandra and R. Markunas (2017). “Line Pilot Perspectives on Complexity of Terminal Instrument Flight Procedures,” *NextGen Human Factors Division (ANG-C1) U.S. Department of Transportation Federal Aviation Administration*, Washington.
- [8] I. Ostroumov, K. Marais, N. Kuzmenko (2022). “Aircraft positioning using multiple distance measurements and spline prediction,” *Aviation*, vol. 26, no. 1, pp. 1-10–1–10, doi: 10.3846/AVIATION.2022.16589.
- [9] Lilley, R.W.; Erikson, R. (2012) DME/DME for Alternative Position, Navigation, and Timing (APNT); APNT White Paper; Department of Transportation: Washington DC, USA.
- [10] Lo, S., Chen, Y.H., Enge, P., Peterson, B., Erikson, R., Lilley, R. (2013). Distance Measuring Equipment Accuracy Performance Today and for Future Alternative Position Navigation and Timing (APNT), *Proceedings of the 26th International Technical Meeting of the Satellite Division of The Institute of Navigation (ION GNSS+ 2013)*, Nashville, TN, September 2013, pp. 711-721.
- [11] https://ext.eurocontrol.int/ground_navigation_infrastructure/map. (Erişim tarihi: 10.04.2024).

- [12] SHGM (2016) Türk Hava Sahasında Hava Trafik Hizmetlerinin Uygulanmasına İlişkin Usul ve Esaslar Talimatı (SHT-HTH).
- [13] S. M. Sadique (2022). An Analysis of Air Traffic Controllers' Job Satisfaction, Journal of Aviation/Aerospace Education & Research, vol. 31, no. 1, p. 31, doi: 10.15394/jaaer.2022.1910.
- [14] <https://web.shgm.gov.tr/tr/kurumsal/1 tarihçe>. (Erişim tarihi:10.06.2024)
- [15] (2023) Hava Kuvvetleri Dergisi, Ekim 2023. Hv.K.K.lığı
- [16] Faaliyet Raporları. <https://www.dhmi.gov.tr/Sayfalar/FaaliyetRaporlari.aspx> (Erişim tarihi:08.07.2024)
- [17] <https://tr.iviao.aero/downloads/documents/Hava%20sahası%20yapısı.pdf>. (Erişim tarihi: 07.03.2024)
- [18] A. Bauranov and J. Rakas (2021). Designing airspace for urban air mobility: A review of concepts and approaches. Progress in Aerospace Sciences, vol. 125, p. 100726, doi: 10.1016/J.PAEROSCI.2021.100726.
- [19] <https://skybrary.aero/articles/classification-airspace>. (Erişim tarihi: 07.03.2024)
- [20] DHMİ Gn.Md.lüğü (2008) Ankara Terminal Kontrol Sahası Talimatı.
- [21] <https://skybrary.aero/articles/operational-air-traffic-oat>. (Erişim tarihi: 07.03.2024)
- [22] A. Kökhan (2017). Türk Hava Sahasının Esnek Hava Sahası Yaklaşımı İle Etkin Kullanımı İçin Algoritmik Bir Uygulama. Yayımlanmış Yüksek Lisans Tezi, Türk Hava Kurumu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- [23] Ersavaş ÖZBEK (2015). Hava Trafik Yönetiminde Koordinasyon: Türkiye Hava Sahasının Esnek Kullanımı Konseptinin Koordinasyon Süreçlerinin Betimlenmesi. Yayımlanmış Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Sivil Havacılık Yönetimi Anabilim Dalı.
- [24] SESAR Joint Undertaking | European ATM Master Plan Level 3 Progress Report 2023. <https://www.sesarju.eu/node/4528> (Erişim tarihi: 07.03.2024)
- [25] <https://www.eurocontrol.int/concept/advanced-flexible-use-airspace> (Erişim tarihi: 08.03.2024)
- [26] SHGM (2020). İnsansız Hava Aracı Sistemleri Talimatı (SHT-İHA)
- [27] GÜRBÜZ M.C, Orhan B. (2015) İnsansız Hava Araçlarının Uçuş Emniyetine Etkisi Ve Çarpışma Önleyici Sistemler. TMMOB Makina Mühendisleri Odası VIII. Ulusal Uçak, Havacılık ve Uzay Mühendisliği Kurultayı/ Eskişehir
- [28] Ankaya F.Ü. (2018). Havaalanlarının Çevreye Olan Etkilerinde Çevre Yönetim Sisteminin Önemi. Ulusal Çevre Bilimleri Araştırma Dergisi, Sayı 1(4).

- [29] Sahin Ö, Turgut E.T, Aslaner S., Usanmaz Ö (2019). “Fuel and Carbon Dioxide Emission Assessment for a Curved Approach Procedure,” <https://doi.org/10.2514/1.C035379>, vol. 56, no. 6, pp. 2108–2117.
- [30] IATA/EUROCONTROL/CANSO (2008). Flight Efficiency Plan, Fuel and Emissions Savings.
- [31] C. E. Schlumberger, N. Weisskopf (2014) Ready for Takeoff?: The Potential for Low-Cost Carriers in Developing Countries. doi: 10.1596/978-1-4648-0282-9.
- [32] AIP Türkiye. <https://www.dhmi.gov.tr/Sayfalar/aipturkey.aspx>
- [33] ICAO (2020). Aircraft Operations Procedures For Air Navigation Services Volume II-Construction Of Visual And Instrument Flight Procedures. Doc.8168.
- [34] DHMİ Gn.Md.lüğü. Aletle Alçalma Usulleri. Hava Trafik Müdürlüğü Eğitim Notları.
- [35] FAA-H-8083-16B; Chapter 4.
https://www.faa.gov/sites/faa.gov/files/regulations_policies/handbooks_manuals/aviation/instrument_procedures_handbook/FAA-H-8083-16B_Chapter_4.pdf.
(Erişim tarihi: 10.04.2024).
- [36] Canarslan O.A. (2007). Baro-VNAV Yaklaşma Prosedürleri Ve Eskişehir Anadolu Havaalanı Uygulaması. Yayımlanmış Yüksek Lisans Tezi. Anadolu Üniversitesi, Sivil Havacılık Anabilim Dalı.
- [37] S. (2017). RNP AR Yaklaşma Prosedür Tasarımı Ve Bir Uygulama. Yayımlanmış Yüksek Lisans Tezi. Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Hava Trafik Kontrolü Anabilim Dalı.
- [38] <http://www.jproc.ca/hyperbolic/omega.html> (Erişim tarihi: 11.04.2024)
- [39] <https://www.denizticaretodasi.org.tr/tr/sirkuler/loranc-sinyali-hk-4488?page=403>.
(Erişim tarihi: 11.04.2024)
- [40] Meriç Ö.Ş. (2014). Performansa Dayalı Seyrüsefer (PBN) Ve Dünya Uygulamaları. V. Ulusal havacılık ve Uzay Konferansı, Erciyes Üniversitesi, Kayseri.
- [41] Tacan Network İn Europe. <https://www.eurocontrol.int/publication/tacan-network-europe>. (Erişim tarihi: 11.04.2024).
- [42] <https://www.turkishairlines.com/tr-tr/ucak-bileti/ucus-deneyimi/filo/boeing-737-800/>. (Erişim tarihi: 12.04.2024).
- [43] https://tr.wikipedia.org/wiki/Transall_C-160. (Erişim tarihi: 12.04.2024).
- [44] Civil-Military Interoperability in Performance-Based Navigation Implementation. <https://pbnportal.eu/epbn/main/Using-PBN/PBN-and-Military-Operations/Civil-Military-Interoperability-in-Performance-Based-Navigation-Implementation.html>.
(Erişim tarihi: 01.05.2024).

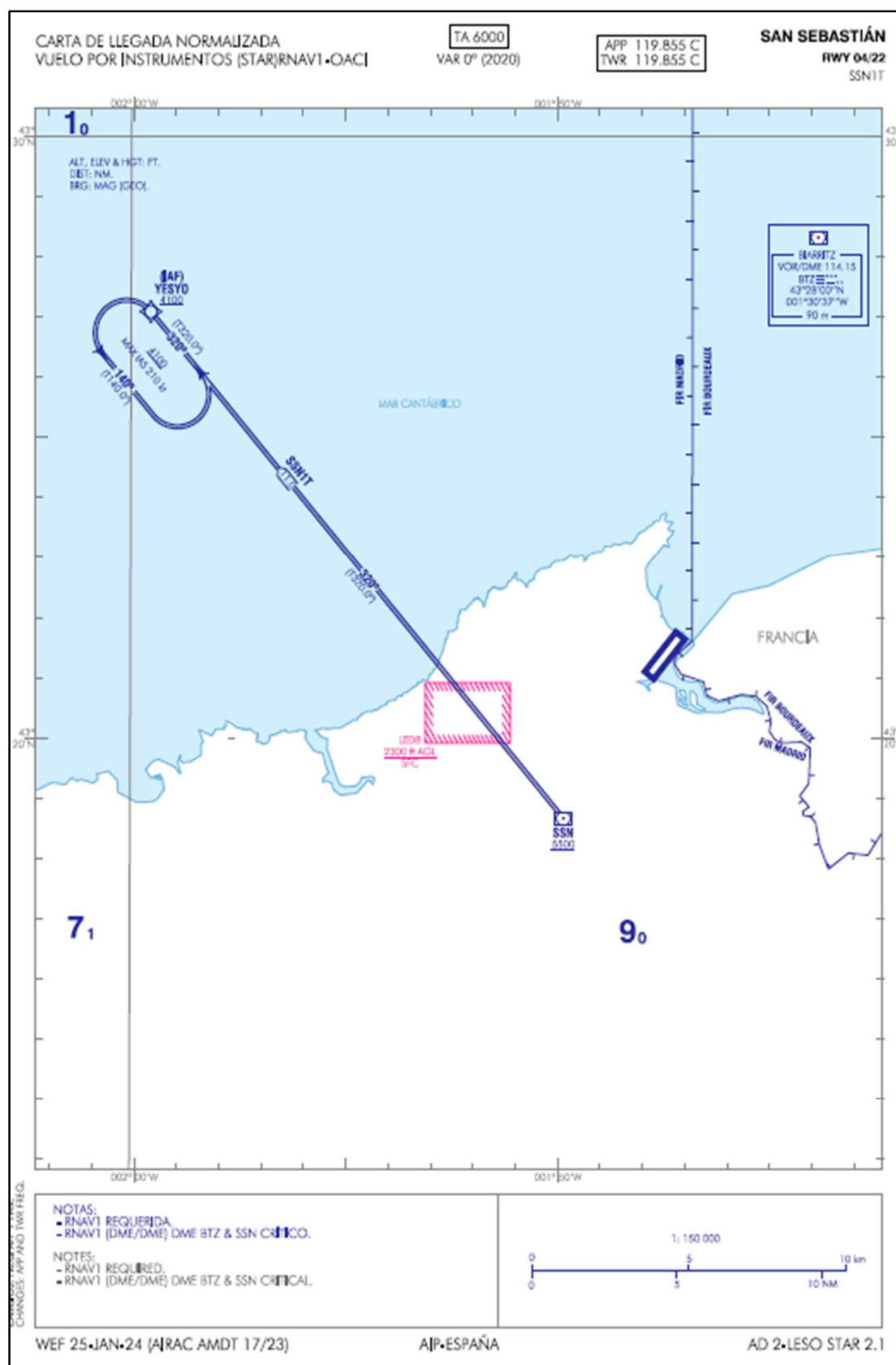
- [45] “Airplane navigation by pair of DME/DME | RNAV | Performance-Based Navigation. <https://www.youtube.com/watch?v=xykoXzHc72o>. (Erişim tarihi: 01.05.2024).
- [46] Performance Based Navigation Manual, PPL/IR Europe. https://pplir.org/pbn_manual/ (Erişim tarihi: 07.03.2024).
- [47] ICAO (2013). Performance-Based Navigation (PBN) Manual.Doc.9613.
- [48] Şahin Ö, Usanmaz Ö. (2017). Uçuş Prosedürleri İçin Yol Tanımlayıcıları. Mühendis ve Makina cilt 58, sayı 689, s. 37-48.
- [49] EUROCONTROL Guidelines for RNAV 1 Infrastructure Assessment. <https://www.eurocontrol.int/publication/eurocontrol-guidelines-rnav-1-infrastructure-assessment>. (Erişim tarihi:01.05.2024).
- [50] DME Performance. <https://pbnportal.eu/epbn/main/Overview-of-PBN/PBN-Concept---Unpacked/PBN-Infrastructure/Ground-based-NAVAIDs/DME-Performance.html>. (Erişim tarihi:01.05.2024).
- [51] Ground-based Navigation Infrastructure Map Tool. https://ext.eurocontrol.int/ground_navigation_infrastructure/map. (Erişim tarihi:08.06.2024).
- [52] Havacılık Yazılım Geliştirmeleri. <http://www.pdtoolkit.com/home/>. (Erişim tarihi:07.06.2024).
- [53] RNP to xLS. <https://pbnportal.eu/epbn/main/Using-PBN/PBN-on-the-Flight-Deck/RNP-to-xLS.html> (Erişim tarihi:01.05.2024).

EKLER

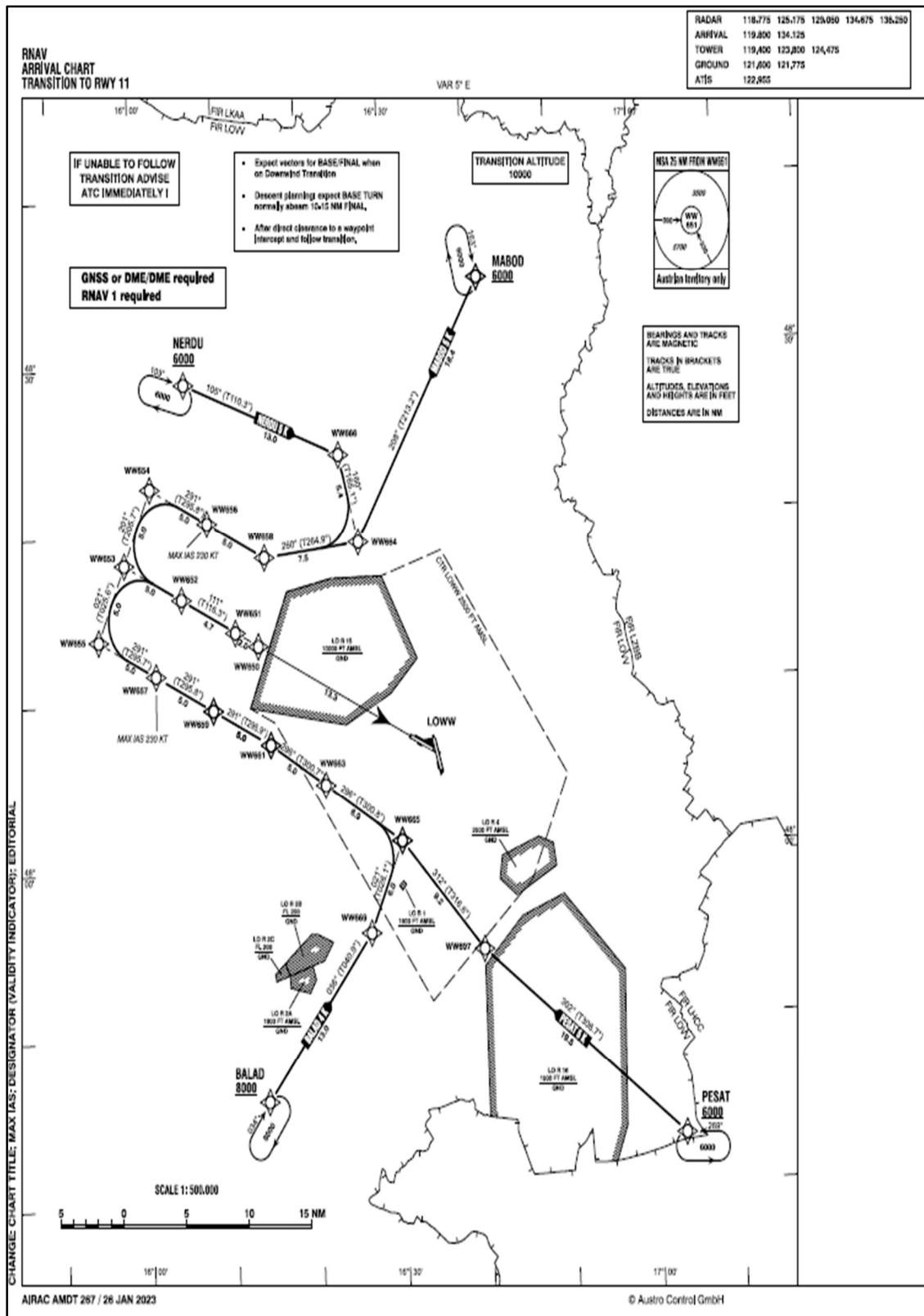
EK 1. Avrupa'da STAR (RNAV 1 DME/DME) Yönteminin Uygulandığı Havalimanları



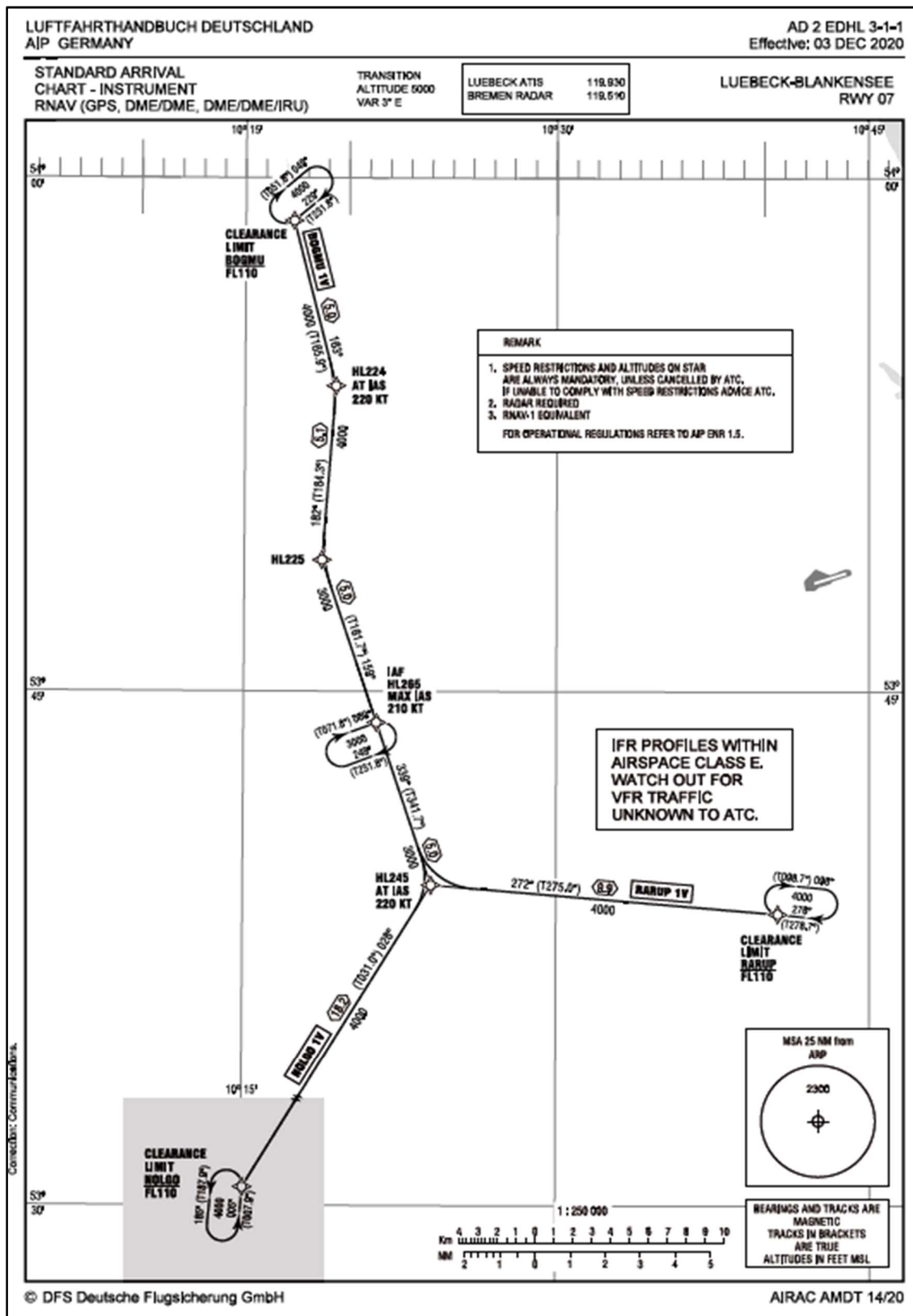
EK 2. LESO (İspanya) RWY04/22 RNAV1 (DME/DME) STAR Haritası



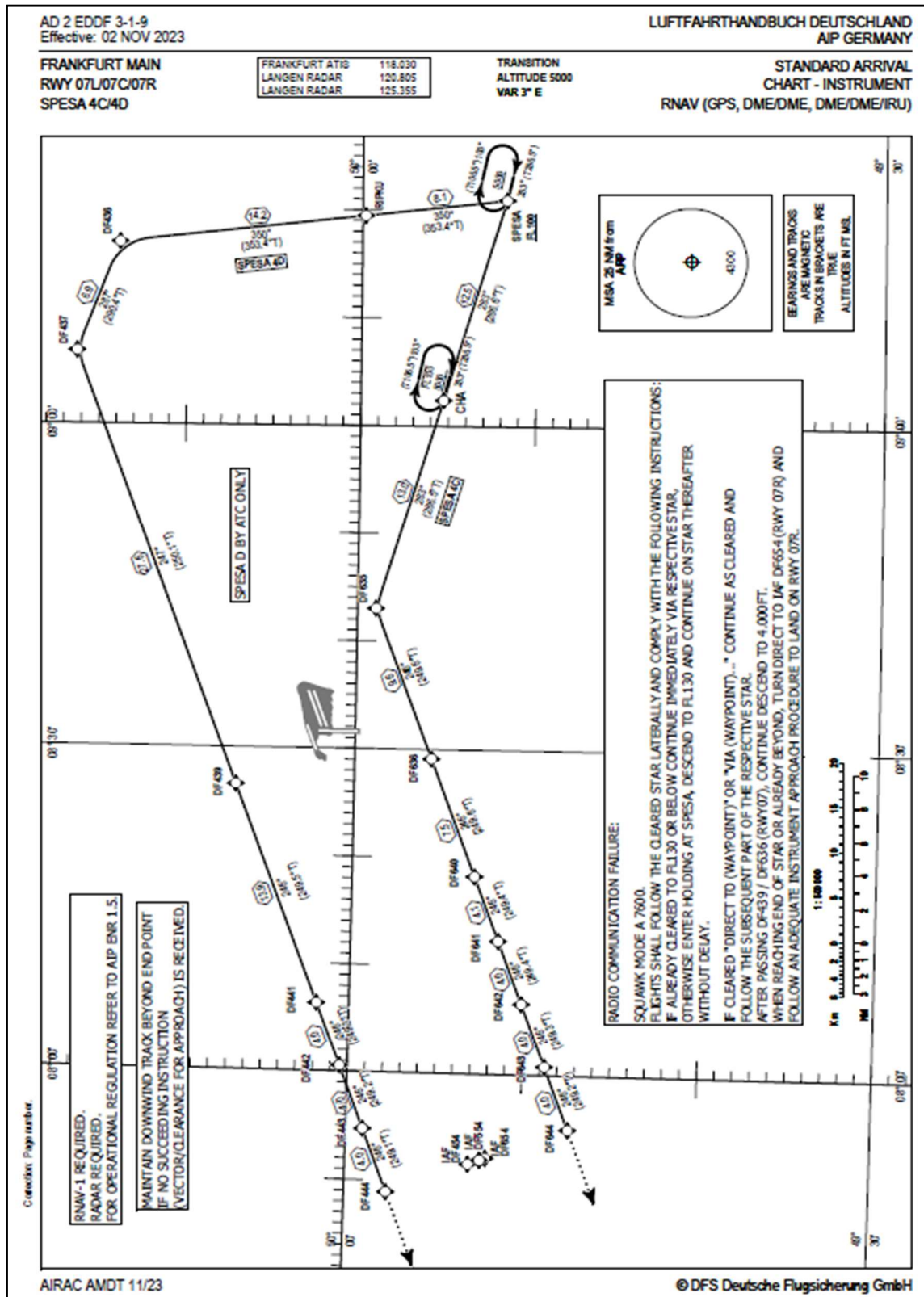
EK 4. LOWW (Avusturya) RWY11 RNAV (GNSS or DME/DME) Haritası



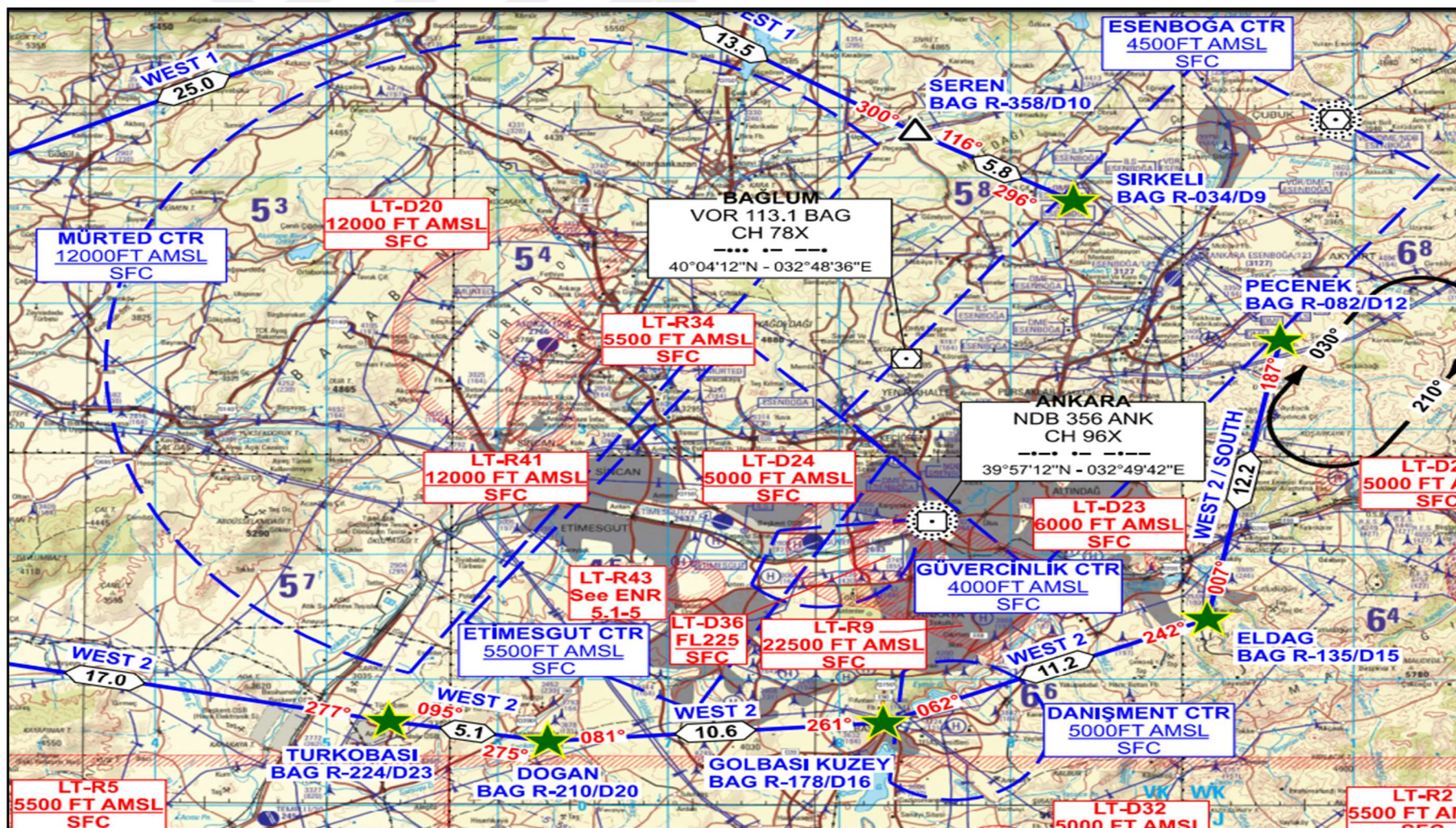
Haritas1



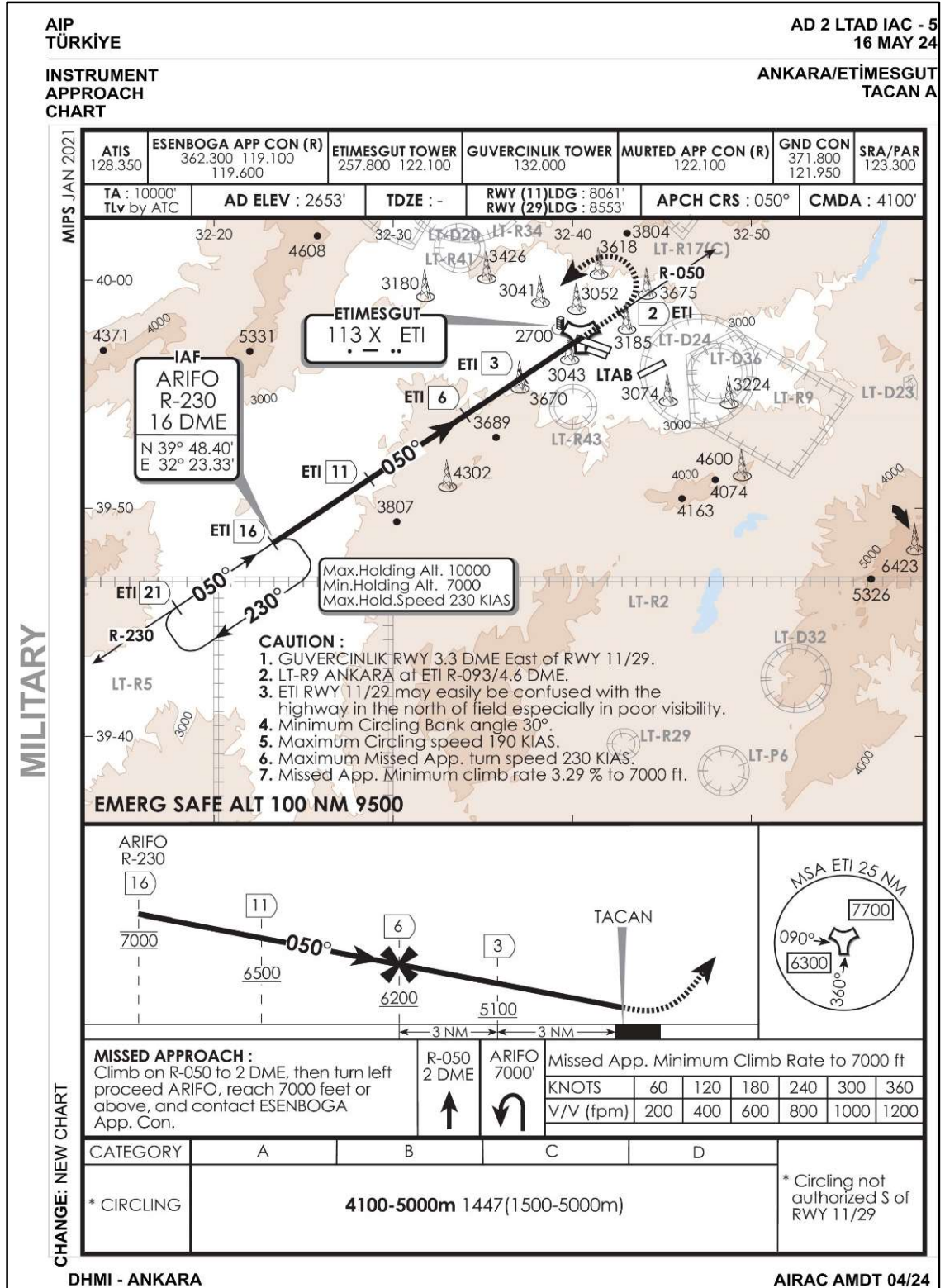
EK 6. EDDF (Almanya) RWY07L/07C/07R RNAV STAR (GNSS, DME/DME, DME/DME/IRU) Haritası



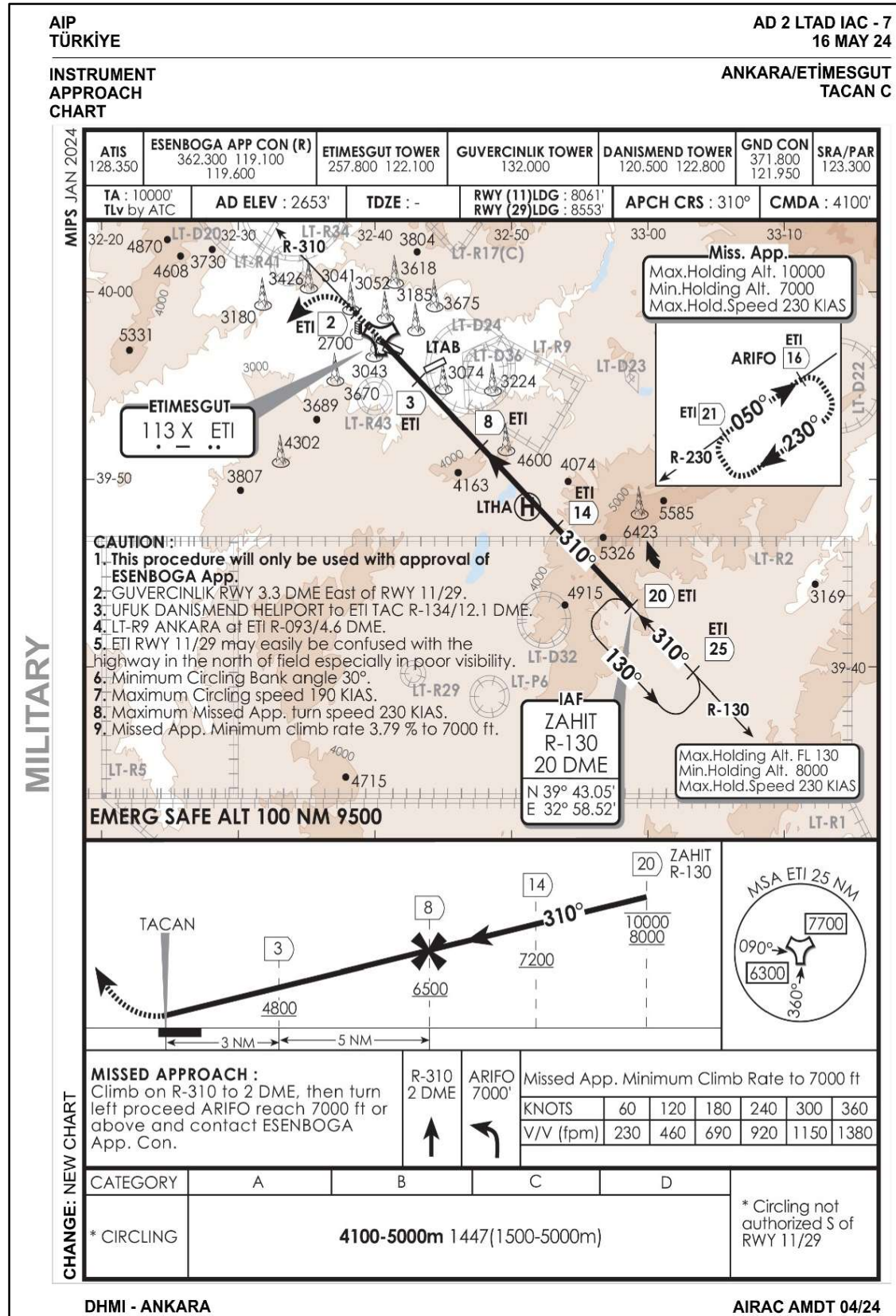
Ankara Terminal Kontrol Sahası



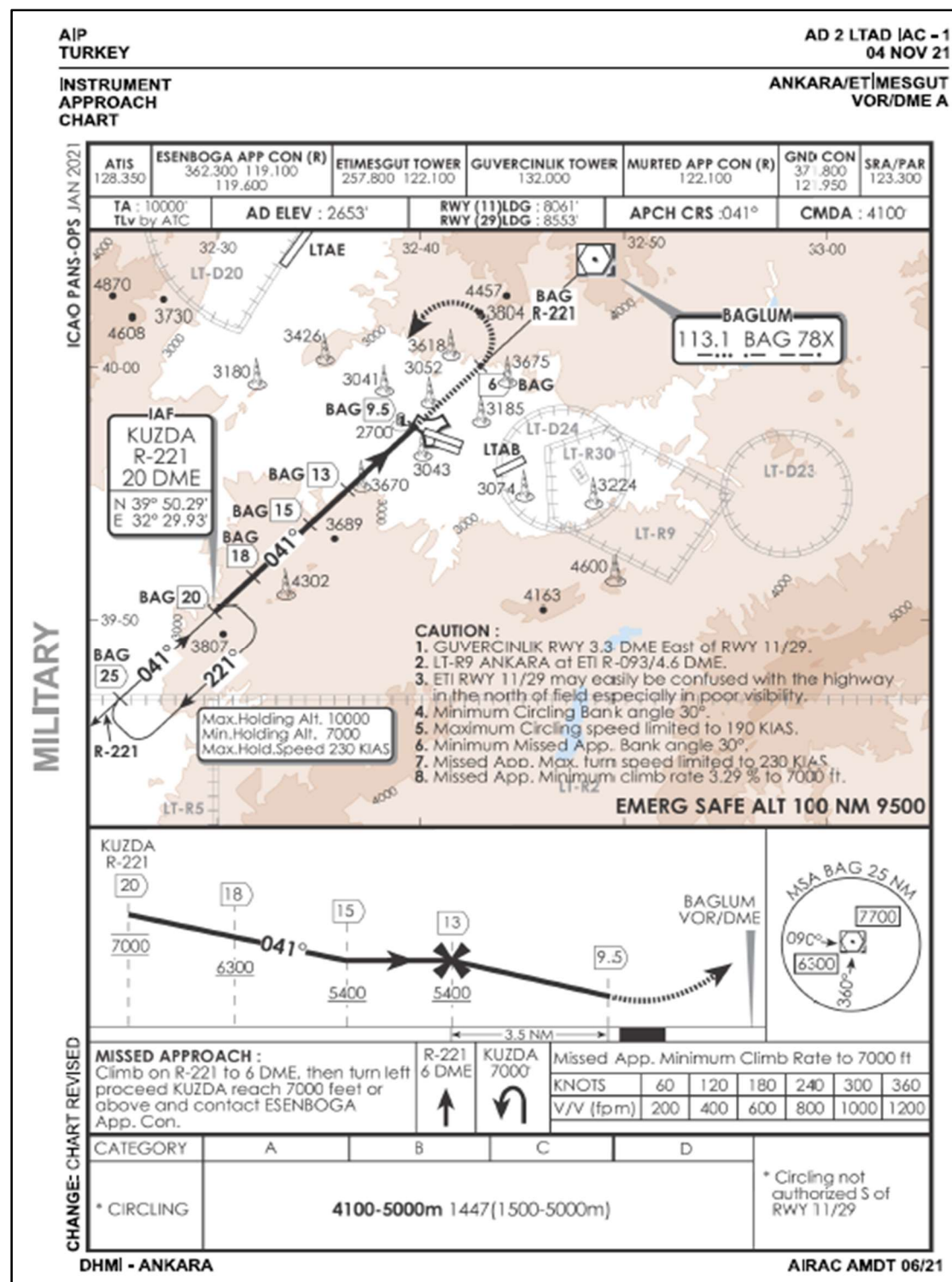
EK 8. Etimesgut TACAN A Alçalması



EK 9. Etimesgut TACAN C Alçalması



EK 10. Etimesgut VOR/DME A Alçalması



AIP
TÜRKİYE

INSTRUMENT
APPROACH
CHART

AD 2 LTAD IAC - 4
16 MAY 24

ANKARA/ETİMESGUT
ILS or LOC Z
RWY 11

ICAO PANS-OPS JUN 2021

ATIS 128.350	ESENBOGA APP CON (R) 362.300 119.100 119.600	ETİMESGUT TOWER 257.800 122.100	GÜVERCİNLİK TOWER 132.000	MURTED APP CON (R) 122.100	GND CON 371.800 121.950	SRA/PAR 123.300
TA : 10000' TLV by ATC	AD ELEV : 2653'	TDZE : 2644'	RWY (11)LDG : 8061' RWY (29)LDG : 8553'	APCH CRS : 108°	MDA : 3220'	DA : 2844'

TACAN REQUIRED

CAUTION :

1. GÜVERCİNLİK RWY 3.3 DME East of RWY 11/29.
2. LT-R9 ANKARA at ETI R-093/4.6 DME.
3. ETI RWY 11/29 may easily be confused with the highway in the north of field especially in poor visibility.
4. Multiple DME exist.
5. Maximum Circling speed 190 KIAS.
6. Minimum Circling Bank angle 30°.
7. Maximum Missed App. turn speed 230 KIAS.
8. Minimum Missed App. Bank angle 30°.
9. Missed App. Minimum climb rate 6.09 % to 8000 ft.

EMERG SAFE ALT 100 NM 9500

FETHİ R-287

ETI 21 8000

ETI 16 7000

ETI 12 6000

ETI 10.1 6000

ETI 6.4 OM 4800 Loc

ETI 5 4400 Loc

ETI 0.6 MM 4000

ETI 0.2 3675

TACAN

GS 3.0° TCH 55'

MSA ETI 25 NM

090° 7700

360° 6300

MISSED APPROACH :
Climb on R-111 to 2 DME then turn left proceed FETHİ, reach 8000 ft or above and contact ESENBOGA App.Con.

R-111 2 DME

FETHİ 8000'

Missed App. Minimum Climb Rate to 8000 ft

KNOTS	60	120	180	240	300	360
V/V (fpm)	370	740	1110	1480	1850	2220

CATEGORY	A	B	C	D
* S-ILS 11	2844/550m 200(200-800m)			
** S-LOC 11	3220/1900m 576(600-1900m)			
*** CIRCLING	4100-5000m 1447(1500-5000m)			

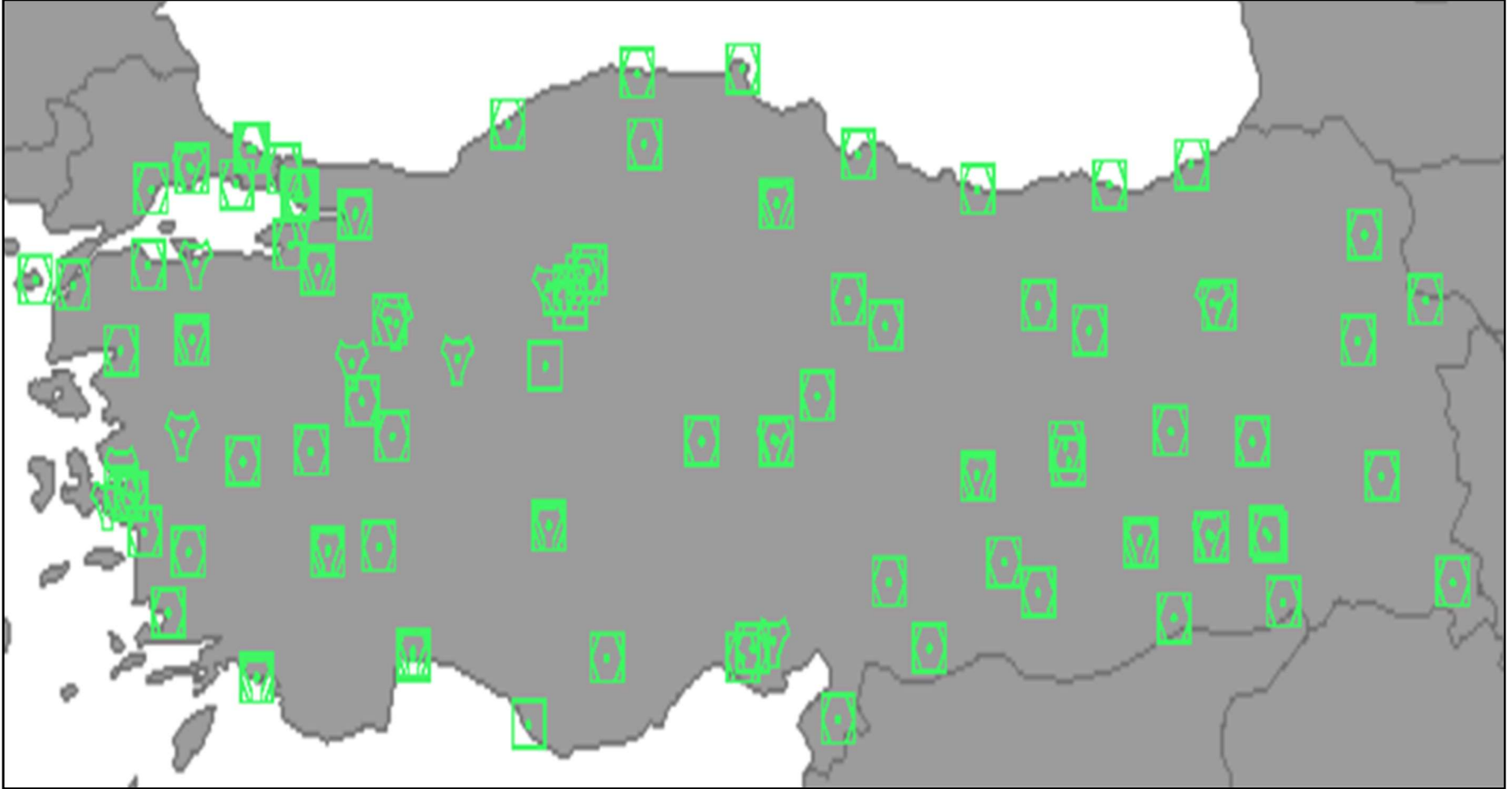
* When ALS inop, increase RVR/vis to 1200m.
** When ALS inop, increase RVR/vis to 2600m.
*** Circling not authorized S of RWY 11/29

CHANGE: CHART REVISED

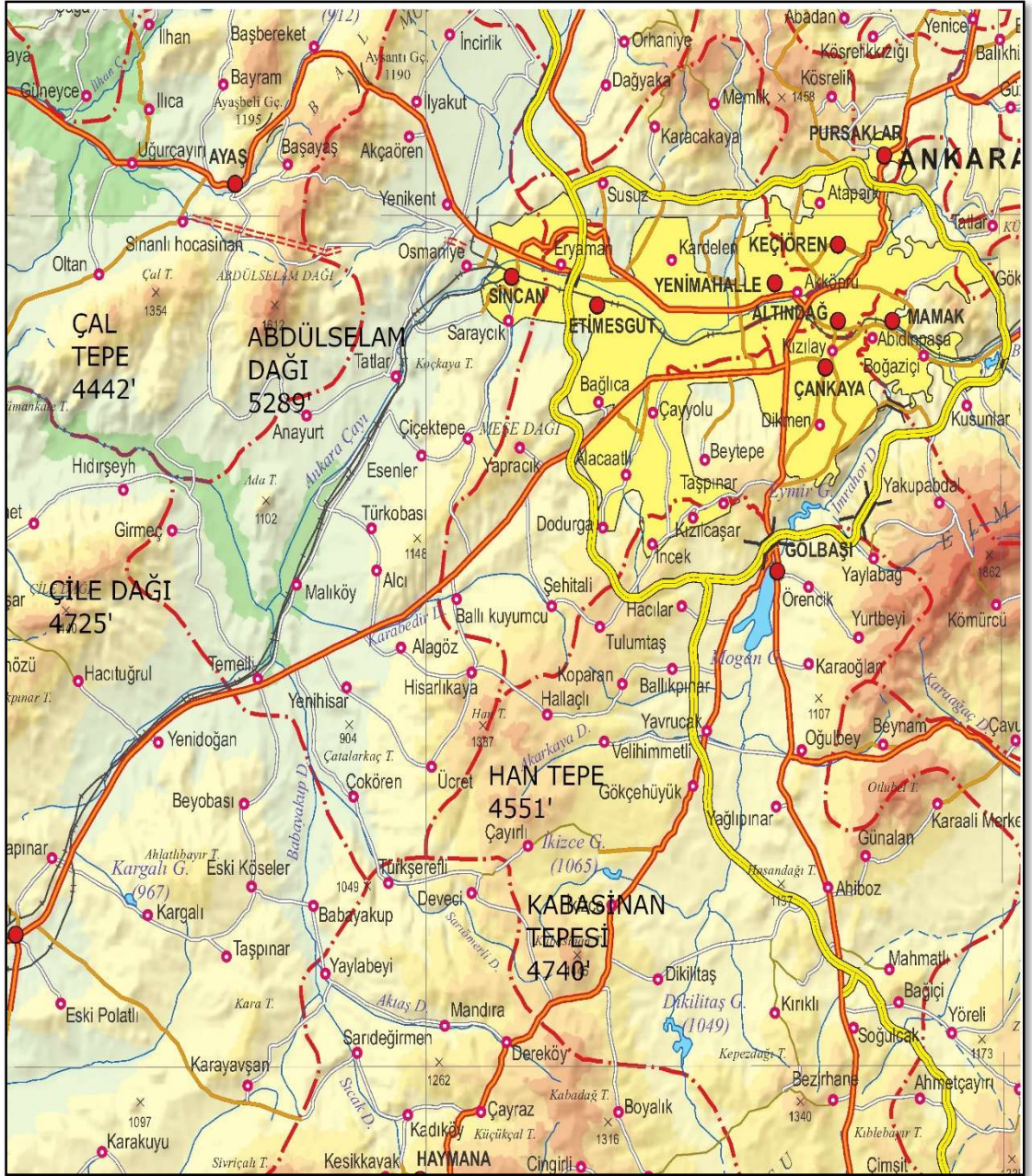
DHMI - ANKARA

AIRAC AMDT 04/24

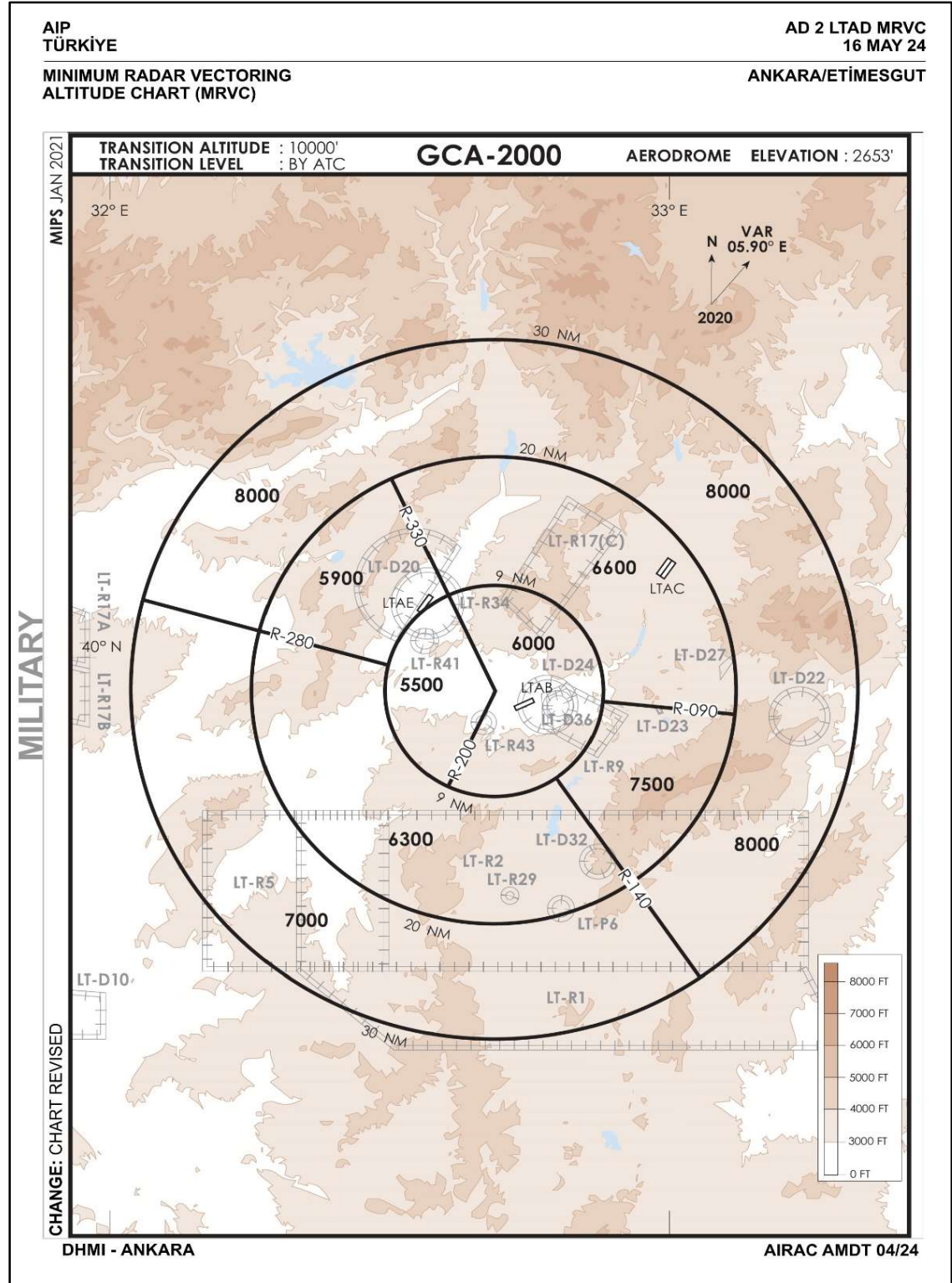
EK 12. DME, TACAN ve VOR/DME İstasyonları Haritası



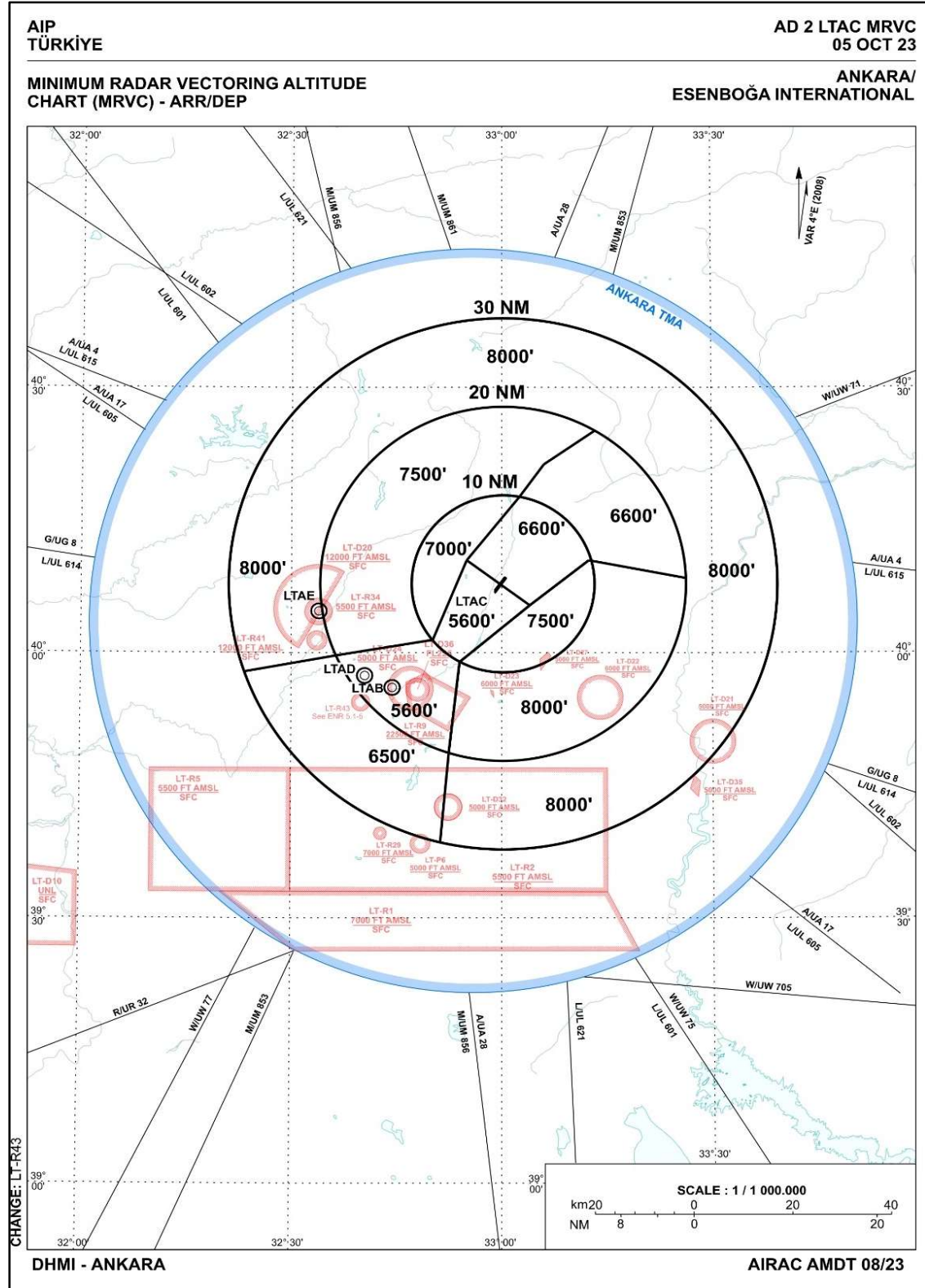
EK 13. Etimesgut Meydan Civarı Arazi Haritası



EK 14. Etimesgut MRVC Haritası



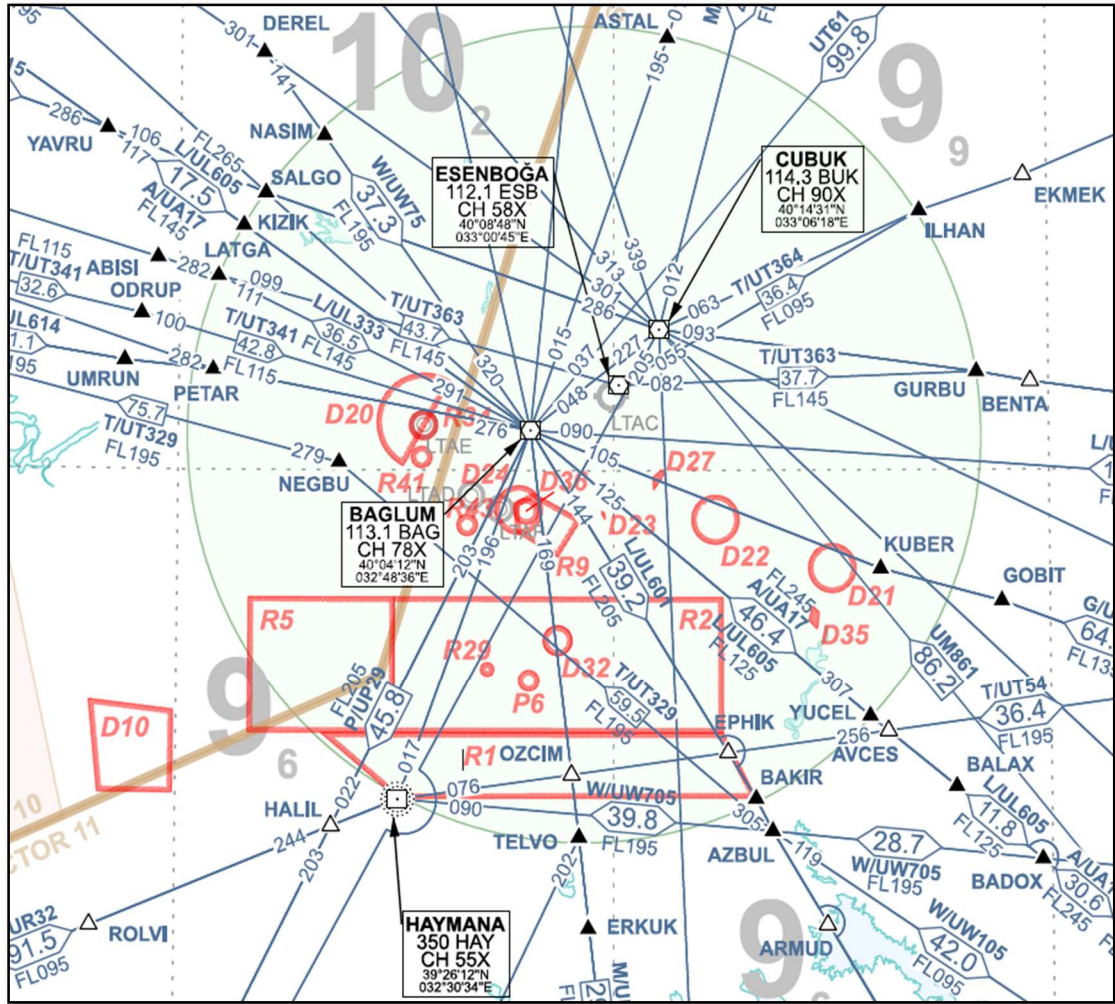
EK 15. Esenboğa MRVC Haritası



EK 16. Örnek Vektör Rotası



EK 17. Ankara TMA Havayolu Haritası



AD 2 LTAE IAC - 2
16 MAY 24

ANKARA/MÜRTED
ILS or LOC Y
RWY 03

ICAO PANS-OPS DEC 2015

ATIS 127.225
ESENBOGA APP CON (R) 362.300 119.100 119.600
MURTED APP CON (R) 362.300 122.100
MURTED TOWER 257.800 122.100
GND CON 371.800 121.950
SRA/PAR 123.300

TA : 1000'
TLv by ATC **AD ELEV : 2767'** **TDZE : 2735'** **RWY LDG : 10991'** **APCH CRS : 027°** **MDA : 3080'** **DA : 2935'**

CAUTION :
 1. Multiple DME exist.
 2. Minimum Circling Bank angle 30° for CAT CD aircraft.
 3. Missed App. Minimum climb rate 3.62 % to 7400 ft.

ILS DME
 109.55 IZIR
 DME 32 Y

VOR, DME REQUIRED

CAUTION :
 Procedure under control of ESENBOGA App.Con.

BAGLUM
 113.1 BAG 78X

ULKAR
 R-231
 30 DME
 N 39° 47.29'
 E 32° 16.40'

EKLOM
 N 39° 50.11'
 E 32° 21.74'

Max.Holding Alt. 9500
Min.Holding Alt. 7400
Max.Hold.Speed 250 KIAS

EMERG SAFE ALT 100 NM 10000

MISSED APPROACH :
 Climb on heading 027° to BAG VOR R-325/11 DME, then climbing left turn proceed EKLOM, reach 7400 ft or above and contact App.Con.

BAG R-325 11 DME
EKLOM 7400'

Missed App. Minimum Climb Rate to 7400 ft

	60	120	180	240	300	360
KNOTS	60	120	180	240	300	360
V/V (fpm)	220	440	660	880	1100	1320

CATEGORY	A	B	C	D
* S - ILS 03	2935/800m 200 (200-800m)			
** S-LOC 03	3080/800m 345 (400-800m)	3080/1200m 345 (400-1200m)		
CIRCLING	3270-2000m 503 (600-2000m)	3390-2000m 623 (700-2000m)	3620-4000m 853 (900-4000m)	3990-4800m 1223 (1300-4800m)

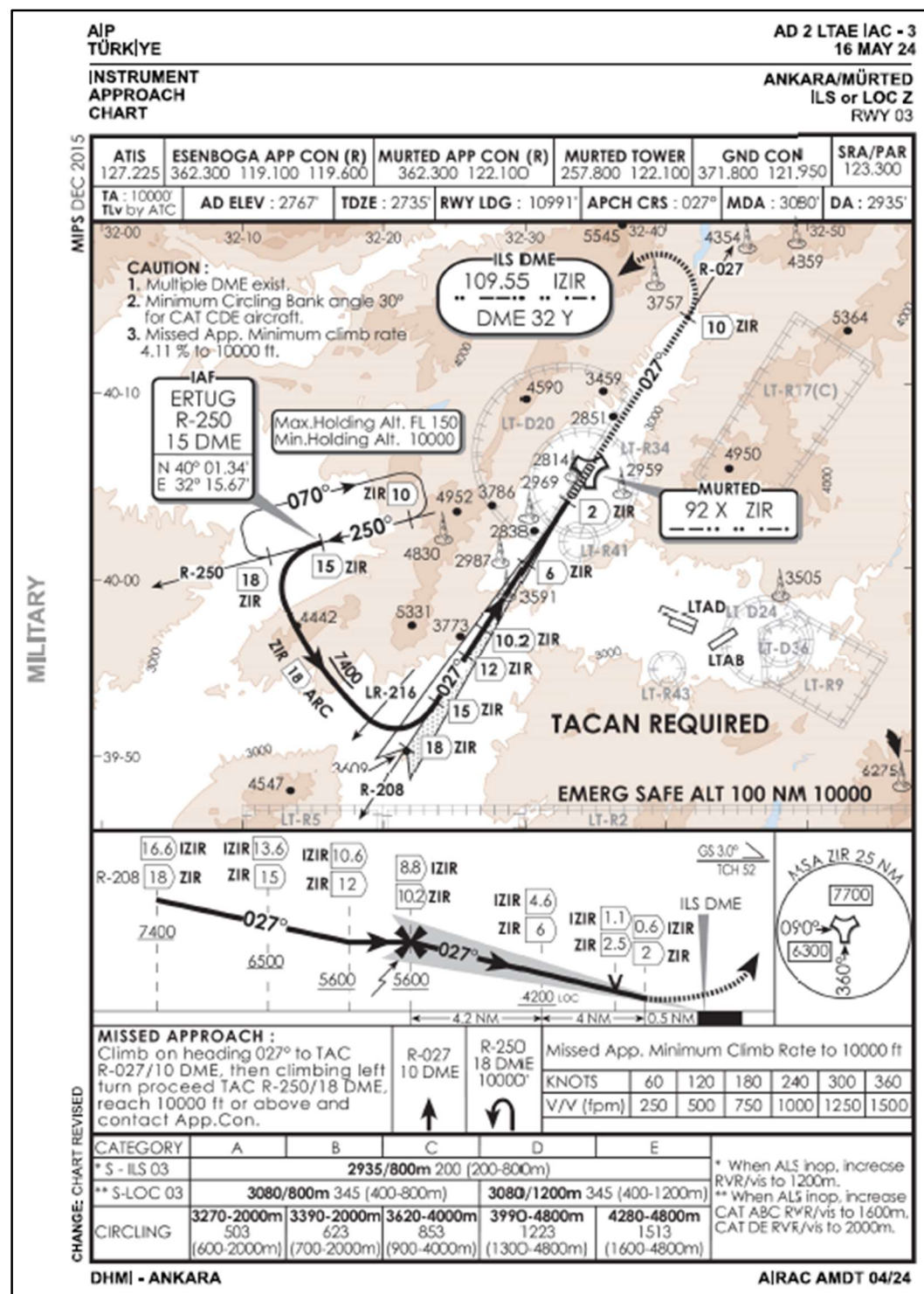
* When ALS inop, increase RVR/vis to 1200m.
 ** When ALS inop, increase CAT ABC RVR/vis to 1600m, CAT D RVR/vis to 2000m.

CHANGE: CHART REVISED

AIRAC AMDT 04/24

DHMI • ANKARA

EK 19. Murted RWY 03 ILS Z Alçalma Haritası



ÖZGEÇMİŞ

ORCID No: 0009-0006-6965-2447

Adı Soyadı : Osman POLAT

Yabancı Dil : İngilizce

Eğitim ve Mesleki Geçmişi:

- 2016-2020, Anadolu Üniversitesi/İşletme Fakültesi/Havacılık Yönetimi
- 2009-2013, Anadolu Üniversitesi/İşletme Fakültesi/İşletme
- 2017-Halen, Hava Trafik Kontrolörü, 11'inci Hava Ulaştırma Ana Üs Komutanlığı, Ankara
- 2011-2017, Hava Trafik Kontrolörü, Çorlu Hava Meydan Komutanlığı
- 2008-2011, Hava Trafik Kontrolörü, Batman Hava Meydan Komutanlığı
- 2000-2008, Hava Trafik Kontrolörü, 1'inci Ana Jet Üst Komutanlığı, Eskişehir
- 1999-2000, Hava Lisan Okul Komutanlığı, İzmir
- 1998-1999, Hava Teknik Okulları, Hava Trafik Kontrol Sınıfı, İzmir