

**TÜRK HAVA KURUMU ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ**

**UÇUŞ OPERASYONLARINDA YAKIT VERİMLİLİĞİ VE ÇEVRESEL
ETKİLERİN AZALTILMASI İÇİN SÜREKLİ ALÇALMA YAKLAŞMASI
ÖNERİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Kamil PEHLİVANOĞLU

Havacılık Yönetimi Anabilim Dalı

Havacılık Yönetimi Programı

HAZİRAN 2017

**TÜRK HAVA KURUMU ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ**

**UÇUŞ OPERASYONLARINDA YAKIT VERİMLİLİĞİ VE ÇEVRESEL
ETKİLERİN AZALTILMASI İÇİN SÜREKLİ ALÇALMA YAKLAŞMASI
ÖNERİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Kamil PEHLİVANOĞLU

1608051001

Havacılık Yönetimi Anabilim Dalı

Havacılık Yönetimi Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Yıldırım SALDIRANER

Türk Hava Kurumu Üniversitesi Sosyal Bilimler, Enstitüsü'nün 1608051001 numaralı Yüksek Lisans öğrencisi, "Kamil PEHLİVANOĞLU", ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı "Uçuş Operasyonlarında Yakıt Verimliliği Ve Çevresel Etkilerin Azaltılması İçin Sürekli Alçalma Yaklaşması Önerisi" başlıklı tezini, aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuş ve oybirliği ile kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Yıldırım SALDIRANER
Türk Hava Kurumu Üniversitesi

Kabul/Red



Jüri Üyeleri : Yrd. Doç. Dr. Meriç GÖKDALAY
Türk Hava Kurumu Üniversitesi

Kabul/Red



: Yrd. Doç. Dr. Altan ÖZKİL
Atılım Üniversitesi

Kabul/Red



: Prof. Dr. Yıldırım SALDIRANER
Türk Hava Kurumu Üniversitesi

Kabul/Red



Tez Savunma Tarihi: 05 Haziran 2017

ONAY

Yrd. Doç. Dr. *Ruhi KILIÇ*

Enstitü Müdürü

Tarih: *19.06.2017*



**TÜRK HAVA KURUMU ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ'NE**

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum, “Uçuş Operasyonlarında Yakıt Verimliliği ve Çevresel Etkilerin Azaltılması İçin Sürekli Alçalma Yaklaşması Önerisi” adlı çalışmamın, tarafımdan akademik etik ve kurallara aykırı düşecek bir yardıma başvurmaksızın yazıldığını ve yararlandığım kaynakların kaynakçada gösterilenlerden oluştuğunu, bunlara atıf yapılarak yararlanılmış olduğunu belirtir ve bunu onurumla doğrularım.



05.06.2017

Kamil PEHLİVANOĞLU

ÖNSÖZ

Taşımacılığın en hızlı gelişen şekli havayolu taşımacılığıdır. Teknolojideki gelişmeler ve havacılık sektörüne yapılan yatırımlar ile birlikte uçak üretimleri arttırılmıştır. Havacılıkta yaşanan yenilik ve değişimlerin sonucu olarak birçok havayolu şirketinin pazara girmesi ile havayolu şirketleri arasındaki rekabet koşulları daha önemli hale gelmiştir. Rekabet ortamında şirketlerin yatırımları kadar uçuş operasyonlarındaki uygulamaları, çevreci yaklaşımları, kaynaklarını etkin kullanmaları, havayolu son tüketicileri açısından ortaya koydukları imaj ve maliyetlerin ön plana çıktığı görülmektedir. Uçuş operasyon maliyetlerinin ve anılan faktörlerin verimliliği havayolu firmalarının sürdürülebilirliği ve karlılığı için son derece önemlidir.

Bu çalışmada Uçuş Operasyonlarında Yakıt Verimliliği ve Çevresel Etkilerin Azaltılması İçin Geliştirilmiş bir Sürekli Alçalma Yaklaşması Önerisi sunulmaktadır. Önerilen modelin matematiksel yöntem ile fayda ve maliyet analizi değerlendirilmektedir. Önerilen model sayesinde gürültü seviyesinin azaltılması, yakıt tasarrufu, sera gazı oranlarının düşürülmesi ile havayolu işletmeleri açısından maliyet etkinliği ve verimlilik arttırılırken, çevresel açıdan da farkındalık oluşturulması amaçlanmaktadır.

Tez çalışmamın planlanmasında, araştırılmasında, yürütülmesinde ve oluşumunda ilgi ve desteğini esirgemeyen, engin bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım, yönlendirme ve bilgilendirmeleri ile çalışmamı bilimsel temeller ışığında şekillendiren sayın hocam Prof. Dr. Yıldırım SALDIRANER ve yardımlarını, desteğini, bilgisini esirgemeyen değerli hocam Yrd. Doç. Dr. Meriç GÖKDALAY'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Haziran 2017

Kamil PEHLİVANOĞLU

İÇİNDEKİLER

| | |
|--|-------|
| ÖNSÖZ | iv |
| İÇİNDEKİLER | v |
| TABLolar LİSTESİ | viii |
| ŞEKİLLER LİSTESİ | ix |
| KISALTMALAR | xi |
| AÇIKLAMALAR | xiii |
| ÖZET | xvi |
| ABSTRACT | xviii |
| GİRİŞ | 1 |
| BİRİNCİ BÖLÜM | 3 |
| 1. PROBLEMİN TANIMLANMASI | 3 |
| 1.1 Uçak Gürültüsünün Etkileri | 3 |
| 1.2 Yakıt Tüketiminin Etkisi | 5 |
| 1.3 Emisyon Oranlarının Etkileri | 6 |
| 1.4 Sürekli Alçalma Yaklaşma/Variş Prosedürlerinin Gelişimi | 8 |
| 1.5 Sorunun Açıklanması | 12 |
| İKİNCİ BÖLÜM | 15 |
| 2. SÜREKLİ ALÇALMA YAKLAŞMASI | 15 |
| 2.1 Sürekli Alçalma Yaklaşması | 15 |
| 2.1.1 Sürekli Alçalma Yaklaşması Uygulama Kolaylıkları | 17 |
| 2.1.2 Sürekli Alçalma Yaklaşması Teknikleri | 20 |
| 2.1.3 Sürekli Alçalma Yaklaşması Operasyonel Kavramlar | 23 |
| 2.1.4 Sürekli Alçalma Yaklaşmalarının Faydaları | 25 |
| 2.1.4.1 Yakıt tüketimini azaltma | 26 |
| 2.1.4.2 Gürültüyü azaltma | 29 |
| 2.1.4.3 Emisyon oranını azaltma | 33 |
| 2.1.4.4 Hava sahasının etkin kullanımını sağlamak | 35 |
| 2.1.4.5 Zaman tasarrufu sağlamak | 39 |
| 2.2 Sürekli Alçalma Yaklaşması Tasarım Seçenekleri | 40 |
| 2.2.1 Kapalı Patern Tasarımı | 41 |
| 2.2.2 Açık Patern Tasarımı | 42 |
| 2.2.3 Sıralama Yöntemleri ve Havada Hassas Ayırma Konsepti | 43 |
| 2.2.4 Patern Uzatma Yöntemleri | 44 |
| 2.3 Sürekli Alçalma Yaklaşması Tasarım Örnekleri | 48 |
| 2.3.1 Kapalı Patern Sürekli Alçalma Yaklaşması Tasarımı | 50 |
| 2.3.2 Modifiye Tasarım Senaryoları | 51 |
| 2.3.3 Uçuş Simülasyonları | 52 |
| 2.3.4 Değişkenler ile Simülasyon | 52 |
| 2.3.5 Açık Patern Sürekli Alçalma Yaklaşması Tasarımı | 53 |
| 2.3.5.1 Vektöre dayalı açık patern sürekli alçalma yaklaşması prosedürü | 53 |

| | |
|---|----|
| 2.3.5.2 Rüzgâr altına müsaade edilen sürekli alçalma yaklaşması açık patern prosedürü | 54 |
| 2.3.6 Sürekli Alçalma Yaklaşması Tasarımında Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar..... | 54 |
| ÜÇÜNCÜ BÖLÜM | 56 |
| 3. SÜREKLİ ALÇALMA YAKLAŞMASI İLE İLGİLİ KISITLAMALAR | 56 |
| 3.1 Sürekli Alçalma Yaklaşması Kısıtlamaları | 56 |
| 3.1.1 Hava Sahası ve Prosedür Tasarımı Kısıtlamaları | 57 |
| 3.1.1.1 İşbirliği ve standardizasyon..... | 58 |
| 3.1.1.2 Sürat kısıtlamaları | 58 |
| 3.1.1.3 Geçiş irtifası | 59 |
| 3.1.1.4 Uçuş grafiklerindeki sorunlar..... | 59 |
| 3.1.1.5 Kokpit iş yükü | 60 |
| 3.1.1.6 Pilot eğitimi..... | 61 |
| 3.2 Hava Trafik Kontrol Teknikleri..... | 63 |
| 3.2.1 Hava Trafik Kontrol Eğitimi..... | 64 |
| 3.2.2 Kontrolör İş Yüğü..... | 65 |
| DÖRDÜNCÜ BÖLÜM | 66 |
| 4. SÜREKLİ ALÇALMA YAKLAŞMASI UYGULAMA SÜRECİ VE ÖN ŞARTLAR | 66 |
| 4.1 Sürekli Alçalma Yaklaşması Uygulama Prensipleri | 67 |
| 4.2 Uygulama Süreci | 68 |
| 4.3 İşbirliğinin Önemi | 73 |
| 4.4 Halkla İlişkiler ve İstişare..... | 73 |
| 4.5 Sürekli Alçalma Yaklaşması Uygulama Sürecinde Hareket Tarzı..... | 74 |
| BEŞİNCİ BÖLÜM | 75 |
| 5. SÜREKLİ ALÇALMA YAKLAŞMASI PLANLAMA | 75 |
| 5.1 Ön Değerlendirme | 75 |
| 5.2 Tercih Edilen Sürekli Alçalma Yaklaşmasının Uygulama Seçenekleri | 76 |
| 5.3 Tercih Edilen Sürekli Alçalma Yaklaşmasının Tasarımını Kolaylaştırma Seçenekleri..... | 77 |
| 5.4 Stratejik Planlama..... | 77 |
| ALTINCI BÖLÜM | 79 |
| 6. SÜREKLİ ALÇALMA YAKLAŞMASI UYGULAMA | 79 |
| 6.1 Simülasyon ve Onay..... | 80 |
| 6.1.1 İnsan Faktörü | 81 |
| 6.1.1.1 Hava trafik kontrol prosedürleri..... | 81 |
| 6.1.1.2 Uçuş ekibi prosedürleri | 82 |
| 6.1.1.3 Havayolu prosedürleri | 83 |
| 6.1.1.4 Uçak sistemleri | 83 |
| 6.1.1.5 Prosedür tasarımı..... | 84 |
| 6.2 Karar Noktası..... | 85 |
| 6.3 Sürekli Alçalma Yaklaşması ve İyileştirilmesi | 85 |
| 6.3.1 Değerlendirme | 85 |
| 6.3.2 Eğitim ve Farkındalık | 86 |
| 6.4 Bölgesel ve Tam Prosedür Uygulama | 86 |
| 6.5 Sürecin Gözden Geçirilmesi..... | 88 |
| 6.5.1 Katılımcılar Arasında Geri Bildirim ve İstişare..... | 88 |
| 6.5.2 Sürekli Alçalma Yaklaşmasının Geliştirilmesi..... | 88 |

| | |
|--|-----|
| YEDİNCİ BÖLÜM | 90 |
| 7. SÜREKLİ ALÇALMA YAKLAŞMASI MODELLERİ VE YENİ MODEL ÖNERİSİ | 90 |
| 7.1 Amerika’da Uygulanan Sürekli Alçalma Yaklaşması Modelleri | 90 |
| 7.2 Avrupa’da Uygulanan Sürekli Alçalma Yaklaşması Modelleri | 91 |
| 7.3 Türkiye’de Uygulanan Sürekli Alçalma Yaklaşması Modelleri | 92 |
| 7.4 Önerilen Sürekli Alçalma Yaklaşma/Variş Prosedürü | 92 |
| 7.4.1 Önerilen Sürekli Alçalma Yaklaşma/Variş Prosedürü Tasarımında Dikkat Edilen Hususlar | 92 |
| 7.4.2 Önerilen Model ve Operasyonel Çerçevesi | 97 |
| 7.4.3 Önerilen Modelin Esenboğa Havalimanı İçin Tasarımı ve Operasyonu | 102 |
| 7.4.4 Önerilen Modelin Sabiha Gökçen Havalimanı İçin Tasarımı ve Operasyonu | 109 |
| 7.4.5 Önerilen Modelin Matematiksel Yöntem ile Fayda ve Maliyet Analizi | 113 |
| SEKİZİNCİ BÖLÜM | 117 |
| 8. SONUÇ VE ÖNERİLER | 117 |
| KAYNAKÇA | 120 |
| EKLER | 124 |
| Ek-A: Sürekli Alçalma Yaklaşması Geliştirme Mülakatı | 125 |
| ÖZGEÇMİŞ | 126 |

TABLULAR LİSTESİ

| | |
|---|-----|
| Tablo 1.1 : Türkiye yıllık ortalama emisyon değerleri..... | 7 |
| Tablo 2.1 : Ortalama yakıt tasarrufunun karşılaştırılması | 28 |
| Tablo 2.2 : UPS Boeing 757 geleneksel/sürekli alçalma yaklaşması gürültü sonuçları | 32 |
| Tablo 2.3 : ABX Boeing 767 Geleneksel/Sürekli alçalma yaklaşması gürültü sonuçları..... | 32 |
| Tablo 2.4 : Emisyon oranları..... | 34 |
| Tablo 2.5 : Groningen eelde havalimanı emisyon oranları | 35 |
| Tablo 7.1 : CFM56-7B26 serisi uçak motorları için ICAO emisyon faktörleri ve yakıt tüketimi değerleri..... | 114 |
| Tablo 7.2 : Yakıt tüketimine göre emisyon miktarları..... | 115 |

ŞEKİLLER LİSTESİ

| | | |
|------------|--|-----|
| Şekil 1.1 | : Geleneksel ve sürekli alçalma yaklaşması | 12 |
| Şekil 2.1 | : Limitli alçalma veya kesintiye uğramış sürekli alçalma yaklaşma profilleri | 18 |
| Şekil 2.2 | : Vektör kullanarak taktik sürekli alçalma yaklaşması | 21 |
| Şekil 2.3 | : Standart rota ile uygulanan gelişmiş sürekli alçalma yaklaşması | 21 |
| Şekil 2.4 | : Geleneksel ve sürekli alçalma yaklaşma operasyonları uçak profillerinin karşılaştırılması | 22 |
| Şekil 2.5 | : 3 derecelik sürekli ve geleneksel alçalma yaklaşımları | 30 |
| Şekil 2.6 | : Performansa dayalı uçuş rotaları ile geleneksel rota kıyaslaması | 37 |
| Şekil 2.7 | : Arttırılmış hava sahası kapasitesi | 38 |
| Şekil 2.8 | : Kapalı patern tasarımı | 41 |
| Şekil 2.9 | : Vektörlü sürekli alçalma yaklaşma prosedürü | 42 |
| Şekil 2.10 | : Rüzgâr Altı Bacağı İçin Açık Sürekli Alçalma Yaklaşması Prosedürü | 42 |
| Şekil 2.11 | : Patern uzatma tasarımı | 45 |
| Şekil 2.12 | : İki girişli birleştirme noktası sistemi | 47 |
| Şekil 2.13 | : Birleştirme noktası farklı tasarım seçenekleri | 48 |
| Şekil 2.14 | : Sürekli alçalma yaklaşması prosedüründe aletli yaklaşma | 51 |
| Şekil 2.15 | : Monte carlo simülasyonu | 53 |
| Şekil 2.16 | : Rüzgâr altına müsaade edilen sürekli alçalma yaklaşması açık patern prosedürü | 54 |
| Şekil 4.1 | : Sürekli alçalma yaklaşması uygulama süreci | 71 |
| Şekil 7.1 | : Geleneksel/sürekli alçalma yaklaşması uygulayan trafiklerin gürültü etkisi. | 93 |
| Şekil 7.2 | : Sürekli alçalma yaklaşması hız gösterimi | 95 |
| Şekil 7.3 | : Alçalma prosedürünün bir parçası olarak patern uzatma teknikleri | 96 |
| Şekil 7.4 | : Önerilen sürekli alçalma yaklaşması/variş prosedürü dikey uçuş rotası | 100 |
| Şekil 7.5 | : Önerilen sürekli alçalma yaklaşması yatay uçuş rotası | 101 |
| Şekil 7.6 | : Önerilen modelin Esenboğa Havalimanı batı trafikleri için tasarımı | 103 |
| Şekil 7.7 | : Önerilen modelin Esenboğa Havalimanı doğu trafikleri için tasarımı | 103 |
| Şekil 7.8 | : Önerilen modelin Esenboğa Havalimanı Güney/Kuzey trafikleri için tasarımı | 104 |
| Şekil 7.9 | : Esenboğa Havalimanı için RNAV alçalması | 106 |
| Şekil 7.10 | : Global prosedür dizayn programı ile önerilen modelin Esenboğa Havalimanı için tasarımı | 107 |
| Şekil 7.11 | : Esenboğa Havalimanı için önerilen modelin mevcut alçalma üzerindeki gösterimi | 108 |

| | |
|---|-----|
| Şekil 7.12 : Önerilen modelin Sabiha Gökçen Havalimanı için tasarımı..... | 110 |
| Şekil 7.13 : Sabiha Gökçen Havalimanı için RNAV alçalması | 111 |
| Şekil 7.14 : Sabiha Gökçen Havalimanı için önerilen modelin mevcut alçalma üzerindeki gösterimi. | 112 |



KISALTMALAR

| | |
|--------------------|--|
| ADS-B | : Otomatik Bağımlı Gözetim Yayını (Automatic Dependent Surveillance-Broadcast) |
| AIP | : Havacılık Bilgi Yayını (Aeronautical Information Publication) |
| ANSP | : Hava Seyrüsefer Servis sağlayıcıları (Air Navigation Service Provider) |
| ASAS | : Havada Ayırma Sistemi (Airborne Separation Assurance System) |
| ATC | : Hava Trafik Kontrol (Air Traffic Control) |
| ATM | : Hava Trafik Yöntemi (Air Traffic Management) |
| ATS | : Hava Trafik Hizmeti (Air Traffic Service) |
| B-RNAV | : Temel Saha Seyrüseferi (Basic Area Navigation) |
| CDA | : Sürekli Alçalma Yaklaşması (Continuous Descent Approach) |
| CDO | : Sürekli Alçalma Operasyonları (Continuous Descent Operations) |
| CFIT | : Arazi İçinde Kontrollü Uçuş (Controlled flight into terrain) |
| DME | : Mesafe Ölçüm Cihazı (Distance Measuring Equipment) |
| DTW | : Rüzgâr altı son noktası (Downwind termination waypoint) |
| ETA | : Tahmini Geliş Zamanı Estirmede Time Aria |
| EUROCONTROL | : Avrupa Hava Seyrüsefer Emniyeti Teşkilatı (The European Organisation for the Safety of Air Navigation) |
| FAA | : Federal Havacılık İdaresi Federal Aviation Administration |
| FAF | : Son Yaklaşma Fiksi (Final Approach Fix) |
| FAP | : Son Yaklaşma Noktası (Final Approach Point) |
| FIR | : Uçuş Bilgi Bölgesi (Flight Information Region) |
| FM | : Fiksten Manüel Sonlandırma (Course from a fix to a manual termination) |
| FMS | : Uçuş Yönetim Sistemi (Flight Management System) |
| GNSS | : Küresel Seyrüsefer Uydu Sistemi (Global Navigation Satellite System) |
| GPS | : Küresel Konum Belirleme Sistemi (Global Positioning System) |
| IAF | : İlk Yaklaşma Fiksi (Initial Approach Fix) |
| IATA | : Uluslararası Hava Taşımacılığı Birliği (International Air Transportation Association) |
| ICAO | : Uluslararası Sivil Havacılık Teşkilatı (International Civil Aviation Organization) |
| IF | : Orta Yaklaşma Fiksi (Intermediate Fix) |
| IAF | : Başlangıç Fiksi (Initial Fix) |
| IFR | : Aletli Uçuş Kuralları (Instrument Flight Rules) |
| ILS | : Aletli iniş Sistemi (Instrument Landing System) |
| LLZ | : Localizer (Localizer) |
| LNAV | : Yatay seyrüsefer (Lateral navigation) |

| | |
|--------------------|---|
| NAVAID | : Seyrüsefer yardımcısı (Navigational aid) |
| MAP | : Pas Geçme Noktası (Missed Approach Point) |
| NASA | : Amerikan Havacılık ve Uzay Dairesi (National Aeronautics and Space Administration) |
| NDB | : Yönlendirilmemiş Radyo sinyali (Non- directional Radio Beacon) |
| NextGen | : Amerika yeni nesil hava taşıma sistemi (American Next Generation Air Transportation System) |
| NM | : Deniz mili (Nautical mile) |
| OPD | : Uygun alçalma profili (Optimized profile descent) |
| OECD | : Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü (Organisation for Economic Co-operation and Development) |
| PANS-ATM | : Hava Seyrüsefer Hizmetleri için Prosedürler ve Hava Trafik Yönetimi (Procedures for Air Navigation Services and Air Traffic Management) |
| PANS-OPS | : Hava Seyrüsefer Hizmetleri için Prosedürler ve Uçak Operasyonları (Procedures for Air Navigation Services- Aircraft Operations) |
| PBN | : Performansa Dayalı Seyrüsefer (Performance-based Navigation) |
| PMS | : Birleşme Noktası Sistemi (Point Merge System) |
| P-RNAV | : Hassas Saha Seyrüseferi (Precision Area Navigation) |
| RF | : Sabit Yarıçap Dönüş (Constant Radius Arc to a Fix) |
| RNAV | : Saha Seyrüseferi (Area Navigation) |
| RNP | : Gerekli Seyrüsefer Performansı (Required Navigation Performance) |
| RNP APCH | : RNP Yaklaşması (RNP Approach) |
| RNP AR APCH | : Yetki gerektiren RNP yaklaşması (RNP Authorisation Required Approach) |
| SDA | : Kademeli alçalma yaklaşması (Step Down Approach) |
| SESAR | : Tek Avrupa hava sahası hava trafik yönetim araştırma programı (Single European Sky ATM Research Programme) |
| SID | : Standart Aletli Gidiş Rotası (Standart Instrument Departure) |
| SSR | : İkinci gözetim radarı (Secondary surveillance radar) |
| STAR | : Standart Terminal Geliş Yolu (Standart Terminal Arrival Route) |
| TA | : Geçiş İrtifası (Transition Altitude) |
| TMA | : Terminal Manevra Sahası (Terminal Maneuvering Area) |
| VOR | : Çok Yüksek Frekanslı Çok Yönlü Verici (Very High Frequency Omni-directional Radio Range) |
| TOD | : Alçalma başlangıç noktası (Top of Descent) |
| VM | : Vektör rota (Heading to a manual termination) |
| VNAV | : Dikey Seyrüsefer (Vertical Navigation) |
| WP | : Uçuş Yolunda Koordinatları olan Sabit Nokta (Waypoint) |

AÇIKLAMALAR

Approach Procedure With Vertical Guidance (APV) (Dikey rehberlik yaklaşma usulü): Yatay ve dikey rehberlik kullanılan aletli yaklaşma prosedürü, iniş operasyonları ve hassas yaklaşımlar için kurulan gereksinimleri karşılamaz.

Area Navigation (RNAV) (Alan navigasyonu): Yer ya da hava tabanlı navigasyon yardımcılarının kapsama alanında veya uçağın kendi içerdiği navigasyon yardımcılarının kabiliyeti ya da bunların bir kombinasyonunun sınırları içinde gerekli herhangi bir uçuş paterni üzerinde uçak operasyonuna izin veren bir seyrüsefer yöntemidir.

Not: Alan navigasyonu, performansa dayalı navigasyonun yanı sıra performansa dayalı seyrüsefer tanımına uymayan diğer operasyonları da kapsamaktadır.

Air Traffic Service Surveillance Service: Bu terim bir hava trafik servis gözetim sistemi vasıtasıyla doğrudan bir servis sağladığını belirtmek için kullanılır.

Air Traffic Service (ATS) Surveillance System: ADS, PSR, SSR ya da uçağın tanımlanmasını sağlayan karşılaştırılabilir herhangi bir hava-yer tabanlı çeşitli sistemler için kullanılan genel bir terimdir.

Not: Karşılaştırılabilir yer tabanlı bir sistem, monopol SSR' dan daha iyi ya da eşit düzeyde emniyet ve performans seviyesine sahip olmak için, karşılaştırmalı değerlendirme veya diğer metodolojiler tarafından ortaya konulmuştur.

Closed Path Continuous Descent Operation Procedures (Kapalı patern sürekli alçalma yaklaşma operasyon prosedürleri): Waypointler ile uçulan ve sabit uçuş bacalarının takip edilmesi ile kodlanmış olan prosedürlerdir. Bir aletli yaklaşma prosedürü ile bağlantılı sonlanan STAR'lar, waypoint ile takip edilen bir uçuşla sona ermelidir. Vektör tabanlı bacaklarla sonlanan STAR'lar, manuel sonlandırma için pilot' a baş bilgisi vererek ya da manuel sonlandırma fix' i ile kodlanmış olabilir.

Continuous Descent Operation (Sürekli alçalma operasyonu) : Sürekli alçalarak yaklaşan bir uçağın, FAF/FAP tan önce, düşük sürtünme konfigürasyonunda, minimum motor takati kullanılarak, mümkün olan en ideal patern uzunluğu ile, hava sahası tasarımı, prosedür tasarımı ve ATC kolaylıkları ile gerçekleştirilen bir operasyondur.

Not 1: Optimum sürekli alçalma yaklaşma operasyonu, alçalış noktasından başlar ve pilotlar, kontrolörler için uçuş istikrarı ve öngörülebilirliğini arttırırken, pilot/kontrolör iletişimlerini, emisyon oranları, yakıt tüketimi, gürültü ve düz irtifa uçuşlarını azaltan alçalma profillerini kullanır.

Not 2: Bir sürekli alçalma yaklaşma operasyonu, yakıt tüketimi, gürültü ve emisyon oranlarındaki düşüşü en üst seviyeye getirebilmesi için mümkün olan en yüksek irtifadan başlatılmalıdır.

Mixed Navigation Environment (Karışık navigasyon ortamı): Farklı navigasyon özelliklerinin olduğu bir ortam aynı hava sahasında uygulanabilir (örneğin, aynı hava sahasında RNP 10 ve RNP 4 yollarının bulunması), ya da geleneksel navigasyon kullanarak operasyon gerçekleştirilen ortamda RNAV veya RNP uygulamalarına aynı hava sahasında izin verilmesidir.

Navigation Aid (Navaid) Infrastructure (Navigasyon yardım altyapısı): Navaid altyapısı, belirli navigasyon gereksinimlerini karşılamak için mevcut hava-yer tabanlı seyrü-sefer yardımcılarını ifade eder.

Navigation Application (Navigasyon uygulaması): Belirli bir navigasyonun uygulanması ve desteklenen navaid altyapısı, amaçlanan hava sahası konseptine uygun yollar, prosedürler, ve tanımlanmış hava sahasıdır.

Not: Navigasyon uygulaması, tanımlanmış bir hava sahası kavramı içinde stratejik hedefleri karşılayan ATM prosedürleri, iletişim ve gözetimi ile birlikte bir unsurdur.

Navigation Function (Navigasyon işlevi): Navigasyon sisteminin kabiliyeti(örneğin; paralel ofset yetenekleri, holding paternleri, navigasyon veri tabanları, bacak geçişlerinin uygulanması) hava sahası kavramının gereksinimlerini karşılaması için gereklidir.

Not: Seyrü-sefer fonksiyonel gereksinimleri, belirli bir navigasyon özelliğinin seçimi için kullanıcılarının biridir. Her navigasyon özelliği için navigasyon işlevleri (fonksiyonel gereksinimleri) ICAO Doc 9613 , Cilt II,bölüm B / C’de bulunabilir.

Navigation Specification (Navigasyon özellikleri): Uçak ve uçuş ekibi gereksinimlerinin tamamı, tanımlanmış bir hava sahası içinde performans tabanlı navigasyon operasyonlarını desteklemek için gereklidir. Navigasyon özelliklerinin iki türü vardır.

Gerekli navigasyon performansı (RNP) özellikleri, önek RNP, örneğin RNP4, RNP APCH tarafından belirlenen performans izleme ve uyarı için gereksinimleri içeren alan navigasyona dayalı bir navigasyon özelliğidir.

Alan navigasyonu (RNAV) özellikleri, önek RNAV, örneğin RNAV 5, RNAV 1 tarafından belirlenen performans izleme ve uyarı gereksinimini içermeyen alan navigasyonuna dayalı bir navigasyon özelliğidir.

Not: Performansa dayalı Navigasyon (PBN) Kılavuzu (ICAO Doc. 9613), Cilt II, Navigasyon özelliklerinin ayrıntılı rehberliği ile ilgilidir.

Open Path Sürekli Alçalma Yaklaşma Procedures (Açık patern sürekli alçalma yaklaşma prosedürleri): Açık patern sürekli alçalma yaklaşma prosedürleri oluşturulurken rüzgar altı sonlandırma noktasından (DTW) sonra bir frekans geçiş (FM) paterni ile sonlandırılmalıdır. Hava trafik kontrol (ATC) için belirli patern gerekirse, bir vektör rota (VM) paterni sonlandırmak için kullanılabilir.

Optimized Profile Descent (Optimize alçalma profili): Bir alçalma profili normalde yayımlanmış bir havalimanına geliş (STAR) prosedürlerine uygun ve sürekli alçalma yaklaşmasının maksimum pratik kullanımına izin verecek şekilde tasarlanmıştır. Optimize alçalma profili, hava trafik kontrol ve uçak kapasiteleri, hava sahası, çevre, trafik, yerel havalimanı kısıtlamaları göz önünde bulundurularak alçalış noktası noktasından başlar. Optimize alçalma profili, maksimum irtifadan geometrik alçalış profilleri ve düşük motor performansı ile alçalış profil segmentlerini içeren muhtemel alçalış profilini uzatarak, uçuş paterni üzerinde minimum motor takati ile uçulan,

kapalı patern tasarımları boyunca hız ve irtifa kısıtlamalarına uyulara, gerekli bölgede uçuş paternini sonlandırmak sureti ile gerçekleştirilir.

Not: Optimize alçalma profili, sürekli alçalma yaklaşması kolaylaştırma yöntemlerinden biridir.

Performance-Based Navigation (PBN) (Performans tabanlı navigasyon): Bir aletli yaklaşma prosedürü ya da belirli bir hava sahasında, hava trafik servis (ATS) rotası boyunca uçak operasyonları için performans gereksinimlerine dayalı alan navigasyonudur.

Not: Performans gereksinimleri, belirli bir hava sahasında önerilen operasyon için gerekli doğru, tutarlı, sürekli, kullanılabilir ve işlevsellik açısından navigasyon özelliklerinde açıklanır.(RNAV özellikleri, RNP özellikleri)

Procedural Control (Usul kontrolü): hava trafik kontrol hizmetinin sağlanmasına gerek olmayan, hava trafik servis gözetim sisteminden türetilen bilgileri belirtmek için kullanılan bir terimdir.

Area Navigation Operations (RNAV operasyonları): RNAV uygulamaları için alan navigasyonu kullanarak uçak operasyonları gerçekleştirmektir.

Area Navigation System (RNAV sistemi): Navigasyon yardımı sağlayan istasyonlar veya uçağın kendi kabiliyeti ya da bunların bir kombinasyonunun sınırları içinde istenen herhangi bir uçuş paterninde uçak operasyonuna müsaade eden bir navigasyon sistemidir. Bir RNAV sistemi, bir uçuş yönetim sisteminin(FMS) parçası olarak dahil edilebilir.

Request Navigation Performance Operations (RNP işlemleri): RNP navigasyon uygulamaları için bir RNP sistemini kullanarak uçak operasyonları gerçekleştirmektir.

Request Navigation Performance Route (RNP rota): Öngörülen RNP navigasyon özelliğine bağlı kalarak uçakların kullanımı için kurulmuş bir hava trafik servis rotasıdır.

Request Navigation Performance System (RNP sistemi): Uçak üzerinde RNP performansını izleme ve uyarıyı destekleyen bir alan navigasyon sistemidir.

Standard Instrument Arrival Route (STAR) (Standart aletli varış rotaları): Belirlenmiş aletli uçuş kurallarına (IFR) göre havalimanına varış yollarını, yayınlanmış aletli yaklaşma prosedürünün başlamış olduğu nokta ile havalimanına varış rotasını bağlamaktadır.

Standard Instrument Departure Route (SID) (Standart aletli ayrılma rotaları): Belirlenmiş aletli uçuş kuralına (IFR) göre kalkış rotasını, belirli bir hava trafik servis yolu üzerinde havalimanı ya da belirli bir nokta ile havalimanının belirli bir pistini bağlamaktadır.

ÖZET

UÇUŞ OPERASYONLARINDA YAKIT VERİMLİLİĞİ VE ÇEVRESEL ETKİLERİN AZALTILMASI İÇİN SÜREKLİ ALÇALMA YAKLAŞMASI ÖNERİSİ

PEHLİVANOĞLU, Kamil

Yüksek Lisans, Havacılık İşletmeciliği

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Yıldırım SALDIRANER

Haziran 2017, 126 sayfa

Havacılık sektörü açısından çevresel hassasiyetler ve uçuş operasyon maliyetlerinin iyileştirilmesi ile ilgili çeşitli çalışmalar yapılmasına rağmen, günümüzde çeşitli büyük havalimanlarında (Atatürk, Sabiha Gökçen, Amsterdam Schiphol ve Londra Heathrow) uygulanan geleneksel kademeli alçalma ya da terminal bölgesinde başlatılan (uçuş seviyesi 10000 feet) sürekli alçalma yaklaşması uygulamaları kullanılmaktadır. Geleneksel kademeli alçalma ve terminal bölgesi sürekli alçalma yaklaşması uygulandığında, seyir irtifasından havalimanına varış zamanının uzaması ve uçakların izlediği rotanın güçlüklerinden dolayı, hava trafik kontrol birimi tarafından uçaklar arasında gerekli mesafenin ayarlanması ile ilgili planlamaların yapılması uzun uğraşlar ve ciddi oran da zaman ihtiyacını doğurmaktadır. Geleneksel kademeli alçalma ve limitli sürekli alçalma yaklaşması uygulamaları verimliliği azaltıp aynı zamanda havalimanlarının kapasitelerini düşürmektedir. Sıkça yapılan araştırmalar da geleneksel kademeli alçalma ve limitli sürekli alçalma yaklaşması uygulamaları esnasında verimliliğin ve havalimanı kapasitesinin sürdürülebilirliği için söz konusu uygulamaların öngörülebilirliğini arttırmak amacı ile çeşitli konseptler geliştirilmiştir. Ancak, bu konseptlerin çoğu, farklı gerekçeler ile uygulama alanı bulamamıştır.

Bu çalışma literatür taraması, pilotlar ile yapılan sözlü mülakatlar ve görüşme sonuçlarını da göz önünde bulundurarak geliştirilmiş bir sürekli alçalma yaklaşması konsepti ortaya koymaktadır. Önerilen modelin matematiksel yöntem ile fayda ve maliyet analizi yapılmaktadır. Bahse konu olan bu konsept, uçağın motorlarına ait gaz kollarının rölanti devrine çekilerek düz uçuş yaptığı irtifadaki alçalma noktasından başlayarak, birleştirme noktası sistemi, manialar ve uçak konfigürasyonu için gerekli düz uçuşlar hariç, son yaklaşma noktasına kadar planlı ve sürekli alçalma uygulamak sureti ile zamanın ve hava sahasının etkin kullanımı, enerji yönetimi, kaynakların verimli kullanılması, uçuş ekibi ve hava trafik kontrol personelinin iş yükünün azaltılarak durumsal farkındalık yaratılması, gürültü seviyesinin azaltılması, yakıt tasarrufu, emisyon oranlarının düşürülmesi ile havayolu işletmeleri açısından maliyet etkinliği ve uçuş operasyonlarında verimliliğin artırılması hedeflenirken, çevresel açıdan da farkındalık oluşturulması amaçlanmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Sürekli Alçalma Yaklaşımları, Sürekli Alçalma Varış Usulleri, Optimize Edilmiş Alçalma Profilleri, Özel Planlanmış Havalimanına Varış Yolları, 3D/4D (X, Y, Z eksenleri ve zaman) Uçuş Yolu Varış Yönetimi, Gelişmiş Gürültü Azaltma Yaklaşımları.

ABSTRACT

CONTINUOUS DESCENT APPROACH RECOMMENDATION FOR FUEL EFFICIENCY AND REDUCING ENVIRONMENTAL IMPACTS IN FLIGHT OPERATIONS

PEHLIVANOĞLU, Kamil

Master, Aviation of Management

Thesis Supervisor: Prof. Dr. Yıldırım SALDIRANER

June-2017, 126 pages

Despite various studies on improving the environmental sensitivity and flight operation costs in terms of the aviation sector, the traditional step down approach or terminal approach applied at various major airports (Atatürk, Sabiha Gökçen, Amsterdam Schiphol and London Heathrow) (FL100, low altitude) continuous descent approach applications are used. When Step Down Approach and the terminal area continuous descent approach are applied, planning for the adjustment of the required distance between the aircraft by the Air Traffic Control due to the extension of the time of arrival from the cruising altitude to the airport and the difficulties of the airplane's track, requires long work and a great deal of time. Step Down Approach and limited continuous descent approach practices reduce efficiency and reduce the capacity of airports at the same time. Frequently conducted research has developed several concepts with the aim of increasing the predictability of efficiency and the predictability of such applications for the sustainability of airport capacity during Step Down Approach and limited continuous descent approach applications. However, many of these concepts have not found application areas with different justifications.

This study presents a concept of continuous descent approach developed by literature review, oral interviews with pilots and interview results. Benefit and cost analysis of the proposed model is done by mathematical method. This concept, which

is the subject of the bet, is based on the fact that, starting from the descent point at which the gas arms of the aircraft engines are idle and drawing straight at the altitude of the straight flight, the planned time and air are reduced to the last approach point except for the flat flights required for the joint point system, manners and aircraft configuration. While it is aimed to increase efficiency in flight operations and cost efficiency in terms of airway operators by reducing the workload of the flight crew and air traffic control personnel by creating situational awareness, reducing the noise level, reducing fuel consumption, reducing emission rates, efficient use of energy, energy management, efficient use of resources, It is also aimed at creating awareness.

Key Words: Continuous Descent Approaches, Continuous Descent Arrivals, Optimized Profile Descent, Tailored Arrivals, 3D/4D Path Arrival Management, Advanced Noise Abatement Approach.

GİRİŞ

Günümüzde uygulanan alçalmalarda, hava trafik kontrol birimleri tarafından, uçaklar arasındaki mesafeyi ve ayrımı sağlıklı şekilde düzenlemek için, havadaki trafiklere radar vektör ve irtifalara alçalmaları için gerekli talimatlar iletilir. İlgili trafikler düz uçuş gerçekleştirecekleri irtifaya devam ettirilir, bu durum süratin devamlılığı için motor itme gücü gerektirdiği gibi aynı zaman da yakıt tüketimi, gürültü ve emisyon oranlarında da artışa yol açmaktadır. Alçalısta düz uçuş irtifalarının azaltılıp ya da elimine edilip, uçaklara yavaşlatılmış motor devrinde alçalma uygulatarak, yakıt tüketimi, gürültü ve gaz emisyon değerleri düşürülebilir. Sürekli alçalma yaklaşması uyguladığında, alçalış irtifa profiline yüksekliği arttığından dolayı yerde hissedilen gürültü seviyesi de azalmaktadır.

Ülkemiz ve Avrupa havalimanlarının çoğunda uygulanan geleneksel kademeli alçalma yaklaşması ya da terminal bölgesinde başlatılan sürekli alçalma yaklaşması kullanılmaktadır. Geleneksel ve terminal bölgesi sürekli alçalma yaklaşması uygulandığında, düz uçuş yapılan irtifadan havalimanına varış zamanının uzaması ve uçakların izlediği rotanın güçlüklerinden dolayı, hava trafik kontrol tarafından uçaklar arasında gerekli mesafenin ayarlanması ile ilgili planlamaların yapılması uzun uğraşlar ve ciddi oran da zaman ihtiyacını doğurmaktadır. Geleneksel ve limitli sürekli alçalma yaklaşması uygulamaları verimliliği ve havalimanlarının kapasitelerini düşürmektedir.

Bu çalışmada geleneksel ve limitli sürekli alçalma yaklaşması uygulamaları esnasında verimlilik ve havalimanı kapasitesinin sürdürülebilirliği için söz konusu uygulamaların öngörülebilirliğini arttırmak amacı ile çeşitli konseptler incelenerek, geliştirilmiş alan seyri/seferi/sürekli alçalma yaklaşması önerilmektedir. Bu konsept, uçağın motorlarına ait gaz kollarının rölanti devrine çekilerek seyir irtifasından başlayan planlı bir şekilde uçulan değişen trafik durumlarına göre hava trafik kontrol birimi tarafından sürekli alçalma yaklaşmasını kolaylaştırıcı taktik müdahaleleri içermektedir.

Sürekli alçalma yaklaşması, uçakların havada uygun aralıklar ile sıralanması ve hava sahasının etkin kullanımı için zaman kısıtlamalarını ayarlamayı kolaylaştıran ilave motor itme gücüne az ya da hiç ihtiyaç duymayan, sapmaları düzenlemeye yardımcı olan, olumsuz çevresel etkileri azaltan, enerji ve verimlilik prensibini kullanan uygulamadır. Sürekli alçalma yaklaşması ileri düzeyde uçak seyrüsefer sistemleri (CPDLC, ADS-B, RNP vs.) ile oto pilot ve otomatik gaz kolu sistemleri kullanılarak uçulduğunda, bu konsept uçuş emniyeti ve kabul edilebilir iş yükü seviyesinin sürdürülebilirliğini amaçlamaktadır. Ancak, oto pilot komutları, iniş takımı ve flap seçimi, hala pilot tarafından gerçekleştirilen aksiyonlardır.

Sürekli alçalma yaklaşma konseptinin çeşitli değişkenler ile başa çıkıp, çıkamadığını ve verimli bir şekilde uçulup/uçulamayacağını öngörmek önemlidir. Çeşitli sürekli alçalma yaklaşması konseptlerinin farklı durumlarda da uygulanabilirliği hala ICAO ve EUROCONTROL tarafından da incelenmektedir. Sürekli alçalma yaklaşmasının çevresel etkilerinin hangi oranda olduğu incelenerek, alçalışta hava trafik kontrol ya da uçuş ekibi kaynaklı çeşitli hatalar neticesinde uygulanabilirliği değerlendirilmektedir. Aynı zamanda, sürekli alçalma yaklaşması konsepti içerisindeki pilot ve hava trafik kontrol personelinin insan olarak rolü dikkate alınmaktadır. İnsan faktörünün dışında, alçalmayı etkileyen ilave belirsizlikler ise alçalma rotasının etkileri ve meteorolojik faktörlerdir.

Çalışmada problemin tanımlanması, sürekli alçalma yaklaşması, uygulama usulleri, faydaları ve sürekli alçalma yaklaşmasının kısıtlamaları, sürekli alçalma yaklaşma planlama ve uygulama süreci üzerinde durulmaktadır. Hali hazırda uygulanan çeşitli sürekli alçalma yaklaşma modelleri incelenerek, Türkiye için geliştirilmiş ve dinamik yapıda sürekli alçalma yaklaşma modeli önerilmektedir. Önerilen modelin matematiksel yöntem ile fayda ve maliyet analizi yapılmaktadır.

BİRİNCİ BÖLÜM

PROBLEMİN TANIMLANMASI

1.1 Uçak Gürültüsünün Etkileri

Havalimanları çevresinde, uçak motor emisyonları ve gürültüsü, uçak operasyonlarından kaynaklanan çevreyi ve insan sağlığını tehdit eden en önemli iki unsurdur. Bir havalimanının yakınında oturan veya çalışan kişiler için rahatsız edici bir uçak gürültüsü yaşam kalitesini olumsuz etkilemektedir. Bunun ötesinde, aşırı ses sağlık için gerçek bir tehlikedir. Dünya Sağlık Örgütü'nün Topluluk Gürültüsü Rehberine göre, gürültünün olumsuz etkileri arasında işitme kaybı, uyku bozuklukları, artmış iskemik (dokunun yeterince kan alamaması durumu, kan azlığı, bölgesel anemi, yerel kansızlık) kalp hastalığı riski, hem de anksiyete (sürekli, aşırı ve durumla uygun olmayan bir endişe durumu) ve duygusal stres yer almaktadır. İş performansı, verimlilik ve kullanışsız uygulamalara karşı duyarlı olunmadığında insan sağlığı ve çevre olumsuz etkilenmektedir (Ren. L, 2007, s. 17).

Yoğun uçuş operasyonları benzersiz bir gürültü kaynağıdır. Havalimanlarının yakınında yaşayanlar için, yeryüzünde algılanan ses seviye aralığı nedeniyle tek bir uçak gürültüsünün sonucu olarak nadiren acil klinik sonuçlar ortaya çıkmaktadır. Bununla birlikte, insan sağlığındaki hasarlar, uçak gürültüsüne kronik olarak maruz kalınması nedeniyle kademeli olarak gelişir ve dolayısıyla daha gizli bir tehlike oluşturur. Araç trafiği ve uçak gürültüsüne maruz kalan çocukların bilinci ve sağlık araştırması ile ilgili yapılan çalışmada İngiltere, İspanya ve Hollanda'da yaşayan yaklaşık 3.000 çocuk incelenmiştir. Uzun süreli uçak gürültüsüne maruz kalan çocuklarda, okuma anlama ve tanıma belleğinde bozulmuş performans ile ilişkili durumlar tespit edilmiştir. Yüksek düzeyde hava aracı gürültüsüne (5dB'lik bir değişim) maruz kalan çocuklarda okuma yaşının iki aya kadar geciktiği tespit edilmiştir.

Uçak gürültüsü havalimanından itibaren önemli mesafedeki alanları etkiler. Örneğin, Dünya Sağlık Örgütü için gece gürültü sınırı olan 60dB ağırlıklı maksimum ses düzeyi (LMAX ünitesi aynı zamanda dBA olarak da kısaltılır) bir havalimanından çok daha uzakta sık sık aşılmaktadır. Yerdeki gürültü, yer gürültü kaynakları ile yaşam sakinleri arasında bulunan ağaçlar ve binaların da yardımı ile daha az hissedilir, ancak uçak gürültüsü gökyüzünden yayıldığı için etkin gürültüye maruz kalma yol veya demiryolu trafiğine göre daha fazladır. Uçak gürültüsünün dağılma zaman paterni aynı zamanda yüzey trafiğinin sürekli gürültüsünden farklıdır. Uçak gürültüsü kullarımdaki pistlere bağılı olarak değışkendir ve öngörülemez. Uçak gürültüsünün sıklığı ve miktarı bazen daha rahatsız edicidir. Bu sebeplerden dolayı, uçak sesleri araştırmacılar ve uluslararası organizasyonlar tarafından kabul edilen ortalama ses seviyesinden ve araç trafiğı gürültülerinden daha can sıkıcıdır.

Karayolu ve endüstriyel faaliyetlerden kaynaklanan gürültünün aksine uçak gürültüsü, havalimanlarından onlarca kilometre uzaktaki kırsal alanlardaki toplulukları da sık sık etkilemektedir. Havayolu endüstrisinin ikinci basamak havalimanlarına daha fazla sefer düzenlenmesi eğilimi metropoliten alanlardan uzaktaki bölgelerde de durumun kötüleşmesine neden olmaktadır.

Uçak gürültüsünün yaşam ortamına olumsuz etkisi, havalimanları çevresindeki konutların değerine de yansımaktadır. ABD Federal Havacılık İdaresi (FAA) raporuna göre gündüz/gece ortalama ses seviyesindeki 1dB'lik bir artışın genellikle gayrimenkul değerlerinde %0,6 ila 2,3'lük bir azalma ile sonuçlandığını ortaya koymaktadır (Ren. L, 2007, s. 18).

Hava trafiğinin artması, ulusal ve bölgesel ekonomiye yararlı olsa da, çevre ve havalimanı yakınlarındaki yerel topluluklar açısından son derece sıkıntılıdır. Gelecekte uçak operasyon sayısının artacağı göz önüne alındığında sürekli alçalma yaklaşması kullanımı ile uçak gürültüsü önemli ölçüde azaltılacaktır.

Kamuoyunun düşük bir gürültü seviyesi ve daha yüksek yaşam kalitesine sahip olma beklentisi göz önüne alındığında, uçak gürültüsü hava aracı operasyonlarının ve havalimanlarının genişlemesinde önemli bir sınırlayıcı faktör olmayı sürdürmektedir.

Havalimanlarının genişlemesi, çevresel kaygılar, özellikle de uçak gürültüsünden kaynaklanan endişeler nedeniyle, havalimanı çevresinde yaşayan topluluklar tarafından ciddi dirençlerle karşılaşmaktadır. Örneğin, Boston Logan Airport, 1969'da yeni bir pist ilavesi için planlama sürecine girilmesine rağmen, pistin

inşaat işi Mayıs 1974'te başlamış ancak toplum muhalifleri tarafından ilk gün durdurulmuştur. Logan Havalimanında yeni pistleri yasaklayan mahkeme kararı 1976'da yürürlüğe girmiş, yaklaşık otuz yıllık yasal tartışmalar ve kapsamlı çevresel değerlendirmeler sonrasında, mahkeme, aynı genel konuma yeni bir tek yönlü pist inşa edilebileceğine karar vermiştir. 2006 yılında tamamlandığında, yeni pist havalimanının kapasitesini arttırmak yerine gecikmeleri azaltmak için kullanılabilmiştir (Ren. L, 2007, s. 18).

Mevcut uçuş operasyonları, havalimanları çevresinde yaşayan toplulukları uçak gürültüsünden korumak için kısıtlamalara tabidir. FAA'ya göre, 2003 yılı itibarıyla, gürültü endişeleri nedeni ile ABD havalimanlarında en az 600 operasyonel kısıtlama ve sokağa çıkma yasağı ile sonuçlanmıştır. Uçak gürültü etkisini azaltmak için ABD genelinde yaygın olarak kullanılan bir önlem, uçakların gürültüsünden önemli ölçüde etkilenen konutları ve okulları ses geçirmez hale getirmektedir. Örneğin, Chicago O'Hare Havalimanı 2004 yılı itibarıyla 86 okulun yalıtımını sağlamak için yaklaşık 212 milyon ABD doları harcamıştır, ancak bu rakam günümüzde inanılmaz boyutlara ulaşmıştır (Ren. L, 2007, s. 19).

1.2 Yakıt Tüketiminin Etkisi

Uçak performansı, sürekli alçalma yaklaşması tasarımında göz önüne alınması gereken bir diğer önemli husustur. İki performans parametresi özel önem taşımaktadır. Bunlar toplam yakıt akışı ve uçuş patern açısıdır. Toplam motor yakıt akışı direkt olarak emisyon oranlarına ve işletme maliyetlerine katkıda bulunmaktadır, bu nedenle yakıt tüketimi, günümüzdeki değişken petrol fiyatları ve çevresel kaygılar nedeniyle son derece önem kazanmıştır. Uçuş patern açısı doğrudan uçak dikey profilini belirlerken aynı zamanda gerekli motor itme kuvvetini de etkilemektedir. Hava trafik kontrol kısıtlamalarını uyumlaştırmak için de son derece önemlidir.

Uçak sürati sadece yaklaşma gürültü seviyelerinin üst sınırını tanımlamakla kalmaz aynı zamanda uçak ağırlığı, yükseklik ve uçuş paterni için belirlenen hız gibi diğer tüm koşullar için toplam yakıt akış oranının üst sınırını da tanımlar (Ren. L. 2007, s. 42).

B757-200 ve B767-300 için alçak irtifalarda yapılan düz uçuş değerlendirmesinde, uçak sürati, 200kt'dan 140kt'a düştüğünde, toplam yakıt akış oranı her iki uçak tipi için yaklaşık %50 artmıştır. Bu durum, düşük hızlarda uçakların

sürüklenmesinin artmasına bağlıdır. Bu nedenle, düz uçuş bölümlerinden kaçınılamazsa, yaklaşmanın yakıt tasarrufu için nispeten yüksek hızda yürütülmesi istenmektedir (Ren.L. 2007, s. 43).

Düşük irtifalarda yapılan düz uçuş segmentine kıyasla, sürekli yavaşlatılmış motor takati ile alçalmak, uçak ağırlığı, yükseklik ve hız gibi diğer tüm koşulların eşit olması durumunda yaklaşma için toplam yakıt akış oranlarının alt sınırını temsil etmektedir. Sürekli alçalma için toplam yakıt akışı oranları, iki uçak tipi için de yaklaşık %15-30 daha düşüktür.

Günümüzün yüksek petrol fiyatları göz önüne alındığında, yaklaşma prosedürlerinin geliştirilmesi ile elde edilen yakıt tasarrufu, operatörler için sürekli alçalma yaklaşması ve varış prosedürlerinin uygulanması ve havalimanları çevresinde yaşayanların yaşam kalitesini artırmak için büyük önem arz etmektedir. Yakıt tüketiminde yaşanan bu tasarruflar havayolu taşımacılığı için hizmet kalitesinden ödün vermeden doğal kaynakları korurken, yerel hava kalitesini de iyileştirmektedir (Ren. L. 2007, s. 44).

1.3 Emisyon Oranlarının Etkileri

Emisyon analizlerinin odak noktası, yaklaşma/iniş safhasında uçak motoru tarafından üretilen gazlardır. Dikkat edilen husus havalimanı irtifasının 3.000ft üzerinde kalan bölgedir. Bu bölge emisyonların belirlenmesinde önemli bir yer tutmaktadır çünkü yer seviyesinin 3.000ft yüksekliğine kadar üretilen emisyonlar, yerel hava kalitesinde önemli rol oynamaktadır. ICAO emisyon standartları için tüm iniş ve kalkış hesaplamalarındaki varsayım, havanın karışma tabakasının yerden ortalama 3.000ft yüksekliğe kadar uzanmasıdır. Bu nedenle, sürekli alçalma yaklaşması uygulayan uçaklar tarafından üretilen emisyonlar ile geleneksel yaklaşma gerçekleştiren uçaklar arasındaki farkın bu bölge için belirlenmesi gerekmektedir (Clarke. J.P. 2006, s. 69).

Ülkemizde yapılan incelemelerde, 3.000ft altında tespit edilen (1708gr) emisyon miktarı, ICAO'nun belirlediği değer olan 876gr'dan daha yüksektir. Bunun nedeni, havalimanı trafiği ya da manevra gereksinimleri nedeniyle uçağın 3.000ft altında uçuş süresini uzatmış olmasıdır. Bunun yanı sıra farklı yaklaşma usullerinde uçakların uyguladığı dönüşler (procedure turn, base turn, racetrack), istikamet değiştirme, türlü yaklaşma manevrası sebebi ile veya trafik miktarına bağlı olarak bekleme veya

sıralama bacağındaki gecikme nedeni ile 3.000ft veya altındaki yükseklikte belirli sürelerde düz uçuş yapmaktadırlar. Bu da bölgesel havanın karışma yüksekliğinin 3.000ft olarak alınması durumunda iniş kalkış operasyon safhalarının süresini artıracığından hesaplanan emisyon değerinin daha yüksek olmasına neden olmaktadır (Yay. O.D, Yılmaz. E, Döğeroğlu. T, Turgut. E.T, Cavcar. M, Usanmaz. Ö, Armutlu. K, 2014, s. 49).

Sürekli alçalma yaklaşması ile motor takati ve sürüklenme oranı azaltıldığı gibi geleneksel bir yaklaşıma oranla alçalma uçuş rotasının her bölgesinde emisyon oranları önemli ölçüde azalmaktadır (King. D. 2005, s. 2) (Jong. O.D. 2012, s. 11).

Motor egzoz gazı, su buharı ve karbon dioksit gibi zararsız maddelerin yanında, insan ve/veya çevre için tehlikeli olan karbon monoksit (CO), hidrokarbonlar (HC) ve azot oksit (NOx) de içermektedir. Sürekli alçalma yaklaşması 3.000ft ve aşağısında yaklaşık olarak %30 nitrojen oksit (NO) kirliliğini de azaltmaktadır (King. D. 2005, s. 2) (Jong. O.D. 2012, s. 11).

Ülkemizdeki uçuş operasyonları ve havalimanlarının meydana getirdiği hava kirliliği artış göstererek önemli boyutlara ulaşmıştır. Yapılan ölçümler tenefüs edilen havanın sağlığa ne kadar zararlı olduğunu göstermektedir. Tablo 1.1' de gösterilen partikül madde (PM_{2,5}/PM₁₀) değerleri, AB ve Dünya Sağlık Örgütüne göre insan sağlığı için belirlenen standart değerlerin oldukça üzerindedir.

Avrupa Çevre Ajansı (European Environment Agency - EEA) verilerine göre, Türkiye'deki kentsel nüfusun yaklaşık %98'i oldukça sağlıksız düzeyde partikül maddeye (PM₁₀) maruz kalmaktadır. Ankara'nın yıllık ortalama PM değeri 58ug/m³ ve İstanbul'un yıllık ortalama PM konsantrasyonu 48ug/m³ olarak belirlenmiştir.

Tablo 1.1: Türkiye yıllık ortalama emisyon değerleri (HEAL, 2015, s. 2).

| Partikül Madde Konsantrasyonları | PM 2,5 | PM 10 |
|----------------------------------|--------|-------|
| Türkiye | 39 | 58 |
| AB Ortalaması | 25 | 40 |
| Dünya Sağlık Örgütü Tavsiyeleri | 10 | 20 |

Hava kirliliğinin solunum sistemi üzerindeki etkileri dikkate alındığında; solunum bulgularındaki enfeksiyonlarda, hava yolu tepkilerinde ve tahrişinde artış,

akciğer iltihabı, solunumla ilişkili ölümlerde, hastane başvurularında ve hastane tedavilerinde artış; akciğer fonksiyonlarında azalma, astım atakları, kronik tıkalı akciğer hastalığında (KOA) alevlenme ve akciğer kanseri riskinde artış yaşanmaktadır.

Kardiyovasküler sistem etkileri; kalbin otonomik fonksiyonunda bozulma, kalp krizi, kalp kaynaklı göğüs ağrısı, yükselmiş kan basıncı, damar sertleşmesi, hipertansiyon ve serebrovasküler iskemide artışlar meydana gelmektedir.

Sinir sistemi ve serebrovasküler sistem etkileri; nörogelişimsel hastalıklar, nöroinflamasyon, oksidatif stres, kan-beyin bariyerinde değişimler, baş ağrıları, anksiyete, inmeler, Alzheimer hastalığı ve Parkinson hastalığı meydana gelmektedir.

Üreme kapasitesi ve çocuk sağlığı üzerindeki etkileri; sperm kalitesinde düşüş, DNA (Deoksiribo Nükleik Asit) parçalanması, düşük doğum, erken doğum ve gebelik yaşına göre küçük bebek doğumlarını içermektedir (HEAL, 2015, s. 2-3).

1.4 Sürekli Alçalma Yaklaşma/Varış Prosedürlerinin Gelişimi

Prosedürel önlemlerle gürültü azaltma probleminin çözüm kavramı, II. Dünya Savaşı'ndan sonra ticari hava taşımacılığının zirveye ulaşmasıyla 1950'lerin başında ortaya çıkmıştır. 1954 yılında Otomotiv Mühendisleri Topluluğu tarafından düzenlenen Uçak Gürültüsü Sempozyumunda Rosendahl, havalimanına yakın yerleşim bölgelerinde yaşayan toplumun ve havalimanı operasyonlarının hacminin hızla artması ile yerel topluluklar, yerleşim bölgelerine ve iş bölgelerine bitişik olan havalimanlarına karşı çıkmışlardır. Yayınlanan bildiri, uçak gürültüsünü gidermek için New York-New Jersey metropolitan havalimanlarına bitişik alanlarda alınan önlemleri incelemiştir. Kullanılan iki genel strateji şu şekildedir:

- 1) Gürültü kaynağındaki yoğunluğu azaltmak,
- 2) Gürültü kaynağı ile alıcı arasındaki mesafeyi arttırmaktır.

Bu iki temel strateji, esasen, gürültü azaltma operasyon prosedürleri geliştirmek için değişmez unsurlardır (Ren. L. 2007, s. 23).

Rosendahl bildirisinde açıklanan ilk operasyonel uygulama, çoğu operasyonu havalimanlarını çevreleyen yerleşim bölgelerinden ziyade suya (deniz vb.), açık alanlara veya en az sıkışık alanlara yönlendirerek "tercihli pistler" in maksimum düzeyde kullanılmasını sağlamaktır. Tercihli pist konseptinin yeniliği, diğer pistlerin normal olarak kullanılacağı belirli yan rüzgâr türlerinde önemli miktarda iniş ve

kalkışa izin vermesidir. Yaklaşma ve inişe özgü ikinci operasyonel uygulama, yer seviyesinden en az 1.200 ft yüksekliğin korunmasıdır (2004 FAA tavsiye edilen yer seviyesinin 2.000ft üzerindeki uygulamaya kıyasla çok düşük olmasına rağmen). Daha önce, havalimanından 10 ila 15 mil uzakta şikâyetlere neden olan uzun, düşük irtifa ve geri sürüklemesi yüksek yaklaşımlar yapılmıştır. Rosendahl, havalimanlarından önemli uzaklıktaki noktalardan gelen şikâyetlerin yeni daha yüksek yaklaşımlarla neredeyse tamamen ortadan kaldırıldığını iddia etmiştir. Daha az motor gücü ile yapılan bu yüksek yaklaşımlar aynı zamanda havalimanına daha yakın yaşayan insanlara fayda sağlamıştır. 50'li yılların başından beri, teknolojiye bağlı olarak daha farklı gürültü azaltma yaklaşma prosedürleri geliştirmek için ciddi çabalar harcanmıştır (Ren. L. 2007, s. 23).

Yaklaşmada gürültüyü azaltmanın bir yolu da, alçalış boyunca yüksek irtifalar kullanılarak uçağı yüksekte tutmaktır. ABD Ulusal Havacılık ve Uzay İdaresi (NASA), 60/70'lerin başında bir dizi simülasyon ve uçuş test programı aracılığıyla iki segmentli aletli yaklaşımları incelemiştir. Bu teknikte, uçaklar pist irtifasına göre 3.000/4.000ft yükseklikten yaklaşıma başlamışlardır, ilk olarak alçalma pateni (4/7 derece) uçulmuştur. Daha sonra iniş için daha stabil olan 400/1.000ft geleneksel 3 derecelik süzülüş açısına geçilmiştir. Yüksek irtifalardan daha dik uçuş patern açısı ile piste alçalırken daha az güç gerekecektir. Düşük motor gücü ve yüksek irtifa nedeni ile uçuş yolunun aşağısında yaşayan topluluklar için uçak gürültüsü 2/7 NM arasında daha az hissedilebilir olduğu tespit edilmiştir. Yüksek irtifalarda 3D Alan Seyrüsefer (RNAV) sistemi, düşük irtifalar da ise aletli iniş sistemi (ILS) süzülüş açısı ile dikey rehberlik sağlanırken, yaklaşma boyunca ILS yer belirleyici tarafından yatay rehberlik sağlanmıştır. Uçağın yanlış ILS süzülüş açısı yakalamasını önlemek için, uçaklar 1.000ft radyo altimetre yüksekliğine ulaşana kadar ILS süzülüş açısı hazır olmamaktadır. Gürültüyü azaltmada etkili olmasına rağmen, yüksek irtifalarda ILS süzülüş açısı düzgün bir şekilde gerçekleştirilemediğinden güvenlik endişeleri nedeni ile bu prosedür uygulanamamıştır (Ren. L. 2007, s. 24).

70'li yılların başında, Avrupa'da kapsamlı bir şekilde gürültü azaltma yaklaşma prosedürleri araştırması ve operasyonel çalışmalar yapılmıştır. Lufthansa havayolları, "düşük geri sürüklenme ve düşük motor gücü" prosedürü geliştirmiştir. Lufthansa B727'ler, gürültü izlerinin ve yakıt tüketiminin eşzamanlı olarak azaltan bu prosedürü görsel koşullar altında Frankfurt ve Heathrow Havalimanlarına düzenli olarak

uçmuştur. Bu prosedürde, (AGL 3.000ft) pist irtifasına göre 3.000ft yükseklikten alçalışa başlanarak, uçak tipi için en uygun hız ve motor rölanti devri kullanılarak "temiz" (flap/slat, iniş takımları, sürat frenleri vs. kapalı) konfigürasyonda gerçekleştirilmiştir. 3.000ft' nin altında, pas geçme ayarları, flaplar ve pas geçme sürati için gerekli motor devri ayarlamaları ile hız 160/170kt' a düşürülmüştür. Bu hızla alçalışa devam edilerek, ILS süzülüş açısı yakalanmıştır. Uçaklar, dış marker geçişi için normal yükseklik yaklaşık 500ft' e ulaşana kadar iniş takımları, flaplar açılmış ve iniş konfigürasyonunu sağlamak için uçak motor takati arttırılmıştır. Bu profilin ardından, geleneksel yaklaşımlara göre flap/slat ve iniş takımlarını açma süreci önemli ölçüde ertelenmiştir. Dış marker' a kadar önemli miktarda gürültü azaltılmış ancak bu noktanın ötesinde azalma sağlanamamıştır. Prosedürün tam olarak etkili olabilmesi için ATC ile yakın işbirliği gerekmektedir. Bu prosedürün uygulanması, bazı uçak tiplerinin profili uygun şekilde izleyememesi nedeniyle kısıtlanmıştır (Ren.L. 2007, s. 24).

British Airways 1974' te gürültüyü azaltmak ve aynı zamanda önemli miktarda yakıt tasarrufu yapmak için kullanılabilecek bir prosedür önermiştir. Bu prosedürde ATC, alçalış noktaları için mesafe ölçüm ekipmanı (DME) ile tahmini mesafeleri ve uçuş seviyelerini vermiştir, böylece pilotlar, verilen rehberlik ile motor rölanti devrinde düz uçuş irtifasından verimli bir şekilde alçalış planlayabilmiştir. Uçakların mümkün olduğu kadar temiz konfigürasyonda kalmasını sağlamak için uçak hızının en az 200kt olması öngörülmüştür. Alçalış noktasından 3 derecelik uçuş patern açısı ile sorunsuz şekilde ILS hattını motor takat değişikliklerine ihtiyaç duymadan minimum takat ile yaklaşmasına izin verilmelidir. ILS süzülüş açısı yakalama yüksekliği 3.000ft tercihen daha yüksek olarak arttırılmıştır. İniş takımlarının açılması, pist yüksekliğine göre yaklaşık 1,500ft yüksekliğe kadar geciktirilmiştir. British Airways, alçalış başlangıç noktasını doğru hesaplamak ve modern uçuş yönetim sisteminin fonksiyonu olan dikey seyrüsefer rehberliğine (VNAV) benzer şekilde sürekli irtifa ve mesafe kontrolleri sağlamak için Dibley Descent Computer adlı dairesel slayt kuralını tasarlamıştır. Rüzgâr, yer hızı (GS) kullanılarak hesaplanmıştır. Dikkat çekici bir tasarım olmasına rağmen, hızlandırılmış trafik akışı üzerindeki olumsuz etkileri nedeniyle prosedür uygulanamamıştır (Ren. L. 2007, s. 24).

Önceki çalışmalara dayanarak, günümüzde yaygın olarak bilinen Sürekli Alçalma Yaklaşması (CDA) 1970'lerin sonlarında İngiltere'de geliştirilmiştir. Sürekli

alçalma yaklaşması 6.000ft' den başlayan, 2 NM' den daha uzun olmayan en fazla bir düz uçuş segmenti içeren ya da hiç içermeyen süzülüş açısının sinyallerini yakalayan faydalı bir alçalma olarak tanımlanmıştır. Orijinal sürekli alçalma yaklaşmasının üzerine geliştirilen gürültüyü azaltma yaklaşma prosedürleri de önerilmiş ve incelenmiştir, ancak hepsi 1950'lerden beri kullanılan aynı iki temel tekniğin kullanılması (alçalış esnasında gereken toplam itme kuvvetinin azaltılması ve uçakları daha uzun süre yüksek irtifada tutarak) ile gürültünün azaltılması sonucuna ulaşılmıştır (Ren. L. 2007, s. 25).

Modern Küresel Konumlandırma Sistemi (GPS) tabanlı RNAV ve FMS teknolojisinin geliştirilmesi, pistten daha uzakta başlayan karmaşık 3D alçalma paternleri ile yeni gürültü azaltma prosedürlerinin tasarlanmasını mümkün kılmıştır. Gerekli Seyrüsefer Performansı (RNP) prosedürleri için, daha karmaşık 3D yaklaşma uçuş yolu tanımlanabilir ve bu uçuş yolunu çok yüksek doğrulukta RNP yetenekli uçaklar takip edebilir. RNP hava sahası kullanımını geliştirir ve karmaşık hava sahası ortamında gürültü azaltma yaklaşma prosedürleri sağlar. Sürekli alçalma yaklaşmasının kısaltılması, yakın zamanda geliştirilen sürekli alçalma ve varış prosedürlerine (çoğunlukla seyir irtifasından başlatılan havalimanına varış safhasını ve terminal bölgesi içerisindeki yaklaşma safhasını birleştiren gürültüyü azaltmak için tasarlanan RNAV veya RNP prosedürlerini de içeren) atıfta bulunmak için de kullanılmaktadır (Ren. L. 2007, s. 25).

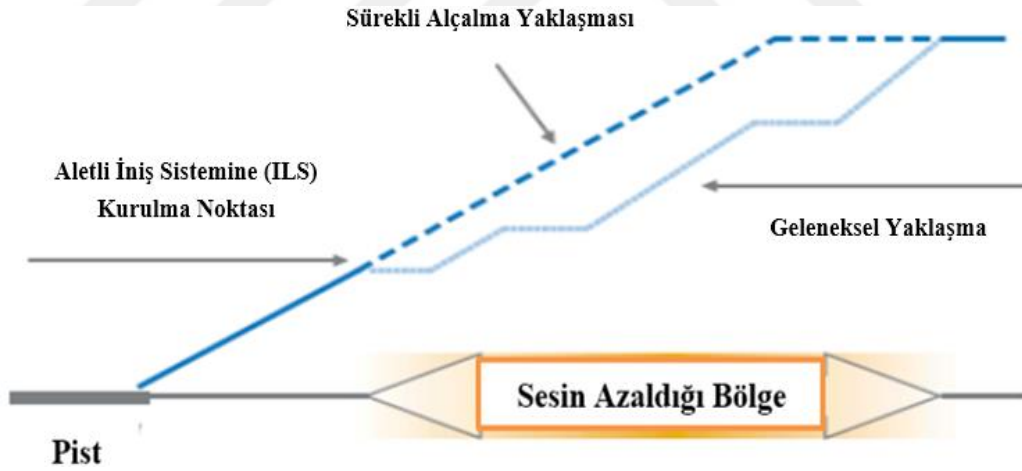
Bu çalışmanın geri kalanında, sürekli alçalma yaklaşmasının metin içindeki anlamına uygun olarak "yaklaşma prosedürü" terminal alanı ile sınırlanmış prosedürleri belirtmek için "varış prosedürü" ifadesi ise varış ve yaklaşma safhalarını birleştiren prosedürleri belirtmek için kullanılmaktadır. Simülasyonlar, uçuş testleri ve modern gelişmiş gürültü azaltma yaklaşması ve varış prosedürleri, yakın ve orta vadede gürültü azaltma, yakıt tüketimi ve emisyon oranlarının azaltılmasını amaçlamaktadır.

En büyük sorun, kullanılan yavaşlatılmış motor devri alçalma teknikleridir. Uçak performansındaki farklılıklar ve operasyonel belirsizliklerden dolayı uçakların yavaşlatılmış motor takati ile alçalma paterninde değişiklikler ve farklılıklar vardır. Uçaklar sürekli alçalışta olacağından dolayı, uçakların performansından kaynaklanan uçuş paternlerindeki değişiklikler, hava trafik kontrolörlerinin uçaklar arasındaki aralığı tahmin etmesini ve trafik akışını yönetmesini zorlaştırmaktadır. Uygun

teknoloji alt yapısı olmadan, kontrolörlerin inisiyatiflerine göre trafikler arasında bırakılan gereğinden fazla mesafeler havalimanı kapasitesini olumsuz yönde etkilemektedir. Amsterdam Schiphol Havalimanı'nda yürütülen gürültü azaltma yaklaşma prosedürlerine göre, sürekli alçalma yaklaşması prosedürünün uygulanması sırasında trafikler arasındaki ayrımı sağlamak için bırakılan gereğinden fazla mesafeler, iniş yapan trafikler arasındaki zaman aralığını 1.8 dakikadan 4 dakikaya yükseltmiştir. Bu durum havalimanı iniş kapasitesinde %50'den fazla bir azalmayı temsil etmektedir (Ren.L. 2007, s. 25).

1.5 Sorunun Açıklanması

Gelişmiş gürültü azaltma yaklaşma usulleri, uçakların yüksek irtifadan direk olarak herhangi bir düz uçuş bölümü olmaksızın sürekli alçalma ile doğrudan ILS süzülüş hattına veya GPS tabanlı süzülüş hattına alçalmasını sağlar. Daha önce de belirtildiği gibi, düşük motor takati ile birlikte daha yüksek uçuş yolu, toplum açısından gürültü etkisini önemli ölçüde azaltmaktadır (Şekil: 1.1).



Şekil 1.1: Geleneksel ve sürekli alçalma yaklaşması (EUROCONTROL, 2008, s. 8).

Uçuş yolu çeşitlemeleri hem konvansiyonel/standart varış ve yaklaşma operasyonlarında hem de gürültü azaltma yaklaşma prosedürlerinde mevcuttur. Konvansiyonel yaklaşımlarda, hava trafik kontrol birimleri sıklıkla uçaklara son yaklaşma hattına gelene kadar trafiklerin arasındaki ayrımı korumak için uçaklara vektör vermektedir. Ancak sürekli alçalma yaklaşımlarından en üst düzeyde fayda sağlamak için, kontrolörlerin trafiklere vektör müdahalesinde bulunmamaları tercih

edilir, çünkü vektör müdahalesi genellikle motor itme kuvvetini ve uçuş yolunun uzatılmasını gerektirir. Hava trafik kontrolörleri için trafikler arasındaki ayrımı tahmin etme gereksinimi sürekli alçalma yaklaşımları için önemlidir ve kontrolörlerin kabiliyetleri trafikler arasındaki mesafeyi ayarlama olanağını kısıtlamaktadır. Bu durum sürekli alçalma yaklaşma prosedürleri için havalimanı kapasitesi üzerinde olumsuz etki yapmaktadır (Ren. L, 2007, s. 25).

Sürekli alçalma yaklaşma/varış prosedürlerinin faydaları ve bunların uygulanmasına ilişkin zorluklar ciddi bir ikilem oluşturmaktadır. Uçağın uçuş rotası varyasyonlarındaki belirsizliklerin ve ardışık uçaklar arasındaki etkileşimin anlaşılması, ikilemi gidermek açısından önemlidir. Bu değişiklikleri tahmin etmenin ve hafifletmenin zorluklarını gidermek için yöntemler geliştirilmelidir, böylece bu prosedürleri uygulayan hava araçları arasındaki ayrımların mevcut ve gelecekteki hava trafik kontrol birimleri tarafından verimli bir şekilde yönetilebilmesi sağlanmalıdır. Ancak o zaman, sürekli alçalma yaklaşma ve varış prosedürleri topluluklara ve operatörlere fayda sağlamak ve trafik artışındaki kısıtlamayı kolaylaştırmak için yaygın bir şekilde uygulanabilir (Ren. L, 2007, s. 26).

Uçuş rotalarının çeşitliliklerini azaltma sorunu ilk olarak, sürekli alçalma yaklaşmasının en uygun tasarım parametrelerini belirlemek için bir metodoloji, ikinci olarak, tutarlı hız profilleri için yeni bir pilot eğitimi sistemi geliştirerek ele alınmıştır. Uçak hareketi belirsizliklerinin uçak yolu üzerindeki etkilerini hafifletmek için üç derecelik yaklaşma kullanılmıştır. Piste doğru üç derecelik yaklaşmanın başlamasından sonra belirli bir süre için başlangıç süratinin tutulması ve gaz kollarının motor rölanti devrine çekilerek sürekli alçalmaya müsaade edilmesi ile piste yaklaşma gerçekleştirilmiştir. NASA, hava uzay teknoloji araçları uçuş rota çeşitlemesi zorluklarının üstesinden gelmek için başka bir yol sağlamıştır. Ancak bu teknolojiler kısa vade de uçak kokpiti için mevcut değildir. Bu tezde sunulacak çalışma, önceden belirlenen sabit rotalara ya da değişkenlere göre dinamik yapıda olmasından dolayı, uçak uçuş rota çeşitliliklerini tahmin etme sorununa ve sürekli alçalma yaklaşma ve varış prosedürlerini gerçekleştiren hava araçları arasındaki ayrımların etkin bir şekilde yönetilmesi problemini de ele almaktadır (Ren.L, 2007, s. 26).

Bu çalışmaya rehberlik eden temel felsefe, yakıt tüketimi, emisyon oranları ve gürültüyü azaltmanın yanı sıra uygulanabilir bir prosedürü, sürekli alçalma yaklaşmasının faydalarının çoğundan ödün vermeksizin önemli ölçüde geliştirilebilir

hale getirmektir. Başka bir deyişle, s¼rekli alçalma yaklaşması yakıt tüketimi ve g¼r¼lt¼ azaltma yaklaşma ve varış prosed¼rleri sırasında ayırım yapılmasını önleyen araçlar ve metodolojiler geliştirmeye çalışmış, kontrol¼r m¼dahalesine gerek duyulmaksızın mutlak bir d¼zeyde makul bir g¼ven vermesi amaçlanmıştır (Ren. L, 2007, s. 27).



İKİNCİ BÖLÜM

SÜREKLİ ALÇALMA YAKLAŞMASI

2.1 Sürekli Alçalma Yaklaşması

Sürekli Alçalma Yaklaşması, hava trafik kontrol talimatları ve yayınlanan yaklaşma prosedürlerine uygun olarak, emniyetli uçuş operasyonunun izin verdiği ölçüde, irtifa uçuşlarından kaçınılan ve minimum motor takati ile optimum bir pozisyondan (mümkün ise seyir irtifasından) sürekli alçalarak havalimanına yaklaşılan bir uçuş operasyon tekniğidir (ICAO, 2010, s. 13).

Sürekli Alçalma Yaklaşması, aynı zaman da uçuş ekiplerinin, iş yükünü azaltmak, uçak operasyonlarının verimliliğini arttırmak ve uçakların çevrede bıraktığı olumsuz etkileri azaltmak için de uyguladıkları bir uçuş tekniğidir. Sürekli alçalma yaklaşması tekniğinin uygulanabilmesi için, hava sahası, aletli uçuş prosedürleri (IFR) ve hava trafik kontrol tekniklerinin de geliştirilmesi oldukça önemlidir.

Sürekli alçalma yaklaşmalarında, yerel hava sahası kısıtlamaları ve gereksinimleri dikkate alınmaktadır. Sürekli alçalma yaklaşmaları, verimliliği en üst noktaya çıkaran farklı teknikler içermektedir. Bu operasyonlar, Sürekli Alçalma Yaklaşmaları, Sürekli Alçalma Varış Usulleri, Optimize Edilmiş Alçalma Profilleri, Özel Planlanmış Havalimanına Varış Yolları, 3D/4D (X, Y, Z eksenleri ve zaman) Uçuş Yolu Varış Yönetimi, Gelişmiş Gürültü Azaltma Yaklaşmaları gibi çeşitli isimler ile tanımlanmaktadır (ICAO, 2010, s. 2).

Sürekli alçalma yaklaşmaları, hava seyrüsefer servis sağlayıcıları (hava seyrüseferi ile ilgili politika belirleyiciler ve karar alıcılar, hava sahasını dizayn edenler, uygulama prosedürlerini belirleyenler, ATC personeli), uçak operasyonları (uçak operasyonları ile ilgili politika belirleyiciler ve karar alıcılar, kıdemli pilotlar, teknik personel (FMS uzmanları dahil)), havalimanı operasyonları (operasyon ve

çevre departmanları) ve havacılık kurallarının düzenleyicileri gibi paydaşlar arasındaki iş birliğinin desteklenmesine ihtiyaç duymaktadır (ICAO, 2010, s. 2).

Hava trafik kontrol birimleri açısından sürekli alçalma yaklaşması uygulamasındaki amaç; ayrılan trafikleri engellemeden, kesintisiz sürekli alçalma gerçekleştirebilmek için hava sahası ve bütün trafiğin yönetimini etkin ve emniyetli bir biçimde gerçekleştirmektir.

Pilotlar açısından ise uçuş emniyeti ve etkinliğinden taviz vermeden uçuş operasyonunun en etkin ve verimli bir biçimde sonuçlandırılması hedeflenmektedir.

Sürekli alçalma yaklaşımları, hava trafik kontrol/pilot iletişimi, emisyon oranları, yakıt tüketimi ve gürültüyü azaltılırken, hava sahası kapasitesi, uçuş öngörülebilirliği ve uçuş emniyetini arttırmak için hava seyrüsefer sağlayıcıları ve uçak işleticileri açısından önemli bir uygulamadır. Sürekli alçalma yaklaşımlarına olanak sağlamak için yıllardır farklı rota modelleri geliştirilmiştir. Bu modellerden, belirli hava sahası ya da havalimanının kapasite gereksinimleri, çevresel etkileri ve ideal yakıt verimliliği arasındaki optimizasyondan dolayı bunlardan ancak birkaç tanesi uygulanabilmiştir.

Havacılık alanında yaşanan gelişmeler beklentiyi arttırmakta olup, uçuş emniyeti açısından en uygun havalimanı yaklaşma oranlarından taviz vermeden, sürekli alçalma yaklaşımlarının verimlilik performansı ve uygulama kolaylıkları dikkate alınarak, gelişmiş, çok yönlü metotlar ile etkin bir şekilde yakın gelecekte uygulanacaktır.

Sürekli alçalma yaklaşımları mümkün olduğunca gereksiz flap/slat, sürat freni, motor itme gücünü ve iniş takımlarının erken açılmasını önleyerek enerji, hız ve emniyet kısıtlamaları dahilinde optimize edilebilir. Bu nedenle, hava aracı enerjisi ve hız yönetimi, başarılı sürekli alçalma yaklaşımlarında kritik bir faktördür.

Sürekli alçalma yaklaşımları, son yaklaşma noktalarından (FAF/FAP) önce düşük geri sürüklenme (temiz) konfigürasyonunda, minimum motor takati kullanılıp, belirlenen hava sahası içerisinde, uçağın sürekli alçalma ile yaklaşması ve hava trafik kontrol birimi tarafından belirli prosedürler ile planlanmış olan hava sahasında kolaylıkla uygulanabilir. Optimum bir sürekli alçalma yaklaşması, düz uçuş segmentleri ve hava trafik kontrol/pilot iletişimini azaltan bir alçalış profilini kullanmak üzere seyir irtifası alçalış noktasından (TOD) başlamalıdır. Sürekli alçalma yaklaşımları, aynı zaman da hava trafik kontrol birimi ve pilotların iş yükünü, uçuş

paterninin öngörülebilirliğini ve uçuş stabilitesini arttırmaktadır (EUROCONTROL, 2008, s. 7).

Prosedürlerin standart hale getirilmesi, ihtiyaçların planlanması ve kesin bir hareket tarzının belirlenmesi uçuş emniyeti açısından son derece önemlidir. Prosedürleri dizayn edenler için, sürekli alçalma yaklaşımlarından beklentiyi, uçakların kabiliyet ve limitlerini, aynı zaman da kullanılacak rotaların, hava sahasının ve uçuşun karakteristiklerinden anlaması son derece önemlidir. Çevresel kuruluşlar ve havalimanı operatörleri için, önerilen sürekli alçalma yaklaşması ile ilgili hava sahasının limitleri, uçak performansı, çevreye olan faydalarının ve kapsamının anlaşılması da önemlidir. İklim değişiklikleri, çevre ile ilgili gelişen hassasiyet ve yüksek yakıt maliyetleri göz önünde bulundurulduğunda, sürekli alçalma yaklaşmasına olanak tanıyan iş birliği, konu ile ilgili bütün paydaşlar için operasyonel bir zorunluluk haline gelmektedir (ICAO, 2010, s. 3).

Uçağın kontrolü ve emniyetli uçuş operasyonu gerçekleştirilmesinin üzerinde bir durum söz konusu olmayıp, emniyet kavramının uçuşun bütün safhalarında sürdürülebilirliği en önemli husustur. Uygulanan uçuş operasyonlarında ya da sürekli alçalma yaklaşma prosedürlerinde belirtilen, bölgesel kısıtlamalar ve bütün tavsiye edilen hususlar emniyetin gereklilikleri olarak görülmeli ve asla taviz verilmemelidir (ICAO, 2010, s. 4).

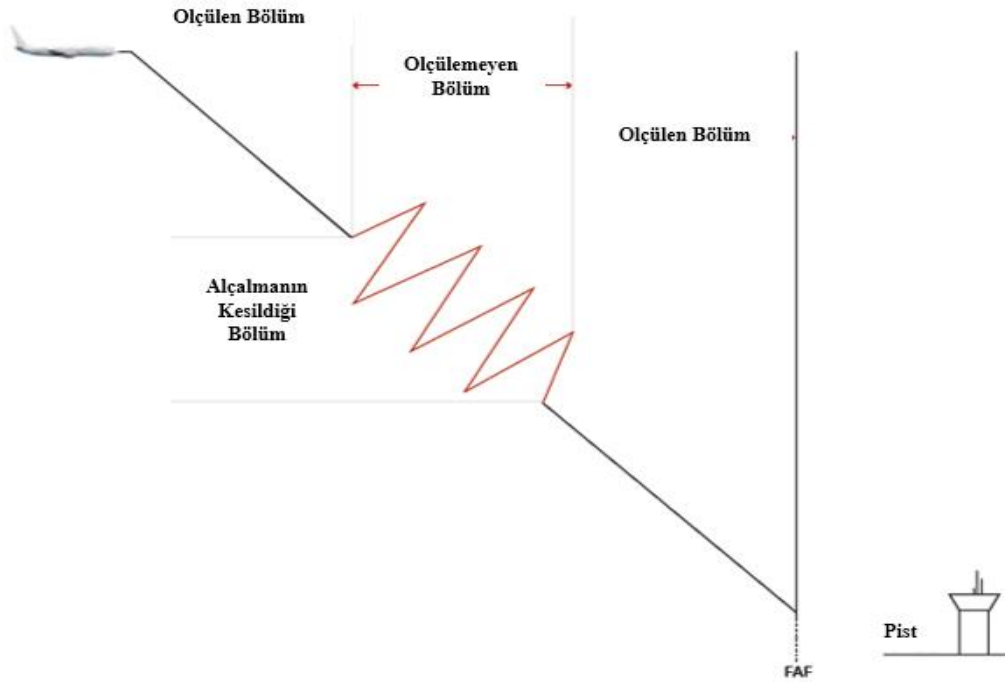
2.1.1 Sürekli Alçalma Yaklaşması Uygulama Kolaylıkları

Sürekli alçalma yaklaşma konseptinin oluşturulmasında yerel koşullara bağlı olarak, uygulamanın kolaylaştırılması aşağıdakilerden herhangi birini ihtiva edebilir:

- 1) Basit Sürekli Alçalma Yaklaşması: Vektör esnasında, hava trafik kontrol tarafından gidilecek mesafe (DTG) bilgisinin sağlanması ile gerçekleştirilebilir.
- 2) STAR Rotaları (P-RNAV, PBN, Birleştirme noktası, Geçiş irtifası vs. içeren) dikey profiller ile tasarlanabilir.
- 3) Bunların bir kombinasyonu olarak, düşük trafik yoğunluğunda kullanılan STAR ve yoğun trafiğin olduğu dönemlerde radar vektör müdahalesi gerektiğinde ATC tarafından verilen tahmini gidilecek mesafe bilgisidir (EUROCONTROL, 2011, s. 3).

Sürekli alçalma yaklaşma profillerinde, ideal alçalmanın TOD noktasından başladığı ve pist başında bittiği kabul edilmektedir, ancak uygulamada, hava sahasının sıkışıklığı ve operasyonel sınırlamalardan dolayı şartlar buna müsaade etmemektedir. Bu nedenle, basit ve etkili bir yerel sürekli alçalma yaklaşması tekniği aşağıda belirtilen uygulama ilkelerine dayanmaktadır.

- 1) Sürekli alçalma yaklaşmaları, TOD noktasından başlayan irtifa kısıtlamaları ve hava sahası sınırı içinde, bir bekleme paterni / belirli bir noktaya kadardır.
- 2) Sürekli alçalma yaklaşmaları, TOD noktasından ölçülebilir sınırlara kadar uçulabilir.
 - a) Sınırlama bilinen bir durum olup, sürekli alçalma yaklaşması ile ilişkili değildir. Sürekli alçalma yaklaşmalarının parçası olan bu durum opsiyonel bir ölçüm parametresidir.
 - b) Sınırlamalardan sonra sürekli alçalma yaklaşmaları kısıtlamanın alt noktasından itibaren uygulanır ve tekrar ölçülür (Şekil 2.1) (EUROCONTROL, 2011, s. 4).



Şekil 2.1: Limitli alçalma veya kesintiye uğramış sürekli alçalma yaklaşma profilleri (EUROCONTROL, 2011, s. 4).

- 3) Prensip olarak sürekli alçalma yaklaşması, nerede ve ne zaman mümkün olursa, herhangi bir irtifadan uygulanabilir, ancak TOD noktasından başlayan en uygun alçalma profili amaçlanmalıdır.
- 4) Geleceğin hava trafik yönetimi araçları ve prosedürleri sürekli alçalma yaklaşmasının kolaylaştırılmasını daha da geliştirecektir (EUROCONTROL, 2011, s. 4).

Başarılı sürekli alçalma yaklaşımları için en önemli gerekliliklerden biri pilot için öngörü ve tahmin edilebilirliktir. Hava sahası tasarımının esnekliği son derece önemli olup, yayınlanan uygulanabilir sürekli alçalma yaklaşımlarının kolaylaştırılması (R-NAV, P-RNAV STAR, PBN, Birleştirme noktası sistemi, Geçiş irtifası, vektör vs.) sağlanmalıdır. Sürekli alçalma yaklaşma rota profilleri tüm uçak tipleri ve uçuş koşulları için uygulanabilir olmalıdır. Sürekli alçalma yaklaşması irtifa kısıtlamaları, hız kısıtlamaları ile uyumlu ve sabit irtifadan ziyade irtifanın altı ya da üstü ile tanımlanmalı ve ifade edilmelidir (EUROCONTROL, 2011, s. 5).

Hava trafik operatörleri, yaklaşan trafiklerin emniyetli ve verimli bir şekilde yönetimini sağlamaktadırlar. Ancak, verimlilik oranı, meteorolojik şartlar, değişik uçak tipleri ve trafik yoğunluk seviyelerine bağlı olarak değişebilmektedir. Yaklaşan ve ayrılan trafiklerin verimliliğini arttırmak için, trafik hızı, havalimanı kapasitesi, uçuş süreleri, uçuş mesafeleri, yakıt tüketimi, emisyon oranları, gürültünün azaltılması ve emniyetli uçuş operasyonları için bütün gereksinimler arasındaki uyum sağlanmalıdır. Hava sahasının düzenlenmesi, aletli uçuş prosedürleri ve uçak operasyonlarının yönetilmesi esnasında havacılık için önemli olan çevresel etki göz önünde bulundurulmalıdır. Özellikle, yakıt tüketimindeki verimlilik açısından en uygun alçalma ve yaklaşma teknikleri mümkün olan her yerde ve her zaman kullanılmalıdır. Yüksek irtifadaki uçakların toplam enerjisi, minimum geri sürüklenme ve motor itme gücü ile alçalış esnasında en verimli şekilde kullanılabilir. Pilot, uçağın alçalma oranı ve hızını yönetebilmek için maksimum esnekliğe sahip olmalıdır.

Trafiklerin sıralanması, alçalış safhasından önce ya da düz uçuş esnasında uçak süratlerine küçük müdahaleler yapılarak başarılı bir şekilde gerçekleştirilebilir. Sürekli alçalma yaklaşımlarının gürültü ve yakıt tüketimine olan faydasının azaltılmaması amacı ile daha düşük irtifalarda sıralama için yapılacak manevralar en aza indirgenmelidir. Sürekli alçalma yaklaşımları, standart terminal varış rotaları (STAR) dokümanlarında belirtilen irtifa, sürat ve yaklaşma prosedürleri dikkate alınarak

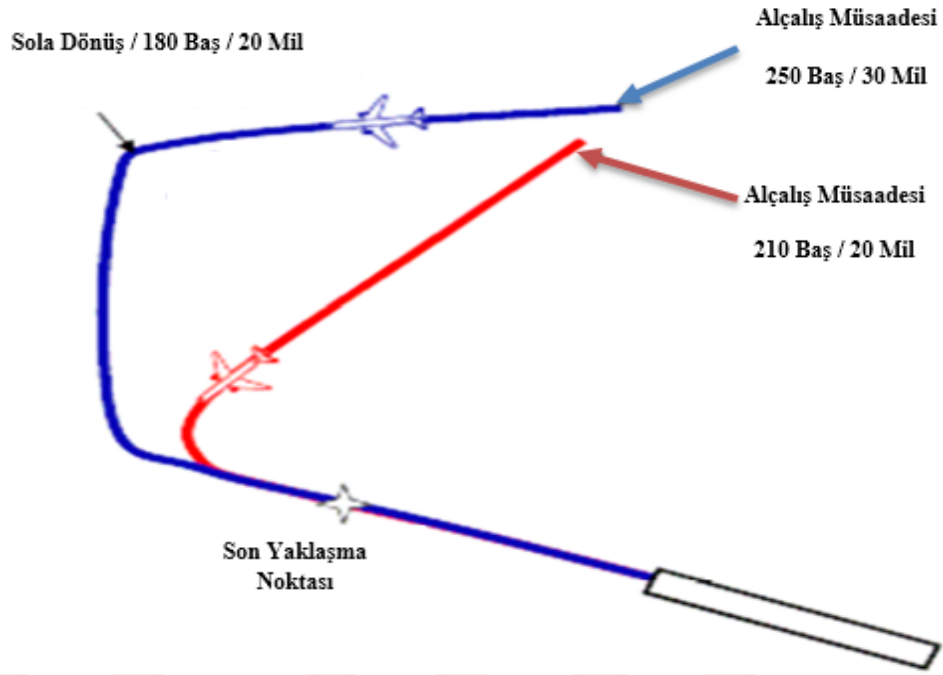
RNAV/CDA (2D/RNAV, yalnızca yatay seyrüsefere rehberlik ederken, 3D (üç boyutlu) RNAV, hem yatay hem de dikey seyrüsefere rehberlik yapabilmektedir, 4D RNAV, yatay ve dikey seyrüsefer olanağına ilave olarak zaman fonksiyonunu da sağlamaktadır) olarak otomatik tasarlanabileceği gibi uçuş yolu değişkenleri, veri bağlantı sistemleri ya da pilot tarafından uçak sistemlerinden alınarak girilen rüzgâr bilgisi ile uçakların performans limitleri dikkate alınarak dinamik olarak ta dizayn edilebilir.

Sürekli alçalma yaklaşımları 3D ve 4D kapsamında en uygun sürekli alçalma yaklaşma profili amaçlanmaktadır. Ancak sürekli alçalma yaklaşımlarından yeterli faydanın sağlanabilmesi, alçalmanın daha kısa sürede sonlanması, yaklaşma prosedürlerinin ya da mevcut STAR limitleri içerisinde uygun hava trafik kontrol talimatları doğrultusunda gerçekleştirilir. Uçuş rotası uzatılarak trafikler sıralandığında, uçuş yönetim sistemi tarafından radar vektörü uygulayan pilotlara gidilecek noktaya ve piste olan mesafe bilgisi sağlanmalıdır. Mevcut olan bu bilgi sayesinde alçalma oranı daha verimli şekilde ayarlanabilir (ICAO, 2010, s. 13-14).

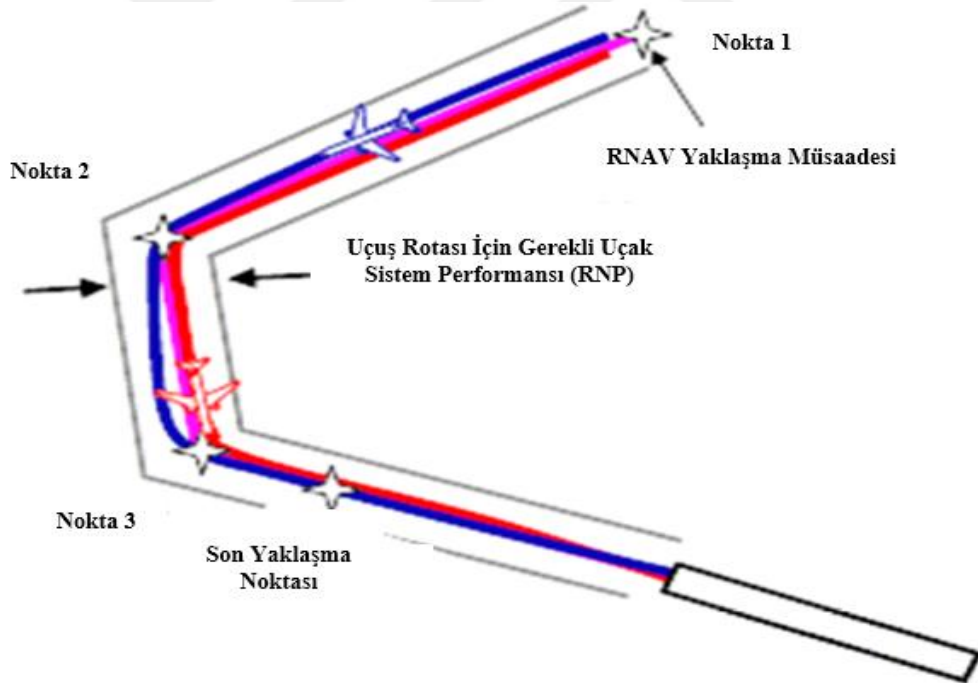
2.1.2 Sürekli Alçalma Yaklaşması Teknikleri

Sürekli alçalma yaklaşma teknikleri arasındaki başlıca fark, yatay yaklaşma paternlerinin farklı havalimanlarındaki kullanımınıdır.

Hava trafik kontrol birimi tarafından vektör kullanılarak taktik sürekli alçalma yaklaşımlarında yatay patern, uçuş ekibine verilen talimatlarla belirlenir (Şekil 2.2). Gelişmiş bir sürekli alçalma yaklaşmasında ise yatay patern, önceden tanımlanmış standart bir geliş rotasıdır (Şekil 2.3) (Fairbanks, M., Ham, F.C., Choroba, P. 2008, s. 20-21).



Şekil 2.2: Vektör kullanarak taktik sürekli alçalma yaklaşması (Fairbanks, M. Ham, F.C., Choroba, P. 2008, s. 20).



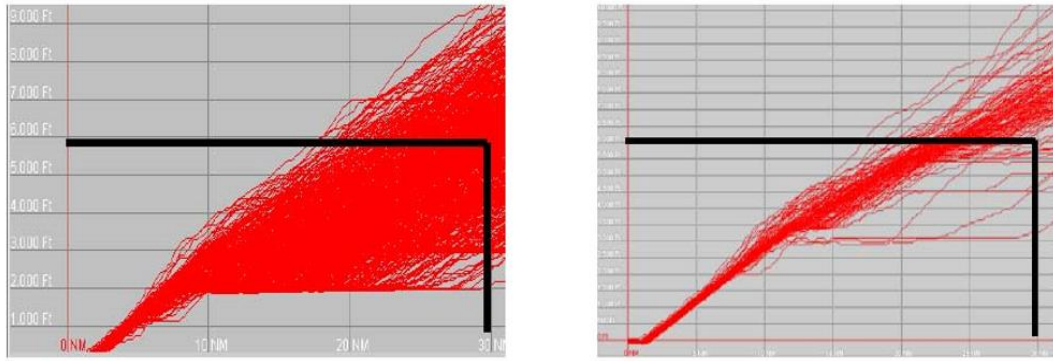
Şekil 2.3: Standart rota ile uygulanan gelişmiş sürekli alçalma yaklaşması (Fairbanks, M. Ham, F.C., Choroba, P. 2008, s. 20).

Şekil 2.2/2.3'te verilen farklı yaklaşma tekniklerinin temel ilkeleri gösterilmekte olup her iki tekniğin de avantaj ve dezavantajları vardır. Veriler açısından bakıldığında, standart rota kullanımının olumsuz bir etkisi vardır. İniş yapılan pist

üzerinde gerekli ayrımın sağlanması için, aynı standart rotada uçan farklı performansa sahip uçaklar arasında belirli bir mesafenin emniyet açısından oluşturulması gerekir. Ancak farklı uçaklar uzun bir süre farklı paternler üzerinde tutulduğunda, trafikler arasında emniyet mesafesine gerek olmadığından standart bir sürekli alçalma yaklaşmasında bu dezavantaj ortadan kalkmaktadır.

Aynı zamanda, taktik sürekli alçalma yaklaşmasında, yaklaşmanın çeşitli aşamalarında pilot (talimatları uygulama zorunluluğu, kalan uçuş mesafesine bağlı olarak alçalma oranı/hız ayarlamaları vs.) ve kontrolör (uçuş ile ilgili tüm talimatlar ve yatay ve dikey ayrımı koordine etmek) üzerinde iş yükü açısından olumsuz bir etkisi vardır.

Avantaj ya da dezavantaj üzerindeki diğer farklılık ise, Şekil 2.4'te gösterilen sürekli alçalma yaklaşımları sırasında uçak gürültüsünden etkilenen bölgelerdir. Taktik sürekli alçalma yaklaşma uçuşlarındaki uçak izleri fazla değişkenlik göstermekte ve ilgili gürültü geniş bir alana yayılmaktadır. Standart bir rota kullanıldığında uçuş izleri fazla değişkenlik göstermemekte ve gürültü sınırlı bir alanda yoğunlaşmaktadır.



Şekil 2.4: Geleneksel ve sürekli alçalma yaklaşma operasyonları uçak profillerinin karşılaştırılması (ICAO, 2010, s. 44).

RNAV ve taktik sürekli alçalma yaklaşma kullanımının kombinasyonu (RNAV/CDA düşük trafik yoğunluğunda, taktik CDA ise trafik seviyelerinin arttığı dönemlerde kullanımı) mümkündür (Fairbanks, M., Ham, F.C., Choroba, P. 2008, s. 21-22).

Trafik yoğunluğunun seviyesine göre, yaklaşma yönetimi ve gelişmiş sürekli alçalma yaklaşma tasarımları, hava trafik kontrol birimlerinin operasyonel kabiliyetini arttırabilir. Yüksek kapasiteli havalimanlarında trafiğin yoğun olduğu dönemlerde

uygun trafik yönetimi için, hava trafik kontrolörleri uçak ayrımı ve trafiklerin sıralanmasında, radar vektör ve/veya hız kontrolü gibi uçaklara taktik müdahaleler gerçekleştirebilirler. Bu taktik müdahale ihtiyaçları trafik yoğunluğunun sürekli iyileştirilmesi için yapılmalı ve bu müdahaleler trafiklerin sürekli alçalma yaklaşması uygulamasını engellememelidir. Paydaşlar tarafından sürekli alçalma yaklaşma modelinin her koşulda kolay uygulanabilir yöntemleri seçilmeli ve hava sahası, hava trafik operasyonlarının en yoğun olduğu dönemlerde bile sürekli alçalma yaklaşması kullanımına maksimum oranda müsaade edecek şekilde tasarlanmalıdır (ICAO, 2010, s. 14).

2.1.3 Sürekli Alçalma Yaklaşması Operasyonel Kavramlar

Hava sahası kavramı, belirli bir hava sahası için bir master plan olarak görülebilir. Hava sahası ile ilgili değişiklik yapılması ve değişikliğin hava sahasında hayata geçirilmesi durumunda, bu gelişmelerin hava sahası kavramlarına ayrıntılı şekilde eklenmesi gerekmektedir. Detayların, çeşitli paydaşlar ve hava sahası kullanıcılarının oynadıkları rolleri, hava sahası organizasyonu ve yönetimini etkileyebileceği düşünülmelidir. Hava sahası kavramları, farklı rolleri ve sorumlulukları, kullanılan mekanizmaları, insanlar ve makineler arasındaki ilişkileri tanımlamak için de kullanılabilir (ICAO, 2008, s. 39).

Sürekli alçalma yaklaşmasının yerine getirilmesi için belirli stratejik hedefler belirlenebilir ve herhangi bir hava sahası konseptinin içerisine entegre edilmesi ya da yeniden tasarlanması düşünülebilir. Hedefler, genellikle hava sahası kullanıcıları, ANSP, havalimanı işletmecileri ve hükümet politikaları tarafından tanımlanmaktadır. Yapılan bir değişiklik, çevre üzerinde, hava sahası kavramının gelişiminde rol oynayan, yerel toplulukları, planlama yetkililerini ve yerel yönetimleri kapsayan bir etkiye sahip olabilir. Bu kapsam da, bir hava sahası için stratejik hedeflerin düzenlenmesi dahi söz konusu olabilir. Bir uyum içerisinde de yalnızca çevre paydaşlarının değil, bütün paydaşların ihtiyacı olan açıklamayı yapan, ileriye dönük bir davranış tarzı ortaya koyan tüm bu gerekliliklere cevap vermek hava sahası ve operasyon kavramının bir fonksiyonudur.

En yaygın hava sahası kullanıcı kavramları ve stratejik hedefleri aşağıdaki gibidir:

- a) Emniyet,
- b) Kapasite,
- c) Verimlilik,
- d) Erişim,
- e) Çevre.

Çevre politikası için, uygulanabilir düşünceler göz ardı edilmemelidir. Çevresel amaç gürültünün azaltılması, yakıt verimliliğinin artırılması, düşük emisyon oranları ya da bunların bazı kombinasyonları olabilir. Bu amaç, yalnızca gelen trafikler için değil, aynı zamanda giden uçak trafikleri için de geçerlidir. Sürekli alçalma yaklaşımlarının tasarımında, gürültüyü azaltan rotalar, nüfusun kalabalık olduğu bölgelerden uzaklaşma ve yakıt verimliliği açısından kalkıştan itibaren kesintisiz tırmanış gerçekleştiren trafiklerin uçuş rotaları gibi önemli konular dikkate alınmalıdır. Çevresel hedefleri gerçekleştirmek için, sürekli alçalma yaklaşımlarının tasarımında bu hususlardan biri ya da kombinasyonu kullanılabilir.

Bölgesel sürekli alçalma yaklaşma uygulaması için bir hava sahası konsepti geliştirilirken, başlangıçta uygulanmakta olan sürekli alçalma yaklaşmasının uçuş safhasını ve uygulama süresini azaltan, önemli kısıtlamaları kaldıran yapıda olmasına özen gösterilmelidir. Ayrıca navigasyon gereksinimleri sınırlanarak uygulama zaman dilimi azaltılabilir.

Sürekli alçalma yaklaşmasını emniyet ve kapasiteden ödün vermeden, her zaman tam optimize şekilde uçmak mümkün olmayabilir. Bunun yanı sıra, hava trafik kontrol birimleri tarafından havadaki trafikleri sıralama ya da ayırma amacı ile uçakların irtifa uçuşunu devam ettirmek için ilgili trafiklerin alçalmasını durdurmak dahi gerekli olabilir. Amaç, emniyeti ve/veya kapasiteyi olumsuz etkilemek değil, mümkün olduğu ölçüde sürekli alçalma yaklaşmasını maksimize etmek olmalıdır. Hava sahası planlamaları geliştikçe, sürekli alçalma yaklaşmasında yatay ve/veya dikey rotaları kullanarak yoğun trafik senaryolarının üstesinden gelmek mümkün hale gelmektedir. Trafiklerin ayrılması, sıralanması ve ölçümü için gelişmiş hava trafik yönetimi (ATM) kullanılarak, sürekli alçalma yaklaşımlarının uygulanabilirliği daha fazla geliştirilmelidir.

Düşük irtifalar için yalnız vektör mümkün olduğunda ve gelişmiş performanslı yaklaşma önerilmediğinde, hava trafik kontrol birimleri tarafından pilota gidilecek mesafenin tahmini zaman bilgisi sağlanarak sürekli alçalma yaklaşımları

kolaylaştırılır. Sürekli alçalma yaklaşımlarının vektör tabanlı kolaylaştırılması bile uğraşmaya değer verimlilik ve iyileştirmeler sunmaktadır.

Gelen ve giden trafikler, aynı hava sahasını kullandıkları için bir biri ile bağlantılıdır, hava sahası tasarımları ve verimliliğini destekleyen sürekli alçalma yaklaşma tasarımları sayesinde gelen ve giden trafikler düzenlenerek yakıt tasarrufu sağlayan uçuş profilleri elde edilebilir. Bir hava sahası tasarımı geliştirirken kapasite, verimlilik, erişim ve çevre taleplerini dengelemek en zorlu görevlerdendir. Dengeli ve tutarlı bir şekilde ele alınması gereken farklı stratejik hedefler şu şekildedir;

a) Emniyet, RNP aletli yaklaşma prosedürleri dizaynı emniyeti arttırmanın bir yolu olabilir (Arazi içinde kontrollü uçuş (CFIT) azaltılarak).

b) Kapasite, hava sahasının tasarımında değişimi tetikleyecek kapasite artırımı için, havalimanına ekstra bir pist eklenmesi planlanabilir (SID ve STAR için yeni yaklaşımlar gereklidir).

c) Verimlilik, bir kullanıcı gereksinimi olarak geliş ve gidiş uçuş profillerinin optimize edilerek, uçuşlar, yakıt tüketimi açısından daha verimli hale getirilebilir.

d) Erişim, kötü hava şartlarında havalimanına sürekli erişim sağlamak için, geleneksel prosedürlerle desteklenen minimumlardan daha düşük bir yaklaşma olanağı sağlanması gereksinimi, pist' e bir RNP/PBN yaklaşması tasarlanarak çözülebilir.

e) Çevre açısından, düşük yakıt tüketimi ve emisyon oranları için gereksinimler, gürültüyü azaltan tercihli yollar, özel kalkış teknikleri, ya da sürekli alçalma yaklaşımları çevresel motive edici unsurlar olarak ele alınmalıdır (ICAO, 2010, s. 15-16).

2.1.4 Sürekli Alçalma Yaklaşımlarının Faydaları

Sürekli alçalma yaklaşmasının faydaları, hava sahası ve seçilen yöntemle göre trafiklerin sıralanması, ayrımı ve sürekli alçalma yaklaşmasının usullerine uygun şekilde hava sahası yapılandırılarak maksimum noktaya çıkarılabilir. Sürekli alçalma yaklaşmasının daha yaygın kullanımı için, hem stratejik hem de taktik planlama yapılmalı, çarpışmaya mani tedbirler, uygun prosedürler ve uçakların izlemesi gereken uçuş profilleri belirlenmelidir.

Hava trafik kontrol birimleri, yaklaşan trafiklerin yönetimini ve sıralamasını optimize etme esnekliğini kaybederse, düşük kapasite ve verimlilik riski söz konusu olabilir. Bu durumda sürekli alçalma yaklaşmasının gerçekleştirilmesinde, maliyetler

ve olası sonuçlar dikkate alınmalıdır. Özellikle trafik yoğunluğunun olduğu dönemlerde, uçakların erken sıralanması, sürekli alçalma yaklaşması uygulama süreci ve sıklığına yardımcı olabilir.

Sürekli alçalma yaklaşması uygulandığında; hava sahası ve yaklaşma rotalarının daha verimli kullanılması, daha istikrarlı uçuş ve stabil yaklaşma rotası, telsiz/radyo yayınlarının sayısında azalma, maliyet ve yakıt tasarrufu yoluyla çevresel faydalar, düşük motor takati kullanıldığından dolayı motor ömrünü arttırma, hassas yaklaşımlar ve esnek hava sahasını kullanabilmek için gerekli avionik donanımına yapılan yatırımın kazanca dönüşmesi ile avionik sistem getirisi sağlama, zorlu arazi koşullarında kontrollü uçuş sağlanarak kaza oranının azaltılması (CFIT), hava trafik kontrol birimleri ve pilot iş yükünü azaltma, geliştirilmiş mutlak yaklaşma hattı ve durumsal farkındalık, yeni nesil hava trafik kontrol kavramı (CNS/ATM) ve sistemlerine yardımcı olan, gürültüyü azalttığından dolayı gürültü sınırlamalarının olduğu yerlerde uçuş operasyonları gerçekleştirebilmenin yanı sıra sürekli alçalma yaklaşmasının ön plana çıkan aşağıdaki faydaları detaylı bir şekilde açıklanacaktır (ICAO, 2010, s. 14);

- a) Yakıt Tüketimini Azaltma,
- b) Gürültüyü Azaltma,
- c) Emisyon Oranını Azaltma,
- d) Hava Sahası ve yaklaşma Rotalarının Etkin Kullanımı,
- e) Zaman Tasarrufu.

2.1.4.1 Yakıt tüketimini azaltma

Uçakların alçalış aşamasında en ekonomik yakıt tüketimi için, uçak motorları rölanti veya rölanti devrine yakın bir değerde çalışmalı ve irtifa uçuşu olmayan alçalma profili ile gerçekleştirilmelidir. Yoğunluğu az ve soğuk hava yakıt verimliliğini arttırdığından dolayı ideal alçalma mümkün olan en yüksek irtifadan (TOD) başlamalıdır (Cao. Y, Jin. L, Nguyen V. P, Landry. S, Sun. D, Post. J, 2013, s. 2).

Sürekli alçalma yaklaşması ile motor takati ve sürüklenme oranı azaltıldığı gibi geleneksel bir yaklaşıma oranla alçalma uçuş rotasının her bölgesinde yakıt tüketimi, ve emisyon oranları da önemli ölçüde (%10-20) azalmaktadır (Reynolds. T.G, Ren. L, Clarke. J.P.B, 2007, s. 1).

Günümüz yaklaşma prosedürlerinde, hava trafik kontrol birimleri tarafından alçalmanın her hangi bir bölümünde 4-10 arasında düz uçuş irtifa talimatı pilotlar için alışılmış bir durumdur. Yoğun hava sahalarında düz uçuş irtifa talimatları, nispeten daha düşük irtifalarda ve düşük hızlardaki trafikler arasındaki mesafe ve sıralamanın kontrolörler tarafından manuel yapılmasına müsaade etmektedir. Uçaklar için verilen düz uçuş irtifa talimatları her zaman, ilave yakıt sarfiyatı ile sonuçlanmaktadır. (Cao.Y, Jin. L, Nguyen V. P, Landry. S, Sun. D, Post. J, 2013, s. 9-11).

Emniyet gerekçesiyle, Ulusal Taşımacılık Emniyet Kurulu (National Transport Safety Board, NTSB), tüm havayollarına hassas olmayan yaklaşımlar uçulduğunda sabit oranlı alçalma tekniğini önermektedir. Örnek olarak; havalimanına yaklaşan uçaklarda uçuş operasyonları kalite güvence veri analizi(Flight Operations Quality Assurance, FOQA) kullanılarak Chicago O'Hare Uluslararası Havalimanında (ORD) IATA tarafından yapılan bir çalışmada aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

Analizler de alçalıştaki irtifa uçuşları 1 dakika azaltıldığında önemli tasarruflar elde edilmektedir. Trafikler alçalışta gerçekleştirilen irtifa uçuşları nedeniyle Chicago O'Hare Uluslararası Havalimanına ortalama 9.7 dakika gecikme ile gelmektedir, her bir dakika için/uçak tiplerine göre yakıt tasarrufu libre olarak aşağıdaki gibidir;

- 1) A320 - 31 lbs
- 2) B747 - 112 lbs
- 3) B767 - 55 lbs
- 4) B777 - 82 lbs

Yıllık tasarruf miktarları CO₂, 53 milyon lbs/yakıt, 17 milyon lbs'dir.

Avrupa havalimanlarında yapılan incelemelerde, gürültü ve yakıt tüketiminde önemli tasarruflar elde edildiği tespit edilmiştir. En yoğun kullanılan 20 havalimanındaki geliş trafiklerinin %50'si sürekli alçalma yaklaşması uyguladığı takdirde, bu durum yıllık yaklaşık 50-100 milyon avro tasarruf anlamına gelmektedir (Haziran 2007 yakıt fiyatları baz alınmıştır) (EUROCONTROL, 2008, s. 8).

Sürekli alçalma yaklaşması, ATC tarafından pilot takdirine bağlı olarak alçalışa başlatılmalı ve uçağı irtifa uçuşu yapmaya zorlamayacak şekilde gerçekleştirilmelidir. Bu uygulama yöntemi, yakıt tasarrufu için pilot' un en uygun alçalma profilini uygulamasına da müsaade etmektedir.

Sürekli alçalma yaklaşmasına bağlı yakıt tasarrufu ile ilgili yapılan farklı çalışmalarda B737 için uçuş başına ortalama brüt yakıt tasarrufu 147 kg'dır. Ortalama

net yakıt tasarrufu sırasıyla bekleme, patern uzatma ve hız değişimi için 110 kg/uçuş, 115 kg/uçuş ve 123 kg/uçuştur. Ortalama gecikme, standart sapma 0.4 dakika / uçuş ile 1.2 dakika/uçuştur. Gecikmelerin değişimi, değişen trafik taleplerinden kaynaklanmaktadır. Gelen uçaklar ortalama 1.4 dakika geciktiğinde, brüt yakıt tasarruflarının %28-%42'si kaybolmaktadır. Gelen uçakların ortalama 0,8 dakika gecikmesi durumunda ise brüt yakıt tasarruflarının %9-%16'sı kaybolmaktadır (Cao. Y, Jin. L, Nguyen V. P, Landry. S, Sun. D, Post. J, 2013, s. 14).

Havayollarının yakıt verilerinin açık olmaması, tahmin hassasiyetini azaltmaktadır. Simülasyona dayalı değerlendirmenin güvenilirliğini doğrulamak için önceki çalışmalarla tutarlı olmasını amaçlayan çapraz çalışma karşılaştırması yapılmaktadır. Uluslararası Hava Taşımacılığı Birliği (IATA), uçuş başına 50 ila 200 kg brüt yakıt tasarrufu bildirmektedir. Farklı çalışmalarda ise bu tahmin, 147 kg/uçuştur. Bir çapraz çalışma karşılaştırması Tablo 2.1'de gösterilmektedir. Seçilen tüm çalışmalar yakıt tahmini için uçak verilerine dayalı (Base of Aircraft Data) BADA modelini kullanmaktadır, bu model ölçme/değerlendirmelerde karşılaştırmalı bir programdır. İstatistiki bilgiler, farklı çalışmalardaki trafik senaryoları ve metodolojinin değişkenliğini hesaba katmak için rakamsal aralıklar olarak verilmektedir (Cao.Y, Jin.L, Nguyen V. P, Landry. S, Sun.D, Post.J, 2013, s. 17).

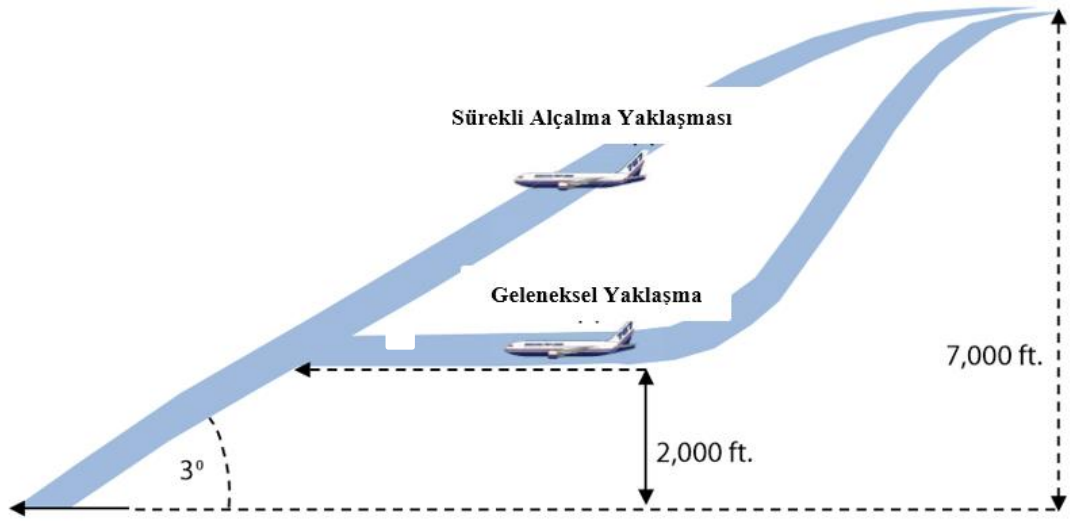
Tablo 2.1: Ortalama yakıt tasarrufunun karşılaştırılması (Cao. Y, Jin. L, Nguyen V. P, Landry.S, Sun. D, Post. J, 2013, s. 17).

| Yayılanan Çalışmalar | Havalimanı | Yakıt tasarrufu (kg/uçuş) |
|----------------------|---|------------------------------|
| Robinson, 2010 | ATL (Atlanta Hartsfield–Jackson Uluslararası Havalimanı) | 25-105 |
| Coppenbarger, 2009 | SFO (San Francisco Uluslararası Havalimanı) | 110-1462 |
| Shresta, 2009 | DEN (Rotterdam The Hague Havalimanı) | 60-132 |
| Cao, 2013 | ATL (Atlanta Hartsfield–Jackson Uluslararası Havalimanı) | 110-123 |

Yapılan çalışma, hava trafik simülasyonu ve BADA yakıt modeline dayalı trafik koşullarında sürekli alçalma yaklaşımının potansiyel yakıt faydalarını ve gecikmeler ile fayda azalımı arasındaki ilişkileri yakından incelemektedir. Simülasyon sonuçları, alçalış aşamasında seviye uçuşlarının kaldırılmasının uçuş başına 147 kg yakıt tasarrufu sağladığını ortaya koyarken, ilave gecikmelerde ise uçuş başına 23 - 42 kg yakıt tasarrufunun azalmasına neden olmaktadır. Yakıt tasarrufu, trafikler arasındaki ayrıma son derece duyarlıdır. Ayrımın artması için yapılan müdahaleler yakıt tasarrufunu da doğrusal olarak azaltır. Trafiklerin ayrımı için yapılan müdahaleye oranla, gecikmeyi tolere eden manevraların tasarruf üzerinde daha küçük bir etkisi vardır. Yakıt tasarruf miktarı uçak ağırlık kategorisiyle yakından ilişkili olup, büyük veya ağır uçakların sürekli alçalma yaklaşması uygulamalarını sağlamak, daha fazla fayda sağlayacaktır (Cao.Y, Jin. L, Nguyen V. P, Landry. S, Sun. D, Post. J, 2013, s. 18).

2.1.4.2 Gürültüyü azaltma

Sürekli alçalma yaklaşması bir havalimanına belirli bir süzülüş açısı ile yavaşlatılmış motor gücü kullanarak pilot veya otopilot tarafından uçak konfigürasyonunun (flap, sürat frenleri, iniş takımları ve gaz kolları) yönetimini kapsamaktadır. Havalimanına standart 3 derecelik süzülüş açısını takip ederek ve mümkün olan en düşük motor takati kullanılarak, uçaklar, geleneksel kademeli yaklaşma ve yüksek motor değerlerine göre daha düşük seviyede gürültü üretmektedir. Şekil 2.5' te 3 derecelik sürekli ve geleneksel alçalma yaklaşımları gösterilmektedir. Sacramento Uluslararası Mather (ESA) Havalimanında yapılan çalışma geleneksel bir yaklaşmanın yanı sıra geri sürüklenme araçlarının da iyi yönetilmesinin gürültüyü ciddi miktarda azalttığını tespit etmiştir (ESA Airport, 2006, s. 2).



Şekil 2.5: 3 derecelik sürekli ve geleneksel alçalma yaklaşımları (ESA Airport, 2006, s. 4).

Havalimanlarının çoğunda, sürekli alçalma yaklaşması uygulama fırsatı, özellikle gündüz dönemlerinde havalimanının yakınlarında ve yaklaşımdaki hava trafiğinin yoğunluğundan dolayı sınırlıdır. Yoğun yaklaşma trafikleri olduğunda pilot, havalimanı çevresinde diğer uçaklarla emniyet mesafesini korumak için, gaz kolu, flap ayarları ve iniş takımlarını açma ihtiyacı duyabilir. İniş takımları ve flaplar açıldığında sürüklenme arttıracığından ve uçağın aynı hızda uçabilmesi için ilave motor takati gerektireceğinden dolayı sürekli alçalma yaklaşması kesilecektir (ESA Airport, 2006, s. 2).

Kargo uçaklarının Mather Havalimanına gece saatlerinde gelmesi, havalimanı çevresindeki trafiklerin gündüz dönemine göre daha az olması hava trafik kontrolörleri ve pilotlara sürekli alçalma yaklaşması uygulama fırsatı tanımaktadır. Mather Havalimanında UPS Boeing 757 ve ABX Air Boeing 767 uçakları ve sürekli alçalma yaklaşması uçuş kabiliyetine sahip pilotlar ile gürültü testleri gerçekleştirilmiştir (ESA Airport, 2006, s. 2).

Sürekli alçalma yaklaşması için SCAS (Sacramento County Airport System), UPS, ABX ve FAA tarafından koordineli bir çalışma gerçekleştirilerek, ABX (Airborne Express), UPS (United Parcel Service) ve FAA arasındaki koordinasyonda SCAS lider temsilci olarak görev yapmıştır. SCAS ayrıca, UPS ve ABX' in her uçuşu için Flight Data Recorder (FDR) operasyonel verilerini kullanmıştır. SCAS her uçuş sonunda gürültü ölçüm cihazlarından ve pilotlardan gerekli bilgileri doğrudan toplamaktadır.

Operasyonel veriler, SCAS hava araçları gürültü ve operasyon kontrol sisteminden (Aircraft Noise and Operations Monitoring System, ANOMS) ölçülen her bir uçak için, yaklaşma zamanı, süzülüş açısı, irtifa, konum ve uçak tipinin belirlenmesinde kullanılmıştır. Uçakların operasyon verileri ve FAA Otomatik Radar Terminal Sisteminden (ARTS) alınan pozisyon ve uçak kimlik bilgileri, FAA Hava Trafik Kontrolörleri tarafından biriktirilmektedir (ESA Airport, 2006, s. 6).

Sürekli alçalma yaklaşması sırasında UPS ve ABX tarafından, 22L pisti yaklaşması boyunca her Boeing 757 ve 767 uçaklarının konfigürasyonunu gösteren FDR verileri SCAS'a sağlanmıştır. ANOMS ve FDR verileri, sürekli alçalma yaklaşması gerçekleştiren uçakları belirlemekte ve yapılan çalışmalarda önceki uçuş verileri geleneksel yaklaşımlar olarak kabul edilmektedir. Yapılan çalışma, yeni geliştirilen ABX sürekli alçalma yaklaşma ölçümleri için ilk veri seti olarak kullanılmıştır (ESA Airport, 2006, s. 6).

Veri analizi olarak, ölçülen gürültü sonuçları zamana dayalı uçak operasyonları ile ilişkilendirilmektedir. Uçakların kendine özgü maksimum gürültü düzeyinin süresi, en yakın yaklaşma zamanının birkaç saniyesi içinde gerçekleşmiştir (ESA Airport, 2006, s. 6).

FDR verileri ve/veya pilot anketleri, uçağın sürekli alçalma yaklaşması uçuşmadığını belirlemek için kullanılmıştır. Sürekli alçalma yaklaşması kabul edilmeyen yaklaşımların tüm gürültü ölçümleri sürekli alçalma yaklaşma testlerinden önce yapılmıştır. Uçuşların resmi bir sürekli alçalma yaklaşma uçuşu olmamasına rağmen kayıt altına alınması önemlidir, çünkü sürekli alçalma yaklaşması olmayan temiz (sürat frenleri, flaplar ve iniş takımları kapalı) konfigürasyondaki bazı uçakların gürültü sonuçları sürekli alçalma yaklaşması uçan trafiklerin gürültü sonuçları ile neredeyse aynıdır (ESA Airport, 2006, s. 6).

Uçak operasyonları ile ilişkili gürültü sonuçları, ses ölçüm yerleri tarafından sürekli ve geleneksel alçalma yaklaşması sonuçları olarak gruplandırılır. Her kategorinin, yüksek, düşük ve orta değerleri tespit edilir. Veriler, ses ölçüm noktaları tarafından grafiksel olarak karşılaştırılır.

UPS Boeing 757 sürekli alçalma yaklaşması sonuçları esnasında ortalama ölçülen gürültü seviyeleri ve aralıkların aşağı yönlü kayması, gürültü ölçüm bölgelerinde tek bir gürültü sonucu düzeylerinde bir azalma ve UPS sürekli alçalma

yaklaşması kullanımı arasında direk, tutarlı ve tekrarlanabilir bir ilişki olduğunu göstermektedir.

Tablo 2.2: UPS Boeing 757 geleneksel/sürekli alçalma yaklaşması gürültü sonuçları (ESA Airport, 2006, s. 7).

| Ses Ölçüm Noktaları | Geleneksel Alçalma | Sürekli Yaklaşma Alçalması | Toplam |
|---------------------|--------------------|----------------------------|--------|
| 1 | 52 | 38 | 90 |
| 2 | 70 | 41 | 111 |
| 3 | 67 | 33 | 100 |
| 4 | 74 | 34 | 108 |

Geleneksel/Sürekli alçalma yaklaşması gürültü sonuçları karşılaştırıldığında (Tablo 2.2), Mather Havalimanına yapılan UPS Boeing 757 yaklaşımlarında sürekli alçalma yaklaşması uygulandığında gürültü seviyesinin önemli ölçüde azaldığı açıkça görülmektedir. Ses ölçüm yerlerinin her birinde ortalama gürültü hissedilir oranda düştüğünden bu durum yerdeki topluluklar için son derece önemlidir (ESA Airport, 2006, s. 7).

Tablo 2.3: ABX Boeing 767 Geleneksel/Sürekli alçalma yaklaşması gürültü sonuçları (ESA Airport, 2006, s. 16).

| Ses Ölçüm Noktaları | Geleneksel Alçalma | Sürekli Yaklaşma Alçalması | Toplam |
|---------------------|--------------------|----------------------------|--------|
| 1 | 22 | 8 | 30 |
| 2 | 30 | 7 | 37 |
| 3 | 34 | 7 | 41 |
| 4 | 40 | 7 | 47 |

ABX 767 Boeing sürekli alçalma yaklaşması için gürültü sonucu seviyelerindeki azalma (Tablo 2.3), maruz kalınan toplam gürültü düzeylerinde de azalmaya neden olacaktır (Jong, O.D., 2012, s. 11) (ESA Airport, 2006, s. 16).

Örnek alınan çalışmanın yanı sıra MIT Üniversitesi/Boeing Şirketi tarafından yapılan çalışmada sürekli alçalma yaklaşmasının Boeing 757/767 tipi uçaklarda 7.7/6.5/6 desibele kadar gürültüyü azalttığını kanıtlamıştır. Louisville Uluslararası Havalimanı için bir sürekli alçalma yaklaşmasının gürültüyü 3.9 ila 6.5 dBA azalttığı

ve yaklaşırken tüketilen yakıtı 400 ila 500 lbs azalttığı gözlemlenmiştir. Gürültünün azalmasında, 3 desibel farkın akustik enerjide %50 azalmayı temsil ettiğinden dolayı insan kulağı için son derece önemlidir. Yakıt tasarrufu da havayollarına maddi yararlar sağlarken, gaz ve partikül emisyonlarındaki azalma nedeniyle de önemlidir (Ren. L, 2007, s. 41-42) (Reynolds. T.G, Ren.L, Clarke.J.P.B, 2007, s. 1) (Clarke. J.P.B, Ho. N.T, Ren. L, 2004, s. 35).

2.1.4.3 Emisyon oranını azaltma

Havalimanları, çevrelerindeki hava kirliliğinin %10'unu üretmektedir, uçakların 3000 feet altında yaklaşma ve uzaklaşma safhalarında emisyona etkisi çok daha fazladır, Hava limanı ve çevresindeki bu bölge diğer yerleşim alanlarına göre daha fazla tehdit altındadır, 2013 sonuna kadar 100 Avrupa Havalimanında sürekli alçalma yaklaşması uygulanarak uçuş başına 50/150 kg daha az yakıt, 160/470 kg daha az emisyon, 1/5 desibel daha az gürültü hedefi yakalanmıştır, yılda yarım milyon ton daha az emisyon, 150,000 ton daha az yakıt ve 100 milyon avro tasarruf elde edilmiştir (Özdemir. İ, 2016, s.1).

Almanya dergisi "Der Spiegel"e göre, Bremen'li doktor ve epidemiyolog Eberhard Greiser, Köln/Bonn havalimanı çevresinde yaşayan bir milyondan fazla kişinin sağlık verilerini incelemiştir.

Söz konusu insanların gürültü ve kirlilikten uzak yaşayan insanlara göre çok daha büyük risk altında olduğunu ortaya koyan bu araştırmanın sonuçlarına göre, her gün en az 60 desibellik gürültüye maruz kalan 40 yaş üstü kadınların kalp rahatsızlığı geçirme riski yüzde 50, erkeklerin ise yüzde 69 oranında artmaktadır. Gürültüden kadınların göğüs ve kan kanseri olma riskinin de daha fazla olduğunu belirleyen Greiser, Berlin-Schönefeld havalimanını genişletme çalışmalarından sonra da çevredeki hastanelerin fazladan yaklaşık 5 bin kalp hastasını tedavi etmek zorunda kalacağını savunmaktadır (Özdemir. İ, 2016, s.1).

Yapılan araştırmalara göre; atmosfere salınan CO₂'nin %2'si havacılıktan kaynaklanmaktadır ve 2050 yılında bu oranın %5'i bulacağı öngörülmektedir. Uçakların karbon salınımı çok ciddi kirlilik yaratmakta, hatta uçaklar, küresel ısınmanın en büyük nedenlerinden biri olarak gösterilmektedir. AB ülkelerinde karbon salınımı, 1990 yılından bu yana %87 oranında artmıştır. Bu oranın 2020 yılına kadar iki katına çıkacağı öngörülmektedir. AB havayolu şirketlerine, uçakların karbon

salınımlarıyla ilgili kotalar belirlenmekte ve bu sınırlar içerisinde operasyon izni vermektedir. Havayolu taşımacılığı Avrupa’da toplam sera gazı salınımının % 3 ila % 8’ini oluşturmaktadır (Özdemir. İ, 2016, s.1).

1996 yılında Vancouver’da (OECD)’nin “Sürdürülebilir Ulaşım Doğru” Konferansı’nda, havacılık sektörünün sürdürülebilir bir şekilde geliştirilmesi yönelimi ile havalimanı ve uçak operasyonlarını amaçlayan uluslararası çevre programları geliştirilmeye başlanmıştır (Özdemir. İ, 2016, s.1).

Sürekli alçalma yaklaşmaları 3000 feet ve aşağısında yaklaşık olarak % 30 nitrojen oksit (NO_x) kirliliğini de azaltmaktadır. Sürekli alçalma yaklaşması uçak tiplerine göre farklılık göstermek ile birlikte uçuş başına 50-200 kg yakıt tasarrufu sağlamaktadır, örneğin; Boeing B767 için yaklaşık 165 kg yakıt tasarrufu ya da her yaklaşma için 525 kilo CO₂ düşüşü sağlamaktadır (Walton. C.J, 2005, s. 6) (Yay. O.D, Yılmaz. E, Döğeroğlu. T, Turgut. E.T, Cavcar. M, Usanmaz. Ö, Armutlu. K, 2014, s. 47).

Bir uçak motorunda 1 kilogram (kg) jet yakıtı yanması 3.15 kg karbon dioksit (CO₂) üretmektedir. Uçuş başına atmosfere bırakılan karbondioksit miktarı, uçak verimliliği ve bakımı, seyahat mesafesi, taşınan yük (yolcu/yük) ve hava koşulları gibi bir dizi faktörlere bağlı olarak değişkenlik göstermektedir (IATA, 2015, s. 7).

Motor egzoz gazı su buharı, karbon dioksit gibi zararsız maddelerin yanında, insan ve/veya çevre için tehlikeli olan karbon monoksit (CO), hidrokarbonlar (HC) ve azot oksit (NO_x) de içermektedir. Yapılan çeşitli çalışmalarda sürekli alçalma yaklaşması uygulandığında 3.000ft altında Tablo 2.4’te belirtilen emisyon oranlarındaki düşüşler elde edilmiştir.

Tablo 2.4: Emisyon oranları (Walton.C.J, 2005, s. 11).

| Emisyon | B-757 | B-767 |
|--------------------------------|-------|-------|
| CO (Karbonmonoksit) | %20.1 | %12.7 |
| HC (Hidrokarbon) | %25.1 | %11.0 |
| NO _x (Azotoksit) | %34.4 | %34.3 |

Tablo 2.5'e bakıldığında Hollanda, Groningen Eelde Havalimanında yapılan incelemelerde sürekli alçalma yaklaşmasının çevreye olan faydaları açıkça görülmektedir.

Tablo 2.5: Groningen eelde havalimanı emisyon oranları (Jong,O,D, 2012, s. 6-11).

| Uçak tipi | Gürültü | Yakıt | Emisyon (CO ₂) |
|----------------------------|---------|-----------|----------------------------|
| Boeing 737-800 (1 CDA) | 6-10 dB | 15 kg(7%) | 46 kg |
| Embraer 135/145 (1 CDA) | 5-9 dB | 2 kg(2%) | 5 kg |
| Toplam (1200 CDA/yıl) | 5-7 dB | 10 Ton | 32 Ton |

2.1.4.4 Hava sahasının etkin kullanımını sağlamak

Önceden belirlenen uçuş rotaları (RNAV, RNP, PBN) ile sürekli alçalma yaklaşması hava sahasının daha emniyetli ve etkin kullanımına yol açmaktadır.

Alan navigasyonu (RNAV) yer tabanlı navigasyon yardımcılarının kapsama alanında, uçaklarda var olan sistemlerin kapasitelerinin limitleri içinde ya da her iki kabiliyetin sınırları içinde istenen herhangi bir uçuş yolunda uçakların uçmasını sağlamaktadır. RNAV kabiliyetine sahip uçaklar noktadan noktaya operasyonlar için daha iyi erişim ve esnekliğe sahiptir. RNAV için belirlenen avionik sistem değerleri, operasyon için gerekli performans seviyesini göstermektedir (Nakamura. D, Royce. W, 2015, s. 13).

Gerekli seyrüsefer performansı (RNP), uçağın ikaz ve izleme kabiliyeti performansını içeren fonksiyonel artırılması gibi bir dizi ilaveler ile birlikte RNAV uygulamasıdır. RNP faaliyetlerinin belirleyici özelliği, uçağın ulaştığı navigasyon performansını izlemek ve bir operasyon sırasında gereksinimlerin yerine getirilmediği takdirde uçuş ekibini bilgilendirmek, geliştirilmiş performans bilgileri sağlamak için uçak navigasyon sistemlerinin kabiliyetleridir. Uçağın izleme ve uyarı yeteneği pilotun durumsal farkındalığını artırırken, hava trafik kontrolü tarafından müdahale edilmeden daha yakın rota aralığı ya da kısıtlamaları azaltılmış uçuş müsaadeleri gerçekleştirilir. Belirlenen avionik sistem değerleri, operasyon için gerekli performans seviyesini göstermektedir (Nakamura. D, Royce. W, 2015, s. 13-14).

Performans tabanlı navigasyon (PBN), bir hava trafik rotası, aletli prosedür ya da tanımlanmış hava sahasında uygulanabilir navigasyon performans gereksinimlerini tanımlayan bir çerçevedir. PBN, RNAV ve RNP tanımlamalarının her ikisini de içermektedir. PBN, otomatik uçuş yolları uygulaması ve tasarımının yanı sıra hava sahası tasarımı ve kısıtlamasız uçuş müsaadesi için bir temel oluşturmaktadır. Gerekli performans seviyesi belirlendikten sonra, uçağın kendi yeteneği ile operasyon için belirtilen nitelik ve performansı emniyetli bir şekilde başarıp/ başaramayacağı belirlenir.

PBN, Alan Seyrüseferi ve Gerekli Seyrüsefer Performans (RNP) gereklerinin uygulanmasıyla, otomatikleştirilmiş, optimize edilmiş ve çevre dostu uçuş yollarının tasarımı ve uygulanması için bir temel oluştururken, verimli hava sahası tasarımı ve zorlu arazi koşullarından korunma için bir destek sağlamaktadır.

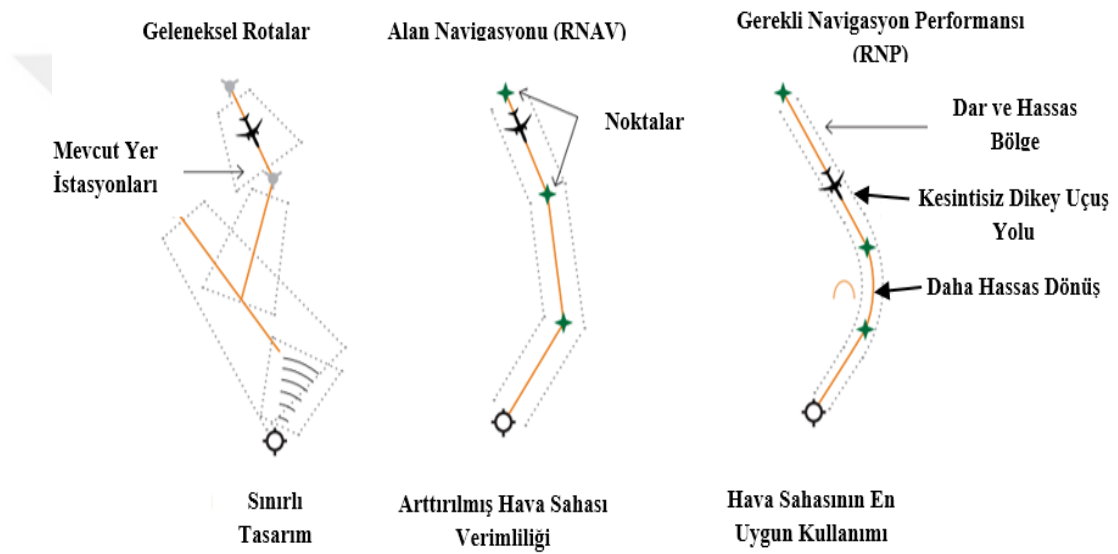
Küresel hava sahası ve havayolu operasyonları, hava sahası tasarımı, trafik akışı ve piste erişimi kolaylaştıran otomatik uçuş patern uygulamaları ve hava sahası için bir temel oluşturan performansa dayalı navigasyon kullanımına doğru eğilim göstermektedir. Bu değişiklik gelişmiş emniyet, verimlilik artışı, düşük karbon emisyonu ve düşük maliyetler de dahil olmak üzere bir dizi operasyonel faydalar sunmaktadır. Bu faydaların en üst noktaya çıkarılması için operatörlerin uçaklar ve operasyonlar üzerinde değişiklik yapmaları gerekebilir.

RNAV ve RNP, PBN'nin bir parçası olduğundan dolayı, fonksiyonellik, kabiliyet ve performans için yatay navigasyon standartları esastır. PBN çevresel etkileri en aza indirirken, operatörlere emniyet, erişim, kapasite ve verimliliği arttıran daha verimli hava sahası ve alet prosedürleri sağlama potansiyeline sahiptir. PBN ile tüm operasyonların navigasyon kavramları, terminal hava sahası dahil olmak üzere gerekli performans ve operasyonel gereksinimler temelinde yeniden tanımlama, geliştirme ve uygulama olacaktır (Nakamura. D, Royce. W, 2015, s. 13-14).

Tarihsel olarak, ticari uçaklar yer tabanlı seyrüsefer yardımcılarında (VHF, VOR, DME, NDB ve ADF) göre bir konumdan diğer seyrüsefer yardımcılarının konumu ve gelen sinyallere göre uçuşlarını gerçekleştirirken, çoğu direk rotalara izin verilemediğinden dolayı bu yöntem son derece verimsiz yollar ve prosedürlere yol açmaktadır. Bu verimsizliklere ilaveten ticari uçaklar nedeniyle geleneksel navigasyon yöntemlerinin doğal yanlışlıkları ve operasyonel hatalarına karşı koruma ihtiyacı gerekmektedir ve geniş hava sahası ayırma mesafeleri ortaya çıkmaktadır. RNAV, bir

uçuş yolu üzerinde yatay ve dikey olarak tanımlanan herhangi bir noktadan diğer bir noktaya navigasyon aracı olarak başlamıştır. RNAV uçuş yolu yer tabanlı navigasyon istasyonlarının üzerinden uçuş zorunluluğu olmayan navigasyon ve uçuş operasyonunun bir türü olarak kolaylaştırılmıştır.

RNP, RNAV üzerine inşa edilmiş olup, RNP kavramı uçuş rotası, uzak mesafe ve okyanus hava sahasına yönelik, öncelikli olarak hassas navigasyon ve uçuş yollarının güvenli ayrılması ile ilgilidir. Şekil 2.6'da RNAV ve RNP emniyet ve verimlilik dahil olmak üzere geleneksel ve yer tabanlı navigasyon sistemlerine göre sunduğu bir çok avantaj gösterilmektedir.



Şekil 2.6: Performansa dayalı uçuş rotaları ile geleneksel rota kıyaslaması (Nakamura. D, Royce. W, 2015, s. 14).

Hava sahası verimliliğini arttıran ve hava sahası kullanımını optimize hale getiren yeni otomatik uçuş yolları uygulaması, gelişimi ve hava sahası tasarımcılarına olanak sağlamak için PBN, RNAV ve RNP özelliklerine sahiptir.

Ancak, RNP geliştikçe bazı öğeleri tutarsız uygulanmakta ve karışıklık yaratarak birlikte çalışabilirlik için ortak bir temel eksikliği ortaya çıkardığından PBN gelecekte verimliliği arttıran operasyon kavramları sağlayacak bir çözüm olarak görülmektedir.

PBN kavramı, mutlak RNAV (PRNAV), RNAV 1, RNAV 2, RNP < 1, RNP 1, RNP 2, RNP 4, RNP 10 ve temel BRNAV olmak üzere, RNAV ve RNP tüm güncel ve kısa vadeli uygulamaların değerlendirilmesi ile başlamıştır. Karışıklığı azaltmak ve operasyonları kolaylaştırmak için bu çeşitli uygulamaları birleştirmek PBN'in

amaçlarının bir parçasıdır. RNAV şu anda BRNAV, PRNAV, RNAV 1, RNAV 2 ve RNAV 10'u içermektedir. RNP ise RNP < 1, RNP 1, RNP 2 ve RNP 4' ü içermektedir. Bu konsolidasyon hava sahası, trafik yönetimi, hava trafik kontrolü ve ticari hava hizmeti altyapısının nasıl tasarlanması gerektiği, RNP ve RNAV' in nasıl uygulanması üzerinde daha iyi rehberlik sağlamaktadır (Nakamura. D, Royce. W, 2015, s. 16).

PBN yaygın olarak uygulandığında çok sayıda avantaj beklenmektedir. Bu avantajlar: Emniyet, geleneksel seyrüsefer yardımcıları tarafından tanımlanamayan varış, yaklaşma ve kalkış prosedürlerinin 3D rehberliğinden dolayı yatay ve dikey uçulabilmesi nedeniyle çok daha doğru ve güvenilirdir. RNP/RNAV prosedürlerinin kullanımı ile ilgili bugüne kadar hiçbir kaza bildirilmemiş olup, aksine tüm kontrollü uçuşlar için geleneksel seyrüsefer yardımcıları kullanılarak yapılan hassas olmayan yaklaşımlarda yüzde 60 oranında arazi kazaları (CFIT) meydana gelmiştir. PBN aynı zaman da uçuş ekibinin operasyonel hatalara maruz kalma oranını azaltmaktadır (Nakamura. D, Royce. W, 2015, s. 16).

Şekil: 2.7' de hava sahasının daha esnek kullanımı gösterilmektedir. Gecikmeler, sıkışıklık, havalimanları ve kalabalık hava sahasındaki tıkanık noktalardan dolayı kapasite düşüşünün önüne PBN vasıtası ile hava sahasını daha iyi kullanarak geçilebilir.



Şekil 2.7: Arttırılmış hava sahası kapasitesi (Nakamura. D, Royce. W, 2015, s. 17).

Konvansiyonel rotalar (solda), yer tabanlı seyrüsefer yardımcılarına dayalı yolların uygulanması ve dikey ayırma gereksinimlerinden dolayı gelişim ve esneklik sınırlıdır. RNAV ve RNP yolları (sağda) enlem ve boylam tabanlı noktalar kullanarak

paralel rotalar ve ilave uçuş irtifaları açısından tasarım esnekliği ve kapasite artışı sunmaktadır.

PBN rotalarının verimliliği sayesinde, operasyonlarda gelişmiş güvenilirlik, tekrar edilebilirlik ve öngörülebilirliği artan hava trafik hacmi ve daha düzgün trafik akışı elde edilmektedir. Örneğin, Hartsfield-Jackson Atlanta Uluslararası Havalimanında uygulamaya konması ile üç RNAV varış rotası tarafından operasyonel faaliyet hızlandırılmış ve yakıt tasarrufu sağlanmıştır. 2007 için Hartsfield-Jackson Atlanta Uluslararası Havalimanı yetkilileri, RNAV uygulaması sonucu havayolları için yıllık yakıt tasarrufu 34 milyon ABD Doları olarak gerçekleşmiş olup havalimanı da saatte ilave 10 gidiş trafiği bildirmiştir. Dallas-Fort Worth Uluslararası Havalimanında ise, RNAV kalkışlar saatte 11/20 arası ilave operasyona izin vermektedir (Nakamura. D, Royce. W, 2015, s. 16).

PBN ayrıca iniş ve kalkışlarda yakıt tasarrufu, CO₂ emisyonlarının azaltılması ve uçuş için yüksek motor takatini ortadan kaldırarak çevresel faydalar sunmaktadır. Tanımlanmış bir uçuş paterninde daha hassas uçan bir trafik için daha az gaz kolu aktivitesi ve gürültüye duyarlı alanlardan daha iyi kaçınma anlamına gelmektedir (Nakamura. D, Royce.W, 2015, s. 16-17).

Yer tabanlı uçuş prosedürlerinden, sürekli alçalma yaklaşması RNAV enlem/boylam referans noktaları ve performans dayalı prosedürlere geçmek suretiyle, gürültüye duyarlı alanlarda daha kolay operasyon yapmak, belirtilen konumda ve uçuş yolunun profilinde esnekliğe yol açmaktadır (Nakamura. D, Royce. W, 2015, s. 17).

2.1.4.5 Zaman tasarrufu sağlamak

Sürekli alçalma yaklaşması gürültü, emisyon oranlarının azaltılması ve yakıt tasarrufunun yanı sıra aynı zamanda uçuş süresinde de önemli ölçüde tasarruf sağlamaktadır. Louisville Uluslararası Havalimanında UPS tarafından Boeing 757/767 uçakları ile gerçekleştirilen test uçuşlarında piste olan mesafeye göre değişkenlik göstermekle birlikte 150 NM uçuş yolu boyunca yaklaşık 7.5 dakikaya kadar zaman tasarrufu elde edilmiştir. Elde edilen zaman tasarrufları daha yüksek bir yaklaşıma hızı ve terminal alanında vektör uygulamasına bağlı olarak değişkenlik göstermektedir (Clarke. J.P, 2006, s. 61).

2.2. Sürekli Alçalma Yaklaşması Tasarım Seçenekleri

Optimum alçalma paterni için doğru planlama ve alçalış zamanı, pilot ve/veya uçuş yönetim sistemi tarafından piste olan mesafe ve irtifa seviyesi dikkate alınarak yapılabilir. Sürekli alçalma yaklaşması dikey navigasyon (VNAV) sistemi kullanılarak uygun alçalma paterni planlanmasına rağmen, VNAV sistemi bir önkoşul değildir. Uçak üzerindeki sistemlerden ya da otomatik terminal bilgi sisteminden (ATIS) alınan güncel meteoroloji verilerinin kullanılması, uçuş alçalma paterninin doğruluğunu artırır. İrtifa bilgisi uçağın altimetresinden sağlanırken, rüzgâr bilgisi uçak sistemleri, hava tahmin raporları, ATIS ve diğer trafiklerin raporlarından kolaylıkla elde edilebilir. Ancak, kesin mesafe veya iniş zamanı çeşitli değişkenlerden (trafiğin yoğunluğu ve sıralanması, ATC talimatları vs.) dolayı tam olarak bilinmemektedir.

Yatay sabit noktalara (WP) dayanan rotalar ile sürekli alçalma yaklaşma tasarımı için iki yöntem bulunmaktadır. Bu yöntemler pist başına olan uçuş mesafesine ihtiyaç duymaktadır. Bu iki tasarım yöntemleri sırasıyla kapalı ve açık patern tasarımları olarak tanımlanmaktadır.

Kapalı patern tasarımları, standart terminal varış yolları (STAR) gibi önceden tanımlanmış yatay uçuş rotaları, son yaklaşma noktalarını (FAF/FAP) içeren ve piste olan mesafenin tam olarak bilindiği prosedürlerdir. Kapalı patern prosedürünün bir örneği olarak, aletli yaklaşma prosedürüne (IAP) direk bağlı olan STAR ve aletli yaklaşma prosedürünün bir parçası olarak tanımlanan STAR' in sonlandığı bir noktaya uygun olan bir alçalma profilidir. FMS hassas bir şekilde mesafe planlaması, dikey ve yatay rehberlik yaparak sürekli alçalma yaklaşmasını desteklediğinden dolayı, FMS yardımı ile kapalı patern tasarımları otomatik olarak düzgün bir biçimde uygulanabilmektedir.

Açık patern dizaynlarında ise prosedür FAF/FAP noktalarından önceki bir noktada tamamlanacak şekilde tasarlanmaktadır. Açık paternlerin iki temel şekli vardır:

a) Birincisi, yaklaşan trafiğin final bacağına devam etmesine müsaade eden rüzgâr altı bacağına sona eren açık patern tasarımı,

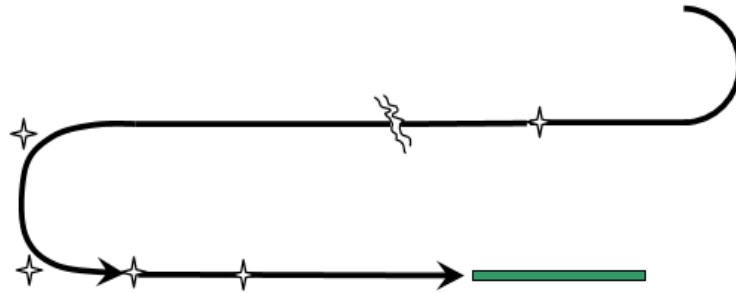
b) İkinci seçenek ise, yaklaşan trafiğin vektör ve holding paternine girilen yaklaşma sıralamasının olduğu operasyonel sahanın içerisine devam ettiği yerdir. Bu seçenekte sürekli alçalma yaklaşmasının bir noktaya göre düzenlenmesi planlanabilir, kontrolör mümkün olduğu ölçüde, pilot ile iletişime geçerek, tahmini zaman ve piste

olan mesafe bilgisini talep eder, trafiğin düzenlenmesi için yeni talimatlar verebilir. Pilot FAF/FAP noktalarına kadar sürekli bir alçalma gerçekleştirebilmek için irtifa ve mesafe verilerini kullanarak en uygun alçalma oranını belirlemektedir.

Yaklaşımlar geliştirildikçe, 4D navigasyon dahil olmak üzere daha gelişmiş özellikler içeren diğer sürekli alçalma yaklaşması tasarım yöntemleri, Avrupa da, Tek Avrupa Hava Sahası Hava Trafik Yönetimi Araştırmaları Projesi (SESAR)'da ve Amerika Birleşik Devletleri'nde ise, Nextgen' de tanımlanmaktadır. Bu tasarımlar ICAO Doc.9931(Ek A) da gelişme durumu hala devam eden ve gelecekteki tasarım seçeneği olarak gösterilen daha gelişmiş yaklaşımlar olarak gösterilmektedir. Gelecekteki sürekli alçalma yaklaşması tasarımları, düz uçuş yapılan irtifadan pist başı noktasına kadar sürekli alçalma planlanması ve uygulamasını desteklemek amacıyla hava ve yer tabanlı planlama araçlarına ihtiyaç duyacaktır. Bu da potansiyel olarak çeşitli hava trafik kontrol ünitelerini ve iş kollarını kapsamaktadır. Böyle gelişmiş sürekli alçalma yaklaşması tasarımlarında, diğer hava trafiklerinin yanı sıra çevre kısıtlamaları, meteorolojik bilgi ve müsaade edilen uçuş profilinin transferi için kullanılacak bağlantılarında dikkate alınması gerekmektedir. Bu kapsamda kapalı ve açık patern tasarım yöntemleri aşağıdaki gibi geliştirilmiştir (ICAO, 2010, s. 16-17).

2.2.1 Kapalı Patern Tasarımı

Kapalı patern tasarımı sürekli alçalma operasyonuna başlamadan önce, piste olan mesafenin bilindiği ve rotanın sabit olduğu bir tasarımdır (Şekil 2.8). Bu prosedür sürat kısıtlamaları ve/veya irtifa gösterimleri, geçiş irtifaları ile yayınlanabilir. Kapalı paternin tasarımı son yaklaşma noktasına kadar, uçuşun ilk yaklaşma aşamalarını ve STAR' ı içerebilir (ICAO, 2010, s. 17).

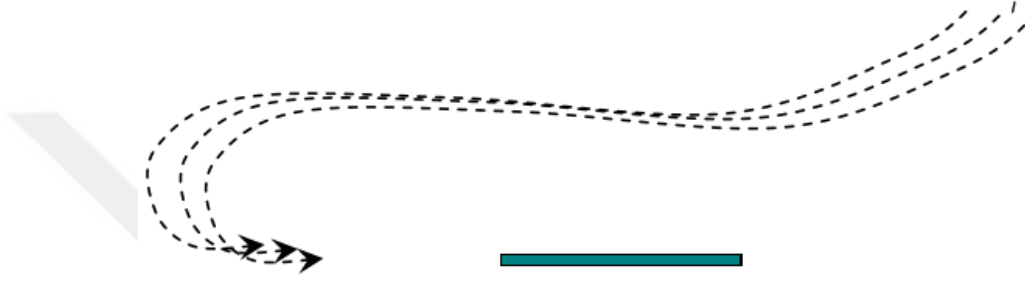


Şekil 2.8: Kapalı patern tasarımı (ICAO, 2010, s. 17).

2.2.2 Açık Patern Tasarımı

Açık patern tasarımı, vektörden oluşan rotanın bir bölümünün veya tamamının bir tasarımıdır. Sürekli alçalma yaklaşmasına başlamadan önce pist başına olan mesafe bilinmemektedir (ICAO, 2010, s. 18).

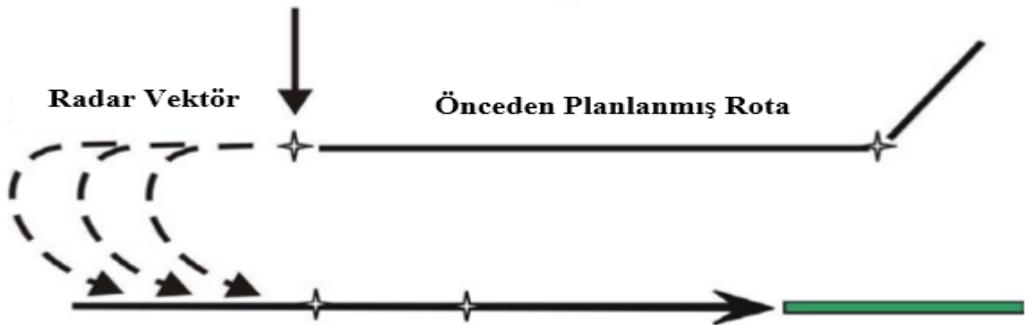
a) Vektörlü sürekli alçalma yaklaşması; hava trafik kontrol birimi tarafından pilota vektör ve pist başına olan tahmini mesafe bilgisi verilir (Şekil 2.9). Alçalmaya başlamak pilot takdirine bağlıdır.



Şekil 2.9: Vektörlü sürekli alçalma yaklaşma prosedürü (ICAO, 2010, s. 18).

b) Rüzgâr altı bacağı için açık sürekli alçalma yaklaşması prosedürü; Uçuş operasyonu FAF/FAP noktasına kadar rüzgâr altı bacağının normal bir uzantısı olarak, uçağın bir vektör bölümüne gönderildiği sabit rotanın birleşimine dayanmaktadır (Şekil 2.10) (ICAO,2010,s.18).

**Planlı Rotanın Sonu / Uçulacak Mesafe
Bilgisi Verilen Radar Vektör Başlangıcı**



Şekil 2.10: Rüzgâr Altı Bacağı İçin Açık Sürekli Alçalma Yaklaşması Prosedürü (ICAO, 2010, s. 18).

2.2.3 Sıralama Yöntemleri ve Havada Hassas Ayırma Konsepti

Havada Hassas Ayırma Konsepti, yer temelli otomasyon aracı ve hava trafik kontrol birimi talimatları ile sürekli alçalma yaklaşması esnasında uçakların kendi kendine ayrımını gerçekleştiren uçakların havalimanına varış sırası ile ilgili bir varış programı sağlamaktadır. Bu talimatla, kendi kendine ayrımı sağlayan uçağın uçuş ekibi, uçtuğu uçağın uçuş verilerini ve havalimanına varan trafiklerin iniş aralığını alacak ve arkasından havalimanına inecektir. Bu uçak daha sonra öndeki uçakların otomatik bağımlı gözetim yayını yapan sistem (ADS-B) mesajlarını dinleyecektir. Temel ADS-B durum ve pozisyon veri mesajına ek olarak, alçalışa katılan uçağın adını ve planlanan son yaklaşma hızını bir ADS-B operasyonel koordinasyon mesajı yoluyla da ilettiği varsayılmaktadır. Öncü uçaktan ADS-B verileri almadan önce, yaklaşma ve varış güzergâhları için belirlenen süratler dikkate alınarak uçulacaktır.

Havadaki trafikler arasında kendi kendine ayrımı sağlayan, uçaklar arasında belirlenen boşluğu tam olarak elde etmek için, hava trafik kontrol birimi tarafından hız kontrolünün uçuş mürettebatına devredildiği operasyonel bir kavramdır. Birden fazla uçak aynı piste sırayla geliyorsa, kontrolör, atanan bir lider uçağın arkasından, trafiklerin zaman ya da mesafe olarak belirlenen aralıklarla pist başına ulaşmaları için trafik akışının içinde lider uçak indikten sonra takip eden her trafiği lider uçak olarak atayabilir. Uçuş ekibi daha sonra bu belirlenen aralığı sağlamak için en uygun hızı belirlemek ile ilgili uçak otomasyon sistemini kullanır. Bu ayırma işlemi çift olarak yapıldığı için, farklı güzergâhlar vasıtasıyla gelen iki uçak, ilave uçuş ekibi müdahalesine ihtiyaç duyulmaksızın ortak güzergâhta birleşecek veya ayırma rehberliğinde değişiklik yapacaklardır. Bu yöntem ile çok sayıda yaklaşma ve varış trafikleri birbirine bağlanabilir. Uçakta mevcut hız kontrol sistemi varış trafikleri arasındaki ayrımın daha hassas kontrol edilmesini sağlar. Sürekli alçalma yaklaşması ile havadaki trafiklerin hassas ayrılması konseptini birleştirerek, gürültü, emisyon ve yakıt tüketiminin azaltılması sağlanırken, hava sahasının etkin kullanımı, mevcut kapasitenin sürdürülebilirliği ya da artırılması sağlanabilir (Barmore,B.E. 2007, s. 2-3).

Çok düşük trafik yoğunluğunun olduğu durumlar dışında bazı sıralama yöntemleri genellikle en uygun alçalış oranını korumak için gereklidir. Aşağıda belirtilen üç farklı sıralama yöntemi, sürekli alçalma yaklaşmasının her iki türü için de uygulanabilmektedir.

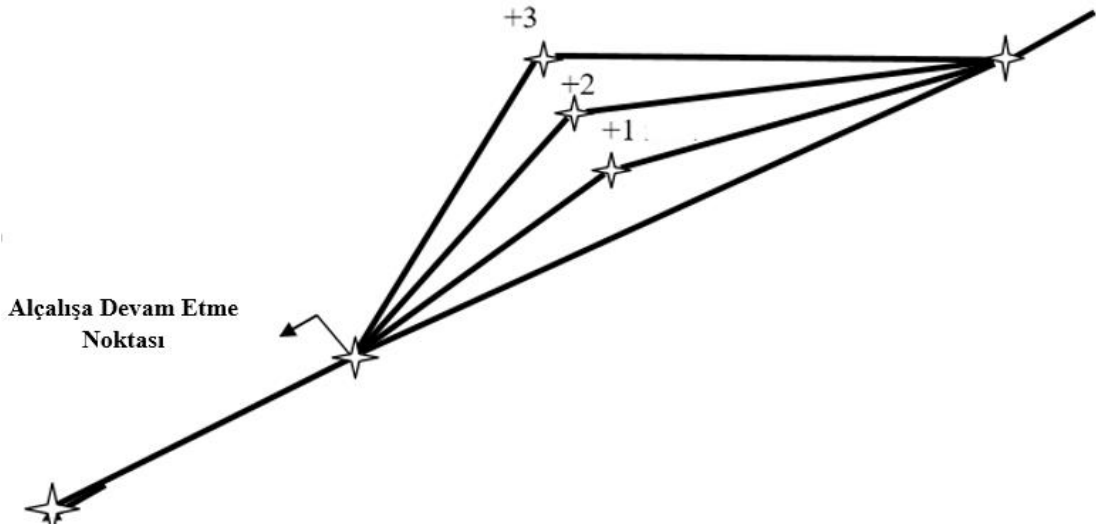
a) Otomatik Sıralama Yöntemleri: Otomatik sıralama sistemleri; gerekli varış zamanı, trafik yönetim danışmanlığı, görüntüler ve ilgili pozisyon göstergelerini kullanılır. Bu tür sistemler, sürekli alçalma yaklaşmasına başlamadan önce uçak rotasının belirlenmesi için etkin ve verimli planlamalar sağlamaktadır. Gelişen otomatik sıralama yöntemleri bu alanda önemli bir rol oynamaktadır.

b) Hız kontrolü: Prosedürün bir parçası ya da istenilen varış zamanının yönetimi açısından, yaklaşma prosedürü öncesi küçük düzeltmeler için hız kontrolü oldukça etkilidir. Hız kontrolü, öngörülebilir performans sağlamakta, trafikler arasındaki mesafeyi korumak ve farklı uçaklar arasında tutarlı bir performans sağlamak için kullanılmaktadır. Küçük sürat ayarlamaları uçakları önceden belirlenen kapalı patern üzerinde devam ettirmek için kullanılır. Büyük sürat ayarlamalarında, uçuş konfigürasyonunun verimliliğinden taviz verilmemeli ve takip eden trafikler yavaşlatıldığında üretkenlik olumsuz etkilenmemelidir.

c) Vektör: Kapasitenin devamlılığı ve gelen trafiklerin sıralanması için en esnek yoldur. Ayrıca, en sık kullanılan yöntemdir. Ancak vektör, pilotların önündeki plandan ziyade mevcut duruma gerekli karşılığı vermeyi gerektirir, pilotlara uçuş paterni mesafesine göre daha az öngörülebilirlik sağlar. Pilota tahmini mesafe bilgisi sağlanırsa belirsizlik azaltılabilir. Trafikler arasındaki mesafenin ve sıralamanın düzenlenmesi için uçak bir açık patern vektör planlamasında ya da vektörsüz kapalı patern prosedüründe olabilir. Kapalı patern de küçük sürat ayarlamaları, vektör prosedürden önce düşünülmelidir. Kapalı patern prosedürde, mesafe hesaplamaları FMS tarafından gerçekleştirilmektedir (ICAO, 2010, s. 19).

2.2.4 Patern Uzatma Yöntemleri

a) Esnek patern tasarımı; Uçuş yönetim sistemi veri tabanında bulunan, pilot ve hava trafik kontrol birimi tarafından bilinen, önceden belirlenmiş noktalar ile planlı bir vektör paternidir. FMS basit bir şekilde uçağın sürekli alçalma yaklaşması prosedürünü uçmasına müsaade ederken aynı zamanda belirlenen bu prosedür trafiklerin arasındaki ayrımı arttırmak için de verilebilmektedir. Esnek patern tasarımı hava trafik kontrol yöntemlerini hızlandırmak için ek olarak ta kullanılabilir (ICAO, 2010, s. 19-20).



Şekil 2.11: Patern uzatma tasarımı (ICAO, 2010, s. 19-20).

b) Birleştirme Noktası Yöntemi; Günümüzde birçok terminal alanında, trafiklerin havalimanına varış akışlarının birleştirilmesi radar vektörlerinin kullanımına dayanmaktadır. Bu yöntem verimli ve esnektir, ancak, yüksek trafik koşulları altında kontrolör için hızlı karar verme ve uçuş ekibi için zaman yönetimini kritik hale getirmektedir. Sonuç olarak vektör uygulaması, iş yükünün artması, yüksek telsiz frekans işgali, tahmin yetersizliği, dikey profillerin optimize edilmesinin güç olması ve uçak uçuş rotalarının değiştirilmesini içermektedir.

Alan navigasyonunun (P-RNAV) kullanıma girişi, yeni rota yapılarını tanımlayarak havalimanına varış trafik akışlarının bir araya getirilmesine izin vermektedir. Ancak, terminal alanındaki P-RNAV uygulamaları tek başına operasyon maliyetlerinin azalması, çevrenin iyileştirilmesi ve kapasitenin artırılması gibi beklenen tüm faydaları gerçekleştirilememektedir. P-RNAV prosedürleri konvansiyonel prosedürlerle entegre edildiğinde, hafif ve orta yoğunluktaki trafik yüklerinde çevresel, finansal ve operasyonel faydalar getirebilir. Ancak, yüksek trafik yüklerinde, kontrolörler, kapasiteyi en üst düzeye çıkarmak için kaçınılmaz olarak radar vektör uygulamasına geri dönerler.

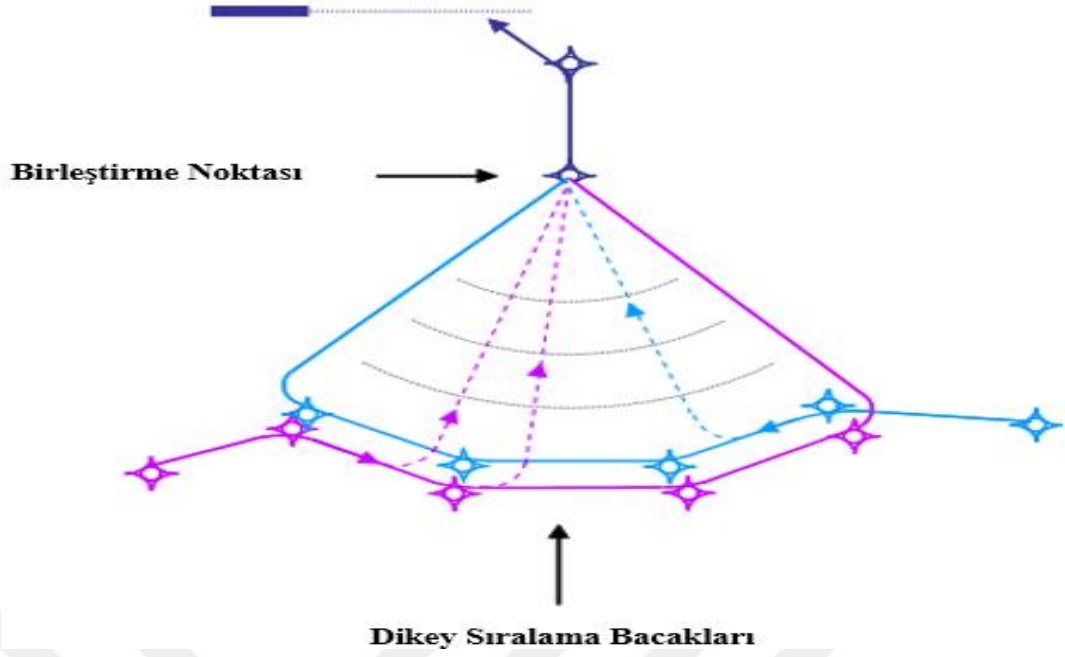
Sabit yollara dayanan RNAV prosedürleri, sürekli alçalma yaklaşmasını desteklemek için sık olarak kullanılır. Havalimanına yaklaşan trafik akışlarının birleşmesi düşünüldüğünde, en büyük zorluklardan biri, kapasitenin korunması için uçakları hızlandırmak veya geciktirerek (yolun kısaltılması veya uzatılması) bir miktar esneklik sağlanabilir. Bir başka zorluk ise, sürekli alçalmayı destekleyecek şekilde bir

tür uçuş yolu öngörülebilirliği sağlamaktır (Favennec. B, Hoffman. E, Trzmiel. A, Vergne. F, Zeghal. K, 2009, s. 1).

Birleştirme noktası sistemi, havalimanına yaklaşan trafikleri havada sıralama ve birleştirme konusunda sistemli bir yöntemdir. Başlangıçta, uçuş yönetim sistemi tarafından, yüksek trafik yükü altında yatay rehberliğin (VNAV) kullanımı ile sürekli yaklaşmayı içermektedir (Favennec. B, Hoffman. E, Trzmiel. A, Vergne. F, Zeghal. K, 2009, s. 2).

Bu teknik sayesinde, uçak, genellikle birleştirme noktasına direk yönlendirilene kadar irtifada trafiklerin sıralanması için yay uçuş bölümünü içeren bir RNAV rotasını takip eder. Pilot, birleştirme yay noktasından önce sürekli alçalma yaklaşması uygulayabilir ancak yayı takip ederken düz uçuşu sürdürmektedir. Pilot birleşme noktasına serbest kılındığında sürekli alçalma yaklaşmasına devam eder. Trafik seviyesi müsaade ederse uçak ATC tarafından yay yerine birleştirme noktasına direk serbest kılınabilir (ICAO, 2010, s. 20).

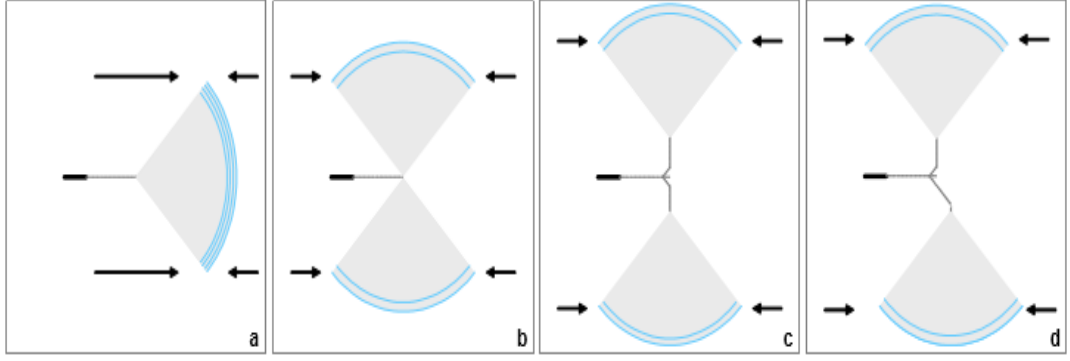
Yay üzerindeki belirli bir noktadan, önceden tanımlanmış uçuş bacakları ile dikey olarak ayrılmış belirli bir rota yapısı üzerinden birleştirme noktasına uçmaya dayanan bir sistemdir. Bu yay uçuş bacakları ile trafiklerin sıralanması ve ayrımı için yolu uzatma/kısaltma amaçlanmaktadır (Şekil 2.12). Sistemin çalışma yöntemi iki ana aşamadan oluşur; her bir uçak yay uçuş bacağından uygun zamanda çıkarılıp birleştirme noktasına direk yönlendirilerek trafikler arasındaki mesafeyi oluşturmak ve yay uçuş bacaklarından ayrıldıktan sonra mesafeyi hız kontrolü ile korumaktır (Favennec. B, Hoffman. E, Trzmiel.A, Vergne. F, Zeghal. K, 2009, s. 2).



Şekil 2.12: İki girişli birleştirme noktası sistemi (Favennec. B, Hoffman. E, Trzmiel. A, Vergne. F, Zeghal. K, 2009, s. 2).

Yolun uzatılması, hava trafik kontrol biriminin müdahalesi olmadan uçağın yay uçuş bacağı boyunca istenen ölçüde uçmasına izin vermek suretiyle gerçekleştirilir (FMS'deki kodlar, sıralama uçuş bacağının tam uzunluğunu içerir). Örneğin yapısal olarak; birleştirme noktası 6.000ft'de ise, sıralama bacaklarının birleştirme noktasından uzaklığı 10.000ft-12.000ft irtifa ve 20nm olabilir. Trafikler arasında gerekli ayrımı yaratacak olan ATC yaklaşma kontrolörü ilgili trafiği direk olarak birleştirme noktasına göndererek ya da ayrım için hız kontrolü uygulayarak yaklaşmayı yönetebilir. Birleştirme noktası sistemi, mevcut teknolojiye (P-RNAV) ve ortalama yoğunluktaki trafiğe uygulanabilir (Favennec. B, Hoffman. E, Trzmiel. A, Vergne. F, Zeghal. K, 2009, s. 2).

Birleştirme noktası sistemi, şekil 2.13'de gösterilen farklı tasarım seçenekleri ile yoğun trafikler içinde kullanılabilir (Favennec. B, Hoffman. E, Trzmiel. A, Vergne. F, Zeghal. K, 2009, s. 4).



Şekil 2.13: Birleştirme noktası farklı tasarım seçenekleri (Favennec. B, Hoffman. E, Trzmiel. A, Vergne. F, Zeghal. K, 2009, s. 4).

2.3 Sürekli Alçalma Yaklaşması Tasarım Örnekleri

Prosedür gelişimine dengeli bir yaklaşım oluşturmak için uçak gürültüsünün etkisi, motor egzoz emisyonları, operasyonel maliyetler, işletme ekonomisi, trafik verimliliği ve hava trafik koordinasyonu göz önüne alınmalıdır. Havacılık sektörü paydaşlarının yararına olacak şekilde tasarlanan prosedürler kabul edilebilir, uygulanabilir ve gelecekte de sürdürülebilir olmaktadır.

Sürekli alçalma yaklaşma ve varış prosedürlerinin tasarımında da, bu prosedürleri uygulayan uçakların navigasyon teknolojisi önemlidir. Önerilen bazı sürekli alçalma yaklaşması prosedür tasarımları, uçakta ilave otomasyona ihtiyaç duymayan irtifa/hız kontrol noktaları ve tavsiye edilen flap açıklığını içeren sıralama tabanlı sisteme dayanmaktadır. Diğer Gelişmiş Sürekli alçalma yaklaşmaları gerçek zamanlı FMS algoritması ve Uçuş Yönlendirme Konsepti gibi yeni otomasyona dayanmaktadır.

GPS tabanlı RNAV doğruluğunun, güvenilirliğinin geliştirilmesi, sürekli alçalma yaklaşma ve varış prosedürlerini uygulama imkânı sağlamaktadır. RNP, uçakların belirli bir hava sahasında çalışması veya belirli bir prosedürü kullanması için gerekli olan navigasyon yetenek ve performans gereksinimlerini tanımlamaktadır. RNP RNAV sürekli alçalma veya varış yaklaşma prosedürleri, belirtilen uçak tipleri veya istenen kabiliyete sahip belirli operatörler için tasarlanmalı ve havacılık otoriteleri tarafından rutin kullanım için onaylanmalıdır.

RNAV sürekli alçalma yaklaşma ve varış prosedürleri, uçak gürültü etkisini azaltmak için özel olarak tasarlanmış dikey/yatay yollar ve hız profillerine sahip RNAV varış prosedürleridir. RNAV sürekli alçalma yaklaşması yatay uçuş yolu bir dizi noktalar (WP) ile tanımlanır. Yatay patern, seyir irtifasından son yaklaşma

noktasına kadar uzanabilir. Dikey patern ve hız profilleri, yatay yol boyunca belirli noktalar, irtifa ve hız sınırlamaları ile tanımlanır. Yol üzerindeki noktalar ve bunlara karşılık gelen irtifa ve hız kısıtlamaları uçak FMS veri tabanında önceden programlanmıştır. FMS/LNAV işlevi, ara noktalar arasındaki yatay yolu hesaplamakta ve uçakları hesaplanan yatay yol üzerinde tutmak için otopilot ile birlikte çalışmaktadır. FMS/VNAV işlevi, tüm kısıtlamaları karşılayan dikey patern ve hız profillerini hesaplamakta ve hesaplanan dikey patern ve hız profillerini takip etmek için otomatik pilot ve otomatik gaz kolu fonksiyonu ile birlikte çalışmaktadır. RNAV sürekli alçalma yaklaşmasının uygulanması sırasında pilot, uçakların uyguladıkları paterni izler ve uygun zamanda flapların/slatların, iniş takımlarının açılmasını sağlamakta ve uçağı istenen hızda tutmak için gerekli gördüğü zaman sürat frenleri ile müdahale etmektedir.

RNAV sürekli alçalma yaklaşması tasarımı, yatay hava trafik kontrol kısıtlamalarını yerine getiren ve gürültüye duyarlı yerleşim bölgelerinden kaçınırken son yaklaşma için en uygun yatay uçuş yolunu seçmelidir. Dikey hava sahası ve düzenleyici operasyonel kısıtlamaları içeren, uçağın olabildiğince uzun süre temiz konfigürasyonda kalmasını sağlayan dikey profil için gerekli irtifa ve hız sınırlamalarını seçmelidir. İdeal dikey uçuş yolu ve hız profili tasarımı, uçağın motorlarının son yaklaşıma kadar rölantide kalmasını sağlar. Bu durum sınırsız bir yol tasarımı olup en yüksek faydayı sağlamaktadır. Sınırsız yol tasarımında bir veya daha fazla hassas ayarlanmış geometrik uçuş segmentleri (toplama noktası sistemi, patern uzatma teknikleri) kullanılarak küçük ayarlamaların yapılması, öngörülebilirliği ve operasyonel esnekliği arttırmaktadır (Ren. L. 2007, s. 48-49).

Açık ve kapalı patern sürekli alçalma yaklaşması prosedürlerinin tasarımı, planlı en uygun yatay uçuş paterni ile başlamalıdır. Bu patern, çevresel kısıtlamalar ve hassasiyetler, diğer hava trafiklerinin uçuş paternleri, havalimanı anlaşmaları, hava sahası tasarımı ve arazi yapısı gibi faktörler tarafından etkilenebilir. Yatay uçuş paterninin muhtemel uzaması durumunda gerekli olan bu mesafeyi en aza indirmek gerekir. Temel yatay patern düzenlemesinden sonra, gerekli irtifa kısıtlamaları paterne ilave edilmelidir. Bu irtifalar, hava trafik kontrol koordinasyon gereksinimlerini karşılamak, havalimanı veya çevresel anlaşmalara uymak, diğer trafiklerin uçuşlarından ve doğal manialardan kaçınmak için gerekli olan en az düzeyde olmalıdır. Öncelikli patern ve irtifalar düzenlendikten sonra, paternin diğer gerekli kısıtlamalar

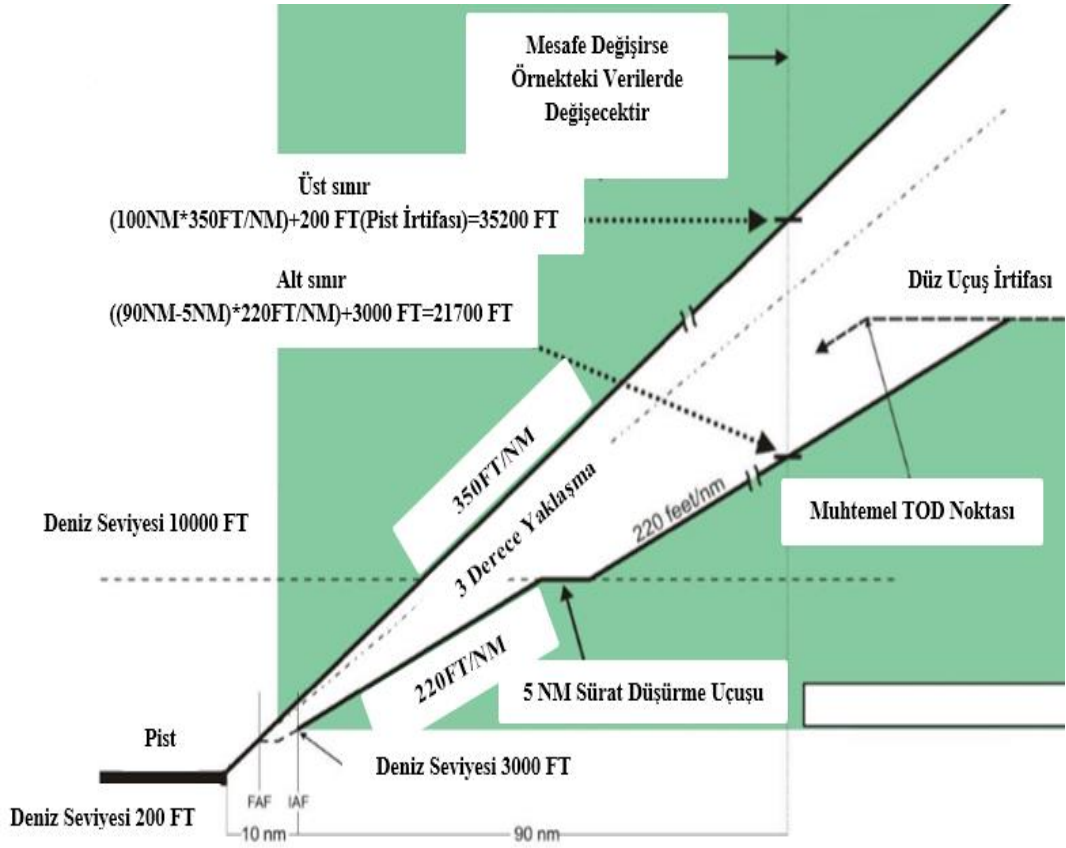
ile uyumlu şekilde modifiye edilmesi gerekebilir. En uygun paternin geliştirilmesinden önce modifiye edilmiş irtifa ve/veya paternin birkaç defa tekrarlanması gerekmektedir. Bu kapalı bir patern tasarımı için piste olan en kısa mesafeyi temsil ederken, açık patern tasarımı için ise rutin olarak vektörün başladığı noktaya karar vermeye yardımcı olmaktadır (ICAO, 2010, s. 21).

2.3.1 Kapalı Patern Sürekli Alçalma Yaklaşması Tasarımı

Patern esnekliği ve uygunluğunu detaylı bir şekilde gösteren basit bir kapalı patern sürekli alçalma yaklaşması şekil 2.14'de verilmektedir. Düzenleme, kısıtlama olmaksızın hemen hemen bütün uçak tipleri için uygulanmaktadır. Örnek tasarımda, seçilen irtifa aralıkları çok geniş olduğundan, hava trafik akışı ve doğal manialara çarpma riskinin azaltılması için daha fazla hava sahası ihtiyacını gerektirebilir. Arazi kısıtlamaları, havalimanı anlaşmaları, hava sahası kısıtlamaları ve hava trafik akışlarının ve problemlerin çözümünü içeren uçulabilir bir prosedür geliştirmek gereklidir.

Hava sahasının 2 ve 3.3 dereceler arasında iniş profillerini desteklediği yerde, modelleme için çok az gereksinim olacağından düşük yoğunluklu operasyonların olduğu alanlarda, aşağıdaki örnek kolay uygulanabilir bir model olabilir.

Örnekte optimize edilmiş bir sürekli alçalma yaklaşması prosedüründe, aletli yaklaşma ile bağlantılı bir STAR gösterilmektedir ve çoğu FMS tam otomatik olarak bu yatay/dikey navigasyon (LNAV/VNAV) alçalmasını yapmaya müsaade etmektedir. Çoğu aletli yaklaşımlarda son yaklaşma noktası (FAF/FAP), bir ara nokta (IF) ve ilk yaklaşma noktası (IAF) vardır. STAR, IAF irtifasının eşleştiği seviyenin üzerinde ya da IAF'ta sona ermektedir. FMS, yaklaşma prosedürü ile STAR arasındaki bağlantıyı sağlar. Pist başından aletli yaklaşma irtifaları genellikle 3 derecelik alçalma paternine (yaklaşık 300 FT/NM) müsaade edecek şekilde, tam stabil alçalma ve IF' te uçak konfigürasyonuna müsaade edecek şekilde tasarlanmaktadır (ICAO, 2010, s. 21).



Şekil 2.14: Sürekli alçalma yaklaşması prosedüründe aletli yaklaşma (ICAO, 2010, s. 22).

STAR irtifa gösterimleri, normalde çoğu uçağın engelsiz olarak alçalmasına müsaade edecek şekilde tasarlanırken, gösterimler, alt ve üst sınır ile tanımlanmaktadır. Üst sınır, bir irtifa ya da irtifanın altı olarak açıklanır ve hava trafik kontrol birimi koordinasyonu için geçiş noktaları oluşturmak ya da genellikle diğer hava trafik akışlarından ayrılmayı sağlamak için ayarlanmaktadır. Pist başında başlayan ve her bir mil de 350ft oran ile artan bir üst limit çoğu uçak için yeterli kabul edilmektedir (ICAO, 2010, s. 22).

2.3.2 Modifiye Tasarım Senaryoları

Temel tasarım üzerinde, hava trafik kontrol koordinasyon prosedürleri, havalimanı ya da çevresel anlaşmalara uymak, yüksek arazi veya diğer hava trafiğinden kaçınmak için modifikasyon gerekebilir. Temel tasarımda değişiklik gerekiyorsa, kısıtlamaların ve prosedürün en az olduğu, en fazla sayıda uçağın uçabilirliğinin sağlandığı ek hesaplamalar yapılmalıdır. Bu çalışma ANSP, uçak

operatörleri ve sistem tasarımcıları arasında yakın koordinasyon ve iş birliği gerektirmektedir (ICAO, 2010, s. 23).

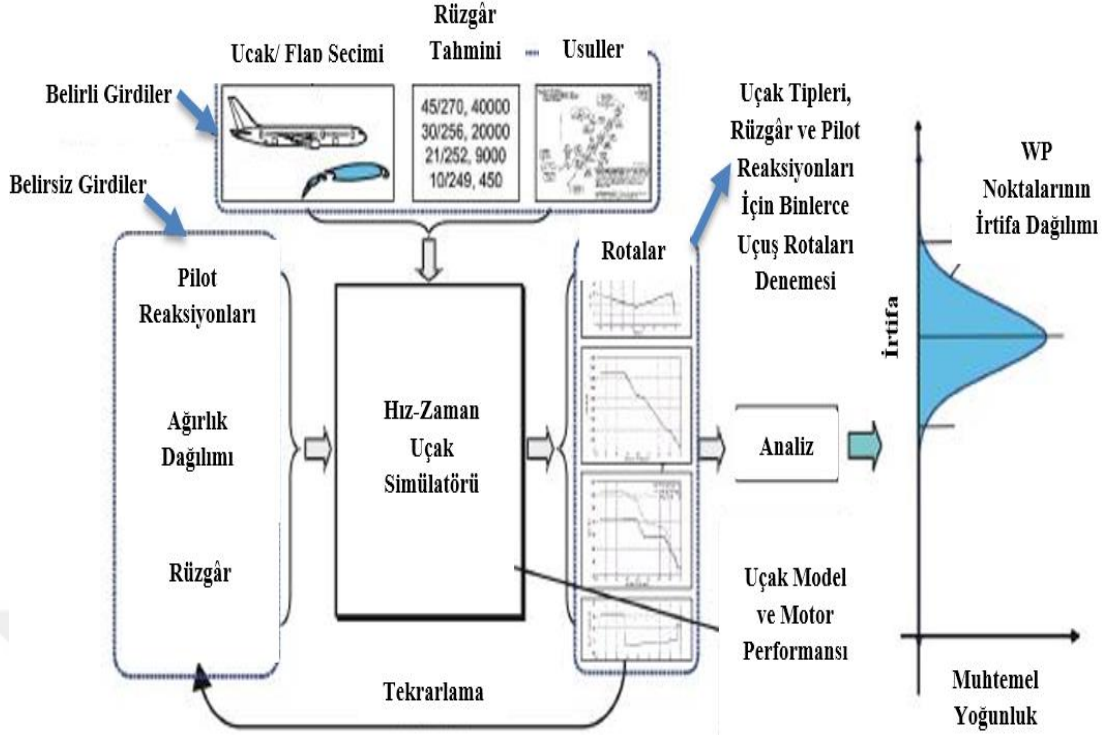
2.3.3 Uçuş Simülasyonları

Uçuş Simülasyonları, önerilen tasarımların uçağı olumsuz etkileyip/etkilemediğini ve/veya sürekli alçalma yaklaşmasından beklenen verimlilik oranını ve uçak filosunun çoğunluğu için uygulanabilirliğinden emin olmayı sağlayan tek yoldur (ICAO, 2010, s. 23-24) (Ren. L, 2007, s. 59-60).

2.3.4 Değişkenler ile Simülasyon

Değişkenler (uçak ağırlığı, sıcaklık ve rüzgâr) ile performans değerlendirilmesi çeşitli uçak tipleri için yapılabilir. Bu simülasyonlar, çeşitli davranışların rassal sayılar kullanmak sureti ile etkilerini değerlendiren çoğu zaman Monte Carlo simülasyonları olarak bilinen, muhtemel patenlerin değerlendirilmesinde ve geçiş irtifalarının yanı sıra çeşitli seçenekler içerisinde en iyisini tercih etmek için kullanılırlar. Bu simülasyonlar belirli bir yer ve durum için bütün geçiş irtifaları ve süratlerin değerlendirilmesinde bilimsel bir temel oluştururlar. Sonuç olarak, belirli durumlara mümkün olduğu kadar uyumlaştırılmış bir sürekli alçalma yaklaşması tasarımı ortaya çıkmaktadır. Bu avantaj, dikey hava sahası için gerekli minimumlara ulaşma olanağı tanımaktadır. Simülasyon verileri havalimanı içinde operasyon gerçekleştiren uçak türlerine dayanmakta olup, faaliyet için yeni tip uçaklar geldiğinde zaman etkisini analiz etmek gerekmektedir (ICAO, 2010, s. 24).

Şekil 2.15 Monte Carlo simülasyonu, giren parametrelerin ve bunların kombinasyonlarının bütün olası değerlerini içeren, tesadüfi faktörlerin etkisini değerlendiren simülasyondur.



Şekil 2.15: Monte carlo simülasyonu (ICAO, 2010, s. 25).

Yatay uçuş yolu, irtifa ve hız kısıtlamaları belirlendikten sonra, Monte Carlo simülasyonunun parçası olan zaman ve pilotaj döngü (fast-time and pilot-in-the loop) simülasyonları, uygulanabilirlik için uçuş denemelerine hazır oluncaya kadar en iyi çözümü bulmak adına gereklidir (Ren. L. 2007, s. 48-51).

2.3.5 Açık Patern Sürekli Alçalma Yaklaşması Tasarımı

Açık patern bir sürekli alçalma yaklaşması kavramı geliştirirken prosedür tasarımcıları ve hava trafik kontrol birimi için birkaç seçenek vardır.

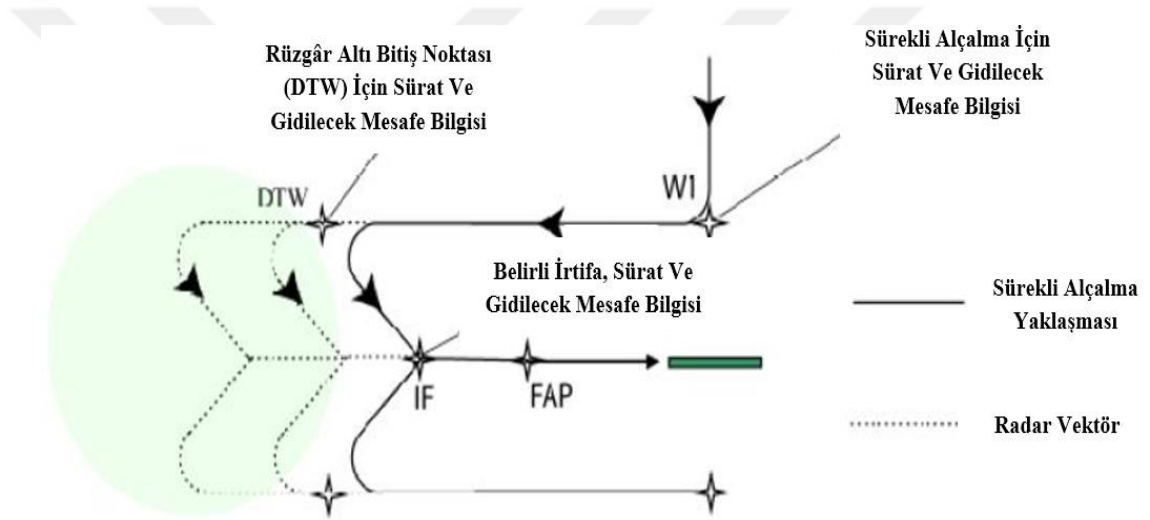
2.3.5.1 Vektöre dayalı açık patern sürekli alçalma yaklaşması prosedürü

Vektör, sabit bir yatay uçuş paterninin yerine planlanmaktadır. Kontrolör, Pilota bulunduğu noktadan pist başına olan mesafe ile ilgili tahmini bilgi sağlamaktadır. Pilot terminal bölgesine 3 derecelik alçalma açısı ile sürekli alçalma yaklaşması uygulamak için optimum alçalma başlangıç noktasını ya da dikey profil belirlemek için bu bilgileri kullanır. Pilot ya da FMS tarafından belirlenen sürekli alçalma yaklaşması başlangıç noktasına kadar hava trafik kontrol birimi tarafından verilen irtifa muhafaza edilmelidir. 3 derecelik bir alçalma açısı her mil için yaklaşık 300 feet'e eşittir.

Vektörler, normal olarak bir ölçüm noktasından başlatılır. Trafik, sürekli alçalma yaklaşması paternini bu ölçüm noktasına düz uçuş yaptığı irtifadan uygulayabilir. Kapalı patern tasarım sürekli alçalma yaklaşması örneğinde verilen rehberlik, ölçüm noktasından daha aşağıda bir tasarım için kullanılabilir (ICAO, 2010, s. 25).

2.3.5.2 Rüzgâr altına müsaade edilen sürekli alçalma yaklaşması açık patern prosedürü

Bu prosedür tasarımında, uçağın son yaklaşıma dönüş zamanı planlanarak kontrolör tarafından sıralama sağlanır. Sürekli alçalma yaklaşması rüzgâr altı bitiş noktasına kadar planlanabilir (Şekil 2.16) (ICAO, 2010, s. 25-26).



Şekil 2.16: Rüzgâr altına müsaade edilen sürekli alçalma yaklaşması açık patern prosedürü (ICAO, 2010, s. 26).

2.3.6 Sürekli Alçalma Yaklaşması Tasarımında Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar

Sürekli alçalma yaklaşması prosedürü, ayrılan ya da meydan üzerindeki trafiklerin sürekli alçalma yaklaşması uygulayan diğer trafiklere olumsuz etki yapmayacak ve aynı zamanda en uygun havalimanı yaklaşma oranı ile çatışmayacak şekilde dizayn edilmeli ve uygulanmalıdır. Havalimanı yaklaşma oranı muhafaza edilirken, sürekli alçalma yaklaşmasının devamlılığını etkileyen bir çok faktör vardır. Bunlar, sabit bir rota veya vektör içeren yatay rehberlik, sabit rotanın uzunluğu ve trafiğin sıralanması için gerekli hız kontrolünün olup olmadığını içeren faktörlerdir. Hava trafik kontrol birimi tarafından trafikler arasındaki mesafenin korunması ve

sıralama sürecini yönetme gibi ilave araçlar sürekli alçalma yaklaşmasının başarı seviyesini arttırabilir.

Sürekli alçalma yaklaşması prosedürlerinin farklı biçimleri arasındaki değişim (Vektör bazlıdan prosedür tabanlıya) emniyet değerlendirmesinin bir parçası olarak ele alınmalı ve sürekli alçalma yaklaşmasının kullanımı ve kullanılmaması arasındaki değişimin etkilerini içermelidir. Düzgün tasarlanmış sürekli alçalma yaklaşması prosedürleri, trafik yüzdelerinin arttığı esnada en az riskle uygulanmalı ve sürekli alçalma yaklaşmasından normal prosedürlere sorunsuz geçişe müsaade etmelidir.

Gelecekteki otomasyon sistemleri, gelişmiş uçak, yer sistemleri ve uçuş prosedürleri ile bağlantılı olarak, yoğun trafik dönemlerinde en uygun sürekli alçalma yaklaşması prosedürlerinin daha yaygın kullanımı beklenmektedir. Bu gelişmede temel unsur, havalimanı yaklaşma oranı kısıtlaması içinde sürekli alçalma yaklaşması optimize edilirken gelen trafikleri verimli şekilde birleştirmek ve sıralamaktır. Daha yüksek irtifalarda başlatılan sürekli alçalma yaklaşması prosedürleri üst düzey destek araçları gerektirmektedir.

Sürekli alçalma yaklaşmasının başladığı düz uçuş irtifalarından itibaren hava trafik kontrol birimlerinin uygulamalarından etkilenmemesi için bu operasyonlar hava trafik kontrol birimleri arasında kusursuz uyum ve iletişim gerektirmektedir. Sonuçta, sürekli alçalma yaklaşması yer/hava sistemleri, uçak ve uçuş trafiği yönetim servis sağlayıcıları arasında bilgi paylaşımına dayanan bir rota üzerinde uzlaşarak elde edilir. Sürekli alçalma yaklaşmasının yüksek trafik yoğunluğunda kusursuz bir şekilde yönetilmesi için paydaşlar tarafından yeni araçlar geliştirilmektedir. Bu tür araçlar, meteorolojik bilgi paylaşımı ve bir veri bağlantı profili tarafından desteklenen yer tabanlı rota tasarlayıcılarını içerebilir. Sürekli alçalarak yaklaşma operasyonları hava trafik kontrol birimlerinin taktik müdahaleleri ile birleştiğinde sıkışan trafiği rahatlatacağı, uygun irtifa gösterimleri ile esnek alçalma profilleri ve verimliliği kanıtlanmış yatay paternlere sahip STAR'ların yayınlanması ile sürekli alçalma yaklaşmasının operasyonel ve çevresel faydaları fark edilecektir (ICAO, 2010, s. 26).

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

SÜREKLİ ALÇALMA YAKLAŞMASI İLE İLGİLİ KISITLAMALAR

3.1 Sürekli Alçalma Yaklaşması Kısıtlamaları

Sürekli alçalma yaklaşması uygulamak ve yoğun havalimanlarında fayda elde etmek için iki önemli zorluğun üstesinden gelmek gereklidir. Birinci güçlük, sistemin performans üzerindeki belirsizlik etkisinin azaltılmasıdır.

Sürekli alçalma yaklaşmasının başarısı, uçağın performans özellikleri, rüzgâr koşullarındaki değişkenlik ve pilotun gösterdiği reaksiyon süresine önemli ölçüde bağlıdır. Rüzgâr ve pilot reaksiyonunun değişkenliği, yaklaşmanın başarısızlığına (pas geçme ile daha fazla gürültü artışı), ön görülen varış zamanında sapmalara, uçak hız profilinde değişkenliğe yol açarak uçağın rotasını olumsuz yönde etkileyebilir.

Diğer uygulama zorluğu ise farklı hızlarla yavaşlayan uçakların manuel ayrımında hava trafik kontrolörlerinin yetersizliğidir. Uçakların farklı oranlarda yavaşlaması nedeniyle değişken hızlarda sürekli alçalma yaklaşması mümkün olmadığından havalimanına yaklaşımda hava trafik kontrol birimleri uçaklara hız ile ilgili talimatlar vererek gerekli ayrımı sağlarlar. Bu uygulama havalimanı verimini düşürür ve yoğun trafiğin olduğu durumlarda sürekli alçalma yaklaşmasını sınırlar (Ho.N.T, 2005, s. 20-21).

Optimum sürekli alçalma yaklaşması, düşük geri sürükleme konfigürasyonunda, mümkün olduğunca az motor takat değişiklikleri ve minimum seviye uçuşu ile sürekli alçalma uçuş rotası olarak uçulur. Son yaklaşma noktasından önce, uçak hızı ve iniş konfigürasyon değişiklikleri (iniş takımları, flap/slatların açılması) gerekmektedir.

Yüksek irtifadaki uçakların toplam enerjisi ve sürükleme araçları alçalış esnasında verimli şekilde kullanılabilir, ancak pilot prosedür kısıtlamalarına göre uçağın hızını ve alçalış oranını yönetmek için gerekli esnekliğe sahip olmalıdır. VNAV

kabiliyeti ve FMS ile donatılmış uçaklar için ideal alçalma, FMS veri tabanında bulunan yatay uçuş rotası ile planlanabilir.

Aletli uçuş prosedüründe başlangıç, ara ve son yaklaşma noktaları (IAF, IF ve FAF/FAP) vektör ile rüzgâr altı bacağına birleştirme noktaları sürekli alçalma yaklaşmasını kolaylaştırmak için tasarlanmış olabilir. Uçulan prosedür açıkça uygun grafik üzerinde belirtilmelidir. Sürekli alçalma yaklaşmasının eksiksiz uygulanması trafik yoğunluğu ve kontrolörün iş yüküne bağlı olabilir. Bir sürekli alçalma yaklaşması uygulamak pilotun yeteneğinin dışında, hava trafik kontrol müsaadesine bağlı olarak taktik veya yayınlanmış prosedürlere göre gerçekleştirilir.

Sürekli alçalma yaklaşmasının uygulanmasına olanak tanıyan çok sayıda önemli parametre vardır. Bu parametrelerin çoğu, bugünün hava trafik kontrol sistemlerine ve mevcut uçaklara aktivasyonu için teknolojik açıdan uygundur. Ancak, tam uygulama için kritik olan iki önemli husus hala gelişim aşamasındadır. Bunlar;

- a) Hava trafik kontrol merkezleri ve sektörler arasında bir uçağın bütün alçalma paternini kapsayan müsaadeleri koordine etmek için hava trafik kontrol birimlerinin kabiliyeti;
- b) Karmaşık trafik ve hava sahası kısıtlamalarının olduğu durumlarda yakıt verimliliği ve alçalma çözümleri sağlayabilen yer karar destek araçlarıdır (ICAO, 2010, s. 54).

Yer karar destek sistemleri tarafından uçuş yolu oluşturulması, hava trafik kontrol birimleri arasında gerekli iletişim, oluşturulan uçuş yolunun sistemlerin (CPDLC) veri bağlantı hattı üzerinden uçuş ekibine gönderilir. Uçuş ekibinin gelen uçuş yolunu FMS sistemine yüklemesi, FMS ile verilen uçuş yolunun uçulması, uçağın uçuş yolu üzerindeki noktaları geçme zamanını hava trafik kontrol birimlerine göndermesini içeren gerekli sistem bileşenleri ve otomatik uçuş döngüsü üzerinde çalışmalar sürdürülmektedir (ICAO, 2010, s. 55).

3.1.1 Hava Sahası ve Prosedür Tasarımı Kısıtlamaları

Hava seyrüsefer hizmetleri, prosedürler ve uçak operasyonları varış ve yaklaşma gereksinimleri için PANS–OPS, (ICAO, Doc. 8186) kullanılmalıdır. Mümkün olduğu ölçüde sürekli alçalma yaklaşması prosedür tasarımında aşağıda belirtilen hususlar göz önünde bulundurulmalıdır.

Düşük takatli alçalma paterni, performans, ağırlık, atmosferik şartlar ve temiz uçak konfigürasyonunda minimum motor takat ile gerçekleştirilen bir paternidir. Performans ve alçalış açısı yer referansına göre değişmektedir.

Geometrik alçalma paterninin kullanımı bir seçenek olarak görülebilir. Geometrik alçalma bölümü yer referansına göre sabit açılı alçalma paternidir. Mevcut uçak ağırlığı, konfigürasyonu ve atmosferik şartlardan dolayı minimum takatli alçalma mümkün olmayacaksa, ilave motor takati veya geri sürüklenme araçları, geometrik paternde uçağı tutmak için gerekli olabilir. Uçulan yol boyunca geometrik alçalma bölümleri, irtifa veya sürat kısıtlamalarından dolayı olabilir.

İrtifa kısıtlamaları, sürekli alçalma uçuş rotasını kısıtlamamalıdır. Hava sahası tasarımından kaynaklanan irtifa kısıtlamaları, uçuş yolunu en az düzeyde etkilemelidir. Planlanan minimum, maksimum seviyeler ya da irtifa geçişleri, sürekli alçalmaya müsaade etmeli ve iş yükünü düşürmelidir.

Uçak konfigürasyonu ve performans değerleri de sürekli alçalma uçuş rotası üzerindeki kısıtlamalar olarak prosedür tasarımında dikkate alınmalıdır (ICAO, 2010, s. 27).

3.1.1.1 İşbirliği ve standardizasyon

Sürekli alçalma yaklaşması tasarımı ve değişikliklerinde, uygun haberleşme kanalları, çevresel kuruluşlar, uçak operatörleri, havalimanı işletmecileri, havacılık düzenleyicileri ve hava seyrüsefer servis sağlayıcılarını (ANSP) kapsayan bir iş birliği sürecine ihtiyaç duyulmaktadır. FMS, performans ve uçuş prosedür uzmanları da sürekli alçalma yaklaşması tasarım ekibine dahil edilmelidir.

Tüm aletli uçuş prosedürlerinde olduğu gibi sürekli alçalma yaklaşması tasarımının kokpit prosedürlerinin standardizasyonunu destekleyen uçuş grafikleri ve uçuş yönetim sistemi veri tabanı kurallarına uyumlu olmalı ve standart hale getirilmelidir (ICAO, 2010, s. 27-28) (EUROCONTROL, 2008, s. 7).

3.1.1.2 Sürat kısıtlamaları

Belirli hız sınırlamaları, yüksek trafik yoğunluğu olan bölgelerde genellikle uçaklar arasındaki mesafeyi koruyabilmek ve düz uçuş irtifasından sürekli alçalma yaklaşması uygulamasına müsaade etmek için gerekebilir. Kalıcı hız kısıtlaması

düzenlemesinde teorik uçuş rotası boyunca piste olan mesafe dikkate alınmalıdır. Hız kısıtlamaları sürekli alçalma yaklaşmasının esnekliğini azaltır ancak en uygun trafik sıralamasına yardımcı olabilir. Uçak ve FMS' in özel sınırlamaları da dikkate alınmalıdır.

Önerilen kalıcı hız sınırlamalarına karar verilmeden önce tüm paydaşlar arasında koordine edilmesi gerekmektedir. Genel olarak, trafiklerin yüksek irtifalardaki hızları 280-290 knot' tan az olmamalıdır. Örneğin, deniz seviyesi (MSL) 10000ft' e kadar 280kt sürat muhafaza edilmeli bilgi notu grafik gösteriminde olabilir. Alçalışta Mach sürat yönetimini kullanan uçaklar için, pilotlar FMS' ten hız çevrimi için yardım alabilirler.

Uçuş ekibi tarafından hız kontrolü önceden planlanarak yaklaşma ve varış prosedürleri, irtifa uçuşu ya da sürüklenme etkisi yaratacak uçak sistemleri (sürat frenleri vs.) kullanılmadan gerçekleştirilebilirler (ICAO, 2010, s. 28).

3.1.1.3 Geçiş irtifası

Sürekli alçalma yaklaşması geçiş irtifası (TL) üzerinde başlatılırsa, prosedür tasarımcısı tarafından trafikler arasında bir mesafe oluşturulmalı ve patern boyunca minimum irtifa uçuşu ilave edilmelidir. Geçiş irtifası havalimanı mahalli basınç irtifasına dayanarak hesaplanmaktadır. Yerel sürekli alçalma yaklaşması tasarımları için geçiş irtifasının etkileri kararlaştırılmış ve tecrübeler ışığında gözden geçirilmiş olmalıdır.

Sürekli alçalma yaklaşmasının performansını optimize etmek için, geçiş irtifalarının mümkün olduğunca yüksek olması tavsiye edilir (10000ft veya daha yüksek). Sürekli alçalma geçiş irtifasının üzerinde başladığında, havalimanı mahalli basınç ve standart basınç arasında önemli bir fark varsa, bu durumdan dikey uçuş paterni etkilenir ve alçalma oranında geçici bir değişim görülebilir (ICAO, 2010, s. 28).

3.1.1.4 Uçuş grafiklerindeki sorunlar

Sürekli alçalma yaklaşması operasyonları, CDA/STAR ve CDA yaklaşma gösterimi olmak üzere iki tip grafik içerebilir. Havacılık bilgi yayınlarında (AIP) karışıklığa sebebiyet verilmemesi için aşağıdaki hususlara dikkat edilmelidir;

- 1) Havacılık bilgi yayınları, grafik üzerinde açık ve net olarak sürekli alçalma yaklaşması ile ilgili tüm bilgileri sunmalıdır.
- 2) Havacılık bilgi yayınları, sürekli alçalma yaklaşması için gerekli bilgileri ve koşulları hava sahası kullanıcılarına da sunmalıdır.
- 3) Uygun pist ve zaman periyodunun olduğu her yerde sürekli alçalma yaklaşması teklif edilmelidir.
- 4) Kimlere uygulanır?
- 5) Hangi sürekli alçalma yaklaşması kolaylaştırma tipi sunulmaktadır.
- 6) Özellikle prosedür tasarımının bir parçası olarak gerekli olmadıkça, STAR grafiklerinde sürekli alçalma yaklaşması için belirli irtifa gösterimi veya hız sınırlamalarına ihtiyaç duyulmamalıdır.
- 7) İlk yaklaşma noktası sonrasında herhangi bir hız ve irtifa kısıtlaması grafik üzerinde açıkça gösterilmelidir.
- 8) İrtifa kısıtlamaları, alt/üst kısıtlamalar ya da irtifa gösterimleri (minimum ve maksimum irtifalar) kullanılarak ifade edilmelidir.
- 9) Sürekli alçalma yaklaşması yalnızca prosedürün bir parçası için geçerli ise, başlangıcı ve sürekli bir alçalma tekniğinin uygulandığı paternin sonu açık ve net bir şekilde grafik üzerinde gösterilmelidir.
- 10) Sürekli alçalma yaklaşması ismi grafik üzerinde uygun bir metinle ya da prosedür tasarımıyla gösterilebilir (ICAO, 2010, s. 29) (EUROCONTROL, 2011, s. 5).

3.1.1.5 Kokpit iş yükü

Sürekli alçalma yaklaşması için tasarlanmış bir prosedür, normal uçuş operasyonlarından beklenen limitler içinde kabul edilebilir iş yüküne sahip olmalıdır. Uçak üzerindeki FMS tarafından üretilen yatay ve dikey uçuş rotaları, ATC tarafından yapılan taktik müdahalelerin yanı sıra rüzgâr hızı ve yönü, atmosferik basınç, sıcaklık ya da buzlanma koşulları gibi değişkenler normal veri giriş usulleri kullanılarak uçuş ekibi tarafından kolayca modifiye edilebilmelidir. Belirli uçuş yönetimlerinde (vektör uygulaması) pilot iş yükü artacağından dolayı ideal bir sürekli alçalma yaklaşması uçmak mümkün olmayabilir.

ATC, sürekli alçalma yaklaşmasını kolaylaştırmak için pilota operasyonel esneklik, trafikler arasında uygun mesafe ve güncel bilgi sağlamalıdır. İlave sürat veya

irtifa kısıtlamaları, prosedür etkinliğini azaltırken pilot iş yükünü artırabilir (ICAO, 2010, s. 30).

Pilot iş yükünün hafifletilmesi için uçuş yönetim sisteminin uçuş ekibi ve sürekli alçalma yaklaşması prosedürü üzerindeki etkileri dikkate alınmalıdır. Uçuş yönetim sistemlerinin performansı ve operasyon değişkenliğine uygunluğu hava sahası tasarım metodolojisi açısından önemlidir. Uçuş ekipleri, FMS rehberliğinin hem yatay hem de dikey yayımlanmış bir prosedüre uygun olmasını sağlamak için gerekli usul ve yöntemleri rahatlıkla gerçekleştirebilmelidir.

FMS operasyonlarının çeşitliliği açısından, gelişmiş FMS'ler, dikey ve yatay uçuş planına kesin rehberlik sağlayan ve uçakların uçuş yönetim sistemlerine iyi entegre edilmiş olanlardır. Ayrıca, bu tür FMS'ler uçak modeline özgü uçak performans veri tabanlarını da içermektedirler. FMS'ler uçağın uçuş kontrol sistemine entegre edildiğinde, sürekli uçuşu yönettikleri için uçuş ekibinin iş yükünü azaltma ve uçuş ekibi açısından kesin rota yönetimi sağlama kabiliyetine sahiptirler. Yetenekleri kısıtlı olan FMS'ler ise patern yönetiminde, uçuş ekiplerinin daha aktif rol oynamasını gerektirmektedir.

FMS yeteneği ya da entegrasyonu ne olursa olsun uçuş ekibi, yayınlanan uçuş paterni ile uçağın uyumunu sağlamalıdır. Havacılık sektörü araştırması, uçuş ekibinin hata sıklığının uçuş ekipmanlarındaki karmaşıklık ve otomasyon değişkenliğine bağlı olduğunu ortaya koymaktadır. Uçuş ekibi hatasını etkileyen bir başka önemli faktör ise hava sahasının karmaşıklığıdır. Hava sahası giderek yoğun hale geldikçe, prosedür tasarımcıları, trafik, arazi ve çevresel kısıtlamalara cevap verebilmek için çeşitli tasarım teknikleri kullanmaktadır. Uçuş ekibinin FMS dışında uçak üzerindeki mevcut ekipman ve araçları kullanması ilave iş yükü ve karmaşıklık ile sonuçlanmaktadır. Prosedürlerin bazılarının FMS operasyonları ile uyuşmaması, uçuş ekibi hatalarını da beraberinde getirmektedir. Sonuç olarak sürekli alçalma yaklaşması iyileştirme faaliyetlerinde FMS kabiliyetleri dikkate alınarak prosedür tasarımları yapılmalıdır (ICAO, 2010, s. 57).

3.1.1.6 Pilot eğitimi

Sürekli alçalma yaklaşmasını, pilotun manuel olarak yapması ilave eylemler gerektirebilir. Sürekli alçalma yaklaşmasının kesin ve etkin yürütülmesi için, uçuş ekibi yaklaşıma başlamadan önce belirli konular ve gerekli prosedürler açısından

bilgilendirilmelidir. Konular ve gerekli prosedürler aşağıda belirtilen hususları içerebilir (ICAO, 2010, s. 30):

- a) Hız kısıtlamaları,
- b) İrtifa kısıtlamaları veya geçiş kısıtlamaları,
- c) Kullanılacak otomasyon seviyesi,
- d) Rüzgâr'ın olası etkisi, atmosferik basınç, altimetre ayarı (mahalli basınç) ve beklenen buzlanma koşulları,
- e) Geçiş irtifasının etkisi,
- f) ATC anlatımıdır.

Sürekli alçalma yaklaşmasının emniyetli ve etkin bir biçimde gerçekleştirilmesi için pilotların aşağıda belirtilen hususların farkında olması ve gerekli eğitimleri alması önemlidir.

- 1) Uçuş ekipleri, sürekli alçalma yaklaşması prensipleri ve ATC ile etkileşim konusunda eğitilmelidir.
- 2) Uçuş ekipleri, emniyetli sürekli alçalma uçuş yönetimine uygun değilse sürekli alçalma yaklaşmasını reddetmelidir.
- 3) Uçuş ekipleri, dikey profil ve en uygun başlangıç noktasını tespit etmelidir.
- 4) Uçuş ekipleri, ATC operatörlerinin, pilot sorumluluğunda ya da trafiklerin alçalışa hazır olduğunda talimat vererek sürekli alçalma yaklaşmasını kolaylaştırdığının farkında olmalıdır.
- 5) Uçuş ekipleri, gidilecek mesafe ve mevcut irtifa gibi belirli parametrelerde çapraz kontrol yapmalıdır.
- 6) Uçuş ekipleri, özellikle ara irtifa uçuşlarında ya da düzeltme yapılarak takip edilen uçuş rotasından sonra uçuş yönetim sistemi verilerinin güncel olduğundan emin olmalıdır.
- 7) Uçuş ekipleri, yaklaşma için uçağın stabil olmasını sağlamalıdır.
- 8) Emniyet ile ilgili hususların gerektirdiği durumlarda, uçuş ekipleri sürekli alçalma yaklaşmasını durdurmalıdır.
- 9) Uçuş ekipleri belirtilen raporlama yöntemleri doğrultusunda, sürekli alçalma yaklaşması için öngörülen herhangi bir emniyet sorununu rapor etmelidir (EUROCONTROL, 2011, s. 6).

3.2 Hava Trafik Kontrol Teknikleri

Yatay ve/veya dikey olarak tanımlanan yollar kullanılarak, yayınlanan sürekli alçalma yaklaşmasının maksimum etki ile yürütülmesi ve uçağın FMS ile hesaplanan parametrelere uygun olarak alçalmasına izin vermek için yeterli alanlar ile esnek hava sahası tasarımı gereklidir. Bir uçuş paterninin uzaması durumunda, uçaklar ideal dikey paternin altında kalacak, rotanın kısılması durumunda ise uçaklar optimum dikey paternin üzerinde kalacaktır. İlk durumda, istenen varış ya da yaklaşma alçalış profili elde etmek için daha fazla motor gücü gerekli olabilir. İkinci durumda ise, yüksek dalış oranı ile alçalış gerçekleşeceğinden dolayı yolcular için rahatsız edici bir yolculuk hem de sürati düşürmek için kullanılan sürat frenlerinden dolayı gürültü miktarında artış yaratan ilave geri sürüklenme meydana gelirken, yaklaşma paterni veya uygun profili tekrar yakalamak gerekli olabilir.

Pilot komutları operasyonel limitler içinde sürekli alçalma uygulamaya yönelik olmalıdır. Uçağın operasyonları üzerinde nihai otorite uçağın istikrarını asla tehlikeye atmamalıdır.

Vektöre dayalı sürekli alçalma yaklaşmasının yer izleri, önceden tanımlanmış sabit yatay rota profillerinden daha dağınık olacaktır. FMS ya da RNAV yeteneği olmayan uçaklar tarafından da uçulabilen vektör tabanlı sürekli alçalma yaklaşması, operasyonel bilgi ve deneyim gerektirir. Pilotun, uçulacak rota, rüzgâr, uçak performansı, pilot reaksiyon süresini de içeren, çeşitli değişkenlere dayalı en uygun alçalış profilini planlayabilmesi için, kontrolör tarafından pilota gidilecek mesafe rapor edilmelidir.

Pilotun sürekli alçalma yaklaşmasını vektör tabanlı uyguladığında, ILS süzülüş paternini yakalamadan önce istenilen irtifayı verebilmek için gerekli alçalma oranı ile dikey profil uçuşması gerekecektir. FMS desteği olmayan vektör tabanlı sürekli alçalma yaklaşması, önceden belirlenmiş rotaya dayanan bir sürekli alçalma yaklaşması ile kıyaslandığında alçalma profili optimizasyonuna daha fazla ihtiyaç duymaktadır. Bu ihtiyaç yaklaşma ve iniş ile ilgili pilotun diğer görev ve sorumlulukları ile çakışabilir, bu durumda pilot iş yükü arttırılmış, durumsal farkındalık olumsuz etkilenmiş olacaktır. ATC tarafından sağlanan gelişmiş durumsal farkındalığa göre hareket edip etmeme kararı pilotun sorumluluğunda olacaktır. Alçalma boyunca pozitif ve negatif iş yükü etkilerinin değerlendirilmesi yapılmalı ve sürekli alçalma yaklaşmasının tasarımında dikkate alınmalıdır (ICAO, 2010, s. 31).

3.2.1 Hava Trafik Kontrol Eğitimi

Kontrolörler, hava trafik kontrol birimlerinin kontrol ettiği sürekli alçalma yaklaşmasının özel tipleri, sürekli alçalma yaklaşması ile birleşik profiller ve sürekli alçalma yaklaşması prosedürlerinin yürütülmesi ile ilgili operasyonel faydaları ve sonuçları açısından bir anlayışa sahip olmalıdır. Sürekli alçalma yaklaşması operasyonel olarak belirli eğitim ve bilgi gerektirir. İş üzerinde eğitim ya da gerçekçi simülasyon uygulamaları ve tekrarlayan eğitimler, kontrolörün yeterliliğini sağlamak için eğitim sürecinin temel parçaları olmalıdır. Kontrolörler, özellikle hız kontrolü ve patern modifikasyonunun etkileri, sürekli alçalma yaklaşmasının doğasında olan çevresel etkilerinin ve uçak enerji yönetiminin temelini anlamalı aynı zamanda kontrolör/pilot iletişim ihtiyacının farkında olmalı ve aşağıda belirtilen konularda gerekli eğitimi almalıdır (ICAO, 2010, s. 32) (EUROCONTROL, 2008, s. 19).

- 1) ATC operatörleri, sürekli alçalma yaklaşması ilkeleri ve uçuş paternleri üzerindeki etkileri konusunda eğitilmelidir.
- 2) ATC operatörleri, uçak enerji yönetim ilkelerinin farkında olmalıdır (uçuş yönetim uygulamaları ile tutarlı talimatlar sağlamalı ve sürekli alçalma yaklaşması trafik davranışlarını tahmin edebilmelidir).
- 3) ATC operatörleri, sürekli alçalma yaklaşması uygulayan trafikler arasında ve sürekli alçalma yaklaşması uygulayan/uygulamayan trafikler arasında yeterli mesafeyi sağlamak için profil değişimlerini dikkate almalıdır.
- 4) ATC operatörleri, pilot sorumluluğunda ya da trafiklerin alçalışa hazır olduğunda talimat vererek sürekli alçalma yaklaşmasını kolaylaştırabilmelidir.
- 5) ATC operatörleri, piste olan mesafe bilgisini doğru zamanlı pilotlara rapor etmelidir.
- 6) ATC operatörleri, uygun olarak düzenli zaman aralıklarında güncellenen gidilecek mesafe bilgisi sunmalıdır.
- 7) ATC operatörlerinin verdiği hız ve/veya "direk rota" talimatları sürekli alçalma yaklaşmasının felsefesi ve güncel profiller ile uyumlu olmalıdır.
- 8) ATC operatörleri, emniyetin gerektirdiği her zaman hız ve irtifa kontrolü ile standart radar vektörlerini kullanmalı ve gerektiğinde sürekli alçalma yaklaşması sürecini durdurmalıdır.

- 9) ATC operatörleri, sürekli alçalma yaklaşması sırasında oluşan herhangi bir emniyet sorununu rapor etmelidir (EUROCONTROL, 2011, s. 6).

3.2.2 Kontrolör İş Yüğü

Vektör tabanlı sürekli alçalma yaklaşması kullanıldığında, kontrolör iş yükü bazı bölgelerde artabilirken, düz uçuş irtifa yönetiminde azalabilir. Pilota gidilecek mesafe bilgisinin sağlamak için uçulan paternin mesafesi ile ilgili kontrolörün öngörüsü gerekmektedir. Gidilecek mesafe bilgisinde olduğu gibi, dikey patern öngörüsü otomatik olarak entegre edilemediğinden, elde edilen sonuçlar ile ideal rotanın ne olduğuna ilişkin yaklaşık tahmin yapılmaktadır. Uygulanan hız veya irtifa kısıtlamaları pilotun iş yükünü arttırırken, prosedür etkinliğini azaltabilir. Gerekirse trafiklerin ayrımı ve/veya mesafe gereksinimleri ya da diğer durumlar nedeniyle, kontrolör, sürekli alçalmayı sonlandırarak, hız kısıtlaması ya da irtifa revizesi ile müsaade edilen değişikliği yapacaktır.

Kapalı patern sürekli alçalma yaklaşması, kontrolör pilot iletişim seviyesini düşürerek, potansiyel olarak kontrolörün ve pilotun hem iş yükünü azaltma hem de öngörülebilir bir uçuş paterni sağlama potansiyeline sahiptir (ICAO, 2010, s. 32).

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

SÜREKLİ ALÇALMA YAKLAŞMASI UYGULAMA SÜRECİ VE ÖN ŞARTLAR

Bu bölümde sürekli alçalma yaklaşmasının uygulanması için süreç sunulmaktadır. Bu süreç yerel gereksinimler, sorunlar ve görüşler dikkate alınarak geliştirilmelidir. Sürekli alçalma yaklaşması uygulaması diğer uçak operasyonları ve çevresel öncelikleri geliştirirken işbirliği sürecini kullanmaktadır. Sürekli alçalma yaklaşması uygulama gereksinimleri olarak aşağıda belirtilen hususlar dikkate alınmalıdır; (ICAO, 2010, s. 34).

- a) Radar temelli sürekli alçalma yaklaşması uygulamasında hava trafik kontrolü tarafından pilota doğru gidilecek mesafe bilgisi verilmelidir.
- b) Yayınlanan sürekli alçalma yaklaşmasına uygun metin ve çizelgeler kullanılmalıdır.
- c) İrtifa kısıtlamaları ve/veya minimum uçuş irtifalarına ilişkin bilgilerin, sürekli alçalma yaklaşması uygulama materyaline entegrasyonu yapılmalıdır.
- d) Uyumlaştırılmış sürekli alçalma yaklaşması uygulaması için stratejiler geliştirilmelidir (Kontrolör/pilot iş yükü üzerindeki etkinin en aza indirgenmesi ve sürekli alçalma yaklaşması dikey profilleri üzerinde hız ayarlamaları çevresel etkileri ile ilgili).
- e) Yeterli planlama yapılmalıdır (Taktik planı etkileyecek değişkenler, çoklu trafik akışlarının tek bir akış içine entegrasyonunun karmaşıklığı, kontrolör iş yükü, gidilecek mesafe bilgisi güncellemesinin verildiği noktadaki farklılıklar, stabil olmayan yaklaşımlarda süzülüş hattı kesişim ihtiyacı, alçalış öncesi uçuş sistem bilgisi ihtiyacı, uçuş ekibi prosedürleri/uygun alçalma profili uygulamak için uçak sistem yeteneği, STAR ve/veya geçiş

prosedürlerinin bir parçası olarak gidilecek mesafe bilgisinin yayınlanması, alçalış rotasının optimize edilmesine olanak sağlayacaktır).

- f) Standart terminal varış rotalarında yayınlanan sürekli alçalma yaklaşımları; uçuş rotasından ilk yaklaşma noktasına kadar olan standart rotaları belirtmek üzere tasarlanmıştır ve uygun bir geçiş ile son yaklaşma noktasına yönlendirmeyi sağlayabilir, RNAV/STAR ve aletli yaklaşma prosedürleri, farklı uçak tipleri ve atmosferik koşullar da uygulanabilecek şekilde tasarlanmalıdır, STAR ve geçiş grafikleri uygun yol işaretleri ile gidilecek mesafe bilgisi hakkında bilgi içermelidir. STAR tabanlı prosedürler, daha tahmin edilebilir bir profil sağlar ve pilotun alçalmayı takip etmesini kolaylaştırmak için yol işaretleri ve hızları içermektedir.

Pilotların son yaklaşımda uçakları stabil duruma getirmesini ve yavaşlamasını sağlamak için, operasyonel ve arazi sınırlamalarının izin verdiği durumlarda, son yaklaşma paterni, pist başından uygun bir uzaklık ve irtifadan başlamalıdır (Bu durum, üç derecelik bir süzülüş hattı için 3000ft/10nm olabilir).

Terminal alanındaki geçiş irtifası pilotun sürekli alçalma yaklaşması için ideal alçalış hızı ve oranını belirleme yeteneğini etkileyebilir. Sürekli alçalma yaklaşması sırasında standart altimetre ayarından mahalli basınç için bir değişiklik yapılması gerektiğinde pilot iş yükü önemli ölçüde artabilir. Özellikle mahalli basınç, standart basınçtan önemli ölçüde farklı olduğunda tasarlanan sürekli alçalma yaklaşması uçuş tekniği ve performans değişikliklerine izin vermelidir (EUROCONTROL, 2008, s. 14-15).

4.1 Sürekli Alçalma Yaklaşması Uygulama Prensipleri

Uygulama süreci esnasında ve öncesinde aşağıdaki prensipler takip edilmelidir:

- a) Operasyonların emniyetinden hiç bir şekilde taviz verilmemidir,
- b) Sürekli alçalma yaklaşması hava seyrüsefer servis sağlayıcıları, uçak ve havalimanı işletmecileri arasında sıkı bir işbirliği gerektirir,
- c) Sürekli alçalma yaklaşması için belirli bir seviye ve noktadan sonra vektörler tarafından takip edilen ilk yaklaşma noktası uygulanabilir bir çözüm olabilir,
- d) Sürekli alçalma yaklaşması, hava sahası değişiklikleri, RNAV/RNP yaklaşımları ya da gelişmiş otomasyon sistemleri ile kolaylaştırılması düşünülmelidir,

- e) Sürekli alçalma yaklaşmasının etkinliği, uçağın uçuşuna müsaade edilen hızlar ve onların mümkün olduğunca etkin çalışmasına izin veren yollar üzerinde uçulması, mümkün olduğunca gereksiz irtifa uçuşlarına mani olunması, mümkün olan her zaman minimum düzeyde motor takati ve alçalmaya erken ya da geç başlamayı engelleyen müsaadelere dayanır,
- f) Optimum sürekli alçalma yaklaşması, sabit yatay patern ve uçakların engelsiz alçalmasını sağlayan önceden planlanmış dikey patern gerektirir. Yayınlanan irtifa kısıtlamaları, uçakların engelsiz alçalmasına müsaade edecek şekilde tanımlanmalıdır,
- g) Yüksek irtifalarda gürültü daha az öneme sahip iken, ana hedefler geliştirilmiş yakıt verimliliği ve emisyon oranlarındaki düşüşlerdir,
- h) Enerji yönetimi başarılı bir sürekli alçalma yaklaşması için son derece kritiktir,
- i) TOD noktasından başlanan sürekli bir alçalmayı tamamlamak ideal olanıdır,
- j) Düşük irtifalarda kısmi bir sürekli alçalma ile uğraşmaya değer (uçuş başına 50/100 kg yakıt tasarrufu) kazanç elde edilebilir,
- k) Değişen uçuş senaryoları için farklı sürekli alçalma yaklaşması profilleri bir havalimanında kullanılabilir. Ancak, bu tür durumlarda potansiyel karışıklığı önlemek amacıyla hava trafik kontrol birimlerinin koordinasyonunun yapılması gereklidir,
- l) Sürekli alçalma yaklaşması, havalimanı kapasitesini olumsuz etkilememelidir. Basit olarak başlamalı ve deneyim ile üzerine inşa edilerek geliştirilmelidir, böyle bir yaklaşım yeni teknolojiler için hazır olmuşluk sağlayacaktır,
- m) Sürekli alçalma yaklaşması, uçuş operasyonlarının tamamı dikkate alındığında diğer operasyonlar için büyük bir dezavantaja neden olmamalıdır (ICAO, 2010, s. 34-35).

4.2 Uygulama Süreci

Yerel sürekli alçalma yaklaşması için Hava Seyrüsefer Hizmeti (ANS)/Hava Trafik Yönetim (ATM) sistemlerinde herhangi bir değişikliğin gerçekleştirilmesi sürecinde risk değerlendirmesi ve riskin azaltılması gerekmektedir. Avrupa havalimanlarında sürekli alçalma operasyonları emniyet değerlendirmesi için

EUROCONTROL tarafından yayınlanan doküman dikkate alınmakta ve emniyet değerlendirmesinin gelişimi için rehberlik sağlaması amaçlanmaktadır. Şekil 4.1’de verilen sürekli alçalma yaklaşması uygulama süreci akış şeması aşamaları aşağıda açıklanmaktadır (ICAO, 2010, s. 35-36).

Başlangıç aşaması;

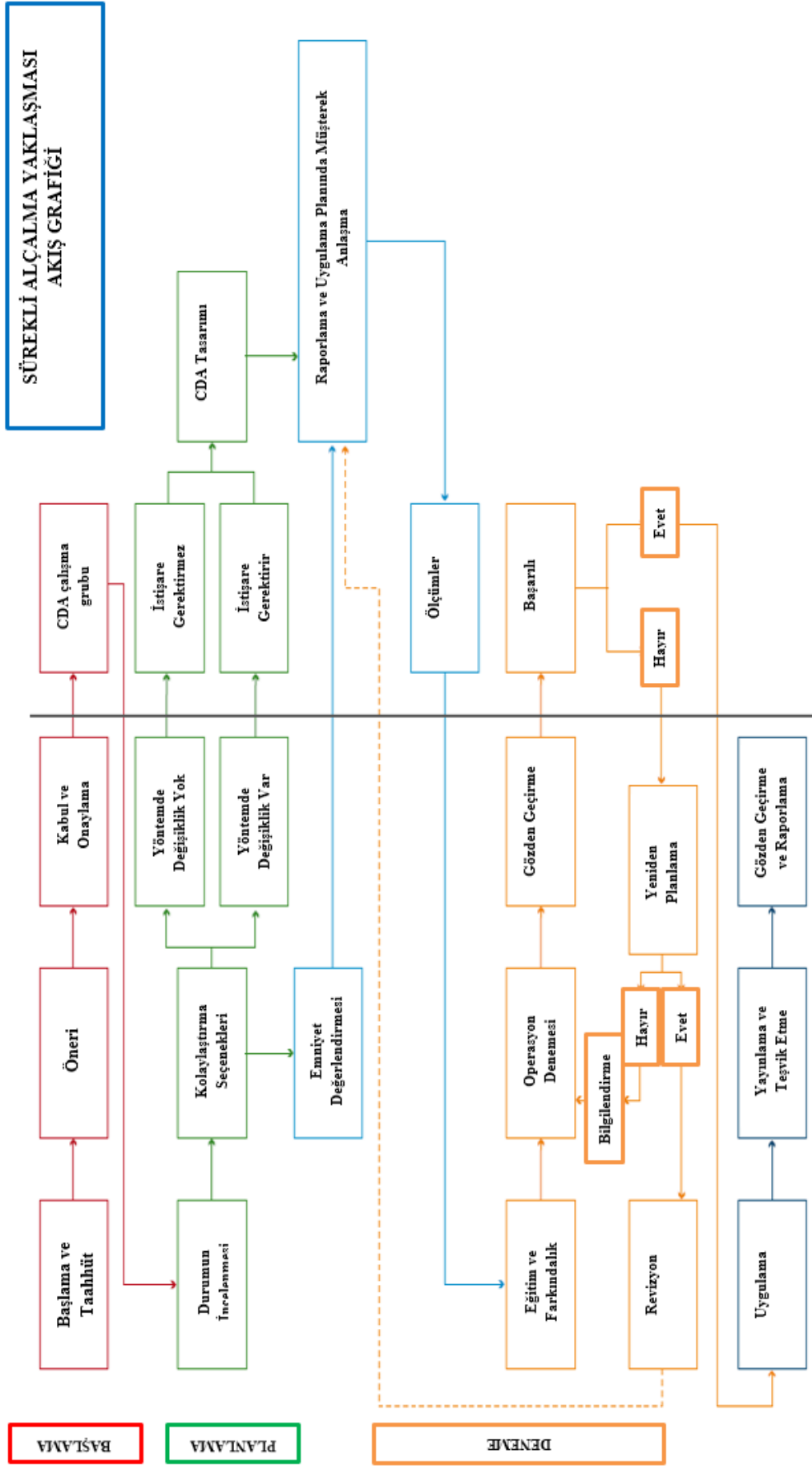
- 1) Başlatma/Taahhüt; Sürekli alçalma yaklaşması olanaklarını değerlendirmek üzere ANSP, Hava Yolları & Havalimanı operatörlerinin taahhüdü gerekmektedir,
- 2) Öneri; Sürekli alçalma yaklaşmasının uygulanabilir olduğunu ilgili taraflara önerilmelidir,
- 3) Kabul ve Onaylama; Önerinin uygulanabilir olduğunu tüm tarafların kabul etmesidir,
- 4) Sürekli Alçalma Yaklaşması Çalışma Grubu; Sürekli alçalma yaklaşması çalışma grubunun oluşturulmasıdır (ANSP, havayolu, havalimanı düzenleyicileri, çevreden sorumlu personel, vs.) (EUROCONTROL, 2011, s. 10).

Planlama aşaması;

- 1) Mevcut Durumun Ayrıntılarının İncelenmesi; Temel durumu içeren verilerin elde edilmesi, örneğin gürültü ve uçuş izleri, radar verileri, çevre ölçümleri, mevcut ATM teknikleri, vb.
- 2) Sürekli Alçalma Yaklaşması Kolaylıklarının Seçimi; Sürekli alçalma yaklaşması kavramını başarmak için gerekli kolaylıklar seçilir,
- 3) Yerel Emniyet Değerlendirmesi; Faaliyetlere paralel olarak çalışır,
- 4) Operasyonun Mevcut Yönteminde Değişiklik Yok; Bu durum istişare gerektirmeyecektir,
- 5) Operasyonun Mevcut Yönteminde Değişiklik; Danışma ve eylem gerektirir, bu aşama sürekli alçalma yaklaşması tasarımı ile paralel olarak çalışabilir,
- 6) Sürekli Alçalma Yaklaşması Tasarımı; Sürekli alçalma yaklaşması tasarımı ve değerlendirmesi ile sonuçlanır. Tasarım panelinin üyeleri ANSP, Pilotlar, havayolları, havalimanı düzenleyicilerini içermelidir. Bu aşamada uçabilirlik için uçak simülasyonu gerekli olabilir,

- 7) Raporlama ve Uygulama Planında Müşterek Anlaşma; Sürecin devamlılığı için tüm tarafların kabulü ve sürekli alçalma yaklaşması tasarım ve emniyet değerlendirmesi yapılır. Süreç periyodik olarak gözden geçirilir,
- 8) Ölçümler; Tüm taraflar için kabul edilebilir ölçümler kurulur (EUROCONTROL, 2011, s. 10).





Şekil 4.1: Sürekli alçalma yaklaşması uygulama süreci (EUROCONTROL, 2011, s. 8-9).

Deneme aşaması;

- 1) Eğitim ve Farkındalık; Tüm taraflar için eğitim gereksinimlerinin kapsamı belirlenir ve iletişim planları hazırlanır. Bu aşamada simülasyon gerekli olabilir,
- 2) Operasyonel Deneme; Uzlaşılan kriterler etrafında sınırlı operasyonel deneme uygulamasıdır. Bu gerektiğinde tam bir deneme olarak genişletilebilir,
- 3) Denemenin Gözden Geçirilmesi; Denemenin başarılı olup olmadığına karar vermek için gözden geçirilmelidir,
- 4) Deneme başarılı mı?
- 5) Hayır; Sürekli alçalma yaklaşmasının yeniden planlanması gerekir mi?
- 6) Evet; Sürekli alçalma yaklaşmasının küçük bir revizyonu sonrası tekrar eğitim ve farkındalık, komple revizyon gereksinimi sonrası sürekli alçalma yaklaşması tasarımı için önceki adımlara dönülmesi gerekmektedir,
- 7) Hayır; Kısa bilgilendirme sonrası operasyonel deneme uygulanması,
- 8) Deneme Başarılı mı?
- 9) Evet; Sürekli alçalma yaklaşması tasarımının uygulamaya aktarılmasıdır (EUROCONTROL, 2011, s. 11).

Uygulama aşaması;

- 1) Uygulama; İlgili yerde gerekli tüm ölçümler ile kalıcı prosedürleri kolaylaştırmak için (anlatım biçimi dahil) gerektiği gibi prosedürlerin tam bir hazırlığının yapılmasıdır,
- 2) Yayınlamak ve Teşvik Etmek; Sürekli alçalma yaklaşmasından yararlanacak tüm tarafları (Yerel topluluklar, vb) teşvik etmek ve yürürlükteki havacılık bilgi yayınlarında yayınlamaktır,
- 3) İleriye Dönük İnceleme Ve Raporlama; İnceleme sürecinin ve ölçümlerin devamlılığını sağlamak. Periyodik olarak raporlar ve istatistikler üretmektir.

Deneme başladıktan sonra, operasyonel personel ve yerel havayolları önerileri doğrultusunda sürekli alçalma yaklaşmasının performansını artırmak için fırsatları belirlemek amacıyla gelişim sürekli gözden geçirilmelidir. Sonlandırılan ya da modifiye edilen uçuşlar hariç uygulanan sürekli alçalma yaklaşımlarını belirlemek için uygun geribildirim düzenlemeleri ve açık raporlama tüm üyeler arasında teşvik edilmelidir (EUROCONTROL, 2011, s. 11).

4.3 İşbirliğinin Önemi

Başarının temel şartı, hava seyrüsefer servis sağlayıcıları, havalimanı işleticisi ve hava sahası kullanıcıları arasında ortak bir çalışma düzenlemesi yoluyla yönetilecek etkin bir işbirliğidir. Ön koşul olmamasına rağmen, çevre yönetimi uygulaması ile en iyi sonuç elde edilebilir.

Sürekli alçalma yaklaşması, potansiyel gürültü hassasiyetinin olduğu bölgelerde 3.000/10.000ft arasında bu alanların üzerinden uçarak uygulanır. Başarılı bir sürekli alçalma yaklaşmasının temel gereklilikleri aşağıdaki gibidir;

Prosedür değişikliklerinin çevre hassasiyeti, operasyonel ve ekonomik fayda sağlayıp sağlamayacağına karar vermek için operasyonel paydaşlar, ön inceleme ve değişikliklerin planlanmasına yardımcı olmalıdır.

Sürekli alçalma yaklaşmasının mümkün olup olmadığını erken aşamada değerlendirmek için simülatörlerin kullanılması da dahil olmak üzere olumlu bir emniyet, maliyet ve fayda incelemesi yapılmalıdır.

Operasyonel paydaşların üst düzey yönetimleri sürekli alçalma yaklaşması hususunda kararlı olmalıdır.

Yerel sakinler ve havalimanı yönetiminin bir bütün olarak fayda sağlaması için operasyonel uygulamayı değiştirmeye istekli olmalıdırlar.

Havacılık ile ilgili düzenleme yapan kurumların desteği ve etkili işbirliği uygulamaya yardımcı olacaktır.

Sürekli iyileştirme sürecinin bir parçası olarak katılımcılara sürekli olarak tanıtım, eğitim, performans izleme ve performans geribildirimini sağlanmalıdır (EUROCONTROL, 2008, s. 22).

Sürekli alçalma yaklaşmasının başarılı bir şekilde uygulanması, tüm paydaşlar arasında uyumlu ve eksiksiz bir işbirliğini gerektirmektedir. Sürekli alçalma yaklaşmasına özgü işbirlikçi grup kurulmalı ve bu grup üye olarak tüm paydaşları içermelidir (ICAO, 2010, s. 36).

4.4 Halkla İlişkiler ve İstişare

Sürekli alçalma yaklaşması azaltılmış gürültü açısından faydalar sunarken, aynı zamanda doğa veya gürültü etkilerinin yerlerini de değiştirebilir. Kalabalık nüfusun

yaşadığı alanlarda, azaltılmış gürültü için sürekli alçalma yaklaşmasından yararlanılabilir.

Gürültü artışından küçük yerleşim birimleri de etkilenebilir. İlgili taraflar ile istişare seçenekleri değerlendirilir ve planlı bölgelerin değiştirilmesi gerekebilir. Bu istişare buldukları yer ve toplum ilişkileri yönünden dikkatle ele alınmalıdır. Örneğin, sürekli alçalma yaklaşması ile uyumlu rotalar yerleşim birimleri ile ilgili hassasiyete göre düzenlenebilir. Birleştirme noktaları tekniklerini kullanarak sürekli alçalma yaklaşması kolaylaştırılır ancak uçakların yatay profilleri değişebilir (ICAO, 2010, s. 36-37).

4.5 Sürekli Alçalma Yaklaşması Uygulama Sürecinde Hareket Tarzı

Sürekli alçalma yaklaşması, uluslararası, devlet veya yerel seviyede stratejik bir hedef olabildiği gibi hava sahası yapısının gözden geçirilmesine de neden olabilir. Gürültü, hali hazırda son yaklaşıma kadar 3 derecelik sürekli alçalma ile üretilmektedir. Gürültü performansı havalimanı çevresinde bazı alanlarda geliştirilmiş olsa bile, havalimanı yer operasyonlarında aynı hassasiyet gösterilmez ise mevcut gürültü eğrisi etkilenmeyebilir. Sürekli alçalma yaklaşması esnasında gerçekçi olmayan beklentileri yükseltmemek, başarılı bir uygulama ve olumlu performans için önemlidir.

Sürekli alçalma yaklaşmasının emniyet açısından değerlendirilmesine ek olarak, diğer hava trafik operasyonları ve çevre üzerindeki etkisi şeffaf bir şekilde değerlendirilmeli ve geliştirilmelidir.

Sürekli alçalma yaklaşmasının basit veya sınırlı başlangıcı, sürekli alçalma yaklaşması iyileştirmelerinin devamlılığı adına ilk adım olarak görülmelidir. Suçlama olmayan bir kültürde, gelişmeleri desteklemek amacıyla emniyet ve performans konularında açık ve samimi tartışmaya müsaade edilmelidir (ICAO, 2010, s. 36-37).

BEŞİNCİ BÖLÜM

SÜREKLİ ALÇALMA YAKLAŞMASI PLANLAMA

5.1 Ön Değerlendirme

Sürekli alçalma yaklaşmasının ön değerlendirmesinin yapılması, uygulama adımlarını sağlam temellere dayandırır. Genel amaç sürekli alçalma yaklaşmasının muhtemel uygulanabilir olup-olmadığına paydaşlar olarak karar vermektir.

Aşağıda belirtilen hususlar ortak bir yaklaşıma ihtiyaç duymaktadır:

- a) Temel durum nedir,
- b) Sürekli alçalma yaklaşmasından kaynaklanan performans değişiklikleri (pozitif/negatif),
- c) Doğrudan ve dolaylı engeller, riskler ve yüksek irtifalarda var olan imkânlar,
- d) Sürekli alçalma yaklaşmasını kolaylaştırıcı alternatifler nelerdir.

Ön değerlendirme kapsamı geniş çaplı, derinlemesine belirtmeli ve aşağıdaki temel konular dikkate alınmalıdır:

- a) Nüfusun yoğun olduğu merkezler ile ilgili olarak uçak nerede uçmalı,
- b) Geliş/gidiş etkileşimleri nasıl olmalı,
- c) Örneğin, trafik izleme sistemleri, radar/uçuş veri kayıtlarını kullanarak, mevcut dikey varış/yaklaşma ve uzaklaşma profilleri nelerdir, varış/yaklaşma ve gidiş hangi uçuş irtifalarında olmalıdır,
- d) Mevcut sürekli alçalma yaklaşmasının gerçekleşme sıklığı nedir,
- e) Sürekli alçalma yaklaşması ile ilgili planlar veya gelişmeler, havalimanında ve hava sahası içinde uygulanabilir mi,
- f) İlgili yönetmelik ve politikalar, örneğin, danışma gereksinimleri nelerdir,
- g) Hava trafik kontrol ve uçuş simülasyonu, izleme ve geribildirim döngüsü açısından hangi kabiliyetlere ihtiyaç olacağı,

- h) Sürekli alçalma yaklaşmasının etkileri nelerdir (Örneğin, kapasite veya kalkış profilleri üzerindeki etkileri),
- i) Riskler ve azaltılması için gerekenler (örneğin, sürekli alçalma yaklaşmasının trafik yoğunluğunu nasıl etkileyebileceği),
- j) Pilot/kontrolör iletişim yükümlülükleri, sürekli alçalma yaklaşmasını nasıl geciktirebilir,
- k) Gürültü etkisi nasıl değişir (örneğin, gürültü etkisinin dağılması ya da yoğunlaşması, gürültü etkisinin coğrafi konumlarını değiştirmek),
- l) Var olan fırsatları hızlı bir şekilde değerlendirmek (örneğin, düşük trafik yoğunluğunda planlı sürekli alçalma yaklaşmasının hızlı uygulanması) (ICAO, 2010, s. 42-43).

5.2 Tercih Edilen Sürekli Alçalma Yaklaşmasının Uygulama Seçenekleri

Sürekli alçalma yaklaşması prosedür kapsamının yanı sıra uygulanmasını kolaylaştırmak için tüm seçenekler göz önünde bulundurulmalıdır (örneğin; başlangıç noktası/irtifası ve bitiş noktası). Değerlendirme yöntemi, çevre yasaları tarafından yönetilirse bu seçenekler daha da önemli hale gelmektedir. Alternatifler göz önünde bulundurulabilir, alternatifler aşağıda belirtilen hususları içerebilir:

- a) Sürekli alçalma yaklaşmasının kolaylaştırma yöntemleri kullanılmalıdır,
- b) Trafiğin düşük olduğu dönemlerde aşamalı giriş gerçekleştirmek,
- c) Otomasyon desteği veya diğer kolaylaştırma yöntemleri ile yoğun trafik seviyelerinde terminal hava sahasına girişleri aşamalı olarak yapmak,
- d) Tek veya kombine kolaylaştırma yöntemleri,
- e) Trafiklerin sıralaması, düşük irtifalarda vektör ile daha az karmaşık olabilir, vektör kullanma noktasından önceki varış/yaklaşma safhalarını RNAV yolları ile birleştirilerek,
- f) Prosedür ve vektör tekniklerini birleştirerek (örneğin; RNAV sabit rota yaklaşmasında uçağa bulunduğu rotadan vektör talimatı ile direk birleşme noktasına gitmesi sağlanır),
- g) Farklı trafik yoğunluk seviyelerinde sürekli alçalma yaklaşmasını farklı irtifalardan başlatarak,
- h) Trafiğin yoğunluğunun az olduğu dönemlerde sürekli alçalma yaklaşmasına TOD noktasından başlanmasıdır (ICAO, 2010, s. 43).

5.3 Tercih Edilen Sürekli Alçalma Yaklaşmasının Tasarımını Kolaylaştırma Seçenekleri

Bu aşamada sürekli alçalma yaklaşmasının uygulama çözümünün, neden ve nasıl seçildiği gerekçesi ile açıklanmaktadır. Tercih edilen bu seçenek artık tasarlanmaya ihtiyaç duymakta ve aşağıdaki eylemleri gerektirmektedir;

- a) Çözümün uygunluğundan emin olmak için gerekli rehberliğin ve uygulanabilir kuralların gözden geçirilmesi,
- b) Hava sahası değişikliklerinin gerekli olup olmadığını belirlemek,
- c) Prosedür tasarımına uygulanmak üzere karar vermek,
- d) Uçak operatörleri ve servis sağlayıcılar tarafından kullanılan manüeller, prosedürler, anlaşma metinleri ve diğer ilgili dokümanlarda gerekli değişiklikleri belirlemek,
- e) Uygulamanın, zamanında başlamasını sağlamak için gerekli teknik ön koşulları belirlemek (örneğin, navigasyon gereksinimleri ve yardımcıları, hava/yer tabanlı sistemler için yazılım güncellemesi),
- f) Eğitim ihtiyaçlarını belirlemek,
- g) Başlangıç emniyet değerlendirmesinin güncellenmesidir (ICAO, 2010, s. 43-44).

5.4 Stratejik Planlama

Seçilen sürekli alçalma yaklaşmasının uygulanması için tüm paydaşların anlaştığı ve desteklediği stratejik planın kabulü ve aşağıdaki konuları içeren ortak bir anlaşma belgesi gereklidir:

- a) Temel proje yönetimi,
- b) Sürekli alçalma yaklaşmasının gelişim evreleri (uzun vadeli vizyon doğrultusunda küçük adımlar listesi),
- c) Kritik patern aktiviteleri ve bunların yönetimi,
- d) Bireysel roller ve sorumluluklar,
- e) Hem proje yönetimi hem de sürekli alçalma yaklaşması değerlendirme amaçları için raporlama yapıları,
- f) Sürekli alçalma yaklaşması uygulama başarı oranı, örneğin başarı yüzdesi ve/veya yakıt tasarruf miktarları, emisyon oranlarının azaltılması,

- g) Emniyetli bir operasyonel değerlendirme sonuçlarının simülasyon ve doğrulama testleri için operasyonel deneme güvenlik gereksinimleri,
- h) Risk yönetimi değerlendirmesidir (ICAO, 2010, s. 44).



ALTINCI BÖLÜM

SÜREKLİ ALÇALMA YAKLAŞMASI UYGULAMA

Bu bölümde, sürekli alçalma yaklaşması uygulama sürecinde simülasyon ve onay, insan faktörü, sürecin devamına yönelik karar noktası, sürekli alçalma yaklaşmasının sürekli iyileştirilmesi, tam prosedür olarak uygulanması ve sürecin gözden geçirilmesi ele alınmaktadır.

Sürekli alçalma yaklaşması tekniğinin amacı, aynı zamanda hava trafik kontrol gerekliliklerini yerine getirirken yerdeki gürültünün de en aza indirgenmesidir. Sürekli alçalma yaklaşması gereksiz seviye uçuşundan kaçınmalı, pist başına göre uygun mesafe ve yükseklikte yaklaşma süzülüş hattı ile birleşmelidir. Sürekli alçalma yaklaşması tekniklerinin uygulanmasında aşağıdaki ilkeler göz önünde bulundurulmalıdır;

1. Uçuş emniyeti açısından uçak ve hava trafik kontrol gereksinimleri, sürekli alçalma yaklaşması ile ilgili tüm gerekliliklerin üzerindedir,
2. Sürekli alçalma yaklaşması tekniklerinin uygulanması araziden kaçınma ile ilgili mevcut sorumlulukları değiştirmez. Özellikle, bir uçak, hava trafik kontrolöründen radar vektörü veya bir geçiş noktasına doğrudan erişim izni almadıkça, pilot mevcut durumdan sorumludur,
3. Sürekli alçalma yaklaşması tekniklerini uygulama amacı, uçağın güvenli bir alçalış rotası uygulanmasını etkilemeden olabildiğince yüksek tutmak, böylece hava aracı gürültüsünün yerdeki etkisini azaltmaktır,
4. Gürültü ve yakıt tüketiminde ilave düşüşler LP/LD (düşük takat/düşük sürükleme) tekniklerinin uygulanmasıyla sağlanabilir. Bu durum, normalden biraz daha yüksek hızlarla alçalmayı gerektirir,
5. Sürekli alçalma yaklaşması, mevcut alet yaklaşma prosedürlerinde veya hava trafik kontrol usullerinde önemli değişiklikler yapmamalıdır,

6. Pilotların başarılı bir sürekli alçalma yaklaşması için yeterli düzeyde bilgilendirilmelidir. Bu durum, ilgili havalimanı için uygun AIP ve ATIS yayınları olabilir. Yerel sürekli alçalma yaklaşması uygulama stratejilerinin bir fonksiyonu olarak hava trafik kontrol birimi tarafından duyurulması gerekebilir,
7. Dikey profiller ile tasarlanan standart terminal varış rotalarından ve geçişlerden tamamen yararlanılmalıdır. Çevresel etkilerin azaltılmasında maksimum faydayı elde etmek için, sürekli alçalma yaklaşması tekniklerinin ilgili STAR ile birlikte uygulanmalıdır. Mevcut standart terminal varış rotaları, yol işareti, irtifa, mesafe ve hız referanslarını içerecek şekilde değiştirilebilir,
8. Radar vektörü esnasında alçalma izni mümkün olduğunca, uygun dikey profil ile orantılı bir noktaya gelinceye kadar ertelenmelidir,
9. Radar vektörü esnasında, ilgili sürat uyarıları, hava trafik kontrol tarafından pilotlara iletilir ve gerekirse güncellenir. Hava trafik kontrolörünün gidilecek mesafe tahmini yapması önerilir,
10. Hassas veya gözetim radarları yaklaşması için trafiklerin konum/mesafe bilgisi referans alınmalıdır, çağrı adı, pist başına olan mesafe yaklaşmanın herhangi bir aşamasında bildirilmeli ve aktif pist bilgisi verilmelidir,
11. STAR/AIP grafiklerinde gidilecek mesafe bilgisi sağlanmalıdır,
12. Uçak son yaklaşma paterninde, pistbaşına 10 NM kala stabil bir konfigürasyonda olmalıdır. Uçağın süzülüş hattı kesişmesinden hemen önce yavaşlaması için kısa süreli bir seviye uçuş gerekebilir. Seviye uçuşunun uzunluğu, rüzgâr, sıcaklık, ağırlık gibi parametrelere bağlıdır (EUROCONTROL, 2008, s. 16-17).

6.1 Simülasyon ve Onay

Sürecin bu aşamasında detaylı uçuş ve hava trafik kontrol simülasyonu gereklidir. Bu etkinlik, uygulama ve araştırmaya katılacak kişileri içermelidir. Seçilen sürekli alçalma yaklaşmasının geçerliliği için uçuş denemelerine başlamadan önce onay ve anlayış geliştirerek iki defa kontrol etmesine yardımcı olacaktır.

İlk emniyet değerlendirmesi tekrar kontrol edilmeli ve gerekirse bir uçuş denemesi ile güncellenmesi yapılmalıdır. Bu işlem havacılığı düzenleyen otorite

tarafından onay gerektirebilir. Tercih edilen seçeneğin onaylandığını varsayarak, stratejik plan açısından, belirli sorumluluklar, genel iletişim süreçleri, eğitim, emniyet konularının hızlı raporlaması, plandan kaynaklanan değişiklik ya da plansız olayları içeren, bir uygulama planı geliştirilmelidir. Deneme planı ve uygulamasına, sürekli alçalma yaklaşmasının başlangıcından önce emniyetli-emniyetsiz olarak ortaklaşa karar verilmelidir (ICAO, 2010, s. 45).

6.1.1 İnsan Faktörü

Sürekli alçalma yaklaşması, performans tabanlı navigasyon sistemine geçişin bir parçası olarak tüm dünyada farklı yöntemlerle kısmen yada tam prosedür uygulanmaktadır. Bu prosedürler önemli yararlar sağlarken, aynı zamanda bazı insan faktörleri ile ilgili sorunların ortaya çıkmasına neden olmuştur. Sorunlar hava trafik kontrolü ve hava trafik kontrol prosedürleri, uçuş ekibi prosedürleri, havayolu prosedürleri, uçak sistemleri ve prosedür tasarımını içermektedir. Sorunların giderilmesi noktasında insan performansının etkilerini dikkate alan aletli prosedür tasarım kurallarına ihtiyaç duyulmaktadır (ICAO, 2010, s. 45).

6.1.1.1 Hava trafik kontrol prosedürleri

Uçuş rotası ile uyumlaştırılmış RNAV ve RNP prosedürlerinin tanıtılması, hava trafik kontrol birimleri tarafından verilen alçalma ve tırmanma müsaadelerinin daha fazla rota odaklı olmasına yol açmıştır. RNAV/SID ve STAR prosedürlerinin önemli bir avantajı da terminal alanında vektör ve hız temelli komutlarda önemli bir azalma olmasıdır. Bu değişiklikler verimliliği geliştirip, kontrolör iş yükünü azaltırken, mevcut hava trafik kontrol terminolojisindeki bazı eksiklikleri de açığa çıkarmıştır.

Pilot açısından karışıklığa neden olan bölüm, ara irtifa kısıtlamaları ile uyumlu alçalma ve tırmanma müsaadesi arasındaki ayırım ile ilgilidir. Kontrolör, yayınlanan kısıtlamalara uygun olarak alçalma rotası vermektedir. İnsan faktörleri doğrulama testleri bu prosedürün desteklenmesinde eğitim materyalleri geliştirmeye devam etmektedir. Kontrolör el kitabı 7110.65R7 değişiklikler ve havacılık bilgi kılavuzu, pist geçişleri ve alçalma rotası ile ilgili olarak daha özel rehberlik sağlamaktadır. Bu değişiklikler pilot/kontrolör usul ve anlatım biçimi eylem ekibi tarafından

sağlanmaktadır. Bu ekip FAA ve konunun uzmanları tarafından oluşturulur (Barhydt.R, Adams.C.A, 2006, s. 8-9).

6.1.1.2 Uçuş ekibi prosedürleri

Uçuş ekibi usulleri, performans tabanlı seyrüsefere geçiş ile büyük ölçüde etkilenmiştir. Genellikle daha detaylı prosedürler, tekrarlanabilir kontrolör beklentileri ile öngörülebilir uçuş yolları ve ek programlama için gereksinimler dikkate alındığında uçuş ekiplerinin daha dikkatli olmaları gerekmektedir.

Çoklu dikey kısıtlamaları içeren RNAV/SID ve STAR yollarının manuel uçuşması genellikle irtifa sapmalarına neden olmaktadır. Çok segmentli prosedürler için otomatik pilot kullanılması tavsiye edilmektedir. Oto pilot kullanımına ilave olarak otomatik uçuş modu seçimi kısıtlamaları bilinen kesin patern uçmak için pilotun yeteneğine de katkıda bulunmaktadır. Yatay seyrüsefer (LNAV) modu için uçağın irtifa uçuşunda olması geliştirilmiş patern öngörülebilirliğini arttırmak için tavsiye edilmektedir.

RNAV veya RNP prosedürünü uygulamadan önce pilotlar, uçağın uçuş ekipmanlarının gereksinimleri karşıladığını doğrulamalıdır. Pilotlar, RNP prosedürleri açısından her yaklaşma segmenti için RNP ihtiyacının bilincinde olmalı ve aynı zamanda uçağın pozisyonunu da izlemelidir. Toplam sistem hatası RNP limitlerinin içerisinde olmalıdır. Bazı FMS donanımları yeni bir segment değişiminde RNP değerinin girilmesi için pilota ihtiyaç duymaktadır. Bu ilave görevler uçuş ekibi açısından yüksek iş yüküne yol açmaktadır. Farklı FMS donanımları ise navigasyon veri tabanına yapılan ilaveler ile uçuş rotaları ve yaklaşma segmentleri için RNP değerleri içermektedir. Sonuç olarak tüm FMS donanımları RNP değerleri içeren navigasyon veri tabanını kullanma kapasitesine sahip değildir. İmkânlar ne olursa olsun uçuş ekipleri dokümanlarda belirtilen RNP değerinin FMS' e girildiğinden emin olmalıdırlar.

Uçuş ekibi prosedürleri belirli RNAV ekipman kullanımına uygun olmalıdır. Örneğin, bir RNAV/SID uygulaması için kalkıştan önce FMS ile düzgün bir şekilde uyumlaştırılmış bir bağımsız referans birimi (IRU) veya DME/DME gerekmektedir. Bazı pilotlar pozisyon güncellemesi olmayan eski uçaklar ile uçtuğundan dolayı bu görevi yapmamakta ve bu ihmal kısa bir süre sonra sapmalara neden olmaktadır.

Prosedürlerin azaltılması bu sorunların açıklamasına yardımcı olmaktadır (Barhydt.R, Adams. C.A, 2006, s. 9-10).

6.1.1.3 Havayolu prosedürleri

Havayolu şirket prosedürleri performansa dayalı seyrüseferde pilot operasyonlarını etkileyebilir. Bu ilişkiye örnek olarak havayolu eğitim programları ve kalkış öncesi müsaadeyi sayabiliriz.

Havalimanından ayrılmadan önce verilen müsaade de özellikle RNAV ve RNP prosedürlerini uçmak için uçak ve uçuş ekibinin yeteneğinin doğru anlaşılması ve hava trafik kontrol birimi talimatlarının uçuş ekibi tarafından kabul edilebilir olması önemlidir. Dispeç ofis tarafından farklı uçuşa ait uçuş dokümanlarının verilmesi, belirli bir uçak tipi ve pilot niteliği için uygun olmayan bir prosedür içeren uçuş dosyası uçuşun potansiyel hatalarla sonuçlanmasına neden olmaktadır.

Pilot eğitimi, aşırı yoğun ders programı ve programa göre kısıtlı zamandan dolayı zorlaştırılmaktadır. Bu nedenlerden dolayı, havayolları geleneksel FMS operasyonlarının inceliklerini kapsayan eğitim için gerekli zamanı harcaması mümkün olmamaktadır. Pilotlar genellikle sınıf eğitiminde temel operasyonları öğrenirler, ancak hat deneyimine ihtiyaç duyarlar. RNAV prosedürlerindeki sorunlar, uçuş ekibinin sınırlı FMS eğitimi almış olması ya da tecrübe eksikliğinden kaynaklanabilir. Uçuş ekibi yüksek iş yükü durumları, özellikle FMS rotasının yeniden programlanmasını gerektiren bir değişiklik gerektiğinde, karmaşık prosedürler üzerinde daha da artmaktadır (Barhydt. R, Adams. C.A, 2006, s. 10).

6.1.1.4 Uçak sistemleri

Ekipman tasarım özellikleri ve limitleri, performansa dayalı bir ortamda pilot iş yükü ve performansını etkilemektedir. Bu konuların tartışılması, yeni uçuş ekipmanı geliştirme veya mevcut olanlarının kapasitelerinin artırılmasının yanı sıra pilotların RNAV ve RNP prosedürlerini uygularken uçağın kabiliyetlerinin farkında olması ve sistem tasarımcılarına rehberlik etmesi amaçlanmaktadır.

FMS, performansa dayalı navigasyon uygulanmasında önemli bir rol oynamaktadır. Navigasyon veri tabanı içeren çoğu FMS, öncelikle RNAV ve RNP

operasyonları ile ilişkili olarak değerlendirilir. Bununla birlikte, uçuş planlama, uçuş yolu üretimi ve rehberlik işlevleri de önemli rolleri arasındadır.

Elektronik uçuş aletleri sisteminde, bazen uçuş ekipmanlarının belirli bir eksikliği olduğu kadar, kullanılabilir bir sistemin özellikleri de uçuş operasyonlarını etkileyebilmektedir. Bu durum RNAV ve RNP prosedürlerini uçarken dezavantaj olarak ortaya çıkmaktadır. Ticari nakliye uçaklarının yüksek hızları sıkça yapılan dönüşler ve irtifa kısıtlamaları ile birleştiğinde genellikle durumsal farkındalık zayıflamaktadır.

İkaz sistemi, RNP operasyon değerinin aşıldığını gösteren uyarı sistemleri gerektirir. Birçok uçakta, pilotlar uçuş yönetim sisteminin parçası olan Kontrol Ekranı Ünitesi (CDU) üzerinden RNP için uçağın konumunu takip etmektedirler.

Küresel Navigasyon Uydu Sistemi (GNSS) ekipmanı olmayan uçaklar (örneğin Küresel Konum Sistemi (GPS)) pozisyon bilgisi için Mesafe Ölçme Cihazını (DME) kullanırlar. DME ekipmanları, çoklu yer tabanlı navigasyon yardımcılardan gelen sinyalleri alır ve konumunu belirlemek için bu sinyalleri birleştirir. Bu uçakların çoğu da bağımsız referans sistemleri ile donatılmışlardır. Bu sistemler düzgün başlatılmaz ve kontrol edilmezse pozisyon algılama hatalarına neden olabilen benzersiz çalışma karakteristiklerine sahiptirler.

Elektronik uçuş çantası (EFB), aletli uçuş prosedürleri grafiklerinin elektronik gösterimini sağlamaktadır. Geliştirme çalışmaları, elektronik bir format içerisinde detaylı grafik bilgi gösterim etkilerini dikkate almaktadır. Ekran düzeni, okunabilirliği, çeşitli menüler arasında kolay gezinme ve istenen prosedüre erişme gibi sorunlar yeni teknoloji ile birlikte giderilmektedir. Kokpit içerisinde elektronik uçuş çantasının uygun konumlandırılması da önemlidir (Barhydt. R, Adams.C.A, 2006, s. 10-14).

6.1.1.5 Prosedür tasarımı

RNAV ve RNP prosedürleri tüm uçuş segmentlerini kapsamaktadır. Bu prosedürlerin tasarımında, pilot ve kontrolör yönetilebilir iş yükü, insan hatalarını en aza indiren, planlandığı gibi prosedürlerin uçulmasına olanak sağlayan uçak ekipmanlarının olduğundan emin olmalıdır. Prosedür tasarımında bu özelliklere, uçuş emniyetinin sürdürülebilirliği açısından ve kapasite hedeflerine ulaşmak için ihtiyaç duyulmaktadır (Barhydt. R, Adams. C.A, 2006, s. 14).

6.2 Karar Noktası

Simülasyon ve onay faaliyetleri sonucuna dayanan uçuş emniyet değerlendirmesi, tüm belirlenen tehlikeler, kabul edilebilir risk seviyelerinin yönetimini sağlama koşulu ile devam etme planlarının onaylanması gerekmektedir (ICAO, 2010, s. 45).

6.3 Sürekli Alçalma Yaklaşması ve İyileştirilmesi

İşbirliği grubunda olan herkesin deneme çalışmaları ve sürecin içindeki rollerini iyi anlaması sağlanmalıdır. Deneme, ilk olarak tek bir pist için düşük trafik yoğunluğunda ve uçak operatörlerinin sınırlı sayıda olduğu ya da sadece pazarın lider taşıyıcıları tarafından sınırlı şekilde uygulanabilmektedir. Alternatif taktik denemeler için yöntem ve prosedürler geliştirilebilir. Yaklaşma uygulamalarının her iki tipi için, sürekli alçalma yaklaşması testlerine katılmayan uçakların entegrasyonu için gerekli hava trafik kontrol prosedürleri tanımlanır.

Performans izlemenin önemi ve ilişkilendirme ihtiyacı;

- a) Bir Sürekli alçalma yaklaşmasının kapsamı nasıl sunulur ve/veya izlenir,
- b) Uçak tanıma,
- c) Uçuş performans bilgisi,
- d) Uygunsuzluk varsa nedenleri nelerdir?

Sürekli alçalma yaklaşması araştırmasına katılan tüm taraflar deneme planına erişebilmelidir. Bu plan operasyonel denemenin devam etmesi için, kontrolör ve pilot eğitim faaliyetlerini de içermektedir (ICAO, 2010, s. 45-46).

6.3.1 Değerlendirme

Performansın değerlendirmesi, test sonuçlarının gelişimine dayalı olmalı ve yerel koşullar için önemli performans bölgelerini kapsamalıdır. Bunlar aşağıdakileri içermelidir;

- a) Emniyet değerlendirmesi ve ihtiyaçların güncellenmesi,
- b) Maliyet etkinliği, özellikle uçak yakıt tasarrufu,
- c) Uçuş ekipleri ve kontrolörler üzerindeki iş yükü etkisi,
- d) Gürültü ve emisyon dahil olmak üzere çevre etkileri,
- e) Kapasite üzerindeki etkisi,

- f) Eğitim gereksinimleri üzerindeki etkisi,
- g) Katılımcılara geribildirimidir.

Sürekli alçalma yaklaşması uygulamasına katılım ve performansı değerlendirmek için belirli parametreleri tanımlamak gereklidir. Bu parametreler, bireysel sürekli alçalma yaklaşması performansı ve başarılı sürekli alçalma yaklaşması uçuş sayıları arasında iyi bir denge sağlama esnekliğine sahip olmalıdır (ICAO, 2010, s. 46).

6.3.2 Eğitim ve Farkındalık

Tam prosedür sürekli alçalma yaklaşmasının uygulanmasını desteklemek için, yerel rehberlik, farkındalık malzemesi üretilmeli ve sürekli alçalma yaklaşmasının resmi yayınlarına ek olarak yürürlüğe girmelidir. Destek eğitimi ve farkındalık malzemesi aşağıdakileri içerebilir;

- a) Sürekli alçalma yaklaşmasının faydaları ve yerel önemi,
- b) Seçilmiş (açık veya kapalı) sürekli alçalma yaklaşması kolaylaştırma yöntemi için eğitim gereksinimleri,
- c) Sürekli alçalma yaklaşmasının amaçları ve şartlarını açıklayan basit bir broşür,
- d) Bireysel sürekli alçalma yaklaşmasının yürütülmesi ile ilgili bireysel roller ve sorumluluklar,
- e) Tüm katılımcılara gelişme ile ilgili sürekli geribildirim sağlama yöntemidir.

Yerel topluluk ile iki yönlü istişare sürecinin inşasında, sürekli alçalma yaklaşması denemelerinden tam prosedür uygulamasına devam etme niyeti ile ilgili yerel topluluklar bilgilendirilmelidir (ICAO, 2010, s. 46-47).

6.4 Bölgesel ve Tam Prosedür Uygulama

Sürekli alçalma yaklaşması prosedürlerinin bölgesel olarak uyarlanmasında, yayımlanan prosedür veya radar tabanlı sürekli alçalma yaklaşması ya da her ikisinin kombinasyonunu kullanıp kullanmama bölgesel olarak seçilebilir. Kombinasyonun kullanılması durumunda, STAR uygulamasından vektör uygulamasına geçerken pist başına olan mesafe bilgisi verilmelidir. Bu seçimi yaparken aşağıdaki hususlar dikkate alınmalıdır;

Sürekli alçalma yaklaşması uygulayan trafikler için ideal gürültü performansına havalimanına standart varış rotaları yayınlayarak ulaşılabilir. Yoğun havalimanlarında, pist kapasitesine etkileri nedeniyle bu durum her zaman mümkün olmayabilir, ancak uçuşların bir kısmı sürekli alçalma yaklaşmasını tamamlayabilir.

Trafik arttıkça STAR' a göre sürekli alçalma yaklaşması uygulama yeteneği, hava trafik kontrol biriminin mevcut varış yönetim araçlarının durumuna göre azalabilir.

Taktik olarak trafik kontrol biriminin tavsiyesi ile vektör kullanılması, pilotların yoğun dönemlerde bile tam/kısmi prosedür sürekli alçalma yaklaşması uygulamasını sağlayacaktır. Ancak gürültü ve yakıt performansı optimize edilmiş RNAV sürekli alçalma yaklaşması prosedürü kadar iyi olmayabilir.

Yayınlanan sürekli alçalma yaklaşma usullerinin taktiksel radar tabanlı sürekli alçalma yaklaşması ile birleşimi, gelen uçakların yoğun dönemlerde rutin olarak vektör uyguladığı havalimanları için optimum performans sunmalıdır.

Sürekli alçalma yaklaşması, düşük motor gücü (LP)/düşük geri sürüklenme (LD) tekniğiyle birleştiğinde maksimum ses, yakıt ve emisyon performansı sağlayacaktır (EUROCONTROL, 2008, s. 18).

Bölgesel sürekli alçalma yaklaşması usullerinde gidilecek mesafe, hava trafik kontrol rehberliği ve eğitiminde aşağıdaki hususlar dikkate alınmalıdır:

- a) Hava sahasına ve operasyonel kısıtlamalara tabi gidilecek mesafe ile ilgili bilgiler en erken zamanda ve ilk fırsatta verilmelidir.
- b) Planlanan rotadaki herhangi bir değişiklik, optimum uçuş profili üzerinde bir etkiye sahiptir ve uçuş ekibi, en ideal profili yakalamak için belirli ayarlamalar yapmak durumundadır.
- c) Gidilecek mesafe bilgisinin erken verilmesi, pilotun gerekli alçalma oranı ve hızını daha doğru ayarlamasına izin verecektir.
- d) Hava trafik kontrolün sorumluluğundaki varış segmentindeki değişiklikler, farklı bir gidilecek mesafe bilgisi verilmesine neden olmamalıdır.
- e) Gidilecek mesafe bilgisi, yaklaşma sırasındaki bir uçağın 'numarası' ve ayırma gereksinimleri tahminine dayanarak geliştirilebilir.
- f) Hızın düşürülmesi ve alçalma oranının arttırılması ile ilgili hava trafik kontrol birimi talimatları, uçuşun alçalış safhasındaki yüksek enerjiyi muhafaza eden

yeni nesil uçak gövdeleri ile gerçekleştirilemeyebilir (EUROCONTROL, 2008, s. 19-20).

Belirli hususlar dikkate alınarak gerçekleştirilen testlerin sonrasında, sürekli alçalma yaklaşmasının tam prosedür olarak uygulanması belirli kanallar yoluyla geliştirilmeli ve aşağıda belirtilen hususlar dikkate alınmalıdır;

- a) Yasal yükümlülükler,
- b) Sürekli alçalma yaklaşması yayın döngülerinin zamanlaması,
- c) Performans izleme ve değerlendirmedir (ICAO, 2010, s. 47).

6.5 Sürecin Gözden Geçirilmesi

6.5.1 Katılımcılar Arasında Geri Bildirim ve İstişare

İlgili tüm operasyonel paydaşlara sürekli alçalma yaklaşması performansının düzenli geribildirimi, sürekli alçalma yaklaşması uygulanmasının devamlılığı ve başarısı için önemlidir. Uçuş ve yer emniyet ile ilgili kaygıları raporlama ve iyileştirmeler öneren bir raporlama kanalı (just culture) adil kültürü içeren sürekli alçalma yaklaşması önerisi eşit öneme sahiptir. Emniyet endişesi ile ilgili herhangi bir rapor, öncelikli bir konu olarak ele alınmalıdır. Performans izlemenin parçası olarak ortaya çıkan belirli konuların resmi olarak değerlendirilmesi ile belirlenen iyileştirmeleri ele almak önemlidir.

Kurulan iletişim kanalları aracılığıyla sürekli alçalma yaklaşmasının etkileri üzerine paydaşların algı ve görüşlerini araştırmak, sürekli ilerleme ve gelişme ile ilgili paydaşları bilgilendirmek önemlidir (ICAO, 2010, s. 48).

6.5.2 Sürekli Alçalma Yaklaşmasının Geliştirilmesi

Sürekli alçalma yaklaşması ortak çalışma düzeni, örneğin sürekli alçalma yaklaşması uygulama grubu aşağıda belirtilen hususlar için sürekli bir sorumluluk üstlenmelidir:

- a) Sürekli alçalma yaklaşmasının gelişim ve performansının gözden geçirilmesi,
- b) Teknoloji ve uygulamada dış gelişmelerin izlenmesi,

- c) Potansiyel yerel değişikliklerin gözden geçirilmesi, örneğin; hava sahası değişiklikleri ya da sürekli alçalma yaklaşmasının performansı için fırsat veya riskleri ortaya çıkaran yeni kontrolör araçlarının uygulaması,
- d) Gelişme ve iyileştirmelerin uygulanmasıdır (ICAO, 2010, s. 48).



YEDİNCİ BÖLÜM

SÜREKLİ ALÇALMA YAKLAŞMASI MODELLERİ VE YENİ MODEL ÖNERİSİ

7.1 Amerika'da Uygulanan Sürekli Alçalma Yaklaşması Modelleri

Tipik bir sürekli alçalma yaklaşması prosedürü ilk yaklaşma noktası (IAF) ile başlar. Deniz seviyesine göre 8.000/10.000ft arasında ve pist başına uzaklık yaklaşık 25/30nm arasındadır. Sürekli alçalma yaklaşmasına müsaade edildiğinde, uçak alçalmaya, ILS sistemi kesişme noktasına rölanti veya yaklaşık motor güç ayarı ile deniz seviyesine göre 2.000/2.500ft' te (son yaklaşma noktası) ulaşacak şekilde başlar. Bu hava sahası genellikle geçiş hava sahası olarak adlandırılır. Sürekli alçalma yaklaşmasında uçaklar optimize edilmiş bir yatay geçiş yolu boyunca 3 derecelik bir süzülüş hattı ile alçalmaya başlamaktadırlar (Alam.S, Nguyen.M.H, Abbass.H.A, Lokan.C. 2010, s. 1).

Bu prosedür göz önüne alındığında, düşük ses çıkışı sırasında daha büyük uçuş rotası varyasyonlarının, uçaklar arasındaki mesafenin daha fazla değişikliklere neden olabileceği, daha fazla ayırma mesafesinin kullanılmasına neden olacağı ve dolayısıyla operasyonun verimliliğini etkilediği açıktır. Düşük gürültülü alçalma paterni ne kadar uzun olursa, uçuş rotası çeşitliliği de o kadar yüksek olacaktır. Böylece, ara ölçüm noktasının yeri trafik seviyesine uyarlanabilir. Hafif trafik durumlarında, daha fazla yakıt tasarrufu ve gürültünün azaltılmasına ek olarak emisyon oranlarında azalma gerçekleştirmek için pistten uzaklaşılabilir. Ağır trafikte belirli bir irtifanın üzerinde olduğu sürece piste daha yakın hareket edilerek gürültü açısından faydanın korunması sağlanır. Alternatif ölçüm noktası yerleri böylece, prosedürün farklı trafik seviyelerine uyarlanması için operasyonel esneklik sağlar (Ren.L. 2007, s. 51-52).

7.2 Avrupa’da Uygulanan Sürekli Alçalma Yaklaşması Modelleri

Avrupa’da yaygın olarak deniz seviyesine göre 6.000/10.000ft arasında uygulanan sürekli alçalma yaklaşma prosedürleri için hava trafik kontrolörleri havalimanından giden ve gelen uçaklar arasındaki aralık ve dikey ayrımı korumak için yükseklik ve hız talimatlarını kullanırlar. Bu talimatlar, tüm uçakların davranışını hava trafik kontrolörünün bildiği tek bir uçak davranışına indirgemektedir, bu durum hava trafik kontrolörlerinin uçaklar arasındaki ayrımı korumasını kolaylaştırmaktadır. Bu tek davranış ya da performans biçimi, her uçak için optimalden çok uzaktır. Dahası, bu talimatlar genellikle bir uçağın sabit bir hız korumasını gerektiren irtifa bölümlerini içerir.

İrtifa uçuş kesimlerini azaltmayı ve motor itme kuvvetini en aza indirmeyi hedefleyen sürekli alçalma yaklaşması ve varış prosedürleri, operasyonel olarak Schiphol Amsterdam, Londra Heathrow ve Los Angeles gibi dünyanın çeşitli büyük hava limanlarında kullanılmaktadır. Mevcut sürekli alçalma yaklaşımları havalimanlarının kapasitesini sınırlarken, varış zamanını, trafiklerin aralıklarını ve uçağın tahmin edilmesindeki belirsizlikler nedeniyle her zaman uygulanabilir değildir. Uçuş paternlerinin doğruluğu, rüzgâr ve uçak performans tahminindeki belirsizlikler tarafından olumsuz etkilenmektedir. Ayrıca, otopilot veya uçak konfigürasyonun komuta edilmesinde pilotların duruma verdiği reaksiyon değişimleri ve uçuş yönetim sistemi davranışı da uçuş paternini etkilemektedir.

Belirtilen sebeplerden dolayı, hava trafik kontrolü tarafından trafikler arasında ilave mesafeler gerekmektedir. Hava trafik kontrolörlerinden kaynaklanan müdahaleler, sürekli alçalma yaklaşmasının verimsiz bir şekilde yürütülmesine sebep olmaktadır. Trafikler arasındaki ilave mesafeler, pist ve havalimanı kapasitesinin hayati derecede öneme sahip olduğu yoğun trafik senaryolarında bu prosedürlerin kullanılabilirliğini azaltmaktadır. Sürekli alçalma yaklaşması ile ilgili Avrupa’ da çeşitli çalışmalar ve uçuş testleri yapılmasına rağmen, henüz seyir irtifasından başlayan uygulanabilir sürekli alçalma yaklaşması ve varış prosedürleri kullanılmamaktadır (Roux.Y, 2007, s. 1-23) (Jong P. D, 2014, s. 3) (Chocano.L, Pérez. L, 2004, s. 1-7) (Muynck.R.D, Chocano. L, Pérez. L, 2007, s. 1-23).

7.3 Türkiye’de Uygulanan Sürekli Alçalma Yaklaşması Modelleri

Türkiye’de havalimanına yaklaşan trafikler için aletli iniş sistemi (ILS) kullanıldığında, yer seviyesine göre (AGL) 2.000/2.500ft yükseklikten başlayan 3 derecelik bir süzülüş paterninin haricinde sürekli alçalma yaklaşması ve varış prosedürleri kullanılmamaktadır.

7.4 Önerilen Sürekli Alçalma Yaklaşma/Varış Prosedürü

7.4.1 Önerilen Sürekli Alçalma Yaklaşma/Varış Prosedürü Tasarımında Dikkat Edilen Hususlar

Gelişmiş sürekli yaklaşma modelleri farklı ülkelerde tasarlanmakta ve test edilmekte, ancak, ülkemizde konu ile ilgili çalışmalar yetersiz kalmaktadır. Bu çalışmada hava/yer veri bağlantı iletişimini kullanan dinamik bir sürekli alçalma yaklaşmasının tasarım örneği yer almaktadır.

Sürekli alçalma operasyonunun açıklamasında belirtildiği gibi sürekli alçalma yaklaşmasının tüm faydalarının yakalanabilmesi için mümkün olan en yüksek irtifadan TOD noktasından başlayıp son yaklaşma noktasında sonlanan otomatik uygulama olarak tasarlanmaktadır.

Mevcut hava trafik kontrol uygulamasında, uçaklar arasındaki gerekli ayırma vektör yoluyla sağlanmaktadır. Gürültünün azaltılması ve diğer sürekli alçalma yaklaşmasının faydalarının beklendiği gibi olmasını sağlamak için önerilen modelde sürekli alçalma yaklaşmasını kolaylaştırmanın dışında vektör uygulamasından özellikle düşük irtifalarda kaçınılmaktadır.

Hava sahası kapasitesini arttırmak için, yeni nesil hava trafik sistemleri geliştiren iki üst düzey kavram Avrupa’da, Tek Avrupa Hava Sahası Hava Trafik Yönetimi Araştırmaları Projesi (SESAR) ve Amerika Birleşik Devletlerinde, Nextgen’dir. Bu kavramların önemli özelliklerinden biri de zamana dayalı operasyonları kullanan 4D paternler için otomasyon destek sistemleri kullanımınıdır. 4D uçuş rotaları ile uçuş yolundaki trafiklerin izlenmesi, öngörülebilirliği, tutarlı ve doğru varış zamanlarını arttıran aynı zamanda yüksek bir pist kullanım kapasitesi elde edilebilir. Rota tabanlı ve performans dayalı operasyonları uygulamaya yardımcı olan dört boyutlu uçuş yolu (4D) kavramı, varış zamanını hassas bir şekilde kullanmaktadır (Jong P. D, 2014, s. 3) (Diaz-Mercado. Y, Lee. S.G, Egerstedt.M, Young. S.Y, 2013, s. 1-2).

SESAR ve NextGen hava trafik kontrol destek araçları, gelişmiş rota tahmini ve çarpışma tespiti için otomatik sistem kullanımını öngörmektedir. Bu araçlar, mevcut hava trafik yönetim sistemini daha yüksek otomasyon seviyelerine getirerek trafik yönetiminin gelişimini desteklemektedir. Önerilen bu çalışmanın hassas ve tutarlı bir şekilde uygulanabilmesi için uçaklarda 2020 yılında EUROCONTROL tarafından zorunlu hale getirilen Boeing ve Airbus FANS/1/A, ICAO'nun CNS/ATM (CPDLC, RNP, ADS-B) kavramlarındaki gelişmiş aviyonik donanımı tavsiye edilmektedir. Gelişmiş hava trafik kontrol destek araçları ile daha az hava trafik kontrol talimatına ihtiyaç duyan, trafikler arasında gerekli ayrımı sağlayan kesintisiz yaklaşma ve inişe izin veren bir kavram öngörülmektedir.

İdeal yaklaşma en uygun yatay yol boyunca gaz kolu rölanti pozisyonunda alçalış uygulanırken uçağın varsa, ölçüm noktasında gerekli zamanda olmasına müsaade eden bir paterndir. Operasyonel ekonomi ve düşük çevresel etki için gerekli olan çeşitli kaynaklarda kullanışlı hale getirilmelidir. Emniyet açısından şiddetli hava koşulları, arazi (CFIT) ve diğer trafiklerden kaçınılmalı ve değişken hava sahası durumuna uyum sağlanmalıdır. Aynı zaman da Şekil 7.1' de gösterilen sürekli alçalma yaklaşması uygulayan trafiklerin yerleşim birimlerinin üzerinden değil, arazi ve su gibi gürültü etkisinin en az hissedileceği bölge üzerinden planlanmalıdır. Bu duruma ilave olarak, hava trafik kontrol birimleri tarafından havalimanı ve pist kapasitesi geliş/gidiş uçuşları koordine edilerek, hassas, öngörülebilir sıralama ile devam ettirilmelidir.



Şekil 7.1: Geleneksel/sürekli alçalma yaklaşması uygulayan trafiklerin gürültü etkisi (Vos.F, 2012, s. 1).

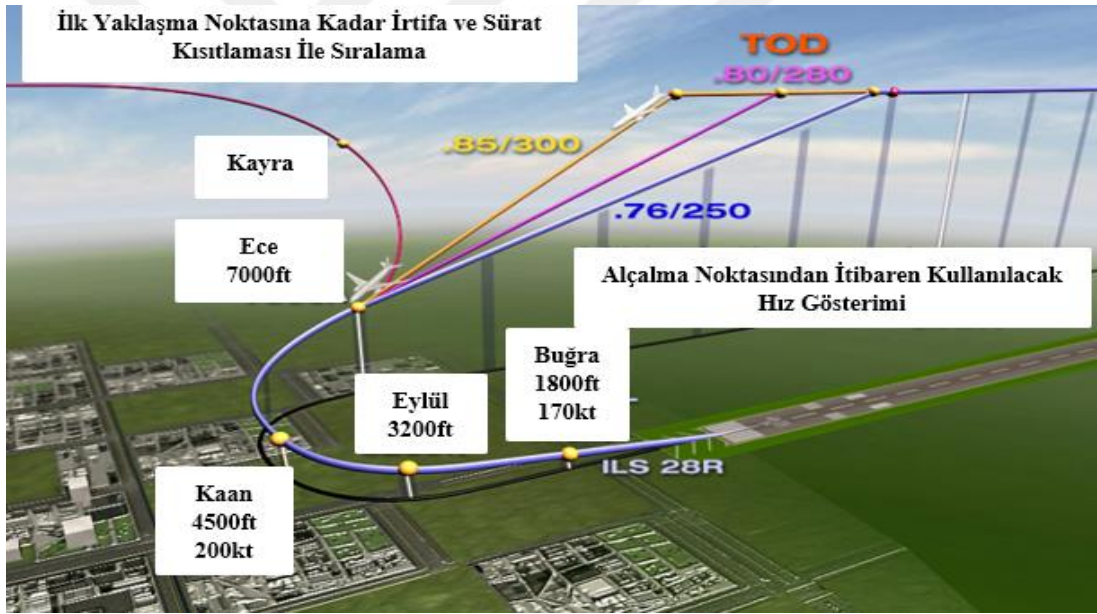
Önerilen çalışmada yoğun trafik senaryolarında sürekli alçalma yaklaşması uygulayan trafiklere birleştirme noktası yöntemi kullanılmıştır. Sürekli alçalmayı kolaylaştırmak adına hava trafik kontrol birimleri tarafından sürekli alçalma yaklaşması tasarım seçeneklerinde belirtilen diğer sıralama yöntemleri de (otomatik sıralama yöntemleri, patern uzatma, hız kontrolü, vektör ve/veya havada hassas ayırma konsepti) kullanılabilir.

Günümüz yaklaşma prosedürlerinde, seyir irtifasından itibaren hava trafik kontrol birimleri tarafından alçalmanın her bir bölümünde talimat gerekeceğinden bir yaklaşma boyunca ortalama 4/10 arasında talimat pilotlar için alışılmış bir durumdur. Yoğun hava sahalarında düz uçuş irtifa talimatları, nispeten daha düşük irtifalarda ve düşük hızlardaki trafikler arasındaki mesafe ve sıralamanın kontrolörler tarafından manuel yapılmasına müsaade etmektedir. Uçaklar için verilen düz uçuş irtifa talimatları her zaman, ilave yakıt sarfiyatı ve gürültü artışı ile sonuçlanmaktadır. Önerilen model seyir irtifasından son yaklaşma noktasına kadar planlandığı için gereksiz kontrolör/pilot etkileşimi uçuş rota verimsizliği en aza indirilmektedir.

Hava trafik kontrol birimlerini ihtiyaçlarına cevap veren gelişmiş sürekli alçalma yaklaşma başlama müsaadesi, uçuş istikametindeki bir nokta üzerinde uçağın gerekli zamanda bulunmasını sağlayan ve uçak sistemleri tarafından hesaplanan ideal alçalma noktasından başlatılır. Hava trafik kontrol tarafından müsaade edilen yatay uçuş yolu ve diğer kısıtlamalar, dikey alçalış yolunun hesaplanmasında uçuş yönetim bilgisayarı tarafından kullanılmak üzere havalimanına varış müsaadesinin parçası olarak TOD noktası öncesinde verilir. Trafiklere verilen bilgiler kontrolör/pilot veri bağlantı iletişimi (CPDLC) sağlayan sistemler tarafından gerçek zamanlı iletilen dinamik yapıda 4D uçuş rotaları olabileceği gibi önceden belirlenmiş alçalma uçuş rotalarında kullanılabilir. Bu sistemler vasıtası ile meteorolojik bilgilerin güncellenmesi, zamanlama öngörülebilirliği, daha hassas yol hesaplamasına müsaade eden uçuş paterninin verimliliğinin de artırılması sağlanır. Uygulama müsaadesi, sıralama ve koordinasyon kontrol yetkisini artırmak için hız, irtifa kısıtlamaları ve yatay uzunluk ayarlamalarını içerebilir (Alam. S, Nguyen. M.H, Abbass. H.A, Lokan.C. 2010, s. 6-7) (ICAO, 2010, s. 53).

Kavramsal bir ara ölçüm noktası/noktaları, alçalmayı bölümlere ayırmaktadır. Ara ölçüm noktası yaklaşma kontrol sınırında bir referans noktası olabilir. Arka arkaya uçan uçaklar arasında hedeflenen ayırım, sürekli alçalma yaklaşması boyunca daha

fazla kontrolör müdahalesi olmaksızın, arzu edilen emniyetli ayrılmanın sağlanabileceği şekilde belirlenir. Ölçüm noktasından önce kontrolör, belirlenen ayırımı oluşturmak için, trafiğin akışı ve sıralamasında vektör, hız sınırlaması kullanılabilir. Hava trafik kontrol birimleri tarafından sürekli alçalma yaklaşma başlangıç koşulları düzgün bir şekilde ayarlandığında, trafikler fazla vektör kullanmadan yaklaşma veya varış usullerine devam edebilir. Bu aşamada, kontrolör uçaklar arasındaki mesafeyi izlemeli ve yalnızca ayırma ihlallerini önlemek için ilave mesafe gerektiğinde müdahale etmelidir. Şekil 7.2’de gösterildiği gibi ilave boşluk, trafiklerin hızını ayarlayarak elde edilebilir, uçağın sürekli alçalma yaklaşması tasarımındaki yatay yoldan çıkarılması ve gerekli ayırım sağlandıktan sonra yeniden yatay uçuş yoluna geri döndürülmesi, yaklaşımda esas bacağın uzatılması veya varsa, alternatif bir piste yönlendirilmesi de düşünülebilir.

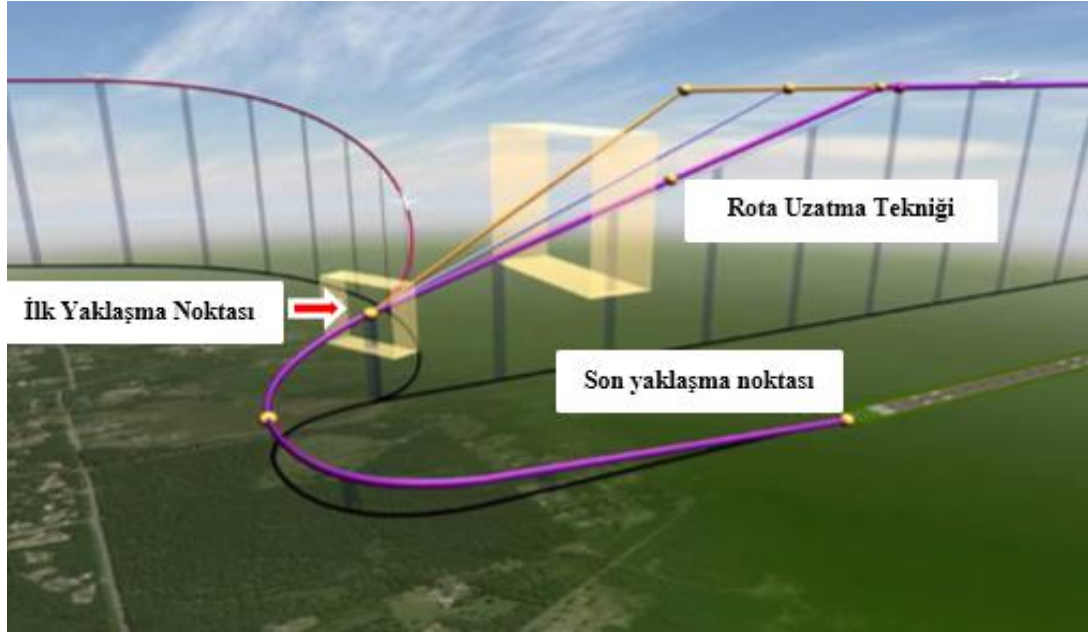


Şekil 7.2: Sürekli alçalma yaklaşması hız gösterimi (Coppenbarger. R, 2006, s. 10).

Ortaya çıkan bu sürekli yaklaşarak havalimanına geliş modeli, mevcut koşullarda en uygun uçuş yolunu sağlayacağı ve geleneksel taktik vektör uygulaması, hava trafik kontrol patern uzatma teknikleri ile elde edilenden daha verimli olacağı düşünülmektedir.

Tam prosedür uygulanan sürekli alçalma yaklaşmasında, uçağın kabiliyeti ve yer tabanlı otomasyonunun kombine kullanımı ile mevcut operasyonlarda verimsizlik giderilebilir. Önerilen model, uçuş grafiklerinde belirtileceğinden dolayı minimum

düzyeyde hava trafik kontrol müdahalesine ihtiyaç duyacağı düşünölmektedir. Model pilotlar ile yapılan sözlü mülakatlar (Ek-A) neticesinde sürekli alçalma yaklaşmasını en çok etkileyen ve uçuř verimliliğinin dūřmesine neden olacağı değerlendirilen hava trafik kontrol talimatları (radar vektör vs.) ve sonrasında gerekli kokpit ayarlamalarını en aza indirgemektedir. Alçalış esnasında karşılaşılması muhtemel trafik ve hava durumu, hava trafik kontrol birimleri tarafından dikkate alınarak, uçuř ekiplerine alçalış noktasından önce kontrolör/pilot veri bağlantı iletişimi (CPDLC vs.) veya geleneksel yöntemlerle iletilerek seyir irtifasından son yaklaşma noktasına kadar yaklaşma ve iniř müsaadesi hesaplanmalıdır. Önerilen model RNAV Sürekli alçalma yaklaşması otomatik olarak tasarlanmakta olup sürat, irtifa gereksinimleri ve patern ayarlamalarını içermektedir. Ancak şekil: 7.3' te gösterilen alçalma prosedürünün bir parçası olarak patern uzatma teknikleri de kullanılabilir. Önceden belirlenen RNAV/Sürekli alçalma yaklaşması uçuř yönetim sistemi veri tabanında hazır bulunabilir veya uygun profil uçuř yönetim sistemi tarafından hesaplanabilir. Alalışa başlamadan önce sürekli alçalma yaklaşmasının bütünü ile uçağın uçuř sistemlerine devredilmesi önemlidir, uçak otomasyonuna olanak tanınması ile hava trafik kontrol birimleri için öngörülebilirlik, uçuř ekibi açısından da durumsal farkındalık sağlanabilir.



şekil 7.3: Alçalma prosedürünün bir parçası olarak patern uzatma teknikleri (İCAO, 2010, s. 54).

7.4.2 Önerilen Model ve Operasyonel Çerçevesi

Önerilen RNAV/Sürekli alçalma yaklaşmasının dikey profili seyir irtifasından başlayan, uçuş rotasında bulunan doğal ve yapay manialardan, uçağın konfigürasyon değişikliğinden ve/veya yoğun trafiğin olduğu durumlarda uçakların sıralanması için oluşturulan birleştirme noktası sisteminden dolayı gerekli olan düz uçuş bölümlerinin haricinde uçuş yönetim sistemi tarafından son yaklaşma noktası kadar hesaplanan ya da önceden tanımlanmış belirli uçuş rotaları üzerindeki noktaların hız, irtifa ve zaman kısıtlamaları dikkate alınarak uçağın yatay/dikey navigasyon (LNAV/VNAV) kabiliyeti ile gerçekleştirilmektedir (Şekil: 7.4/7.5).

Trafikler son yaklaşma noktasına gelene kadar (mania gereksinimi, uçağın yapılandırılması ve birleştirme noktası sistemi, uçuş rotasının uzatılması dışında) motorlar rölanti devrinde çalışır. Alçalan trafikler için gerekli sürat ayarlamalarını düzgün bir biçimde gerçekleştirmeleri için en az iki seviye uçuşu ya da daha az eğime sahip alçalış yolu planlı alçalma rotası grafiklerinde ya da uçuş yönetim sistemi tarafından oluşturulur. Düz uçuş seviyelerinin birincisi 8.000/12.000ft veya maniaların müsaade ettiği daha yüksek irtifalarda, uçak süratinin 240/250 knot'a düşmesine müsaade etmektedir. İkincisi ise yer seviyesine göre 2.000/4.000 fitte, uçak süratinin 180 knot'a düşmesine izin vermektedir, bu da uçağın son yaklaşma için yapılandırılmış olduğu hızı temsil etmektedir. Trafiklerin sıralanması ve uçak konfigürasyonu için hız ayarlamasını içeren ilk dikey kısıtlamadan, son yaklaşma noktası için gerekli dikey kısıtlamaya kadar olan bölüm, ILS süzülme hattı eğimi ile uygun geçişi sağlamaktadır. Mevcut standart yaklaşımlarla karşılaştırıldığında, sürekli alçalma yaklaşmasını uygulayan uçaklar, gereksiz seviye uçuşu olmadan daha yüksek dikey profile ve daha düşük gaz kolu ayarına sahiptir.

Önerilen RNAV/Sürekli alçalma yaklaşmasının yatay yolu Şekil 7.5'de gösterilmektedir. Kullanılacak olan aktif pist gün içerisinde esen rüzgâr şiddetine bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. RNAV/Sürekli alçalma yaklaşması, son yaklaşma noktasında tamamlanmaktadır. Son yaklaşma noktasına kadar, uçaklar ILS yer belirleyici ve süzülme hattı eğimine uyum sağlamış olacaktır.

Uçuş yönetim sistemi alçalışa başlama noktası, uçuş rotası üzerindeki noktalar ve bu noktaların dikey kısıtlamalarını içeren yolu VNAV fonksiyonu sayesinde terminal alanına giriş (24.000/8.000ft) ya da belirlenen noktaya kadar hesaplamaktadır. Trafikler terminal bölgesinin girişinde ya da trafik yoğunluğunun

olduğu alanlarda hava trafik kontrol tarafından birleştirme noktası sistemi, prosedürün bir parçası olarak belirli teknikleri (hız kontrolü, vektör ve patern uzatma) kullanılarak ya da hava trafik kontrol tarafından taktik müdahalelerle trafikler arasında arzu edilen akış ve sıralama gerçekleştirilir. Sürekli alçalma yaklaşması varış prosedürü son yaklaşma noktasında tamamlanır. Uçuş yönetim sistemi VNAV işlevi uçuş ekipleri tarafından seyrüsefer yapılan düz uçuş irtifasından terminal alanı sınırına alçalış için kullanılmaktadır. VNAV kullanılan alçalmaların çoğunda uçaklar terminal alanına girer girmez devre dışı bırakılmaktadır. Bu kullanımın iki temel nedeni vardır. Birinci neden terminal alanındaki VNAV kullanımı ile ilgili endişelerdir. En önemlisi, trafikler arasındaki ayrımı yönetmek için terminal bölgesinde vektör kullanım yaygınlığıdır. Vektör kullanımı önceden programlanmış hedefler ve planlama gerektiren bir uçuş yönetimi ile tutarlı değildir (Hava trafik kontrol birimleri sürekli alçalma yaklaşmasını kolaylaştırmak için kullanılabilir).

Önerilen çalışmada, hava trafik kontrol birimlerinin sürekli alçalma yaklaşmasındaki rolü dört aşamaya ayrılmıştır. Trafik akışı ve sıralama, trafikler arasında bırakılması gereken mesafe, izleme ve müdahale, ayrımın ihlal edilmesi halinde kaçırılmış yaklaşma usullerini uygulamaktır.

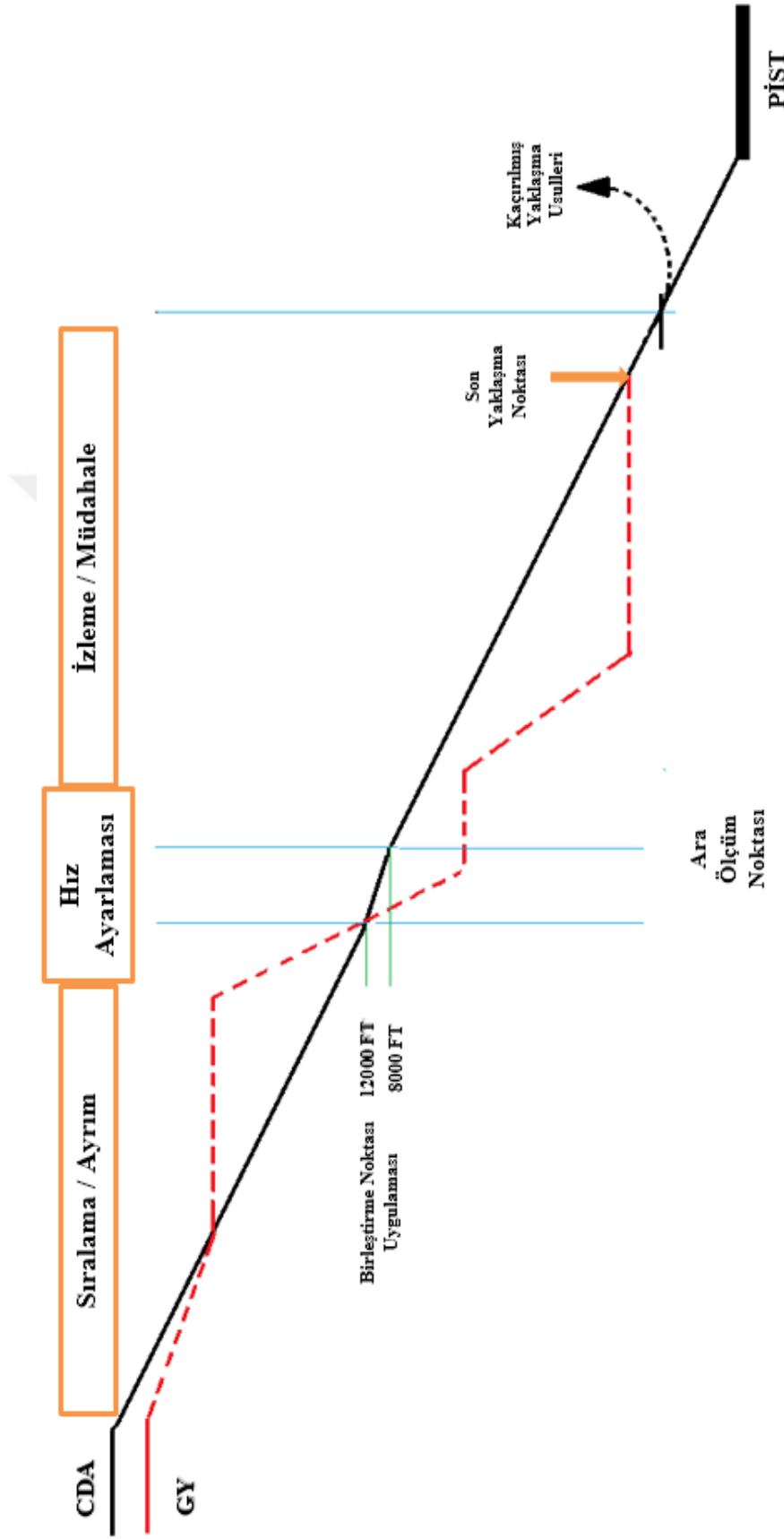
Kavramsal bir ara ölçüm noktası/noktaları (Uçuş paterni ne kadar uzun olursa, uçuş rotası çeşitliliği de o kadar yüksek olacaktır. Bu durumda ara ölçüm noktasının yeri trafik seviyesine göre ayarlanabilir. Hafif trafik durumlarında, daha fazla yakıt tasarrufu ve gürültünün azalması için pistten uzaklaşılabilir. Yoğun trafik senaryolarında ise belirli bir irtifanın (örneğin 8.000 ft) üzerinde piste daha yakın hareket edilerek gürültü açısından faydanın korunması sağlanır. Bu şekilde alternatif ölçüm noktası yerleri prosedürün farklı trafik seviyelerine uyarlanması için operasyonel esneklik sağlar) düz uçuş irtifasından, piste olan alçalmayı ayırmaktadır. Ara ölçüm noktası mevcut hava trafik kontrol manuel kesme noktası, rota kontrolü ve yaklaşma kontrol sınırında bir geometrik nokta veya yeni oluşturulan bir referans noktası olabilir. Arka arkaya uçan trafikler arasında hedeflenen ayrım ortalama uçuş seviyesindeki ara ölçüm noktası ile daha fazla kontrolör müdahalesi olmaksızın alçalış boyunca trafiklerin emniyetli ayrımını sağlayacak şekilde belirlenir.

Ölçüm noktasından önce kontrolör modelde olduğu gibi belirlenen ayrımı oluşturmak için birleştirme noktası yöntemini veya belirli teknikleri (vektör, yükseklik, hız, patern uzatma) akış ve sıralamada gerektiği gibi kullanılabilir. Hava

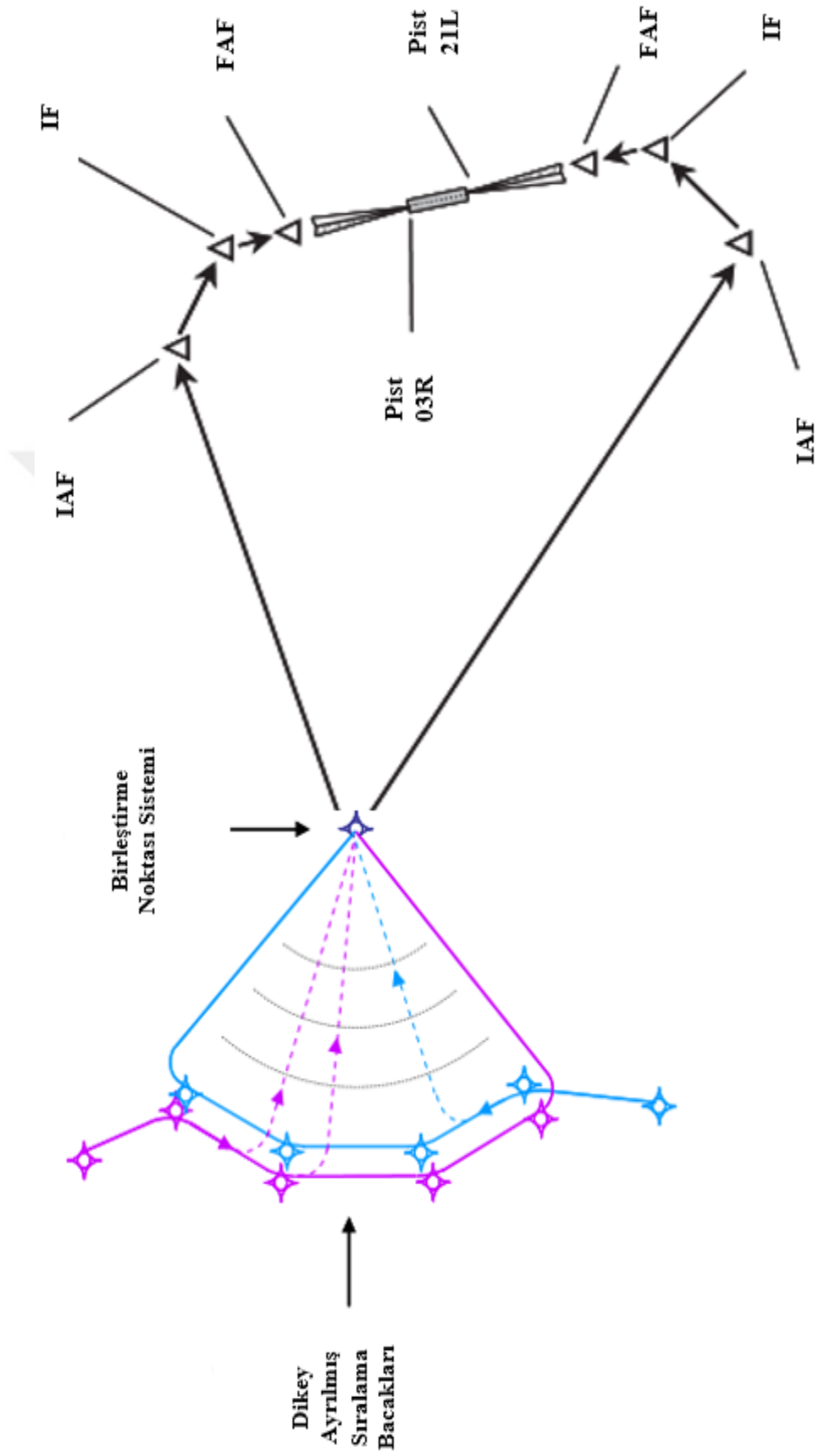
trafik kontrol birimleri tarafından alçalma başlangıç koşulları düzgün bir şekilde ayarlandığında, trafikler fazla vektör kullanmadan sürekli alçalma yaklaşması veya varış usullerine devam edebilir.

Ara ölçüm noktasından sonra kontrolör uçaklar arasındaki mesafeyi izler ve yalnızca ayırma ihlallerini önlemek için ek aralık gerektiğinde müdahale eder. İlave boşluk, hızı ayarlayarak elde edilebilir, uçuş rotasının yatay yoldan çıkarılması ve gerekli ayırım oluştuğunda yeniden planlanan yatay uçuş yoluna döndürülmesi, yaklaşımda esas bacağı uzatılması veya varsa alternatif bir piste yönlendirilmesi düşünülebilir.





Şekil 7.4: Önerilen sürekli alçalma yaklaşması/varış prosedürü dikey uçuş rotası.

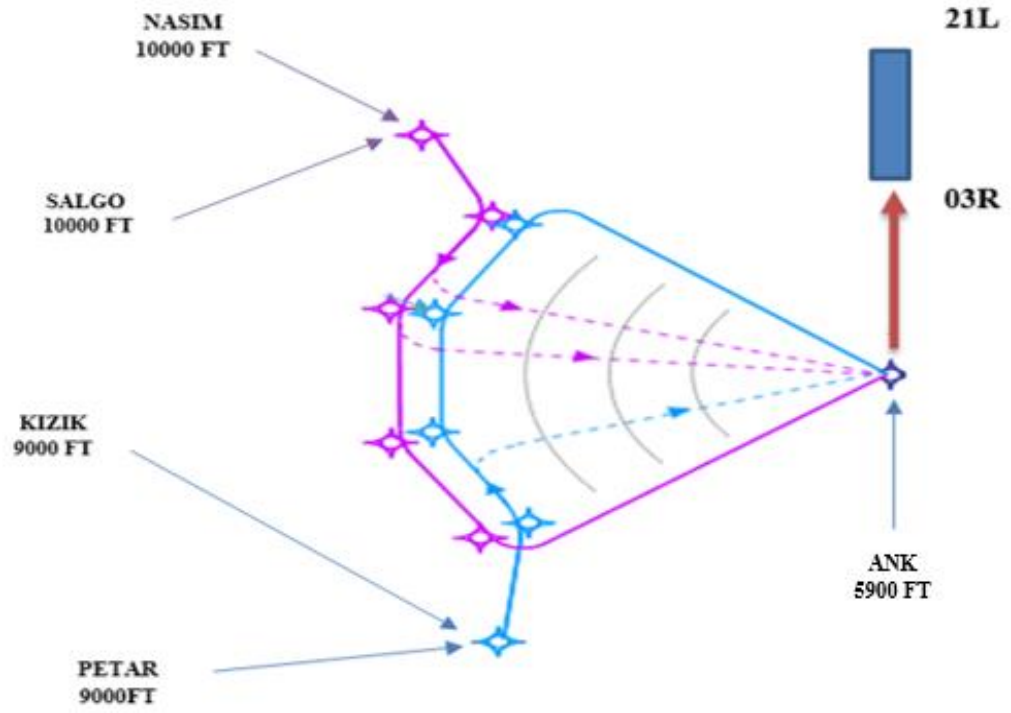


Şekil 7.5: Önerilen sürekli alçalma yaklaşması yatay uçuş rotası.

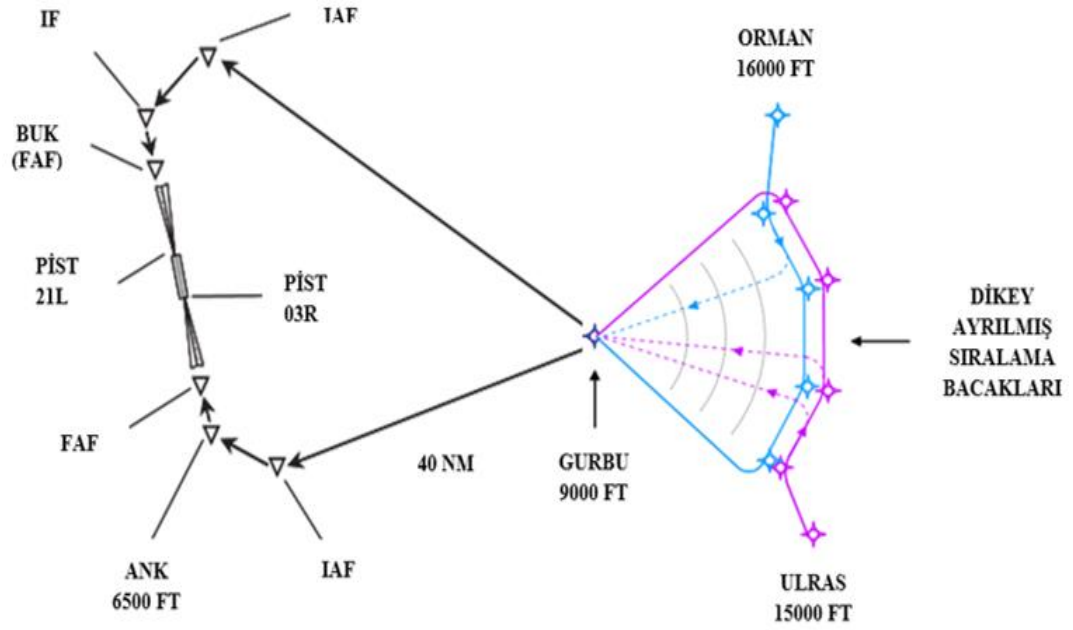
7.4.3 Önerilen Modelin Esenboğa Havalimanı İçin Tasarımı ve Operasyonu

FMS tarafından hesaplanan veya RNAV/Sürekli alçalma yaklaşması grafiklerinde belirtilen planlı alçalma rotası yatay/dikey navigasyon fonksiyonu ile uçulur. Yüksek irtifadan (39.000/41.000ft, 130/140 nm) alçalma uçaklar trafik akış ve sıralaması için belirlenen ara ölçüm noktasında belirli irtifada (19.000 feet) olacak şekilde ilgili uçuş yolu üzerinde alçalmaktadırlar. Trafik yoğunluğunun müsaade ettiği durumlarda aktif pist 03R ise uçaklar direk ANK noktasında 5.900 feet'te olacak şekilde yönlendirilir. Trafik yoğunluğunun müsaade etmediği durumlarda ise sürekli alçalma yaklaşmasını kolaylaştırıcı teknikler olan birleştirme noktası sistemi, patern uzatma, hız kontrolü ve vektör kullanılabilir. Bu durumda trafikler şekil 7.6'da gösterilen ve yaklaşma prosedürünün bir parçası olarak tasarlanan birleştirme noktası sistemini kullanarak yay üzerinde belirlenen irtifada ve hızda düz uçuş yaparak sıralamaya girerler. Trafikler ATC talimatı ya da prosedürde belirtilen yay üzerindeki ilgili noktadan dikey ayrılmış sıralama bacakları vasıtası ile alçalarak birleştirme noktası olarak tasarlanan ANK üzerinde 5.900 feet irtifada olacak şekilde devam ederler. ANK (ANK noktası ilk/ara yaklaşma noktası olarak düşünülmektedir) noktasını kat eden trafikler soldan dönüş ile havalimanına yönelirler. Son yaklaşma noktası geçildikten sonra iniş için gerekli olan uçak konfigürasyonu ve ILS süzülme hattına uygun geçişi sağlamak adına kısa bir düz uçuş bölümü gerçekleştirilir. İniş konfigürasyonunu sağlayan trafikler aynı zamanda ILS yer belirleyici ve süzülüş hattına kurularak iniş gerçekleştirirler ya da kaçırılmış yaklaşma usullerini uygularlar.

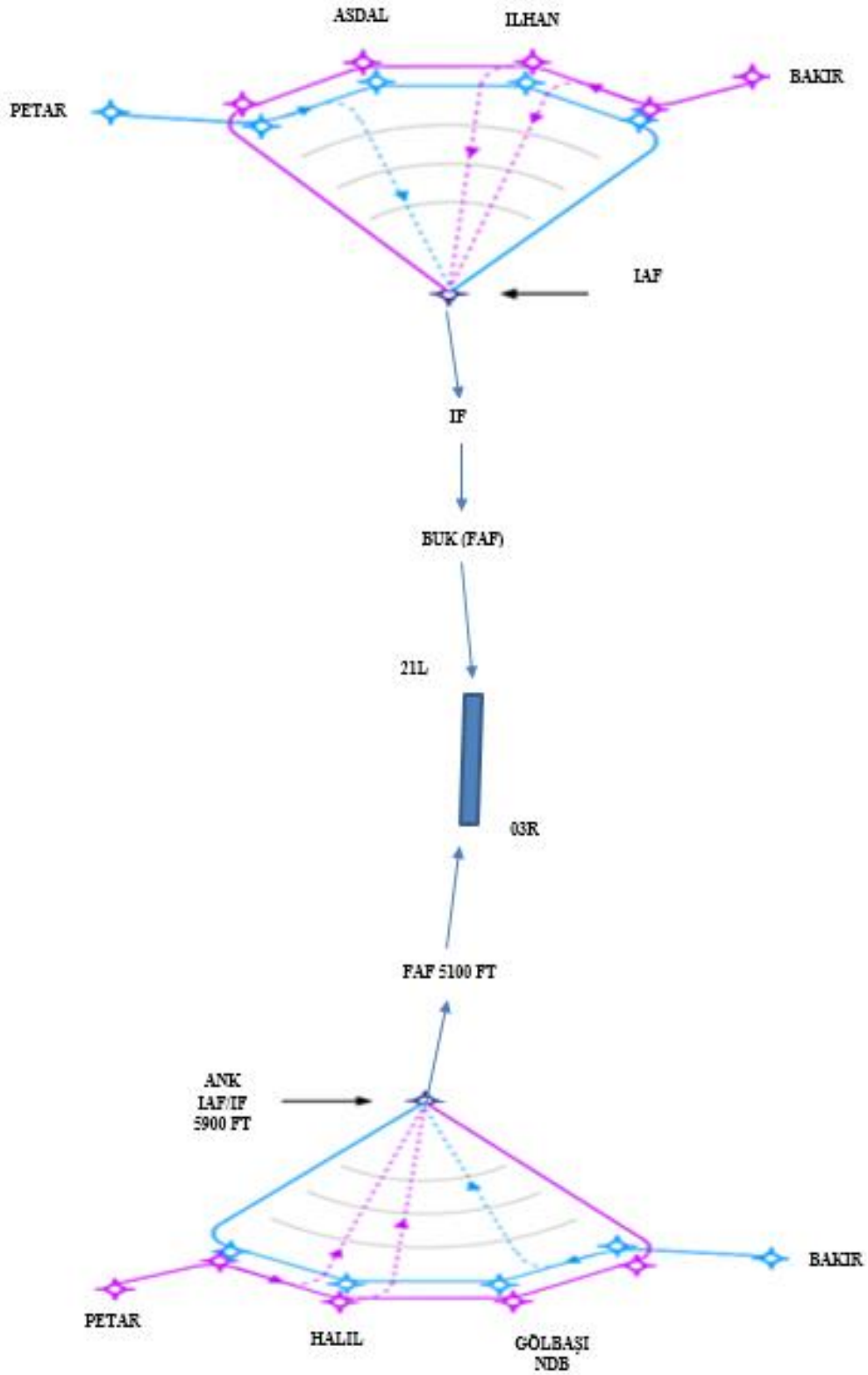
Esenboğa Havalimanı için önerilen model terminal hava sahası içerisinde meydanın kuzey, güney (Şekil 7.8) ve doğusu için (Şekil 7.7) farklı noktalarla tasarlanabilir. Esenboğa Havalimanı için şekil 7.7'de meydan doğusunda birleştirme noktası GURBU olacak şekilde trafiklerin sürekli alçalma yaklaşması uygulayabilecekleri tasarım yer almaktadır.



Şekil 7.6: Önerilen modelin Esenboğa Havalimanı batı trafikleri için tasarımı.



Şekil 7.7: Önerilen modelin Esenboğa Havalimanı doğu trafikleri için tasarımı.



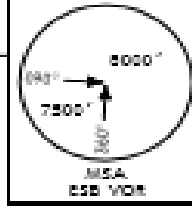
Şekil 7.8: Önerilen modelin Esenboğa Havalimanı Güney/Kuzey trafikleri için tasarımı.

Havacılık Bilgi Yayınında verilen Esenboğa Havalimanı için RNAV alçalması (Şekil 7.9) sıkça bekleme, vektör kullanımı ve yüksek motor gücü gerektiren yaklaşmanın yerine Şekil 7.10'da önerilen model doğrultusunda Global Prosedür

Dizayn programı ile çizilen RNAV/Sürekli alçalma yaklaşması yer almaktadır (Şekil 7.11’de ise Esenboğa Havalimanı için önerilen modelin mevcut alçalma üzerindeki verimliliği gösterilmektedir). Önerilen model doğrultusunda çizilen sürekli alçalma yaklaşmasına göre ilgili trafikler Ankara’nın hangi yönünden gelirse gelsin takip edecekleri uçuş rotaları gösterilmektedir. Örneğin İstanbul istikametinden gelen trafikler için aktif pistin 03R olması durumunda ara ölçümünde yapılacağı PETAR noktasında 12.000feet irtifadan trafik yoğunluğu müsait ise direk ANK noktasında 5.900feet’te olacak şekilde yönlendirilirler.

Trafik yoğunluğunun müsait olmadığı durumlarda ise trafikler yay üzerinde HALİL noktasına düz uçuş yaparak sıralamaya girmektedir. HALİL noktasından sonra soldan dönüşle alçalışa başlayarak ANK üzerinde 5.900feet’te olacak şekilde yönlendirilir (FMS veri tabanında yer alan bir RNAV/Sürekli alçalma yaklaşması ise trafikler ATC müdahalesi olmadan otomatik olarak belirli alçalmayı uygulayacaklardır). HALİL noktasında dikey ayrılmış sıralama bacağı müsait olmadığına GBI (Gölbaşı NDB) noktasına, GBI noktasının müsait olmaması durumunda ise trafiklerin BAKIR noktasına devam etmesi sağlanır. Müsait olan ilgili noktadan birleştirme noktası olarak planlanan ANK noktasına alçalış gerçekleştirilir. ANK noktasını kat eden trafikler son yaklaşma noktasına devam ederler. Son yaklaşma noktası geçildikten sonra ILS yer belirleyici ve süzülüş hattına kurularak iniş gerçekleştirirler ya da kaçırılmış yaklaşma usullerini uygulurlar.

D-ATIS 123.6
Apt Elev 3125'
Alt Set: hPa
Trans level: By ATC Trans alt: 10000'

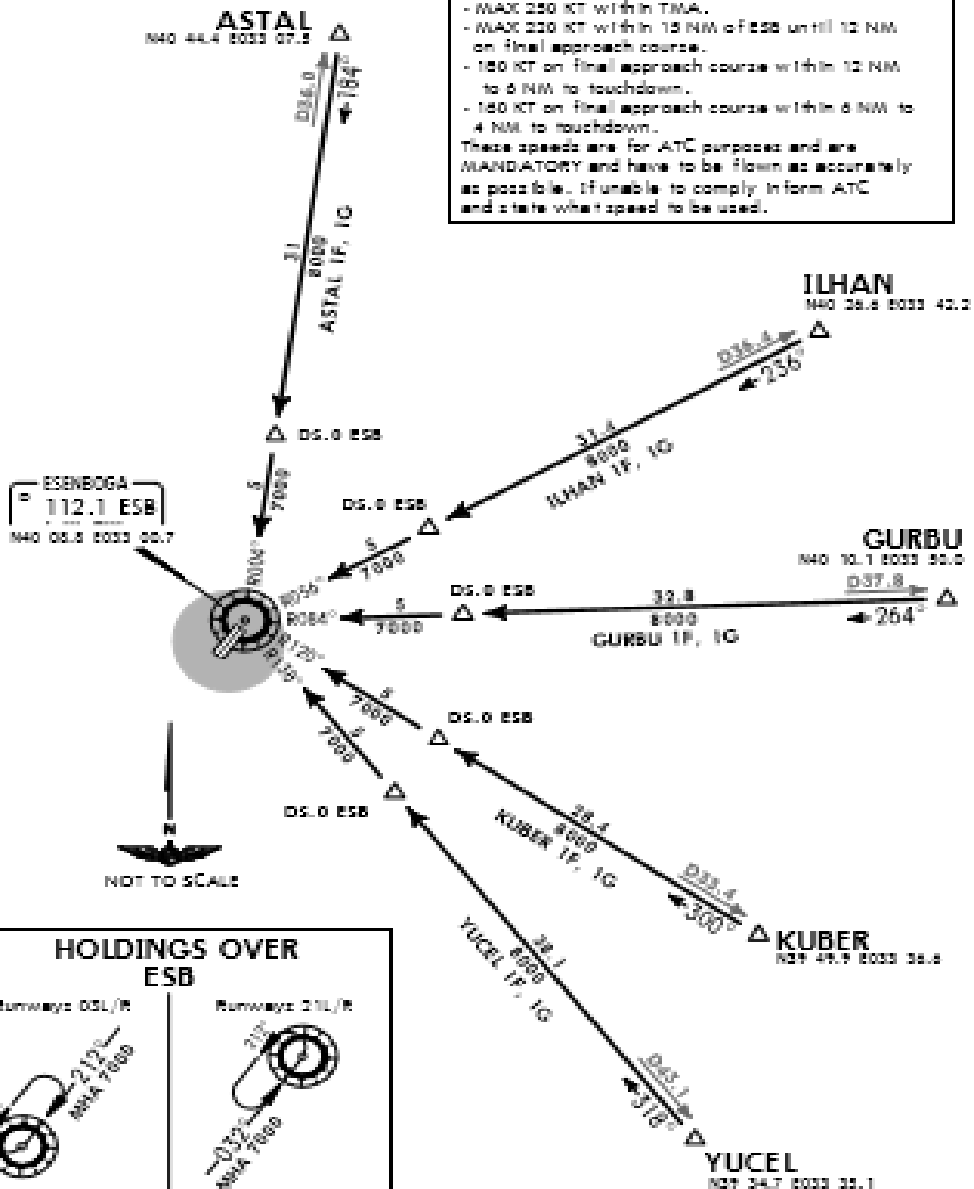


ASTAL 1F [ASTA1F]
GURBU 1F [GURB1F]
ILHAN 1F [ILHA1F]
KUBER 1F [KUBE1F]
YUCEL 1F [YUCE1F]
RWYS 03L/R

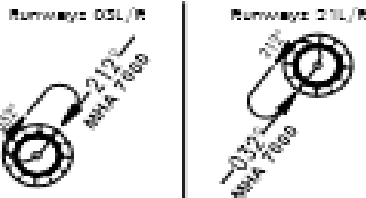
ASTAL 1G [ASTA1G]
GURBU 1G [GURB1G]
ILHAN 1G [ILHA1G]
KUBER 1G [KUBE1G]
YUCEL 1G [YUCE1G]
RWYS 21L/R

SPEED RESTRICTION

- MAX 250 Kt with TMA.
 - MAX 200 Kt within 10 NM of ESB until 10 NM on final approach course.
 - 100 Kt on final approach course within 10 NM to 8 NM to touchdown.
 - 100 Kt on final approach course within 8 NM to 4 NM to touchdown.
- These speeds are for ATC purposes and are MANDATORY and have to be flown as accurately as possible. If unable to comply inform ATC and state what speed to be used.



HOLDINGS OVER ESB



CHANGES: Speed restriction.

JEPPESEN, 2016, 2016. ALL RIGHTS RESERVED.

Şekil 7.9: Esenboğa Havalimanı için RNAV alçalması (JEPPESEN, 2016, s. 5).

ANKARA, TURKEY

RNAV (GPS) RWY 03R ¹⁷⁰⁷⁷

| | | |
|----------|-----------|--------|
| APCH CRS | Rwy Idg | 12,309 |
| 032° | TDE | 3113 |
| | Appt Elev | 3125 |

[TURAF]

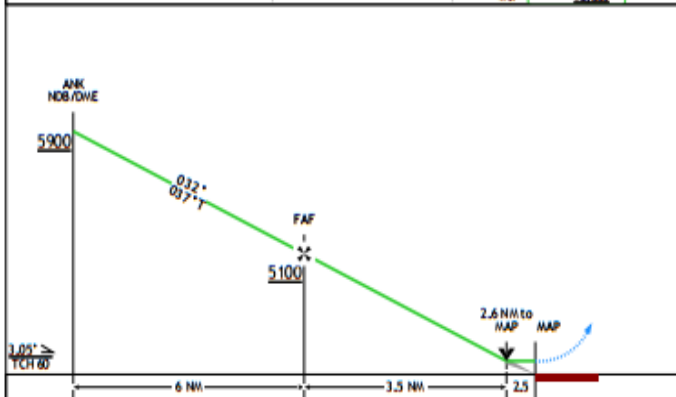
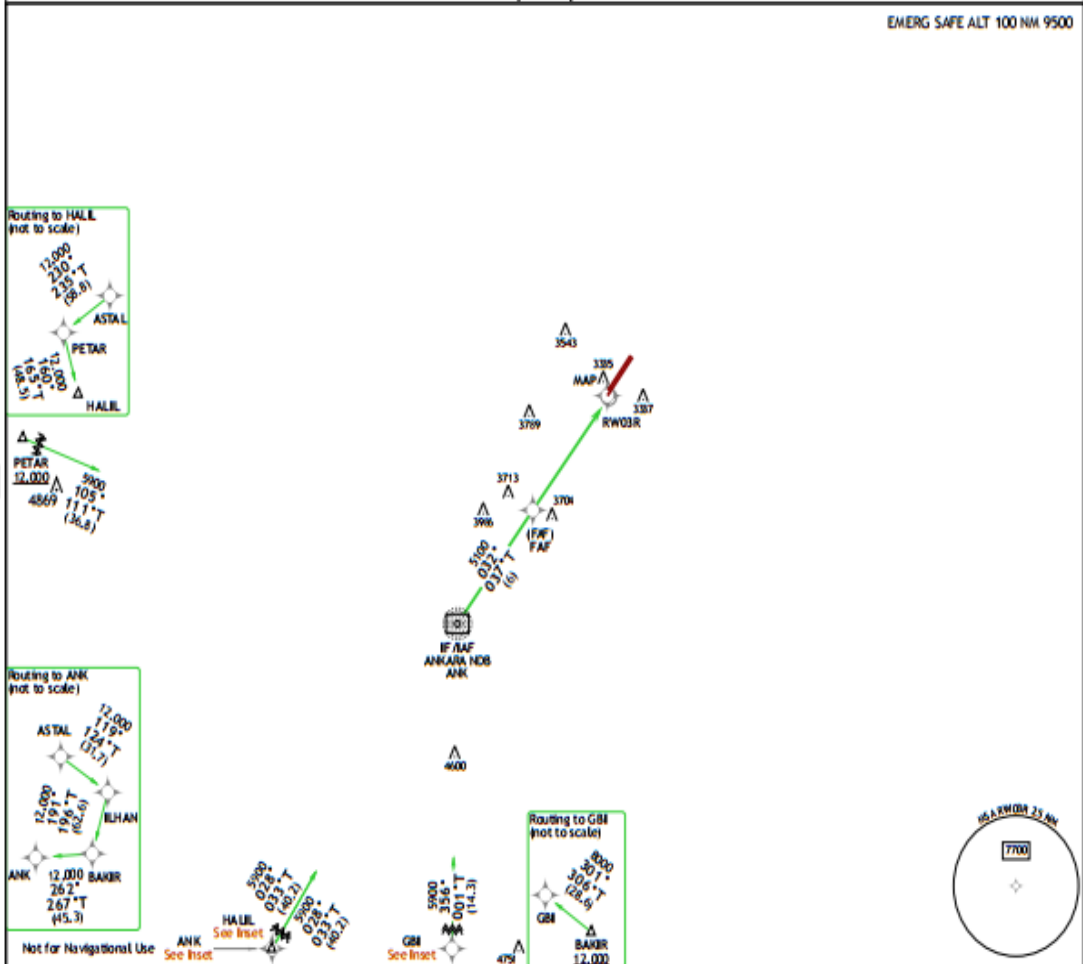
ESENBOGA (UTAC)

CAUTION: When RWY 21L, 21R VGSB Inop, circling to RWY 21L, 21R NA at night. Circling Visibility Reduction by Helicopters NA. LNAV: When ALS Inop increase Cat A RVR to 55, vis to 1 mile; Cat B RVR to 60, vis to 1¼ miles; Cat CD vis to 2½ miles.

ALSF-2

MISSED APPROACH:

EMERG SAFE ALT 100 NM 9500



| Fix Name | Latitude | Longitude |
|----------|------------|------------|
| ASTAL | 4014.218 N | 3307.615 E |
| ILHAN | 4026.417 N | 3342.076 E |
| BAKIR | 3926.124 N | 3319.740 E |
| ANK | 3923.375 N | 3221.437 E |
| PETAR | 4010.206 N | 3204.887 E |
| HALIL | 3923.433 N | 3221.467 E |
| GBI | 3942.848 N | 3249.348 E |
| FAF | 4002.003 N | 3254.366 E |
| YDP | 4004.746 N | 3257.063 E |
| HAP | 4006.793 N | 3259.079 E |
| RW03R | 4006.843 N | 3258.991 E |

| CATEGORY | A | B | C | D |
|----------|----------------------|----------------------|--------------------|--------------------|
| LNAV | 3980/24 867 (100-1) | 3980/40 867 (100-1) | 3980-2 867 (100-2) | 4100-3 975 (100-3) |
| Circling | 3980-1¼ 855 (100-1¼) | 3980-2½ 855 (100-2½) | 4100-3 975 (100-3) | |

ANKARA, TURKEY

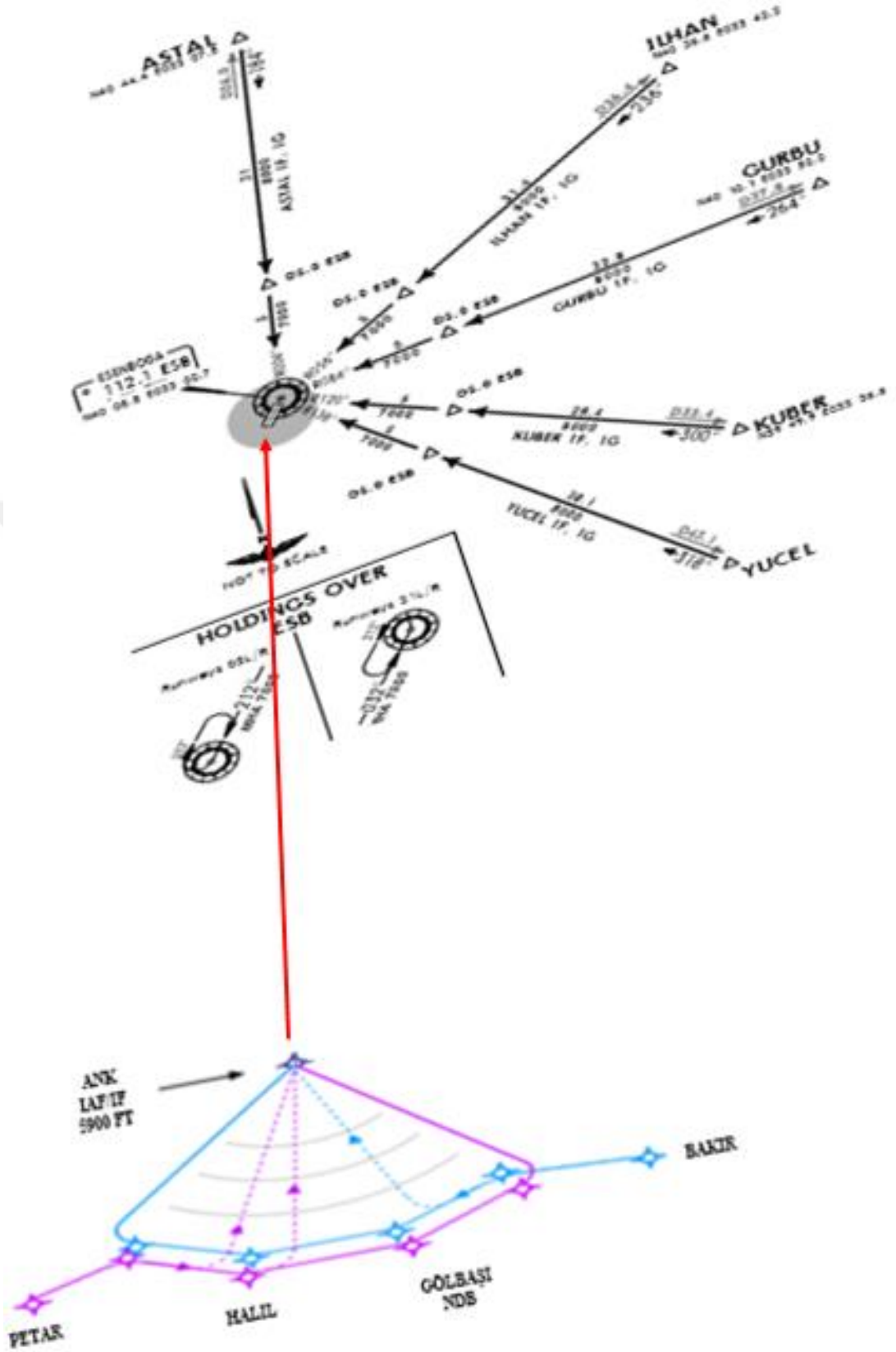
40°08'N - 33°00'E

ESENBOGA (UTAC)

Orig TERPS

RNAV (GPS) RWY 03R

Şekil 7.10: Global prosedür dizayn programı ile önerilen modelin Esenboğa Havalimanı için tasarımı.



Şekil 7.11: Esenboğa Havalimanı için önerilen modelin mevcut alçalma üzerindeki gösterimi.

7.4.4 Önerilen Modelin Sabiha Gökçen Havalimanı İçin Tasarımı ve Operasyonu

Havacılık Bilgi Yayınında verilen Sabiha Gökçen Havalimanı için RNAV alçalması (Şekil 7.13) sıkça bekleme, vektör kullanımı ve yüksek motor gücü gerektiren yaklaşmanın yerine Şekil 7.12’de önerilen model doğrultusunda çizilen RNAV/Sürekli alçalma yaklaşması yer almaktadır. Ayrıca Şekil 7.14’de Sabiha Gökçen Havalimanı için önerilen modelin mevcut alçalma üzerindeki verimliliği gösterilmektedir.

Sabiha Gökçen Havalimanına şekil 7.12’de doğu istikametinden gelen trafikler için tasarlanmış RNAV/Sürekli alçalma yaklaşması yer almaktadır. RNAV/Sürekli alçalma yaklaşması grafiklerinde belirtilen planlı alçalma rotası yatay/dikey navigasyon fonksiyonu ile uçulur. TOD noktasından alçalma uçaklar trafik akış ve sıralaması için belirlenen ara ölçüm noktasında (yay başlangıç noktaları ara ölçüm noktaları olarak alınabilir) belirli irtifada olacak şekilde ilgili uçuş yolu üzerinde alçalmaktadır. Trafik yoğunluğunun müsaade ettiği durumlarda aktif piste göre uçaklar direk ilk yaklaşma noktasına yönlendirilir. Trafik yoğunluğunun müsaade etmediği durumlarda ise sürekli alçalma yaklaşmasını kolaylaştırıcı teknikler olan birleştirme noktası sistemi, patern uzatma, hız kontrolü ve vektör kullanılabilir. Bu durumda trafikler şekil 7.12’de gösterilen ve yaklaşma prosedürünün bir parçası olarak tasarlanan birleştirme noktası sistemini kullanarak yay üzerinde belirlenen irtifada ve hızda düz uçuş yaparak sıralamaya girerler. Trafikler ATC talimatı ya da prosedürde belirtilen yay üzerindeki ilgili noktadan dikey ayrılmış sıralama bacakları vasıtası ile alçalarak birleştirme noktası olarak tasarlanan MEBOV üzerinde 8.000 feet irtifada olacak şekilde devam ederler. MEBOV noktasını kat eden trafikler aktif piste göre (06/24) ilk yaklaşma noktasına yönelirler. Ara ve son yaklaşma noktaları geçildikten sonra iniş için gerekli olan uçak konfigürasyonu ve ILS süzülme hattına uygun geçişi sağlamak adına kısa bir düz uçuş bölümü gerçekleştirilir. İniş konfigürasyonunu sağlayan trafikler aynı zamanda ILS yer belirleyici ve süzülüş hattına kurularak iniş gerçekleştirirler ya da kaçırılmış yaklaşma usullerini uygularlar.

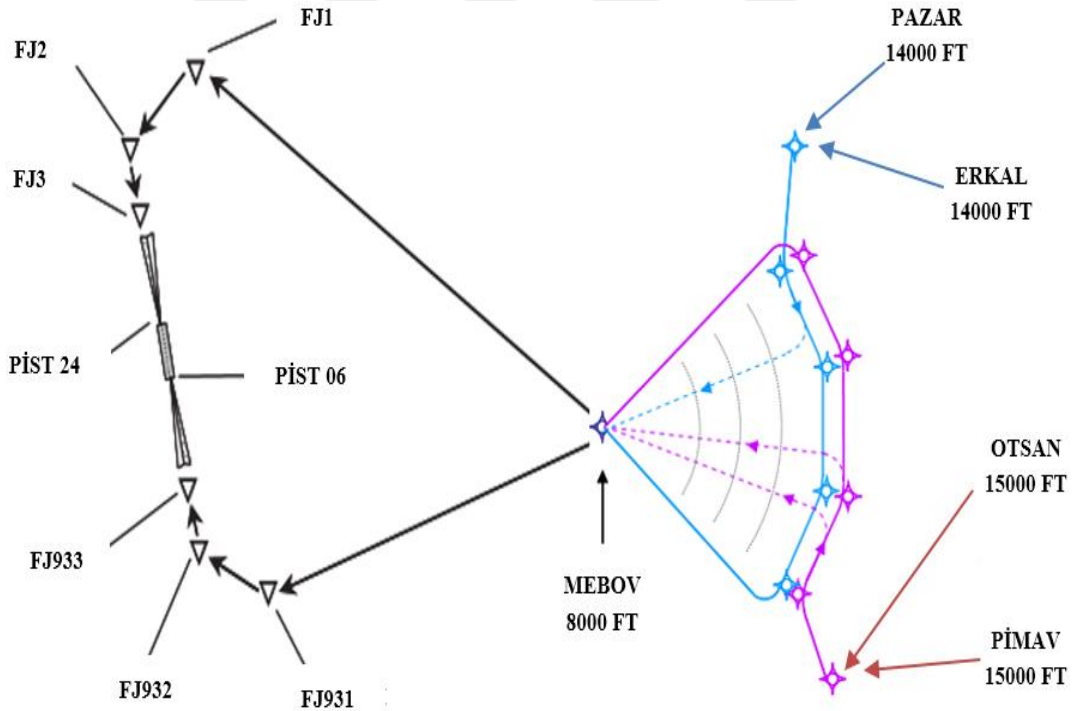
Sabiha Gökçen Havalimanı için önerilen model terminal hava sahası içerisinde meydanın kuzey, güney ve batısı için farklı noktalarla tasarlanabilir.

Pilotlar ile yapılan sözlü mülakat görüşmelerinde Etimesgut Askeri havalimanından Sabiha Gökçen Havalimanına gerçekleştirilen geleneksel alçalma

yöntemleri ve uygulanan RNAV/STAR uçuş rotaları ile ortalama uçuş süresi 53 dakikadır. Birleştirme noktası sistemi, patern uzatma, sürekli alçalmayı kolaylaştıran taktik müdahaleler (vektör, hız) ile bu süreler ortalama 7-8 dakika kadar düşmektedir.

Sabiha Gökçen Havalimanından Etimesgut Askeri Havalimanına FMS tarafından hesaplanan ve otopilotun yatay/dikey navigasyon fonksiyonu ile gerçekleştirilen sürekli alçalma yaklaşması yöntemi ile aynı rotanın (TAS, rüzgâr düzeltmesi dikkate alınarak hesaplanmıştır) ortalama uçuş süresi 33 dakikadır. Aynı uçuş yolunun 20 dakika farkla uçulmasının temel nedeni trafik yoğunluğundan kaynaklanmaktadır. Bu uçuşlar esnasında trafik durumu müsait olduğundan dolayı birleştirme noktası sistemi kullanılmamıştır.

Önerilen modelin kullanılması ile ortalama 7-8 dakika uçuş süreleri kısalmaktadır. Elde edilen bu veriler doğrultusunda havayolu işletmelerinin karlılığı ve çevresel etkilerin faydaları matematiksel yöntem ile bir sonraki bölümde hesaplanmaktadır.



Şekil 7.12: Önerilen modelin Sabiha Gökçen Havalimanı için tasarımı.

7.4.5 Önerilen Modelin Matematiksel Yöntem ile Fayda ve Maliyet Analizi

Bu bölümde önerilen sürekli alçalma yaklaşması ile geleneksel kademeli alçalma yaklaşmasının faydalarının ve maliyetlerinin analiz edilmesi ve karşılaştırılması yapılmıştır. Her iki modelin sağladığı faydalar yakıt tüketimi ve çevreye olan etki (emisyon hacmi) değişkenleri üzerinden tanımlanmıştır. Her iki modelin karşılaştırılmasında 20 ve 30 dakikalık farklı iki senaryo kullanılmıştır. Geleneksel kademeli alçalmada, alçalış uçuş rotası üzerinde uzun süreli yavaşlatılmış motor devri kullanılmadığı için rölanti yakıt tüketimi daha düşük oranda, sürekli alçalma yaklaşmasında da birleştirme noktası sistemi ve uçağın yapılandırılması için gerekli olan irtifa uçuşlarında uçağın seyir irtifasındaki toplam enerjisinin kullanılmasından dolayı kısa süreli motor devrindeki değişiklikler dikkate alınmamış ağırlıklı olarak rölanti yakıt tüketim değeri dikkate alınarak değerlendirme yapılmıştır. Tam prosedür sürekli alçalma yaklaşması uygulayan trafiklerin, geleneksel yöntemlere göre yaklaşma ve varış paternini daha erken tamamladığı dikkate alınmamıştır.

Bu kapsamda Tablo 7.1'de sunulan saniyede tüketilen kg cinsinden yakıt oranları kullanılmıştır. 20 ve 30 dakikalık alçalış süresi içeren her iki senaryoda kullanılan yaklaşma ve rölanti Tablo 7-1'de yer alan oranlar kullanılarak, geleneksel yaklaşma için yaklaşma oranı 0,75 ($0.338/0,451=0,75$), rölanti 0,25, önerilen sürekli alçalma yaklaşması için pilotlarla yapılan mülakatlar ve deneysel ölçümlerden yaklaşmanın 0,60 rölantisinde 0,40 olduğu belirlenmiştir. Müteakip yapılan hesaplamalarda bu oranlar dikkate alınmıştır.

Havayollarının kullandığı Boeing 737 ve Airbus A320 serilerinde yaygın olarak ABD'nin General Electric şirketi ile Fransa'nın Safran (Snecma) şirketinin ortak yatırımı olan CFM56 serisi jet motorlar kullanılmaktadır. Tablo 7.1'de CFM56 serisi uçak motorları için ICAO tarafından uçuş safhalarına göre belirli süreler gösterilmekte ve karışma yüksekliği 3.000ft olarak kabul edilmektedir. Bu motorlarla sürekli alçalma yaklaşmasından elde edilen yakıt verimliliği ve emisyon oranları ile ilgili fayda ve maliyet analizi yer almaktadır (Yay. O.D, Yılmaz. E, Döğeroğlu. T, Turgut. E.T, Cavcar. M, Usanmaz. Ö, Armutlu. K, 2014, s. 47).

Tablo 7.1: CFM56-7B26 serisi uçak motorları için ICAO emisyon faktörleri ve yakıt tüketimi değerleri (Yay. O.D, Yılmaz. E, Döğeroğlu. T, Turgut. E.T, Cavcar.M, Usanmaz.Ö, Armutlu.K, 2014, s. 49).

| Uçuş Safhaları (Faz) | Yakıt Tüketimi Kg/Saniye | CO (g/kg) | HC (g/kg) | NOx (g/kg) |
|-------------------------|-----------------------------|--------------|--------------|---------------|
| Kalkış | 1.221 | 0.20 | 0.10 | 28.8 |
| Tırmanış | 0.999 | 0.60 | 0.10 | 22.5 |
| Yaklaşma | 0.338 | 1.60 | 0.10 | 10.8 |
| Rölanti | 0.113 | 1.60 | 0.10 | 10.8 |
| Rölanti (Taksi) | 0.113 | 18.8 | 1.90 | 4.70 |

Tablo 7.1'deki verilere göre CFM56 serisi uçak motorları 1 dakikada yaklaşma için yaklaşık 20 ($0.338 \times 60 = 20.28$) kg yakıt, 1 dakikalık rölanti uçuşu içinse yaklaşık 7 kg ($0.113 \times 60 = 6,78$) kg yakıt tüketmektedir.

Pilotlar (Ek-A) ile yapılan sözlü mülakatlar neticesinde trafiklerin alçalmaları seyir irtifalarına göre değişmekle birlikte ortalama yaklaşma ve iniş paterni 20-30 dakika sürmektedir. Bu nedenle değerlendirmede 20 ve 30 dakikalık iki farklı senaryo esas alınmıştır. 20 dakikalık ilk senaryoda; geleneksel kademeli alçalmada 20 dakikanın 15 dakikasının yaklaşma, 5 dakikasının rölanti olarak alınırken sürekli alçalma yaklaşması için 8 dakikasını yaklaşma 12 dakikasını rölanti olarak esas alınmıştır. Bu durumda geleneksel kademeli alçalmanın yakıt miktarı ($15 \times 60 \times 0,338 = 304,2$) 304 kg. yaklaşma, ($5 \times 60 \times 0,113 = 33,9$) 34 kg. rölanti olmak üzere toplam 338 kg'dır. 20 dakikalık sürekli alçalmada yakıt miktarı ($8 \times 60 \times 0,338 = 162,24$) 162 kg. yaklaşma, ($12 \times 60 \times 0,113 = 81,36$) 81 kg. rölanti olmak üzere toplam 243kg'dır. Bu değerlendirme sonuçlarına göre önerilen yöntemin geleneksel yöntemle göre 20 dakikalık alçalmada 95 kg. ($338 - 243 = 95$) yani % 28 oranında daha az yakıt tükettiği belirlenmiştir. İkinci senaryo olan 30 dakikalık yaklaşımda da aynı metodoloji kullanılarak geleneksel kademeli alçalma yöntemi için kullanılacak yakıt 507 kg. ($60 \times 22,5 \times 0,338 + 60 \times 7,5 \times 0,113$) olarak tahmin edilmiştir. Sürekli alçalma yönteminde 365 kg ($60 \times 18 \times 0,113 + 60 \times 12 \times 0,338$) yakıt harcanmaktadır. Bu durumda önerilen yöntemin geleneksel yöntemle göre 30 dakikalık alçalmada 142 kg. ($507 - 365 = 142$) yani % 28 oranında daha az yakıt tükettiği belirlenmiştir.

Bir uçak motorunda 1 kilogram jet yakıtı yanması 3.15 kg karbon dioksit (CO₂) üretmektedir. Uçuş başına atmosfere bırakılan karbondioksit miktarı, uçak verimliliği

ve bakımı, seyahat mesafesi, taşınan yük (yolcu, yük ve posta) ve hava koşulları gibi bir dizi faktörlere bağlı olarak değişkenlik göstermektedir (IATA, 2015, s. 7).

Tablo 7.2’te CFM56-7B26 serisi uçak motorları için ICAO Emisyon Faktörleri (kg yakıt başına), yakıt tüketimi değerleri ve IATA karbon dioksit hesaplama yöntemi dikkate alınarak sürekli alçalma yaklaşması uygulayan ve uygulamayan trafiklerin emisyon (Nitrojen oksit, Hidro karbon, Karbon monoksit, Karbon dioksit) miktarları gösterilmektedir.

Tablo 7.2: Yakıt tüketimine göre emisyon miktarları.

| B737 / A320 (CFM56 Motorları) Emisyon Değerleri | NOx (gr) | HC (gr) | CO (gr) | CO ₂ (kg) |
|--|-----------|---------|---------|----------------------|
| Geleneksel Alçalma Yakıt Tüketimi 338-507 (kg/uçuş) | 3650-5475 | 33-50 | 540-811 | 1064-1598 |
| Sürekli Alçalma Yaklaşması Yakıt Tüketimi 243-365 (kg/uçuş) | 2624-3942 | 24-36 | 388-584 | 765-1150 |
| Fark | 1026-1538 | 9-14 | 152-227 | 299-448 |

IATA 2017 jet yakıt fiyatlarına göre 1kg jet yakıtı vergisiz olarak yaklaşık 2,0 Türk Lirasıdır (Mart 2017 döviz kuru ile 0.50 Euro’dur.) (IATA, 2017, s. 1).

Geleneksel ve sürekli alçalma yaklaşımları yakıt sarfiyatları arasındaki fark dikkate alındığında iki farklı yaklaşma modelinin kullanıldığı 20 dakikalık ve 30 dakikalık iki senaryo başına yakıt maliyetleri hesaplanmıştır. 20 dakikalık senaryoda geleneksel kademeli yaklaşma için yakıt maliyeti 169 Avro ($338 \times 0.5 = 169$), sürekli alçalma yaklaşması için 486 Avro ($243 \times 0.5 = 121$) olarak bulunmuştur. Önerilen sürekli alçalma yaklaşması ile 48 Avro tasarruf sağlanmaktadır. Bu tasarruf 30 dakikalık yaklaşma için 71 Avro ($507 \times 0.5 - 365 \times 0.5 = 71$) olarak gerçekleşecektir.

Esenboğa Havalimanı 2016 yılı iniş trafiklerinin sayısı 52808, Sabiha Gökçen Havalimanı 2016 yılı iniş trafiklerinin sayısı ise 115236 olarak açıklanmıştır (DHMİ, 2017, s. 1)

Esenboğa ve Sabiha Gökçen Havalimanlarının 2016 yılı iniş trafiklerinin sayıları dikkate alındığında önerilen sürekli alçalma yaklaşmasının kullanılması durumunda Esenboğa Havalimanına inen trafiklerin toplamından elde edilecek yıllık kazanç yaklaşık olarak 2.5/3.75 milyon Avro'dur. Sabiha Gökçen Havalimanına inen trafiklerin toplamından elde edilecek yıllık kazanç ise yaklaşık olarak 5.5/8.2 milyon Avro'dur.

Esenboğa Havalimanına inen trafiklerin sürekli alçalma yaklaşmasını uygulaması durumunda Tablo 7.2'ye göre yaklaşık olarak 54/81 Ton Nitrojen oksit, 475/740 Kg Hidrokarbon, 8/12 Ton Karbon monoksit, 15789/23657 Ton daha az Karbondioksit gazlarını açığa çıkaracak ve çevreyi daha az kirletecektir.

Sabiha Gökçen Havalimanına inen trafiklerin sürekli alçalma yaklaşması uygulaması durumunda ise yaklaşık olarak 118/177 Ton Nitrojen oksit, 1037/1613 Kg Hidrokarbon, 17/26 Ton Karbon monoksit, 34455/51625 Ton daha az Karbondioksit ve diğer gazları açığa çıkaracağı ve çevreyi daha az kirleteceği değerlendirilmektedir.

SEKİZİNCİ BÖLÜM

SONUÇ VE ÖNERİLER

Havalimanları, çevrelerindeki hava kirliliğinin büyük bir bölümünü üretmektedir, uçakların 3.000ft altında yaklaşma ve uzaklaşma safhalarında emisyona etkisi çok daha fazladır, havalimanı ve çevresindeki bu bölge diğer yerleşim alanlarına göre daha fazla tehdit altındadır.

Havalimanı çevresinde yaşayan insanların gürültüden uzak yaşayan insanlara göre çok daha büyük risk altında olduğu, her gün belirli düzeyde gürültüye maruz kalan 40 yaş üstü kadınların kalp rahatsızlığı geçirme riskinin yüzde 50, erkeklerin ise yüzde 69 oranında arttığı tespit edilmiştir. Gürültüden kadınların göğüs ve kan kanseri olma riskinin de daha fazla olduğu Berlin-Schönefeld havalimanını genişletme çalışmalarından sonra da çevredeki hastanelerin fazladan yaklaşık 5 bin kalp hastasını tedavi etmek zorunda kaldığı önceki bölümlerde açıklanmıştır.

İnsanlığın yaşam kalitesini artıran havayolu ulaşımı, daha konforlu bir yaşam olanağı sunmaktadır. Ancak, günümüzde yaşamın sürdürülebilirliğini kapitalist ekonomiler tüm doğal varlıkları yok etme pahasına tüketmektedir. Çevresel dengelere dikkat edilmemekte ya da kirletilmektedir. Bu anlayıştan, sürdürülebilir bir yaşam için bilimsel ve çevreci programlara geçilmelidir.

Havacılık sektörü belirli hizmetleri verirken milyonlarca yolcunun geçtiği havalimanları çevreyi kirletme ve uçaklar da yaktıkları tonlarca yakıtın atıklarını atmosfere salmaktadır. Hava araçlarının başlıca çevresel etkileri; küresel iklim değişikliği, hava kirliliği, sera gazı salınımları, ekoloji ve doğal yaşam, gürültü, enerji tüketimi, su kirliliği ve atıklar olarak sıralanmaktadır.

Artan çevresel kısıtlamalar havalimanlarının gelişiminde olumsuz etkilere neden olmaktadır. Çeşitli çevresel etkenler olmasına karşın, uçak gürültüsü havacılığın ve havalimanı yapısının gelişiminde en büyük sorun olarak gösterilmektedir. Bu nedenle,

artan hava taşımacılığı gereksiniminin karşılanması ile sağlık arasında ideal bir denge kurulmalıdır.

1996 yılında Vancouver’da (OECD)’nin “Sürdürülebilir Ulaşım Doğru” Konferansı’nda, havacılık sektörünün sürdürülebilir bir şekilde geliştirilmesi yönelimi ile havalimanı ve uçak operasyonlarını amaçlayan uluslararası çevre programları geliştirilmeye başlanmıştır. Bu kapsamda uçuş operasyon döngüsü (planlama, tasarım, işletme) sırasında, kaynakları verimli kullanan, çevreyi en az düzeyde etkileyen, güvenli, sağlıklı, uygulanabilir operasyon alanı sunan “insan ve doğa” uyumunun sağlanabileceği bir işletme sistemi belirlenmelidir.

Günümüzde hava taşımacılığının, çağdaş toplum gelişimine önemli katkıları olmasına rağmen, uçuş faaliyetleri neticesinde bölgesel ve küresel kirliliğe de yol açmaktadır. Uçuş operasyonlarının başlangıçta gürültü, hava ve su kirliliği ile doğal yaşama olan etkilerini azaltmak ve kontrol altına alabilmek için çevreci yaklaşımı ile ön plana çıkan sürekli alçalma yaklaşması kullanılmalıdır.

Sürekli alçalma yaklaşmasının faydaları olan uçuş operasyonlarının verimliliği, zamanın ve hava sahasının etkin kullanımı, enerji yönetimi, kaynakların verimli kullanılması, uçuş ekibi ve hava trafik kontrol birimlerinin iş yükünün azaltılarak durumsal farkındalık yaratılması, gürültü seviyesinin azaltılması, yakıt tasarrufu, emisyon oranlarının düşürülmesi ile havayolu işletmeleri açısından maliyet etkinliği ve verimliliğin dışında çevresel farkındalık oluşturarak havacılık adına atılmış bir adım olarak değerlendirilmektedir.

Bu çalışma ülkemizin ve dünyanın geleceğini ilgilendiren en önemli husus olan çevre kirliliği ve beraberinde getirdiği hastalıklara dikkat çekmenin yanı sıra uçuş operasyonlarında yakıt verimliliği ve çevresel etkilerin azaltılması için önerilen modelin avantajları matematiksel yöntem ile fayda ve maliyet analizi yapılarak açıklanmıştır. Yapılan analiz Esenboğa ve Sabiha Gökçen Havalimanlarının 2016 yılı iniş trafiklerinin sayıları dikkate alınarak gerçekleştirilmiştir. Esenboğa Havalimanına inen trafiklerin toplamından elde edilecek yıllık kazanç yaklaşık olarak 2.5/3.75 milyon Avro’ dur. Sabiha Gökçen Havalimanına inen trafiklerin toplamından elde edilecek yıllık kazanç ise yaklaşık olarak 5.5/8.2 milyon Avro olacaktır. Aynı zaman da çevreyi kirleten tonlarca gazların atmosfere atılmasının önüne geçilecektir.

Önerilen sürekli alçalma yaklaşmasının çeşitli dış koşullar altında uygulanabilmesi için kapsamı daha da genişletilerek yoğun trafiğe sahip meydanlarda

geliş/gidiş rotalarının incelenmesi ve gerekli uçuş testlerinin yapılması ile yatay/dikey verimsizlik noktaları belirlenip gürültü, yakıt ve emisyon değerlendirmesi yapılarak, hava sahası prosedür tasarımcıları için bir ön çalışma olabileceği ve meydanlara ait geliş rotalarının optimum dikey ve yatay profillere sahip bir şekilde yeniden tasarlanmasında yardımcı olabileceği düşünülmektedir.



KAYNAKÇA

Airport, E. (2006). Mather Airport Continuous Descent Approach (CDA), Noise Analysis Report. Sacramento : ESA Airport.

Bruno Favennec, E. H. (2009). The Point Merge Arrival Flow Integration Technique: Towards More Complex Environments and Advanced Continuous Descent . 9th AIAA Aviation Technology, Integration, and Operations Conference (ATIO) and Air 21 - 23 September 2009, Hilton Head, South Carolina, AIAA 2009-6921 (s. 1-4). Hilton Head, South Carolina: American Institute of Aeronautics and Astronautics .

Clarke, J.-P. (2006). Development, Design, and Flight Test Evaluation of a Continuous Descent Approach Procedure for Nighttime Operation at Louisville International Airport. Cambridge: Partnership for Air Transportation Noise and Emissions Reduction An FAA/NASA/Transport Canada Sponsored Center of Excellence.

Coppenbarger, R. (2006). Tailored Arrivals & the En Route/ Descent Advisor. Crown Plaza, Williamsburg, Virginia: Automation Concepts Research Branch (AFC), NASA Ames Research Center, Moffett Field, CA.

David Nakamura, W. R. (2015). Operational Benefits of Performance-Based Navigation. Boeing/commercial/aeromagazine/articles, 13-21.

DHMİ. (2017, 03 26). T.C. Ulaştırma Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı, Devlet Hava Meydanları İşletmesi Genel Müdürlüğü. İstatistikler: <http://www.dhmi.gov.tr/istatistik.aspx> adresinden alındı

Dr. Bryan E. Barmore, N. L. (2007). Airborne Precision Spacing Concept. Hampton/VIRGINIA, USA: American Institute of Aeronautics and Astronautics.

Eurocontrol. (2008). CDA Implementation Guidance Information. Brüksel: European Organisation for the Safety of Air Navigation,(EUROCONTROL).

Eurocontrol, E. O. (2011). Continuous Descent - A guide to implementing Continuous Descent. Brüksel: European Organisation for the Safety of Air Navigation (EUROCONTROL).

- Heal, S. v. (2015). Türkiye'de Hava Kirliliği ve Sağlık. Brussels – Belgium: Sağlık ve Çevre Birliği (HEAL).
- Ho, N. T. (2005). Design of Aircraft Noise Abatement Approach Procedures for Near-Term Implementation. Massachusetts, Cambridge, ABD: Massachusetts Institute of Technology.
- Iata. (2015). IATA Carbon Offset Program. IATA Carbon Offset Program – FAQ Airline Participants (s. 7). Montreal, CANADA: IATA.
- Iata. (2017, Mart 17). Jet Fuel Price Monitor. IATA-Jet Fuel Price Monitor: <http://www.iata.org/publications/economics/fuel-monitor/Pages/index.aspx> adresinden alındı.
- Icao. (2008). Performance-based Navigation (PBN) Manual, Doc:9613. Montreal: Icao.
- Icao. (2010). Continuous Descent Operations (CDO) Manual, Doc:9931. Montreal: Icao.
- Jeppesen. (2014, Ocak 31). Sabiha Gökçen Havalimanı STAR. İstanbul, Türkiye.
- Jeppesen. (2016, Nisan 8). Esenboğa Havalimanı için STAR. Ankara, Türkiye.
- John-Paul B. Clarke, N. T. (2004). Design and Flight Demonstration Test of a Continuous Descent Approach Procedure for Louisville International Airport. Cambridge, Massachusetts, ABD: Massachusetts Institute of Technology, The Boeing Company .
- Jong, O. d. (2012). Sustainable Airport Solutions. Groningen / Netherlands: Sustainable Airport Solutions.
- Jong, P. d. (2014). Aircraft Descents Today. P. d. Jong içinde, Continuous Descent Operations using Energy Principles (s. 3). Utrecht: GVO drukkers & vormgevers B.V. Ede, The Netherlands.
- King, D. (2005). Assessment of the effects of operational procedures and derated thrust on American Airlines B777 emissions from London's Heathrow and Gatwick airports. Cambridge: Partnership for Air Transportation Noise and Emissions Reduction An FAA/NASA/Transport Canada Sponsored Center of Excellence.
- Luis Chocano, L. P. (2004). OPTIMAL Bremen ACDA Detailed Procedure . Bremen: Airbus France.

- Mike Fairbanks, F. v. (2008). Second opinion on the application of CDAs at Schiphol Airport - Final report. Farnborough,UK: HELIOS.
- Ozan Devrim YAY, E. Y. (2014). Gerçek Karışma Yüksekliği ve Uçuş Fazı Süreleri ile Hesaplanan Uçak Emisyonlarının ICAO Değerleri ile Karşılaştırması . Hava Kirliliği Araştırmaları Dergisi , 49.
- Özdemir, İ. (2016, 03 16). Havaalanı Ve Uçaklar Çevre Kirliliği Yaratıyor. www.airlinehaber.com: <http://www.airlinehaber.com/havaalani-ve-ucaklar-cevre-kirliligi-yaratiyor/> adresinden alındı
- Ren, L. (2007). Problem sttatement. L. Ren içinde, Modeling and Managing Separation for Noise Abatement Arrival Procedures (s. 25-26). Cambridge / BOSTON, USA: Massachusetts Institute of Technology.
- Ren, L. (2007). Total Fuel Flow Rate . L. Ren içinde, Modeling and Managing Separation for Noise Abatement Arrival Procedures (s. 42-44). Massachusetts Institute of Technology.
- Richard Barhydt, C. A. (2006). Human Factors Considerations for Performance-Based Navigation. Hampton, Virginia/ABD: National Aeronautics and Space Administration NASA/TM—2006–214531.
- Robert de Muynck, L. C. (2007). OPTIMAL Schiphol ACDA detailed concept . Schiphol: Airbus France .
- Roux, Y. (2007). OPTIMAL AIRBUS Simulation & Flight Trials Procedures,Toulouse . Toulouse: OPTIMAL Airbus France .
- S. Alam, M. H. (2010). A Dynamic Continuous Descent Approach Methodology for Low Noise and Emission. IEEE/AIAA Digital Avionics Systems Conference (s. 6-7). Canberra, Australia: University of New South Wales Australian Defence Force Academy.
- Tom G. Reynolds, L. R.-P. (2007). Advanced Noise Abatement Approach Activities At Nottingham East Midlands Airport, UK . Barcelona, Spain: Europe Air Traffic Management R&D Seminar (ATM 2007), .
- Vos, F. (2012, 02 17). Groningen Airport Eelde verwelkomt eerste glijvlucht. [groningen-airport-eelde-first-glijding-flight:](http://wp.nlr.nl/en/2012/02/17/groningen-airport-eelde-first-glijding-flight/) <http://wp.nlr.nl/en/2012/02/17/groningen-airport-eelde-first-glijding-flight/> adresinden alındı

Walton, C. J. (2005). Continuous Descent Arrivals . 2005 Performance and Flight Operations Engineering Conference (s. 11). Louisville, Kentucky, United States: UPS.

Yancy Diaz-Mercado, S. G.-Y. (2013). Optimal Trajectory Generation For Next Generation Flight Management Systems. 32nd Digital Avionics Systems Conference (s. 1-2). Georgia Institute of Technology, Atlanta: 32nd Digital Avionics Systems Conference.

Yi Cao, L. J. (2013). Evaluation of Fuel Benefits Depending on Continuous Descent Approach Procedures.



EKLER

| | |
|--|------------|
| 1. Ek-A: Sürekli Alçalma Yaklaşması Geliştirme Mülakatı | 125 |
|--|------------|



Ek-A: Sürekli Alçalma Yaklaşması Geliştirme Mülakatı

- 1) Sürekli alçalma yaklaşması prosedürünün kesin ve etkin bir şekilde yürütülmesi için uçuş ekibi iş yükünü en çok arttıran husus/hususların sıralanışı nasıldır?
 - a) Hız kısıtlamaları
 - b) İrtifa kısıtlamaları veya geçiş kısıtlamaları
 - c) Kullanılacak otomasyon seviyesi
 - d) Rüzgârın olası etkisi, atmosferik basınç, altimetre ayarı (mahalli basınç) ve beklenen buzlanma koşulları
 - e) Geçiş irtifasının (TL) etkisi
 - f) ATC talimatları (radar vektör vs.)
 - g) ATC talimatları neticesinde gerekli kokpit ayarlamaları (set up)
- 2) Sürekli alçalma yaklaşması prosedürünün kesin ve etkin bir şekilde yürütülmesi için tavsiyeleriniz nelerdir?

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Kamil PEHLİVANOĞLU
Uyruğu : Türkiye Cumhuriyeti
Doğum Yeri ve Tarihi : Bandırma / 1981
Medeni Hali : Evli
Adres : Eryaman / ANKARA
E-Posta Adresi : kamilpehlivanoğu@gmail.com
İletişim (Telefon) : 0 555 353 72 35

EĞİTİM

Lise : Bandırma Teknik Lisesi, 1999
Ön Lisans : Uludağ Üniversitesi, 2001
Lisans : Anadolu Üniversitesi, 2011
Yüksek Lisans : Türk Hava Kurumu Üniversitesi, 2017

MESLEKİ DENEYİM

Hava Kuvvetleri Komutanlığında Uçak Bakım, Onarım, Yenileme faaliyetleri alanında 16 yıl ve C-650 uçaklarında 2600 saat Uçuş Teknisyeni deneyimine sahiptir.

YABANCI DİL

İngilizce