

Kelime anlamı itibarı ile seyrüsefer, seferin seyri ya da seferin gidişatı demektir. Konu hava seyrüseferi olduğunda, hava taşıtının bir noktadan başka bir noktaya seferi esnasında, dünya üzerindeki bir referans noktasına göre mevkisinin, yönünün ve hızının sürekli olarak bilinmesi ve takibi algılanır. İlk başlarda bu takip daha çok pilot kontrolüne bırakılmışken, teknolojik gelişmeler neticesinde günümüzde hava trafiğinde CNS olarak tabir edilen Haberleşme - Navigasyon - Gözetim (ing. Communication - Navigation - Surveillance) sistemleri kullanılmaktadır.

### YER TEMELLİ SEYRÜSEFER CİHAZLARI

Yer temelli seyrüsefer cihazlarını iki grupta ele alabiliriz. Bunlardan biri CNS sistemleri içinde Navigasyon Sistem / Cihazları olarak ifade edilen Seyrüsefer Yardımcı Cihazları (SSYC), bir diğeri de CNS sistemleri içinde Surveillance olarak ifade edilen Gözetim (Radar) Sistem / Cihazlarıdır.

Yer temelli seyrüsefer yardımcı cihazları (SSYC) denildiğine, yerde konuşlandırılmış olan bir istasyondan antenler vasıtasıyla yapılan yayının uçaklarda bulunan uygun alıcılar tarafından alınarak değerlendirilmesi ve uçağın pozisyonunun kokpitte bulunan göstergelerde radyal, açı, yön, mesafe bilgisi vb. cinsinden görüntülenmesi akla gelir. Uçak / pilot bu bilgileri kullanarak seyrüsefer sağlar.

Çalışma mantıkları, sistemlerden edinilen bilgilerin işlenmesi ya da hava trafik kontrolörleri tarafından kullanılış şekilleri SSYC'den farklı olmakla birlikte, yerdeki bir istasyondan yayın yaptıkları için Gözetim (Radar) sistemleri de bu başlık altında değerlendirilecektir.

### 1.NDB (Yönsüz Radyo Bikını- ing. Non Directional Radio Beacon)

NDB, uçaklara yer istasyonuna göre yön (baş) bilgisi ve tanıma işareti vermek için kullanılan bir cihazdır. Yayın her yöne yapılır ve uçaklar tarafından kaplama alanı içerisinde her yerden alınır. Yani yönsüz bir yayın paternine sahiptirler. NDB yayını, uçakta bulunan Otomatik Yön Bulma (ing. Automatic Direction Finder-ADF) cihazı alır. Pilot, ADF cihazını NDB cihaz frekansına ayarladığında, NDB istasyonuna göre nerede olduğunu, uçuş yol ve yönünü tespit eder. [ALCATEL AN436, s:1.1]

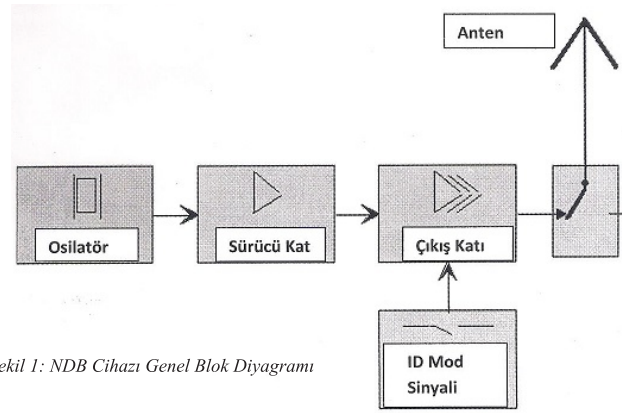
Günümüzde yön belirlemeye yönelik olarak daha gelişmiş seyrüsefer cihazları var olduğundan pek kullanılmazlar. Ancak ekonomiklik, askeri amaçlı kullanımlar, gelişmiş seyrüsefer sistemleri bulunmayan uçakların varlığı vb sebeplerle hava seyrüseferinde kullanımlarına rastlamak mümkündür. Çok hassas cihazlar değildirlir. Bilhassa geceleri hata oranları en yüksek seviyededir. Temel olarak bir LF/MF (Düşük ve Orta Frekans) verici gibi çalışırlar. Genelde 285 kHz – 525 kHz frekans bandında hizmet verirler. [TATSETPA <http://www.tatsetpa.org.tr/sayfa.php?pagelD=24> 02.12.2013, Radyo Seyrüsefer Yardımcıları, ÖZDEMİR, s:12]. Ancak NDB ler için 190 kHz - 1750 kHz frekans aralığı tanımlanmıştır. [Annex 10, s:3-33]

NDB Cihazları güçlerine ve amaçlarına göre, kontrollü uçuş yolu olarak belirlenen yerlerde yüksek güçlü (ing. High Power Homing-HH); havalimanı veya belirli bir yerleşim bölgesini belirlemek ve üzerinde bekleme /alçalma yaptırmak gayesiyle orta güçlü (ing. Homing-H) olarak kullanılırlar. Ayrıca ILS markerlerini belirlemek için düşük güçlü NDB cihazları (ing. Locator NDB veya Compass Locator) kullanılır. [Radyo Seyrüsefer Yardımcıları, ÖZDEMİR, s:13; ATSEP Seyrüsefer, ÖZER, DHMİ, s:13]

Genel olarak NDB cihazının basit bir yapısı vardır. Osilatör katında üretilen taşıyıcı dalga (285 kHz – 525 kHz) gerekli kuvvetlendirmeleri yapıldıktan sonra, kulakla işitmeyi de sağlamak için, ID Modülasyon Sinyali (1020Hz) ile genlik modülasyonuna tabi tutulur. Böylelikle genellikle yaklaşık 100 W değerinde olan ve cihazın kendini tanıtmaya için mors kodu da içeren içeren sinyal, antenden her yöne yayılır. Bu haliyle kaplama sahası coğrafik yapıya bağlı olmakla birlikte genel olarak 25-150 NM dir. NDB cihazı locator amaçlı kullanılıyorsa tanıma işareti iki harfli, diğer kullanımlarda üç harfli mors kodudur.



**Erdem İnce**  
Elektronik Mühendisi  
erdemince@gmail.com



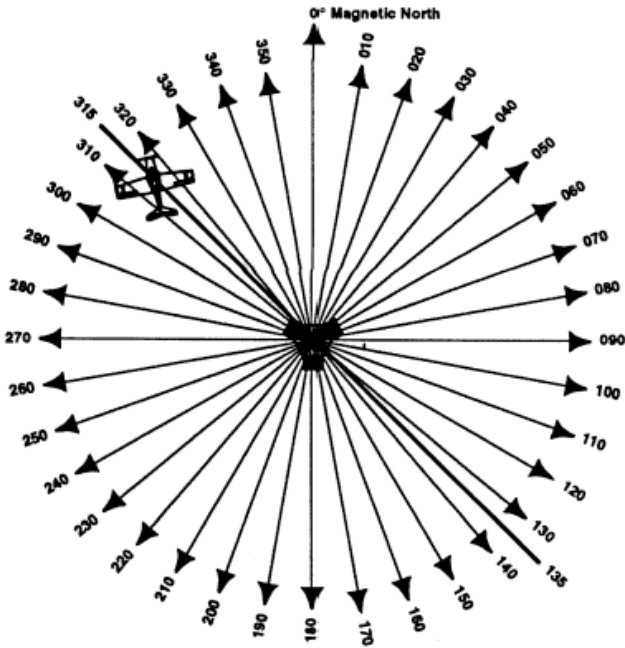
\* Şekil 1: NDB Cihazı Genel Blok Diyagramı

NDB cihazının frekansının düşük olması sebebiyle işaretin dalga boyunun çok fazla çıkması, teorik olarak çok uzun anten kullanımını gerektirir. Bu yüzden mevcut antenin boyu elektriksel olarak uzatılır. Bu, kapasitif frekans yüksek antenler ve değişken bobin değerleri sağlayabilen anten tuner devreleri kullanılarak yapılır. NDB cihazlarında Mast, Fiberglass Mast ve Simetrik T antenler kullanılabilir. [ATSEP Seyrüsefer, ÖZER, DHMİ, s:13]

NDB'lerin genel kullanım amacı yaklaşımdır. Uzun menzilli seyrüsefer için uygun değildirlir. Yaklaşma esnasında pilotun NDB istasyonunu ayarladıktan sonra, doğru istasyonun ayarlanıp ayarlanmadığını teyit etmek için mors kodunu dinlemesi gerekir. Sistem basit ve ucuzdur ancak, meteorolojik şartlara duyarlı olduğu, fading olayından dolayı bilhassa gece verdiği bilgilerin çok güvenli olmadığı ve istasyon üzerinde dikey eksende  $\pm 45$  derecelik bölümde sessizlik konisinin oluşacağı unutulmamalıdır. [Radyo Seyrüsefer Yardımcıları, ÖZDEMİR, s:6 ve s:12]

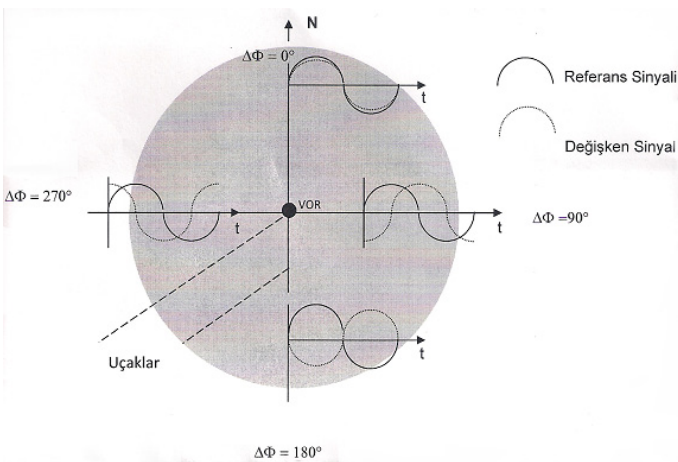
### 2.VOR (VHF Çok Yönlü Radyo İstikamet Cihazı- ing. VHF Omnidirectional Radio Range)

Uçaklara manyetik kuzeye göre açı bilgisi vererek, uçağın uçuş yönünden bağımsız bir şekilde yön bilgisi almasını sağlayan kısa ve orta mesafeli bir seyrüsefer yardımcı cihazıdır. Her yöne yayın yapan VHF vericinin kendi etrafında 1 er derece aralıklarla oluşturduğu 360 adet yatay doğrusal hat (radyal) bilgisinden (Şekil 2) pilot ihtiyaç duyduğunu seçer. 111.975-117.975 MHz. frekans bandında çalışmakla beraber [Annex 10, s:3-28] bu bandın 108-112 MHz lik kısmının localizer cihazlarının da kullanılıyor olmasından dolayı zorunlu haller dışında 108-112 MHz frekans bandı kullanılmaz. Yayın sahası genel olarak 300 km'ye kadardır. Tanıtma işaretleri üç harfli mors kodları şeklindedir. [ATSEP Seyrüsefer, ÖZER, DHMİ, s:16]



\* Şekil 2: VOR cihazının ürettiği yatay doğrusal radyal bilgileri

VOR sinyali, fazları birbirinden farklı iki ses işaretinin (30 Hz sin) modülasyonu ile elde edilir. (Referans ve değişken işaretler) Referans işaretin fazı gözlem noktasının yatay değişimlerinden yani azimuttan bağımsızdır. Değişken (variable) işaretin fazı ise gözlem noktasının yatayı ile değişir ki buna yöne göre faz değişimi de denebilir. Referans işareti ile değişken işaret arasındaki faz farkı, yer istasyonu ve manyetik kuzeye göre bulunulan yer ile orantılı olarak derece derece değişir. Sonuçta, referans ve değişken işaretler arasındaki faz farkı uzayda açı bilgisini oluşturur. Uçak alıcısında bu işaretler demodülasyona uğratarak manyetik kuzeye göre açı bilgisi elde edilir. Manyetik kuzeye göre farklı konumlarda iki işaret arasındaki faz farkı Şekil 3'te verilmiştir.



Şekil 3: VOR Cihazı Referans ve Değişken İşaretler arasındaki Faz Farkları

Referans işaret merkezi antenden, değişken işaret ise merkezi anten etrafındaki dipol antenlerden yayınlanır. Gerek konvansiyonel VOR (CVOR) cihazlarında, gerekse Doppler etkisini kullanarak çevresel faktörlerin elimine edildiği Doppler VOR (DVOR) sistemlerinde üretilen VOR kompozit işareti dört adet işaret içerir. Bunlar;

- Ana taşıyıcı (Carrier),
- 30 Hz Sinüs işaretinin ana taşıyıcı ile genlik modülasyonuna tabi tutulması sonucu oluşan işaret (30Hz AM),
- 30Hz Sinüs işaretinin öncelikle 9960 Hz alt taşıyıcı ile FM modülasyonuna tabi tutulması, ardından da oluşan sinyalin ana taşıyıcı ile genlik modülasyonu yapılması neticesinde meydana gelen işaret (30Hz FM)
- AM modülasyonlu tanıtma (1020Hz ± 50 Hz) ve ses sinyalleri (örnek: Automatic Terminal Information Service-ATIS bilgisi) içerir.

DVOR sistemleri CVOR sistemleri arasındaki fark; DVOR sistemlerinde referans işaret 30Hz AM ve değişken işaret 30 Hz FM iken, CVOR sistemlerinde bu tamamen terstir. Ayrıca CVOR sistemlerinde değişken işaret merkez anten etrafındaki tek bir çapraz dipolden yayınlanırken, DVOR sistemlerinde bu, merkez antenin etrafında çember şeklinde konuşlandırılmış 36 veya 48 adet anten elemanı için, elektronik olarak dönen anten simülasyonunun oluşturulması ve sıra ile karşılıklı iki anten elemanlarından yayınlanması şeklinde olur. [AWA Handbook, s:2-4; SSY Sist. Eğitim Notu, ÜNAL, s:7-8; ATSEP Seyrüsefer, ÖZER, DHMİ, s:18 ]



\* Şekil 4: CVOR



\* Şekil 5: DVOR

VOR cihazları havalimanlarından uzakta yol ve kavşak noktalarında enroute maksatlı kullanılabilirler gibi, havalimanı civarı ya da içerisinde yaklaşma alçalma ve bekleme amaçlarına yönelik de kullanılabilirler. Havalimanı veya civarına yerleştirilen VOR cihazları Terminal VOR (TVOR) olarak anılır.

VOR cihazlarında haberleşme tek taraflı olup sadece uçağa sinyal gönderilir. Genel olarak VOR'un uçağa verdiği bilgiler;

- Azimut İndikatörü: VOR'a göre manyetik kuzey ile uçağın bulunduğu yerin açısı.
- Bearing: Önceden seçilen radyale (cihazın yayınladığı yatay doğrusal hatta) göre uçağın, bu hattın sağında mı, solunda mı yoksa üzerinde mi olduğuna dair bilgi.
- FROM/TO: Uçağın VOR'dan uzaklaştığı ya da VOR'a doğru uçtuğunu gösterir bilgi.

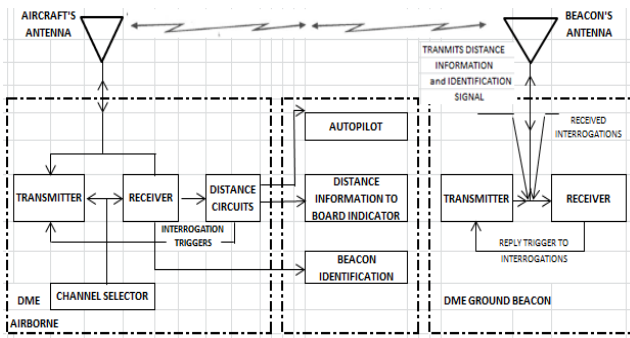
DVOR cihazlarında daha az olmakla birlikte, VOR cihazları VHF bandında yayın yapılmasından dolayı yakın çevresel etmenler ve manialardan olumsuz etkilenirler. Genel olarak 600 m yarıçaplı mesafe VOR hassas sahası olarak kabul edilir. Bu saha DVOR cihazları için 300 metre olup, hassas sahalar her türlü yapılaşmanın takibini gerektiren sahalarlardır.

VOR cihazlarında yüksek frekanslar kullanıldığından NDB cihazlarında meteorolojik koşullar sebebiyle oluşan gürültüler an az seviyeye iner. NDB lere göre daha az güç gereksinimleri olup hata toleransları da daha düşüktür. Ancak VOR cihazların yerde kurulumu zor olup yayılan sinyallerin alımı uçağın irtifasına bağlıdır. Transmisyon için direk dalgalar kullanıldığından dağların maskeleyen etkisi bulunur. [Radyo Seyrüsefer Yardımcıları, ÖZDEMİR, s:16]



### 3. DME (Mesafe Ölçüm Ekipmanı- ing. Distance Measurement Equipment)

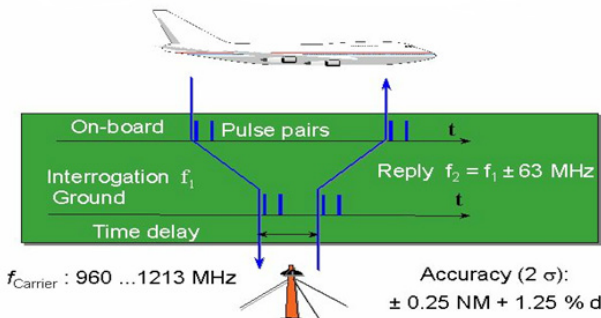
UHF bandında (962-1213 MHz), radar mantığına benzer bir mantıkla çalışan DME cihazları, pilotlara yer istasyonu ile uçak arasında bulunan mesafe bilgisini verir. Diğer seyrüsefer cihazlarından farklı olarak hem alıcı hem verici üniteleri mevcuttur. Uçakta ise bunun için interrogator (sorgulayıcı) ve transponder (alıcı) üniteleri mevcuttur. Sistemde darbe (ing. pulse) modülasyonu kullanılmaktadır. Radar istasyonlarından farklı olarak sorgulamayı uçak yapar. DME alıcısı bu sorgulama sinyallerini 50 mikro saniyede değerlendirir ve soru sinyali frekansından 63 MHz farklı bir cevap sinyalini uçağa gönderir. Uçağın transponderinde değerlendirilen cevap sinyalinin, yer istasyonu-uçak arasındaki gidiş-dönüş zamanından NM mesafe bilgisi (NM) elde edilerek kokpitteki göstergelerde gösterilir.



\* Şekil 6: DME Sistemi Çalışma Teorisi Basit Blok Diyagramı

DME cihazları genel olarak yalnız başına çalıştırılmazlar. VOR, Localizer veya Glide Path cihazları ile eşlenik çalışırlar. Bu çalışma şeklinde uçak, eşlenik çalıştığı cihazın frekansını ya da "Annex 10 Aeronautical Telecommunications, Volume I s:3-100 Tablo A" da belirtilen VOR/Localizer karşılığını seçer. Böylece otomatik olarak DME çalışma kanalı da seçilmiş olur. DME cihazları frekansları ile değil, bir verici ve alıcı frekansından oluşan kanal numaraları ile anılırlar.

962-1213 MHz çalışma frekans aralığında 126 adet X, 126 adet Y kanalı bulunur. (VOR/DME eşlenik çalışması ile uçak hem yön hem de mesafe bilgisi alır) Ayrıca DME cihazı 1350 Hz. frekansında morsa kodlu bir tanıma işaretini 30 sn de bir yayınlr. Pilotun DME çalışma kanalını seçmesiyle uçaқта bulunan sorgulayıcı ünite, darbe çiftleri şeklinde soru sinyallerini yer istasyonuna göndermeye başlar. Bu durum "arama" aşamasıdır ve istenen DME istasyonundan cevap sinyalleri alınmaya başlanana dek saniyede 150 defa darbe çiftleri gönderilmeye devam eder. Cevap sinyali yakalanınca "izleme" aşamasına geçilir. Uçak tarafından gönderilen darbe çiftlerinin sayısı izleme aşamasında saniyede 10-30 düzeylerine iner.



\* Şekil 7: Uçak-DME Cihazı Arasında Gönderilen-Alınan Darbe Çiftleri

Her DME cihazının belli bir cevaplama kapasitesi bulunduğundan her soru sinyaline cevap vermez. DME cihazının gönderebileceği darbe çifti sayısı saniyede ortalama 2700 (PRF) dür. Bu, 95 adedi "izleme" ve 5 adedi de "arama" aşamasında olduğu varsayılan yaklaşık 100 uçağa aynı anda cevap verebileceği anlamına gelir. Cihaz öncelikle (cevaplama kapasitesi içerisinde olmak üzere) en iyi seviyede aldığı soru sinyallerini değerlendirir. Kapasite üzerindeki soru sinyalleri DME cihazı tarafından dikkate alınmayacağından cevap sinyali de gönderilmez. Cihazın dikey menzili yaklaşık FL 330 iken yatay menzili 200 NM civarındadır. Uçak tam olarak DME istasyonunun tam üzerinden geçerken uçağın irtifa bilgisi alınır. DME cihazının anten tipi yer yöne yayın yapan dipol dizileri şeklindedir. 200 NM den az (kısa menzilli) seyrüseferlerde mesafe ölçümü için en yaygın olarak DME cihazları kullanılmakta olup, yer hızı ve seyahat süresi hesabında ana kaynak konumundadırlar. Yaklaşma prosedürleri genel olarak eşlenik çalışan VOR/DME cihazları üzerine kurulur. Pratikte yaklaşık 0,2 NM gibi düşük hata paylarından dolayı daha doğru mesafe bilgisi vermeleri, ILS sistemlerinde marker cihazları yerine kullanımını getirmiştir. Yaklaşmalarda kullanım için daha gelişmiş DME/P (precision) modelleri de mevcuttur. [ATSEP Seyrüsefer, ÖZER, DHMİ, s:20-21; SSY Sist. Eğitim Notu, ÜNAL, s:11-12; Radyo Seyrüsefer Yardımcıları, ÖZDEMİR, s:19-20; http://www.tatsetpa.org.tr/sayfa.php?pageID=23 02.12.2013; THALES DME 415/435 Technical Man. s:1]

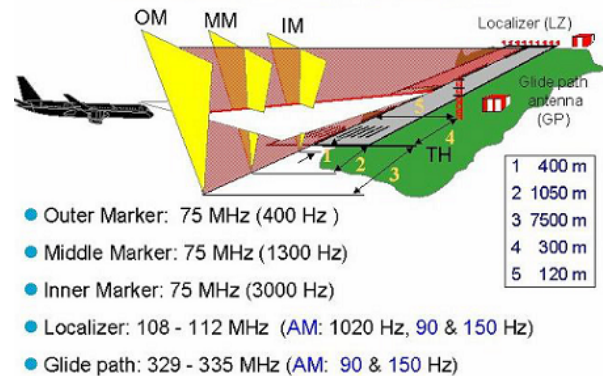
### 4. TACAN (Tactical Air Navigation)

TACAN sadece askeri havacılıkta kullanılmakta olan bir radyo seyrüsefer cihazı olup, VOR/DME ikilisinin sivil uçaklar için sağlamış olduğu yön ve mesafe bilgisini askeri uçaklar için sağlar. DME frekans bandında çalıştıktan sonra, bir DME alıcısı TACAN istasyonundan gönderilen sinyalleri ve mesafe bilgisini alabilir. Daha çok VORTAC (VOR+TACAN) olarak kullanılırlar. Böylece sivil uçaklar VOR'dan yön, TACAN dan mesafe; askeri uçaklar ise TACAN dan hem yön hem mesafe bilgilerini alırlar. [Radyo Seyrüsefer Yardımcıları, ÖZDEMİR, s:22]

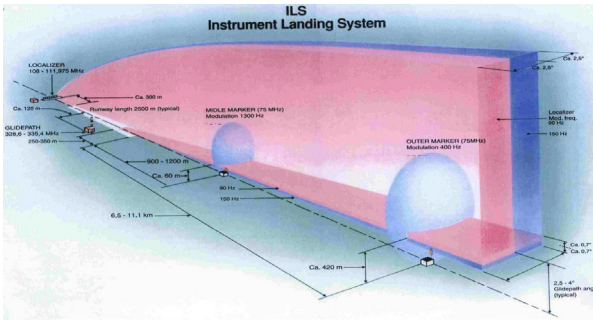
### 5. İNİŞ SİSTEMLERİ (ILS/MLS)

#### 5.1 ALETLİ İNİŞ SİSTEMİ (ing. Instrumented Landing System-ILS)

Yaklaşma ve iniş için kullanılan bu sistem uçaklara yatay ve dikey ekseninde kılavuzluk yaparak, özellikle meteorolojik şartlardan dolayı görüş mesafesinin düşük olduğu zamanlarda uçağın piste güvenli inişine yardımcı olur. Amaç mümkün olduğunca uçağı piste yaklaştırarak pilotun pisti görmesinin sağlanmasıdır. Kurulumları için meteorolojik koşulların yanı sıra coğrafi şartlar da önemlidir. Localizer, Glide Path ve Marker cihazlarından oluşan tipik bir ILS sistemi için, cihazların pist yerleşimleri ile yayılan sinyaller Şekil 8 ve Şekil 9 da gösterilmektedir. [ATSEP Seyrüsefer, ÖZER, DHMİ, s:23]



\* Şekil 8: Tipik ILS Yerleşim Yapısı



\* Şekil 9: Tipik bir ILS Sistemi Sinyal Sembolizasyonu

## 5.1.1 LOCALIZER

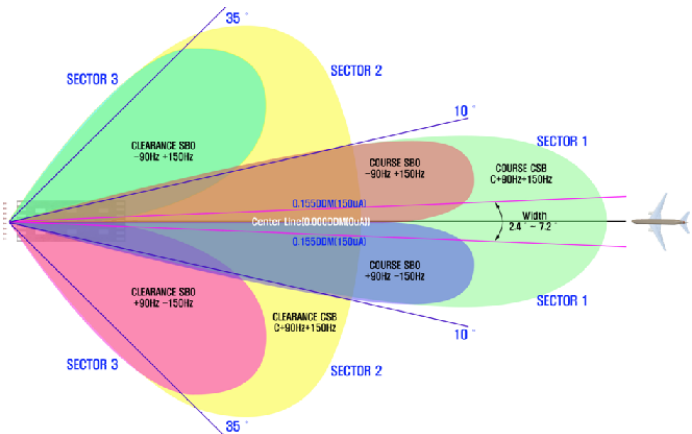
Localizer cihazının kullanım amacı, inişte uçağa yanal olarak kılavuzluk yapmak, kötü hava şartlarında dahi, yayınladığı sinyallerle oluşturduğu elektronik pist merkez hattı sayesinde uçağın pisti ortalamasını sağlamaktır. Uçaklara pistin ortasına göre yatay açı bilgisi vererek uçağın pist merkez hattına (ing. centerline) oturması için gerekli verilerin, pilotun kullandığı CDI (Course Deviation Indicator) yani rota sapma göstergesinde izlenebilmesini sağlar.

Cihaz, 108.10-111.95 MHz. arası bir taşıyıcı frekansında (VHF) 50 KHz. kanal bölme ile yayın yapar. Bu taşıyıcı, 90 Hz, 150 Hz ve 1020 Hz ses tonlarıyla genlik modülasyonuna tabii tutulur. 1020 Hz tonu, tanıtma işaretleri için kullanılır. Taşıyıcının 90 Hz ve 150 Hz frekanslı ses tonlarıyla modülasyonu sonucunda oluşan aynı genlikli iki sinyal arasındaki modülasyon derinliği (DDM) farkının sıfır olduğu (DDM=0) hat, doğru yaklaşma verecek olan Course sinyali içerisinde oluşturulan pist merkez hattıdır.

Yaklaşma durumunda uçaklar pist merkez hattı ile aynı hizaya gelirse, uçaktaki CDI göstergesi, 90 Hz ve 150 Hz ses tonları arasındaki modülasyon derinliğinde bir fark göstermez ve CDI ibresi merkezlenir.

Cihazda course vericisinin yanı sıra, uçakların course sinyalini bulabilmesi için kullandığı clearance sinyalini yayınlayan clearance vericisi de bulunmaktadır.

Localizer cihazı yayın paterni şekil 10 da gösterilmektedir. Çıkış güçleri 5-15 W civarında olup, menzil  $\pm 35^\circ$ 'lik bir bölge (clearance sinyali) için 17 NM ve  $\pm 10^\circ$ 'lik bir bölge (course sinyali) için de 25 NM civarındadır. Tipik course sinyal genişliği (ing. course width), pistin solunda 1,5, sağında da 1,5 derece olmak üzere 3 derecedir.



\* Şekil 10: Localizer Cihazı Sinyal Paterni

Dış marker tarafından yaklaşımda yayın paternine bakıldığında 150 Hz modülasyonu pilotun sağında, 90 Hz modülasyonu ise solundadır. Uçak, merkez hattının sağında ise 150 Hz modülasyonu 90 Hz modülasyonunu aşacak ve CDI sola doğru bir sapma üretecektir. Eğer uçak solda ise bu sefer 90 Hz modülasyonu 150 Hz modülasyonunu aşar ve CDI'da sağa doğru bir sapma gözlenir.

ILS' in tanıtma işareti localizer antenlerinden yayınlanır. Bu, I harfinin ardından 3 harfli mors kodu şeklindedir (Örneğin IAYT). Localizer antenlerinden istenirse ses işareti de yayınlanabilir.

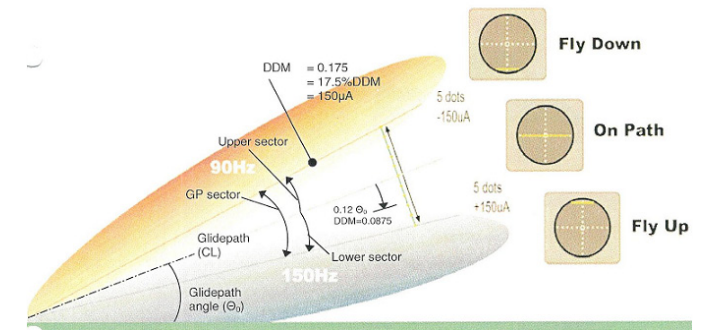


\* Şekil 11: Localizer İstasyonu ve Antenleri

Şekil 11 da dipol antenlerden oluşan örnek bir localizer anten dizisi görülmektedir. Cihaz ve antenler yaklaşma istikametine göre diğer pist başında konuşlandırılırlar. [ATSEP Seyrüsefer, ÖZER, DHMİ, s:23-24; <http://www.tatsetpa.org.tr/sayfa.php?pageID=25> 02.12.2013; Radyo Seyrüsefer Yardımcıları, ÖZDEMİR, s:22-23; Park Air Normarc 7000B, s:0-3,0-4,0-7 ]

## 5.1.2 GLIDE PATH (GP)

ILS içerisindeki Glide Path cihazının amacı, uçaklara dikey kılavuzluk yaparak teker değme noktasına doğru uygun bir açıyla alçalmalarını sağlamaktır. Bu sistem, 328.6-335.4 MHz. frekans bandında (UHF) ve aynı zamanda 90 ve 150 Hz. tonları ile modülasyonlu bir sinyal yayar. (Üstte 90 Hz, altta da 150 Hz modülasyonlu sinyal olmak üzere) Bu iki sinyal arasındaki modülasyon derinliği (DDM) farkı ölçülür. İki sinyalin kesiştiği yerde, doğru yaklaşma için DDM değerlerinin sıfır olduğu Glide Path açısında oluşan yol (path) glide path süzülme yoludur. Glide Path frekansları localizer frekansı ile çiftlendiğinden, pilot sadece localizer alıcısının kontrolünü ayarlayarak aynı zamanda Glide Path'e bağlanmış olur. Glide Path, ufka göre bir süzülme bilgisi verir. [ATSEP Seyrüsefer, ÖZER, DHMİ, s:23-24; Radyo Seyrüsefer Yardımcıları, ÖZDEMİR, s:24 ]



\* Şekil 12: Karakteristik GP cihaz sinyali



Şekil 12 de karakteristik olarak glide path cihazı tarafından üretilen sinyaller görülmektedir. Süzülme açısı normalde 3° olarak tavsiye edilir. Uçaklar bu 3° lik süzülme yolunda ise 90 ve 150 Hz modüleli işaretlerin eşit miktarları alınarak CDI' in yatay ibresi merkezlenir. Yayılım pater-ninde bu işaretler; 90 Hz modülasyonunun süzülme yolu üstünde, 150 Hz modülasyonunun ise altında hakim olması için düzenlenir. Uçaklar belirlenen süzülme yolunun üstünde ise 90 Hz modülasyonu 150 Hz modülasyonunu aşar ve CDI yatay ibresinde aşağı doğru bir sapma oluşur. Eğer uçaklar süzülme yolunun aşağısında ise bu sefer 150 Hz modüleli işaret 90 Hz modüleli işareti aşar ve ibrede yukarı doğru bir sapma gözlenir. Uçakta ILS sistem göstergeleri (hem localizer hem de GP) açısından pilotu ilgilendiren prensip, pilotun hep gösterge iğnesine doğru uçacak olmasıdır. (Fly to needle) Glide Path cihazları, beraber çalıştıkları Localizer cihazları ile eşleştirilmiştir. Pilot bir kere Localizera bağlandığında Glide Path cihazına da otomatik olarak bağlanmış olur. Eğer GP cihazı ile beraber çalışan bir DME cihazı var ise pilot DME cihaz bilgisini de almaya başlar. Eşleştirilen frekanslar, radyo seyrüsefer sistemlerinin standartlarını düzenleyen ICAO Annex 10 Aeronautical Telecommunications, Volume I s:3-21,3-22 'de 3.1.6 maddesinde yer almaktadır. [ATSEP Seyrüsefer, ÖZER, DHMİ, s:23]

Şekil 9'da görüldüğü üzere GP cihaz anten ve cihazları, ILS alçalması yapılan tarafa, pist başından 250-350 metre içeriye ve 120-180 metre pist merkez hattı uzağına konuşlandırılır. Şekil 13'te tipik GP anten ve istasyonu görülmektedir. GP cihazlarının menzili yaklaşık 10 NM, güçleri ise 5-10 W civarındadır. [ <http://www.tatsetpa.org.tr/sayfa.php?pageID=25> 02.12.2013 ]



\* Şekil 13: GP cihaz anten ve istasyonu

### 5.1.3 MARKERLAR

Marker cihazlarının kullanım amacı, alçalma aşamasında pilotlara pist başından ne kadar uzaklıkta olduklarına dair bilgi vermektir. Dış, orta ve iç olmak üzere üç çeşittirler. Dikey olarak yayın yaparlar ve 75 MHz de çalışırlar. (75 MHz lik taşıyıcı frekans) Düşük takatlidirler. Günümüzde iç markerlar, özel durumlar dışında pek kullanılmamaktadırlar.

Dış markerler (ing. outer marker-OM) pist başından 6500-11000 metre mesafeye yerleştirilir. (optimal 7500 mt) Saniyede iki kesik çizgi ile kendilerini tanıtır. Bu sinyaller 400 Hz ile modüle edilmiştir. Markerin etki sahası içersinden geçerken, uçakta alet panelindeki mor bir lambayı tanıma işaretinin duyulabildiği sürece yakarlar. Orta Markerler (Middle Marker-MM) pist başından 900-1200 metre mesafeye yerleştirilirler. (optimal 1050 mt) Birim saniyede 2 kesik çizgi ve 2 nokta olarak kendilerini tanıtır. Bu sinyaller 1300 Hz de modülelidir. Etki sahası içersinden geçerken uçakta amber renkli bir lambayı yakarlar. Şekil 14'te tipik bir marker istasyon ve anteni görülmektedir. [ATSEP Seyrüsefer, ÖZER, DHMİ, s:26; <http://www.tatsetpa.org.tr/sayfa.php?pageID=25> 02.12.2013; Radyo Seyrüsefer Yardımcıları, ÖZDEMİR, s:25]



\* Şekil 14: Tipik Marker İstasyon ve Anteni

VSAT terminallerinin birbiriyle bir merkezi Hub istasyonu üzerinden haberleşmesi esasına dayanır. Merkezi istasyonun çökmesi durumunda tüm ağın haberleşmesi de çöker.

### 5.1.4 ILS KATEGORİLERİ

Uçağa verdikleri bilgilerin hassasiyetleri ve performanslarına göre ILS ler üç kategoriye ayrılır. Kategorilerin tanımlanmasında karar yüksekliği (ing. Decision Height-DH) ve pist görüş menzili (ing. Runway Visual Range-RVR) kavramları kullanılır. Bu kavramlara göre ILS kategorileri için sayısal değerler Tablo 1'de mevcuttur. [Radyo Seyrüsefer Yardımcıları, ÖZDEMİR, s:26]

Kategori	DH	RVR	AÇIKLAMA
CAT I	≥ 60 m (200 ft)	≥ 800 m	
CAT I	≥ 60 m (200 ft)	≥ 550 m	Touchdown Zone ve Pist Merkez Hattı Işıklarıyla İken
CAT II	60 m (200 ft) > DH ≥ 30 m (100 ft)	≥ 350 m	
CAT III a	< 30 m (100 ft)	≥ 200 m	
CAT III b	< 15 m (50 ft)	≥ 50 m	
CAT III c	No Minima	No Minima	

\* Tablo : ILS Kategorileri için DH ve RVR Değerleri

### 5.2 MİKRODALGA İNİŞ SİSTEMİ (ing. Microwave Landing System-MLS)

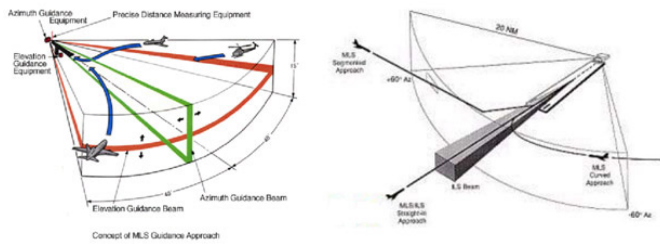
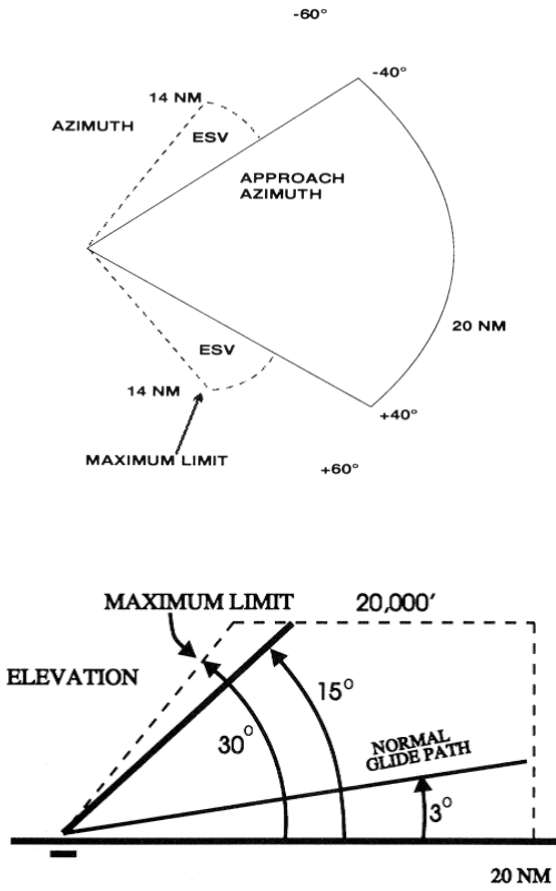
MLS , ILS gibi alçalma ve iniş amaçlı olarak kullanılan bir sistemdir. MLS için, SHF bandında 5030-5090 MHz frekans aralığında 200 kanal ayrılmıştır. Kanallar 0.3 MHz aralıklarla ayrılmıştır. Menzili yatayda 20-30 NM, düşeyde ise 20.000 feet civarındadır. ILS sistemlerinin ekipman yerleşim problemleri, zararlı girişimlere açık oluşları, artan trafik karşısında performans açısından yetersiz kalışları ve sınırlı kanal kapasiteleri, kritik ve hassas sahalarının geniş oluşu üreticileri daha gelişmiş bir iniş sistemi arayışına soktu. Bu maksatlarla oluşturulan MLS; iki veya üç boyutlu pozisyon bilgileri ve data iletimi sağlayan hassas bir iniş sistemidir. MLS sistemi üzerinde deneme ve çalışmalar devam etmekte olup, ILS sistemine karşı var olan birçok avantajına karşı; ekonomik olmayışı, uçaklar üzerinde yeni ekipman ve düzenlemelere ihtiyaç duymasının yanı sıra GPS tabanlı sistemlerde olumlu sonuçlar veren çalışmaların yapılmasından dolayı eski cazibesini kaybetmiştir. Askeri versiyonları Mobil MLS denen MMLS sistemleridir. Zaten hali hazırda dünya üzerinde askeri maksatlı kullanımları daha yaygındır.

Sistem temel olarak azimut istasyonu sayesinde yatayda ±40 derecelik geniş bir alanda yatay açı (azimut) ve elevation istasyonu sayesinde +30 dereceye kadar bir kaplama sahası içerisinde de yükseklik bilgisi verir. Mesafe bilgisi sistemde çalışan DME/P cihazı vasıtasıyla sağlanır. Sistem arka azimut bilgisi de verebilir ve data haberleşmesi yapılabilir. Data haberleşmesi azimut istasyonu tarafından sağlanır. Bu datalar temel olarak; tanıma, sistemde kullanılan istasyonların tam yerlerinin bilgisi, cihaz performans durumları ve DME/P cihazının

kanalı ile durumu şeklinde özetlenebilir. (Sistemde Azimut istasyonu tarafından dakikada en az 6 defa yayınlanan tanıtma işareti; M ile başlayan dört harfli mors kodudur) Sistem ek olarak MLS cihazlarının üç boyutlu yerleşimlerini, nokta yolun koordinat bilgilerini, pist ve hava durumu bilgilerini de data haberleşmesi ile sağlayabilir.

Sistem yatay kılavuzluk için yatay, düşey kılavuzluk için de düşey tarama yapar. Soldan sağa doğru yapılan yatay tarama pist merkez hattı bilgisini, aşağı-yukarı düşey tarama ise yaklaşma yükseklik bilgisini (süzülme yolu) verir. Uçaktaki alıcı, TO ve FROM durumları arasındaki zaman farkını ölçerek yatay yayına göre pist merkez hattının neresinde olduğunu, düşey tarama zaman farkını ölçerek te hangi alçalma açısında olduğunu anlar.

Bu arada pilot, uçağın kabiliyetine bağlı olarak istediği süzülme açısını ve yaklaşma derecesini seçerken, uçaktaki göstergeler vasıtasıyla seçtiği kılavuzluğun neresinde (aşağısında, yukarısında, sağında ya da solunda olup olmadığını) olduğunu da görür.



\* Şekil 15: MLS Yatay-Düşey Yayın Paterni, Üretilen Sinyaller ve Sistemin kullanışı

Sistemin ILS'e göre kıyaslanması yapılacak olursa avantajlarının dezavantajlarından fazla olduğu görülecektir.

Bunlar:

- Performanslarından bağımsız olarak sivil-askeri uçaklar ve helikopterler tarafından kullanılabilmeleri,
- Mobil olarak hizmet verebilmeleri,
- ILS teki gibi tek bir süzülme hattı yerine pilot tarafından uçak performansına göre seçilebilen uygun süzülüş yollarının olması,
- Sistem menzilin ILS'ten geniş olması,
- Çok yüksek frekansların kullanılmasından dolayı anten boylarının küçüklüğü ve kolay kurulumları,
- Yansımalarından dolayı oluşan parazitlere duyarlı olmayışı,
- Frekans bant yoğunluğu nedeniyle ILS'te ek kanal ihtiyacı sağlanamazken MLS'te SHF bandında gerektiğinde artırılabilen 200 kanalin bulunması,
- Düşük hata eşikleri,
- Birim zamanda hizmet verdiği veya indirdiği uçak sayısı açısından performanslarının ILS'ten yüksek oluşu olarak sayılabilir.

Sistemin ILS sistemine göre dezavantajları ise pahalı oluşları ve sistemin yaygın olarak kullanılabilmeleri için hizmet alan tüm uçaklara pahalı ek ekipmanların konulması gerekliliği olarak belirtilebilir. [http://www.tatsetpa.org.tr/sayfa.php?pageID=26 02.12.2013, Emel AYDIN; ATSEP Seyrüsefer, ÖZER, DHMİ, s:29; Radyo Seyrüsefer Yardımcıları, ÖZDEMİR, s :29-30; SSY Sist. Eğitim Notu, ÜNAL, s:19 ]

## 6 OMEGA

İlk olarak 1982 yılında askeri amaçlar için, uçağın dünya üzerindeki yerini, hızını ve uçuş yönünü saptamak için kullanılan bu uzun menzilli hiperbolik radyo seyrüsefer yardımcısı, duyarlı bir sistem olmasından dolayı sivil uçaklarca da kullanılmıştır. Hiperbolik sistemler, uçağın en yakın istasyona çok uzak olduğu durumda iki ayrı istasyondan yayılan ve birbirine senkronize çalışan sinyallerin uçak tarafından alınıp aralarındaki zaman farkının ölçülmesi prensibiyle çalışırlar. [Radyo Seyrüsefer Yardımcıları, ÖZDEMİR, s :35; Unvan Değişikliği Sınavı Ders Notu, DHMİ; s:22 ]

Sistemin dünyanın farklı yerlerinde kurulmuş 8 adet yer istasyonu mevcuttur.

Bunlardan sinyalleri en iyi alınan 3 adedi referans alınarak oluşan hiperbolün kesişim noktalarından faydalanılarak uçağın yeri belirlenir. Bu Omega Seyrüsefer Sistemi (ing. Omega Navigation System-ONS) olarak adlandırılan bilgisayar sistemleri vasıtasıyla olur. İstasyonların birbirinden ayrılabilmesi için 10.2 KHz, 11.33 KHz ve 13.6 KHz olacak şekilde üç farklı frekans seçilmiştir. Bu 8 istasyondan her biri, belli aralık ve sürelerde periyodik olarak (10 sn) bu üç farklı sinyali yayar. İstasyonların sinyalleri yayım zamanı ve yayılan sinyallerin frekansı farklı olur. Böylece sinyali gönderen istasyonun hangisi olduğu belirlenir. Sistemin menzili yerin coğrafi yapısı ve güce bağlı olarak 10.000-15.000 km'ye kadar ulaşabilir. Bu sayede okyanus aşırı uçuşlarda kullanılabilirler.

LORAN (Long Range Navigation) sistemi de Omega sistemlerine benzer mantıkla çalışmakta ve aynı amaca hizmet etmektedir. [Radyo Seyrüsefer Yardımcıları, ÖZDEMİR, s :35]



## Havacılık Elektronik - 2

### Skiller:

2. ATSEP Seyrüsefer Temel Eğitim Notu, Haluk ÖZER, DHMİ Genel Müd., 2010, s:16
3. SSY Sistemleri Eğitim Notları, DHMİ Genel Müd., Elektronik D. Başkanlığı, H. Necdet ÜNAL s:7
4. ATSEP Seyrüsefer Temel Eğitim Notu, Haluk ÖZER, DHMİ Genel Müd., 2010, s:16
5. ATSEP Seyrüsefer Temel Eğitim Notu, Haluk ÖZER, DHMİ Genel Müd., 2010, s:18
6. THALES DME 415/435 Technical Manuel, Ref Code: 2459824, Vol I, Sec I, 2004 s:1
7. ATSEP Seyrüsefer Temel Eğitim Notu, Haluk ÖZER, DHMİ Genel Müd., 2010, s:20
8. ATSEP Seyrüsefer Temel Eğitim Notu, Haluk ÖZER, DHMİ Genel Müd., 2010, s:26
9. Park Air Systems Normarc 7000B ILS Training Manuel, 2006, Norway, s:0-3
10. KAC, Sky Maru 100 LLZ Technical Manuel, Güney Kore, 2010; s:1-16
11. ATSEP Seyrüsefer Temel Eğitim Notu, Haluk ÖZER, DHMİ Genel Müd., 2010, s:24
12. Park Air Systems AS, Normarc 7000B ILS Training Manual, Norway, 2006; s: 0-9
13. ATSEP Seyrüsefer Temel Eğitim Notu, Haluk ÖZER, DHMİ Genel Müd., 2010, s:25
15. ATSEP Seyrüsefer Temel Eğitim Notu, Haluk ÖZER, DHMİ Genel Müd., 2010, s:29

ve <http://www.tatsetpa.org.tr/sayfa.php?pageID=26> 02.12.2013

### Tablo:

Radio Seyrüsefer Yardımcıları, DHMİ Genel Müdürlüğü, Seyrüsefer D.Bşk, Uğur ÖZDEMİR, 2003; s26

### Kaynak:

1. ALCATEL Telecom AN-436 NDB Technical Manuel Vol I, 1998
2. Türkiye Hava Trafik Emniyeti Elektronik Teknik Elemanlar Derneği Resmi WEB sitesi (<http://www.tatsetpa.org.tr>)
3. ATSEP Seyrüsefer Temel Eğitim Notu, DHMİ Genel Müd., Elektronik D. Bşk, Haluk ÖZER, 2010 ([http://www.tatsetpa.org.tr/uploads/dyn\\_img/ATSEP-TEMEL-SEYRUSEFER.pdf](http://www.tatsetpa.org.tr/uploads/dyn_img/ATSEP-TEMEL-SEYRUSEFER.pdf) 29.11.2013)
4. Annex 10 Aeronautical Telecommunications, Volume I Radio Navigation Aids, ICAO, 2006
5. Radio Seyrüsefer Yardımcıları, DHMİ Genel Müdürlüğü, Seyrüsefer D.Bşk, Uğur ÖZDEMİR, 2003

7. Yayımlanmamış SSY Sistemleri Eğitim Notları, DHMİ Genel Müd., Elektronik D. Başkanlığı, H.Necdet ÜNAL
8. THALES DME 415/435 Technical Manuel, Ref Code: 2459824, Vol I, Sec I, 2004
9. Park Air Systems Normarc 7000B ILS Training Manuel, 2006, Norway
10. Unvan Değişikliği Sınavı Ders Notu, Elektronik Dairesi Başkanlığı, DHMİ Genel Müdürlüğü, 2012

