



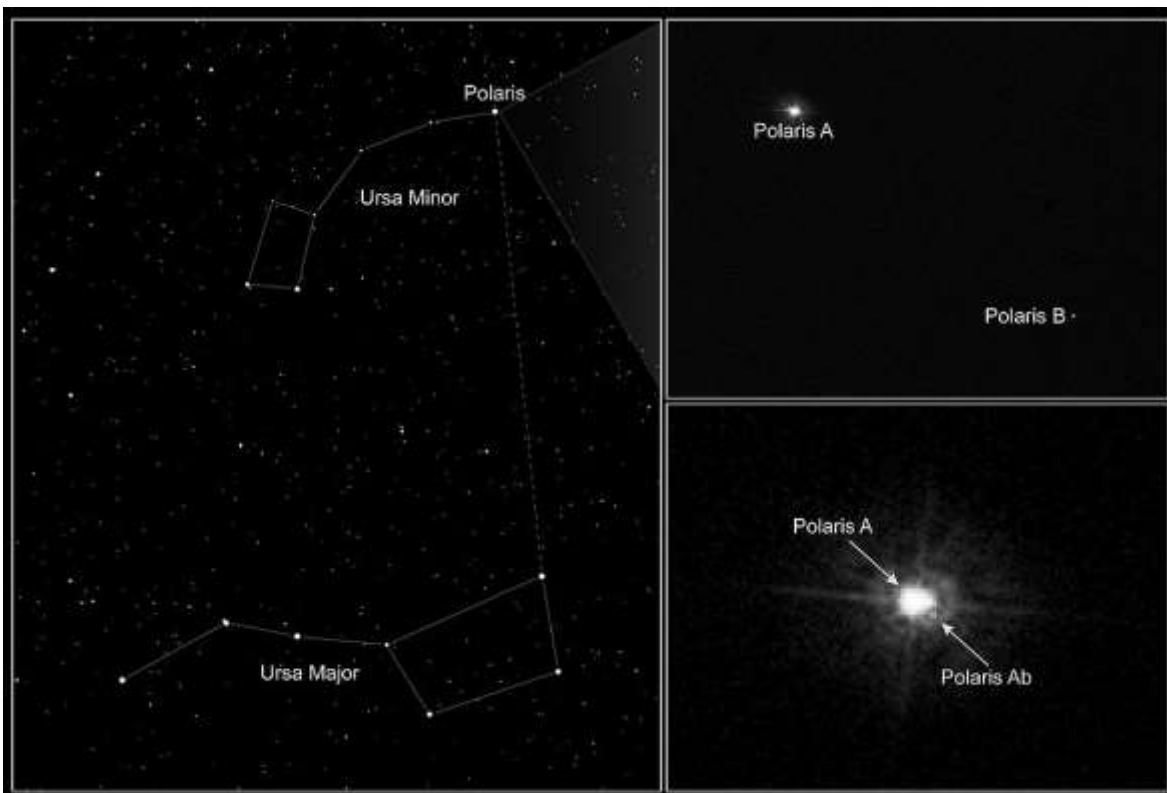
KJIT – LÉGIR I.

4. előadás



Történet...

- „Navigare necesse est... (minden navigációról szóló anyag kötelező eleme ☺)
- A hajózásból került át szinte minden
 - Pl.: mértékegységek (NM, kt = NM/h), starboard – portside, first officer, steward(ess),
- „Ősi” navigáció: csillagok alapján
 - É-i féltekén: Sarkcsillag = Polaris ; D-i féltekén: Dél Keresztje =Cruz

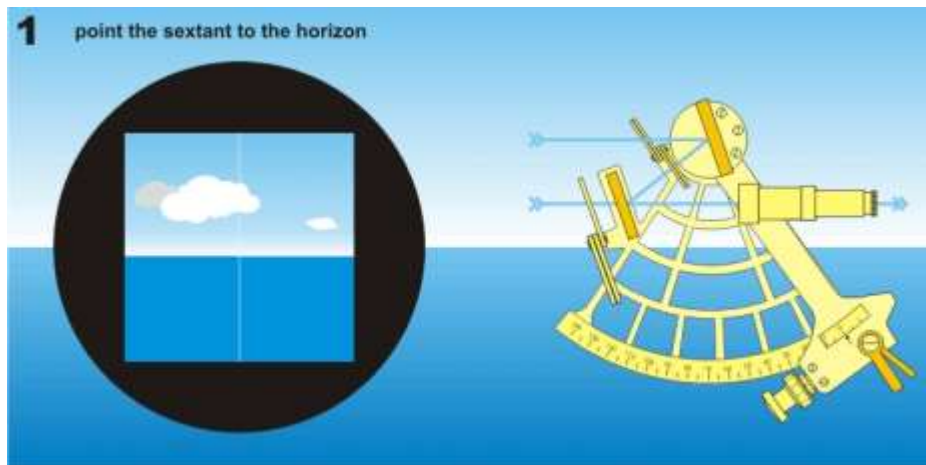


Történet...

- XII. sz.: Kínában a **mágneses compass** alkalmazása
- Különbéféle csillagászati célelemeket egymáshoz viszonyító eszközök (pl. az arab „kamal” , **asztrolábium** /csillagóra/, Lunar distance módszer (+Tengerészeti Almanach), stb...)
- Csak a XVIII. század lendíti előre
 - Cpt. Cook 2. útján a kronométer, és a **szextáns** valós „tesztje” (~ 1/4 NM pontosságig)



A szextáns működése:

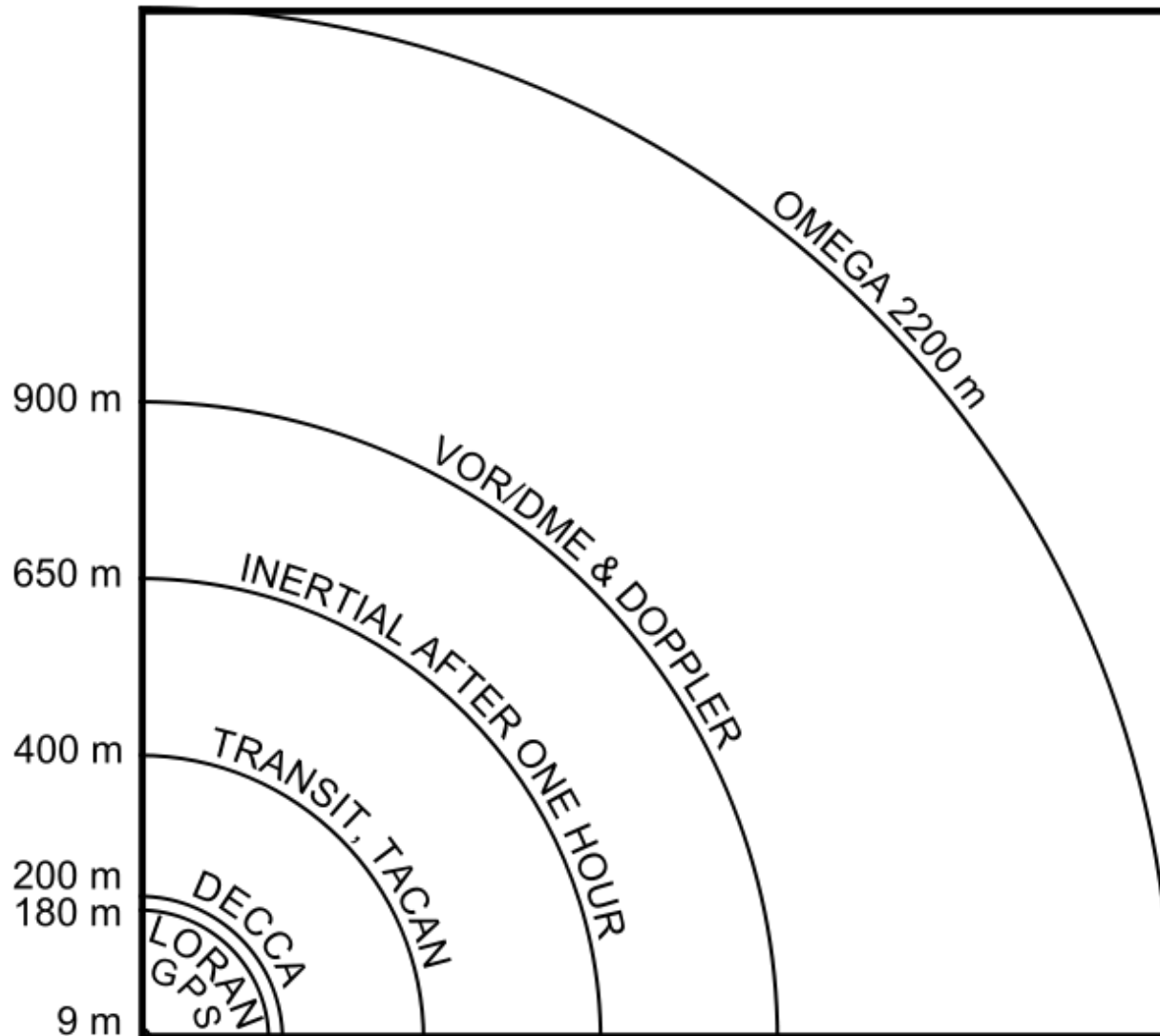


Harrison's H5 chrono, 1772

Történet...

- A köv. nagy lépés: a rádió
- Első lépésben: rádió iránymérés (RDF), ill. ennek navigációra használt ADF (aut. iránymérés) formája
- Folyamatos fejlődés, rendszerek
 - Inerciális navigáció
 - a kezdeti, beállított hosszúság és szélesség értékének 3 vagy több tengely mentén való változásait mozgás-érzékelőkkel figyelve új és új pozíciók meghatározása, kijelzése lehetséges
 - Hiba: az eltérési pontatlanság kumulatíván halmozódik, javításához valamilyen „fix”-ek kellenek;
 - Előny: nem függ más külső forrásoktól, időjárás- és környezetálló
 - Mai használata: ritka, főképpen tengeralattjárók
 - Helyette: satellite navigáció (GPS, GLONASS, Galileo)
 - Hiperbolikus navig. Rendszerek (DECCA, OMEGA, LORAN-C)
 - Alacsony frekvencia (70-120 kHz között), nagy távolságok, többféle megoldás (fázisok eltolódásából keletkező hiperbolikus r/hullám felületek)
 - Egyéb (pl. TACAN (mil VOR/DME),

Közelítő pontosságok a navig. rendszereknél (2D)



Sebességek

- **GROUND SPEED (GS) - földfeletti sebesség /utazósebesség/**
 - A légi jármű földfelszínhez viszonyított haladási sebessége
- **INDICATED AIRSPEED (IAS) – műszer szerinti sebesség**
 - A légi járműnek egy meghatározott nyomású (29,92 Hginch) nyugodt levegőhöz viszonyított sebessége
 - mérésének alapját a repülőgéppel szembe áramló levegő tényleges torlónyomása képezi. Ezt a sebességet azért kell ismernünk, hogy mindenkor fenntarthatassuk a normál repüléshez szükséges sebességet, mivel a torlónyomás a repülőgép felhajtóerőképzésében döntő tényező.
- **TRUE AIRSPEED (TAS) - valóságos sebesség (önsebesség)**
 - A légi járműnek a külső levegőhöz viszonyított haladási sebessége.
- **Szél sebessége (Wind Speed)**
 - A szél rátája (mértéke, nagysága).

$$\text{TAS} - \text{WS} = \text{IAS} \text{ (GS)}$$

A sebesség mérése a Pitot- csővel

- A vízszintes sebesség fenntartása (képlete)

$$v = \sqrt{\frac{2G}{c_y \varphi A}}$$

G= légjármű súlya

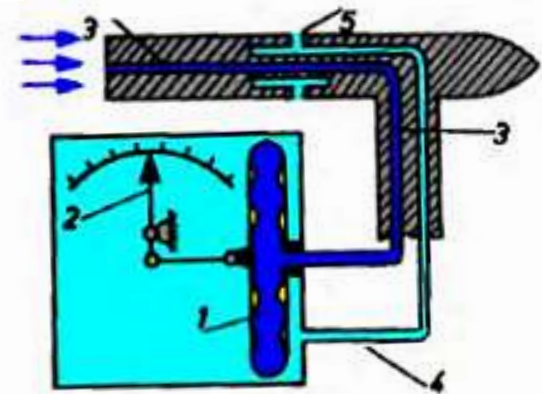
c_y =emelőerő tényező

φ = levegő sűrűsége (ez a változó!!!)

A= szárny felszíne

- A haladási sebesség függvényében a torlónyomás változásának mérése a cél, végső soron a teljes nyomás és a statikus nyomás összevetése maga a sebességmérés

A torlónyomás által a zárt szelencében kelő dinamikus nyomásváltozás kerül átalakításra (rugós v. más formában) és megjelenítésre.



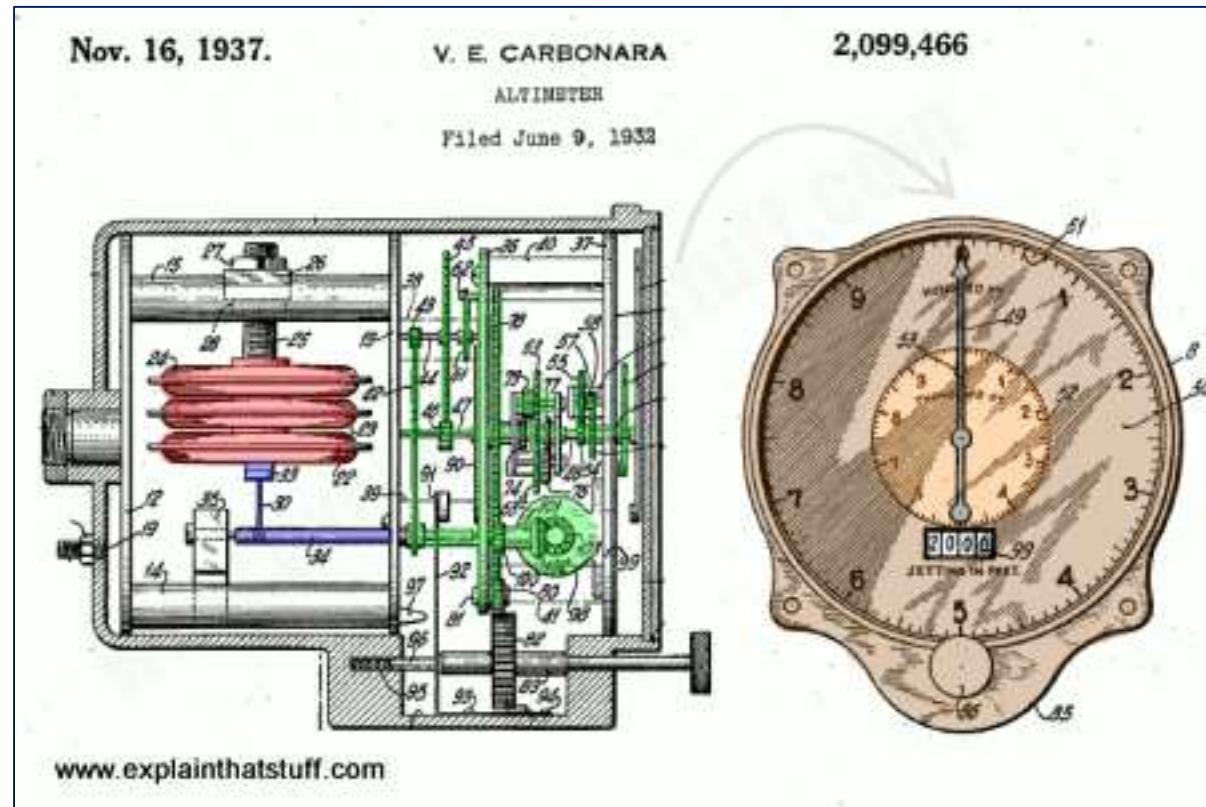
A mechanikus tényleges sebesség-jelző műszer



A pilóta beállítja a nyomásmagasságot és a levegő hőmérsékletét a felső kis ablakban (a gomb segítségével);

A műszer mutatója a tényleges önsebességet mutatja a bal alsó ablakban

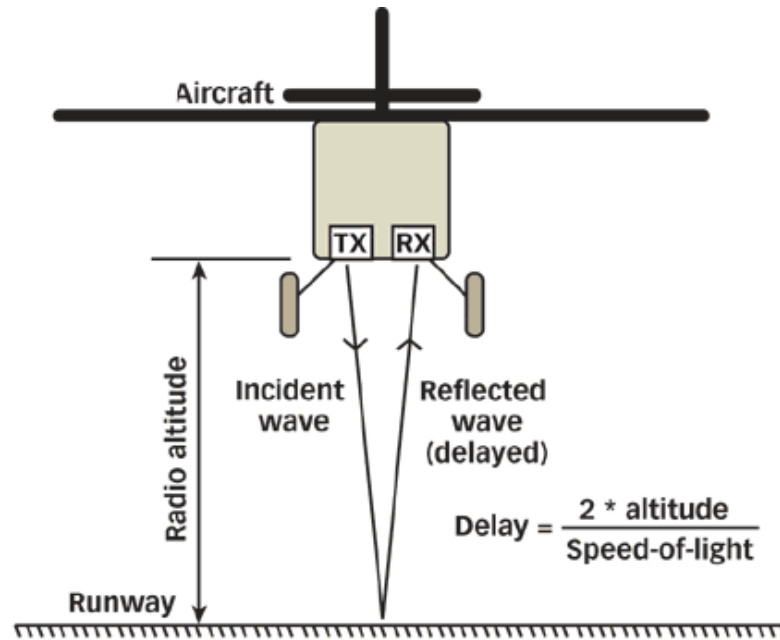
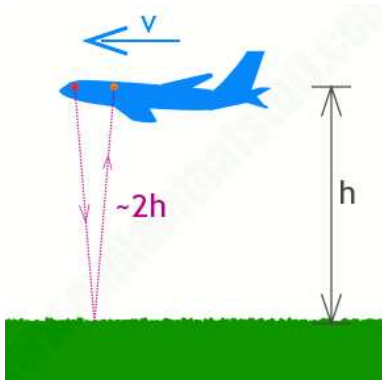
Magasságmérés



- A magasságmérő egy (vagy több) szelencéből álló barométer.
- A szelencék a **légmentesen zárt műszer-házban** vannak elhelyezve,
- Ebbe vezetik be a Pitot-cső statikus nyomását
- A szelence a nyomás hatására összenyomódik. (A magasság növekedésével a statikus nyomás csökken, tehát csökken a műszerházban a nyomás.)
- Ennek következtében a szelence kitágul, és az áttételen keresztül a mutatókat elmozdítja, ami kalibrált számlap előtt mozogva értelmezhető jelzést (értéket) ad.

Rádió magasság (RA)

- E és Ka band (3.30 -4.90 és 26.5-40.0 GHz)
- A kisugárzott és visszavert rádió hullámok közötti időeltéréséből határozható a magasság az ismert fénysebesség hányadával. (Minél nagyobb a sebesség, annál pontatlanabb a rendszer.)
- A DH beállítható
- Terep különleges kiképzése a belső 300 m-től a THR-ig
- Óvatosságot igényel!!!

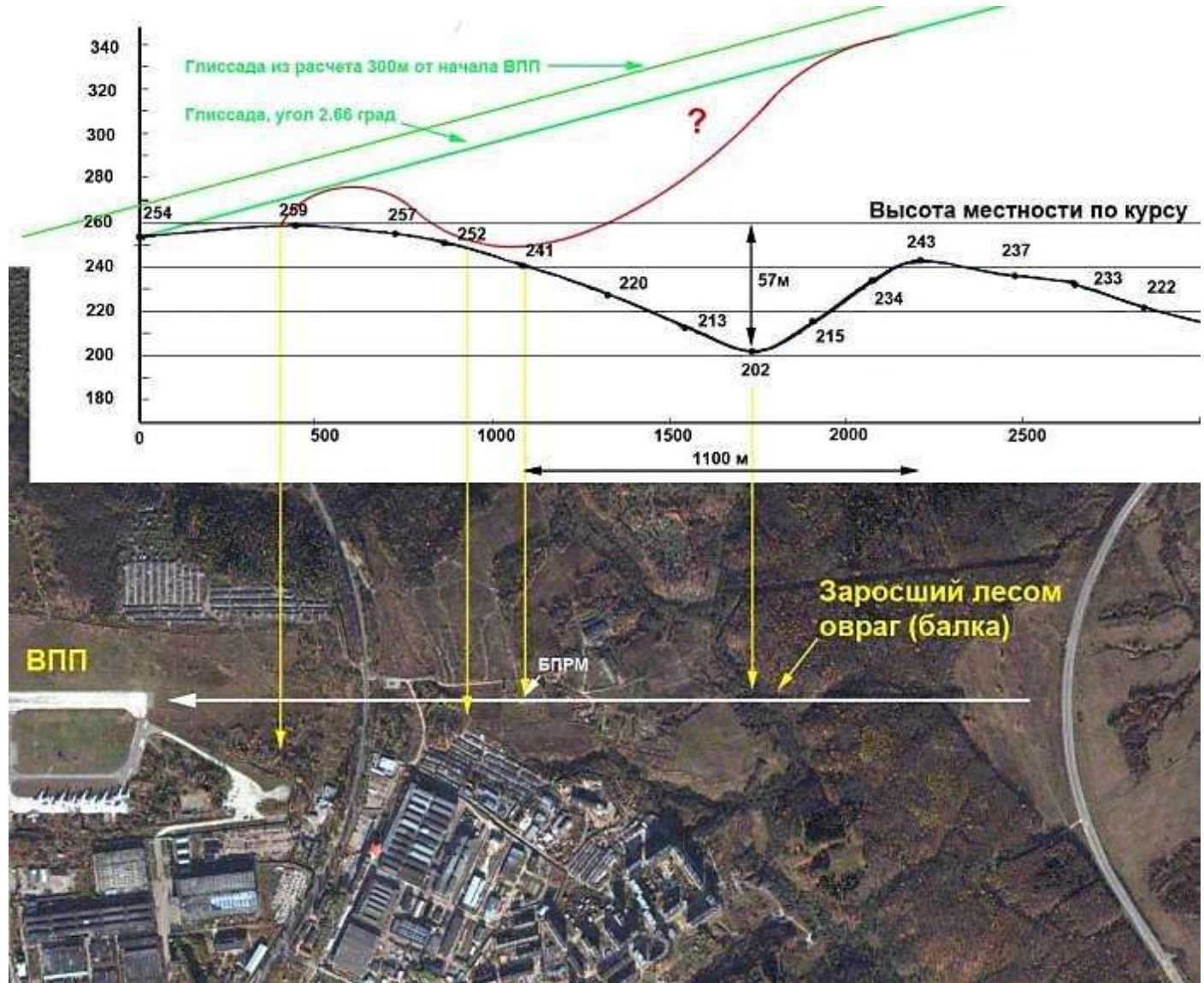


1. A radio altimeter uses separate transmitter and receiver to differentiate received reflected waves from the original transmitted waves.



A lengyel elnök gépének katasztrófája Szmolenszkben, 2010. április 10.

Csak az egyik
„contributing”
faktor!!!



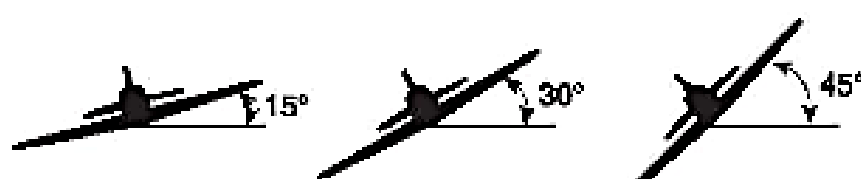
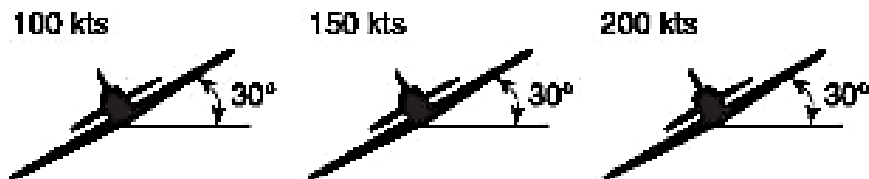
Néhány repüléstechnikai alapelem...

• Állandó bedöntés

Állandó sebesség

Constant 30° Bank Angle

Constant Speed of 150 Knots



100 kts
Rate = 6.5°/sec
Radius ≈ 1500'

150 kts
Rate = 4.4°/sec
Radius ≈ 3500'

200 kts
Rate = 3.2°/sec
Radius ≈ 6500'

Rate = 1.6°/sec
Radius ≈ 8000'

Rate = 4.4°/sec
Radius ≈ 3500'

Rate = 7.2°/sec
Radius ≈ 2000'

As Speed ↑ : Rate of Turn ↓
 Radius of Turn ↑

As Speed ↓ : Rate of Turn ↑
 Radius of Turn ↓

As Bank ↑ : Rate of Turn ↑
 Radius of Turn ↓

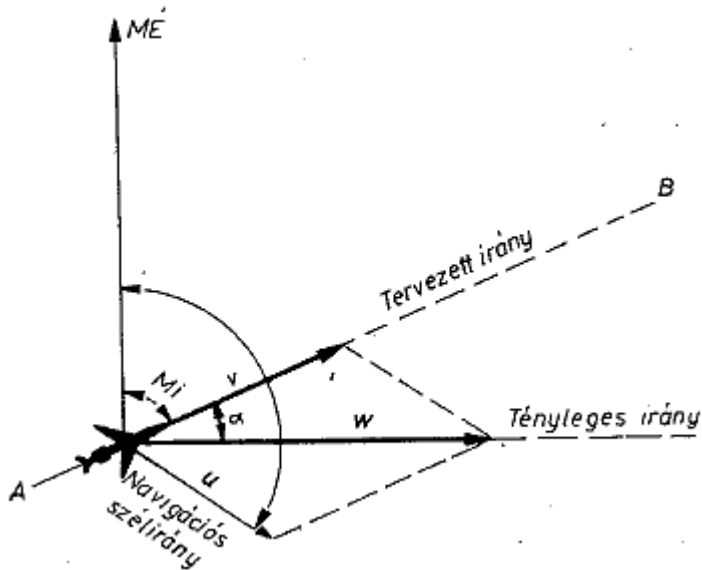
As Bank ↓ : Rate of Turn ↓
 Radius of Turn ↑

≈ Approximate

Category	Maneuvering Table	Circling Approach Area Radii
A	0–90 knots	1.3 miles
B	91–120 knots	1.5 miles
C	121–140 knots	1.7 miles
D	141–165 knots	2.3 miles
E	166 knots or more	4.5 miles

Széleltérítés

- Meteorológiai szél **kontra** Navigációs szél
 - (amerről fúj **kontra** amerre visz)
- Széleltérítési háromszög



A-ból B-be repülés

v = l.j. önsebessége /vektor/

u = szélesebesség /vektor/

w = az útvonal szerinti sebesség /vektor eredő/ = **GS**

α = a széleltérítés szöge

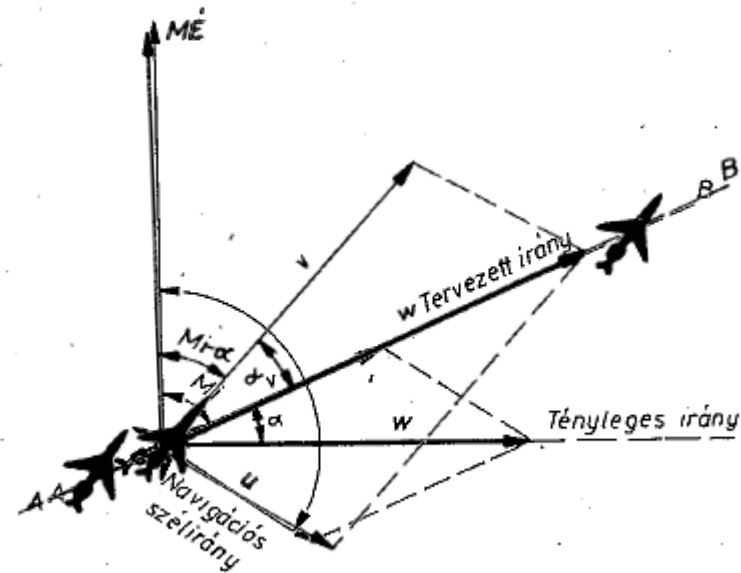
M_i = Mágneses irányszög

$M_{\acute{E}}$ = Mágneses Észak

Az ábra szerint a l.j. jobbra sodródik!

Széleltérítés

- Meteorológiai szél **kontra** Navigációs szél
 - (amerről fúj **kontra** amerre visz)
- Széleltérítési háromszög



A-ból B-be repülés

v = l.j. önsebessége /vektor/

u = szélesebesség /vektor/

w = az útvonal szerinti sebesség /vektor eredő/ = **GS**

α = a széleltérítés szöge

M_i = Mágneses irányszög

$M_{\dot{E}}$ = Mágneses Észak

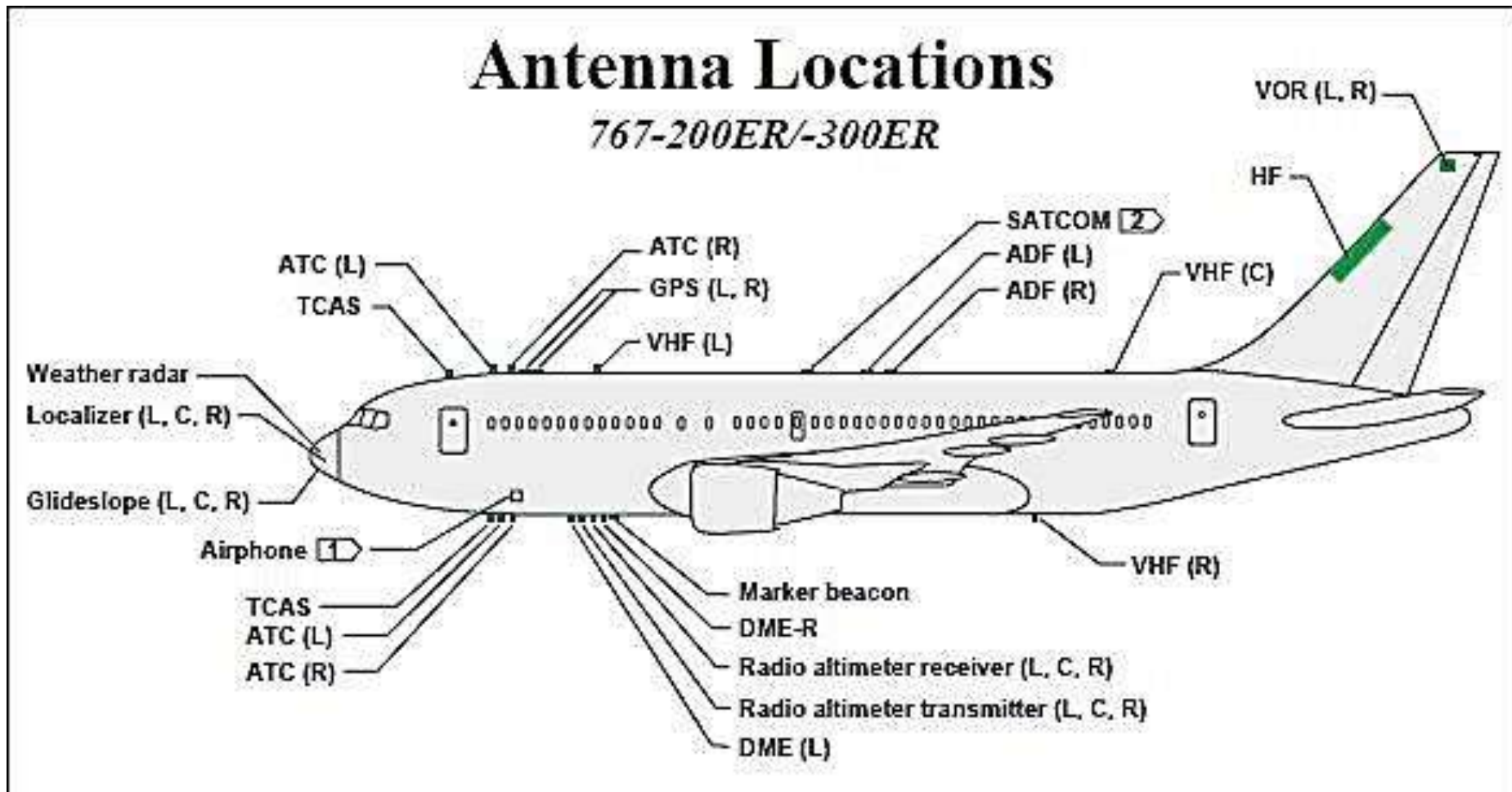
Ellentartást kell alkalmaznia szél ellenében
(szélesebesség és irány nem módosítható általunk)



Movies: Swiss Avro landing_LCY.wm
iii_B747_.....

Légijármű avionika

Rádiók, navigációs berendezések és érzékelők, antennáik, kijelzőik...
(korántsem teljes felsorolás)



Hullám...

- Elektromágneses hullámok, terjedési sebességük:
- a megegyezik a **fény** (= elektromágneses hullám egy adott tartományban) **sebességével vákuumban, vagyis: 299 792,458 km/sec $\sim 3 \times 10^8$ m/sec**
- Hanghullám: **343 m/sec** (longitudinális, levegőben, 20 °C-on)
331 m/sec (long, levegőben 0°C-on)
5190 m/sec (long., vasban)
- A hullámhossz és a frekvencia fordítottan arányos, vagyis:

$$\lambda = c / f$$

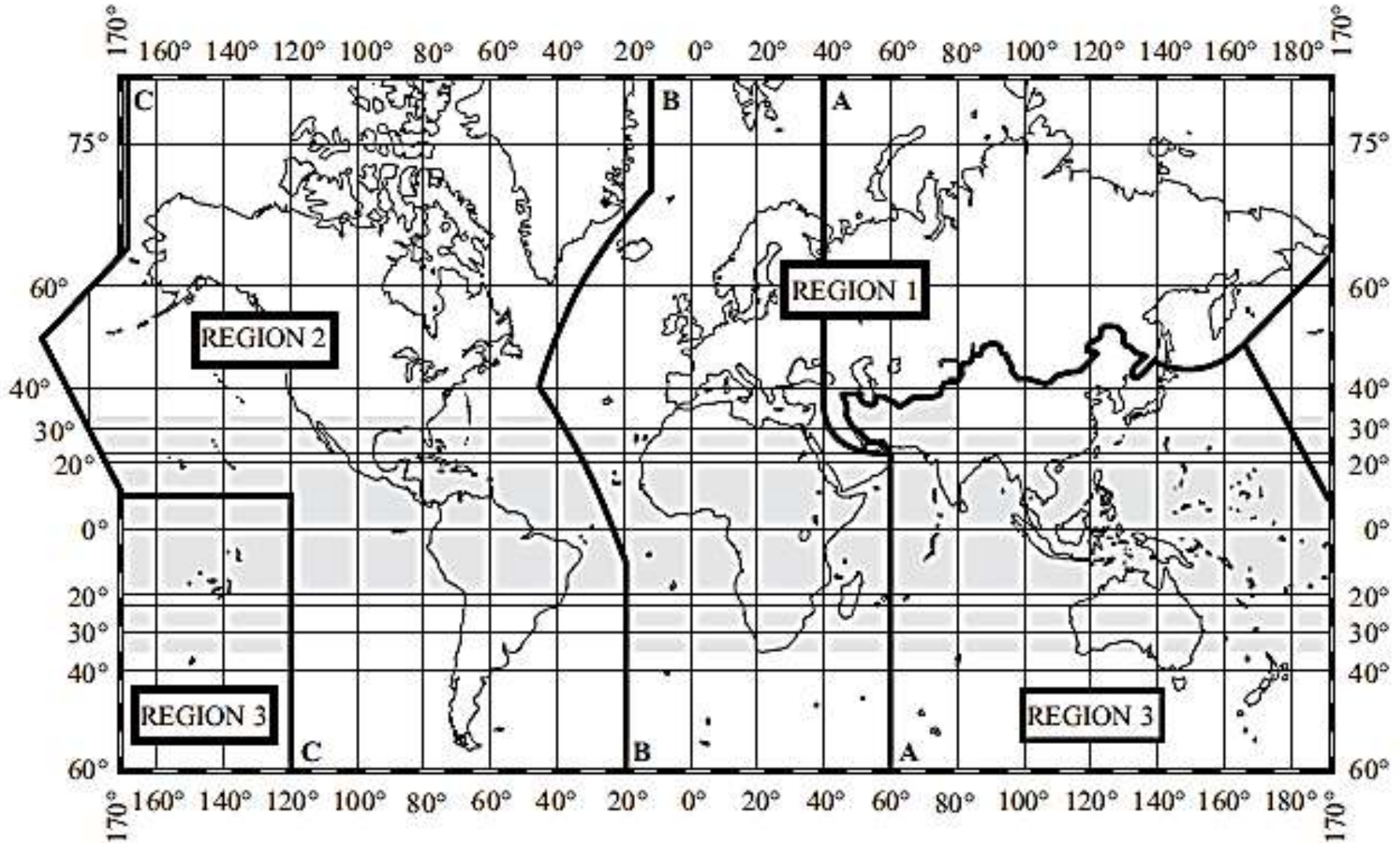
λ = hullámhossz
 c = hullám sebessége
 f = frekvencia

Használatos mértékegységek:

- in kilohertz (kHz), up to and including 3 000 kHz;
- in megahertz (MHz), above 3 MHz, up to and including 3 000 MHz;
- in gigahertz (GHz), above 3 GHz, up to and including 3 000 GHz.

ITU Regions

International Telecommunication Union



5.3 *Region 1:* Region 1 includes the area limited on the east by line A (lines A, B and C are defined below) and on the west by line B, excluding any of the territory of the Islamic Republic of Iran which lies between these limits. It also includes the whole of the territory of Armenia, Azerbaijan, the Russian Federation, Georgia, Kazakhstan, Mongolia, Uzbekistan, Kyrgyzstan, Tajikistan, Turkmenistan, Turkey and Ukraine and the area to the north of Russian Federation which lies between lines A and C.

5.4 *Region 2:* Region 2 includes the area limited on the east by line B and on the west by line C.

5.5 *Region 3:* Region 3 includes the area limited on the east by line C and on the west by line A, except any of the territory of Armenia, Azerbaijan, the Russian Federation, Georgia, Kazakhstan, Mongolia, Uzbekistan, Kyrgyzstan, Tajikistan, Turkmenistan, Turkey and Ukraine and the area to the north of Russian Federation. It also includes that part of the territory of the Islamic Republic of Iran lying outside of those limits.

5.6 The lines A, B and C are defined as follows:

5.7 *Line A:* Line A extends from the North Pole along meridian 40° East of Greenwich to parallel 40° North; thence by great circle arc to the intersection of meridian 60° East and the Tropic of Cancer; thence along the meridian 60° East to the South Pole.

5.8 *Line B:* Line B extends from the North Pole along meridian 10° West of Greenwich to its intersection with parallel 72° North; thence by great circle arc to the intersection of meridian 50° West and parallel 40° North; thence by great circle arc to the intersection of meridian 20° West and parallel 10° South; thence along meridian 20° West to the South Pole.

5.9 *Line C:* Line C extends from the North Pole by great circle arc to the intersection of parallel $65^{\circ} 30'$ North with the international boundary in Bering Strait; thence by great circle arc to the intersection of meridian 165° East of Greenwich and parallel 50° North; thence by great circle arc to the intersection of meridian 170° West and parallel 10° North; thence along parallel 10° North to its intersection with meridian 120° West; thence along meridian 120° West to the South Pole.

Sáv, jele, tartománya, hullámhossz

Band number	Symbols	Frequency range (lower limit exclusive, upper limit inclusive)	Corresponding metric subdivision	Metric abbreviations for the bands
4	VLF	3 to 30 kHz	Myriametric waves	B.Mam
5	LF	30 to 300 kHz	Kilometric waves	B.km
6	MF	300 to 3 000 kHz	Hectometric waves	B.hm
7	HF	3 to 30 MHz	Decametric waves	B.dam
8	VHF	30 to 300 MHz	Metric waves	B.m
9	UHF	300 to 3 000 MHz	Decimetric waves	B.dm
10	SHF	3 to 30 GHz	Centimetric waves	B.cm
11	EHF	30 to 300 GHz	Millimetric waves	B.mm
12		300 to 3 000 GHz	Decimillimetric waves	

NOTE 1: "Band N" (N = band number) extends from 0.3×10^N Hz to 3×10^N Hz.

NOTE 2: Prefix: k = kilo (10^3), M = mega (10^6), G = giga (10^9).

myriad

BrC /ˈmɪəriəd/ ⓘ

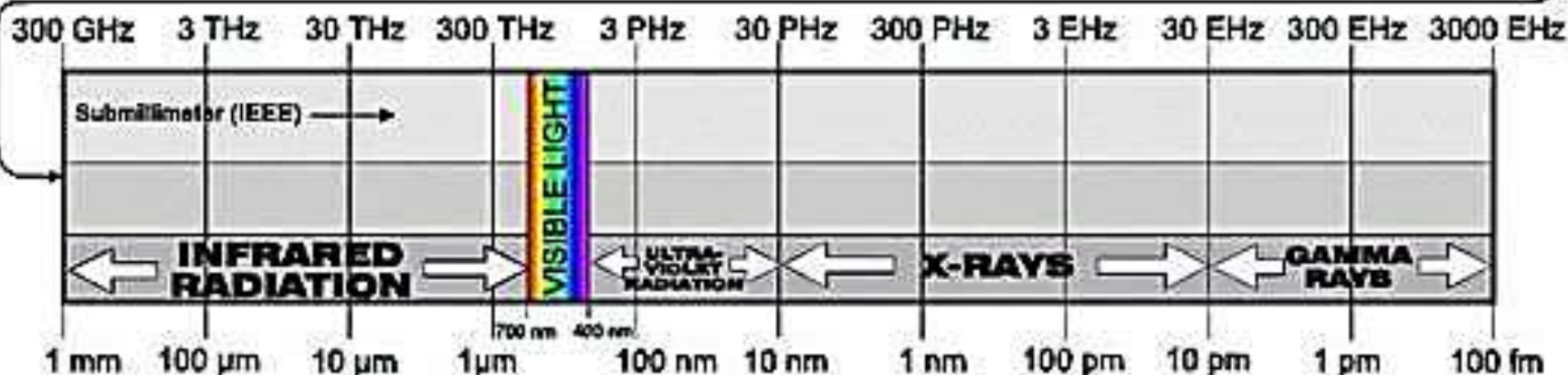
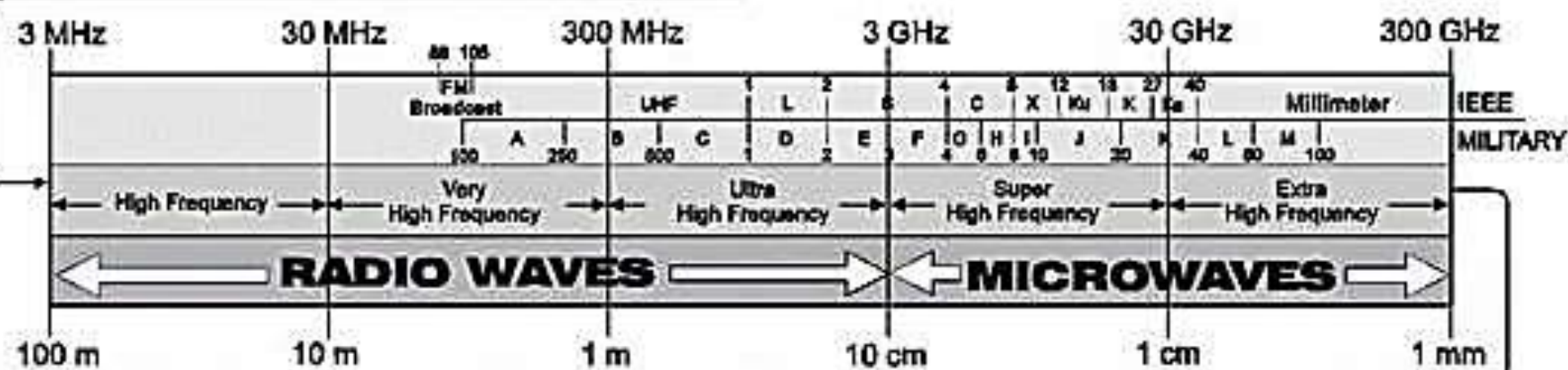
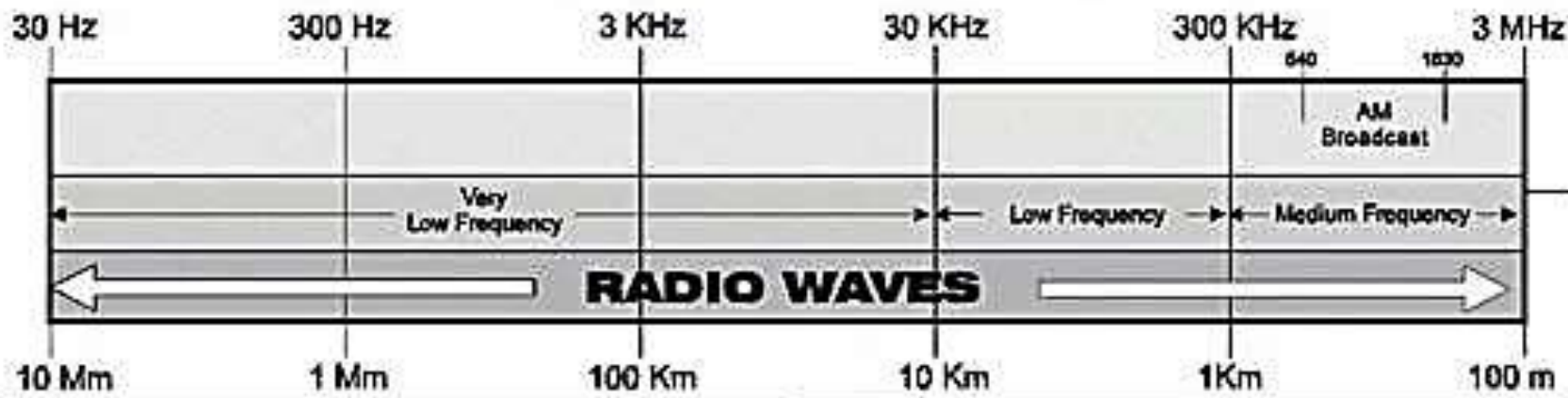
NAmE /ˈmɪəriəd/ ⓘ

noun

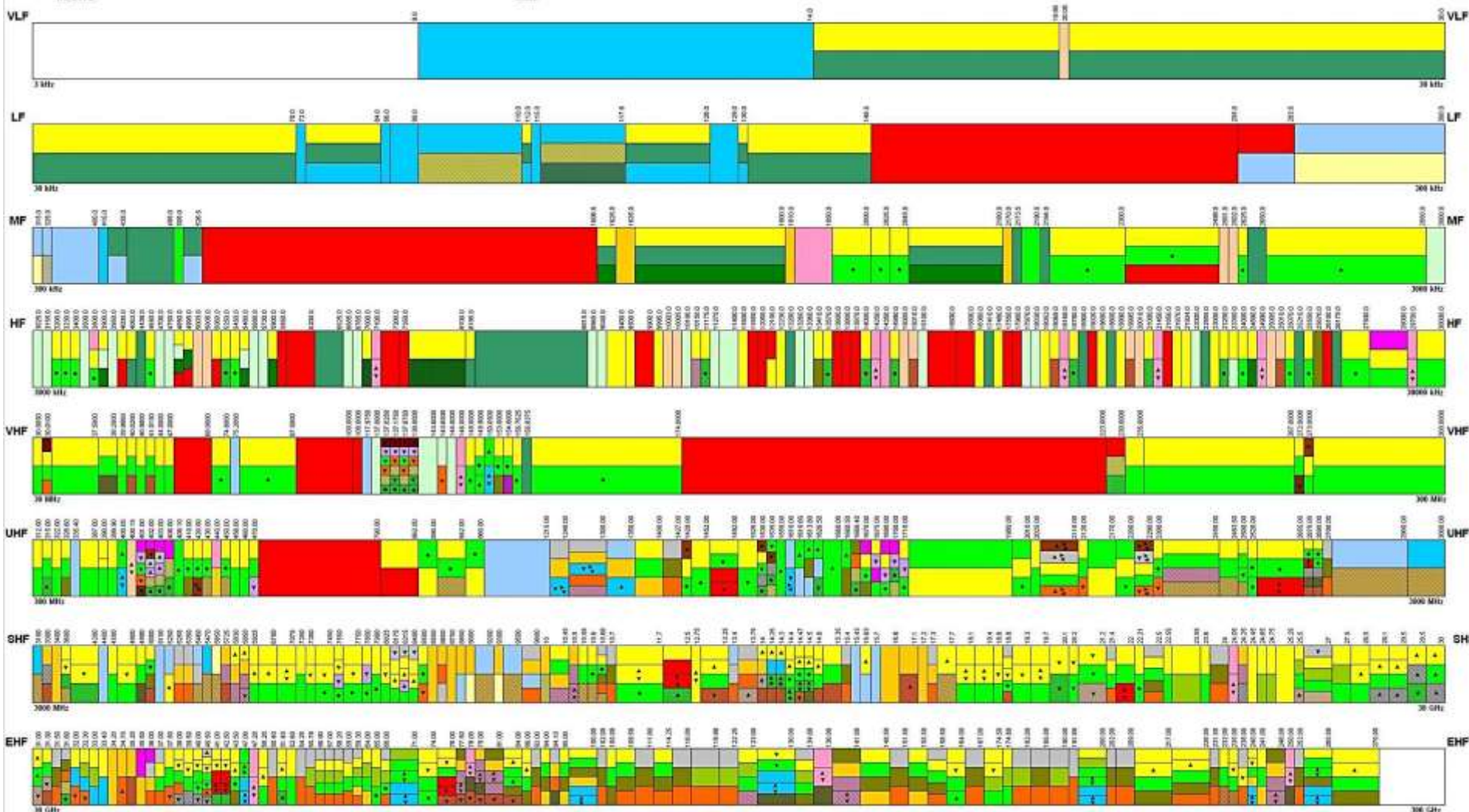
📌 WORD ORIGIN

(literary)

an extremely large number of sth



MAURITIAN RADIOFREQUENCY
SPECTRUM
 ALLOCATION CHART

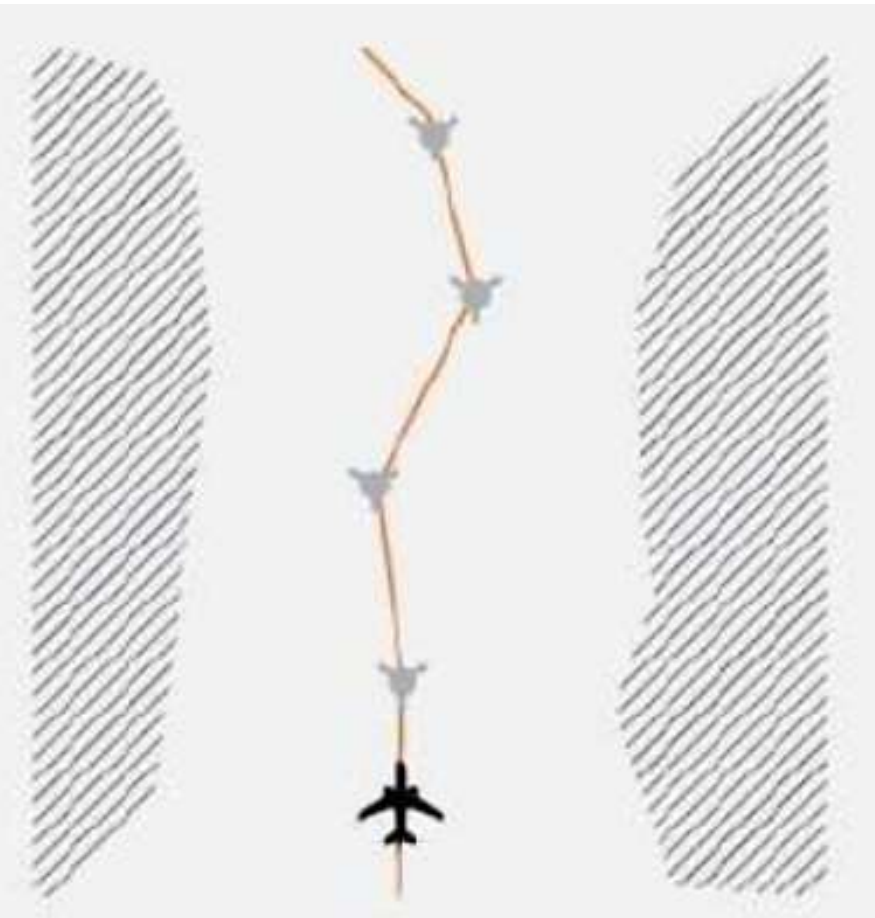


A radartechnikában használatos hullámsávok/frekvenciák

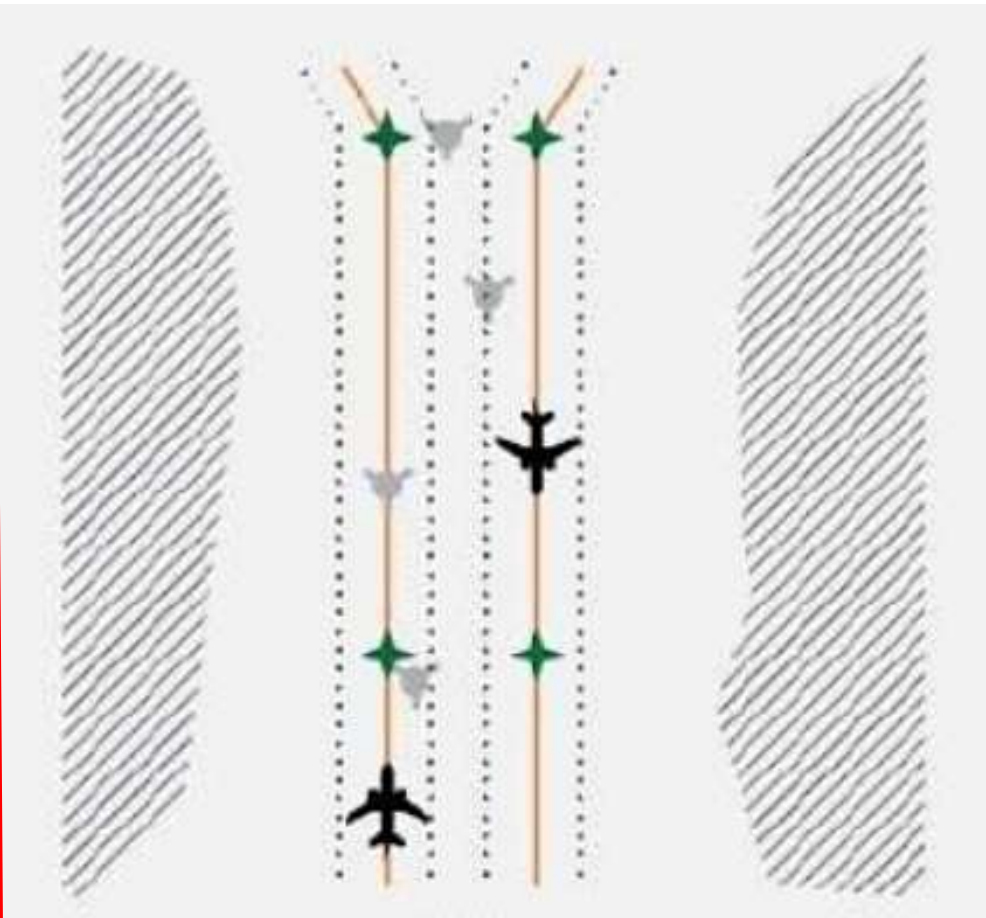
They all fall within the UHF, SHF, and EHF radio frequency bands. The bands normally used for radar detection of precipitation and clouds are the following.

Frequency band	Frequency range (GHz)	Wavelength range (cm)
L band	1–2	15–30
S band	2–4	7.5–15
C band	4–8	3.75–7.5
X band	8–12	2.5–3.75
Ku band	12–18	1.67–2.5
K band	18–27	1.11–1.67
Ka band	27–40	0.75–1.11
V band	40–75	0.4–0.75
W band	75–110	0.27–0.4

Hagyományos vs. Területi navigáció (conventional vs. RNAV vagy RNP)

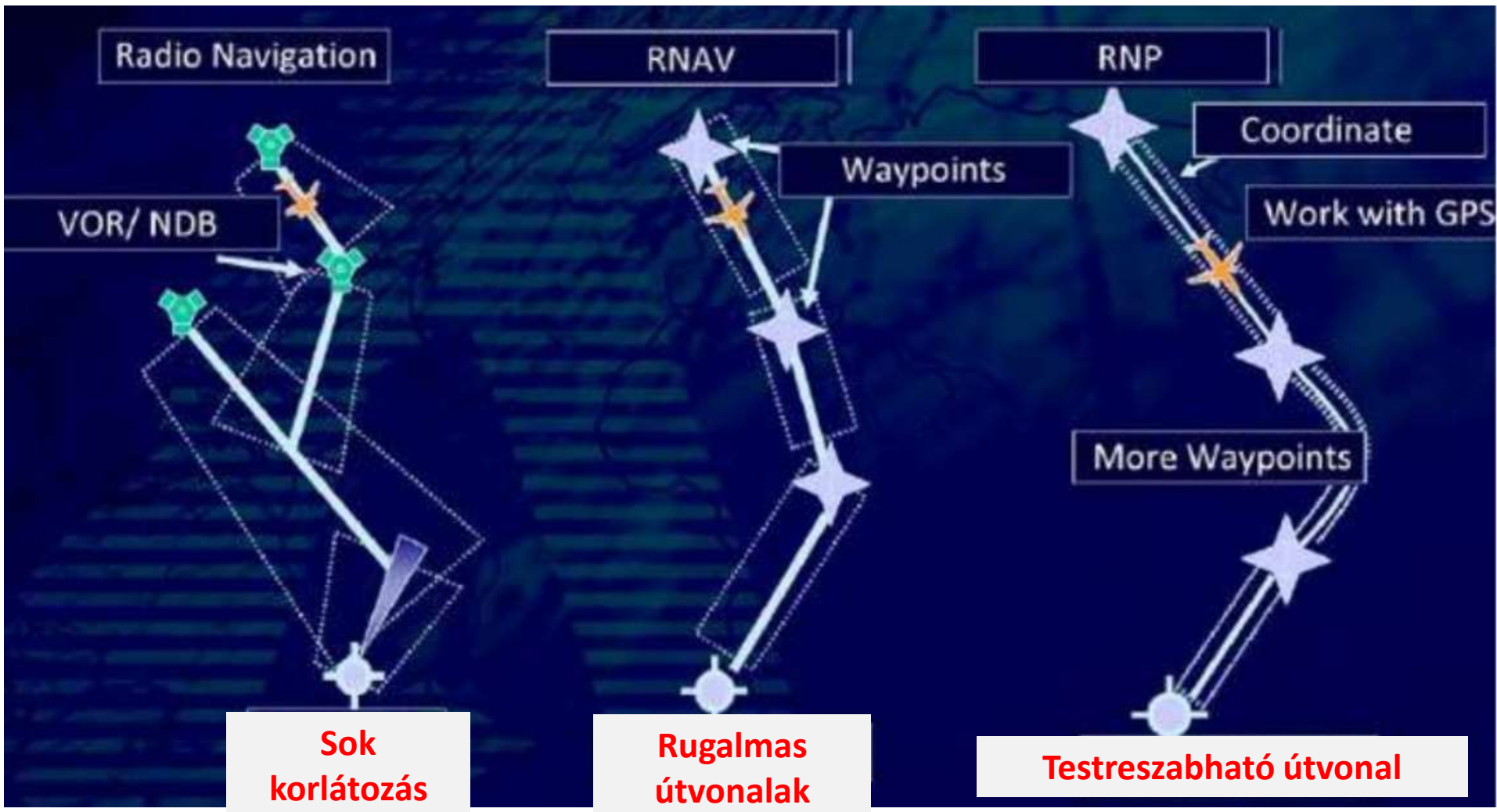


Stabil, fix (rugalmatlan)
Fejlesztésre alig alkalmas
Függőleges vertikumban korlátozott
Erős függésben a földi navig.eszközöktől



Kapacitás-növelés eszköze(rugalmas)
Párhuzamosság, egyirányúság
A földi eszközök rugalmas használata
Függőleges mozgások biztonságosan

Összehasonlítás



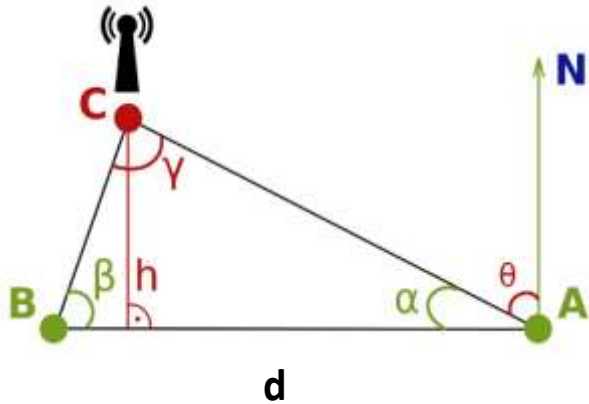
Hagyományos navigáció

- ADF – Automatic Direction Finder
- NDB – Non-Directional Radio Beacon
- VOR – VHF Omnidirectional Radio Range
- DME – Distance Measuring Equipment

Képek adók, antennák – tovább!

Rádió-iránymérés (RDF /ADF/)

Körsugárzó rádióberendezésen (NDB – Non-Directional radio Beacon)



Az A és B pont helyzetének, és belső, α és β szögeinek az ismeretében a d értékének kiszámítását jövetően meghatározhatjuk a h távolságot az alábbi egyenletek szerint:

$$d = \frac{h}{\operatorname{tg} \alpha} + \frac{h}{\operatorname{tg} \beta}$$

azaz:

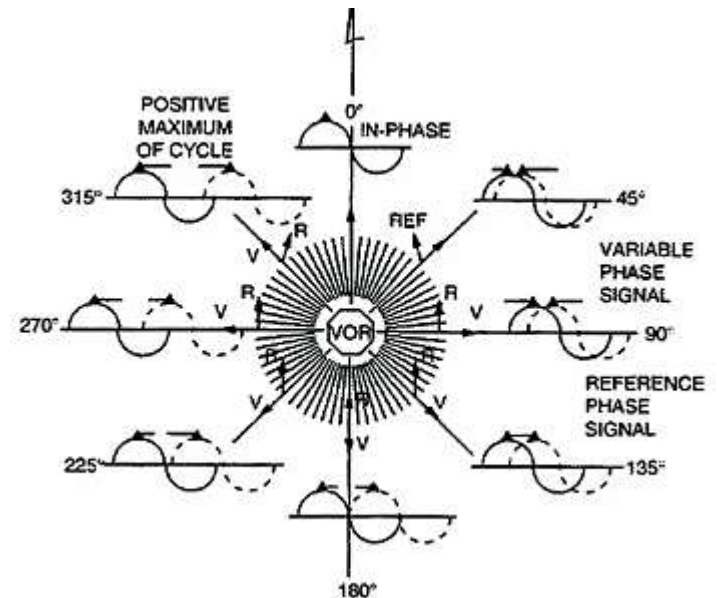
$$h = d / \left(\frac{1}{\operatorname{tg} \alpha} \right) + \left(\frac{1}{\operatorname{tg} \beta} \right)$$

(Phase-out!!!)



VOR / DME

- VOR: 108,0 – 117,95 MHz
- Pontossága: $\pm 1,4^\circ$
- Fáziseltolás: 50 antenna-elem ($7,2^\circ$)
- 1° -nkénti radiál kisugárzása



DME



- 185 m pontosság
- „slant distance” – ferde távolság

„egy „csak”
DME antenna



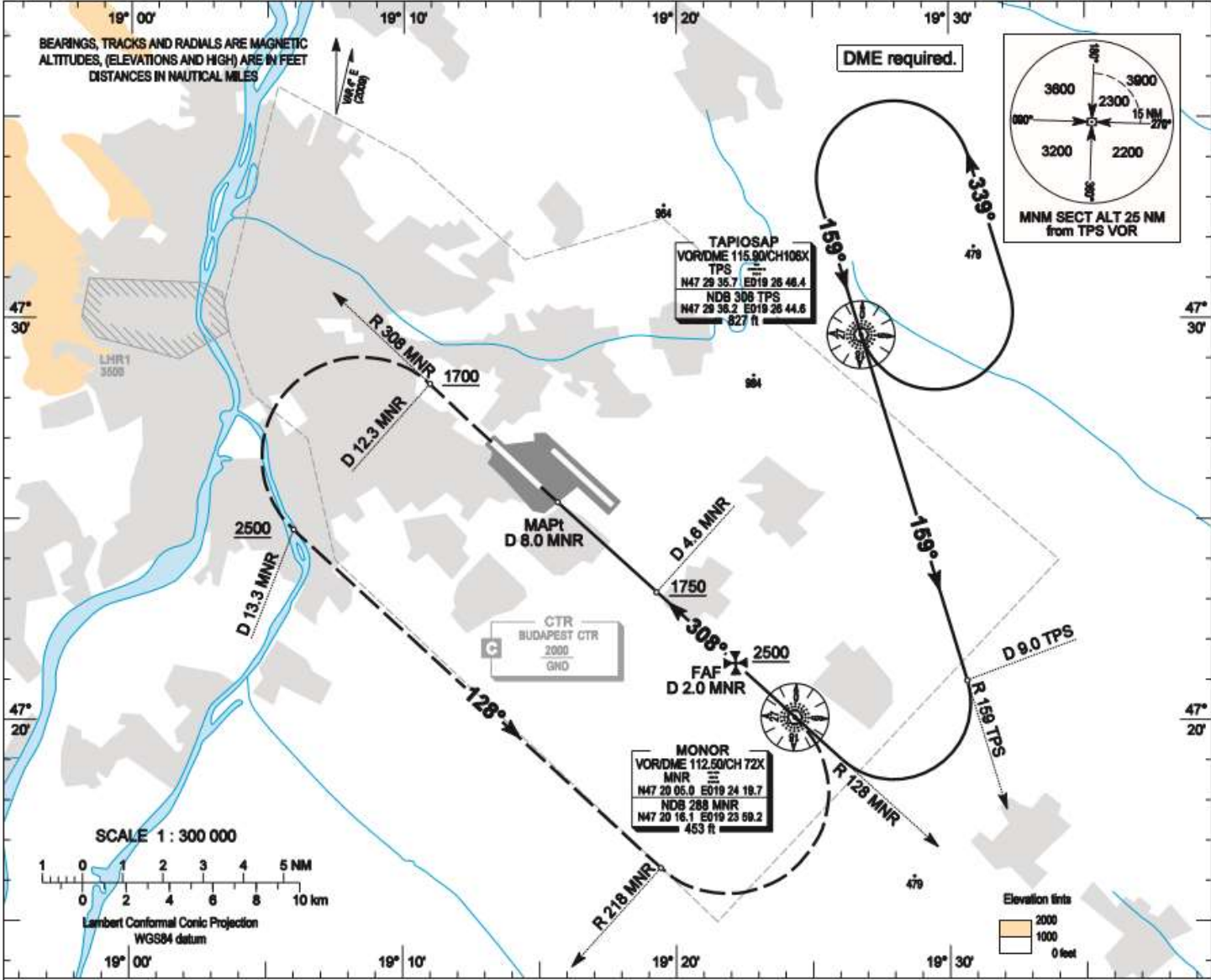
VOR/DME megközelítés - példa

A VOR és DME frekvenciák (channels) párosítva vannak

INSTRUMENT APPROACH CHART - ICAO
AERODROME ELEV 496
HEIGHTS RELATED TO THR RWY 31L - ELEV 448

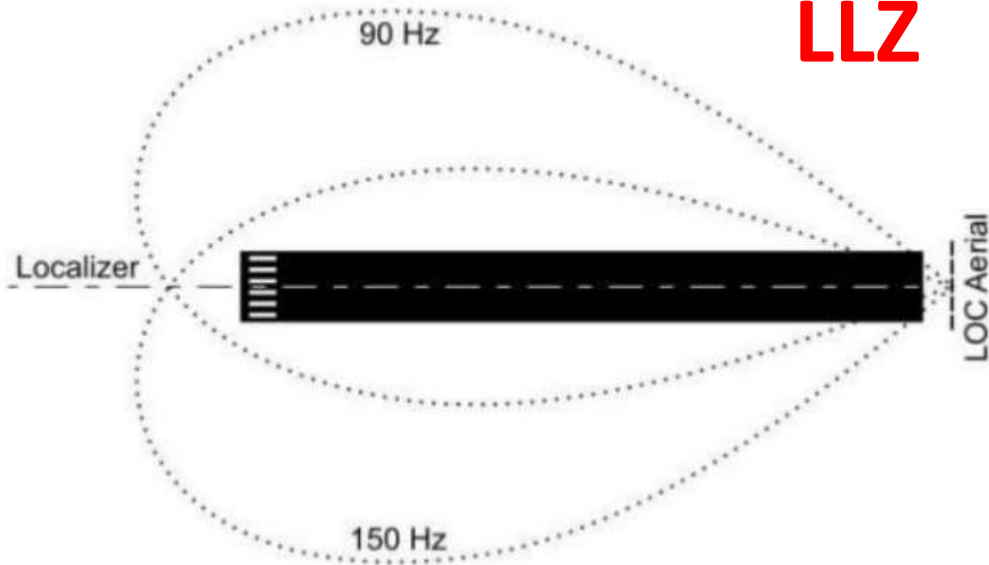
BUDAPEST APPROACH 129.700	ATIS 132.375 (117.300)
122.975	BUDAPEST TOWER 118.100
119.500	BUDAPEST GROUND 121.900

BUDAPEST/LISZT FERENC
VOR RWY 31L
 (ACFT CAT A, B, C, D)

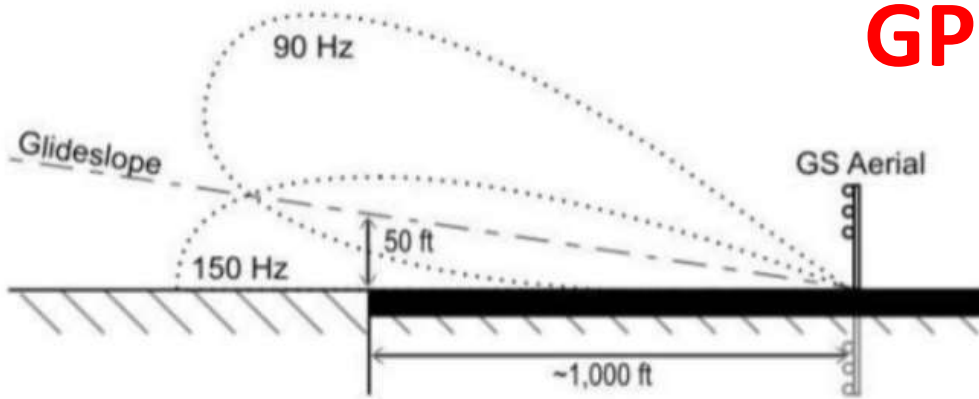


Leszállító rendszerek - ILS

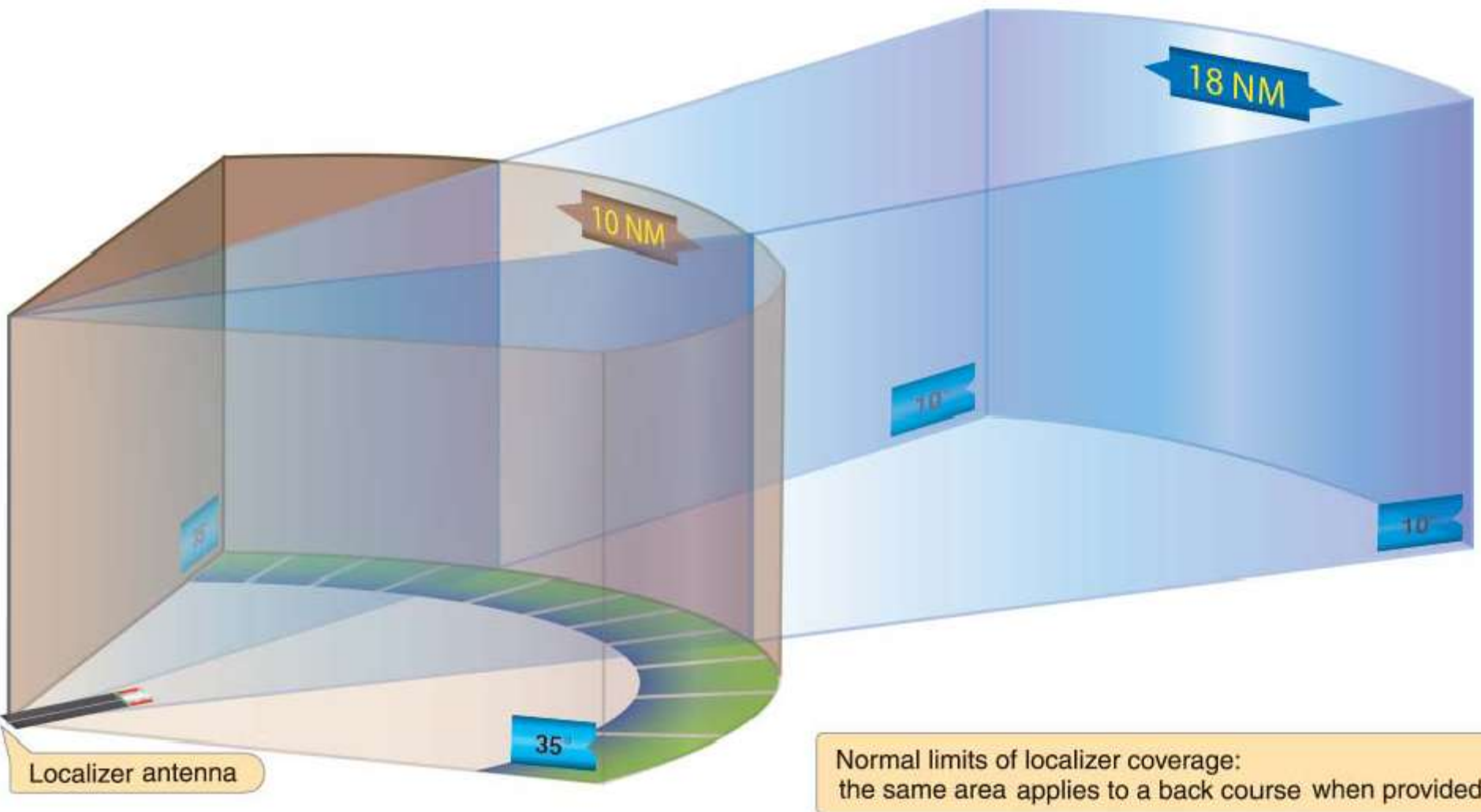
LLZ



GP

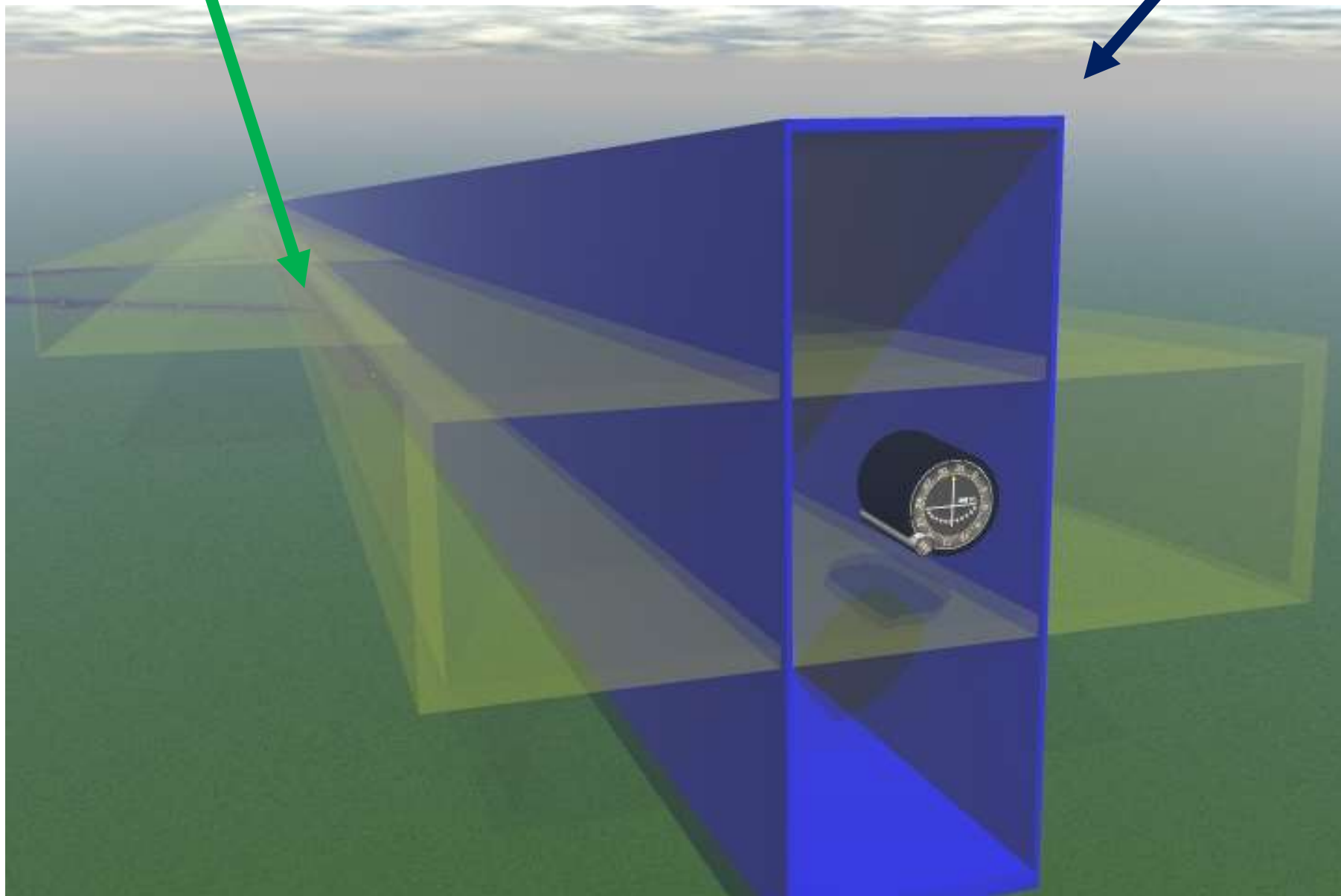


Az ILS klasszikus fedésterülete



IRÁNYSÁV

SIKLÓPÁLYA



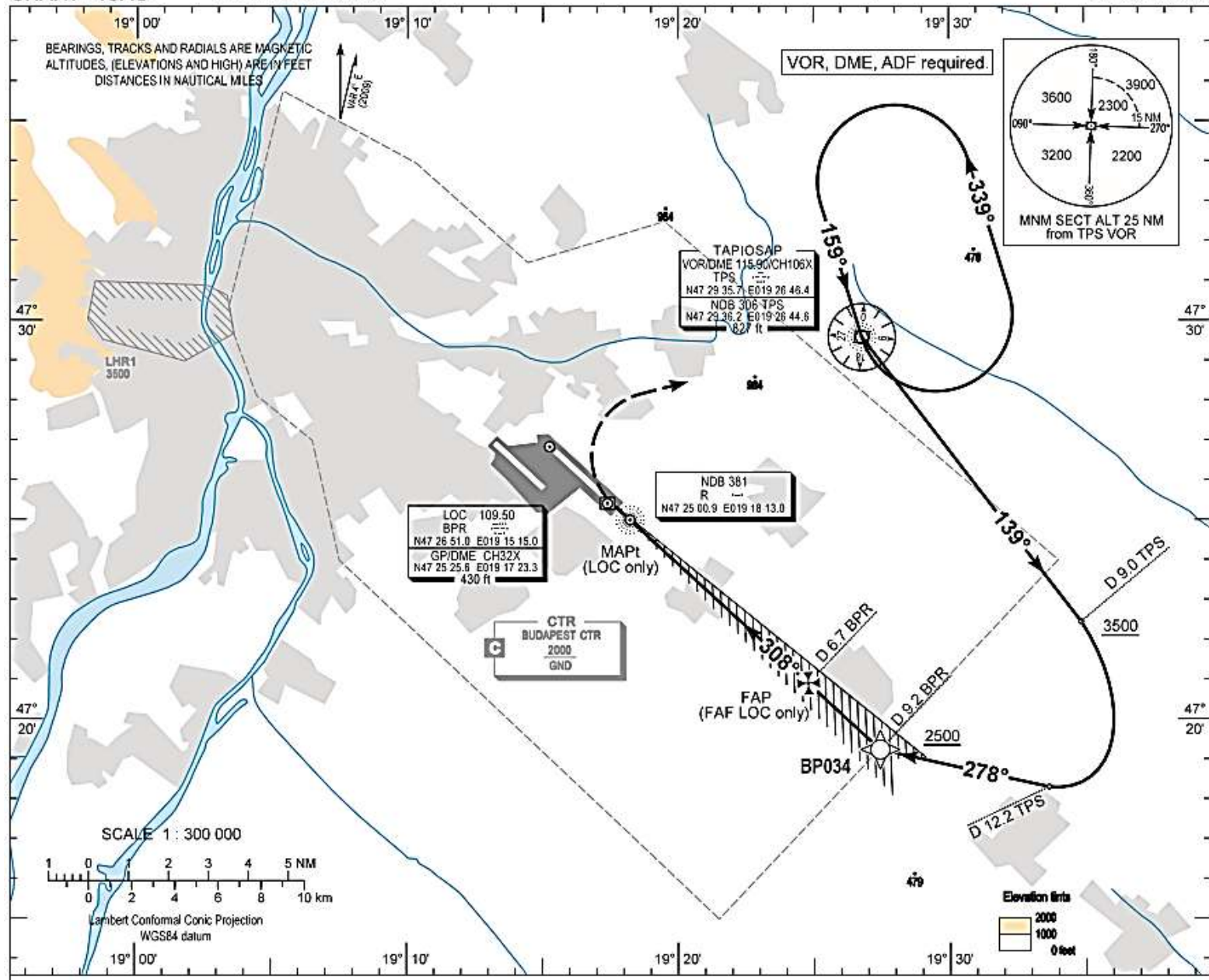
LHBP, ILS 31R felülnézet

INSTRUMENT
APPROACH
CHART - ICAO

AERODROME ELEV 496
HEIGHTS RELATED TO
THR RWY 31R - ELEV 416

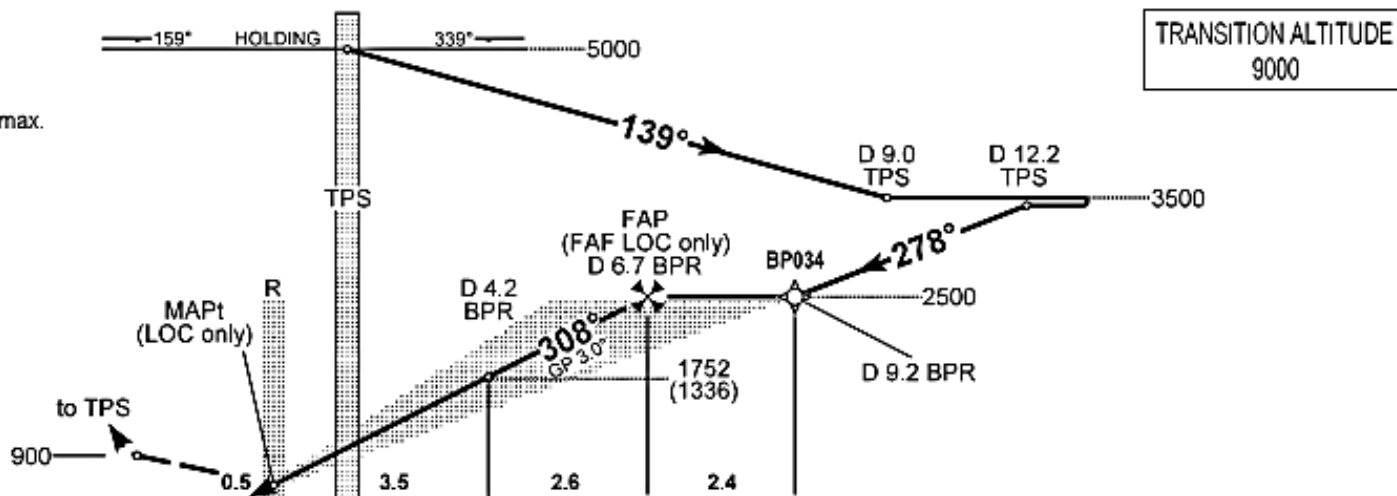
BUDAPEST APPROACH	129.700	ATIS	132.375 (117.300)
	122.975	BUDAPEST TOWER	118.100
	119.500	BUDAPEST GROUND	121.900

BUDAPEST/LISZT FERENC
ILS or LOC RWY 31R
(ACFT CAT A, B, C, D)



LHBP ILS 31R – oldal profil

MISSED APPROACH
 Continuous climb to 3000.
 Initially straight ahead then at 900
 turn right direct to TPS VOR.
 Missed approach turn limited to 185 KIAS max.



ILS RDH 49

(THR RWY 31R) 8 7 6 5 4 3 2 1 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 NM from THR 31R

OCA (OCH)			A	B	C	D
STRAIGHT-IN APPROACH	Cat. I.	Press. ALT	580 (165)	590 (175)	600 (185)	610 (195)
	Cat. II. 2.5% m. a. c. gr.	Rdo. ALT	(75)	(92)	(105)	(118)
	Cat. II. 3.0% m. a. c. gr.	Rdo. ALT	(53)	(65)	(82)	(95)
	LOC only		800 (380)			
CIRCLING APPROACH		ft AMSL	950	1100	1280	1460
		VIS. m	1900	2800	3700	4600

GROUND SPEED		kt	60	90	120	150	180
Rate of descent (5.2%)		FPM	320	480	635	795	955
Timing not authorized to define the MAPt							
DIST FM DME		NM	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0
ALT (HGT)		ft	1050 (640)	1370 (960)	1690 (1270)	2010 (1590)	2330 (1910)

MAPt at R NDB.

- A Flight Director-on az ILS kijelzés:
- (csak akkor láthatók jelek, ha jelentősebb eltérés van akár az LLZ-től, akár a GP-től)



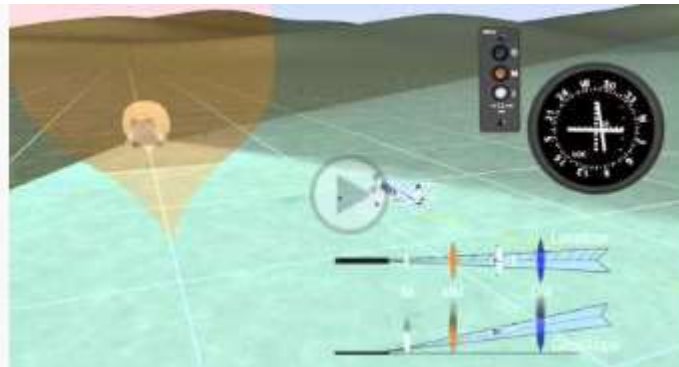
LLZ

IRÁNYSÁV

GP

SIKLÓPÁLYA

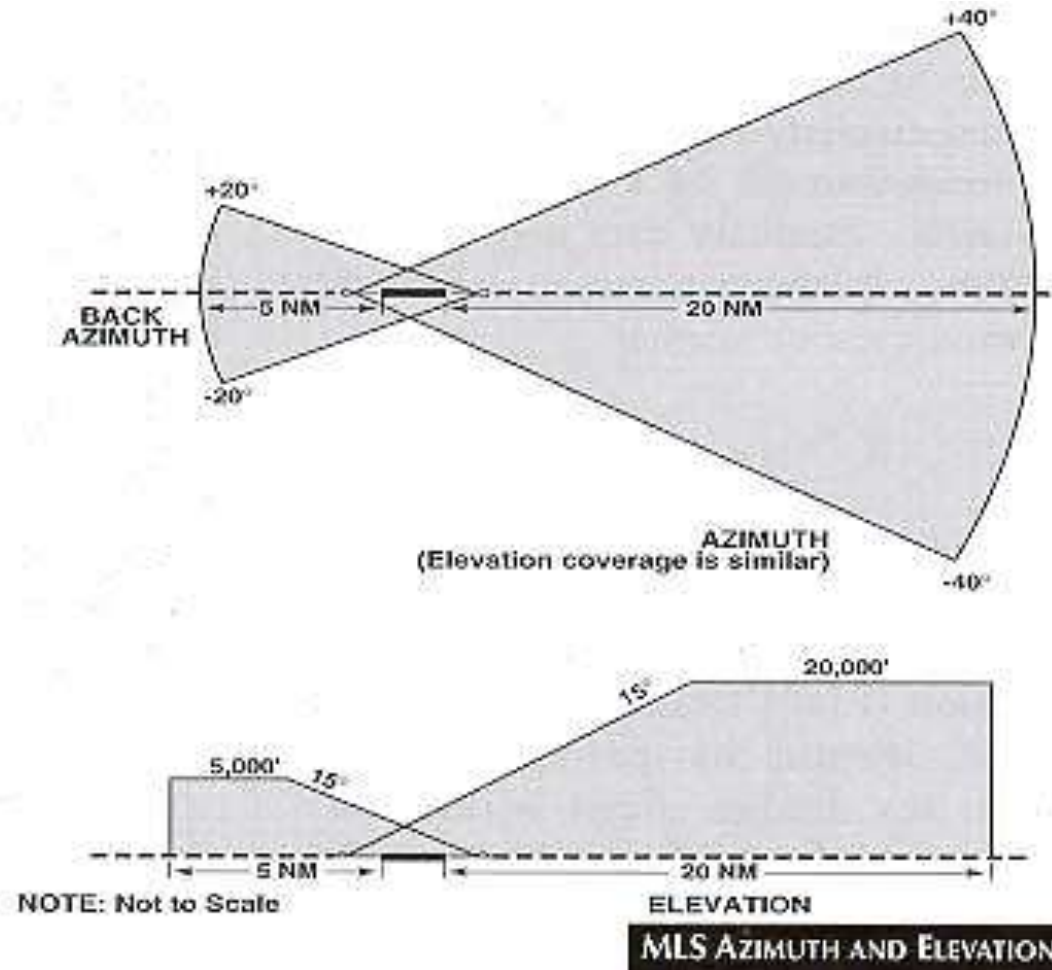
- Movie az ILS megközelítés egy megoldásáról (2'06")



File név: ILS landing DEMO.mp4 (19 MB)

Leszállító rendszerek - MLS

- ILS-szerű, de azimut adóval
- PAPI!!!
- Rome, London, Amsterdam



ILS vs. MLS



ILS
LLZ



ILS AZIMUTH GUIDANCE STATION



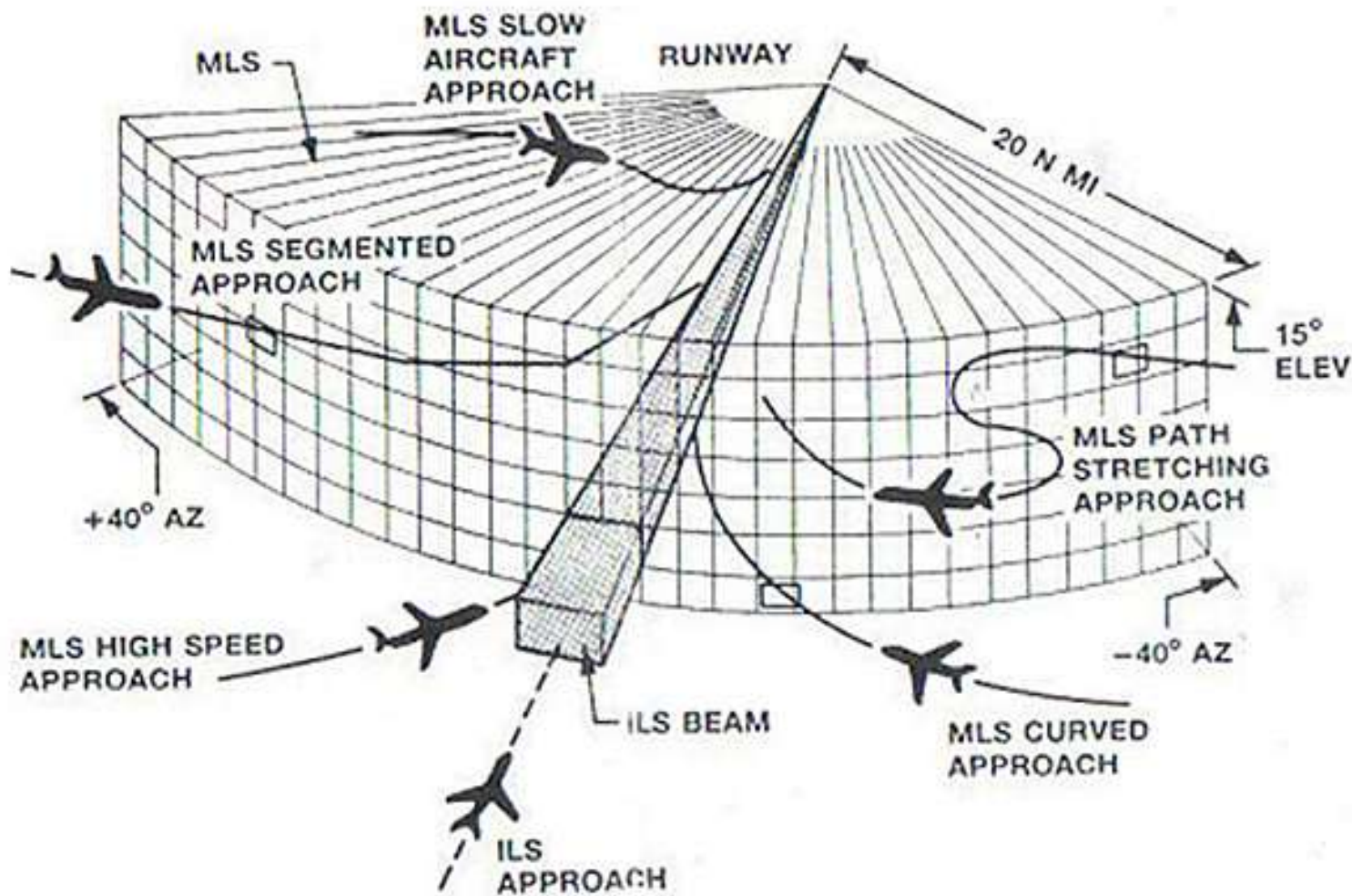
ILS
GP



ILS ELEVATION GUIDANCE STATION

Az MLS-sel lerepülhető nyomvonalak - példák

Figyeljük meg az ILS igen szűk lehetőségét az MLD-hez viszonyítva!



Combined representation of ILS and MLS runway approach

INSTRUMENT APPROACH CHART - ICAO

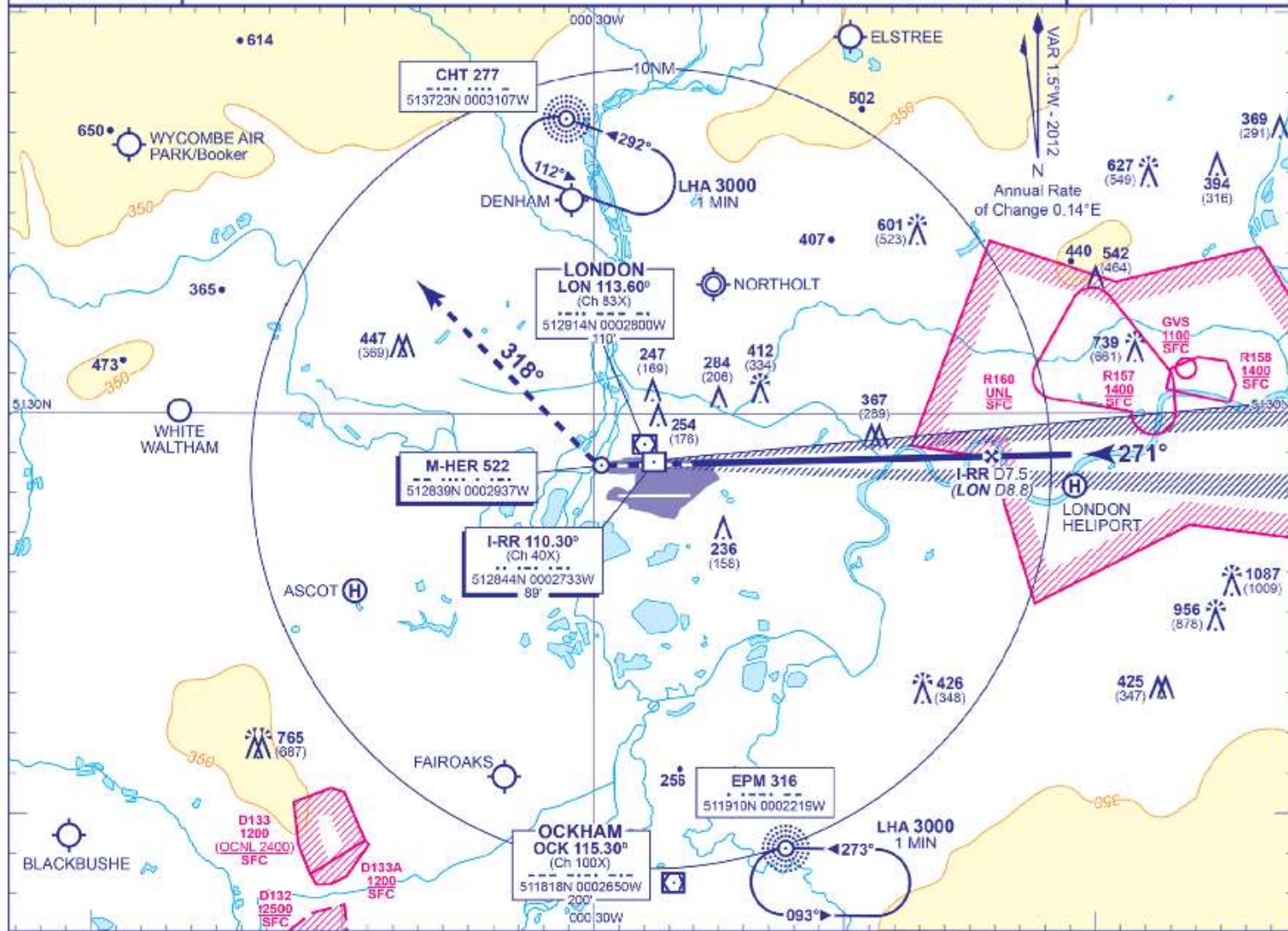
LONDON/HEATHROW

**MLS/M-HER
DME/I-RR
RWY 27R**
(ACFT CAT A, B, C, D)



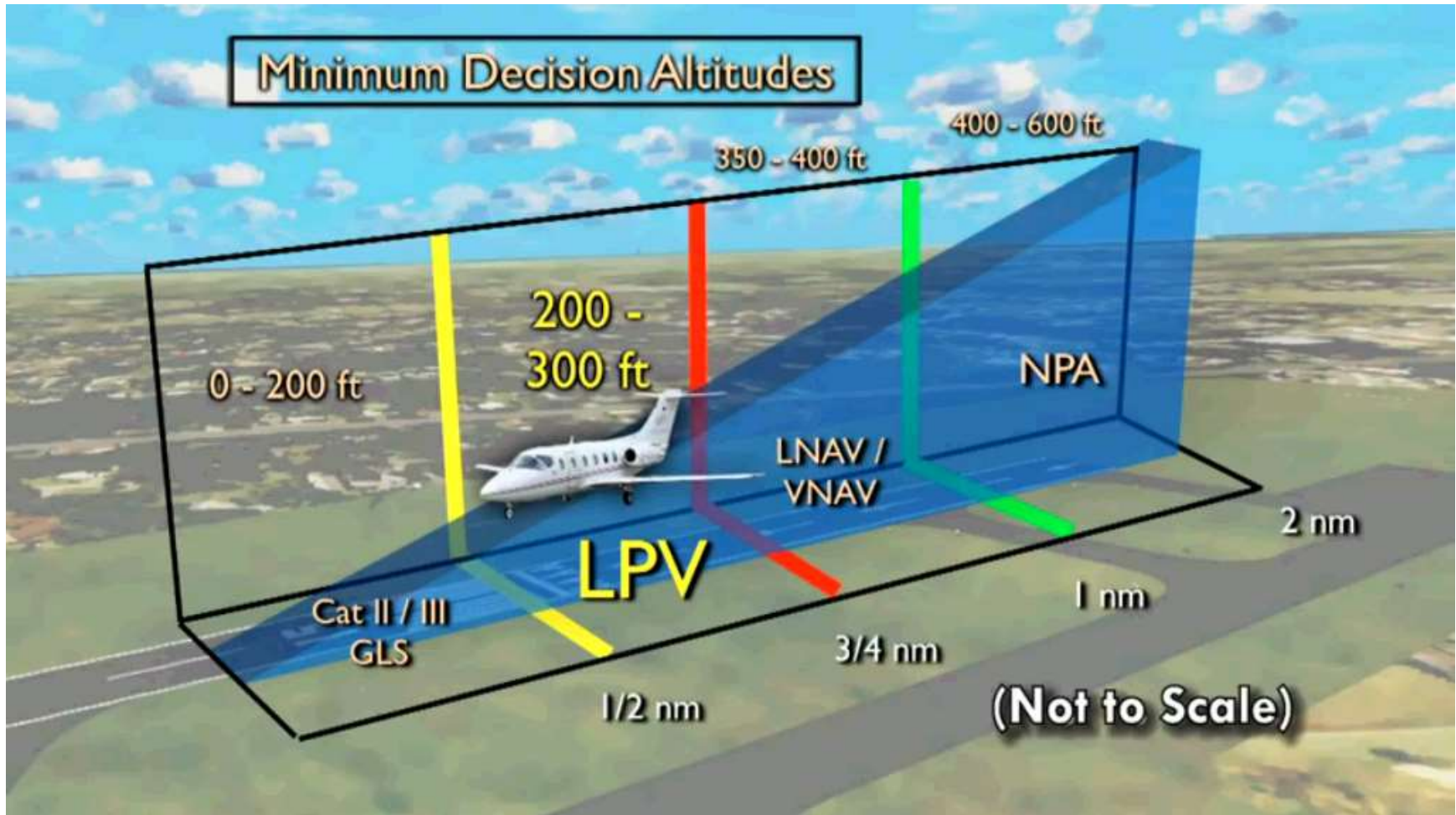
APP 119.725, 120.400, 127.525, 134.975	HEATHROW DIRECTOR	AD ELEVATION	83
TWR 118.500, 118.700, 124.475	HEATHROW TOWER	THR ELEVATION	78
RAD 125.625, 127.525	HEATHROW RADAR	OBSTACLE ELEVATION	1087 AMSL (1009) (ABOVE THR)
ATIS 128.075, 113.750, 115.100	HEATHROW INFORMATION	BEARINGS ARE MAGNETIC	

TRANSITION ALTITUDE
6000



RECOMMENDED PROFILE GLIDE PATH 3°, 318FT/NM

DME I-RR	7	6	5	4	3	2	1
ALT(HGT)	2370(2292)	2050(1972)	1730(1652)	1410(1332)	1090(1012)	770(692)	450(372)



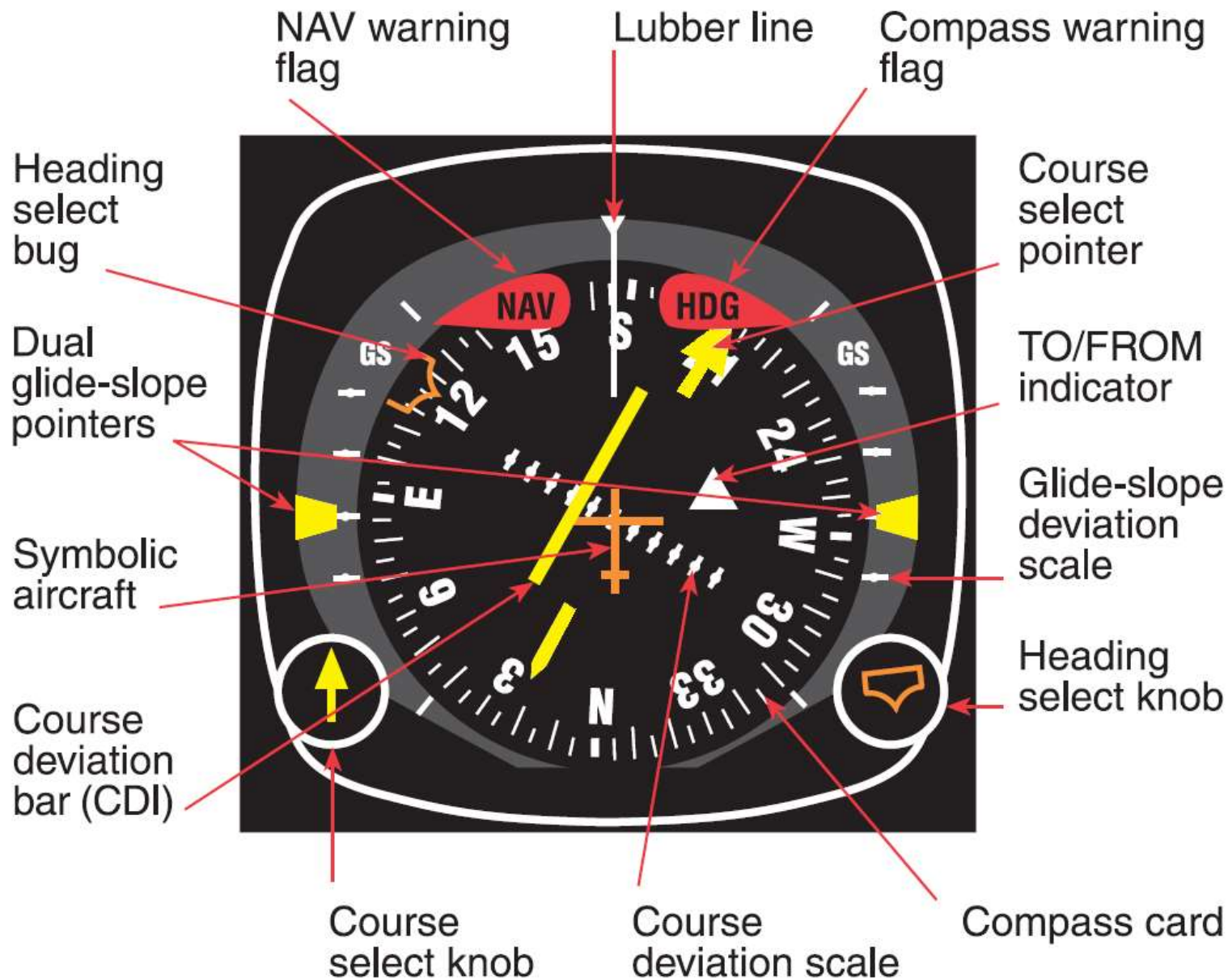
LPV – LLZ performance with vertical guidance

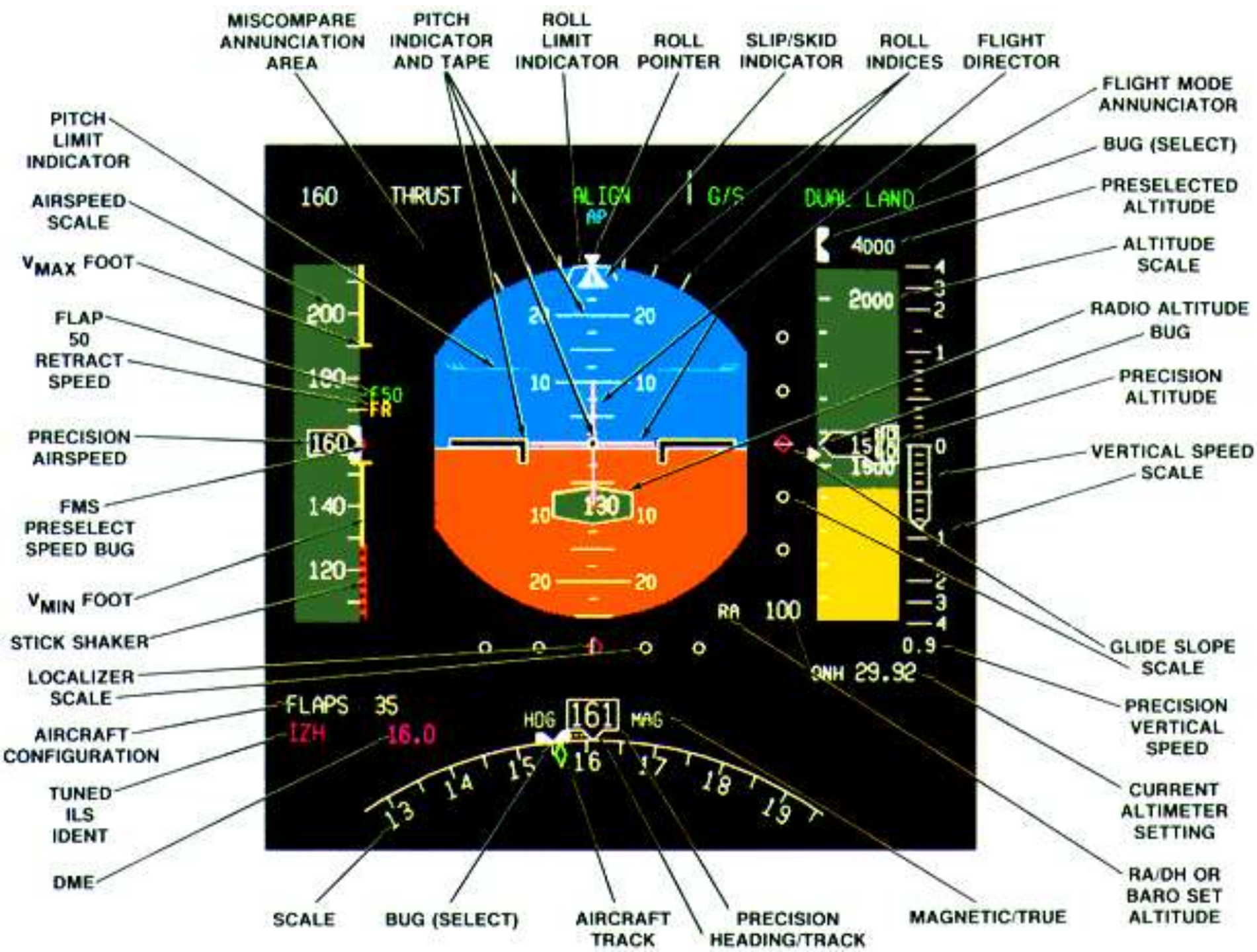
NPA – Non-precision approach

LNAV – Lateral navigation (irányvezetési navigáció útvonalpontok, stb...)

VNAV – Vertical navigation (FMS-sel számított megközelítés)

HSI - Horizontal Situation Indicator





Kérdések???



Köszönöm a figyelmet...

