

Malév Hungarian Airlines Virtual hivatalos elméleti oktatási anyag

Navigáció

Összeállította: Horváth Péter (HOP)

1. Bevezetés, alapfogalmak

Ezen fejezet célja, hogy egyszerű, de átfogó és tömör képet adjon a léginavigáció alapjairól. Áttanulmányozásával felelevenítheted és közelebb kerülhetsz az általános földrajzi és csillagászati alapfogalmakhoz, foglalkozunk az alapvető repülési irányokkal, irányszögekkel, megemlítésre kerül néhány térképfajta, magasság és sebességfogalom.

A fejezet tagolásánál alkalmazott **felépítési és jelölési rendszer** itt is a már megszokott. A **normál betűmérettel** íródott szöveg, **különösen a vastaggal kiemelt** részek megértése és **elsajátítása szükséges** és ajánlott, az MHVA majdani vizsgakövetelményét (PIC, INST) képezi.

Az **apróbetűs** részek **kiegészítő ismereteket** tartalmaznak, megtanulásuk **nem kötelező**, a szimulátoros repüléshez kisebb mértékben szükségesek, azonban a repülés általános szakmai intelligenciájához hozzátartoznak. Az elsajátításhoz segítséget nyújt minden szakasz végén a fejezet **kulcsszavainak és kifejezéseinek** gyűjteménye.

A navigáció a latin „navigare” (hajózni) szóból származik és azon **feladatok összességét**, illetve azon tudományágot jelöli, amely lehetővé teszi, hogy **kiindulási helyünkről** az általunk választott **rendeltetési helyre** a kiválasztott **útvonalon** jussunk el.

Lényeges, hogy ezen feladat két fő részből áll:

- a **repülés előtti felkészülésből**, az útvonal megtervezéséből, navigációs számításokból, illetve
- a **repülés** lefolytatása **alatti ellenőrző tevékenységből** és eltérés esetén a **szükséges helyesbítésekből**.

Ahogy a repülés igen sok mindent a **hajózásból örökölt** és vett át, természetesen a navigációs ismeretek és az alkalmazott eszközök is onnét származnak, azonban a két közlekedési ág közötti markáns különbségek miatt (a repülés térbeli mozgás, amely jelentős sebességgel történik, nincs lehetőség az útvonalon történő megállásra, korlátozott az üzemanyag mennyisége, stb.) a századforduló óta a **léginavigáció külön fejlődő** terület.

Gondoljuk végig, milyen kérdések kerülnek elő a repülés során, melyhez segítségül hívjuk a navigációt! Alapvető, és igen sokszor felmerülő kérdés a „Hol vagyunk most?” – tehát egyik feladatunk a **helymeghatározás**. Mivel említettük már, hogy a repülés sebessége viszonylag nagy és nem tudunk az út mellett félreállni, ezért rögtön jön a következő probléma: „Ha megvan, hogy hol vagyunk, az jó, de merre is megyünk?” ☺ - tehát a **helyzet- és repülési irány meghatározás**. Ezekon kívül szükségünk lehet a pontos föld feletti sebességünkre, számított érkezési időre, stb.

Ezeket a kérdéseket így egyszerűen, minden eszköz és megfelelő eljárás nélkül, valószínűleg csak a madarak tudnák megválaszolni, ha tudnának beszélni és valaki megkérdezné őket ☺. Nekünk repülő embereknek tehát szükségünk van navigációs eszközökre és eljárásokra.

Ahhoz azonban, hogy ezen az eszközök és eljárások megalkotása lehetővé váljon, szükség van annak testnek az ismeretére, amin/ami felett mi ezt a tevékenységet folytatni szeretnénk, vizsgáljuk meg tehát a Földet, mint égitestet.

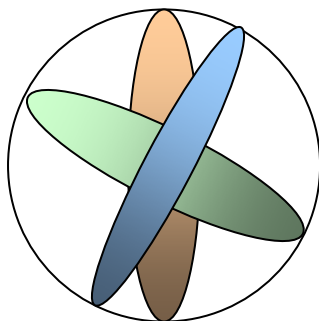
2. Föld alakja, méretei, fokhálózata

*A Föld első közelítésben szabálytalan un. **geoid** alakú test, meghatározó a topográfiai földalak, ez az a domborzat, amit észlelünk. Ha ezen kiemelkedésektől eltekintünk, akkor modellezhetjük valamilyen forgástesttel. Alakja nem teljesen gömb, **pólusainál lapult**. Legjobb közelítéssel egy **forgási ellipszoiddal** írható le. Mivel egzakt módon, tökéletesen megmérni igen nehézkes a tényleges méreteket, ezért a történelem folyamán igen sok embert foglalkoztatott ezen méretek megállapítása, s a tudósok méréseikkel, számításaikkal egyre pontosabban közelítették az ellipszoid a méreteit. Ezen eredményeket használták fel aztán a térképek és egyéb navigációs eszközök elkészítéséhez. Ilyen fontosabb ellipszoid megalkotása fűződik Bessel, Hayford és Kraszovszkij nevéhez.*

A Föld hozzávetőleges méreteinek meghatározása után célszerű volt bevezetni egy olyan **egységes viszonyítási rendszert**, mellyel a világ bármely pontján egzakt módon le tudom írni az éppen elfoglalt pozíciómat, tehát hogy hol is vagyok. Megalkották hát a **Föld fokhálózatát**.

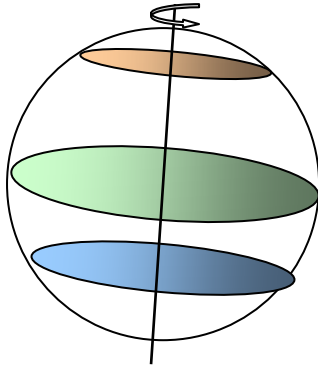
*Ennek megértéséhez szükség van a Föld, mint égitest mozgásaival kapcsolatos fogalmakra. A Föld egyrészt **forgó mozgást végez egy képzeletbeli tengely körül**, ez az átmérő a Föld **forgástengelye**. Bár ezen tengely helyzetét a Földhöz viszonyítva állandónak feltételezzük, ez idővel igen kis mértékben változik. Ezen forgó mozgás eredménye – általános iskolából ismert módon – a napszakok változásai. Bolygónk másik mozgása a **Nap körüli keringés**, s mivel a forgástengely a keringés síkjára nem merőleges, hanem kb. 22,5°-os szöggel eltér ettől (ekliptika), ezért változnak az évszakok.*

*A Föld képzeletbeli forgástengelye két pontban dőli át a földfelszínt, ez a két pont a **pólus vagy sarkpont**. **Főköröknek vagy nagyköröknek (Great Circle – GC)** azokat a legnagyobb gömbi köröket nevezzük, amelyek úgy keletkeznek, hogy a Földet olyan síkokkal metszük, amelyek áthaladnak a Föld középpontján. Ha a lapultságot figyelmen kívül hagynánk, akkor végtelen sok egyforma nagykört tudnánk szerkeszteni.*



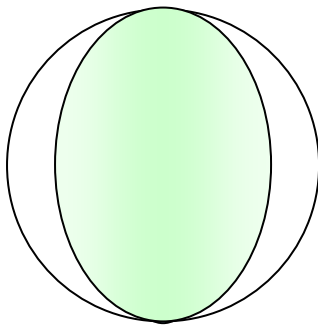
1. ábra: Főkörök vagy nagykörök

Az **Egyenlítő az a főkör**, melynek **metszősíkja merőleges a Föld forgástengelyére**. A **szélességi körök** az egyenlítővel **párhuzamos síkok**. A kezdő vagy nulla szélességi kör az Egyenlítő, ettől északra és délre 90-90 szélességi kört alkottak, egyfokos pontossággal, összesen tehát 180-at. A 90-ik szélességi körök ponttá zsugorodnak össze, ez maga a két pólus. Az egy fokon belüli szélesség további pontosítására használjuk a fokpercet, és a fokmásodpercet (60-ad része a fokpercnek, amely szintén 60-ad része a foknak).



2. ábra: Egyenlítő és a szélességi körök

Ha a Földet egy **síkkal úgy metsszük**, hogy ez a **sík áthalad a Föld forgástengelyén**, akkor a keletkező nagykör felszínen pólustól-pólusig terjedő ívét **hosszúsági körnek, délkörnek, vagy meridiánnak** nevezzük. Amíg a szélességi körök egymással párhuzamosak voltak, addig a délkörök összetartóak, a pólusokban találkoznak. Ez az összetartási tulajdonság a **meridián konvergencia**. A hosszúsági körök számozása a nulla hosszúsági körtől kezdődik, mely áthalad London külvárosán, Greenwichen. Ettől keletre és nyugatra is egyaránt 180-180 meridiánt állapítottak meg, összesen tehát 360-at.



3. ábra: Hosszúsági körök vagy meridiánok

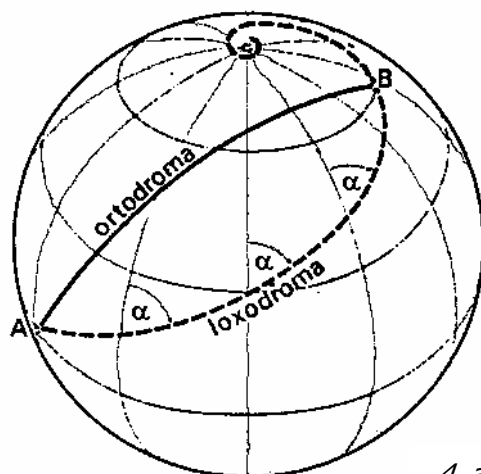
Fontos összefüggés a fokhálózat és a repülésben használt mértékegységek között, hogy egy gömbi főköron (pl. bármely hosszúsági köron, vagy az egyenlítőn) mérve **1 fokperc földfelszínen mért ívtávolsága 1 tengeri mérföld** (Nautical Mile, NM), 1,852 km. Egy fok ívtávolsága ebből következően 60 NM, vagy 111 km.

*Elvileg a fokhálózat, mint viszonyítási rendszer segítségével mindenkori pozíciókat ma már meg tudjuk határozni, le tudjuk írni. Azonban ma is használunk kell ehhez megfelelő navigációs eszközöket. Ilyen pl. a térkép, vagy a GPS. Addig azonban, amíg ezek a pontos eszközök és eljárások nem álltak rendelkezésre, s a fokhálózat sem volt definiálva, is navigáltak, s a középkor hajósai bár sokkal pontatlanabban, de általában tudtak helymeghatározást végezni. Ilyen általuk használt eszköz volt a **szextáns**. Ez egy igen precíz beosztással rendelkező, skálázott mechanikus mérőeszköz, a földfelszínről különböző szögek alatt látszó csillagok, így a Nap is, már adott egy mérési eredményt és hozzávetőleges*

szélességi hely-meghatározást tett lehetővé. A hosszúsági körök tekintetében a Föld forgási tulajdonságát, s a Nap látszólagos égbolton történő mozgását úgy vették figyelembe, hogy az alkalmazott eszköz, a **kronométer** segítségével időkülönbségekből tudtak helymeghatározást végezni. A kronométer gyakorlatilag egy nagyon pontos óra, s az eljárás azon alapult, hogy 1 óra alatt a Nap 15 fokot halad az égbolton. A hajó haladása közben a két mérés közötti látott és mért „Nap-helyzet” fokbeli különbségéből hozzávetőleges hosszúsági adatot kaptak.

Ezen fokhálózat ismeretével már A és B pont egyértelműen meghatározható a Föld bármely pontján. Azonban a repülés tervezésekor általánosságban meg kellene határozni valamilyen útvonalat – egyenlőre elvi és nem gyakorlati légi útvonalat tekintünk – méghozzá olyan szempontok figyelembevételével, hogy a navigáció a repülés során számunkra viszonylag egyszerű legyen, ugyanakkor az sem utolsó szempont, ha a két pont közötti legrövidebb utat közelítjük. Tekintsük át tehát – a teljesség kedvéért – a szimulátorban kérdésként ritkán felmerülő **repülési helyzetvonalakat:**

1. Az Egyenlítő és a hosszúsági körök definiálásánál már felhasznált nagykör vagy Great Circle egyik kedvező tulajdonsága, hogy egy síkkal képezhető. Azt az összefüggést mindenki ismeri, hogy két pont között legrövidebb út az egyenes, azonban ha ez a két pont nem egy síkon, hanem egy gömbfelszínen fekszik, akkor a legrövidebb utat úgy kapjuk meg, hogy a két pontra (A és B), valamint harmadikként a Föld középpontjára fektetünk egy síkot, s ennek földfelszínrel alkotott metszévonalát (ami egy nagykör) lesz a legrövidebb út. A két pontot ilyen módon összekötő nagykör darabot **ortodrómának** nevezzük. Gazdaságossági szempontból a nagykör tehát kedvező tulajdonságú, mivel a legrövidebb, azonban vizsgáljuk meg navigáció szempontjából. Irányainkat mindig a már definiált fokhálózathoz képest célszerű vizsgálunk. Ha A és B pont mindkettő az Egyenlítőn fekszik, akkor a navigálás viszonylag egyszerű, a repülés útvonalát a hosszúsági körökkel mindig azonos szög zár be, 90 fokot, tehát egy adott irányt kell csak tartanunk. De abban az esetben, ha már az egyik pont máshol van, – vagy A-ból mivel B-t már láttuk, C-be akarunk eljutni ☺ – akkor az ortodrómus útvonal a hosszúsági köröket folyamatosan változó szög alatt metszi. Ez kis távolságoknál nem annyira szemléletes, de képzeljük el a sarkok közelében futó igen nagy távolságú útvonalakat. Navigáció szempontjából, tehát a tökéletes ortodrómán történő repülés állandó kismértékű korrekciót igényelne. Az útvonalat inkább felbontják kisebb szakaszokra, s kevesebb, de határozott irányváltást végeznek.



4. ábra: Ortodróma és loxodróma A és B pont között

2. *Fontos szempont volt, hogy ellentétben az ortodrómánál tapasztaltnál a navigáció egyszerű legyen. Ha nem tisztán kelet-nyugati, vagy észak-déli (ld. egyenlítő vagy egy meridián), hanem valamilyen más tetszőleges irányba szeretnénk repülni, s ehhez pl. csak a később tárgyalt mágneses iránytűt használjuk fel, akkor ha ezen a kiválasztott tetszőleges irányon az iránytű alapján haladunk, s azt tartjuk, akkor az útvonalunk a hosszúsági köröket mindig azonos szög alatt fogja metszeni. Ez a helyzetvonal a **loxodróma**. Nyomvonalunk egy olyan gömbfelületi csavargörbe lesz, amely valamelyik pólust közelíti. A könnyebb navigáció érdekében ilyen loxodróma darabokra bontják fel az ortodrómikus útvonalat. Kis távolságokon (200-300 km) a két helyzetvonal kismértékben tér csak el egymástól.*

3-4-5. *Rádió navigációs berendezésekkel kapcsolatosan említhető meg a további három helyzetvonal: **a kiskör, a hiperbola és az egyenazimut**. A berendezéseknél részben kitérek majd jelentésükre.*

Az 1-2. fejezetek témakörei, kulcsszavai és kifejezései

- Navigáció fogalma, részei, funkciója
- Föld alakja, mozgásai
- Fokhálózat, Egyenlítő és szélességi körök, hosszúsági körök fogalma, számuk, tulajdonságaik
- Tengeri mérföld és gömbi főkör ívtávolságainak összefüggése
- Helymeghatározás kezdeti eszközei
- Helyzetvonalak

3. Időfogalmak

A Föld mozgásainak időbeli hosszúságait vizsgálva mindenki számára ismerős adatokat kapunk. **Nap körüli keringésének** ideje 365 napnál hozzávetőlegesen 6 órával kevesebb, ezt a 4x6 órát korrigáljuk a szökőévekkel. A **tengely körüli forgás** 24 óráig tart. De hol és mikor kezdték/kezdjük a mérést, mi legyen a kiindulási pont? Ha ezt a 24 órás időtartamot a föld területének 360 fokára felosztjuk, akkor kiszámolható, hogy 4 percenként 1 fokot fordul a Föld, más szemszögből a földi szemlélő számára a Nap 4 percenként halad 1 fokot az égbolton. Minden földrajzi helynek tehát elviekben van **helyi** tényleges- és közép ideje, mely megállapításához az adott pontból tekintve a nap delelését kell megfigyelnünk, felső delelési pont esetén – a Nap a legmagasabban látszódik – van azon a ponton déli 12 óra. Azonban, hogy ne 4 percenként kelljen óráinkat állítgatni, ezért bevezették az időzónákat. A kiindulási pont ismét Greenwich, az ottani délkör, **a nulla meridián helyi középidéjét nevezzük GMT-nek** (Greenwich Mean Time), s ez a viszonyítási alap. Ez az idő sokáig nemzetközileg elfogadott világidő volt, ehhez képest alakították ki az időzónákat. 15 fokonkénti beosztással keletkezett a **zónaidő**, amihez képest egy országban alkalmazott **helyi törvényes idő** abban tér el, hogy az ország alkalmazza e a téli/nyári óra átállítást vagy sem.

A repülésben is ez volt az alkalmazott idő, mely 1984-ben annyiban változott, hogy a bevezetett **UTC (Universal Coordinated Time)** időnél használt alapérték egyrészt a Föld különböző helyein mért idők középértéke (Universal Time) és a másodperc mérésére nem csillagászati időskálát, hanem egy másik mérőszámot, a Cézium 133 atom rezgésidejét használják fel. A **két idő** (GMT és UTC) **gyakorlatilag megfelel**

egymásnak, használat szempontjából szinte csak az elnevezés változott, a megállapítása történik más módon.

A repülésben ma tehát **általánosan az UTC** időt használjuk, írásban mindig **4 db számjeggyel** jelenítjük meg, általános szabály, hogy nem teszünk semmilyen elválasztójelet (szóköz, kettőspont) és jelölésképpen időnként a 4 számjegy mögé **Z betűt** írunk (kiejtésben **Zulu**), az UTC hangsúlyozására. Pl: 1630 vagy 1630Z. Ha a szövegben esetleg helyi idő (Local Time) is szerepel, akkor a helyi idő L vagy LT jelölést kap. Pl: 2300LT. **Kivételként** a légiközlekedésben helyi idő szerepel minden menetrendben és utastájékoztatási adatban (ilyenkor külön jelölés nélkül).

A 3. fejezet kulcsszavai és kifejezései

- Föld mozgásai, a Nap relatív mozgása az égbolton, nagyságuk
- Zónaidő, bevezetésének oka, kiindulási pont
- GMT
- UTC
- Repülésben használt időfogalmak, írásképek

4. Repülési irányok, irányszögek, a mágneses iránytű

A helymeghatározásról már nagyon sok mindent tudunk, s azzal is tisztában vagyunk, hogy hány óra van most Zuluiban. (Aki most egy világtérképet vesz elő, hogy megkeresse Zulu-t az térjen vissza az előző fejezetre ☺.) S mivel repülésről és nem földmérésről beszélünk, mindenki erős késztetést érez arra, hogy végre elinduljon. A pillanatnyi helymeghatározásról áttérünk hát a helyzet és repülési irány meghatározásra. Bár ma már a GPS korában, amit a szimulátoron is elég egyszerű alkalmazni, nem biztos, hogy mindenki késztetést érez a klasszikus navigáció eszközeinek és eljárásainak elsajátítására, emlékeztetnék arra, hogy a GPS-nek létezik tőlünk független kikapcsoló gombja, amire csúnya amerikai bácsik keze véletlenül rátévedhet, ellenben a Föld mágneses terét elég nehéz megszüntetni. Tehát kezdjük az alapoknál...

Mindenki által ismert módon a Földnek létezik mágneses tere. Nem elbonyolítva a kérdést fizikával, azért azt meg merem említeni, hogy a mágneses tér jellemzésére és megjelenítésére ún. erővonalakat használunk (akinek nem dereng, az emlékezzen általános iskola fizika órára, amikor a vasreszeléket megmágneseztük...). A Föld esetében is a mágneses tér erővonalainak van egy pár igen lényeges és számunkra nem elhanyagolható tulajdonsága. Pl. ilyen az, hogy az erővonalak a két mágneses pólusban futnak össze, azonban **ez a pólus nem egyezik meg a forgástengely dőfpontjával**. Létezik tehát az Északi sark és ehhez kapcsolódóan a **földrajzi észak vagy True North** fogalom, s ettől megkülönböztetjük a **mágneses észak vagy Magnetic North** fogalmát, mely a mágneses erővonalak által alkotott észak felé mutat, mely Kanadában, a Hudson-öböl térségében található. A különbség nem óriási, de ez bizonyos esetekben az alkalmazott eljárás során igen jelentős eltérést produkál majd.

Így fordulhat elő, hogy észak-atlanti, Grönland környéki, vagy pont Kanada azon térségében végzett repüléseknél a mágneses és a földrajzi irány extrém nagy eltéréseket, akár 60-70 fokot is mutathat, s így történhet az is, hogy pl. a földrajzi észak felé mutató pályára 08 van felfestve.

A léginavigációban a **földrajzi irányokat nem, csak a mágnesest használjuk**, ilyen viszonyítási rendszer szerint vannak az útvonalak, futópályák, stb. irányai meghatározva. A repülőgép irányának kérdéseit tárgyalva mindig a gép hossz-tengelyéről beszélünk majd.

Bizonyára mindenki kitalálta már, hogy az alkalmazott eszköz és eljárás, amit bevezettünk az egyszerű **mágneses iránytű (Magnetic compass)**. Ez az eszköz mind a mai napig megbízhatósága és egyszerű használata miatt minden légi járművön megtalálható. A fentiekből megállapítható tehát, hogy a mágneses iránytű alaphelyzetben a mágneses észak és nem a földrajzi észak felé fog beállni. A kettő közötti különbség a **deklináció**, s mérőszámát a **mágneses variációt (VAR)** – tehát, hogy mekkora a különbség a mágneses és a földrajzi északi irány között – minden **légiforgalmi térképen feltüntetik**. A szám előtti betű E (East – Kelet) vagy W (West – Nyugat) azt jelzi, hogy pl. a térképről leolvasott **földrajzi irányhoz képest a mágneses azon a helyen merre tér el, s mennyivel** (Pl. VAR 02°W).

*Az iránytűnek, mint eszköznek és a vele végzett navigációs eljárásnak a deklináción kívül léteznek további hibái, ezzel azonban a szimulátorban kevéssé fogtok találkozni. Ilyen jelenség az **inklináció** (lehajlás), mely a mágneses erővonalak pólushoz közeli lehajlását – ezáltal az iránytű mágnesének lehajlását is – jelenti, s ennek kiküszöbölésére alkalmaznak az iránytűben ellensúlyt, a mágnes pólussal ellentétes oldalára rögzítve. Ez a súly további problémákat vet fel, pl. **nem lehet az északi féltekén használatos iránytűt a déli féltekén használni**, mert ott a mágnes a súly irányába annyira lehajlik, hogy leolvashatatlan lesz, felakad. Ilyen esetekben tehát valamilyen speciális felépítés vagy 2 iránytű szükséges. Szintén a súly miatt, az iránytű forgó részének tehetetlensége viszonylag nagy, így **fordulóban az iránytű lemarad, illetve előresiet**. Hasonló jelenség **K-NY-i irányú repülés esetén a gyorsításkor/lassításkor fellépő hiba**, szintén a súly tehetetlensége miatt lesz helytelen a leolvasott érték. A mágneses mező torzulásaiból fakadóan megemlíthető a **deviáció**, mely a repülőgép vas alkatrészeinek eltérítő erejéből fakad, s ennek kiküszöbölésére végzik az un. **kompenzációt**. Ennek során az iránytűt – beépítve a repülőgépbe – két finoman beállítható és rögzíthető kompenzáló mágnessel a helyes mágneses irányokra minél pontosabban megpróbálják beállítani, kiküszöbölve ezzel a deviációt. Teljesen tökéletesre általában nem sikerül, így az iránytű deviációból fakadó hibáját az iránytű melletti **deviációs táblán** feltüntetik. Ez minden esetben 5 foknál kisebb érték.*

Az eddigiek alapján akkor már van egy műszerünk, a mágneses iránytű, melyről leolvashatunk különböző értékeket. De mit is jelent az a szám, mit mutat meg?

A léginavigációban megkülönböztetjük a **repülési irány** (és irányszög) kérdéskörét és külön beszélünk a **repülőgép irányairól**. Az **irányszög** valamely északi irány (földrajzi vagy mágneses) és a kérdéses (meghatározandó) irány által bezárt szög. Az irány(szög) meghatározás történhet égtájak felé (keleti, nyugati, stb.), ennél a repülésben azonban pontosabb beosztás szükséges, így az északi iránytól kiindulva, az óramutató járásával megegyező irányban 0°-tól 360°-ig, egyfokos pontossággal adjuk meg az irány(szög)et.

Először tekintsük a repülőgép irányait, más elnevezéssel a géptengelyirányokat:

*Repülés közben a mágneses iránytűről leolvasott érték az ún. **iránytű géptengelyirány(szög)**, vagy angolul **Compass Heading**. Ez az érték a mágneses géptengelyirány(szög)től annyiban tér el, hogy esetleg a kompenzációt, tehát a deviáció megszüntetését nem lehetett megfelelően elvégezni, nincs teljesen kikompenzálva az iránytű, tehát a repülőgép vasalkatrészei eltérítik azt. A leolvasott értéket, tehát a Compass Heading-et a deviáció értékével korrigálva kapjuk a mágneses géptengelyirányt. Mivel a deviáció szimulálása jelenleg nincs megoldva a Flight Simulatorban, így ezzel nem kell foglalkoznunk.*

A mágneses géptengelyirány(szög) (angolul Magnetic Heading – HDG) a repülőgép hossz tengelye és a mágneses észak által bezárt szög, közismertebb, bár pontatlan megfogalmazása: amerre a gép orra mutat. Ez az irány a földrajzi iránytól a variációval (a deklináció értékével) tér el, tehát a földrajzi és a mágneses észak különbségével.

*A mágneses géptengelyirányt a variációval korrigálva kapjuk a Földrajzi (vagy tényleges) géptengelyirányt, angolul **True Heading**. Mivel szinte kivétel nélkül a mágneses északhoz képesti viszonyítási rendszert használjuk, ezért ez a fogalom szintén ritkábban használt.*

Összefüggés a géptengelyirányok között a valós repülésben:

Magnetic Heading = Compass Heading ± Deviation

True Heading = Magnetic Heading ± VAR

A repülőgép irányai után tekintsük át a **repülési irányokat**. Itt megkülönböztetünk **tervezett** (a térképen lemért, repülési tervben megadott) és **tényleges** (a repülés közben a gép nyomvonala a Földön) irányokat.

- A **tervezett vagy térképirányszög** (angolul **Course** (Angle), magyarul használjuk a kurzust is) a térképen lemért útvonal irányszöge, s attól függően lesz Magnetic vagy True Course Angle, hogy a mágneses vagy a földrajzi északhoz képest mérjük és adjuk meg.
- A **tényleges repülési irányszög** (angolul **Track**) a repülőgép nyomvonalának északkal bezárt szöge a földön, s szintén lehet Magnetic vagy True.

A tervezett és a tényleges repülési irányszögek nem csak a repülőszemélyzet esetleges pontatlan munkája miatt lehetnek különbözőek, de a **repülés irányaira** igen **nagymértékű befolyásoló hatással van a légtömegek mozgása, a szél**. A **célunk az**, hogy szél esetén is az általunk **tervezett** repülési iránnyal egybeessen a **tényleges** repülési irányunk, azaz a **Course és a Track fedje egymást**. Próbáljunk meg elképzelni két különböző repülési helyzetet.

- **Szélcsend** esetén ennek kivitelezése nem túlságosan bonyolult feladat, repülőgépünket a szándékolt pályáról nem szeretné a szél oldalirányban eltéríteni. Hasonló eset fordulna elő tökéletes szembe, vagy hátszél esetén, ez azonban igen ritka. Ilyenkor ha a hajtóművek tolóereje szimmetrikus (többhajtóműves esetben) akkor **nemcsak a Course és a Track, de a géptengelyirányszög, tehát a Heading is egybe eshet**, ennek kivitelezése nem lehetetlen. Tehát a repülőgép tengelye, a repülés tervezett és tényleges iránya is egybeesik. Egyszerűen fogalmazva „arra áll a gép”, amerre terveztük, s amerre ténylegesen repülünk.

- Mivel a fenti eset igen ritka, általában valamilyen irányú és nagyságú oldalszéllel találkozunk a repülési feladat végrehajtása közben. Oldalszél esetén ezen hatás kiküszöbölésére „rátartunk” az oldalszélre, a repülőgép hossz tengelyét ellépjük (oldalkormányval elfordítjuk) olyan irányba, hogy a tervezett irányszöveget a Course-t tartani tudjuk, azaz a Track vele megegyező legyen. Látható azonban, hogy ebben az esetben a **Track és Heading biztos, hogy nem esik egybe**, a repülőgép „oldalazva” repül, a **rátart a szélre**. Ha nincs semmilyen előzetes szélinformációnk, vagy pontatlan, akkor általában először a gép hossz tengelyét a tervezett irányba állítjuk, azaz kezdetben a Course és a Heading megegyezik. Azonban az oldalszél eltérítő hatása miatt ilyen helyzetben lesodródunk az útvonalról, azaz a Track egyre nagyobb mértékben eltérne a Course-tól. Így változtatunk a Headingen, ráfordulunk a szélirányra és megpróbálunk visszatérni, majd tartani a szándékolt pályát. **A Heading és a Track közötti szögekülönbség a szélrátartás szöge, vagy Wind Correction Angle - WCA.**

A 4. fejezet témakörei, kulcsszavai és kifejezései

- A Föld mágneses tulajdonságai, földrajzi és mágneses észak
- A mágneses iránytű és a deklináció (VAR) fogalma
- *A mágneses iránytű további hibái*
- Iránymeghatározás, a repülési irányszög
- Géptengelyirányok (Heading)
- Repülési irányok (Course és track)
- A szél hatása, a szélrátartás szöge, összefüggés a repülési irányok és a géptengelyirányok között

5. Térképismeret, alapvető navigációs módszerek, a navigáció fejlődése

Az első négy fejezetben alaposan megtárgyaltuk a helymeghatározás, valamint a repülési irányok kérdéseit, s megismertük a szinte legősibb navigációs eszközünk egyikét, a mágneses iránytűt. Tudunk tehát válaszolni a „hol, honnét és hová” kérdésre, ha már repülünk ismerünk olyan fogalmat is, hogy „merre”, s van már egy eszközünk is, tehát van „mivel” navigálnunk. Ismerkedjünk meg a másik igen régi navigációs eszközzel, a térképpel. Ugyanakkor nem ártalmas általánosságban sem ezen eszközök használatával – tehát az alkalmazott eljárásokkal –, valamint ezek korlátaival sem tisztában lenni. Valamint tekintsük át a pontosan ezen korlátok miatt kifejlesztett újabb és ma már a kereskedelmi repülésben szinte kizárólagosan használt módszereket.

Tehát a másik léginavigációban már igen régóta alkalmazott eszköz – mindenki kórusban vágja rá – a **térkép**. A légiforgalmi térképek speciális fajtáit később tárgyaljuk, most csak annyit, hogy vannak, igen sokfélék és elég speciálisak.

A térkép ugyebár a **Földfelület leképezése síkba**, s rögtön itt felmerül az első kartográfiai probléma, hogy egy gömbfelületet kell síklapon ábrázolnunk. A mindenkit örülten lázban tartó és aludni nem hagyó ellentétet ☺ rögtön fel is oldom, mely

szerint tökéletesen ez kivitelezhetetlen. Kompromisszumokat kell tehát kötnünk, a **térkép torzítani fog**. Ez a leképezés – tehát a térképkészítés maga – torzítás szerint lehet **szögtartó, hossztartó és területtartó**, azaz a térképen vagy a csak a szögeket, vagy a távolságokat, vagy az ábrázolt területek nagyságát tudom pontosan lemérni, általában a 3 közül egy teljesül, két feltétel már csak valamilyen megszorításokkal.

De mit szeretnénk mi pilóták? A navigációban számunkra **legfontosabb tulajdonság a szögtartóság**, tehát, hogy pl. az útvonaltervezés során a térképen megállapított irányszög a valódi legyen. Így elsősorban ilyen térképeket fogunk használni, amik szögtartóak, a hossztartás problémáját pedig úgy oldjuk meg, hogy egy olyan vetítési módot választunk, amely szögtartó és rövid távolságokon hossztartó, s mindemellett nagy felbontású térképet készítünk, mely így egyre inkább pontosabbá válik. A nagytávolságú, transzkontinentális repülés térképein ez természetesen kevésbé megvalósítható, ott a távolságadatokat inkább feltüntetik.

*Megint csak kiegészítésként röviden a **térképvetületekről**, azaz a gömbfelület síkba történő vetítési módjairól. Legkönnyebben úgy tudnánk elképzelni magát a vetítés folyamatát, hogy egy fényforrást képzelünk megadott helyre, vele szemben pedig a majdani térképlapot, amire vetítünk. Aszerint, hogy a fényforrás és a felület hol helyezkedik el, illetve hogy a felület hogyan áll különböztetjük meg a vetítési módokat.*

1. **Azimutális vagy sík vetületek** – a vetítés **síklapra** történik. Ha a síklap a pólusnál érinti a Földet, akkor **poláris**, ha az Egyenlítőnél, akkor **ekvatoriális** síkvetületről beszélünk. A térkép csak azon a ponton lesz torzításmentes, ahol érinti a síklap a földfelszínt, egyébként torzít. A fényforrás elhelyezkedése szerint a síkvetület lehet **gnomonikus**, ilyenkor a fényforrás a Föld középpontjában van, **sztereografikus** esetben a Föld ellentétes oldalán, **ortografikus** esetben pedig végtelen távrolól érkező, párhuzamos fény sugarakkal vetítünk. Ilyen síkvetületek közül a repülésben szinte csak a **poláris gnomonikus** vetületet használják a pólusok környékének ábrázolására. Ez se nem szögtartó, se nem hossztartó, se nem távolságtartó, viszont az ortodróma egyenes rajta és a szélességi körök koncentrikus körök.
2. **Hengervetületek** – vetítés **hengerpalástra** történik. **Normál** vetület, ha a henger hossz tengelye a Föld forgástengelyével megegyezik, **transzverzális**, ha arra merőleges és képezhető **ferde** illetve **metsző** vetület is. Ilyen hengervetület pl. a Mercator, melyen a hosszúsági körök párhuzamosak egymással, s merőlegesek a szélességi körökre, s melyen a loxodróma egyenes. Valamint ilyen a Gauss-Krüger vetület, mely azért speciális, mert a térképet úgy képezték, hogy egyszerre nem az egész Földfelszínt vetítették, hanem a torzítás csökkentése érdekében 6 fokos „szeleteket” vágta a felszínt, s 60 db ilyen 6 fokosként forgatott hengervetületet képezték, melyek csak az Egyenlítőnél illeszthetők össze. Általában a Világatlásokban találunk ilyen vetületeket. Hasonlóan forgatott hengervetület az UTM.
3. **Kúpvetületek** – vetítés **kúpfelületre** történik. Lehet **érintőkúpos**, ilyenkor 1 körív mentén pontos, illetve **metsző- vagy szelőkúpos**, ilyenkor a metsző szélességeken pontos a térkép. A repülési térképek készítésénél szinte leggyakrabban alkalmazott vetítési mód. Ilyen vetítési móddal, a **Lambert-Gauss féle kúpvetülettel** készült pl. a magyar VFR térkép is. Ez szögtartó, a metsző szélességeken hossztartó, s az ortodróma rövid távolságokon egyenes rajta.

A **vetítési mód** minden esetben feltüntetésre kerül a térképeken, valamint ott szerepel a felhasznált adatok érvényessége miatt a készítés dátuma is. A **domborzat ábrázolása** régen szintvonalakkal, ma már döntően színezéssel történik, így látványosabb a térkép. Fontos része még minden térképnek a

méretarány, illetve ennek **grafikus megjelenítése az aránymérték**. A további speciális műszerrepülési térképek jellemzőiről egy másik fejezetben lesz szó.

„Óóó, hát ha van jó kis iránytűm, térképem, akkor nyomás!” – mondja a kezdő szimulátorozó és már húzza is az egeret hajtómű indító kapcsolója felé. Azért várjunk még egy kicsit... Első felmerülő probléma, hogy mindössze egy szál térkép alkalmazása esetén, az útvonalon végig szükségünk van/lehet **földlátásra**, tehát nem csak gyönyörködésre vesszük igénybe az alattunk elterülő tájat, hanem navigációra is.

- Ha az útvonal megtervezésénél és az arra való felkészülésnél pontos tervet készítünk, az útvonalszarak lerepüléséhez szükséges időt, az irányszögeket és minden egyéb fontos információt beszerzünk és azt a számításba bele vesszük, akkor megtehetjük azt, hogy csak néha, pl. fordulópontokban, vagy bizonyos időközönként azonosítjuk a látott terepet a tervünkkel és a térképpel. Ezt a navigációs módszert hívják helyszámító vagy angolul reckoning eljárásnak.
- Ha a repülés végrehajtása során folyamatosan összevetést végzünk (pl. térképen nem szereplő tereptárgy felkeresése miatt), akkor helyfelismerő vagy pilotage eljárással repülünk. A gyakorlatban tisztán ritkán használjuk egyiket vagy másikat, a kettő keveréke a jellemző.

Ilyenkor tehát kijelölt (idő)pontokban vagy folyamatosan a térképpel vetjük össze a valóságot. Vagyis **látvarepülést** hajtunk végre, angolul **VFR-t** (Visual Flight Rules – látvarepülési szabályok) alkalmazunk. Ez szép, de ehhez egyrészt szükségünk van **megfelelő meteorológiai körülményekre** (felhőalap, vízszintes látás), vagyis a meteor fejezetben már megbeszélt **VMC-re** (Visual Meteorological Conditions – látvarepülést biztosító meteorológiai feltételek), és az sem baj, ha **nem túl nagy sem a repülési magasságunk, sem a sebességünk**, mivel nagyon fentről és nagyon gyorsan nagyon pontatlan lesz a helymeghatározásunk. Tehát általában megállapíthatjuk, hogy VFR üzemelés marad a kisebb sebességű és kismagasságú sport- és munkarepüléseknek, általában a GA (General Aviation) kategóriának. Mindehhez még hozzátehetjük azt is, hogy az általunk alkalmazott szimulátor szoftver (MS Flight Simulator) jelenlegi verziója csak **igen korlátozottan alkalmas VFR repülésre**, és ezen tevékenységet a VA-nál főpilótai utasítás korlátozza. ☺

Látjuk tehát, hogy a kereskedelmi repülés „időjárás függetlenségét” és a nagy sebesség/magasság „problémáját” valamilyen módon meg kellett oldani, tehát a helymeghatározás más módját kellett megtalálni. Ez pedig vagy a **rádió-elektronikus léginavigáció**, melyben a helymeghatározást földön telepített, és/vagy a légi jármű fedélzetén elhelyezett berendezés által **kisugárzott elektromágneses hullámok** segítségével végezzük el (NDB, VOR, ILS, MLS, DME), vagy a **műholdas navigáció**, mely során a műholdak által kisugárzott és a fedélzetén vett jelekből végzünk helymeghatározást. Harmadik formája a műszeres navigációnak a **számítógépes navigáció**, mely az INS rendszereket tekintve teljesen autonóm, külön berendezés, független minden mástól és a testek tehetetlenségét kihasználva saját számítási módszert használ, az FMCS rendszereket tekintve pedig elmondható hogy szinte az összes többi módszer (DME, INS, GPS)

adatait felhasználja és eredményeiket integrálva végez helymeghatározást, ezzel igen pontos navigációt lehetővé téve.

Mivel mindhárom módszer gyakorlatilag **időjárás független** (vagy csak igen kis mértékű bennük a légköri zavarás), ezért a világ mai kereskedelmi légiközlekedése ezen módszereket alkalmazza elsődlegesen (és szinte kizárólagosan) navigációra. Mivel ezen navigációs módszernél elsődlegesen a fedélzeti (és földi) **műszerekre, műszerrendszerekre** támaszkodunk, ezért ezt a repülési formát **IFR** (Instrument Flight Rules – Műszerrepülési szabályok) szerint végezzük. Ez azt is jelenti, hogy már nincs szükség repüléshez VMC-re, tehát **nem VMC** időjárási körülmények között is üzemelhetünk. Ez az **IMC** – Instrument Meteorological Conditions (műszerrepülési időjárási körülmények). Ez ma gyakorlatilag megfelelő földi- és fedélzeti berendezések, valamint megfelelő hajózó személyzet alkalmazásával szinte bármi lehet (0 m-es látás, stb), természetesen a gép sárkányszerkezetének törését előidéző hatások, pl. zivatargócok, orkányszerű szél zónák elkerülésével.

Mi itt a Malév VA-nál ezt az üzemelési formát alkalmazzuk, **IFR**-ben repülünk (a felszállás első és a leszállás utolsó fázisainak kivételével), még elsődlegesen akkor is, ha egyébként VMC körülmények vannak a repülőtéren és körzetében. Ilyenkor mondjuk a futópálya észlelése és látása (visual contact) segítség lehet, de **elsődlegesen továbbra is a műszerekre kell** támaszkodni!

A fejezet kulcsszavai és kifejezései

- Térkép fogalma, torzítás szerinti fajtái
- *Térképvetületek*
- VMC, VFR
- Rádió- és elektronikus, műholdas és számítógépes léginavigáció kialakulása, alapvető működési elvük
- IMC, IFR