

RÁDIÓNAVIGÁCIÓS ESZKÖZÖK TELEPÍTÉSE ÉS LÉGI NAVIGÁCIÓS ELJÁRÁSOK TERVEZÉSE HM REPÜLŐTEREKEN

1. SZERKEZETI TERVEZÉS

1.1. Bevezetés

A légi navigációs és felderítő eszközök, illetve kiegészítő berendezéseik elhelyezésére különböző épített szerkezetek szolgálnak. Az ILS berendezés irányszögadójának antennasora (LLZ) 12 egymástól különálló acéllábon áll, a siklópályaadó antennák (GP) és a távolságmérő berendezés (DME) egy 15 m magas, a lokátor pedig egy 20 m magas acél rácsos tartón helyezkedik el. A VOR antenna tartószerkezete is rácsos szerkezet, de kis magassága, és nagy kiterjedése miatt különálló alaptesteken áll. A kiegészítő berendezések konténerekben kerültek elhelyezésre. (A berendezések működésének leírását a későbbi fejezetek tartalmazzák.)

1.2. Talajmechanikai szakvélemény

A statikai tervezés első fontos eleme a tervezési helyszín talaj- és talajvíz-viszonyainak felmérése, majd a felmérések eredményei alapján a tervezett létesítmények megvalósíthatóságára vonatkozó talajmechanikai szakvélemény készítése.

A mintavétel kisátmérőjű (65 mm), 3 ÷ 6 m mélységű talajfúrások segítségével történt az egyes berendezések tervezett telepítési helyén. A fúrások mélységét a tervezett szerkezet határozza meg: a lokátor berendezés nagy tömegű, nagy magasságú tartószerkezete a mélyebb talajrétegekre is ad át terhelést, így ezek vizsgálata is szükséges – a kisebb tömegű konténerek lemezalapjainál azonban kisebb mélységű vizsgálat is elegendő.



1. ábra. Mintavétel Borro típusú talajfúró berendezéssel

A fúrásokból vett talajmintákat szakszerű csomagolás után laborba szállítják, ahol elvégzik a szükséges vizsgálatokat. Megtörténik a talajok azonosítása és osztályozása (szemcsés talajok esetén a szemeloszlás vizsgálata, kötött talajok esetén a konzisztenciahatárok megállapítása útján), és megállapítják a talajok teherbíró képességét.

Meg kell állapítani a talajvíz elhelyezkedését, illetve annak várható változásait, ezért a fúrásokban mérik a fúráskor megütött, illetve a később beállt ún. nyugalmi talajvízszintet. A mértékadó talajvízszint meghatározása szükséges

- statikai szempontból, mert az alapozást ellenőrizni kell a talajvíz felúszató hatására;
- fagyvédelmi szempontból, mert a talajvíz jelenléte a felszínhez közeli talajokban növeli a fagyveszélyt.

A talajvízből is mintát kell venni, és kémiai jellemzőit (kloridion- és szulfáttartalom, pH-érték) laborvizsgálatokkal megállapítani. Erre korrózióvédelmi szempontból van szükség, az agresszív talajvizek ugyanis tönkreteszik az alaptestek építőanyagait. Ilyen esetben a talajmechanikai szakvélemény készítője például speciális, korrózióálló betonreceptúra alkalmazását, illetve a vasalás betontakarásának növelését írhatja elő.

Fontos felhívni a figyelmet arra, hogy az előbbiekből következően már ekkor, a tervezés előkészítésekor ismerni kell – legalább nagy vonalakban – bizonyos létesítési adatokat: az egyes berendezések tömegét, a szükséges tartószerkezet statikai működését, valamint a telepítés tervezett helyét. Az előbbieket a gyártói dokumentációk alapján jól meghatározhatóak, inkább az utóbbi, a tervezett telepítési helyszín az, ami a beruházás folyamata során a legbizonytalanabb. Amennyiben a felmérés alapján a talajok az adott tervezési területen (esetünkben például a repülőtér üzemi területén elszórtan elhelyezkedő mérési helyszínek mindegyikében) homogénnek tekinthetők, a talajadatok extrapolálhatóak olyan, közeli helyszínekre is, ahol nem történt mintavételezés. Amennyiben azonban a talajadatok az egyes területeken nagy mértékben különböznek, vagy a módosított telepítési helyszín nagy távolságra kerül a mintavétel helyszínétől, újabb vizsgálatokat kell végezni.

1.3. Statikai tervezés

A statikai tervezés két fő részfeladata az egyes berendezések elhelyezésére szolgáló tartószerkezetek, valamint az ezek és a talaj teherbíró kapcsolatát biztosító alaptestek megtervezése.

Az ILS és a VOR elemeinek tartószerkezeteit a berendezés gyártója szállítja – ezekhez engedélyezett típustervek tartoznak. A statikai tervezés ebben az esetben tehát a szerkezet alapozásának megtervezéséből áll.



2. ábra. ILS berendezés irányszögadó antennasora vasbeton lemezalapon

A kedvezőtlen talajadottságok miatt az irányszögadó antennasor egyes elemeit nem különálló, hanem mindkét repülőtéren egybefüggő lemezalapra helyezték, így csökkentve a talajra átadódó terhelést. Hasonló lemezalapra kerültek a konténerek. A lemezalapok alatt 25 ÷ 35 cm vastagságban homokos kavics talajcsere készült, majd az ezen kialakított 5 cm vastag szerelőbeton rétegre került maga az alaptest. A siklópályaadó antennaelemek, valamint a távolságmérő berendezés tartószerkezete egy 15 m magas (3 db 5 m magas részből álló), háromszög keresztmetszetű, szögacélokból szerelt

rácsos tartó, amely konzolosan csatlakozik az alaptesthez. Az alaptest mértékadó igénybevétele a szélteher által okozott billentőnyomaték és vízszintes erő, ezért az alapsík 2 m mélységben helyezkedik el. A $4,0 \times 4,0 \times 0,5$ m méretű vasbeton alaptestre 0,5 m vastagságban még leterhelő, vasalatlan rábetonozás készült. A rácsos tartó lekötésére háromszög keresztmetszetű tömb áll ki az alaptestből. A VOR antenna rácsos szerkezete a lábknál sugárirányban elhelyezett $2,5 \text{ m} \times 2,5 \text{ m}$, illetve $2,0 \text{ m} \times 2,0 \text{ m}$ alapterületű, 1 m magas vasbeton alaptestekre került.



3. ábra. Siklópályaszög adó antenna és a hozzá tartozó konténer

A lokátort tartó 20 m magas acélszerkezet alapozását szintén felbillenésre méretezték. Az alapozási sík 1,5 m mélyen helyezkedik el, itt található a $11,0 \text{ m} \times 11,0 \text{ m}$ $0,8 \text{ m}$ méretű, három rétegű vasalással ellátott vasbeton lemezalap. Az alaptestből a torony, valamint a lépcsőt tartó oszlopok lábai alatt 70 cm magas vasbeton oszlopok állnak ki a terepszintig – az ezekben betonozott M42-es csavarokhoz fogatták az acélszerkezet oszlopait. A lemezalapra 45 cm vastagságban tömörített homokos kavics feltöltés, majd $15 \div 20$ cm vastagságú térbeton került.



4. ábra. A lokátorantenna tornyának alaptestje

Az acél rácsos tartó tervezése során a mértékadó terheléseket a meteorológiai terhek (szélteher), valamint a berendezés súlyából és a radarernyő mozgásából adódó terhek (a forgás indításakor és leállításakor kialakuló csavarónyomaték) adták. A lokátor helyes működése érdekében a gyártó előírást adott a szerkezet 20 m-es magasságban adódó maximális szögforgására, valamint a függőleges tengely körüli elcsavarodásra. A torony szerkezete melegen hengerelt szelvényekből készült, gyártási egységenként hegesztőüzemben előregyártva. A helyszínre szállítás után az elemeket szerelőcsavarokkal állították össze, majd méretellenőrzés után a csatlakozó egységeket helyszíni varratokkal összehegesztették. Különleges statikai kialakítást igényelt a 20 m magasságban elhelyezkedő 9,2 m × 9,2 m méretű pódium, az odavezető lépcső, valamint a pódium sarkain elhelyezett villámhárítók.



5. ábra. A lokátorantenna acél szerkezetű tornya és a hozzá tartozó konténer

2. VILLAMOS TERVEZÉS

A munkák fő célja az ILS/DME, DVOR/DME ill. RADAR berendezések energiaellátásának és telemechanikai kapcsolatainak kialakítása a nemzeti és nemzetközi, ill. a repülésügyi és villamos szakági szabványok és előírások figyelembe vételével. Az elektromos munkák keretében villamos kapcsolóépületek és főelosztószekrények átalakítására, új elosztószekrények létesítésére, kábelfektetésekre, földelő- és komplex villámvédelmi rendszerek kialakítására került sor.

A berendezések villamosenergia-rendszereinek táppontja – mindkét repülőtér esetén – a futópálya végeinek közelében elhelyezkedő kapcsolóépületekben lévő 0,4 kV-os névleges feszültségű, többféle szünetmentes áramforrással ellátott főelosztószekrény. Minden főelosztó-berendezés egy hálózati-, egy aggregátor- és egy biztonsági sínrendszerrel (mezővel) rendelkezik. A 10/0,4 kV-os áramszolgáltatatói transzformátorból a villamosenergia – biztonsági okokból 2 db – tápkábelen keresztül érkezik a Hálózati sínre, amelyről kisebb prioritású, szünetmentes ellátást nem igénylő fogyasztók kapják a táplálást. Egy dízelmotoros áramfejlesztő az Aggregátor sínhez van kapcsolva, amely a hálózati táplálás kimaradása esetén automatikus átkapcsolással a Biztonsági sint látja el energiával. A Biztonsági sínről kapják a táplálást a szünetmentes ellátást igénylő fogyasztók, mint például a jelen projekt keretében telepített berendezések. Normál esetben a Biztonsági sín össze van kapcsolva a Hálózati sinned, tehát az áramszolgáltatatói transzformátor által biztosított hálózatról üzemel. Áramkimaradás esetén a sínhez kapcsolt elektronikus szünetmentes áramforrások azonnal, az aggregátor legfeljebb 15 másodperc múlva biztosítanak elegendő energiát a fogyasztók biztonságos ellátására.

A Biztonsági sínrendszerek általában nem rendelkeztek elegendő számú tartalék leágazással, és a sínrendszereknek helyet adó elosztószekrények telítettsége miatt új készülékek elhelyezésére (leágazások kialakítására) sem volt lehetőség, ezért az elosztóban lévő egyetlen szabad, vagy átalakítással szabaddá tett biztonsági leágazásról táplált új biztonsági elosztó létesítése vált

szükségessé. Az épületben az egyetlen lehetséges – de szintén szűk – helyre újonnan telepített elosztó már éppen elegendő helyet biztosított a kialakítandó leágazások készülékeinek és kábeleinek.



6. ábra. Főelosztószekrény – Biztonsági mező

A kapcsolóépületektől a villamosenergiát erősáramú kábelek szállítják az egyes berendezések vezérlőrendszereit magukba foglaló konténerekig. Több esetben a kapcsolóépületek és a letelepített konténerek nagy távolságából (akár 1100m), ill. a berendezések és a kiszolgáló rendszerek (hűtés, fűtés) viszonylag nagy áramfelvételéből (akár 3x45A) adódó feszültségesés szabványos értékek alatt tartása miatt, a kivitelezés során nehezen kezelhető, 65mm külső átmérőjű 4x240/50mm² vezetőkeresztmetszetű kábelek fektetésére került sor. További nehezéget okozott, hogy sem a kapcsolóépületben létesített, sem a konténerben lévő elosztószekrény nem alkalmas ekkora méretű kábelek befogadására, ezért ezen kábelek mindkét végén külön csatlakozószekrények létrehozására volt szükség. Természetesen kisebb teljesítményű berendezések és kisebb távolságok esetén, gazdaságossági okokból nem indokolt ekkora kábelek fektetése.

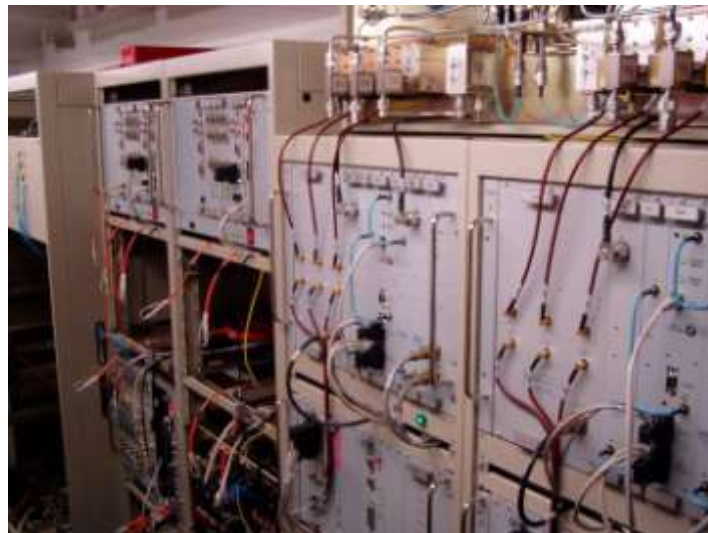


7. ábra. 4x240/50mm² vezetőkeresztmetszetű, 1100 m hosszú Al tápkábel

A berendezések vezérlőjeleinek, különböző állapotjelzéseinek és szolgáltatott adatainak továbbítására gyengeáramú kábelek fektetésére is szükség volt. Ezen kábelek az Irányítótorony és az egyes berendezések között teremtenek kapcsolatot. A lokátor esetében, biztonsági okokból, két, egymástól és az erősáramú kábeltől független nyomvonalon haladó optikai kábel fektetése is szükségessé vált.

A kábelyomvonalak tervezését és a kivitelezést nehezítette, hogy a repülőterek föld alatti közműhálózatáról nincs a valóságot teljes mértékben tükröző dokumentáció. Emiatt több kilométer, 40-60cm széles, 80cm mély kábelárkot csak kézi erővel lehetett kiásni.

A konténerekben belül egy villamos elosztószekrény, a berendezés(ek) vezérlőszekrénye(i), klímakészülékek, fűtőtestek, világítótestek és az automata tűzoltórendszer készülékei, míg a konténeren kívül a külső világítás, az akadályvilágítás és a rendszer további elemei kapnak helyet. Az egyes konténerek teljesítményigénye kb. 8kW, radarok esetén 30kW. A rendszervezérlő szekrények (a már említett biztonsági sínes táplálás mellett) önálló elektronikus szünetmentes áramforrással rendelkeznek, tápegységeik igen nagy bemeneti feszültség ingadozása esetén is üzemképesek. Gyári mérések során tapasztaltuk, hogy a 230V névleges feszültségű tápegység 95V és 265V bemenő feszültségtartományban ugyanakkora nagyságú kimenő feszültséget állít elő. Biztonsági okokból minden konténerben minden vezérlőrendszer duplikált, egy rendszer meghibásodása nem jelenti a berendezés működésképtelenségét.



8. ábra. Konténer duplikált vezérlőrendszerei (részlet)

A konténereket és a kültérre telepített antennarendszereket antennakábelek, radar esetében mikrohullámú jelek átvitelére alkalmas csőtápvonal köti össze. Ezek az átviteli csatornák vagy közvetlenül földbe fektetve, vagy védőcsöves alépítménybe húzva, vagy szabadtéri tartószerkezetekhez rögzítve helyezkednek el. A berendezések rendelkeznek monitorantennákkal, amelyek folyamatosan figyelik az adóantennák jeleit, és rendellenesség esetén jelzést adnak az Irányítótorony személyzetének.

A konténerek és a berendezések megfelelő villám- és érintésvédelmi földeléseinek kialakításához berendezésenként akár száz méter horganyzott acél földelőszalagra, feleannyi köracél földelővezetőre ill. számos rúd földelőre volt szükség. A berendezések gyártói által elő nem írt, de ajánlott külső villámvédelmi rendszer tervezése során törekedni kellett az sérülékeny és nagyon drága elektronikai rendszerek minél magasabb fokú védelmére, figyelembe véve ezen érzékeny berendezések zavarásának elkerülését. A külső villámvédelem ellenére a konténerbe jutó túlfeszültségek elleni többfokozatú védelmekről részben a berendezések, részben a konténer gyártói gondoskodtak.



9. ábra. DVOR/DME berendezés, villámvédelmi felfogókkal



10. ábra. Lokátor, villámvédelmi felfogókkal

1. LÉGI NAVIGÁCIÓS ELJÁRÁSOK

A letelepített földi navigációs berendezések használatához ki kell dolgozni a megfelelő légi navigációs eljárásokat. A rádió navigációs berendezések telepítése és a légi navigációs eljárások létesítése együtt érik el a *stratégiai* célokat, melyek elsősorban:

- a repülőtér használhatóságának időbeni kiterjesztése,
- a repülőtér szolgáltatási színvonalának emelése / fogadható légitársaság bővítése,
- közvetett módon pedig:
- a repülőtéri forgalmi áramlások szabályozása
- a repülésbiztonság növelése.

Stratégiai szinten maradván a repülőtér létesítésénél, vagy fejlesztésénél a navigációs eljárások lehetőségeinek vizsgálata keretében kell elvégezni a repülőtéri forgalom behelyezését a repülőtér környezetébe. Ezen keresztül jutunk el a légi navigációs eljárások „taktikai”, repülésüzemi céljaihoz, melyek:

- Elsősorban és szigorúan véve: az eljárások elhelyezése a repülőtér akadálykörnyezetében. Konkrét cél, hogy az eljárás végrehajtása alatt fellépő kockázati szintet egy előre meghatározott érték alatt tartsuk. Ez alapvetően az akadályoktól való (mind függőleges, mind vízszintes) biztonságos távolság betartásával érhető el, mely a

műszeres repülés minden szegmensében meghatározott, vagy meghatározható értékeket jelent.

- Másodsorban a repülőtér helyi műszeres forgalmának a környező repülési műveletektől (és lehetőség szerint egymástól – induló/érkező) való elkülönítését kell figyelembe venni, a helyi műszeres eljárások számára védendő légteret kell kialakítani, de mindemellett biztosítani kell a repülőtér kapcsolatát a környező útvonalrendszerrel is.

Az alábbi nemzetközi szintű dokumentumok ismertek (több nemzeti dokumentum mellett), melyek szabályozni próbálják a légi navigációs eljárások kialakítását:

- ICAO¹ PANS-OPS² (Doc. 8168) Vol. II.: Construction of visual and instrument flight procedures
- NATO (STANAG) Doc. APATC-1(A)

Az ICAO dokumentum nem kötelező érvényű szabvány, csak ajánlott gyakorlat, tehát a tőle való eltérések publikálása sem kötelező, hanem ajánlott a szerződő Állam részére. A néhány nemzeti szabvány megszületését épp a nemzetközi szabványok státusza indukálta, mindazonáltal, hogy az ICAO dokumentum bár általánosan lefedi a tervezés összes jellemzőjét és paramétereit, mégis a növekvő légiforgalom és az ennek hatására „szűkülő légterek” problematikájára adja a legfelületesebb megoldásokat. Ennek az oka, hogy a dokumentum elsősorban az akadályviszonyok szerinti biztonságos, „szabványos” eljárások kialakítása érdekében született. Az utóbbi években kezdődött el a dokumentum kiegészítése az új navigációs technológiák és a fenti forgalmi problémák figyelembe vételével.

A légi navigációs eljárások iránti *igény* összetettsége:

- Milyen jellegű, összetételű (homogén, inhomogén) és volumenű forgalom kiszolgálása a cél?
- Milyen fedélzeti felszereltséggel rendelkező légi járművek kiszolgálása a cél?
- Milyen sebességi kategóriájú (mint az eljárásokat befolyásoló legalapvetőbb változó) légi járművek kiszolgálása a cél?
- Milyen légtér és légiforgalmi szolgálat áll majd a felhasználók rendelkezésére?

Fontos kiemelni, hogy az eddig tárgyalt szempontok mindegyikének függvénye:

- a létesítendő vagy fejlesztendő repülőtér navigációs- és vizuális segédeszközökkel történő felszerelése,
- illetve a helyi forgalom védelmére kijelölendő légtér is.

Így az ezekről szóló döntés **szakmai** előkészítésének **alapvető** összetevője a navigációs eljárások lehetőségeinek **előzetes** vizsgálata.

A hazai szabályozási környezet és beruházás-előkészítési szabályok és szokások mellett ez az utóbbi évtized fejlesztései esetében szinte egyáltalán nem valósult meg. Tény, hogy a fejlesztések mind katonai, mind civil oldalról robbanásszerűen valósultak meg, és a stratégiai szinten eldöntendő kérdéseket –megfelelő szabályozás hiányában– operatív szinten kellett kezelni, és sajnos a MH repülőterek navigációs fejlesztése is ezen az oldalon hozható fel példának. Ki kell emelni azonban, hogy tapasztalataink szerint a beruházások és a légiközlekedési fejlesztések megfelelő szabályozásának a hiánya ebben alapvető szerepet játszik.

A MH kezelésében lévő repülőterek légi navigációs eljárásainak kidolgozása esetében *folyamatban lévő megbízásról* van szó, így közbenső állapotok és részeredmények bemutatására van lehetőség.

A műszeres repülési szegmensek védelme különböző jellemzőkkel rendelkező ferde és vízszintes akadályfelületekkel történik (OPS felületek), melyek, nem tévesztendőek össze az ICAO Annex 14. által definiált repülőtéri akadályfelületekkel. A tervezési kód az alábbi jellemzőkre ír elő számszerű, vagy számítható követelményeket:

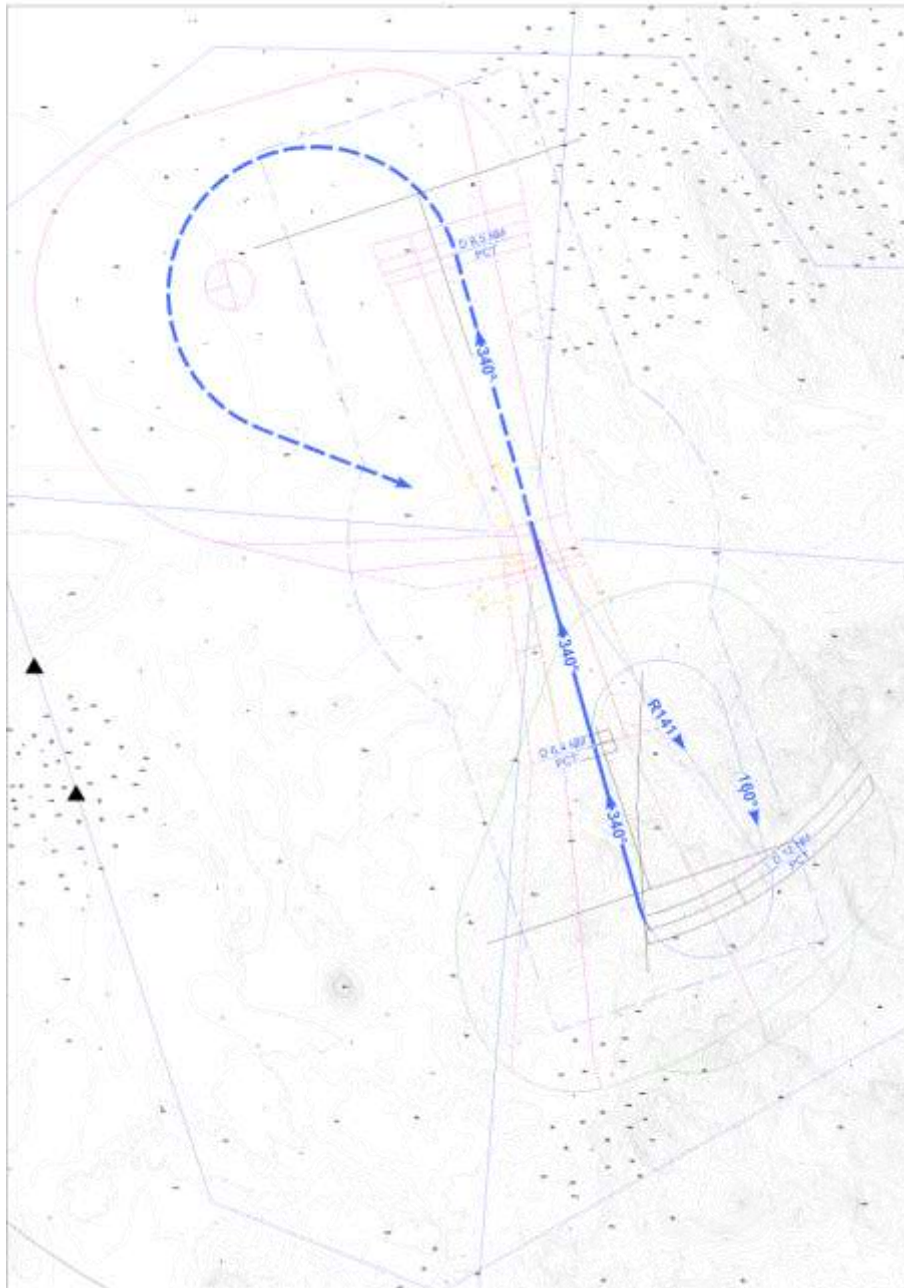
- az adott szegmens hossza,
- az adott szegmens szélességi kiterjedése,
- az adott szegmens emelkedési / süllyedési gradiense
- az akadályfelületek esésviszonyai,

¹ ICAO: International Civil Aviation Organization

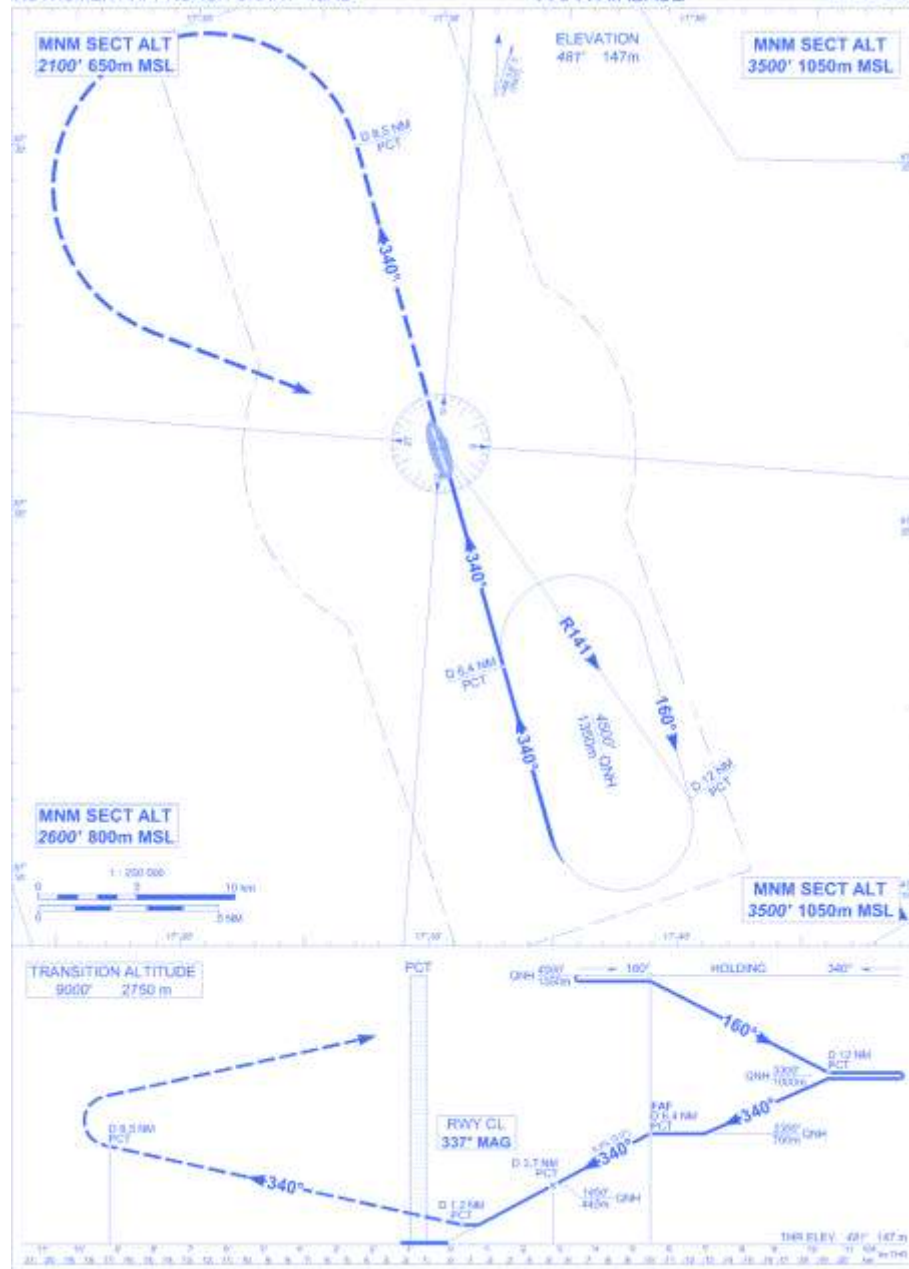
² PANS-OPS: Procedures for Air Navigation Services – Aircraft Operations

melyeket az alábbi, meghatározott adatok felhasználásával lehet kalkulálni:

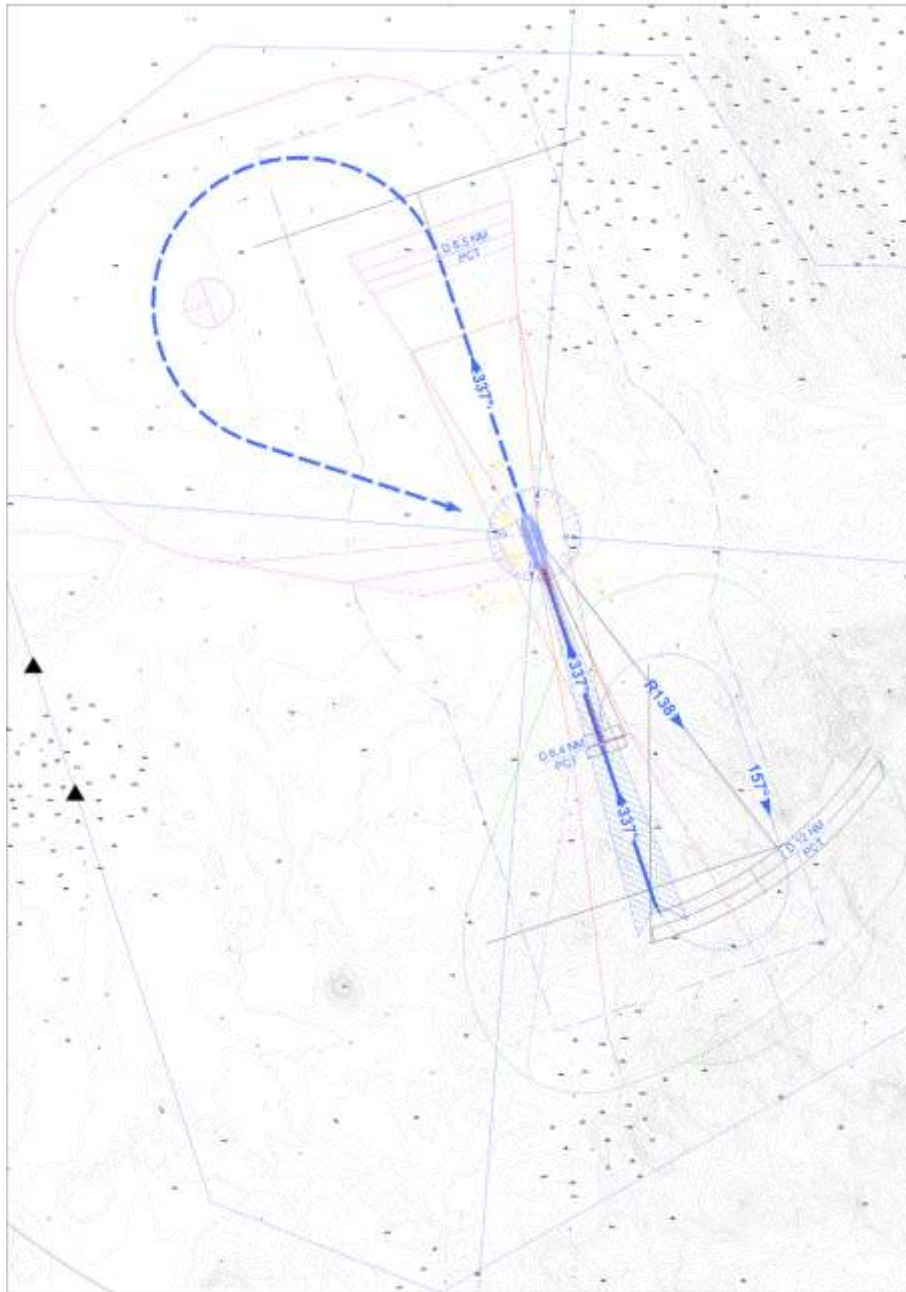
- földi navigációs berendezések pontossága, vagy területi navigációs pontosság,
- fedélzeti navigációs berendezés pontossága,
- repüléstechnikai / időzítési pontosság,
- műszer szerinti sebesség → valós sebesség,
- bedöntés,
- az adott repülési szegmens magassága,
- hőmérséklet,
- szél.



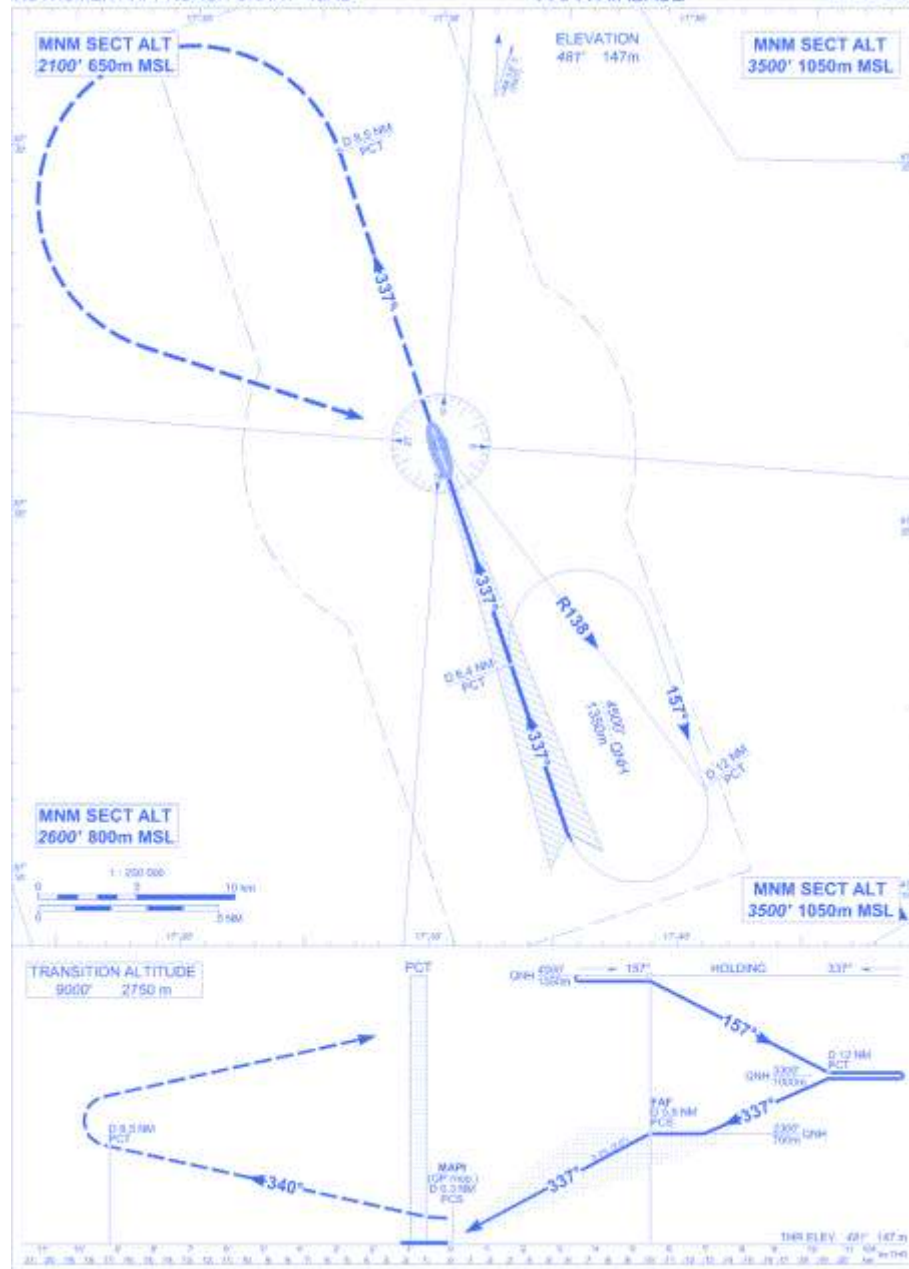
1. ábra. Pápa VOR 34 területek



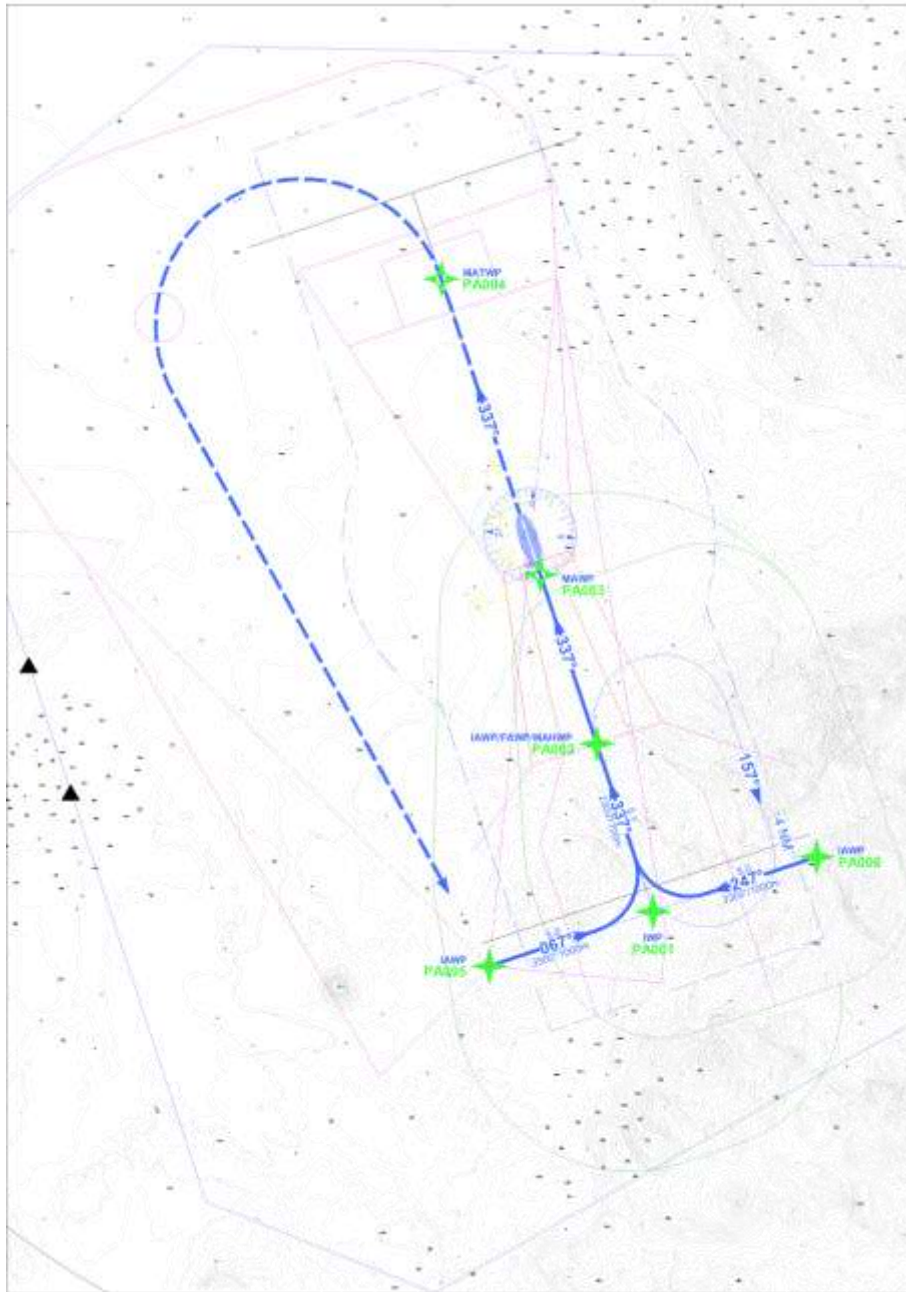
2. ábra. Pápa VOR 34 térkép



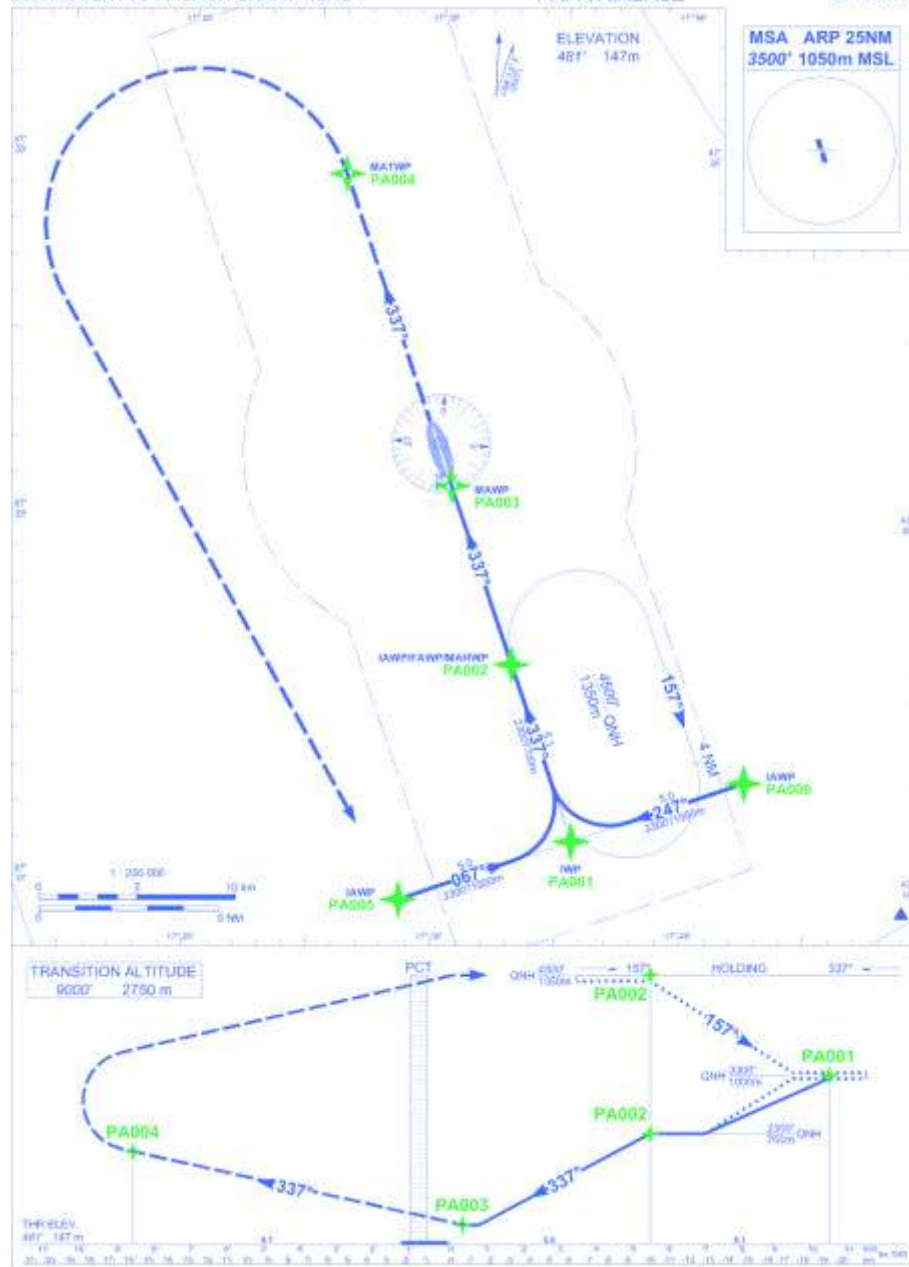
3. ábra. Pápa ILS 34 területek



4. ábra. Pápa VOR 34 térkép



5. ábra. Pápa RNAV_(GNSS) 34 területek



6. ábra. Pápa RNAV_(GNSS) 34 térkép