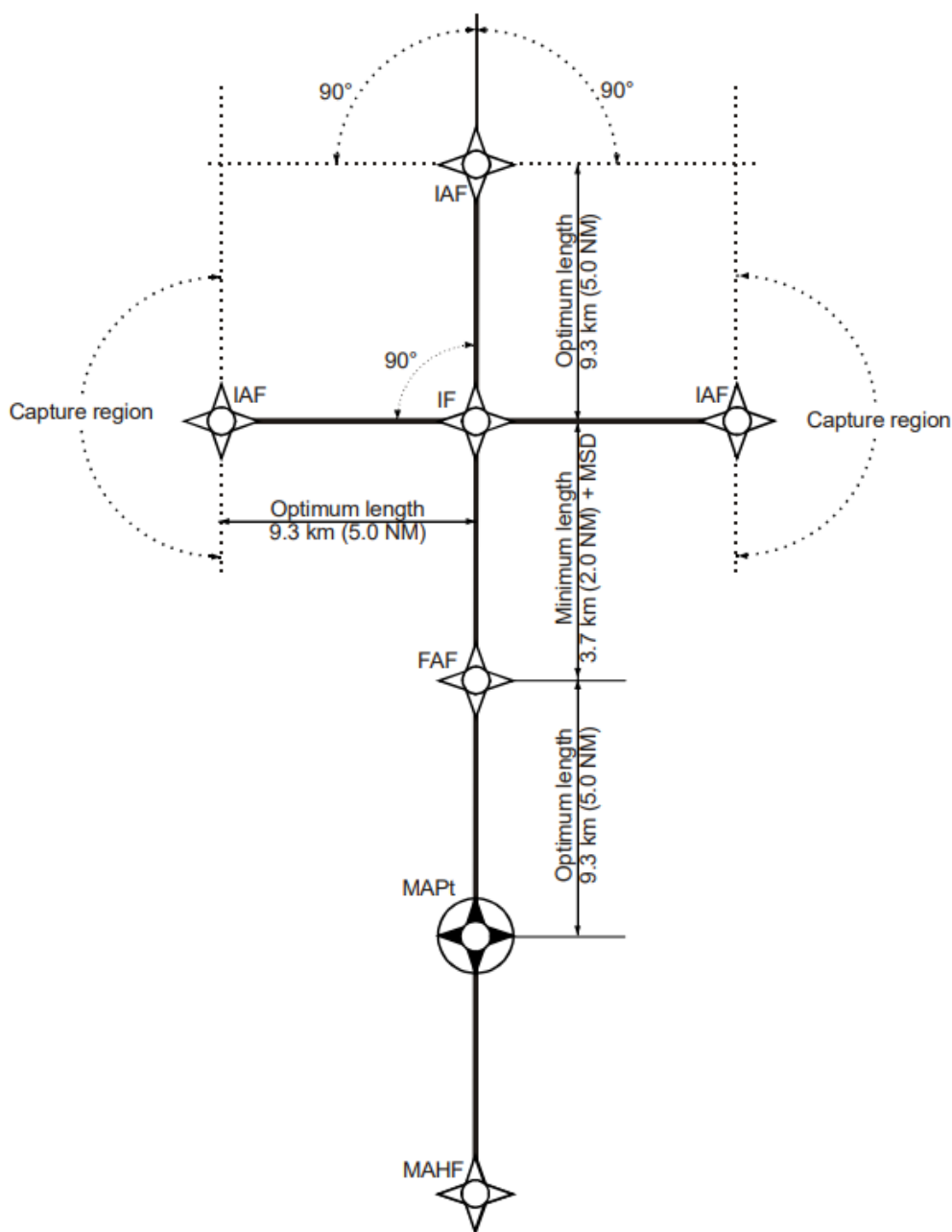


Návrh konštrukcie priblíženia na letisko Svidník

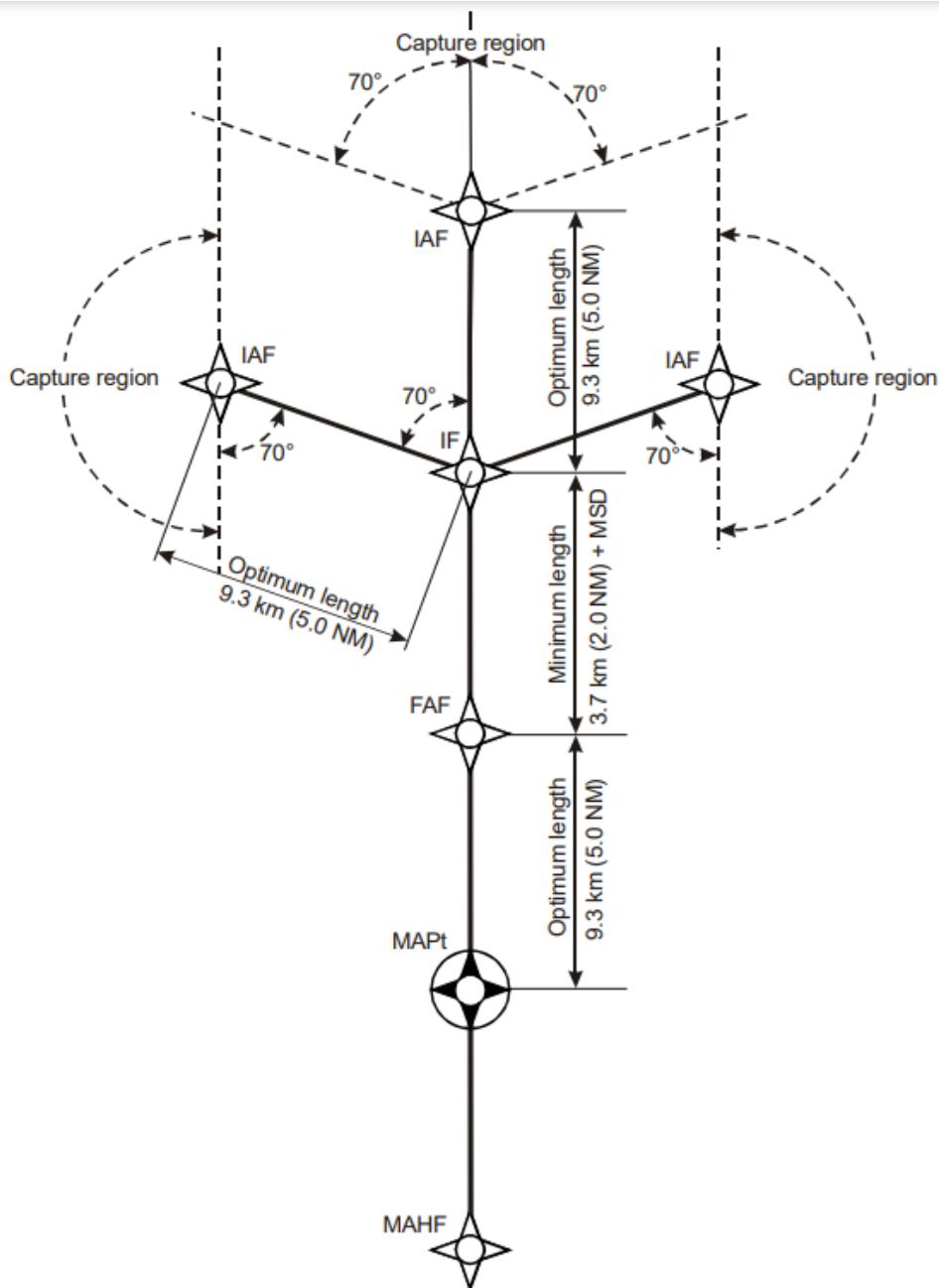
Návrh priblíženia na pristátie na letisko Svidník bude konštruovaný na základe predpísaných pravidiel a postupov, uverejnených v dokumente ICAO Doc. 8168. Pri konštrukcii sa rovnako bude vychádzať z charakteristických vlastností letiska, jeho okolia, terénu, blízkych letových tratí a priestorov, obsiahnutých v predchádzajúcej kapitole.

Typ konštrukcie RNAV priblíženia

Pre typ nie-presného priblíženia, ktorý je použitý pre priblíženie na pristátie na letisko Svidník, sú vhodné dva typy konštrukcii, konštrukcia v tvare T a v tvare Y.



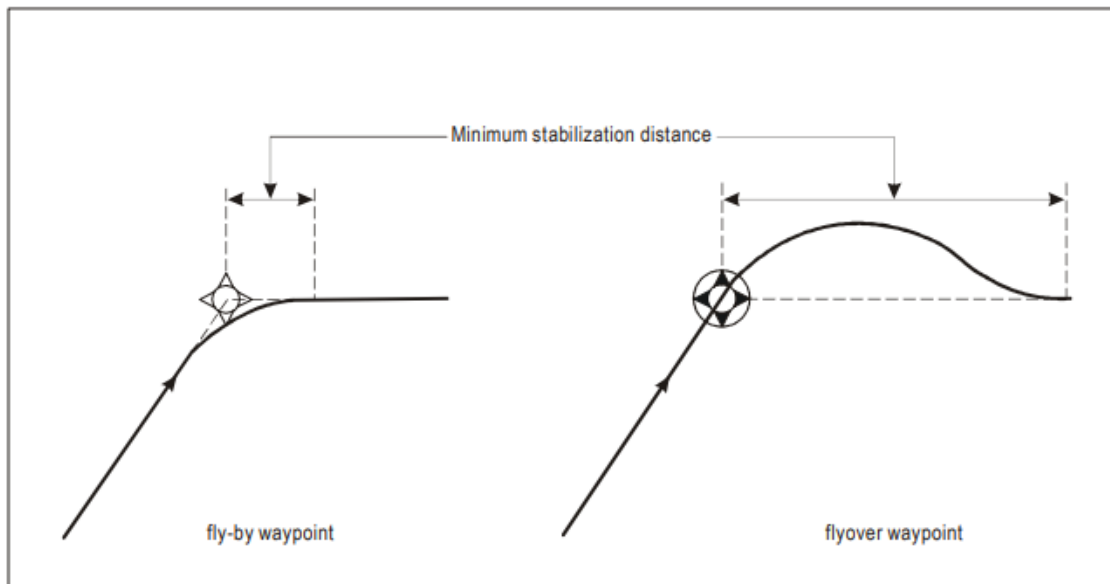
Obr. 1 Konštrukcia priblíženia v tvare T



Obr. 2 Konštrukcia priblíženia v tvare Y

Použitie jedného z týchto dvoch typov je podmienené smerom úseku konečného priblíženia. Pre možnosť využitia týchto typov musí byť trať rovnobežná vzhľadom na pozdĺžnu os VPD, s maximálnou toleranciou vybočenia 5° . Pre konštrukciu v tvare T je charakteristickým znakom uhol medzi bodom IF a bočnými bodmi IAF 90° , pričom pre konštrukciu v tvare Y je táto hodnota 70° . Pre tvar Y je tak prechod medzi úsekom počiatočného a stredného priblíženia o niečo plynulejší, avšak v prípade priletu do bodu IAF z opačného smeru vzhľadom na smer priblíženia, môže nastať zmena kurzu až do 110° . Takýto manéver si vyžaduje viac času a tiež dlhší úsek na ustálenie na trati. Hodnoty týchto parametrov výrazne ovplyvňuje nie len vzájomný uhol daných bodov, ale aj ich typ.

Tieto body, v kontexte rádionavigačných zariadení nazývane „fixy“, majú v terminológii konštrukcie priblíženia názov „waypoint“ (ďalej len „WP“). Rozlišujeme dva základné typy, WP typu fly-over a WP typu fly-by.



Obr. 3 Rozdiel medzi typom fly-by a typom fly-over

WP typu fly-over predstavuje bod, v ktorom sa zatáčka začína. To znamená, že lietadlo začne manéver zatáčania až po minúti tohto WP. Lietadlá, ktoré dosahujú pri priblížení v tomto úseku len nízke rýchlosti, dokončia tento manéver relatívne blízko daného WP a ustália sa na trati nasledujúceho úseku pomerne rýchlo. Pre lietadlá vyšších rýchlostných kategórií však trvá manéver podstatne dlhšie a zarovnanie na trati je vo väčšej vzdialenosti. V prípade typu fly-by sa vyžaduje predikcia zatáčky, pretože manéver začína ešte pred dosiahnutím daného WP. Využitie tohto typu WP umožňuje výrazné skrátenie dĺžky stabilizácie na trati a tiež čas, potrebný na vykonanie manévru. Pri určovaní vzdialenosti bodov teda okrem iných faktorov treba prihliadať aj na minimálnu vzdialenosť pre stabilizáciu na trati.[40]

Tabuľka 1 Rýchlostné kategórie lietadiel

| Kategória lietadla | Rozsah rýchlostí nad prahom dráhy (kt) | Rozsah rýchlostí v úseku počiatočného priblíženia (kt) |
|--------------------|--|--|
| A | do 91 | 90/150 |
| B | 91/180 | 120/180 |
| C | 121/165 | 160/240 |
| D | 141/165 | 185/250 |
| E | 166/210 | 185/250 |

Tabuľka 2 Minimálne vzdialenosti potrebné na stabilizáciu pre kategóriu C s uhlom náklonu 15°

| Hodnota zmeny kurzu | Potrebná vzdialenosť pre fly-by (NM) | Potrebná vzdialenosť pre fly-over (NM) |
|---------------------|--------------------------------------|--|
| 70° | 2,5 | 8,9 |
| 90° | 3,5 | 10,9 |
| 110° | 4,8 | 12,6 |

Z uvedených tabuliek jasne vyplýva rozdiel medzi danými typmi WP v potrebnej dĺžke dráhy na stabilizáciu pre kategóriu C. Rozdiel vo vzdialenosti je približne trojnásobný a tento vzťah je v závislosti od rýchlosti nemenný. Najvýhodnejšie je teda využitie WP typu fly-by a konštrukciu priblíženia v tvare T vzhľadom na bod PODAN, z ktorého bude vedená príletová trať k západnému bodu IAF. V oblasti priblíženia sa nenachádza žiadna letová trať, z ktorej by bolo výhodné viesť príletovú trať k východnému IAF, preto bude tento bod využitý pre úsek nevydareného priblíženia.

Ochranný priestor

Parametre ochranného priestoru v okolí trate priblíženia definujú predovšetkým predpísané tolerancie a takzvaná „buffer zone“ (nárazníková zóna). Tieto zóny predstavujú prídavnú hodnotu k šírke ochranného priestoru pre prípadné neočakávané udalosti, chyby alebo nepresnosti. Každá fáza letu má priradenú svoju hodnotu – „buffer value“ (ďalej len „BV“).

Celkovú šírku ochranného priestoru vyjadríme vzťahom:

$$A/W = 1,5 * XTT + BV$$

kde:

A/W je celková šírka ochranného priestoru

XTT je hodnota tolerancie naprieč traťou

Šírka primárneho priestoru je potom definovaná ako:

$$\frac{1}{2} * A/W = 1,5 * XTT + BV$$

Tabuľka 3 Hodnoty nárazníkovej zóny pre jednotlivé fázy letu

| Fáza letu | Hodnota BV pre kategórie A až E |
|--|---------------------------------|
| Let na trati, SID a STAR (vzdialené viac ako 30 NM od letiska) | 2,0 NM |
| Terminal - STAR, počiatkové a stredné priblíženie (do 30 NM od letiska) a SID, nevydarené priblíženie (do 30 NM a viac ako 15 NM od letiska) | 1,0 NM |
| Konečné priblíženie | 0,5 NM |
| Nevydarené priblíženie a SID (do 15 NM od letiska) | 0,5 NM |

Tabuľka 4 Hodnoty XTT a ½ A/W pre kategórie A až E

| IF/IAF/missed approach (<30 NM ARP) | | FAF | | MAPt | | Missed approach (<15 NM ARP) | |
|-------------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|------------------------------|---------|
| XTT | ½ A/W | XTT | ½ A/W | XTT | ½ A/W | XTT | ½ A/W |
| 1,00 NM | 2,50 NM | 0,30 NM | 1,45 NM | 0,30 NM | 0,95 NM | 1,00 NM | 2,00 NM |

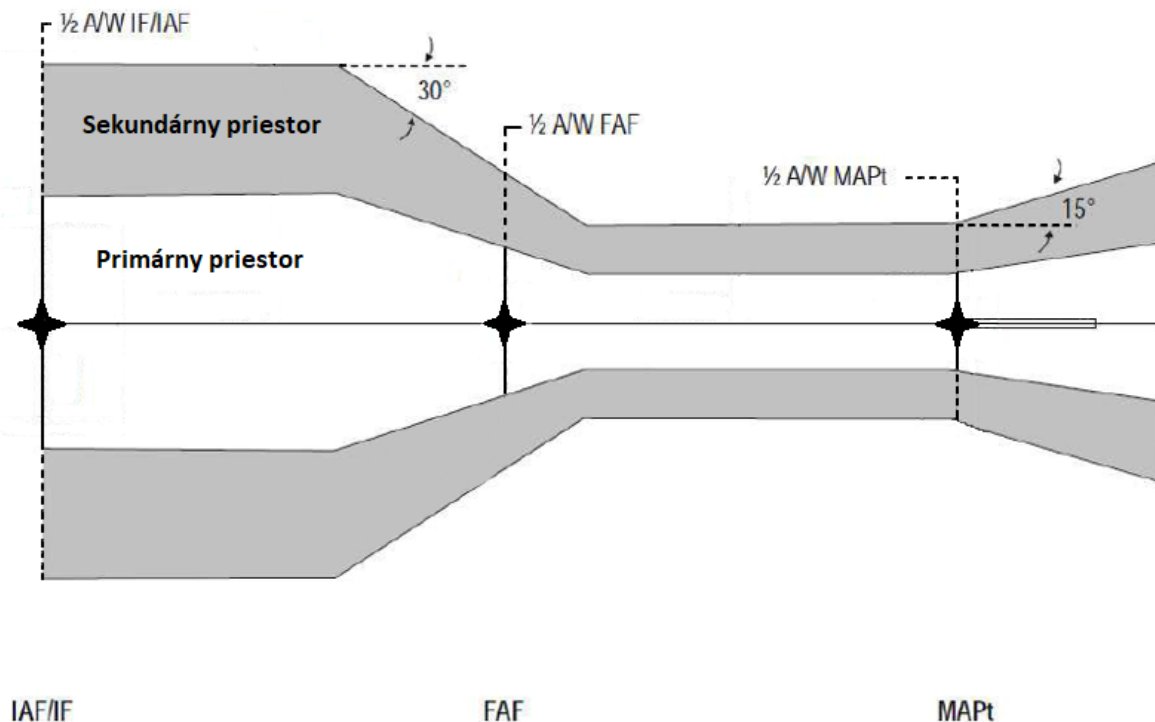
Po dosadení hodnôt z uvedených tabuliek môžeme vyjadriť parametre primárneho ochranného priestoru v jednotlivých segmentov:

pre segment počiatkového a stredného priblíženia $\frac{1}{2} * A/W = 1,5 * XTT_{IF} + BV_{terminal}$,

pre šírku primárneho priestoru v bode FAF $\frac{1}{2} * A/W = 1,5 * XTT_{FAF} + BV_{terminal}$,

pre segment konečného priblíženia $\frac{1}{2} * A/W = 1,5 * XTT_{MAPt} + BV_{konečného\ priblíženia}$,

pre segment nevydareného priblíženia $\frac{1}{2} * A/W = 1,5 * XTT_{MAPt} + BV_{nevydareného\ priblíženia}$.



Obr. 4 Šírka ochranných priestorov v jednotlivých segmentoch priblíženia

V segmente počiatocného a stredného priblíženia je stanovená šírka primárneho ochranného priestoru 2,50 NM, s príslušným sekundárnym priestorom so šírkou 1,25 NM na oboch stranách primárneho priestoru. Vo vzdialenosti 1,26 NM od bodu FAF sa priestor začína zužovať pod uhlom 30° vzhľadom na pozdĺžnu os VPD a v bode FAF dosiahne primárny priestor šírku 1,45 NM. Priestor sa naďalej zužuje až na hodnotu 0,95 NM prislúchajúcu úseku konečného priblíženia, ktorú dosiahne vo vzdialenosti 0,43 NM za bodom FAF. Za bodom MAPt sa primárny priestor znova rozširuje pod uhlom 15° pre úsek nevydareného priblíženia, ktorého predpísaná šírka 2,0 NM je dosiahnutá vo vzdialenosti 3,92 NM za bodom MAPt.

Určenie bodov jednotlivých segmentov

Prvým definovaným bodom priblíženia na dráhu 19 bude bod MAPt. Jeho presnú zemepisnú polohu definuje priesečník prahu dráhy a pozdĺžna os dráhy. Bod MAPt má vo formáte pre systém GPS zemepisné súradnice:

N 49 20.260

E 21 34.258

Ďalším definovaným bodom je bod FAF, vzdialený 5,77 NM od bodu MAPt. Jeho poloha bude určená vzhľadom na stanovený bod MAPt. Pre výpočet jeho súradníc je potrebné najskôr previesť súradnice bodu MAPt z formátu „DD MM.mmm“ do číselného formátu „DD,dddddd°“, teda na 49,3376697° pre zemepisnú šírku a 21,5709654° pre zemepisnú dĺžku. Tento formát zápisu súradníc umožňuje premenu stupňov na radiány, pomocou vzťahu:

$$\alpha(rad) = \alpha(^{\circ}) * \pi/180$$

Táto hodnota je následne dosadená do vzťahov:

- Pre vyjadrenie zemepisnej šírky

$$Lat_{FAF} = \sin^{-1}[\sin(Lat_{MAPt}) * \cos\left(\frac{d}{r}\right) + \cos(Lat_{MAPt}) * \sin\left(\frac{d}{r}\right) * \cos(\theta)]$$

- Pre vyjadrenie zemepisnej dĺžky

$$Lon_{FAF} = Lon_{MAPt} + \tan^{-1} \left[\begin{array}{l} \sin(\theta) * \sin\left(\frac{d}{r}\right) * \cos(Lat_{MAPt}); \\ \cos\left(\frac{d}{r}\right) - \sin(Lat_{MAPt}) * \sin(Lat_{MAPt}) \end{array} \right]$$

kde:

Lat, Lon - vyjadrujú skratku z anglického Latitude a Longitude, názov pre zemepisnú šírku a dĺžku

d - predstavuje vzájomnú vzdialenosť daných bodov

r - je polomer Zeme

θ - je zemepisný smerník, kurz dráhy spájajúcej jednotlivé body

Po výpočte je nutné opäť previesť radiány na stupne pomocou vzťahu:

$$\alpha(^{\circ}) = \alpha(rad) * 180/\pi$$

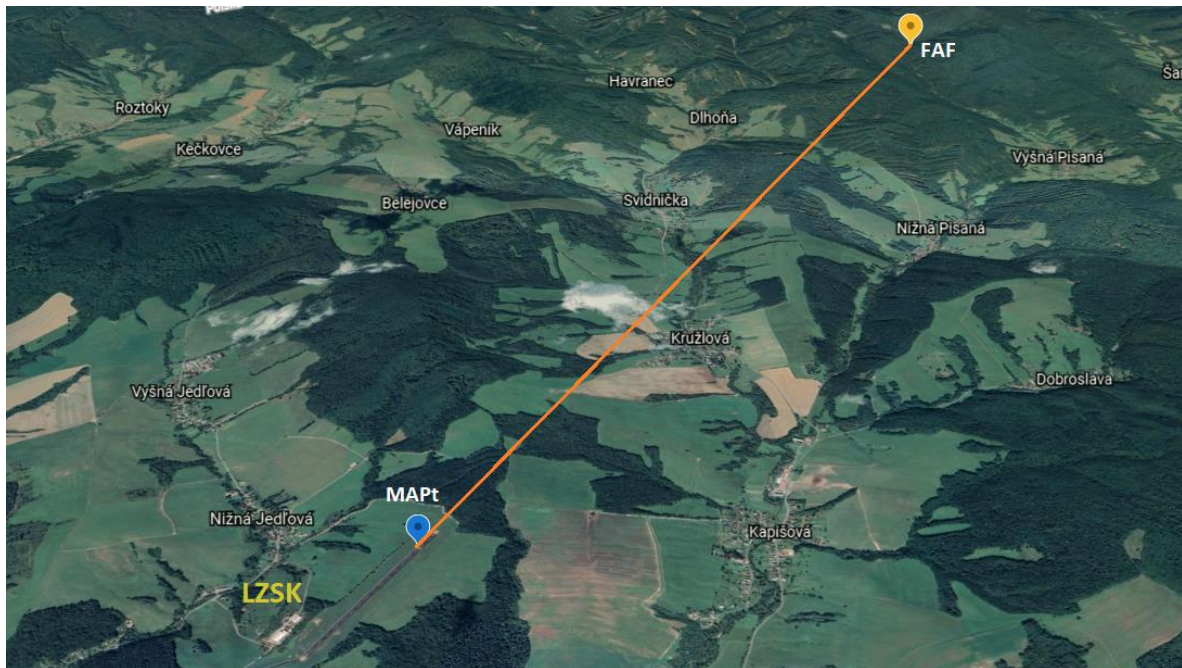
Premena výsledných hodnôt pre zemepisnú šírku a dĺžku na stupne a následná úprava formátu zápisu, vyjadruje zemepisné súradnice bodu FAF, ktoré sú:

N 49 25.560

E 21 35.470

Zemepisný kurz zostupovej dráhy je 010°/190°, čo predstavuje magnetický kurz 004°/184°, vzhľadom na hodnotu magnetickej deklinácie pre lokalitu letiska Svidník, ktorá je v apríli v roku 2021 +6° 4'. Každý

vytvorený bod musí mať priradený päťmiestny názov, pre jeho identifikáciu pri komunikácií. Bodu FAF bol určený názov VYSNA, pre jeho polohu v okolí obce Vyšná Pisaná.



Obr. 5 Zobrazenie polohy bodov MAPt a FAF prostredníctvom Google Earth

Ďalším bodom je IF, predstavujúci vstup do segmentu stredného priblíženia. Vzďialenosť od bodu FAF bola stanovená na 5 NM, s ohľadom na kritéria pre dĺžku úseku a minimálnu vzdialenosť potrebnú na stabilizáciu. Jeho pozícia je odvodená vzhľadom na zemepisné súradnice bodu FAF pomocou vzťahov:

- Pre vyjadrenie zemepisnej šírky

$$Lat_{IF} = \sin^{-1} \left[\sin(Lat_{FAF}) * \cos\left(\frac{d}{r}\right) + \cos(Lat_{FAF}) * \sin\left(\frac{d}{r}\right) * \cos(\theta) \right]$$

- Pre vyjadrenie zemepisnej dĺžky

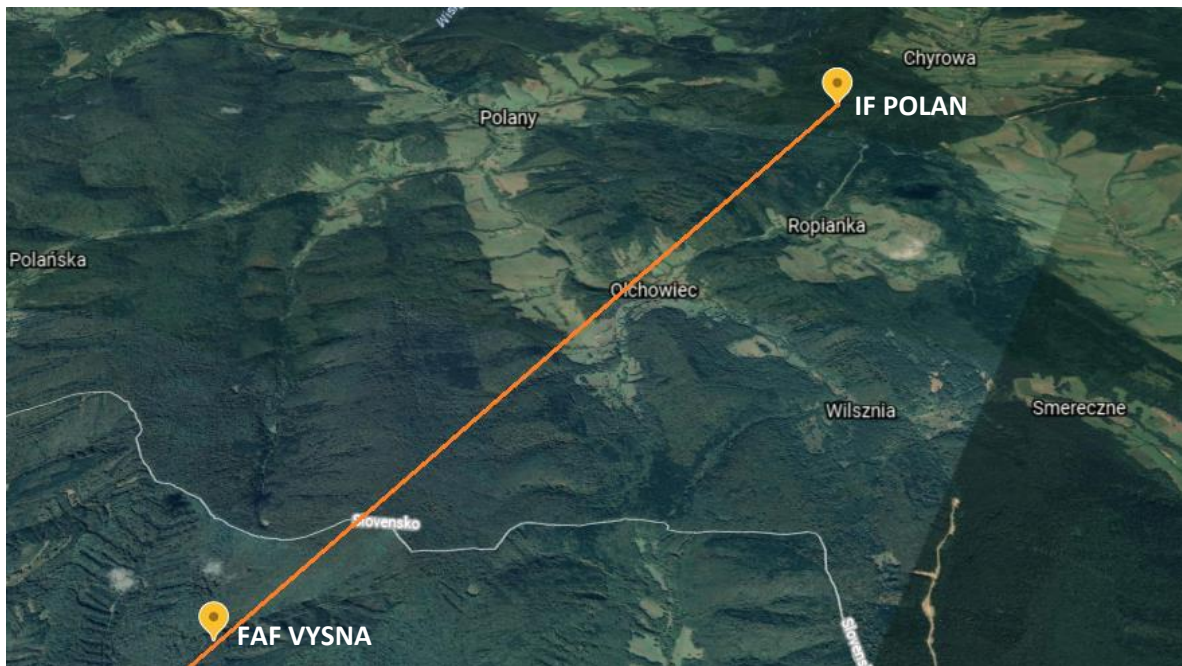
$$Lon_{IF} = Lon_{FAF} + \tan 2^{-1} \left[\begin{array}{l} \sin(\theta) * \sin\left(\frac{d}{r}\right) * \cos(Lat_{FAF}); \\ \cos\left(\frac{d}{r}\right) - \sin(Lat_{FAF}) * \sin(Lat_{FAF}) \end{array} \right]$$

Znova je pred výpočtom nutná premena stupňov na radiány a po výpočte späť na stupne. Po premene jednotiek a úprave formátu boli určené súradnice bodu IF:

N 49 30.280

E 21 36.480

Vzhľadom na jeho umiestnenie v blízkosti obce Polany, bol bodu IF priradený názov POLAN.



Obr. 1 Zobrazenie polohy bodu IF vzhľadom na bod FAF prostredníctvom Google Earth

Poloha zvyšných troch bodov IAF bude určená podobným spôsobom, nakoľko vzdialenosť 5 NM od bodu IF je pre oba body rovnaká. Rozdielna však bude hodnota θ , určujúca kurz dráhy. Zemepisný smerník pre severný bod IAF ostáva totožný s kurzom VPD a teda aj s doteraz skonštruovaným úsekom MAPt – IF ($010^\circ/190^\circ$). Avšak vzhľadom na zvolený tvar konštrukcie T, predstavuje vzájomný uhol tratí bočných IAF-IF a IF-MAPt 90° , čo odpovedá hodnote zemepisného smerníka pre západný bod IAF 280° (magnetický kurz 274°) a pre východný IAF smerník 100° (magnetický kurz 094°). Pre výpočet súradníc daných bodov tak okrem hodnoty zemepisného smerníka, budú platiť rovnaké vzťahy:

- Pre vyjadrenie zemepisnej šírky

$$Lat_{IAF} = \sin^{-1}[\sin(Lat_{IF}) * \cos\left(\frac{d}{r}\right) + \cos(Lat_{IF}) * \sin\left(\frac{d}{r}\right) * \cos(\theta)]$$

- Pre vyjadrenie zemepisnej dĺžky

$$Lon_{IAF} = Lon_{IF} + \tan 2^{-1} \left[\begin{array}{l} \sin(\theta) * \sin\left(\frac{d}{r}\right) * \cos(Lat_{IF}); \\ \cos\left(\frac{d}{r}\right) - \sin(Lat_{IF}) * \sin(Lat_{IF}) \end{array} \right]$$

Výpočty a následná premena výsledkov na stupne definujú súradnice:

- severného IAF:

N 49 35.030

E 21 37.460

- západného IAF:

N 49 31.060

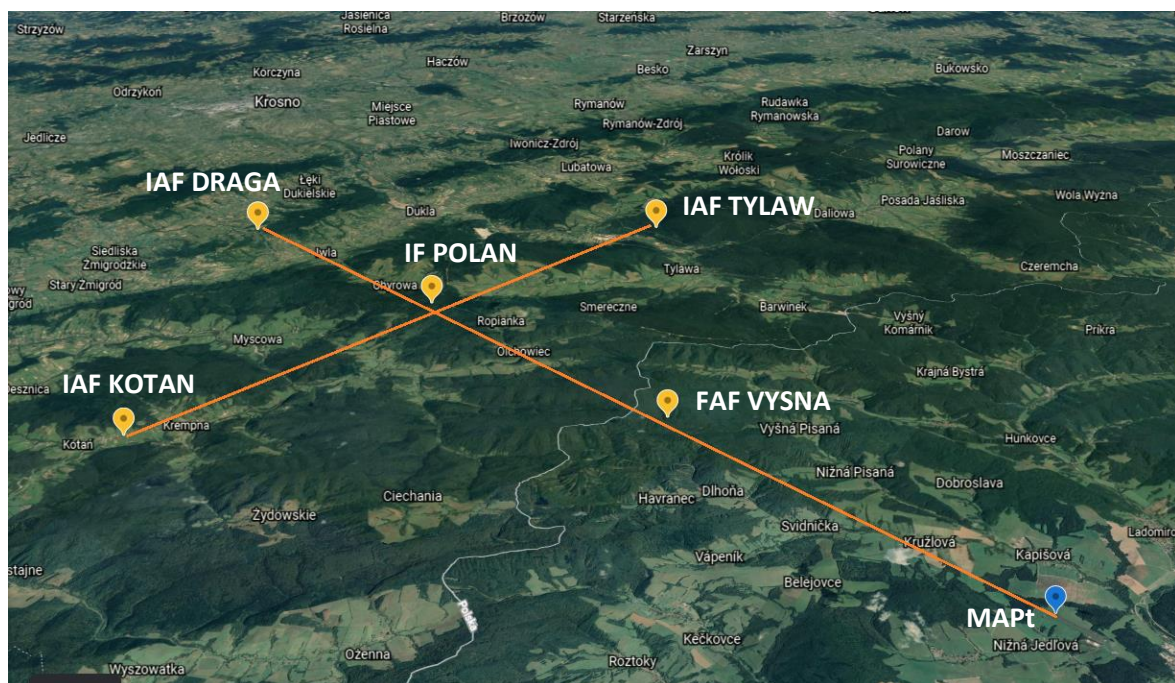
E 21 29.060

- východného IAF:

N 49 29.250

E 21 43.500

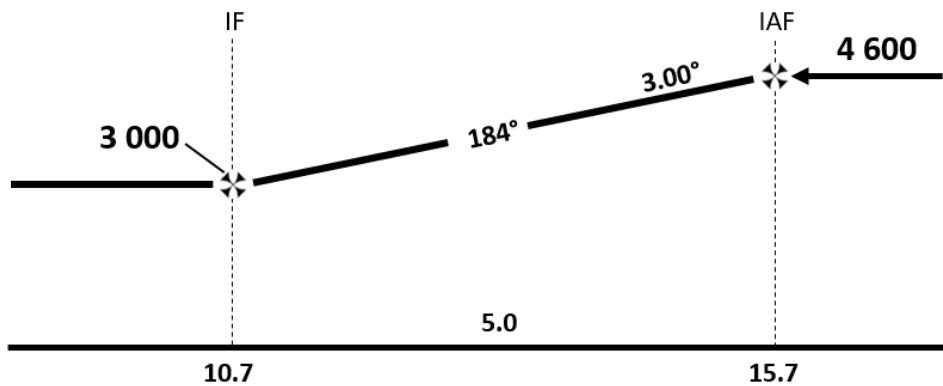
Bodom boli priradené názvy DRAGA, KOTAN a TYLAW, po obciach Draganowa, Kotań a Tylawa, v ktorých blízkosti sa dané body nachádzajú.



Obr. 7 Zobrazenie celej konštrukcie priblíženia prostredníctvom Google Earth

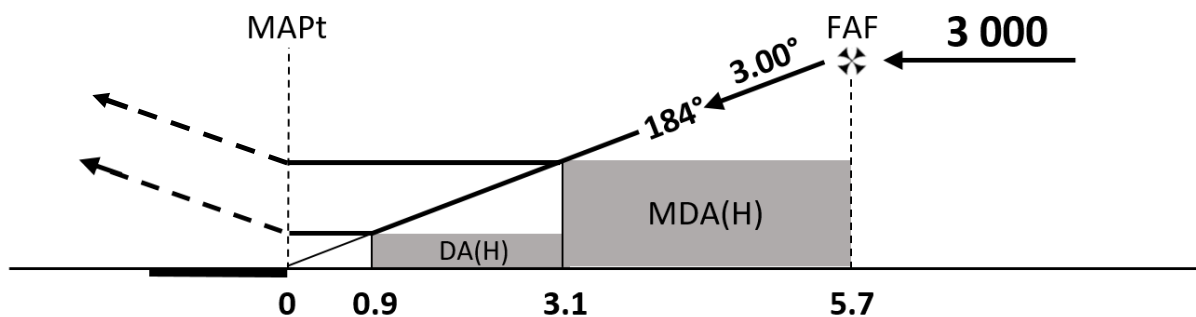
S ohľadom na šírku ochranných priestorov a príslušnou MOC pre segment počiatočného priblíženia (1 000 ft nad prekážkou), bola pre fixy IAF stanovená výška 4 600 ft AMSL. Pre tento úsek bol určený

gradient klesania 5,2%, čo predstavuje uhol zostupovej dráhy 3°, až k bodu IF, vzdialený 5 NM od fixu počiatočného priblíženia.



Obr. 8 Vertikálny profil v úseku počiatočného priblíženia

Pre segment stredného priblíženia bola určená výška 3 000 ft, ktorá ostáva v tomto segmente nemenná, z dôvodu zabezpečenia minimálnej výšky nad prekážkami, ktorá je pre tento segment stanovená na 492 ft nad najvyššou prekážkou. Úsek má dĺžku štandardných 5 NM, vedúcich k bodu FAF, ktorý predstavuje začiatok úseku konečného priblíženia, ktorý je definovaný bodmi FAF a MAPt, umiestneným nad prahom dráhy 19. Gradient klesania bol s ohľadom na zabezpečenie minimálnej výšky nad prekážkami stanovený na 5,2% (uhol zostupovej dráhy je 3° na trati s dĺžkou 5,77 NM). Takto navrhnutá zostupová rovina eliminuje všetky terénne prekážky v ochranných priestoroch. Výnimkou je vrch Rohuľa, ktorý priamo zasahuje do primárneho priestoru segmentu konečného priblíženia. Rohuľa predstavuje výraznú prekážku, ktorá bráni vzniku RNAV (GNSS) priblíženia na letisko Svidník. Priblíženie nie je možné vytvoriť ani z jedného smeru VPD, pretože v prípade konštrukcie priblíženia na 01, zasahuje vrch do primárneho ochranného priestoru nevydareného priblíženia. Pre účely práce a splnenie jej zadania však nebudem brať tieto skutočnosti do úvahy.



Obr. 9 Vertikálny profil v úseku konečného priblíženia

Vo vzdialenosti 3,14 NM od MAPt bol stanovený bod minimálnej výšky zostupu MDA/H, určenej na 2 161 ft nad morom, teda 1 000 ft nad prahom dráhy. Výška rozhodnutia DA(H) bola stanovená na 1 461 ft nad hladinou mora, predstavujúca 300 ft nad úrovňou prahu dráhy 19. Bod dosiahnutia tejto výšky sa vzhľadom na charakter zostupovej roviny nachádza vo vzdialenosti 0,94 NM od bodu MAPt.

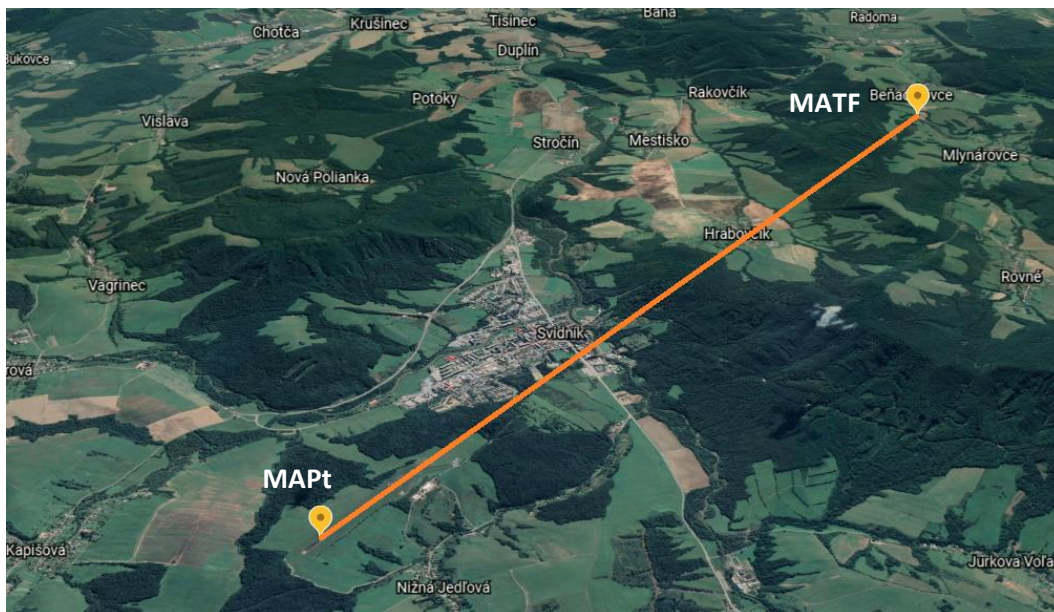
Návrh úseku nevydareného priblíženia

Začiatok úseku nevydareného priblíženia predstavuje bod MAPt, umiestnený nad prahom dráhy 19. Po vyhodnotení posádky, že pristátie nie je možné vykonať (napríklad z dôvodu nenadviazania vizuálneho kontaktu s dráhou vo výške MDA/H), pokračuje lietadlo v kurze zostupovej dráhy a v aktuálnej výške k bodu MATF. Zemepisné súradnice bodu boli určené vzhľadom na predpísaný gradient stúpania 2,5% a určenú výšku 2 300 ft AMSL. Stanovená výška vychádza z hodnoty gradientu a výšky DA(H), pretože v prípade vstupu do bodu MAPt vo väčšej výške ako DA(H), klesá hodnota gradientu stúpania k bodu MATF. Po dosadení hodnôt do vzťahu pre určenie zemepisnej šírky a dĺžky, boli určené súradnice bodu MATF ako:

N 49 14.470

E 21 32.600

Poloha bodu MATF definuje spoločnú dĺžku počiatkovej a strednej fázy nevydareného priblíženia na 5,52 NM. Posledná fáza nevydareného priblíženia začína po minúti bodu MATF, ktorý je definovaný ako WP typu fly-over, z dôvodu zabezpečenia jeho preletu.



Obr. 10 Zobrazenie polohy bodu MATF vzhľadom na bod MAPt prostredníctvom Google Earth

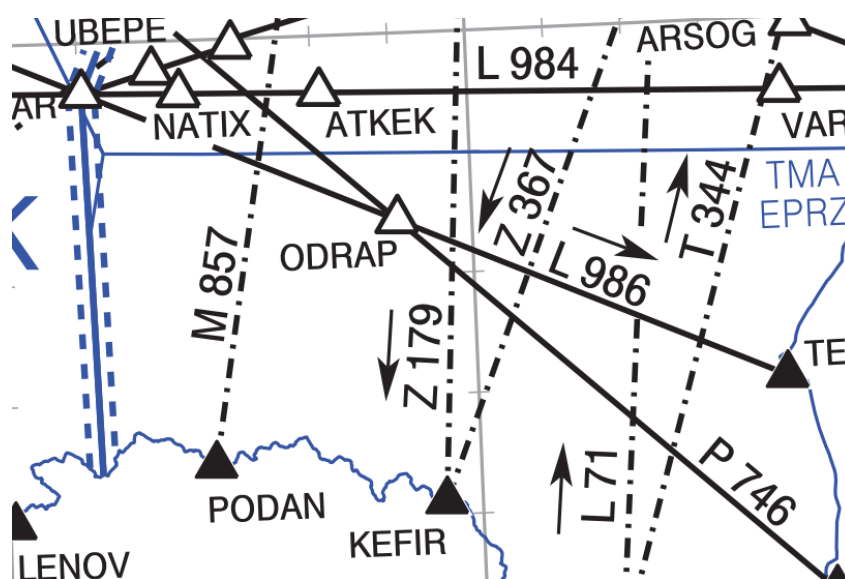
Po prelete bodu MATF nasleduje zatáčka vľavo na bod MAHF. Poloha tohto bodu je určená na základe polomeru kružníc, ktoré pri zatáčke opisujú jednotlivé rýchlostné kategórie lietadiel. Pre kategóriu A bol na základe rýchlosti v poslednom úseku nevydareného priblíženia 110 kt a hodnoty zmeny kurzu za jednu sekundu 2,53 deg/s, vyrátaný polomer zatáčky 1 305 m. Pre kategóriu C, s hodnotami 240 kt a 1,15 deg/s, bol vyrátaný polomer zatáčky 6 141 m. Na základe týchto hodnôt je možné určiť bod, v ktorom sa po 180° zatáčke, budú dané kategórie lietadiel nachádzať. Poloha bodu MAHF je tak definovaná polovicou hodnoty rozdielu vzdialenosti medzi týmito bodmi a 1/2 vzdialenosti medzi bodom IAF TYLAW a bodom, predstavujúcim 1/2 dĺžky medzi A a C.

500 ft vo vzdialenosti 7,90 NM od MATF. Avšak minimálna vzdialenosť medzi bodmi MATF a MAHF je 8,47 NM, čo zabezpečuje dosiahnutie požadovanej výšky pred vstupom do tohto bodu. Po prelete bodu MAHF pokračuje úsek nevydareného priblíženia k bodu IAF TYLAW. Trať spájajúca tieto body má určený magnetický kurz 008° a gradient stúpania 2,19%, čo na úseku dlhom 8,27 NM zaručuje dosiahnutie požadovanej výšky pre bod IAF TYLAW 4 600 ft.

Po dosiahnutí bodu IAF TYLAW je možné vykonať opätovné priblíženie kurzom 274° k bodu IF POLAN, s gradientom klesania určeným pre úsek počiatočného priblíženia 5,2%. V prípade, že tento postup nie je možné vykonať, napríklad z dôvodu zvýšenej prevádzky v okolí letiska, pokračuje lietadlo na vyčkávací okruh. Po minutí bodu IAF TYLAW tak nasleduje zatáčka vpravo až na kurz 184°. Keďže k bodu IAF TYLAW nebude konštruovaná žiadna príletová trať, môže byť výška na okruhu určená rovnako, ako pre úsek počiatočného priblíženia bez toho, aby dochádzalo k prípadným kolíziám.

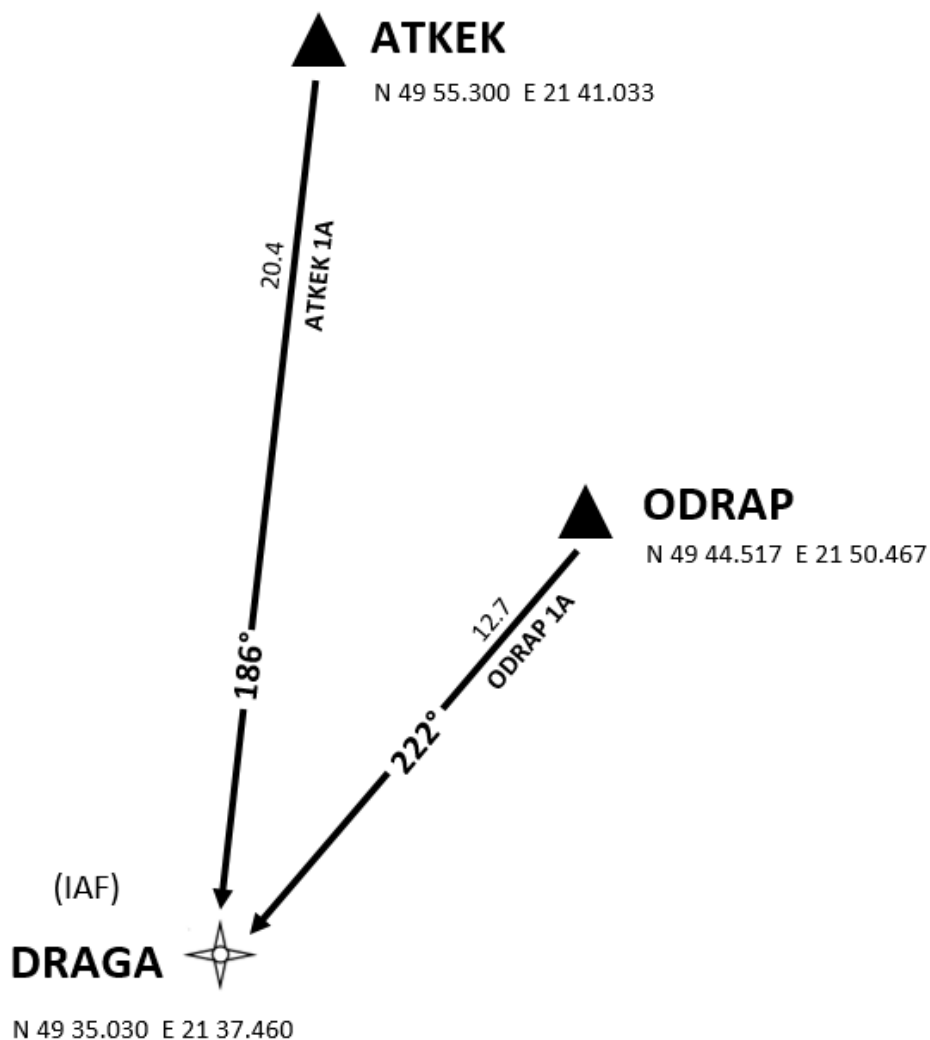
Konštrukcia príletových tratí

Príletové trate budú konštruované predovšetkým vzhľadom na letovú trať L984, nachádzajúcu sa severne od vytvoreného postupu priblíženia a letovú trať M857 na západe, paralelnú s osou VPD. Prvým bodom slúžiacim na spojenie letovej trate a bodu IAF DRAGA je bod ATKEK, umiestnený na trati L984, ktorá bude určená predovšetkým pre lietadlá prilietavajúce zo západu a východu, pre jej kurz 086°/266°. Pre lety zo severozápadného/juhovýchodného smeru bude využitý bod ODRAP, umiestnený na priesečníku tratí L986 (108°/288°) a P746 (127°/307°). Pre lietadlá prilietavajúce z južného smeru bude vytvorená trať z bodu PODAN, ktorá bude viesť k západnému IAF KOTAN.



Obr. 12 Letové trate a body v okolí priblíženia na LZSK

Pre príletovú trať vedúcu z bodu ATKEK k bodu IAF DRAGA bol vypočítaný zemepisný kurz 186°, čo vzhľadom na hodnotu magnetickej deklinácie v apríli v roku 2021 (+6° 4'), predstavuje magnetický kurz 180°. Trať bola pomenovaná po vstupnom bode ATKEK 1A. Dĺžka tejto trate je 20,4 NM.



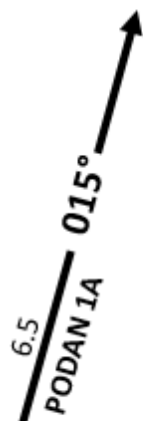
Obr. 13 Príletové trate ATKEK 1A a ODRAP 1A

Druhá trať vedúca k bodu IAF DRAGA bola pomenovaná ODRAP 1A, po vstupnom bode, vzdialenom 12,7 NM od IAF DRAGA. Jej zemepisný kurz bol vypočítaný na 222°, čo definuje jej magnetický kurz na hodnotu 216°. Poslednou príletovou traťou je PODAN 1A, spájajúca bod PODAN s fixom IAF KOTAN. Trať má dĺžku 6,5 NM so zemepisným kurzom 015° a odpovedajúcim magnetickým kurzom 009°.

(IAF)

KOTAN

N 49 31.060 E 21 29.060



PODAN

N 49 24.767 E 21 26.350

Obr. 14 Príletová trať PODAN 1A