

Primjer 1. Strana 160. AN2 LOKSODROMA

polazna pozicija Savannah P_1 $\varphi_1 = 32^\circ 04' \text{ N} +$ $\lambda_1 = 80^\circ 19' \text{ W} -$
 dolazna pozicija Lisboa P_2 $\varphi_2 = 38^\circ 42' \text{ N} +$ $\lambda_2 = 9^\circ 20' \text{ W} -$

Razlika geografske širine ($\Delta\varphi$) između polazne i dolazne pozicije:

$$\Delta\varphi = (\pm \varphi_2) - (\pm \varphi_1) = (38^\circ 42') - (32^\circ 04') = 6^\circ 38' = (6 \cdot 60') + 38' = + 398' \text{ N}$$

$$\Delta\varphi = [(38 \cdot 60') + 42'] - [(32 \cdot 60') + 4'] = 2322' - 1924' = + 398' \quad \text{predznak } \Delta\varphi \text{ određuje kvadrant } K_L$$

Razlika geografske dužine ($\Delta\lambda$) između polazne i dolazne pozicije:

$$\Delta\lambda = (\pm \lambda_2) - (\pm \lambda_1) = (-9^\circ 20') - (-80^\circ 19') = 70^\circ 59' = (70 \cdot 60') + 59' = + 4259' \text{ E}$$

$$\Delta\lambda = -[(9 \cdot 60') + 20'] - \{-[(80 \cdot 60') + 19']\} = -560' + 4819' = + 4259' \quad \text{predznak } \Delta\lambda \text{ određuje kvadrant } K_L$$

Razlika Merkatorovih širina ($\Delta\varphi_M$) :

Nautička Tablica 5 - Merkatorove širine - uvećane širine (Zemlja kao elipsoid)

φ	32°	38°
04'	2020,9	2459,2
42'	2065,7	2507,5

N + S -
 s 32° (gore) i gdje se sječe s minutama 4' (sa strane) $\Rightarrow 2020,9'$
 s 38° (gore) i gdje se sječe s minutama 42' (sa strane) $\Rightarrow 2507,5'$

$$\Delta\varphi_M = (\pm \varphi_{M2}) - (\pm \varphi_{M1}) = + 2507,5' - (+ 2020,9') = + 486,6' \quad \text{razlika Merkatorovih širina}$$

Loksodromski kurs (K_L) :

$$\Delta\lambda \quad 4259'$$

$$\text{tg } K_L = \frac{\Delta\lambda}{\Delta\varphi_M} = \frac{4259'}{486,6'} = 8,752568845$$

$$K_L = 83^\circ 28' 55,54'' \approx 83^\circ 29' = 83,5^\circ$$

- Može se dogoditi da K_L dobijemo negativan, ali u svim daljnjim proračunima se K_L uvijek uvrštava pozitivan !!

razlika širina **pozitivna** $\Delta\varphi = + 398'$
 razlika dužina **pozitivna** $\Delta\lambda = + 4259'$

kvadrant	$\Delta\varphi$	$\Delta\lambda$	Pravi Loksodromski Kurs
I	+	+	$K_{PL} = K_L$
II	-	+	$K_{PL} = 180^\circ - K_L$
III	-	-	$K_{PL} = 180^\circ + K_L$
IV	+	-	$K_{PL} = 360^\circ - K_L$

Oba predznaka su pozitivna,
 pravi loksodromski kurs je u I kvadrantu.

$$\text{I kvadrant} \Rightarrow K_{PL} = K_L = 83^\circ 29' = 83,5^\circ \quad \text{Pravi Loksodromski Kurs}$$

Loksodromska udaljenost (D_L) :

$$D_L = \Delta\varphi \cdot \sec K_L \quad \text{ako je } K_L < 87^\circ \quad \sec K_L = \frac{1}{\cos K_L} \quad \text{cosec } K_L = \frac{1}{\sin K_L}$$

$$D_L = \Delta\lambda \cdot \cos \varphi_s \cdot \text{cosec } K_L \quad \text{ako je } K_L > 87^\circ$$

- Udaljenost (D_L) možemo dobiti i kao negativnu vrijednost zbog predznaka ($\Delta\varphi$), ali udaljenost se uvijek uzima kao pozitivna vrijednost (u formuli se $\Delta\varphi$ uvrsti u minutama, a K_L se uvrsti u stupnjevima).

$$D_L = \Delta\varphi \cdot \sec K_L = \frac{\Delta\varphi}{\cos K_L} = \frac{398'}{\cos (83^\circ 29')} = 3506,8 \text{ Nm} \quad \varphi_s = \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2}$$

Ušteda, odnosno razlika između loksodromske D_L i ortodromske udaljenosti D_o , ako plovimo ortodromom:

$$U = \Delta D = D_L - D_o = 3506,8' - 3408,5' = 98,3' = 98,3 \text{ Nm}$$

polazna pozicija Savannah P_1 $\varphi_1 = 32^\circ 04' N +$ $\lambda_1 = 80^\circ 19' W -$
 dolazna pozicija Lisboa P_2 $\varphi_2 = 38^\circ 42' N +$ $\lambda_2 = 9^\circ 20' W -$
 Razlika geografske dužine između međutočaka ortodrome $\Delta\lambda_M = 10^\circ$

$$\Delta\lambda = \lambda_2 - \lambda_1 = (-9^\circ 20') - (-80^\circ 19') = +70^\circ 59' = \mathbf{70^\circ 59' E}$$

Plovimo prema **istoku (E)** !

Ortodromska udaljenost (Do) :

$$\begin{aligned}\cos Do &= \sin \varphi_1 \cdot \sin \varphi_2 + \cos \varphi_1 \cdot \cos \varphi_2 \cdot \cos \Delta\lambda \\ \cos Do &= \sin (32^\circ 04') \cdot \sin (38^\circ 42') + \cos (32^\circ 04') \cdot \cos (38^\circ 42') \cdot \cos (70^\circ 59') \\ \cos Do &= 0,5309056541 \cdot 0,6252426563 + 0,8474309332 \cdot 0,7804304073 \cdot 0,3258431809 \\ \cos Do &= 0,3319448614 + 0,2154999291 = 0,5474447905 \\ Do &= 56,80810909 = 56^\circ 48' 29,19'' = 56^\circ 48,5' \\ \underline{Do} &= \underline{56,80810909 \cdot 60} = \mathbf{3408,48 Nm}\end{aligned}$$

Početni ortodromski kurs (Kpč) :

$$\begin{aligned}\sin Kpč &= (\sin \Delta\lambda \cdot \cos \varphi_2) / \sin Do \\ \sin Kpč &= (\sin (70^\circ 59') \cdot \cos (38^\circ 42')) / (\sin (56^\circ 48' 29,19'')) \\ \sin Kpč &= (0,9454238317 \cdot 0,7804304073) / 0,8368417946 \\ \sin Kpč &= 0,7378375061 / 0,8368417946 = 0,8816929446 \\ \underline{Kpč} &= \underline{61,84726151^\circ} = 61^\circ 50' 50,14'' \approx \mathbf{61^\circ 50,8'}\end{aligned}$$

Do uvrsti u stupnjevima !!

Koristimo **pozitivan Kpč** !!

Pravi početni kurs (Kp) je u kvadrantu :

- ako plovimo **prema istoku (E)** na **sjevernoj (N)** polutki, kurs je u **I** kvadrantu : $K_p = Kpč$
- ako plovimo **prema istoku (E)** na **južnoj (S)** polutki, kurs je u **II** kvadrantu : $K_p = 180^\circ - Kpč$
- ako plovimo **prema zapadu (W)** na **južnoj (S)** polutki, kurs je u **III** kvadrantu : $K_p = 180^\circ + Kpč$
- ako plovimo **prema zapadu (W)** na **sjevernoj (N)** polutki, kurs je u **IV** kvadrantu : $K_p = 360^\circ - Kpč$

Plovimo prema **istoku** ($\Delta\lambda = 70^\circ 59' E$) na **sjevernoj** polutki ($\varphi_1 = \varphi_2 = N$), **kurs je u I kvadrantu :**

$$\underline{K_p = Kpč = 61^\circ 50,8'} \quad \text{pravi početni ortodromski kurs}$$

Koordinate vrha ortodrome :

$$\begin{aligned}\cos \varphi_v &= \cos \varphi_1 \cdot \sin Kpč \\ \cos \varphi_v &= \cos (32^\circ 04') \cdot \sin (61^\circ 50' 50,14'') \\ \cos \varphi_v &= 0,8474309332 \cdot 0,8816929414 = 0,7471738721 \\ \underline{\varphi_v} &= \underline{41,65384057} = 41^\circ 39' 13,83'' \approx \mathbf{41^\circ 39,2' N +}\end{aligned}$$

Koristimo **pozitivan Kpč** (do 90°) !!

Na **sjevernoj** polutki smo !

Geografska širina vrha ortodrome (φ_v) je North, jer se nalazimo i plovimo na **sjevernoj** polutki !

$$\begin{aligned}\cos \Delta\lambda_v &= \operatorname{tg} \varphi_1 / \operatorname{tg} \varphi_v \\ \cos \Delta\lambda_v &= \operatorname{tg} (32^\circ 04') / \operatorname{tg} (41^\circ 39' 13,83'') \\ \cos \Delta\lambda_v &= 0,6264884055 / 0,8895234056 = 0,7042967072 \\ \underline{\Delta\lambda_v} &= \underline{45,22724594} = 45^\circ 13' 38,09'' \approx \mathbf{45^\circ 13,6' E +}\end{aligned}$$

($\Delta\lambda_v = \Delta\lambda = 70^\circ 59' \text{ East}$)

Geografski predznak ($\Delta\lambda_v$) se određuje prema predznaku ($\Delta\lambda$) $\Rightarrow$ East, i takav $\Delta\lambda_v$ ide u sljedeću formulu !!

Geografska dužina vrha ortodrome (λ_v) :

$$\begin{aligned}\lambda_v &= \lambda_1 + \Delta\lambda_v \\ \lambda_v &= (-80^\circ 19') + 45^\circ 13,6' = \underline{-35^\circ 05' 24''} \approx \mathbf{35^\circ 05,4' W -}\end{aligned}$$

Vrh ortodrome na **zapadu** !

Geografsku dužinu vrha ortodrome smo dobili negativnu (-), što znači da je (λ_v) zapadna (West) !
 Međutočke (M) ortodrome se označavaju indeksima (1,2,3...) koji pokazuju redoslijed od vrha ortodrome, prema istoku $\Rightarrow E$ bez apostrofa (λ_{M1}), a prema zapadu $\Rightarrow W$ s apostrofom (λ_{M1}'):

$$\lambda_{M1} = \lambda_v + \Delta\lambda_M = -35^\circ 05,4' + 10^\circ = -25^\circ 05,4' W \quad \text{geo. dužina međutočke - prema istoku } E$$

$$\lambda_{M1}' = \lambda_v - \Delta\lambda_M = -35^\circ 05,4' - 10^\circ = -45^\circ 05,4' W \quad \text{geo. dužina međutočke - prema zapadu } W'$$

Vrijednost varijable ($\Delta\lambda_M = 10^\circ$) je zadana u zadatku !!

$$\begin{aligned} \text{tg } \varphi_{M1} &= \text{tg } \varphi_{M1}' = \cos(\Delta\lambda_M) \cdot \text{tg } \varphi_v \\ \text{tg } \varphi_{M1} &= \text{tg } \varphi_{M1}' = \cos(10^\circ) \cdot \text{tg}(41^\circ 39,2') \\ \text{tg } \varphi_{M1} &= \text{tg } \varphi_{M1}' = 0,984807753 \cdot 0,8895075136 = 0,8759938957 \\ \varphi_{M1} &= \varphi_{M1}' = 41,2181619^\circ = 41^\circ 13' 05,38'' \approx 41^\circ 13,1' N \end{aligned}$$

Međutočke M_1 i M_1' imaju istu zemljopisnu širina (φ) !!

Međutočke M_1 i M_1' imaju koordinate :

M_1 prema istoku East	$\varphi_{M1} = +41^\circ 13,1' N$	$\lambda_{M1} = -25^\circ 05,4' W$
M_1' prema zapadu West	$\varphi_{M1}' = +41^\circ 13,1' N$	$\lambda_{M1}' = -45^\circ 05,4' W$

$$\begin{aligned} \lambda_{M2} &= \lambda_v + 2 \cdot \Delta\lambda_M = -35^\circ 05,4' + 20^\circ = -15^\circ 05,4' W \\ \lambda_{M2}' &= \lambda_v - 2 \cdot \Delta\lambda_M = -35^\circ 05,4' - 20^\circ = -55^\circ 05,4' W \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{tg } \varphi_{M2} &= \text{tg } \varphi_{M2}' = \cos(2 \cdot \Delta\lambda_M) \cdot \text{tg } \varphi_v \\ \text{tg } \varphi_{M2} &= \text{tg } \varphi_{M2}' = \cos(2 \cdot 10^\circ) \cdot \text{tg}(41^\circ 39,2') = \cos(20^\circ) \cdot \text{tg}(41^\circ 39,2') = \\ \text{tg } \varphi_{M2} &= \text{tg } \varphi_{M2}' = 0,9396926208 \cdot 0,8895075136 = 0,8358636467 \\ \varphi_{M2} &= \varphi_{M2}' = 39,89102446^\circ = 39^\circ 53' 27,7'' \approx 39^\circ 53,5' N \end{aligned}$$

Međutočke M_2 i M_2' imaju istu zemljopisnu širina (φ) !!

Međutočke M_2 i M_2' imaju koordinate :

M_2 prema istoku East	$\varphi_{M2} = +39^\circ 53,5' N$	$\lambda_{M2} = -15^\circ 05,4' W$
M_2' prema zapadu West	$\varphi_{M2}' = +39^\circ 53,5' N$	$\lambda_{M2}' = -55^\circ 05,4' W$

$$\begin{aligned} \lambda_{M3} &= \lambda_v + 3 \cdot \Delta\lambda_M = -35^\circ 05,4' + 30^\circ = -5^\circ 05,4' W \quad \Rightarrow \text{je istočnije od dolazne pozicije } P_2 \\ P_2 (\lambda &= 9^\circ 20' W) \Rightarrow \lambda_{M3} \text{ je izvan plovnog puta kojim plovimo} \Rightarrow \text{Ne treba nam !!} \end{aligned}$$

$$\lambda_{M3}' = \lambda_v - 3 \cdot \Delta\lambda_M = -35^\circ 05,4' - 30^\circ = -65^\circ 05,4' W \quad \text{geo. dužina međutočke prema zapadu } W'$$

$$\begin{aligned} \text{tg } \varphi_{M3}' &= \cos(3 \cdot \Delta\lambda_M) \cdot \text{tg } \varphi_v \\ \text{tg } \varphi_{M3}' &= \cos(3 \cdot 10^\circ) \cdot \text{tg}(41^\circ 39,2') = \cos(30^\circ) \cdot \text{tg}(41^\circ 39,2') = \\ \text{tg } \varphi_{M3}' &= 0,8660254038 \cdot 0,8895075136 = 0,7703361036 \\ \varphi_{M3}' &= 37,60835865^\circ = 37^\circ 36' 30,09'' \approx 37^\circ 36,5' N \end{aligned}$$

Međutočka M_3' ima koordinate :

M_3' prema zapadu West	$\varphi_{M3}' = +37^\circ 36,5' N$	$\lambda_{M3}' = -65^\circ 05,4' W$
--------------------------	-------------------------------------	-------------------------------------

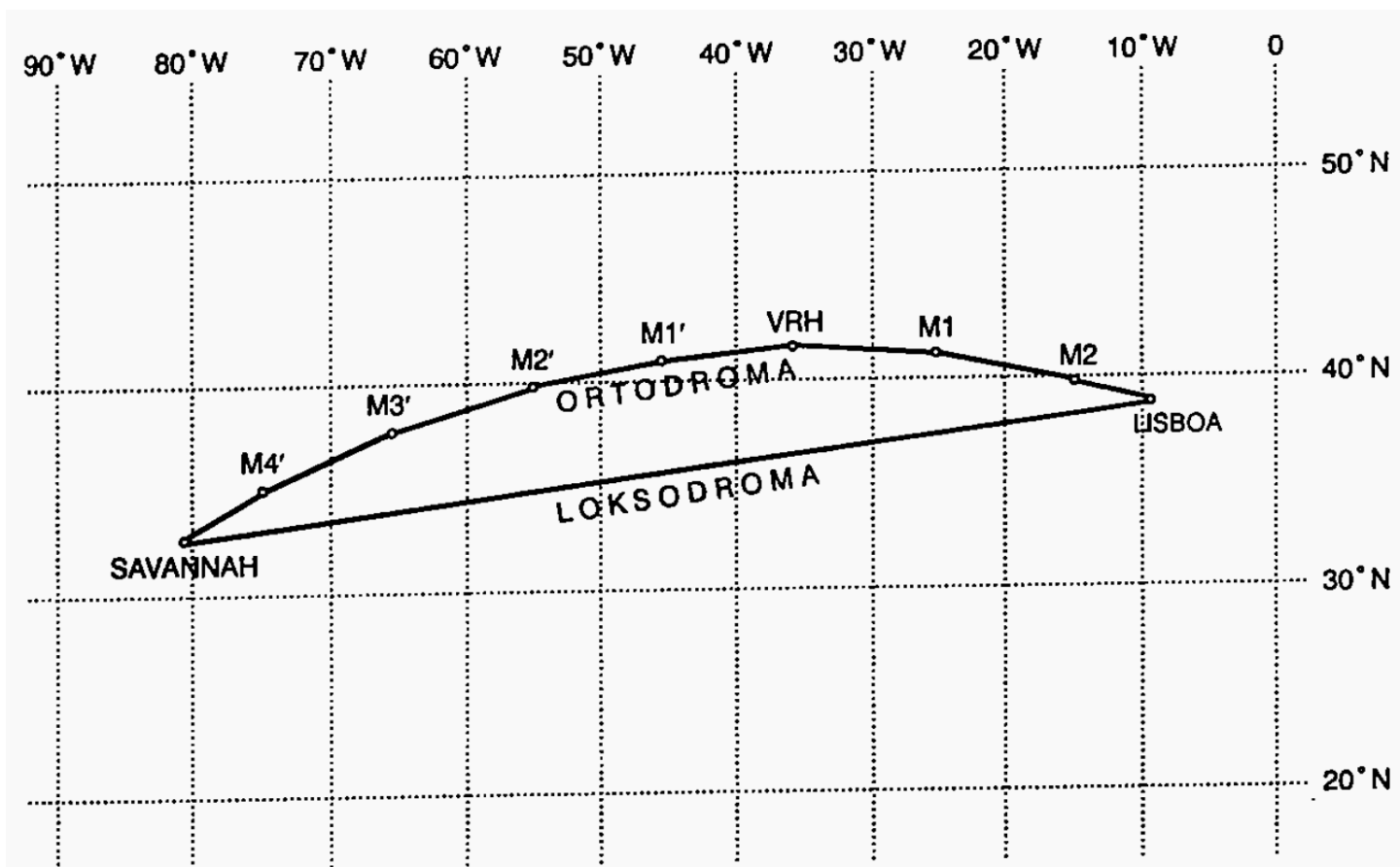
$$\lambda_{M4}' = \lambda_v - 4 \cdot \Delta\lambda_M = -35^\circ 05,4' - 40^\circ = -75^\circ 05,4' W \quad \text{geo. dužina međutočke prema zapadu } W'$$

$$\begin{aligned} \text{tg } \varphi_{M4}' &= \cos(4 \cdot \Delta\lambda_M) \cdot \text{tg } \varphi_v \\ \text{tg } \varphi_{M4}' &= \cos(4 \cdot 10^\circ) \cdot \text{tg}(41^\circ 39,2') = \cos(40^\circ) \cdot \text{tg}(41^\circ 39,2') = \\ \text{tg } \varphi_{M4}' &= 0,7660444431 \cdot 0,8895075136 = 0,6814022879 \\ \varphi_{M4}' &= 34,27060694^\circ = 34^\circ 16' 14,19'' \approx 34^\circ 16,2' N \end{aligned}$$

Međutočka M_4' ima koordinate :

M_4' prema zapadu West	$\varphi_{M4}' = +34^\circ 16,2' N$	$\lambda_{M4}' = -75^\circ 05,4' W$
--------------------------	-------------------------------------	-------------------------------------

Međutočka M_5' ($\lambda_{M5}' = -85^\circ 05,4' W$) je izvan plovnog puta kojim plovimo $\Rightarrow$ Ne treba nam !!



Slika 6.

