

polazna pozicija **Seattle** (kanal Juan de Fuca) P_1 $\varphi_1 = 47^\circ 37' N +$ $\lambda_1 = 122^\circ 20' W -$
 dolazna pozicija **Yokohama** (rt Inubo Saki) P_2 $\varphi_2 = 35^\circ 19' N +$ $\lambda_2 = 141^\circ 03' E +$

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

$$\Delta\varphi = (\pm \varphi_2) - (\pm \varphi_1) = (+ 35^\circ 19') - (+ 47^\circ 37') = - 12^\circ 18' = - ((12 \cdot 60') + 18') = - 738'$$

$\Delta\varphi = - 738'$ predznak $\Delta\varphi$ određuje kvadrant u kojem je K_L

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

$$\Delta\lambda = (\pm \lambda_2) - (\pm \lambda_1) = (+ 141^\circ 03') - (- 122^\circ 20') = + 263^\circ 23' = - 96^\circ 37' =$$

Ako $\Delta\lambda$ prelazi 180° , oduzmi $\Delta\lambda$ od 360° i promjeni predznak !!

$$\Delta\lambda = - ((96 \cdot 60') + 37') = - 5797'$$

predznak $\Delta\lambda$ određuje kvadrant u kojem je K_L

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

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

φ	35°	47°
19'	2254,2	3213,8
37'	2276,2	3240,3

s 35° (gore) i gdje se sječe s minutama 19' (sa strane) $\Rightarrow 2254,2'$
 s 47° (gore) i gdje se sječe s minutama 37' (sa strane) $\Rightarrow 3240,3'$
 za φ (N +) ili (S -) i vrijednost iz NT 5. ima predznak + ili -

$$\Delta\varphi_M = (\pm \varphi_{M2}) - (\pm \varphi_{M1}) = (+ 2254,2') - (+ 3240,3') = - 986,1' \quad \text{razlika Merkatorovih širina}$$

Loksodromski kurs (K_L) :

$$\Delta\lambda = 5797'$$

$$\text{tg } K_L = \frac{\Delta\lambda}{\Delta\varphi_M} = \frac{5797'}{986,1'} = 5,878714126$$

$$K_L = 80,34609508^\circ = 80^\circ 20' 45,94'' \approx 80^\circ 20,8'$$

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

razlika širina ($\Delta\varphi$) negativna (- 738')
 razlika dužina ($\Delta\lambda$) negativna (- 5797')

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 negativna,
 pravi loksodromski kurs je u **III** kvadrantu.

$$K_{PL} = 180^\circ + K_L = 180^\circ + 80^\circ 20,8' = 260^\circ 20,8' \approx 260,5^\circ \quad \text{Pravi Loksodromski Kurs}$$

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).

$$D_L = \Delta\varphi \cdot \sec K_L = \frac{\Delta\varphi}{\cos K_L} = \frac{738'}{\cos (80^\circ 20,8')} = \frac{738'}{0,167686481} = 4401,07 \text{ Nm} \quad \varphi_S = \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2}$$

Ušteta, odnosno razlika između loksodromske D_L i ortodromske udaljenosti D_O , ako plovimo ortodromom:

$$U = \Delta D = D_L - D_O = 4401' - 4120,6' = 280,4' = 280,4 \text{ Nm}$$

polazna pozicija **Seattle** (kanal Juan de Fuca) P_1 $\varphi_1 = 47^\circ 37' N +$ $\lambda_1 = 122^\circ 20' W -$
 dolazna pozicija **Yokohama** (rt Inubo Saki) P_2 $\varphi_2 = 35^\circ 19' N +$ $\lambda_2 = 141^\circ 03' E +$
 Razlika geografske dužine između međutočaka ortodrome $\Delta\lambda_M = 15^\circ$

$$\Delta\lambda = \lambda_2 - \lambda_1 = 141^\circ 03' - (-122^\circ 20') = +263^\circ 23' = 263^\circ 23' E \quad (-360^\circ) =$$

$\Delta\lambda = -96^\circ 37' W$ $96^\circ 37' W$ je isti meridijan kao i $263^\circ 23' E$ Plovimo prema zapadu (W) !

Ortodromska udaljenost (Do) :

$$\cos Do = \sin \varphi_1 \cdot \sin \varphi_2 + \cos \varphi_1 \cdot \cos \varphi_2 \cdot \cos \Delta\lambda \quad \Delta\lambda \text{ uvrsti u stupnjevima !!}$$

$$\cos Do = \sin (47^\circ 37') \cdot \sin (35^\circ 19') + \cos (47^\circ 37') \cdot \cos (35^\circ 19') \cdot \cos (-96^\circ 37')$$

$$\cos Do = 0,738651456 \cdot 0,578095004 + 0,674087551 \cdot 0,815969463 \cdot (-0,115226106)$$

$$\cos Do = 0,427010717 + (-0,063378374) = 0,3636323421$$

$$Do = 68,67656108 = 68^\circ 40' 35,62'' \approx 68^\circ 40,6'$$

$$\underline{Do = 68,67656108 \cdot 60' = 4120,59' \approx 4120,6' Nm}$$

Početni ortodromski kurs (Kpč) :

$$\sin Kpč = (\sin \Delta\lambda \cdot \cos \varphi_2) / \sin Do$$

$$\sin Kpč = (\sin (-96^\circ 37') \cdot \cos (35^\circ 19')) / (\sin (68^\circ 40' 35,6''))$$

Do uvrsti u stupnjevima !!

$$\sin Kpč = ((-0,993339289) \cdot 0,815969463) / 0,931543218$$

$$\sin Kpč = (-0,810534526) / 0,931543218 = -0,8700993413$$

$$\underline{Kpč = -60,47018565^\circ = -60^\circ 28' 12,67'' \approx 60^\circ 28,2'}$$

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 zapadu ($\Delta\lambda = 96^\circ 37' W$) na sjevernoj polutki ($\varphi_1 = \varphi_2 = N$), kurs je u **IV** kvadrantu :

$$K_p = 360^\circ - Kpč = 360^\circ - 60^\circ 28,2' = 299^\circ 31,8' \quad \text{pravi početni ortodromski kurs } K_p$$

Koordinate vrha ortodrome :

$$\cos \varphi_v = \cos \varphi_1 \cdot \sin Kpč$$

$$\cos \varphi_v = \cos (47^\circ 37') \cdot \sin (60^\circ 28' 12,6'')$$

Koristimo pozitivan Kpč (u stupnjevima, do 90°), jer bi

$$\cos \varphi_v = 0,6740875511 \cdot 0,870099178$$

dobili rezultat $\varphi_v = 125^\circ 54' 38,1''$ što ne postoji !!

$$\cos \varphi_v = 0,5865230241$$

$$\underline{\varphi_v = 54,08934229 = 54^\circ 05' 21,63''} \approx \underline{54^\circ 05,4' N +} \quad (\varphi_1 = \varphi_2 = \text{North})$$

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

$$\cos \Delta\lambda_v = \text{tg } \varphi_1 / \text{tg } \varphi_v$$

$$\cos \Delta\lambda_v = \text{tg } (47^\circ 37') / \text{tg } (54^\circ 05' 21,6'')$$

$$\cos \Delta\lambda_v = 1,095779702 / 1,380904507 = 0,7935231556$$

$$\Delta\lambda_v = 37,48401431 = 37^\circ 29' 02,45'' \approx \underline{-37^\circ 29' W} \quad (\Delta\lambda_v = \Delta\lambda = 96^\circ 37' \text{ West})$$

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

Geografska dužina vrha ortodrome (λ_v) :

$$\lambda_v = \lambda_1 + \Delta\lambda_v = (-122^\circ 20') + (-37^\circ 29') = \underline{-159^\circ 49' W}$$

Vrh ortodrome je 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}'):

$$\begin{aligned}\lambda_{M1} &= \lambda_v + \Delta \lambda_M = -159^\circ 49' + 15^\circ = -144^\circ 49' \text{ W} && \text{geo. dužina međutočke - prema istoku E} \\ \lambda_{M1}' &= \lambda_v - \Delta \lambda_M = -159^\circ 49' - 15^\circ = -174^\circ 49' \text{ W} && \text{geo. dužina međutočke - prema zapadu' W}\end{aligned}$$

Vrijednost varijable ($\Delta \lambda_M = 15^\circ$) je zadana u zadatku !!

$$\begin{aligned}\text{tg } \varphi_{M1} &= \text{tg } \varphi_{M1}' = \cos \Delta \lambda_M \cdot \text{tg } \varphi_v \\ \text{tg } \varphi_{M1} &= \text{tg } \varphi_{M1}' = \cos (15^\circ) \cdot \text{tg } (54^\circ 05,4') = 0,9659258263 \cdot 1,380938331 \\ \text{tg } \varphi_{M1} &= \text{tg } \varphi_{M1}' = 1,333883998 \\ \varphi_{M1} &= \varphi_{M1}' = 53,14145763 = 53^\circ 08' 29,25'' \approx 53^\circ 08,5' \text{ N}\end{aligned}$$

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

Međutočka M_1 i M_1' ima koordinate :

M_1 prema istoku East	$\varphi_{M1} = +53^\circ 08,5' \text{ N}$	$\lambda_{M1} = -144^\circ 49' \text{ W}$
M_1' prema zapadu West	$\varphi_{M1}' = +53^\circ 08,5' \text{ N}$	$\lambda_{M1}' = -174^\circ 49' \text{ W}$

$$\begin{aligned}\lambda_{M2} &= \lambda_v + 2 \cdot \Delta \lambda_M = -159^\circ 49' + 30^\circ = -129^\circ 49' \text{ W} \\ \lambda_{M2}' &= \lambda_v - 2 \cdot \Delta \lambda_M = -159^\circ 49' - 30^\circ = -189^\circ 49' \text{ W} = +170^\circ 11' \text{ E}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{tg } \varphi_{M2} &= \text{tg } \varphi_{M2}' = \cos (2 \cdot \Delta \lambda_M) \cdot \text{tg } \varphi_v \\ \text{tg } \varphi_{M2} &= \text{tg } \varphi_{M2}' = \cos (2 \cdot 15^\circ) \cdot \text{tg } (54^\circ 05,4') = \cos (30^\circ) \cdot \text{tg } (54^\circ 05,4') \\ \text{tg } \varphi_{M2} &= \text{tg } \varphi_{M2}' = 0,8660254038 \cdot 1,380938331 = 1,195927676 \\ \varphi_{M2} &= \varphi_{M2}' = 50,09861127 = 50^\circ 05' 55'' \approx 50^\circ 05,9' \text{ N}\end{aligned}$$

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

Međutočka M_2 i M_2' ima koordinate :

M_2 prema istoku East	$\varphi_{M2} = +50^\circ 05,9' \text{ N}$	$\lambda_{M2} = -129^\circ 49' \text{ W}$
M_2' prema zapadu West	$\varphi_{M2}' = +50^\circ 05,9' \text{ N}$	$\lambda_{M2}' = +170^\circ 11' \text{ E}$

$$\lambda_{M3} = \lambda_v + 3 \cdot \Delta \lambda_M = -159^\circ 49' + 45^\circ = -114^\circ 49' \text{ W} \quad \text{je istočnije od polazne pozicije } P_1$$

$P_1 (\lambda_1 = 122^\circ 20' \text{ W}) \Rightarrow \lambda_{M3}$ je izvan plovnog puta kojim plovimo - Ne treba nam !!

$$\lambda_{M3}' = \lambda_v - 3 \cdot \Delta \lambda_M = -159^\circ 49' - 45^\circ = -204^\circ 49' \text{ W} = +155^\circ 11' \text{ E}$$

$$\begin{aligned}\text{tg } \varphi_{M3}' &= \cos (3 \cdot \Delta \lambda_M) \cdot \text{tg } \varphi_v \\ \text{tg } \varphi_{M3}' &= \cos (3 \cdot 15^\circ) \cdot \text{tg } (54^\circ 05,4') = \cos (45^\circ) \cdot \text{tg } (54^\circ 05,4') \\ \text{tg } \varphi_{M3}' &= 0,7071067812 \cdot 1,380938331 = 0,9764708582 \\ \varphi_{M3}' &= 44,31794752 = 44^\circ 19' 04,61'' \approx 44^\circ 19,1' \text{ N}\end{aligned}$$

Međutočka M_3' ima koordinate :

M_3' prema istoku East	$\varphi_{M3}' = +44^\circ 19,1' \text{ N}$	$\lambda_{M3}' = +155^\circ 11' \text{ E}$
--------------------------	---	--

$$\lambda_{M4}' = \lambda_v - 4 \cdot \Delta \lambda_M = -159^\circ 49' - 60^\circ = -219^\circ 49' \text{ W} = +140^\circ 11' \text{ E} \quad \text{Nije potrebna !}$$

Dolazna pozicija je $P_2 (\lambda_2 = 141^\circ 03' \text{ E})$, pa međutočka λ_{M4}' nije potrebna - jer je izvan rute plovidbe!

