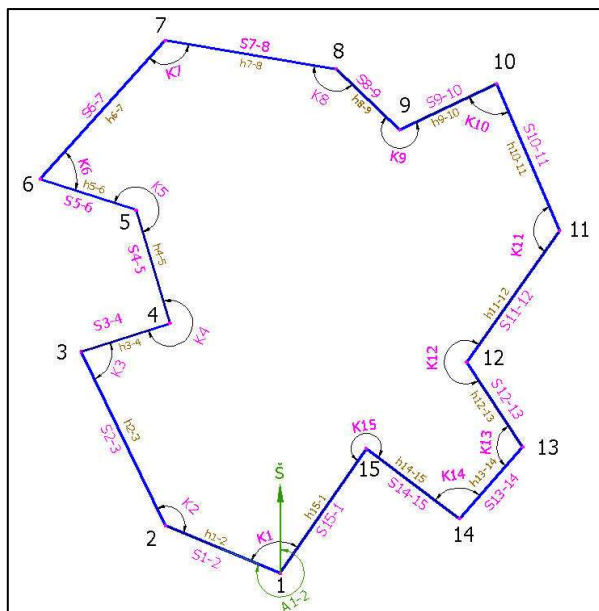


## Uždaro teodolitinio (poligonometrinio) ėjimo skaičiavimo pavyzdys

Atliktas III tikslumo klases uždaras poligonometrinis ėjimas (1 pav.).

Pagal gautus tiesioginių matavimų duomenis, apskaičiuoti uždaro poligonometrinio (teodolitinio) ėjimo taškų koordinatės (X,Y,Z)



1 pav. Uždaras teodolitinis (poligonometrinis) ėjimas

### Matavimo duomenys:

1 taško koordinatės (X,Y,Z) metrais: 54247.617, 66806.308, 129.920

Atkarpos 1-2 dir.kampas (L-M-S):  $A_{1-2} = 344-11-21$

### Išmatuoti vidiniai poligonometrinio ėjimo kampai (L-M-S):

$K_1 = 88-39-00$ ,  $K_2 = 130-24-07$ ,  $K_3 = 61-16-37$ ,  $K_4 = 297-46-32$ ,  $K_5 = 216-52-35$ ,

$K_6 = 67-59-57$ ,  $K_7 = 136-34-12$ ,  $K_8 = 142-15-54$ ,  $K_9 = 281-34-05$ ,  $K_{10} = 70-12-33$ ,

$K_{11} = 111-30-46$ ,  $K_{12} = 228-42-02$ ,  $K_{13} = 124-31-55$ ,  $K_{14} = 90-25-60$ ,  $K_{15} = 291-27-00$

### Išmatuoti atkarpų ilgiai (horizontalūs):

$S_{1-2} = 871.578$ ,  $S_{2-3} = 1561.374$ ,  $S_{3-4} = 381.856$ ,  $S_{4-5} = 861.711$ ,  $S_{5-6} = 787.608$ ,

$S_{6-7} = 1297.945$ ,  $S_{7-8} = 1200.508$ ,  $S_{8-9} = 591.551$ ,  $S_{9-10} = 730.244$ ,  $S_{10-11} = 1222.194$ ,

$S_{11-12} = 1121.404$ ,  $S_{12-13} = 623.077$ ,  $S_{13-14} = 659.164$ ,  $S_{14-15} = 771.494$ ,  $S_{15-1} = 1176.753$

### Išmatuoti peraukštėjimai tarp ėjimo taškų (metrais):

$$h_{1-2} = -9.054, h_{2-3} = -11.624, h_{3-4} = -36.087, h_{4-5} = +73.076, h_{5-6} = -17.485, h_{6-7} = -31.336$$

$$h_{7-8} = -3.926, h_{8-9} = +57.514, h_{9-10} = -51.563, h_{10-11} = -10.815, h_{11-12} = +17.648, h_{12-13} = -13.617$$

$$h_{13-14} = +19.054, h_{14-15} = -37.332, h_{15-1} = +55.547$$

**1. Apskaičiuojame matavimo kampų nesąryšį, įvertinam matavimo tikslumą ir pataisom matuotus kampus.**

*1 lentelė. Išmatuotų kampų taisymas*

Taško Nr.	Išmatuotas kampas (L-M-S)	Pataisa (sek.)	Pataisytas kampas
1	88-39-00	-53	88-38-07
2	130-24-07	-53	130-23-14
3	61-16-37	-53	61-15-44
4	297-46-32	-53	297-45-39
5	216-52-35	-53	216-51-42
6	67-59-57	-53	67-59-04
7	136-34-12	-53	136-33-19
8	142-15-54	-53	142-15-01
9	281-34-05	-53	281-33-12
10	70-12-33	-53	70-11-40
11	111-30-46	-53	111-29-53
12	228-42-02	-53	228-41-09
13	124-31-55	-53	124-31-02
14	90-25-60	-53	90-25-07
15	291-27-00	-53	291-26-07
<b>Σ</b>	<b>2340-13-15</b>	<b>-795</b>	<b>2340-00-00</b>

Norint įvertinti ar kampai išmatuoti teisingai ir reikiamu tikslumu, reikia apskaičiuoti išmatuotų ėjimo vidinių kampų sumą (1 lentelė) ir ją palyginti su teorine kampų suma (1). Kadangi matuojant neišvengiamos klaidos, tai išmatuotų kampų suma skirsis nuo teorinės

$$f_K = \Sigma K_m - \Sigma K_t \quad (1)$$

Čia  $f_K$  – kampinis nesąryšis,  $\Sigma K_t$  – teorinė poligono kampų suma,  $\Sigma K_m$  – išmatuotų poligono kampų suma

Jei ėjimas uždaras, tai bet kokio daugiakampio vidinių kampų suma bus apskaičiuojama pagal formulę (2)

$$\Sigma K_t = 180^\circ \times (n - 2) \quad (2)$$

Čia  $n$  – kampų skaičius poligone,  $\Sigma K_t$  – teorinė poligono kampų suma

$$\Sigma K_t = 180^\circ \times (15 - 2) = 2340 - 00 - 00$$

$$\Sigma K_m = 2340 - 13 - 15$$

$$f_K = [2340 - 13 - 15] - [2340 - 00 - 00] = +00 - 13 - 15 = +795 \text{ sek.}$$

Skaičiuojam leistiną poligono kampų nesąryšį (3)

Leistino kampų nesąryšio dydis priklauso nuo matavimų tikslumo klasės. Kuo tikslumo klasė mažesnė, tuo matavimų tikslumas didesnis. Praktikoje matavimų tikslumo klasė nurodoma techninėje darbų užduotyje.

2 lentelė. Matavimų tikslumo klasės

Leistini kampiniai nesąryšiai (sekundėmis)			
I klasė	II klasė	III klasė	IV klasė
$\pm 90\sqrt{n}$	$\pm 200\sqrt{n}$	$\pm 380\sqrt{n}$	$\pm 720\sqrt{n}$

**Pastaba. Lentelėje pateiktos reikšmės galioja tik šiam skaičiavimo pavyzdžiui**

Kadangi nurodyta, kad ėjimas III tikslumo klasės, tai leistinas nesąryšis bus

$$f_L = m_K \sqrt{n} = \pm 380'' \sqrt{15} = \pm 1472'' \quad (3)$$

Čia  $f_L$  – leistinas kampinis nesąryšis,  $m_K$  – vidutinė kvadratinė kampo matavimo klaida (priklauso nuo prietaiso tikslumo klasės),  $n$  – kampų skaičius poligone

Išmatuotų kampų nesąryšis LEISTINAS, nes  $(+795) < (+1472)$

Kadangi nesąryšis leistinas, tai kampai pataisomi **išdėstant nesąryšį su priešingu ženklu proporcingai kampų skaičiui**, po lygiai visiems kampams (4)

$$v_K = -\left(\frac{f_K}{n}\right) \quad (4)$$

Čia  $f_K$  – matuotų kampų nesąryšis,  $v_K$  – kampo pataisa

$$v_K = -\left(\frac{795}{15}\right) = -53$$

Apskaičiuota, kad kiekvieną kampą reikės sumažinti 53 sekundėmis. Gali būti, kad dėl apvalinimo klaidų neina padalinti pataisų po lygiai kiekvienam kampui, tuomet vienam ar keliems kampams įrašoma didesnė arba mažesnė pataisa. Kontrolei atliekamas pakartotinis įrašytų pataisų sumavimas, t.y. suma **turi būti lygi** apskaičiuotų pataisų sumai su priešingu ženklu.

Išdėsčius pataisas, visi kampai pataisomi. Kontrolei apskaičiuojama pataisytų kampų suma. **Gautoji suma turi idealiai sutapti su teorine ėjimo kampų suma** (žiūr. 1 lentelę).

**2. Pataisius kampus ir įsitikinus, kad pataisytų kampų suma sutampa su teorine ėjimo kampų suma skaičiuojami visų kraštinių direkciniai kampai (5)**

$$A_i = A_{i-1} + 180^\circ - K_i \quad (5)$$

čia  $A_i$  - i atkarpos direkcinis kampas

3 lentelė. Direkcinų kampų skaičiavimas

Taško Nr.	Pataisytas kampas (L-M-S)	Direkcinis kampas (L-M-S)
1	88-38-07	
		344-11-21 (duotas)
2	130-23-14	
		33-48-07
3	61-15-44	

		152-32-23
4	297-45-39	
		34-46-44
5	216-51-42	
		357-55-02
6	67-59-04	
		109-55-58
7	136-33-19	
		153-22-39
8	142-15-01	
		191-07-38
9	281-33-12	
		89-34-26
10	70-11-40	
		199-22-46
11	111-29-53	
		267-52-53
12	228-41-09	
		219-11-44
13	124-31-02	
		274-40-42
14	90-25-07	
		4-15-35
15	291-26-07	
		252-49-28
1	88-38-07	
		<b>344-11-21 (apskaičiuotas kontrolei turi idealiai sutapti su</b>

		<b>duotu dir. kampu)</b>
2		

Direkcinų kampų skaičiavimo kontrolei, dar kartą apskaičiuojame pradinį direkcinį kampą  $A_{1-2}$  (3 lentelė).

$$A_{1-2} = A_{15-1} + 180^\circ - K_1 = [252 - 49 - 28] + 180 - [88 - 38 - 07] = 344 - 11 - 21$$

**Apskaičiuota direkcinio kampo reikšmė turi sutapti su duotąja pradinio direkcinio kampo reikšme.**

### 3. Spendžiant tiesioginius uždaviniu ir apskaičiuojami koordinačių prieaugiai $\Delta X$ ir $\Delta Y$ (6)

$$\begin{aligned} \Delta X_i &= S_i \times \cos(A_i) \\ \Delta Y_i &= S_i \times \sin(A_i) \end{aligned} \quad (6)$$

4 lentelė. Koordinačių prieaugių skaičiavimas

Taško Nr.	Direkcinis kampas (L-M-S)	Išmatuotas atkarpos ilgis (m)	$\Delta X$	$\Delta Y$
1				
	344-11-21	871.578	+838.603	-237.472
2				
	33-48-07	1561.374	+1297.448	+868.630
3				
	152-32-23	381.856	-338.833	+176.087
4				
	34-46-44	861.711	+707.774	+491.529
5				
	357-55-02	787.608	+787.088	-28.624
6				

	109-55-58	1297.945	-442.492	+1220.189
7				
	153-22-39	1200.508	-1073.228	+537.960
8				
	191-07-38	591.551	-580.430	-114.162
9				
	89-34-26	730.244	+5.431	+730.224
10				
	199-22-46	1222.194	-1152.947	-405.552
11				
	267-52-53	1121.404	-41.456	-1120.637
12				
	219-11-44	623.077	-482.881	-393.765
13				
	274-40-42	659.164	+53.762	-656.968
14				
	4-15-35	771.494	+769.363	+57.305
15				
	252-49-28	1176.753	-347.496	-1124.275
1				
	<b>Sumos Σ=</b>	<b>13858.461</b>	<b>-0.294</b>	<b>+0.469</b>

Uždaramame poligone koordinačių prieaugių suma (7) turi būti lygi nuliui

$$\begin{aligned} f_x &= \sum \Delta X_m = -0.294 \\ f_y &= \sum \Delta Y_m = +0.469 \end{aligned} \quad (7)$$

Kadangi gauti nesąryšiai nėra lygūs nuliui, tai apskaičiuojam viso ėjimo perimetrą ( $P_s$ ) tikrinam ar jie leistini (8, 9, 10)

$$P_s = \sum_{i=1}^n S_i \quad (8) \qquad f_s = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} \quad (9)$$

Čia  $f_s$  – perimetro ( $P_s$ ) absoliutinis nesąryšis

$$\frac{f_s}{P_s} = \frac{1}{N} \quad (10)$$

Čia  $1/N$  – santykinis nesąryšis (santykinė klaida) ir yra **ėjimo tikslumo rodiklis** (priklauso nuo tikslumo reikalavimų, bet dažniausiai turi būti nemažesnis kaip  $1/2000$ )

$$P_s = 13858.461$$

$$f_s = \sqrt{(-0.294)^2 + (+0.469)^2} = \pm 0.554$$

$$\frac{1}{N} = \frac{0.554}{13858.461} = \frac{1}{25015.27} \approx \frac{1}{25000}$$

Kadangi nesąryšiai LEISTINI ( $\Sigma\Delta X < f_s = (-0.294) < (\pm 0.554)$ ,  $\Sigma\Delta Y < f_s = (+0.469) < (\pm 0.554)$  ir  $\frac{1}{N} = \frac{1}{25000} > \frac{1}{2000}$ ), tai galime skaičiuoti koordinatų prieaugių pataisas

#### 4. Skaičiuojame koordinatų prieaugių $\Delta X$ ir $\Delta Y$ pataisas proporcingai atkarpų ilgiams (11) ir juos (prieaugius) pataisome

Koordinatų prieaugių pataisos apskaičiuojamos proporcingai atkarpų ilgiams ir įvedamos su priešingu ženklu (11) (5 lentelė)

$$\begin{aligned} v_{\Delta X_i} &= -\left( S_i \times \frac{f_x}{P_s} \right) \\ v_{\Delta Y_i} &= -\left( S_i \times \frac{f_y}{P_s} \right) \end{aligned} \quad (11)$$



Kontrolei apskaičiuotos pataisos vėl sumuojamos. **Kontrolinės sumos turi sutapti su apskaičiuotais nesąryšiais** (5 lentelė). Jei dėl apvalinimo klaidų sumos nesigauna, tai pataisos ilgiausiomis atkarpoms truputį sumažinamos arba padidinamos, taip kad gautųsi tikslios sumos.

5 lentelė. Koordinačių prieaugių pataisos

Taško Nr.	Išmatuotas atkarpos ilgis (m)	$\Delta X$ (pataisa)	$\Delta Y$ (pataisa)
1			
	871.578	+838.603 (+0.018)	-237.472 (-0.029)
2			
	1561.374	+1297.448 (+0.034)	+868.630 (-0.053)
3			
	381.856	-338.833 (+0.008)	+176.087 (-0.013)
4			
	861.711	+707.774 (+0.018)	+491.529 (-0.029)
5			
	787.608	+787.088 (+0.017)	-28.624 (-0.027)
6			
	1297.945	-442.492 (+0.028)	+1220.189 (-0.044)
7			
	1200.508	-1073.228 (+0.025)	+537.960 (-0.041)
8			
	591.551	-580.430 (+0.013)	-114.162 (-0.020)
9			
	730.244	+5.431 (+0.015)	+730.224 (-0.025)
10			
	1222.194	-1152.947 (+0.026)	-405.552 (-0.041)

11			
	1121.404	-41.456 (+0.024)	-1120.637 (-0.038)
12			
	623.077	-482.881 (+0.013)	-393.765 (-0.021)
13			
	659.164	+53.762 (+0.014)	-656.968 (-0.022)
14			
	771.494	+769.363 (+0.016)	+57.305 (-0.026)
15			
	1176.753	-347.496 (+0.025)	-1124.275 (-0.040)
1			
	<b>13858.461</b>	<b>-0.294 (+0.294)</b>	<b>+0.469 (-0.469)</b>

### 5. Skaičiuojamos kiekvieno taško koordinatės X ir Y (12)

$$\begin{aligned} X_i &= X_{i-1} + \Delta X_i \\ Y_i &= Y_{i-1} + \Delta Y_i \end{aligned} \quad (12)$$

Prieš pradėdant skaičiuoti koordinatės tikslinga, kontrolei, dar kartą susumuoti jau pataisytus koordinatinių prieaugius. Jei viskas teisingai pataisyta, tai **sumos turi būti lygios nuliui**.

6 lentelė. Koordinatinių X ir Y skaičiavimas

Taško Nr.	Pataisyti prieaugiai		X	Y
	$\Delta X$	$\Delta Y$		
1			54247.617 (duotos)	66806.308 (duotos)
	+838.621	-237.501		
2			55086.238	66568.807
	+1297.482	+868.577		

3			56383.720	67437.384
	-338.825	+176.074		
4			56044.895	67613.458
	+707.792	+491.500		
5			56752.687	68104.958
	+787.105	-28.651		
6			57539.792	68076.307
	-442.464	+1220.145		
7			57097.328	69296.452
	-1073.203	+537.919		
8			56024.125	69834.371
	-580.417	-114.182		
9			55443.708	69720.189
	+5.446	+730.199		
10			55449.154	70450.388
	-1152.921	-405.593		
11			54296.233	70044.795
	-41.432	-1120.675		
12			54254.801	68924.120
	-482.868	-393.786		
13			53771.933	68530.334
	+53.776	-656.990		
14			53825.709	67873.344
	+769.379	+57.279		
15			54595.088	67930.623
	-347.471	-1124.315		
1			54247.617	66806.308

$\Sigma$	0.000	0.000		

Apėjus visą poligoną vėl turi gautis pradinio taško koordinatės (6 lentelė)

6. Jei žinomi peraukštėjimai  $h$  tarp ėjimo taškų, tai apskaičiuojame trečią kiekvieno taško koordinatę  $Z$  (13) (7 lentelė)

$$Z_i = Z_{i-1} + h_i \quad (13)$$

Kadangi poligonas uždaras, tai prieaugių  $h$  suma turi būti lygi 0. Jei taip nesigauna, tai taisome lygiai taip pat kaip ir prieaugius  $\Delta X$  ir  $\Delta Y$ , t.y. gautą nesąryšį išdaliname su priešingu ženklu proporcingai atkarpų ilgiams. Tik pataisius peraukštėjimus  $h$  galima skaičiuoti taškų koordinates  $Z$  (7 lentelė)

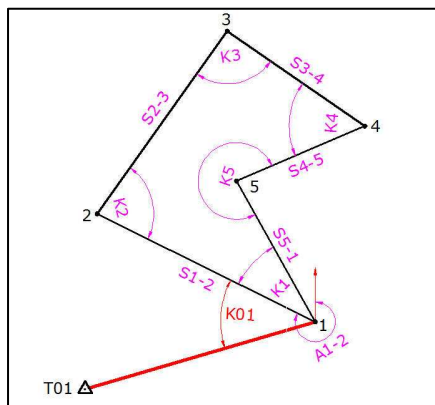
7 lentelė. Koordinačių  $Z$  skaičiavimas

Taško Nr.	Peraukštėjimas	Z
	h	
1		148.812 (duotos)
	-32.765	
2		116.047
	-21.351	
3		94.696
	+53.428	
4		148.124
	-72.726	
5		75.398
	+31.434	
6		106.832

	-4.881	
7		101.951
	+24.823	
8		126.774
	-49.320	
9		77.454
	+67.450	
10		144.904
	-26.633	
11		118.271
	-6.819	
12		111.452
	+12.304	
13		123.756
	+53.776	
14		106.238
	+9.559	
15		115.797
	+33.015	
1		148.812 (apskaičiuota kontrolei)
	<b>Σ 0.000</b>	

**Apėjus visą poligoną vėl turi gautis pradinio taško altitudė (7 lentelė)**

### Analitinis plotų skaičiavimo metodas



Jei žinomos taškų koordinatės -i taikomas analitinis plotų skaičiavimo metodas

Dvigubas plotas skaičiuojamas pagal formulę

$$2P = \sum_{i=1}^n X_i(Y_{i+1} - Y_{i-1}) = \sum_{i=1}^n Y_i(X_{i-1} - X_{i+1})$$

$$P = \frac{\sum_{i=1}^n X_i(Y_{i+1} - Y_{i-1})}{2}$$

$$P_{Kontrol} = \frac{\sum_{i=1}^n Y_i(X_{i-1} - X_{i+1})}{2}$$

**Svarbu nesusipainioti kad *i* yra taško eilės numeris, o ne taško numeris. Šiuo atveju jie sutampa**

1 lentelė(Apskaičiuotos koordinatės)

Eil.nr.	Taško Nr.	X	Y
5	5	6151.969	7262.952
1	1	5963.788	7368.095
2	2	6107.988	7077.113
3	3	6352.359	7250.710
4	4	6225.278	7434.112
5	5	6151.969	7262.952
1	1	5963.788	7368.095

2 lentelė(Skaičiuojami koordinacių skirtumai)

Eil.nr.	X	Y	$dX_i=X_{i-1}-X_{i+1}$	$dY_i=Y_{i+1}-Y_{i-1}$
5	6151.969	7262.952		
1	5963.788	7368.095	+43.981	-185.839
2	6107.988	7077.113	-388.571	-117.385
3	6352.359	7250.710	-117.290	+356.999
4	6225.278	7434.112	+200.390	+12.242
5	6151.969	7262.952	+261.490	-66.017
1	5963.788	7368.095		

3 lentelė(Skaičiuojamos sandaugos naudojant X koordinatę)

Eil. nr.	X	$dY_i$	Sandaugos ( $X_i * dY_i$ )
1	5963.788	-185.839	+324056.1862
2	6107.988	-117.385	-2749960.8755
3	6352.359	+356.999	-850435.7759
4	6225.278	+12.242	+1489721.7037
5	6151.969	-66.017	+1899189.3185
			<b>2P = 112570.557</b>

Kontrolė

4 lentelė(Skaičiuojamos sandaugos naudojant Y koordinatę)

Eil.nr.	Y	$dX_i$	Sandauga ( $Y_i * dX_i$ )
1	<b>7368.095</b>	<b>+43.981</b>	<b>-1108304.3981</b>
2	<b>7077.113</b>	<b>-388.571</b>	<b>-716986.1714</b>
3	<b>7250.710</b>	<b>-117.290</b>	<b>+2267785.8106</b>
4	<b>7434.112</b>	<b>+200.390</b>	<b>+76209.8533</b>
5	<b>7262.952</b>	<b>+261.490</b>	<b>-406134.5375</b>
			<b>2P = 112570.557</b>

**Galutinis plotas: 56285 m<sup>2</sup>**