

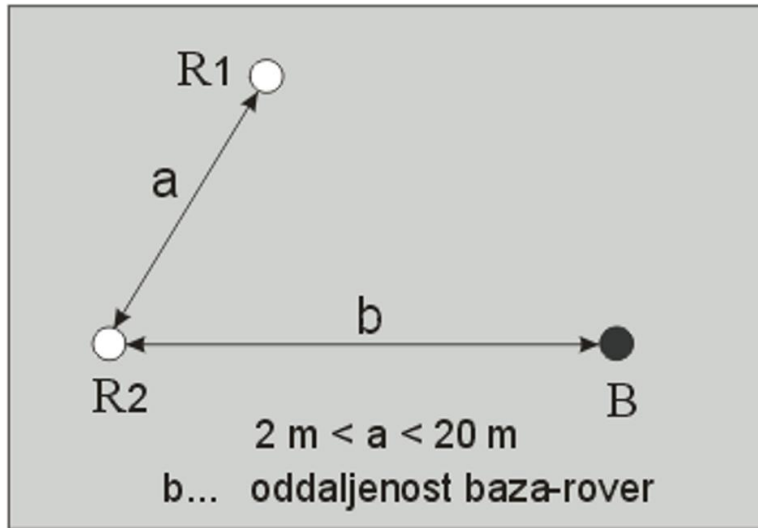
VAJA 6

PREIZKUS GNSS INSTRUMENTA PO STANDARDU ISO 17123-8

SATELITSKO PODPRTA GEODETSKA IZMERA – VAJE

2025/2026

ISO 17123-8: PREIZKUS INSTRUMENTOV GNSS



OSNOVNA KONFIGURACIJA:

- R1, R2: naši testni točki
- B: referenčna postaja

Standard temelji na obravnavanju:

- ravninskih koordinat e in n oziroma y in x ,
- elipsoidnih višinah h ,
- izračunanih horizontalnih dolžinah D ,
- izračunanih višinskih razlikah Δh .

Referenčni vrednosti horizontalne dolžine D^* in višinske razlike Δh^* določimo s tahimetričnimi meritvami. Veljati mora:

$$\sigma_{D^*} < 3 \text{ mm}$$

$$\sigma_{\Delta h^*} < 3 \text{ mm}$$

Po standardu ISO 17123-8 lahko preverimo:

- ali instrument GNSS deluje zanesljivo (poenostavljeni preizkus),**
- ali instrument GNSS v postopku RTK izmere zagotavlja natančnost določitve koordinat skladno z natančnostjo, deklarirano s strani proizvajalca (popolni preizkus).**

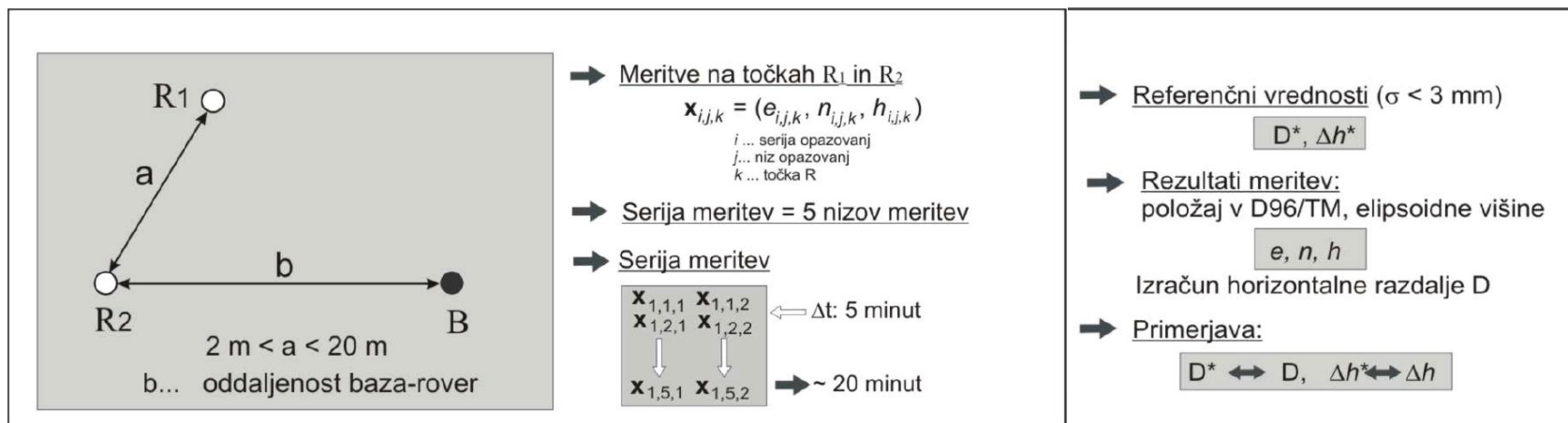
ISO 17123-8: POENOSTAVLJENI PREIZKUS

Poenostavljeni preizkus temelji na določitvi 3D koordinat v eni seriji, ki jo sestavlja pet nizov določitve koordinat z metodo RTK (posamezen niz je povprečje vsaj petih epoh). Časovni razmak med posameznimi nizi znaša 5 minut.

Poenostavljen preizkus uporabljamo za:

- preizkus zanesljivosti delovanja GNSS-instrumenta,
- odkrivanje grobih pogreškov v **popolnem preizkusu** po standardu ISO 17123-8.

Praktična izvedba enostavnega preizkusa traja približno 20 minut in je vezana na pojav odboja signala (angl. *multipath*).



ISO 17123-8: POENOSTAVLJENI PREIZKUS

1. Iz posameznega niza izračunamo horizontalno dolžino in višinsko razliko:

$$D_{i,j} = \sqrt{(e_{i,j,2} - e_{i,j,1})^2 + (n_{i,j,2} - n_{i,j,1})^2} \qquad \Delta h_{i,j} = h_{i,j,2} - h_{i,j,1}$$

2. Za posamezen niz izračunamo odstopanja od referenčnih vrednosti:

$$\varepsilon_{D_{i,j}} = D_{i,j} - D^* \qquad \varepsilon_{\Delta h_{i,j}} = \Delta h_{i,j} - \Delta h^*$$

3. Iskanje grobih pogreškov:

$$|\varepsilon_{D_{i,j}}| \leq 2,5 \cdot \sqrt{2} \cdot \sigma_{e,n} \qquad |\varepsilon_{\Delta h_{i,j}}| \leq 2,5 \cdot \sqrt{2} \cdot \sigma_h$$

$\sigma_{e,n}$ in σ_h sta s strani proizvajalca podana referenčna standardna odklona določitve horizontalnih koordinat oziroma višine.

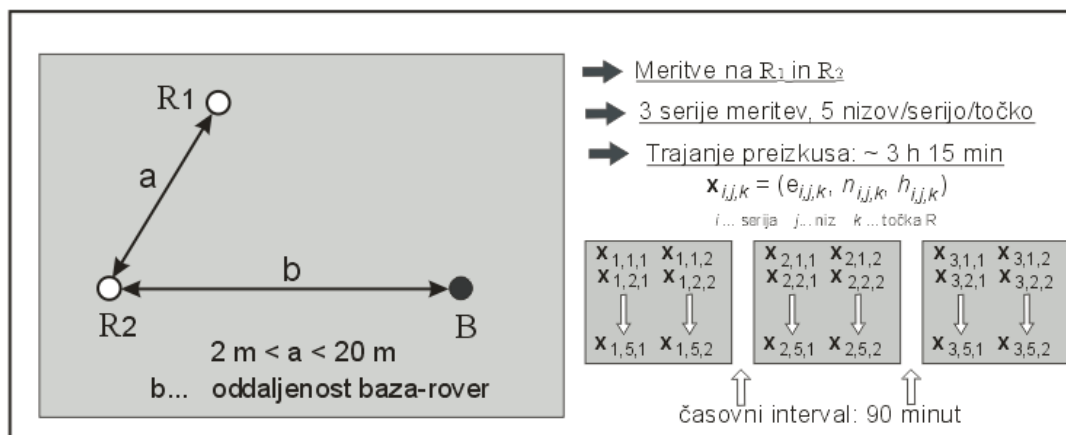
ISO 17123-8: POPOLNI PREIZKUS

Popolni preizkus temelji na določitvi 3D koordinat v treh serijah, pri čemer vsako serijo sestavlja pet nizov določitve koordinat z metodo RTK (posamezen niz je povprečje vsaj petih epoh). Časovni razmak med zaporednima nizoma znaša 5 minut, med začetkoma zaporednih serij pa 90 minut.

Popolni preizkus uporabljamo za:

- določitev empiričnega standardnega odklona določitve koordinat z RTK-izmero z obravnavanim GNSS-instrumentom in ugotavljanje, ali je dobljena natančnost v skladu z deklarirano natančnostjo.

Praktična izvedba popolnega preizkusa traja približno 3,5 ure in je vezana upoštevanje spremembe geometrije satelitov ter spremembe v ionosferi in troposferi.



ISO 17123-8: POPOLNI PREIZKUS

1. Iskanje grobih pogreškov:

- izvedba poenostavljenega preizkusa za posamezno serijo

2. Statistična ocena:

- Izračun srednjih vrednosti:

$$\bar{e}_k = \frac{1}{15} \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^5 e_{i,j,k}$$

$$\bar{n}_k = \frac{1}{15} \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^5 n_{i,j,k}$$

$$\bar{h}_k = \frac{1}{15} \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^5 h_{i,j,k}$$

- Izračun odstopanj od srednjih vrednosti:

$$r_{e_{i,j,k}} = \bar{e}_k - e_{i,j,k}$$

$$r_{n_{i,j,k}} = \bar{n}_k - n_{i,j,k}$$

$$r_{h_{i,j,k}} = \bar{h}_k - h_{i,j,k}$$

- Izračun prostostnih stopenj za statistične teste:

$$\nu_e = \nu_n = \nu_h = (m \cdot n - 1) \cdot p = (3 \cdot 5 - 1) \cdot 2 = 28$$

m ... število serij

n ... število nizov v eni seriji

p ... število točk

ISO 17123-8: Popolni preizkus

2. Statistična ocena:

- Izračun srednjih vrednosti
- Izračun odstopanj od srednjih vrednosti
- Izračun prostostnih stopenj za statistične teste
- Izračun standardnih odklonov posameznih meritev (varianca vzorca)

$$s_e = \sqrt{\frac{1}{28} \sum_{i=1}^{30} r_{e_i}^2}$$

$$s_n = \sqrt{\frac{1}{28} \sum_{i=1}^{30} r_{n_i}^2}$$

$$s_h = \sqrt{\frac{1}{28} \sum_{i=1}^{30} r_{h_i}^2}$$

Empirični standardni odklon vzorca za horizontalni položaj: $s_{ISO-GNSS-RTK-e,n} = \sqrt{s_e^2 + s_n^2}$

Empirični standardni odklon vzorca za višino: $s_{ISO-GNSS-RTK-h} = s_h$

ISO 17123-8: Popolni preizkus

1. Iskanje grobih pogreškov

2. Statistična ocena

3. Statistično testiranje hipotez:

- a) Ali je iz meritev izračunani standardni odklon $s_{ISO-GNSS-RTK-e,n}$ za posamezni horizontalni položaj (e, n) enak pripadajoči vrednosti $\sigma_{e,n}$, ki jo podaja proizvajalec oziroma ki smo jo določili s predhodno opravljenim testom?
- b) Ali je iz meritev izračunani standardni odklon $s_{ISO-GNSS-RTK-h}$ za elipsoidno višino h enak pripadajoči vrednosti σ_h , ki jo podaja proizvajalec oziroma ki smo jo določili s predhodno opravljenim testom?
- c) Ali standardna odklona dveh vzorcev horizontalnega položaja $s_{ISO-GNSS-RTK-e,n}$ in $\tilde{s}_{ISO-GNSS-RTK-e,n}$, ki se nanašata na meritve na isti točki in sta bila določena iz dveh popolnih preizkusov meritev, spadata v isto populacijo ob predpostavki, da imata vzorca enako število prostostnih stopenj ($\nu_e + \nu_n = \tilde{\nu}_e + \tilde{\nu}_n$)?
- d) Ali standardna odklona dveh vzorcev $s_{ISO-GNSS-RTK-h}$ in $\tilde{s}_{ISO-GNSS-RTK-h}$, ki se nanašata na isto elipsoidno višino h in sta bila določena iz dveh popolnih preizkusov meritev, spadata v isto populacijo ob predpostavki, da imata vzorca enako število prostostnih stopenj ($\nu_h = \tilde{\nu}_h$)?

ISO 17123-8: Popolni preizkus

- a) Ali je iz meritev izračunani standardni odklon $s_{ISO-GNSS-RTK-e,n}$ za posamezni horizontalni položaj (e, n) enak pripadajoči vrednosti $\sigma_{e,n}$, ki jo podaja proizvajalec oziroma ki smo jo določili s predhodno opravljenim testom?

V standardu sta ničelna in alternativna hipoteza podani kot:

$$H_0: s_{ISO-GNSS-RTK-e,n} \leq \sigma_{e,n}$$

$$H_1: s_{ISO-GNSS-RTK-e,n} > \sigma_{e,n}$$

Standard temelji na pogoju:

$$s_{ISO-GNSS-RTK-e,n} \leq \sigma_{e,n} \cdot \sqrt{\frac{\chi^2_{1-\alpha; (v_e+v_n)}}{v_e + v_n}}$$

Če pogoj **je** izpolnjen, ničelne domneve **H_0** s **tevganjem α** ne moremo zavrniti.

Če pogoj **ni** izpolnjen, ničelne domneve **H_0** **zavrremo** in s **tevganjem α** sprejmemo alternativno domnevo **H_1** .

Z upoštevanjem števila prostostnih stopenj $v_e + v_n = 56$ in kritične vrednosti χ^2 pri tveganju $\alpha = 5 \%$ ($\chi^2_{0,95;56} = 74,47$)

dobimo $\sqrt{\frac{\chi^2_{0,95;56}}{56}} = 1,15$ in zgornji pogoj preoblikujemo v:

$$s_{ISO-GNSS-RTK-e,n} \leq 1,15 \cdot \sigma_{e,n}$$

ISO 17123-8: Popolni preizkus

- b) Ali je iz meritev izračunani standardni odklon $s_{ISO-GNSS-RTK-h}$ za elipsoidno višino h enak pripadajoči vrednosti σ_h , ki jo podaja proizvajalec oziroma ki smo jo določili s predhodno opravljenim testom?

V standardu sta ničelna in alternativna hipoteza podani kot:

$$H_0: s_{ISO-GNSS-RTK-h} \leq \sigma_h$$

$$H_1: s_{ISO-GNSS-RTK-h} > \sigma_h$$

Standard temelji na pogoju:

$$s_{ISO-GNSS-RTK-h} \leq \sigma_h \cdot \sqrt{\frac{\chi_{1-\alpha;v_h}^2}{v_h}}$$

Če pogoj **je** izpolnjen, ničelne domneve **H_0** s **tevganjem α** ne moremo zavrniti.

Če pogoj **ni** izpolnjen, ničelne domneve **H_0** **zavrnamo** in s **tevganjem α** sprejmemo alternativno domnevo **H_1** .

Z upoštevanjem števila prostostnih stopenj $v_h = 28$ in kritične vrednosti χ^2 pri tveganju $\alpha = 5 \%$ ($\chi_{0,95;28}^2 = 41,34$) dobimo

$\sqrt{\frac{\chi_{0,95;28}^2}{28}} = 1,22$ in zgornji pogoj preoblikujemo v:

$$s_{ISO-GNSS-RTK-h} \leq 1,22 \cdot \sigma_h$$

ISO 17123-8: Popolni preizkus

- c) Ali standardna odklona dveh vzorcev horizontalnega položaja $s_{ISO-GNSS-RTK-e,n}$ in $\tilde{s}_{ISO-GNSS-RTK-e,n}$, ki se nanašata na meritve na isti točki in sta bila določena iz dveh popolnih preizkusov meritev, spadata v isto populacijo ob predpostavki, da imata vzorca enako število prostostnih stopenj ($\nu_e + \nu_n = \tilde{\nu}_e + \tilde{\nu}_n$)?
- d) Ali standardna odklona dveh vzorcev $s_{ISO-GNSS-RTK-h}$ in $\tilde{s}_{ISO-GNSS-RTK-h}$, ki se nanašata na isto elipsoidno višino h in sta bila določena iz dveh popolnih preizkusov meritev, spadata v isto populacijo ob predpostavki, da imata vzorca enako število prostostnih stopenj ($\nu_h = \tilde{\nu}_h$)?



Glej članek: Pavlovčič Prešeren, P., Mencin, A., Stopar, B. 2007. Analiza preizkusa instrumentarija GNSS-RTK po navodilih standarda ISO 17123-8. Geodetski vestnik, 54, 4: 607–626. doi:[10.15292/geodetski-vestnik.2010.04.607-626](https://doi.org/10.15292/geodetski-vestnik.2010.04.607-626)