TELESKOP d.o.o.
teleskop.si
info@teleskop.si
(02) 251-13-80
Ulica heroja Staneta 16, 2000 Maribor

# TEHNIČNO POROČILO

| | |
|---|---|
| ZADEVA: | PERIODIČNA IZMERA št. 4 |
| OBJKET: | JELENSKI VIADUKT PRI BOROVNICI |
| ŠT. DELA: | I-22-17-04 |
| NAROČNIK: | Slovenske železnice – Infrastruktura, d.o.o.<br>Kolodvorska ul. 11<br>1506 Ljubljana |
| GEODETSKO PODJETJE:<br>Teleskop d.o.o.,<br>Ulica heroja Staneta 16, 2000 Maribor,<br>ki ga zastopa: Tadej Ledinek | ŠT. 0071<br>TELESKOP d.o.o.<br>žig in podpis |
| ODGOVORNI GEODET:<br>Tadej Ledinek ing. geodezije,<br>sodni izvedenec za geodezijo | IZS. Geo0105<br>TADEJ LEDINEK<br>inž. geod.<br>IZS Geo0105<br>žig in podpis |
| IZDELAL:<br>Matevž Ledinek,<br>dipl. inž. geod. (UN) | |
| DATUM IN KRAJ IZDELAVE: | 10. 10. 2023, Maribor |

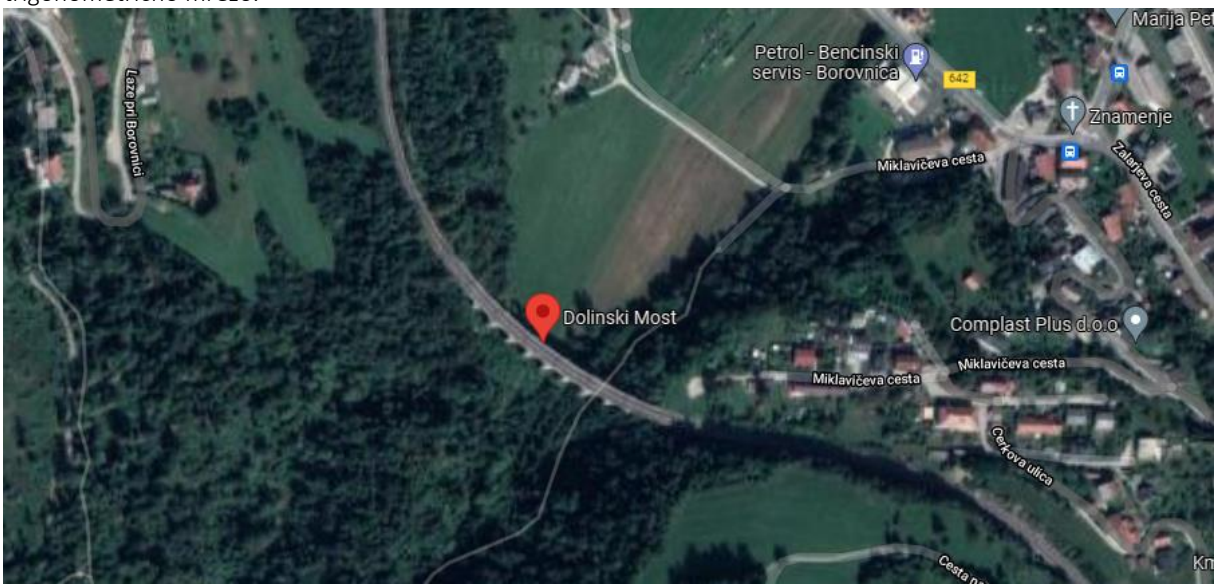
TELESKOP d.o.o.
teleskop.si
info@teleskop.si
(02) 251-13-80
Ulica heroja Staneta 16, 2000 Maribor

TEHNČNO POROČILO

## 1. UVOD

Za potrebe upravljanja in vzdrževanja železniških prog smo po naročilu Slovenskih železnic izvedli geodetsko meritev preciznega nivelmana in lokalne geodetske mreže v ločenih lokalnih koordinatnih sistemih, na podlagi katerih se bodo prikazovale kontrolne meritve deformacij na Jelenskem viaduktu pri Borovnici na progi Ljubljana – Sežana – državna meja v km 591+087.

Izhodiščno terensko izmero smo izvedli **10.10.2020**, kjer se je vzpostavilo lokalno nivelmansko in geodetsko trigonometrično mrežo.




*Slika 1: Lokacija mostu*

| | |
|---|---|
| Izhodiščna izmera: | 10.10.2020 |
| Izmera št. 2 | 18.10.2022 |
| Izmera št. 3 | 21.04.2023 |
| Izmera št. 4 | 10.10.2023 |

Datum opravljenih izmer

## 2. UPORABLJEN MERSKI INSTRUMENTARIJ

### a. NIVELMANSKA IZMERA

Merjenja so se opravila s preciznim elektronskim nivelirjem LEICA DNA03 (ser. št. 340821), precizno invar lato Leica GPCL2 (ser. št. 52491), žabo za postavljanje late (5kg), stativom, držalom late in merski trakom.

| Leica DNA 03 | |
|---|---|
| **Natančnost** | **Standardni odklon kilometra dvojnega nivelmana (ISO 17123 – 2)** |
| Elektronska meritev z invar lato | 0,3 mm |
| Elektronska meritev z kodirno lato | 1,5 mm |
| Optična meritev | 2,0 mm |
| Mersko območje | |
| Elektronska meritev | 1,8 m – 110 m |
| Optična meritev | od 0,6 m |

| | |
|---|---|
| Povečava daljnogleda | 24 x |
| Tip kompenzatorja | Nihalo z magnetnim dušenjem |
| Delovno območje kompenzatorja | ±10' |
| Natančnost kompenzatorja | 0,3" |

### 2.2 TRIGONOMETRIČNA IZMERA

Merjenja so se opravila z elektronskim tahimetrom Leica TCRP MS60, Leicinim stativom in reflektorji 4 x Leica GPH1P in 4x Leica GPR121.

| *Tahimeter Leica MS60 – osnovne specifikacije* | |
|---|---|
| *Standardni odklon Hz in V: ISO-1 123-3* | 1'' |
| *Standardni odklon razdalje z reflektorjem: ISO-1-123-4* | 1 mm + 1,5 ppm |
| *Doseg meritev z reflektorjem* | 3000 m |
| *Standardni odklon razdalje brez reflektorja: ISO-1-123-4* | 2 mm + 2 ppm < 500 m |
| *Doseg meritev brez reflektorja* | 300 m |
| *Povečava daljnogleda* | 30x |
| *Najkrajša vidna razdalja* | 1,7 m |
| *Geodetski pribor* | |
| *Prizme* | Leica GPH1P in GPR121 |
| *Podnožje* | Leica GST 20 |
| *Stabilizacija referenčnih točk* | 11R2-40W |
| *Nastavek za prizme referenčnih točk* | 11RS-W-VA |




## 3. IZVEDBA MERITEV

### 3.1 NIVELMANSKA IZMERA

Nivelmansko izmero smo izvedli po pravilih precizne nivelmanske izmere. Uporabili smo preizkušen instrument in komparirano nivelmansko lato. Nivelirali smo iz sredine, ter samo kakovost meritev nadzorovali s preverjanjem odstopanj pri niveliranju nivelmanskih linij v obeh smereh in odstopanj pri zapiranju nivelmanskih zank.
Rezultati posamezne nivelmanske izmere so popravljene merjene višinske razlike in dolžine nivelmanskih linij. Za izravnavo smo uporabili program Leica Infinity.

### 3.2 IZMERA GEODETSKE MREŽE

Pri izmeri smo uporabili tahimeter Leica MS60 in precizne prizme, ki so trajno stabilizirane z nastavki. Do vseh vidnih točk geodetske mreže smo na posameznem stojišču izmerili horizontalne smeri, zenitne razdalje in poševne dolžine v obeh krožnih legah, pri katerih smo se vzdolžno premikali ter s pomočjo vidnih preklopov posneli vse stabilizirane točke.

S pomočjo izravnave opazovanih količin smo s programom Leica Infinity pridobili koordinate točk, ki služijo nadaljnjim obravnavam.

# 4. REZULTATI

## 4.1 REZULTATI NIVELMANSKE IZMERE

**Izmera št. 0 – 2 – 3 – 4**

| Reper | Izmera 0 [m] | Izmera 2 [m] | Izmera 3 [m] | Izmera 4 [m] | Razlika 3-4 [m] | Razlika 0-4 [m] | SD h [m] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| R1 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0001 |
| R2 | 0,0575 | 0,0574 | 0,0572 | 0,0569 | -0,0003 | -0,0006 | 0,0001 |
| R3 | 0,4488 | 0,4487 | 0,4487 | 0,4486 | -0,0001 | -0,0002 | 0,0001 |
| R4 | 0,4659 | 0,4658 | 0,4655 | 0,4653 | -0,0002 | -0,0006 | 0,0001 |
| R5 | 1,0751 | 1,0751 | 1,0750 | 1,0751 | 0,0001 | 0,0000 | 0,0001 |
| R6 | 1,5192 | 1,5191 | 1,5188 | 1,5190 | 0,0002 | -0,0002 | 0,0001 |
| R7 | 1,8060 | 1,8065 | 1,8058 | 1,8069 | 0,0011 | 0,0009 | 0,0001 |
| R8 | 2,0177 | 2,0183 | 2,0173 | 2,0185 | 0,0012 | 0,0008 | 0,0001 |
| R9 | 2,1217 | 2,1224 | 2,1219 | 2,1230 | 0,0011 | 0,0013 | 0,0001 |
| R10 | 2,3368 | 2,3376 | 2,3368 | 2,3378 | 0,0010 | 0,0010 | 0,0001 |
| R11 | 2,3375 | 2,3380 | 2,3375 | 2,3386 | 0,0011 | 0,0011 | 0,0001 |
| R12 | 2,6105 | 2,6112 | 2,6105 | 2,6114 | 0,0009 | 0,0009 | 0,0001 |
| R13 | 2,6712 | 2,6715 | 2,6709 | 2,6720 | 0,0011 | 0,0008 | 0,0001 |
| R14 | 2,8950 | 2,8955 | 2,8945 | 2,8956 | 0,0011 | 0,0006 | 0,0001 |
| R15 | 3,2535 | 3,2533 | 3,2530 | 3,2534 | 0,0004 | -0,0001 | 0,0001 |
| R16 | 3,4941 | 3,4940 | 3,4939 | 3,4939 | 0,0000 | -0,0002 | 0,0001 |
| R17 | 3,0631 | 3,0610 | 3,0608 | 3,0605 | -0,0003 | -0,0026 | 0,0001 |
| R18 | 3,4718 | 3,4714 | 3,4715 | 3,4711 | -0,0004 | -0,0007 | 0,0001 |

Izračunane višine stabiliziranih Reparjev v izhodiščni in končni izmeri ostajajo v rangu premika 1 mm, kar nakazuje na stabilnost točk na samem viaduktu. Manjšo ne sovpadanje ki se je pojavilo na reperju št. R17, se med izmero št. 3 in 4 ni spremenilo, kar nakazuje na stabilnost vertikalnih točk v rangu 1mm.

**SKICA:**



*Slika 2: Skica nivelmanske mreže*

## 4.2 REZULTATI GEODETSKE TRIGONOMETRIČNE MREŽE

### Izmera št. 0 – 4

| | Izmera 0 – 4 | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Izhodiščna izmera (0) | | | Epoha (e4) | | | |
| točka | y | x | z | točka | y | x | z |
| 1 | 998,1090 | 1003,9921 | 0,0000 | 401 | 998,1084 | 1003,9923 | 0,0002 |
| 2 | 1001,8910 | 996,0079 | 0,0186 | 402 | 1001,8908 | 996,0075 | 0,0185 |
| 3 | 963,6193 | 988,1189 | 0,4645 | 403 | 963,6202 | 988,1189 | 0,4651 |
| 4 | 967,4189 | 979,3465 | 0,4383 | 404 | 967,4184 | 979,3450 | 0,4396 |
| 5 | 920,6541 | 971,1524 | 2,2305 | 405 | 920,6548 | 971,1519 | 2,2320 |
| 6 | 923,0581 | 963,1085 | 2,2055 | 406 | 923,0580 | 963,1050 | 2,2073 |
| 7 | 871,2193 | 961,1880 | 2,8103 | 407 | 871,2196 | 961,1858 | 2,8131 |
| 8 | 872,3294 | 952,7767 | 2,8382 | 408 | 872,3288 | 952,7739 | 2,8417 |
| 9 | 844,4631 | 959,4496 | 2,9735 | 409 | 844,4627 | 959,4474 | 2,9754 |
| 10 | 844,5950 | 951,2050 | 3,0121 | 410 | 844,5942 | 951,2015 | 3,0152 |
| 11 | 817,9831 | 960,4550 | 3,2884 | 411 | 817,9818 | 960,4528 | 3,2910 |
| 12 | 816,8543 | 952,1624 | 3,3035 | 412 | 816,8541 | 952,1587 | 3,3063 |
| 13 | 791,3453 | 963,7918 | 3,7136 | 413 | 791,3431 | 963,7907 | 3,7159 |
| 14 | 789,6333 | 955,6335 | 3,7225 | 414 | 789,6313 | 955,6296 | 3,7254 |
| 15 | 740,5720 | 977,9371 | 4,3533 | 415 | 740,5707 | 977,9362 | 4,3547 |
| 16 | 737,7092 | 970,1315 | 4,3459 | 416 | 737,7078 | 970,1297 | 4,3469 |
| 17 | 714,1417 | 990,1349 | 3,2559 | 417 | 714,1420 | 990,1359 | 3,2548 |
| 18 | 710,8680 | 982,0098 | 3,4076 | 418 | 710,8716 | 982,0127 | 3,4055 |
| 19 | 689,4981 | 1004,5646 | 3,7041 | 419 | 689,5006 | 1004,5662 | 3,7029 |
| 20 | 687,0414 | 995,4354 | 4,5132 | 420 | 687,0411 | 995,4345 | 4,5141 |

### Izračunani premiki št. 0 – 4 in točka premika

| IZRAČUN LINIJSKIH TOČK | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| dolžina 0-e1 | pomik | | | faktoriziran pomik * 1000 | | | LINIJSKA TOČKA | | |
| d1 [m] | Δy [m] | Δx [m] | Δz [m] | Dy' [m] | Dx' [m] | točka - v | y' | x' | z' |
| 0,0006 | -0,0006 | 0,0002 | 0,0002 | -0,0600 | 0,0200 | 401 | 998,0490 | 1004,0121 | 0,0002 |
| 0,0004 | -0,0002 | -0,0004 | -0,0001 | -0,0200 | -0,0400 | 402 | 1001,8710 | 995,9679 | 0,0185 |
| 0,0009 | 0,0009 | 0,0000 | 0,0006 | 0,0900 | 0,0000 | 403 | 963,7093 | 988,1189 | 0,4651 |
| 0,0016 | -0,0005 | -0,0015 | 0,0013 | -0,0500 | -0,1500 | 404 | 967,3689 | 979,1965 | 0,4396 |
| 0,0009 | 0,0007 | -0,0005 | 0,0015 | 0,0700 | -0,0500 | 405 | 920,7241 | 971,1024 | 2,2320 |
| 0,0035 | -0,0001 | -0,0035 | 0,0018 | -0,0100 | -0,3500 | 406 | 923,0481 | 962,7585 | 2,2073 |
| 0,0022 | 0,0003 | -0,0022 | 0,0028 | 0,0300 | -0,2200 | 407 | 871,2493 | 960,9680 | 2,8131 |
| 0,0029 | -0,0006 | -0,0028 | 0,0035 | -0,0600 | -0,2800 | 408 | 872,2694 | 952,4967 | 2,8417 |
| 0,0022 | -0,0004 | -0,0022 | 0,0019 | -0,0400 | -0,2200 | 409 | 844,4231 | 959,2296 | 2,9754 |
| 0,0036 | -0,0008 | -0,0035 | 0,0031 | -0,0800 | -0,3500 | 410 | 844,5150 | 950,8550 | 3,0152 |
| 0,0026 | -0,0013 | -0,0022 | 0,0026 | -0,1300 | -0,2200 | 411 | 817,8531 | 960,2350 | 3,2910 |
| 0,0037 | -0,0002 | -0,0037 | 0,0028 | -0,0200 | -0,3700 | 412 | 816,8343 | 951,7924 | 3,3063 |
| 0,0025 | -0,0022 | -0,0011 | 0,0023 | -0,2200 | -0,1100 | 413 | 791,1253 | 963,6818 | 3,7159 |
| 0,0044 | -0,0020 | -0,0039 | 0,0029 | -0,2000 | -0,3900 | 414 | 789,4333 | 955,2435 | 3,7254 |
| 0,0016 | -0,0013 | -0,0009 | 0,0014 | -0,1300 | -0,0900 | 415 | 740,4420 | 977,8471 | 4,3547 |
| 0,0023 | -0,0014 | -0,0018 | 0,0010 | -0,1400 | -0,1800 | 416 | 737,5692 | 969,9515 | 4,3469 |
| 0,0010 | 0,0003 | 0,0010 | -0,0011 | 0,0300 | 0,1000 | 417 | 714,1717 | 990,2349 | 3,2548 |
| 0,0046 | 0,0036 | 0,0029 | -0,0021 | 0,3600 | 0,2900 | 418 | 711,2280 | 982,2998 | 3,4055 |

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0,0030 | 0,0025 | 0,0016 | -0,0012 | 0,2500 | 0,1600 | 419 | 689,7481 | 1004,7246 | 3,7029 |
| 0,0009 | -0,0003 | -0,0009 | 0,0009 | -0,0300 | -0,0900 | 420 | 687,0114 | 995,3454 | 4,5141 |

Izračunani premiki na posameznih točkah in koordinate premikov pomnožene s faktorjem x 1000.

| Absolutna elipsa pogreškov (2D - 39.4 % 1D - 68.3%) | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Točka | os a [m] | os b [m] | h [m] | Orie. (ϕ) [°] |
| 1 | 0,0005 | 0,0003 | 0,0001 | -39 |
| 2 | 0,0006 | 0,0004 | 0,0001 | -47 |
| 3 | 0,0004 | 0,0002 | 0,0001 | -51 |
| 4 | 0,0005 | 0,0002 | 0,0001 | -46 |
| 5 | 0,0004 | 0,0002 | 0,0001 | -36 |
| 6 | 0,0004 | 0,0002 | 0,0001 | -54 |
| 7 | 0,0003 | 0,0003 | 0,0001 | -27 |
| 8 | 0,0004 | 0,0002 | 0,0001 | -50 |
| 9 | 0,0003 | 0,0003 | 0,0001 | -15 |
| 10 | 0,0004 | 0,0003 | 0,0001 | -38 |
| 11 | 0,0004 | 0,0003 | 0,0001 | -21 |
| 12 | 0,0004 | 0,0003 | 0,0001 | -22 |
| 13 | 0,0004 | 0,0002 | 0,0001 | -28 |
| 14 | 0,0004 | 0,0002 | 0,0001 | -15 |
| 15 | 0,0005 | 0,0002 | 0,0001 | -25 |
| 16 | 0,0004 | 0,0002 | 0,0001 | -11 |
| 17 | 0,0005 | 0,0003 | 0,0001 | -21 |
| 18 | 0,0006 | 0,0003 | 0,0001 | -13 |
| 19 | 0,0008 | 0,0005 | 0,0001 | 8 |
| 20 | 0,0008 | 0,0005 | 0,0001 | -15 |

Izračunane natančnosti izmere posamezne točke, so homogene čez celotno izmero in se gibljejo pod 1mm in sovpadajo z izhodiščno izmero in  št. 2 ter št. 3.

PREMIKI TRIGONOMETRIČNE MREŽE:

| Izmera - 00 - 04 | | | | | | Izmera - 03 – 04 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Pomiki med izmero | | | | | | Pomiki med izmero | | | | | |
| Vklop | Točka | d1 [mm] | Δy [mm] | Δx [mm] | Δz [mm] | Vklop | Točka | d1 [mm] | Δy [mm] | Δx [mm] | Δz [mm] |
| x | 1 | 0,6 | -0,6 | 0,2 | 0,2 | x | 1 | 0,2 | 0,1 | 0,2 | 0,5 |
| x | 2 | 0,4 | -0,2 | -0,4 | -0,1 | x | 2 | 0,4 | -0,2 | -0,4 | -0,3 |
| x | 3 | 0,9 | 0,9 | 0,0 | 0,6 | x | 3 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,4 |
| | 4 | 1,6 | -0,5 | -1,5 | 1,3 | | 4 | 0,1 | 0,0 | 0,1 | 0,6 |
| | 5 | 0,9 | 0,7 | -0,5 | 1,5 | | 5 | 1,4 | 1,1 | 0,8 | 0,7 |
| | 6 | 3,5 | -0,1 | -3,5 | 1,8 | | 6 | 3,8 | 2,9 | -2,4 | 1,1 |
| | 7 | 2,2 | 0,3 | -2,2 | 2,8 | | 7 | 1,8 | 1,3 | 1,2 | 2,1 |
| | 8 | 2,9 | -0,6 | -2,8 | 3,5 | | 8 | 1,6 | 0,5 | -1,5 | 3,0 |
| | 9 | 2,2 | -0,4 | -2,2 | 1,9 | | 9 | 0,7 | 0,0 | -0,7 | 1,2 |
| | 10 | 3,6 | -0,8 | -3,5 | 3,1 | | 10 | 1,4 | 0,3 | -1,4 | 2,6 |
| | 11 | 2,6 | -1,3 | -2,2 | 2,6 | | 11 | 1,6 | -1,5 | 0,4 | 2,0 |

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 12 | 3,7 | -0,2 | -3,7 | 2,8 | | 12 | 1,3 | 0,3 | -1,3 | 2,3 |
| | 13 | 2,5 | -2,2 | -1,1 | 2,3 | | 13 | 1,3 | -0,3 | 1,3 | 1,7 |
| | 14 | 4,4 | -2,0 | -3,9 | 2,9 | | 14 | 3,4 | -1,3 | -3,1 | 2,3 |
| | 15 | 1,6 | -1,3 | -0,9 | 1,4 | | 15 | 0,9 | -0,3 | 0,8 | 0,9 |
| | 16 | 2,3 | -1,4 | -1,8 | 1,0 | | 16 | 1,5 | -1,2 | -0,9 | 0,2 |
| x | 17 | 1,0 | 0,3 | 1,0 | -1,1 | x | 17 | 0,2 | 0,0 | 0,2 | -0,3 |
| | 18 | 4,6 | 3,6 | 2,9 | -2,1 | | 18 | 0,6 | 0,6 | 0,0 | -0,9 |
| | 19 | 3,0 | 2,5 | 1,6 | -1,2 | | 19 | 0,4 | 0,4 | 0,2 | -0,7 |
| x | 20 | 0,9 | -0,3 | -0,9 | 0,9 | x | 20 | 0,3 | 0,1 | -0,3 | 0,2 |

Tabela prikazuje premike trigonometrične mreže in vklope identičnih točk, ki v zgornji tabeli predstavlja točke 1,2,3 in 18 ter 20.
Kot lahko razberemo iz tabele se največji premiki od izhodiščne izmere pojavijo v rangu velikosti do 4 mm, ki nakazuje počasno tendenco premikov z vsakokratno izmero.

SKICA:

<




*Slika 3: Skica geodetske mreže*

## 5. *VREMENSKI POGOJI*

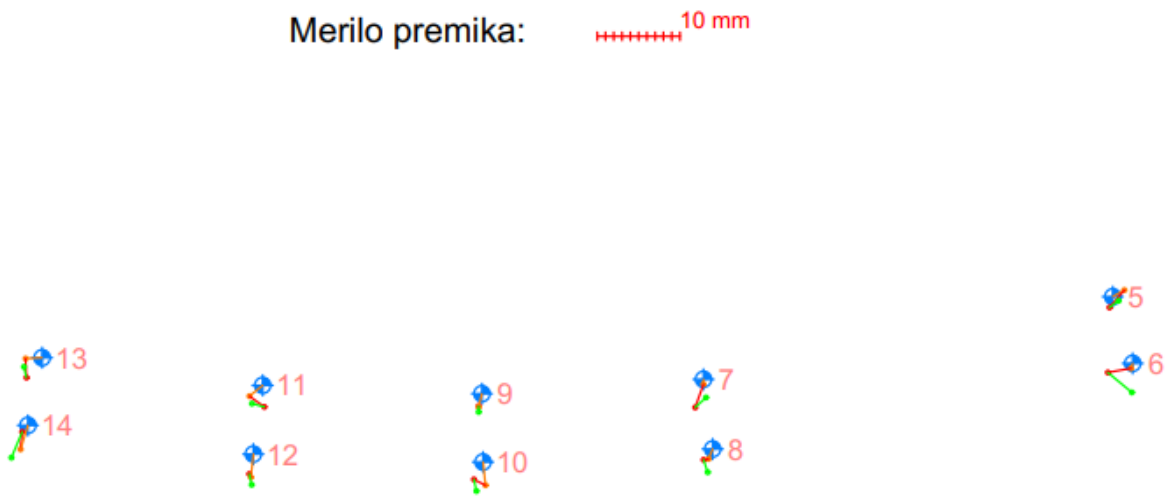
| Vremenski podatki: | |
|---|---|
| Temperatura | 25 |
| Tlak | 1020 mbar |
| Vlažnost | 60 % |
| PPM | 11,0 |

| Vremenske razmere: | |
|---|---|
| Vidljivost | Oblačno |
| Stabilnost | Dobra |
| Veter | Ne vetrovno |

## 6. ZAKLJUČEK

V trigonometrični mreži smo dosegli pod milimetrsko natančnost v posamezni izmeri.
Ob vklopu posameznih trigonometričnih mrež na krajne točke, zaznamo manjše premike stabiliziranih trigonometričnih točk na vrhu ograje, ki se gibljejo v rangu **do 4 mm**.

Posamezne izmere nakazujejo na počasno tendenco horizontalnih premikov, ki se lahko potrdijo v naslednjih izmerah.
**Trigonometrična mreža nakazuje, da se stabilizirane trigonometrične točke v horizontalni komponenti nekoliko premikajo v J – Z smeri, saj te presegajo 3 kratnik natančnosti posamezne izmere.**




**Vektorji premikov so izrisani v Skici:** I-22-17-04 z dne 10.10.2023.

V nivelmanski izmeri smo dosegli pod milimetrsko natančnost v posamezni izmeri.
Nivelmanska izmera potrdi stabilnost stabiliziranih reperjev, na katerih ne zaznamo posedanja, saj ti ostajajo v rangu 1 mm vrednosti vertikalne komponente s trigonometrično mrežo sovpadajo in potrjujejo korektnost izmere.

## 7. SLIKE STABILIZIRANIH TOČK



Stabilizirani reperji in trigonometrične točke na viaduktu



Stabilizirani reperji in trigonometrične točke na temeljih stebrov vozne mreže