

## 1. UVOD

Na zahtjev Naručitelja, **Ministarstva obrane Republike Hrvatske**, a prema ugovoru broj M3-0603-05-186 provedeni su radovi praćenja kakvoće vode na vojnom vježbalištu Eugen Kvaternik u Slunju.

Ovaj elaborat daje rezultate istražnih radova uzorkovanja i analize vode, napravljenih prema navedenom ugovoru. Uzorkovanja su provedena 19.05.2013. i 17.09.2013, duž toka rijeke Mrežnice i to: Vrelo Mrežnice koje se nalazi u središnjem dijelu poligona, Novakovića most koji se nalazi blizu sjeverne granice poligona i Čičin most koji se nalazi oko 5 km zračne linije sjeverno od granice poligona (*Slika 1*). Lokacije su međusobno udaljene oko 8 km zračne linije jedna od druge.

**Tablica 1. Koordinate uzorkovanja vode na lokaciji poligona Eugen Kvaternik kod Slunja, lokacije su poredane od uzvodne prema nizvodnoj.**

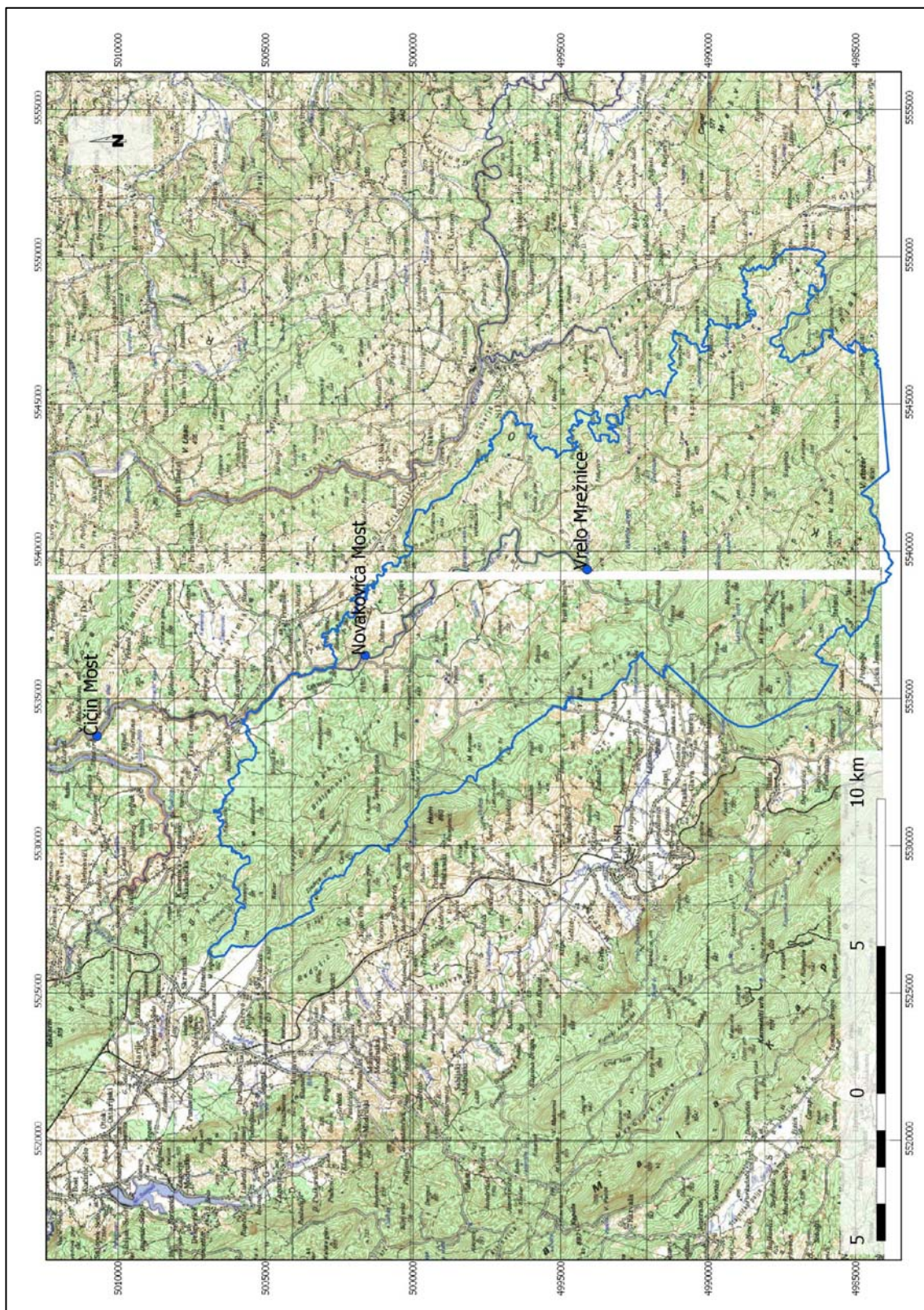
| Lokacija           | WGS 84      |             | UTM     |         |
|--------------------|-------------|-------------|---------|---------|
|                    | $\lambda$   | $\varphi$   | x       | y       |
| 1. Vrelo Mrežnice  | 45°5'25,4"  | 15°30'0,8"  | 5539371 | 4994097 |
| 2. Novakovića most | 45°9'29,7"  | 15°27'49,5" | 5536457 | 5001620 |
| 3. Čičin most      | 45°14'24,7" | 15°25'46,2" | 5533717 | 5010709 |

Radovi uzorkovanja i analize vode na lokacijama izvorišta i tokova, predstavljaju nastavak redovnog programa monitoringa propisanog Studijom utjecaja na okoliš ciljanog sadržaja (izradio Urbanistički institut Hrvatske d.d., u listopadu 2003.) gdje je uz propisane mjere zaštite okoliša i plan provedba mjera, propisan i monitoring,

*Uzorke treba uzimati 4 puta godišnje a analizama određivati: boju, miris, prozirnost, vidljive plivajuće otpadne tvari, vidljive mineralne masnoće, suspendirane tvari, KPK, pH, amonijak, nitrite, nitrate, kloride, sulfate, fluoride, cijanide, elektroprovodljivost, utrošak  $\text{KMnO}_4$ , ukupni dušik, ukupni fosfor, arsen, bakar, cink, kadmij, kalij, kalcij, krom, magnezij, mangan, natrij, nikal, olovo, željezo, živu, silikate, fosfate, hidrokarbonate, ukupnu tvrdoću, karbonatnu tvrdoću, ukupne koliforme, fekalne koliforme, fekalne streptokoke, broj aerobnih bakterija (pri 37°C), broj aerobnih bakterija (pri 22°C) te pseudomonas aeruginosa.*

*Nakon svake analize treba provesti interpretaciju s ocjenom kvalitete vode, te definiranjem trendova i uzroka eventualnih promjena.*

Sadašnji radovi su nastavak radova provedenih tijekom 2009. i 2012. godine.



**Slika 1. Točke uzorkovanja vode na lokaciji poligona Eugen Kvaternik kod Slunja (granica poligona je označena plavom linijom)**

## **2. TERENSKI ISTRAŽNI RADOVI NA VOJNOM VJEŽBALIŠTU "EUGEN KVATERNIK" SLUNJ**

### **2.1. UZORKOVANJE VODE**

Uzorkovanje vode je tijekom 2013. provedeno u dva ciklusa i to u proljeće i jesen.

**1. Ciklus: svibanj**, voda je uzorkovana na sljedećim lokacijama: Vrelo Mrežnice, Novakovića Most i Čičin Most.

**2. Ciklus: rujan**, kao i u prethodnom ciklusu u svibnju, uzorkovanja su bila provedena na istim lokacijama.

Uzorci su uzimani uzorkivačem u prethodno pripremljenu ambalažu od strane ovlaštenog laboratorija (Zavod za javno zdravstvo Dr. Andrija Štampar, Zagreb). Parametri na koje su uzorci bili ispitivani i rezultati analiza su dani u **tablicama 2, 3 i 4**.



**Tablica 2. Rezultati analize vode na lokaciji Vrelo Mrežnice tijekom tri ciklusa uzorkovanja u 2009. te po dva ciklusa u 2012. i 2013. godini. Za uzorke uzete 2009. godine, u zagradi je dana kategorizacija vode obzirom na dani parametar prema tada važećoj Uredbi o klasifikaciji voda (NN 77/1998, 137/2008).**

|                                  | 08.2009. | 10.2009. | 11.2009. | 09.2012. | 10.2012. | 05.2013. | 09.2013. |
|----------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Boja                             | <5,00    | <5,00    | <5,00    | bez      | bez      | 5,00     | 15,00    |
| Mutnoća                          | 0,90     | bez      | bez      | bez      | bez      | 0,42     | 1,00     |
| Miris                            | bez      | bez      | bez      | bez      | bez      | Bez      | Bez      |
| pH                               | 7,44     | 7,69     | 7,67     | 7,99     | 7,77     | 7,60     | 7,70     |
| Elektrovodljivost                | 442,00   | 452,00   | 432,00   | 423,00   | 429,00   | 425,00   | 451,00   |
| Utrošak KMnO <sub>4</sub>        | 0,70     | 0,50     | 1,20     | 0,98     | 1,07     | <0,50    | 1,30     |
| KPK Cr                           | 7,95     | 1,20     | 2,40     | /        | /        | 8,10     | 5,97     |
| Ukupna tvrdoća                   | 220,60   | 318,80   | 241,60   | 137,00   | 137,20   | 239,40   | 269,00   |
| Karbonatna tvrdoća               | 219,70   | 241,90   | 216,20   | 127,00   | 127,80   | 221,90   | 235,20   |
| Hidrokarbonati                   | 267,80   | 250,10   | 263,50   | /        | /        | 270,50   | 286,70   |
| ukupna suspendirana tvar (105°C) | 0,00     | 0,00     | 0,00     | <2,00    | <2,00    | 0,00     | 0,00     |
| Silikati                         | 2,60     | 3,50     | 2,80     | 3,01     | 3,00     | 2,10     | 3,00     |
| Krom ukupni                      | <2,00    | <2,00    | <2,00    | <0,01    | <0,001   | <2,00    | <2,00    |
| Cink                             | <20,00   | <20,00   | <20,00   | 0,104    | 0,063    | <20,00   | 88,10    |
| Nikal                            | <5,00    | <5,00    | <5,00    | <0,01    | <0,01    | <5,00    | <5,00    |
| Željezo                          | 72,10    | 98,00    | 40,00    | /        | 0,0453   | <20,00   | 30,30    |
| Mangan                           | 29,30    | <10,00   | <10,00   | 0,005    | 0,0053   | <10,00   | <10,00   |
| Ukupni dušik                     | 6,95     | 8,81     | 18,00    | 0,98     | 1,29     | 2,71     | 1,69     |
| Ukupni fosfor                    | <0,01    | 0,03     | <0,01    | 0,008    | 0,42     | 0,003    | 0,006    |
| Cijanidi                         | <1,00    | <1,00    | <1,00    | 0,00     | 0,00     | <1,00    | <1,00    |
| Koliformne bakterije             | 356,00   | 7,00     | 68,00    | 23,00    | 96,00    | 146,00   | 360,00   |
| Fekalni koliformi                | /        | /        | /        | /        | /        | 4,00     | 98,00    |
| E. Coli                          | 268,00   | /        | 10,00    | 12,00    | /        | /        | /        |
| Enterokoki                       | 55,00    | /        | 2,00     | 78,00    | 19,00    | 2,00     | 58,00    |
| Broj kolonija 37°C/24h           | 1840,00  | /        | 58,00    | 70,00    | 106,00   | 147,00   | ≈ 360,00 |
| Broj kolonija 22°C/24h           | 1472,00  | /        | 135,00   | 107,00   | 256,00   | ≈ 660,00 | ≈ 840,00 |
| Pseudomonas aeruginosa           | 14,00    | /        | 2,00     | 0,00     | 3,00     | 0,00     | 0,00     |
| Fluoridi                         | 35,00    | 46,00    | 47,00    | 0,03     | 0,034    | 30,00    | 44,00    |
| Kloridi                          | 1,41     | 1,74     | 1,31     | 4,25     | 4,54     | 1,18     | 1,60     |
| Nitriti                          | <0,03    | <0,03    | <0,03    | 0,001    | 0,0005   | <0,03    | <0,03    |
| Nitrati                          | 3,87     | 4,61     | 4,01     | 0,78     | 1,17     | 2,64     | 3,31     |
| Fosfati                          | <0,03    | <0,03    | <0,03    | /        | /        | <0,03    | <0,03    |
| Sulfati                          | 5,36     | 5,87     | 5,07     | 6,29     | 2,00     | 3,49     | 4,86     |
| Amonij                           | <0,04    | <0,04    | <0,04    | 0,19     | 0,11     | <0,05    | <0,05    |
| Natrij                           | 0,90     | 0,97     | 0,82     | 0,93     | 0,7273   | 0,98     | 1,05     |
| Kalij                            | 0,38     | 0,92     | 0,34     | 0,43     | 0,3473   | 0,40     | <0,80    |
| Kalcij                           | 50,40    | 71,30    | 76,80    | 69,50    | 77,9     | 62,10    | 54,10    |
| Magnezij                         | 17,30    | 19,80    | 9,95     | 16,90    | 14,12    | 10,70    | 18,30    |
| Mineralna ulja                   | <5,00    | <5,00    | <0,5     | /        | /        | <5,00    | <5,00    |
| Bakar                            | 1,86     | 1,48     | 0,64     | 0,02     | 0,0254   | <20,00   | <20,00   |
| Olovo                            | 1,37     | 1,27     | <0,2     | 0,01     | 0,0075   | <5,00    | <5,00    |
| Kadmij                           | 0,03     | <0,02    | <0,02    | <0,001   | <0,001   | <1,00    | <1,00    |
| Arsen                            | <5,00    | <5,00    | <5,00    | <0,001   | <0,001   | <5,00    | <5,00    |
| Živa                             | <0,01    | 0,019    | <0,01    | <0,01    | <0,0001  | <0,200   | <0,200   |
| Ortofosfati                      | /        | /        | /        | 0,001    | /        | /        | /        |
| Ukupna ulja i masti              | /        | /        | /        | 0,37     | /        | /        | /        |

**Tablica 3. Rezultati analize vode na lokaciji Novakovića Most tijekom tri ciklusa uzorkovanja u 2009. te po dva ciklusa u 2012. i 2013. godini. Za uzorke uzete 2009. godine, u zagradi je dana kategorizacija vode obzirom na dani parametar prema tada važećoj Uredbi o klasifikaciji voda (NN 77/1998, 137/2008).**

|                                  | 08.2009. | 10.2009. | 11.2009. | 09.2012. | 10.2012. | 05.2013.  | 09.2013.   |
|----------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|------------|
| Boja                             | <5,00    | <5,00    | <5,00    | Bez      | bez      | 10,00     | 15,00      |
| Mutnoća                          | 2,50     | bez      | bez      | Bez      | bez      | 0,80      | 0,93       |
| Miris                            | bez      | bez      | bez      | Bez      | bez      | Bez       | bez        |
| pH                               | 7,77     | 7,80     | 7,97     | 8,03     | 7,96     | 7,90      | 7,90       |
| Elektrovodljivost                | 417,00   | 441,00   | 427,00   | 402,00   | 426,00   | 423,00    | 439,00     |
| Utrošak KMnO <sub>4</sub>        | 2,40     | 0,60     | 1,10     | 0,92     | 0,95     | 0,70      | 0,90       |
| KPK Cr                           | 11,53    | 1,60     | 2,60     | /        | /        | 8,50      | 1,22       |
| Ukupna tvrdoća                   | 245,20   | 251,80   | 239,20   | 128,00   | 137,50   | 241,20    | 266,00     |
| Karbonatna tvrdoća               | 214,20   | 231,30   | 218,20   | 118,00   | 126,50   | 226,00    | 230,20     |
| Hidrokarbonati                   | 261,10   | 239,10   | 266,00   | /        | /        | 275,40    | 256,20     |
| ukupna suspendirana tvar (105°C) | 1,20     | 0,60     | 0,00     | <2,00    | <2,00    | 1,20      | 0,00       |
| Silikati                         | 2,20     | 4,10     | 2,90     | 2,62     | 2,80     | 2,10      | 2,60       |
| Krom ukupni                      | <2,00    | 3,10     | <2,00    | <0,01    | <0,0023  | <2,00     | <2,00      |
| Cink                             | 159,00   | <20,00   | <20,00   | 0,028    | 0,0277   | <20,00    | <20,00     |
| Nikal                            | <5,00    | <5,00    | <5,00    | <0,01    | <0,01    | <5,00     | <5,00      |
| Željezo                          | 54,10    | 145,00   | 39,50    | <0,01    | 0,0345   | <20,00    | 23,60      |
| Mangan                           | <10      | <10      | <10      | 0,006    | 0,0073   | <10,00    | <10,00     |
| Ukupni dušik                     | 8,36     | 13,10    | 12,30    | 0,98     | 1,25     | 4,49      | 1,34       |
| Ukupni fosfor                    | <0,01    | 0,02     | 0,01     | 0,014    | 0,12     | 0,005     | 0,003      |
| Cijanidi                         | <1,00    | <1,00    | <1,00    | 0,00     | 0,00     | <1,00     | /          |
| Koliformne bakterije             | 284,00   | /        | 74,00    | 23,00    | 72,00    | 127,00    | 32000,00   |
| Fekalni koliformi                | /        | /        | /        | /        | /        | 8,00      | 2160,00    |
| E. Coli                          | 119,00   | /        | 14,00    | 8,00     | /        | /         | /          |
| Enterokoki                       | 38,00    | /        | 2,00     | 15,00    | 17,00    | 0,00      | 970,00     |
| Broj kolonija 37°C/24h           | 841,00   | /        | 62,00    | 190,00   | 212,00   | 99,00     | ≈ 29600,00 |
| Broj kolonija 22°C/24h           | 1080,00  | /        | 298,00   | 280,00   | 456,00   | ≈ 1150,00 | ≈ 31200,00 |
| Pseudomonas aeruginosa           | 2,00     | /        | 0,00     | 0,00     | 3,00     | 0,00      | 0,00       |
| Fluoridi                         | 63,00    | 44,00    | 42,00    | 0,03     | 0,029    | <30,00    | 36,00      |
| Kloridi                          | 1,33     | 1,60     | 1,34     | 3,76     | 3,62     | 1,14      | 1,26       |
| Nitriti                          | <0,03    | <0,03    | <0,03    | 0,001    | 0,0004   | <0,03     | <0,03      |
| Nitrati                          | 2,48     | 4,03     | 3,85     | 0,80     | 1,15     | 2,48      | 2,80       |
| Fosfati                          | <0,03    | <0,03    | <0,03    | /        | /        | <0,03     | <0,03      |
| Sulfati                          | 8,27     | 5,84     | 5,03     | 6,48     | 2,00     | 3,34      | 4,68       |
| Amonij                           | <0,04    | <0,04    | <0,04    | 0,17     | 0,09     | <0,05     | <0,05      |
| Natrij                           | 0,99     | 0,87     | 0,83     | 0,76     | 0,6849   | 0,98      | 0,83       |
| Kalij                            | 0,47     | 0,69     | 0,36     | 0,31     | 0,2988   | 0,40      | <0,80      |
| Kalcij                           | 66,00    | 70,30    | 77,20    | 63,30    | 74,78    | 69,10     | 49,10      |
| Magnezij                         | 16,10    | 19,60    | 9,52     | 16,90    | 14,26    | 9,81      | 18,10      |
| Mineralna ulja                   | <0,50    | <0,50    | <0,50    | /        | /        | <5,00     | <5,00      |
| Bakar                            | 2,11     | 1,69     | 1,35     | 0,01     | 0,0221   | <20,00    | <20,00     |
| Olovo                            | 1,74     | 1,31     | <0,20    | 0,02     | 0,0119   | <5,00     | <5,00      |
| Kadmij                           | 0,02     | <0,02    | <0,02    | <0,001   | <0,001   | <1,00     | <1,00      |
| Arsen                            | <0,50    | <0,50    | <0,50    | <0,001   | <0,001   | <0,50     | <0,50      |
| Živa                             | 0,03     | 0,014    | <0,01    | <0,001   | 0,0001   | 0,20      | <0,20      |
| Ortofosfati                      | /        | /        | /        | 0,001    | /        | /         | /          |
| Ukupna ulja i masti              | /        | /        | /        | 0,41     | /        | /         | /          |

**Tablica 4. Rezultati analize vode na lokaciji Čičin Most tijekom tri ciklusa uzorkovanja u 2009. te po dva ciklusa u 2012. i 2013. godini. Za uzorke uzete 2009. godine, u zagradi je dana kategorizacija vode obzirom na dani parametar prema tada važećoj Uredbi o klasifikaciji voda (NN 77/1998, 137/2008).**

|                                  | 08.2009. | 10.2009. | 11.2009. | 09.2012. | 10.2012. | 07.2013.  | 09.2013.   |
|----------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|------------|
| Boja                             | <5,00    | <5,00    | <5,00    | bezbojna | bez      | 15,00     | 25,00      |
| Mutnoća                          | 1,70     | bez      | bez      | bez      | bez      | 1,00      | 1,90       |
| Miris                            | bez      | bez      | bez      | bez      | bez      | bez       | Bez        |
| pH                               | 7,89     | 7,65     | 8,13     | 8,02     | 7,91     | 8,10      | 8,10       |
| Elektrovodljivost                | 378,00   | 406,00   | 412,00   | 404,00   | 430,00   | 421,00    | 403,00     |
| Utrošak KMnO <sub>4</sub>        | 1,60     | 1,20     | 1,50     | 1,29     | 0,89     | 1,40      | 1,40       |
| KPK Cr                           | 4,74     | 3,50     | 2,60     | /        | /        | 14,10     | 1,02       |
| Ukupna tvrdoća                   | 218,00   | 217,00   | 232,80   | 134,00   | 147,80   | 242,00    | 240,00     |
| Karbonatna tvrdoća               | 199,70   | 206,50   | 210,20   | 120,00   | 125,60   | 227,10    | 210,20     |
| Hidrokarbonati                   | 243,40   | 213,50   | 256,20   | /        | /        | 276,90    | 256,2      |
| ukupna suspendirana tvar (105°C) | 0,00     | 0,40     | 0,00     | <2,00    | <2,00    | 0,80      | 0,00       |
| Silikati                         | 0,00     | 2,10     | 2,50     | 2,64     | 2,75     | 2,00      | 2,10       |
| Krom ukupni                      | <2,00    | 3,10     | <2,00    | <0,01    | 0,0030   | <2,00     | <2,00      |
| Cink                             | 48,20    | <20,00   | <20,00   | 0,012    | 0,0218   | 24,8      | 22,3       |
| Nikal                            | <5,00    | <5,00    | <5,00    | <0,01    | <0,01    | <5,00     | <5,00      |
| Željezo                          | 116,00   | 193,00   | 34,70    | <0,01    | 0,0249   | <20,00    | 25,20      |
| Mangan                           | <10      | <10      | <10      | 0,06     | 0,007    | <10,00    | <10,00     |
| Ukupni dušik                     | 5,92     | 6,85     | 8,96     | 0,79     | 1,25     | 3,47      | 1,01       |
| Ukupni fosfor                    | <0,01    | 0,02     | <0,01    | 0,019    | 0,06     | 0,004     | 0,009      |
| Cijanidi                         | <1,00    | <1,00    | <1,00    | 0,00     | 0,00     | <1,00     | <1,00      |
| Koliformne bakterije             | 112,00   | /        | 62,00    | 23,00    | 92,00    | 98,00     | 30500,00   |
| Fekalni koliformi                | /        | /        | /        | /        | /        | 2,00      | 1820,00    |
| E. Coli                          | 4,00     | /        | 1,00     | 15,00    | 45,00    | /         | /          |
| Enterokoki                       | 4,00     | /        | 0,00     | 41,00    | 38,00    | 0,00      | 750,00     |
| Broj kolonija 37°C/24h           | 832,00   | /        | 113,00   | 160,00   | 172,00   | 177,00    | ≈ 27200,00 |
| Broj kolonija 22°C/24h           | 464,00   | /        | 352,00   | 450,00   | 288,00   | ≈ 1120,00 | ≈ 29800,00 |
| Pseudomonas aeruginosa           | 0,00     | /        | 0,00     | 0,00     | 6,00     | 0,00      | 0,00       |
| Fluoridi                         | 46,00    | 174,00   | 37,00    | 0,03     | 0,031    | 29,0      | 39,00      |
| Kloridi                          | 1,43     | 2,95     | 1,42     | 4,32     | 4,11     | 1,30      | 1,25       |
| Nitriti                          | <0,03    | <0,03    | <0,03    | 0,001    | 0,0007   | <0,03     | <0,03      |
| Nitrati                          | 1,86     | 2,79     | 3,50     | 0,78     | 1,17     | 2,31      | 1,97       |
| Fosfati                          | <0,03    | <0,03    | <0,03    | /        | /        | <0,03     | <0,03      |
| Sulfati                          | 5,15     | 6,55     | 4,76     | 6,09     | 1,00     | 3,50      | 4,54       |
| Amonij                           | <0,04    | <0,04    | <0,04    | 0,16     | 0,083    | <0,05     | <0,05      |
| Natrij                           | 0,96     | 1,84     | 0,89     | 0,79     | 1,00     | 1,09      | 0,84       |
| Kalij                            | 0,48     | 1,70     | 0,40     | 0,33     | 0,3019   | <0,80     | < 0,80     |
| Kalcij                           | 6,17     | 63,30    | 74,70    | 66,50    | 74,38    | 72,00     | 42,30      |
| Magnezij                         | 16,30    | 18,70    | 9,11     | 17,70    | 18,95    | 9,84      | 16,90      |
| Mineralna ulja                   | <0,5     | <0,5     | <0,5     | /        | /        | <5,00     | <5,00      |
| Bakar                            | 1,55     | 0,71     | 0,71     | 0,03     | 0,0235   | 20,0      | < 20       |
| Olovo                            | 2,18     | 1,14     | <0,2     | 0,02     | <0,001   | <5,00     | <5,00      |
| Kadmij                           | <0,02    | <0,02    | <0,02    | <0,001   | <0,001   | <1,00     | <1,00      |
| Arsen                            | <5,00    | <5,00    | <5,00    | <0,001   | <0,001   | <5,00     | <5,00      |
| Živa                             | <0,01    | 0,019    | <0,01    | <0,01    | <0,0001  | <0,200    | <0,200     |
| Ortofosfati                      | /        | /        | /        | 0,001    | /        | /         | /          |
| Ukupna ulja i masti              | /        | /        | /        | 0,37     | /        | /         | /          |

## **2.2. ANALIZA PRIKUPLJENIH PODATAKA ZA VOJNO VJEŽBALIŠTE " EUGEN KVATERNIK" SLUNJ**

Položaj lokacija uzorkovanja prikazan je na slici 1. Ukupno su uzeta 3 uzorka po ciklusu, koji su potom bili analizirani u ovlaštenom laboratoriju Zavod za javno zdravstvo, Dr. Andrija Štampar.

Za usporedbu kretanja kvalitete vode korišteni su elaborati Hidrogeologija i Hidrologija (Rudarsko-geološko-naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 2003.); Praćenje stanja okoliša, monitoring tla i vode, vojno vježbalište Eugen Kvaternik – Slunj (Geotehnički studio 2006.) i Praćenje stanja tla i vode prije i poslije vojne vježbe *Noble Midas 07* vojno vježbalište Eugen Kvaternik – Slunj, vojno vježbalište Crvena zemlja – Knin (Geotehnički studio 2007.) i ECOINA, d.o.o., 2009., 2012.).

Laboratorijske analize provedene 2009. i vrednovane prema tada važećoj Uredbi o klasifikaciji voda (NN 77/1998, NN 137/2008) su potvrdile zaključke ranije dokumentacije (2003. – 2007.) da se po pitanju većine parametara radi o izuzetno kvalitetnim vodama. Međutim, kategoriziranjem rezultata prema tada važećoj Uredbi, u uzorcima je bio problematičan parametar nitrata (a posljedično i ukupnog dušika) koji je značajno snižavao kakvoću vode na razinu III i IV kategorije.

Obzirom da je stupanjem na snagu Uredbe o standardu kakvoće voda (NN 89/2010.) prestala važiti Uredba o klasifikaciji voda (NN 77/1998, NN 137/2008), novi uzorci su vrednovani sukladno Uredbi o standardu kakvoće voda (NN 89/2010.) a na temelju usporedbe sadašnjih i prethodnih uzorkovanja. Rezultati analiza provedenih 2009. godine su uzeti kao referentni, odnosno, vrijednosti mjerenih parametara su prihvaćene kao uobičajene za lokacije uzorkovanja.

Na analiziranim uzorcima u ciklusu uzorkovanja u svibnju 2013. godine uočene su promjene vrijednosti većine parametara. U sva tri uzorka je zabilježen porast vrijednosti ukupne i karbonatne tvrdoće te nitrata, dok je željezo u sva tri uzorka bilo ispod granice detekcije. Parametar nitrata je bio oko dva puta viši u odnosu na cikluse provedene u 2012. godini, kada su bile registrirane minimalne vrijednosti. Međutim nitrati su bili duplo niži u odnosu na vrijednosti dobivene tijekom uzorkovanja u listopadu i studenom 2009., kada su bile registrirane maksimalne vrijednosti. U rujnu 2013. su registrirane manje koncentracije željeza, međutim one su bile tek nešto više od granice detekcije.

Iz rezultata analiza se vidi da je u svibnju 2013. došlo do porasta koncentracija nitrata u uzorcima vode na sve tri lokacije (Tablica 2, 3 i 4; Slika 2, 3 i 4). Taj trend je nastavljen i u rujnu, osim na lokaciji Čičin Most, gdje je registriran pad vrijednosti. U odnosu na rezultate iz 2009. godine, nitrati su i dalje niži i u okvirima prosječnih vrijednosti i medijana (Slika 2, 3 i 4).

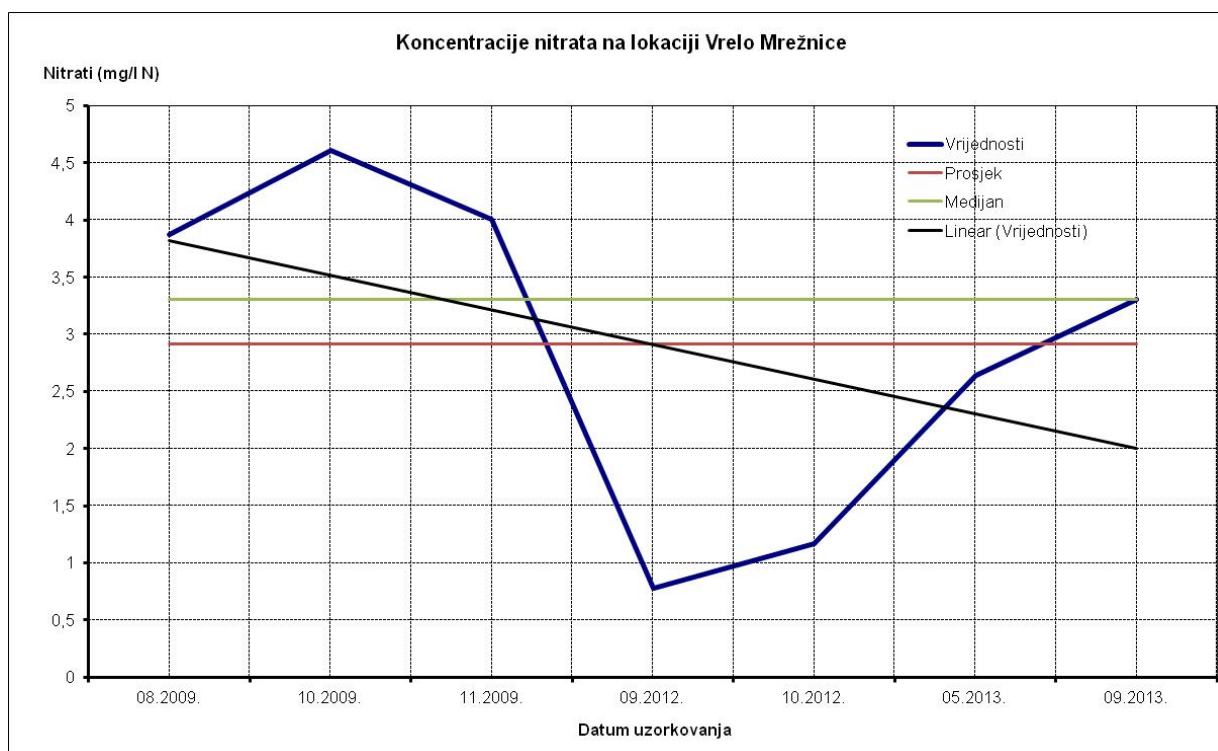
U rujnu 2013. godine, prvi put od početka praćenja, zabilježen je izraziti porast bakteriološkog onečišćenja te povećanja mutnoće i obojenja vode.

Uzorci su uzeti dana 17.09.2013., a prema podacima DHMZ-a za Hrvatsku, na području Karlovačke Županije, u prvoj polovici rujna su padale intenzivne oborine, posebno od 11.09.2013., do 13.09. 2013. i na dan uzorkovanja 17.09. 2013. S obzirom da se radi o krškom području, uslijed intenzivnih oborina je došlo do intenzivnog unosa detritusa sa površine terena što je uzrokovalo povećano замуćenje i obojenje vode te bakterijsko onečišćenje. Ovakve pojave su česte u izvorima i vodotocima u kršu za vrijeme intenzivnih oborina. Međutim parametri koji bi bili indikativni za utjecaj vojnog vježbališta (povišene koncentracije metala) nisu utvrđeni.

Novi podaci su uključeni u statističke analize, i to određivanje prosječne vrijednosti i medijana za koncentracije nitrata u vodi na svim lokacijama.

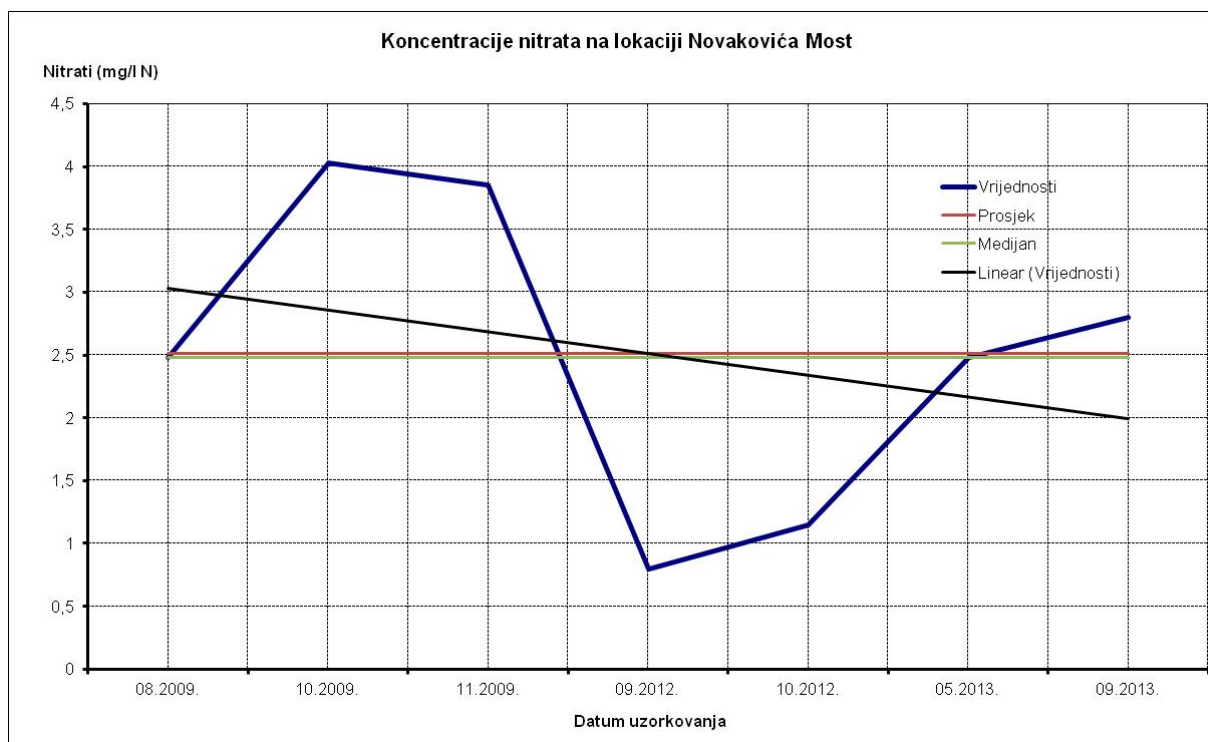
Na lokaciji Vrela Mrežnice, medijan je nešto viši od prosječne vrijednosti (Slika 2), a za lokacije Novakovića i Čičinog mosta prosječne vrijednosti i vrijednosti medijana su približno jednake (Slika 3, 4).

Vrijednosti nitrata dobivene zadnjim uzorkovanjem su na lokaciji Vrela Mrežnice su više od prosjeka, a u razini medijana (Slika 2), a na lokaciji Novakovića mosta su više i od srednje vrijednosti i od medijana, a na lokaciji Čičinog mosta su približno jednake (Slika 3, 4).

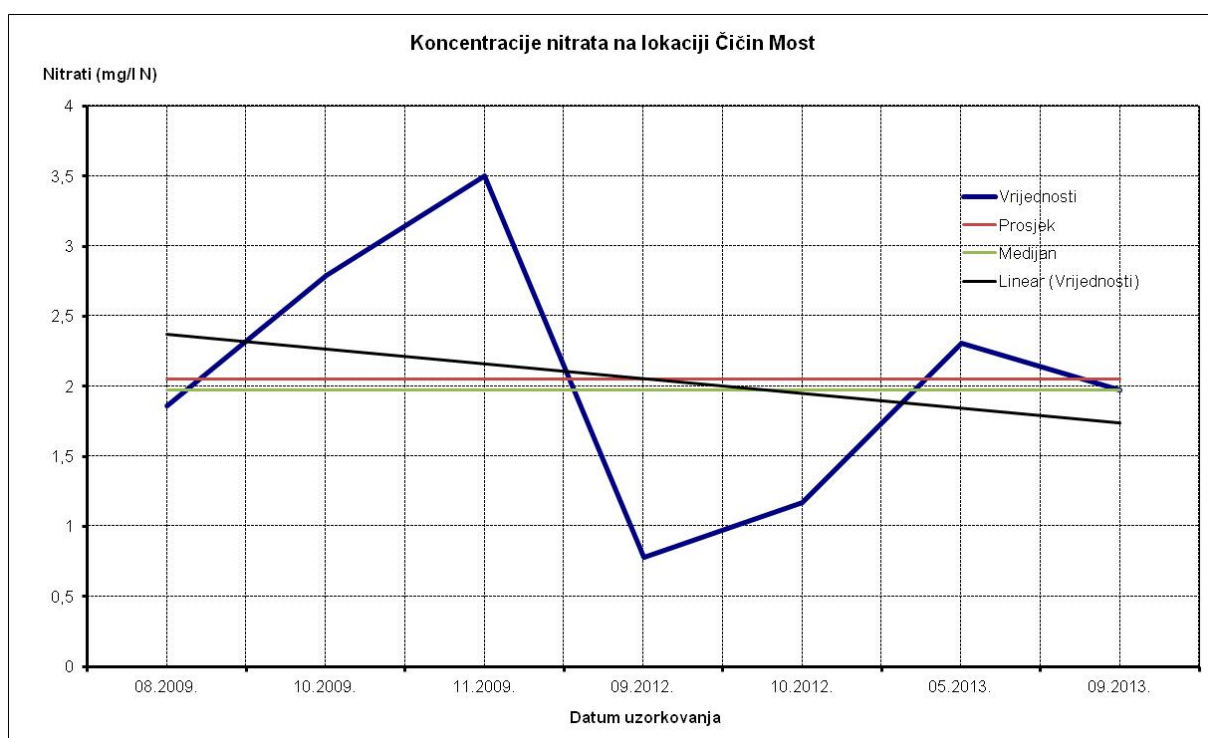


**Slika 2. Koncentracije nitrata na lokaciji Vrelo Mrežnice tijekom 2009., 2012. i 2013. godine sa ucrtanom linijom trenda.**



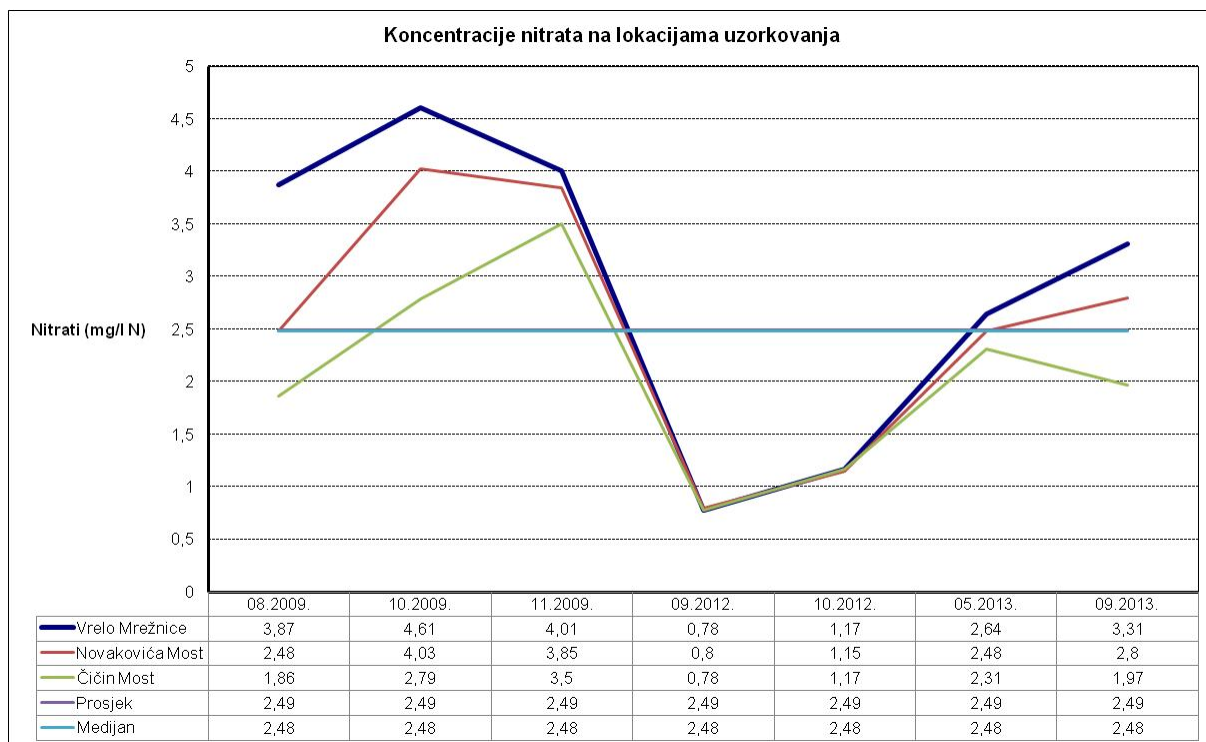


**Slika 3. Koncentracije nitrata na lokaciji Novakovića Most tijekom 2009., 2012. i 2013. godine sa ucrtanom linijom trenda.**

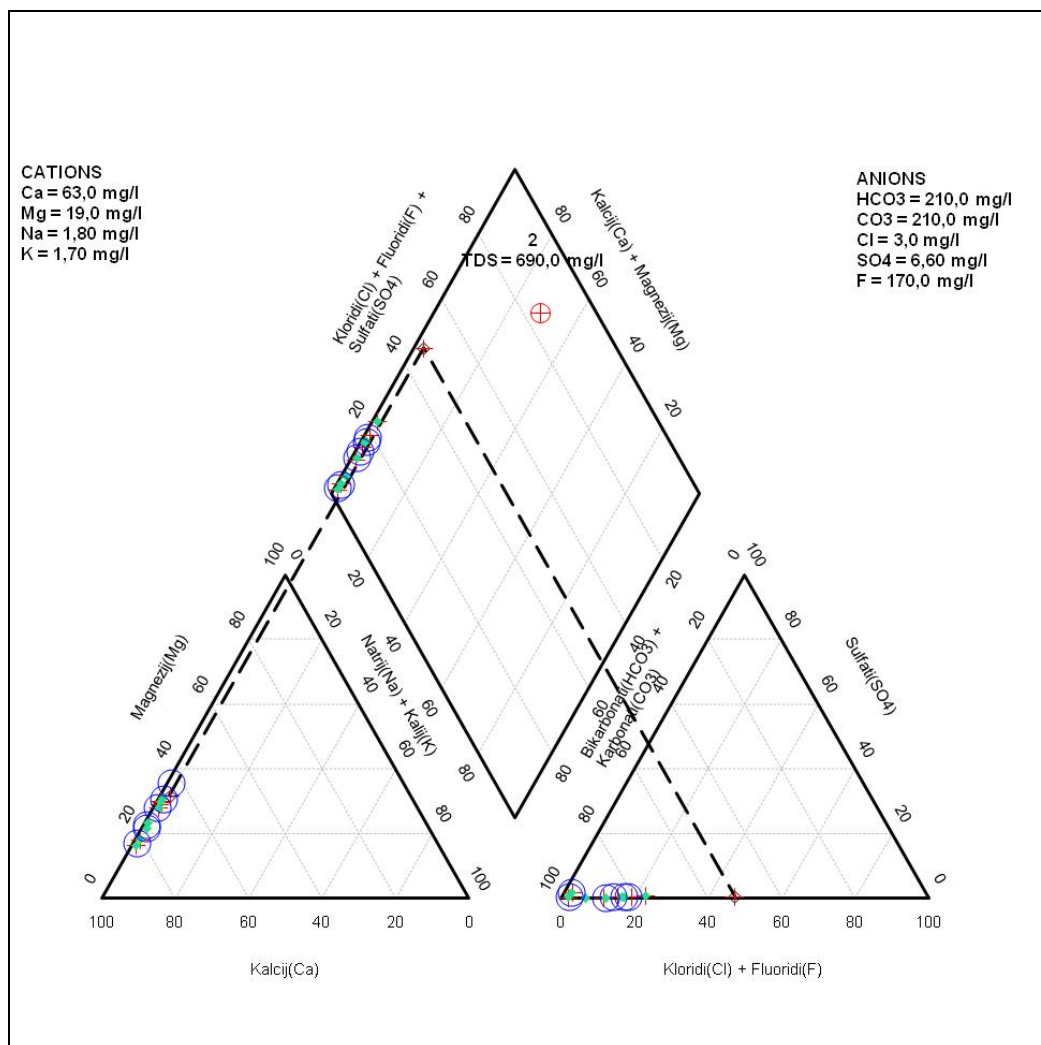


**Slika 4. Koncentracije nitrata na lokaciji Čičin Most tijekom 2009., 2012. i 2013. godine sa ucrtanom linijom trenda.**

Analizom svih dobivenih rezultata (Slika 5), medijan i prosječna vrijednost su također približno jednake. U tri ciklusa uzorkovanja provedenih tijekom 2009. godine zabilježene su najviše vrijednosti nitrata u vodi na sve tri lokacije, a od njih, najviše su vrijednosti bile na vrelu Mrežnice, a prema nizvodnim lokacijama su padale. Sličan trend je zabilježen i u svibnju 2013., s tim da su razlike manje izražene, a dobivene vrijednosti nisu značajno odstupale od vrijednosti medijana i prosjeka. Vrijednosti nitrata u vodi Mrežnice izmjerene tijekom dva ciklusa 2012. su bile značajno niže od medijana i prosjeka i na sve tri lokacije su bile približno jednake.



**Slika 5. Odnos koncentracija nitrata na lokacijama uzorkovanja tijekom 2009., 2012. i 2013.**

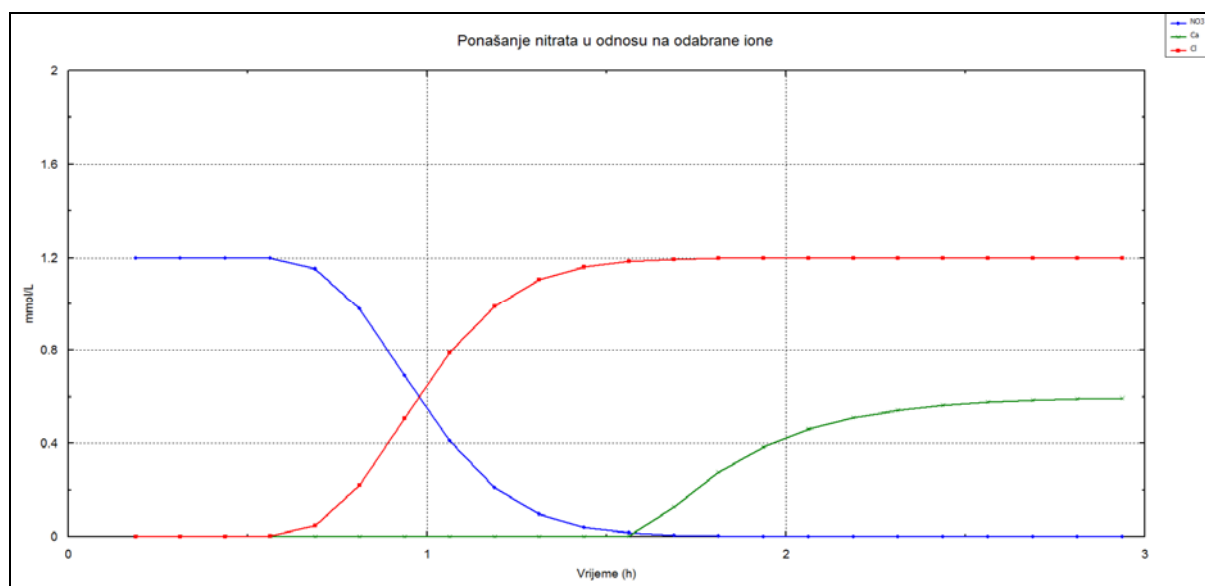


**Slika 6. Piperov dijagram glavnih iona na lokacijama uzorkovanja tijekom 2009., 2012. i 2013. Vrelo Mrežnice – plavi kružići, Novakovića most – zelene točkice, Čičin most – crveni križići, ukupna otopljena tvar (TDS – Total Dissolved Solids) – crveni križić u crvenom kružiću.**

Tipovi vode na lokacijama uzorkovanja su po kationskom sastavu kalcijске do kalcijsko magnezijske, a po anionskom sastavu karbonatno hidrogen karbonatne  $\text{Ca}^{2+}$  ( $\text{Mg}^{2+}$ ) –  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$  kemijski tip voda. Kalcijsko magnezijiska komponenta je u rasponu vrijednosti od 90 – 100 %, od čega je kalcij zastupljen u omjerima između 60 i 80 % a magnezij od 20 do 40% (Slika 6.). Od aniona, karbonatno hidrogenkarbonatna komponenta je zastupljena između 80 – 100%, a rjeđe se javlja kloridno fluoridna komponenta, međutim uglavnom ne više od 20%.

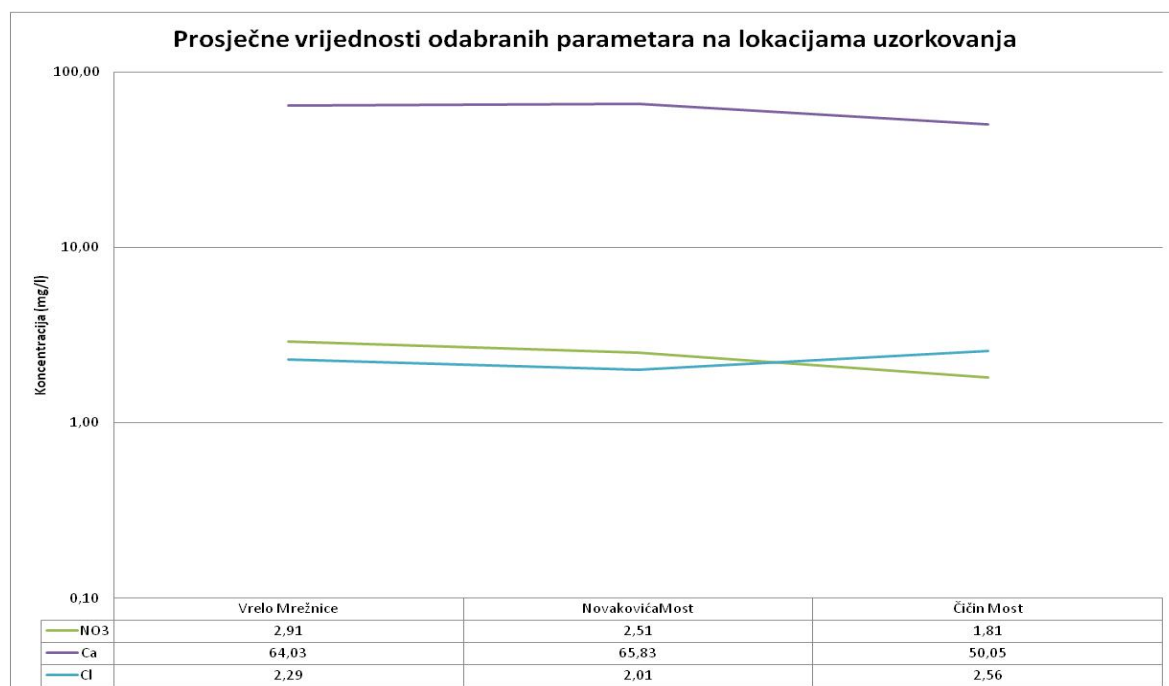
Lokacije uzorkovanja su udaljene jedna od druge oko 8 kilometara zračne linije (odnosno oko 9 km linijom toka rijeke). Pretpostavljena je brzina toka od 2,5 m/s, na međusobnoj udaljenosti od približno 9 km. To znači da bi vodi od Vrela Mrežnice do Novakovića Mosta trebalo oko 1 sat i od Novakovića Mosta do Čičinog Mosta oko jedan sat. Ponašanje pojedinih elemenata je modelirano softverom za geokemijsko modeliranje PHREEQC 3, koji je razvilo Geološko društvo Sjedinjenih država (USGS), a često se koristi kod hidrogeokemijskih modeliranja (Appelo, Postma, 2004.). Modelom je simulirana promjena koncentracija iona nitrata, kalcija i klora u laboratorijskim uvjetima u ukupnom vremenu od dva sata. Za ukupno vrijeme je uzeto vrijeme toka od Vrela Mrežnice do Čičinog Mosta.

Rezultat modeliranja pokazuje da s vremenom dolazi do pada koncentracije nitrata, a porasta koncentracije kalcija i klora (Slika 7).



**Slika 7. Ponašanje nitrata u laboratorijskim uvjetima u odnosu na odabrane ione.**

Ovaj model pretpostavlja sličan red veličine koncentracija pojedinih iona. Obzirom da su na terenu dominantni ioni kalcija u vodi i u odnosu na promatrane ione njihova koncentracija je tridesetak puta veća, kalcij ne pokazuje trend kao u modelu, dok su trendovi nitrata i klorida slični, samo manje izraženi nego u laboratorijskim uvjetima (Slika 8), ali ovim modelom bi se moglo objasniti povremeno povećanje vrijednosti klorida na najnižvodnijoj lokaciji Čičin most i kontinuirani pad koncentracija nitrata od uzvodnih prema nizvodnim lokacijama.



**Slika 8. Prosječne vrijednosti pojedinih parametara na lokacijama uzorkovanja.**

### **2.3. ZAKLJUČAK VOJNO VJEŽBALIŠTE " EUGEN KVATERNIK" SLUNJ**

U razdoblju od 2009. do 2013. godine ECOINA d.o.o. kontinuirano prati kakvoću rijeke Mrežnice na području vojnog poligona 'Eugen Kvaternik', na Slunju.

Tijekom prvih ciklusa uzorkovanja provedenih 2009. godine, nitrati, a posljedično i ukupni dušik su značajno snižavali kakvoću vode na razinu III i IV kategorije prema tada važećoj Uredbi o klasifikaciji voda (NN 77/1998, NN 137/2008). Tijekom 2012. godine, nitrati i ukupni dušik su značajno pali, pa je stanje kakvoće vode rijeke Mrežnice ocijenjeno kao vrlo dobro na temelju nove Uredbe o standardu kakvoće voda (NN 89/2010.). Tijekom uzorkovanja u dva ciklusa u 2013. godini, uočen je porast koncentracija nitrata, međutim one su u razini prosječnih vrijednosti.

Statistička analiza ukazuje da vrijednosti nitrata dobiveni tijekom dva ciklusa uzorkovanja u 2013. godini odražavaju prirodno stanje, međutim, niz rezultata još nije dovoljno dug, pa se rezultati statističkih analiza mogu prihvatiti, ali samo uvjetno. Dužim nizom rezultata uzorkovanja, pouzdanost prosječnih vrijednosti će biti veća, odnosno stvarno stanje će biti preciznije definirano.

U rujnu 2013. godine, prvi put od početka praćenja, zabilježen je izraziti porast bakteriološkog onečišćenja te povećanja mutnoće i obojenja vode. Ovakve pojave su česte u izvorima i vodotocima u kršu za vrijeme intenzivnih oborina koje su padale neposredno prije i za vrijeme uzorkovanja. Također nitrati mogu biti posljedica poljodjelstvom na području sliva rijeke Mrežnice.

Međutim iz razloga što se nitrati određuju preko ukupnog dušika na rezultate analiza, posebno kod ovako niskih koncentracija može utjecati i dušik iz organske tvari u prirodi, a njihovo povećanje u rujnu 2013. se također može pripisati i većem unosu organske tvari tijekom kišnog perioda.

Parametri koji bi se mogli pripisati utjecaju vojnih vježbi, posebno olovo i željezo, u oba ciklusa uzorkovanja 2013. godine nisu bili povišeni, odnosno utjecaj vojnih vježbi na kakvoću rijeke Mrežnice nije bio utvrđen.