

MEĐIMURSKO VELEUČILIŠTE U ČAKOVCU

ODRŽIVI RAZVOJ

SANJA PISAC

ODLAGALIŠTE OTPADA TOTOVEC I UTJECAJ NA OKOLIŠ

ZAVRŠNI RAD

ČAKOVEC, 2015.

MEĐIMURSKO VELEUČILIŠTE U ČAKOVCU

ODRŽIVI RAZVOJ

SANJA PISAC

ODLAGALIŠTE OTPADA TOTOVEC I UTJECAJ NA OKOLIŠ

LANDFILL TOTOVEC AND ENVIRONMENTAL IMPACT

ZAVRŠNI RAD

Mentor:

dr.sc. Darinka Kiš-Novak

ČAKOVEC, 2015.

*Zahvala:*

*Zahvaljujem se svojoj mentorici dr.sc. Darinki Kiš-Novak koja mi je pomogla u izradi ovog završnog rada svojim stručnim savjetima i suradnjom. Zahvaljujem se voditelju odlagališta Totovec Miroslavu Novaku na ustupljenim podacima korištenima pri izradi ovog rada. Posebna zahvala mužu Luki i kćeri Jani na potpori.*

*Sažetak: U ovome završnome radu prikazano je odlagalište otpada Totovec, u vlasništvu GKP Čakom d.o.o. iz Čakovca koji provodi sanaciju od 2005.godine, te utjecaj odlagališta na okoliš, osobito na podzemne vode. Odabrani pokazatelji stanja tijela podzemne vode su vodljivost, nitrati, olovo, kadmij i živa. Promatrano je vremensko razdoblje od 2012.-2014. godine. Ispitni se izvještaji trenutnih uzoraka podzemne vode analiziraju na način da se izračuna prosječna godišnja vrijednost te uspoređi sa standardima kakvoće podzemne vode prema Uredbi o standardu kakvoće voda (NN 73/13), a zatim ocjeni kemijsko stanje tijela podzemne vode dobrim ili lošim stanjem. Koristeći se okolišnim zakonodavstvom, ističe se potreba sanacije odlagališta i konačnim zatvaranjem kako bi se postigli ciljevi održivog gospodarenja otpadom, a od posebne je važnosti zaštita podzemnih voda, koje su vrijedan prirodni resurs, te glavni izvor zaliha vode za javnu vodoopskrbu u mnogim regijama, pa tako i u Međimurskoj županiji. Hrvatsko je okolišno zakonodavstvo dužno prema Direktivi Europskoga parlamenta i vijeća o zaštiti podzemnih voda od onečišćenja i pogoršanja kakvoće (2006/118/EZ) osigurati sustavnu zaštitu podzemnih voda, koordinirati svoje aktivnosti u vidu praćenja, određivanja graničnih vrijednosti i utvrđivanja relevantnih opasnih tvari koristeći pouzdane i usporedive standardizirane metode analize i praćenja stanja voda. U Hrvatskoj takve analize i praćenje stanja vode provode ovlaštenici od strane Ministarstva zaštite okoliša i prirode koji sukladno zakonodavstvu mogu provoditi stručne poslove zaštite okoliša. Ovlašteni laboratorij za ekologiju Bioinstitut d.o.o. iz Čakovca vrši ispitne izvještaje dvaput godišnje na trenutnim uzorcima podzemnih voda iz četiri piezometara, od koja su tri piezometara postavljena nizvodno od lokacije odlagališta (P-62, P-63 i P-64), a jedan uzvodno (P-58), sukladno Pravilniku o načinima i uvjetima odlaganja otpada, kategorijama i uvjetima rada za odlagališta otpada (NN 62/13).*

*Ključne riječi: odlagalište otpada, podzemne vode, piezometar, pokazatelj kemijskog stanja*

## SADRŽAJ

1.	UVOD .....	6
2.	ODLAGALIŠTE OTPADA TOTOVEC .....	7
2.1.	Sustav za prikupljanje i obradu procjednih voda .....	10
2.2.	Sustav za obradu oborinskih voda .....	11
2.3.	Sustav za otplinjavanje .....	12
2.4.	Mjere zaštite .....	12
3.	CILJ RADA – ODLAGALIŠTE OTPADA TOTOVEC I UTJECAJ NA OKOLIŠ .....	13
4.	MATERIJALI I METODE .....	15
4.1.	Vodljivost .....	17
4.2.	Nitrati .....	17
4.3.	Olovo .....	18
4.4.	Kadmij .....	19
4.5.	Živa .....	20
5.	REZULTATI I RASPRAVA .....	21
5.1.	Rezultati piezometra P-58 .....	22
5.1.1.	Pokazatelj: Vodljivost ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) .....	22
5.1.2.	Pokazatelj: Nitrati ( $\text{mg N/l}$ ) .....	23
5.1.3.	Pokazatelj: Olovo ( $\mu\text{g Pb/l}$ ) .....	24
5.1.4.	Pokazatelj: Kadmij ( $\mu\text{g Cd/l}$ ) .....	25
5.1.5.	Pokazatelj: Živa ( $\mu\text{g Hg/l}$ ) .....	26
5.2.	Rezultati piezometra P-62 .....	27
5.2.1.	Pokazatelj: Vodljivost ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) .....	27
5.2.2.	Pokazatelj: Nitrati ( $\text{mg N/l}$ ) .....	28
5.2.3.	Pokazatelj: Olovo ( $\mu\text{g Pb/l}$ ) .....	29
5.2.4.	Pokazatelj: Kadmij ( $\mu\text{g Cd/l}$ ) .....	30
5.2.5.	Pokazatelj: Živa ( $\mu\text{g Hg/l}$ ) .....	31
5.3.	Rezultati piezometra P-63 .....	32
5.3.1.	Pokazatelj: Vodljivost ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) .....	32
5.3.2.	Pokazatelj: Nitrati ( $\text{mg N/l}$ ) .....	33
5.3.3.	Pokazatelj: Olovo ( $\mu\text{g Pb/l}$ ) .....	34
5.3.4.	Pokazatelj: Kadmij ( $\mu\text{g Cd/l}$ ) .....	35

5.3.5.	Pokazatelj: Živa ( $\mu\text{g Hg/l}$ ) .....	36
5.4.	Rezultati piezometra P-64 .....	37
5.4.1.	Pokazatelj: Vodljivost ( $\mu\text{S/cm}$ ) .....	37
5.4.2.	Pokazatelj: Nitrati ( $\text{mg N/l}$ ) .....	38
5.4.3.	Pokazatelj: Olovo ( $\mu\text{g Pb/l}$ ) .....	39
5.4.4.	Pokazatelj: Kadmij ( $\mu\text{g Cd/l}$ ) .....	40
5.4.5.	Pokazatelj: Živa ( $\mu\text{g Hg/l}$ ) .....	41
6.	ZAKLJUČCI .....	42
7.	LITERATURA .....	43

## 1. UVOD

Prema AZO Izvješću o komunalnom otpadu za 2013. godinu, stopa uporabe komunalnog otpada u Republici Hrvatskoj iznosila je 15%, a vodeću stopu uporabe na razini organizacije jedinice lokalne samouprave (JLS) zabilježena je u Međimurskoj županiji (36,2%) [1]. Navedeni podaci jasno prikazuju da je i dalje odlaganje otpada najčešći scenarij prilikom gospodarenja otpada, te da je potrebno provoditi sanaciju i zatvaranje odlagališta, a istodobno i uspostavu centara za gospodarenje otpadom, sukladno Zakonu o održivom gospodarenju otpadom (NN 94/13). Gospodarenje se otpadom treba provoditi na način koji ne ugrožava ljudsko zdravlje i koje ne dovodi do štetnih utjecaja na okoliš, a prema Zakonu o održivom gospodarenju otpadom (NN 94/13) u prvom se redu daje pažnja na rizik od onečišćenja mora, voda, tla i zraka te ugrožavanja biološke raznolikosti [2].

U ovom radu kao primjer razumijevanja utjecaja na okoliš odabrano je najveće odlagalište na području grada Čakovca, odlagalište za neopasni otpad Totovec. Navedeno odlagalište postoji od 1974. godine, a od 2005. godine u tijeku je sanacija uz nastavak rada odlagališta. Poseban interes ovog završnog rada je utjecaj odlagališta na podzemne vode.

Direktiva 2006/118/EZ Europskoga parlamenta i vijeća o zaštiti podzemnih voda od onečišćenja i pogoršanja kakvoće navodi kako su podzemne vode najosjetljivija i najveća slatkovodna cjelina u Europskoj uniji i, posebice, glavni izvor zalih vode za javnu vodoopskrbu u mnogim regijama, te moraju biti zaštićene kako bi se zaštitio okoliš u cjelini, a osobito zdravlje ljudi [3].

U skladu s Direktivom 2006/118/EZ Europskoga parlamenta i vijeća o zaštiti podzemnih voda od onečišćenja i pogoršanja kakvoće, te na temelju Zakona o vodama ( NN 56/13) nužno je provoditi Uredbu o standardu kakvoće voda (NN 73/13) koja definira elemente za ocjenjivanje stanja podzemnih voda, te ističe nužnost sprječavanja ili ograničavanja unošenja onečišćujućih tvari u podzemne vode i sprječavanje pogoršanja stanja svih podzemnih voda. Kemijsko se stanje tijela podzemnih voda onda, temeljem graničnih vrijednosti specifičnih onečišćujućih tvari, može jasno ocijeniti i klasificirati [4].

## 2. ODLAGALIŠTE OTPADA TOTOVEC

Odlagalište otpada Totovec, na lokaciji Totovec bb, Grad Čakovec, te zemljopisnim koordinatama: N 46° 34' 66,86" i E 16° 44' 71,70", u vlasništvu je postrojenja Čakom d.o.o., i u skladu sa Zakonom o zaštiti okoliša (NN 153/13) i Uredbom o postupku utvrđivanja objedinjenih uvjeta zaštite okoliša (NN 114/08) pruža usluge odlaganja neopasnog komunalnog otpada, neopasnog proizvodnog otpada i građevinskog otpada [5, 6]. Površina odlagališta iznosi 46.000 m<sup>2</sup>. AZO izvješće prikazuje količine otpada odloženog na odlagalište u 2013. godini prema ključnom broju otpada gdje količina otpada za navedenu godinu iznosi preko 22.000 tona. Iz Uredbe o kategorijama, vrstama i klasifikaciji otpada s katalogom otpada i listom opasnog otpada (NN 50/05) može se identificirati otpad koji nastaje pri istraživanju, eksploatiranju i fizikalno-kemijskoj obradi mineralnih sirovina, otpad iz poljodjelstva, vrtlarstva, proizvodnje vodenih kultura, šumarstva, lovstva i ribarstva, pripremanja i prerade hrane, otpad od prerade drveta i proizvodnje drvenih ploča i namještaja, celuloze, papira i kartona, otpad iz kožarske, krznarske i tekstilne industrije, otpad iz anorganskih kemijskih procesa, otpad iz termičkih procesa, otpad od mehaničkog oblikovanja te fizikalne i mehaničke površinske obrade metala i plastike, otpad koji nije drugdje specificiran u katalogu, građevinski otpad i otpad od rušenja objekata (uključujući iskopanu zemlju s onečišćenih lokacija), otpad iz uređaja za postupanje s otpadom, uređaja za pročišćavanje gradskih otpadnih voda i pripremu pitke vode i vode za industrijsku uporabu te komunalni otpad (otpad iz kućanstava i slični otpad iz obrta, industrije i ustanova) uključujući odvojeno skupljene sastojke [7].

Odlagalište je u postupku sanacije, a obuhvaća ulazno-izlaznu zonu, plohe za odlaganje otpada, prekriveni brtveni sustav, sustav za prikupljanje i obradu procjednih voda, sustav za odvodnju oborinskih voda, sabirne jame fekalnih voda i sustav za otplinjavanje. Osim navedenih objekata, odlagalište obuhvaća i reciklažno dvorište, reciklažno dvorište za građevni otpad te rezervirani prostor za nove tehnologije, prema prikazu na slici 1.





Slika 1. Pregledna situacija odlagališta [8]

Ulazno-izlazna zona uključuje objekt za zaposlene, vagu, plato za pranje vozila, vrata, priključak na elektroopskrbni i vodoopskrbni sustav, prometne asfaltirane površine i dio ograde.

Na odlagalištu Totovec otpad se odlaže od 1974. godine, i time je prvi postupak kod saniranja 2005. godine bio iskop i obrada postojećeg otpada te nasipavanje terena kao preduvjet za ugradnju temeljnog brtvenog sustava. Nasip ima važnu ulogu u postizanju adekvatnog nagiba iznad maksimalnog nivoa podzemnih voda. Nakon nasipa se postavila posteljica, odnosno izravnavajući zemljani sloj koji je bitan radi postizanja pada i time omogućuje sakupljanje i prijenos procjedne vode u bazen za procjedne vode. Temeljni se brtveni sustav sastoji od geosintetskog glinenog tepiha, geomembrane debljine 2,5 mm i zaštitnog netkanog geotekstila. Osnovna je zadaća temeljnog brtvenog sustava zaštita podzemnih voda i okolnog tla od procjednih voda. Na slici 2. prikazan je slojevit pristup sanaciji iz 2005. godine.



Slika 2. Prikaz temeljnog brtvenog sloja na odlagalištu otpada Totovec [9]

Iskopani i obrađeni otpad, a i novi otpad, dopremaju se vozilima za prijevoz otpada na odlagalište gdje se ugrađuje u horizontalnim plohama u nagibu 1:3, a potom se zatvaraju inertnim izravnavajućim slojem, te prekrivnim brtvenim sustavom koji sprječava direktan kontakt s otpadom, ograničava količinu oborinskih voda i time smanjuje nastajanje procjednih voda, ali i kontrolira stvaranje plinova i njihovu emisiju u okoliš.

### **2.1. Sustav za prikupljanje i obradu procjednih voda**

Procjedne se vode iz otpada prikupljaju u najnižim točkama radne plohe odlagališta pomoću drenažnih PE-HD cijevi, postignute padom temeljnog brtvenog sloja. Drenažne se cijevi spajaju s punim PE-HD cijevima koje rade pomoću potopne muljne pumpe i time odvođe procjedne vode do zbirnog kolektora, a potom i do bazena za procjedne vode, prikazanog na slici 3., kapaciteta od 250 m<sup>3</sup> [10].



Slika 3. Prikaz bazena za procjedne vode na odlagalištu otpada Totovec

Uz bazen za procjedne vode nalazi se crpna stanica koja se sastoji od dvije potopne muljne pumpe koje recirkuliraju procjedne vode na odlagalište ili ih odvoze pomoću cisterni na gradski uređaj za pročišćavanje otpadnih voda. Zbog agresivnosti i korozivnosti procjednih voda, potrebno je imati odgovarajuću antikorozivnu zaštitu unutar crpne stanice. Recirkulacija procjednih voda na tijelo odlagališta ima za cilj količinski gubitak prilikom isparavanja.

Također se u bazen za procjedne vode dovode oborinske vode ulazno-izlazne površine odlagališta, a i vode s površine kolne vage i patoa za pranje kotača, putem slivnika i PE-HD okna, postignuto gravitacijskim tipom odvodnje.

## 2.2. Sustav za odvodnju oborinskih voda

Sustav za odvodnju oborinskih voda pokriva oborinske vode s asfaltnih površina odlagališta i oborinske vode s prekrivnog brtvenog sustava sa saniranih odlagališnih ploha 1, 2 i 4a, dok kod nesaniranih ploha 3 i 4b trenutno ne postoji navedeni sustav, što se jasno vidi na slici 4. Sanacija za preostale nesanirane plohe započela je u srpnju 2015. godine i takav bi zahvat trebao biti izveden u roku od četiri mjeseca.



Slika 4. Prikaz nesaniranog dijela odlagališta otpada Totovec, plohe 3 i 4b

Potrebno je napomenuti da su sustav za odvodnju oborinskih voda te sustav za odvodnju procjednih voda projektirani van doticaja, odnosno projektirani su kao razdjelni sustavi odvodnje. Oborinske vode se prikupljaju rigolama gravitacijskim putem te se preko kolektora upuštaju u bazen za oborinske vode. Takav bazen, kao i bazen za prikupljanje procjednih voda projektiran je kao nepropusna građevina uz pomoć geotekstilija i betonskih opločnika. Oborinske vode bi se prema sanacijskom programu trebale koristiti za zalijevanje zelenih površina i pranje prometnica unutar granica odlagališta sa svim svojim trenutnim i budućim objektima, a trenutno su privremeno odložene u bazenu za oborinske vode.

### **2.3. Sustav za otplinjavanje**

Sustav za otplinjavanje ima funkciju onemogućavanja nakupljanja odlagališnih plinova u tijelu odlagališta i time stvaranja eksplozivnih smjesa. Prema Pravilniku o načinima i uvjetima odlaganja otpada, kategorijama i uvjetima rada za odlagališta otpada (NN 62/13) nužna je kontrola emisija tvari u zrak iz odlagališta (prvenstveno  $\text{CH}_4$ ,  $\text{CO}_2$  i  $\text{O}_2$ ). Prikupljanje metana ( $\text{CH}_4$ ) i njegovo iskorištavanje kao energenata smanjuje količine tog plina puštenog u atmosferu [11]. Na Totovcu se sakupljeni plin pušta u atmosferu, zbog premale količine za iskorištavanje kao energenata.

### **2.4. Mjere zaštite**

Prema Pravilniku o zbrinjavanju svih vrsta otpada iz tehnoloških procesa i mulja iz procesa obrade otpadnih voda nužne su mjere zaštite prilikom rukovanja naftnim derivatima na lokaciji odlagališta, prvenstveno se misli na rizik od prolijevanja ulja, goriva ili maziva radnih strojeva tijekom rada. U slučaju takvog scenarija, potrebno je osigurati pribor za uklanjanje razlivenih tekućina poput upijajućih sredstava i deterdženata. Također, prema Operativnom planu mjera za slučaj izvanrednih i iznenadnih onečišćenja voda nužno je provođenje preventivnih mjera za sprječavanje nesreće, ograničavanje pristupa u dijelove postrojenja s opasnim tvarima samo ovlaštenom osoblju te odgovorno ponašanje prema okolini u vidu upoznavanja lokalnog stanovništva s mogućim opasnostima, poduzetim mjerama za sprječavanje nesreća te metodama samozaštite, do dolaska snaga zaštite i spašavanja, u slučaju nesreće [12].

Operativni plan pruža i popis opreme i sredstava za provedbu mjera, a uz interne mjere potrebno je surađivati s interventnim jedinicama- Centar 112, Policija, Hitna pomoć i Vatrogasci, kao i s javnim službama poput Doma zdravlja u Čakovcu.

Na internoj razini, nužna je pravilna edukacija zaposlenika kako bi se spriječili incidenti, ali i pravilna reakcija zaposlenika putem praktičnih vježbi- simulacije onečišćenja voda, sanacije onečišćenih voda i pravilnog obavješćivanja. S obzirom na prisutnost sanitarnih, oborinskih, fekalnih, procjednih i tehnoloških voda na lokaciji odlagališta, nužno je poštivanje Plana rada i održavanja vodnih građevina za odvodnju i uređaja za pročišćavanje otpadnih voda.

Prema članku 22., nužna je redovita kontrola ispravnosti na svojstva vodopropusnosti, stabilnosti i funkcionalnosti putem ovlaštenog servisnog subjekta.

Mjere zaštite pri samom radu su mjere zaštite od buke, mjere zaštite od požara, mjere zaštite od pojave štetočina i mjere zaštite od pojave prašine, blata, neugodnih mirisa te raznošenja laganih materijala vjetrom.

### 3. CILJ RADA - ODLAGALIŠTE OTPADA TOTOVEC I UTJECAJ NA OKOLIŠ

Odlagalište otpada Totovec u postupku je sanacije i teži ka konačnom zatvaranju te uspostavi i izgradnji reciklažnog dvorišta za komunalni otpad i reciklažnog dvorišta za građevinski otpad. Upravo je zatvaranje odlagališta nužna stavka Strategije gospodarenja otpadom Republike Hrvatske (NN 130/05) počevši s polaznom osnovom da je neodgovarajuće gospodarenje otpadom najveći problem zaštite okoliša u Hrvatskoj [13]. Neuređena odlagališta, i općeniti neodgovarajući pristup problematici ima negativne učinke na sastavnice okoliša kao što su voda, more, zrak, tlo, klima i ljudsko zdravlje. Posebno se ističe ugroženost podzemnih voda, uz nužnu naznaku da su podzemne vode temeljni nacionalni resurs i izvor zalihe pitke vode. Nameće se vizija Strategije gospodarenja otpadom Republike Hrvatske, tzv. bezdeponijski koncept koji, između ostalog, postavlja sanaciju postojećih odlagališta i njihovo zatvaranje kao prioritet održive strategije.

Odlagalište Totovec, prema Pravilniku o načinima i uvjetima odlaganja otpada, kategorijama i uvjetima rada za odlagališta otpada (NN 62/13), vrši kontrolu za vrijeme aktivnog korištenja odlagališta. Kontrola uključuje mjerenja meteoroloških parametara, mjerenja emisija odlagališnog plina, mjerenja emisija procjedne vode i oborinske vode s površine odlagališta, mjerenje parametara onečišćenja podzemne vode opasnim tvarima, ako se nalazi u području utjecaja odlagališta i kontrolu stabilnosti tijela odlagališta [9].

Kontrole vrše ovlaštene laboratoriji od strane Ministarstva zaštite okoliša i prirode. Učestalost kontrola navedena je u Tablici 1.

Tablica 1. Učestalost mjerenja koja se provode na odlagalištu Totovec [8]

Područje	Aktivnost	Lokacija	Učestalost
Odlagalište otpada	Svojstva podzemnih voda	Odlagalište-ista mjesta gdje se uzimaju uzorci za svojstva podzemnih voda-svi piezometri	2x
Odlagalište otpada	Svojstva podzemnih voda- laboratorijska analiza na parametre definirane kroz rješenje	Odlagalište-3 bušotine	2x
Odlagalište otpada	Kontrola svojstva procjednih voda- laboratorijska analiza na parametre definirane kroz rješenje	1 uzorak iz bazena za procjedne vode	4x
Odlagalište otpada	Topografija-Mjerenje ovlaštenog inženjera geodezije u svrhu određivanja raspoloživog prostora za otpad, odnosno preostalog kapaciteta odlagališta	Odlagalište otpada	1x
Emisije plinova	Kontrola sustava za otplinjavanje- mjerenje masenih koncentracija plinova	Odlagalište otpada-u svim bunarima za otplinjavanje	4x

Međimurska županija bogata je podzemnom vodom, i služi kao zaliha pitke vode, te je nužna kontrola kvalitete kako bi se osigurali uvjeti zdravstvene ispravnosti [15]. Za odlagalište Totovec nužno je mjerenje parametara onečišćenja podzemne vode opasnim tvarima, zbog toga što se one nalaze u području utjecaja odlagališta. Cilj je ovog rada razumjeti kakav utjecaj na okoliš ima odlagalište otpada Totovec, i to specifično na podzemne vode koje predstavljaju primarni nacionalni resurs koji se treba zaštititi od pogoršanja kakvoće i kemijskog onečišćenja, primjenom dostupnih podataka tijekom višegodišnjeg razdoblja.

#### 4. MATERIJALI I METODE

Sukladno Pravilniku o načinima i uvjetima odlaganja otpada, kategorijama i uvjetima rada za odlagališta otpada (NN 62/13), ovlaštenu laboratorij Bioinstitut d.o.o. iz Čakovca vrši ispitne izvještaje dvaput godišnje na trenutnim uzorcima podzemnih voda iz četiri piezometara, od koja su tri piezometara postavljena nizvodno od lokacije odlagališta, a jedan uzvodno, prema skici na slici 5.

Ispitni se izvještaj, prema analitičkom broju, odnosno odabranom bušotinom, sastoji od mjerenja visine razine podzemne vode, te prikaza pokazatelja onečišćenja podzemnih voda, oznaka metoda korištenih za dobivanje rezultata i njihove vrijednosti.

Odabrani fizikalno-kemijski pokazatelji za četiri točke uzorkovanja, odnosno opažačke bušotine na lokaciji odlagališta otpada Totovec, u ovom su završnom radu:

1. Vodljivost ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )
2. Nitrati ( $\text{mg}/\text{l}$ )
3. Olovo ( $\text{mg}/\text{l}$ )
4. Kadmij ( $\text{mg}/\text{l}$ )
5. Živa ( $\text{mg}/\text{l}$ )

Odabrano je vremensko razdoblje za statističku obradu podataka navedenih parametara od 2012.-2014.godine [16].

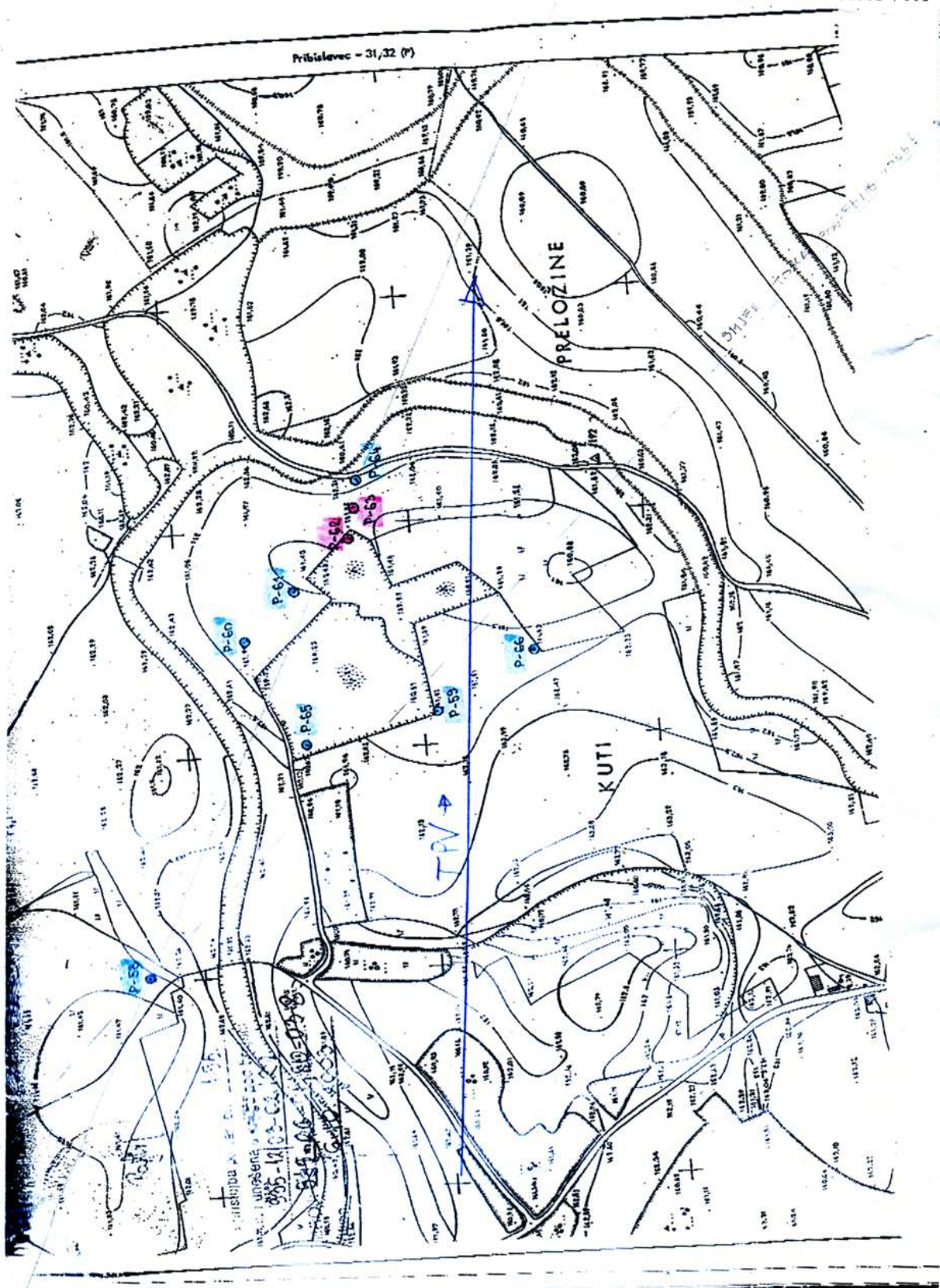
U ovome se završnom radu koristi ista metoda rada, odnosno pristup prema odabiru i obradi podataka kao kod doktorske disertacije Darinke Kiš-Novak pod naslovom „ Ekološka obilježja aluvijalnih potoka na području Međimurja“ time što se temelji na analizi fizikalno-kemijskih pokazatelja [17].



15/11 2010 08:24 0038540382320

ČAKOM ODLAGALIŠTE TOTOVEC0000

#0694 P.001 /001



Slika 5. Prikaz pozicije piezometara P-58, P-62, P-63, P-64 na lokaciji odlagališta otpada

[9]

#### 4.1. Vodljivost

Vodljivost je sposobnost vode da provodi električnu energiju, ovisno o prisutnosti iona i njihovoj pokretljivosti, odnosno brzina prijenosa električnog naboja kroz materiju izražen u mjernoj jedinici  $\mu\text{S}/\text{cm}$  i jedan je od primarnih pokazatelja opterećenja vode. U laboratoriju Bioinstituta d.o.o. se, u skladu s Hrvatskom akreditacijskom agencijom [18], vodljivost određuje putem HRN EN 27888: 2008 metode ispitivanja koja se koristi za ispitivanje vode za ljudsku potrošnju, vodu za kupanje, otpadne, podzemne i površinske vode te eluate otpada. Granična vrijednost prosječne godišnje koncentracije (PGK) prema Uredbi o standardu kakvoće voda (NN 73/13) iznosi  $2500 \mu\text{S}/\text{cm}$ . PGK se izračunava na temelju svih rezultata mjerenja pokazatelja kemijskog stanja u godini [4].

#### 4.2. Nitrati

Ciklus kruženja dušika uključuje procese nitrifikacije, denitrifikacije, ispiranje nitrata i volatilizaciju amonijaka. Upravo su nitrifikacija i denitrifikacija ključni procesi ciklusa dušika koji utječu na koncentraciju nitrata u tlu i vodi. Karakteristika nitrata je da nemaju sposobnost vezanja na adsorpcijski kompleks tla, te su time skloniji ispiranju u dublje slojeve tla i podzemne vode [19]. Prvenstveno zbog intenzivne poljoprivrede, koncentracija nitrata u tlu i podzemnim vodama česta je tema znanstvenih radova jer predstavljaju veliki ekološki problem. Povećane koncentracije nitrata u podzemnim vodama mogu dovesti do degradacije vodonosnika pitke vode i isto tako do eutrofikacije podzemnih voda [20].

Direktiva o zaštiti voda od onečišćenja koje uzrokuju nitrati poljoprivrednog podrijetla (91/676/EEZ) navodi da na kvalitetu podzemnih voda negativno utječe koncentracija od  $50 \text{ mg}/\text{l}$  nitrata i više te je nužno primjenjivati principe „dobre poljoprivredne prakse“ [21]. Hrvatsko zakonodavstvo preuzelo je navedene parametre. Uz intenzivnu poljoprivredu koja koristi mineralna gnojiva, izvor onečišćenja nitratima također mogu biti i istjecanja iz septičkih jama, kanalizacijski sustav, groblje, organska gnojiva i peradarske farme [22].

Odlagalište Totovec izvan je urbaniziranog područja grada, okruženo poljoprivrednim parcelama, s najbližim naseljem Totovec, udaljenim oko  $0,6 \text{ km}$  bez odgovarajućeg kanalizacijskog sustava, a u navedenom naselju nalazi se farma za uzgoj tovnih pilića na katastarskoj čestici br.: 792/9 k.o. Totovec, pod vlasništvom KOKA d.d. koji koristi sabirne jame za sanitarne i sabirne jame za sakupljanje otpadnih voda. Oborinske vode ispuštaju se u okolinskom prostoru farme [23].

U laboratoriju Bioinstituta d.o.o. se, u skladu s Hrvatskom akreditacijskom agencijom, nitrati određuju putem HRN EN ISO 103041:2009 metode koristeći kromatografiju, fizikalnu metodu koja se koristi za razdvajanje smjesa kojom se sastojci koji se razdvajaju raspodjeljuju između nepokretne i pokretne faze [17].

### **4.3. Olovo**

Olovo je toksičan teški metal koji se uspješno imobilizira u tlu i vodenim medijima. Prema Uredbi o standardu kakvoće voda (NN 73/13) toksičnost predstavlja svojstvo neke tvari da u živom organizmu izaziva bolest, nenormalno ponašanje, kancerogene i/ili mutagene promjene, fiziološke smetnje, fizičke deformacije, odnosno smrt. Granične vrijednosti za olovo u podzemnim vodama iznose  $10\mu\text{g/l}$  [4]. Na emisiju olova utječe papirna industrija, petrokemija, proizvodnja klora, industrija gnojiva i pesticida, željezare i čeličane, i općenito ima vrlo široku primjenu te je trovanje olovom zabilježeno još u staroj Grčkoj i Rimu [24]. Izraziti utjecaj na okoliš imaju akumulatori i konzerve koji sadrže olovo, a takvi su artikli često iz kućanstva znali završiti na komunalnom odlagalištu otpada [25]. Olovo ima svojstvo bioakumulacije, svojstvo tvari da se ulaskom u žive organizme trajno ugrađuju i nakupljaju u staničnim tkivima te se ulaskom u hranidbene lance organizama višeg reda trajno ugrađuju i nakupljaju u tim organizmima, uključujući i čovjeka [4]. AZO podaci napominju da se čestice olova prenose atmosferom na velike udaljenosti, te je danas zabilježena njihova prisutnost i u ruralnim krajevima bez utjecaja industrije [26].

Bioinstitut d.o.o. u svojem ispitnom analiziranju koristi HRN EN ISO 15586:2008 grafitnu metodu za utvrđivanje koncentracije olova u podzemnim vodama na zadanim točkama uzorkovanja, odnosno piezometrima. Grafitna atomska spektrometrija analizira od glavnog sastojka do razine tragova [17].

#### 4.4. Kadmij

Kadmij je također toksičan teški metal koji, poput olova, dijeli zajedničke osobine toksičnosti i bioakumulacije ali i široke primjene u industriji. Najpoznatija primjena je u proizvodnji Ni-Cd baterija. Također je prisutan u različitim bojama i pigmentima, koristi se kod galvanizacije, kod proizvodnje PVC polimerne mase i raznim drugim aplikacijama. Visokorizična područja onečišćena kadmijem su ona koja su na području starih rudnika olova i cinka, talionica cinka (kadmij kao prateći proizvod) te crni škriljevci s morskoga dna, kao prirodni izvor kadmija [24].

Stari rudnici olova i cinka nalaze se u Sloveniji i Austriji, pa su prema projektu „Uklanjanje teških metala fitoremedijacijom na području Varaždina i okolice“ upravo rudnici iz tih zemalja uzrok povećane koncentracije kadmija u nizinskom području rijeke Drave.

Na odlagalištu otpada, prvenstveno se onečišćenje kadmijem povezuje s nepravilnim odlaganjem Ni-Cd baterija na mjesto predviđeno za komunalni otpad [27]. Upravo zato, u skladu sa Zakonom o održivom gospodarenju otpadom (NN 94/13) donesene su obveze vezane za gospodarenje otpadnim baterijama i akumulatorima u Pravilniku o gospodarenju otpadnim baterijama i akumulatorima (NN 86/13). Pravilnik određuje da je do 26. rujna 2016. godine potrebno postići najmanje 45% stopu sakupljanja, odnosno masu sakupljenih otpadnih baterija i akumulatora podijeljenu s prosječnom masom prodanih ili isporučenih baterija i akumulatora u kalendarskoj godini, vodeći se ključnim principom „onečišćivač plaća“ [28]. Prema Fondu za zaštitu okoliša i energetske učinkovitost, Međimurska je županija sakupila 229, 23 t otpadnih baterija i akumulatora u 2013. godini, odnosno 3,14% ukupno prodanih ili isporučenih baterija i akumulatora za navedenu kalendarsku godinu.

Bioinstitut d.o.o., sukladno s Hrvatskom akreditacijskom agencijom, provodi analizu metala kadmija grafitnom metodom HRN EN ISO 15586: 2008, istom metodom kao i za analizu koncentracije olova [17]. Prema Uredbi o standardu kakvoće voda (NN 73/13) granična vrijednost za onečišćujuću tvar kadmij iznosi 5 µg/l [4].

#### 4.5. Živa

Kompleksni biogeokemijski ciklus žive u okolišu čini taj element visoko-toksičnim te najveći izvor onečišćenja dolazi iz antropogenih izvora, prvenstveno iz naftne industrije i industrije fosilnih goriva, no također se do nedavno živa koristila i u fungicidima i konzervansima. Izrazitu toksičnost i opasnost za vodene medije i tlo predstavlja metil-živa koja se bioakumulira u organizmima [29]. Znanstveni odbor za rizike po zdravlje i okoliš SCHER prema preliminarnom izvješću o rizicima za okoliš i neizravnim zdravstvenim učincima žive iz dentalnog amalgama iznosi da na razini Europske unije doprinos stomatoloških klinika predstavlja oko jednu trećinu sveukupne žive ispuštene u tlo [30]. Također su na komunalnim odlagalištima otpada često prisutni nepravilno odbačeni toplomjeri, fluorescentne i druge žarulje, električni prekidači i slični proizvodi koji sadrže živu u sebi. Minnesota Pollution Control Agency navodi kako je upravo živa (uz kadmij i olovo) često pokazatelj ukupnog ljudskog utjecaja na okoliš. Posebna je važnost pratiti koncentraciju teških metala poput žive, kadmija i olova u vodenim medijima, jer u slučaju prekoračenih dopuštenih koncentracija, djelovanje na okoliš i ljudsko zdravlje može biti ugroženo [31].

Bioinstitut d.o.o. u svojem ispitnom analiziranju na piezometrima koristi HRN EN 1483:2008 metodu analize žive, odnosno atomsku apsorpcijsku spektrometriju [17]. Prema Uredbi o standardu kakvoće voda (NN 73/13) granična vrijednost za onečišćujuću tvar živu iznosi 1 µg/l [4].

## 5. REZULTATI I RASPRAVA

Na predmetnoj lokaciji (odlagalište Totovec) ugrađeni su piezometri koji prate osciliranje podzemne vode i provode uzorkovanje podzemne vode za ispitivanje stanja kakvoće i onečišćenja. Pozicija je piezometara na odlagalištu je prikazana na slici 5. Analiziraju se trenutni uzorci podzemnih voda piezometra P-58 (uzvodno od predmetne lokacije) te P-62, P-63 i P-64 (nizvodno od predmetne lokacije) u periodu od srpnja 2012. do prosinca 2014.godine. Rezultati su dobiveni određivanjem minimalne, maksimalne i srednje vrijednosti u kalendarskoj godini, a fizikalno-kemijski pokazatelji su: vodljivost, nitrati, olovo, kadmij i živa [32].

Dobiveni se rezultati uspoređuju s Uredbom o standardu kakvoće voda (NN 73/13), koja za podzemne vode koristi različite elemente za ocjenu količinskog i kemijskog stanja tijela. Na temelju usporedbe ocjena stanja tijela podzemne vode može biti:

1. dobro stanje
2. loše stanje

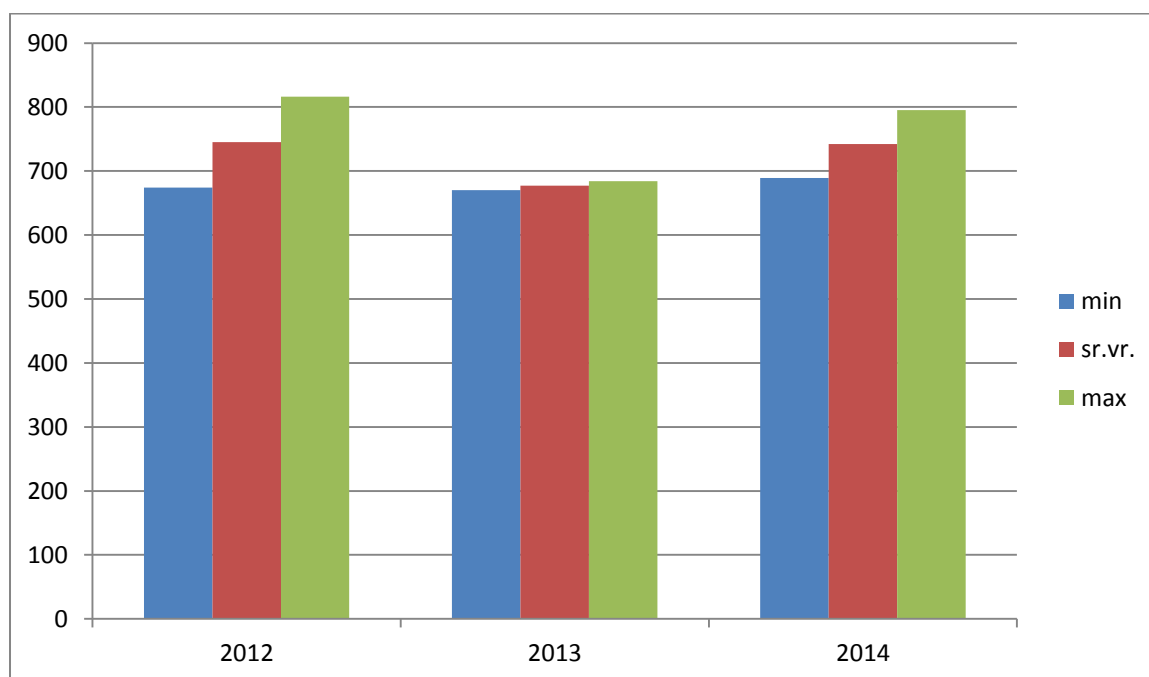
Za ocjenu kemijskog stanja tijela podzemnih voda primjenjuje se prosječna godišnja koncentracija (PGK). Prosječna godišnja koncentracija izračunava se na temelju svih rezultata mjerenja pokazatelja kemijskog stanja, izmjerenih na svim mjernim postajama tijela podzemne vode u različitim razdobljima tijekom kalendarske godine. Dobro kemijsko stanje se postiže kada je prosječna godišnja koncentracija manja ili jednaka standardu kakvoće podzemnih voda ( $PGK \leq SKPV$ ), odnosno loše kemijsko stanje postiže se kad je izračunata prosječna godišnja koncentracija veća od standarda kakvoće podzemnih voda ( $PGK > SKPV$ ) [4].

## 5.1. Rezultati piezometra P-58

### 5.1.1. Pokazatelj: Vodljivost ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )

Dobivene vrijednosti vodljivosti ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) kod piezometra P-58 u razdoblju od 2012.-2014. godine kreću se od minimalne vrijednosti 670 ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) zabilježene u 2013. godini, dok je maksimalna vrijednost izmjerena 2012. godine s rezultatom od 816 ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ). Najmanja srednja vrijednost vodljivosti iznosi 677 ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) 2013. godine, a najviša 745 ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) 2012. godine. Opisani rezultati prikazani su na slici 6.

Prema Uredbi o standardu kakvoće voda (NN 73/13) granična vrijednost prosječne godišnje koncentracije (PGK) za vodljivost iznosi 2500 ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), te prema članku 37. koji tijelo podzemne vode s obzirom na kemijsko stanje svrstava u kategorije dobrog i lošeg stanja, za navedeni parametar podzemne su vode dobrog stanja.

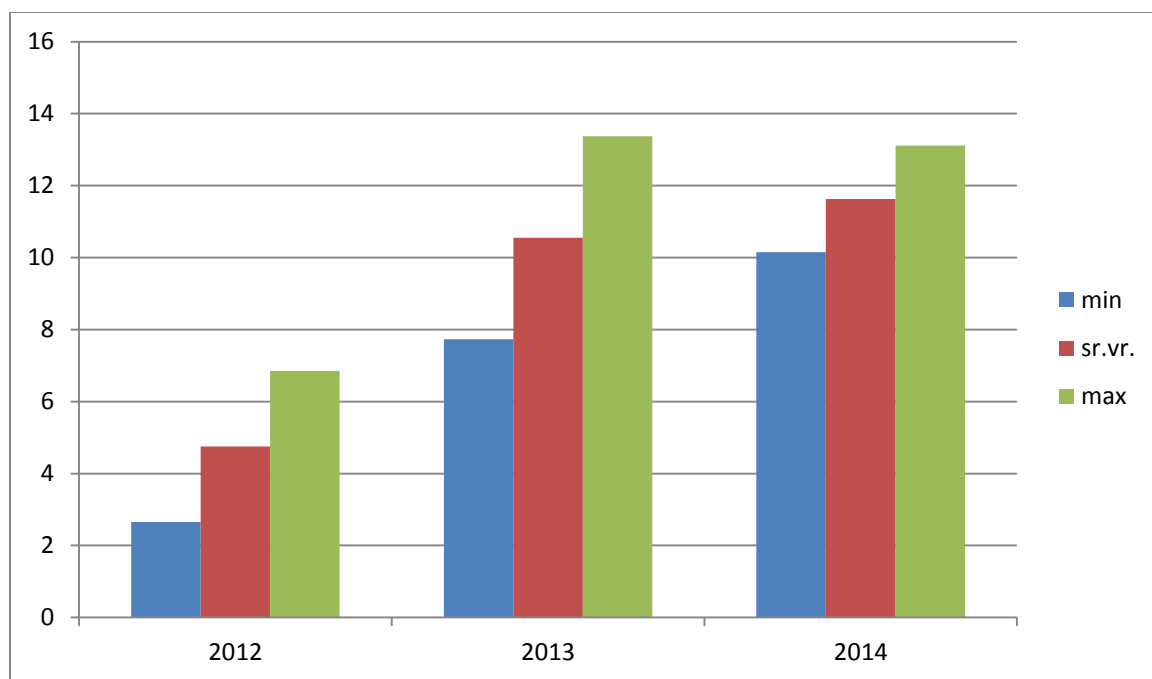


Slika 6. Vodljivost ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) na točki uzorkovanja: Piezometar P-58 u razdoblju od srpnja 2012. do prosinca 2014. godine

### 5.1.2. Pokazatelj: Nitrati (mg N/l)

Dobivene vrijednosti nitrata (mg N/l) kod piezometra P-58 u razdoblju od 2012.-2014. godine kreću se od minimalne vrijednosti 2.65 zabilježene u 2012. godini, dok je maksimalna vrijednost izmjerena 2013. godine s rezultatom od 13.37 (mg N/l). Najmanja srednja vrijednost nitrata iznosi 4.75 (mg N/l) 2012. godine, a najviša 11.63 (mg N/l) 2014. godine. Opisani rezultati prikazani su na slici 7.

Prema Uredbi o standardu kakvoće voda (NN 73/13) granična vrijednost prosječne godišnje koncentracije (PGK) za nitrata iznosi 50 (mg/l NO<sub>3</sub>), sukladno preporukama Direktive Europskog parlamenta i vijeća o zaštiti podzemnih voda od onečišćenja i pogoršanja kakvoće. Prema članku 37. Uredbe o standardu kakvoće voda (NN 73/13) koji tijelo podzemne vode s obzirom na kemijsko stanje svrstava u kategorije dobrog i lošeg stanja, za navedeni parametar podzemne su vode dobrog stanja.



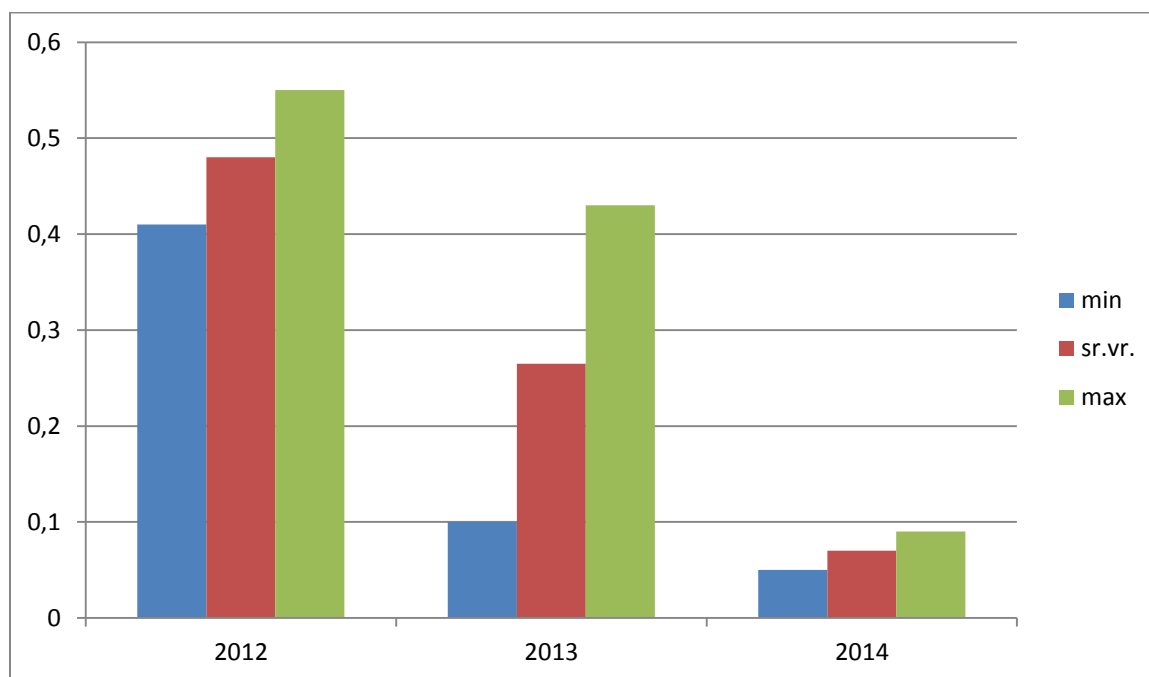
Slika 7. Nitrati (mg N/l) na točki uzorkovanja: Piezometar P-58 u razdoblju od srpnja 2012. do prosinca 2014. godine



### 5.1.3. Pokazatelj: Olovo ( $\mu\text{g Pb/l}$ )

Dobivene vrijednosti olova ( $\mu\text{g Pb/l}$ ) kod piezometra P-58 u razdoblju od 2012.-2014. godine kreću se od minimalne vrijednosti 0.05 zabilježene u 2014. godini, dok je maksimalna vrijednost izmjerena 2012. godine s rezultatom od 0.55 ( $\mu\text{g Pb/l}$ ). Najmanja srednja vrijednost olova iznosi 0.07 ( $\mu\text{g Pb/l}$ ) 2014. godine, a najviša 0.48 ( $\mu\text{g Pb/l}$ ) 2012. godine. Opisani rezultati prikazani su na slici 8.

Prema Uredbi o standardu kakvoće voda (NN 73/13) granična vrijednost prosječne godišnje koncentracije (PGK) za olovo iznosi 10 ( $\mu\text{g Pb/l}$ ) te prema članku 37. Uredbe koji tijelo podzemne vode s obzirom na kemijsko stanje svrstava u kategorije dobrog i lošeg stanja, za navedeni parametar podzemne su vode dobrog stanja.

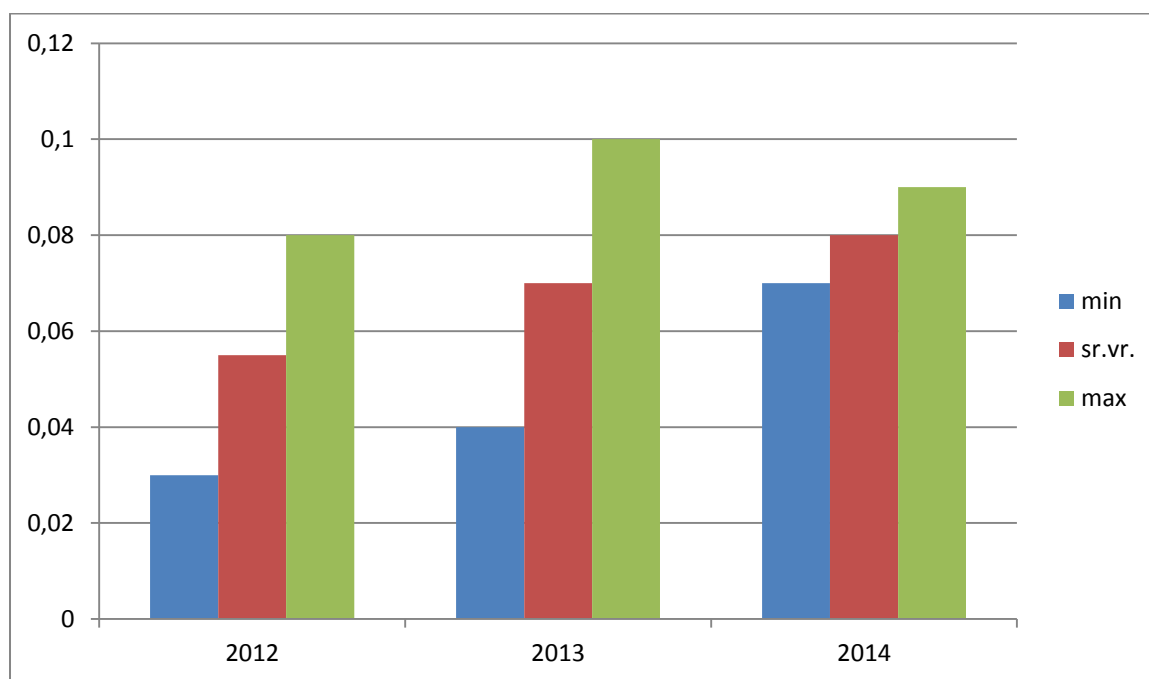


Slika 8. Olovo ( $\mu\text{g Pb/l}$ ) na točki uzorkovanja: Piezometar P-58 u razdoblju od srpnja 2012. do prosinca 2014. godine

#### 5.1.4. Pokazatelj: Kadmij ( $\mu\text{g Cd/l}$ )

Dobivene vrijednosti kadmija ( $\mu\text{g Cd/l}$ ) kod piezometra P-58 u razdoblju od 2012.-2014. godine kreću se od minimalne vrijednosti 0.03 zabilježene u 2012. godini, dok je maksimalna vrijednost izmjerena 2013. godine s rezultatom od 0.1 ( $\mu\text{g Cd/l}$ ). Najmanja srednja vrijednost kadmija iznosi 0.055 ( $\mu\text{g Cd/l}$ ) 2012. godine, a najviša 0.08 ( $\mu\text{g Cd/l}$ ) 2014. godine. Opisani rezultati prikazani su na slici 9.

Prema Uredbi o standardu kakvoće voda (NN 73/13) granična vrijednost prosječne godišnje koncentracije (PGK) za kadmij iznosi 5 ( $\mu\text{g Cd/l}$ ) te prema članku 37. Uredbe koji tijelo podzemne vode s obzirom na kemijsko stanje svrstava u kategorije dobrog i lošeg stanja, za navedeni parametar podzemne su vode dobrog stanja.

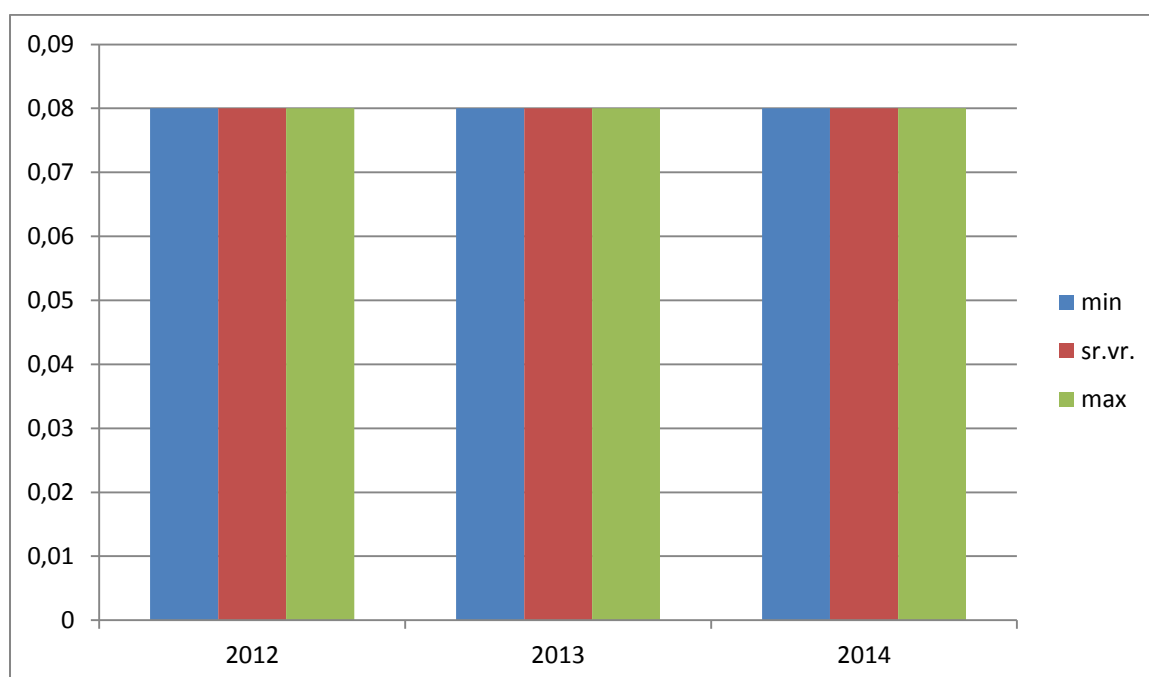


Slika 9. Kadmij ( $\mu\text{g Cd/l}$ ) na točki uzorkovanja: Piezometar P-58 u razdoblju od srpnja 2012. do prosinca 2014. godine

#### 5.1.5. Pokazatelj: Živa ( $\mu\text{g Hg/l}$ )

Dobivene vrijednosti žive ( $\mu\text{g Hg/l}$ ) kod piezometra P-58 u razdoblju od 2012.-2014. godine imaju jednaku vrijednost 0,08 ( $\mu\text{g Hg/l}$ ). Opisani rezultati prikazani su na slici 10.

Prema Uredbi o standardu kakvoće voda (NN 73/13) granična vrijednost prosječne godišnje koncentracije (PGK) za živu iznosi 1 ( $\mu\text{g Hg/l}$ ) te prema članku 37. Uredbe koji tijelo podzemne vode s obzirom na kemijsko stanje svrstava u kategorije dobrog i lošeg stanja, za navedeni parametar podzemne su vode dobrog stanja.



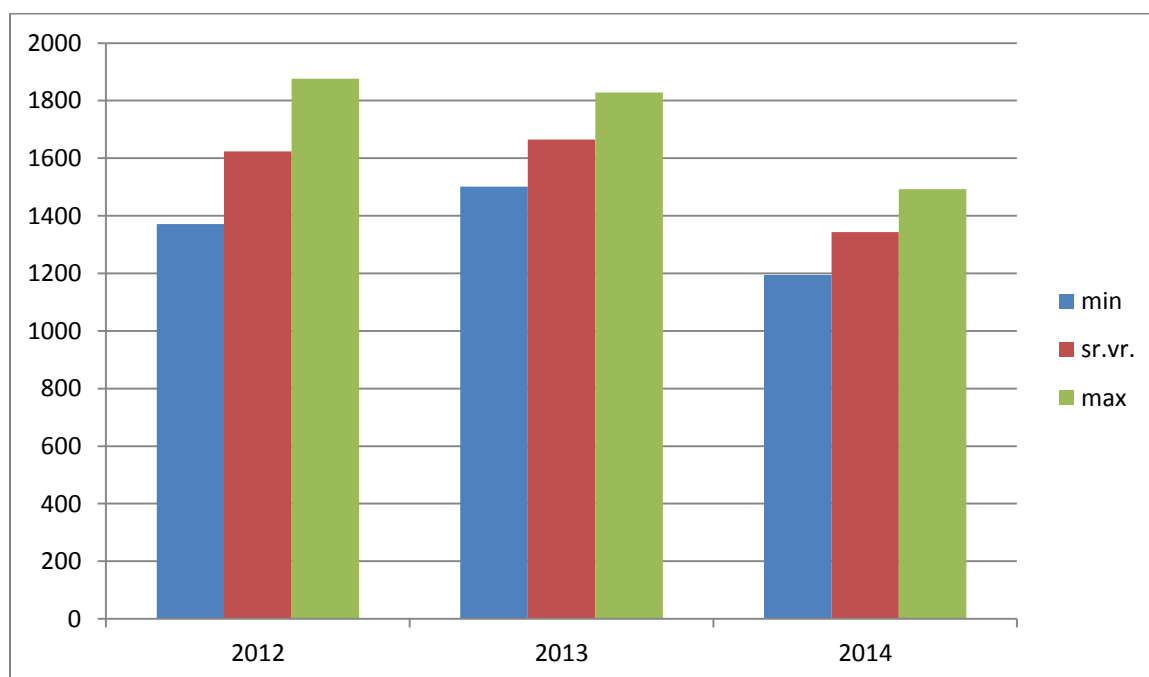
Slika 10. Živa ( $\mu\text{g Hg/l}$ ) na točki uzorkovanja: Piezometar P-58 u razdoblju od srpnja 2012. do prosinca 2014. godine

## 5.2. Rezultati piezometra P-62

### 5.2.1. Pokazatelj: Vodljivost ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )

Dobivene vrijednosti vodljivosti ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) kod piezometra P-62 u razdoblju od 2012.-2014. godine kreću se od minimalne vrijednosti 1194 ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) zabilježene u 2014. godini, dok je maksimalna vrijednost izmjerena 2012. godine s rezultatom od 1876 ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ). Najmanja srednja vrijednost vodljivosti iznosi 1343 ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) 2014. godine, a najviša 1664.5 ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) 2013. godine. Opisani rezultati prikazani su na slici 11.

Prema Uredbi o standardu kakvoće voda (NN 73/13) granična vrijednost prosječne godišnje koncentracije (PGK) za vodljivost iznosi 2500 ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), te prema članku 37. koji tijelo podzemne vode s obzirom na kemijsko stanje svrstava u kategorije dobrog i lošeg stanja, za navedeni parametar podzemne su vode dobrog stanja.

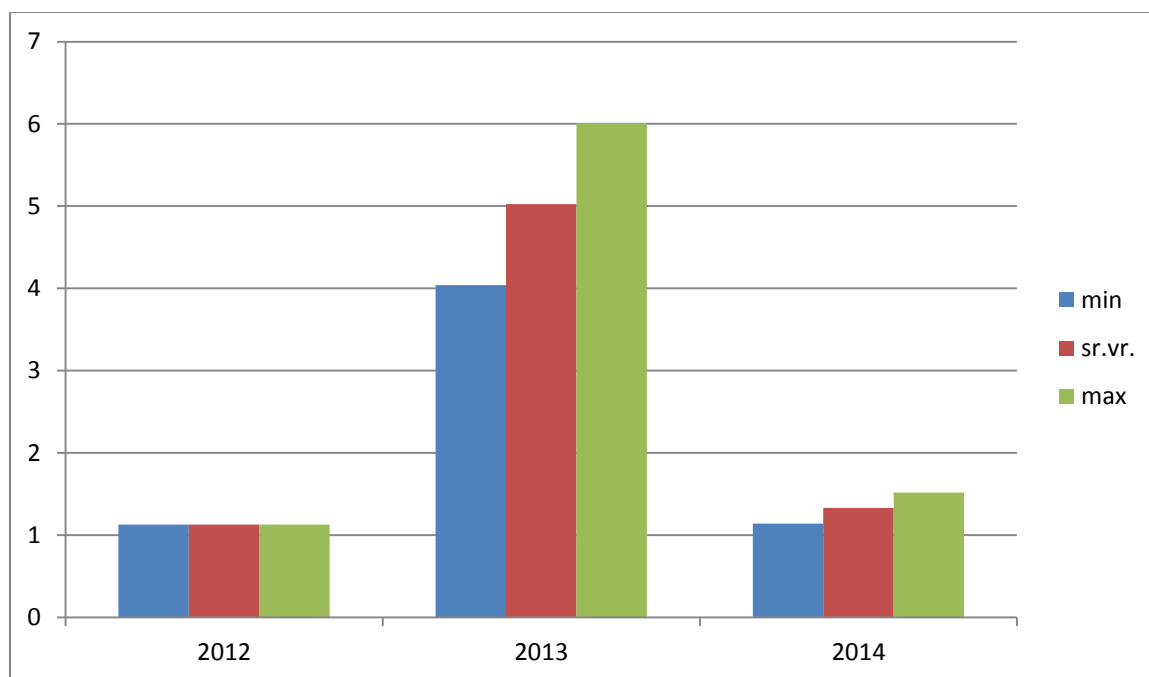


Slika 11. Vodljivost ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) na točki uzorkovanja: Piezometar P-62 u razdoblju od srpnja 2012. do prosinca 2014. godine

### 5.2.2. Pokazatelj: Nitrati (mg N/l)

Dobivene vrijednosti nitrata (mg N/l) kod piezometra P-62 u razdoblju od 2012.-2014. godine kreću se od minimalne vrijednosti 1.13 zabilježene u 2012. godini, dok je maksimalna vrijednost izmjerena 2013. godine s rezultatom od 6.01 (mg N/l). Najmanja srednja vrijednost nitrata iznosi 1.13 (mg N/l) 2012. godine, a najviša 5.025 (mg N/l) 2013. godine. Opisani rezultati prikazani su na slici 12.

Prema Uredbi o standardu kakvoće voda (NN 73/13) granična vrijednost prosječne godišnje koncentracije (PGK) za nitrata iznosi 50 (mg/l  $\text{NO}_3$ ), sukladno preporukama Direktive Europskog parlamenta i vijeća o zaštiti podzemnih voda od onečišćenja i pogoršanja kakvoće. Prema članku 37. Uredbe o standardu kakvoće voda (NN 73/13) koji tijelo podzemne vode s obzirom na kemijsko stanje svrstava u kategorije dobrog i lošeg stanja, za navedeni parametar podzemne su vode dobrog stanja.

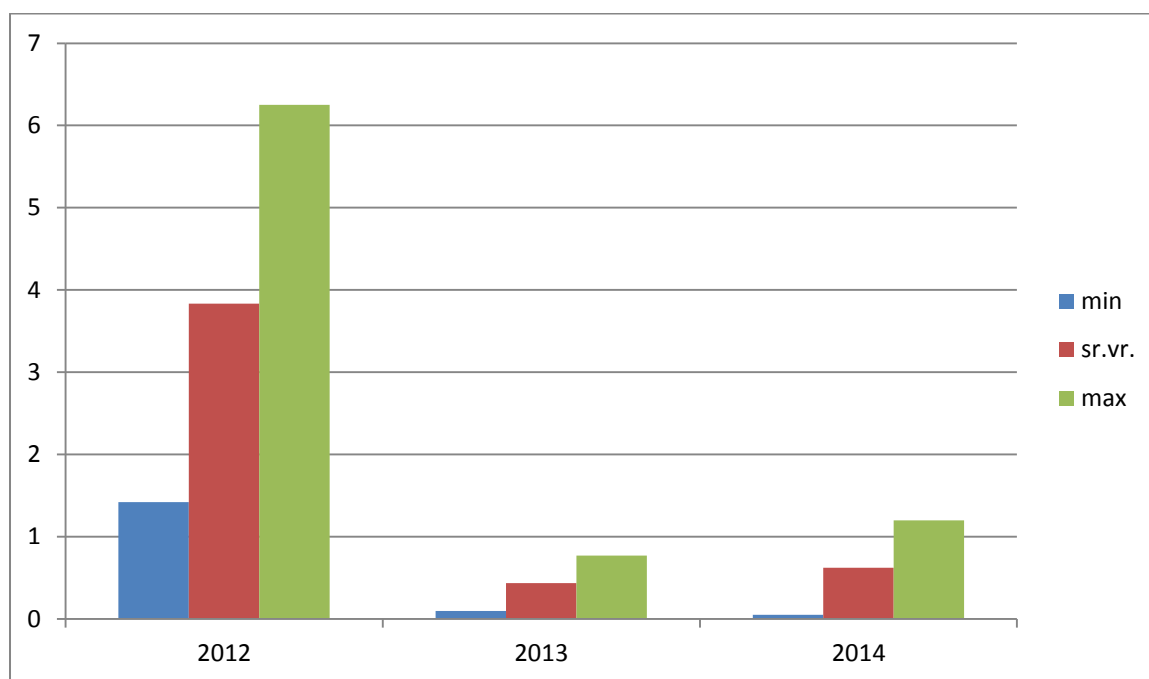


Slika 12. Nitrati (mg N/l) na točki uzorkovanja: Piezometar P-62 u razdoblju od srpnja 2012. do prosinca 2014. godine

### 5.2.3. Pokazatelj: Olovo ( $\mu\text{g Pb/l}$ )

Dobivene vrijednosti olova ( $\mu\text{g Pb/l}$ ) kod piezometra P-62 u razdoblju od 2012.-2014. godine kreću se od minimalne vrijednosti 0.05 zabilježene u 2014. godini, dok je maksimalna vrijednost izmjerena 2012. godine s rezultatom od 6.25 ( $\mu\text{g Pb/l}$ ). Najmanja srednja vrijednost olova iznosi 0.435 ( $\mu\text{g Pb/l}$ ) 2013. godine, a najviša 3.835 ( $\mu\text{g Pb/l}$ ) 2012. godine. Opisani rezultati prikazani su na slici 13.

Prema Uredbi o standardu kakvoće voda (NN 73/13) granična vrijednost prosječne godišnje koncentracije (PGK) za olovo iznosi 10 ( $\mu\text{g Pb/l}$ ) te prema članku 37. Uredbe koji tijelo podzemne vode s obzirom na kemijsko stanje svrstava u kategorije dobrog i lošeg stanja, za navedeni parametar podzemne su vode dobrog stanja.

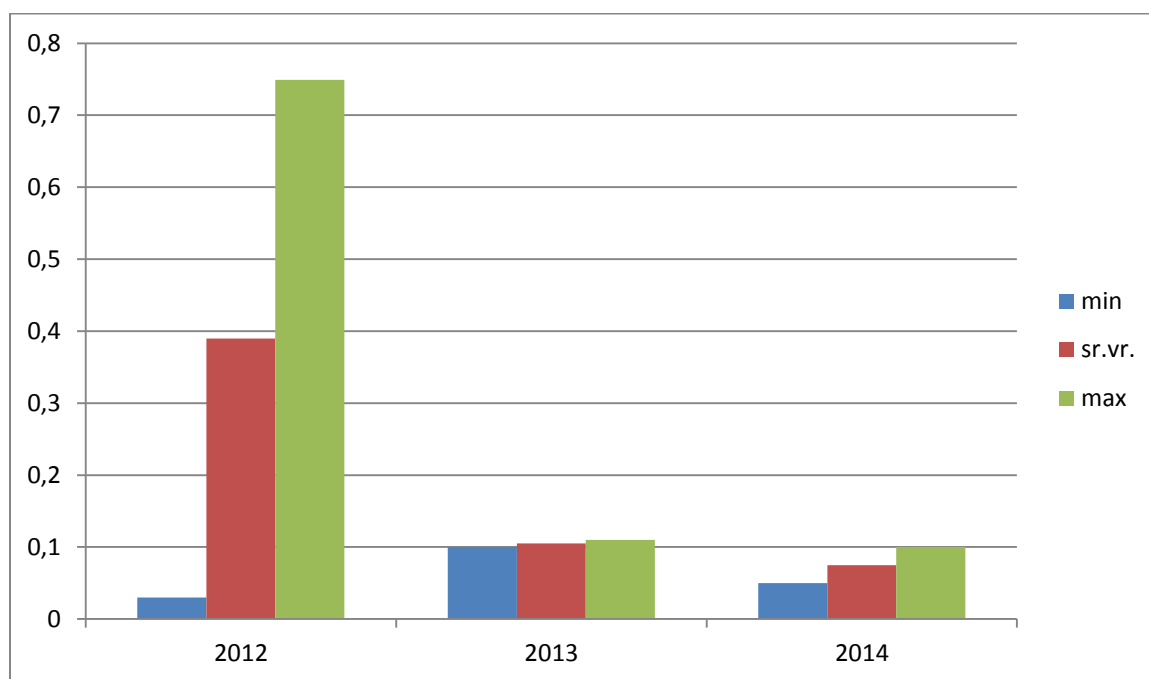


Slika 13. Olovo ( $\mu\text{g Pb/l}$ ) na točki uzorkovanja: Piezometar P-62 u razdoblju od srpnja 2012. do prosinca 2014. godine

#### 5.2.4. Pokazatelj: Kadmij ( $\mu\text{g Cd/l}$ )

Dobivene vrijednosti kadmija ( $\mu\text{g Cd/l}$ ) kod piezometra P-62 u razdoblju od 2012.-2014. godine kreću se od minimalne vrijednosti 0.03 zabilježene u 2012. godini, dok je maksimalna vrijednost izmjerena 2012. godine s rezultatom od 0.749 ( $\mu\text{g Cd/l}$ ). Najmanja srednja vrijednost kadmija iznosi 0.075 ( $\mu\text{g Cd/l}$ ) 2014. godine, a najviša 0.39 ( $\mu\text{g Cd/l}$ ) 2012. godine. Opisani rezultati prikazani su na slici 14.

Prema Uredbi o standardu kakvoće voda (NN 73/13) granična vrijednost prosječne godišnje koncentracije (PGK) za kadmij iznosi 5 ( $\mu\text{g Cd/l}$ ) te prema članku 37. Uredbe koji tijelo podzemne vode s obzirom na kemijsko stanje svrstava u kategorije dobrog i lošeg stanja, za navedeni parametar podzemne su vode dobrog stanja.

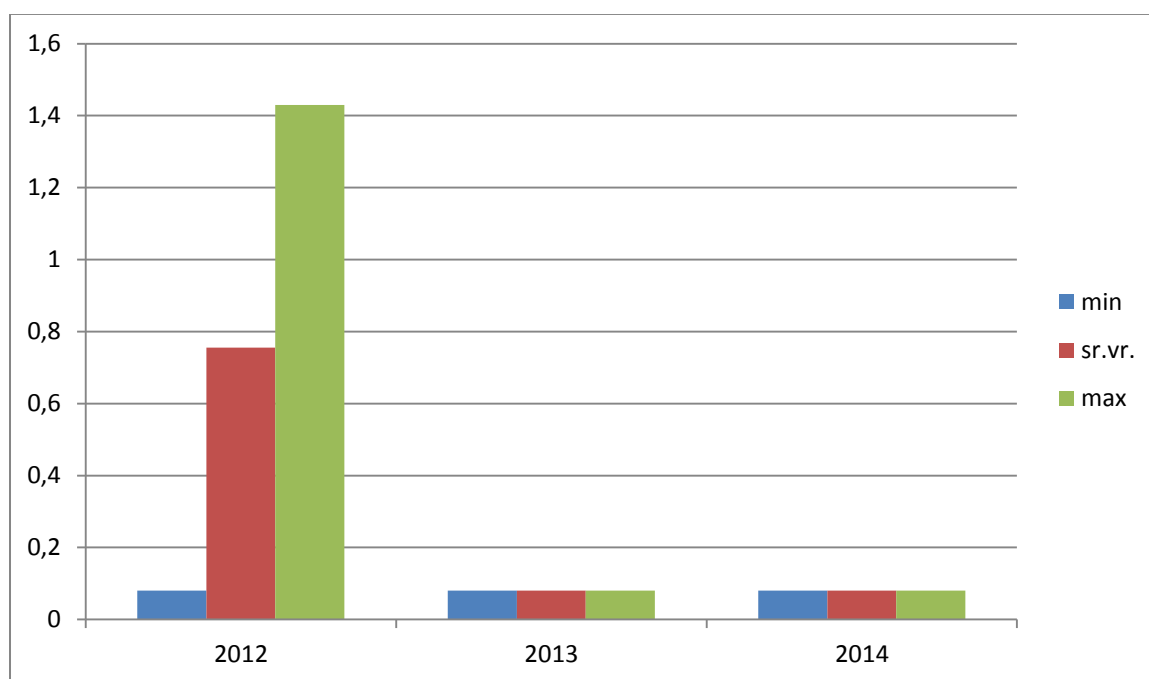


Slika 14. Kadmij ( $\mu\text{g Cd/l}$ ) na točki uzorkovanja: Piezometar P-62 u razdoblju od srpnja 2012. do prosinca 2014. godine

### 5.2.5. Pokazatelj: Živa ( $\mu\text{g Hg/l}$ )

Dobivene vrijednosti žive ( $\mu\text{g Hg/l}$ ) kod piezometra P-62 u razdoblju od 2012.-2014. godine imaju minimalnu vrijednost 0.08 ( $\mu\text{g Hg/l}$ ) zabilježenu tokom čitavog razdoblja, odnosno svake godine, dok najveću vrijednost bilježi 2012. od 1.43 ( $\mu\text{g Hg/l}$ ). Najmanja srednja vrijednost iznosi 0.08 ( $\mu\text{g Hg/l}$ ) 2013. i 2014. godine, dok najveća srednja vrijednost iznosi 0.755 ( $\mu\text{g Hg/l}$ ) 2012. godine. Opisani rezultati prikazani su na slici 15.

Prema Uredbi o standardu kakvoće voda (NN 73/13) granična vrijednost prosječne godišnje koncentracije (PGK) za živu iznosi 1 ( $\mu\text{g Hg/l}$ ) te prema članku 37. Uredbe koji tijelo podzemne vode s obzirom na kemijsko stanje svrstava u kategorije dobrog i lošeg stanja, za navedeni parametar podzemne su vode dobrog stanja unatoč prekoračene vrijednosti žive ( $\mu\text{g Hg/l}$ ) tokom 2012. godine, jer je srednja vrijednost unutar zadanih granica.



Slika 15. Živa ( $\mu\text{g Hg/l}$ ) na točki uzorkovanja: Piezometar P-62 u razdoblju od srpnja 2012. do prosinca 2014. godine

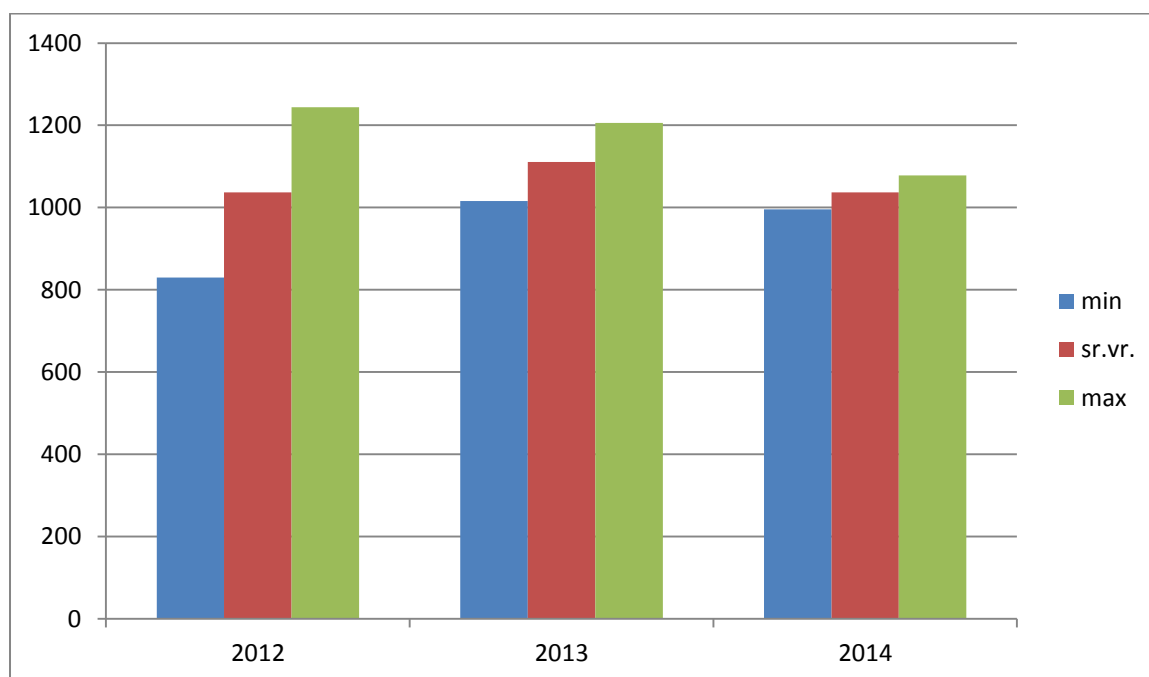


### 5.3. Rezultati piezometra P-63

#### 5.3.1. Pokazatelj: Vodljivost ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )

Dobivene vrijednosti vodljivosti ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) kod piezometra P-63 u razdoblju od 2012.-2014. godine kreću se od minimalne vrijednosti 830 ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) zabilježene u 2012. godini, dok je maksimalna vrijednost izmjerena 2012. godine s rezultatom od 1244 ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ). Najmanja srednja vrijednost vodljivosti iznosi 1037 ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) 2012. i 2014. godine, a najviša 1111 ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) 2013. godine. Opisani rezultati prikazani su na slici 16.

Prema Uredbi o standardu kakvoće voda (NN 73/13) granična vrijednost prosječne godišnje koncentracije (PGK) za vodljivost iznosi 2500 ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), te prema članku 37. koji tijelo podzemne vode s obzirom na kemijsko stanje svrstava u kategorije dobrog i lošeg stanja, za navedeni parametar podzemne su vode dobrog stanja.

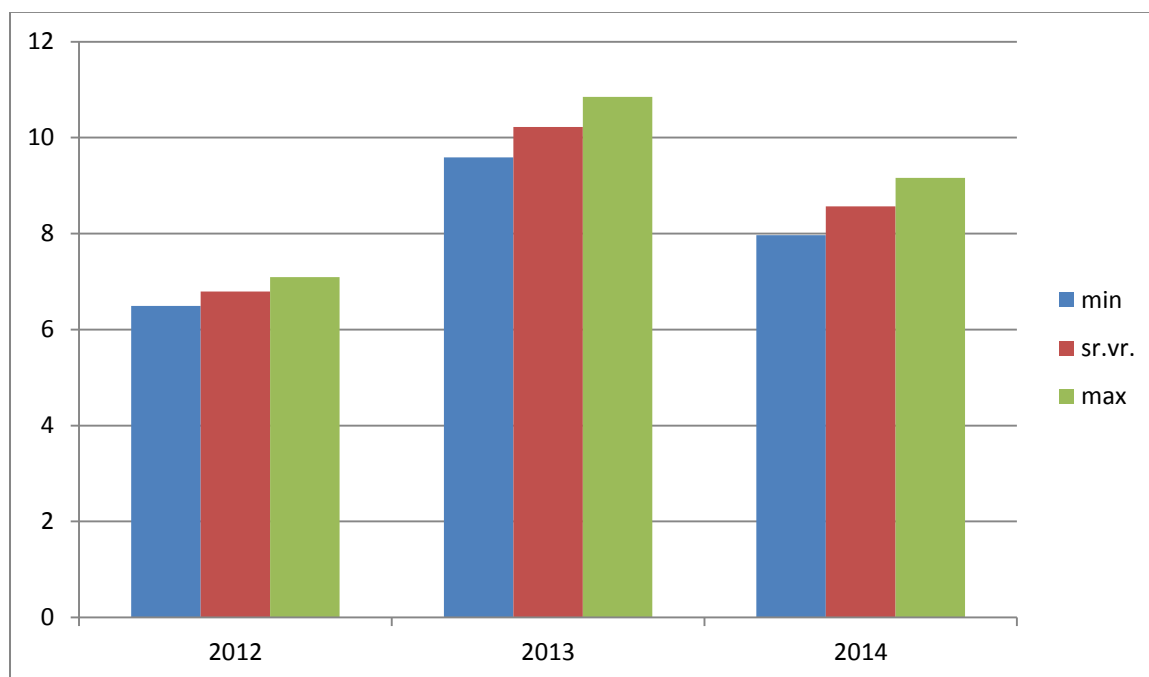


Slika 16. El.vodljivost ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) na točki uzorkovanja: Piezometar P-63 u razdoblju od srpnja 2012. do prosinca 2014. godine

### 5.3.2. Pokazatelj: Nitrati (mg N/l)

Dobivene vrijednosti nitrata (mg N/l) kod piezometra P-63 u razdoblju od 2012.-2014. godine kreću se od minimalne vrijednosti 6.49 zabilježene u 2012. godini, dok je maksimalna vrijednost izmjerena 2013. godine s rezultatom od 10.85 (mg N/l). Najmanja srednja vrijednost nitrata iznosi 6.79 (mg N/l) 2012. godine, a najviša 10.22 (mg N/l) 2013. godine. Opisani rezultati prikazani su na slici 17.

Prema Uredbi o standardu kakvoće voda (NN 73/13) granična vrijednost prosječne godišnje koncentracije (PGK) za nitrata iznosi 50 (mg/l NO<sub>3</sub>), sukladno preporukama Direktive Europskog parlamenta i vijeća o zaštiti podzemnih voda od onečišćenja i pogoršanja kakvoće. Prema članku 37. Uredbe o standardu kakvoće voda (NN 73/13) koji tijelo podzemne vode s obzirom na kemijsko stanje svrstava u kategorije dobrog i lošeg stanja, za navedeni parametar podzemne su vode dobrog stanja.

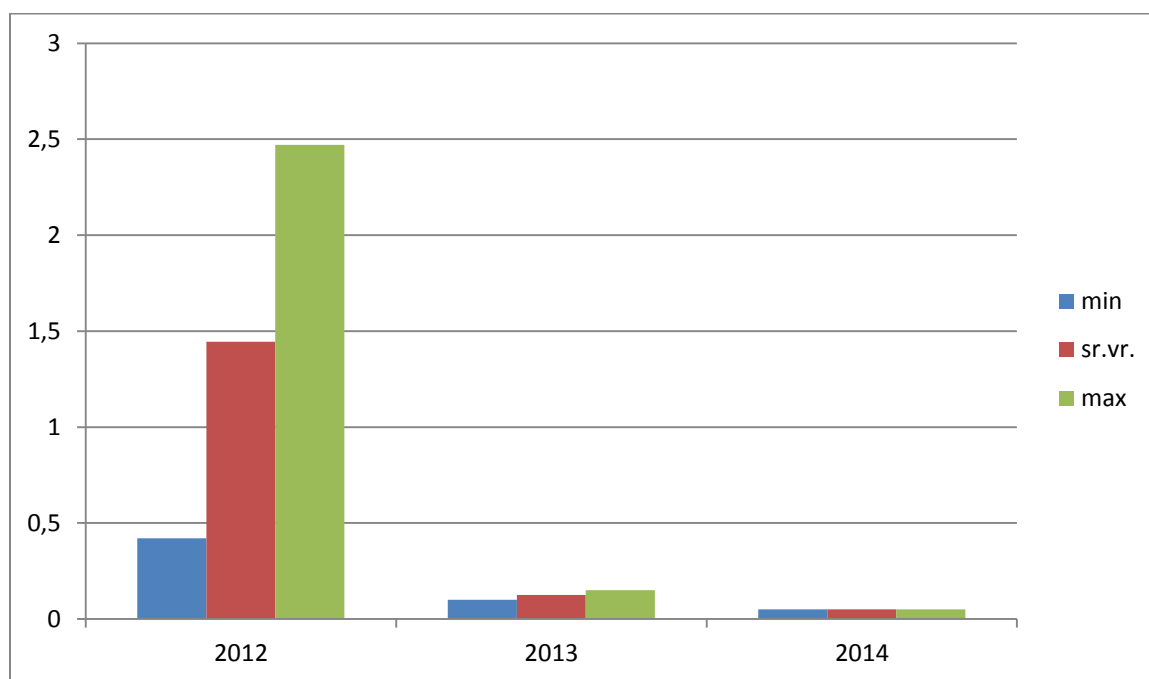


Slika 17. Nitrati (mg N/l) na točki uzorkovanja: Piezometar P-63 u razdoblju od srpnja 2012. do prosinca 2014. godine

### 5.3.3. Pokazatelj: Olovo ( $\mu\text{g Pb/l}$ )

Dobivene vrijednosti olova ( $\mu\text{g Pb/l}$ ) kod piezometra P-63 u razdoblju od 2012.-2014. godine kreću se od minimalne vrijednosti 0.05 zabilježene u 2014. godini, dok je maksimalna vrijednost izmjerena 2012. godine s rezultatom od 2.47 ( $\mu\text{g Pb/l}$ ). Najmanja srednja vrijednost olova iznosi 0.05 ( $\mu\text{g Pb/l}$ ) 2014. godine, a najviša 1.445 ( $\mu\text{g Pb/l}$ ) 2012. godine. Opisani rezultati prikazani su na slici 18.

Prema Uredbi o standardu kakvoće voda (NN 73/13) granična vrijednost prosječne godišnje koncentracije (PGK) za olovo iznosi 10 ( $\mu\text{g Pb/l}$ ) te prema članku 37. Uredbe koji tijelo podzemne vode s obzirom na kemijsko stanje svrstava u kategorije dobrog i lošeg stanja, za navedeni parametar podzemne su vode dobrog stanja

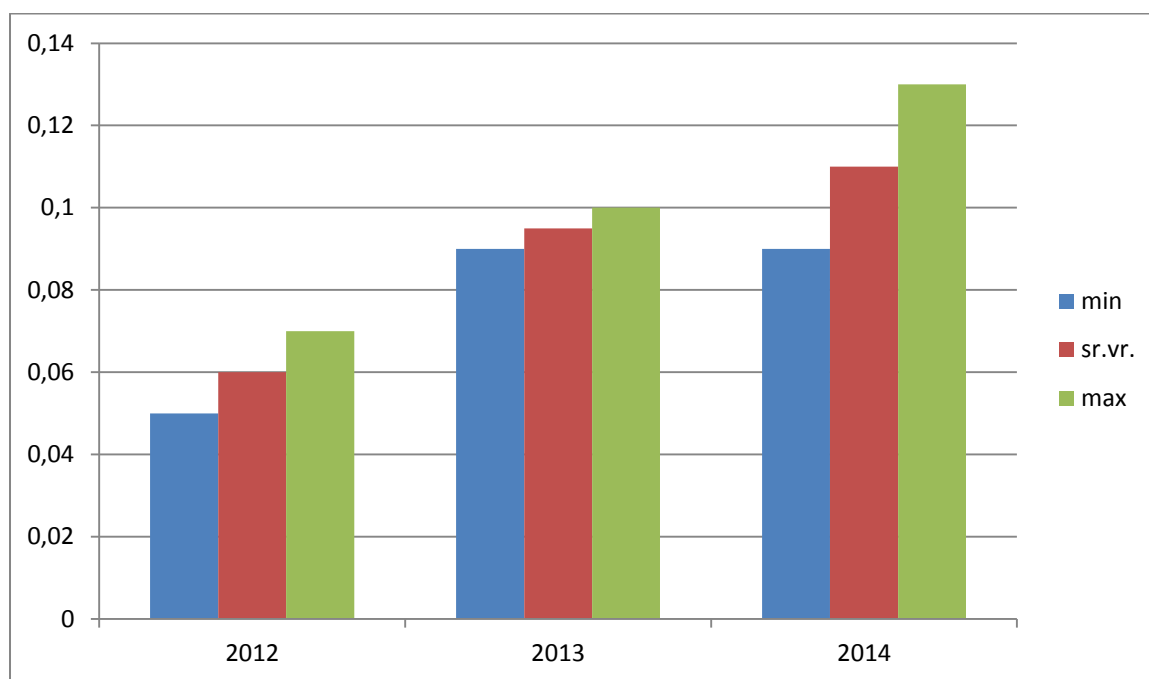


Slika 18. Olovo ( $\mu\text{g Pb/l}$ ) na točki uzorkovanja: Piezometar P-63 u razdoblju od srpnja 2012. do prosinca 2014. godine

#### 5.3.4. Pokazatelj: Kadmij ( $\mu\text{g Cd/l}$ )

Dobivene vrijednosti kadmija ( $\mu\text{g Cd/l}$ ) kod piezometra P-63 u razdoblju od 2012.-2014. godine kreću se od minimalne vrijednosti 0.05 zabilježene u 2012. godini, dok je maksimalna vrijednost izmjerena 2014. godine s rezultatom od 0.13 ( $\mu\text{g Cd/l}$ ). Najmanja srednja vrijednost kadmija iznosi 0.06 ( $\mu\text{g Cd/l}$ ) 2012. godine, a najviša 0.11 ( $\mu\text{g Cd/l}$ ) 2014. godine. Opisani rezultati prikazani su na slici 19.

Prema Uredbi o standardu kakvoće voda (NN 73/13) granična vrijednost prosječne godišnje koncentracije (PGK) za kadmij iznosi 5 ( $\mu\text{g Cd/l}$ ) te prema članku 37. Uredbe koji tijelo podzemne vode s obzirom na kemijsko stanje svrstava u kategorije dobrog i lošeg stanja, za navedeni parametar podzemne su vode dobrog stanja.

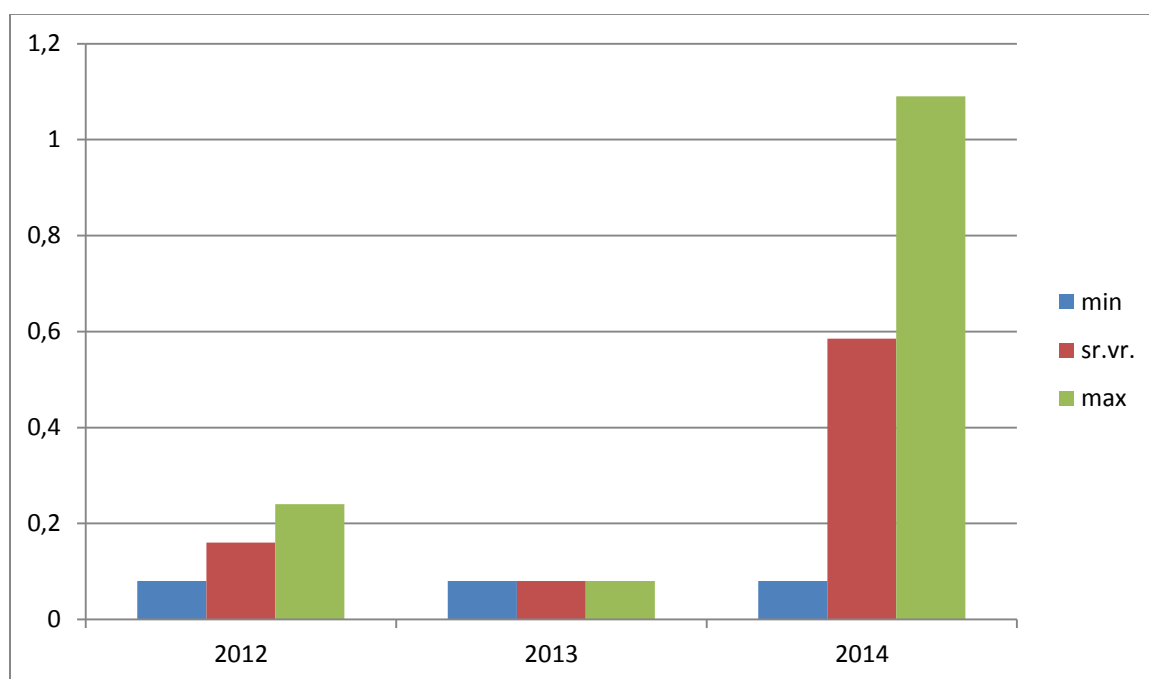


Slika 19. Kadmij ( $\mu\text{g Cd/l}$ ) na točki uzorkovanja: Piezometar P-63 u razdoblju od srpnja 2012. do prosinca 2014. godine

### 5.3.5. Pokazatelj: Živa ( $\mu\text{g Hg/l}$ )

Dobivene vrijednosti žive ( $\mu\text{g Hg/l}$ ) kod piezometra P-63 u razdoblju od 2012.-2014. godine imaju minimalnu vrijednost 0.08 ( $\mu\text{g Hg/l}$ ) zabilježenu tokom čitavog razdoblja, odnosno svake godine, dok najveću vrijednost bilježi 2014. od 1.09 ( $\mu\text{g Hg/l}$ ). Najmanja srednja vrijednost iznosi 0.08 ( $\mu\text{g Hg/l}$ ) 2013. godine, dok najveća srednja vrijednost iznosi 0.585 ( $\mu\text{g Hg/l}$ ) 2012. godine. Opisani rezultati prikazani su na slici 20.

Prema Uredbi o standardu kakvoće voda (NN 73/13) granična vrijednost prosječne godišnje koncentracije (PGK) za živu iznosi 1 ( $\mu\text{g Hg/l}$ ) te prema članku 37. Uredbe koje tijelo podzemne vode s obzirom na kemijsko stanje svrstava u kategorije dobrog i lošeg stanja, za navedeni parametar podzemne su vode dobrog stanja unatoč prekoračene vrijednosti žive ( $\mu\text{g Hg/l}$ ) tokom 2014. godine, jer je srednja vrijednost unutar zadanih granica.



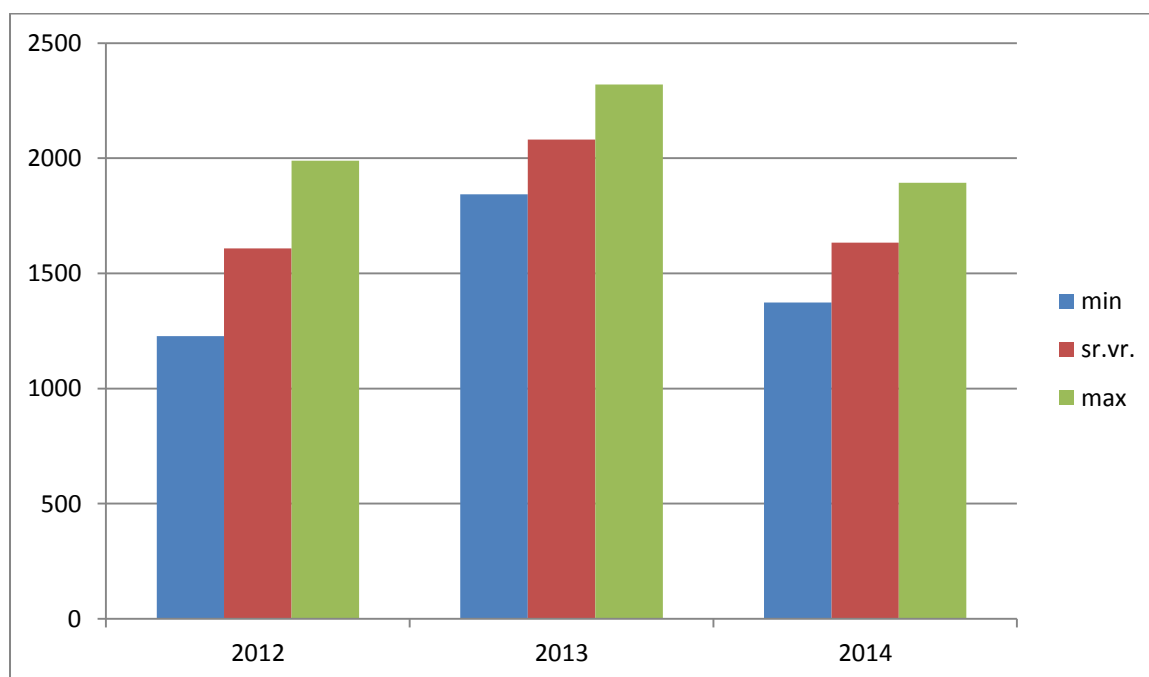
Slika 20. Živa ( $\mu\text{g Hg/l}$ ) na točki uzorkovanja: Piezometar P-63 u razdoblju od srpnja 2012. do prosinca 2014. godine

## 5.4. Rezultati piezometra P-64

### 5.4.1. Pokazatelj: Vodljivost ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )

Dobivene vrijednosti vodljivosti ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) kod piezometra P-64 u razdoblju od 2012.-2014. godine kreću se od minimalne vrijednosti 1227 ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) zabilježene u 2012. godini, dok je maksimalna vrijednost izmjerena 2013. godine s rezultatom od 2320 ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ). Najmanja srednja vrijednost vodljivosti iznosi 1608 ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) 2012. godine, a najviša 2081.5 ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) 2013. godine. Opisani rezultati prikazani su na slici 21.

Prema Uredbi o standardu kakvoće voda (NN 73/13) granična vrijednost prosječne godišnje koncentracije (PGK) za vodljivost iznosi 2500 ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), te prema članku 37. koji tijelo podzemne vode s obzirom na kemijsko stanje svrstava u kategorije dobrog i lošeg stanja, za navedeni parametar podzemne su vode dobrog stanja.

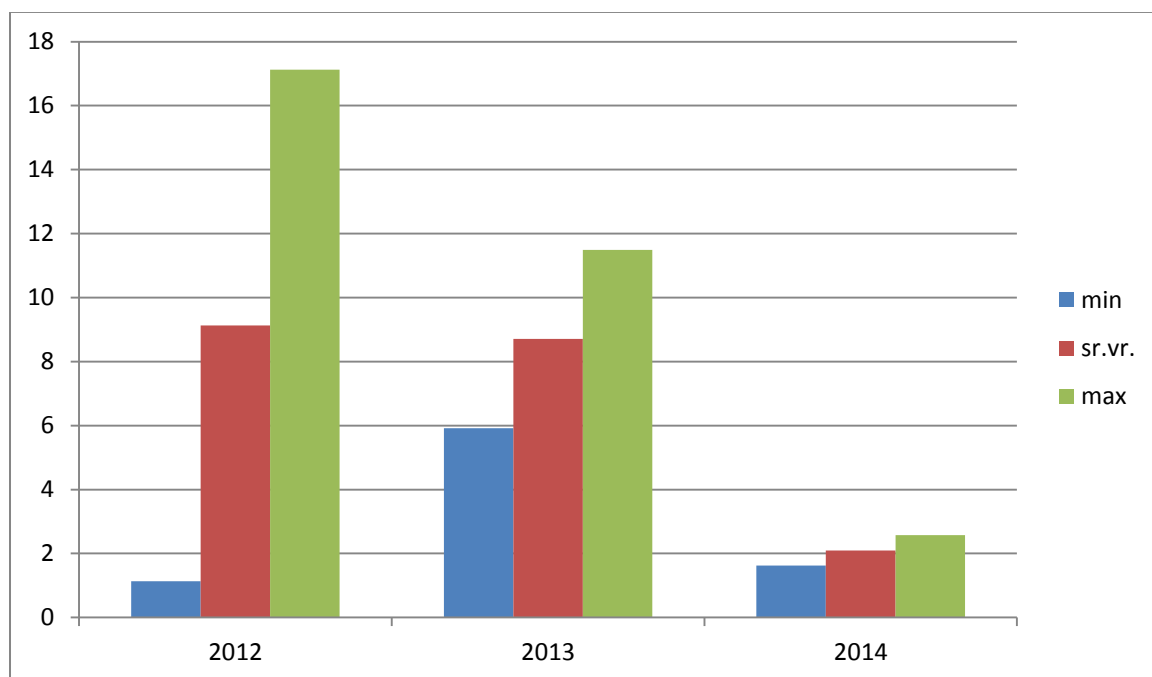


Slika 21. Vodljivost ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) na točki uzorkovanja: Piezometar P-64 u razdoblju od srpnja 2012. do prosinca 2014. godine

#### 5.4.2. Pokazatelj: Nitrati (mg N/l)

Dobivene vrijednosti nitrata (mg N/l) kod piezometra P-64 u razdoblju od 2012.-2014. godine kreću se od minimalne vrijednosti 1.13 zabilježene u 2012. godini, dok je maksimalna vrijednost izmjerena 2012. godine s rezultatom od 17.12 (mg N/l). Najmanja srednja vrijednost nitrata iznosi 2.095 (mg N/l) 2014. godine, a najviša 9.125 (mg N/l) 2012. godine. Opisani rezultati prikazani su na slici 22.

Prema Uredbi o standardu kakvoće voda (NN 73/13) granična vrijednost prosječne godišnje koncentracije (PGK) za nitrata iznosi 50 (mg/l  $\text{NO}_3$ ), sukladno preporukama Direktive Europskog parlamenta i vijeća o zaštiti podzemnih voda od onečišćenja i pogoršanja kakvoće. Prema članku 37. Uredbe o standardu kakvoće voda (NN 73/13) koji tijelo podzemne vode s obzirom na kemijsko stanje svrstava u kategorije dobrog i lošeg stanja, za navedeni parametar podzemne su vode dobrog stanja.

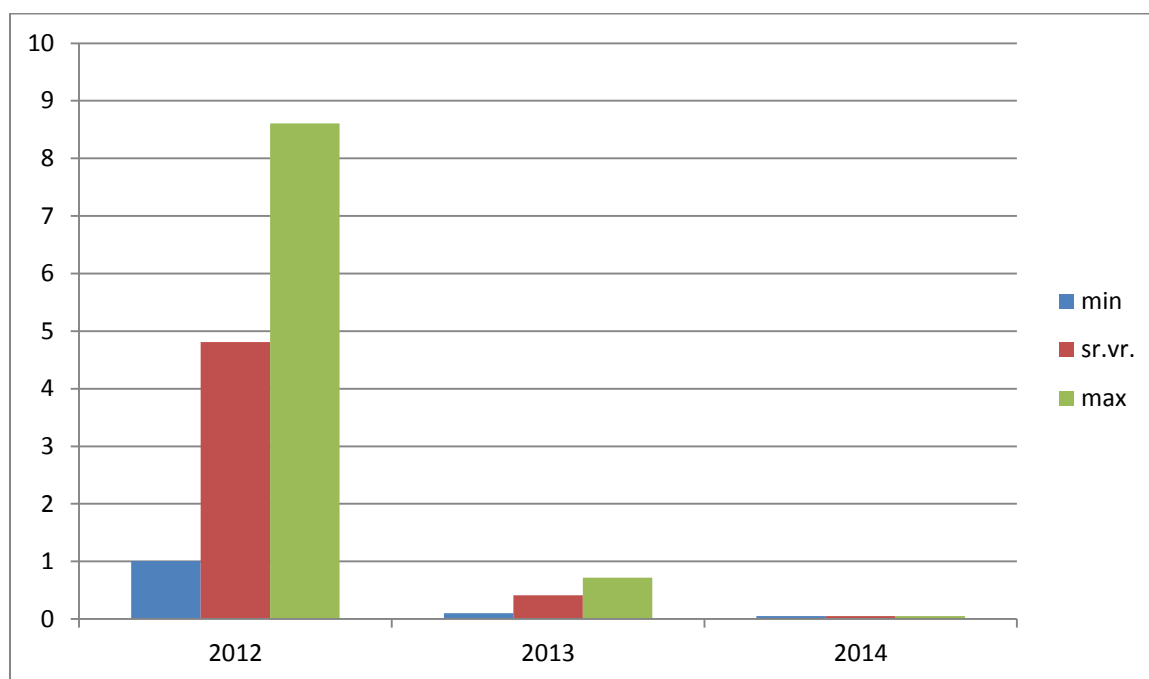


Slika 22. Nitrati (mg N/l) na točki uzorkovanja: Piezometar P-64 u razdoblju od srpnja 2012. do prosinca 2014. godine

#### 5.4.3. Pokazatelj: Olovo ( $\mu\text{g Pb/l}$ )

Dobivene vrijednosti olova ( $\mu\text{g Pb/l}$ ) kod piezometra P-64 u razdoblju od 2012.-2014. godine kreću se od minimalne vrijednosti 0.05 zabilježene u 2014. godini, dok je maksimalna vrijednost izmjerena 2012. godine s rezultatom od 8.61 ( $\mu\text{g Pb/l}$ ). Najmanja srednja vrijednost olova iznosi 0.05 ( $\mu\text{g Pb/l}$ ) 2014. godine, a najviša 4.81 ( $\mu\text{g Pb/l}$ ) 2012. godine. Opisani rezultati prikazani su na slici 23.

Prema Uredbi o standardu kakvoće voda (NN 73/13) granična vrijednost prosječne godišnje koncentracije (PGK) za olovo iznosi 10 ( $\mu\text{g Pb/l}$ ) te prema članku 37. Uredbe koji tijelo podzemne vode s obzirom na kemijsko stanje svrstava u kategorije dobrog i lošeg stanja, za navedeni parametar podzemne su vode dobrog stanja.



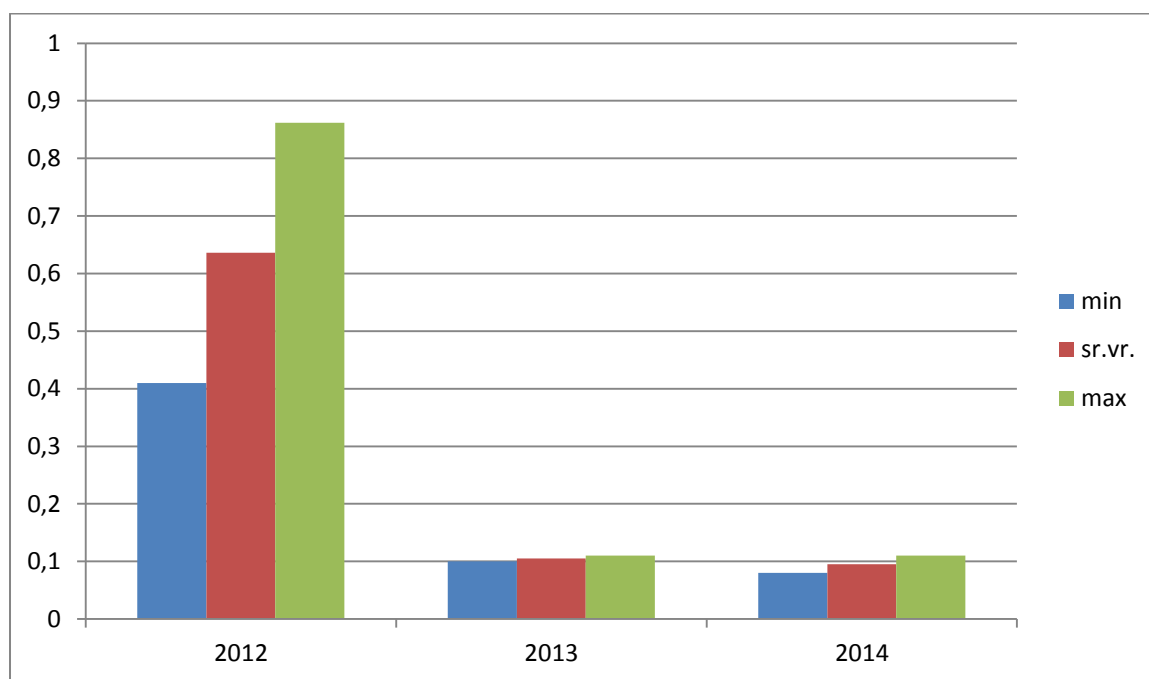
Slika 23. Olovo ( $\mu\text{g Pb/l}$ ) na točki uzorkovanja: Piezometar P-64 u razdoblju od srpnja 2012. do prosinca 2014. godine



#### 5.4.4. Pokazatelj: Kadmij ( $\mu\text{g Cd/l}$ )

Dobivene vrijednosti kadmija ( $\mu\text{g Cd/l}$ ) kod piezometra P-64 u razdoblju od 2012.-2014. godine kreću se od minimalne vrijednosti 0.08 zabilježene u 2014. godini, dok je maksimalna vrijednost izmjerena 2012. godine s rezultatom od 0.862 ( $\mu\text{g Cd/l}$ ). Najmanja srednja vrijednost kadmija iznosi 0.095 ( $\mu\text{g Cd/l}$ ) 2014. godine, a najviša 0.636 ( $\mu\text{g Cd/l}$ ) 2012. godine. Opisani rezultati prikazani su na slici 24.

Prema Uredbi o standardu kakvoće voda (NN 73/13) granična vrijednost prosječne godišnje koncentracije (PGK) za kadmij iznosi 5 ( $\mu\text{g Cd/l}$ ) te prema članku 37. Uredbe koji tijelo podzemne vode s obzirom na kemijsko stanje svrstava u kategorije dobrog i lošeg stanja, za navedeni parametar podzemne su vode dobrog stanja.

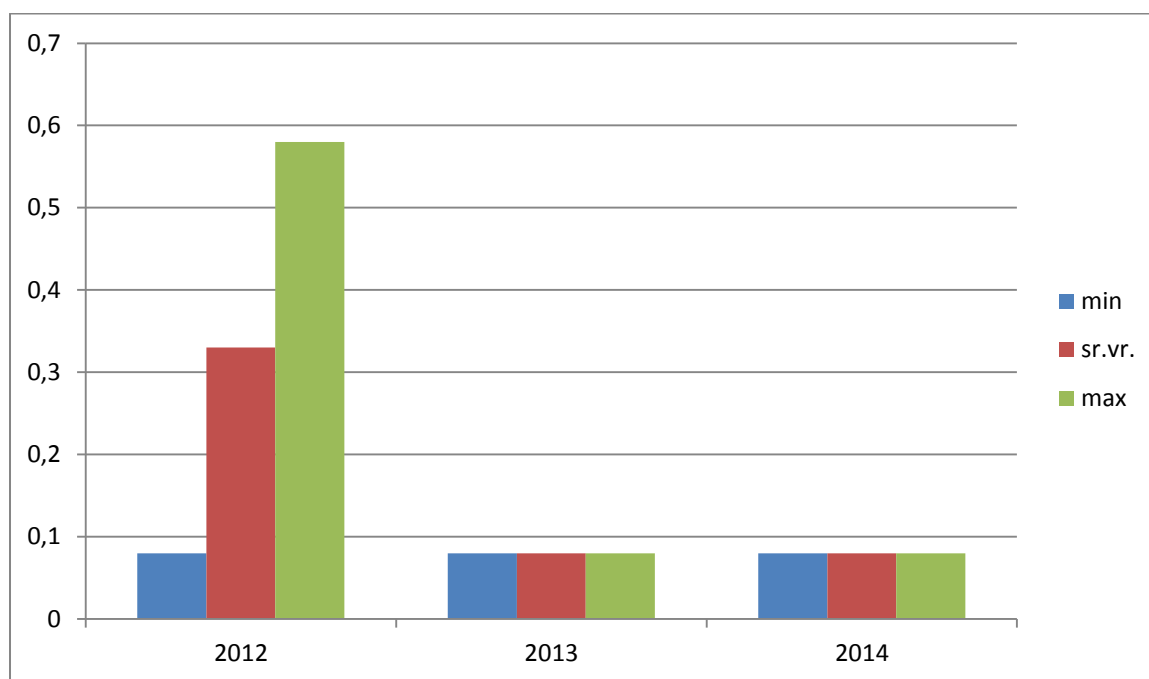


Slika 24. Kadmij ( $\mu\text{g Cd/l}$ ) na točki uzorkovanja: Piezometar P-64 u razdoblju od srpnja 2012. do prosinca 2014. godine

#### 5.4.5. Pokazatelj: Živa ( $\mu\text{g Hg/l}$ )

Dobivene vrijednosti žive ( $\mu\text{g Hg/l}$ ) kod piezometra P-64 u razdoblju od 2012.-2014. godine imaju minimalnu vrijednost 0.08 ( $\mu\text{g Hg/l}$ ) zabilježenu tokom čitavog razdoblja, odnosno svake godine, dok najveću vrijednost bilježi 2012. od 0.58 ( $\mu\text{g Hg/l}$ ). Najmanja srednja vrijednost iznosi 0.08 ( $\mu\text{g Hg/l}$ ) 2013. i 2014. godine, dok najveća srednja vrijednost iznosi 0.33 ( $\mu\text{g Hg/l}$ ) 2012. godine. Opisani rezultati prikazani su na slici 25.

Prema Uredbi o standardu kakvoće voda (NN 73/13) granična vrijednost prosječne godišnje koncentracije (PGK) za živu iznosi 1 ( $\mu\text{g Hg/l}$ ) te prema članku 37. Uredbe koje tijelo podzemne vode s obzirom na kemijsko stanje svrstava u kategorije dobrog i lošeg stanja, za navedeni parametar podzemne su vode dobrog stanja.



Slika 25. Živa ( $\mu\text{g Hg/l}$ ) na točki uzorkovanja: Piezometar P-64 u razdoblju od srpnja 2012. do prosinca 2014. godine

## 6. ZAKLJUČCI

Kemijsko je stanje tijela podzemne vode u piezometrima P-58, P-62, P-63 i P-64, sukladno Uredbi o standardu kakvoće voda (NN 73/13) dobro, odnosno izračunata prosječna godišnja koncentracija odabranih pokazatelja u razdoblju od 2012.-2014. godine manja je od standarda kakvoće podzemnih voda ( $PGK \leq SKPV$ ).

Pojedinačni, tj. trenutni uzorci podzemnih voda u razdoblju od 2012.-2014. pokazuju prisutnost teških metala u tijelu podzemne vode u piezometrima P-62 i P-63, nizvodno od predmetne lokacije, kraj nesaniranog dijela odlagališta otpada, plohe 3 i 4b.

Nužno je provoditi praćenje stanja okoliša tijekom korištenja odlagališta, a također je i nužna sanacija kako ne bi došlo do onečišćenja podzemnih voda i ostalih sastavnica okoliša.

Odlagalište otpada Totovec provodi sanaciju od 2005. godine, te se bliži konačnom zatvaranju i izgradnji sustava za održivo gospodarenje otpadom.

## 7. LITERATURA

- [1] Agencija za zaštitu okoliša – AZO (2015), Izvješće o komunalnom otpadu za 2013.godinu, Zagreb
- [2] Zakon o održivom gospodarenju otpadom, Narodne novine 94/13
- [3] Direktiva Europskoga parlamenta i vijeća o zaštiti podzemnih voda od onečišćenja i pogoršanja kakvoće (2006/118/EZ)
- [4] Uredba o standardu kakvoće voda, Narodne novine 73/13
- [5] Zakon o zaštiti okoliša, Narodne novine 153/13
- [6] Uredba o postupku utvrđivanja objedinjenih uvjeta zaštite okoliša, Narodne novine 114/08
- [7] Uredba o kategorijama, vrstama i klasifikaciji otpada s katalogom otpada i listom opasnog otpada, Narodne novine 50/05
- [8] IRI Sisak d.o.o. za istraživanje, razvoj i ispitivanje (2013), Elaborat zaštite okoliša (ocjena o potrebi procjene utjecaja zahvata na okoliš), Sisak
- [9] GKP Čakom d.o.o. (2015). Pravilnik o zbrinjavanju svih vrsta otpada iz tehnoloških procesa i mulja iz procesa obrade otpadnih voda, Čakovec
- [10] GKP Čakom d.o.o. (2015). Plan rada i održavanje vodnih građevina za odvodnju i uređaja za pročišćavanje otpadnih voda, Čakovec
- [11] Pravilnik o načinima i uvjetima odlaganja otpada, kategorijama i uvjetima rada za odlagalište otpada, Narodne novine 62/13
- [12] GKP Čakom d.o.o. (2015). Operativni plan mjera za slučaj izvanrednih i iznenadnih onečišćenja voda, Čakovec
- [13] Strategija gospodarenja otpadom Republike Hrvatske, Narodne novine 130/05
- [14] Galina M. (2011). “Primjer geotehničkih zahvata kod sanacije odlagališta otpada”, Geotehnički fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Varaždin
- [15] Jambrović F. (2013). “Onečišćenje, zaštita i stanje kvalitete vode za piće Međimurske županije”. U *Zbornik radova Međimurskog veleučilišta u Čakovcu*. Vol.4 (2), 59-73
- [16] Bioinstitut d.o.o. (2012.-2014.), Ispitni izvještaj trenutnih uzoraka podzemnih voda, Čakovec
- [17] Kiš-Novak, D. (2012). “Ekološka obilježja aluvijalnih potoka na području Međimurja”. Doktorska disertacija, Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Biološki odsjek

- [18] Hrvatska akreditacijska agencija. [www.akreditacija.hr/registar](http://www.akreditacija.hr/registar) (28.06.2015.)
- [19] Horvat I., Senta A., Racz A. (2010). "Praćenje koncentracije nitrata u vodi Koprivničkog vodovoda". U *Sigurnost*, Vol 52.(4),359-365
- [20] Filipović V., Petošić D., Nakić Z., Bubalo M. (2013). "Prisutnost nitrata u podzemnim vodama; izvori i procesi". *Hrvatske vode*, Vol.84, 119-128
- [21] Direktiva o zaštiti voda od onečišćenja koje uzrokuju nitrati poljoprivrednog podrijetla (91/676/EEZ)
- [22] Šrajbek M. (2011). "Kvantificiranje utjecaja zagađivača na koncentraciju nitrata u podzemnoj vodi Varaždinske regije", Geotehnički fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb
- [23] Eko-monitoring (2013). Sažetak zahtjeva za utvrđivanje objedinjenih uvjeta zaštite okoliša za postrojenje za intenzivan uzgoj peradi farma 21, naselje Totovec, grad Čakovec, Varaždin
- [24] Omanović D., Cuculić V., Caktaš Šagi F., Pižeta I., Mlakar M., Tucak Zorić I., Cukrov N. (2009). "Koncentracije ekotoksičnih metala (Cd, Pb, Ni, Cu i Zn) u podzemnoj vodi vodocrpilišta Mala Mlaka, Grad Zagreb", Znanstveno-stručni skup *Voda i javna vodoopskrba*, Gradac
- [25] Bajsić Z., Dobrotić I. (2014). "Uklanjanje teških metala iz tla fitoremedijacijom uz pomoć samoniklih biljaka na području grada Varaždina", Geotehnički fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Varaždin
- [26] Agencija za zaštitu okoliša- AZO (2014), Izvješće o otpadnim baterijama i akumulatorima za 2012.i 2013.godinu, Zagreb
- [27] Drčić D. (2014). "Ekotoksikologija kadmija". U *TEDI*, Međunarodni interdisciplinarni časopis, Vol.4 (4),66-77
- [28] Pravilnik o gospodarenju otpadnim baterijama i akumulatorima, Narodne novine 86/13
- [29] Mikac N., Roje V, Cukrov N., Foucher D. (2006). "Mercury in Aquatic Sediments and Soil from Croatia". U *Arhiv za higijenu rada i toksikologiju*, Vol 57.(3)
- [30] SCHER, Znanstveni odbor za rizike po zdravlje i okoliš (2007), Preliminarno izvješće o rizicima za okoliš i neizravnim zdravstvenim učincima žive iz dentalnog amalgama, Brussels

- [31] Minnesota Pollution Control Agency (1999), Cadmium, Lead and Mercury in Minnesota's Ground Water. <http://www.pca.state.mn.us/index.php/view-document.html?gid=6312> (27.06.2015.)
- [32] Zavod za javno zdravstvo Koprivničko-Križevačke županije. (2009), Elaborat o procjeni početnog stanja kakvoća voda na odlagalištu komunalnog otpada "Piškornica", Koprivnica