

# Izvedba zamjenskog zdenca Z-14 na crpilištu Vinogradi u Osijeku

---

**Pucak, Marin**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2021**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering / Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:169:588640>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-09-12**



*Repository / Repozitorij:*

[Faculty of Mining, Geology and Petroleum  
Engineering Repository, University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
RUDARSKO-GEOLOŠKO-NAFTNI FAKULTET

Diplomski studij geološkog inženjerstva

**IZVEDBA ZAMJENSKOG ZDENCA Z-14 NA CRPILIŠTU VINOGRADI U  
OSIJEKU**

Diplomski rad

Marin Pucak

GI394

Zagreb, 2021.

Rudarsko-geološko-naftni fakultet

IZVEDBA ZAMJENSKOG ZDENCA Z-14 NA CRPILIŠTU VINOGRADI U OSIJEKU

MARIN PUČAK

Diplomski rad izrađen: Sveučilište u Zagrebu  
Rudarsko-geološko-naftni fakultet  
Zavod za geologiju i geološko inženjerstvo  
Pierottijeva 6, 10 002 Zagreb

Sažetak

Zdenac Z-14 na crpilištu Vinogradi u Osijeku izveden je kao zamjenski zdenac zdenca B-14 nakon što se provjerom stanja zdenca ustanovilo da je došlo do pjeskarenja i vjerojatnog proboja konstrukcije zdenca. Radovi na izvedbi zdenca provedeni su početkom 2021. godine, a izvođač je bio Vodovod – Hidrogeološki radovi d.o.o. Osijek. Zdenac B-14 jedini je zdenac koji do sada nije dobio svoju zamjenu, odnosno bio je u eksploataciji sve do siječnja 2020. godine kada je došlo do pjeskarenja. U ovom diplomskom radu prikazane su osnovne, geološke i hidrogeološke značajke crpilišta Vinogradi i šireg područja, izvedba zdenca Z-14 u koracima i parametri zdenca Z-14 koji su izračunati pomoću podataka pokusnog crpljenja koji se izvodio nakon izvedbe samog zdenca.

Ključne riječi: crpilište, pokusno crpljenje, parametri zdenca, revitalizacija

Diplomski rad sadrži: 59 stranica, 4 tablice, 21 slika, 5 priloga i 10 referenci

Jezik izvornika: hrvatski

Diplomski rad pohranjen: Knjižnica Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta,  
Pierottijeva 6, 10 002 Zagreb

Voditelj: Dr. sc. Željko Duić, izvanredni profesor RGNF

Ocjenjivači: Dr. sc. Željko Duić, izvanredni profesor RGNF  
Dr. sc. Kristijan Posavec, redoviti profesor RGNF  
Dr. sc. Jelena Parlov, izvanredni profesor RGNF

Datum obrane: 28. rujan 2021.

Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering

THE CONSTRUCTION OF THE REPLACEMENT WELL Z-14 IN THE VINOGRADI  
WELL FIELD OSIJEK

MARIN PUCAK

Thesis completed in: University of Zagreb  
Faculty of Mining, Geology and Petroleum engineering  
Department of geology and geological engineering  
Pierottijeva 6, 10 002 Zagreb

Abstract

Well Z-14 at the pumping station Vinogradi in Osijek was constructed as a replacement well B-14 after checking the condition of the well and found that there was sandblasting and probable penetration of the well structure. The works on the construction of the well were carried out at the beginning of 2021, and the contractor was Vodovod - Hidrogeološki radovi d.o.o. Osijek. Well B-14 is the only well that has not received its replacement so far, ie it was in operation until January 2020, when sandblasting took place. This thesis presents the basic, geological and hydrogeological characteristics of the Vinogradi pumping station and the wider area, the design of the Z-14 well in steps and the parameters of the Z-14 well, which were calculated using experimental pumping data performed after the construction of the well.

Key words: well field, pumping test, well parameters, rehabilitation

Thesis contains: 59 pages, 4 table, 21 figures, 5 enclosures and 10 references

Original in: Croatian

Thesis deposited in: Library of Faculty of Mining, Geology and Petroleum engineering,  
Pierottijeva 6, 10002 Zagreb

Supervisor: PhD Sc. ing. Željko Duić, Associate Professor

Reviewers: PhD Sc. ing. Željko Duić, Associate Professor

PhD Sc. ing. Kristijan Posavec, Regular Professor

PhD Sc. ing. Jelena Parlov, Associate Professor

Date of defense: September 28, 2021.

## SADRŽAJ:

<b>1. UVOD .....</b>	<b>1</b>
<b>2. OSNOVNE ZNAČAJKE LOKACIJE VODOCRPILIŠTA VINOGRADI.....</b>	<b>3</b>
2.1. Geografski položaj crpilišta.....	3
2.2. Geološke značajke šireg područja vodocrpilišta .....	5
2.3. Hidrološka i hidrogeološka obilježja šireg područja vodocrpilišta .....	11
2.4. Osnovno o crpilištu Vinogradi .....	13
<b>3. IZVEDBA ZDENCA Z-14.....</b>	<b>14</b>
3.1. Cilj zahvata.....	14
3.2. Bušenje .....	14
3.3. Ugradnja konstrukcije zdenca .....	19
3.4. Šljunčani zasip.....	24
3.5. Osvajanje i čišćenje zdenca .....	26
<b>4. PARAMETRI ZDENCA Z-14 .....</b>	<b>31</b>
4.1. Pokusno crpljenje .....	31
4.2. Parametri zdenca Z-14.....	35
<b>5. ZAKLJUČAK.....</b>	<b>40</b>
<b>6. Literatura.....</b>	<b>42</b>

## POPIS SLIKA:

Slika 1: Položaj eksploatacijskih zdenaca i piezometara na crpilištu Vinogradi .....	4
Slika 2: Regionalni korelacijski profil kvartarnih naslaga istraživanog područja .....	6
(prema Urumović et al. 1978).....	6
Slika 3: Geološka građa površine terena šireg područja vodocrpilišta Vinogradi prema OGK list Osijek (Magaš, 1987). Oznake: b – barske tvorevine, am – mrtvaja, t1 – terasa Drave, ljb-w – jezersko barski les i lb-w – barski les .....	7
Slika 4: Prikaz bušenja zdenca .....	16
Slika 5: Reverzna hidraulična samohodna bušača garnitura CONRAD-COMAX 800 MK2 (Vodovod Osijek, 2020) .....	17
Slika 6: Bušenje zdenca Z-14 reverznom metodom .....	17
Slika 7: Reverzna metoda bušenja – dijelovi bušaće garniture (Banks, 2007) .....	18
Slika 8: Mostićava sita Paparelli.....	19
Slika 9: Mostićava sita Paparelli 2.....	20
Slika 10: Postavljanje mostićavog sita u bušotinu.....	23
Slika 11: Ubacivanje šljunčanog zasipa .....	24
Slika 12: Ubacivanje šljunčanog zasipa .....	25
Slika 13: Voda na izlazu iz blende prije osvajanja.....	27
Slika 14: Voda na izlazu iz blende prije osvajanja 2.....	28
Slika 15: Postavljanje blende .....	29
Slika 16: Blenda izbacuje čistu vodu .....	30
Slika 17: Dijagram sniženja u odnosu na vrijeme kod crpljenja u koracima s: (a) isprekidanim koracima, (b) uzastopnim koracima (Misstear i dr., 2006).....	32
Slika 18: Prikaz razine vode i crpne količine tijekom pokusnog crpljenja zdenca Z 14 na crpilištu Vinogradi .....	34
Slika 19: Dijagram sniženja pri pokusnome crpljenju razlučenog na priraste sniženja. 36	
Slika 20: Grafička analiza ekvivalentnog specifičnog sniženje i ekvivalentne izdašnosti zdenca Z -14 prema podacima iz tablice 2 .....	37
Slika 21: Dijagram $s=f(Q)$ i pojedine vrste gubitaka za satno crpljenje zdenca Z-14 .....	39

**POPIS TABLICA:**

<b>Tablica 1: Vodostaji rijeke Drave .....</b>	<b>12</b>
<b>Tablica 2: Pregled konstrukcije zdenca Z-14 .....</b>	<b>22</b>
<b>Tablica 3: Izračun ekvivalentnih izdašnosti i ekvivalentnih specifičnih sniženja .....</b>	<b>37</b>
<b>Tablica 4: Parametri zdenca Z-14 .....</b>	<b>38</b>

**POPIS PRILOGA:**

<b>PRILOG 1:</b> .....	<b>44</b>
<b>PRILOG 2:</b> .....	<b>46</b>
<b>PRILOG 3:</b> .....	<b>50</b>
<b>PRILOG 4:</b> .....	<b>53</b>
<b>PRILOG 5:</b> .....	<b>56</b>



# 1. UVOD

Izvedba kvalitetnog zdenca zahtijeva vrlo stručan i profesionalan pristup već od samog lociranja izvedbe, vrste bušenja, vrste materijala (posebno sita), konstrukcije zdenca. U nekim slučajevima postoje tereni gdje se može pretpostaviti izdašnost zdenca odgovarajuće konstrukcije bez istražnih radova, ali to je rijetkost. Kako bi se eliminirao rizik pogrešnih predviđanja ili rezultata nestručnih istraživanja, te povećala mogućnost uspješne izvedbe kvalitetnog zdenca potreban je stručan pristup, počevši od prospekcije terena i uvida u geološku građu terena temeljem geoloških i hidrogeoloških podataka, odnosno rezultata prethodnih istraživanja. Ukoliko se procijeni povoljno stanje tj. postojanje podzemne vode i njene potrebne količine na ekonomski opravdanim dubinama, slijede istražna bušenja i testiranja, te se na kraju temeljem dobivenih relevantnih podataka projektira i izrađuje zdenac.

Zdenac Z-14 izbušen je na crpilištu Vinogradi u Osijeku te predstavlja zamjenski eksploatacijski zdenac za stari zdenac B-14 iz 1984. godine. Zdenac B-14 jedini je zdenac na tom vodocrpilištu koji do sada nije dobio svoju zamjenu, odnosno bio je u eksploataciji sve do siječnja 2020. godine kada je došlo do pjeskarenja, odnosno vjerojatnog proboja konstrukcije. Zbog njegove neuobičajene dugovječnosti odlučeno je da novi zdenac po izvedbi, odnosno dubini bušenja i ugradnji bude identičan starome kako bi se u budućnosti mogli uspoređivati.

Radovi na izvedbi novoga zdenca koji su u funkciji hidrogeološkoga nadzora obuhvatili su:

- Izradbu projekta pokusno-eksploatacijskog zdenca,
- Nadzor nad izradbom i osvajanjem zdenca, te pokusnim crpljenjem uključujući prateća opažanja,
- Interpretaciju podataka pokusnog crpljenja, identifikacija parametara vodonosnika i zdenca, te definiranje elemenata za izbor i ugradnju crpke i uvjeta rada zdenca,
- Izradbu izvješća o izvedbi zdenca i interpretaciji podataka.

Zdenac je izvodio Vodovod iz Osijeka, reverznom metodom uz ispiranje čistom vodom, strojem "CONRAD-COMAX 800 MK2". Novi zdenac Z-14 smješten u blizini starog zdenca B-14, nešto istočnije. Radovi na izvedbi zdenca započeti su 23. travnja 2021., a radovi na bušenju i osvajanju završeni su 03. svibnja 2021. s pokusnim crpljenjem. Rezultati radova i interpretacija polučeni rezultata prikazana je ovim diplomskim radom.

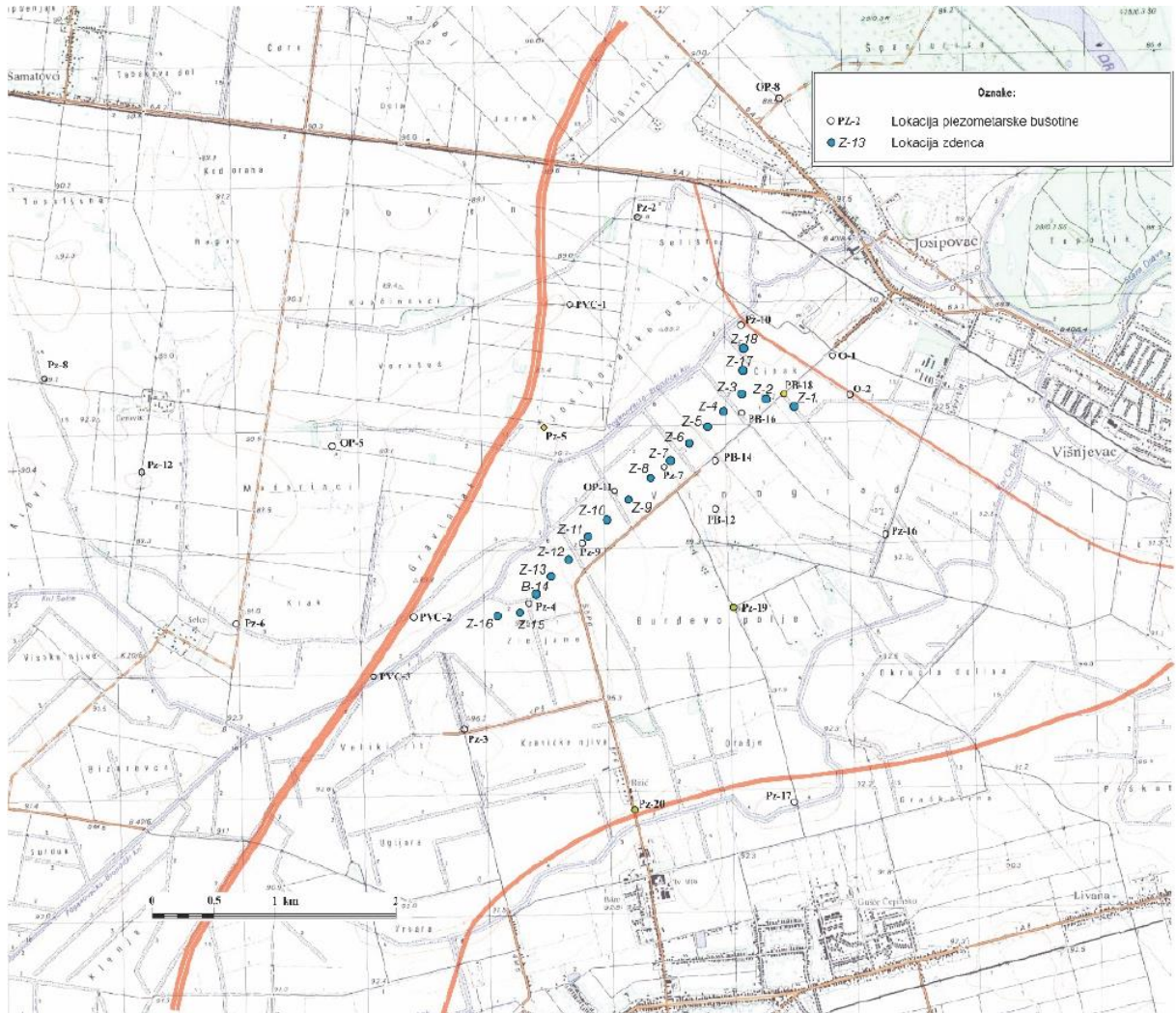
## **2. OSNOVNE ZNAČAJKE LOKACIJE VODOCRPILIŠTA VINOGRADI**

### **2.1. Geografski položaj crpilišta**

Područje istraživanja se nalazi u nizinskom dijelu Republike Hrvatske, točnije u Osječko-baranjskoj županiji, otprilike 10-ak km udaljeno od grada Osijeka. Područje je smješteno na desnoj obali rijeke Drave, koja je imala glavnu ulogu u oblikovanju recentnog reljefa te ju čine mlađe riječne naplavine i praporaste taložine.

Na samom razvođu između Poganovačko-Brodničkog kanala i Crnog Foka nalazi se crpilište Vinogradi, a to je jedno od najvećih vodocrpilišta u istočnom dijelu Republike Hrvatske. Između najznačajnijih pritoka rijeke Drave na ovom području, rijeke Vuke te Karašice s najvećim pritokom Vučicom, je široko područje spleta kanala koji se dreniraju u Poganovačko-Brodnički kanal. Kanal se proteže od Čepinskih Martinaca do Josipovca gdje se ulijeva u staru Dravu.

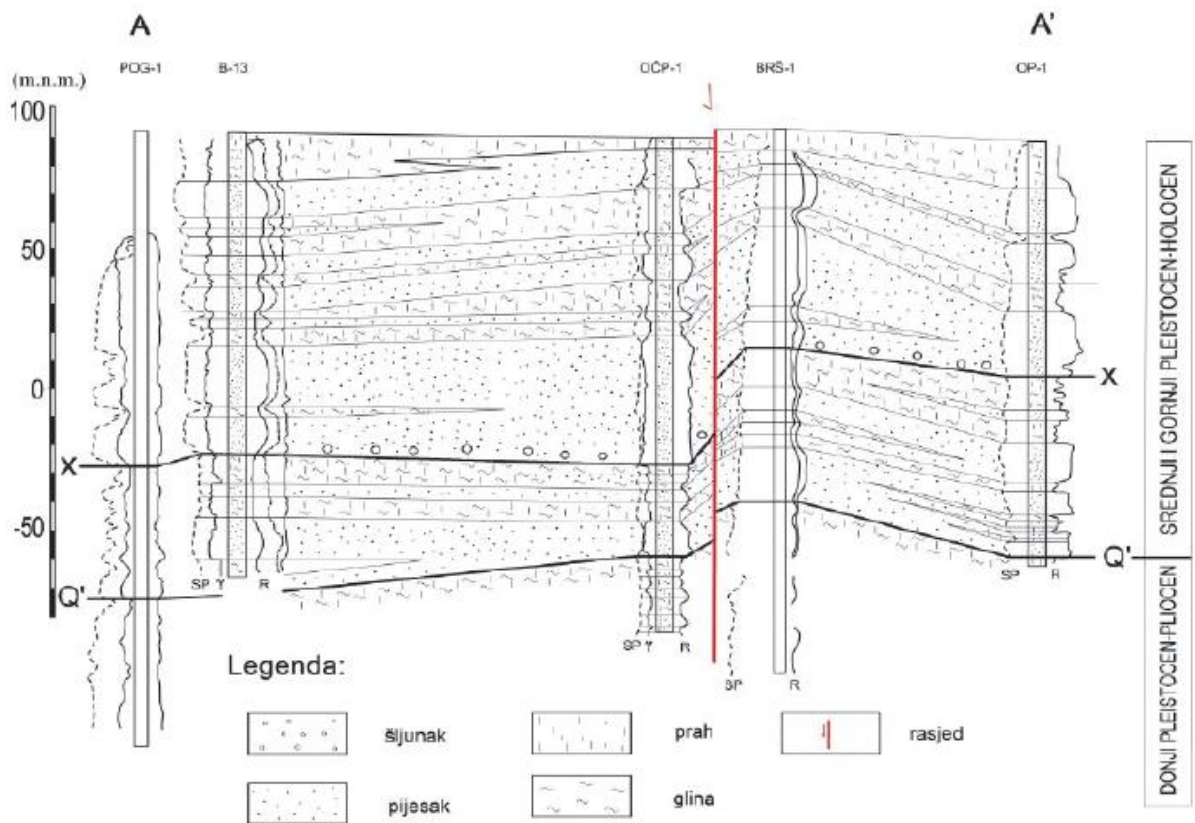
Crpilište čini 18 zdenaca koji se nalaze u liniji jedan do drugoga. Liniju zdenaca slijedi kanal koji je udaljen oko 300 m od samog kanala. Na slici 1 može se vidjeti lokacija zdenaca tj. crpilišta Vinogradi. Satelitska snimka lokacije novog zdenca Z-14 naspram starog B-14 nalazi se u prilogu 1.



Slika 1: Položaj eksploatacijskih zdenaca i piezometara na crpilištu Vinogradi

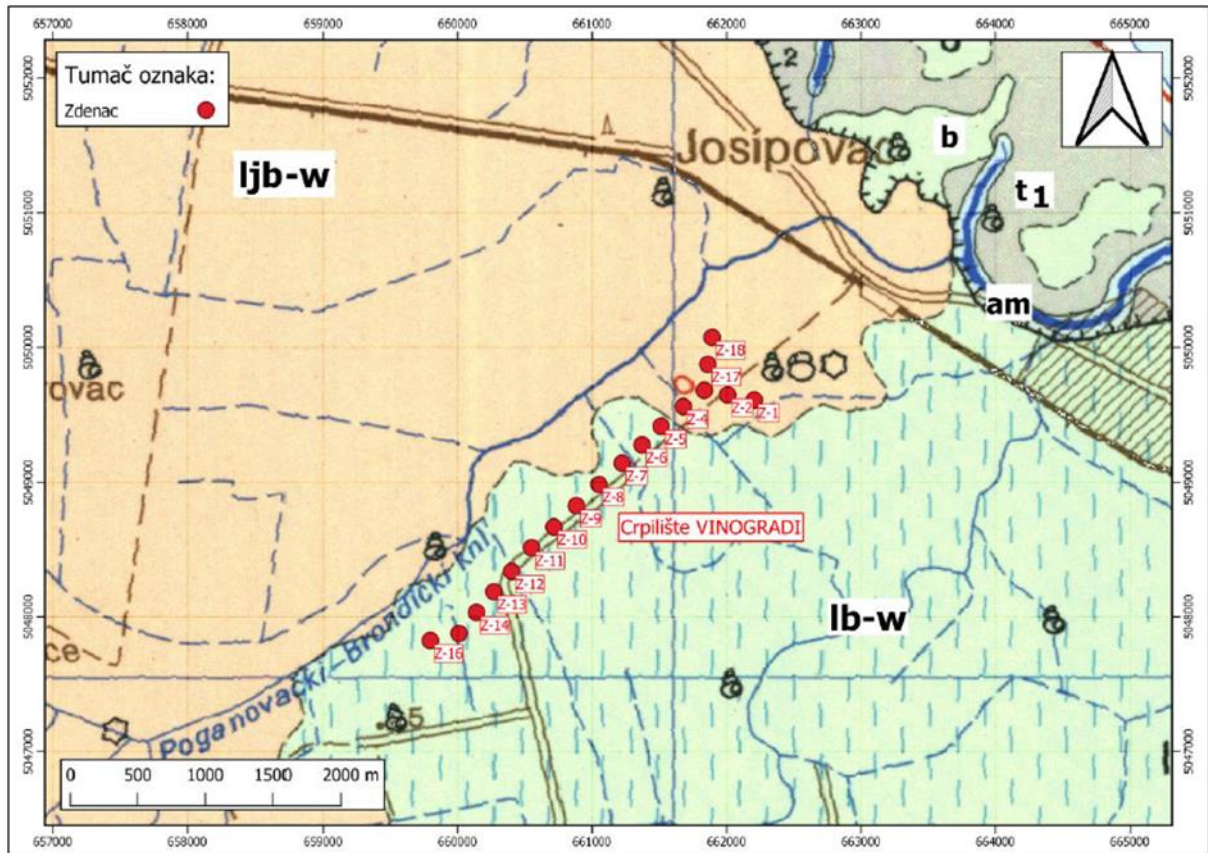
## 2.2. Geološke značajke šireg područja vodocrpilišta

Geološka građa šireg područja vodocrpilišta Vinogradi uglavnom je jednolična, kako kronostratigrafski tako i litološki. Kronostratigrafski jer su to najmlađe naslage koje pripadaju holocenu i najmlađem pleistocenu, a litološki jer su to glina, prah i pijesak koji se pojavljuju u izmjeni i mješavini. Analizom podataka o ovim bušotinama prikupljenim u cijelom području sjeverne Hrvatske Urumović et al. (1976) uočavaju dva kontrastna dijela u inače općoj izmjeni sitno i krupno klastičnih sedimenata. Granicu među njima označavaju uvjetnim markerom Q'. Kao značajke gornjega dijela naslaga ističu nekonsolidirani materijali s relativno visokim udjelom propusnih gruboklastičnih slojeva i sadržaj slatkih voda. Ispod markera Q' stupanj konsolidacije je nešto malo veći, udjel propusnih, gruboklastičnih slojeva je smanjen i znatne su razlike u mineralizaciji slojnih voda kako po vertikali tako i horizontali, a mineralizacija vode je općenito povišena u odnosu na gornji dio jedinice. Naslage iznad markera Q' Urumović et al. (1976, 1978) pripisuju srednjem i gornjem pleistocenu, te holocenu, a one ispod donjem pleistocenu i pliopleistocenu. Činjenica da iznad repera Q' nastupa slijed naslaga u kojima regionalno dominiraju gruboklastične taložine može se zaključiti da su oni posljedica regionalnih promjena u kvaliteti taloženoga materijala uzrokovanog promjenom paleoklimatskih uvjeta. U cjelini kvartarnih naslaga iznad markera Q' pojavljuje se još jedan kontrast u litološkom razvitku sličan onome na razini Q'. Na regionalnom korelacijskom profilu označen je markerom X (Slika 2) (Duić i dr., 2018).



Slika 2: Regionalni korelacijski profil kvartarnih naslaga istraživanog područja (prema Urumović et al.. 1978)

Na slici 3 prikazan je položaj vodocrpilišta Vinogradi na OGK list Osijek (Magaš, 1987). Na istraživanom području crpilišta Vinnogradi možemo uočiti uglavnom holocenske i pleistocenske naslage. Od holocenskih naslaga nalazimo: b – barske tvorevine, am – mrtvaja i t<sub>1</sub> – terasa Drave, a od pleistocenskih: ljb-w – jezersko barski les i lb-w – barski les.



Slika 3: Geološka građa površine terena šireg područja vodocrpilišta Vinogradi prema OGK list Osijek (Magaš, 1987). Oznake: b – barske tvorevine, am – mrtvaja, t<sub>1</sub> – terasa Drave, ljb-w – jezersko barski les i lb-w – barski les

Barske tvorevine (b), poput mulja, gline, pijeska i mulja, pojavljuju se u obliku manjih i rijetko većih zatvorenih vodenih područja. Tijekom procesa taloženja na ovim područjima, osim pješčanog mulja i muljevitog pijeska, nakupljen je i organski mulj, u kojemu su živjeli tipični predstavnici močvarnih marakoida. Prednosti pojedinih litoloških dijelova ovise o zrelosti močvarnog područja i stupnju komunikacije s drugim susjednim vodama. U osječkoj regiji najrazvijenija su jezera aluvijalne površine rijeka Drave i Dunava u Baranji i Bačkoj. Nastale su kao genetski podtip naplavinjskih i denudacijsko-erozijskih procesa. Kao i mrtvaje to su morfološki zaostali oblici fluvijativnog prostora. Njihovi

sedimenti unutar aluvijona ponašaju se kao leće većih ili manjih dimenzija. Litološke osobitosti, kao i mineralni sastav uglavnom je identičan naslagama fluvijala na kojem su formirane ove tvorevine (Magaš, 1987).

Mrtvaja (am') kao što su silt, gline, pijesci, organski mulj i treset predstavljaju zaostali dio napuštenog korita nekog linijskog toka. U primarnim talozima aluvijona sedimenti mrtvaje ponašaju se kao leće većih ili manjih dimenzija. Na području lista Osijek nalazimo ih unutar svih genetskih jedinica fluvijativnog niza. Prema litološkom sadržaju to su pretežno siltovi i pijesci različitog stupnja zaglinjenja. Površinu im obično prekrivaju organogene gline i treset. Koeficijent sortiranja ovih taloga je jako varijabilan, ovisno o stadiju u kojem se nalazi mrtvaja. Gline odrazavaju visoko alkalnu sredinu. Sadržaj  $\text{CaCO}_3$  je također visok (Magaš, 1987).

Terasa Drave ( $t_1$ ) (2-6 m) kao što su pijesci, silt, gline i organogeni-barski talozi čine riječnu terasu desne obale Drave nastala je na mjestu dodira dravskih poplavnih voda sa tektonski predisponiranim pozitivnim paleomorfološkim prostorom pleistocena. Visina strmog terasnog odsjeka varira u širokom rasponu od 2-6 m. Najveću visinu ima kod Sarvaskog platoa koji je u rubnom dijelu djelomično izgrađen od konsolidiranih taloga kopnenog lesa. Spomenuti paleomorfološki prostor pleistocena ponaša se kao barijera., koja ne dozvoljava migraciju dravskih voda prema jugu. Terasa je prostorno uglavnom slabo razvijena. Veće rasprostranjenje prema jugu ima u jate tektoniziranoj zoni kod ušća Drave u Dunav, između naselja Sarvas i Jabuka. Tu širina terase iznosi najviše do 3,3 km. Zapažena debljina taloga nije veća od 2 m. Litološki sastav identičan je ostalim genetskim jedinicama fluvijala. Naplavinski pijesci, kao i manje pojave siltova ipak znatno više imaju primjesa nečistoće, raznih organogenih glina i limonita. Pojava zabarivanja je jedna od bitnih karakteristika ovoga prostora (Magaš, 1987).

Jezersko barski les (ljb-w) kao što su silt, pijeskoviti silt, glinoviti i siltožni pijesci. Uz naprijed opisanu genetsku jedinicu virna na ovim prostorima nalazimo akvatične taloge nesto dubljih jezersko-barskih voda, u kojima je proces akumulacije bio znatno brži. Značajan udio u formiranju ove genetske jedinice uz barske vode imaju i linijski tokovi. Zbog toga je litološka izmjena pjeskovitog silta (i pijesaka) sa glinovito-željezovitim siltom dosta naglašena. Ove naslage rasprostiru se u centralnom dijelu lista Osijek prekrivajući gotovo cijelu površinu istočnog dijela Dravske depresije. Debljine se u najdubljem tj. sjevernom rubnom dijelu depresije kreću do 20 m, pa možda mjestimično i



do 25 m. Južni rubni dio ovih naslaga postepeno se istanjuju, zbog paleomorfoloških osobitosti ovoga prostora i prelaze u barsko- -kopneni manje vlažni prostor. Površinska terenska zapažanja uglavnom pokazuju isti litološki stup taloga, dostupne dubine od najviše 4-5 m. U toj vidljivoj sekvenci obično se izmjenjuju talozi sivog pjeskovitog silta (100-150 cm) sa limoniticnim glinovitim siltom, koji uz mnogo vapnenih konkreција sadrži izrazito barsku heterogenu asocijaciju moluska. Debljina se ovog sloja kreće od 50 cm - 150 cm i vrlo rijetko do 200 cm. Neki dijelovi prostora, kao oko mjesta Bobota imaju znatno veću akumulaciju pjeskovite klomponente (Magaš, 1987).

Barski les (lb-w) kao što su pjeskoviti silt, gline i organske gline, te naslage južno od Osijeka i Sarvasa zauzimaju najveći dio prostora virmske paleoterasa. Nalaze se na tektonski uzdignutom prostoru, koji je tokom virma zadavao znatno pliće i prostorno manje stacionarne vode, u odnosu na okolno područje. Zbog toga dolazi do formiranja posebne genetske jedinice, koja prema svim litološkim obilježjima ima osobine barskog lesa. Manje pojave ovih naslaga nalazimo u području pozitivne paleostrukture Darda, gdje su ranije imale znatno veće rasprostranjene. Specifičan položaj tektonske jedinice Darda, omogućio je intenzivnu eroziju barskih lesova u ovom prostoru. Nalazimo ih također i u području Vardarca, gdje leže pod prvom holocenskom naplavnom sekvencom Dunava. Prosječna debljina barskog lesa iznosi 6-7 m, maksimalno 10-12 m. Debljine ovih naslaga na području Darde ne prelaze 1,5 m. Promjene klime odrazile su se i na boji sedimenta. Najmlađi dostupni dio jednog ritma sedimentacije počinje sa relativno čistim pjeskovitim siltovima sive boje, čija debljina iznosi od 50 pa do 250 cm. Njihovo osnovno obilježje je bogatstvo na malakoloskoj fauni, kao i na vapnenim konkrecijama, nepravilno raspoređenim u masi sedimenta. Prijelaz prema glinovitim siltovima je postepen. Vapnenih konkrecija je znatno manje. Željezovite nakupine, kao i konkrecije daju osnovno obilježje ovom sloju. Makrofauna je u odnosu na sive glinovito-pjeskovite siltove znatno slabije zastupljena. Vrlo su često talozi ovoga sloja zacrtnjeni organogenim glinama i manganskim nakupinama. Naslage iz većih dubina morali bi imati slojeve čistog pijeska iz faze naplavlivanja. U tom kompleksu naslaga, šljunak je izostavljen, ali i značajan faktor fluvijalnog područja. Slaba je sortiranost šljunka. Sastav karbonata na tom području je oko 10%. Uglavnom se radi o slabije alkalnoj sredini taloženja, značajnoj za taloge fluvijativnih prostora (Magaš, 1987).

## 2.3. Hidrološka i hidrogeološka obilježja šireg područja vodocrpilišta

Na području Osijeka tok je Drave ekscentričan u odnosu na teritorij tako da desna obala Gradu pripada u dužini od 22,3 km (od r.km. 5+600 do r.km. 27+900), a lijeva u dužini 8,1 km (r.km. 6+900-r.km. 8+100 i r.km. 16+700 - r.km. 23+600). Na lijevoj su se obali smjestila naselja Podravlje i Tvrđavica sa zoološkim vrtom i gradskim kupalištem, a svi su ostali sadržaji smješteni na desnoj obali. Naselja Podravlje i Tvrđavica se nalaze na lijevoj obali, dok se ostatak naselja nalazi na desnoj obali rijeke Drave. Rijeku Dravu karakteriziraju morfološke promjene u koritu, a kvartarne šljunčane-pjeskovite naslage koje izgrađuju dravsku depresiju čine vodonosnik koji je izrazito bogat podzemnom vodom. Dionica rijeke Drave koja teče kroz Osječko-baranjsku županiju ima karakteristike nizinske rijeke, s akumulacijskim procesima meandrira do grada Osijeka, a nizvodno je uglavnom nešto mirnijeg toka. Drava ima brži tok vode u odnosu na rijeku Dunav zbog toga što ima veći pad od Dunava (13,1 cm/km) dok je dubina vode u koritu od 4 do 7 m. Godišnja visina oborina na slivu Drave varira od 660 do 1530 mm/god., s tim da je količina oborina veća u gornjem dijelu sliva. Rijeku Dravu karakterizira velika vodnost u proljeće i početkom ljeta dok je mala vodnost zimi, a vodni režim je pluvijalno glacijalni, tj. kišno-ledenjački. Pojave godišnjih maksimalnih količina oborina stoga pripada u svibnju, lipnju i srpnju radi otapanja snijega. Srednji protok Drave u Hrvatskoj kreće se od 315 m<sup>3</sup>/s na granici sa Slovenijom, do 555 m<sup>3</sup> /s na ušću u Dunav. Drava ima tri maksimuma u godišnjem vodostaju i protjecaju. Prva dva padaju u proljeće i ljeto, dok se treći maksimum javlja u jesen kao odraz mediteranskoga kišnog režima u dijelu njezina izvorišnog područja. Često se vremenski poklope visoke vode Drave i Dunava, pa dolazi do uspora voda na Dravi na njezinu toku kroz Grad Osijek (PPUG Osijek, 2017). Vodostaji rijeke Drave prikazani su u tablici 1.

Tablica 1: Vodostaji rijeke Drave

Postaja	Rkm Drava	Kota "0" (m.n.m.)	Maksimalni vodostaji			Srednji vodostaji			Minimalni vodostaji		
Moslavina	98,30	90,95	459	360	228	157	90	51	22	-39	-79
Donji Miholjac	80,59	88,60	498	333	161	185	72	7	2	-59	- 137
Belišće	52,79	84,00	620	462	279	319	239	153	128	59	25
Osijek	19,15	82,50	545	355	150	230	89	-15	29	-68	-14

Srednje brzine toka na dionici rijeke Drave kroz Osječko-baranjsku županiju kreću se oko 0,7 m/s, dok maksimalna brzina toka može dosegnuti i do 1,5 m/s pri ekstremno velikim protocima (PPUG Osijek, 2017).

Padovi vodnog lica na dionici od Donjeg Miholjca do Belišća kreću se od 0,133‰ za niske vode Drave do 0,135‰ za najviše vodostaje. Za dionicu od Belišća do Osijeka padovi vodnog lica ovise da li se Drava nalazi pod usporom rijeke Dunava ili ne, i u ovisnosti od toga, padovi se kreću od oko 0,12‰ kada uspora nema pa čak i do ekstremnih 0,026‰ pod usporom. Slično vrijedi i za dionicu Drave od Osijeka do ušća, gdje se padovi vodnog lica kreću od minimalnih zabilježenih 0,0016‰ pa do 0,116‰ pri visokim vodostajima Drave bez uspora Dunava (PPUG Osijek, 2017).

Područje Grada Osijeka spada u hidrogeološkom smislu, u vodonosni sustav kvartarne starosti. Taj sedimentni sustav ima širok raspon postanka jer su istraživanjima identificirani tragovi fluvijalnih procesa od jezerskih sedimenata, naslage močvarnih facijesa od izrazitih ostataka eolskog modeliranja. Vodno lice u toliko litološki različitim naslagama ima veliku oscilaciju. Tako na primjer vodno lice u praporu može varirati od 4 do 8 m, a u drugim naslagama i do 10 m. Zbog željezovitih bakterija prvi vodonosni sloj se ne koristi za piće nego se iskorištavaju dublji vodonosni horizonti iako se i tada voda nakon crpljenja vodi u tehnološko razrađivanje i obradu.

## 2.4. Osnovno o crpilištu Vinogradi

Crpilište Vinogradi udaljeno je oko 7 km od pogona za preradu vode. Vodu crpe iz podzemnih vodonosnih slojeva gdje su smješteni zdenci. Kao što je već spomenuto, crpilište se sastoji od 18 zdenaca promjera 400 mm te su izvedeni do dubine od čak 180 m iz kojih se zahvaća podzemna voda. Crpke unutar zdenaca su postavljene na dubini od 40-ak m ispod razine tla. Crpke se pokreću trofaznim elektro motorima snage 42 kW i nazivnog su protoka 50 l/s. Crpna količina (izdašnost) pojedinog zdenca iznosi oko 40 l/s, dok je ukupni kapacitet oko 720 l/s.

### **3. IZVEDBA ZDENCA Z-14**

#### **3.1. Cilj zahvata**

Zdenac Z-14 planiran je kao zamjenski zdenac zdenca B-14 nakon što je ustanovljeno da je došlo do pjeskarenja i vjerojatnog proboja konstrukcije. Budući da se radi o zamjenskom zdencu, zdenac Z-14 je smješten u neposrednoj blizini zdenca B-14 uz prilagodbu postojećoj infrastrukturi. Radovi na izvedbi zdenca provedeni su od 23.04.2021. do 03.05.2021. godine, a izvođač je bio Vodovod – Hidrogeološki radovi d.o.o. Osijek.

Zdenac Z-14 izbušen je na crpilištu Vinogradi kao zamjenski zdenac za zdenac B-14 koji je izveden 1984. godine, te je utvrđeno smanjenje njegove specifične izdašnosti. Kako se radi o zamjenskom zdencu njegova lokacija nalazi se nedaleko od zdenca B-14 i prilagođena je postojećoj infrastrukturi ( koordinate prema HTRS 96; E660127,2663, N5048014,4207) . Prema podacima prikupljenim tijekom izvedbe ranijih zdenaca odlučeno je zahvatiti vodonosnik sa 60 m sita u šest intervala te je predviđena dubina bušenja oko 177 m.

#### **3.2. Bušenje**

Postoji više motoda bušenja, a najosnovnija podjela je na udarne i rotacijske. Rotacijske metode se još dijele na direktno i reverzno bušenje, ovisno o načinu cirkuliranja isplačnog fluida. Odabir metode bušenja prvenstveno ovisi o geološkoj građi područja izgradnje zdenca, dubini prodiranja te promjeru zdenca.

Reverzna metoda bušenja sa obrnutim načinom cirkulacije razvijena je početkom dvadesetog stoljeća prvenstveno za bušenje zdenca velikog promjera u rastresitim materijalima, tj. nekonsolidiranim materijalima, iako se metoda ponekad danas koristi i u konsolidiranim vodonosnicima. Kao što naziv govori, tekućina za bušenje cirkulira u suprotnom smjeru. Opći izgled garniture za bušenje ovom metodom prikazan je na slici 7.

Usisni tok kod obrnutog (reverznog) toka počinje već u ulijevoj cijevi, koja spaja isplačni bazen i prstenasti prostor oko bušaćih alatki u kanalu bušotine, nastavlja se prstenastim prostorom do dna bušotine gdje zahvaća čestice dlijetom razrušene stijene i nosi ih kroz alatke, isplačnu glavu, usisno crijevo do muljne crpke. Tlačni tok kod ove varijante bušenja sačinjava samo izljevna cijev s upravljačkim ventilom. Usisni tok fluida

kod rotacijske metode bušenja s direktnim optokom obuhvaća samo usisnu korpu u isplačnom bazenu i usisno crijevo do crpke. Sve je ostalo tlačni tok koji održava crpka.

Optok isplake injektiranjem komprimiranog zraka u tekućinu pri adekvatnom uronu zračnih cijevi (air-lift) poznato je duže od 190 godina. Kada se obrnuti tok isplake koristi pri izradi bušotina dubljih od 100 metara, atmosferski tlak nije dovoljan za djelotvoran optok, tada se rabi mamut crpka kao nužna pomoć učinkovitijem bušenju. Mamut crpku (air-lift) čini odgovarajući kompresor i sustav zračnih cijevi kojima se dovodi komprimirani zrak na nužnu razinu (uron) u bušaće šipke. Za izradu bušotina dubljih od 500 metara rabe se odgovarajuće isplačne crpke za tlačenje isplake u prstenasti prostor i uređaj za zatvaranje prostora iznad tlačnog dovoda isplake radi usmjeravanja isplake prema dnu bušotine.

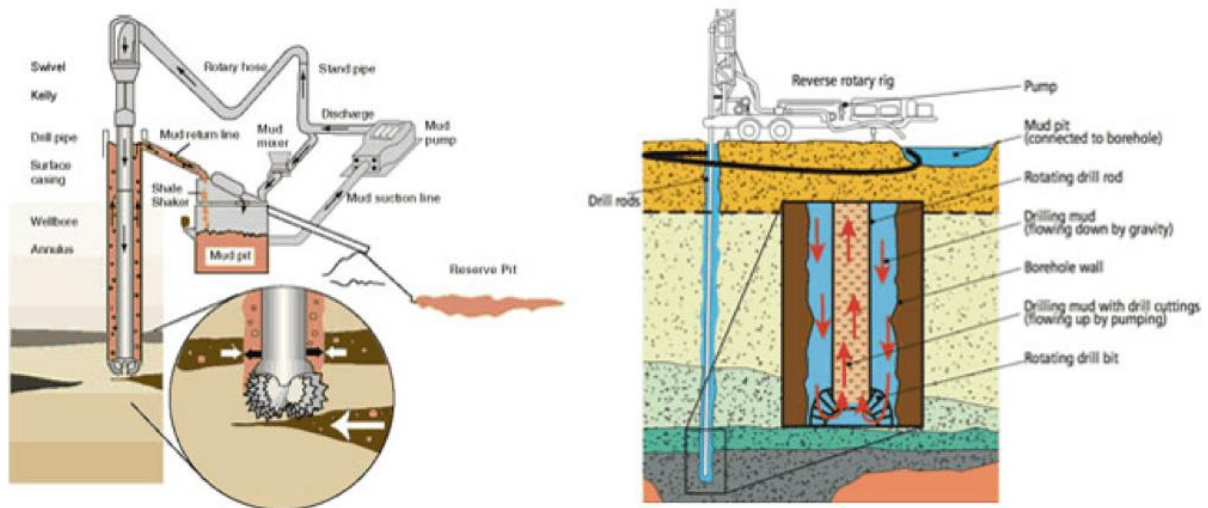
Kao isplačni fluid kod reverznog smjera toka najčešće se koristi voda u kojoj se glina i prah suspendiraju prilikom bušenja i optoka vode. Samo je na početku bušenja to bila voda u isplačnim bazenima, koja bez suspendiranih čestica ima drugačija svojstva. Bentonit se ponekad dodaje, dok se drugi reagenti rjeđe dodaju isplakama za reverzno bušenje plićih zdenaca.

Stabilnost kanala bušotine do konačnog zacjevljenja održava se tlakom vodenog stupca koji teče u prstenastom prostoru oko bušaćih alatki prema dnu. Izvjesno je da se dio vode infiltrira u vodopropusne stijene. Postoji i erozija nastala optokom vode, no ovdje ona ipak manje ugrožava kanal bušotine nego kod direktnog smjera isplake jer se brzina toka u prstenastom prostoru ograničava na 0,3 m/s.

Rotacijska je metoda bušenja uz obrnuti smjer toka vode najjeftinija pri izvedbi zdenaca velikog promjera u mekanim aluvijalnim naslagama do dubine 100 metara. Povećanje dubine bušenja ovom metodom zahtijeva ugradnju zračnih cijevi u bušaće šipke i korištenje komprimiranog zraka radi inteziviranja cirkulacije i kvalitetnijeg čišćenja dna bušotine.

Pripremno bušenje s ugradnjom zaštitne kolone promjera 1000 mm i dužine 4 m izvedeno je bušačom „šapom“ dana 26. travnja 2021. godine. Bušenje zdenca Z-14 provodilo se reverznom metodom uz ispiranje čistom vodom, trokrilnim dlijetom promjera 820 mm. Općenito, ovom se metodom bušenje provodi rotiranjem pribora s dlijetom na dnu. Čelo bušotine se ispiru vodom koja se crpi kroz pribor, a voda cirkulira između

pribora i stijenki bušotine; u iznimnim situacijama (kada je voda u vodonosniku pod tlakom) ispire se isplačnom tekućinom. Metoda se koristi uglavnom za bušenje zdenaca. Treba osigurati veliku količinu vode koja je ujedno i isplaka osim u arteškim vodonosnicima gdje se dodaje bentonit. Razina vode mora biti minimalno 2 m ispod razine tla. S obzirom na čvrstoću i snagu samog stroja za bušenje, reverzna metoda je idealna za bušenje u šljunkovitim i pijeskovitim naslagama, a upravo te naslage prevladavaju na području crpilišta Vinogradi gdje je detaljno opisano u poglavlju 2.



*Slika 4: Prikaz bušenja zdenca*

Pripremni radovi na samom bušenju provedeni su tijekom 26. travnja , a samo reverzno bušenje započelo je 28. travnja 2021. i okončano je slijedeći dan 29. travnja. Konačna dubina bušenja iznosila je 185 m. Tijekom bušenja uzimani su uzorci nabušenog materijala svaki metar napretka bušenja uz stalno praćenje promjena nabušenog materijala. Determinacija nabušenog materijala prikazana je u priložima 3 i 4. Slika 5, 6 i 7 prikazuje bušenje reverznom metodom.

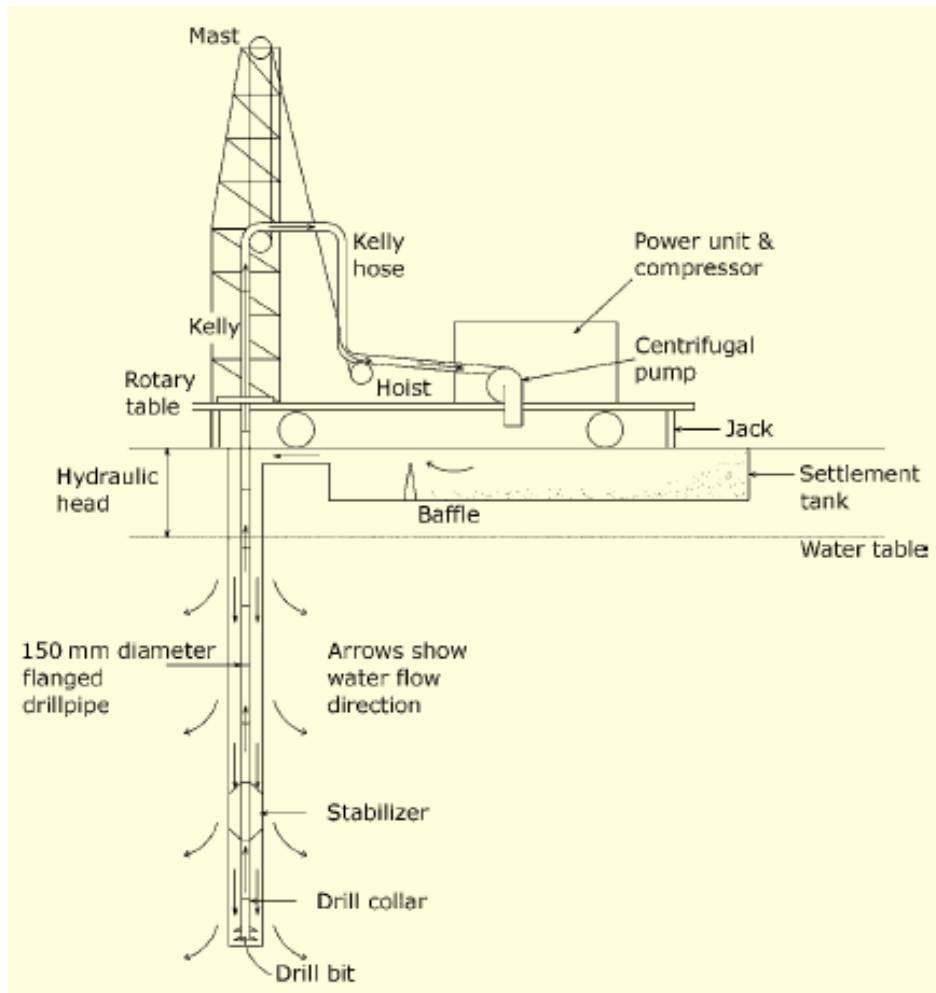




*Slika 5: Reverzna hidraulična samohodna bušača garnitura CONRAD-COMAX 800 MK2 (Vodovod Osijek, 2020)*



*Slika 6: Bušenje zdenca Z-14 reverznom metodom*



*Slika 7: Reverzna metoda bušenja – dijelovi bušaće garniture (Banks, 2007)*

### 3.3. Ugradnja konstrukcije zdenca

Odmah po završetku bušenja pristupilo se ugradnji zdenačke konstrukcije u bušotinu. Za polaganje cijevne konstrukcije pripremljene su slijepice (pune) čelične cijevi promjera 404,4 mm, debljine stijenki 6 mm, te čelična mostićava sita s otvorom (perforacijom)  $s = 1,00$  mm, promjera 406,4 mm, sve tipa „Paparelli“ – Italija. Primjer čeličnih mostićavih sita prikazana su na slikama 8 i 9, a postavljanje mostićavog sita u bušotinu prikazano je na slici 10. Taložnik je izrađen od slijepice čelične cijevi 406,4 mm zatvorene konusnim dnom. Konstrukcija je ugrađena u bušotinu do dubine 175,5 m, spojena elektrozavarivanjem i zaštićena netoksičnim antikorozivnim premazom. Raspored konstrukcije zdenca ovisio je o nabušanim vodonosnim slojevima pijesaka na terenu.



*Slika 8: Mostićava sita Paparelli*



*Slika 9: Mostićava sita Paparelli 2*

Sito je konstrukcija koji odvaja čestice određene veličine od velike količine zrnatog rastresitog materijala. Glavni dio sita izrađen je od žice, žičane mreže ili perforirane ploče s kružnim ili pravokutnim otvorima. Materijal se unosi u sito ručno ili mehanički, čestice manje od otvora padaju u sito, a veće čestice zaostaju. Zaslona ima ravno i cilindrično sito, kao i pomično i nepomično sito. Sito omogućuje protok vode u zdenac, te sprječava da pijesak i neki drugi sitniji materijali oštete pumpu ili začepi bušotinu. Danas se najčešće koristi mostićava sita jer su najpraktičniji u smjeru cijene i tehničkih karakteristika. Postotak otvorenosti sita treba biti otprilike jednak poroznosti vodonosnih naslaga ili šljunčanog zasipa jer ukoliko postoji velika razlika dolazi do turbulentnog toka i smanjenja efikasnosti samog zdenca.

Svrha sita je omogućiti učinkovit protok vode u bušotinu i uz nju (to jest, bez velikih gubitaka u zdencu), a istovremeno spriječiti - u kombinaciji s šljunčanim zasipom začepljenje zdenca ili oštećenja pumpe. Sita zdenca potrebna su u svim izvedbama zdenaca

u nekonsolidiranim vodonosnicima, a također se ugrađuju i u mnoge zdence u konsolidiranim vodonosnicima kada je geološka građa na području izvedbe zdenca nešto složenija.

Izbor određene vrste sita za zdenac ovisit će o više faktora: čvrstoći i otpornosti na koroziju, dizajnu utora i otvorenom prostoru (to jest, omjeru površine sita koji se sastoji od otvorenih utora) i cijeni. Prva dva faktora ovise o materijalima koji se koriste za proizvodnju sita - koji uključuju čelik, plastiku i stakloplastiku. Sita od blagog čelika podložni su koroziji i inkrustaciji, dok su sita od nehrđajućeg čelika otporni na koroziju i jaki, ali su zato i skupi. Najčešći stupanj nehrđajućeg čelika koji se koristi za sito je Američki institut za željezo i čelika tipa 304. (Banks, 2006)

Mostićava sita nisu toliko čvrsta u pogledu čvrstoće na proboj (zbog okomito poravnatih utora), ali imaju veća otvorena područja od žaluzina (do 20% ili više za veće veličine utora). Obje vrste prešanih sita dostupne su u materijalima od blagog i nehrđajućeg čelika.

Oprema konstrukcije zdenca Z-14 sadrži metalne vodilice (centralizere), navarene s vanjske strane slijepih cijevi, ispod i iznad intervala sa sitima (45. m, 64. m, 87. m, 113. m, 135. m, 155. m i 174. m). Ušće zdenca zatvoreno je čeličnim poklopcem (kapom zdenca) po završetku terenskih radova. Pregled konstrukcije zdenca Z-14 prikazan je u tablici 2.

Tablica 2: Pregled konstrukcije zdenca Z-14

Naziv cijevi	Promjer (mm)	Interval ugradnje (m)	Količina (m)	
			Cijevi	Sita
Slijepa (puna) čelična	406,4	+0,50 – 47,50	48,00	
Sito (motano, mostićavo)	406,4	47,50 – 57,50		10,00
Slijepa (puna) čelična	406,4	57,50 – 65,50	8,00	
Sito (motano, mostićavo)	406,4	65,50 – 75,50		10,00
Slijepa (puna) čelična	406,4	75,50 – 88,50	13,00	
Sito (motano, mostićavo)	406,4	88,50 – 107,50		19,00
Slijepa (puna) čelična	406,4	107,50 – 124,50	17,00	
Sito (motano, mostićavo)	406,4	124,50 – 129,50		5,00
Slijepa (puna) čelična	406,4	129,50 – 139,50	10,00	
Sito (motano, mostićavo)	406,4	139,50 – 145,50		6,00
Slijepa (puna) čelična	406,4	145,50 – 162, 50	17,00	
Sito (motano, mostićavo)	406,4	162,50 – 172,50		10,00
Taložnik, čelik		172,50 – 175,50	3,00	
<b>UKUPNO:</b>			<b>116,00</b>	<b>60,00</b>

Ugrađeno je ukupno 60 m sita, te 117 m punih cijevi i taložnik duljine od 3 m. Tehnički profil zdenca prikazan je na prilogu 1.



*Slika 10: Postavljanje mostićavog sita u bušotinu*

### 3.4. Šljunčani zasip

Ukoliko se ukloni materijal vodonosnog sloja oko filtra i zamijeni sa umjetno graduiranim grubljim materijalom olakšat ćemo ulazak vode kroz otvore filtra zdenca. Taj umjetno graduiran grublji materijal nazivamo šljunčanim zasipom kod kojeg zasip mora biti čist, sa zaobljenim, glatkim i jednoličnim zrnima. Prema DRISCOLL, 1987 debljina zasipa ne bi trebala biti manja od 7,6 cm (3 inča), niti veća od 20,3 cm (8 inča). Šljunčani zasip čini ovojnicu oko filtra zdenca.

Za izbor šljunčanog zasipa korišteni su granulometrijski dijagrami iz istraživačkih bušotina. Kao kriterij izbora korištena je preporuka da je zrno zasipa  $D_{50} = 5d_{50}$  zrna prirodnog vodonosnog granulata, tj. pijeska u vodonosniku. Odabran je duplo-prani kvarcni pijesak, tipa "Tuzla-kvarc" promjera zrna od 1-3 mm, ugrađen od dna bušotine do dubine 40 m. Preostali prstenasti prostor iznad šljunčanog zasipa do površine terena ispunjen je glinom s dodatkom bentonita (glineni tampon). Na slikama 11 i 12 prikazano je ubacivanje šljunčanog zasipa u zdenac Z-14 na terenu. Shematski prikaz nabušene litologije i tehničke konstrukcije zdenca prikazan je u prilogu 3.



*Slika 11: Ubacivanje šljunčanog zasipa*





*Slika 12: Ubacivanje šljunčanog zasipa*

### 3.5. Osvajanje i čišćenje zdenca

Po završetku bušenja reverznom metodom i ugradnje cijevi, sita i šljunčanog zasipa u zdenac slijedi ugrađivanje crpke (airlifta). Crpka i pogonski agregat moraju biti takvi da mogu raditi kontinuirano i stalnim kapacitetom tijekom pokusnog crpljenja koji može trajati od nekoliko sati pa do mjesec dana čak. Kapacitet crpke i količina crpljenja moraju biti dovoljno veliki da bi izveli mjerljivo sniženje u piezometrima. Nakon ugradnje crpke započinje osvajanje zdenca, crpljenjem sa malim kapacitetom. Čim voda postane bistra, povećava se crpna količina, a to dovodi opet do zamućenja vode pa se s tim kapacitetom crpi sve dok voda opet ne postane bistra. Taj postupak crpljenja se nastavlja sve dok se ne postigne kapacitet koji je predviđen za testiranje.

Osvajanje zdenca započelo je otvorenim airliftom uz položaj zračnih cijevi na 40 m dubine, 29. travnja 2021. godine. Osvajanje je započeto metodom otvorenog air-lifta, pomoću kompresora ATLAS-COPCO radnog pritiska od 8 bara, kapaciteta  $10\text{m}^3/\text{min}$ .

Sustav cijevi za air-lift (tipa „Conrad“, bušaće cijevi promjera 150 mm, sa zračnim cijevčicama) spušten je najprije na dubinu usisnog otvora od 40 m. Crpljenje je vršeno do izbistrenja vode i prestanka iznošenja krutih čestica (pijesak, prah). Zatim je sustav cijevi za air-lift spuštan postupno sve do taložnika uz izbjegavanje zona sa sitima čime je vršeno osvajanje intervala između sita. Korišten je stalni (mirni) i promjenjivi rad (šutiranje) kompresora, a od oko 80. m korišten je jači kompresor marke Kaeser M260, radnog pritiska 10 bara i kapaciteta  $22\text{ m}^3/\text{min}$ . Nakon čišćenja taložnika, sustav za air-lift je postupno zadizan prema gore pri čemu su osvajani intervali sa sitima.

Nakon osvajanja zdenca Z-14 otvorenim air-liftom, u noći s 30.04. na 01.05., u zdenac je ugrađen sektorski ispirać s dvostrukim gumenim brtvama promjera 400 mm i razmakom između brtvi od 2 m. Sektorski ispirać je ugrađen u I. zonu sita, interval 48-50 m, gdje je vršeno sektorsko ispiranje sita. Svaka sekcija sita ispirana je do potpunog izbistrenja vode. Sektorsko ispiranje završilo je dana 06.05.2021. godine, a potom je još jednom izvršeno čišćenje taložnika sustavom otvorenog air-lifta.

Dana 07.05.2021. godine u zdenac je ugrađena podvodna crpka marke Pleuger, snage 45 kW, maksimalnog kapaciteta od  $Q_{\text{max}} = 70\text{ l/s}$ , s kojom je izvedeno završno osvajanje i testiranje zdenca. Za mjerenje crpnih količina montirana je mjerna cijev na kraju odvodnog

cjevovoda s kružnom pregradom (blendom) promjera 10"/8". Na slikama 13, 14, 15 i 16 prikazano je osvajanje i čišćenje zdenca.



*Slika 13: Voda na izlazu iz blende prije osvajanja*



*Slika 14: Voda na izlazu iz blende prije osvajanja 2*



*Slika 15: Postavljanje blende*



*Slika 16: Blenda izbacuje čistu vodu*

## 4. PARAMETRI ZDENCA Z-14

### 4.1. Pokusno crpljenje

Pokusno crpljenje ima više svrha, prvo se odnosi na testiranje vodonosnika, tj. na određivanje hidrogeoloških parametara vodonosnika, a drugi se odnosi na testiranje zdenca, tj. određivanje specifičnog kapaciteta zdenca, efektivni polumjer zdenca, sniženja u zdencu, izbor odgovarajuće crpke, itd.

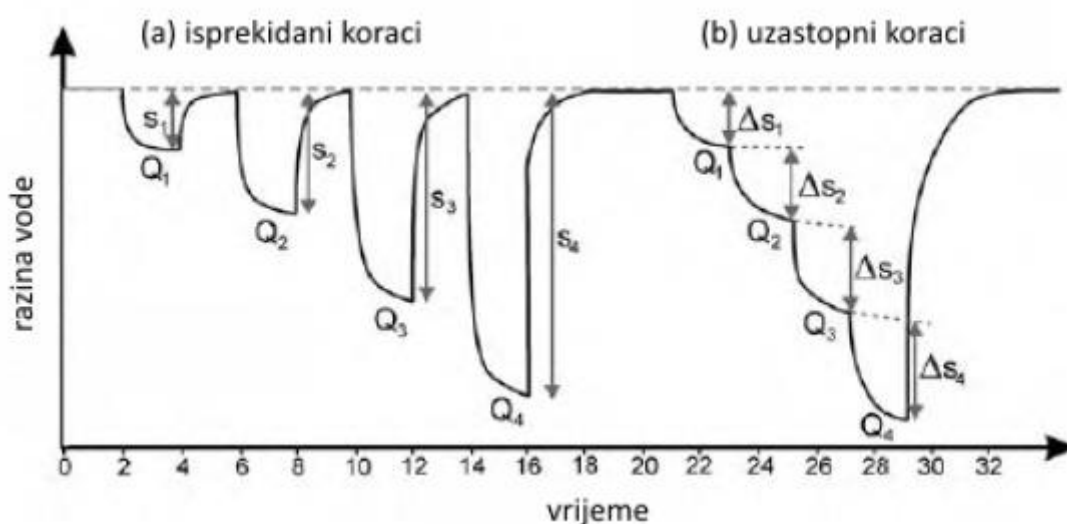
Princip pokusnog crpljenja je ispumpavanje vode određenog kapaciteta u određenom vremenskom razdoblju iz zdenca, s filterskim dijelom u vodonosniku, koji želimo testirati. Učinak crpljenja na piezometarsku visinu opaža se mjerenjem smanjenja sniženja u zdencu i piezometrima. Hidrogeološki parametri vodonosnog sloja izračunavaju se pomoću određenih formula (analitičkih rješenja jednadžbi toka) u koje uvrštavamo poznate i izmjerene veličine: sniženja u piezometrima, udaljenosti piezometra od zdenca i crpnu količinu. Opisani postupak pokusnog crpljenja se odnosi isključivo na propusne, vodonosne naslage, koje su važne za pridobivanje vode s ciljem vodoopskrbe. (Bačani, 2007)

Što se tiče odabira lokacije pokusnog crpljenja, u određenim slučajevima, mjesto je unaprijed određeno, a to je kad već postoje zdenci koji će se koristiti za testiranje ili kada se traže podaci o vodonosnom sloju na točno određenim lokacijama. U slučaju regionalnih studija podzemne vode kada imamo slobodu odabira mjesta treba paziti na sljedeće:

- Hidrogeološki uvjeti mjesta ne smiju se mijenjati na malim udaljenostima, tj. moraju biti reprezentativni za cijelo područje, ili barem veliki dio područja;
- Mjesto testiranja ne smije biti blizu željezničkih pruga, autoputeva ili aerodroma, jer teška vozila mogu izazvati promjene piezometarske razine naročito u zatvorenim vodonosnim slojevima;
- Iscrpljena voda mora biti odvedena na način da se ne može infiltrirati natrag u vodonosni sloj;
- Hidraulički gradijent mora biti mali, tj. potencijometrijska ploha približno horizontalna;
- Mjesto rada mora biti pristupačno, tako da se može dopremiti oprema.

Najčešći tipovi pokusnog crpljenja su: crpljenje u koracima, crpljenje sa stalnom količinom te povrat razine vode u crpljenom zdencu nakon prestanka crpljenja.

Kod crpljenja s promjenom količine tijekom crpljenja ili tzv. crpljenja u koracima mjeri se sniženje u zdencu. Crpi se u 4 koraka jednako dugog trajanja, ali s time da se sniženje stabilizira nakon svakog koraka. Crpne količine se povećavaju od početka do kraja pokusnog crpljenja, a koraci mogu trajati i do dva sata. Kod crpljenja u koracima razlikujemo crpljenje s isprekidanim koracima ili uzastopnim koracima. Slika 17 prikazuje dijagram sniženje – vrijeme u isprekidanim i uzastopnim koracima (Slika 17).



Slika 17: Dijagram sniženja u odnosu na vrijeme kod crpljenja u koracima s: (a) isprekidanim koracima, (b) uzastopnim koracima (Misstear i dr., 2006)

U crpljenju s isprekidanim koracima, nakon svakog koraka čeka se sniženje da se vrati na svoju početnu vrijednost. Takav vid crpljenja u koracima duže traje, ali ga je lakše interpretirati. Kada se priča o crpljenju s uzastopnim koracima tada dolazi do povećanja crpne količine odmah nakon što je završio prethodni korak. Za razliku od isprekidanih koraka ovakav oblik crpljenja je brži, ali ga je teže interpretirati. Crpljenje u koracima provodi se sa ciljem određivanja parametara zdenca koji su definirani parametrima linearnih i nelinearnih gubitaka.

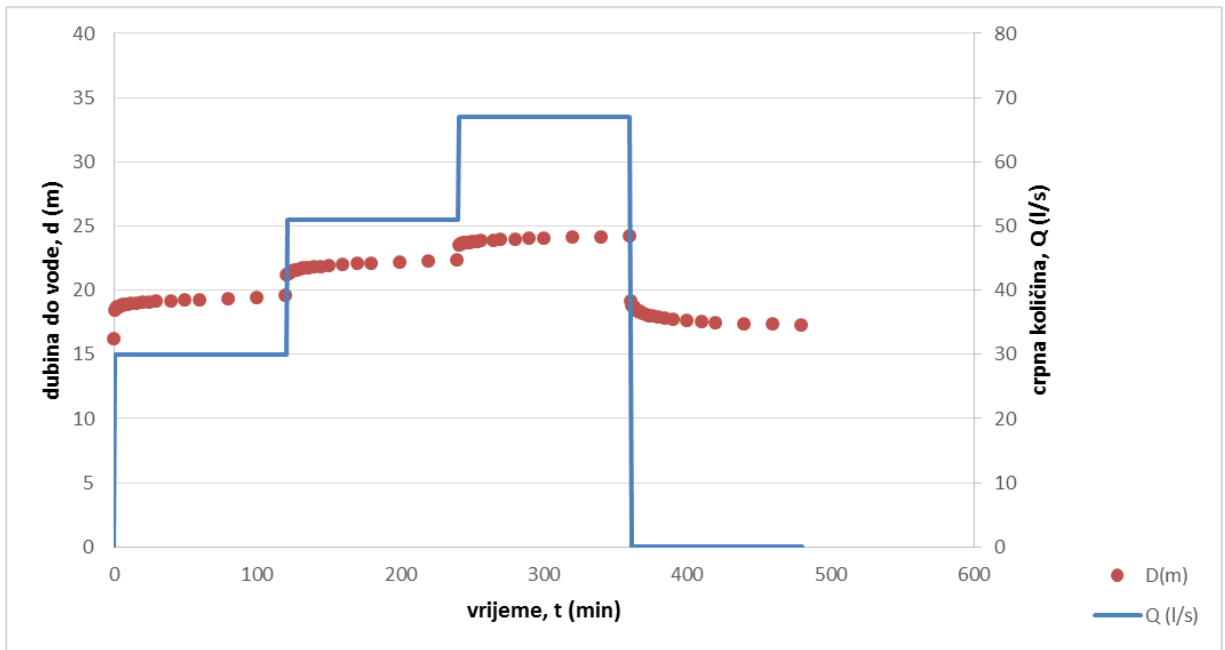
Kada crpljenje u koracima završi nastaje razdoblje oporavka, koje najčešće traje jedan dan, kako bi se stanje vodonosnika vratilo na prvobitno stanje prije samog početka crpljenja. Nakon toga slijedi osam sati crpljenja u koracima, zatim crpljenje sa stalnom



količinom. Primarni cilj crpljenja sa stalnom količinom je da se odrede parametri vodonosnika transmisivnosti, hidrauličke vodljivosti i koeficijenta uskladištenja. Ovakvim oblikom testiranja doznaje se može li zdenac zadržati predviđeni režim rada kroz dulje vremensko razdoblje, hoće li doći do smanjenja izdašnosti, te hoće li doći do povećanja sniženja kroz vrijeme. Također se može pretpostaviti ima li crpljenje nekakav utjecaj na okolno područje, odnosno hoće li doći do smanjenja vode u okolnim zdencima, izvorima, bušotinama i drugim važnim sredinama za okolinu. Tijekom testiranja može se uočiti dolazili do promjene kvalitete crpljene vode. Takav oblik testiranja uobičajeno traje od jednog do deset dana, iako može trajati i do nekoliko tjedana ukoliko su granični uvjeti vodonosnika komplicirani.

Kada crpljenje završi, na početnu razinu se počinje vraćati razina vode u zdencu ili opažачkoj bušotini. U početku je taj povrat razine vode nagli, a kasnije se usporava. U idealnim uvjetima krivulja povrata razine vode odgovara inverznoj krivulji sniženja pri crpljenju, te se može analizirati istim metodama.0

Pokusno crpljenje (testiranje) zdenca Z-14 izvedeno je dana 10.05.2021. godine podvodnom crpkom (marka „Pleuger“, snage 45 kW,  $Q_{max} = 70$  l/s) ugrađenom na dubini usisa od 38 m. Crpljenje je izvedeno u koracima (step-test), s tri različite crpne količine ( $Q_1 = 30$  l/s,  $Q_2 = 51$  l/s i  $Q_3 = 67$  l/s) i mjerenjem povrata. Trajanje svake crpne količine je iznosilo po 120 minuta. Na slici 18 može se vidjeti dijagram razine vode i crpne količine tijekom pokusnog crpljenja zdenca Z-14.



Slika 18: Prikaz razine vode i crpne količine tijekom pokusnog crpljenja zdenca Z 14 na crpilištu Vinogradi

## 4.2. Parametri zdenca Z-14

Za određivanje hidrauličkih parametara zdenca, zamišljeno je tako da se prikupe podaci pokusnog crpljenja koji su nužni za izračun parametara izvedbenog zdenca Z-14 dok su parametri vodonosnika već određeni tijekom ranijih radova na crpilištu Vinogradi. Pri tako postavljenoj zadaći režim crpljenja, s četiri različite crpne količine i opažanjem povratka razine vode, prilagođen je za određivanje linearnih (formacijskih) i nelinearnih gubitaka zdenca.

Parametri zdenca definirani su parametrima linearnih i nelinearnih gubitaka, za određivanje kojih se primjenjuje crpljenje s različitim crpnim količinama, kako bi se ostvarili uvjeti za rješenje kvadratne jednadžbe. Ukupno sniženje u zdencu izraženo linearnim gubicima u vodonosniku i nelinearnim gubicima na rubu konstrukcije zdenca može se izraziti odnosom:

$$s = BQ + CQ^2 \quad 4.1$$

Za interpretaciju gubitaka zdenca korištena je relacija, koja se može postaviti za slučaj crpljenja u koracima, pri kojoj je za svaki korak "i" crpljenja:

$$s_i = BQ_i + CQ_i^2 \quad 4.2$$

pa se razlika između svaka dva uzastopna koraka u pokusnom crpljenju može preurediti na:

$$\frac{\delta s_i}{\delta Q_i} = B + C \frac{Q_i^2 - Q_{i-1}^2}{\delta Q_i} \quad 4.3$$

Gdje je:

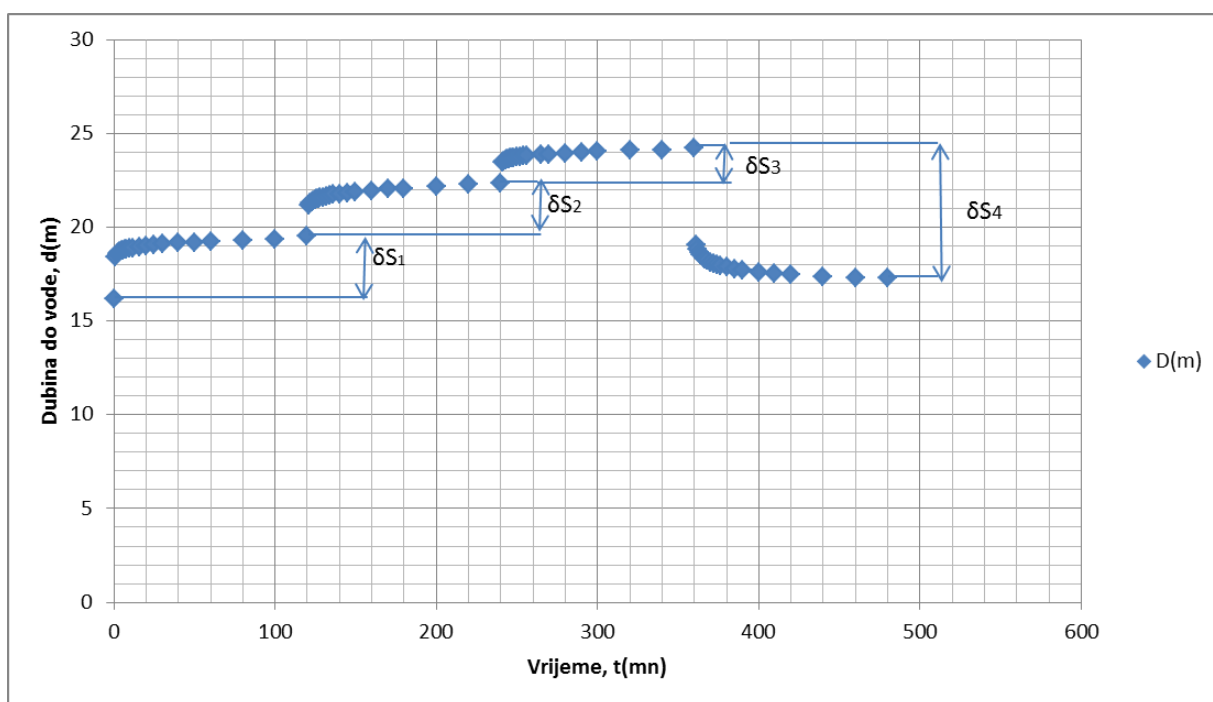
$\delta s_i = s_i - s_{i-1}$  - razlika sniženja između dva susjedna koraka u crpljenju,

$\delta Q_i = Q_i - Q_{i-1}$  - razlika izdašnosti između dva susjedna koraka u crpljenju,

$\delta s_i / \delta Q_i$  - ekvivalentno specifično sniženje

$\frac{Q_i^2 - Q_{i-1}^2}{\delta Q_i} = Qq$  - ekvivalentna izdašnost između pojedinih koraka u pokusnom crpljenju.

Zadnja jednađba u stvari predstavlja linearizirani oblik osnovne jednađbe preuređene u oblik koji ne predstavlja funkcionalnu svezu između sniženja i stvarne crpne količine, nego između “ekvivalentnog specifičnog sniženja” i “ekvivalentne izdašnosti” pri kojoj je računskom operacijom potenciran utjecaj onog prirasta crpnih količina pri kojima je snažniji utjecaj nelinearnih gubitaka. Polazni podaci o kolebanju razine vode u crpljenom zdencu, koje nastaje pri svakom koraku pokusnoga crpljenja ilustrirani su na slici 19. Prirast sniženja razine vode u crpljenom zdencu, a koje nastaje kroz 120 minuta nakon svake promjene crpne količine, polazeći od nulte količine, uneseni su u tablicu 2 i na temelju njihovih vrijednosti izračunati su iznosi ekvivalentnog specifičnog sniženja i ekvivalentne izdašnosti.

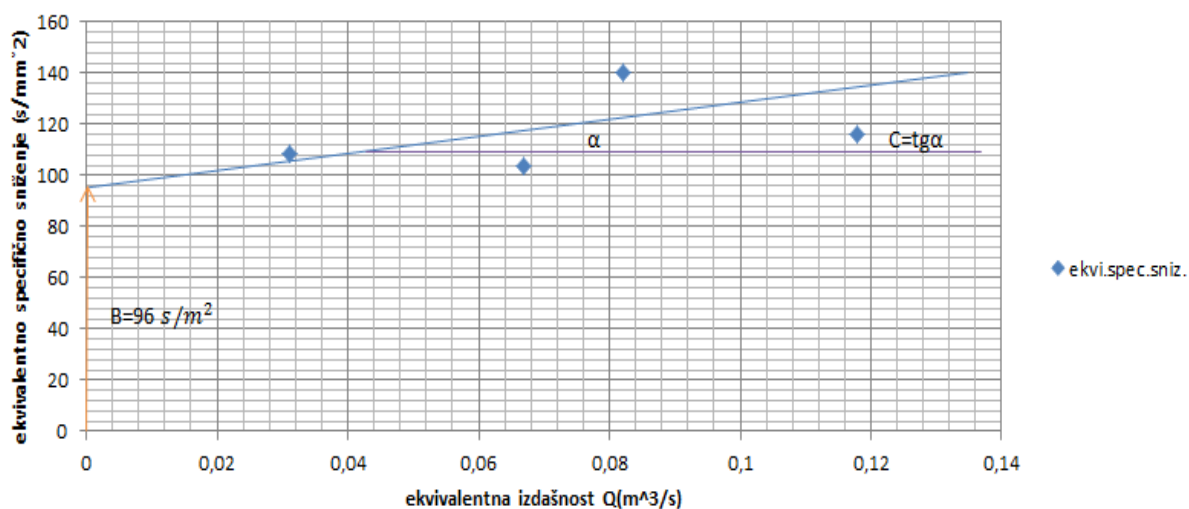


Slika 19: Dijagram sniženja pri pokusnome crpljenju razlučenog na priraste sniženja

Vrijednosti pojedinih ekvivalentnih specifičnih sniženja i pripadajuće ekvivalentne izdašnosti zdenca (tablica 3) uneseni u dijagram na slici 20 čine pravac koji presijeca ordinatu kod vrijednosti  $B=96 \text{ s/m}^2$  (za  $t=120 \text{ min}$ ), dok nagib pravca predstavlja vrijednost nelinearnih gubitaka,  $C=212,5 \text{ s}^2/\text{m}^5$ .

Tablica 3: Izračun ekvivalentnih izdašnosti i ekvivalentnih specifičnih sniženja

Korak "i"	Crpna količina Q (m <sup>3</sup> /s)	Porast crpne količine δQ (m <sup>3</sup> /s)	Prirast sniženja δs (m)	Ekvivalentna Izdašnost $\frac{Q_i^2 - Q_{i-1}^2}{\delta Q_i}$ (m <sup>3</sup> /s)	Ekvivalentno spec. Sniženje δs/δQ (s/m <sup>2</sup> )
0	0	-	0	-	-
1	0,030	0,030	3,37	0,030	108,71
2	0,051	0,020	2,81	0,082	140,5
3	0,067	0,016	1,86	0,118	116,25
4	0	-0,067	-6,94	0,067	103,58



Slika 20: Grafička analiza ekvivalentnog specifičnog sniženja i ekvivalentne izdašnosti zdenca Z -14 prema podacima iz tablice 2

Vrijednost linearnih gubitaka u zdencu Z-14 nakon  $t_i=120$  minuta crpljenja iznosi dakle  $B = 96 \text{ s/m}^2$ . Ovi gubici predstavljaju razvoj depresije u vodonosniku do efektivnog polumjera načinjenog zdenca i preko veličine efektivnog polumjera zdenca izražavaju

kvalitetu njegove izvedbe. Metoda određivanja efektivnog polumjera zdenca se zasniva na tome da linearni gubici predstavljaju specifično sniženje na mjestu zamišljenog efektivnog polumjera zdenca,  $Rz$ , nakon  $t_i=120$  minuta crpljenja. Pri ovakvom promatranju i za ranije određene vrijednosti parametara, efektivni polumjer zdenca iznosi:

$$Rz = \sqrt{\frac{2,25Tt_i}{S*EXP[4\pi BT]}} = 0,77 \text{ m} \quad 4.4$$

gdje su:

$T = 1,04*10^{-2}$  ( $m^2/s$ ) – transmisivnost vodonosnika

$t_i = 120$  min, vrijeme za koje vrijedi parametar B,

$B = 96$   $s/m^2$ , linearni gubici zdenca za  $t_i = 120$  min,

$S = 1*10^{-3}$ , koeficijent uskladištenja vodonosnika

Konačno se može zaključiti da po svim parametrima zdenac Z-14 predstavlja dobro načinjeni zdenac.

Konačne vrijednosti svih parametara zdenca prikazani su na tablici 4.

Tablica 4: Parametri zdenca Z-14

Lokalna transmisivnost vodonosnika	Hidraulička vodljivost	Efektivni polumjer zdenca	Parametar linearnih gubitaka nakon 120 min crpljenja	Parametar nelinearnih gubitaka
T ( $m^2/dan$ )	K ( $m/dan$ )	Rz (m)	B ( $s/m^2$ )	C ( $s^2/m^5$ )
898	13,6	0,77	96	212,5

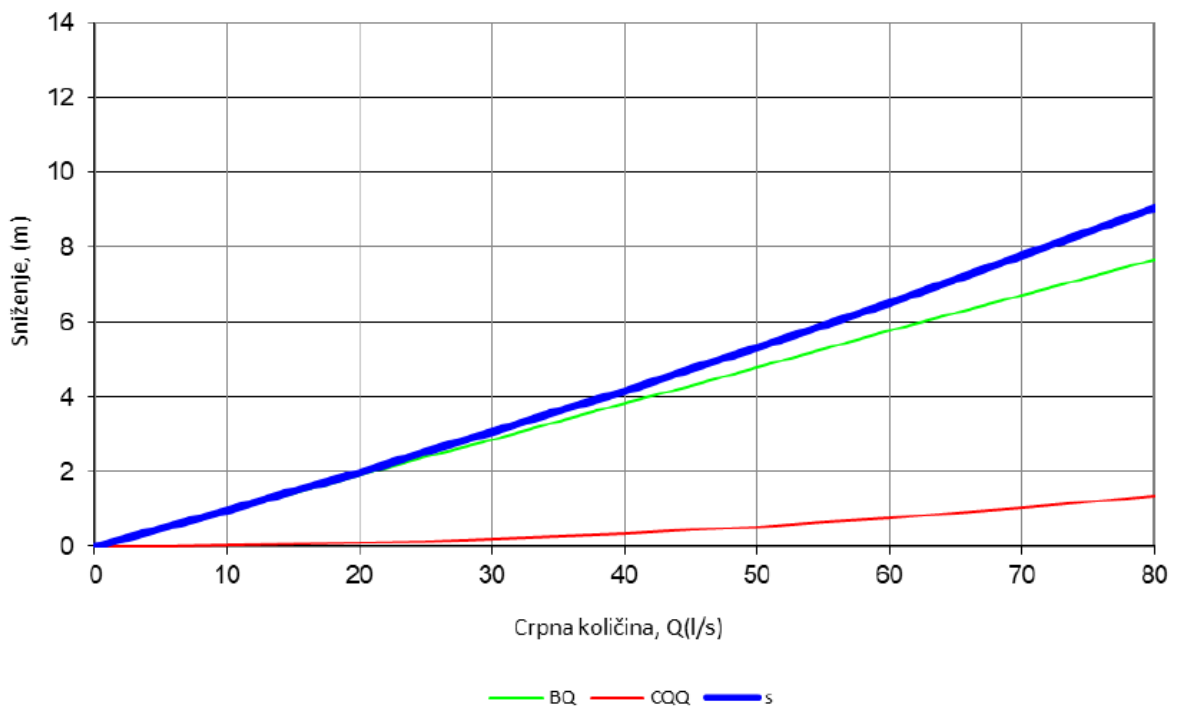
Na temelju prikupljenih podataka o procesu izvedbe i osvajanja zdenca Z-14, te rezultata gore prikazane interpretacije mogu se istaknuti slijedeće karakteristične izdašnosti zdenca:

- Osvojena izdašnost zdenca

Provedenim osvajanjem i pokusnim crpljenjem zdenac je osvojen do izdašnosti  $Q = 67$  l/s, pri kojoj izdašnosti je sniženje razine vode iznosilo  $s = 8,04$  m, a specifična izdašnost  $q = 8,33$  l/s/m.

- Izdašnost u funkciji sniženja

Izdašnost u funkciji sniženja (bez interferencije ostalih zdenaca na crpilištu) može se izraziti jednačinom 4.1., a za 120 minutno crpljenje mogu se koristiti vrijednosti parametara  $B = 96$  /m<sup>2</sup> i  $C = 212,5$  s<sup>2</sup>/m<sup>5</sup> (koji je neovisan o vremenu). Takvo ukupno sniženje u funkciji crpne količine  $Q$  i pojedini gubici ( $BQ$  – linearni i  $CQ^2$  – nelinearni) prikazani su na slici 21.



Slika 21: Dijagram  $s=f(Q)$  i pojedine vrste gubitaka za satno crpljenje zdenca Z-14

Maksimalna dopuštena izdašnost zdenca određena je na temelju gore određenih parametara zdenca, a prema našim iskustvenim zapažanjima i nekim literaturnim navodima, kao odnos:

$$Q_{max} = \sqrt{\frac{B^2 + 28C - B}{2C}} = 63 \text{ l} \quad 4.5$$

## 5. ZAKLJUČAK

Zdenac Z-14 izbušen je na crpilištu Vinogradi kao zamjenski zdenac za zdenac B-14 na kojem je došlo do smanjenja specifične izdašnosti, pjeskarenja te vjerojatnog proboja konstrukcije zdenca.

Zdenac je izvodio Vodovod – Hidrogeološki radovi d.o.o. iz Osijeka, reverznom metodom uz ispiranje čistom vodom. Radove na izvedbi zdenca i osvajanju započeti su 23. travnja 2021. godine i završeni 10. svibnja 2021. godine.

Bušenje je izvedeno strojem CONRAD-COMAX 800, rotacijskim načinom uz reverzno ispiranje bušotine čistom vodom. Promjer bušenja je bio 820 mm, a konačna dubina iznosi 185 m. Programom bušenja zahvaćeni su vodonosni horizonti, izgrađeni od pijesaka, većinom sitnog, te rjeđe sitno do srednjeg i srednjeg zrna. Ugrađena je čelična zdenačka konstrukcija promjera 406,4 mm, do dubine ugradnje od 175,5 m, sastavljena od slijepih (punih) čeličnih cijevi (stijenke  $d = 6$  mm) i čeličnih mostićavih sita (perforacije 1 mm), sve tipa „Paparelli“-Italija. Sita su ugrađena u 6 intervala ukupne dužine 60 m (47,5 – 57,5 m, 65,5 – 75,5 m, 88,5 – 107,5 m, 124,5 – 129,5 m, 139,5 – 145,5 m i 162,5 – 172,5 m). Prstenasti prostor između ugrađene konstrukcije i stijenske bušotine promjera 820 mm zasipan je kvarcnim pijeskom tipa „Tuzla-kvarc“ promjerom zrna 1 – 3 mm, u intervalu 40 – 185 m, a ostatak do površine terena tamponiran je glinovitim lokalnim materijalom s dodatkom bentonita.

Osvajanje zdenca započeto je airliftom, a dovršenom crpkom. Zdenac je osvojen do maksimalne izdašnosti  $Q = 67$  l/s, pri čemu je sniženje u zdencu iznosilo  $s = 8,04$  m, pa je specifična izdašnost iznosila 8,33 l/s/m. Na kraju osvajanja je voda bila bistra i bez pijeska.

Pokusno crpljenje provedeno je od 10. svibnja 2021. Prvo u koracima po dva sata sa crpnim količinama  $Q_1 = 30$  l/s,  $Q_2 = 51$  l/s,  $Q_3 = 67$  l/s i praćenjem povrata razine vode u zdencu  $Q_4 = 0$  l/s u trajanju 2 sati.

Provedena je interpretacija lokalnih parametara vodonosnika i parametara zdenca. Vrijednost transmisivnosti vodonosnika iznosi  $T = 898$  m<sup>2</sup>/dan, dok ekvivalentna hidraulička vodljivost iznosi  $K = 13,6$  m/dan. Vrijednost linearnih gubitaka u zdencu iznosi  $B = 96$  s/m<sup>2</sup>, a vrijednost parametara nelinearnih gubitaka  $C = 212,5$  s<sup>2</sup>/m<sup>5</sup>, dok je efektivni



polumjer zdenca  $Rz = 0,77$  m. Prema tako dobivenim vrijednostima maksimalna dopuštena izdašnost zdenca iznosi 63 l/s, no optimalna eksploatacijska crpne količine odredit će se na temelju parametara rada crpilišta.

Prema dobivenim vrijednostima parametara zdenca, može se zaključiti da zdenac Z-14 predstavlja dobro načinjeni zdenac.

## 6. Literatura

BAČANI, A., 2006. Hidrogeologija I, sveučilišni udžbenik. Zagreb: Rudarsko-geološko-naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu.

BANKS, D., CLARK, L., MISSTEAR, B., 2007. Water Wells and Boreholes, 2. Izdanje. Zapadni Sussex, Engleska: John Wiley & Sons Ltd.

BRKIĆ, Ž., LARVA, O., MARKOVIĆ, T., 2009. Ocjena stanja i rizika cjelina podzemnih voda u panonskom dijelu Republike Hrvatske. Projekt. Hrvatski geološki institut.

DRISCOLL, F.G., 1986. Groundwater and Wells, 2. Izdanje. Minnesota, SAD: Johnson Screens.

DUIĆ, Ž., ZIMA, J., RAJIĆ, B., 2018. Utjecaj ekstremnih odstupanja u količinama padalina na razine podzemnih voda dubokog kvartarnog vodonosnika. Inženjerstvo okoliša, 5/1-2, str. 7-16.

MAGAŠ, N., 1987. Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000, list Osijek, L 34-86. Savezni geološki zavod Beograd.

MAGAŠ, N., 1987. Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000, Tumač za list Osijek, L 34-86. Savezni geološki zavod Beograd, 51 str.

BAŠIĆ, M., 2020., Izvedba zamjenskog zdenca Z-15/4 na crpilištu Vinogradi, Osijek, diplomski rad, Zagreb: Rudarsko geološko naftni fakultet

Misstear, B., Banks D., Clark, L. (2006): Water Wells and Boreholes. John Wiley & Sons, LTD, Chichester

-www.izvori:

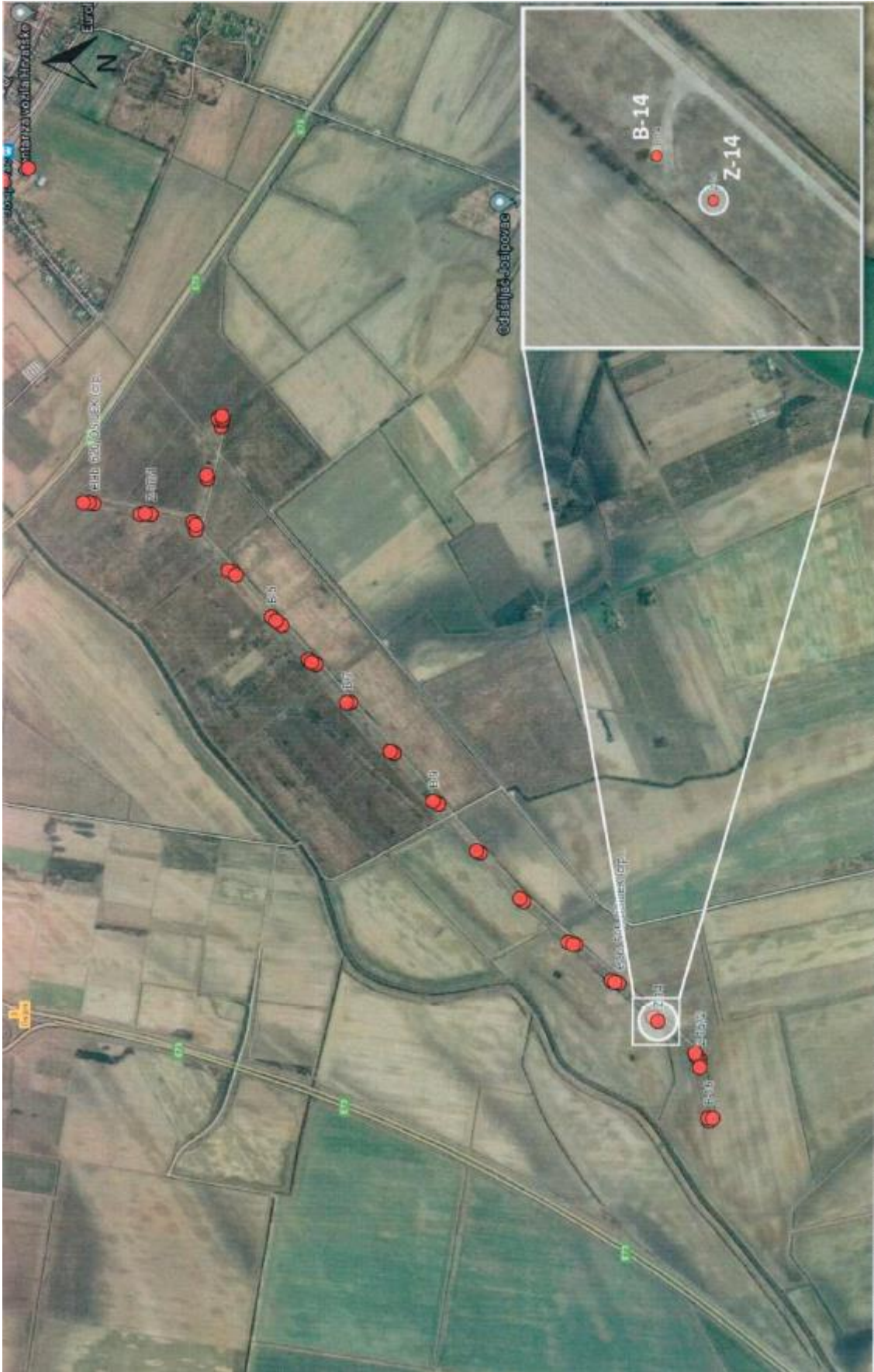
Prostorni plan uređenja grada Osijeka | Grad Osijek:

[http://www.prostorobz.hr/Planovi/PPUG/PPUG%20OSIJEK/pdf/4\\_polaz\\_5%20do%202017.pdf](http://www.prostorobz.hr/Planovi/PPUG/PPUG%20OSIJEK/pdf/4_polaz_5%20do%202017.pdf) (2017.)

## **PRILOZI**

**PRILOG 1:**

SATELITSKI SNIMAK LOKACIJE ZDENCA Z-14



**PRILOG 2:**

TABLICA OPAŽANJA POKUSNOG CRPLJENJA

minute	Ukupne minute	d(m)	Q (cm)	Q (l/s)
0	0	16,17	0	0
1	1	18,44		
2	2	18,59		
3	3	18,66		
4	4	18,71		
5	5	18,75	31	30
6	6	18,78		
7	7	18,81		
8	8	18,84		
10	10	18,86		
12	12	18,9		
16	16	18,96		
20	20	19	31	30
25	25	19,07		
30	30	19,12		
40	40	19,15		
50	50	19,2	31	30
60	60	19,24		
80	80	19,29		
100	100	19,36		
120	120	19,54	30	30
1	121	21,2		
2	122	21,3		
3	123	21,37		
4	124	21,43		
5	125	21,47		
6	126	21,5		
7	127	21,53		
8	128	21,56		
10	130	21,61		
12	132	21,66		

14	134	21,68		
16	136	21,73	86	51
20	140	21,77		
25	145	21,82		
30	150	21,87		
40	160	21,95	86	51
50	170	22,03		
60	180	22,08		
80	200	22,17	85	51
100	220	22,27		
120	240	22,35	18	
1	241	23,46		
2	242	23,54		
3	243	23,58		
4	244	23,62		
5	245	23,65		
6	246	23,67		
7	247	23,68		
8	248	23,7		
10	250	23,73		
12	252	23,74		
14	254	23,79		
16	256	23,8	30	67
25	265	23,87	30	67
30	270	23,89		
40	280	23,95		
50	290	24		
60	300	24,03		
80	320	24,09	30	67
100	340	24,13		
120	360	24,21		
1	361	19,08	0	0
2	362	18,8		

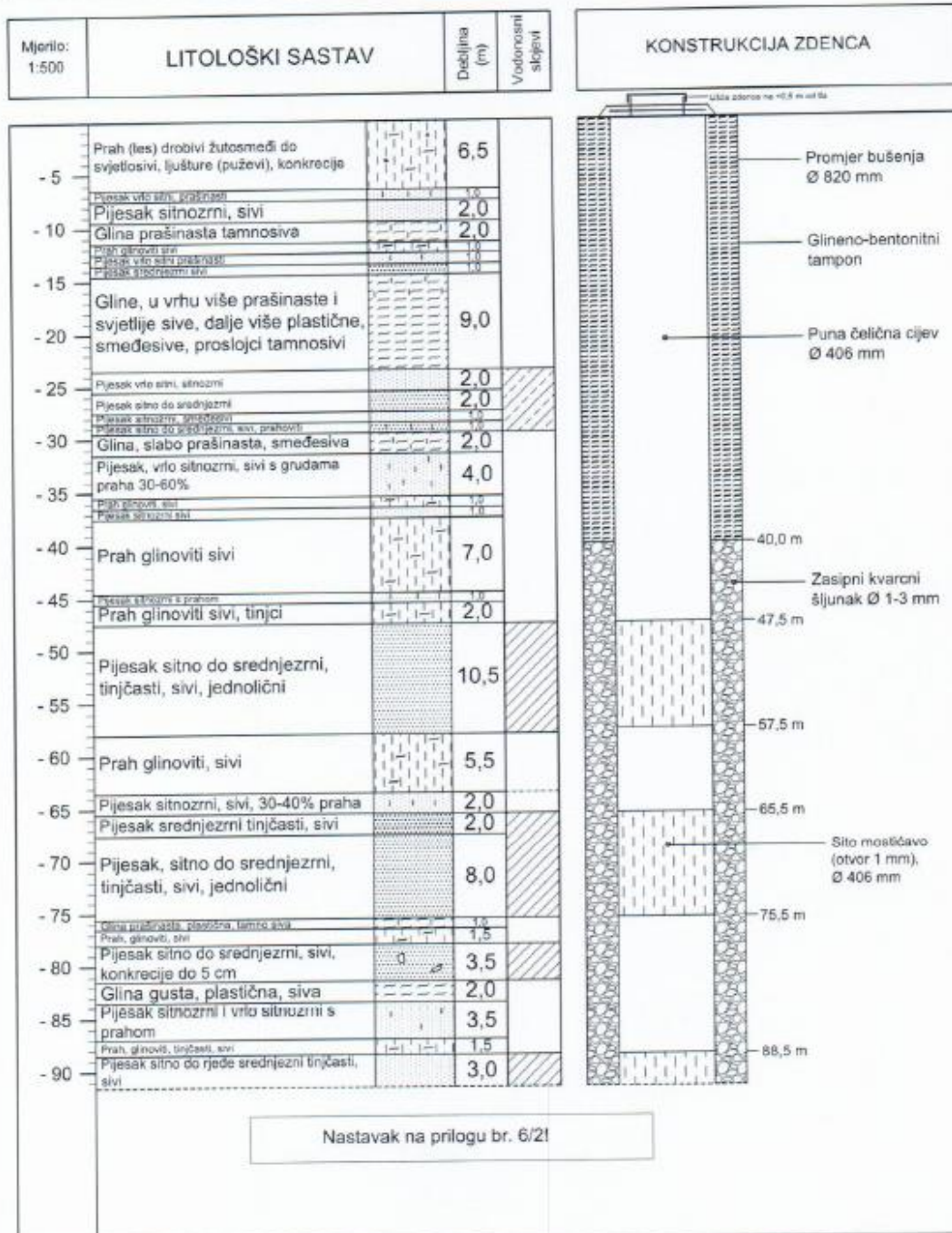


3	363	18,64		
4	364	18,52		
5	365	18,45		
6	366	18,35		
7	367	18,29		
8	368	18,22		
10	370	18,14		
12	372	18,08		
14	374	18		
16	376	17,95		
20	380	17,86		
25	385	17,76		
30	390	17,7		
40	400	17,59		
50	410	17,51		
60	420	17,45		
80	440	17,37		
100	460	17,3		
120	480	17,27		

**PRILOG 3:**

LITOLŠKO-TEHNIČKI PROFIL ZDENCA Z-14

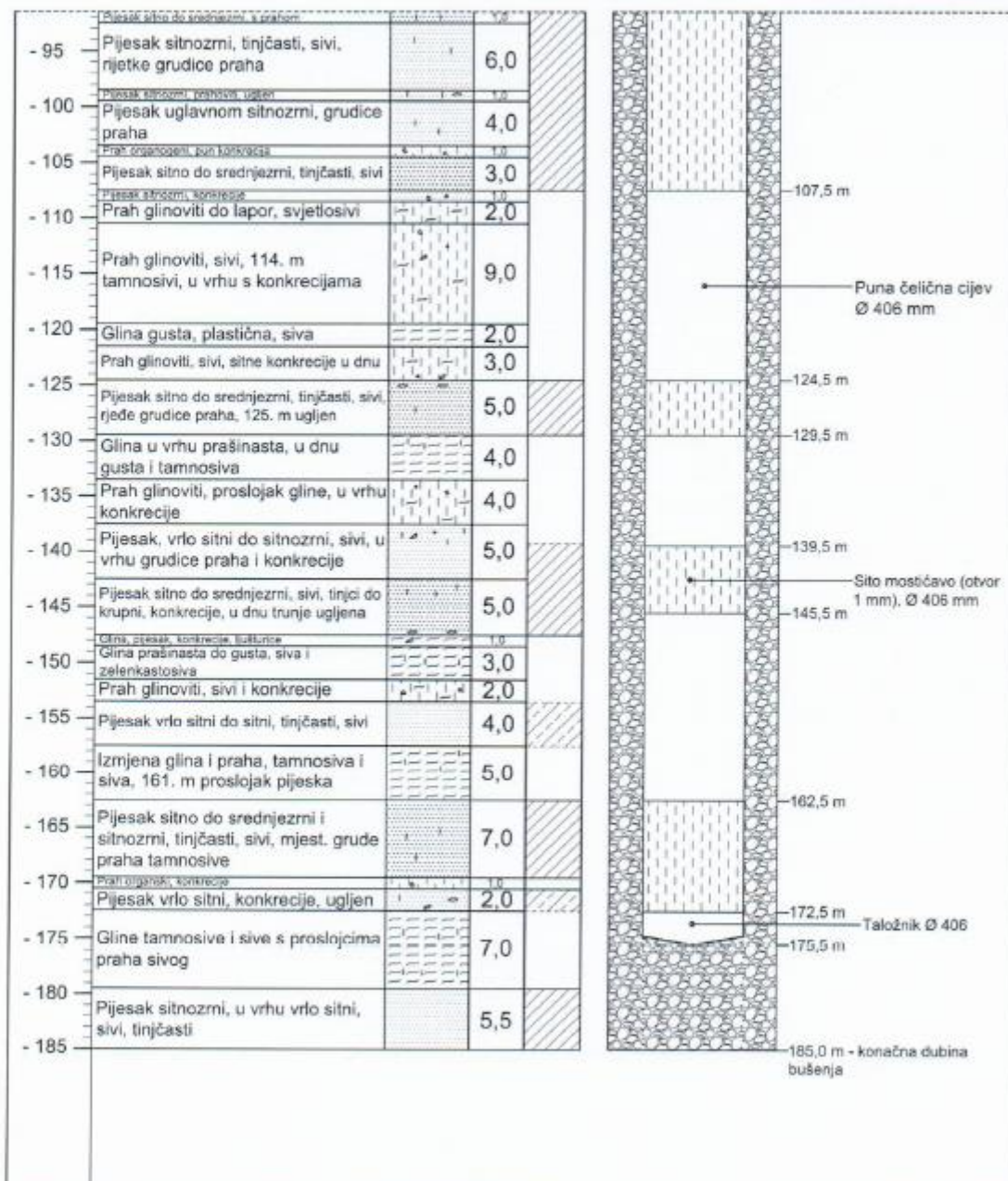
<b>VODOVOD - HIDROGEOLOŠKI RADOVI d.o.o.</b> Poljski put 1, 31000 Osijek	NAZIV PROJEKTA: ZAMJENSKI EKSPLOATACIJSKI ZDENAC - CRPLIŠTE VINOGRADI	Broj zdenca: <b>Z-14</b>
	Naručitelj: VODOVOD-OSIJEK d.o.o.	Broj elaborata: <b>778</b>



LITOLOŠKO - TEHNIČKI PROFIL ZDENCA			
Obradio:	Zlatko Šimundić dipl.ing.geol.	Izdašnost:	
Tekst:	Zlatko Šimundić dipl.ing.geol., Ivan Jazvac mag.geol.	Statička razina vode:	
Grafika:	Dino Host mag.ing.geol.	Datum: svibanj, 2021.	Prilog br. 2/1

<b>VODOVOD - HIDROGEOLOŠKI RADOVI d.o.o.</b> Poljski put 1, 31000 Osijek	NAZIV PROJEKTA: ZAMJENSKI EKSPLOATACIJSKI ZDENAC - CRPLIŠTE VINOGRADI	Broj zdenca: <b>Z-14</b>
	Naručitelj: VODOVOD-OSIJEK d.o.o.	Broj elaborata: <b>778</b>

Mjerilo: 1:500	<b>LITOLOŠKI SASTAV</b>	Debljina (m)	Vodnosni slojevi	<b>KONSTRUKCIJA ZDENCA</b>
-------------------	-------------------------	-----------------	---------------------	----------------------------



<b>LITOLOŠKO - TEHNIČKI PROFIL ZDENCA</b>			
Obradio:	Zlatko Šimundić dipl.ing.geol.	Izdašnost:	
Tekst:	Zlatko Šimundić dipl.ing.geol., Ivan Jazvac mag.geol.	Statička razina vode:	
Grafika:	Dino Host mag.ing.geol.	Datum: svibanj, 2021.	Prilog br. 2/2

**PRILOG 4:**

**OPIS NABUŠENOG MATERIJALA**

Dubina (m)	Opis materijala
0,0 – 6,5	Prah (les), drobivi, žuto-smeđi do svjetlosivi, ljuštore (puževi), kongrecije.
6,5 – 7,5	Pijesak, vrlo sitni, prašinst, žučkastosivi.
7,5 – 9,5	Pijesak, sitnozrni, sivi.
9,5 – 11,5	Glina, prašinst, tamnosiva.
11,5 – 12,5	Prah, glinoviti, sivi.
12,5 – 13,5	Pijesak, vrlo sitni, prašinst, kongrecije do Ø 4 cm.
13,5 – 14,5	Pijesak, srednjevzrni, sivi, tinjčasti.
14,5 – 23,5	Gline, u vrhu više prašinste i svjetlije sive, dalje više plastične, smeđe-sive, proslojci tamnosivi.
23,5 – 25,5	Pijesak, vrlo sitni do sitnozrni, sivi.
25,5 – 27,5	Pijesak, sitno do srednjevzrni, sivi.
27,5 – 28,5	Pijesak, sitnozrni, smeđe-sivi.
28,5 – 29,5	Pijesak, sitno – srednjevzrni, sivi, grudice praha.
29,5 – 31,5	Glina, slabo prašinst, plastična, smeđe-siva.
31,5 – 35,5	Pijesak, vrlo sitnozrni, sivi, s grudama praha 30 – 60 %.
35,5 – 36,5	Prah, glinoviti, sivi, kršje ljušturica.
36,5 – 37,5	Pijesak, sitnozrni, sivi.
37,5 – 44,5	Prah, glinoviti, sivi.
44,5 – 45,5	Pijesak, sitnozrni, s prahom.
45,5 – 47,5	Prah, glinoviti, sivi, sitni tinjci.
47,5 – 58,0	Pijesak, sitno do srednjevzrni, tinjčasti, sivi, jednolični, na 49. m pločasta kongrecija Ø 2 cm.
58,0 – 63,5	Prah, glinoviti, svjetlosivi.
63,5 – 65,5	Pijesak, sitnozrni, sivi, s 30 – 40 % praha.
65,5 – 67,5	Pijesak, srednjevzrni, tinjčasti, sivi.
67,5 – 75,5	Pijesak, sitno do srednjevzrni, tinjčasti, sivi, jednolični.
75,5 – 76,5	Glina, prašinst, plastična, tamnosiva.
76,5 – 78,0	Prah, glinoviti, sivi.
78,0 – 81,5	Pijesak, sitno do srednjevzrni, sivi, kongrecije do Ø 5 cm.

81,5 – 83,5	Glina, gusta, plastična, siva.
83,5 – 87,0	Pijesak, sitnozrni i vrlo sitnozrni, s prahom.
87,0 – 88,5	Prah, glinoviti, tinjčasti, sivi.
88,5 – 91,5	Pijesak, sitno do rjeđe srednjezrni, tinjčasti, sivi.
91,5 – 92,5	Pijesak, sitno do srednjezrni, s prahom (veća gruda).
92,5 – 98,5	Pijesak, sitnozrni, tinjčasti, sivi, rijetke grudice praha.
98,5 – 99,5	Pijesak, sitnozrni, prah, komadići ugljena i konkrecije $\varnothing$ do 3 cm.
99,5 – 103,5	Pijesak, uglavnom sitnozrni, grudice praha.
103,5 – 104,5	Prah, organski, tamnosivi, pun konkrecija, ljuštore.
104,5 – 107,5	Pijesak, sitno do srednjezrni, tinjčasti, sivi.
107,5 – 108,5	Pijesak, sitnozrni, konkrecije do $\varnothing$ 7 cm, ljušturice.
108,5 – 110,5	Prah, glinoviti – laporovit (?), svjetlosivi, u dnu do glina.
110,5 – 119,5	Prah, glinoviti, sivi, na 114. m tamnosivi, u vrhu s konkrecijama.
119,5 – 121,5	Glina, gusta, plastična, siva.
121,5 – 124,5	Prah, glinoviti, sivi, sitne konkrecije u dnu.
124,5 – 129,5	Pijesak, sitno do srednjezrni, tinjčast, sivi, rjeđe grudice praha, na 125. m ugljen.
129,5 – 133,5	Glina, u vrhu prašnasta, u dnu gusta i tamnosiva.
133,5 – 137,5	Prah, glinoviti, svjetlosivi, proslojak gline, u vrhu konkrecije do $\varnothing$ 2 cm.
137,5 – 142,5	Pijesak, vrlo sitni do sitnozrni, sivi, u vrhu grudice praha i konkrecije.
142,5 – 147,5	Pijesak, sitno do srednjezrni, sivi, konkrecije, tinjci do krupni, u dnu trunje ugljena.
147,5 – 148,5	Mješavina gline, pijeska, konkrecija i ljušturica.
148,5 – 151,5	Glina, prašnasta do gusta u dnu, siva i zelenkasta.
151,5 – 153,5	Prah, glinoviti, sivi, konkrecije.
153,5 – 157,5	Pijesak, vrlo sitni do sitnozrni, sivi.
157,5 – 162,5	Izmjena glina i praha, tamnosiva i siva, na 161. m proslojak pijeska, vrlo sitnog.
162,5 – 169,5	Pijesak, sitno do srednjezrni i sitnozrni, tinjčasti, sivi, mjestimice grude praha, tamnosivog.
169,5 – 170,5	Prah, organski, tamnosivi, konkrecije.
170,5 – 172,5	Pijesak, vrlo sitni, grudice praha, konkrecije, ugljen, listićavi.
172,5 – 179,5	Gline, tamnosive i sive, s proslojcima praha, sivog.
179,5 – 185,0	Pijesak, sitnozrni, u vrhu vrlo sitnozrni, sivi, tinjčasti, na 185. m gruda gline, laminirane.

**PRILOG 5:**

**FOTOGRAFIJE NABUŠENOG MATERIJALA**





Fotografije uzoraka nabušene litologije za zdenac Z-14 na Crpilištu Vinogradi



Fotografije uzoraka nabušene litologije za zdenac Z-14 na Crpilištu Vinogradi



Fotografije uzoraka nabušene litologije za zdenac Z-14 na Crpilištu Vinogradi



KLASA: 602-04/21-01/237  
URBROJ: 251-70-14-21-2  
U Zagrebu, 20.9.2021.

**Marin Pucak, student**

## RJEŠENJE O ODOBRENJU TEME

Na temelju vašeg zahtjeva primljenog pod KLASOM 602-04/21-01/237, URBROJ: 251-70-14-21-1 od 9.9.2021. priopćujemo vam temu diplomskog rada koja glasi:

### IZVEDBA ZAMJENSKOG ZDENCA Z-14 NA CRPILIŠTU VINOGRADI U OSIJEKU

Za voditelja ovog diplomskog rada imenuje se u smislu Pravilnika o izradi i obrani diplomskog rada Izv. prof. dr. sc. Željko Duić nastavnik Rudarsko-geološko-naftnog-fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

Voditelj:

(potpis)

Izv. prof. dr. sc. Željko Duić

(titula, ime i prezime)

Predsjednik povjerenstva za  
završne i diplomske ispite:

(potpis)

Izv. prof. dr. sc. Stanko  
Ružičić

(titula, ime i prezime)

Prodekan za nastavu i  
studente:

(potpis)

Izv. prof. dr. sc. Dalibor  
Kuhinek

(titula, ime i prezime)