



ID 11

ZAPOLNJEVANJE JAMSKIH PROSTOROV BLOKA 1 IN 2 RUDNIKA URANA ŽIROVSKI VRH IZ POVRŠINE IN SANACIJA POŠKODOVANE CEMENTACIJE VRTINE ZA ZAPOLNJEVANJE JAMSKIH PROSTOROV

Jurij ŠPORIN¹, Željko STERNAD¹, viš.pred.dr. Željko VUKELIĆ², Boris LIKAR³, Ivan GANTAR³

¹ IRGO, Slovenčeva 93, LJUBLJANA

² UL, Naravoslovnotehniška fakulteta, Oddelek za geotehnologijo in rudarstvo, Aškerčeva 12, LJUBLJANA

³ Rudnik urana Žirovski vrh v zapiranju, d.o.o., Todraž 1, Gorenja vas

jurij.sporin@irgo.si

zeljko.sternad@irgo.si

zeljko.vukelic@ntf.uni-lj.si

boris.lika@rudnik-zv.si

ivan.gantar@rudni-zv.si

POVZETEK

Zaradi zapiranja rudnika urana Žirovski vrh, je bilo opuščeno vzdrževanje jamskih prostorov. Opustitev vzdrževanja ima za posledico popuščanje podpornih ukrepov, kar posledično vodi do širjenja rušnih procesov okoli odkopanih prostorov. S časom se zlasti v primeru nizkega nadkritja pojavijo deformacije površine nad odkopanimi prostori. V primeru rudnika urana Žirovski vrh bi preko razpok, ki se tvorijo v toku napredovanja rušnih procesov, prišlo do radiološke kontaminacije območja nad odkopanimi prostori blokov 1 in 2 rudnika urana Žirovski vrh.

Kot ideja se je ponudilo izvajanje zapolnjevanja izoliranih prostorov z polnilnim betonom, ki bi se ga v jamo zapolnjevalo preko vrtin izdelanih iz površine. Za zapolnjevanje odkopanih prostorov blokov 1 in 2 rudnika urana Žirovski vrh je bilo izdelanih 11 vrtin, skozi katere se je vgrajevalo polnilni beton v odprte jamske prostore. Najprej je bilo izdelanih 8 vrtin in izvedeno zapolnjevanje v bloku 1, kjer je bilo mogoče preveriti učinkovitost projektirane metode. Ugotovljeno je bilo, da je metoda uporabna, ker se doseže enaka stopnja zapolnjevanja jamskega prostora, kot pri zapolnjevanju izvedenemu v jami. Zaradi dobrih izkušenj so bile izvedene še 3 vrtine tudi v območju bloka 2. Tekom zapolnjevanja jamskih prostorov s polnilnim betonom je bil na eni izmed vrtin v bloku 2 ugotovljen povečan dotok vode iz zgornjih plasti v jamo. Vzrok spremembi toka podtalnice je bila poškodovana cementacija.

V članku bo predstavljena izvedba vrtin za zapolnjevanje odkopanih prostorov, zasipavanje samo in postopek sanacije poškodovanega dela cementacije vrtine.

Ključne besede: injektiranje, vrtina, sanacija, vrtanje, cementna suspenzija.

UVOD

Zaradi načina zapiranja odkopanih območij jame ob koncu 80- tih let prejšnjega stoletja sta ostala izolirana bloka 1 in 2. Zaradi dolgotrajne izolacije območja in uporabljene odkopne metode od zgoraj navzdol se je v teh blokih pričel rušni proces, ki je napredoval proti površini. Zaradi tako razrušenih odkopov in delno odkopani rudi in s tem povezane radiacije, je bilo običajno zapiranje z zapolnjevanjem prostorov v jami nemogoče.

Kot ideja se je našla rešitev v zamisli izvajanja zaponjevanja izoliranih prostorov s polnilnim betonom, ki bi se ga v odprte jamske prostore dovajalo preko vrtin izdelanih iz površine.

Za zapolnjevanje odkopanih prostorov blokov 1 in 2 Rudnika urana Žirovski vrh je bilo izdelanih 11 vrtin, skozi katere se je vgrajevalo polnilni beton v odprte jamske prostore.

Najprej je bilo izdelanih 8 vrtin in izvedeno zapolnjevanje v bloku 1, kjer je bilo mogoče preveriti učinkovitost projektirane metode. Ugotovljeno je bilo, da je metoda uporabna, ker se doseže zadovoljiva stopnja zapolnjevanja jamskega prostora, v primerjavi z zapolnjevanjem izvedenem v jami.

Zaradi dobrih izkušenj so bile izvedene tudi 3 vrtine tudi v območju bloka 2.

Izdelava vrtin za zapolnjevanje odprtih prostorov v bloku 1 in 2

Izdelava vrtin je potekala z udarno rotacijsko metodo z uporabo globinskih kladiv in komprimiranega zraka.

Pred izvajanjem del se je natančno preučila geodetska situacija, ki je morala biti usklajena z jamskimi kartami. Vrtine so se locirale nad območji, ki so omogočala čim večji obseg zapolnjevanja odprtih jamskih prostorov.

Za racionalizacijo stroškov vrtalnih del, so bile vse vrtine projektirane na enake vrtalne parametre.

Konstrukcija vrtin je bila naslednja:

Kolona	Vrtina	Cevitev
Uvodna kolona	Ø 584,2 mm (23")	Ø 508 × 6,3 mm (St37, teža = 77,9 kg/m)
Tehnična kolona	Ø 311,1 mm (12 ¼").	Ø 244 × 6,3 mm (St37, teža = 77,9 kg/m)
Rezervni profil	Ø 431,8 mm (17")	Ø 355,6 × 6,3 mm (St37, teža = 54,3 kg/m)

Zaradi predvidevanja, da bo v Jazbeški luski prihajalo do težav v toku vrtanja, je bil dodan konstrukciji vrtine še t.i. rezervni profil, ki bi bil vgrajen v primeru potrebe.

Cemetiranje kolone

Za dodatno stabilizacijo vrtine so bile kolone cementirane. Cementiranje se je izvedelo po Perkinsu – to je cementacija skozi cev v medprostor z uporabo ločilnih fluidov ali čepov. Za cementiranje čepa v medprostoru se je uporabljala cementacijska košara.

PRIPRAVA POLNILNEGA BETONA, TRANSPORT IN TEHNOLOGIJA ZAPOLNJEVANJA ODKOPNIH PROSTOROV PREKO VRTIN

Priprava jamskih prostorov za zapolnjevanje

Pred pričetkom zapolnjevanja in stabilizacije odprtih odkopnih prostorov v blokih 1 in 2 je bilo potrebno okoli blokov 1 in 2 izdelati armiranobetonske čepe, ki bodo preprečili možnost неконтролиранega razlivanja polnilnega betona (paste) izven območja nekdanjih odprtih odkopov Bloka 1 in 2.

Priprava polnilnega betona

Polnilni beton se je mešalo v obstoječi betonarni, ki je bila locirana na lokaciji Jazbeca oziroma P-11. Glede na podatke o velikosti odprtih prostorov se je ocenilo, da bo potrebno za zapolnjevanje odprtih odkopnih prostorov na območju Bloka 1 in 2 pripraviti približno 40.000 m³ polnilnega betona. Za izdelavo polnilnega betona se je uporabljalo:

- Presejana jamska jalovina frakcija 0/10 mm (sivi kremenov peščenjak)
- Elektrofitrski pepel iz Termoelektrarne Šoštanj
- Cement CEM II 42,5 N
- Kemijski dodatki – zavlačevalec (retarder) in aerant
- Pitna voda

Za izdelavo 1 m³ polnilnega betona se je uporabilo 180 kg cementa, 240 kg pepela, ostalo pa presejana jamska jalovina 0/10 mm in voda. Omenjena receptura je bila preizkušena v oktobru 2003 v jašku ZJ 10/11. Agregat 0/10 mm je pokazal še sprejemljive lastnosti v pripravljenem polnilnem betonu.

Transport polnilnega betona

Transport polnilnega betona je potekal z avtomešalci. Ustje vrtine se je opremilo z vsipnim lijakom v katerega so vlivali beton. Posebno pozornost je bilo potrebno posvetiti nevarnosti

tvorbe čepov. Zaradi dobre tehnologije zapolnjevanja do njihove tvorbe ni prišlo. Za vsak primer, pa je bila pripravljena vrtalna garnitura za prevrtavanje čepa.

Zapolnjevanje s polnilnim betonom skozi vrtine se je pričelo na vrtinah, ki so locirane na obrobju odkopnih polj Bloka 1 in 2. Po končanem polnjenju zunanjih robov polj se je izvedlo zapolnjevanje s polnilnim betonom skozi vrtine, ki so locirane v centralni del nekdanjih odkopnih polj. Polnjenje posamične vrtine je bilo zaključeno, ko je bila vrtina zapolnjena s polnilnim betonom do vrha.

Kontrola polnilnih betonov

Pri svežem polnilnem betonu je bilo potrebno kontrolirati kvaliteto izdelave polnilnega betona. Ta postopek je zajemal naslednje:

- Kontrolo sestavin polnilnega betona (agregata, cementa, vode in dodatkov polnilnemu betonu (retarder in aerant)
- Kontrolo sveže mešanice polnilnega betona (temperaturo vodocementni faktor v/c, konsistenco, vsebnost cementa in vsebnost mikropor)
- Preiskava tlačne trdnosti.

Sanacija mest vrtin

Po končanih delih, se je mesto vrtanja in zapolnjevanja, vključno z delovnim platojem in dovozno cesto, sanirati v prvotno stanje.

ZAKLJUČEK ZAPOLNJEVANJA ODKOPANIH PROSTOROV BLOKA 1 IN 2

V toku zapolnjevanja jamskih prostorov je bila sproti spremljana kvaliteta in kvantiteta zapolnjevanja. Ugotovljeno je bilo, da so prostori zapolnjeni kvalitetno, saj se je količina zapolnjevanja sproti kontrolirala z opazovanjem skozi vrtine (s kamero) in iz kontrolnih točk v jami.

Količina materiala, ki je bil predviden za zapolnjevanje in dejansko vgrajenim materialom je znotraj 5% odstopanja. Vgradilo se je manj betona od načrtovanega.

PROBLEMATIKA VRTINE V-2/3

Nekaj tednov po izvedbi vrtine V-2/3 je usahnil dotok vode v zajetje pri Lazu, ki se napaja iz izdanka Jazbeške luske, hkrati pa je bil izmerjen povečan dotok jamske vode na čistilni napravi. Ugotovljeno je bilo, da se je povečal dotok vode v jamo na območju vrtine V-2/3. Vrtina je bila pregledana s kamero. Ugotovljen in potrjen je bil večji dotok vode ob zunanji steni zaščitne kolone vrtine.

Zaradi tehnologije vrtanja (udarno rotacijska metoda), katere posledica je tvorba vertikalnih in horizontalnih razpok v okolici vrtine, je voda z območja Jazbeške luske spremenila tok in ob vrtini začela dotekati v jamske prostore.

Povečan dotok vode iz Jazbeške luske v jamo je imel za posledico dodatno izluževanje urana iz odprtih rudnih teles v Blokih 1 in 2, kar bi pripeljalo do povečanja kontaminacije na iztoku iz jame, prav tako pa bi zaradi povečanega dotoka suspendiranih delcev pomenilo obremenitev čistilne naprave, ki mora zagotoviti čiščenje vode, ki priteče iz jame. V primeru deževne sezone, bi bil dotok vode na čistilno napravo tolikšen, da le ta ne bi bila ustrezno očiščena. Dodatna želja je bila ponovno zagotoviti dotok čiste vode v zajetje v Lazu, ki oskrbuje bližnjo kmetijo s pitno vodo.

Zaradi tega dejstva je bilo potrebno najti tehnično rešitev za preusmeritev toka vode iz območja vrtine V-2/3.

Geološka situacija območja vrtine V-2/3

V območju vrtanja zapolnjevalnih vrtin nad porušeni deli odkopov v bloku 1 in 2 se nahajamo v inverznem krilu zgornje gube v dvojni nagubani strukturi Žirovskega vrha, ki je značilnost tega dela rudišča. Pod površino se najprej nahaja plast preperine (zaglinjen pobočni grušč) in močno preperene kamnine. Po podatkih površinskih vrtin je debelina te plasti nad blokom 2 med 7 in 10 m.

Pod preperinsko plastjo se nahajajo različno debele peščene in muljaste kamnine, podrejeno se lahko pojavljajo tudi konglomerati. Vse našete kamnine, predvsem peščenjaki in konglomerati vsebujejo visok odstotek kremenca, zato je hribina močno abrazivna. Plasti ležijo v inverzni legi in vpadajo pod koti 30 do 70° proti severovzhodu, to je po pobočju navzdol. Skrilavost kamnin, ki je najbolj izrazita v drobno zrnatih kamninah, vpada v isti smeri.

Med tektonskimi značilnostmi je pomembna zlasti prisotnost narivne cone Jazbeške luske, ki nastopa v območju vzdolžnega profila 1000 na globinah med 34 in 58 m. Na mestu vrtine V-2/3 je njena globina med 35 m in 38 m. Ob narivni coni so kamnine zdrobljene, v njej se pojavlja tudi tektonska glina, zaradi katere deluje narivna cona kot neprepustna plast. Nad narivno cono se zato pojavlja viseča podtalnica, pri vrtanju je nad njo pričakovati pogostejše dotoke vode.

Določitev zapiranja razpok okoli vrtine V-2/3

V podjetju IRGO Ljubljana, smo se odločili, da bo zapiranje razpok izvedeno z injektiranjem okolice vrtine V-2/3. Injektiranje se je moralo izvesti skozi celotno območje Jazbeške luske, posebna pozornost, pa se je morala posvetiti območju, kjer je prišlo do zaznave izgub izplačnega medija med izdelavo vrtine V-2/3.

Po natančni preučitvi dnevnikov in zabeležk, ki so nastale v času izvajanja vrtine V-2/3. Ugotovljeno je bila sestava vrtine, ki je podana v tabeli 1.

Tabela 1.: Premeri vrtnanja in cevitve vrtine V-2/3 po posameznih odsekih

Globina	Tip in premer vrtnalnega orodja	Premer cevitve
0 – 17,8 m	Kotalno dleto D = 660,4 mm (26")	Jeklena cev D = 508 × 6,3 mm
17,8 m – 57 m	Kotalno dleto D = 444,5 mm (17 1/2")	Jeklena cev D = 355 × 6,3 mm
57 m – 110,5 m	Kotalno dleto D = 311,1 mm (12 1/4")	Jeklena cev D = 244 × 6,3 mm

Ugotovljene izgube izplačnega medija so podane v tabeli 2.

Tabela 2.: Izgube izplačnega medija

Odsek	Izgubljena količina izplake
35 m	30 m ³
36 – 38 m	30 m ³
49 – 50 m	20 m ³
58 m	20 m ³
72 – 78 m	60 m ³
Skupaj:	160 m ³

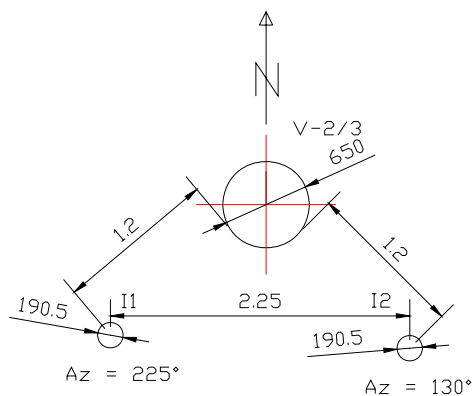
Glede na podatke o geologiji, smeri toka podtalnice in dejavnikov v toku vrtnanja, je bilo odločeno, da se bo izvedlo injektiranje območja vrtine V-2/3 z dvema injekcijskima vrtinama globine 58 m, injektiranje pa bo izvedeno fazno s cementno suspenzijo MB25 in WC=0,4.

Izvajanje vrtnanja in injektiranja

Vrtanje injekcijskih vrtin

Vrtanje injektirnih vrtin se je izvajalo udarno rotacijsko, z uporabo globinskih kladiv in komprimiranega zraka. Izvajalec vrtnalnih in injektirnih del je bilo podjetje ROVS, d.o.o. iz Ljubljane.

Razporeditev injekcijskih vrtin je prikazana na sliki 1.

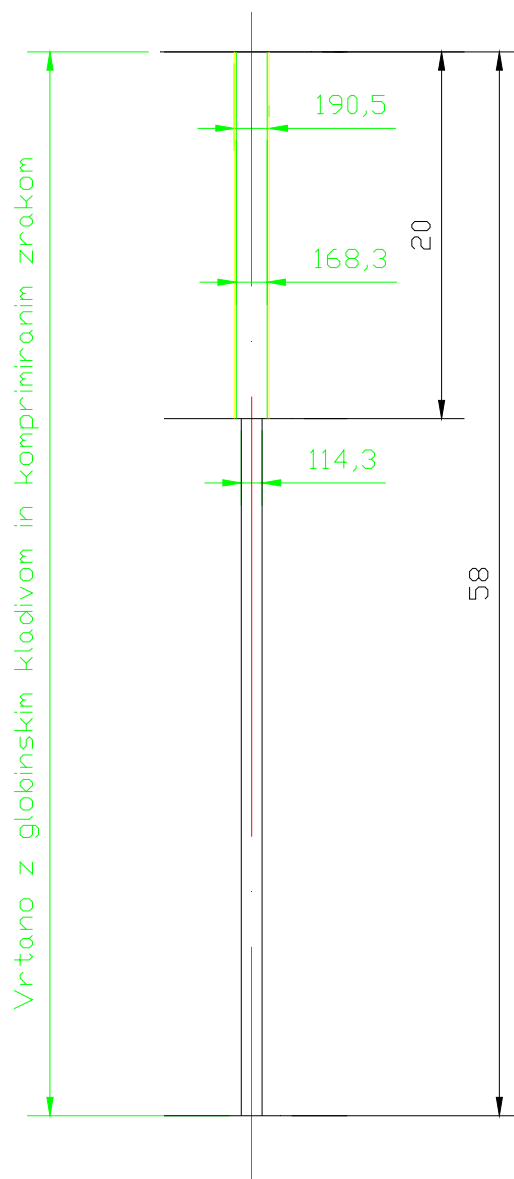
**Slika 1.:** Razporeditev injekcijskih vrtin

Konstrukcija injekcijske vrtine:

i. Uvodna kolona

Do globine 20 m se je izvedla uvodna kolona, ki je preprečevala izgubo cementne suspenzije in s tem padanje tlaka v zgornji preperinski coni. Vrtanje uvodne kolone se je izvedlo z vrtnim orodjem $\varnothing 190,5$ mm (7 1/2").

V vrtino se je vgradila jeklena cev $\varnothing 168,3 \times 4$ mm (6 5/8"). Spoji med cevmi so se varili z elektro varjenjem. Cev uvodne kolone je bilo potrebno kvalitetno zacementirati. Cementacija se je izvedla po Perkinsonovi metodi. Ustje uvodne kolone se je opremilo s prirobo, manometrom za kontrolo tlaka in ventilom.



Slika 2.: Konstrukcija injekcijske vrtine

ii. Tehnična kolona

Od globine 20 m do predvidene končne globine 58 m se je vrtino vrtalo z vrtalnim orodjem \varnothing 114,3 mm (4 1/2"). Med vrtanjem prve injekcijske vrtine je bila zagotovljena prisotnost geologa, ki je določil končno globino vrtin.

Cevitev tehnične kolone ni bila potrebna.

Med izvajanjem vrtanja je bilo potrebno spremljati izgube oziroma prekinitve cirkulacije izplačnega medija. Še posebej pozornost je bilo potrebno nameniti območjem, kjer so nastale izgube izplačnega medija v toku vrtanja vrtine V-2/3.

Konstrukcija injekcijske vrtine je prikazana na sliki 2.

Injektiranje

Pred pričetkom izvajanja injektiranja je bilo potrebno izvesti nalivalni preizkus za ugotovitev prepustnosti sloja. Rezultat nalivalnega preizkusa je določil hitrost ponikanja injekcijske mase ter s tem določil potrebne čase priprave in dovajanje mase v vrtino ter potrdil oziroma prikazal potrebne popravke recepture cementne suspenzije.

Predvideno je bilo injektiranje s cementno suspenzijo MB25 in WC=0,4.

Z nalivalnimi preizkusi je bilo ugotovljeno, da je prepustnost sloja zelo majhna, zaradi česar smo prilagodili sestavo cementne suspenzije. Povečali smo WC faktor na 1,3.

Zaradi tega smo sicer izgubili na končni trdnosti cementne suspenzije, ki v končni fazi niti ni tako pomembna, pridobili pa boljši razlez v sloju in penetracijo v mikrorazpoke.

Dovod suspenzije na dno vrtine se je izvajal po začasni cevitvi na dno vrtine. Zaradi dovolj visokega nadtlaka se je cementna suspanzija na dno vrtine gravitacijsko nalivala brez dodatnega vtiskanja s pomočjo črpalke.

Injektiranje okolice vrtine se je izvajalo skozi obe injektirni vrtini hkrati v dveh fazah in sicer prva faza na globini okoli 38 m ter na globini 58 m.

V obe vrtini je bilo vgrajeno 75 m³ cementne suspenzije.

Uspešnost injektiranja

Po zaključku prve faze injektiranja na globini okoli 38 m, je bila vrtina V-2/3 pregledana s kamero. Ugotovljeno je bilo zmanjšanje dotoka vode iz območja zunanega dela vrtine.

Ob zaključku druge faze injektiranja je bila vrtina V-2/3 ponovno pregledana s kamero. Ugotovljeno je bilo, da je bil dotok vode prekinjen.

Po preteku nekaj časa, se je voda ponovno pojavila v zajetju »V Lazu«, zaradi česar lahko smatramo, da je bila sanacija vrtine V-2/3 uspešno izvedena.

ZAKLJUČEK SANACIJE VRTINE V – 2/3

Ob izvedeni sanaciji vrtine V-2/3 lahko ugotovimo, da so bili izpolnjeni vsi pogoji, ki so potrebni za kvalitetno izvedbo del. Pogoji potrebni za kvalitetno izvajanje del so:

- dobro poznavanje problematike
- zelo dobro poznavanje geoloških razmer na območju vrtine
- kvalitetni jamomerski podatki s površinsko navezavo
- dobro poznavanje tehnologije po kateri se dela izvajajo
- kvaliteten projekt za izvajanje del
- kvaliteten izvajalec del
- dobra sodelovanje med projektantom in izvajalcem.

Sanacija je bila izvedena kvalitetno z minimalnimi stroški.

LITERATURA

1. IRGO Ljubljana, RPZI " Tehnologija zapolnjevanja in stabilizacije odprtih odkopnih prostorov v blokih 1 in 2", marec 2004.
2. IRGO Ljubljana, RPZI "Injektiranje okolice vrtine V-2/3 na območju bloka 2 rudnika Žirovski vrh".