



KONZORCIJ ŠOLSkih CENTROV



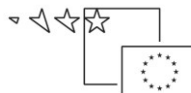
REPUBLIKA SLOVENIJA  
MINISTRSTVO ZA ŠOLSTVO IN ŠPORT



*Naložba v vašo prihodnost*  
OPERACIJO DELNO FINANCIRA EVROPSKA UNIJA  
Evropski socialni sklad

# ODVODNJEVANJE JAME

Učno gradivo je nastalo v okviru projekta Munus 2. Njegovo izdajo je omogočilo sofinanciranje Evropskega socialnega sklada Evropske unije in Ministrstva za šolstvo in šport.



*Izobraževalni program*

## RUDARSTVO – GEOTEHNIK (SSI)

*Ime modula*

### ZRAČENJE IN ODVODNEVANJE OBJEKTOV IZDELANIH Z RUDARSKIMI DELI

*Naslov učnih tem ali kompetenc, ki jih obravnava učno gradivo*

*Voda v prihrabinah, odvodni sistemi, ekološki vplivi  
odvodnjevanja, ukrepi za obrambo pred vodo*

*Naslov učne enote (teme)*

### ODVODNJEVANJE JAME



#### POVZETEK

Proces odvodnjevanja je eden temeljnih procesov pri učinkovitem pridobivanju podzemnih koristnih mineralnih surovin. Povezan je z hidrogeologijo, ki preučuje mehanizme pretakanja podzemne vode v kamninah in zemljinah - vodonosnikih. Poznavanje hidrogeoloških parametrov je za rudarjenje izrednega pomena, saj na njihovi osnovi lahko predvidimo zaščitne ukrepe pred vdori vode na jamska delovišča, hkrati pa določimo in ohranimo tudi odzemna mesta pitne ali tehnološke vode.

**Ključne besede:** rudarstvo, premogovniki, odvodnjevanje, voda v hribinah, hidrogeologija,...

**Avtor:** mag. Bogdan Makovšek, univ. dipl. inž. rud.

Datum: avgust 2009



## Cilji učne enote

Večina rudišč, nahajališč premoga in mineralnih surovin je vezana kakorkoli že na vodo. Ta je v procesu nastajanja rudišča že aktivno sodelovala, kasneje pa se je ob geološki preobrazbi hribin ohranila v nahajališču ali ob njem ali pa je preprosto izginila.

### Ali si se že vprašal?

- Zakaj je tako nevarna voda v rudnikih?
- V katerih hribinah se nahaja največ vode?
- Katere so po tvojem mnenju osnovne naloge odvodnjevanja?



## Odvodnjevanje jame

Vpliv vode na delo v jami je:

- kot možna nevarnost za katastrofalne vdore, kjer so ogrožena življenja in imetje,
- kot nevšečnost zaradi močenja, ki jo povzroča v manjših količinah iztekajoča voda,
- kot poslabšanje delovnih razmer, ki ga povzroča povečanje relativne vlažnosti v jamski klimi,
- kot zmanjšanje trdnostnih lastnosti in povečanje nabrekanja hribin, ki jih povzroči povečanje vlažnosti v materialih.

Vsi ti navedeni razlogi so razlog, da je odvodnjevanje eden ključnih procesov pri pridobivanju mineralnih surovin, zato je v nadaljevanju temeljito predstavljen.



## **Vode v prihribinah**

V prihribinah so vode v sipkih in razpokanih materialih. Med sipke materiale prištevamo vse vrste peskov, od meljev do prodiv, med razpokane pa tektonsko porušene in preperele hribine.

### **Peščeni vodonosniki**

Pod tem imenom razumemo vse zrnaste strukture vodonosnikov, kjer je debelina zrn peska od nekaj stotink milimetra (melji) do nekaj centimetrov (prodi). Voda se v materialih nahaja kot:

- kristalna voda,
- apnena ali higroskopska voda,
- gravitacijska voda.

### **Kamnine**

Druga vrsta vodonosnikov, ki se pojavljajo ob nahajališčih, so preperele, razpokane in tektonsko porušene kamnine. Tu voda ne išče poti med zrnih hribin, ampak se preteka po razpokah in kavernah. Pomembno vlogo igra voda v apnencih in dolomitih.

### **Voda v starih dela**

Opuščeni jamski prostori se običajno zapolnijo z zamuljivnim materialom, ki ga v prostor privedemo z vodo. Ta se nato porazgubi po poroznem sloju ali pa se nabira na najnižjih delih jame. Približanje z janskimi deli opuščenimi in zalitim starim delom lahko povzroči pronicanje vode v novo odprte prostore ali pa celo prodore vode večjega obsega.

### **Voda iz poškodovanih vodovodov**

Mogoče je ta problem videti nenevaren, vendar pri velikih odvodnih sistemih, ki črpajo velike količine vode iz velikih globin na površino, vsaka večja okvara lahko povzroči zalitje večjega jamskega prostora.



### **Ukrepi za obrambo pred vodo**

Način varovanja jamskih objektov pred nevarnimi vodami je odvisen v glavnem od značaja vodonosnika in značilnosti ogroženih jamskih prostorov.

- **Ogroženost z vodo iz poškodovanih vodovodov**

Ukrepi za varovanje jamskih prostorov pred izlitjem vode iz odvodnih vodov so predvsem preventivnega značaja. Cevne vode in črpalna postrojenja je treba redno kontrolirati in jih vzdrževati, dotrajane elemente pa pravočasno zamenjevati.

- **Ogroženost z vodo iz starih del**

Vode v starih rudarskih delih so količinsko omejene, čeprav jih tudi v tem smislu ne smemo podcenjevati. Veliko več nevšečnosti povzročijo s svojim pronicanjem v bližnjo okolico, kjer se pojavi nevšečno kapljanje, ki moti delavce in slabša delovne razmere. Navlažanje hribin, ki je posledica pronicanja vode, lahko povzroči nabrekanje, kar je dodatni pritisk na podgradnjo.

- **Ogroženost z vodo iz prihribin**

Najbolj neprijetna in nevarna je voda v prihribinah. Ti vodonosniki so običajno veliki, imajo pa tudi velik hidravlični potencial (visoke hidravlične tlake), ki lahko poruši vmesne plasti hribin, kar povzroči prodore večjih vodnih količin, ki skupaj z iznesenimi materiali zapolnijo jamske prostore.

Običajno vodonosnike odcejamo skozi vrtine, lahko pa, če je hribina ugodna, vanje izdelamo tako imenovane vodne proge, v katerih se voda nabira iz vseh strani in po njih odteka.

Odvodnjavanje skozi vrtine je možno z vrtinami, ki so vrtane s površine ali iz jame. Odvodnjevalne vrtine na površini se razlikujejo glede na način črpanja na vrtine s črpanjem vode na površino in vrtine s spuščanjem vode v jamo.

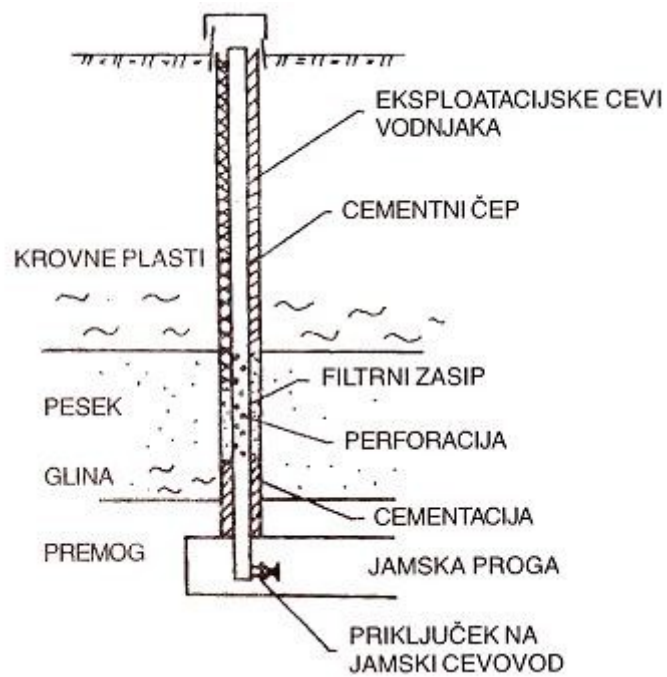
Najpomembnejši del vsake odvodnjevalne vrtine je filter. To so deli cevi, ki imajo odprtine, skozi katere doteka voda iz peskov v vodnjak. Filtrni del mora imeti poleg velike prepustnosti še sposobnost zadrževati drobna peščena zrnca in ohraniti dolgo dobo delovanja.

Vrtine za črpanje vode na površino imajo večji premer, zacevljene pa so z cevmi, katerih notranji premer je prirejen z velikosti potopne črpalke.

Slaba stran odvodnjavanja s črpanjem vode na površino je v tem, da morajo biti vrtine odmaknjene daleč stran od eksploatacijskega področja, da jih posedanje površine ne poškoduje.

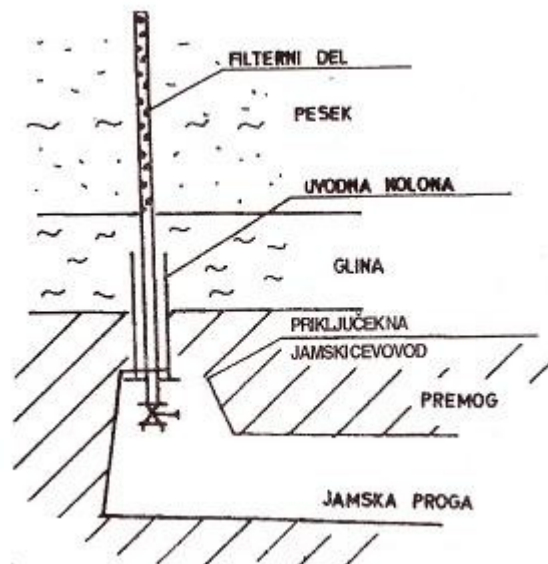
Vrtine za spuščanje vode v jamo, vrtane iz površine, imajo spodnji, jalovi del cevi opremljen s priključkom na jamski cevovod. To je običajno prirobnica ali pa primerno zaščiten navoj. Iztok vode je v tem primeru zaprt z ventilom, ki je vdelan v vodnjakove cevi. Do tega priključka se pride z jamsko progo, nanj pa priključi jamski odvodni cevovod.

Iz jame se vrtine v vodonosnike vrtajo iz dovolj oddaljenih jamskih prostorov. Dovolj oddaljen pomeni, da so vmes tako debele plasti trdnih, neporušenih hribin, da je vanje mogoče vgraditi uvodno cev. Dolžina uvodne cevi se določa glede na pričakovane tlake v vodonosniku in mehansko trdnost hribin v tako imenovanem ločilnem stebru, to je v prostoru med jamo in vodonosnikom.



Slika 1: Shematični prikaz vrtine - vodnjaka za spuščanje vode v jamski cevovod

Vir: Fijavž, 2002



Slika 2: Vtisni filter v krovmino

Vir: Fijavž, 2002

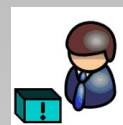


## Odvodni sistemi

Sistem odvoda jamskih vod se v rudnikih organizira glede na razsežnost in položaj jamskih objektov. Pri globokih rudnikih se voda običajno zbira na več mestih.

V odvodne sisteme spadajo:

- zbirni močvirniki na jamskih deloviščih ali blizu njih, ki imajo volumen zbiralnika par kubičnih metrov in so opremljeni s potopnimi ali manjšimi stabilnimi črpalkami.
- pomožna črpališča, ki so grajena za eno ali več etaž ali za jamo, imajo nalogo zbirati odpadno vodo iz teh področij in jo prečrpavati v glavno črpališče ali pa naravnost na površino,
- glavno črpališče, običajno postavljeno blizu jaškov ali na najnižji koti jame, zbira vso odpadno vodo rudnika in jo črpa na površino. Dimenzionirano in opremljeno mora biti glede na pričakovane količine vode in višino dviga. V to pa mora biti všteta še obvezna, z zakonom predpisana rezerva.



**Ali veš?**

*V Premogovniku Velenje se izčrpa na leto okoli 2.000.000 m<sup>3</sup> vode na površino iz dveh glavnih črpališč.*



## Ekološki vplivi

Jamske vode so praviloma močno onesnažene. Običajno vsebujejo:

- trdne delce kamnin, premoga in drugih snovi, ki jih izpirajo na svoji poti od delovišč do delovišč, in od tam nosijo do izlivov na površini,
- večje količine raztopljenih in primešanih plinov, ki pod nizkimi tlaki tekočine ekshalirajo,
- olja in maziva, s katerimi vzdržujemo jamska postrojenja ali rabimo kot energetske medije (hidravlična olja in emulzije),
- druge različno topne snovi in minerale, ki vplivajo na kemizem vode.



Rudniške vode so marsikje tako obilne, da vplivajo na površinske vode. Z mešanjem obeh vod lahko dobimo na videz neonesnaženo vodo, vendar pa moramo upoštevati, da nastanejo spremembe tudi v kemizmu površinskih voda.

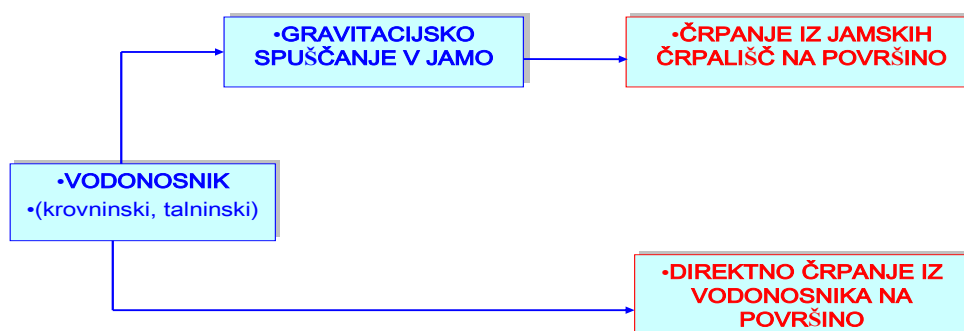


### Proces odvodnjevanja v Premogovniku Velenje

- **Namen odvodnjevalnih aktivnosti**
  - zniževanja tlakov podzemnih vod za zagotavljanje varnega odkopavanja pod vodonosnimi plastmi in nad talninskimi vodonosniki,
  - ekonomika odkopavanja (večje odkopne višine).

#### HIDROGEOLOŠKE RAZMERE

---



Slika 3: Hidrogeološke razmere v Premogovniku Velenje

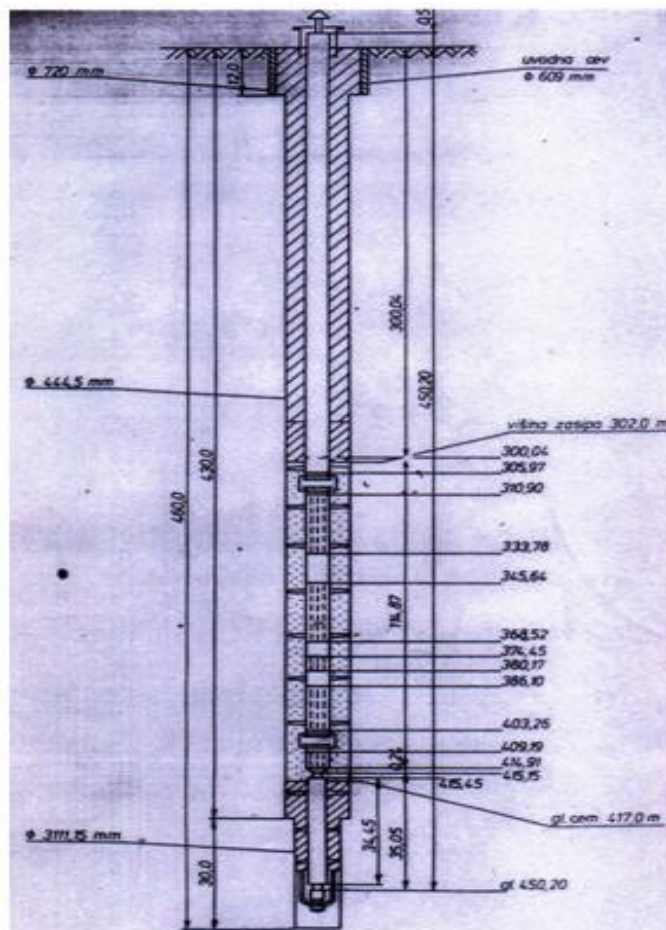
Vir: Fijavž, 2002

- **Odvodnjevanje pliocenskih peskov**

- **Viseči filtri**

Viseči filtri so odvodnjevalni objekti izdelani s površine, skozi vodonosne plasti, do nivoja pristopne baražne proge v jami (z izdelavo baražne proge in pristopnih niš pričnemo, ko so izdelani vsi viseči filtri v baražni liniji).

Viseči filtri s svojim filternim delom zajemajo več vodonosnikov hkrati (P11, P12, včasih tudi P13), voda pa gravitacijsko odteka skozi teleskopski del visečega filtra v odvodni cevovod do jamskega črpališča (*povzeto po Fijavž, 2002*).

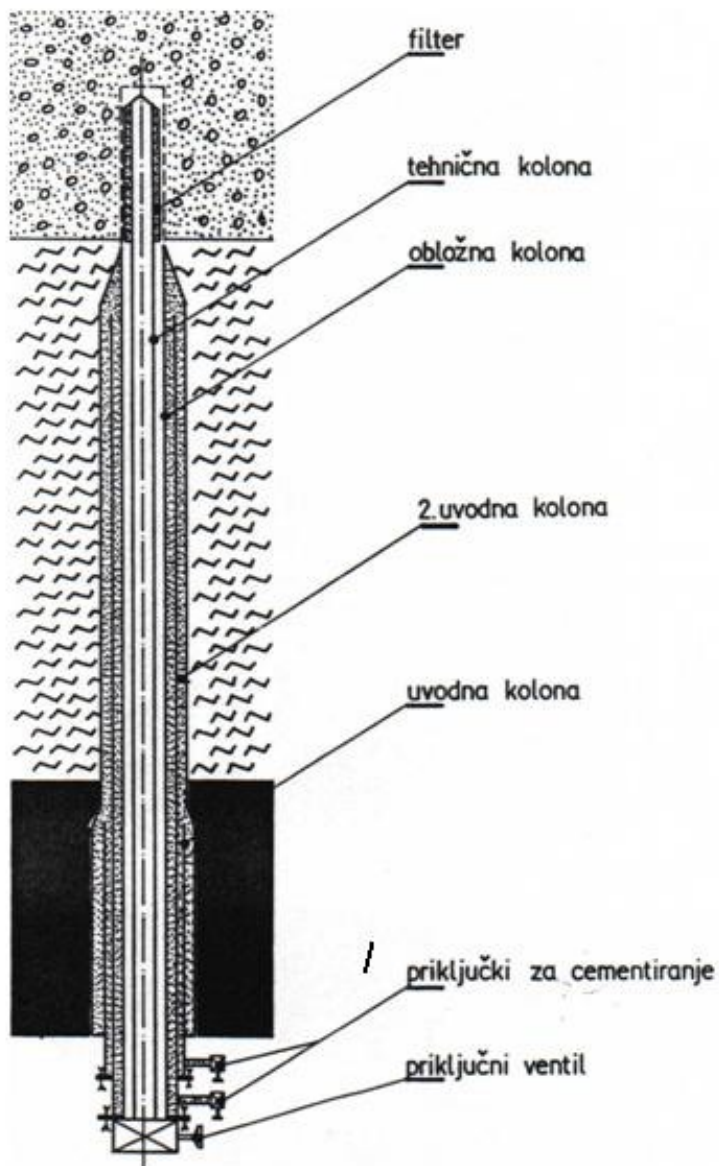


Slika 4: Konstrukcija visečega filtra

Vir: Fijavž, 2002

- **Vtisni filtri**

Vtisni filtri so odvodnjevalni objekti izdelani iz jamskih prog. S svojim filternim delom zajemajo le prve peske nad premogom, voda pa gravitacijsko odteka skozi tehnično kolono cevi vtisnega filtra v odvodni cevovod do jamskega črpališča. Hkrati z odvodnjevalno funkcijo, lahko vtisni filtri služijo tudi kot objekti za spremljanje tlakov vode v vodonosnikih (povzeto po Fijavž, 2002).

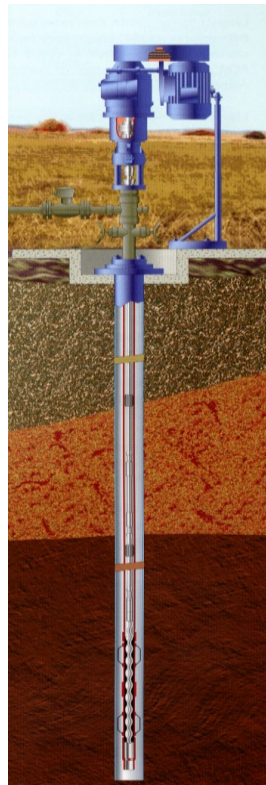


Slika 5: Konstrukcija vtisnega filtra

Vir: Fijavž, 2002

- **Vodnjaki za črpanje vode na površino**

Od visečih filtrov se razlikuje v spodnjem delu, kjer ni teleskopskega priključka za jamsko odvodnjevalno omrežje in v opremi z globinsko črpalko. Za črpanje uporabljamo drogovno črpalko tipa MOINEAU.



Slika 6: Konstrukcija vodnjaka za črpanje vode na površino

Vir: Fijavž, 2002

- **Odvodnjevanje triadnih vodonosnikov**

Vrtine za odvodnjevanje triadnih vodonosnikov

Konstruktivsko so enake vtisnim filtrom, smer vrtnanja je odvisna od lege vodonosnika.

- **Odvodnjevanje litotamnijskega apnenca**

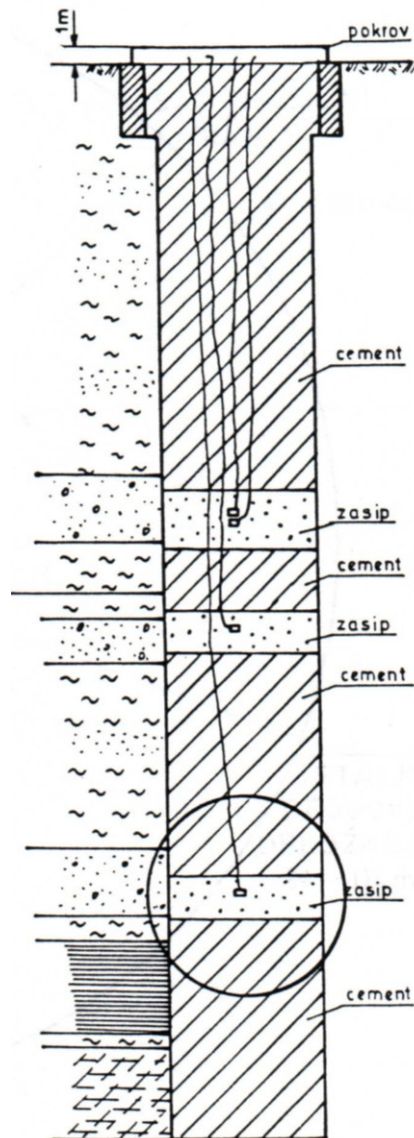
Vrtine za odvodnjevanje litotamnijskega apnenca

Konstruktivsko so enake vtisnim filtrom, smer vrtnanja je odvisna od lege vodonosnika.

- **Piezometri**

Klasični piezometri (opazovanje enega vodonosnika),

Piezometri z vgrajenimi tlačnimi tipali (opazovanje več vodonosnikov hkrati).

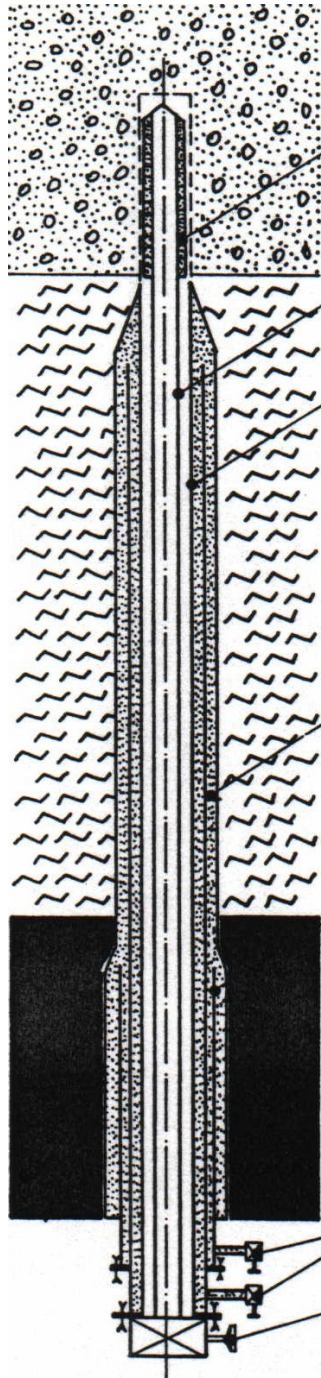


Slika 7: Konstrukcija piezometra z vgrajenimi tlačnimi tipali

Vir: Fijavž, 2002

- **Vrtine za monitoring**

Merimo tlak v vodonosniku. Konstrukcijsko so enake vtisnim filtrom, vendar niso priključene na odvodni cevovod.



*Slika 8: Konstrukcija vtisnega filtra*

Vir: Fijavž, 2002



## **Oprema za merjenje nivoja podzemnih vod (NPV)**

Za izvajanje meritev nivoja podzemnih vod uporabljamo naslednjo opremo:

- ročne merilce nivoja podzemnih vod,
- opremo za meritev na piezometrih opremljenih s tlačnimi tipali,
- avtomatske registratorje nivoja podzemnih vod,
- sonde za kontinuirano merjenje nivojev.

- **Ročni merilci nivoja podzemnih vod**

### **Ročni merilec NPV z zvonom - SINI**

Namenjen je za merjenje nivojev vode na zunanjih in jamskih piezometričnih vrtinah do globine 80 m. Klasični ročni merilec je sestavljen iz stojala, merilne žice, koluta na katerega je navita merilna žica in zvona. Merilna žica z merskimi oznakami je navita na kolut, na koncu žice pa je pritrjen zvon. Ročni merilec NPV z zvonom vidimo na sliki 8. Pri merjenju spustimo zvon v piezometer, ob stiku zvona z nivojem vode v piezometru, zaslišimo značilen pok in odčitamo nivo na merilni žici.



*Slika 9: Ročni merilec NPV z zvonom – SINI*

Vir: Fijavž, 2002

### **Ročni merilec NPV - SEBA**

Namenjen je za merjenje nivojev vode na zunanjih piezometričnih vrtinah do globine 50 m. Sestavljen je iz stojala, tokovodnika z merilnim trakom, koluta na katerega je navit tokovodnik, izvora napetosti kontrolne lučke in sonde. Tokovodnik z merilnim trakom je navit na kolut, na koncu žice pa je pritrjena sonda. Pri merjenju spustimo sondo v piezometer, ob stiku sonde z nivojem vode v piezometru, sonda sproži kontakt na tokovodniku in prižge se kontrolna lučka. Nato odčitamo nivo na merilnem traku. Ročni merilec NPV – SEBA je prikazan na sliki 9.



*Slika 10: Ročni merilec NPV – SEBA*

Vir: Fijavž, 2002

### **Ročni merilec NPV TE-02**

Instrument je konstruiran tako, da omogoča meritve nivoja podzemne vode s pomočjo sonde ali neposredne meritve piezo tipal. Osnovne komponente merilca:

- kolut z regulatorjem obratov
- samonosilni električni kabel s sondo
- ohišje merilca

V ohišju instrumenta se nahajajo dve merilni enoti, ki sta samostojni in neodvisni ena od druge. V prvi enoti je instrument za merjenje nivoja vode s pomočjo sonde in avtomatskega števca, v drugi enoti pa je indikator za merjenje tlačnih tipal.



Postopek za izvajanje meritev nivoja s pomočjo sonde je naslednji:

- kolut z regulatorjem obratov namestimo na ustje vrtine,
- s tokovodnikom spojimo merilnik in kolut z regulatorjem,
- tokovodnik sonde namestimo na kolut z regulatorjem in sondo spustimo v vrtino.

Pri dotiku sonde z vodo se sproži zvočni signal, zasveti rdeča dioda, števec pa se ustavi (v trenutku stika sonde z vodo ali kratkega stika med sondo in tokovodnikom preneha delovati globinomer, čeprav lahko spuščamo sondo pod gladino vode), na ekranu števca odčitamo vrednost nivoja vode.



*Slika 11: Ročni merilec NPV TE-02*

Vir: Fijavž, 2002



## **Oprema za meritve nivoja podzemnih vod na piezometrih, ki so opremljeni s tlačnimi tipali**

- **Indikator za merjenje tlačnih tipal TE-02**

Meritve nivoja vode v piezometrih, ki so opremljeni s tlačnimi tipali izvajamo z merilcem TE-02, ali pa z merilcem ki je prirejen iz merilca TE-02 in ima samo eno merilno enoto. Postopek za izvajanje meritev nivoja na tlačnih tipalih je pri obeh merilcih enak in je naslednji:

- na tokovodnik tipala priključimo merilni inštrument,
- s pritiskom na taster vzpostavimo električno napetost na tlačnem tipalu,
- na ekranu odčitamo vrednost, ki je podana v mA,
- izmerjeno vrednost pretvorimo s pomočjo ustrezne enačbe v nivo (m).

$$N_v = H - (I_1 - I_2) \times 100 \times f_s$$

Kjer pomeni :  $N_v$  - nivo vode (m)

$H$  - globina sonde (m)

$I_1$  – meritev toka(mA)

$I_2$  - začetni tok (mA)

$f_s$  – faktor sonde



*Slika 12: Prirejeni merilec TE-02*

Vir: Fijavž, 2002

- **Avtomatski registratorji nivoja podzemnih vod na piezometrih, ki so opremljeni s tlačnimi tipali**

Avtomatski registratorji (STIX) so namenjeni kontinuiranemu spremljanju nivoja podzemnih vod na piezometrih opremljenih s tlačnimi tipali. Nameščeni so na nekaterih pomembnih piezometrih v okolici odvodnjevalnih objektov. Avtomatski registratorji so fleksibilni in jih je mogoče po potrebi premeščati iz piezometra na piezometer. Uporabljamo štirikanalne registratorje, tako, da je omogočena spremljava štirih tlačnih sond na enem merskem objektu. Avtomatski registrator je sestavljen iz:

- vodotesnega ohišja,
- merilnega dela ( procesor),
- napajalnega dela (baterije max.napetost 13,5 V).

Krmiljenje in prenos podatkov iz STIX-a izvajamo z računalnikom HP 200 LX Palmtop, omogočene pa so naslednje opcije:

- čas med meritvami (običajna nastavitev 60 min),
- testna meritev,
- opis stanja merilnika (število opravljenih meritev, napetost baterije, spominski prostor, status merilnika, objekt na katerem se meritev izvaja, trenutni podatki...),
- število meritev ( max. = 3750 meritev),
- prikaz in nastavitev ure,
- prikaz stanja merilnika,
- start, stop, brisanje,
- prenos podatkov v PC.



Slika 13: Prikaz priključitve računalnika HP 200 LX na avtomatski registrator STIX

Vir: Fijavž, 2002

Po prenosu podatkov iz avtomatskega registratorja v računalnik HP 200 LX, je potrebno datoteke arhivirati v bazo podatkov, ki je nameščena na računalniku v Hidrogeološki službi. Priključitev računalnika HP 200 LX na STIX-a je razvidna iz slike 12, del datoteke, ki jo arhiviramo je razviden iz tabele 6.

- **Sonda za kontinuirano merjenje nivojev tip Diver (DMS)**

Sonde tipa diver so namenjene kontinuiranemu spremljanju nivoja voda. Lahko jih uporabljamo kjerkoli imamo možnost potopitve. Na Premogovniku Velenje jih uporabljamo v klasičnih piezometrih, na katerih potrebujemo povečano gostoto meritev.

V sondo je vgrajen registrator s kapaciteto 60 000 podatkov, kar pri nastavitvi meritev na eno uro zadošča za okrog 6 let. Sonda ima tudi lastno napajanje (10 – 15 V), ki je lahko akumulatorsko (1 leto) ali li-ion baterija (5 let). Registrator beleži spremembe tlaka v mA, ki ga potem s pomočjo programske opreme pretvorimo v Excelovo obliko.

Namestitev sonde je enostavna, saj jo je potrebno po predhodni nastavitvi samo še potopiti v vodo in fiksirati na željeni globini. Pred potopitvijo moramo izmeriti začetni nivo. Prednost takšne sonde je njena fleksibilnost, velika kapaciteta pomnilnika in nastavljivost gostote merjenja.



*Slika 14: Sonda Diver - DMS*

Vir: Fijavž, 2002



## **Ponavljanje in obnovitev znanja**

1. Kakšen je namen odvodnjevalnih aktivnosti?
2. Na kakšen način se lahko pojavlja voda v prihrabinah?
3. Opiši konstrukcijo vtisnega filtra!
4. Kakšna je razlika med vtisnim in visečim filtrom?  
Razloži na primeru v jami Premogovnika Velenje!
5. Naštej preventivne ukrepe za obrambo pred vdorom vode!
6. Razloži hidrogeološke razmere v jami Premogovnika Velenje!
7. Katero opremo za merjenje nivoja podzemnih vod poznaš? Na kratko opiši!



## **Medpredmetno povezovanje**

**Geologija:** primerjava različnih tipov hribin in kamnin z vidika vodoprepustnosti

**Hidrogeologija:** vpliv odvodnjevanja na hidrogeološke razmere

**Ekologija:** vpliv procesov odvodnjevanja na okolje in prostor



## **Viri**

Fijavž, O. *Monitoring odvodnjevalnih procesov v jamah Premogovnika Velenje*: Diplomsko delo. Velenje: Višja strokovna šola, 2002.

Hrastnik, J. *Rudarska dela in jamsko pridobivanje*: skripta 1. in 2. del. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za naravoslovje in tehnologijo, Montanožistika, Ljubljana, 1981.

Josipović, J., Pavlović, V. *Osnovi rudarstva sa geologijom*. Beograd: Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, 1980.

*Tehnična in projektna dokumentacija Premogovnika Velenje.*

*Velenjska odkopna metoda: Rudarski projekt RP – 36/95 LM. Velenje: Premogovnik Velenje, junij 1996.*