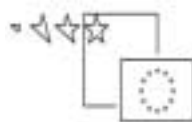




REPUBLIKA SLOVENIJA
MINISTRSTVO ZA ŠOLSTVO IN ŠPORT



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

VIŠJEŠOLSKI STROKOVNI PROGRAM GEOTEHNOLOGIJA IN RUDARSTVO

PODZEMNA IN POVRŠINSKA EKSPLOATACIJA

BOGDAN MAKOVŠEK

Višješolski strokovni program: Geotehnologija in rudarstvo

Učbenik: Podzemna in površinska eksploatacija

Gradivo za 1. letnik

Avtor:

mag. Bogdan Makovšek
Šolski center Velenje
Višja strokovna šola



Velenje, 2008

© Avtorske pravice ima Ministrstvo za šolstvo in šport Republike Slovenije.

Gradivo je sofinancirano iz sredstev projekta Impletum Uvajanje novih izobraževalnih programov na področju višjega strokovnega izobraževanja v obdobju od 2008 do 2011.

Projekt oziroma operacijo delno financira Evropska unija iz Evropskega socialnega sklada in Ministrstvo RS za šolstvo in šport. Operacija se izvaja v Operativnem programu razvoja človeških virov za obdobje od 2007 do 2013, razvojne prioritete Razvoj človeških virov in vseživljenjskega učenja in prednostne usmeritve Izboljšanje kakovosti in učinkovitosti sistemov izobraževanja in usposabljanja.

Vsebina tega dokumenta v nobenem primeru ne odraža mnenja Evropske unije. Odgovornost za vsebino dokumenta nosi avtor.

KAZALO VSEBINE:

1	UVOD	1
1.1	ZGODOVINSKI RAZVOJ RUDARSTVA	1
1.2	RUDARSTVO DANES	4
1.3	RUDARSTVO V SLOVENIJI	4
1.3.1	Rudniki in premogovniki v Sloveniji	5
1.3.2	Rudarstvo v Evropi in v svetu	5
1.4	VPRAŠANJA ZA OBNOVITEV ZNANJA	8
2	RAZISKOVANJE NAHAJALIŠČ MINERALNIH SUROVIN	9
2.1	UVOD	9
2.2	STOPNJA RAZISKANOSTI NAHAJALIŠČ MINERALNIH SUROVIN	9
2.2.1	Predhodne raziskave	9
2.2.2	Podrobne raziskave	9
2.2.3	Eksploatacijske raziskave	9
2.3	OSNOVNI POJMI O NAHAJALIŠČU MINERALNIH SUROVIN	9
2.3.1	Vrste nahajališč mineralnih surovin	10
2.3.1.1	<i>Nahajališča kovinskih rud</i>	10
2.3.1.2	<i>Nahajališča nekovin</i>	10
2.3.1.3	<i>Nahajališča mineralnih goriv</i>	10
2.3.2	Oblika nahajališč mineralnih surovin	10
2.3.2.1	<i>Nahajališča pravilne oblike (slojevita nahajališča)</i>	10
2.3.2.2	<i>Nahajališča nepravilne oblike</i>	11
2.3.3	Tektonsko spremenjena nahajališča	11
2.4	METODE RAZISKOVANJA NAHAJALIŠČ MINERALNIH SUROVIN	12
2.4.1	Prospekcija	12
2.4.1.1	<i>Geološka prospekcija</i>	13
2.4.1.2	<i>Geokemična prospekcija</i>	13
2.4.1.3	<i>Geofizikalna prospekcija</i>	13
2.4.2	Rudarsko raziskovalna dela	14
2.4.2.1	<i>Površinska raziskovalna dela</i>	14
2.4.2.2	<i>Jamska raziskovalna dela</i>	15
2.4.3	Raziskovanje z globinskim vrtanjem	15
2.4.4	Kombinirano raziskovanje	16
2.5	DOLOČANJE KVALITETE RUDE	16
2.5.1	Točkasto odvzemanje vzorcev po sistemu mreže	16
2.5.2	Vzorčevanje po sistemu brazde	17
2.5.3	Vzorčevanje iz jedra vrtine	17
2.5.4	Vzorčevanje iz kope	17
2.5.5	Masovno vzorčevanje	17
2.5.6	Vzorčevanje iz deponije	18

2.6	RUDNE REZERVE	18
2.6.1	Obračun rudnih rezerv	18
2.6.1.1	Metoda aritmetične sredine	18
2.6.2	Kategorizacija rudnih rezerv	20
2.6.2.1	Rudne rezerve kategorije A	20
2.6.2.2	Rudne rezerve kategorije B	21
2.6.2.3	Rudne rezerve kategorije C ₁	21
2.6.2.4	Rudne rezerve kategorije C ₂	21
2.7	POVZETEK	21
2.8	VPRAŠANJA ZA OBNOVITEV ZNANJA	21
3	OSNOVE POVRŠINSKEGA ODKOPAVANJA	22
3.1	UVOD	22
3.2	ODPIRANJE POVRŠINSKEGA KOPA	22
3.2.1	Položaj in oblika sloja	22
3.2.2	Načini odpiranja površinskega kopa	23
3.3	ODVODNJAVANJE TERENA	25
3.4	SISTEMI ODKOPAVANJA POVRŠINSKEGA KOPA	26
3.4.1	Širina, višina in naklon etaže	26
3.4.2	Razvijanje odkopne fronte	27
3.5	METODE PRIDOBIVANJA NA POVRŠINSKIH KOPIH	27
3.5.1	Pridobivanje blokov	27
3.5.1.1	Pridobivanje blokov s pomočjo klinov	27
3.5.1.2	Pridobivanje blokov s pomočjo vrvne pile	28
3.5.1.3	Pridobivanje blokov z gostimi vrtinami	28
3.5.2	Pridobivanje z miniranjem	28
3.5.2.1	Koeficient raztresenosti	29
3.5.2.2	Vrste minskih polnitev	30
3.5.2.3	Vrste minskih vrtin	30
3.5.3	Strojno pridobivanje – bageriranje	31
3.5.3.1	Bageriranje s kontinuirnim delovnim procesom	31
3.5.3.2	Bager vedričar	31
3.5.3.2.1	Tehnološki proces bageriranja	33
3.5.3.2.2	Kapaciteta bagera vedričarja	33
3.5.3.3	Rotorni bager	34
3.5.3.3.1	Tehnologija dela rotornega bagera	34
3.5.3.3.2	Kapaciteta rotornega bagera	34
3.5.3.4	Bageriranje z diskontinuirnim načinom delovanja	35
3.5.3.4.1	Bager žličar	35
3.5.3.4.2	Bager z vlečnim vedrom - drageline	35
3.5.3.4.3	Bager z obrnjeno žlico	35
3.5.3.4.4	Žični bagri	35
3.5.3.4.5	Skreper	35
3.5.3.4.6	Traktorji in nakladalci	36
3.5.3.4.7	Buldožerji	36
3.6	TRANSPORT SUROVINE NA POVRŠINSKIH KOPIH	36
3.6.1	Transportni trakovi	36
3.7	ODLAGANJE JALOVINSKIH MAS	37
3.7.1	Mesto odlagališča	37
3.8	REKULTIVACIJA ZEMLJIŠČA	38
3.8.1	Legalni in nelegalni površinski kopi	39
3.8.2	Raznovrsnost vplivov površinskega rudarjenja	39
3.8.2.1	Ocena vplivov površinskega rudarjenja na okolje	40
3.8.2.2	Metoda ocene vplivov na okolje	40

3.8.2.3	Končno vrednotenje vplivov na okolje	41
3.8.3	Končna ureditev, rekultivacija in nov namen površine	44
3.8.4	Ukrepi za varno delo in zavarovanje kopa	44
3.9	POVZETEK	45
3.10	VPRAŠANJA ZA OBNOVITEV ZNANJA	45
4	ODPIRANJE IN PRIPRAVA PODZEMNIH NAHAJALIŠČ	46
4.1	UVOD	46
4.1.1	Odpiranje nahajališča s podkopom	46
4.1.2	Odpiranje nahajališča z jaškom	47
4.1.3	Odpiranje s poševnim jaškom (vpadnikom)	48
4.1.4	Kombinirano odpiranje nahajališč	48
4.1.5	Drugi prostori za odpiranje nahajališč	51
4.1.5.1	Smerne proge	51
4.1.5.2	Prečne proge	51
4.1.5.3	Dovozišče	51
4.1.5.4	Odvozišče	51
4.2	PRIPRAVA NAHAJALIŠČA ZA ODKOPAVANJE	52
4.2.1	Priprava horizontalnega nahajališča premoga	52
4.2.2	Priprava strmega nahajališča	53
4.2.2.1	Določanje optimalne višine horizonta	54
4.3	POVZETEK	55
4.4	VPRAŠANJA ZA OBNOVITEV ZNANJA	55
5	GLOBINSKO VRTANJE V JAMI IN S POVRŠINE	56
5.1	UVOD	56
5.2	STROJI IN PRIPOMOČKI ZA VRTANJE	56
5.2.1	Vrtalna orodja	58
5.2.2	Jedrne cevi	59
5.2.3	Vrtalno drogovje	59
5.2.4	Izpirne glave	59
5.2.5	Vrtalni pribor	59
5.2.6	Reševalni pribor	60
5.3	TEHNOLOGIJA VRTANJA	60
5.3.1	Iznašanje izvrtanine	60
5.3.2	Uporaba obložnih cevi	60
5.4	OPREMA VRTIN	60
5.4.1	Raziskovalne vrtine	60
5.4.2	Odvodnjevalne vrtine	60
5.4.3	Druge vrtine	61
5.5	LIKVIDACIJA VRTIN	61
5.6	DOKUMENTIRANJE VRTANJA	62
5.7	POVZETEK	62
5.8	VPRAŠANJA ZA OBNOVITEV ZNANJA	62
6	ODVODNJAVANJE JAME	63
6.1	UVOD	63
6.2	VODE V PRIHRIBINAH	63
6.2.1	Peščeni vodonosniki	63
6.2.2	Kamnine	63
6.2.3	Voda v starih dela	64
6.2.4	Voda iz poškodovanih vodovodov	64
6.3	UKREPI ZA OBRAMBO PRED VODO	64

6.3.1	Ogroženost z vodo iz poškodovanih vodovodov	64
6.3.2	Ogroženost z vodo iz starih del	64
6.3.3	Ogroženost z vodo iz prihrabin	64
6.4	ODVODNI SISTEMI	66
6.5	EKOLOŠKI VPLIVI	66
6.6	PROCES ODVODNJEVANJA V PREMOGOVIKU VELENJE	67
6.6.1	Namen odvodnjevalnih aktivnosti	67
6.6.2	Odvodnjevanje pliocenskih peskov	67
6.6.2.1	Viseči filtri	67
6.6.2.2	Vtisni filtri	68
6.6.2.3	Vodnjaki za črpanje vode na površino	69
6.6.3	Odvodnjevanje triadnih vodonosnikov	69
6.6.4	Odvodnjevanje litotamnijskega apnenca	70
6.6.5	Piezometri	70
6.6.6	Vrtine za monitoring	71
6.7	POVZETEK	72
6.8	VPRAŠANJA ZA OBNOVITEV ZNANJA	72
7	JAMSKO ZRAČENJE	73
7.1	UVOD	73
7.2	KEMIJSKE SESTAVINE JAMSKEGA ZRAKA	73
7.2.1	Sveži jamski zrak	73
7.2.2	Izrabljeni jamski zrak	73
7.2.3	Eksplzivni jamski zrak	74
7.2.4	Zadušljivi jamski zrak	74
7.2.5	Strupeni jamski zrak	74
7.3	JAMSKI PLINI	74
7.3.1	Stalni plini v jamskem zraku	74
7.3.2	Plini, ki se občasno pojavljajo v jamskem zraku	74
7.3.3	Preprečevanje nevarnosti zaradi metana	77
7.4	JAMSKA KLIMA	77
7.4.1	Fizikalni parametri jamske klime	78
7.4.2	Ukrepi zoper neugodne jamske klimatske razmere	79
7.4.3	Ocenjevanje klimatskih delovnih razmer	79
7.5	DOLOČEVANJE POTREBNIH KOLIČIN ZRAKA	80
7.6	VZPOSTAVITEV ZRAČNEGA TOKA SKOZI JAMO	80
7.7	SEPARATNO ZRAČENJE	82
7.8	VENTILATORJI	84
7.9	NARAVNA DEPRESIJA	85
7.10	ZRAČILNI OBJEKTI	85
7.11	MERITVE ZRAČILNIH PARAMETROV	86
7.11.1	Temperatura	86
7.11.2	Hitrost zraka	86
7.11.3	Absolutni statični ali barometriški tlak zraka	87
7.11.4	Razlika tlakov in dinamični tlak	87
7.11.5	Površine pretočnih prerezov jamskih prostorov in cevi	87
7.12	JAMSKI POŽARI	87
7.12.1	Preventivni ukrepi zoper jamske požare	87
7.12.1.1	Preventivni ukrepi zoper jamske požare eksogenega izvora	87
7.12.1.2	Preventivni ukrepi zoper jamske požare endogenega izvora	88
7.12.1.3	Ukrepi zoper razširitev požara	89
7.12.2	Gašenje jamskih požarov	90

7.12.2.1	<i>Principi gašenja</i>	90
7.12.2.2	<i>Gasilna sredstva in metode gašenja</i>	91
7.12.2.2.1	Voda	93
7.12.2.2.2	Pena	93
7.12.2.2.3	Penilna sredstva	94
7.12.2.2.4	Ogljikov dioksid	96
7.12.2.2.5	Dušik	97
7.12.2.3	<i>Izolacija jamskih požarov</i>	97
7.12.2.4	<i>Izkop žerjavice in ogretega premoga</i>	98
7.12.2.5	<i>Zaplavljanje požarnega območja</i>	98
7.13	JAMSKI PRAH	99
7.13.1	Splošno	99
7.13.2	Nastajanje jamskega prahu	99
7.13.3	Preprečevanje zaprašnosti jamskih prostorov	99
7.13.4	Preprečevanje dviganja prahu ob nastanku	99
7.13.5	Preprečevanje dviganja prahu pri nakladanju, transportu in prekladanju izkopsnine	103
7.13.6	Odstranjevanje prahu iz ozračja	104
7.13.7	Preprečevanje dviganja nabranega prahu v jamskih prostorih	104
7.13.8	Preprečevanje nastajanja prahu	104
7.13.9	Vpliv kemijske zgradbe premogovega prahu na njegovo eksplozivnost	105
7.13.10	Vpliv finosti in sposobnosti lebdenja premogovega prahu na njegovo eksplozivnost	105
7.13.11	Vpliv količine premogovega prahu v zraku na njegovo eksplozivnost	105
7.13.12	Vpliv vlage na eksplozivnost premogovega prahu	105
7.13.13	Zunanji faktorji, ki vplivajo na eksplozivnost premogovega prahu	105
7.13.14	Vžig premogovega prahu	105
7.13.15	Preprečevanje eksplozije premogovega prahu	105
7.13.16	Preprečevanje širjenja eksplozije premogovega prahu	106
7.14	POVZETEK	106
7.15	VPRAŠANJA ZA OBNOVITEV ZNANJA	106
8	ODKOPNE METODE IN MEHANIZIRANO PRIDOBIVANJE	107
8.1	UVOD	107
8.2	OKOLIŠČINE, KI VPLIVAJO NA IZBIRO ODKOPNE METODE	109
8.2.1	Rudarsko-geološki dejavniki	109
8.2.1.1	<i>Velikost nahajališča in rudne zaloge</i>	109
8.2.1.2	<i>Geofizikalne lastnosti nahajališča</i>	109
8.2.1.3	<i>Tektonika nahajališča</i>	109
8.2.1.4	<i>Lastnosti krovnine in talnine</i>	109
8.2.1.5	<i>Debelina nahajališča in slojev</i>	109
8.2.1.6	<i>Naklon nahajališča in slojev</i>	109
8.2.1.7	<i>Pojav eksplozivnih in drugače škodljivih plinov</i>	109
8.2.1.8	<i>Podvrženost k samovnetju</i>	110
8.2.1.9	<i>Vodonosnost slojev in okoliške hribine</i>	110
8.2.1.10	<i>Pritisk na odkopu</i>	110
8.2.1.11	<i>Hribinski udari</i>	110
8.2.1.12	<i>Stopnja mehanizacije odkopavanja</i>	110
8.2.2	Tehnično-ekonomski dejavniki	110
8.2.2.1	<i>Organizacijski dejavniki</i>	111
8.3	OSNOVNI KAZALCI UČINKOVITOSTI METODE ODKOPAVANJA	111
8.3.1	Kazalci organizacije	112
8.3.2	Ekonomski parametri	112

8.4	PORAZDELITEV ODKOPNIH METOD	112
8.4.1	Odkopne metode z zaruševanjem krovline	113
8.4.1.1	<i>Horizontalno pridobivanje</i>	116
8.4.1.2	<i>Tehnologija odkopavanja</i>	117
8.4.1.3	<i>Vertikalno pridobivanje</i>	117
8.4.1.4	<i>Organizacija dela</i>	118
8.4.1.4.1	Obložitev odkopa	118
8.4.1.4.2	Odkopavanje premoga v Premogovniku Velenje	121
8.4.2	Odkopne metode z zasipavanjem odkopanih prostorov	121
8.4.2.1	<i>Ročno zasipavanje</i>	122
8.4.2.2	<i>Hidravlični zasip</i>	122
8.4.2.3	<i>Pnevmatski zasip</i>	123
8.4.2.4	<i>Strojni zasip</i>	124
8.4.3	Odkopne metode s puščanjem odprtih prostorov in zaščitnih stebrov	124
8.4.3.1	<i>Odkopne metode rudnika Mežica</i>	125
8.4.3.1.1	Frontalno odkopavanje	126
8.4.3.2	<i>Komorna - magacinska odkopna metoda</i>	126
8.5	KOMORNE ALI MAGACINSKE ODKOPNE METODE	127
8.6	PODZEMNO UPLINJANJE PREMOGA (PUP)	128
8.7	MEHANIZIRANO PRIDOBIVANJE PREMOGA	129
8.7.1	Mehanizirano pridobivanje premoga z rez.-nakl. stroji – kombajni	131
8.7.1.1	<i>Razvoj mehaniziranega pridobivanja premoga</i>	131
8.7.1.2	<i>Izbira odkopnega stroja</i>	131
8.7.1.3	<i>Rezalno nakladalni stroji</i>	131
8.7.1.3.1	Enobobenski rezalno-nakladalni stroj	132
8.7.1.3.2	Dvobobenski rezalno-nakladalni stroj	133
8.7.1.3.3	Glavni sestavni deli kombajnov	133
8.7.2	Izračun tehničnih parametrov	134
8.7.2.1	<i>Proizvodnja</i>	134
8.7.2.2	<i>Kapaciteta smernega in čelnega odvoza</i>	134
8.8	HIDRAVLIČNO PODPORJE	135
8.8.1	Opis in karakteristike	135
8.8.1.1	<i>Zgodovinski razvoj</i>	135
8.8.1.2	<i>Opis podporja in delovanje</i>	135
8.8.1.2.1	Splošni tehnični podatki za hidravlično podporje	137
8.8.1.3	<i>Hidravlično podporje - nosilnost, potek sil, pritisk na tla</i>	137
8.8.1.3.1	Prenašanje pritiskov	137
8.8.1.3.2	Določanje ploščinskega pritiska	139
8.8.1.3.3	Določanje pritiska osnove na podlago	140
8.9	POVZETEK	141
8.10	VPRAŠANJA ZA OBNOVITEV ZNANJA	142
9	VELENJSKA ODKOPNA METODA	143
9.1	UVOD	143
9.2	RUDARSKO - TEHNIČNI POGOJI	143
9.2.1	Naravni pogoji	143
9.2.1.1	<i>Globina odkopavanja</i>	143
9.2.1.2	<i>Enoosna tlačna trdnost ter ostali fiz. – meh. parametri premoga</i>	144
9.2.1.3	<i>Tektonika ležišča</i>	144
9.2.1.4	<i>Konsolidacija starega dela</i>	144
9.2.2	Projektivni pogoji	144
9.2.2.1	<i>Stopnja konsolidacije starega dela</i>	144
9.2.2.2	<i>Širina odkopne plošče</i>	144
9.2.2.3	<i>Etažna višina</i>	144

9.2.2.4	<i>Vzdolžni naklon odkopne plošče</i>	145
9.2.2.5	<i>Prečni naklon odkopne plošče</i>	145
9.2.2.6	<i>Število odkopanih plošč nad odkopom</i>	145
9.2.3	Tehnološki pogoji	145
9.2.3.1	<i>Tip odkopnega podporja</i>	145
9.2.3.2	<i>Tip tehnološkega ciklusa</i>	146
9.2.3.3	<i>Tehnološki čas v eni izmeni</i>	146
9.2.3.4	<i>Daljše tehnološke prekinitve na odkopu</i>	146
9.2.3.5	<i>Hitrost napredovanja odkopne fronte (odkopa)</i>	146
9.2.3.6	<i>Odkopne izgube</i>	146
9.3	TEHNOLOGIJA PRIDOBIVANJA PREMOGA NA ODKOPU	146
9.3.1	Glavne delovne operacije	146
9.3.1.1	<i>Pridobivanje premoga iz podkopnega dela</i>	147
9.3.1.1.1	Rezanje čelne stene v podkopu	147
9.3.1.1.2	Zamik odkopnega transporterja	148
9.3.1.1.3	Zamik odkopnega hidravličnega podporja	148
9.3.1.2	<i>Način pridobivanja premoga iz nadkopnega dela</i>	148
9.3.1.3	<i>Izdelava križišč in zamik smernega verižnega transporterja</i>	148
9.4	POVZETEK	150
9.5	VPRAŠANJA ZA OSVOJITEV ZNANJA	150
10	JAMSKA REŠEVALNA SLUŽBA	151
10.1	UVOD	151
10.2	NALOGE JAMSKE REŠEVALNE SLUŽBE	151
10.3	ORGANIZACIJA JAMSKE REŠEVALNE SLUŽBE	151
10.3.1	Vodstvo reševanja	151
10.3.2	Tehnični oddelek	151
10.3.3	Jamska reševalna postaja	152
10.3.4	Jamska reševalna četa	152
10.4	REŠEVALNI APARATI	153
10.4.1	Dräger BG-4	155
10.5	POVZETEK	157
10.6	VPRAŠANJA ZA OBNOVITEV ZNANJA	157
11	REKULTIVACIJA - VPLIV NA OKOLJE ZARADI PODZEMNIH RUDARSKIH DEL	158
11.1	UVOD	158
11.2	PROCESI PODZEMNEGA RUŠENJA	158
11.3	VPLIVNI DEJAVNIKI RUŠNEGA IN UGREZNINSKEGA PROCESA	160
11.4	ZASTAJANJE VODA IN NASTANEK JEZER	162
11.5	VPLIVI NA POVRŠINO IN POVRŠINSKE SPREMEMBE	162
11.6	POGREZANJE POVRŠINE, POSEDANJE TERENA	163
11.7	DEGRADACIJA POVRŠINE NAD ODKOPANIM PROSTOROM	164
11.8	PODZEMNI VPLIVI RUDARJENJA	166
11.8.1	Rušenje površine, ugrezovanje, ugrezninska jezera	166
11.8.2	Hribinski udari in seizmični vplivi, premikanje hribinskih mas	167
11.8.3	Ukrepi med odkopavanjem	169
11.8.4	Spremljava stebrnih udarcev na odkopih	169
11.9	REKULTIVACIJA ZEMLJIŠČ IN OKOLJA PO KONČANIH RUDARSKIH DELIH	170
11.9.1	Pomen rekultivacij	170
11.9.2	Zaščita naravnih okolij, rezervatov	171

11.9.3	Faznost izvajanja rekultivacij, sanacija degradiranih zemljišč, gospodarna raba humusa	171
11.10	POVZETEK.....	178
11.11	VPRAŠANJA ZA OBNOVITEV ZNANJA	178

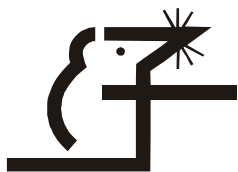
KAZALO SLIK:

Slika 1/1: Škafar je menda 1490. leta v Idriji odkril živo srebro	1
Slika 1/2: Rudarji pri delu	2
Slika 1/3: Odvodnjavanje podzemnega rudnika	3
Slika 1/4: Rudar v 18. stoletju	3
Slika 2/1: Horizontalna plast	11
Slika 2/2: Poševna plast	11
Slika 2/3: Prelomnica	12
Slika 2/4: Vzorčevanje po sistemu brazde	17
Slika 3/1: Značilni, tipi položaja in oblike sloja	22
Slika 3/2: Dvokrilno odpiranje z usekom in enokrilno odpiranje z usekom	23
Slika 3/3: Odpiranje površinskega kopa s podzemnimi deli	24
Slika 3/4: Osnovna shema stabilnosti površinskega kopa	25
Slika 3/5: Principi odvodnjavanja površinskega kopa	25
Slika 3/6: Formiranje površinskega kopa	26
Slika 3/7: Razdelitev etaže na glavne dele	26
Slika 3/8: Pridobivanje blokov s pomočjo klinov	28
Slika 3/9: Največja mera zrna (granulata)	29
Slika 3/10: Vrste minskih polnitev	30
Slika 3/11: Usmerjanje vrtin	31
Slika 3/12: Bager vedričar - globinski	32
Slika 3/13: Bager vedričar – višinski	32
Slika 3/14: Bager vedričar- kombinirani, s členkasto lestvijo	32
Slika 3/15: Rezalno kolo rotornega bagra – rotor	34
Slika 3/16: Razporeditev mase na traku	37
Slika 4/1: Odpiranje s podkopom	47
Slika 4/2 : Odpiranje strmega in vodoravnega nahajališča z jaškom	47
Slika 4/3: Odpiranje nahajališča s poševnim jaškom	48
Slika 4/4: Kombinirano odpiranje nahajališča	49
Slika 4/5: Komb. odpiranje nah. s podkopi in vert. jaškom s podkopi in poševnim jaškom ..	49
Slika 4/6: Kombinirano odpiranje nahajališča z vertikalnim in poševnim jaškom	50
Slika 4/7: Kombinirano odpiranje nahajališča s poševnim in vertikalnim jaškom	50
Slika 4/8: Drugi prostori za odpiranje nahajališč	51
Slika 4/9: Enostransko dovozišče	51
Slika 4/10 : Odvozišče v slepem jašku	52
Slika 4/11 : Priprava horizontalnega nahajališča premoga	53
Slika 4/12 : Priprava strmega nahajališča	54
Slika 5/1: Vrtalno postrojenje pripravljeno za vrtanje	57
Slika 5/2: Nekaj primerov oblik vrtalnih kron	58
Slika 5/3: Kotalno dleto	58
Slika 5/4: Vrtalno drogovje (1) in spojnica (2)	59
Slika 6/1: Shematični prikaz vrtine - vodnjaka za spuščanje vode v jamski cevovod	65
Slika 6/2: Vtisni filter v krovino	66
Slika 6/3: Hidrogeološke razmere v Premogovniku Velenje	67
Slika 6/4: Konstrukcija visečega filtra	68
Slika 6/5: Konstrukcija vtisnega filtra	69
Slika 6/6: Konstrukcija vodnjaka za črpanje vode na površino	69
Slika 6/7: Konstrukcija piezometra z vgrajenimi tlačnimi tipali	70
Slika 6/8: Konstrukcija vtisnega filtra	71

Slika 7/1: Trikotnik eksplozivnosti CO	75
Slika 7/2: Trikotnik eksplozivnosti CH ₄	76
Slika 7/3: Odvisnost človekove delovne sposobnosti od temperature okolja	78
Slika 7/4: Ekvivalentna odprtina jame	82
Slika 7/5: Separatno prezračevanje slepih jamskih prostorov:	83
Slika 7/6: Smeri gibanja zraka zaradi naravne depresije	85
Slika 7/7: Shematski prikaz vodenja anemometra po pretočnem prerezu jamskega prostora ..	86
Slika 7/8 : Sesalni zbiralec prahu iz vrtine.....	100
Slika 7/9: Detonacijska vodna zavesa	100
Slika 7/10: Namestitvev razpršilnih vodnih šob na bobnu odkopnega kombajna	101
Slika 7/11: Kombajn za izdelavo jam. prog z vodovodno instalacijo in odpraš. napravo	101
Slika 7/12: Sistem za proizvodnjo srednje zračne pene za dušenje dviganja prahu	102
Slika 7/13: Namestitvev penogeneratorjev na odkopnem kombajnu.....	102
Slika 7/14: Močenje izkopsnine pri nakladanju s kontinuirnim ročičnim nakladalcem.....	103
Slika 7/15: Močenje izkopsnine pri prekladanju v voziček.....	103
Slika 7/16: Vodna zavesa s centralno nameščenimi razpršilnimi šobami	104
Slika 8/1: Primer zaruševanja krovnine pri horizontalni koncentraciji.....	114
Slika 8/2: Primer zaruševanja	116
Slika 8/3: Shema zamika transporterja in sekcij	117
Slika 8/4: Shema hidravličnega zasipa.....	123
Slika 8/5: Shema zapihovalnega stroja	123
Slika 8/6: Shema zametalnega stroja	124
Slika 8/7: Načina puščanja varnostnih stebrov	125
Slika 8/8 : Presek odkopa.....	125
Slika 8/9 : Frontalno odkopavanje horizontalnih odkopov	126
Slika 8/10: Magacinska odkopna metoda	127
Slika 8/11: Tloris magacinske odkopne metode	127
Slika 8/12: Prerez magacinskega odkopavanja	128
Slika 8/13: Tehnologija PUP z razširitvijo veznega kanala	128
Slika 8/14: Tehnologija PUP s kontroliranim umikanjem injekcijske točke	129
Slika 8/15: Razporeditev opreme na mehaniziranem odkopu	130
Slika 8/16: Rezalno-nakladalni stroj z dvema bobnoma.....	132
Slika 8/17: Primer bobna rezalno-nakladalnega stroja	132
Slika 8/18 : Dvobobenski rezalno-nakladalni stroj firme Eickhoff	133
Slika 8/19 : Glavni sestavni deli kombajna.....	133
Slika 8/20: Shematski sestav sekcije hidravličnega podporja.....	136
Slika 8/21: Delitev podporja glede na nosilnost	137
Slika 8/22: Prenašanje podporne sile na podlago in krivulja nosilnosti sekcije	138
Slika 8/23 : Linearen potek pritiskov in moment okrog osi y.....	139
Slika 8/24 : Pravilen prenos pritiskov na podlago	140
Slika 8/25: Neugoden razpored pritiskov na podlago	141
Slika 9/1: Shematski prikaz faz dela pri pridobivanju premoga iz podkopnega dela odkopa ..	147
Slika 9/2: Etaža v sloju premoga.....	149
Slika 9/3: Odkopna plošča	149
Slika 10/1: Izolacijski aparat BG-M-174 Dräger	154
Slika 10/2: Dräger BG-4	155
Slika 10/3: Splošne karakteristike Dräger BG-4.....	156
Slika 10/4: Sestavni deli Dräger BG-4.....	156
Slika 10/5: Gibanje zraka skozi Dräger BG-4	157
Slika 11/1: Shematski prikaz rušnega procesa v premogu in glini	159
Slika 11/2: Vpliv odkopavanja na površino	160
Slika 11/3: Razporeditev območja odkopavanja.....	161

Slika 11/4: Odprti in zaprti trans. sistem pepela iz šoštanjske elektrarne na odlagališče.....	163
Slika 11/5: Izkopavanje premoga v Velenjskem premogovniku in posledice na površju.....	164
Slika 11/6: Računalniško predvideni pomiki površine in pogrezki nad odkopom.....	167
Slika 11/7: Zemljišče po končani rekultivaciji	171
Slika 11/8: Karta pogrezkov	172
Slika 11/9: Odriv humusne zemlje	173
Slika 11/10: Sanacija zemljišča z izravnavo degradiranih površin	173
Slika 11/11: Sanacija degradiranega zemljišča z navozom materiala	174
Slika 11/12: Postopek drenažiranja zemljišča	175
Slika 11/13: Rekultivacija z navozom humusa.....	176
Slika 11/14: Setev trave, valjanje in gnojenje	176
Slika 11/15: Protierozijski jarki	177

1 UVOD



Rudarstvo je več tisoč let stara panoga, ki se je poleg kmetijstva razvila že na začetni stopnji človekovega razvoja. Za pomoč pri delu in življenju je človek uporabljal različne surovine, iz katerih si je izdeloval različna orodja. Boji med plemeni so vzpodbudili potrebo po boljšem in trpežnejšem orožju, prav tako je postal lov na živali zahtevnejši zaradi hitrega naraščanja prebivalstva, napredovala je gradnja človekovih bivališč, zato je primitivni človek začel poleg kremena uporabljati tudi kovine. Kovine je največkrat našel po naključju. Ko jih je dodobra spoznal, je sam začel iskati njihova nahajališča, ki so bila včasih na površju, kasneje pa so jih iskali tudi pod zemljo. Tako so našli baker, kositer, zlato in srebro, ki so bili na pogled lepi in jih je bilo tehnično lahko obdelovati, saj se talijo že pri nizkih temperaturah. Iz njih so delali zlitine, ki so bile bolj odporne od samih osnovnih sestavin. Zlitine so uporabljali za izdelavo orodja, orožja, posode, oklepov in drugih vsakdanjih predmetov. To so bili hkrati tudi začetki metalurgije.

1.1 ZGODOVINSKI RAZVOJ RUDARSTVA



Slika 1/1: Škafar je menda 1490. leta v Idriji odkril živo srebro

Vir: Pust, 1991, str. 5

Več obdobij človekovega razvoja je prevladovala ena surovina, po kateri označujemo obdobja in jih v glavnem delimo na:

- kameno dobo,
- bronasto dobo in
- železno dobo.

Iz preteklosti so znani egipčanski zlati rudniki, feničanski rudniki kralja Salomona, kjer so kopali srebro in baker ter ulivali bron, veliki kamnolomi za gradnjo piramid, obeliskov, kitajskega zidu, obzidij in utrdb ter kasneje rudniki kamene soli, železa in dragih kamnov. V železni dobi je predvsem znana halštatska kultura, ki slovi po izdelkih iz litega in kovanega železa. Ostanek te kulture je na slovenskem ozemlju v Vačah pri Litiji (Vaška situla).

Potrebe po kovinah, predvsem zaradi izdelave orožja in tudi vsakdanjih predmetov, so razvile geološko znanost, ki se ukvarja z iskanjem nahajališč rudnin, ob njej pa se je razvilo rudarstvo, ki najdene rudnine izkoplje in spravi na površje zemlje za nadaljnjo obdelavo.

Večino surovin so v preteklosti našli po naključju, tako živo srebro v Idriji kot tudi premog, ki je bolj gorel kot les.

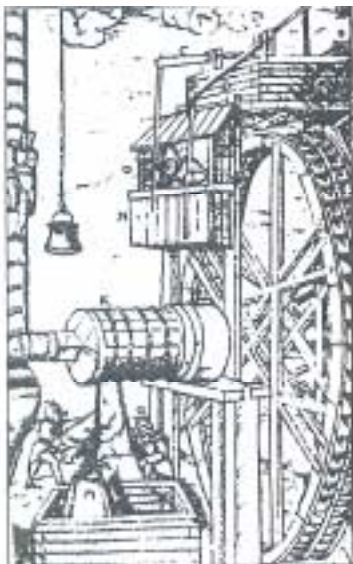
V zgodovini so imeli rudniki kovin in premogovniki velik strateški pomen, zanje so divjali boji, lastniki pa so jih skrbno varovali. Skrivnost je bila tudi tehnologija pridobivanja rude in ulivanja kovin, ki so jo vsi rudarji ljubosumno skrivali. Kdor je imel rudnike in rudarje, je bil bogat in tako je še danes.

V Evropi so se kot rudarji odlikovali Rimljani, kasneje Nemci s Saškega, Angleži, na vzhodu Feničani, ljudstva v Savdski Arabiji, Kitajci, v Južni Ameriki pa so znani zlati rudniki Majev in Inkov.



Slika 1/2: Rudarji pri delu

Vir: Salobir, 1988, str. 4



Slika 1/3: Odvodnjavanje podzemnega rudnika

Vir: Salobir, 1988, str. 4

Sprva je napredovalo pridobivanje in predelava kovin, premog je bil nepomemben do časa cesarice Marije Terezije. Modra vladarica je z odlokom zahtevala uporabo premoga v kovačnicah namesto lesnega oglja, zato se je po letu 1755 začelo intenzivno izkopavanje premoga, pri nas najprej v Zagorju, kasneje pa še v drugih rudnikih. Z izumom smodnika se je proizvodnja kovin in premoga močno povečala, vendar je delo postalo zelo nevarno.



Slika 1/4: Rudar v 18. stoletju

Vir: Salobir, 1988, str. 5

Ko je bila v Angliji leta 1815 položena prva industrijska železnica, izumljen parni stroj in izdelana prva parna lokomotiva, se je začel nesluten razvoj strojev, ki jih je poganjala para. Za pridobivanje pare je bil potreben premog, s čimer se je začela zlata doba premogovništva in vsega rudarstva.

Industrijska revolucija in z njo razvoj železnice, parnih lokomotiv, parnih ladij, kovinskih konstrukcij, stolpov in mostov ter pridobivanje elektrike iz parnih elektrarn so zahtevali vedno več premoga, kovin in nekovin. Povsod, na še tako majhnih in revnih nahajališčih, so klili rudniki in premogovniki. Proizvodnja premoga se je močno povečala, postal je najpomembnejši vir energije.

V Sloveniji so leta 1804 odprli rudnik Trbovlje, leta 1822 rudnik Hrastnik, 1824 rudnik svinca v Mežici in 1849 Cinkarno v Celju. Idrijski rudnik je deloval skoraj 500 let, saj njegovi začetki segajo od leta 1490. Najkasneje, šele leta 1875, je bil odkrit in odprt rudnik lignita v Velenju, ki je sčasoma, zaradi izjemno bogatega nahajališča, postal največji in znan tudi v evropskem merilu.

Hitro prodiranje elektrike v tovarne in gospodinjstva je pripeljalo do razvoja termoelektrarn, ki so postale glavni porabnik premoga, medtem ko so železarne, jeklarne in železnice, ki so prej potrebovale premog, začele obratovati na elektriko. Uporaba cenene nafte je po drugi svetovni vojni za kratek čas zavrla razvoj premogovništva, mnogo rudnikov kovin in nekovin pa je vpeljalo površinsko pridobivanje. V zadnjem času premog spet postaja strateško pomembna in glavna surovina za energetske potrebe. S pomočjo razvoja premogovništva se je razvilo tudi drugo kovinsko in nekovinsko rudarstvo, vse te dejavnosti pa vsak dan bolj omejujejo stroge ekološke zahteve po ohranitvi in varovanju čistega okolja.

1.2 RUDARSTVO DANES

Področja, kjer pridobivamo mineralne surovine, delimo na:

- rudnike kovin,
- rudnike nekovin in
- premogovnike.

Še naprej jih ločimo na tiste, ki kopljejo na površju ali **površinske**, in na tiste, ki pridobivajo rudo pod zemljo ali **podzemne** oziroma **jamske**.

Rudniki in premogovniki kakor nekdanj tudi danes predstavljajo podlago surovin in energije za vsako industrijo. Ustreči morajo potrebam gospodarstva, ki hoče kvalitetne in poceni surovine, na njih pa sloni tudi do tretjina elektroenergetskega sistema vsake dežele.

1.3 RUDARSTVO V SLOVENIJI

Na območju današnje države Slovenije je rudarstvo staro okrog 2000 let. Predhodniki rudarjenja so bili Rimljani.

1.3.1 Rudniki in premogovniki v Sloveniji

Rudniki kovin

- Mežica - svinec in cink
- Idrija - živo srebro

Rudniki nekovin

- Žirovski vrh - uranova ruda (rudnik je v zadnji fazi zapiranja, proizvodnja je prenehala v letu 1992 zaradi ekoloških razlogov)
- Kamnik - kaolin, kalcit
- Anhovo - lapor za cement
- Okolica Kranja - kreda in gips

Premogovniki

- Velenje - lignit
- Zagorje - rjavi premog
- Trbovlje - rjavi premog
- Hrastnik - rjavi premog
- Laško - rjavi premog (premogovnik je že zaprt)
- Senovo - rjavi premog
- Kanižarica - rjavi premog

Kamnolomi, peskokopi in glinokopi

V Sloveniji je prek 1000 različnih površinskih kopov gradbenega materiala, peska, kamna, gline, okrasnega kamna, krede in gipsa. Občasno jih obratuje okrog 700, pogosteje 200, redno pa okrog 50.

(povzeto po Salobir, 1988, str. 7)

Večji in bolj znani so:

- Hotavljje - marmor in okrasni kamen
- Čezlak na Pohorju - granit in čizlakit
- Velika Pirešica pri Velenju - apnenec

in še manjši obrati za pridobivanje dolomita, tufa, lehnjaka, lončarske in opekarske gline.

1.3.2 Rudarstvo v Evropi in v svetu

V Evropi sta vodilni rudarski državi Nemčija in Poljska ter seveda Rusija, ki s svojim velikim delom sega v Evropo. Najbolj poznani so premogovniki v nemškem Porurju in poljski Šleziji,

v ruskem Donjeckem bazenu in v Zaporožju. Nekaj premoga pridobivajo tudi še Francija, Velika Britanija, Češka ter Slovaška.

Železovo rudo večinoma pridobivajo v Kiruni na Švedskem, v avstrijskem Erzbergu in v Albaniji, kjer so tudi nahajališča niklja, vanadija in kroma. Znana so še nahajališča živega srebra v Almadeni v Španiji, v glavnem pa so povsod po Evropi odprti manjši rudniki kovin, nekovin in soli.

V svetovnem merilu so največji premogovniki, ki se odkopavajo s površinskimi kopi, v Avstraliji in na Novi Zelandiji. Z rudami vseh vrst so bogate severno in južnoameriške države, Afrika in Azija. Diamante pridobivajo v Južnoafriški republiki, zlato v Gani.

Veliko rudarsko proizvodnjo imajo še Kitajska, Indija in azijski del Rusije.

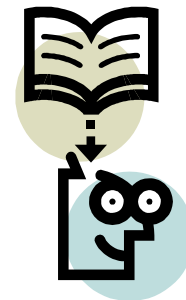
Premogi, rude in minerali, ki jih v svetovnem merilu največ pridobivajo, so (*povzeto po Salobir, 1988, str. 10*):

<i>Premogi:</i>	<i>Kovine (kovinske rude):</i>	<i>Nekovine:</i>
- lignit	- železo	- barit
- rjavi premog	- svinec	- boksit
- črni premog	- cink	- kalcit
- antracit	- vanadij	- sol
	- krom	- azbest
	- nikelj	- uran
	- wolfram	- gline
	- kadmij	- sadra
	- zlato	- grafit
	- srebro	- magnezit
	- baker	
	- platina	
	- molibden	
	- živo srebro	
	- pirit	
	- mangan	
	- antimon	

Poleg naštetih se pridobiva še množica drugih surovin v zelo majhnih količinah, potrebnih za različne veje posebne industrije.

1.4 VPRAŠANJA ZA OBNOVITEV ZNANJA

1. Opiši kako se je rudarstvo razvijalo skozi stoletja!
2. Katere premogovnike poznaš?
3. Kakšen je pomen rudarstva v energetiki?
4. Ali so v tvoji okolici stari ali zapuščeni rudniki ali premogovniki? Obišči jih in izvedi čimveč o njih!
5. Katere so še druge dejavnosti sodobnega rudarstva?



2 RAZISKOVANJE NAHAJALIŠČ MINERALNIH SUROVIN

2.1 UVOD



Raziskovanje mineralnih surovin pomeni vsa dela in postopke, ki imajo za cilj odkrivanje koristnih snovi v zemeljski skorji in na njej, določanje oblike in velikosti rudnega telesa, globine in načina razprostiranja, določanje geoloških in hidroloških pogojev v samem nahajališču in v prihribini.

Najprej je treba ugotoviti mesto pojavljanja in način razprostiranja mineralnih surovin ter količino in kvaliteto rude, geološke, hidrološke in druge razmere v nahajališču. Šele potem se lahko odpirajo nahajališča in rudniki - seveda, če za to obstaja ekonomska upravičenost. Z naraščanjem svetovnega prebivalstva narašča tudi poraba mineralnih surovin. V poglavju je pozornost posvečena predhodnim raziskavam in različnim načinom odpiranja nahajališč mineralnih surovin.

2.2 STOPNJA RAZISKANOSTI NAHAJALIŠČ MINERALNIH SUROVIN

Splošno velja pravilo, da resnejših raziskovalnih del ne bi smeli začeti brez poprej izdelane geološke študije terena, ki ga nameravamo raziskovati. Ko je izdelana geološka študija, nadaljnja raziskovalna dela potekajo v treh stopnjah, in sicer:

2.2.1 Predhodne raziskave

Ta faza raziskovanja zajema manjši obseg raziskovalnih del. Raziskujemo na podlagi rezultatov prospekcije, izdankov, ali pa na podlagi starih del.

2.2.2 Podrobne raziskave

Pri tej stopnji raziskovanja moramo določiti obliko rudnega telesa, njegov položaj v zemeljski skorji, količino in kvaliteto rude v nahajališču in načine predelave oz. priprave za uporabo. Določiti moramo tudi okoliščine, ki so bistvenega pomena za projektiranje, odpiranje in odkopavanje - kot so geološke razmere v nahajališču in v prihribini, hidrogeološke razmere, prelomnice itd.

2.2.3 Eksploatacijske raziskave

Ta faza raziskovalnih del se izvaja med pripravami za odkopavanje ali pa tudi med samim odkopavanjem. Na podlagi rezultatov teh raziskav lahko točno določimo dele nahajališča z najbolj bogato rudo, srednje bogato in manj bogato rudo.

2.3 OSNOVNI POJMI O NAHAJALIŠČU MINERALNIH SUROVIN

Nahajališče mineralnih surovin je naravna tvorba enega ali več mineralov, ki so nakopičeni na določenem mestu v tako velikih količinah, da jih je možno gospodarno odkopavati.

Nahajališča mineralnih surovin so različna po načinu nastanka, po obliki, vsebini koristne snovi, mineraloški sestavi itd.

2.3.1 Vrste nahajališč mineralnih surovin

Glede na mineraloško sestavo lahko nahajališča mineralnih surovin razdelimo na:

- nahajališča kovinskih rud,
- nahajališča nekovin,
- nahajališča mineralnih goriv.

2.3.1.1 Nahajališča kovinskih rud

Ta nahajališča vsebujejo enega ali več kovinskih mineralov, iz katerih je možno pridobiti določeno kovino. Poleg kovinskih mineralov so v teh nahajališčih tudi nekovinski, ki jih imenujemo rudna jalovina. Ruda je udomačen izraz za mešanico kovinskih mineralov in jalovine. Glede na to, katere minerale vsebujejo, lahko kovinske rude razdelimo na rude črnih kovin, iz katerih je možno dobiti Fe, Cr, Mn itd., ter rude barvnih kovin, iz katerih se pridobivajo Al, Cu, Zn, Pb itd.

2.3.1.2 Nahajališča nekovin

Nahajališča nekovin vsebujejo enega ali več nekovinskih mineralov, ki jih je možno koristno uporabljati. Za nekovinske surovine se običajno ne uporablja izraz ruda, ampak imajo ime po mineralu, ki se pridobiva iz njih.

2.3.1.3 Nahajališča mineralnih goriv

Mineralna goriva ali kavstobioliti so naravna goriva, med katere štejemo vse vrste premoga (antracit, črni premog, rjav premog in lignit) ter nafto in zemeljski plin.

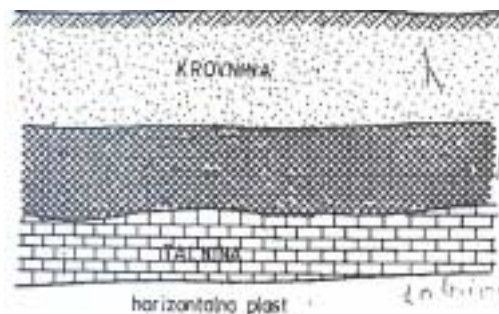
2.3.2 Oblika nahajališč mineralnih surovin

Kar zadeva obliko nahajališč, lahko rečemo, da ima vsako nahajališče v naravi svojo značilno obliko, saj ni dveh nahajališč v zemeljski skorji, ki bi bili popolnoma enaki. Nahajališča mineralnih surovin lahko - glede na obliko - razdelimo na:

- nahajališča pravilne oblike,
- nahajališča nepravilne oblike,
- tektonsko spremenjena nahajališča.

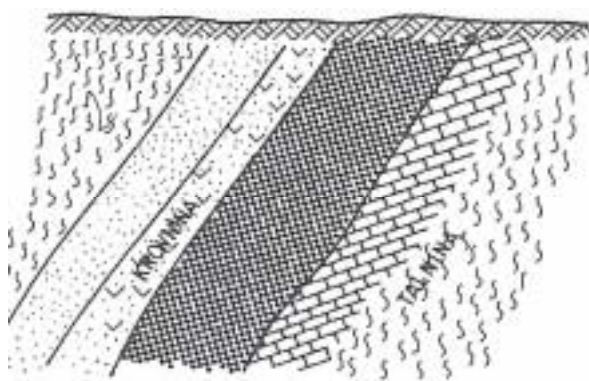
2.3.2.1 Nahajališča pravilne oblike (slojevita nahajališča)

Koristna snov se v teh nahajališčih kaže v obliki slojev (plasti). Sloji imajo bolj ali manj pravilno obliko ter enakomerno debelino, smer razprostiranja, padce itd.



Slika 2/1: Horizontalna plast

Vir: Josipović, Pavlović, 1980, str. 14



Slika 2/2: Poševna plast

Vir: Josipović, Pavlović, 1980, str. 14

Nastanek slojevitih nahajališč je v glavnem vezan na procese sedimentacije. Velikokrat se v teh plasteh pojavljajo poleg koristne snovi tudi jalovinski vložki, ki so lahko debeli od nekaj centimetrov do nekaj decimetrov in še več. Te vložke običajno odkopavamo skupaj s koristno snovjo.

Plasti so lahko horizontalne, vertikalne ali poševne.

Lahko so neposredno pod površjem ali pa zelo globoko pod zemljo.

2.3.2.2 Nahajališča nepravilne oblike

Ta vrsta nahajališč ima poleg nepravilne oblike velikokrat tudi nepravilno smer razprostiranja; padec, pa tudi vsebina koristne snovi lahko močno varira.

Nastanek takšnih nahajališč je v glavnem vezan na eruptivne procese v zemeljski skorji. Ta nahajališča so zelo različne oblike in so lahko v obliki leče, v obliki žil, v obliki cevi itd.

2.3.3 Tektonsko spremenjena nahajališča

Prelomnice - zaradi delovanja navpičnih sil je prihajalo do prelomov rudne plasti in premikov po prelomni površini, tako da so se posamezni deli nahajališča pogrezali, drugi pa ostali v prvotnem položaju.



Slika 2/3: Prelomnica

Vir: Josipović, Pavlović, 1980, str. 15

Gube in narivi - te deformacije so se pojavile kot posledica delovanja horizontalnih sil oz. pritiskov. Prvotne plasti so se začele gubati ali pa je prihajalo celo do tega, da se je en del plasti narinil na drugi del.

2.4 METODE RAZISKOVANJA NAHAJALIŠČ MINERALNIH SUROVIN

Raziskovanje mineralnih surovin pomeni vsa dela in postopke, ki imajo za cilj odkrivanje koristnih snovi v zemeljski skorji in na njej, določanje oblike in velikosti rudnega telesa, globine in načina razprostiranja, določanje geoloških in hidroloških pogojev v samem nahajališču in v prihrubini.

K raziskavam štejemo tudi ugotavljanje načinov predelave in uporabo koristne snovi.

Za odkrivanje in raziskovanje določenega nahajališča se rabijo različni postopki in metode, ki jih lahko razdelimo v naslednje skupine (*povzeto po Salobir, 1988, str. 33*):

- prospekcija,
- rudarsko-raziskovalna dela,
- globinsko vrtanje,
- kombinirane metode raziskovanja.

2.4.1 Prospekcija

Prospekcija ali sledilna dela je osnovni način odkrivanja nahajališč mineralnih surovin. Prospekcija pomeni obhod določenega področja, kjer ugotavljamo anomalije v zgradbi sten, iščemo morebitne izdanke z namenom, da odkrijemo nahajališče mineralnih surovin.

Po načinu, kako izvajamo prospekcijske postopke in kakšne aparate uporabljamo, jo razdelimo na:

- geološko prospekcijsko,

- geokemično prospekcijsko,
- geofizikalno prospekcijsko itd.

2.4.1.1 Geološka prospekcija

Geološka prospekcija pomeni obhod in študijo terena z namenom, da se ugotovijo morebitni pojavi koristnih snovi.

Geološka prospekcija je uporabna samo za dostopne površinske dele zemeljske skorje; z njo ni možno odkriti t.i. »slepih« nahajališč, ki so globoko pod zemljo.

2.4.1.2 Geokemična prospekcija

Glede na to, kje je nastopila koncentracija migrirajočih elementov, so izdelane ustrezne metode geokemične prospekcije, kot so:

- Metalometrijska metoda

Ta metoda izkorišča lastnost, da proti površini migrirajo kemični elementi v času nastajanja nahajališč - pa tudi pozneje - posebej pa pri kemičnih reakcijah. Ti pojavi povzročajo, da se elementi, ki so v nahajališču, kopičijo na enem mestu na površju.

- Hidrokemična metoda

Osnovno načelo, ki omogoča uporabo hidrokemične metode pri raziskovanju nahajališč, je spremenjena sestava podzemne vode zaradi pretoka skozi nahajališče.

- Biokemična metoda

Posamezne rastline vsebujejo tudi do 100-krat večjo koncentracijo posameznih elementov, če rastejo nad bogatim nahajališčem, kot rastlina, ki ne raste nad nahajališčem.

Na osnovi teh anomalij so bila odkrita nahajališča: Co, Ni, Cr itd., in sicer na globini od 10 do 100 m.

2.4.1.3 Geofizikalna prospekcija

Pri raziskovanju nahajališč s pomočjo geofizikalne prospekcije izkoriščamo različne fizikalne lastnosti (gostoto, elektroprevodnost, magnetičnost, radioaktivnost, elastičnost itd.) rud oz. mineralov v njih, kot indikatorje za odkrivanje novih nahajališč.

Podobno kot z geokemično prospekcijsko tudi z geofizikalno lahko odkrijemo »slepa« nahajališča, in sicer na še večji globini.

Geofizikalne metode raziskovanja so:

- geomagnetna,
- geoelektrična,
- radioaktivna,
- seizmična,
- gravimetrična.

❖ Geomagnetna metoda

Metoda temelji na dejstvu, da magnetna rudna telesa v zemeljski skorji izzivajo spremembe magnetnega polja na površini (tudi zemlja je magnet, ima svoje magnetno polje). Na podlagi teh sprememb oz. anomalij (ki jih ugotovimo z napravami na površini), sklepamo, da je pod površjem nahajališče z izraženimi magnetnimi lastnostmi.

❖ Geoelektrična metoda

S to metodo je možno ne samo odkriti novo nahajališče, temveč pri določenih nahajališčih (sulfidna, oksidna itd.), tudi določiti velikost nahajališča, smer razprostiranja itd.

❖ Radioaktivna metoda

Z uporabo teh metod je odkrito v svetu veliko število nahajališč urana.

❖ Seizmična metoda

Proučevanje potresov in valov, ki pri tem nastajajo po naravni poti, je dalo osnovo za razvoj seizmičnih metod raziskovanja nahajališč mineralnih surovin, ki uporabljajo umetno izzvane valove.

Seizmični valovi pod zemljo imajo različne poti, hitrosti itd. v različnih kamninah in so odvisni od elastičnih lastnosti kamnin.

❖ Gravimetrična metoda

Ta metoda temelji na dejstvu, da v zemeljski skorji obstajajo kamnine (mineralne surovine) z različno gostoto (specifično težo) in z različnimi geometrijskimi oblikami, zaradi katerih na površju nastanejo različne spremembe normalnega gravitacijskega polja zemlje.

2.4.2 Rudarsko raziskovalna dela

Ko smo odkrili nahajališče mineralnih surovin po eni od opisanih metod prospekcije ali kako drugače, ga je potrebno podrobno raziskati. Namen nadaljnjih raziskav je natančno ugotoviti lego in obliko nahajališča, količino in kvaliteto rude v nahajališču itd.

Nadaljnja raziskovalna dela potekajo na več načinov:

- z rudarskimi deli,
- z globinskim vrtanjem,
- kombinirano.

Rudarsko raziskovalna dela je možno izvajati na površju, seveda če nahajališče sega na površino, ali pa z izdelavo podzemnih raziskovalnih del.

2.4.2.1 Površinska raziskovalna dela

Površinska raziskovalna dela se izvajajo v prvi fazi raziskovanja.

Med površinska raziskovalna dela štejemo izdelavo zasekov, rogov itd. Na podlagi teh raziskav se ugotovi, ali je to dejansko nahajališče ali pa samo manj pomembna mineralizacija.

2.4.2.2 Jamska raziskovalna dela

Jamska raziskovalna dela so najbolj zanesljiv način raziskovanja - hkrati tudi najdražji. Zaradi tega jih je potrebno pravilno locirati in usmerjati, da bi jih pozneje lahko koristno uporabili pri morebitnem odpiranju in odkopavanju.

Z jamskimi raziskovalnimi deli presekamo nahajališče, kar nam omogoča neposredno opazovanje strukture rude v nahajališču, ugotovimo lahko debelino, smer razprostiranja in padec nahajališča, z vzorčevanjem pa dobimo podatke o kvaliteti koristne snovi.

Jamska raziskovalna dela predstavljajo pravzaprav horizontalni, poševni in navpični jamski prostori, ki se izdelujejo prečno na nahajališče ali v samem nahajališču.

2.4.3 Raziskovanje z globinskim vrtanjem

Globinsko vrtanje je postopek, pri katerem z vrtnim strojem, drogovjem in krono »pridemo« do nahajališča oz. ga prevrtamo in vzamemo vzorec. Vzorec jemljemo s pomočjo jedrnika, ki je pravzaprav cev, na koncu cevi je vstavljena krona v obliki prstana.

Krona odreže, jedrniki sprejme odrezani del kamnine - jedro. Ko je jedrniki polni, s pomočjo posebnega mehanizma jedro odtrgamo od hribine in ga povlečemo iz vrtine.

Raziskovanje z globinskim vrtanjem je najbolj razširjena metoda raziskovanja nahajališč mineralnih surovin. Skoraj si ni mogoče zamisliti resnega raziskovalnega dela brez globinskega vrtanja.

Globinsko vrtanje lahko izvajamo bodisi s površine bodisi iz že izdelanih jamskih prostorov (prečnikov, smernih prog itd.).

Vrtine lahko poljubno usmerimo, horizontalno, poševno ali vertikalno.

Z globinskim vrtanjem lahko raziskujemo različna nahajališča po mineraloški sestavi ter po obliki, razen zelo strmih in tankih nahajališč, ki se pojavljajo v obliki žil in drugih nepravilnih oblik.

Ko so izvrtane vse predvidene vrtine in vzeti ter obdelani vzorci, lahko ugotovimo:

- površino, na kateri se razprostira nahajališče,
- debelino plasti,
- globino nahajališča;
- morebitne tektonske spremembe, vodne akumulacije itd.

Iz teh podatkov lahko določimo:

- smer razprostiranja nahajališča,
- lahko izračunamo količino rude v nahajališču.

Na podlagi vzorcev, ki jih jemljemo ne samo pri vrtanju skozi koristno snov, temveč tudi skozi jalovino, lahko ugotovimo:

- kvaliteto rude oz. odstotek koristne snovi v rudi,
- mineraloško sestavo prihrbine (krovnine in talnine).

Na podlagi rezultatov, ki smo jih zbrali pri raziskovanju z globinskim vrtanjem, lahko načrtujemo odpiranje nahajališča - seveda, če je rude zadosti in je ustrezne kvalitete.

2.4.4 Kombinirano raziskovanje

Globinsko vrtanje lahko izvajamo - ne samo s površine - temveč tudi iz jame ali iz jamskih raziskovalnih del. To pravzaprav predstavlja kombinirano raziskovanje nahajališč, in sicer kombinacijo rudarskih raziskovalnih del in raziskovanja z globinskim vrtanjem.

2.5 DOLOČANJE KVALITETE RUDE

Nahajališče predstavlja mešanico koristnih in jalovinskih mineralov; razmerje med njimi se lahko hitro spreminja - tako po vertikalni kot tudi horizontalni smeri. Zaradi tega pri raziskovanju nahajališč mineralnih surovin posvečamo vso pozornost odvzemu vzorcev in določanju kvalitete rude in določanju vsebine koristne snovi v rudi.

Vzorec je določena količina rude, ki se odvzame iz nahajališča po določeni metodi, na podlagi katerega lahko ugotovimo: kvaliteto rude, mineraloško sestavo rude, po potrebi tudi prihrbine ter načine predelave rude oz. uporabe.

Vsak vzorec mora biti opremljen:

- s številko vzorca; če je odvzet iz vrtine, številko vrtine,
- mesto (lokacijo) odvzema,
- datum.

Metode odvzemanja vzorcev so:

- točkasto odvzemanje vzorcev po sistemu mreže,
- odvzem vzorcev po sistemu brazde ali zaseke,
- odvzem vzorcev iz jeder vrtine,
- vzorčevanje iz kope,
- masovno vzorčevanje,
- vzorčevanje iz deponije.

2.5.1 Točkasto odvzemanje vzorcev po sistemu mreže

Površina, na kateri se jemljejo vzorci po sistemu mreže (po navadi je to čelo proge ali bok), se razdeli v obliki mreže.

Odprtina mreže je različna: 10 x 10, 20 x 20 ali 30 x 30 cm, kar je odvisno, kako hitro se spreminja kvaliteta rude v nahajališču: hitreje se spreminja kvaliteta, gostejša je mreža in narobe!

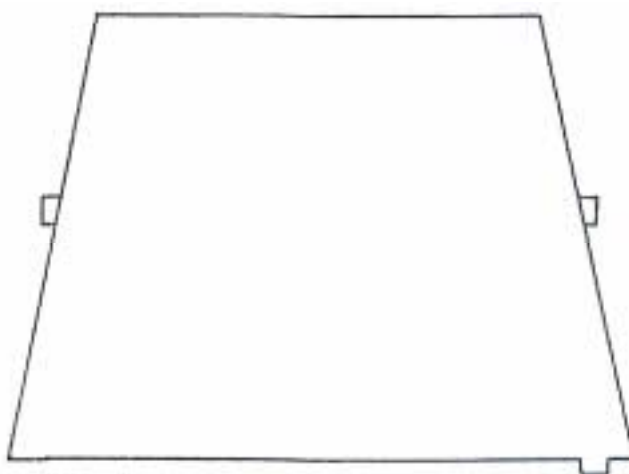
2.5.2 Vzorčevanje po sistemu brazde

Ta način vzorčevanja je najbolj razširjen. Brazda ali zaseka se izdelava v boku, ali čelu jamskega prostora, lahko tudi v stropu, vendar bolj poredko.

Širina brazde je od 5 do 10 cm, globina od 2 do 5 cm. Dolžina brazde je običajno 1 m, lahko tudi več. Če je brazda daljša od 1 m, se šteje vsak meter brazde kot poseben vzorec.

2.5.3 Vzorčevanje iz jedra vrtine

Pri vrtanju zlagamo pridobljeno jedro v posebne zaboje. Na zaboju morata biti označbi: številka vrtine in globina odvzema jedra. Za določanje kvalitete rude mora biti pridobljeno vsaj 70 do 80 % jedra minimalno vsaj 60 %.



Slika 2/4: Vzorčevanje po sistemu brazde

Vir: Josipović, Pavlović, 1980, str. 21

2.5.4 Vzorčevanje iz kope

Ta način vzorčevanja uporabljamo pri raziskovanju nahajališč z impregniranim orudjem, če raziskujemo z rudarsko-raziskovalnimi deli.

2.5.5 Masovno vzorčevanje

Če hočemo ugotoviti poleg kemične sestave rude v nahajališču in vsebine koristnih snovi v rudi tudi načine predelave (bogatenja) rude, moramo imeti zadosti vzorcev.

2.5.6 Vzorčevanje iz deponije

V nahajališču se spreminja kvaliteta rude od enega do drugega delovišča. Ker hkrati odkopavamo na več deloviščih, se dogaja, da je ruda, ki jo dovažamo na deponijo, različne kvalitete.

Zaradi tega je potrebno vsaj občasno - ponekod je to stalna naloga - jemati vzorce z deponije in določati kvaliteto rude in vsebino koristne snovi v rudi, ki jo separiramo, kar pomeni, da vzorčevanje iz deponije predstavlja kontrolo kvalitete vhodne rude v separacijo.

2.6 RUDNE REZERVE

Celotna količina rude v nahajališču - ne glede, ali jo lahko gospodarno odkopavamo ali ne - se imenuje GEOLOŠKE REZERVE ali SKUPNE RUDNE REZERVE. Geološke rezerve lahko razdelimo na bilančne in nebilančne rezerve.

BILANČNE REZERVE predstavljajo del geoloških (skupnih) rezerv, ki jih je možno, na sedanji stopnji razvoja tehnike in tehnologije odkopavanja in predelave gospodarno izkoristiti.

NEBILANČNE REZERVE predstavljajo del geoloških rezerv, ki jih iz kakršnihkoli vzrokov ni možno gospodarno izkoriščati. Bilančne rezerve razdelimo na:

- industrijske rezerve in
- odkopne izgube.

Industrijske rezerve so del bilančnih rezerv. Odkopljemo jih in zvozimo iz jame. Pri eksploataciji nahajališča - posebej pri jamskem odkopavanju - ostane vedno nekaj neodkopane rude.

Odkopne izgube so del bilančnih rezerv, kijih nismo odkopali, temveč so ostale v jami.

2.6.1 Obračun rudnih rezerv

Obračun rezerv je dokaj enostaven, če je nahajališče pravilne (slojevite) oblike, bolj zahteven je pri nahajališčih nepravilne oblike.

Obstaja več metod za izračun rudnih rezerv:

- metoda aritmetične sredine,
- metoda blokov,
- metoda profilov.

2.6.1.1 Metoda aritmetične sredine

Metoda za obračun rudnih rezerv je uporabna za nahajališča pravilne oblike, horizontalno ali blago nagnjena slojevita nahajališča.

Da izračunamo rezerve po tej metodi, moramo poznati površino, na kateri se nahajališče razprostira, debelino sloja, gostoto (specifično težo) in vsebino koristne snovi v rudi. Te

podatke dobimo iz rezultatov raziskovalnih del in kemijskih analiz vzorcev, ki smo jih odvzeli pri raziskavah.

Velikokrat se zgodi, da debelina sloja ni enakomerna v celotnem nahajališču, ampak se spreminja vzdolž nahajališča, prav tako se lahko spreminja odstotek koristne snovi v rudi. V takih primerih se izračunava srednja debelina sloja in srednji odstotek koristne snovi v rudi (*povzeto po Hrastnik, 1981, str. 29*).

$$Q_r = P \cdot d_{sr} \cdot y \text{ (t)}$$

Q_r - količina rude v nahajališču	(t)
P - površina nahajališča	(m ²)
d_{sr} - srednja debelina sloja	(m)
y - gostota (spec. teža)	(t/m ³)

Poleg količine rude nas zanima tudi (ali pa še bolj) količina koristne snovi v nahajališču, ki jo izračunamo po naslednji enačbi (*povzeto po Hrastnik, 1981, str. 34*):

$$Q_{ks} = Q_r \cdot M_{sr} / 100 \text{ (t)}$$

Q_{ks} - količina koristne snovi v nahajališču
Q_r - količina rude v nahajališču
M_{sr} - srednji odstotek koristne snovi v nahajališču

Primer za izračun:

Izračunajte količino rude v nahajališču, koliko je v nahajališču koristne snovi $Q_{k.s.}$ in kakšna je razlika med količino rude in koristno snovjo v nahajališču?

Podatki:

$P = 4,5 \text{ km}^2$...površina nahajališča

$d_{sr} = 22 \text{ m}$...srednja debelina sloja

$\gamma = 1,3 \text{ t / m}^3$...gostota rude

$M_{sr} = 15\%$...srednji odstotek koristne snovi v nahajališču

a) Kolikšna je količina rude v nahajališču?

$$Q_r = P \cdot d_{sr} \cdot \gamma$$

$$Q_r = 4,5 \text{ km}^2 \cdot 22 \text{ m} \cdot 1,3 \text{ t / m}^3$$

$$\underline{\underline{Q_r = 128.700.000 \text{ ton}}}$$



b) Koliko je v nahajališču koristne snovi $Q_{k.s.}$?

$$Q_{k.s.} = Q_r \cdot \frac{M_{sr}}{100}$$

$$Q_{k.s.} = 128.700.000 \text{ ton} \cdot \frac{15}{100}$$

$$\underline{\underline{Q_{k.s.} = 19.305.000 \text{ ton}}}$$

c) Kakšna je razlika med količino rude in koristno snovjo v nahajališču?

$$Q_s = Q_r - Q_{k.s.}$$

$$Q_s = 128.700.000 \text{ ton} - 19.305.000 \text{ ton}$$

$$\underline{\underline{Q_s = 109.395.000 \text{ ton}}}$$

2.6.2 Kategorizacija rudnih rezerv

Glede stopnje raziskanosti nahajališča mineralnih surovin se razvrščajo mineralne surovine na kategorije: A, B, C_1 in C_2 .

2.6.2.1 Rudne rezerve kategorije A

Rudne rezerve kategorije A predstavljajo zanesljive rezerve, ki so ugotovljene s podrobnim raziskovanjem z rudarskimi raziskovalnimi deli ali z globinskim vrtanjem ali s kombinacijo le-teh.

Kvaliteta rude v nahajališču je določena na podlagi podrobnega vzorčevanja (na majhnih razdaljah).

2.6.2.2 Rudne rezerve kategorije B

Te rezerve predstavljajo verjetne rudne rezerve. Ugotovljene so - podobno kot rezerve kategorije A, le da so razdalje med raziskovalnimi deli oz. mesta, od koder so vzeti vzorci, znatno večje kot pri kategoriji A

2.6.2.3 Rudne rezerve kategorije C₁

Rudne rezerve kategorije C₁ predstavljajo možne rezerve. O njih sklepamo na podlagi posameznih vrtin, izdankov, predhodnih geoloških in geofizikalnih raziskavah.

2.6.2.4 Rudne rezerve kategorije C₂

Te rezerve predstavljajo perspektivne rezerve. Niso dokazane z raziskovalnimi deli. O količini in kvaliteti rude sodimo po pregledu površja in posameznih vzorcev, ki se najdejo na površju.

2.7 POVZETEK



Raziskovanje mineralnih surovin pomeni vsa dela in postopke, ki imajo za cilj odkrivanje koristnih snovi v zemeljski skorji in na njej, določanje oblike in velikosti rudnega telesa, globine in načina razprostiranja, določanje geoloških in hidroloških pogojev v samem nahajališču in v prihrubini.

Glede na mineralno sestavo lahko nahajališča mineralnih surovin razdelimo na:

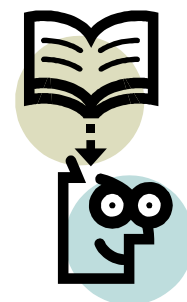
- nahajališča kovinskih rud,
- nahajališča nekovin,
- nahajališča mineralnih goriv.

Nahajališče predstavlja mešanico koristnih in jalovinskih mineralov; razmerje med njimi se lahko hitro spreminja - tako po vertikalni kot tudi horizontalni smeri. Zaradi tega pri raziskovanju nahajališč mineralnih surovin posvečamo vso pozornost odvzemu vzorcev in določanju kvalitete rude in določanju vsebine koristne snovi v rudi.

Celotna količina rude v nahajališču - ne glede, ali jo lahko gospodarno odkopavamo ali ne - se imenuje geološke rezerve ali skupne rudne rezerve. Geološke rezerve lahko razdelimo na bilančne in nebilančne rezerve.

2.8 VPRAŠANJA ZA OBNOVITEV ZNANJA

1. Pojasni preliminarne, detajlne in eksploatacijske raziskave!
2. Kaj je prelomnica – nariši jo!
3. Pojasni vse geofizikalne metode!
4. Kaj so odkopne izgube in industrijske rezerve?
5. Razloži rudne rezerve kategorije A, B, C₁ in C₂!



3 OSNOVE POVRŠINSKEGA ODKOPAVANJA

3.1 UVOD



Na površinskih rudnikih in kopih pridobivamo energetske in neenergetske mineralne surovine. Tako pridobivanje je bistveno cenejše od podzemnega, vendar bolj vpliva na okolje kot jamsko.

Če sega nahajališče mineralnih surovin na površje ali pa je le-to plitvo pod površino, se odkopavajo mineralne snovi samo s površinskimi kopmi. Površinski kop predstavlja urejen prostor na zemeljski površini, kjer se pridobiva določena mineralna surovina po določeni odkopni metodi. V nadaljevanju je predstavljen način odpiranja površinskega kopa, odvodnjevanje terena, transport surovin in rekultivacija zemljišča.

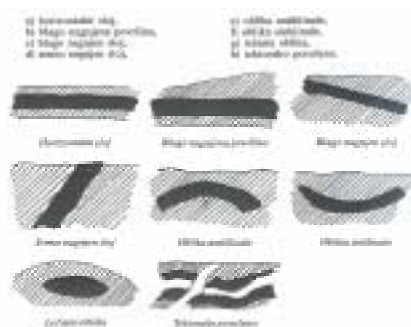
3.2 ODPIRANJE POVRŠINSKEGA KOPA

Odpiranje je vezano na pripravljalna dela, ki so odvisna od velikosti kopa, geoloških razmer, debeline in fizikalno-kemijskih lastnosti jalovine in sloja, razpoložljive mehanizacije in same surovine, ki se bo izkopavala.

3.2.1 Položaj in oblika sloja

Sloj ima lahko različen položaj in obliko. Največkrat naletimo na tele značilne tipe:

- a) horizontalni sloj,
- b) blago nagnjena površina,
- c) blago nagnjen sloj,
- d) strmo nagnjen sloj,
- e) oblika antiklinale,
- f) oblika sinklinale,
- g) lečasta oblika,
- h) tektonsko porušeno.



Slika 3/1: Značilni, tipi položaja in oblike sloja

Vir: Salobir, 1987, str. 8

Odločilni faktor za začetek površinskega odkopavanja je **oblika sloja in količina odkrivke**.

3.2.2 Načini odpiranja površinskega kopa

Najpogostejši načini odpiranja površinskega kopa so (*povzeto po Salobir, 1987, str. 14*):

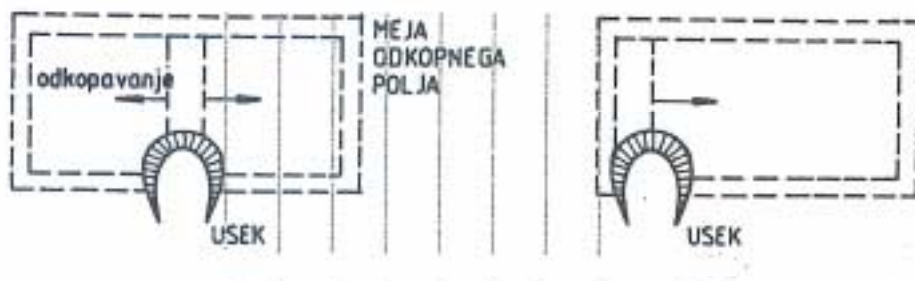
- izdelava useka,
- direktno odpiranje brez usekov,
- odpiranje s podzemnimi deli,
- kombinirano odpiranje.

a) Odpiranje z useki

Useki predstavljajo dostop na posamezne etaže in istočasno tudi transportne poti. Z usekom gremo do konca odkopnega polja in nato odkopavamo enokrilno ali dvokrilno.

b) Direktno odpiranje brez usekov

Pri zelo tankih plasteh jalovine lahko poteka odpiranje brez usekov. Ta način je hiter, enostaven, zahteva malo priprav in ga uporabljamo pri pridobivanju peskov naplavinskega izvora.



Slika 3/2: Dvokrilno odpiranje z usekom in enokrilno odpiranje z usekom

Vir: Salobir, 1987, str. 11

c) Odpiranje s podzemnimi deli

Ta način uporabljamo le takrat, ko odpiranje ne bi bilo mogoče z drugimi načini, na primer v strmem terenu ali pri raznih objektih na površini, kar je prikazano na sliki.



Slika 3/3: Odpiranje površinskega kopa s podzemnimi deli

Vir: Salobir, 1987, str. 14

d) Delež odkrivke

Pomemben delež pri odpiranju površinskega kopa ima količina odkrivke. Pri tem merimo količino jalovinskih mas na enoto koristne snovi, kar imenujemo koeficient odkrivke (*povzeto po Salobir, 1987, str. 21*):

$$K = \frac{J}{Q} \text{ (/), kjer je}$$

K – koeficient odkrivke (/),

J – jalovinska masa (m^3),

Q – koristna masa (m^3).

Koeficient odkrivke prikaže torej razmerje med količino jalovine in pridobljeno koristno snovjo. Odkopavanja na površinskih kopih potekajo pri vrednosti:

$$K = \frac{3}{1} \text{ do } K = \frac{4}{1}$$

e) Stabilnost površinskega kopa

Pri odkopavanju jalovine moramo upoštevati tudi stabilnost površinskega kopa, kar pomeni, da moramo paziti na širino in višino etaž. Osnovno širino odpiranja določimo z obrazcem (*povzeto po Salobir, 1987, str. 25*):

$$J = L + 2M \text{ (m)}$$

Kjer je:

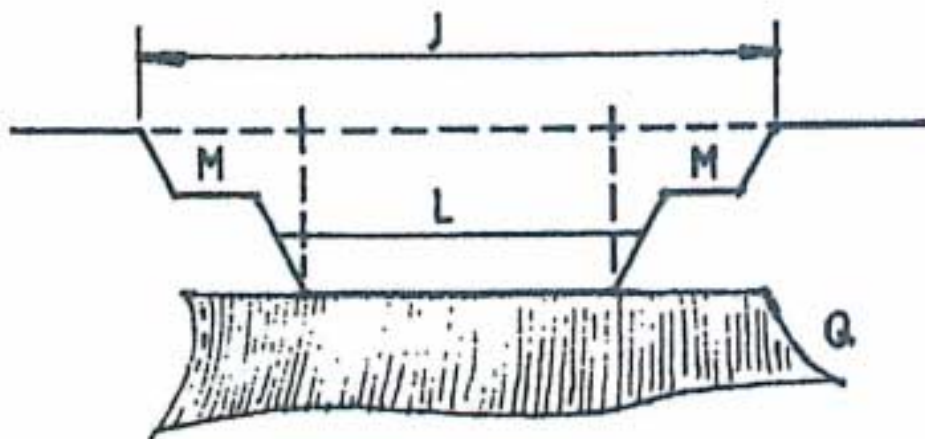
J – zunanji premer kopa (m),

L – notranji premer dna (m),

M - širina posamezne etaže (m).

Tako ločimo naslednje vrste površinskih kopov (dnevni kopov):

- ravninski (neetažni),
- globinski (etažni),
- višinski - v strmini (etažni),
- globinski, kombiniran z jamskimi deli.

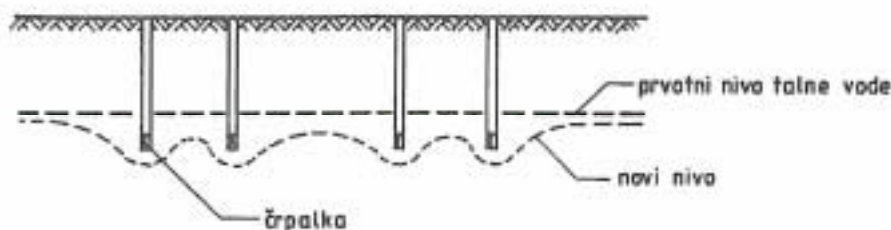


Slika 3/4: Osnovna shema stabilnosti površinskega kopa

Vir: Salobir, 1987, str. 17

3.3 ODVODNJAVANJE TERENA

V površinski kop lahko priteče voda iz vodonosnih slojev, iz atmosfere, rek, potokov, jezer in morja. Količina te vode je odvisna od klimatskih pogojev, hidrogeoloških razmer reliefa nahajališča, globine površinskega kopa in drugih. Naloga odvodnjavanja je odstraniti vodo v največji meri, zmanjšati nivo talne vode in preprečiti škodo, ki bi nastala zaradi dotoka vode.



Slika 3/5: Principi odvodnjavanja površinskega kopa

Vir: Salobir, 1987, str. 21

3.4 SISTEMI ODKOPAVANJA POVRŠINSKEGA KOPA

3.4.1 Širina, višina in naklon etaže

V primeru, daje globina dnevnega kopa večja, odkopavamo v etažah. S tem dosežemo večjo koncentracijo pridobivanja, večjo varnost in stabilnost. Višina etaže je odvisna od debeline sloja in od trdnosti materiala. Kot etaže je odvisen predvsem od mehanskih lastnosti materiala. Nakloni etaž so običajno enaki. Če povežemo prvo in zadnjo etažo, dobimo naklon celotnega kopa.



Slika 3/6: Formiranje površinskega kopa

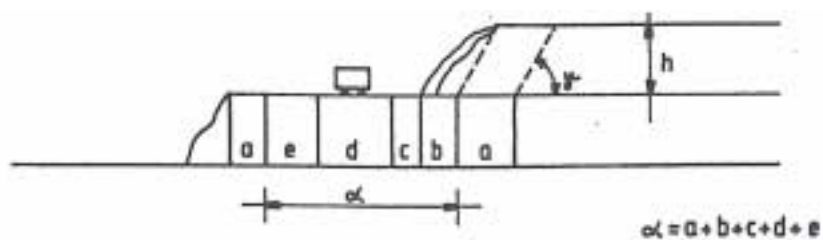
Vir: Salobir, 1987, str. 23

Širina etaže je odvisna od uporabljene mehanizacije in vrste odstreljevanja.

$B = a + b + c + d + e$ (m), (povzeto po Salobir, 1987, str. 25):

Kjer pomenijo:

- a - širina odkopnega bloka (m),
- b - širina odstreljenega materiala (m),
- c - notranji varnostni pas (m),
- d - vozni pas (m),
- e - zunanji varnostni pas (m),
- B- skupna širina etaže (m).



Slika 3/7: Razdelitev etaže na glavne dele

Vir: Salobir, 1987, str. 25

3.4.2 Razvijanje odkopne fronte

Odkopna fronta lahko napreduje:

- paralelno,
- pahljačasto,
- kombinirano.

a) Paralelno napredovanje

Paralelno napredovanje je možno pri enakomerni širini etaže in pri dnevnem kopu podolgovate pravokotne oblike. Debelina sloja je lahko različna. Odkopavanje poteka običajno z bagrom žličarjem, slaba stran tega dela je prestavljanje krivin v progi. Dobra stran je enakomernost proizvodnje in obremenitve mehanizacije.

b) Pahljačasto napredovanje

Etaže se pri tem načinu razvijajo v obliki pahljače okoli neke izhodiščne točke. Glavni usek je pri tem stalen, etaže pa imajo obliko trikotnika. Odkopava se z rotornimi bagri ali z bagri vedričarji.

c) Kombinirano napredovanje

En del površinskega kopa odkopavamo paralelno, drugi del pahljačasto.

3.5 METODE PRIDOBIVANJA NA POVRŠINSKIH KOPIH

Na površinskih kopih pridobivamo maso odkrivke in koristne surovine z naslednjimi glavnimi metodami:

- s proizvodnjo blokov,
- z miniranjem,
- s strojnim pridobivanjem z različnimi bagri.
- s hidravličnim pridobivanjem.

3.5.1 Pridobivanje blokov

Poznamo naslednje vrste pridobivanja blokov:

- ročno, z zabijanjem klinov, da se skala odlomi,
- strojno s pomočjo rezanja z vrvno pilo,
- z miniranjem z gostimi vrtnami.

3.5.1.1 Pridobivanje blokov s pomočjo klinov

Kline zabijamo ročno v naravno nastale razpoke. Če razpok ni, izdelamo posebna ležišča za kline.



Slika 3/8: Pridobivanje blokov s pomočjo klinov

Vir: Salobir, 1987, str. 24

3.5.1.2 Pridobivanje blokov s pomočjo vrvne pile

Glavni cilj tega strojnega pridobivanja je, da ostane blok čimmanj poškodovan. Vrvno pilo sestavlja:

- pogonski motor s kolutom,
- natezalne postaje,
- brezkončna vrv (pila), ki jo vodimo s pomočjo odklonskih koles.

3.5.1.3 Pridobivanje blokov z gostimi vrtnami

Vrtine zvrtamo v vrsti tako, da se med seboj stikajo ali pa so le malo razmaknjene. Že same vrtnice povzročijo odlomitev bloka, lahko pa to opravimo tudi z rahlo odstrelitvijo. Vrtine vrtamo v globino do 1 metra.

3.5.2 Pridobivanje z miniranjem

Miniranje uporabljamo za rušenje trdnih slojev jalovine in koristne rude, ki jih ne moremo odkopavati neposredno z bagri.

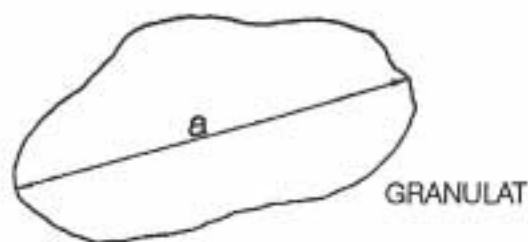
Glavni pogoj pri razstreljevanju je, da je velikost največjih kosov odstreljene hribine takšna, da ustreza dimenzijam žlice bagra, transportnih naprav in odprtini drobilca.

$$a = 0,8 \cdot \sqrt[3]{V(m^3)} \quad (\text{povzeto po Salobir, 1987, str. 30):}$$

Kjer je:

a - velikost granulata (največja mera zrna),

V - volumen žlice bagra.



Slika 3/9: Največja mera zrna (granulata)

Vir: Salobir, 1987, str. 25

Minerska dela moramo izvajati po načrtu.

Načrt vsebuje :

- karakteristike hribine,
- risbo z razporeditvijo in dimenzijami vrtin,
- risbo z dimenzijami in položajem bloka, ki ga odstreljujemo,
- opis del s podatki o količini in vrsti eksploziva,
- način vrtanja,
- opis opreme in navodila za delo.

3.5.2.1 Koeficient raztresenosti

Količino mase, ki jo odstrelimo, moramo za nakladanje računati kot povečano za koeficient raztresenosti hribine. To je razmerje med volumnom cele hribine in volumnom, ki ga zavzame ista količina razdrobljene hribine, ki je vedno večji.

$$K_r = \frac{V_r}{V_c} > 1 \quad (\text{povzeto po Salobir, 1987, str. 41):}$$

Kjer je:

Kr - koeficient raztresenosti,

Vr - volumen razstreljene mase,

Vc - volumen celote,

in je pri drobni zrnatosti približno enak 1, pri debelih zrnih pa doseže tudi do 1,25, je pa vedno večji od 1:

celota	$K_r = 1,$
drobno	$K_r > 1,$
debelo	$K_r \gg 1.$

Primer za izračun:

Volumen cele hribine znaša 640 m^3 , volumen narahljane hribine pa 680 m^3 . Koliko znaša koeficient razstresenosti hribine?

Podatki:

$$V_c = 640 \text{ m}^3$$

$$V_r = 680 \text{ m}^3$$

$$K_r = \frac{V_r}{V_c} = \frac{680 \text{ m}^3}{640 \text{ m}^3} = \underline{\underline{1,06}}$$

3.5.2.2 Vrste minskih polnitev

Na površinskih kopih uporabljamo pri primarnem miniranju tri vrste polnjenja;

- linearno neprekinjeno polnitev,
- linearno prekinjeno polnitev,
- komorno polnitev.

Pomemben element pri razstreljevanju je **izbojnica** (w), ki označuje najkrajšo razdaljo od mine do prve proste ploskve.



Slika 3/10: Vrste minskih polnitev

Vir: Salobir, 1987, str. 31

Najpogosteje uporabljamo linearno polnjenje. Komorno miniranje uporabljamo le pri zelo visokih etažah in v primerih, kadar imamo težave pri vrtanju minskih vrtin. Pomanjkljivost komornega miniranja so veliki bloki, ki ostanejo nerazdrobljeni po odstrelitvi, in velika poraba časa za izdelavo rogov komore.

3.5.2.3 Vrste minskih vrtin

Minske vrtine razdelimo na:

- vertikalne,
- horizontalne,

- strme vrtine.

Vertikalne vrtine razdelimo v enovrstne in vzporedne (paralelne) vrtine, ki potekajo paralelno z odkopno fronto v več vrstah. Slika 4/11 prikazuje usmerjanje vrtin.

Horizontalne in strme vrtine usmerjamo v različnih smereh vodoravno, navzgor in navzdol po profilu in jih pri tem razporedimo po potrebi v horizontalne ali v strme. Razporeditev vrtin je odvisna od etažne višine. Dolžina vrtin znaša od 3 do 7 metrov, razdalja med posameznimi vrtinami (a_v) je 1,2 do 2,5 metra.



Slika 3/11: Usmerjanje vrtin

Vir: Salobir, 1987, str. 33

3.5.3 Strojno pridobivanje – bageriranje

3.5.3.1 Bageriranje s kontinuirnim delovnim procesom

Pri tem načinu se delovni proces pri pridobivanju, nakladanju in transportu surovine odvija neprekinjeno in enakomerno (kontinuirano). To je glavna prednost pred bagri z diskontinuirnim načinom delovanja.

Pridobivamo na dva načina:

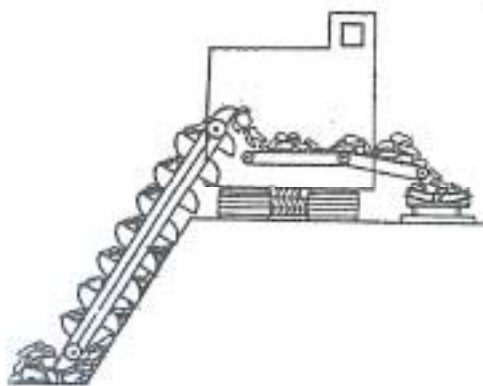
- z bagri **vedričarji**, ki imajo vedra pritrjena na brezkončni verigi,
- z **rotornimi bagri**, ki imajo vedra na obodu velikega kolesa - rotorja in jih imenujemo tudi **glodarji**, ker glodajo hribino.

3.5.3.2 Bager vedričar

Bager vedričar ima vedra pritrjena na **brezkončni verigi**. Vedra imajo prostornino od 150 do 220 litrov. Ti bagri najpogosteje delajo samo pri globinskih delih.

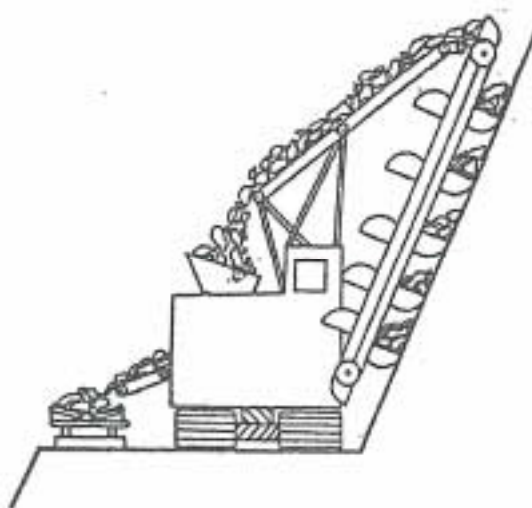
Brezkončna veriga se premika po posebni konstrukciji - lestvi med zgornjim in spodnjim povratnim kolesom. Zgornje kolo je pogonsko. Poznamo tri vrste bagrov vedričarjev:

- **globinske**, ki jih uporabljamo samo za globinsko rezanje, to je pod nivojem etaže,
- **višinske**, ki režejo nad nivojem etaže in



Slika 3/12: Bager vedričar - globinski

Vir: Salobir, 1987, str. 34



Slika 3/13: Bager vedričar – višinski

Vir: Salobir, 1987, str. 35

- **kombinirane**, ki predstavljajo kombinacijo globinskega in višinskega bagera.



Slika 3/14: Bager vedričar- kombinirani, s členkasto lestvijo

Vir: Salobir, 1987, str. 35

3.5.3.2.1 Tehnološki proces bageriranja

Poznamo dva načina bageriranja:

- v **fronti** ali frontalno pridobivanje in
- v **bloku** ali pridobivanje v bloku.

a) Frontalno pridobivanje

Pri pridobivanju v fronti uporabljamo bagre s premikanjem po tirih. Pridobivanje mineralne surovine poteka po vsej dolžini odkopne fronte, tako da pri enakomernem premikanju bagra po robu etaže pridobivamo surovino z rezom vedno enake debeline.

b) Pridobivanje v bloku

Pri bageriranju v bloku uporabljamo bagre vedričarje z vrtljivim zgornjim delom konstrukcije. Bager stoji ves čas rezanja enega reza na istem mestu. Po vsakem rezu pomaknemo bager za debelino reza naprej.

3.5.3.2.2 Kapaciteta bagra vedričarja

Kapaciteto bagra vedričarja izračunamo po obrazcu:

$$Q = \frac{c \cdot v \cdot t \cdot K_p \cdot K_t}{a \cdot K_r} [m^3 / uro] \text{ (povzeto po Salobir, 1987, str. 36):}$$

Kjer so:

Q - kapaciteta bagra	(m ³ /uro),
c - velikost vedra	(m ³),
v - hitrost verige	(m/min),
a - razdalja med vedri	(m),
t - čas delovanja bagra	(ure (h)),
K _p - koeficient polnitve vedra	(/),
K _t - koeficient izkoristka časa	(/),
K _r - koeficient raztresenosti	(/).

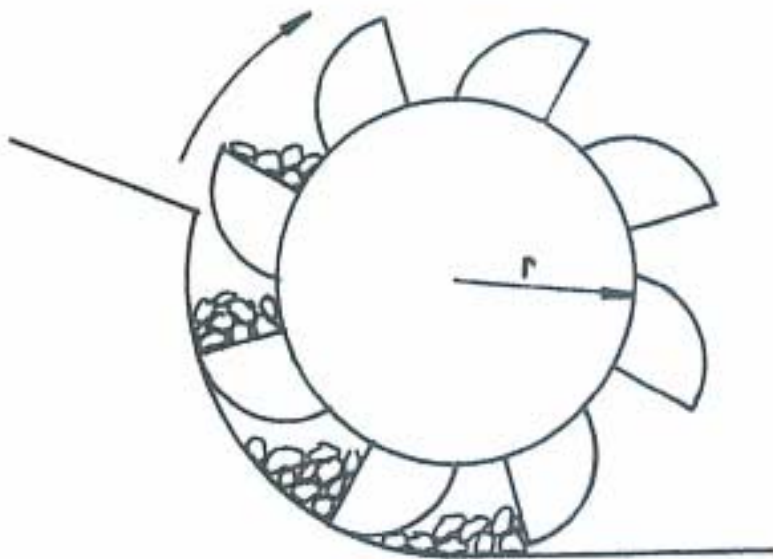
Hitrost verige znaša od 0,8 do 1,2 m/sek in je odvisna od vrste surovine in njene odpornosti proti rezanju.

Koeficient polnitve znaša od 0,7 do 0,9 in je odvisen od vrste surovine in načina bageriranja, saj pove, koliko se je vedro bagra napolnilo.

Koeficient izkoristka časa znaša od 0,8 do 0,95 in prikaže, koliko časa bager dejansko odkopava.

3.5.3.3 Rotorni bager

Pri teh bagrih pridobivamo material s pomočjo delovnega kolesa - **rotorja**, na katerem so razporejena vedra. Pri rotiranju režejo noži na vedrih rez v obliki krožnice.



Slika 3/15: Rezalno kolo rotornega bagra – rotor

Vir: Salobir, 1987, str. 38

3.5.3.3.1 Tehnologija dela rotornega bagra

Rotorni bager dela praviloma v bloku. Za selektivno odkopavanje premoga, rude ali jalovine lahko delo poteka tudi v fronti. Selektivno odkopavanje je ločeno odkopavanje jalovine in rude ali več vrst rud, vsake posebej, da se ne pomešajo med seboj. Osnovne tehnologije dela rotornega bagra so:

- delo bagra v fronti z višinskim rezanjem,
- v bloku z višinskim rezanjem,
- v bloku z višinskim in globinskim rezanjem,
- v širokih blokkih.

3.5.3.3.2 Kapaciteta rotornega bagra

Kapaciteta rotornega bagra se podobno kot kapaciteta bagra vedričarja računa po obrazcu (povzeto po Salobir, 1987, str. 40):

$$Q = \frac{c \cdot v \cdot t \cdot K_p \cdot K_t}{K_r} [m^3 / uro]$$

Kjer so:

Q - kapaciteta rotornega bagra	(m ³ /min),
c - volumen vedra	(m ³),
n - število izsipov v minuti	(št./min),
t - čas obratovanja v minutah	(min.),
K _p - koeficient polnitve	(/),
K _t - koeficient izkoristka časa	(/),
K _r - koeficient raztresenosti	(/).

3.5.3.4 Bageriranje z diskontinuirnim načinom delovanja

3.5.3.4.1 Bager žličar

Glavni sestavni deli bagra žličarja so:

- podnožje s transportno napravo,
- zgornje postrojenje s pogonom, ki se obrača za 360 stopinj,
- nosilec z vodikom za žlico in napravo za iztresanje,
- žlica s spodnjim zapiralom in vgrajenimi zobmi.

Delovni proces poteka tako, da se žlica s spodnjega položaja pri dviganju po krožnici zajeda v hribino in s tem zajema surovino. Ko je žlica polna, se bager obrne do mesta iztresanja, iztrese surovino in žlico ponovno vrne v prvotni položaj.

3.5.3.4.2 Bager z vlečnim vedrom - drageline

Bager z vlečnim vedrom ali drageline (izgovori dreglajn), uporabljamo za bageriranje izpod nivoja etaže, to je globinski način odkopavanja. Globinski izkop uporabljamo predvsem pri poglobljanju etaž in pri izdelavi novih globinskih etaž.

3.5.3.4.3 Bager z obrnjeno žlico

Te bage uporabljamo pri globinskem pridobivanju, za kopanje jaškov in kanalov, odstranjevanje manjših količin jalovine, za delo v vodonosnih slojih in podobno.

3.5.3.4.4 Žični bagri

Pri žičnem bagru se posoda v obliki vedra prevaža po nosilni vrvi, ki je napeta med pogonskim in natezalnim stebrom. Da se vedro napolni, spustimo nosilno vrv tako, da pride vedro na tla. Z vlečno vrvjo nato vlečemo vedro po tleh, da se polni.

3.5.3.4.5 Skreper

Dobre lastnosti skreperja so predvsem široka uporaba, enostavna izvedba in hitro premikanje vedra po vrvi.

3.5.3.4.6 Traktorji in nakladalci

Temeljna enota obeh delovnih strojev je traktor različnih izvedb, ki je opremljen z različnimi pripomočki, izvedbami delovnih organov in dodatki za vleko, odkrivanje in strganje terena.

3.5.3.4.7 Buldožerji

Buldožer je v osnovi traktor, ki je na čelni strani opremljen s plugom, nameščenim pravokotno ali pa pod ustreznim kotom na vzdolžno os.

3.6 TRANSPORT SUROVINE NA POVRŠINSKIH KOPIH

Transport surovine na površinskih kopih obsega prevoz jalovine in prevoz rude oziroma koristne snovi.

Transportne sisteme delimo po **vrsti transporta** na **diskontinuirne** (tir, kamion, žični, skipni, premetavanje) in **kontinuirne** (trak, transportni most, pnevmatski, hidravlični).

Glede na **smer transporta** jih delimo na **vzdolžne** (vzporedne s fronto) in **prečne** (žični bagri, transportni mostovi, direktno premetavanje). Po **nagibu trase** poznamo **horizontalne in blago nagnjene** (do 25 ‰), **poševne** (z nagibom do 100 ‰ za kamione in trakove) in **strme in vertikalne** (za skipe in sipke).

Poznamo tudi kombinacije transporta rude in odlaganja jalovinskih mas, kjer ločimo **direktno premetavanje z bagri** in **odlaganje s pomočjo transportnih mostov**.

Med transportna sredstva na površinskih kopih štejemo železnico, kamione, trakove, sipke, žičnice in kombinirane sisteme transporta.

3.6.1 Transportni trakovi

Prevoz nakopnine s transportnimi trakovi, ki so navadno gumijasti, obvezno uporabljamo v kombinaciji s kontinuirno delujočimi bagri.

Kapaciteto, hitrost in dimenzije trakov določamo glede na potrebe kopa in zmogljivosti bagrov. Večinoma uporabljamo trakove s širino od 1 m do 2,5 m. Hitrost traku je od 1 m/s do 8 m/s.

$$Q = K_0 \cdot b \cdot v \cdot y \quad (t/h)$$

Kjer je:

Q - kapaciteta traku v tonah na uro,

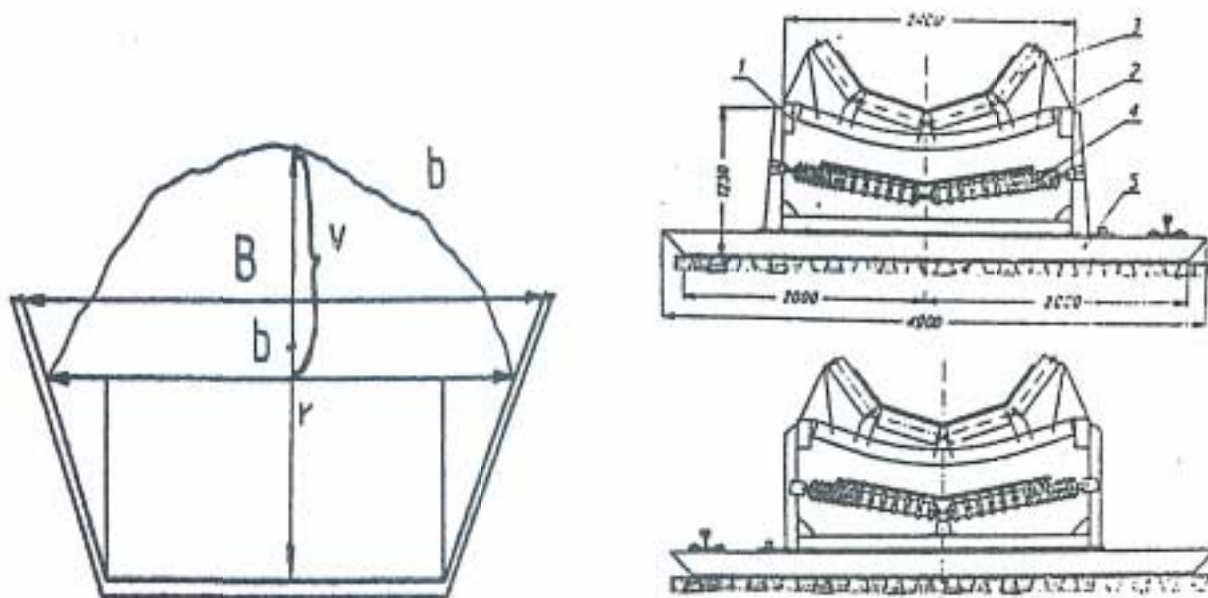
K₀ - faktor nasipnega kota materiala na traku (/),

v - hitrost pomikanja traku v m/s,

y - nasipna masa snovi (t/m³),

B - obstoječa širina traku v metrih,

b - delovna širina traku v metrih $b = 0,9 \cdot B - 0,05$.



Slika 3/16: Razporeditev mase na traku

Vir: Salobir, 1987, str. 41

3.7 ODLAGANJE JALOVINSKIH MAS

Odlaganje je zaključni proces odkopavanja pri odpiranju in napredovanju površinskega kopa.

3.7.1 Mesto odlagališča

Prostor, izbran za odlagališče, mora ustrezati naslednjim zahtevam:

- mora biti v neposredni bližini odkopnih etaž,
- mora biti primeren za odlaganje (dovolj velika globina, ravno ali blago nagnjeno dno),
- imeti mora možnost odcejanja in odvodnjevanja,
- nivo odlaganja mora ustrezati višini pridobivanja,
- kapaciteta stroja za odlaganje mora biti za 50 % večja od kapacitete bagra,
- tehnika odlaganja mora biti prilagojena geostatičnim lastnostim odloženega materiala.

Od lokacije odlagališča je odvisno odpiranje, razvijanje in življenjska doba površinskega kopa. Prednost dajemo notranjemu odlagališču, v skrajnem primeru se odločimo za zunanje odlagališče. Notranje odlagališče ima pred zunanjim prednosti v kratki razdalji za transport mas, odkopani prostor ponovno zapolnimo in ga uporabljamo.

3.8 REKULTIVACIJA ZEMLJIŠČA

Glavni dejavniki površinskih sprememb so:

- izdelava usekov med pripravo površinskega kopa,
- odlaganje več milijonov m³ jalovine,
- odvodnjavanje velike površine,
- zavzetje velikega prostora za izgradnjo vseh objektov,
- ostanek ogromne količine jalovine,
- ostanek površine brez življenja in vegetacije,
- pojav prahu in vetra,
- kemično onesnaženje,
- odpadne vode.

Rekultivacijo zemljišča je treba načrtovati in kasneje izvajati v takšni meri, da se obvaruje estetska in funkcionalna vrednost ekološkega sistema, kakršen je mogoč v razmerah velikih prostorskih vplivov in posegov.

V skupino prostorskih sprememb lahko štejemo:

- spremembe morfologije terena,
- uničevanje zemljišča in rodovitne plasti,
- preselitev naselij,
- preselitev industrije, cest in drugih komunikacij.

Med tehnične vplive pa uvrščamo:

- pojavljanje plazišč,
- posedanje terena in nastanek jezer,
- hrup, prah in vibracije.

Rešitve, ki neposredno vplivajo na izboljšanje življenjskih pogojev in okolja na takšnem območju, pa so:

- pravočasno in dolgoročno prostorsko načrtovanje,
- odpiranje velikih kopov, ki jih je lažje sanirati kot majhne,
- zasipavanje odkopanih prostorov z jalovino,
- skladiščenje rodovitne plasti in zemljišča,

- pospeševanje usedanja,
- izravnavanje terena z buldožerji,
- nasipavanje humusa in rodovitne plasti zemlje,
- umetno gnojenje,
- vzgajanje hitro rastočih in nezahtevnih kultur,
- sprotno izvajanje vseh teh del.

Glavni pogoj uspešne rekultivacije zemljišča pa je dosledno spoštovanje vseh ukrepov, ki zmanjšujejo negativne vplive površinskega odkopavanja.

3.8.1 Legalni in nelegalni površinski kopi

S stališča rudarsko-tehničnega vidika je pristop k naravovarstveni sanaciji površinskih kopov odvisen od tega, ali gre za (*povzeto po Plut, 1998, str. 74*):

- Opuščene površinske kope mineralnih surovin, ki so bili izkoriščani v preteklosti in nato prepuščeni samorekultivaciji. V primeru, da se je proces samorekultivacije že pričel, je navadno smiselno, da se nadaljna obnova kopa ob izvedbi manjših posegov prepusti naravnim procesom ali da se predvidi prostorska ureditev za bodočo nadomestno rabo; možna je tudi metoda konzervacije, če gre za območja geoloških zanimivosti ali če je v času samorekultivacije nastal nov biotop.
- Že aktivne kope, na katerih je možno izvajati sprotno sanacijo. Sanacija je vključena v proces pridobivanja, tako da se pridobljeni odkrivka in jalovina lahko deloma porabljata že za sanacijo. S sanacijo se vzpostavlja takšno stanje, ki bo omogočalo ureditev v skladu s predvideno nadomestno rabo.
- Kope, ki so še v načrtovanju. Končno stanje po zapiranju in sanaciji je skupaj z namembnostjo zemljišča določeno vnaprej, tako da se že pri projektiranju upoštevajo vse faze odpiranja in izkoriščanja ter predvidijo metode sanacije in rekultivacije.

3.8.2 Raznovrsnost vplivov površinskega rudarjenja

Problem sanacije površinskih kopov v Sloveniji je zapleten. Pristopi in načini sanacije so odvisni od vsakega primera posebej. Poiskati je treba takšne načine sanacije, ki bodo omogočali vključitev saniranega območja v ožji in širši prostor v skladu z ureditvenimi načrti, potrebami, željami in zahtevami lokalnih skupnosti. V primeru, da gre za regijske ali državne interese, je treba sanacijo izvesti tudi v skladu z njihovimi zahtevami. Posebno pozornost namenjamo določitvi takšnih načinov sanacije, s katerimi pripravimo površino za druge dejavnosti, izgradnjo obrtnih con, parkirne prostore, športno-rekreacijske površine, lovsko-gojitveno dejavnost in drugo. Upoštevali bomo tudi možnosti izrabe izkoriščenega prostora za morebitne deponije različnih vrst odpadkov, komunalne deponije, deponije odpadnega gradbenega materiala in drugih nevarnih industrijskih odpadkov.

Naravovarstvena sanacija površinskih kopov je proces, ki že v osnovi zahteva poseben pristop. V ta namen najprej obravnavamo različne vidike, ki vplivajo na izbiro ustreznega načina sanacije določenega tipa površinskega kopa. Ti večinoma izvirajo iz sekundarnih vplivov odkopavanja na okolje in jih lahko razdelimo na pravno-formalne, okoljske,

krajinske, naravno-kulturne, geološke, gospodarske, rudarsko-tehnične, ekonomske pri izrabi zalog in virov ter sociološko-gospodarske.

3.8.2.1 Ocena vplivov površinskega rudarjenja na okolje

Poročilo o vplivih na okolje je razdeljeno v vsebinske sklope, v njih pa so obravnavane posamezne sestavine okolja.

Stanje okolja in ocena vplivov na okolje obravnavata sestavine okolja na katere vpliva površinsko odkopavanje. Omilitveni ukrepi podajajo predloge za zmanjšanje negativnih vplivov po posameznih sestavinah okolja v času širjenja kopa, torej ob odpiranju, eksploataciji in sanaciji. Predlogi spremljanja stanja obratovalni monitoring so podani za čas odpiranja in med obratovanjem.

3.8.2.2 Metoda ocene vplivov na okolje

Metoda ocene vplivov na okolje je predpisana z zakonom. Sestoji iz vplivov, presoje vplivov in končne odločitve z ukrepi. Ocena vplivov na okolje med odpiranjem in obratovanjem površinskega kopa ima naslednjo vsebino:

- opis začetnega stanja okolja pred rudarjenjem,
- opis značilnosti rudarjenja in tehnoloških postopkov,
- opis in ocena pričakovanih vplivov na okolje,
- vrednotenje vplivov rudarjenja,
- sprejemljivost obremenitev in sprememb okolja,
- opozorila glede celovitosti posega in poročila,
- sklepna ocena sprejemljivosti postopka rudarjenja,
- grafične priloge.

Poleg naštetih poglavij so dodana še nekatera, ki dodatno pojasnjujejo posege ter vplive na okolje med odpiranjem in obratovanjem površinskega kopa, vsebinsko obravnavajo vpliv odpiranja, obratovanja in sanacije površinskega sestavine okolja, ki so bile določene z značilnostmi posega s pomočjo matričnega gleda potencialnih vplivov:

- sestavine naravnega okolja,
- sestavine kulturnega in družbenega okolja,
- sestavine gospodarskega okolja,
- sestavine socialnega okolja.

Poročilo obravnava vplive na sestavine naravnega, bivalnega, družbenega in kulturnega v naslednjih vsebinskih sklopih:

V naravnem okolju - biosferi:

- Voda:

- površinske vode,
- talne vode.

Geološka podlaga in tla:

- geološke razmere,
- geomehanske razmere,
- rudarske razmere.

Naravne vrednote:

- živalstvo,
- rastlinstvo.

V bivalnem okolju:

- hrup,
- vibracije,
- zrak,
- odpadki.

V kulturnem in družbenem okolju:

- krajinska slika in vidna kakovost okolja,
- kulturna in arheološka dediščina,
- kulturne rastline.

3.8.2.3 Končno vrednotenje vplivov na okolje

Ovrednotenje pričakovanih vplivov odpiranja in obratovanja površinskega kopa na okolje se opredeljuje glede na:

- dejansko stanje okolja,
- pričakovane vplive na okolje,
- predlagane okoljevarstvene ukrepe,
- stabilnost okolja,
- spontano spremenljivost okolja.

Vplivi so določeni glede na pomembnost, časovno pojavnost in z različnih vidikov. Glede na pomembnost so vplivi med odpiranjem in obratovanjem opredeljeni kot:

- pomembni vplivi,
- nepomembni (zanemarljivi) vplivi.

Glede na časovno razporejenost so vplivi na okolje opredeljeni kot:

- vplivi v času pripravljalnih del in gradnje,
- vplivi v času uporabe, obratovanja ali trajanja posega.

Vplivi na okolje se opredeljujejo z vidikov:

- onesnaževanja okolja,
- razvrednotenja okolja,
- poškodb okolja
- tveganja in nevarnosti za okolje,
- rabe in izkoriščanja naravnih dobrin.

Vrednotenje vplivov predvidenega posega in sprejemljivosti sprememb okolja izhaja iz temeljnih ciljev in načel varstva okolja.

Ta načela so:

- preprečevanje in zmanjševanje obremenitev za okolje,
- odprava poškodb okolja,
- ponovna vzpostavitev regeneracijskih sposobnosti,
- ohranjanje vitalnosti narave,
- ohranjanje biološke raznovrstnosti,
- ohranjanje ekološkega ravnotežja,
- ohranjanje raznovrstnosti in kakovosti naravnih dobrin,
- ohranjanje rodovitnih zemljišč,
- ohranjanje in obnavljanje pestrosti krajine,
- ohranjanje in obnavljanje kulturne in estetske vrednosti krajine,
- ohranjanje in obnavljanje kulturne in estetske vrednosti naravnih vrednot,
- smotrna raba naravnih virov,
- smotrna raba snovi,
- smotrna raba energije,
- raba obnovljivih virov,
- zmanjševanje porabe vseh energetske in vodnih virov.

Poleg naštetega se kot izhodišča za vrednotenje vplivov na okolje med odpiranjem in obratovanjem upoštevajo še naslednja načela varovanja okolja:

- najmanjše razumno možne spremembe naravnih razmer,
- največje razumno možne stopnje varstva okolja,

- čim manjše emisijske obremenitve okolja in njegovih sestavin,
- preprečitev emisije, ki ogroža življenje in zdravje ljudi ali premoženja,
- preprečitev nevarnosti za okolje oziroma zmanjšanje tveganja ekoloških nesreč,
- preprečitev poškodb okolja ali njegovih sestavin,
- preprečitev degradacije ali uničenja okolja in njegovih sestavin.

Vpliv odpiranja in obratovanja površinskega kopa je opredeljen kot stopnja spremembe okolja med odpiranjem in obratovanjem kamnoloma glede na njegovo izhodiščno stanje.

Pričakovani vplivi so opredeljeni z vrednostno lestvico. Ta ima razpon ocen od +1 (vpliv je pozitiven) preko 0 (ni vpliva) do -5 (vpliv je nedopusten). Dovoljene in sprejemljive spremembe so predpisane v zakonskih določilih. Ocena vplivov gradnje in obratovanja je tako osebna interpretacija pregleda sprememb v okolju oziroma njegovih posameznih sestavin med odpiranjem in obratovanjem kopa. V naslednji tabeli je predstavljena lestvica ocen vplivov na okolje (*povzeto po Plut, 1998, str. 81*):

Ocena	Vpliv	Opis
1	vpliv je pozitiven	sprememba sestavine okolja je pozitivna
0	vpliva ni	spremembe sestavine okolja ni ali je zanemarljiva
-1	vpliv je neznaten	količinska ali kakovostna sprememba sestavine okolja je neznatna ali manj pomembna
-2	vpliv je zmeren	količinska ali kakovostna sprememba sestavine okolja je pomembnejša, toda še v mejah zmernega
-3	vpliv je velik	količinska ali kakovostna sprememba sestavine okolja je zelo velika, vendar še dopustna
-4	vpliv je zelo velik	količinska ali kakovostna sprememba sestavine okolja je na meji dopustnega
-5	vpliv je nedopusten	količinska ali kakovostna sprememba sestavine okolja presega zakonsko predpisane vrednosti

Vsaka ocena je odvisna od sestavljavca poročila o vplivih na okolje. Vendar imajo strokovnjaki in inštituti že izdelane splošne in osebne kriterije.

3.8.3 Končna ureditev, rekultivacija in nov namen površine

Dokončna ureditev in rekultivacija sta nadaljevanje rudarskih del po izvedeni sanaciji degradirane površine kopa. Dokončno ureditev izvedemo v skladu s projektom, narejenim na osnovi nove namembnosti.

Kadar sanacijo izvajamo vzporedno z izkoriščanjem, je sanirano površino, četudi še ni dokončno urejena, smiselno takoj zasejati s travo in, če je mogoče, zasaditi z ustreznim drevjem ali grmovnicami. Čimprejšnja zasaditev je pomembna zato, ker lahko drevje do dokončne ureditve že precej zraste in oblikuje izgled krajine.

3.8.4 Ukrepi za varno delo in zavarovanje kopa

Površinski kop mora biti tudi v času sanacije ustrezno zaščiten pred neposrednim dostopom ljudi in živali, še posebej, če gre za nevarnejša območja, kjer se pojavljajo krušenja materiala

in razpoke in kjer je možen padec v globino. Rob kopa po potrebi zaščitimo z ograjo, ob kateri gosto zasadimo drevesa, ki bodo po prenehanju vzdrževanja ograje otežila neposreden dostop.

Pri izvajanju minerskih del in pri uporabi mehanizacije se moramo držati vseh navodil in ukrepov za varno delo. Mehanizacija lahko obratuje samo pri predpisanih naklonih in jo lahko uporabljamo izključno za dela, za katera je bila izdelana.

3.9 POVZETEK



Na površinskih rudnikih in kopih pridobivamo energetske in neenergetske mineralne surovine. Tako pridobivanje je bistveno cenejše od podzemnega, vendar bolj vpliva na okolje kot jamsko.

Odpiranje je vezano na pripravljala dela, ki so odvisna od velikosti kopa, geoloških razmer, debeline in fizikalno-kemijskih lastnosti jalovine in sloja, razpoložljive mehanizacije in same surovine, ki se bo izkopavala.

V površinski kop lahko priteče voda iz vodonosnih slojev, iz atmosfere, rek, potokov, jezer in morja. Količina te vode je odvisna od klimatskih pogojev, hidrogeoloških razmer reliefa nahajališča, globine površinskega kopa in drugih. Naloga odvodnjavanja je odstraniti vodo v največji meri, zmanjšati nivo talne vode in preprečiti škodo, ki bi nastala zaradi dotoka vode.

Na površinskih kopih pridobivamo maso odkrivke in koristne surovine z naslednjimi glavnimi metodami:

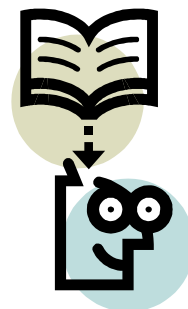
- s proizvodnjo blokov,
- z miniranjem,
- s strojnim pridobivanjem z različnimi bagri.
- s hidravličnim pridobivanjem.

Transport surovine na površinskih kopih obsega prevoz jalovine in prevoz rude oziroma koristne snovi.

Rekultivacijo zemljišča je treba načrtovati in kasneje izvajati v takšni meri, da se obvaruje estetska in funkcionalna vrednost ekološkega sistema, kakršen je mogoč v razmerah velikih prostorskih vplivov in posegov.

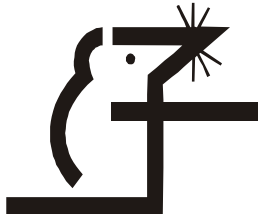
3.10 VPRAŠANJA ZA OBNOVITEV ZNANJA

1. Kaj je površinski kop?
2. Kaj je potrebno narediti pred začetkom odkopavanja na površinskem kopu?
3. Opiši odvodnjavanje površinskega kopa!
4. Primerjaj površinski in jamski način odkopavanja!
5. Opiši na katere dele našega okolja najbolj vpliva površinsko rudarjenje!



4 ODPIRANJE IN PRIPRAVA PODZEMNIH NAHAJALIŠČ

4.1 UVOD



Če je nahajališče globoko pod zemljo, se odkopava po metodah, ki se uporabljajo za podzemno pridobivanje. Proces podzemnega pridobivanja obsega tri osnovne faze, in sicer:

- odpiranje nahajališča,
- priprava nahajališča za odkopavanje,
- odkopavanje.

Obstaja več načinov odpiranja nahajališč mineralnih surovin. Kako bo odprto eno nahajališče, pa je odvisno od številnih okoliščin. Našteli jih bomo samo nekaj, ki bistveno vplivajo na izbiro načina odpiranja, in ti so:

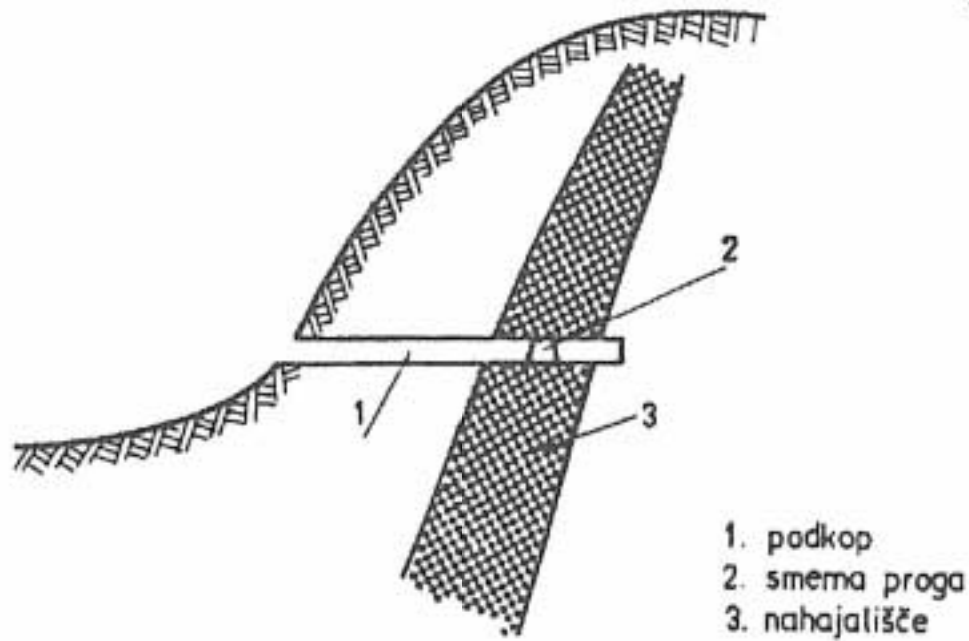
- globina nahajališča,
- položaj, oblika in velikost nahajališča,
- konfiguracija površja nad nahajališčem,
- ugotovljene in potrjene rezerve koristnih snovi v nahajališču,
- tektonika v nahajališču in prihribinah,
- fizikalne lastnosti mineralne surovine in prihribine,
- geološki in hidrološki pogoji v nahajališču in prihribini,
- bližina naselja in komunikacij.

Ob upoštevanju teh faktorjev se izbere eden od naslednjih načinov odpiranja:

- odpiranje s podkopom,
- odpiranje z jaškom.

4.1.1 Odpiranje nahajališča s podkopom

S podkopom se odpirajo nahajališča v hribovitih predelih. Ta način odpiranja je primeren za nahajališča s strmim padcem in so nad dolino ali vsaj del nahajališča je nad dolino.

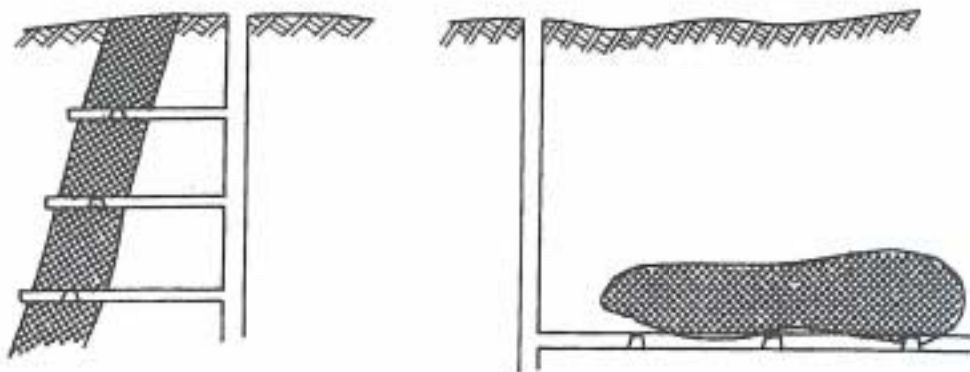


Slika 4/1: Odpiranje s podkopom

Vir: Hrastnik, 1981, str. 34

4.1.2 Odpiranje nahajališča z jaškom

Z jaškom odpiramo vodoravno ali blago nagnjena nahajališča, ki so globoko pod zemljo, in navpična ali zelo strma nahajališča, ki segajo tudi do površja .



Slika 4/2 : Odpiranje strmega in vodoravnega nahajališča z jaškom

Vir: Hrastnik, 1981, str. 35

Jaške lahko razdelimo po več kriterijih, in sicer:

a) po položaju so jaški lahko:

- navpični in
- poševni.

b) Glede na namen razdelimo jaške na:

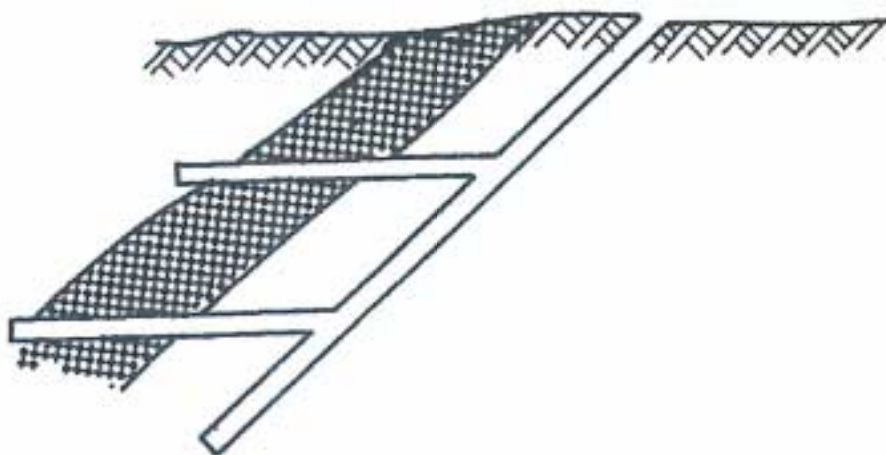
- izvažalne,
- zračne,
- pomožne,
- pohodne itd.

c) Oblika prečnega prereza jaška je lahko:

- kvadratna,
- pravokotna,
- eliptična,
- okrogla itd.

4.1.3 Odpiranje s poševnim jaškom (vpadnikom)

Odpiranje manj strmih nahajališč (nagiba do 50°) je možno s poševnimi jaški. Ponavadi se locirajo v talnini, vendar jih je možno izdelovati tudi v krovlini ali celo v samem nahajališču.



Slika 4/3: Odpiranje nahajališča s poševnim jaškom

Vir: Hrastnik, 1981, str. 37

4.1.4 Kombinirano odpiranje nahajališč

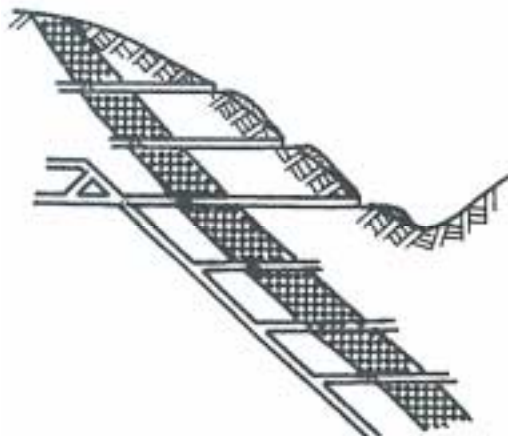
Kombinirano odpiranje predstavlja kombinacijo dveh že opisanih načinov odpiranja. Ta način odpiranja je primeren za odpiranje strmih nahajališč kot tudi za nahajališča, ki z globino spreminjajo nagib.

Odvisno od oblike in položaja nahajališča v zemeljski skorji, reliefa na površini itd. se za odpiranje nahajališča lahko uporabijo naslednje kombinacije:



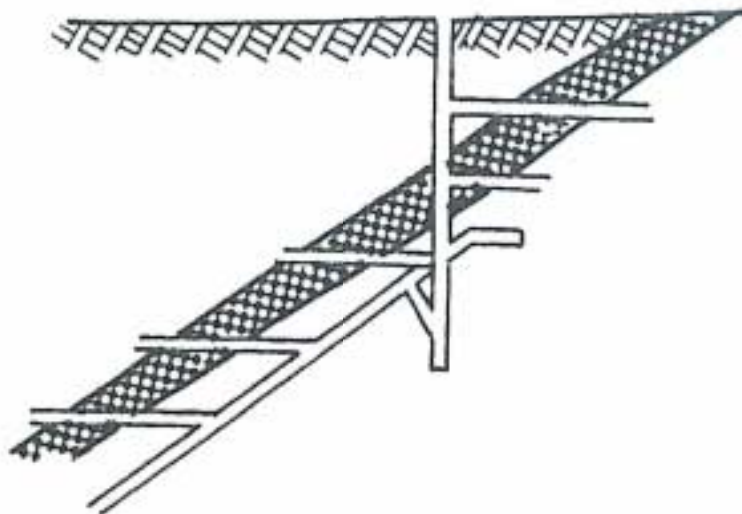
Slika 4/4: Kombinirano odpiranje nahajališča

Vir: Hrastnik, 1981, str. 39



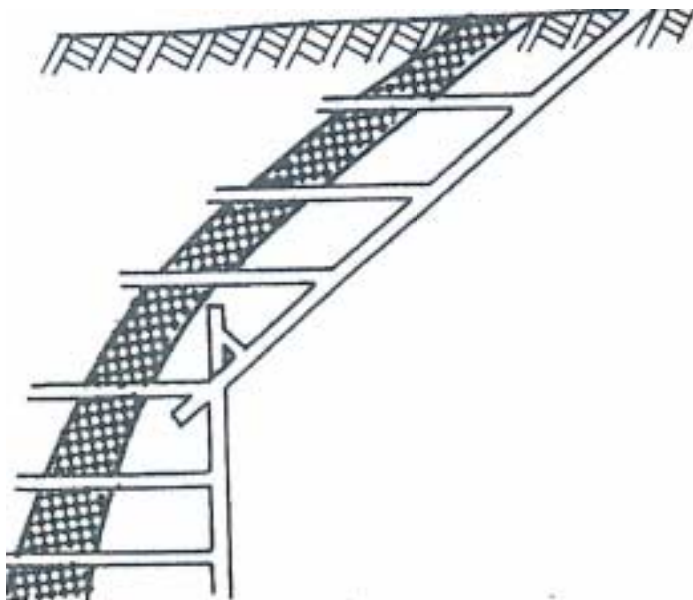
Slika 4/5: Komb. odpiranje nah. s podkopi in vert. jaškom s podkopi in poševnim jaškom

Vir: Hrastnik, 1981, str. 41



Slika 4/6: Kombinirano odpiranje nahajališča z vertikalnim in poševnim jaškom

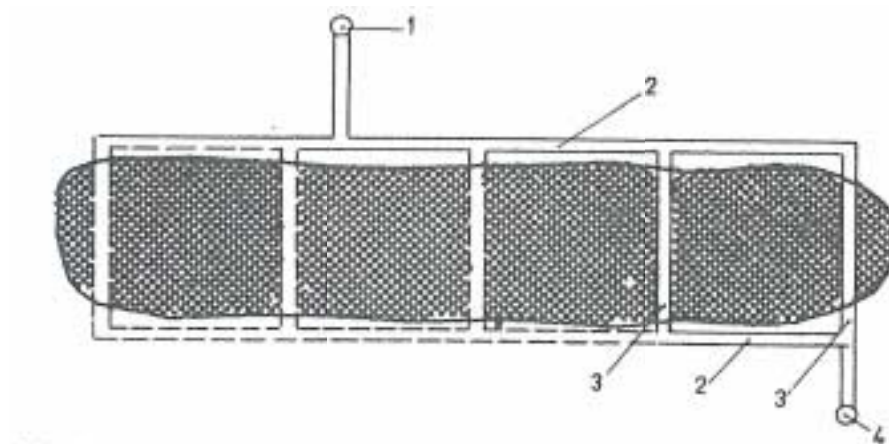
Vir: Hrastnik, 1981, str. 42



Slika 4/7: Kombinirano odpiranje nahajališča s poševnim in vertikalnim jaškom

Vir: Hrastnik, 1981, str. 43

4.1.5 Drugi prostori za odpiranje nahajališč



Slika 4/8: Drugi prostori za odpiranje nahajališč

Vir: Hrastnik, 1981, str. 49

1 - izvažalni jašek, 2 - smerna proga, 3 - prečna proga, 4 - zračni jašek

4.1.5.1 Smerne proge

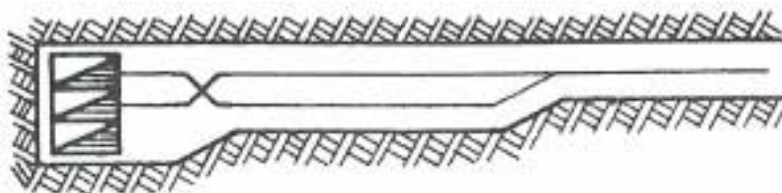
Smerne proge so jamski prostori, ki potekajo vzporedno z nahajališčem. Izdelujejo se v prihrubini na določeni razdalji od nahajališča ali pa v samem nahajališču, kar je dvisno od fizikalnih lastnosti prihrubine in rude, odkopne metode itd. .

4.1.5.2 Prečne proge

Prečne proge (prečniki) so jamski prostori, ki se izdelujejo prečno na nahajališče oz. prečno skozi nahajališče .

4.1.5.3 Dovozišče

Dovozišče se imenuje tisti prostor pri dnu jaška ali na določenem horizontu (obzorju), kjer se narivajo vozički z izkopnino na kletko jaška – seveda, če se izvažna z vozički.

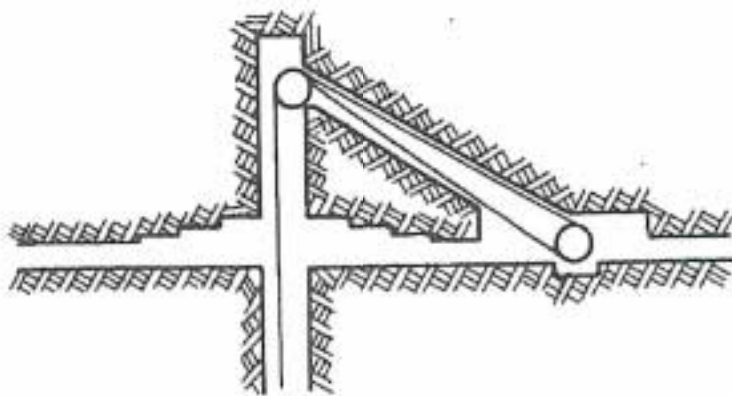


Slika 4/9: Enostransko dovozišče

Vir: Hrastnik, 1981, str. 61

4.1.5.4 Odvozišče

Odvozišče je prostor pri vrhu jaška, po katerem se odvažna izkopnina. Običajno je v bližini odvozišča izdelan tudi bunker, v katerega se praznijo vozički z izkopnino.



Slika 4/10 : Odvozišče v slepem jašku

Vir: Hrastnik, 1981, str. 62

4.2 PRIPRAVA NAHAJALIŠČA ZA ODKOPAVANJE

Priprava nahajališča ali dela nahajališča za odkopavanje pomeni izdelavo horizontalnih, navpičnih ali poševnih jamskih prostorov, v samem nahajališču, s katerimi se določen del nahajališča razdeli na posamezne odseke in tako pripravi za načrtno masovno odkopavanje po določeni odkopni metodi.

4.2.1 Priprava horizontalnega nahajališča premoga

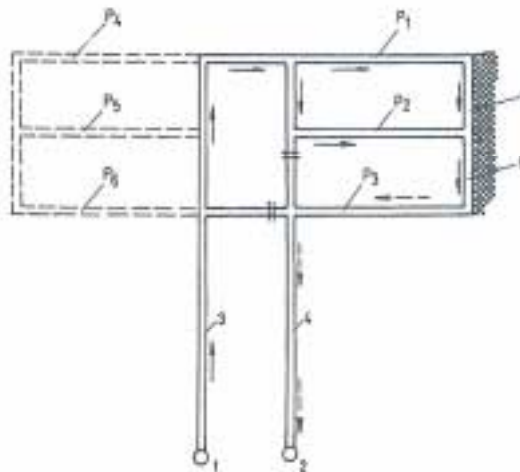
Na sliki so prikazani odpiralni in pripravljalni jamski prostori v horizontalnem nahajališču premoga.

Nahajališče je odprto z dvema jaškoma.

To sta dva glavna odpiralna prostora.

Jašek št. 1 je izvažalni jašek, po njem prihaja tudi svež zrak v jamo.

Jašek št. 2 je zračni jašek (zračnik), po njem izhaja izrabljen zrak iz jame, rabi tudi kot rezervna pot umika iz jame.



Slika 4/11 : Priprava horizontalnega nahajališča premoga

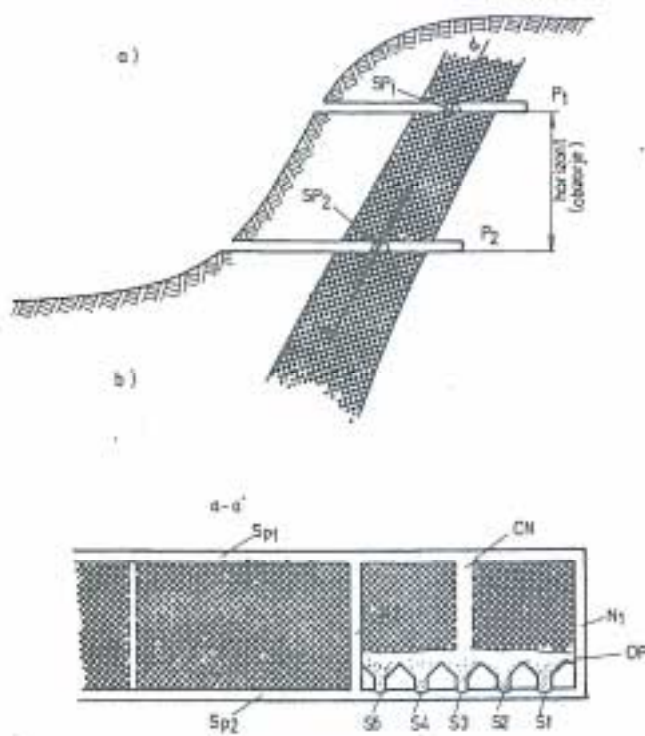
Vir: Hrastnik, 1981, str. 65

- 1 - izvažalni jašek, vstop zraka,
- 2 - zračni jašek, izstop zraka,
- 3 - smerna proga,
- 4 - smerna proga,
- 5,6 - delovišča (začetek odkopavanja)
- P1, P2, P3 - prečniki,
- P4, P5, P6 - projektirani prečniki
- > smer svežega zraka
- - -> smer izrabljenega zraka
- # zračna vrata

4.2.2 Priprava strmega nahajališča

Nahajališče je zelo strmo, skoraj navpično. Ruda v nahajališču in prihribina sta zelo trdni, tako ni potrebno podgrajevanje.

Nahajališče je odprto z dvema podkopoma P₁, in P₂, ki sta presekala nahajališče.



Slika 4/12 : Priprava strmega nahajališča

Vir: Hrastnik, 1981, str. 67

4.2.2.1 Določanje optimalne višine horizonta

Pri odpiranju strmih nahajališč in priprav za odkopavanje se nahajališče razdeli na horizonte z vodoravnimi jamskimi progami.

Kolikšna bo razdalja med posameznimi horizonti, je odvisno od več dejstev. Našteli bomo samo nekatera:

- od odkopne metode,
- od geoloških pogojev v nahajališču,
- od tehnično-ekonomskih faktorjev.

Od tehnično-ekonomskih faktorjev so pravzaprav najpomembnejši stroški, ki jih lahko razdelimo na dve skupini:

Prvo skupino tvorijo:

- stroški izdelave jamskih prostorov za odpiranje jamskih prostorov in pripravo nahajališča za odkopavanje,
- stroški transporta oz. izvažanja,
- stroški zračenja,

- stroški odvodnjavanja itd.

Ti stroški bremenijo enoto proizvodnje in bodo tem manjši, čim večjo količino rude izkopljemo.

Drugo skupino stroškov sestavljajo:

- stroški dostave materiala in opreme na delovišče,
- stroški vzdrževanja odprtih jamskih prostorov,
- stroški delovne sile.

4.3 POVZETEK

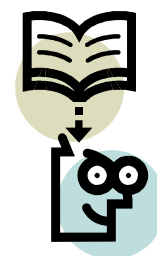


Če je nahajališče globoko pod zemljo, se odkopava po metodah, ki se uporabljajo za podzemno pridobivanje. Obstaja več načinov odpiranja nahajališč mineralnih surovin.

S podkopom se odpirajo nahajališča v hribovitih predelih. Z jaškom odpiramo vodoravno ali blago nagnjena nahajališča, ki so globoko pod zemljo, in navpična ali zelo strma nahajališča, ki segajo tudi do površja. Odpiranje manj strmih nahajališč (nagiba do 50°) je možno s poševnimi jaški.

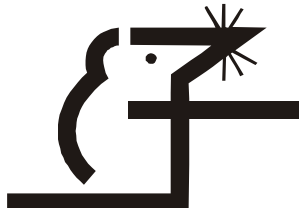
4.4 VPRAŠANJA ZA OBNOVITEV ZNANJA

1. Kaj je odvozišče in dovozišče?
2. Kako se pripravi horizontalno nahajališče za odkopavanje?
3. Kako se pripravi strmo nahajališče za odkopavanje?
4. Naštej prostore, ki jih rabimo za normalno obratovanje jame!
5. Kako določamo optimalno višino horizonta?



5 GLOBINSKO VRTANJE V JAMI IN S POVRŠINE

5.1 UVOD



Globinsko vrtanje je način, da s površine prodremo do koristnih surovin globoko v zemlji, določimo njihov položaj, kvaliteto in količino.

Vrtanje se izvaja z ustreznimi orodji, ki jih poganjajo pogonski agregati, prirejeni velikosti vrtin in karakteristikam vrtanih hribin.

V raziskovalne namene se uporablja predvsem vrtanje na jedro, manj pa vrtanje brez jedrovanja. Za pridobivanje jedra je na vrtalno drogovje obešena cilindrična posoda, imenovana jedrna cev, na katero so pritrjene vrtalne krone, vanjo pa se nabira prevrtana hribina. Vrtalne krone so cilindrična rezalna orodja, s katerimi hribino režemo v kolobarju, na sredini pa ostaja stržen, ki ga nato izvlečemo. Tako dobimo valjasti vzorec hribine. Seveda je jedrovanje izvedljivo le v kompaktnih hribinah, to je takih, ki imajo zrnca materiala zlepljena med seboj.

Z vrtanjem brez jedrovanja dobimo le luknjo skozi hribinske sloje. Ta način vrtanja se zato uporablja za različne praktične namene, za raziskave pa predvsem v kombinaciji z geofizikalnimi metodami preiskav.

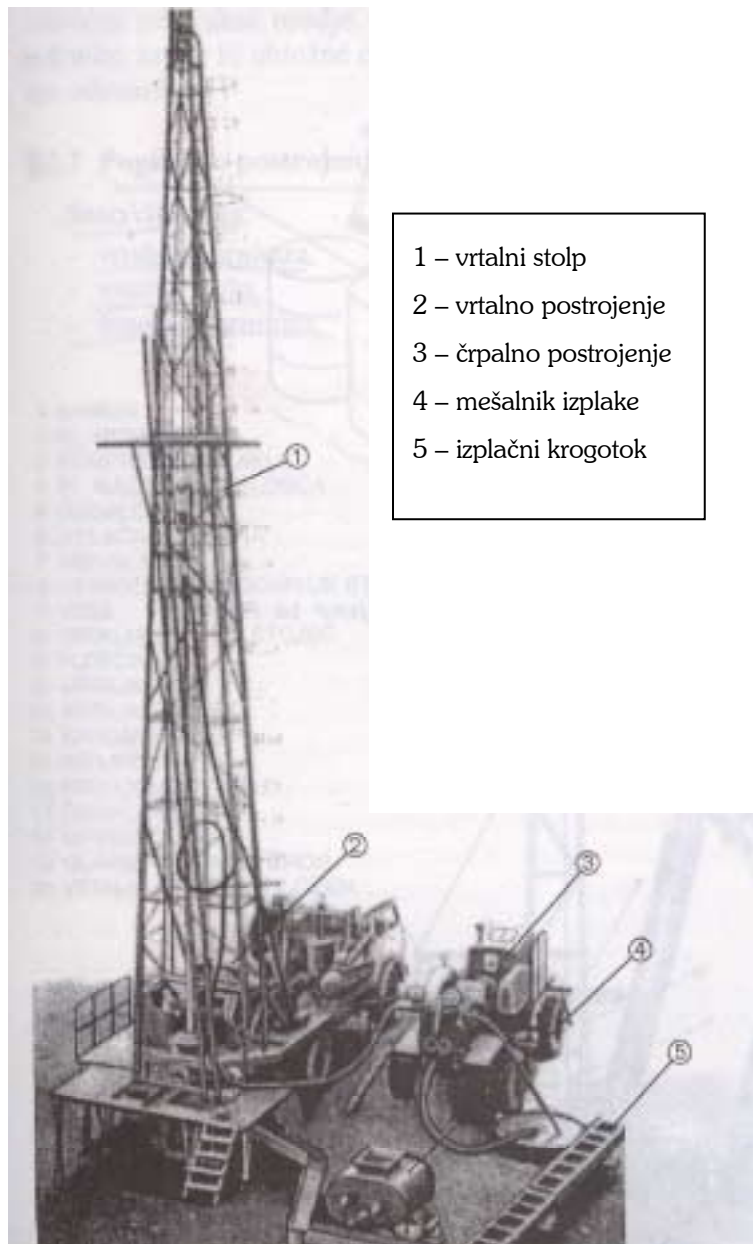
5.2 STROJI IN PRIPOMOČKI ZA VRTANJE

Osnovni princip vrtanja je, da s kroženjem rezil okoli osi dolbemo hribino, izvrtanino pa odstranjujemo.

Za ta dela potrebujemo:

- pogonsko in črpalno postrojenje,
- vrtalna orodja,
- vrtalni pribor,
- izpirno tekočino,
- reševalni pribor.

Pogonsko postrojenje predstavlja t.i. vrtalna garnitura, ki vključuje pogonski motor s prenosi, vrtalni stolp ter črpalno postrojenje.



Slika 5/1: Vrtalno postrojenje pripravljeno za vrtanje

Vir: Hrastnik, 1981, str. 71

Vrtalna orodja so: krone, dleta, jedrne cevi, vrtno drogovo in izpirne glave.

Pogonsko postrojenje sestavljajo:

- vrtna garnitura,
- vrtni stolp,
- črpalna garnitura.

Sestavni deli vrtalne garniture so:

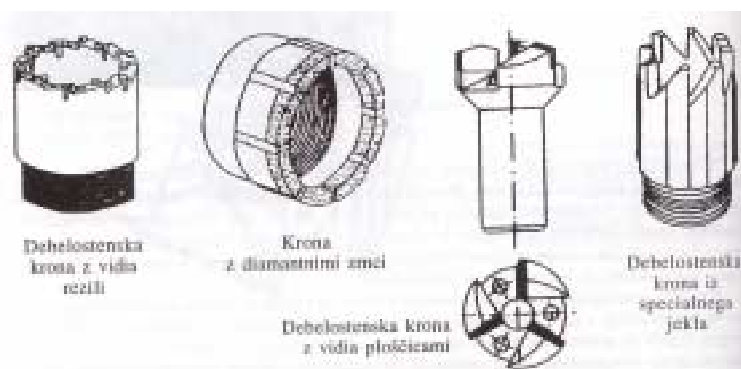
- pogonski motor,
- reduktor,
- vrtalna glava,
- potisni in izvlačilni sistem.

5.2.1 Vrtalna orodja

Vrtalna orodja so pripomočki, s katerimi hribine režemo, brusimo in dolbemo, lovimo in hranimo pridobljeno jedro, poglabljamo oziroma podaljšujemo luknjo in dovajamo oziroma odvajamo izplakovalno tekočino ali zrak.

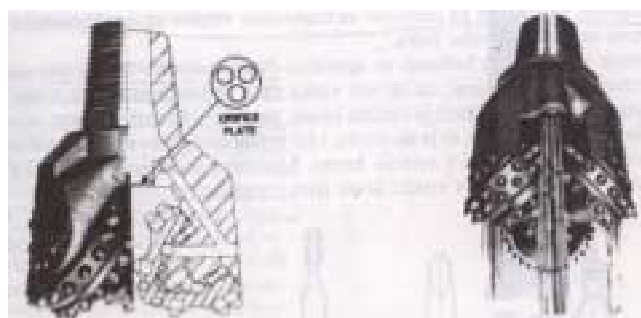
Sem spadajo:

- vrtalne krone in dleta,
- jedrne cevi,
- vrtalno drogovje,
- izpirne glave.



Slika 5/2: Nekaj primerov oblik vrtalnih kron

Vir: Hrastnik, 1981, str. 73



Slika 5/3: Kotalno dleto

Vir: Hrastnik, 1981, str. 74

5.2.2 Jedrne cevi

Za lovljenje in izvlačenje obvrtnega stržena hribine rabijo tako imenovane jedrne cevi (jedrniki). To so jeklene cevi, dolge od 1m do 6m, na enem koncu opremljene s priključkom za vrtno drogovje, na drugem pa prirejene za namestitev vrtalne krone.

5.2.3 Vrtalno drogovje

Za povezavo pogonskega dela vrtalnega stroja z vrtalno krono in jedrnikom rabi vrtalno drogovje. To so iz zelo kvalitetnega dela izdelane debelostenske cevi, tako dimenzionirane, da odpornostni moment preseka cevi prenese zahtevane obremenitve vrtnja, ki so pogosto zelo velike.



Slika 5/4: Vrtalno drogovje (1) in spojnica (2)

(Hrastnik, 1981, str. 75)

5.2.4 Izpirne glave

Izpirne glave omogočajo dovajanje izpirne tekočine v vrteče se drogovje in skozenj na dno vrtine. Imajo mirujoči del, kamor je pritrjena visokotlačna cev, napeljana od črpalke, in vrteči se del, ki se privije v spoj vrtalnega drogovja.

5.2.5 Vrtalni pribor

Z njim si pomagamo pri dodajanju drogovja, izvlačenju orodja iz vrtine, razstavljanju in praznjenju jedrnikov, itd.

Ločimo jih po namenu na:

- pribor za privijanje in odvijanje drogovja in cevi (klešče, verižne klešče,...),
- pribor za pridrževalce drogovja in cevi v vrtini (kavlji, zagozde,...),
- izdelovalce izplake (mešalci).

5.2.6 Reševalni pribor

Za izvlačanje poškodovanega in zlomljenega orodja iz vrtine uporabljamo glede poškodbe posebej oblikovane pripomočke. Za prijemanje odlomljenega drogovja iz zunanje strani uporabljamo t.i. reševalne zvonove. To so cevi, ki so znotraj konično oblikovane in imajo na notranji strani vrezane navoje, zobce ali obročke. Reševalni koreni so konično oblikovani strženi, ki rabijo za uvijanje v zlomljene cevi.

5.3 TEHNOLOGIJA VRTANJA

Globinsko vrtanje se izvaja z vrtenjem vrtnega drogovja v vrtini. Pri tem vrtna krona hribino reže, brusi, drobi ali melje.

5.3.1 Iznašanje izvrtanine

Izbira načina iznašanja izvrtanine je odvisna od hribine in vrtnega orodja. Mehke hribine (gline, lesne premoge) lahko iznašamo mehansko s spiralnim drogovjem, ker so dovolj mehke, vsebujejo pa dovolj vlage, da se vrtno orodje preveč ne pregreva.

Srednje trdne hribine (premoge, laporje, do neke mere tudi apnence) lahko izpihujemo, to je, izvrtanino iznašamo s komprimiranim zrakom.

Trdne in zelo trdne hribine ter nevezane materiale, posebno če vsebujejo vodo, pa moramo iznašati s hidravličnim transportom.

S čisto vodo izpiramo tiste hribine, ki jih voda ne erodira, stena vrtine pa ni rušljiva.

5.3.2 Uporaba obložnih cevi

V posebno težkih razmerah, kjer tudi izplaka ne zagotavlja stabilnosti sten vrtine, si pomagamo z obložnimi cevmi. To so iz kvalitetnega jekla izdelane cevi, ki imajo na koncih vrezana ženski in moški navoj.

5.4 OPREMA VRTIN

Po končanem vrtanju se vrtine opremijo po namenu, za kar so bile izdelane.

5.4.1 Raziskovalne vrtine

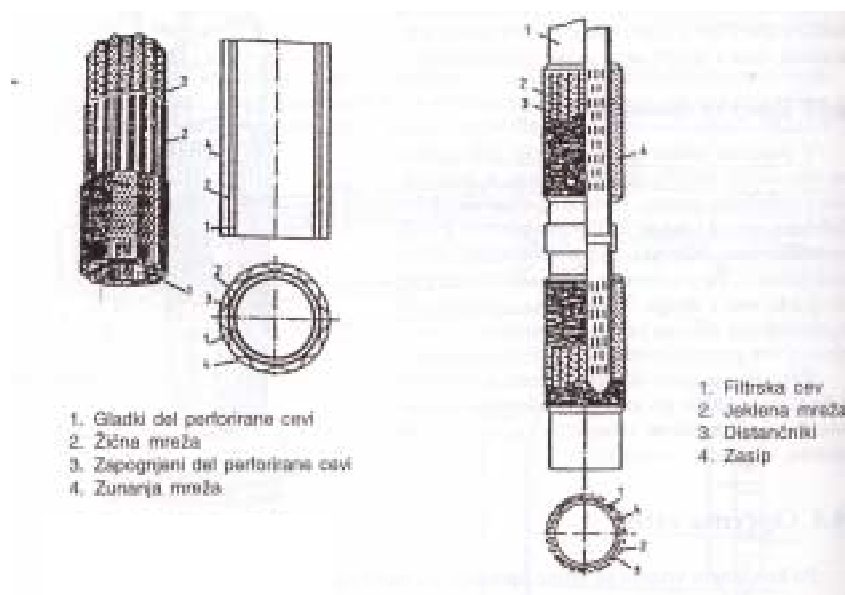
Namen teh vrtin je, da s prevrtanjem hribin do določene globine in pridobitvijo zelenih vzorcev dobimo podatke o velikosti in kvaliteti prevrtanih slojev.

5.4.2 Odvodnjevalne vrtine

Vrtanje se vse bolj uporablja za odvodnjavanje hribin. V te namene se izdelajo eksploatacijske vrtine (vodnjaki) in opazovalne vrtine (piezometri). Iz vodnjakov vodo dobivamo, v piezometrih pa se opazuje nivo gladine vodonosnika. Njuna oprema je sestavljena iz filtrnega dela, ki je v območju vodonosnika, ter spodnjega in zgornjega jalovega dela, ki filtrni del na eni strani povezuje s površino, na drugi pa služi kot vsedalnik za pesek,

ki ga v filtrni del iznaša voda. V primeru, da se vrtina priključi na jamski odvodni cevovod, se ta del opremi s polnimi cevmi, ki imajo na dnu vgrajen ustrezen priključek ali ventil.

Filtrni del vrtine (imenovan je tudi kaptažni) je narejen iz cevi, ki so po obodu preluknjane (perforirane). Vgradi se na globino, kjer je bil med vrtanjem ali z ustreznimi raziskavami ugotovljen vodonosnik.



Slika 5/5: Mrežasti filter in s peskom obložen filter

Vir: Hrastnik, 1981, str. 77

5.4.3 Druge vrtine

Od vrtin, ki so namenjene še za druge namene, je vredno omeniti prezračevalne in zalivalne. Izdelane so običajno brez jedrovanja, opremljene pa v celoti glede na specifičnost namena.

5.5 LIKVIDACIJA VRTIN

Vsaka vrtina mora biti zapolnjena, ko je izpolnila svojo nalogo. Ta postopek imenujemo likvidacija. Za raziskovalne vrtine, v katerih ni dodatne opreme ali pa so vgrajene le obložne cevi, pride v poštev zapolnjevanje s cementom, pepelom ali drugimi polnili. Polnilo, zmešamo z vodo, potisnemo skozi vrtno drogovje na dno vrtine in črpamo toliko časa, da se emulgat prelije čez ustje vrtine.

Večji problemi so z likvidacijami odvodnjevalnih in opazovalnih vrtin. Vgrajena oprema namreč preprečuje, da bi gosta polnilna brozga povsod zapolnjevala prostor za cevmi, posebej če je v vrtino vgrajen peščeni filtrni zasip. Zato se običajno že pri opremljanju vrtine v ta del vgradijo likvidacijske cevi. Če teh ni, pa je treba vgraditi likvidacijske cevi kasneje z vrtanjem iz jame ali iz površine ali pa vtisniti v kaptažni odsek posebna polnila.

Mesto vrtanja vrtine mora biti tudi po likvidaciji vidno označeno, na lokaciji pa je treba vzpostaviti prejšnje stanje.

5.6 DOKUMENTIRANJE VRTANJA

Vsako vrtino, vrtano v jami ali s površine, je treba dokumentirati.

Običajno se napiše poročilo, ki vsebuje:

- namen vrtanja,
- lokacijo s prostorskimi koordinatami,
- opremo vrtine,
- način likvidacije,
- opis dobljenih podatkov.

5.7 POVZETEK



Globinsko vrtanje je način, da s površine prodremo do koristnih surovin globoko v zemlji, določimo njihov položaj, kvaliteto in količino.

Vrtanje se izvaja z ustreznimi orodji, ki jih poganjajo pogonski agregati, prirejeni velikosti vrtin in karakteristikam vrtanih hribin.

Osnovni princip vrtanja je, da s kroženjem rezil okoli osi dolbemo hribino, izvrtanino pa odstranjujemo.

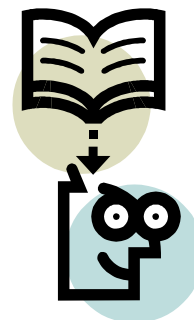
Vrtalna orodja so pripomočki, s katerimi hribine režemo, brusimo in dolbemo, lovimo in hranimo pridobljeno jedro, poglobljamo oziroma podaljšujemo luknjo in dovajamo oziroma odvajamo izplakovalno tekočino ali zrak.

Globinsko vrtanje se izvaja z vrtenjem vrtalnega drogova v vrtini. Pri tem vrtalna krona hribino reže, brusi, drobi ali melje.

Vsaka vrtina mora biti zapolnjena, ko je izpolnila svojo nalogo. Ta postopek imenujemo likvidacija.

5.8 VPRAŠANJA ZA OBNOVITEV ZNANJA

1. Razloži kaj je namen globinskega vrtanja!
2. Naštej strojno opremo in pribor, ki je potreben za vrtanje!
3. Kaj je reševalni pribor pri vrtanju?
4. Kako se dokumentira vsaka izvrtana vrtina?
5. Oglej si na kakšnem gradbišču vrtalno postrojenje!



6 ODVODNJAVANJE JAME

6.1 UVOD



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.

Vpliv vode na delo v jami pa 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 odvodnjavanje eden ključnih procesov pri pridobivanju mineralnih surovin, zato je v nadaljevanju temeljito predstavljen.

6.2 VODE V PRIHRIBINAH

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

6.2.1 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.

6.2.2 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.

6.2.3 Voda v starih dela

Opušчени 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.

6.2.4 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.

6.3 UKREPI ZA OBRAMBO PRED VODO

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

6.3.1 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.

6.3.2 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.

6.3.3 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.

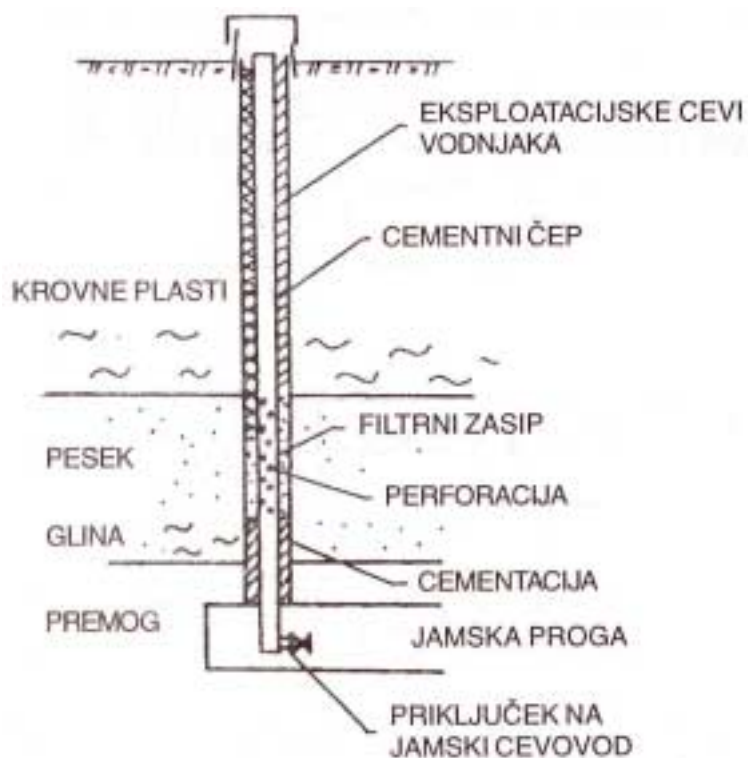
Najpomembnejši del vsake odvodnjevalne vrtine je filter. To so deli cevi, ki imajo odprtine, skozi katere doteka voda iz peskov v vodnjak. Filtrni del mora imeti poleg velike prepustnosti še sposobnost zadrževati drobna peščena zrnca in ohraniti dolgo dobo delovanja.

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.

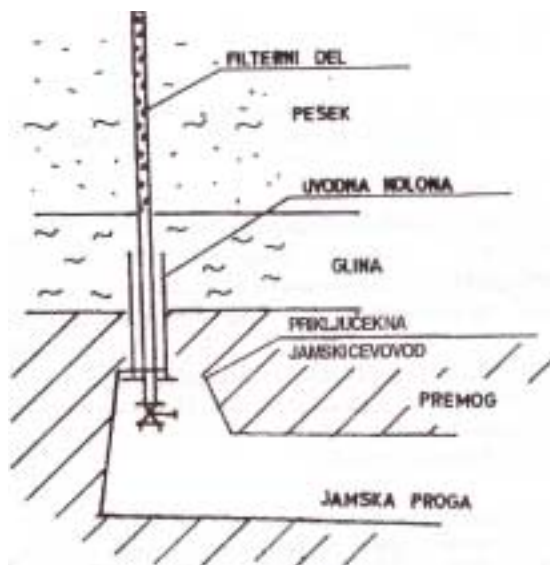
Vrtine za spuščanje vode v jamo, vrtane iz površine, imajo spodnji, jalovi del cevi opremljen s priključkom na jamski cevovod. To je običajno prirobnica ali pa primerno zaščiten navoj. Iztok vode je v tem primeru zaprt z ventilom, ki je vdolan v vodnjakove cevi. Do tega priključka se pride z jamsko progo, 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 6/1: Shematični prikaz vrtine - vodnjaka za spuščanje vode v jamski cevovod

Vir: Fijavž, 2002



Slika 6/2: Vtisni filter v krovmino

Vir: Fijavž, 2002

6.4 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.

6.5 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.

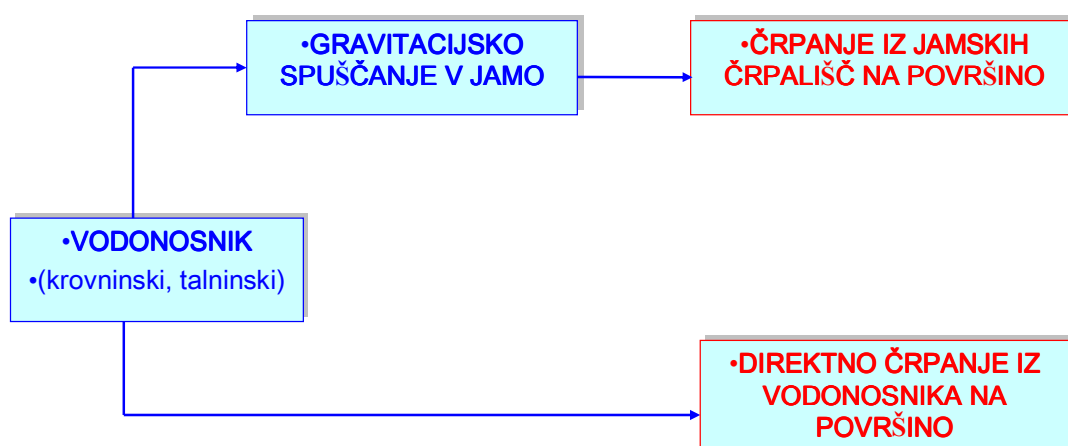
Rudniške vode so marsikje tako obilne, da vplivajo na površinske vode. Z mešanjem obeh vod lahko dobimo na videz neonesnaženo vodo, vendar pa moramo upoštevati, da nastanejo spremembe tudi v kemizmu površinskih voda.

6.6 PROCES ODVODNJEVANJA V PREMOGOVIKU VELENJE

6.6.1 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 6/3: Hidrogeološke razmere v Premogovniku Velenje

Vir: Fijavž, 2002

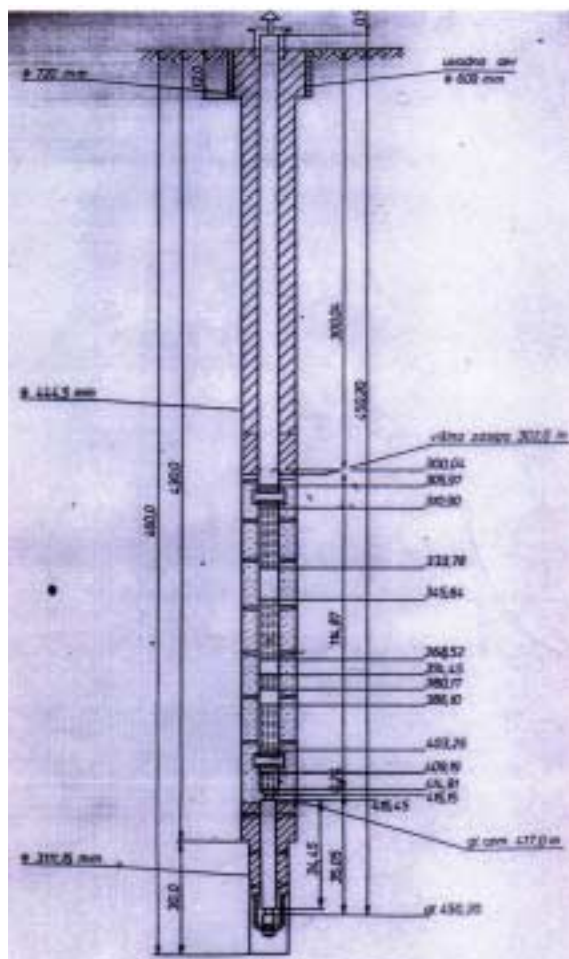
6.6.2 Odvodnjevanje pliocenskih peskov

6.6.2.1 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*).

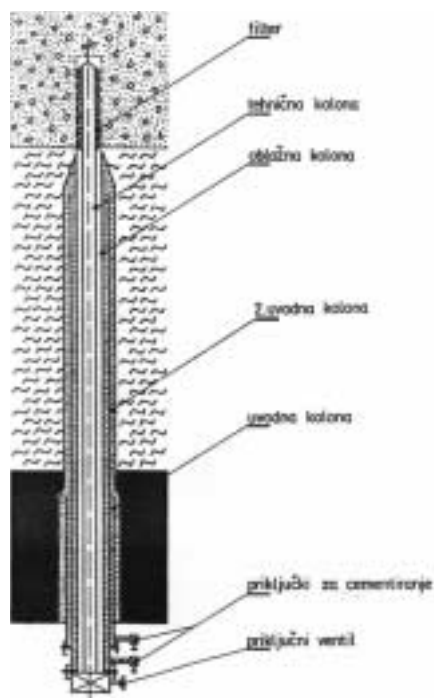


Slika 6/4: Konstrukcija visečega filtra

Vir: Fijavž, 2002

6.6.2.2 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 6/5: Konstrukcija vtisnega filtra

Vir: Fijavž, 2002

6.6.2.3 Vodnjaki za črpanje vode na površino

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



Slika 6/6: Konstrukcija vodnjaka za črpanje vode na površino

Vir: Fijavž, 2002

6.6.3 Odvodnjevanje triadnih vodonosnikov

- Vrtine za odvodnjevanje triadnih vodonosnikov

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

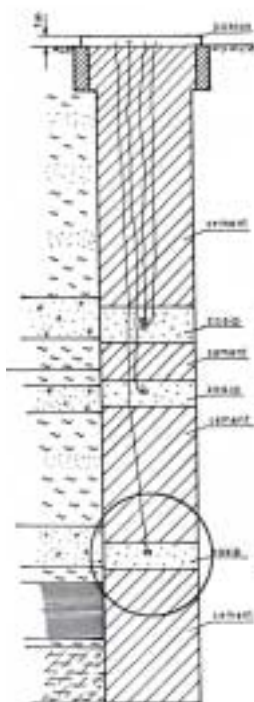
6.6.4 Odvodnjevanje litotamnijskega apnenca

- Vrtine za odvodnjevanje litotamnijskega apnenca

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

6.6.5 Piezometri

- Klasični piezometri (opazovanje enega vodonosnika),
- Piezometri z vgrajenimi tlačnimi tipali (opazovanje več vodonosnikov hkrati).

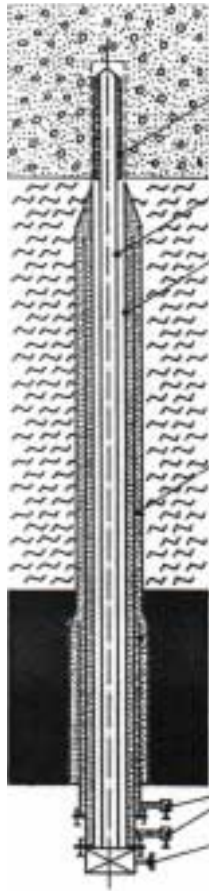


Slika 6/7: Konstrukcija piezometra z vgrajenimi tlačnimi tipali

Vir: Salobir, 1988, str. 80

6.6.6 Vrtine za monitoring

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



Slika 6/8: Konstrukcija vtisnega filtra

Vir: Salobir, 1988, str. 82

6.7 POVZETEK



Proces odvodnjevanja je eden temeljnih prosegov pri učinkovitem pridobivanju podzemnih koristnih mineralnih surovin. Povezan je z hidrogeologijo, ki preučuje mehanizme pretakanja podzemne vode v kamninah in zemljinah - vodonosnikih.

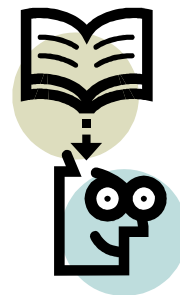
Poznavanje hidrogeoloških parametrov je za rudarjenje izrednega pomena, saj na njihovi osnovi lahko predvidimo zaščitne ukrepe pred vdori vode na jamska delovišča, hkrati pa določimo in ohranimo tudi odvzemna mesta pitne ali tehnološke vode.

Intenzivni proces odvodnjevanja vodonosnih plasti nam narekuje:

- ❖ nenehno načrtovanje in projektiranje odvodnjevalnih aktivnosti,
- ❖ sprotno in računalniško podprto spremljanje hidroloških parametrov,
- ❖ postavljanje in verifikiranje hidrogeoloških modelov, na osnovi katerih izdelujemo napovedi,
- ❖ učinkov odvodnjevalnih ukrepov in projektiramo dodatne odvodnjevalne objekte.

6.8 VPRAŠANJA ZA OBNOVITEV ZNANJA

1. Kakšen je namen odvodnjevalnih aktivnosti?
2. Opiši konstrukcijo vtisnega filtra!
3. Kakšna je razlika med vtisnim in visečim filtrom?
Razloži na primeru v jami Premogovnika Velenje!
4. Naštej preventivne ukrepe za obrambo pred vdorom vode!
5. Razloži hidrogeološke razmere v jami Premogovnika Velenje!



7 JAMSKO ZRAČENJE

7.1 UVOD



Jamsko zračenje je izredno pomemben del tehnološkega procesa pridobivanja mineralnih surovin, predstavlja pa kontinuirno preskrbo jame z zadostnimi količinami svežega zraka. Zadostne količine pomenijo dovajati v jamo dovolj kisika za dihanje ljudi in delovanje delovnih strojev z notranjim izgorevanjem. Kvalitetno zračenje je osnovni pogoj za varno in uspešno jamsko delo. V nadaljevanju so predstavljene kemijske sestavine jamskega zraka in jamski plini, meritve zračilnih parametrov ter zračilni objekti in

ventilatorji. Posebna pozornost je posvečena ukrepom proti jamskim požarom in premogovem prahu.

7.2 KEMIJSKE SESTAVINE JAMSKEGA ZRAKA

7.2.1 SVEŽI JAMSKI ZRAK

Sveži jamski zrak je glede kemijske sestave enak atmosferskemu, to je površinskemu zraku, razlikujeta se lahko le po relativni vlažnosti. Sveži jamski oz. atmosferski zrak je zmes naslednjih plinov (*povzeto po Hace, 1986, str. 12*):

Kisika – O	20.93 %
Dušika - N	78.10 %
Ogljikovega dioksida - CO ₂	0.04 %
Žlahtnih plinov (argona - Ar, ksenona - Xe, kriptona - Kr, helija - He in neona - Ne)	0.93 %

Prostorninska masa suhega atmosferskega zraka znaša 1.251 kg/m³.

7.2.2 IZRABLJENI JAMSKI ZRAK

Izrabljeni jamski zrak po kemijskem sestavu ni enak svežemu jamskemu zraku, temveč vsebuje pline, sproščene ali nastale v procesu pridobivanja premogov ali rud vsebuje tudi mineralni prah in vodne pare. Plini, ki se v jami sproščajo, so predvsem: metan, ogljikov dioksid, dušik, radon, živosrebrne pare ipd. Plini, ki v jami nastanejo, pa so: ogljikov monoksid, ogljikov dioksid, vodik, dušikovi oksidi ali nitrozni plini.

7.2.3 EKSPLOZIVNI JAMSKI ZRAK

Ko se koncentracije eksplozivnih plinov ali eksplozivnega premogovega prahu nahajajo v mejah eksplozivnosti in ko plinska zmes vsebuje dovolj kisika, govorimo o eksplozivnem jamskem zraku.

7.2.4 ZADUŠLJIVI JAMSKI ZRAK

Zadušljivi jamski zrak vsebuje premalo kisika, potrebnega za dihanje. Za človeški organizem inertni plini, ki s svojo prisotnostjo zmanjšujejo koncentracijo kisika, so predvsem: dušik, metan in vodik.

7.2.5 STRUPENI JAMSKI ZRAK

Strupeni jamski zrak vsebuje toliko strupenih plinov, da so glede na koncentracije v zraku nevarni za človeški organizem. V jamah srečujemo predvsem naslednje strupene pline: ogljikov monoksid, žveplovodik, žveplov dioksid, dušikove okside in živosrebrne pare.

7.3 JAMSKI PLINI

7.3.1 STALNI PLINI V JAMSKEM ZRAKU

Kisik (O_2)

Kisik je plin brez barve, vonja in okusa, $\rho = 1.429 \text{ kg/m}^3$, $p = 213 \text{ mbarov}$, molekularna masa je 32.000 kg/Kmol . Omogoča odvijanje oksidacijskih procesov, med njimi tudi presnovnih v organizmih živih bitij, zaradi česar je življenjsko pomemben za človeka.

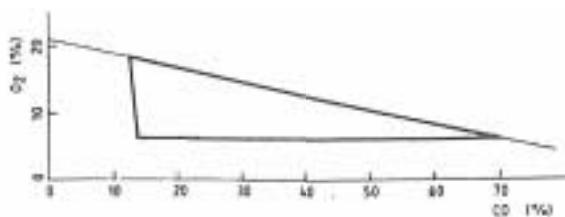
Dušik (N_2)

Dušik je plin brez barve, vonja in okusa, $\rho = 1.151 \text{ kg/m}^3$, molekularna masa znaša 28.016 kg/Kmol . Dušik se le težko spaja z drugimi snovmi, v kemičnih reakcijah pri dihanju in gorenju pa sploh ne sodeluje. Pri koncentracijah nad 78 % zmanjšuje odstotek kisika v zraku, zato je zadušljiv, zelo uporaben pa je za gašenje jamskih požarov in inertizacijo požarnih prostorov.

7.3.2 PLINI, KI SE OBČASNO POJAVLJAJO V JAMSKEM ZRAKU

Ogljikov monoksid (CO)

Ogljikov monoksid je plin brez barve, vonja in okusa, $\rho = 1.251 \text{ kg/m}^3$, molekularna masa znaša 28.016 kg/Kmol , je zelo strupen, gorljiv, pri koncentracijah od 13 do 75 % pa eksploziven, če je v plinski zmesi najmanj 6 % kisika. Nastaja pri nepopolnem izgorevanju pri t.i. pri oksidacijskih procesih ob nezadostnih količinah kisika: požarih, eksplozijah in tudi razstreljevanju.



Slika 7/1: Trikotnik eksplozivnosti CO

Vir: Hace, 1986, str. 12

Predpisana vrednost MDK ogljikovega monoksida v jamskem zraku je 0.003 prostorninskih odstotkov ali 30 ppm.

Koncentracije CO v jamskem zraku ugotavljamo laboratorijsko s kemijsko analizo vzorcev jamskega zraka, v jami pa s pomočjo indikatorskih cevčic in vrsto prenosnih ali stacionarnih elektronskih merilnikov CO.

Ogljikov dioksid (CO₂)

Ogljikov dioksid je brezbarven plin, brez vonja in kiselkastega okusa. Molekularna masa znaša 44 010 kg/Kmol, $\rho = 1.977 \text{ kg/m}^3$.

Ogljikov dioksid nastaja v jami pri oksidacijskih procesih, vsebujejo ga tudi nekateri premogi in druge mineralne substance, kjer je praviloma pod visokim tlakom. Predpisana MDK znaša normalno 1.0 prostorninskega odstotka in 1.5 prostorninskega odstotka, če je v zraku najmanj 19 prostorninskih odstotkov kisika.

Koncentracije CO₂ v jamskem zraku določamo laboratorijsko s kemijsko analizo vzorcev zraka, v jami pa s pomočjo indikatorskih cevčic interferometrov in elektronskih merilnikov.

Žveplovodik (H₂S)

Žveplovodik je plin brez barve, je sladkega okusa, ima močan vonj po gnilih jajcih in je zelo strupen. Je gorljiv, zmes zraka s 4.3 do 45.3 % žveplovodika je eksplozivna. Molekularna masa znaša 34.080 kg/Kmol, $\rho = 1.539 \text{ kg/m}^3$, je težji od zraka.

Predpisana MDK H₂S v jamskem zraku je 0.001 prostorninskih odstotkov ali 10 ppm.

Koncentracijo H₂S ugotavljamo s pomočjo kemijske analize, indikatorskih cevčic in elektronskih merilnikov.

Žveplov dioksid (SO₂)

Žveplov dioksid nastaja pri gorenju snovi, ki vsebujejo žveplo. Pogosteje se pojavlja v premogovnikih (požari), nastaja pri uporabi razstreliv, ki vsebujejo žveplo, nastaja pa tudi v motorjih z notranjim izgorevanjem.

Predpisana MDK SO₂ v jamskem zraku je 0.0002 prostorninskega odstotka ali 2 ppm.

Koncentracije SO₂ ugotavljamo s pomočjo kemijske analize, indikatorskih cevčic in elektronskih merilnikov.

Nitrozni plini (NO, NO₂)

Nitrozni plini so spojine dušika in kisika, so brez vonja in okusa ter zelo strupeni. V rudnikih se najpogosteje pojavljajo:

- brezbarvni dušikov oksid NO, ki v stiku s kisikom iz zraka oksidira v dušikov dioksid NO₂, rumenordečkaste barve in
- dušikov trioksid N₂O₃, temnordeče barve, ki se pri ohladitvi spremeni v tekočino modre barve.

Predpisana MDK za nitrozne pline NO + N₂O₃ znaša 0.0005 prostorninskega odstotka ali 5 ppm. Koncentracije nitroznih plinov ugotavljamo s kemijsko analizo, z indikatorski-mi cevčicami in elektronskimi merilniki.

Dimetilsulfid (CH₃)₂S

Dimetilsulfid (CH₃)₂S je plin brez barve, okusa in ostrega vonja. Je težji od zraka (2,58 kg/m³). Je strupen, gorljiv in eksploziven. Eksploziven z zrakom je v koncentracijah od 2,2 – 19,7%. Dovoljena koncentracija je 0,007% oz. 70 ppm. Ugotavljamo ga s kemično analizo, indikatorskimi cevčicami ter elektronskimi merilniki.

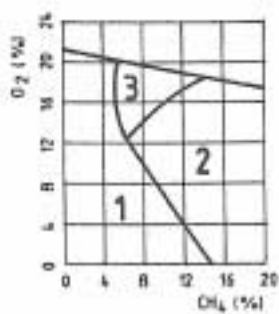
Vodik (H₂)

Vodik je plin brez barve, vonja in okusa. Je najlažji med znanimi plini, molekularna masa znaša 2.0156 kg/Kmol, $\rho = 0.0899 \text{ kg/m}^3$. Vodik nastaja v jami predvsem pri gašenju požarov z vodo in polnjenju akumulatorjev v remizah. Pri gašenju požarov nastaja vodna para, ki pri kontaktu z žarečim premogom povzroči nastanek vodika in ogljikovega monoksida: $\text{H}_2\text{O} + \text{C} = \text{CO} + \text{H}_2$.

Koncentracije H₂ ugotavljamo s kemijsko analizo, indikatorskimi cevčicami in elektronskimi merilniki.

Metan (CH₄)

Metan je plin brez barve, vonja in okusa. Je lažji od zraka, molekularna masa znaša 16.04 kg/Kmol in $\rho = 0.717 \text{ kg/m}^3$. Za človeški organizem je inerten, v zraku pa zmanjšuje odstotek kisika, zato ga uvrščamo med zadušljive pline. Je gorljiv, zmes zraka s 5 do 14 % metana je eksplozivna, če je v zmesi najmanj 12 % kisika, učinek eksplozije je maksimalen pri 9.5 % metana in 19% kisika.



Slika 7/2: Trikotnik eksplozivnosti CH₄

Vir: Hace, 1986, str. 15

Do vžiga metana pride pri temperaturi 923 K (650 °C).

Metan nastaja v naravi pri razpadanju in oglenenju organskih snovi brez prisotnosti kisika.

7.3.3 PREPREČEVANJE NEVARNOSTI ZARADI METANA

Preventivni ukrepi so predvsem:

- učinkovito prezračevanje vseh jamskih prostorov,
- redna kontrola prisotnosti metana v jamskem zraku,
- učinkovita protipožarna obramba,
- prepoved uporabe odprtega plamena (kajenje, varjenje, spajkanje in rezanje kovin),
- uporaba ustreznih metanskovarnih razstrelilnih sredstev,
- varno ravnanje z razstrelilnimi sredstvi,
- upoštevanje navodil proizvajalcev razstrelilnih sredstev,
- redno vzdrževanje elektrostrojnih naprav,
- uporaba elektrostrojnih naprav in instalacij v protieksplzijski izvedbi z atesti S komisije,
- uporaba zračilnih in vodovodnih cevi iz ustreznih antistatičnih materialov itd.

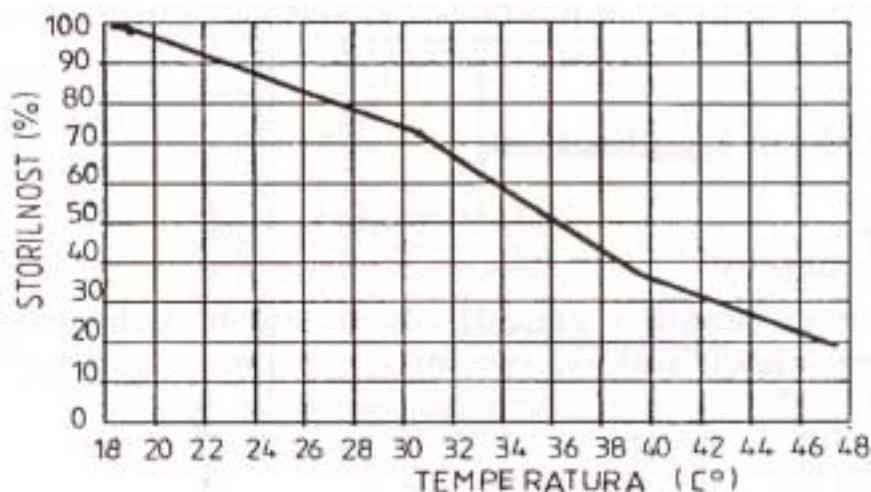
Količine jamskega zraka morajo biti tolikšne, da koncentracije metana v nobenem primeru, vključno z ekshalacijskimi konicami ne presežejo dovoljenih vrednosti, ki znašajo:

- | | |
|---|---------------|
| ➤ v deloviščnem zraku | 1.5 vol. %, |
| ➤ v oddelčnem izstopnem zraku | 1.5 vol. %, |
| ➤ v glavnem izstopnem zraku | 1.0 vol. %, |
| ➤ v vstopnem oddelčnem zraku | 0.5 vol. % in |
| ➤ v povratnem zraku separatno zračenih delovišč | 1.5 vol. %. |

Koncentracije metana ugotavljamo s kemijsko analizo, interferometrom in s prenosnimi ter stacionarnimi elektronskimi merilniki.

7.4 JAMSKA KLIMA

Jamska klima je skupek temperature, vlažnosti in gibanja jamskega zraka ter temperatur površin delovnega okolja, t.j. sten jamskih prostorov in površin delovnih strojev ter naprav.



Slika 7/3: Odvisnost človekove delovne sposobnosti od temperature okolja

Vir: Hace, 1986, str. 17

7.4.1 Fizikalni parametri jamske klime

Fizikalni parametri, ki določajo toplotne razmere v jami, so:

- temperatura zraka,
- temperatura sevanja,
- relativna vlažnost zraka,
- hitrost gibanja zraka.

Temperatura jamskega zraka je odvisna predvsem od:

- temperature zunanjega (atmosferskega) zraka,
- temperature hribin in izkopanine,
- oksidacijskih procesov,
- trenja zraka,
- uporabe komprimiranega zraka,
- uporabe elektrostrojnih naprav,
- uporabe motorjev z notranjim izgorevanjem,
- števila delavcev ipd.

Temperatura sevanja hribin je odvisna od globine jame oz. geotermične stopnje, na delavce pa vpliva tudi sevalna toplota delovnih strojev in naprav.

Na relativno vlažnost jamskega zraka vpliva predvsem:

- vlažnost atmosferskega (zunanjega) zraka,
- vlažnost sten jamskih prostorov,

- dolžina zračilnih poti,
- temperaturno stanje zraka ipd.

Hitrost jamskega zraka je odvisna od potrebnih količin zraka za prezračevanje jame, števila zračilnih poti in velikosti površin pretočnih prerezov jamskih prostorov.

7.4.2 Ukrepi zoper neugodne jamske klimatske razmere

Neugodne jamske klimatske razmere so največkrat posledice:

- nizkih temperatur zraka,
- prevelikih hitrostih gibanja zraka,
- visokih temperatur zraka,
- premajhnih hitrosti gibanja zraka,
- prevelike relativne vlažnosti zraka itd.

Nizke temperature zraka lahko odpravimo z ogrevanjem vstopnega zraka, večkrat pa tudi z vodenjem vstopnega zraka na delovišče po toplejših jamskih prostorih.

Hitrost gibanja zraka lahko zmanjšamo s povečanjem števila zračilnih poti, povečanjem površin pretočnih prerezov jamskih prostorov in zmanjšanjem količine zraka na dopustni varnostni minimum glede na sproščanje nevarnih plinov in prahu v jami.

Visoke temperature zraka lahko znižamo z umetnim hlajenjem jamskega zraka, s preprečevanjem oksidacijskih procesov, izolacijo zračilnih poti, povečanjem količine zraka.

Če je večja relativna vlažnost zraka, je manjša intenziteta izparevanja tekočin in s tem možnost oddajanja telesne toplote z znojenjem oz. izparevanjem. Relativno vlažnost zraka je možno zmanjšati z odvzemanjem vlage s termodinamičnimi postopki (ohladitev zraka in odvzem kondenzirane vlage ter zatem segretje zraka).

7.4.3 Ocenjevanje klimatskih delovnih razmer

Klimatske delovne razmere oz. toplotno udobje ocenjujemo na osnovi meritev vrednosti fizikalnih parametrov, ki vplivajo na občutenje toplote, t.j.:

- temperature zraka,
- relativne vlažnosti zraka in
- hitrosti gibanja zraka.

7.5 DOLOČEVANJE POTREBNIH KOLIČIN ZRAKA

Po sedaj veljavnih tehničnih normativih za podzemeljsko eksploatacijo premoga je potrebno pri določitvi potrebne količine zraka za prezračevanje jamskih delovišč upoštevati:

- plinonostnost hribine in prihribine,
- pline, nastale pri razstreljevanju,
- pline, nastale pri obratovanju motorjev z notranjim izgorevanjem,
- minimalne dovoljene hitrosti gibanja zraka,
- klimatske delovne razmere,
- število vgrajenih separatnih ventilatorjev,
- zaprašenost ozračja,
- število delavcev na delovišču in
- najnižji atmosferski (barometriški) tlak.

Veljavni tehnični normativi določajo najmanjšo količino zraka za prezračevanje jame takole:

- količina zraka (m^3/s) glede na dnevni izkop $0,017 \text{ m}^3/\text{s}/\text{t}/\text{dan}$
- količina zraka (m^3/s) glede na absolutni pritok metana ($\text{m}^3\text{CH}_4/\text{s}$) $1700\text{m}^3/\text{s}/\text{m}^3\text{CH}_4/\text{s}$
- količina zraka (m^3/s) glede na število delavcev $0,067\text{m}^3/\text{s}/\text{delavca}$

7.6 VZPOSTAVITEV ZRAČNEGA TOKA SKOZI JAMO

Pogoj, da zrak skozi jamo vleče, je, da ima jama najmanj dve odprtini oz. glavna prostora, ki jo povezujeta s površino. Tok zraka skozi jamo ali pretočno zračenje jame je posledica razlik zračnih tlakov med odprtinama. Razlika zračnih tokov ali depresija je lahko naravna ali pa umetna.

Metanske jame in jame z nevarnim premogovim prahom moramo prezračevati umetno z depresijsko delujočimi ventilatorji, ne glede na velikost naravne depresije.

Glede na različne medsebojne lege vstopnih in izstopnih priključkov jame na površino pa ločimo še: centralno glavno jamsko zračenje, diagonalno glavno jamsko zračenje in pri več kot dveh priključkih jame na površino tudi kombinirano. Pri centralnem glavnem jamskem zračenju zrak izstopa iz jame v neposredni bližini vstopa v jamo, pri diagonalnem sta vstopni in izstopni mesti bolj oddaljeni med sabo, pri kombiniranem pa se pojavlja kombinacija obojega.

Pri pretakanju zraka skozi jamske prostore ovirajo zračni tok:

- upori trenja ob stenah jamskih prostorov,
- čelni upori ovir v jamskih prostorih (vozički, podporje, transportne naprave itd.) in
- lokalni upori jamskih prostorov (razširitve in zožitve prostorov, zavoji ipd.).

Potrebno razliko zračnih tlakov, t.j. depresijo za pretok zraka skozi jamski prostor določimo na naslednji način:

$$h = Q^2 \cdot R$$

h...depresija (Pa)

Q...količina zraka (m^3/s)

R...vsoto vsot trenjskih, čelnih in lokalnih uporov (Ns^2/m^8)

Specifične upornosti so podane za 100 m dolge odseke jamskih prostorov, upornost konkretnega prostora določimo tako:

$$R = \frac{R_{100} \cdot L}{100}$$

V enačbi pomeni:

R...dolžinsko upornost jamskega prostora (Ns^2/m^8)

R_{100} ...specifično upornost 100 m dolgega jamskega prostora (Ns^2/m^8)

L...dolžino jamskega prostora (m)

Potrebno depresijo za prezračevanje cele jame določimo kot vsoto depresij vseh zračnih vej kritičnega tokovnega kroga, določenih na osnovi potrebnih količin zraka in upornosti zračnih vej. Zračna veja je jamski prostor med dvema križiščema, kritični tokovni krog pa tista skupina zaporednih zračilnih vej, med vstopno in izstopno odprtino, katerih vsota depresij je največja.

Ekvivalentna odprtina jame je tista odprtina v tanki steni, ki je upornostno enakovredna jami. Velikost ekvivalentne odprtine izražamo v m^2 , ponazarja pa stopnjo zračne prepustnosti jame (večja je, manjši so upori). Vrednost ekvivalentne odprtine izračunavamo takole:

$$A = 1,19 \cdot \frac{Q}{\sqrt{h}}$$

A...ekvivalentna odprtina jame (m^2)

Q...skupna količina zraka, izmerjeno v ventilatorju (m^3/s)

h...depresija ventilatorja (Pa)

Primer za izračun:

Izračunajte ekvivalentno odprtino jame A pri ventilatorskem prezračevanju!

Podatki:

$$Q_z = 220 \text{ m}^3 / \text{s} \dots \text{skupna količina zraka}$$

$$h = 2450 \text{ Pa} \dots \text{depresija ventilatorja}$$

$$\eta = 1,19 \dots \text{konstanta zračenja}$$

Izračun:

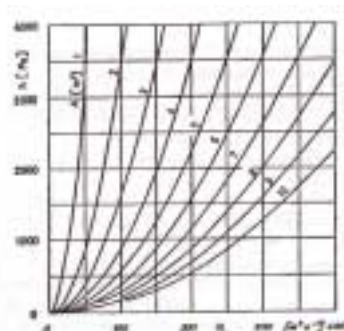
$$A = \eta \cdot \frac{Q_z}{\sqrt{h}}$$

$$A = 1,19 \cdot \frac{220}{\sqrt{2450}}$$

$$\underline{\underline{A = 5,289 \text{ m}^2}}$$



Ekvivalentna odprtina jame znaša 5,289 m².



Slika 7/4: Ekvivalentna odprtina jame

Vir: Hace, 1986, str. 21

7.7 SEPARATNO ZRAČENJE

Slepe jamske prostore, t.j. prostore, ki so z drugimi, pretočno prezračevalnimi jamskimi prostori povezani samo v eni točki, lahko v primerih razpoložljive zadostne depresije glavnega ventilatorja prezračujemo pretočno z njegovo energijo, sicer pa moramo uporabiti separatno (posebno ali ločeno) zračenje s separatnimi ventilatorji.

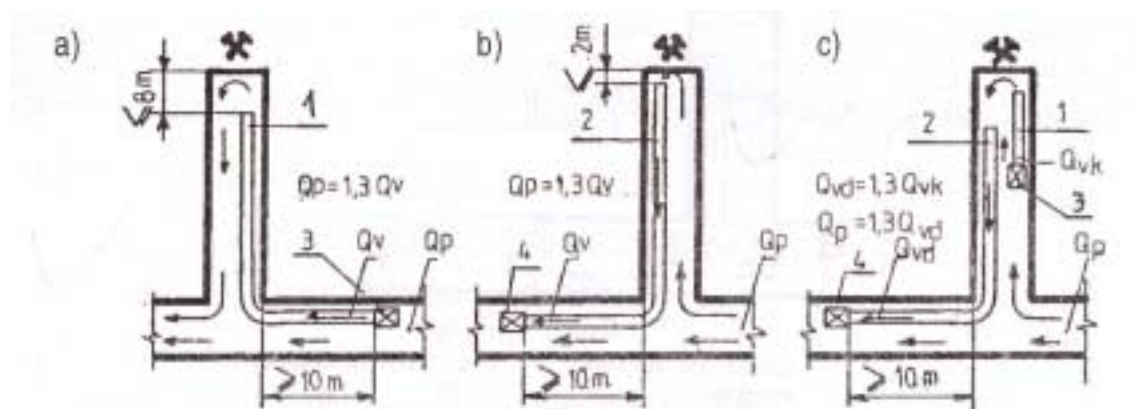
Določitev načina separatnega prezračevalnega obsega:

- določitev lokacije naprav in instalacij separatnega prezračevanja,
- izračun potrebnih količin zraka na delovišču,

- izračun potrebnih količinskih zmogljivosti ventilatorjev glede na izgube zraka zaradi netesnosti cevovodov,
- izbiro premera cevi glede na dolžino cevovoda, velikost lokalnih uporov in glede na prostorske možnosti v jami,
- izračun potrebnega padca tlaka, upoštevajoč količino zraka in velikost linearnih in lokalnih uporov v odvisnosti od dolžin cevovodov, premerov cevi, števila kolen različnih kotov ipd.
- izbiro ventilatorja ali več ventilatorjev glede na potrebno razliko tlakov za premagovanje uporov in glede na skupno, t.j. potrebno in količino izgub zraka,
- izračun količin zraka v prostorih, kjer so ventilatorji vgrajeni.

Separatno prezračevanje slepih jamskih prostorov je lahko glede na način delovanja ventilatorjev kompresijsko, depresijsko ali kombinirano.

Zaradi preprečevanja cirkulacije izrabljenega zraka, mora biti pretočna količina Q_p večja za najmanj 30 % od ventilatorjev in količina depresijsko delujočega ventilatorjev Q_{VD} pri kombiniranem prezračevanju; najmanj za 30% večja od količine kompresijsko delujočega ventilatorja Q_{VK} .



Slika 7/5: Separatno prezračevanje slepih jamskih prostorov:

a) kompresijsko, b) depresijsko, c) kombinirano

Vir: Hace, 1986, str. 25

Zračilne cevi za depresijsko zračenje morajo biti toge, kar pomeni, da jih zaradi depresije pri uporabi ne sme stisniti. Zračilne cevi za kompresijsko zračenje pa so lahko tudi povsem stisljive, iz ustrezne plastične armirane folije, ker jih oblikuje nadtlak zraka v cevovodu. Ventilatorji za separatno prezračevanje so lahko na električni, pnevmatski, hidravlični in na kombiniran pogon, glede na način ustvarjanja razlik zračnega tlaka so lahko centrifugalni ali aksialni, glede na namestitev pogonskega motorja pa z notranjim ali zunanjim motorjem. Ventilatorji za uporabo v metanskih jamah morajo biti izdelani v eksplozijsko varni izvedbi, tako kot mehanski (neiskreči materiali), tako tudi elektro del. Separatno prezračevanje v metanskih jamah mora biti praviloma kompresijsko, in sicer iz dveh razlogov:

- Curek zraka iz kompresijskega cevovoda povzroča močno turbulentno gibanje ozračja na delovišču in tako mnogo učinkoviteje preprečuje gravitacijsko ločevanje plinov (nastajanje metanskih pasov), kot zračni tok pri depresijskem zračenju.

- Zaplinjeni slepi prostor najlažje prezračimo s kompresijsko delujočim ventilatorjem, pri depresijskem zračanju pa moramo biti za ta namen opremljeni z ventilatorji z zunanjim motorjem oz. ventilatorji, ki so prirejeni za transport eksplozivnih snovi.

7.8 VENTILATORJI

Ventilatorji so turbinski stroji, katerih delovanje povzroča nastanek razlike zračnih tlakov in s tem gibanje oz. transport zraka. V rudarstvu jih uporabljamo za glavno jamsko zračenje oz. vzpostavljanje pretoka zraka skozi jamo in za separarno prezračevanje oz. cevni transport zraka v slepe jamske prostore. Glede na način ustvarjanja tlačne razlike ločimo centrifugalne ali radialne in aksialne ventilatorje.

Za glavno jamsko zračenje so v rabi aksialni in centrifugalni ventilatorji. Slednji so v primerjavi z prvimi precej neprilagodni, zato se za separarno prezračevanje slepih jamskih prostorov uporabljajo predvsem lažji in ob enaki zmogljivosti manjši aksialni ventilatorji, saj je le-te v jami treba pogodbo predstavljati, pa tudi prostora skoraj nikoli ni dovolj.

Po uporabnih lastnostih razvrščamo ventilatorje za glavno jamsko zračenje v skupine (*povzeto po Hace, 1986, str. 88*):

Glede velikosti tlačne razlike ločimo:

- ventilatorje depresije do 1000 Pa,
- ventilatorje srednje depresije do 1000 do 3000 Pa in
- ventilatorje visoke depresije nad 3000 Pa.

Glede količine zraka ločimo:

- - ventilatorji majhne zmogljivosti do 2000 m³/min
- - ventilatorji srednje zmogljivosti do 2000 do 6000 m³/min
- - ventilatorji visoke zmogljivosti nad 6000 m³/min

Glede stopnje izkoristka ločimo:

- nizko ekonomične ventilatorje z izkoristkom do 40%,
- srednje ekonomične ventilatorje z izkoristkom od 40% do 70% in
- visoko ekonomične ventilatorje z izkoristkom nad 70%.

Glede konstrukcije ločimo:

- centrifugalne z enostranskim ali dvostranskim vsesavanjem zraka z usmerjevalnimom ali brez usmerjevalnika in
- eno ali dvostopenjske ter reverzibilne ali nereverzibilne aksialne ventialtorje.

Glede lokacije vgradnje ločimo:

- - površinske depresijsko ali kompresijsko delujoče in
- - podzemeljske depresijsko-kompresijsko delujoče ventilatorje

Glede namena ločimo:

- glavne ali pomožne ventilatorje

Glede moči pogonskega motorja ločimo:

- ventilatorje s centralno nastavljamim kotom rotorskih lopatic,
- ventilatorje s posamično nastavljamim kotom rotorskih lopatic,
- ventilatorje z zvezno regulacijo števila obratov rotorja in
- ventilatorje s stopenjsko regulacijo števila obratov rotorja.

Glede protieksplzijske zaščite ločimo:

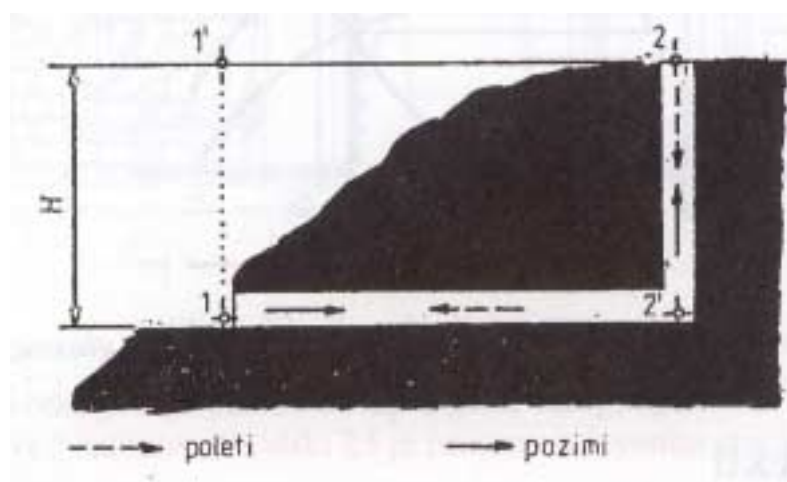
- nezaščiteno izvedbo,
- eksplozijsko varno izvedbo,
- eksplozijsko varno izvedbo za transport eksplozivnih medijev

7.9 NARAVNA DEPRESIJA

Naravna depresija je razlika zračnih tlakov med vstopno in izstopno odprtino jame in nastane zaradi:

- različnih toplotnih, plinskih in parnih stanj atmosferskega in jamskega zraka in
- različnih nadmorskih višin lokacije vstopne in izstopne odprtine jame.

Pozimi je zunanji zrak hladnejši kot jamski, zato je zunanji steber zraka med točkama 1' in 1, težji od jamskega stebra med točkama 1 in 2'. Posledica tega je manjši tlak v točki 2' od tlaka v točki 1 in gibanje zraka od točke 1 proti točkama 2' in 2. Zrak namreč vedno teče od mesta z višjim tlakom k mestu z nižjim tlakom. Poleti je stanje obratno, ker je steber 2-2' težji od stebra 1'-1.



Slika 7/6: Smeri gibanja zraka zaradi naravne depresije

Vir: Hace, 1986, str. 35

7.10 ZRAČILNI OBJEKTI

Zračilni objekti so pregrade, s katerimi razpeljujemo zračne tokove skozi vse pretočno prezračevanje jamske prostore. Vgrajujemo jih v kratkostične jamske prostore, t.j. prostore, ki povezujejo vstopno in izstopno zračilno območje. Nadalje so zračilni objekti tudi regulacijske pregrade z nastavljamimi velikostmi pretočnih odprtin, s katerimi nastavljamo potrebne

količine zraka v jamskih prostorih, in zračilni mostovi, s katerimi vodimo vstopni in izstopni zračni tok skozi eno in isto križišče.

7.11 MERITVE ZRAČILNIH PARAMETROV

Z meritvami zračilnih parametrov določamo osnove za projektiranje (upore jamskih prostorov, upore zračilnih instalacij, karakteristike ventilatorjev ipd.) in kontroliramo parametre zračilnega sistema (razdelitev količin zraka, vlažnost zraka, hitrost zraka, depresije, stabilnost itd.).

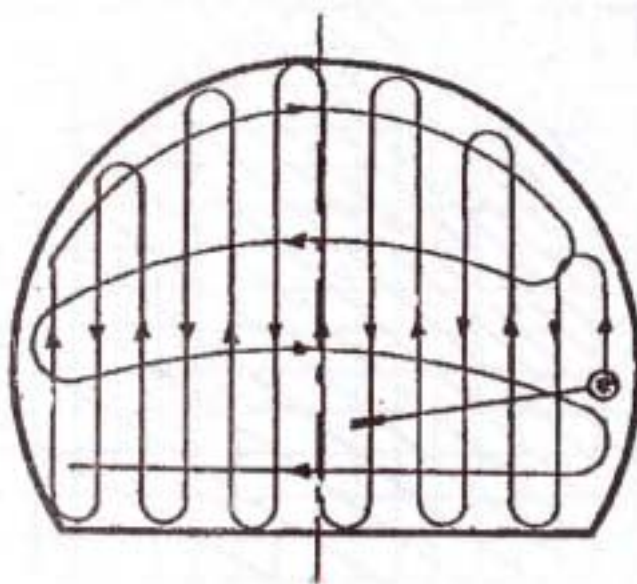
7.11.1 Temperatura

Temperaturno stanje zraka moramo poznati pri določanju klimatskih delovnih razmer oz. efektivne temperature, vlažnosti zraka, stopnje razvoja požarnih procesov, korekcije merilnih instrumentov ipd. Temperaturo merimo s termometri najrazličnejših konstrukcij in principov delovanja, v rudarstvu so najpogostejši živosrebrni termometri, živosrebrni globus termometri ter infrardeči in termistorski termometri.

7.11.2 Hitrost zraka

Hitrost gibanja zraka moramo poznati predvsem pri določanju količin zraka v jamskih prostorih, ceveh in ventilatorjih, za ocenjevanje klimatskih delovnih razmer, kontrolo usklajenosti obstoječih hitrosti s predpisi, določenimi največjimi in najmanjšimi dovoljenimi vrednostmi in za določevanje dinamičnih tlakov.

Hitrost zraka merimo z merilniki hitrosti zraka, delujočimi na osnovi najrazličnejših predpisov. Za merjenje srednjih hitrosti zraka v jamskih prostorih so zelo primerni krilni anemometri, pri katerih zračni tok povzroča vrtenje rotorja s krilci (vetrnice). Hitrost zraka prikaže števec obratov, ki je umerjen v m/min ali m/s.



Slika 7/7: Shematski prikaz vodenja anemometra po pretočnem prerezu jamskega prostora

Vir: Hace, 1986, str. 38

7.11.3 Absolutni statični ali barometriški tlak zraka

Barometriški tlak zraka oz. njegove vrednosti potrebujemo za določevanje gostote zraka, določevanje vlažnosti zraka, za korekcijo analiz ali meritev plinskih koncentracij, za posredno določevanje razlik tlakov pri pretakanju zraka skozi jamske prostore ali zračilne instalacije.

Za merjenje barometriškega tlaka uporabljamo živosrebrne in aneroidne barometre različnih konstrukcij in natančnosti.

7.11.4 Razlika tlakov in dinamični tlak

Razlike tlakov moramo poznati pri določevanju karakteristik in obratovalnih točk ventilatorjev, upornosti jamskih prostorov, instalacij, zračilnih objektov ipd. v zračilnem sistemu, dinamični tlak pa za določanje hitrosti zraka in pri posrednem in neposrednem določanju depresij za premagovanje uporov.

7.11.5 Površine pretočnih prerezov jamskih prostorov in cevi

Za izračun količin zraka moramo razen hitrosti zraka poznati še velikosti površin pretočnih prerezov. Pri prerezih pravilnih geometrijskih oblik je določevanje enostavno, kar velja za zračilne cevi, obzidane ali betonske kanale, ventilatorje, podgrajene nove oz. nedeformirane jamske prostore ipd.

7.12 JAMSKI POŽARI

Glede na osnovni vzrok nastanka požara jih delimo na požare endogenega in požare eksogenega izvora. Pri požarih endogenega izvora gre za vžig oz. samovžig mineralne substance z notranjo toplotno energijo, ki jih povzroča toplota, sproščena ob vezavi s kisikom iz ozračja. Pri eksogenih požarih pa gre za zunanje toplotne izvore, kot so npr.: odprt plamen rudarskih svetilk, cigaretne vžigalnikov in vžigalnih vrvic, aparatov za avtogeno varjenje, toplotna energija eksplozij metana, premogovega prahu ali sredstev za razstreljevanje ob nepravilni uporabi, toplotna energija zaradi trenja strojnih elementov pokvarjenih ali nepravilno delujočih strojnih naprav, toplotna energija, sproščena v elektro napravah in instalacijah, toplotna energija, nastala pri rezanju, varjenju in brušenju itd.

7.12.1 Preventivni ukrepi zoper jamske požare

S preventivnimi ukrepi preprečimo nastajanje jamskih požarov še pred začetkom razvoja nevarnih oksidacijskih procesov ali pa pričetni razvoj le-teh prekinemo dovolj zgodaj.

7.12.1.1 Preventivni ukrepi zoper jamske požare eksogenega izvora

Za eksogene požare je značilno nepričakovano pojavljanje in nagel razvoj, zaradi česar preventivni ukrepi preprečujejo predvsem nastajanje eksogenih toplotnih virov. Ti ukrepi so (povzeto po Reberčnik, 2004):

- prepoved kajenja,
- prepoved uporabe odprtega plamena,
- poostren nadzor pri obdelavi kovin,

- odstranitev ali omočenje gorljivih materialov z mesta obdelave kovin,
- neprekinjena kontrola prisotnosti metana na mestu obdelave kovin,
- kontrola mesta obdelave kovin po končanem delu,
- obdelava kovin v času, ko je v jami najmanj ljudi itd.,
- kvalitetno prezračevanje jamskih prostorov,
- stalna kontrola prezračevanja jame, vključno s kontrolo koncentracij nevarnih plinov in nevarnega premogovega prahu,
- inertizacija sedimentiranega premogovega prahu s kamenim prahom,
- močenje premogovega prahu z vodo itd.,
- pravilno ravnanje z razstrelilnimi sredstvi pri transportu, skladiščenju, prenašanju in uporabi,
- uporaba eksplozijsko varne opreme (atestirane) v metanskih jamah z nevarnim premogovim prahom,
- redno vzdrževanje in pregledovanje strojnih naprav,
- redno vzdrževanje in pregledovanje elektro naprav in instalacij,
- preventivna protipožarna vzgoja vseh v jami zaposlenih ljudi ipd.

7.12.1.2 Preventivni ukrepi zoper jamske požare endogenega izvora

Osnovni vzrok nastajanja požarov endogenega izvora je samovnetljivost mineralne substance v stiku s kisikom iz ozračja. Vse substance niso enako nagnjene k samovnetju. Razlike nagnjenosti k samovnetju pa obstajajo tudi v istih ležiščih mineralnih substanc (premoga ali sulfidnih rud). Samovnetljivost premoga je odvisna predvsem od njegovih kemijskih in petrografskih značilnosti, na nastajanje požarov endogenega izvora pa vpliva še cela vrsta naravnih in tehnoloških dejavnikov:

Naravni dejavniki so:

- mehanske lastnosti premoga,
- vsebnost vlage v premogu,
- geološke značilnosti ležišča (debelina sloja, tektonika, lastnosti prihrbine, nagib sloja, itd.)

Tehnološki dejavniki pa so:

- neprimerna odkopna metoda,
- odkopne izgube,
- neustrezno locirani jamski objekti,
- neustrezna likvidacija starih del,
- nepravočasna likvidacija starih del,
- pravočasno napredovanje odkopnih delovišč,
- neustrezno podgrajevanje jamskih prostorov,
- nepravilno lociranje zračilnih objektov in naprav,

- visoke depresije glavnega zračenja,
- nastajanje zruškov pri izdelavi in obnovi jamskih prostorov itd.

Naravnih dejavnikov, vključno s samovnetljivostjo premoga, ne moremo odstraniti, zato pa smo lahko toliko bolj učinkoviti pri odpravljanju tehnoloških dejavnikov in nsicer:

- z izbiro pravilne odkopne metode, glede na požarno ogroženost zaradi samovnetljivosti premoga,
- s čistim odkopavanjem,
- z izgradnjo jamskih objektov z ustrezni medsebojni oddaljenosti,
- s pravilnim in pravočasnim likvidiranjem starih del in nepotrebnih jamskih prostorov,
- z zapolnjevanjem opuščenih jamskih prostorov s tesnilnimi negorljivimi materiali,
- z ustreznim vodenjem odkopov (brez zastojev),
- s primernim podgrajevanjem jamskih prostorov,
- s pravilnim lociranjem prezračevalnih objektov in naprav,
- z izbiro pravilnega načina glavnega zračenja jame,
- s preprečevanjem nastajanja zruškov pri izdelavi in obnovi jamskih prostorov,
- z redno in vestno kontrolo ogroženih mest itd.

7.12.1.3 Ukrepi zoper razširitev požara

Razen preventivnih ukrepov zoper nastajanja eksogenih in endogenih jamskih požarov pa je v jamah treba ukrepati zoper katastrofalno razširitev požara, ki lahko kljub vsemu le nastane. Ti ukrepi so predvsem:

- zmanjševanje požarne obremenitve jamskih prostorov z rednim odstranjevanjem lahko gorljivih materialov (papirja, premogovega prahu, čistilne volne ipd.), uporabo transportnih trakov in cevi iz negorljivih oz. samougasljivih materialov, skladiščenjem čim manjših količin goriv ter maziv v jami itd.,
- preprečevanje zračnih preobremenitev jamskih prostorov (hitrosti zraka ne smejo presegati maksimalnih s predpisi dovoljenih vrednosti),
- uvedba avtomatskih sistemov za zgodnje odkrivanje razvoja nevarnih oksidacijskih procesov (merjenje koncentracij CO in dima)
- razdelitev jamskih območij na požarne oddelek in opremljanje s protipožarnimi pregradami,
- oprema jame s hidratnim omrežjem in drugimi sredstvi za gašenje požarov,
- oprema jame s sistemi za celotno ali samo lokalno reverziranje zračilnega sistema,
- organiziranje protipožarnih straž, predvsem v prostih dneh,
- organiziranje jamske reševalne službe.

7.12.2 Gašenje jamskih požarov

Požarni proces je mogoč le ob istočasni prisotnosti energetskega materialnega pogoja gorenja na istem mestu, t.j. zadostne količine toplote, gorljive snovi in kisika. Sredstva za gašenje požarov običajno delujejo na principu odvzema toplote ali kisika ali pa oboje hkrati. Sredstva za odvzem toplote imajo hladilni učinek, saj zaradi porabe požarne toplote znižujejo temperaturo oksidacijskega žarišča.

Izbira sredstev in metod gašenja požara je različna od primera do primera, odvisna pa je predvsem od:

- vrste požara glede na lastnosti gorečih snovi,
- razširjenosti in intenzitete požara,
- lokacije požarnega žarišča,
- dostopnosti požarnega žarišča,
- nevarnosti eksplozije premogovega prahu,
- nevarnosti eksplozije metana in požarnih plinov,
- nevarnosti porušitve zračilnega sistema zaradi morebitnih zarušitev jamskih prostorov,
- razpoložljivih sredstev in opreme itd.

Sredstva za zračenje in ukrepi v posameznih primerih požarov morajo biti določena z načrtom obrambe in reševanja, s katerim morajo biti seznanjeni vsi delavci. V primerih, ko požara ni možno pogasiti v začetni fazi z razpoložljivimi sredstvi po načrtu obrambe in reševanja, se mora sestati vodstvo reševanja in izdelati podrobnejši načrt za likvidacijo požara ter organizirati akcijo.

7.12.2.1 Principi gašenja

Za potek procesa gašenja je potrebna hkratna prisotnost gorljive snovi, zadostne količine kisika in zadostne količine toplote. Za prekinitev procesa gorenja zadošča eliminacija, enega od naštetih (energetskega ali materialnega). To pa je tudi osnovni princip delovanja sredstev in metod za gašenje požarov. Večina sredstev za gašenje deluje tudi kombinirano, kar povečuje njihovo učinkovitost.

Pri sredstvih in metodah gašenja ločimo, po klasifikaciji za praktične potrebe, naslednje osnovne učinke:

- razredčilni učinek,
- hladilni učinek,
- dušilni učinek,
- antikatalitični učinek.

Razredčilni učinek predstavlja odstranjevanje gorljivih snovi iz požarnega območja, kar lahko opravimo na več načinov: pri gašenju ognjev v premogu opravimo izkop ogretega in izsušenega premoga; pri gašenju gorljivih tekočin, ki se lahko mešajo z vodo, iste z vodo razredčimo; pri gašenju zemeljskega plina opravimo razredčitev s pomočjo eksplozije.

Hladilni učinek dosežemo z odvajanjem ali porabo toplote izgorevanja (požarne toplote).

Z odvajanjem toplote iz območja izgorevanja (požarnega območja) dosežemo znižanje temperature in s tem zmanjšanje hitrosti izgorevanja. Končni rezultat hladilnega učinka je prekinitev procesa izgorevanja zaradi padca temperature gorljive snovi pod njeno vnetišče.

Med vsemi gasilnimi sredstvi ima največjo hladilno sposobnost voda. Osnovni mehanizmi hlajenja so spremembe agregatnih stanj sredstev za gašenje (izparevanje, sublimacija ter disociacija in kemijski razkroj).

Dušilni učinek dosežemo s poružitvijo za izgorevanje potrebnega razmerja med gorljivo snovjo in kisikom. Potrebno razmerje med gorljivo snovjo in kisikom porušimo z najrazličnejšimi sredstvi in metodami gašenja. Z uvajanjem inertnih plinov v požarno območje znižamo koncentracijo kisika; pri izolaciji požarnih območij pride do zmanjšanja koncentracije kisika zaradi porabe pri izgorevanju in razvijanju požarnih plinov; pri prekritju žarišča s peno, peskom pride do ločitve gorljive snovi od kisika v ozračju.

Antikatalitični učinek je antioksidacijsko in antipirogeno delovanje sredstev za gašenje. Antioksidacijsko delovanje zavira potek reakcije med gorljivo snovjo in oksidantom, antipirogeno delovanje pa v večji ali manjši meri eliminira vpliv spremljajočih pojavov požarnega procesa (predvsem visokih temperatur) na njegov potek.

7.12.2.2 Gasilna sredstva in metode gašenja

Snovi, s katerimi prekinemo proces gorenja, imenujemo gasilna sredstva, način uporabe gasilnih sredstev ali druge načine prekinitve procesa gorenja pa metode gašenja.

Gasilna sredstva in metode gašenja morajo ustrezati naslednjim zahtevam:

- imeti morajo velik gasilni učinek,
- ne smejo biti škodljive zdravju,
- ne smejo škodljivo učinkovati na goreče snovi in ostale koristne materiale ter opremo v požarnem območju,
- pod vplivom vročine ne smejo razvijati strupenih snovi in gorljivih plinov,
- v stiku s plamenom ne smejo razpadati v kolikor to pomeni zmanjšanje gasilnega učinka
- vedno mora biti dosegljivo v večjih količinah,
- cena mora biti primerna učinkovitosti,
- manipulacija in uporaba morata biti enostavni,
- ne smejo ogrožati življenj delavcev, gasilcev ali reševalcev,
- uporabna naj bodo za gašenje čim več vrst gorečih snovi.

Seveda ni gasilnega sredstva, ki bi v celoti odgovarjalo vsem zahtevam, zato je zelo pomembna pravilna izbira gasilnega sredstva in metode gašenja. Nepravilno izbrano sredstvo je pri gašenju neučinkovito, povzroča pa lahko tudi najrazličnejše nevarnosti (razširitev požara, eksplozijo, porušitev konstrukcij). Pri izbiri gasilnega sredstva in metode gašenja moramo upoštevati poleg vrste goreče snovi tudi: lokacijo gorenja, velikost požarnega prostora, požarno obremenitev požarnega prostora, intenziteto požarnega procesa, dostopnost

požarnega prostora ali žarišča, prisotnost gorljivih jamskih ali požarnih plinov, prisotnost elektrostrojnih naprav.

Za gašenje jamskih požarov uporabljamo danes predvsem naslednja sredstva:

- vodo,
- prah,
- ogljikov dioksid,
- zmes vode in glinastega peščenjaka,
- zmes vode in elektrofilterskega pepela,
- zmes vode in malt iz elektrofilterskega pepela,
- zmes vode in hidratiziranega apna,
- lahko zračno peno,
- srednjo zračno peno,
- srednjo zračno peno z dodatkom bentonita,
- srednjo dušikovo peno,
- srednjo dušikovo peno z dodatkom bentonita,
- težko zračno peno,
- težko zračno peno z dodatkom bentonita,
- težko dušikovo peno,
- težko dušikovo peno z dodatkom bentonita,
- tekoči dušik,
- plinasti dušik,
- pesek,
- izolacijsko peno,
- izolacijske objekte,
- izolacijske obloge.

Metode:

- izkop žerjavice in ogretega premoga,
- injektiranje požarnega območja z najrazličnejšimi zmesmi vode in polnilnih materialov,
- zaplavljanje požarnega območja z vodo,
- zaplavljanje požarnega območja z najrazličnejšimi zmesmi vode in polnilnih materialov,
- izolacijo požarnega območja s protipožarnimi pregradami,
- izolacijo požarnega območja z izolacijskimi oblogami in injektiranjem,
- izravnavo razlik zračnih tlakov, učinkovitih na požarno območje,

- inertizacijo izoliranih požarnih območij z inertnimi plini,
- zapolnjevanje požarnih območij z izolacijsko peno,
- kombinacije nešteti metod in raziskav.

7.12.2.2.1 Voda

Sodi med najuporabnejša sredstva za aktivno gašenje požarov zaradi svojih lastnosti, dosegljivosti in ekonomičnosti zaradi zanemarljivo nizke cene. Pri gašenju je uporabna samostojno ali v kombinacijah z drugimi sredstvi za gašenje kot npr:

penami, raznimi zaplavnimi materiali, kjer pravzaprav predstavlja eno od komponent sredstva za gašenje. Voda ima med vsemi znanimi snovmi največjo specifično toploto in zaradi tega sposobnost sprejemanja velikih količin toplote, kar jo uvršča hkrati z veliko izparilno toploto med najuporabnejša sredstva za gašenje požarov, s hladilnim učinkom. Voda je uporabna za gašenje trdnih snovi, ni pa uporabna za gašenje vnetljivih tekočin, elektroinstalacij pod napetostjo in vrste kemikalij oz. snovi, ki pa za gašenje jamskih požarov niso pomembne.

Vodo bomo uporabili tudi povsod, kjer smo za preprečitev širjenja požara uporabili neko drugo sredstvo kot npr. prah ali lahko zračno peno, saj z istima v glavnem pogasimo plamen, medtem ko tlenje v žarišču še dolgo traja in lahko pride v primeru nakopičenja toplote in pristopa zraka do ponovnega vžiga.

Voda pa ima tudi negativne lastnosti:

- pri gašenju nedostopnih žarišč v premogovem stebru skozi vrtine, večina vode po najkrajši poti odteka brez učinkovanja na potek požarnega procesa,
- povzroča poškodbe elektrostrojnih naprav,
- povzroča poslabšanje montageoloških razmer,
- ovira delovanje transportnih naprav za odvoz premoga,
- obremenjuje odvodnjevalni sistem jame,
- pri gašenju gorečih tekočin tone na dno, gorenje na vodi plavajoče tekočine pa se nadaljuje.

7.12.2.2.2 Pena

Je izredno učinkovito gasilno sredstvo, ki je v mnogih primerih uporabnejša kot sama voda. Pena je večkomponentna tvorba v obliki mehurčkov proizvedenih na kemijski ali mehanski način.

Učinkovanje pri gašenju je delno dušilno in delno hladilno, vloga navedenih učinkov je variabilna in sicer v odvisnosti od vrste gorečih snovi. Pri gašenju tekočih snovi je pomembnejši dušilni, pri gašenju trdnih snovi pa hladilni učinek oz. efekt. Pri gašenju gorečih tekočin pena razpada, vodne kapljice tonejo v vročo tekočino, tam zaradi učinkov požarne toplote izparevajo ter tako reducirajo temperaturo, s tem pa tudi intenziteto izparevanja goreče tekočine s posledico omejevanja intenzitete požara; pri tem je pomembnejši dušilni efekt, do katerega pride zaradi dviganja vodne pare, nastale iz razpadle pene. Le ta ob dviganju odriva zrak in odvaja plinasto fazo od tekoče faze goriva, kar povzroči prekinitev požarnega procesa s posledico močnega padca temperature, ki omogoči prekritje celotne proste gladine goriva s peno in s tem dokončno pogasitev požara.

Na gasilno sposobnost pene vplivajo predvsem njene naslednje lastnosti: penilno število, stabilnost, razlivnost in drsnost, obstojnost pri visokih požarnih temperaturah in tlak.

Na izbor vrste pene glede vrednosti penilnega števila vplivajo predvsem lastnosti posamezne vrste pene in zahteve ter pogoji gašenja npr; težka pena je primerna za distančno gašenje s pomočjo topov, za tlačno vbrizgavanje v porušen premogov steber (zruški, stari deli odkopov), za tlačno vbrizgavanje v zatisnjene jamske prostore (porušene demontažne komore odkopov, porušeni jamski prostori zaradi požarov ali likvidacije) za zapolnjevanje manjših požarnih prostorov, ni pa primerna za zapolnjevanje večjih požarnih prostorov, saj zaradi nizke kapacitete naprav za proizvodnjo težke pene ni možno izvršiti učinkovite lokalizacije požara, zato bomo v takšnem primeru uporabili lahko ali srednjo mehansko peno.

Stabilnost pene mora biti tolikšna, da omogoča prekritje žarišča požara s peno in postopno izločanje vode katera opravlja hladilno funkcijo zaradi izparevanja.

Razlivnost in drsnost pene sta pomembni lastnosti pene predvsem pri gašenju gorečih tekočin v rezervoarjih, kjer mora pena po stenah rezervoarja drseti do gladine goriva in se zatem po njej razlivati proti centru. V primeru odsotnosti teh lastnosti bi morali peno metati na gladino goreče tekočine, kar pa bi intenziviralo požarni proces zaradi vzburkanja površinskega sloja goriva. Sposobnost razlivanja in drsenja pene je odvisna v glavnem od viskoznosti, površinskih napetosti, stabilnosti pene in obstojnosti na temperaturi.

Obstojnost pene pri visokih požarnih temperaturah je odvisna od intenzitete temperaturnega sevanja, penilnega števila in površinske napetosti mehurčkov, mora biti tolikšna, da pena ne razpada prehitro.

Tlak pene je odvisen od vrste uporabljene naprave za proizvodnjo pene in je izredno pomembna lastnost za gašenje požarov v jami, kjer se večina žarišč nahaja na nedostopnih mestih (v zruških, v starih delih odkopov, zatisnjenih prostorih, ...) in je za transport pene do žarišča požara potreben relativno visok tlak pene tudi do 5 barov, zaradi visoke uornosti instalacije za doziranje pene in visoke upornosti praznin v porušenem premogu.

7.12.2.2.3 Penilna sredstva

Kvaliteta zračne pene je v veliki meri odvisna od kvalitete uporabljenega penila.

Za izboljšanje lastnosti penil se dodajajo različne snovi npr.: za stabilnost saponin, za konzerviranje klorcink ali bakercink . Dobro penilo mora imeti naslednje lastnosti:

- dobro topnost v vodi,
- dobro izdatnost,
- uporabnost v slabih klimatskih razmerah,
- nevtralnost pri stiku z vodo,
- čim manjši korozivnostni učinek na kovine,
- nestrupenost,
- možnost dolgotrajnega skladiščenja,

- omogočati mora: zadostno stabilnost pene, obstojnost pene pri visokih temperaturah, lepljivost na vertikalne površine, razlivnost in drsnost.

Gasilni prah predstavlja zelo učinkovito sredstvo za gašenje požarov vseh vrst. Zaradi visoke gasilne učinkovitosti, netoksičnosti, električne neprevodnosti, korozivne neaktivnosti se v zadnjem času intenzivno uveljavlja tudi pri gašenju jamskih požarov. Prah ima pri gašenju nekaterih vrst požarov, zaradi hitre pogasitve in manjše škode, veliko prednost pred vodo.

Učinkovitost prahu je odvisna od kemičnega sestava in velikosti prašnih zrn, ugodnejši je kemični sestav in manjša so zrnca prahu, večja je njegova gasilna učinkovitost.

Glede na kemični sestav ločimo več vrst prahu za gašenje:

- na osnovi natrijevega bikarbonata,
- na osnovi kalijevega bikarbonata,
- na osnovi amonijevega fosfata,
- na osnovi kalijevega sulfata.

Mehanizem gašenja s prahom zaradi kompleksnosti še danes ni povsem pojasnjen. Predstavlja ga več efektov, med katerimi so najpomembnejši:

- odvajanje toplote v okolico ter s tem zmanjšanje temperature goreče snovi,
- prekinjanje reakcije gorenja zaradi prenosa dela energije gorečih snovi na prašne delce,
- dušenje zaradi preprečevanja pristopa kisika do s prahom prekrите gorljive snovi,
- dušenje zaradi preprečevanja pristopa kisika do, s produkti termičnega razpada prahu prekrите gorljive snovi.

Glavna pomanjkljivost gasilnih praškov je slaba hladilna sposobnost, zato ga večkrat uporabljamo v kombinaciji s peno in vodo. S prahom pogasimo plamen, s peno in vodo pa preprečujemo ponovni vžig ter hladimo njegovo okolico.

Uspeh gašenja z gasilnim prahom je odvisen od:

- količine in vrste gasilnega praška,
- turbulence prašnega curka in udarne moči tega,
- časa prekrivanja goreče površine,
- kompaktnosti oblaka prahu,
- velikosti prašnih delcev.

Glede na klasifikacijo požarov oz. ustreznost za gašenje določenih vrst požarov nosijo praški oznake: A, B, C, D, E in SV. Če pa je prah ustrezen za gašenje več vrst požarov, nosi sestavljeno oznako, npr.: BCE, ki pomeni, da lahko z njim gasimo požare vnetljivih tekočin, plinov in električnih naprav. Za gašenje jamskih požarov so najprimernejši praški z oznako ABCDE.

Opremo za gašenje s prahom predstavljajo ročni in prevozni aparati, stabilne avtomatske ali polavtomatske naprave, v zadnjem obdobju pa v rudarstvu tudi ventilatorji z dozatorji in cevmi. Vse naprave za gašenje s prahom, razen ventilatorskih naprav ali manjših ročnih aparatov pod stalnim tlakom, so sestavljene iz naslednjih osnovnih delov:

- tlačne posode za prah (rezervoarja),
- tlačne posode za pogonski plin,
- cevi za transport prahu,
- šobe za usmerjanje prahu pri gašenju,
- mehanizma za aktiviranje aparata oz. naprave, ki je pri ročnih in prevoznih aparatih ročno ter pri stabilnih napravah avtomatsko, ročno ali kombinirano.

Delovanje teh naprav je v bistvu enako: ob aktiviranju sprostimo pogonski plin, ki z močnim tlakom iztisne prah iz posode skozi transportno cev in šobo. Hkrati s prahom izteka iz posode tudi pogonski plin kar olajša transport prahu skozi cev in povzroča zahtevano turbolenco prahu pri iztekanju skozi šobo ali pri stabilnih napravah skozi več šob.

7.12.2.2.4 Ogljikov dioksid

Ogljikov dioksid je plin brez in vonja ima kisel okus, je negorljiv in ne sodeluje v procesu gorenja, zaradi česar sodi med inertne pline. Za gašenje se uporablja v plinasti, snežni in aerosolni obliki. Pri gašenju učinkuje dušilno, ker s svojo prisotnostjo zmanjšuje koncentracijo kisika v ozračju.

Pri gašenju ima ogljikov dioksid naslednje lastnosti:

- popolnoma izpari in za večino tudi najobčutljivejših snovi nima škodljivega učinka,
- ne prevaja električnega toka in ga zato lahko uporabljamo za gašenje požarov električnih naprav, izredno primeren je za gašenje dragocenih in zelo občutljivih električnih in elektronskih naprav,
- uspešno gasi požare tekočin in plinov,
- primeren je za inertizacijo ozračja v izoliranih jamskih požarnih prostorih.

Slabe lastnosti pa so naslednje:

- pri gašenju začetnih požarov gorljivega prahu (npr. premogovega), lahko tega s curkom CO₂ zburkamo in s tem povzročimo razširitev požara,
- neuspešen je pri gašenju snovi iz katerih se pri gorenju sprošča kisik in snovi, ki reducirajo CO₂ v CO,
- gasilna učinkovitost je omejena na manjši prostor kot pri drugih gasilnih sredstvih,
- v zaprtih prostorih je nevaren za zdravje in življenje prisotnih.

Kljub navedenim slabim lastnostim je primeren za uporabo v jami in sicer:

- za gašenje požarov električnih transformatorskih postaj,
- za gašenje požarov lokomotiv na pogon z motorji na notranje izgorevanje,
- za inertizacijo ozračja v izoliranih požarnih prostorih.

Na tržišču dobimo tekoči dioksid v jeklenkah pod visokim tlakom, ter v trdni fazi (suhi led) v posebnih toplotno izoliranih posodah (kontejnerjih). Naprave za gašenje z ogljikovim dioksidom so lahko ročne, prevozne in stabilne.

7.12.2.2.5 Dušik

Dušik je plin brez, vonja in okusa. Je negorljiv, ne sodeluje v procesu gorenja in pri koncentracijah nad 79% znižuje koncentracijo kisika v ozračju. Zaradi tega sodi prav tako kot ogljikov dioksid med inertne pline, primeren za gašenje požarov. Dušik nastopa v plinastem, tekočem in trdnem agregatnem stanju; pri gašenju jamskih požarov ga uporabljamo v plinasti in tekoči obliki:

- v plinasti obliki, kadar potrebujemo samo njegov dušilni učinek in kadar ga uporabljamo kot plinsko fazo mehanske pene,
- v tekoči fazi, kadar potrebujemo poleg njegovih dušilnih efektov tudi njegov hladilni efekt.

Potrebna količina dušika za pogasitev požara je odvisna od vrste faktorjev med katerimi so najvplivnejši:

- velikost požarnega prostora,
- tesnost izoliranega požarnega prostora,
- učinkovitost izolacijskih oblog pri nedostopnih požarih, v normalno prezračevanih jamskih prostorih (progah, odkopih),
- režim prezračevanja požarnega območja ali prostorov ob požarnem območju (količina zraka in razlike zračnih tlakov),
- razširjenost oz. intenziteta požarnega procesa.

Inertni plinasti produkti izgorevanja tekočih goriv so izredno učinkovito sredstvo za gašenje požarov in preprečevanje eksplozij plinastih produktov gorenja in eksplozivnih jamskih plinov v izoliranem požarnem območju.

Inertni plini, ki nastajajo pri izgorevanju letalskega bencina v generatorjih inertnih plinov, imajo pri gašenju dušilni učinek, ter pred ostalimi inertnimi plini v plinasti fazi to prednost, da jih lahko v zelo kratkem času proizvedemo izredno veliko količino.

7.12.2.3 Izolacija jamskih požarov

Večje jamske požare, katerih ne moremo pogasiti z znanimi aktivnimi metodami, pogasimo z izolacijo, zaprtjem požarnega območja s protipožarnimi pregradami.

Protipožarne pregrade vgradimo v vseh prostorih požarnega območja, ki so povezani z aktivnimi jamskimi prostori. Na ta način prekinemo prezračevanje požarnega območja in ogenj ugasne, ko porabi dovolj kisika iz ozračja požarnega območja.

Proces gašenja z izolacijo pa poteka hitreje v primerih ekshalacije jamskih plinov iz premoga, v neprezračeno požarno območje, saj ob tem koncentracija kisika hitreje pada.

Glede na možnost pojava eksplozivnih plinov v požarnem območju ločimo:

- izolacijo eksplozijsko neogroženega požarnega območja,
- izolacijo eksplozijsko ogroženega požarnega območja.

Pri izolaciji eksplozijsko ogroženih požarnih območij moramo biti veliko previdnejši, saj lahko pride že ob najmanjših nepravilnostih do eksplozije gorljivih požarnih plinov ali metana oz. mešanice obojega.

Predvsem ne sme priti v času izdelave izolacijskih objektov do sprememb prezračevalnega režima požarnega območja, kar moramo zagotoviti z zanesljivo kontrolo koncentracij plinov, količin zraka in smeri zračnih tokov, ter takojšnjim usklajenim ukrepanjem za vzpostavitev ponovne stabilnosti prezračevalnega režima v primerih porušitve iste.

Izolacija eksplozijsko ogroženih požarnih območij je v primerjavi z izolacijo eksplozijsko neogroženih požarnih območij enofazni postopek, ki poteka tako, da brez predhodne provizorne izolacije čim prej izdelamo solidne protipožarne pregrade za dokončno izolacijo požarnega območja na vseh mestih za zapiranje, ter jih po ugotovitvi primernih plinskih parametrov istočasno zapremo.

7.12.2.4 Izkop žerjavice in ogretega premoga

Izkop žerjavice in ogretega premoga je izredno enostavna in v primerih manjših, lahko dostopnih žarišč, tudi izredno učinkovita metoda, sestavljena iz naslednjih faz:

- izkop žerjavice in ogretega premoga,
- gašenje žerjavice in hlajenje ogretega premoga z vodo,
- hlajenje okolice žarišča v stebru z vodo ali injektiranimi zmesmi,
- odvoz pogašenega in ohlajenega premoga iz jame,
- dokončna sanacija požarnega območja z zapolnitvijo požarnih odprtih z negorljivim zrakotesnim materialom (najučinkovitejše so izolacijske obloge in injektiranje).

7.12.2.5 Zaplavljanje požarnega območja

Ločimo zaplavljanje nedostopnih žarišč v razpokah premogovega stebra, v starih delih odkopov ali zruških in zaplavljanje večjih požarnih območij z odprtim požarom. V prvem primeru gre za preventivnem injektiranju identični postopek, kjer voda s primesmi gasi ogenj, primesi same pa zapolnjujejo praznine v premogovem stebru in tako preprečujejo ponovna vnetja premoga.

V drugem primeru pa gre za potapljanje dela, včasih pa tudi cele jame in sicer, ko požara ni mogoče pogasiti z nobenim sredstvom oz. metodo, ali pa, ko drugih sredstev nimamo na voljo. Za zaplavljanje lahko uporabimo vodo iz vodovodnega omrežja, jamsko vodo iz odvodnjevalnega sistema ali vodo iz obstoječega zaplavnega sistema.

Potopitev jame ali dela jame običajni povzroči ogromno materialno škodo, zato se uporablja le izjemoma, kot edina možnost za pogasitev požara. Pri gašenju požarov v eksplozijsko zelo ogroženih jamah pa ima pred klasično izolacijo požarnega območja prednost zaradi možnosti distančne izvršitve brez ogrožanja zdravja in življenj ljudi.

7.13 JAMSKI PRAH

7.13.1 Splošno

Najdrobnejše delce koristnih mineralnih substanc in prihrbine, nastale pri jamskem pridobivanju koristnih mineralnih substanc, imenujemo jamski prah. Premeri teh delcev so manjši od 0.5 mm, imajo sposobnost lebdenja v zraku in sposobnost nabiranja na stenah in tleh jamskih prostorov, na površini elementov jamskega podporja, strojnih naprav ipd. Sposobnost lebdenja prahu v zraku je odvisna od velikosti prašnih delcev, prostorninske mase, oblike prašnih delcev, vsebine vlage in od temperature ter hitrosti jamskega zraka.

7.13.2 Nastajanje jamskega prahu

Jamski prah nastaja pri skoraj vseh fazah tehnološkega procesa pridobivanja in plemenitenja koristnih mineralnih substanc. Te faze so predvsem:

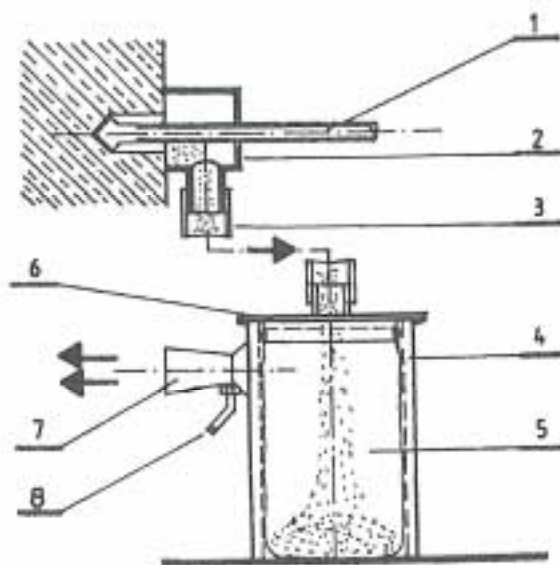
- vrtanje,
- razstreljevanje,
- mehanično pridobivanje (rezanje, skobljanje),
- nakladanje,
- transport,
- drobljenje,
- mletje in
- sejanje.

7.13.3 Preprečevanje zaprašenosti jamskih prostorov

- preprečevanje dviganja prahu ob nastanku,
- preprečevanje dviganja prahu pri nakladanju, transportu in prekladanju izkopanine,
- odstranjevanje prahu iz ozračja in prahu nabranega v jamskih prostorih,
- preprečevanje nastajanja prahu.

7.13.4 Preprečevanje dviganja prahu ob nastanku

a) Veliko prahu nastaja pri vrtanju. Najučinkovitejše sredstvo za preprečevanje dviganja prahu je pri vrtanju voda, ki priteka v vrtino skozi votli sveder, izteka pa po njej ob svedru ter pri tem omoči vse, tudi najdrobnejše delce izvrtine.

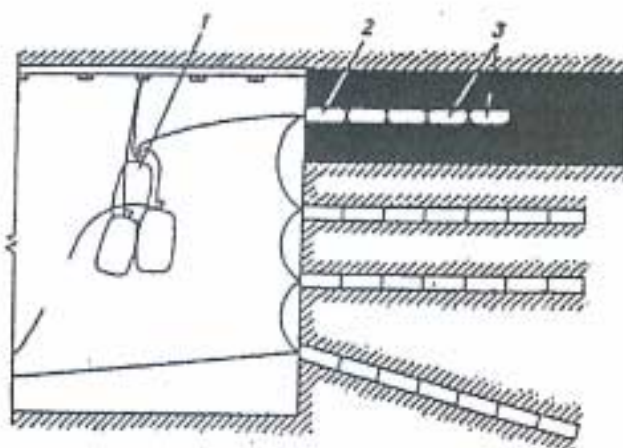


Slika 7/8 : Sesalni zbiralec prahu iz vrtine

Vir: Hace, 1986, str. 84

(1 - sveder, 2 - vrtinski nastavek, 3 - sesalna cev, 4 - ohišje zbiralca, 5-filtrska zbiralna vreča, 6-pokrov zbiralca, 7 - pnevmatski sesalec, 8 - dovod stisnjenega zraka)

b) Pri, ob razstreljevanju nastalem prahu je možno preprečiti dviganje in širjenje po jamskih prostorih na več načinov. Običajno so v rabi vodne zavese, lahka zračna pena, detonacijske vodne zavese in močenje delovišča pred razstreljevanjem.



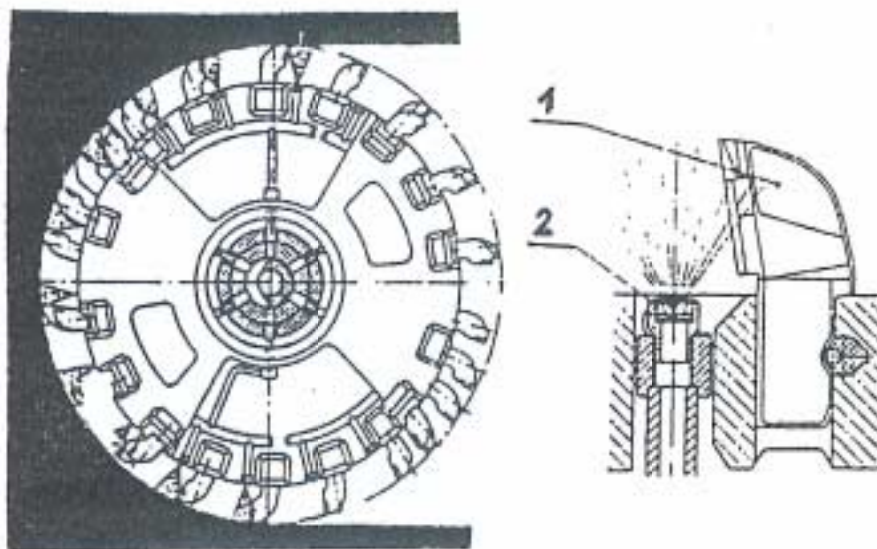
Slika 7/9: Detonacijska vodna zavesa

Vir: Hace, 1986, str. 87

(1 - vreča z vodo in razstrelivom, 2 - cevasta vrečka z vodo, 3 - razstrelivo, 4 - tokovodnik)

c) Veliko prahu nastane tudi pri strojnem pridobivanju koristne mineralne substance, pa tudi pri strojni izdelavi jamskih prostorov. Za preprečevanje dviganja prahu v teh primerih je

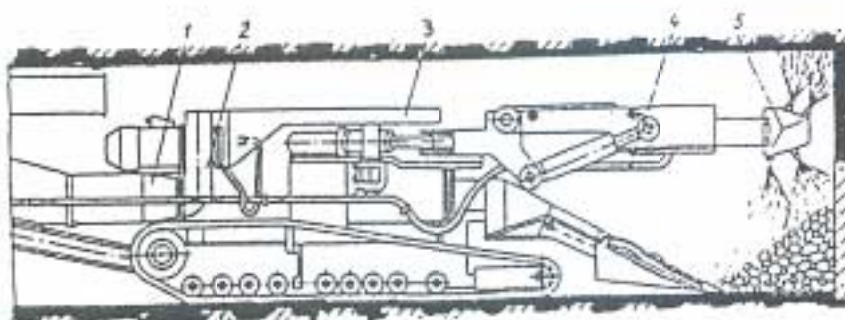
najbolj razširjena direktna uporaba vode, tj. močenje izkopenine skozi razpršilne šobe, nameščene na rezalnih organih strojev.



Slika 7/10: Namestitev razpršilnih vodnih šob na bobnu odkopnega kombajna

Vir: Hace, 1986, str. 90

(1 - rezalni nož, 2 - razpršilna šoba)

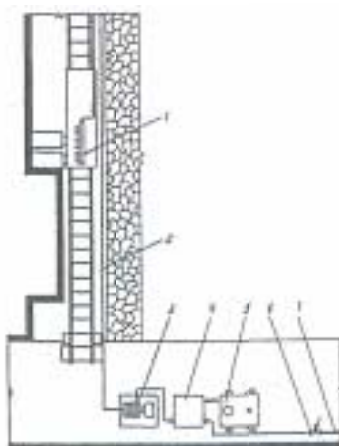


Slika 7/11: Kombajn za izdelavo jam. prog z vodovodno instalacijo in odpraš. napravo

Vir: Hace, 1986, str. 95

(1 - lovilec prahu, 2 - ventilator, 3 - sesalni nastavek, 4 - vodovodna cev, 5 - rezalna glava z razpršilnimi in vodnimi šobami)

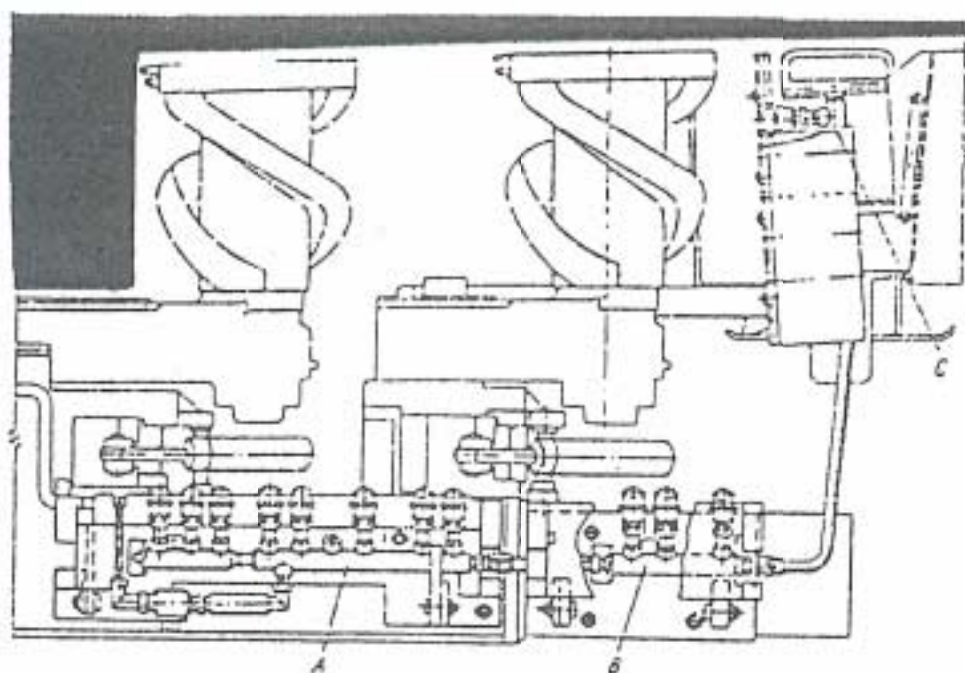
Na odkopih v nekoliko nagnjenih plasteh je možno zelo učinkovito uporabljati srednje težko zračno peno, ki duši dvigovanje prahu učinkoviteje kot razpršena voda, poleg tega pa sistem potrebuje manj vode.



Slika 7/12: Sistem za proizvodnjo srednje zračne pene za dušenje dviganja prahu

Vir: Hace, 1986, str. 97

(1 - blok penogeneratorjev, 2 - cevovod za penilno zmes, 3 - črpalka za penilno zmes, 4 – dozator penila (sesalni), 5 - rezervoar za penilo, 6 - elektromagnetni ventil, 7 - priključek vodovodnega omrežja)



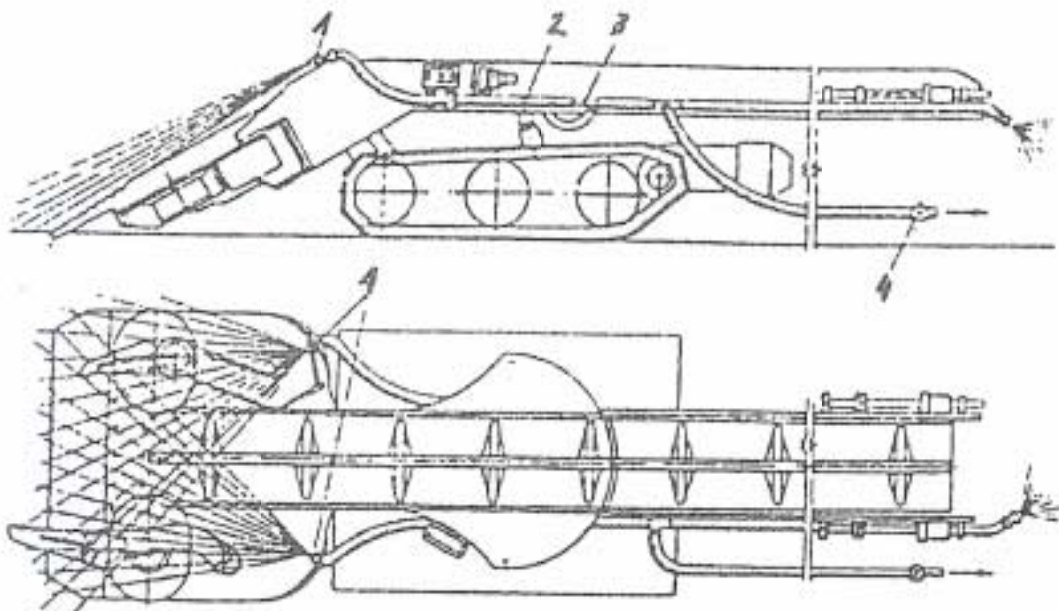
Slika 7/13: Namestitev penogeneratorjev na odkopnem kombajnu

Vir: Hace, 1986, str. 99

(A - blok z devetimi generatorji, B - blok s tremi generatorji, C-blok s petimi generatorji)

7.13.5 Preprečevanje dviganja prahu pri nakladanju, transportu in prekladanju izkopnine

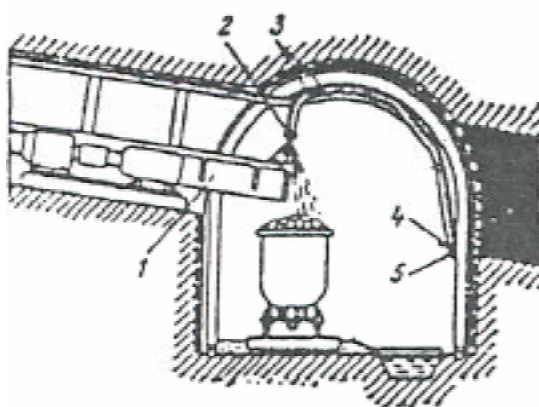
V tem primeru je najbolj razširjena uporaba razpršene vode, ki omoči prašne delce in tako prepreči dviganje in raznašanje prahu z jamskim zrakom.



Slika 7/14: Močenje izkopnine pri nakladanju s kontinuirnim ročičnim nakladalcem

Vir: Hace, 1986, str.101

(1 - razpršilne šobe, 2 - tlačni odcep, 3 - cevni razdelilec, 4 - ventil)



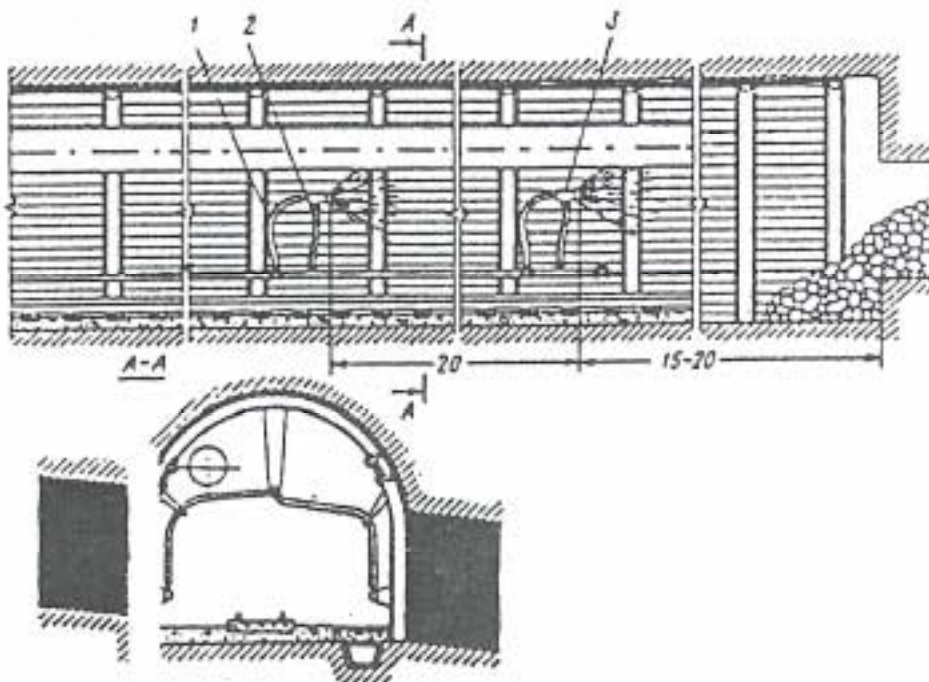
Slika 7/15: Močenje izkopnine pri prekladanju v voziček

Vir: Hace, 1986, str. 103

(1 - verižni transporter, 2 - razpršilna šoba, 3 - tlačni odcep vodovoda, 4 - ventil, 5 - vodovod)

7.13.6 Odstranjevanje prahu iz ozračja

Zprašeni jamski zrak odprašujemo na več načinov: vodne prhe - zavesa, odsesavanje in uničevanje prahu z vlaženjem v lovilcih itd.



Slika 7/16: Vodna zavesa s centralno nameščenimi razpršilnimi šobami

Vir: Hace, 1986, str. 107

(1 - odcep komprovoda, 2 - odcep vodovoda, 3-pnevmatski razpršilec vode)

7.13.7 Preprečevanje dviganja nabranega prahu v jamskih prostorih

Dviganje nabranega (usedlega) prahu je možno preprečiti z uporabo raznih soli (CaCl_2 ali MgCl_2) v obliki raztopine, s katero obrizgamo prašne površine. Sol veže prah in na površinah nastane nekakšna skorja, ki preprečuje dvigovanje prahu.

7.13.8 Preprečevanje nastajanja prahu

Nastajanje prahu lahko preprečimo z globinskim močenjem hribine pred izvajanjem rudarskih del. V ta namen uporabimo visokotlačne vodne črpalke, s katerimi potiskamo vodo skozi dolge vrtine v sloj.

7.13.9 Vpliv kemijske zgradbe premogovega prahu na njegovo eksplozivnost

Premogov prah z več kot 14 % hlapljivih sestavin (volatilov), preračunano na čisto premogovo substanco, je lahko eksploziven. Premogov prah z manj kot 14 % hlapljivih sestavin se sicer vname, ni pa eksploziven. Prav tako ni eksploziven premogov prah s 14 do 15 % hlapljivih sestavin in s 14 do 15 % pepela.

7.13.10 Vpliv finosti in sposobnosti lebdenja premogovega prahu na njegovo eksplozivnost

Finost in sposobnost lebdenja prahu v zraku sta bistvena pogoja za nastanek eksplozije. Prah, ki nima sposobnosti lebdenja ali vzvrtinčenja, ne more eksplodirati.

7.13.11 Vpliv količine premogovega prahu v zraku na njegovo eksplozivnost

Pogoj za nastanek eksplozije je poleg ostalih vplivov tudi količina prahu v zraku, ki pa je za različne vrste premoga in različne velikosti prašnih delcev različna. Pri premajhni količini je razdalja med delci prevelika za prenos eksplozijske energije in reakcija ne more steči. Pri preveliki količini pa v zraku ni dovolj kisika za popolno izgoranje vseh delcev, sproščena toplota pa ne zadošča za segrevanje odvečne količine prahu do vžigne temperature in tako se prekine reakcijski proces in do eksplozije sploh ne pride.

7.13.12 Vpliv vlage na eksplozivnost premogovega prahu

Vlaga v zraku in premogu bistveno vpliva na eksplozivnost premogovega prahu in na razširjanje eksplozije v jami, ker zmanjšuje njegovo sposobnost vzvrtinčenja (dviganja) in lebdenja v zraku, preprečuje dostop kisika do prašnih delcev in porablja toploto, sproščeno pri eksploziji.

7.13.13 Zunanji faktorji, ki vplivajo na eksplozivnost premogovega prahu

Zunanji faktorji, ki vplivajo na nastanek, moč in razširjanje eksplozije premogovega prahu, so predvsem: eksplozivne plinaste komponente jamskega zraka, inertne plinaste in trdne komponente jamskega zraka, vlažnost jamskih prostorov, temperatura ozračja.

7.13.14 Vžig premogovega prahu

Premogov prah se v jami vname zaradi toplotnih virov v obliki: jamskega požara, eksplozije metana, uporabe odprtega plamena (varjenje, rezanje, spajkanje kovin).

7.13.15 Preprečevanje eksplozije premogovega prahu

Osnovni in najpomembnejši način preprečevanja eksplozije premogovega prahu je preprečevanje nastajanja in dviganja prahu, odstranjevanje prahu iz jamskega ozračja, skratka, preprečevanje zaprašnosti jamskega zraka.

Če naštetih načini boja s premogovim prahom niso dovolj učinkoviti, pride v poštev inertizacija premogovega prahu z inertnim - kamenim prahom. Premogov prah ni eksploziven, če vsebuje manj kot 50 % gorljivih komponent. Kameni prah za inertizacijo premogovega prahu mora biti suh in tako droben, da lebdi v zraku kot premogov prah.

7.13.16 Preprečevanje širjenja eksplozije premogovega prahu

Za preprečevanje širjenja eksplozije premogovega prahu se uporabljajo vodne ali prašne zapore. Hkrati je možno uporabljati ali samo vodne zapore ali samo prašne zapore, zaradi tega ker voda zmanjša sposobnost lebdenja prahu, ki je nujno potrebna za učinkovitost kamenega prahu. V primeru uporabe vodnih zapor je potrebno postaviti glavne zapore v vstopnem in izstopnem zračnem toku odkopnega polja in samostojnega zračilnega oddelka, pa tudi pri odpiralnih in pripravljalnih delih v premogovi plasti.

7.14 POVZETEK

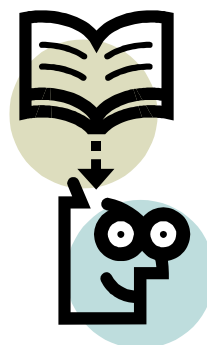


Zračenje in klimatizacija pomeni načrtno oskrbovanje podzemnih oziroma jamskih prostorov s svežim zrakom in ustvarjanje primernih klimatskih razmer za delo.

Klima se v podzemnih prostorih v marsičem bistveno razlikuje od podnebja na površini. Različnost klimatskih razmer pod zemeljsko površino od podnebnih razmer je izrazita predvsem v globokih rudnikih ter izvira iz lokacije in razprostiranja rudarskih del v globini zemeljske skorje oziroma iz tega izhajajoče daljše poti zajemanja atmosferskega zraka in odvajanja jamskega zraka. Svoje prispeva tudi stiskanje zraka zaradi globine, hribinska toplota in drugi tehnološki izvori toplote. Klimatske razmere so torej neposredno povezane z jamskim ozračjem, zato je za klimo v podzemnih prostorih primeren izraz jamska klima. Prav tako je potreben poseben pristop k izvajanju klimatizacije podzemnih prostorov, tako v tehnološkem procesu gradnje podzemnih prostorov kot pri podzemni eksploataciji.

7.15 VPRAŠANJA ZA OBNOVITEV ZNANJA

1. Navedi kemijski sestav atmosferskega zraka!
2. Opiši stalne pline v jamskem zraku!
3. Opiši lastnosti in vpliv ogljikovega monoksida (CO) na človeški organizem ter kako nastaja!
4. Naštej preventivne ukrepe zoper jamske požare!
5. Kaj je jamski prah in kako nastaja?



8 ODKOPNE METODE IN MEHANIZIRANO PRIDOBIVANJE

8.1 UVOD



Pri podzemnem pridobivanju mineralnih surovin uporabljamo različne tehnološke procese, ki so močno odvisni od velikega števila posebnih vplivov. Te vplive lahko razvrstimo v dve veliki skupini: **tehnične in ekonomske**.

V skupini tehničnih vplivov so najpomembnejši:

- rudarsko - geološke lastnosti nahajališča,
- oblika in dimenzije nahajališča,
- fizikalno - mehanske lastnosti nahajališča in okolice.

Najbolj ekonomično je **čisto odkopavanje**, kjer se pri nizkih proizvodnih stroških dosežejo najmanjše možne izgube koristne surovine.

Čisto odkopavanje:

- povečuje vrednost objekta (rudnika),
- podaljšuje življenjsko dobo rudnika,
- znižuje investicijske stroške na enoto nakopnine.

Pravo nasprotje čistemu in ekonomičnemu odkopavanju pa je **ropanje**, tedaj na hitro poberemo najbližje in najkvalitetnejše sloje mineralne surovine. Tako delo sicer da hitro potrebno surovino, ki je v začetnem trenutku cenena, slabosti pa se pokažejo kasneje kot:

- izgube koristne surovine,
- večji investicijski stroški na tono nakopnine,
- povečani pritiski,
- ogrevi,
- požari,
- visoko povečanje stalnih stroškov,
- skrajšanje življenjske dobe rudnika.

Takšno odkopavanje - ropanje - je po zakonu prepovedano.

Odkopavanje je glavni proizvodni proces, kjer se od skupne količine proizvodnje rudnika pridobi z odkopavanjem kar **70-95 %** mineralne surovine.

Način dela, ki si ga bomo izbrali za odkopavanje mineralne surovine, se imenuje **odkopna metoda**.

Glavno vodilo pri izbiri odkopne metode nam je potreba po določeni mineralni surovini. Zato moramo:

- nahajališče najti,
- ga raziskati in
- odkopati.

Najpomembnejši so dobri in podrobni podatki o nahajališču, ki jih analiziramo in na podlagi dobljenih spoznanj določimo pogoje za začetek izkoriščanja.

Osnovno vodilo pri oblikovanju jamske odkopne metode so trije faktorji, ki neposredno odločajo o odkopavanju in so med seboj povezani:



Te faktorje lahko pravilno ocenimo:

- a) s podatki o nahajališču,
- b) konkretnimi možnostmi odkopavanja,
- c) pogoji in preverjanjem pogojev za začetek izkoriščanja,
- d) različnostjo odkopnih metod od rudnika do rudnika,
- e) spreminjanjem odkopne metode in učinkovitosti z razvojem mehanizacije.

Glede na vse vplivne dejavnike, ki oblikujejo odkopno metodo, moramo izbrati odkopno metodo, ki zagotavlja:

- varno delo,
- stalno in ekonomsko upravičeno proizvodnjo,
- čimboljši izkoristek nahajališča,
- najmanjše odkopne izgube,
- možnost uporabe raznovrstne mehanizacije.

8.2 OKOLIŠČINE, KI VPLIVAJO NA IZBIRO ODKOPNE METODE

8.2.1 Rudarsko-geološki dejavniki

Poleg že naštetih okoliščin, ki vplivajo na izbiro odkopne metode, so najpomembnejši rudarsko-geološki dejavniki, to so tisti, ki jih proučujemo v zvezi z nahajališčem, njegovo lego, tektoniko, ostalimi geološkimi značilnostmi in s samim rudarjenjem, to je možnostmi pridobivanja in načini odkopavanja.

8.2.1.1 Velikost nahajališča in rudne zaloge

Velikost nahajališča in rudne zaloge sta dejavnika, ki vplivata na prihodnost in življenjsko dobo vsakega rudnika, narekujeta možen obseg pridobivalnih del in določata proizvodnjo, to je čas in količino odkopane rude, predvsem v časovno nekoliko daljšem obdobju.

8.2.1.2 Geofizikalne lastnosti nahajališča

Te lastnosti so bistvenega pomena za izbiro metode odkopavanja. Mehka in rušljiva nahajališča zahtevajo ozke in kratke odkope, trdnjša pa dovoljujejo široke odkope, s katerimi je proizvodnja bolj ekonomična.

8.2.1.3 Tektonika nahajališča

Goste porušitve, nepravilnosti, premiki, prelomnice ali rušna območja v sloju zahtevajo takšno odkopno metodo, ki se lahko prilagaja vsem tem dejavnikom, to pa v glavnem povzroči manjšo proizvodnjo, zapleteno mehanizacijo in veliko težav pri delu.

8.2.1.4 Lastnosti krovnine in talnine

Neposredne sloje nad jamskimi deli imenujemo strop, če so iz istega materiala, kakršen se odkopava, sicer pa jih imenujemo krovna oziroma talnina.

8.2.1.5 Debelina nahajališča in slojev

Način odkopavanja mora biti prilagojen tudi temu parametru. Tanki sloji se odkopavajo po vsej višini, debelejši pa v pasovih, oziroma etažah višine od 2 do 7 metrov in tudi do 15 metrov. Etaže so lahko nagnjene ali pa horizontalne.

8.2.1.6 Naklon nahajališča in slojev

Naklon nahajališča in slojev močno odloča o izbiri odkopne metode. Nahajališče, ki ima enake fizikalne lastnosti, enako debelino in enako prihribino, se bo odkopavalo popolnoma drugače, če je strmo, od nahajališča, ki je vodoravno ali blago nagnjeno.

8.2.1.7 Pojav eksplozivnih in drugače škodljivih plinov

Metoda odkopavanja mora zadostiti zahtevam po pravilnem zračenju delovišča in vseh jamskih prostorov, še posebej, če so v nahajališču za eksplozijo in zdravje nevarni plini.

8.2.1.8 Podvrženost k samovnetju

Ta se pojavlja v glavnem samo v premogovnikih, najbolj podvržen k samovnetju pa je premogov prah. Nahajališče, ki teži k samovnetju, je treba hitro in čisto odkopavati.

8.2.1.9 Vodonosnost slojev in okoliške hribine

Pod vodonosnostjo razumemo predvsem nevarnost vdora vode v jamske prostore, delovišča in proge. Vdori vode lahko nastanejo iz podzemnih akumulacij vode (podzemna jezera), iz površinskih tokov, jezer, morij in rek, atmosferne vode, predvsem v primeru nastajanja raznih razpok in deformacij površine in podzemlja zaradi vplivov odkopavanja. Posebno nevarni so vdori vode iz podzemnih akumulacij s tekočimi peski.

8.2.1.10 Pritisk na odkopu

Pritisk na odkopu je odvisen od lastnosti krovnine in talnine in od geofizikalnih lastnosti nahajališča.

8.2.1.11 Hribinski udari

Hribinski udar ali nenadna sprostitvev jamskega pritiska, ki povzroči hude deformacije jamskih prostorov in poškodbe podporja, je del splošnega problema pojavljanja jamskega pritiska.

8.2.1.12 Stopnja mehanizacije odkopavanja

Mehanizacija odkopavanja je neločljivo povezana z metodo odkopavanja. Predvsem je pomembno izbrati optimalno mehanizacijo glede na izbrano odkopno metodo, poleg tega pa tudi dobro analizirati dejavnike, ki onemogočajo ali omejujejo povečanje

stopnje mehanizacije. Ti dejavniki so predvsem asortiment in granulacija surovine ter njena nadaljnja predelava oziroma oplemenitenje.

8.2.2 Tehnično-ekonomski dejavniki

Tehnično-ekonomski dejavniki, ki vplivajo na izbiro odkopne metode, kažejo uspešnost uporabe kake odkopne metode proti drugim odkopnim metodam, in sicer po enakih kriterijih, odvisno od posamezne skupine odkopnih metod (*povzeto po Hrastnik, 1981, str. 66*).

Glavna dejavnika sta:

- produktivnost dela in
- proizvodni stroški.

Skozi ta dva najpomembnejša elementa se posredno izraža vpliv in dejstvo:

- intenzivnosti proizvodnje,
- koncentracije proizvodnje,
- mehanizacije dela.

Proizvodno-tehnološki sklop je med drugim pogojen tudi z:

- dimenzijami odkopne fronte,
- hitrostjo napredovanja odkopne fronte,

- obsegom proizvodnje na enoto časa,
- obsegom proizvodnje na proizvodno enoto.

8.2.2.1 Organizacijski dejavniki

Organizacija dela pri podzemnem izkoriščanju mineralnih surovin ima izredno pomembno vlogo za doseganje optimalnih tehnično-ekonomskih dejavnikov.

Pogoj za modernizacijo organizacije dela je sprememba kvalifikacijske strukture delavcev (višja izobrazba, specializacija za določena dela), organiziranje cikličnega in neprekinjenega proizvodnega procesa, povečanje stopnje mehanizacije in avtomatizacije. Dejavniki stimulacije, tako finančne kot moralne, je bistvenega pomena za izboljšanje in produktivnost dela.

Organizacija dela mora biti prilagodljiva za najrazličnejše pogoje, ki se pojavljajo pri delu, reševanje glavnih problemov pa mora biti vnaprej pripravljeno.

8.3 OSNOVNI KAZALCI UČINKOVITOSTI METODE ODKOPAVANJA

Kazalce razvrščamo v štiri osnovne skupine:

- konstruktivno,
- proizvodno,
- organizacijsko,
- ekonomsko.

V konstruktivno skupino spadajo kazalci o nahajališču:

- dolžina in širina odkopnega polja v (m) - horizontalna,
- dolžina in višina odkopne etaže za strma nahajališča v (m),
- dolžina odkopnega bloka v (m) in število odkopnih blokov,
- višina podetaže v (m) in število podetaž,
- dolžina odkopa v (m) v odkopnem revirju, polju, pasu ali stebri,
- oblika odkopa,
- skupna dolžina pripravnih prog,
- dimenzije zaščitnih stebrov.

Proizvodni parametri obsegajo podatke o tehnologiji dela:

- hitrost napredovanja odkopa (m/cm), (m/dan), (m/mes, m/leto),
- čas odkopavanja,
- proizvodna kapaciteta odkopa (t/cm, t/dan, t/mes, t/leto),
- specifična proizvodna kapaciteta (t/m/cm, t/dnino/cm),
- tehnološki proces odkopavanja - tehnične karakteristike vse vgrajene opreme,
- način vodenja krovnine,

- razmerje proizvodnja : priprava v (%),
- razmerje mehanizirano delo : nemehanizirano (%),
- koeficient priprave (m/1000 t),
- koeficient izkoristka rezerv,
- intenzivnost proizvodnje (produktivnost) (t/m x dan),
- proizvodni učinek (t/dnino),
- normativi porabe materiala in energije na tono proizvodnje.

8.3.1 Kazalci organizacije

Kazalci organizacije prikazujejo organizacijo dela na odkopu. V to skupino spadajo:

- splošne karakteristike organizacije dela na odkopih,
- število delovnih ciklusov v izmeni,
- število delovnih izmen na dan,
- ciklogram dela na odkopu za glavnimi in pomožnimi fazami,
- program dela na odkopu.

8.3.2 Ekonomski parametri

Ekonomika odkopavanja je najbolje prikazana s proizvodno ceno ene tone koristne surovine.

8.4 PORAZDELITEV ODKOPNIH METOD

Mnoge odkopne so si zelo podobne, imajo enake značilnosti, vse pa lahko na splošno porazdelimo v naslednje skupine (*povzeto po Salobir, 1988, str. 17*):

- po načinu ureditve (sanaciji) odkopnega prostora,
- po stopnji mehaniziranosti proizvodnega procesa,
- po debelini sloja, ki ga odkopavamo,
- po naklonu odkopavanega sloja,
- po dolžini odkopa (čela).

I. Po načinu ureditve odkopanega prostora poznamo odkopne metode:

- z zaruševanjem krovnine – rušenjem stropa,
- s polnim zasipom praznih prostorov – odkopanih prostorov,
- s puščanjem odprtih odkopov in zaščitnih stebrov,
- magazinske odkopne metode (postopki z začasnim skladiščenjem rude v jami.)

II. Odkopne metode delimo po stopnji mehaniziranosti proizvodnega procesa na:

- nemehanizirane (ročne),
- polmehanizirane (delna pomoč strojev),
- mehanizirane (večina dela opravijo stroji),
- avtomatizirane (minimalno število delavcev s pomočjo avtomatike vodi odkopavanje).

III. Debelina sloja vpliva na odkopno metodo. Odkopavamo lahko:

- zelo debele sloje,
- srednje debele sloje,
- tanke sloje,
- zelo tanke sloje.

IV. Naklon sloja je lahko:

- horizontalen ali rahlo nagnjen,
- srednje nagnjen,
- strm.

V. Po dolžini odkopa ločimo odkopne metode:

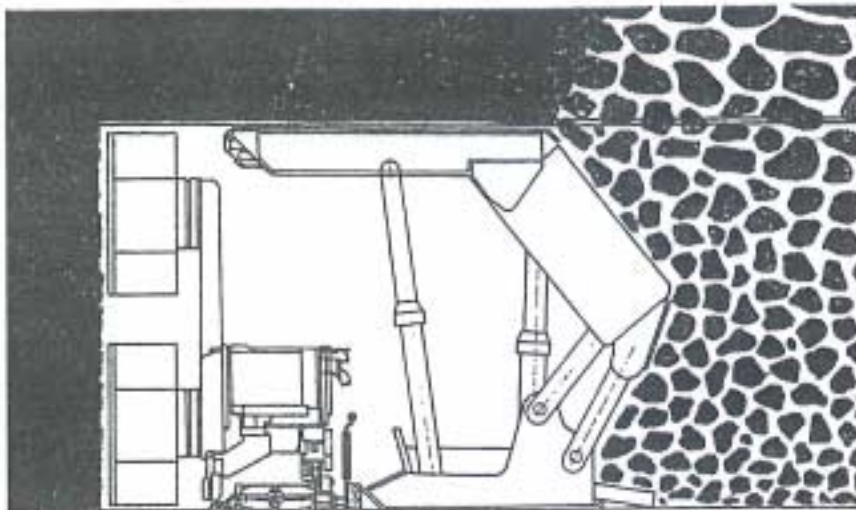
- s kratkim čelom,
- širokočelne,
- kombinirane.

8.4.1 Odkopne metode z zaruševanjem krovnine

Osnovna naloga pri reševanju jamskega pritiska je kontrolirano upravljanje s krovmino (krovninskimi plastmi in nanosi) in je sestavni del proizvodnega procesa. Ker vedno iščemo tak način proizvodnje, ki nam omogoča največjo tehnično in ekonomsko učinkovitost ter maksimalno varnost pri delu, se pri slojevitih nahajališčih, kamor v glavnem spadajo premogišča, največkrat odločimo za popolno zaruševanje krovnine.

Popolno zaruševanje krovnine v odkopani prostor je potrebno zaradi zmanjšanja pritiska na odkopno podporje, odkopni prostor in bližnje jamske proge.

Zaruševanje poteka v določenih časovnih intervalih po umiku ali premiku (zamiku) podporja v smeri odkopavanja. Proces zaruševanja korakoma spremlja napredovanje odkopa, s katerim je časovno in prostorsko usklajen.



Slika 8/1: Primer zaruševanja krovnine pri horizontalni koncentraciji

Vir: Hrastnik, 1981, str. 75

Pri teh odkopnih metodah se po izkopu koristne substance, kar imenujemo tudi rovni premog, nastali prazni prostori ne zasipavajo, ampak se zapolnjujejo s krovnimi plastmi in s starim delom zgornje, že odkopane etaže.

Prednosti teh odkopnih metod so:

- nižji proizvodni stroški odkopavanja,
- možnosti doseganja večje produktivnosti dela,
- neomejena možnost uvajanja posameznih vrst odkopne opreme in odkopne mehanizacije.

Pomanjkljivosti teh metod pa so:

- večje možnosti ogrevov in jamskega ognja,
- škodljivi vplivi odkopavanja na površini.

Razlikujemo tri vrste zaruševanja krovnine:

- I. prvo (primarno) zaruševanje,
- II. tekoče zaruševanje,
- III. drugo (sekundarno) zaruševanje.

I. Primarno (prvo) zaruševanje izvedemo takoj po oblikovanju odkopa, in sicer z miniranjem, ker je še premalo odprtega prostora, da bi v krovni nastal pritisk, potreben za zaruševanje.

II. Tekoče zaruševanje je utečen in neprekinjen proces, ki ciklično spremlja napredovanje odkopa.

Zaruševanje poteka takoj po premiku (zamiku) podporja, če pa je krovina trdna, si pomagamo z miniranjem.

Stopnjo zapolnitve pa lahko določimo, če poznamo koeficient raztresenosti krovine :

$$K_{rk} = \frac{V_o}{V} > 1 \text{ (povzeto po Salobir, str. 55, 1987)}$$

Kjer je:

K_{rk} - koeficient raztresenosti,

V_o - volumen zarušene krovine,

V - volumen cele krovine, ki znaša od 75 do 95 %.

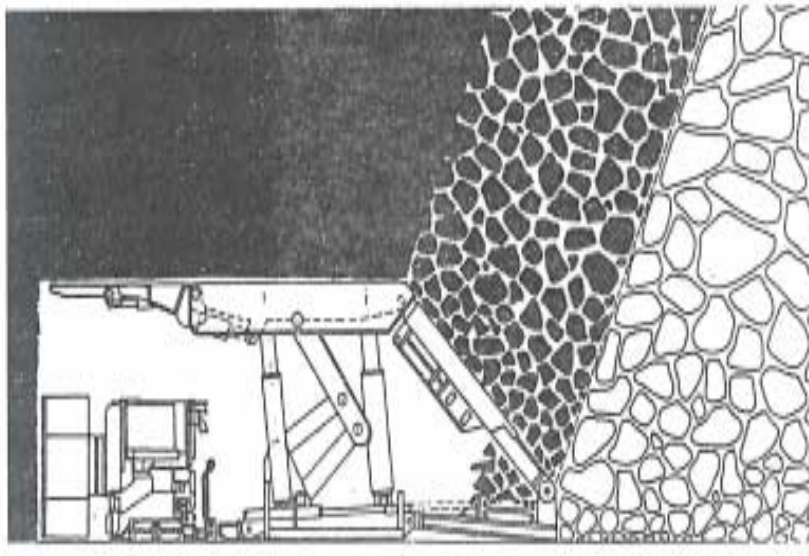
III. Sekundarno zaruševanje obsega zaruševanje krovine, ki se kasneje in težje zaruši. Pri tem si pomagamo izključno z miniranjem.

Pri odkopnih metodah z zaruševanjem krovine se najpogosteje uporabljata kratkočelna in širokočelna odkopna metoda, pač odvisno od lege, debeline in naklona sloja.

Pri teh dveh metodah pridobimo surovino po sistemu:

- horizontalnega pridobivanja (koncentracije),
- vertikalnega pridobivanja (koncentracije).

Med obema ima širokočelna metoda z vertikalno koncentracijo veliko bistvenih tehničnih in ekonomskih prednosti.



Slika 8/2: Primer zaruševanja

Vir: Hrastnik, 1981, str. 79

8.4.1.1 Horizontalno pridobivanje

Horizontalno pridobivanje ali horizontalna koncentracija je pridobivanje mineralne surovine samo iz podkopa v smeri napredovanja odkopa. Izberemo ga na podlagi lastnosti sloja, premoga, prihrbine, krovnine in talnine. Krovina se zaruši takoj za premikom sekcij.

Primerno je za odkopavanje tankih slojev in tudi debelih slojev, kadar odkop napreduje blizu nevarnih krovinskih plasti, ki so često vodonosne in lahko ogrozijo odkop.

Dobre lastnosti horizontalnega pridobivanja so:

- velika širina odkopa,
- hitro napredovanje odkopa,
- varno približanje nevarnim krovinskim plastem,
- preprostejše podporje,
- manjši pritiski na odkopu, ker se strop manj naruši in ker odkop hitro napreduje,
- potrebno je manj delovne sile.

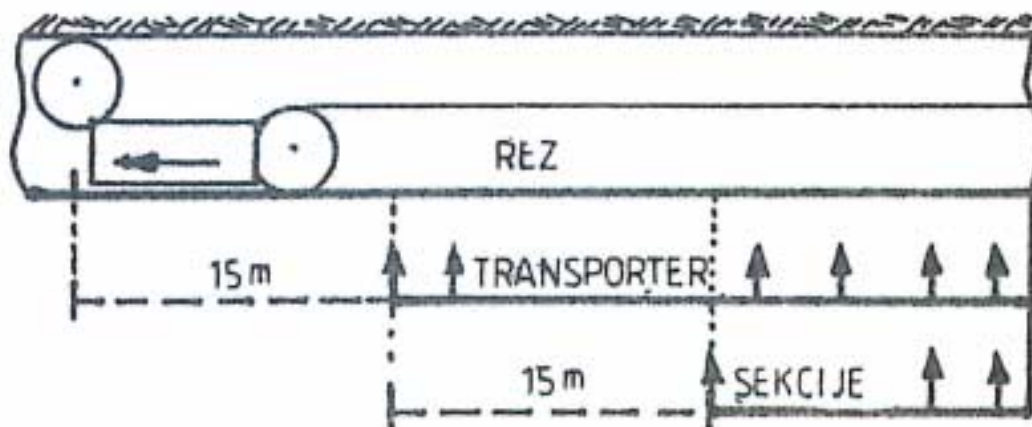
Slabe strani pa so:

- manjša proizvodnja v primerjavi z vertikalnim pridobivanjem,
- večje odkopne izgube,
- ne bistveno manjša obloženost odkopa z moštvom v primerjavi z enako dolgim odkopom vertikalne koncentracije,
- popolna odvisnost proizvodnje od kapacitete kombajna oziroma časa obratovanja kombajna.

8.4.1.2 Tehnologija odkopavanja

Glavne delovne operacije v tehnološkem ciklusu so:

- izdelava križišča na pogonski strani,
- izdelava križišča na povratni strani,
- zaključen rez vzdolž čela,
- zamik transporterja,
- zamik sekcij podporja.



Slika 8/3: Shema zamika transporterja in sekcij

Vir: Salobir, 1988, str. 84

8.4.1.3 Vertikalno pridobivanje

Značilnost odkopavanja z vertikalno koncentracijo je faza tehnološkega postopka, pri kateri pridobivamo premog iz nadkopnega dela odkopa (to je stropa) nad sekcijami in ga točimo na transporter.

Pridobljeni premog je del plasti, ki se zarušijo po zamiku sekcij.

Z izkušnjami je ugotovljeno, da je število zaporednih zamikov odkopa oziroma faze napredovanja s podkopom, preden se začne faza pridobivanja stropa, odvisno od:

- pogojev delovnega okolja,
- konstrukcije oziroma karakteristike podporja,
- medsebojne usklajenosti vseh faz dela.

Dobre lastnosti vertikalnega pridobivanja so:

- velika koncentracija proizvodnje,
- velik učinek in produktivnost.

Slabe strani:

- težka uskladitev faz delovnega procesa,
- veliko možnosti zastojev zaradi številne in zapletene mehanizacije,
- povečanje nevarnosti zaradi odstreljevanja nadkopa,
- slabo izkoriščen kombajn,
- slabo izkoriščen transporter ali oba transporterja.

Tehnološki proces poteka takole:

I. Napredovanje s podkopom poteka enako kot pri horizontalnem pridobivanju:

- rezanje celotnega reza s kombajnom,
- zamik transporterja,
- zamik sekcij podporja,
- izdelava križišča na pogonski strani,
- izdelava križišča na povratni strani,
- čiščenje odkopa.

II. Pridobivanje stropa na posameznih odsekih odkopa:

- vrtanje dolgih vrtin v strop,
- polnjenje vrtin z razstrelivom,
- odstreljevanje,
- točenje stropa (zdrobljenega premoga),
- izdelava križišča (pogon),
- ropanje lokov (povratna),
- čiščenje odkopa.

Prve tri faze dela so pri razvoju točenja stropa odpadle, saj se ves premog iz stropa pridobiva s točenjem premoga preko stropnikov sekcije in ni potrebno izvajati postopka razstreljevanja (tak primer je v Premogovniku Velenje).

8.4.1.4 Organizacija dela

8.4.1.4.1 Obložitev odkopa

Obložitev odkopa pomeni število delavcev, ki delajo na odkopu v eni izmeni. Obložitev določimo po potrebah odkopa, te pa so odvisne od:

- širine odkopa,
- tipa podporja,
- tipa kombajna,

- tipa oziroma sistema pridobivanja premoga,
- rudarsko-tehnoloških pogojev na odkopu,
- stopnje mehaniziranosti odkopa,
- hitrosti napredovanja,
- in drugih karakteristik.

Strokovnjaki (dr. Hribar) so sestavili posebno tabelo, ki vrednoti vse naštetе dejavnike odkopa, in izdelali obrazec, po katerem je mogoče obložitev dokaj natančno izračunati (*povzeto po Salobir, 1988, str. 87*):

$$O_h = (6 + 0,07 \times L) \times (1 + 0,05 \times p)$$

$$O_v = (6 + 0,11 \times L) \times (1 + 0,05 \times p)$$

Kjer je:

O_h , O_v - obložitev za horizontalni in vertikalni odkop,

6 - konstanta po tabeli (tabele ne bomo navajali),

0,07; 0,11 - konstanti po tabeli,

L - dolžina odkopa,

p - odkopni pogoji.

Za določanje ocene odkopnih pogojev (p) ocenjujemo naslednje dejavnike:

<i>Mesto:</i>	<i>Ocena (p):</i>
- odvozna proga	0 do 5
- križišče pogona	0 do 5
- stanje odkopa	0 do 5
- križišče povratna	0 do 5
- dostavna proga	0 do 5
- skupna povprečna ocena	0 do 5

Tabela za oceno je naslednja:

Pogoji:	ocena (p)
- zelo ugodni	0
- ugodni	1
- manj ugodni	2
- srednji	3
- slabi	4
- zelo slabi	5

Primer 1:

dolžina odkopa $L=140$ m (vertikalna koncentracija)

odkopni pogoji $p=1$ (ugodni)



$$O_v = (6 + 0,11 \cdot L) \cdot (1 + 0,05 \cdot p)$$

$$O_v = (6 + 0,11 \cdot 140) \cdot (1 + 0,05 \cdot 1)$$

$$O_v = 21,4 \cdot 1,05$$

$$O_v = 22,47 \approx 22 \text{ moz / izmeno}$$

Primer 2:

- dolžina odkopa $L = 80$ m (vertikalna koncentracija)

- odkopni pogoji $p = 3$ (srednji)

$$O_v = (6 + 0,11 \cdot 80) \cdot (1 + 0,05 \cdot 3) = 17 \text{ mož/izmeno}$$



Primer 3:

- dolžina odkopa $L = 130$ m (horizontalna koncentracija)

- odkopni pogoji $p = 2,9$ (srednji)

$$O_v = (6 + 0,07 \cdot L) \cdot (1 + 0,05 \cdot p)$$

$$O_v = (6 + 0,07 \cdot 130) \cdot (1 + 0,05 \cdot 2,9)$$

$$O_v = 17,29 = 17 \text{ mož/izmeno}$$



Pri tritretjinskem ciklusu, kjer vsaka izmena dela svoje in točno določeno delo, določimo kvalifikacijski sestav moštva takole:

a) izdelava podkopa:

- vodenje odkopa	1 KV (kvalificiran)
- rezanje s kombajnom	1 KV + 1 PK (polkvalificiran)
- zamik sekcij	4 KV
- križišče pogon	2 KV + 1 PK

- križišče povratna	1KV+2PK
- čiščenje podkopa	4 NK (nekvalificiran)
- skupaj	17(9 KV + 4PK + 4NK)

b) pridobivanje stropa:

- vodenje odkopa	1KV
- točenje stropa	4KV
- križišče pogon	2 KV + 1 PK
- križišče povratna	2KV+2PK
- čiščenje podkopa	4NK
- dostava materiala	1PK
- skupaj	17(9KV + 4PK + 4NK)

8.4.1.4.2 Odkopavanje premoga v Premogovniku Velenje

Odkopavanje v velenjskem lignitnem bazenu se je od začetkov do danes vseskozi močno spreminjalo. Potrebno je bilo izbrati debelemu sloju premoga ustrezno odkopno metodo. V ta namen so odkopavali na različne načine. Omeniti je potrebno nekaj značilnih odkopnih metod:

- stebrno odkopno metodo,
- komorno odkopno metodo,
- metodo dolgih stebrov,
- bunkersko odkopno metodo.

Te metode so temeljile na pridobivanju premoga iz stropa, ki ga niso pobirali na čelih, ampak iz za to izdelanih prog. Nakladanje je bilo ročno, odvoz pa z vozički. Odkopna višina je bila od 8 pa do preko 12 m.

Večji napredek v razvoju širokočelne metode je nastal leta 1953, ko so začeli uvajati prve verižne transporterje za odvoz premoga in jeklene stojke za podpiranje. S prehodom na popolnoma jekleno podpiranje leta 1961 se je izoblikovala tudi sedanja širokočelna odkopna metoda, ki se zaradi svojih posebnosti imenuje **Velenjska odkopna metoda**. Sedaj je odkopavanje po tej metodi že popolnoma mehanizirano.

8.4.2 Odkopne metode z zasipavanjem odkopanih prostorov

Pri teh odkopnih metodah zasipljemo oziroma zapolnimo prazen prostor z jalovino ali drugim neuporabnim materialom.

Glavne prednosti zasipavanja so:

- boljši izkoristek rudnih zalog,
- manjša možnost samovžiga premoga,
- bistveno zmanjšanje odkopnih pritiskov,
- povečana delovna varnost,
- varovanje površine pred posedanjem.

Slabe strani pa so:

- povečani stroški,
- počasnejše napredovanje,
- dodatna obremenitev transportne mehanizacije.

Za to odkopno metodo se odločimo, če to zahtevajo razmere v nahajališču, in kadar bi bil vpliv na površino prevelik.

Pri zasipavanju moramo upoštevati zasipni koeficient (Z), ki znaša $Z = 1,5$ do $2,5$ in je odvisen od vrste materiala in zrnatosti. Upoštevati moramo tudi posedanje zasipnega materiala, ki znaša $P = 10\%$ do 50% , kar je odvisno od vrste materiala in načina zasipavanja oziroma moči zasipavanja. Običajno računamo, da pride na 1 m^3 neporušene premogove plasti od $0,55$ do $0,8 \text{ m}^3$ jalovine.

Odkopne prostore zapolnjujemo na naslednje načine:

- ročno zasipavanje,
- zalivanje ali zamuljevanje (plavni zasip),
- zapihovanje (pnevmatski zasip),
- strojno zasipavanje.

8.4.2.1 Ročno zasipavanje

Za zasipavanje uporabljamo jalovino iz krovninskih ali talninskih plasti v kosih, ki naj bodo čim manjši. Na odkope jo pripeljemo z vozički. Pred zasipavanjem objemo tla in boke z deskami, žično mrežo.

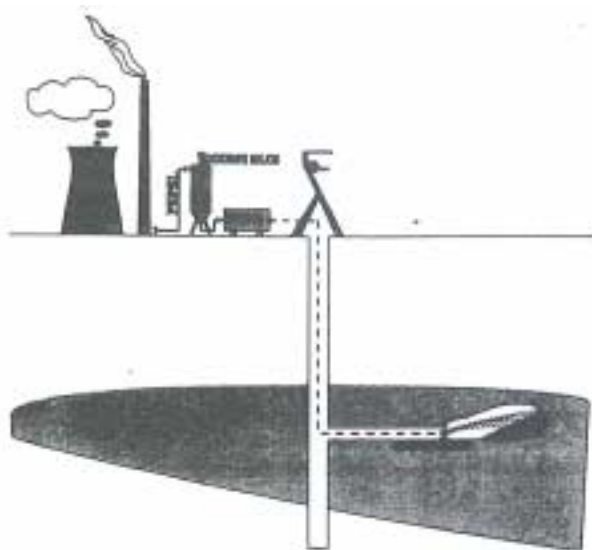
8.4.2.2 Hidravlični zasip

Hidravlično zasipavanje drugače imenujemo tudi zalivanje ali zamuljevanje oziroma plavni zasip. Za transportno sredstvo uporabljamo vodo pomešano z zasipnim materialom. To mešanico vodimo po ceveh do delovišča.

Pogoj za dober transport je:

- primerna mešanica,
- dovolj velika višinska razlika med podajalnikom na površini in deloviščem.

Slaba stran zalivanja so veliki stroški predvsem zaradi izčrpavanja vode, ki odteče iz zasipa, razmočenja materiala v okolici in onemogočanja odkopavanja v sosednjem oddelku.



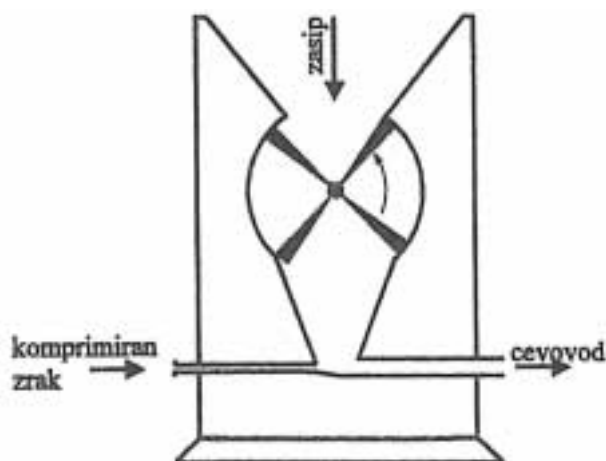
Slika 8/4: Shema hidravličnega zasipa

Vir: Salobir, 1988, str. 100

8.4.2.3 Pnevmatiski zasip

Transportno sredstvo (medij) za zasipni material je komprimiran zrak, ki ga vodimo po ceveh. Hitrost pretoka je večja kot pri hidravličnem zasipu, zato je tudi obraba cevi močno povečana.

Pritisk zraka znaša pri izstopu iz cevi 10 do 40 kilopaskalov (kPa). Dolžina transporta je omejena na okrog 400 metrov, poraba zraka pa znaša 60 m^3 zraka na 1 m^3 zasipnega materiala. Posedanje zasipa znaša od 20 do 30 %.

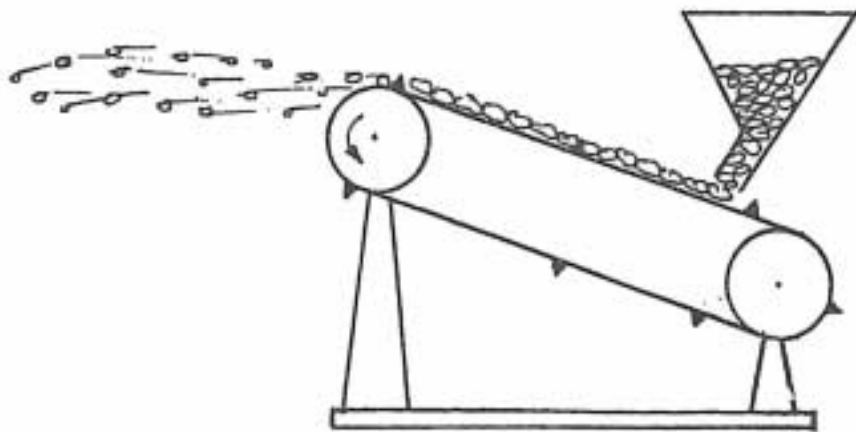


Slika 8/5: Shema zapihovalnega stroja

Vir: Salobir, 1988, str. 107

8.4.2.4 STROJNI ZASIP

Pogosto uporabljan in dokaj cenen način zapolnjevanja praznih prostorov je zametalni način z uporabo strojev za zametavanje. Po konstrukciji se zametovalni stroji med seboj razlikujejo, med najenostavnejšimi pa je izvedba z rebrastim gumijastim trakom, pri čemer se material siplje na rebra, kratek trak pa ga odnese s hitrostjo 10 m/s in ga vrže 10 m daleč v prostor.



Slika 8/6: Shema zametalnega stroja

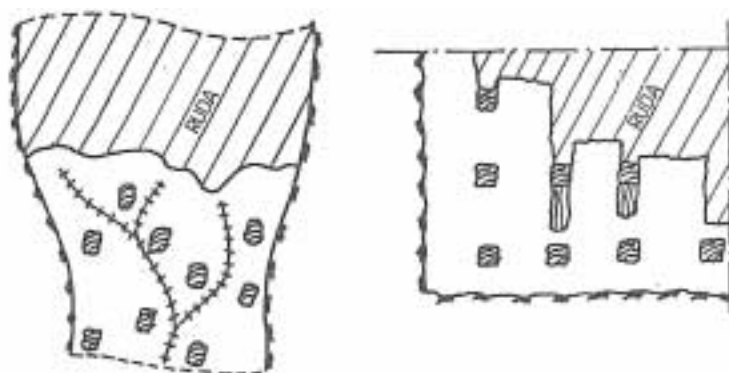
Vir: Salobir, 1988, str. 108

8.4.3 Odkopne metode s puščanjem odprtih prostorov in zaščitnih stebrov

Odkopne metode s puščanjem odprtih prostorov in zaščitnih stebrov v glavnem uporabljajo v rudnikih kovin in soli. Pri nas takšno odkopno metodo uporabljajo v Rudniku svinca in cinka v Mežici ter v Rudniku urana Žirovski vrh.

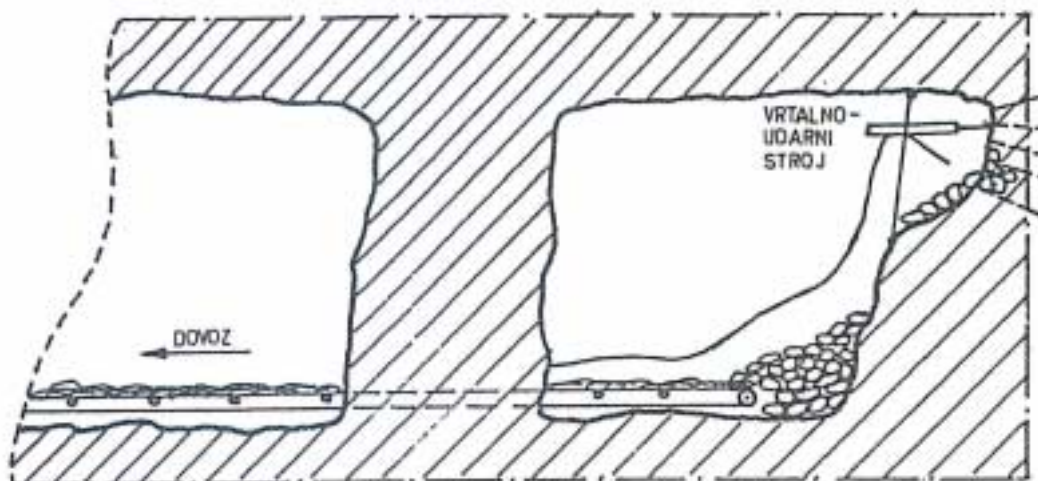
Pogoj za uporabo te metode je dovolj trdna hribina oziroma kamnina, v kateri je uporabna surovina, ki se ne ruši. Pri odkopavanju se odkopani prostori ne zarušijo niti ne zapolnijo, ampak jih pustimo odprte. Taki prostori so veliki, zračni, dobro prehodni ali prevozni, zato v njih uporabljamo jamske kamione, pridobivanje pa v glavnem poteka z udarno napravo, vrtanjem vrtin, odstreljevanjem in nakladanjem. Odkopni prostori, ki so v glavnem kar proge, sledijo rudi pod zemljo, ki največkrat ne nastopa v slojih, temveč je zelo nepravilno razporejena.

Delo poteka praviloma brez podgraditve, le s puščanjem zaščitnih stebrov, pod zaščito posebno dobrih kamnin - hribin.



Slika 8/7: Načina puščanja varnostnih stebrov

Vir: Salobir, 1988, str. 110



Slika 8/8 : Presek odkopa

Vir: Salobir, 1988, str. 112

8.4.3.1 Odkopne metode rudnika Mežica

Rudna telesa rudnika Mežica so zelo nepravilnih oblik. Pojavljajo se kot delne zapolnitve razpok, ob prelomnicah, ob tektonsko porušenem škrlju in drugod. Raztezanje rudnega telesa, ki je različne oblike, debeline in naklona, dostikrat presekajo tektonski naravni premiki. Prav zaradi tega je enotno in sistematsko odkopavanje onemogočeno.

Vrste odkopnih metod:

a) metode odprtih odkopov:

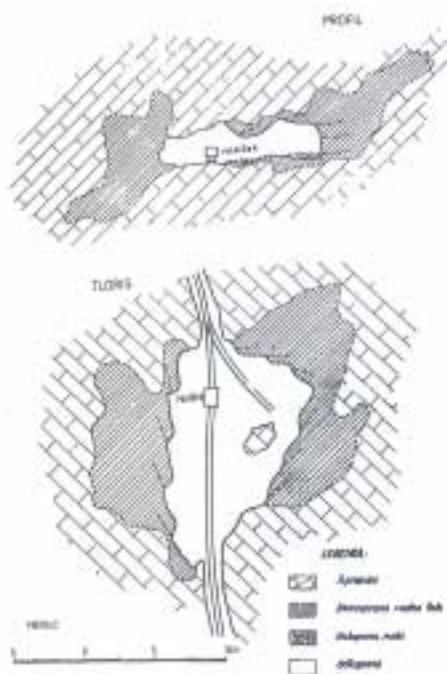
- frontalno,
- navzgor ali brez sipke,

- navzgor z zasipom,
- smerno,
- odkopavanje navzdol v stopnicah ali ploščah,
- podetažno odkopavanje od zgoraj navzdol,
- komorna odkopna metoda.

b) magacinska odkopna metoda.

8.4.3.1.1 Frontalno odkopavanje

Frontalno odkopavanje v treh različnih, ki pa se med sabo ne razlikujejo dosti, uporabljamo pri skoraj vseh rudnih telesih. Posebno primerna je metoda za odkopavanje rudnega telesa z neenakomerno kvaliteto rude, kjer lahko siromašnejše dele pustimo neodkopane. Obseg priprave je majhen. V primeru odkopavanja proti meji priprav ni, temveč takoj začnemo odkopavati.



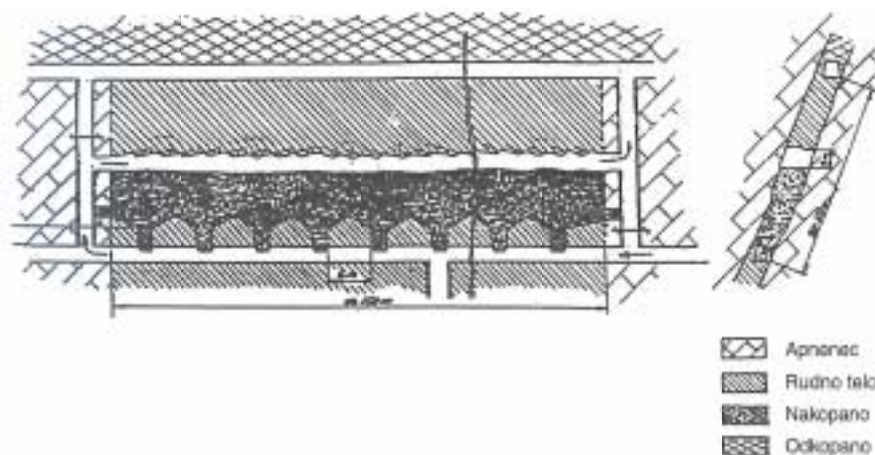
Slika 8/9 : Frontalno odkopavanje horizontalnih odkopov

Vir: Salobir, 1988, str. 117

8.4.3.2 Komorna - magacinska odkopna metoda

Tudi magacinsko odkopno metodo le redko uporabljamo. Za samo odkopavanje so potrebne priprave (sledilna dela z raziskavami), zato je treba izkopati na vsaki strani rudnega telesa nadkop v jalovini iz obzorja na obzorje. Iz nadkopov se opravijo preboji v rudno telo.

Ob vznožju rudnega telesa se iz izvažalnega rova izkopljejo krajši nadkopi v rudno telo, ki pri odkopavanju rabijo za sipke. Tako se rudno telo odkopava po celotni dolžini in širini. Odstreljeni material gravitacijsko pada v sipke, od tod pa ga med odkopavanjem odvažajo le toliko, kolikor je potrebno za nemoten proces .

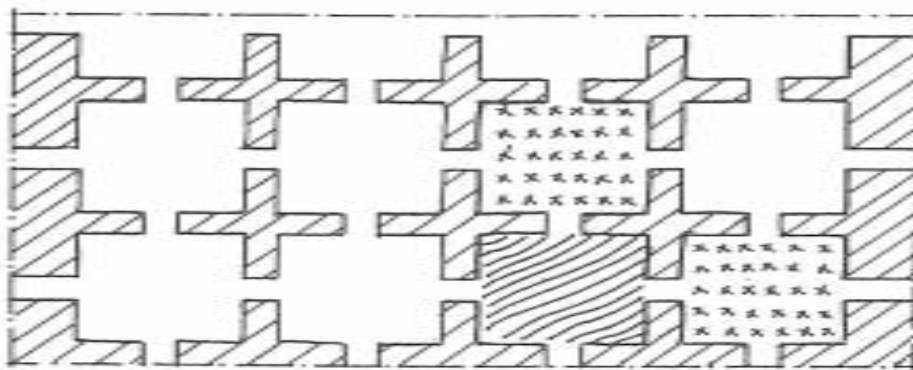


Slika 8/10: Magacinska odkopna metoda

Vir: Salobir, 1988, str. 120

8.5 KOMORNE ALI MAGACINSKE ODKOPNE METODE

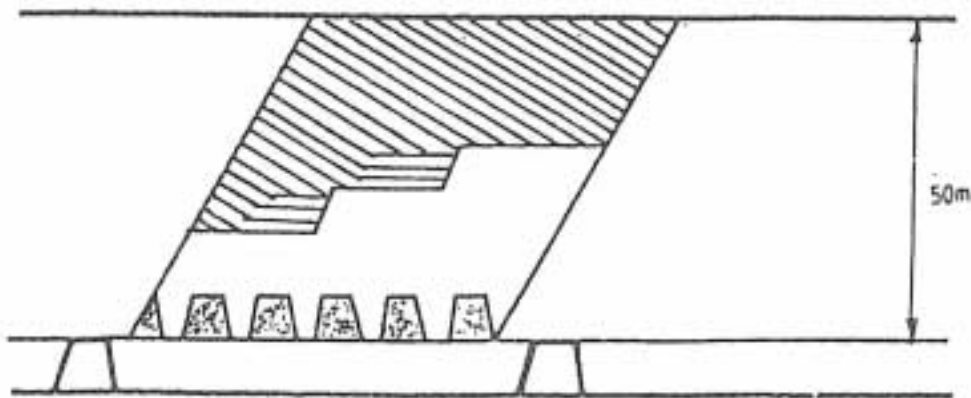
Glavna karakteristika teh metod je odkopavanje premogovega sloja v širokih in visokih prostorih, ki so med seboj ločeni z varnostnimi stebri ustrezne debeline. Da lahko uporabljamo to metodo, mora biti debelina premogovega sloja večja od 5 metrov, material pa mora biti čvrst. Pripravljalne proge izdelamo v spodnjem delu sloja in so napravljene pravokotno v obliki mreže.



Slika 8/11: Tloris magacinske odkopne metode

Vir: Salobir, 1988, str. 112

Na naslednji sliki je prikazan prerez odkopne metode v dokaj debelem sloju.



Slika 8/12: Prerez magacinskega odkopavanja

Vir: Salobir, 1988, str. 123

Ruda se zbira - magacinira v odkopu. Pri vsaki odstrelitvi se spusti iz odkopa le 30 do 40 % odstreljene rude, to je kolikor se poveča volumen. Pod stropom ostane prosti delovni prostor višine 2 m. Šele po zaključku odkopavanja izpraznimo, zarušimo in zapustimo odkop.

Ta metoda je primerna za sloje s padcem nad 60°. Stiki med koristno snovjo in jalovino morajo biti ostri, boki odkopa pa trdni.

Metoda zahteva malo pripravljalnih del, izkorišča gravitacijo (to je prosto padanje nakopane rude), podporja je malo, odkopni učinki pa so veliki. Odstreljeni material mora biti dovolj sipek, da ne pride do zamašitve komor, bunkerjev in sipk. Sočasno odkopavamo več stebrov, ki so med seboj v stopničastem položaju. Izkoristek je od 85 do 95 %,

8.6 PODZEMNO UPLINJANJE PREMOGA (PUP)

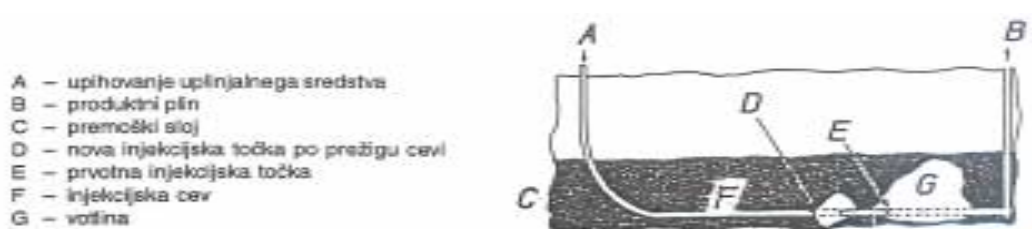
Zaloge premoga so neizmerne v velikih globinah, vendar se te zaloge do sedaj z znanimi metodami rudarjenja ne dajo izkoristiti. Te zaloge premoga so na globini od 1.500 do 7.000 m. Izkoristiti jih bo možno le z novimi tehnologijami, kjer bo premog že v svojem ležišču transformiran v tak produkt, ki se bo dal transportirati po vrtinah. Za take vrste rudarjenja je treba premog spremeniti v plin, tekočino ali fluidizirano agregatno stanje. Premog se mora pred izkoriščanjem spremeniti v gorljiv plin. Sloj premoga se odpre z vrtinami. En pristop pri PUP (podzemnem uplinjanju premoga) je tehnologija uplinjanja s povezavo (linking) dveh vertikalnih vrtin, prikazana na sliki.



Slika 8/13: Tehnologija PUP z razširitvijo veznega kanala

Vir: Hrastnik, 1981, str. 59

Drugi pristop PUP je tehnologija uplinjanja s kontroliranim umikanjem injekcijske točke.



Slika 8/14: Tehnologija PUP s kontroliranim umikanjem injekcijske točke

Vir: Hrastnik, 1981, str. 65

8.7 MEHANIZIRANO PRIDOBIVANJE PREMOGA

Zaradi zaostajanja gospodarske situacije in vedno dražje delovne sile se je pokazalo, da je klasična Velenjska odkopna metoda razmeroma neučinkovita, premalo varna in zahteva preveč fizičnega dela. Nujno je bilo potrebno doseči večjo produktivnost odkopov in izboljšati varnost ter pogoje dela.

V ta namen so se začeli poizkusi strojnega pridobivanja premoga v podkopu s kombajnom in mehaniziranega podpiranja stropa s hidravličnim podporjem. Začetek teh poizkusov je bil v letu 1961. Največja težava pri nakupu podporja iz tujine je bila, da podporje ni bilo izdelano za težke razmere v slovenskih premogovnikih. Med poizkusi so z raznimi konstrukcijskimi spremembami osvojili podporja raznih tipov in proizvajalcev:

- KTU (Sovjetska zveza),
- SALZGITTER (ZR Nemčija),
- HEMSCHEIDT (ZR Nemčija),
- DOWTY-MECO (Anglija),
- KLOCKNER - BECORIT (ZR Nemčija),
- MARREL-HYDRO (Francija).

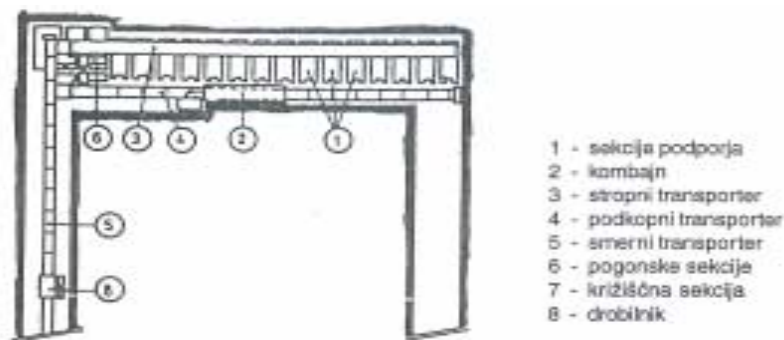
Danes uporabljamo sekcije tipa ESO-LL in DBT.

Montaža odkopne opreme

Preden lahko začnemo odkopavati, moramo odkopno opremo spraviti v jamo in jo tam sestaviti ali zmontirati. Pred začetkom montaže odkopne opreme je potrebno izdelati posebne jamske prostore, to je:

- dostavno progo z ranžirnim prostorom,
- montažni prečnik (komoro),
- montažni jašek,

- niše za vitle; za sestavljanje sekcij za vožnjo montažnega vozička,
- odvozno progo.



Slika 8/15: Razporeditev opreme na mehaniziranem odkopu

Vir: Pečovnik, 1987, str. 48

Preden začnemo vgrajevati odkopno opremo v čelno montažno komoro, opremimo odvozno progo z vso potrebno odvozno mehanizacijo (verižni transporter, drobilnik, transporter z gumijastim trakom). Nato najprej vgradimo čelni podkopni transporter, tako da je nakladalni plug tik ob ločnem podporju. Temu sledi vgrajevanje podporja. Sekcije sestavljamo v montažnem jašku na posebnem vozičku.

Montaža poteka po naslednjem vrstnem redu:

- osnovo položimo na voziček in namestimo lemniskatne vezi,
- vgradimo zadnje stojke,
- nato zadnji ščit,
- stropnik in sprednje stojke,
- krmilni sistem in hidravlične cevi.

Ko sekcijo sestavimo, preizkusimo njeno delovanje, nato pa jo prepeljemo na mesto vgraditve, kjer jo vpnemo. Še prej tam izropamo ločno podporje. Če montiramo odkop z dvema transporterjema, sočasno z vgrajevanjem sekcij vgrajujemo tudi stropni transporter. Na osnovo vsake sekcije položimo en žleb stropnega transporterja. Ko končamo vgrajevanje sekcij, zmontiramo še kombajn v posebej za to pripravljeni niši.

Za zaključek montaže namestimo še signalno-govorilne naprave in odkop povežemo s hidravličnim omrežjem.

8.7.1 Mehanizirano pridobivanje premoga z rez.-nakl. stroji – kombajni

8.7.1.1 Razvoj mehaniziranega pridobivanja premoga

Razvoj mehaniziranega pridobivanja premoga se je začel v prejšnjem stoletju, natančneje leta 1868, ko so v Angliji in Nemčiji uporabili prve zasekovalne stroje, ki so delali zarezo ob talnini. Kasneje se je pojavil v Angliji zarezovalni stroj, to je bilo leta 1875, kije zarezoval z verigo, podobno kot motorna žaga. Nemci so 1896. vpeljali zarezovalni stroj z velikim rotirajočim zarezovalnim diskom.

8.7.1.2 Izbira odkopnega stroja

Odkopni stroj izberemo predvsem na podlagi ugotovitev o pogojih delovnega okolja, to je:

- oblike nahajališča,
- debeline sloja,
- nagiba sloja,
- dolžine odkopa,
- lastnosti krovnine in talnine,
- tektonskih motenj,
- plinonosti,
- stopnje nevarnosti prahu,
- možnosti zračenja delovišča,
- trdote surovine,
- vrste podporja,
- višine odkopavanja,
- vrste transporta,
- zelene granulacije surovine,
- odkopne metode.

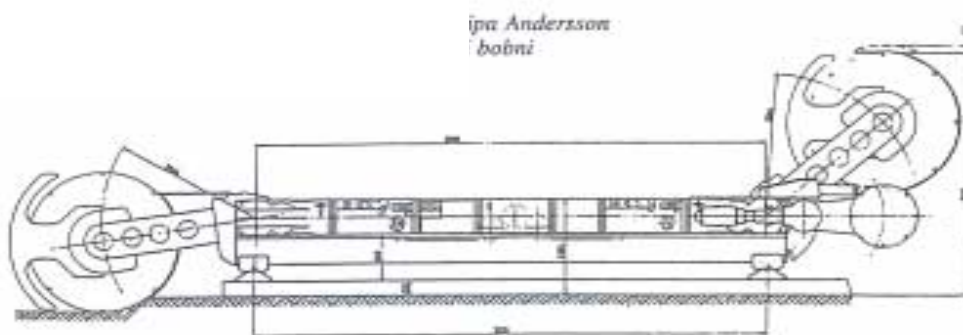
Poleg naštetih pogojev so pomembni še tehnični in ekonomski pogoji:

- cena stroja,
- gabariti stroja,
- možnost nakupa doma ali v tujini,
- dostop do rezervnih delov, servisi in remont.

8.7.1.3 Rezalno nakladalni stroji

Pri današnjem odkopavanju širokih čel uporabljamo rezalno-nakladalne stroje z enim ali dvema rezalnima bobnoma.

Enobobenski stroji se večinoma uporabljajo na odkopih z vertikalnim pridobivanjem surovine (pa še to zelo poredko), dvobobenski pa na odkopih s horizontalnim in vertikalnim pridobivanjem surovine.



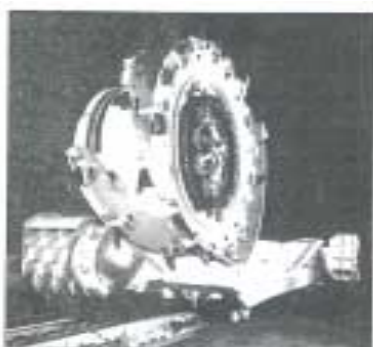
Slika 8/16: Rezarno-nakladalni stroj z dvema bobnoma

Vir: Simić, Mihajlović, 1978, str. 21

8.7.1.3.1 Enobobenski rezarno-nakladalni stroj

Enobobenski rezarno-nakladalni stroj je visoko storilni stroj za popolnoma mehanizirano pridobivanje premoga. Ima samo eno hidravlično krmiljeno rezalno ročico, na kateri je pritrjen rezalni boben premera 1600 mm. Stroj je izdelek tovarne Eickhoff, tip EW - 170L. Ob čelu se pomika s pomočjo vitla in zobatega kolesa po zobati letvi ob transporterju. Vgrajen ima motor z močjo 170 kW, ki je vodno hlajen in zaščiten pred eksplozijo (»S« izvedba). V višino lahko reže 320 cm, v globino pa 60 do 85 cm, odvisno od širine bobna. Za ta stroj je treba ročno izdelovati nišo na povratni strani transporterja.

Enobobenski stroj - kombajn, ki si sam izdela nišo na povratni strani, pa je Eickhoffov kombajn ESA-60 L ali ESA-150 L, ki ima rezalno ročico izvedeno tako, da lahko reže z bobnom v sprednji ali zadnji legi, ne glede na smer premikanja transporterja in stroja. Ta tip strojev se največkrat uporablja na odkopih z vertikalno koncentracijo, ki so podgrajeni z najmodernejšim hidravličnim podporjem ščitnega tipa s samo enim transporterjem na osnovi podporja.

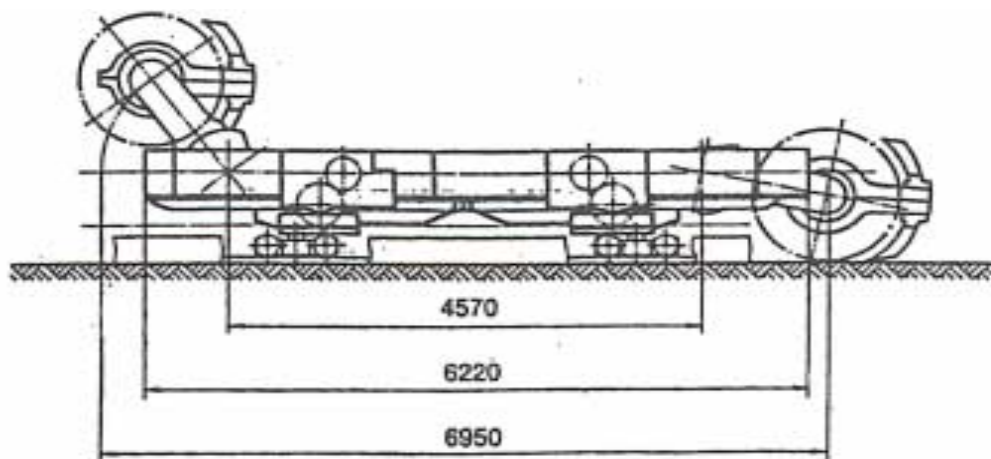


Slika 8/17: Primer bobna rezarno-nakladalnega stroja

Vir: Simić, Mihajlović, 1978, str. 24

8.7.1.3.2 Dvobobenski rezalno-nakladalni stroj

Od enobobenskega se razlikuje po večjih zunanjih merah, večji instalirani moči motorjev (340 kW in več) in dveh ročicah, na katerih sta nameščena rezalna bobna. En boben je spredaj, eden zadaj, vsak pa reže svoj rez, torej sprednji boben (v smeri gibanja kombajna) zgornji rez, zadnji boben pa spodnji rez.



Slika 8/18 : Dvobobenski rezalno-nakladalni stroj firme Eickhoff

Vir: Tehnična in projektna dokumentacija PV

8.7.1.3.3 Glavni sestavni deli kombajnov

Rezalno-nakladalni stroji ali kombajni so sestavljeni iz naslednjih glavnih delov.



Slika 8/19 : Glavni sestavni deli kombajna

Vir: Tehnična in projektna dokumentacija PV

Poleg prikazanih sestavnih delov so še pomembni deli:

- reduktor (zobniško predležje),
- podstavek stroja (šasija),
- nakladalni plug,
- krmilni mehanizem,
- vodila stroja.

8.7.2 Izračun tehničnih parametrov

Pri tem izračunu nas zanimata predvsem

- proizvodnja,
- kapaciteta smernega odvoza in čelnega odvoza.

8.7.2.1 Proizvodnja

Proizvodnjo izračunamo po obrazcu:

$$Q = L \cdot h \cdot b \cdot \gamma \quad (t / dan)$$

Kjer je:

L - širina odkopa	(140 m)
b - napredek odkopa	3,0 m/dan
h - odkopna višina	12,0 m (vertikalna konc.)
y - specifična masa premoga	1,3 t/m ³

in dobimo:

$$Q = 140m \cdot 3m \cdot 12m \cdot 1,3t / m^3$$

$$Q = 6552t / dan$$

8.7.2.2 Kapaciteta smernega in čelnega odvoza

Kapaciteto smernega in čelnega odvoza izračunamo po obrazcu:

$$q = K_u \cdot \check{C}_i \cdot t \quad (t / dan)$$

Kjer je:

q - kapaciteta odvoza	
K - urna kapaciteta odvoza	800 t/uro
Či - časovna izkoriščenost	50 %
t - čas odvoza v enem dnevu	18 ur/dan

in dobimo:

$$q = 800 \cdot 0,5 \cdot 18$$

$$q = 7200ton / dan$$

Na podlagi podanih obrazcev smo izračunali proizvodnjo, preverili kapaciteto odvoza, obložitve in ocenili odkopne pogoje.

8.8 HIDRAVLIČNO PODPORJE

8.8.1 Opis in karakteristike

8.8.1.1 Zgodovinski razvoj

Leta 1948 so Angleži izdelali prvo nosilno-hidravlično podporje. Temu je sledil hiter razvoj hidravličnih podporij v svetu. Od takih, ki jih je bilo treba premikati ročno, pa do samohodnih.

Proizvajalcev hidravličnih podporij je ogromno. Nekaj najbolj znanih:

- Dowty - Anglija
- Hemscheidt - Nemčija
- Hidro-Marell - Francija
- Salzgitter - Nemčija
- Prva petoletka - Trstenik
- ESO - Velenje
- Alpine - Avstrija
- OKP, OMKT, KTU - bivša Sovjetska zveza

Pri nas so najbolj znana in uporabljana podporja firme Dowty, Hemscheidt in stojke Salzgitter ter kooperacijska izdelava teh podporij v tovarni ESO, danes pa ESO-LL in DBT.

8.8.1.2 Opis podporja in delovanje

Bistvo podporja je, da nosi premog nad seboj in ga zadržuje, da lahko pod njim varno delamo.

Ko še ni bilo hidravličnega podporja, ampak samo frikcijsko podporje - klasično čelo, je bil naslednji sestav podgrajevanja:

- stojka (trenjska),
- stropnik,
- podloga (fala, krajnik).

To troje je danes povezano v kompleks elementov, ki združeni opravljajo svojo funkcijo.

Iz podloge (fale) se je razvila **osnova**, stojko je zamenjal **hidravlični cilindri**, **stropnik** pa je tudi doživel predelave in spremembe.

Tako danes hidravlično podporje oziroma vgrajeno osnovno enoto (**SEKCIJO**) sestavljajo:

- osnova,
- stojke, ena ali več (hidravlični cilindri), glavni deli,
- stropnik,
- podaljšek stropnika,
- oporna plošča,
- ščit,
- lemniskate ali pa H-povezava,
- podaljšek osnove,
- stabilizatorji - stropne zapore.



Slika 8/20: Shematski sestav sekcije hidravličnega podporja

Vir: Tehnična in projektna dokumentacija PV

a) Glede na število stojk, sekcije delimo na:

- enonožne,
- dvonožne,
- trinožne,
- štirinožne,
- štirinožne s pomožno visečo stojko, ki jo potrebujemo pri zamiku transporterja.

b) Glede na varovanje, geometrijo in nosilnost pa jih delimo na tri tipe za horizontalno in vertikalno pridobivanje:

- ščitne,
- nosilne,
- nosilno-ščitne.



Slika 8/21: Delitev podporja glede na nosilnost

Vir: Tehnična in projektna dokumentacija PV

Pri ščitnem podporju ena ali več stojk deluje v smeri ščita, pri nosilnem pa samo v stropnik. Pri nosilno-ščitnem podporju del stojk deluje v smeri stropa, del pa v smeri ščita.

c) Glede na premikanje so:

- nepremične (premikajo jih ročno),
- premične: korakajoče, samohodne,
- drsno premične.

Korakajoče - stopicajo naprej s povzdigovanjem in spuščanjem stojk, drsno premične pa drsijo po osnovi in podaljšku osnove.

8.8.1.2.1 Splošni tehnični podatki za hidravlično podporje

- višina sekcije	180-3200 mm,
- širina sekcije	0,8-2 m,
- teža	2,5 - 20 ton,
- dolžina	3-7 m,
- delovni pritisk emulzije	200 bar - 400 bar,
- nosilnost	800 - 5500 kN.

8.8.1.3 Hidravlično podporje - nosilnost, potek sil, pritisk na tla

8.8.1.3.1 Prenašanje pritiskov

Hidravlično podporje ima nalogo prevzemati hribinske pritiske na odkopu in jih prenašati na tla ter tako omogočiti izvajanje tehnološkega procesa pridobivanja premoga. Ni dovolj, daje podporje sposobno sprejeti nase pritiske s stropa in da so nosilni elementi dovolj močni za prestrezanje teh pritiskov, podporje jih mora uspešno prenašati preko osnove na podlago. Neustrezno oblikovano podporje, pri katerem so pritiski neugodno razporejeni, povzroča težave pri zamikanju, slabo drži smer, osnova se pogreza, nosilna sposobnost pa je zato zmanjšana.

Za izračun tlaka osnove hidravličnega podporja na tla je osnovni obrazec:

$$p = \frac{F}{A} \quad [kN / m^2]$$

Kjer je :

p - tlak osnove na podlago

(kN/m^2)

F - nosilnost stojk

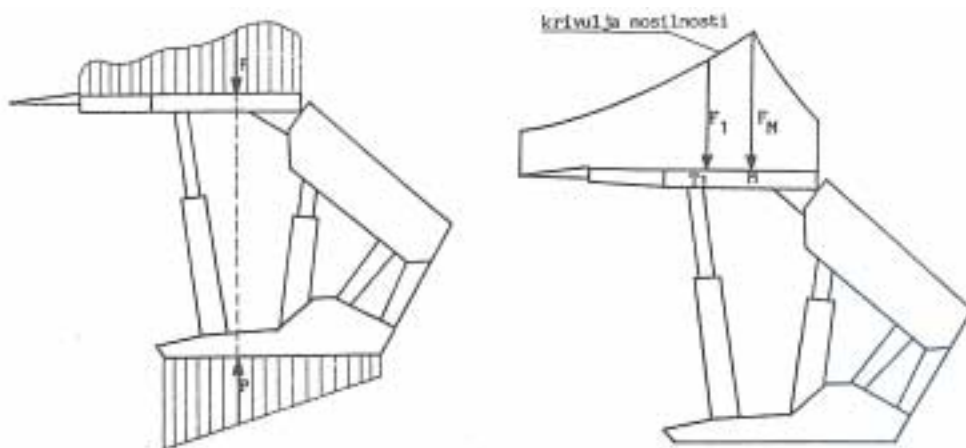
(kN) (sila na podporje)

A - površina osnove

(m^2)

Sila F , ki je rezultanta vseh hribinskih pritiskov na sekcijo, se prek stropnika, ščita, stojk in lemniskatnih vezi prenaša na osnovo in s tem na tla.

Reakcija tal na osnovo v obliki tlaka p mora imeti velikost rezultante enako kot sila F . Poleg tega mora biti razpored pritiskov na osnovo takšen, daje prijemališče rezultante P v isti osi kot prijemališče sile F .



Slika 8/22: Prenašanje podporne sile na podlago in krivulja nosilnosti sekcije

M - točka največje nosilnosti FM - največja nosilnost

Vir: Simić, Mihajlović, 1978, str. 53

Vedno je treba ugotoviti, kakšna je nosilnost podporja v posameznih točkah vzdolž stropnika. Krivuljo, ki predstavlja nosilnost vzdolž stropnika, imenujemo **krivulja nosilnosti**.

Za določanje krivulje nosilnosti potrebujemo podatke o geometriji in o nosilnih elementih podporja. Najbolj natančno in hitro lahko določimo krivuljo nosilnosti z računalnikom, ki nam poleg tega omogoča izračun za različne delovne višine.

Krivuljo nosilnosti je mogoče določiti tudi s primerjalnim postopkom, pri katerem nekatere podrobnosti zanemarimo, podatke o geometriji pa dobimo iz risbe podporja.

Prijemališči točk M in F_M se glede na tip podporja spreminjata in sta pri nosilnem podporju bližje sredini stropnika, pri ščitnem pa bližje ščitu.

8.8.1.3.2 Določanje ploščinskega pritiska

Ko poznamo velikost sile, ki jo osnova prenaša na tla, in njen položaj, lahko izračunamo pritisk osnove na tla.

V vsakem primeru morata biti izpolnjena oba ravnotežna pogoja, to je enakost **sil in momentov sil**.

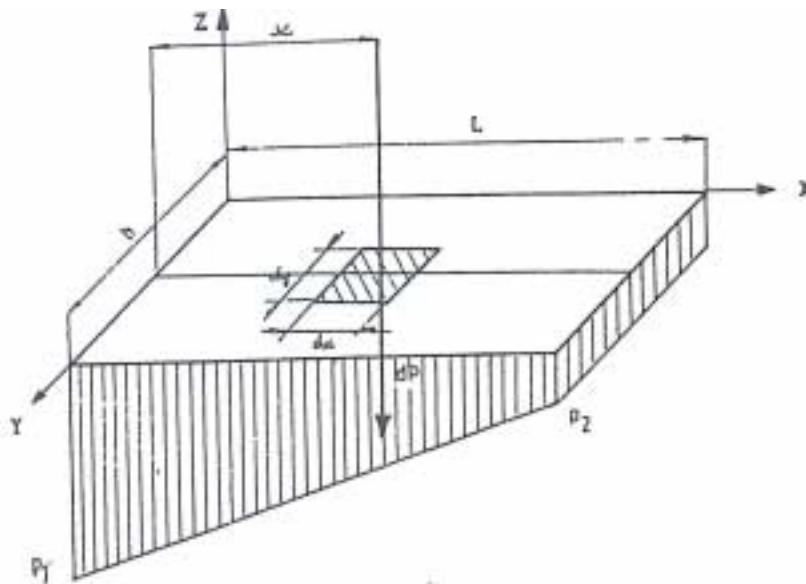
Rezultanto ploščinskega pritiska določimo z enačbo:

$$p = \frac{p_1 + p_2}{2} \cdot A \quad [kN]$$

Kjer je:

P - rezultanta	(kN)
p_1 - pritisk na sprednjem robu	(kN/m^2)
p_2 - pritisk na zadnjem robu	(kN/m^2)
A - ploščina osnove ($A = b \times L$)	(m^2)
b - širina osnove	(m)
L - dolžina naleganja osnove na tla	(m)

Rezultanta P mora biti enaka vsoti sil, ki se prenašajo prek osnove na tla.



Slika 8/23 : Linearen potek pritiskov in moment okrog osi y

Vir: Simić, Mihajlović, 1978, str. 53

Primer za izračun:

Izračunajte tlak osnove hidravličnega podporja na tla, kjer je p tlak osnove na podlago (kN/m^2)!

Podatki:

$F = 350 \text{ kN}$...nosilnost stojk (sila na podporje)

$A = 1,5 \text{ m} \times 2 \text{ m} = 3 \text{ m}^2$...površina osnove



Izračun:

$$p = \frac{350 \text{ kN}}{1,5 \text{ m} \cdot 2 \text{ m}} = \frac{350 \text{ kN}}{3 \text{ m}^2} = \underline{\underline{116,7 \text{ kN} / \text{m}^2}}$$

8.8.1.3.3 Določanje pritiska osnove na podlago

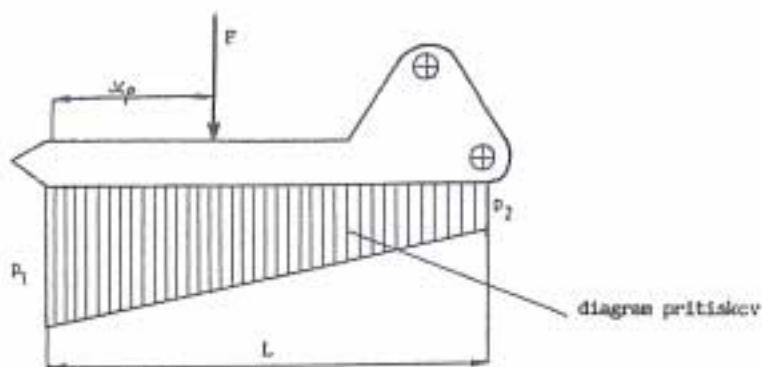
Najbolj pogost primer je osnova brez izreza, z rezultanto v sprednjem delu osnove.

Pritiska p_1 in p_2 izračunamo (povzeto po Simić, Mihajlović, 1978, str. 61):

$$p_1 = \frac{2 \cdot F}{b \cdot L} \cdot \left(2 - \frac{3 \cdot F}{L} \right) \quad [\text{kN} / \text{m}^2]$$

$$p_2 = \frac{2 \cdot F}{b \cdot L} - p_1 \quad [\text{kN} / \text{m}^2]$$

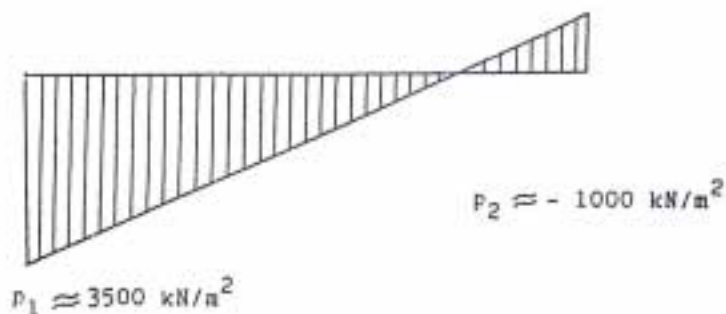
Tako dobimo diagram na sledeči sliki.



Slika 8/24 : Pravilen prenos pritiskov na podlago

Vir: Simić, Mihajlović, 1978, str. 58

Če nastopa rezultanta sil na prednjem delu osnove, kar je tudi zelo pogosto, se zgodi, daje pritisk p_2 negativen. Pritiske izračunamo po enakih obrazcih kot v primeru c.



Slika 8/25: Neugoden razpored pritiskov na podlago

Vir: Simić, Mihajlović, 1978, str. 62

8.9 POVZETEK



V svetu odkopavajo različna nahajališča črnega in rjavega premoga ter lignita in raznih kovinskih in nekovinskih rud s podzemeljskim odkopavanjem. Ekonomsko se splača odkopavati sloje črnega premoga, ki so debelejši od 60 cm. V razvitih deželah imajo zelo izpopolnjeno mehanizacijo za pridobivanje tankih in debelejših slojev črnega premoga.

Rezanje premoga poteka s posebnimi skobeljnimi plugi pri tanjših slojih in s kombajni pri debelejših. Podpiranje je izvedeno s sekcijami hidravličnega podporja, ki ima višino od 60 cm do 5 m.

Odvajanje premoga je z verižnimi transporterji. Ponekod, na primer v Nemčiji in v Angliji, so takšni odkopi že popolnoma avtomatizirani, tako da so na njih potrebni samo vzdrževalci. Odkopi dosežejo zelo velike dolžine, tudi preko 200 m, z zelo veliko dnevno proizvodnjo. Odkopani prostor za sekcijami običajno zasipljejo, da preprečijo večje premike plasti in škodo na površini. Zasipni material je običajno gramoz.

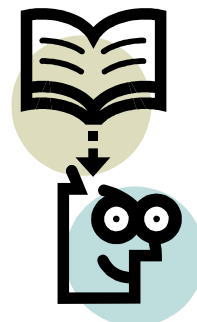
Debelejše sloje manj kvalitetnega premoga odkopavamo v več ploščah od zgoraj navzdol. Debelina ene plošče je običajno od 2 do 10 m. Tanjše plošče odkoplremo podobno kot plošče črnih premogov - v enem delu. Debelejše plošče, na primer debeline 10 metrov, pa odkoplremo v dveh delih, to je s 3-metrskim podkopom in 7-metrskim nadkopom. Ta način pridobivanja je najbolj razvit v Premogovniku Velenje in se imenuje **Velenjska odkopna metoda**.

Znan je tudi način pridobivanja premoga po metodi **proge in stebra**, ki ga uporabljajo v ZDA. Tu ne odkopavajo s širokimi odkopi, ampak izdelujejo v sloj črnega premoga samo vzporedne proge, vmes med temi progami pa puščajo nosilne stebre premoga. Tu so izgube precejšnje.

Premoge pridobivamo tudi z metodami z zasipavanjem praznega - odkopanega prostora. Podobne metode so tudi za odkopavanje kovin in nekovin, kjer lahko puščamo odprte prostore brez podporja ali jih zasipavamo ali pa imamo komorno - magazinsko odkopno metodo (*povzeto po Pečovnik, str. 66, 1987*).

8.10 VPRAŠANJA ZA OBNOVITEV ZNANJA

1. Kateri so glavni sklopi dejavnikov, ki oblikujejo odkopno metodo?
2. Katera odkopna metoda ima največ tehničnih in ekonomskih prednosti? Navedi zakaj!
3. Naštej dobre in slabe strani horizontalnega odkopavanja?
4. Poznaš kak proizvodni parameter, ki ni naštet!
5. Kam bi štel kazalec (t/m.dan)?
6. Od česa je odvisna proizvodnja?



9 VELENJSKA ODKOPNA METODA

9.1 UVOD



Velenjska odkopna metoda se je uveljavila po letu 1947. V tehnološkem in organizacijskem smislu se še vedno razvija in izboljšuje, predvsem v smislu povečevanja proizvodnje iz enega odkopa, izkoristka sloja, varnosti zaposlenih, humanizacije dela ter ekonomičnosti. Zaradi specifičnosti in visoke produktivnosti je poznana v svetovnem okolju in se kot samostojni pojem – Velenjska odkopna metoda - navaja v rudarski strokovni literaturi.

Temeljni pristop pri odkopavanju s to metodo je v povečanju območja pridobivanja premoga tudi nad varovani prostor na odkopu in pri tem izkoriščanju naravnih sil lomljenja ter drobljenja sloja premoga.

Odkop je višinsko razdeljen na podkopni in nadkopni del. Podkopni del, višine od 3 do 4 m, je zavarovan s hidravličnim podporjem, ki omogoča mehanizirano pridobivanje z odkopnimi stroji – kombajni ter odvoz z zmogljivimi verižnimi transporterji. Nadkopni del v višini od 7 do 17 m je izpostavljen dinamičnim jamskim pritiskom, ki porušijo plast premoga. Tega rudarji kontrolirano spuščajo v odkopni transporter in ga sproti odvažajo (*povzeto po Pečovnik, 1987, str. 55*).

9.2 RUDARSKO - TEHNIČNI POGOJI

Pri načrtovanju odkopavanja z Velenjsko odkopno metodo, kakor tudi pri razvoju metode, je potrebno upoštevati določene pogoje med katerimi so najpomembnejši:

- naravni pogoji ležišča,
- projektni pogoji in
- tehnološki pogoji.

9.2.1 Naravni pogoji

Za načrtovanje odkopavanja z Velenjsko odkopno metodo so vsekakor najpomembnejši:

- globina odkopavanja,
- enosna tlačna trdnost ter ostali fizikalno - mehanski parametri premoga,
- tektonika ležišča in
- konsolidacija starega dela.

9.2.1.1 Globina odkopavanja

Globina odkopavanja je absolutna globina, na kateri se odkopna plošča nahaja.

9.2.1.2 Enoosna tlačna trdnost ter ostali fiz. – meh. parametri premoga

Parameter enoosne tlačne trdnosti premoga je eden od bistvenih elementov za izračun potrebne nosilnosti podgradnje jamskih prog in za izračun varnostnega faktorja pred rotacijo hidravličnega odkopnega podporja in porušitvijo tal na odkopu.

9.2.1.3 Tektonika ležišča

Ta parameter je pri načrtovanju odkopavanja z Velenjsko odkopno metodo potrebno upoštevati prvenstveno pri napredovanju odkopa preko prelomnih con (predpisati tehnične ukrepe v smislu varovanja čelne stene podkopnega dela).

9.2.1.4 Konsolidacija starega dela

Konsolidacija je pogojena z naravnimi danostmi. Definira osnovne značilnosti rušnega procesa in opredeljuje proces večkratne porušitve istega hribinskega masiva, kar je značilnost in specifičnost Velenjske odkopne metode.

9.2.2 Projektivni pogoji

Projektivni pogoji so odraz projektnih rešitev v danih naravnih pogojih, ki zajemajo, upoštevajo naravne pogoje, sistem odpiranja in priprave etaž, sistem prostorske razporeditve odkopnih plošč in samo dinamiko odkopavanja odkopnih plošč. Ti pogoji so:

- stopnja konsolidacije starega dela,
- širina odkopne plošče, ki je enaka dolžini odkopa,
- etažna višina,
- vzdolžni naklon odkopne plošče,
- prečni naklon odkopne plošče (naklon širokega čela),
- lega odkopne plošče na etaži in
- število odkopanih plošč nad odkopom.

9.2.2.1 Stopnja konsolidacije starega dela

Po prehodu odkopa se začne razrušena hribina ponovno konsolidirati. Poznavanje tega parametra nam omogoča določiti dinamiko priprav in odkopavanja tako, da so medsebojni vplivi čim manjši. Raziskave na tem področju so pokazale, da lahko s pripravljalnimi deli ob ali pod odkopanimi ploščami pričnemo, ko stopnja konsolidacije preseže 80 %.

9.2.2.2 Širina odkopne plošče

Širina odkopne plošče je enaka dolžini odkopa in je praviloma odvisna od projektnih rešitev v danih naravnih pogojih ter tehničnih zmogljivosti odkopne opreme.

9.2.2.3 Etažna višina

Etažna višina je višina od tal projektirane etaže do starega dela (že odkopane etaže) ali do krovnine. Ta višina praviloma ne sme presegati dovoljenih odkopnih višin (izračunane po

kriterijih varnega odkopavanja). Na mestih, kjer ta pogoj ni izpolnjen, je potrebno s predpisanimi dodatnimi tehničnimi ukrepi preprečiti pridobivanje premoga iz nadkopnega dela odkopa preko izračunanih dovoljenih odkopnih višin.

9.2.2.4 Vzdolžni naklon odkopne plošče

Vzdolžni naklon odkopne plošče je odstopanje linije vzdolž smernih prog od horizontalne smeri. Glede na ta naklon so plošče vodoravne, nagnjene navzdol (od montažne komore proti odkopni meji). Izjemoma so deli nekaterih plošč nagnjeni navzgor. Naklon plošč narekujejo naravni pogoji, projektivni pogoji, kakor tudi karakteristike odkopne opreme.

9.2.2.5 Prečni naklon odkopne plošče

Praviloma je plošča vodoravna ali rahlo nagnjena proti odvozni strani. Naklon plošč narekujejo naravni pogoji, projektivni pogoji, kakor tudi karakteristike odkopne opreme.

9.2.2.6 Število odkopanih plošč nad odkopom

Ta parameter pove, ali je krovina nad območjem odkopavanja že narušena ali ne. Na osnovi tega lahko že pri projektiranju napovemo potrební obseg pomoči "naravnemu" procesu rušenja in drobljenja premoga v nadkopnem delu.

9.2.3 Tehnološki pogoji

Tehnološki pogoji, ki vplivajo na odkopavanje z Velenjsko odkopno metodo ter na njen razvoj so:

- tip odkopnega podporja,
- tip tehnološkega ciklusa,
- tehnološki čas v eni izmeni,
- hitrost napredovanja odkopne fronte,
- daljše tehnološke prekinitve na odkopu,
- odkopne izgube in
- rudarsko - tehnološki pogoji.

9.2.3.1 Tip odkopnega podporja

Pri odkopavanju z Velenjsko odkopno metodo uporabljamo:

- nosilno - ščitno podporje,
- nosilno podporje in
- ščitno podporje.

Za uporabo določenega tipa podporja se pri projektiranju izvede kontrolni izračun varnostnega faktorja proti rotaciji podporja in porušitvi tal za prognoziranje geomehanske lastnosti premoga na območju odkopavanja.

9.2.3.2 Tip tehnološkega ciklusa

Tip tehnološkega ciklusa je odvisen od:

- odkopne opreme,
- kontinuiranosti napredovanja odkopa in
- tehnike pridobivanja nadkopnega dela odkopa.

9.2.3.3 Tehnološki čas v eni izmeni

Tehnološki čas je razpoložljiv čas za delo na odkopu. To je čas od trenutka, ko moštvo prispe na odkopno delovišče, pa do trenutka, ko ga zapusti.

9.2.3.4 Daljše tehnološke prekinitve na odkopu

Daljše tehnološke prekinitve na odkopu lahko v določenih pogojih negativno vplivajo na stabilnost odkopne opreme. Zaradi tega je za primere daljših tehnoloških zastojev potrebno izdati ustrezna navodila za daljše mirovanje odkopa (v smislu zagotavljanja stabilnosti odkopa v času mirovanja ter preprečevanja razvoja oksidacijskih procesov).

9.2.3.5 Hitrost napredovanja odkopne fronte (odkopa)

Hitrost napredovanja odkopa je odvisna od naravnih in tehnoloških pogojev. Odkop mora napredovati tako, da so odstopanja v hitrosti majhna. Za eventualna daljša obdobja ustavitve odkopa je potrebno izdati ustrezna navodila za pripravo odkopa za daljše ustavitve.

9.2.3.6 Odkopne izgube

Pomemben parameter pri Velenjski odkopni metodi so odkopne izgube, ki nastanejo pri odkopavanju. Odkopne izgube predstavljajo premog v ležišču, ki ga ne moremo pridobiti in je v "tehnološkem" smislu, v danem trenutku, izgubljen.

9.3 TEHNOLOGIJA PRIDOBIVANJA PREMOGA NA ODKOPU

Tehnologija pridobivanja premoga z Velenjsko odkopno metodo je obdelana v tipskih rudarskih projektih "Tehnologija odkopavanja z uporabo hidravličnega odkopnega podporja z enim transporterjem na osnovi", številka projekta RP - 17/92 in "Odkopavanje premoga s hidravličnim podporjem z dvema transporterjema", številka projekta RP - 29/93.

9.3.1 Glavne delovne operacije

Glavne delovne operacije pri izvajanju tehnološkega procesa so:

- rezanje čelne stene v podkopu,
- zamik odkopnega verižnega transporterja,
- zamik odkopnega hidravličnega podporja in

- pridobivanje premoga iz nadkopnega dela odkopa.

9.3.1.1 Pridobivanje premoga iz podkopnega dela

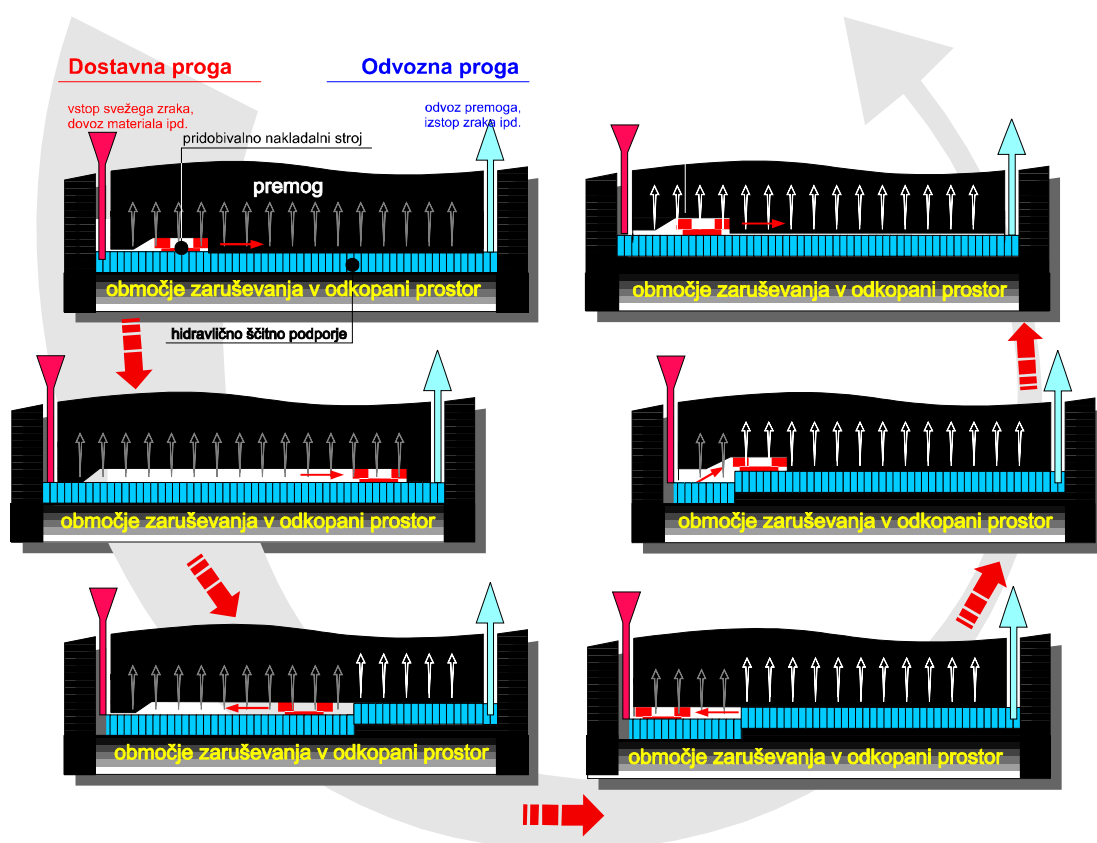
Glavne delovne faze pri pridobivanju premoga iz podkopnega dela odkopa so:

- rezanje čelne stene,
- zamik odkopnega transporterja in
- zamik odkopnega hidravličnega podporja.

Pridobivanje premoga iz podkopnega dela je shematsko prikazano na sliki 9/1.

9.3.1.1.1 Rezanje čelne stene v podkopu

Rezanje poteka s pridobivalnim strojem, ki se pomika na vodilih po verižnem odkopnem transporterju. Višina in globina enkratnega reza sta odvisni od gabaritov in karakteristik odkopne opreme.



Slika 9/1: Shematski prikaz faz dela pri pridobivanju premoga iz podkopnega dela odkopa

Vir: Rud. projekt Velenjska odkopna metoda, 1996

9.3.1.1.2 Zamik odkopnega transporterja

Zamik odkopnega verižnega transporterja sledi pridobivalnemu stroju, ko ta odreže talni rez. Razdalja, na kateri je transporter polno zamaknjen, je odvisna od konstrukcijskih lastnosti sestavnih elementov odkopne opreme.

9.3.1.1.3 Zamik odkopnega hidravličnega podporja

Zamik hidravličnega odkopnega podporja poteka na odsekih, kjer je odkopni transporter že polno zamaknjen. Faze zamika so:

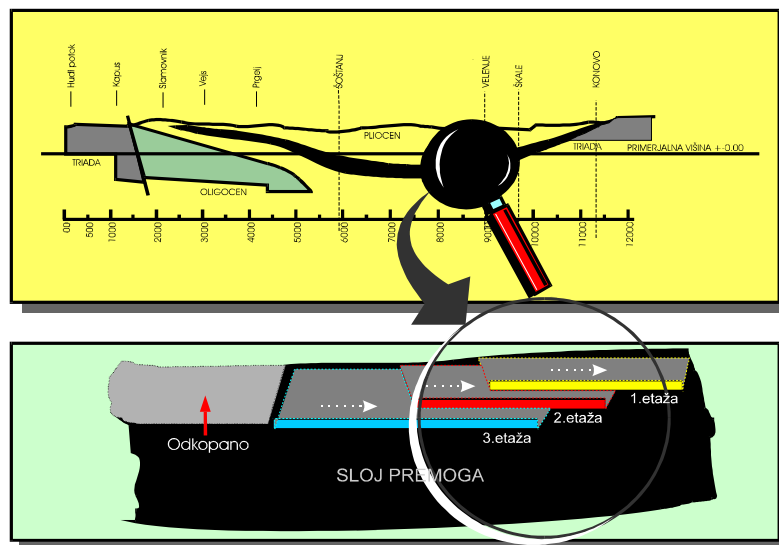
- popuščanje podporja,
- premik podporja s hidravličnim cilindrom,
- vpenjanje podporja in
- zaščita čelne stene z oporno ploščo.

9.3.1.2 Način pridobivanja premoga iz nadkopnega dela

Pridobivanje premoga iz nadkopnega dela sledi v korakih, ko je opravljeno dovolj rezov in zamikov v podkopnem delu. Pri obstoječi opremi je to 2 do 3 reze v trdnem in žilavem premogu, ter 3 do 6 v porušenem in drobečem premogu. Širina koraka je odvisna od gabaritov odkopne opreme in geomehanskih lastnosti premoga. Če je potrebno, nadkopni del razstreljujemo. Mesto vrtanja vrtin in naklon vrtin je odvisen od tehnologije pridobivanja nadkopnega dela. Kontrolirano pridobivanje zdrobljenega premoga iz nadkopa dosežemo s spuščanjem premoga skozi odprtino v ščitu ali pa s spuščanjem preko pregibnih stropnikov v sprednjem delu podkopa. Razbijanje večjih kosov premoga izvajamo s sekundarnim razstreljevanjem ali z drugimi delovnimi pripomočki.

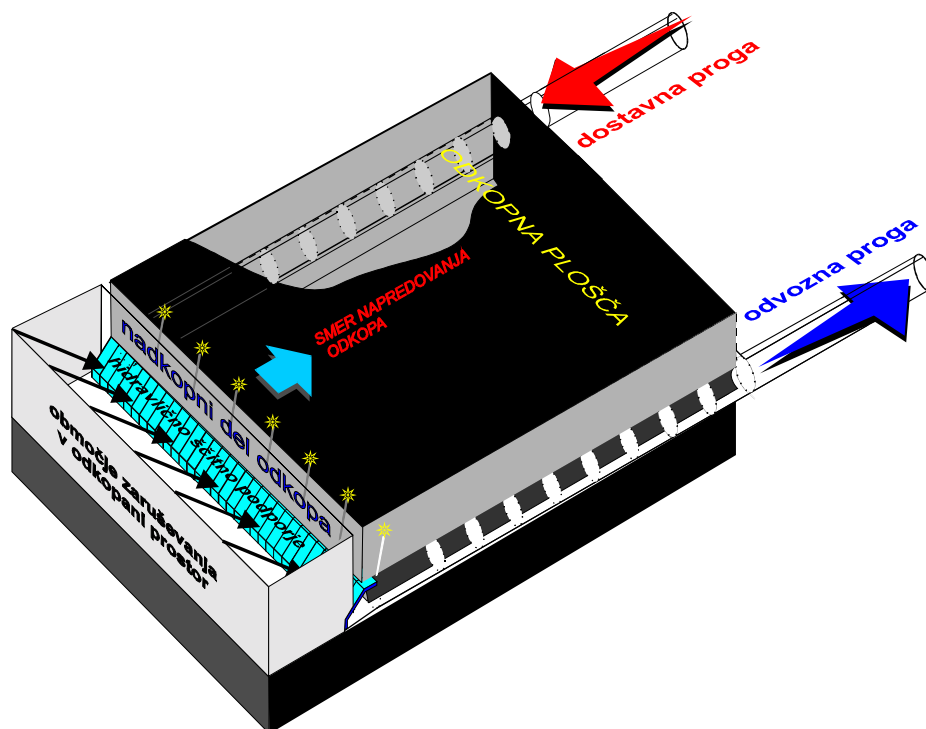
9.3.1.3 Izdelava križišč in zamik smernega verižnega transporterja

Izdelava križišč, ropanje jeklenega ločnega podporja in zamik smernega verižnega transporterja poteka skladno z napredovanjem odkopa. Križišča so klasična (podpiranje z jeklenimi stojkami in stropniki ter z lesenimi podvlekami), delno mehanizirana ali pa popolnoma mehanizirana (križiščna sekcija). Glede na, da izdelava klasičnih križišč predstavlja kritično in zelo zamudno fazo delovnih opravil na odkopu, vedno več klasičnih križišč nadomeščamo s popolnoma mehaniziranimi križišči.



Slika 9/2: Etaža v sloju premoga

Vir: Rud. projekt Velenjska odkopna metoda, 1996



Slika 9/3: Odkopna plošča

Vir: Rud. projekt Velenjska odkopna metoda, 1996

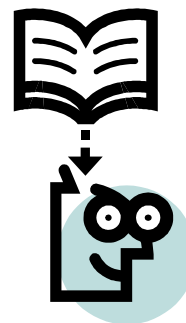
9.4 POVZETEK



Pri odkopavanju s širokočelno odkopno metodo se je ta v Premogovnik Velenje od pričetka odkopavanja pa do danes v organizacijskem in tehnološkem smislu vseskozi izpopolnjevala tako, da danes spada med najpomembnejše odkopne metode za odkopavanje debelih slojev premoga in je tudi v svetu poznana kot Velenjska odkopna metoda. V tehnološkem in organizacijskem smislu se Velenjska odkopna metoda še vedno razvija in izboljšuje, predvsem v smislu povečevanja proizvodnje iz enega odkopa, povečevanju izkoristka sloja, varnosti zaposlenih ter humanizaciji dela.

9.5 VPRAŠANJA ZA OSVOJITEV ZNANJA

1. Opiši faze dela pri izvajanju tehnološkega procesa pridobivanja premoga z VOM!
2. Kateri so tehnološki pogoji, ki vplivajo na odkopavanje z Velenjsko odkopno metodo?
3. Kateri so projektivni pogoji?
4. Kateri so prednosti in slabosti vertikalne koncentracije?
5. Način pridobivanja iz nadkopnega dela!



10 JAMSKA REŠEVALNA SLUŽBA

10.1 UVOD



Pri eksploataciji mineralnih surovin preti stalna nevarnost, da pride do nesreče. Rudniki so dosegli v sodobnem času visoko stopnjo mehaniziranosti in dokaj izpopolnjeno tehnologijo odkopavanja, toda kljub temu si eksploatacije ne morejo zamišljati brez dobro organizirane reševalne službe. Takšna služba mora imeti vso potrebno tehnično opremo in sredstva, dovršena navodila za organizacijske in varnostne ukrepe, če hoče reševati ljudi in opremo v primerih nesreč in katastrof, npr. eksplozij, jamskih požarov, vdorov vode in plinov ter hribinskih udarov.

10.2 NALOGE JAMSKE REŠEVALNE SLUŽBE

- takoj mora priskočiti na pomoč zaposlenim v rudniku, če jih ogroža vdor plina, vode, eksplozije, požar,
- takoj se mora lotiti reševanja premoženja, upoštevajoč načrt obrambe in reševanja,
- čim prej mora omogočiti ljudem izhod iz strupenih, zadimljenih ter drugače nevarnih območij,
- svojo pomoč, znanje in opremo nudi tudi drugim rudnikom v primeru nesreč,
- če je potrebno, mora sodelovati tudi pri elementarnih nesrečah izven rudnika,
- člani jamske reševalne službe so najboljše usposobljeni, da prvi nudijo pomoč posameznikom, ki so se poškodovali ali oboleli na delovnem mestu in da hkrati poskrbijo za naglo zdravniško pomoč.

(povzeto po Navodila za delo Jamske reševalne službe, 2007, str. 5)

10.3 ORGANIZACIJA JAMSKE REŠEVALNE SLUŽBE

Organizacija mora biti izredno premišljena in izpopolnjena, da je kos zastavljenim nalogam.

Struktura jamske reševalne službe:

10.3.1 Vodstvo reševanja

Svojo funkcijo prevzame takoj, ko sprejme obvestilo o potrebi za izvajanje reševanja. Vodi reševalno akcijo in odgovarja za uspeh reševanja. O nesreči, ki zahteva reševalno akcijo, mora takoj obvestiti republiško rudarsko upravo in upravo javne varnosti. Če z reševalnimi sredstvi in reševalno četo ni kos zahtevam reševanja, mora na pomoč poklicati reševalne čete iz sosednjih rudnikov ali zahtevati pomoč javnih upravnih organov.

10.3.2 Tehnični oddelek

Tehnični oddelek sestavljajo tehnični vodje jamskih obratov in vodje strokovnih služb.

Vodji reševanja pomagajo s strokovnimi nasveti, podatki in z razno opremo s svojih delovnih področij. Člani tehničnega oddelka morajo biti vedno seznanjeni z načrtom obrambe in reševanj, da lahko hitro in racionalno pomagajo ob morebitni nesreči.

10.3.3 Jamska reševalna postaja

Vsak rudnik mora po veljavnih rudarskih predpisih imeti reševalno postajo, ki mora ustrezati velikosti rudnika in potrebam glede na različne potencialne nevarnosti za nesrečo.

Prostori reševalne postaje so namenjeni shranjevanju reševalne opreme, izpopolnjevanju in usposabljanju članov jamske reševalne čete.

V jamski reševalni postaji morajo biti vedno na voljo:

- ažurirane karte zračenja za posamezna področja jame, ki vsebujejo podatke o jamskih shrambah reševalne opreme, protipožarnega materiala in vse telefonske številke,
- ažurirana evidenca članov jamske reševalne čete,
- ažurirani načrti obrambe in reševanja za posamezna področja jame,
- sezname opreme v jamski reševalni postaji ter v jamskih shrambah reševalne in protipožarne opreme,
- navodila za delo jamske reševalne službe,
- grafikon signalov za sklic reševalne čete,
- telefonski imenik s številkami reševalnih čet sosednjih rudnikov, rudarskega inšpektorata, uprave javne varnosti in zdravstvenih ustanov.

(povzeto po Navodila za delo Jamske reševalne službe, 2007, str. 41)

Zaposleni v jamski reševalni postaji redno vzdržujejo reševalno opremo in vodijo evidenco o delu jamske reševalne službe. V primerih nesreče v rudniku morajo biti takoj na razpolago vodstvu reševanja.

10.3.4 Jamska reševalna četa

To je operativna enota jamske reševalne službe, ki je zadolžena za izvajanje reševalnih akcij v primeru nesreče in je podrejena vodstvu reševanja. Člani jamske reševalne čete oz. njenih operativnih enot so usposobljeni za delo z izolacijskimi reševalnimi aparati v težkih pogojih v jami. Za takšne napore morajo biti zdravstveno sposobni in ustrezno psihofizično pripravljeni.

Najmanjša operativna enota je reševalna ekipa, ki je sestavljena iz 3 do 6 reševalcev in lahko samostojno nastopa v akciji. Člani operativnih enot morajo takoj, ko prejmejo obvestilo o sklicu reševalcev, oditi v reševalno postajo, kjer dobijo naloge in navodila za reševanje. Po sprejetju nalog se morajo člani reševalne ekipe v najkrajšem času opremiti z reševalnimi aparati in z opremo za reševanje, ki jo določi vodstvo reševanja. Jamsko reševalno četo sestavljajo tudi specializirane enote za pripravo sistemov obveščanja, sanitetne skupine, protipožarni vod in posebne transportne skupine. V primeru nesreče se formirajo tudi ekipe reševalcev, seveda če je to možno, s pomočjo delavcev- reševalcev, ki so takrat v jami. Te reševalne ekipe se oskrbijo z reševalno opremo, ki je v stalnih jamskih bazah in ukrepajo po navodilih vodstva reševanja *(povzeto po Navodila za delo jamske reševalne službe, 2007, str. 11)*.

10.4 REŠEVALNI APARATI

V zraku, ki vsebuje večji delež dušljivih plinov (CO_2 , N_2 , CH_4 , H) in mu primanjkuje kisika, ali v zraku, ki vsebuje strupene pline (CO , H_2S , NO_2), je normalno dihanje človeka nemogoče.

Razlikujemo dve skupini aparatov za zaščito dihanja:

- filtrirni aparati, ki pri vdihovanju čistijo škodljive primesi v zraku;
- izolacijski aparati, pri katerih nosi človek zalogo zraka ali kisika s seboj in je tako ločen od ozračja s škodljivimi plini.

Filtrirni aparati so razne maske z ustreznimi filtri, ki zadržujejo ali kemično presnavljajo škodljive primesi iz ozračja. Filtri sicer čistijo vdihani zrak, vendar ne proizvajajo kisika. Zato lahko aparate s filtri uporabljamo le v dovolj zračnih prostorih z najmanj 17 % kisika.

Pri izolacijskih aparatih razlikujemo dve vrsti:

- aparat brez kroženja, kjer človek vdihava zrak iz zaloge, ki jo nosi s seboj, izrabljeni zrak pa izdiha v ozračje;
- aparat z zaprtim kroženjem, kjer se izrabljeni zrak prečisti, kisik pa se nadomešča iz zaloge, ki jo človek nosi s seboj.

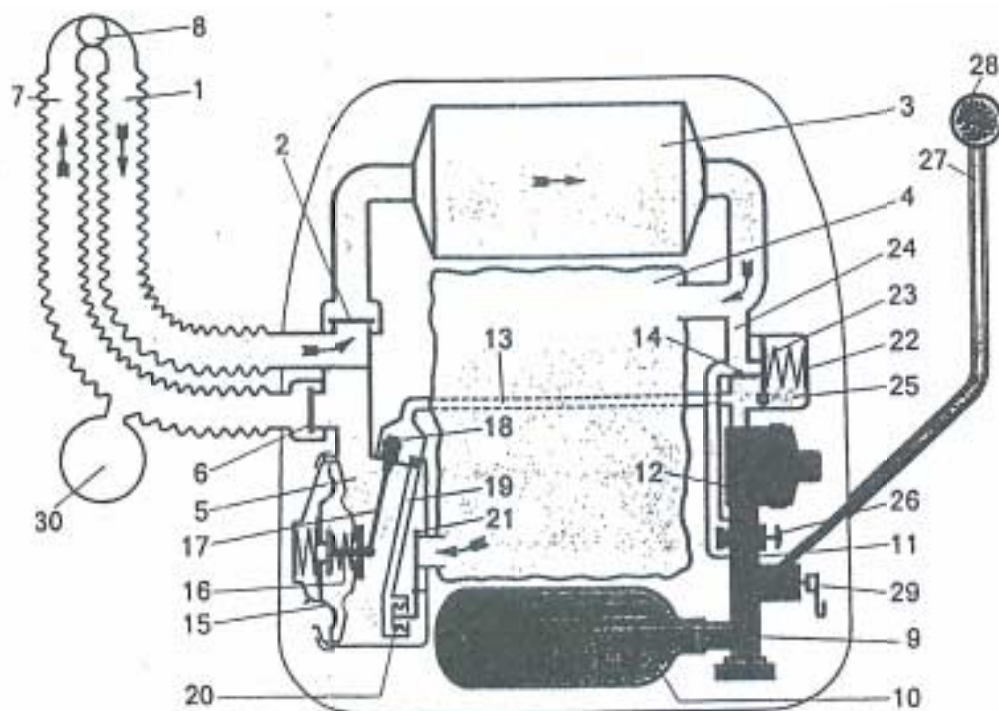
Pri izolacijskih aparatih brez kroženja je zaloga čistega zraka shranjena v jeklenkah pod visokim pritiskom ali v posebnih posodah v utekočinjenem stanju.

Izolacijski aparati s stisnjenim zrakom so dihalni zaščitni aparati brez obnavljanja izdihanega zraka. Potrebno količino zraka za vdihavanje dodaja pljučni avtomatski ventil. Izdihani zrak izhaja skozi izdihalni ventil na prosto. Čas uporabe je odvisen od zaloge zraka v jeklenkah in od teže dela, ki odločilno vpliva na porabo.

Izolacijski aparat z zaprtim kroženjem (kisikov izolacijski reševalni aparat)

Izrabljeni zrak, ki ga reševalec pri teh aparatih izdihava, ne izhaja v ozračje, ampak se očisti ogljikovega dioksida in vodnih hlapov ter se po obogatitvi s kisikom ponovno

vrača v krogotok dihanja. Čas uporabe aparata je odvisen od vsebine kisika v jeklenkah, od kapacitete alkalne patrone in od dela, ki ga človek z aparatom opravlja.



Slika 10/1: Izolacijski aparat BG-M-174 Dräger

Vir: Navodila za delo JRS, 1984, str. 48

1 - izdihalna cev,	12 - reducirni ventil,	22 -naprava za predizpihovanje,
2 - izdihalni ventil,	13 - cev za kisik,	23 - ventil za predizpihovanje,
3 - regenerativna patrona,	14 - cev za kisik,	24 - cev za predizpihovanje,
4 - dihalna vrečka,	15 - membrana,	25 - krmilni prostor,
5 - ventilsko ohišje,	16 - sornik s tesnilom,	26 - gumb za dodatni kisik,
6 - vdihalni ventil,	17 - ročica pljučnega avtomata,	27 - visokotlačna cev,
7 - vdihalna cev,	18 - pljučni avtomat,	28 - manometer,
8 - priključek za masko,	19 - cev za varnostno piščalko,	29 - ventil za dovod kisika k manometru,
9 - ventil jeklenke,	20 - meh varnostne piščalke,	30 - zbiralnik slane.
10 -jeklenka za kisik,	21 - varnostna piščal,	
11 - razdelilec kisika,		

Osnovni deli izolacijskega reševalnega aparata so: jeklenka s kisikom, reducirni ventil in maska. Ostali deli sestavljajo dozirne, kontrolne in prezračevalne armature.

Sistem pretakanja zraka v reševalnem aparatu je prikazan na sliki. Izdihani zrak teče po izdihalni cevi v alkalno patrono, kjer kemična snov absorbira (vsrka) ves ogljikov dioksid.

Kisik in dušik prepušča dalje v dihalno vrečo. Dihalna vreča izenačuje sunke dihanja in je obenem rezervoar. Dalje teče izdihani zrak v vdikalno cev in naprej v dihalne organe uporabnika. V vdikalni cevi se omenjenemu zraku pridruži še 4 % kisika, ki priteče iz jeklenke. Kisik v jeklenkah je stisnjen (19.600 kPa), zato teče skozi reducirni ventil, kjer se mu pritisk avtomatsko zniža. Na dihalni vreči je nameščen tudi izpušni ventil, ki regulira nadpritisk, ki se lahko pojavi v dihalni vreči. Za usmerjanje vdikalnega in izdikalnega zraka sta namenjena dva ventila: vdikalni in izdikalni.

Pri rednem delu v rudniku so rudarji opremljeni z izolacijskimi samoreševalci, ki so bistveno manjši in lažji. Z njimi se je možno zadrževati v zaplinitenem prostoru od 20 do 100 minut.

10.4.1 Dräger BG-4

Najnovejši reševalni izolacijski aparat je aparat Dräger BG-4, ki ima v primerjavi s prejšnjimi (Dräger BG-174) naslednje prednosti:

- v celotnem sistemu stalen nadtlak
- boljši in lažji materiali
- nadzorni sistem za reševalca – "body guard"
- avtomatsko upravljanje
- alarm v težavah – ročni
- senzor gibanja – avtomatski alarm
- hladilni sistem z ledom



Slika 10/2: Dräger BG-4

Vir: Navodila za delo Dräger BG4, 2006, str. 9

SPLOŠNE KARAKTERISTIKE DRAGER PSS BG 4 EP

APARAT DELUJE S STALNIM NADTLAKOM V SISTEMU

- 🔧 Volumen jeklenke za kisik: 2 litra
- 🔧 Količina kisika v jeklenki: 400 litrov
- 🔧 Tlak kisika v jeklenki: 200 bar
- 🔧 CO₂ regenerativna patrona: alkali patrona za vezavo do 400l CO₂
- 🔧 Konstantno doziranje kisika: 1,6 l/min kisika pri pljučni respiraciji 40 l/min
- 🔧 Dodatno doziranje kisika – pljučni avtomat: 80 l/min pri porabi kisika več kot 1,6 l/min
- 🔧 Izpušni ventil nadtlaka: odvajanje odvečne količine zraka v ozračje pri porabi manj kot 1,6 l/min
- 🔧 Gumb za ročno doziranje kisika: "by-pass", doziranje 50 l/min kisika

Slika 10/3: Splošne karakteristike Dräger BG-4

Vir: Navodila za delo Dräger BG4, 2006, str. 14

SEŠTAVNI DELI DRAGER PSS BG 4 EP



Slika 10/4: Sestavni deli Dräger BG-4

Vir: Navodila za delo Dräger BG4, 2006, str. 17



Slika 10/5: Gibanje zraka skozi Dräger BG-4

Vir: Navodila za delo Dräger BG4, 2006, str. 20

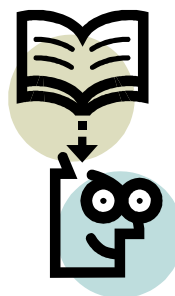
10.5 POVZETEK



Jedro reševalne službe je tehnično opremljena in strokovno izurjena reševalna četa. Sestavljajo jo reševalci, ki se morajo stalno učiti ter praktično usposablјati za reševalno delo v nevarnih, zadimljenih in zaplinjenih področjih. Fizično in psihično morajo biti tako pripravljeni, da pri uporabi izolacijskega dihalnega aparata obdržijo normalno delovno sposobnost in da znajo oceniti situacijo v nevarnih trenutkih. Biti morajo izjemno disciplinirani, da čim hitreje ustrezno ukrepajo.

10.6 VPRAŠANJA ZA OBNOVITEV ZNANJA

1. Naštej naloge jamske reševalne službe!
2. Kako je organizirana jamska reševalna četa?
3. Razloži delovanje izolacijskega reševalnega aparata!
4. Naštej sestavne dele reševalnega aparata Dräger BG 174!
5. Pojasni in opiši pot gibanja zraka skozi Dräger BG 4!



11 REKULTIVACIJA - VPLIV NA OKOLJE ZARADI PODZEMNIH RUDARSKIH DEL

11.1 UVOD



Jamsko pridobivanje premoga in rudarstvo zahteva obsežna podzemna rudarska dela. Ta dela obsegajo številne jamske prostore, ki rabijo za povezavo, transport in zračenje, raziskave pri odpiranju rudišča, pripravah za odkopavanje in samem odkopavanju. Te objekte imenujemo jamske proge in jih je potrebno izdelati zato, da lahko izvajamo postopek pridobivanja energetske surovine. Premog ali rudo pridobivamo na različne načine in ta postopek imenujemo odkopna metoda. Teh

odkopnih metod je veliko, saj praktično v vsakem premogovniku ali rudniku uporabljajo svojo odkopno metodo. Vsaka od njih je lahko prilagojena specifičnim problemom, ki se pojavljajo v nahajališčih mineralnih surovin.

Glede načina ureditve odkopnega prostora so metode pridobivanja lahko z zaruševanjem krovnine – rušenjem stropa, s polnim zasipom praznih – odkopanih prostorov, s puščanjem odprtih odkopov in zaščitnih stebrov in magazinske odkopne metode (postopki z začasnim skladiščenjem rude v jami). Prav tako vpliva na okolje tudi izdelava predorov in velikih podzemnih prostorov. Predori in veliki podzemni prostori navadno zelo dolgo rabijo svojemu namenu. Zato jih je potrebno postaviti v čimbolj čvrsti hribini.

Prav tako pa ima na okolje vpliv tudi izdelava vertikalnih jamskih prostorov (jaškov).

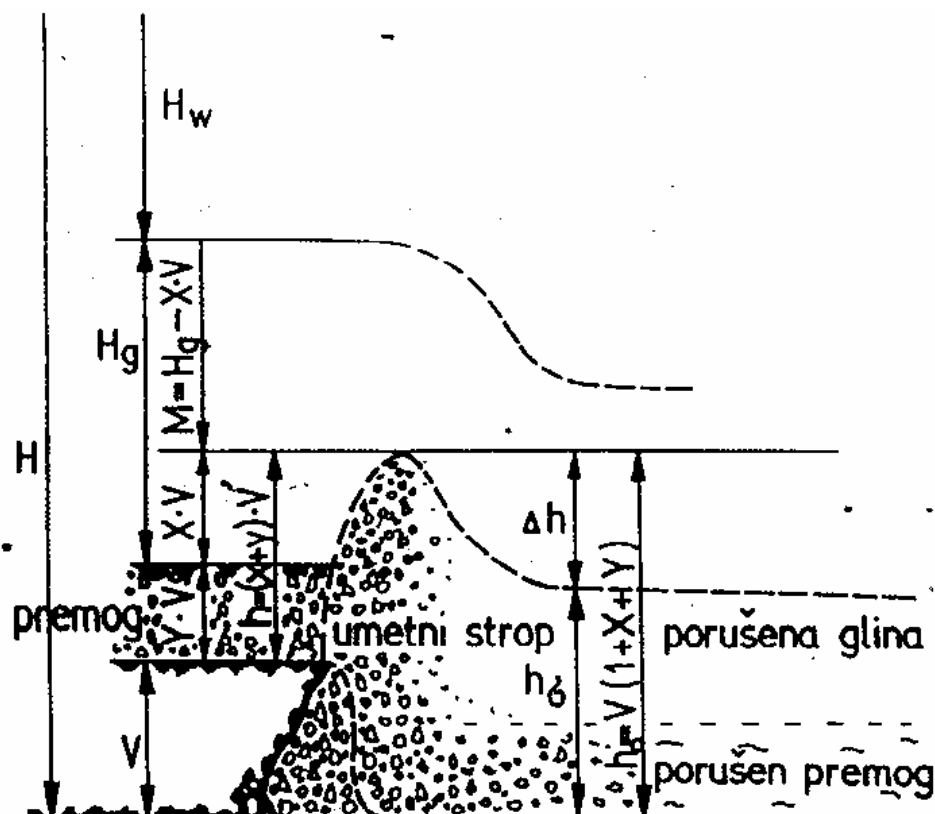
Vsi naštetih objekti porušijo naravno ravnovesje v hribini in vplivajo na okolje, še posebej pa to velja za podzemno pridobivanje energetskih surovin (premog, rude), kjer prihaja do izkopa ogromnih količin materiala in seveda zaradi tega prihaja do posedanja in to povzroča precejšnje posedanje površine in pa vpliv na okolje.

11.2 PROCESI PODZEMNEGA RUŠENJA

Zaradi posegov v hribino prihaja tudi do procesov podzemnega rušenja. Najbolj obsežen je proces podzemnega rušenja pri odkopavanju, saj prihaja tam do praznih prostorov zelo velikih dimenzij. Intenziteta rušenja je odvisna od uporabljene odkopne metode. Najbolj intenzivno je rušenje pri odkopni metodi z zaruševanjem krovnine – rušenjem stropa ali tako imenovani Velenjski odkopni metodi – VOM. VOM temelji na pridobivanju podkopa (rezanje s kombajnom) in točenju nadkopnega premoga (stropa). Odkopna višina znaša od 10 do 15 m, napredek odkopa je okoli 4m/dan, dolžina odkopa pa tudi preko 100 m. Tako prihaja dnevno do velikih količin nakopanega premoga oz. do velike prostornine odkopanega prostora in s tem do intenzivnega procesa podzemnega rušenja.

Na plast gline ali premoga, ki se po prehodu odkopa poruši in v razrahljanem stanju zapolni odkopani prostor, nalegajo krovninske plasti in jo s svojo težo, v odvisnosti od globine in hitrosti odmikanja odkopa, ponovno konsolidirajo.

Največja višina porušitve nastopi tik za odkopom. Višina porušitve je določena z analitično obdelavo prostorninske mase porušenega materiala in je potrjena z in-situ raziskavami. Z naleganjem neporušenih plasti krovnine na porušeno hribino se prične proces konsolidacije porušene hribine.



Slika 11/1: Shematski prikaz rušnega procesa v premogu in glini

Vir: Rud. projekt Velenjska odkopna metoda, 1996

H – globina tal odkopa od površine

H_g –debelina izolacijske plasti gline

H_w – globina vodonosne plasti

h – višina porušitve stropa v starem delu nad odkopom

h_0 – največja višina porušitve v starem delu od tal odkopa

Δh –posedanje krovninskih plasti na staro delo

 h_g –višina starega dela za odkopom v fazi konsolidacije

X –koeficient višine poružitve izolacijske plasti

Y –koeficient višine porušitve premoga v stropu odkopa

V – odkopna višina

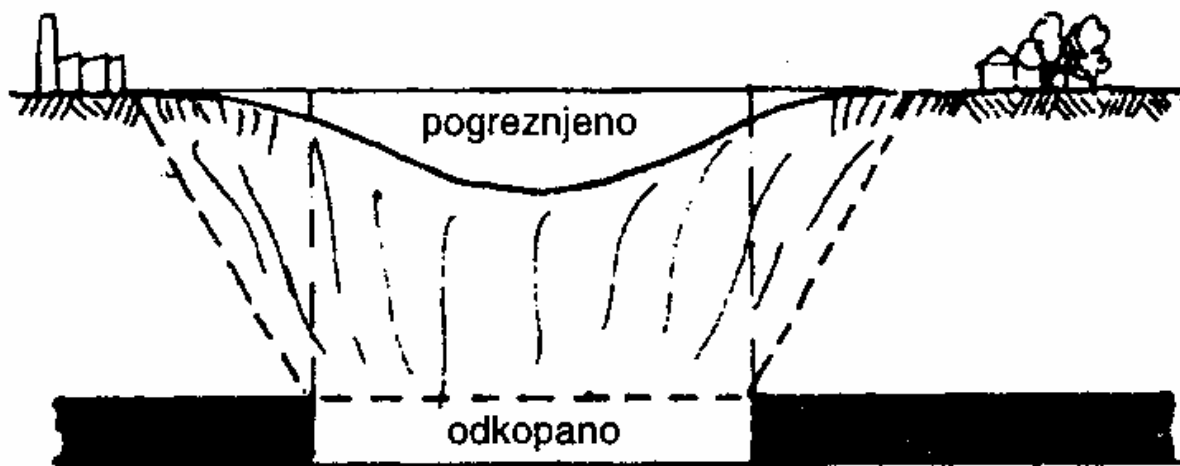
M –varovalna plast gline

Pri ostalih odkopnih metodah po načinu ureditve odkopnega prostora prihaja do manj intenzivnih procesov podzemnega rušenja in s tem tudi do manjših vplivov na površini.

Pri odkopnih metodah s polnim ali delnim zasipom praznih prostorov – odkopanih prostorov zapolnimo prazen prostor z jalovino ali drugim neuporabnim materialom. S tem se zmanjša

intenzivnost rušenja in zaradi zapolnjevanja odkopanega prostora tudi ugrezanje površine. Največkrat se uporablja hidravlični zasip, lahko pa tudi pnevmatski zasip.

Odkopne metode s puščanjem odprtih prostorov in zaščitnih stebrov uporabljajo v glavnem v rudnikih kovin in soli. Pogoj za uporabo te metode je dovolj trdna hribina oz. kamnina in da se ne ruši. Pri tej metodi gre tudi za izkop manjših količin rude, zato tudi ta odkopna metoda kot tudi magazinska odkopna metoda puščata manjše posledice odkopavanja oz. manjši obseg rušenja kot tudi manjše pogrezanje površine v primerjavi z odkopno metodo z zaruševanjem krovnine.



Slika 11/2: Vpliv odkopavanja na površino

Vir: Todorović, 1996, str. 31

11.3 VPLIVNI DEJAVNIKI RUŠNEGA IN UGREZNINSKEGA PROCESA

Pri analiziranju dogajanj v območju rušnega prostora delimo vplivne dejavnike na:

- naravne
- tehnogene

Vplivi naravnih parametrov se odražajo v različnosti geološko –tektonske zgradbe in v fizikalno – mehanskih lastnostih hribine. Ti parametri so zajeti v:

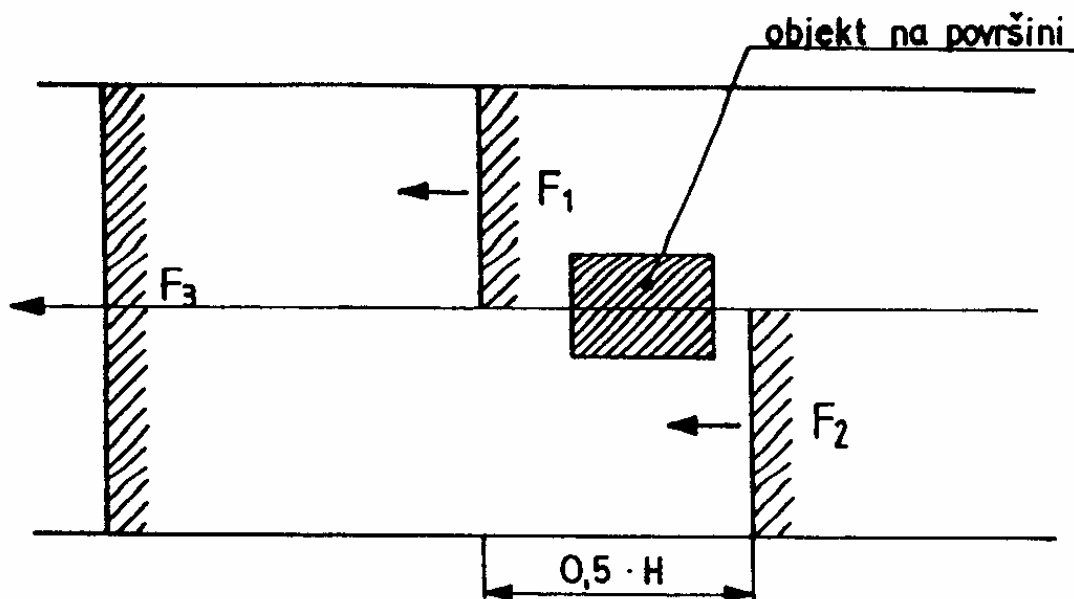
- stopnji konsolidacije porušene krovnine oz. največjem ugrezku pri neskončno velikem odkopanem prostoru,
- velikosti vplivnega območja od roba odkopanega prostora,
- nagibu brežin ugrezninske kadunje.

S tehnogenimi parametri kot so: velikost odkopnih polj, njihova dolžina, širina, globina, odkopna višina, hitrost napredovanja in zasip, lahko v določeni meri vplivamo na velikost premikov krovninskih plasti od odkopanega prostora do površine.

Tudi s časovnim in prostorskim razporedom je mogoče zmanjšati neugodne vplive odkopavanja na višje ležeče plasti in na površino ter s tem optimirati razsežnosti potrebnih varnostnih stebrov.

Uporabo odkopnih metod, ki omogočajo zmanjševanje ali preprečevanje vplivov rudarjenja na površino obravnavamo z dveh vidikov:

- zmanjševanje vpliva deformacij, ki nastopajo zaradi dinamične komponente ugrezninskega procesa, predvsem z ustrezno razporeditvijo območij odkopavanja in z njihovim vrstnim redom. Če naenkrat odkopamo celotno odkopno fronto F_3 , bomo poškodovali prikazano zgradbo. Z dvema odkopoma na določeni medsebojni razdalji dosežemo, da se skrčki, povzročeni z odkopavanjem odkopa F_1 , kompenzirajo z raztezki, ki jih povzroča odkopavanje odkopa F_2 . Če teh vplivov ni možno popolnoma odstraniti, jih lahko vsaj zmanjšamo.



H.....globina etaže

Slika 11/3: Razporeditev območja odkopavanja

Vir: Todorović, 1996, str. 39

- zmanjševanje vpliva končnih deformacij zaradi končne ugreznine dosežemo s puščanjem varovalnih stebrov oz. z odkopavanjem pod posebnimi pogoji, ali z zasipavanjem oz. zapolnjevanjem odkopnih prostorov. To pa lahko hkrati v največji možni meri vpliva na povečane stroške rudarjenja (*povezo po Todorović, 1996, str. 42*).

Za omejevanje posledic odkopavanja na površini je pomemben tudi poseben način gradnje objektov in njihova lokacija v vplivnem ugrezninskem območju. Pri širokočelnem odkopavanju debelega sloja premoga zapolni odkopani prostor zdrobljena in narušena krovina. Pred napredovanjem odkopa oz. pred pridobivanjem premoga iz nadkopnega dela odkopa ima steber hribine, ki tvori neposredno krovino odkopa, določeno prostorninsko težo.. V procesu zaruševanja se ta steber do neke višine poruši tako, da celoten steber te porušene hribine zavzame prostor porušene hribine. Više ležeče plasti, ki so izven območja neposrednega rušenja v odkopani prostor, nalegajo na razrahljani steber in povzročajo njegovo konsolidacijo. Pri tem se prostorninska teža razrahljane hribine povečuje, kar pa je v veliki meri odvisno od hitrosti obremenjevanja kakor tudi od vrste hribine, ki se nahaja v

območju rušenja. Ker je za odkopavanje debelih slojev premoga značilno odkopavanje v več etažah, se opisani proces rušenja, rahljanja in ponovne konsolidacije večkrat ponovi.

Pri izračunu višine porušitve se uporablja nasipni koeficient. Ni znano, do katere stopnje (gostote) se porušena hribina na določeni globini lahko komprimira, znano pa je, da se njegova vrednost nikoli več ne vrne v primarno stanje, kjer bi bil nasipni koeficient enak 1.

Za izračun dejanske višine porušitve je potrebno upoštevati prostorninsko težo pri različnih obremenitvah.

Vrednosti nekaterih najvplivnejših parametrov, ki vplivajo na dogajanje med zarušnim procesom, niso konstantne. Takšni parametri so:

- prostorninska teža pred poružitvijo
- nasuta teža hribine
- prostorninska teža hribine med in po končani konsolidaciji.

Spremembe njihovih vrednosti so odvisne od:

- stopnje naravne konsolidacije
- vsebnosti vode
- stopnje posameznih poružitev
- števila poružitev in s tem ponavljanj konsolidacijskih procesov, kar je še posebej pomembno v razmerah debelih slojev premoga, ki ga odkopavamo v več zaporednih etažah.
- globine odkopa, ki se odraža v velikosti vertikalnega tlaka hribine oz. prostorninske teže krovninskega paketa
- časovnega in prostorskega odmika opazovanega območja od odkopa, ki se odraža v stopnji oz. prirastku vertikalnega tlaka za odkopom.

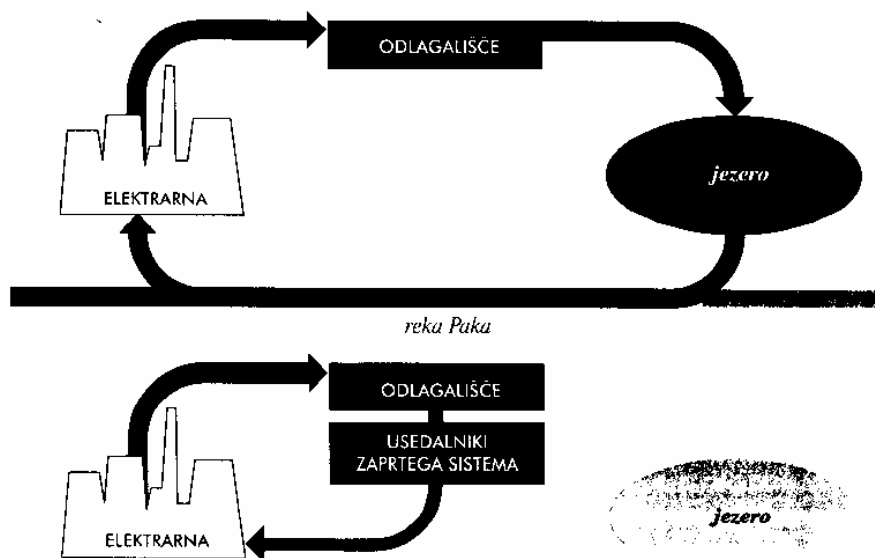
11.4 ZASTAJANJE VODA IN NASTANEK JEZER

Nastanek jezer ni pogojen le z neprepustno podlago, ampak je bistvenega pomena tudi humidnost podnebja (padavine presegajo izhlapevanje). Zadostne padavine morajo biti razporejene preko vsega leta. Jezera spremenijo lokalno podnebje. Poleti njihovih negativnih vplivov ni pričakovati, razen večje soparnosti v njihovi neposredni bližini. V drugih letnih časih se ob mirnem vremenu – brez močnih splošnih vetrov – in pri stalnih temperaturnih obratih poveča število dni z meglo, še posebej zjutraj, ko je relativna vlaga praviloma najvišja. Ob padavinskih dnevih vpliv vodnih površin ni pomemben, saj je relativna vlaga na celotnem območju visoka.

11.5 VPLIVI NA POVRŠINO IN POVRŠINSKE SPREMEMBE

Zaradi izkopavanja prihaja na površini do t.i. ugrezninskega območja, ki pa poleg že ugreznjenega površja obsega tudi še površje predvidenega ugrezjanja. Ugrezninsko območje ne leži le nad slojem, ki ga pridobivamo oz. odkopavamo, temveč obsega tudi obrobje, kjer je pogrezanje mogoče zaznati. Nad slojem, ki je že delno ali v celoti odkopan, je površje tako ali drugače že pogreznjeno. Ta del za razliko od ugrezninskega označujemo kot ugreznjeno

območje. Pridobivalni prostor, ki obsega območje, kjer je dovoljeno vršiti izkopavanje, imenujemo pridobivalni prostor. Eksploatacijsko polje je tisti prostor, kjer je izkop še ekonomičen ali rentabilen, rušno področje pa je območje, kjer se tla očitno pogrezajo (za več kot meter). Širše območje, ki sega do meje, kjer ugrezanja ni več mogoče zaznati pa imenujemo vplivno območje.

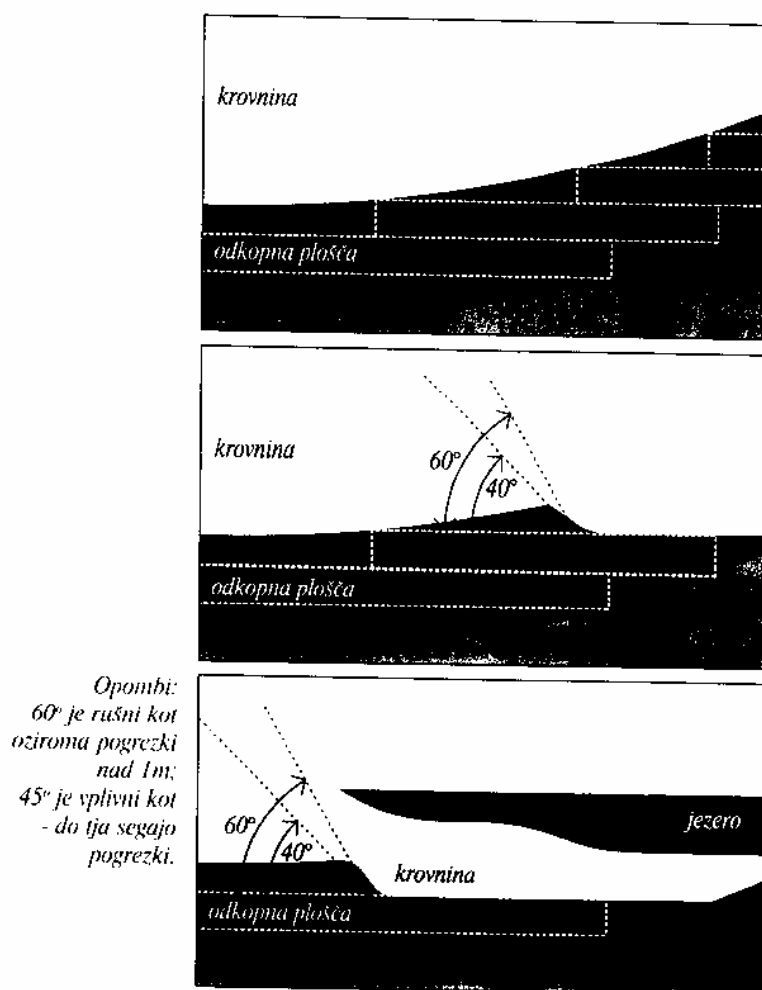


Slika 11/4: Odprti in zaprti trans. sistem pepela iz šoštanjske elektrarne na odlagališče

Vir: Medved, 1994, str. 55

11.6 POGREZANJE POVRŠINE, POSEDANJE TERENA

Pri izkopih pod zemljo se površina nad njimi velikokrat pogrezne. Glavni vzrok za hitro pogrezanje je geološka struktura tal oz. krovina, zgrajena iz mladih, sipkih sedimentov, ki so nestabilni in se po izkopu takoj sesedejo. Za odkopom tako ne ostajajo prazni prostori, ampak jih sproti zapolni krovina. Ugrezanje se prenaša na površje pod določenim kotom. Rušni kot je odvisen od položaja lignitne plasti in od strukture krovine nad njo, v povprečju znaša 60° . To je razlog, da je ugreznjena površina večja od površine odkopanega sloja. Vplivni kot znaša 45° , to pomeni, da je vplivno območje večje od rušnega.



Slika 11/5: Izkopavanje premoga v Velenjskem premogovniku in posledice na površju

Vir: Medved, 1994, str. 59

Površje se ugreza še 15 do 20 let potem, ko je odkopavanje na posamezni lokaciji končano. Proces je izredno hiter, prvi teden se površje ugreza tudi za štiri petine celotnega pogrezka, kasneje pa veliko manj in počasneje. Najgloblje ugreznine zaliže voda.

11.7 DEGRADACIJA POVRŠINE NAD ODKOPANIM PROSTOROM

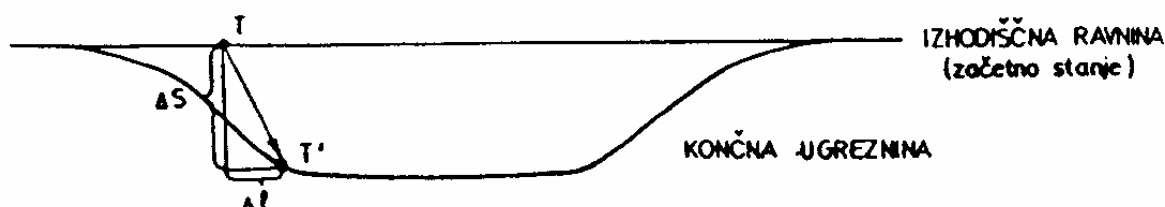
Prva vidna posledica izkopavanja je razpokano in razlomljeno površje. Nastajajo razpoke ter ožje in daljše reže. Kasneje se pojavijo zaporedni prelomi, ob katerih se tla navpično ali poševno ugrezajo tudi do 12 m. Nastajajo do 10 m globoki koritasti jarki z dnom, razkosanim na nepravilne in različno nagnjene ploskve, ki jih ločijo več decimetrov široke razpoke.

Ugrezanja in deformacije površine nad odkopanim prostorom so neizogibna posledica izkoriščanja rudnin z uporabo odkopne metode z zaruševanjem krovninskih plasti. Zemljišču, ki je bilo podvrženo vplivu ugrezninskih dogajanj, se spremeni oblika. za nekaj časa (do končne umiritve in sanacije) postane neuporabno – degradirano.

Ugreznina je sprememba oblike zemeljske površine zaradi rudarskih del oz. je razlika med prvotno in končno obliko površine po ponovni vzpostavitvi ravnotežja v spodkopanem

krovninskem masivu. Vsa vmesna stanja od začetka odkopavanja do oblikovanja končne ugreznine, so dinamične ugreznine.

Podobno kot napreduje čelo odkopa, se premika in preoblikuje tudi ugrezninska kadunja na površini. Če je odkopna etaža z ozirom na globino odkopavanja dovolj velika, se ugrezninska kadunja premika brez spreminjanja osnovne oblike z enako hitrostjo kot odkopna fronta pred njo. Iz analiz je ugotovljeno, da se že pri kratkem zastoju pri napredovanju odkopa tudi napredovanje ugreznine upočasni (povzeto po Todorović, 1996, str. 42).



- T..... začetna pozicija točke
 T'..... končna pozicija točke (po ugrezanju)
 ΔS premik točke v vertikalni ravnini
 Δl premik točke v horizontalni ravnini

Vplivi ugrezninskih dogajanj so znotraj vplivnega območja različni:

- vertikalni premiki odražajo znižanje terena (in objektov na njem) in nimajo vedno enakega učinka. Različna poslopja lahko prenesejo tudi intenzivna ugrezanja pa se vseeno ne bodo porušila (če so locirana na primer v centru ugrezninske kadunje in pravilno orientirana). Poseben problem predstavljajo vertikalni premiki večjega obsega, ker poleg ostalih posledic povzročajo tudi vizuelno degradacijo okolja in ga spreminjajo s povsem urbanističnega vidika.
- horizontalni premiki odražajo gibanje terena (in objektov na njem) v horizontalni ravnini, kar samo po sebi ne povzroča poškodb. Ravno tako kot vertikalne premike, je škodljive vplive možno v veliki meri anulirati z načinom gradnje objektov.
- naklon predstavlja nagnjenost terena (in temeljev objektov na njem). Pri tem se nevarnost poškodb na objektih veča z višino teh objektov.
- ukrivljenost praviloma ne povzroča resnih poškodb, saj je krivinski polmer ugrezninske kadunje na splošno slaboten. V literaturi je krivinski polmer redkokdaj manjši od 2500 m.
- horizontalne deformacije v ugrezninskem profilu (raztezki, skrčki) povzročajo največje poškodbe terena in objektov na njem. V večini primerov gradnje objektov v bližini vplivnega območja ugrezanja je potrebno ravno zaradi njih ugotoviti značilne meje vpliva. Pri obravnavi horizontalnih deformacij je ugotovljeno, da je bistvena razlika med končno ugreznino in vmesnimi dinamičnimi ugrezninami, ki nastajajo od začetka odkopavanja do popolne konsolidacije. Končna slika ugreznine lahko pokaže, da je v neki točki končna horizontalna deformacija enaka 0. Kljub temu pa je ugotovljeno, da je bila ta ista točka med samim odkopavanjem podvržena tako raztezanjem kot krčenjem terena in je zato močno poškodovana.

Za uporabo degradiranega zemljišča je treba obvezno poznati dopustne deformacije, na osnovi katerih določimo ustrezen način gradnje in saniranja različnih objektov. Iz naslednje tabele so razvidne dopustne deformacije (*povzeto po Tododrovič, 1996, str. 39*).

Kategorija terena	Nagib (mm/m)	Kriv. polmer (km)	Dopustne horiz. defor. (mm/m)	Poškodbe	Ukrepi
I	$\leq 2,5$	≥ 20	≤ 1	neznatne poškodbe	možna gradnja
II	≤ 5	≥ 12	≤ 3	manjše poškodbe	saniranje manjših poškodb
III	≤ 10	≥ 6	≤ 6	večje poškodbe	povečan nadzor
IV	≤ 15	≥ 4	≤ 9	velike poškodbe	večje rekonstrukcije
V	> 15	< 4	> 9	zelo velike poškodbe	gradnja ni možna

Pri tem ne smemo pozabiti na dodatne pojave, ki spremljajo proces ugrezanja. Še posebej se lahko območje vpliva poveča pri deformacijah terena z izrazito konfiguracijo, kar se kaže v:

- spodnašanju brežine
- lokalnih plazovih
- ugreznini kot »impulzu« za prehod iz stabilnega v nestabilno stanje brežine

Poznavanje različne prizadetosti in ogroženosti terena je nujno za pravilno projektiranje vseh prostorskih posegov v bližini ugrezninskega območja.

Po končanem odkopavanju je potrebno vzpostaviti prvotno stanje zaradi odkopavanja degradiranega zemljišča. Zato je potrebno predvideti končno konfiguracijo ugrezninskega območja. Njegove razsežnosti in oblika pa niso odvisne samo od odkopnih parametrov, ampak tudi od začetnega stanja.

Hribovita območja se drugače ugrezajo kot ravninska. Če je izhodiščna oblika terena razgibana, bo tudi končna oblika ugreznine razgibana. Končna oblika ugreznine je lahko samo v idealnem primeru podobna kadunji z enakomerno nagnjenimi brežinami.

11.8 PODZEMNI VPLIVI RUDARJENJA

11.8.1 Rušenje površine, ugrezanje, ugrezninska jezera

Ugrezanje in rušenje je posledica rušenja, ki se prenaša v velike višine zgornjih plasti in včasih tudi do površine. Tako nastanejo ugreznine na površju.

Pogrezanje povzroči ekološki problem uničenja in spremembe pokrajine in sociološke probleme preseljevanja ljudi, ki živijo na takem območju. Udornine največkrat zalije voda in tako nastanejo ugrezninska jezera. Tak primer je vas Družmirje, ki je v celoti potopljena v ugrezninskem jezeru. Zato moramo zaruševanje krovnine in s tem posedanje površine in njeno ugrezanje nenehno spremljati in meriti. V ta namen imamo več metod, s katerimi merimo pritiske na odkopu in hkrati pogrezanje površine med in po odkopavanju.

Na odkopu izračunamo pritisk po osnovnem obrazcu: $p = \gamma \cdot h$ (kN/m³, bar), kjer je:

p - pritisk na odkopu (kN/m², bar),

γ - prostorninska teža hribine (kN/m³),

h – globina mesta, kjer merimo (od površine v metrih).

Podrobneje rešujemo te težave z vrsto raziskav, obrazcev in metod. Ena takih metod je določanje napetosti in pogrezkov s pomočjo končnih elementov in podatkov, obdelanih v računalniku.



Slika 11/6: Računalniško predvideni pomiki površine in pogrezki nad odkopom

Vir: Todorović, 1996, str. 23

V zvezi z ugrezanjem površine prihaja pri močnejšem ugrezanju posredno tudi do plazenja terena, vendar to plazenje ne predstavlja neke nevarnosti, ker področje ugrezanja ni naseljeno. Zato plazenje kot posledica podzemnega vpliva rudarjenja ne predstavlja dodatne nevarnosti in nevšečnosti.

11.8.2 Hribinski udari in seizmični vplivi, premikanje hribinskih mas

Hribinski udar je trenutna porušitev dela sloja in je povezana s sprostitvijo veliko elastične energije. Hribinski udar deluje udarno, podobno potresu. Nastanek takšne porušitve je vezan na naslednje pogoje:

- hribina mora biti elastična, to je takšna, pri kateri je delež elastičnih deformacij velik v odnosu na skupno deformacijo; hribina se pod deformacijo hribinskih plasti deformira in pri tem akumulira energijo, v trenutku porušitve se zaradi elastičnega širjenja sprosti del akumulirane energije v obliki udarnega impulza.
- pomembna je tudi globina, na kateri lahko pride do preobremenitve oz. do porušitve hribine.
- formiranje napetostnega stanja mora potekati v dovolj velikem delu sloja, ki se nahaja blizu porušne trdnosti.
- bližina tako obremenjenega dela sloja odprtemu jamskemu prostoru.

Hribinski udar se pripeti v predelu hribinskega masiva, kateri je v stanju ekstremnega pritiska pod pogoji, ko je hitrost vpliva dejavnikov na takšno stanje večja, kot je sposobnost prilagajanja hribine pritiskom.

Nastanek hribinskega udara pojasnjujejo s tem, da se z odkopavanjem (večanjem praznega prostora) vzpostavlja kopičenje pritiska v stebrih okrog praznine ali delno zapolnjenega ali zarušenega prostora.

Nesistematično odkopavanje, puščanje raznih stebrov ter približevanje odkopa starim delom so med glavnimi vzroki za hribinske udare. Nagnjenost premogovega sloja in hribine k hribinskim udarom je neposredno povezana z njihovimi mehanskimi lastnostmi.

Energetski indeks A_{ei} predstavlja razmerje med energijo elastične deformacije hribine in energijo, ki se porabi za skupno deformacijo hribine.

$$A_{ei} = A_{ed}/A_{pd}$$

Kjer je:

A_{ei} – energetski indeks

A_{ed} – energija elastične deformacije

A_{pd} – energija, porabljena za skupno deformacijo

Večja vrednost energetskega indeksa pomeni tudi večjo nagnjenost hribine k hribinskim udarom.

Nagnjenost k hribinskim udarom:

- | | |
|-------------------------|------------------------|
| ➤ zelo močna nagnjenost | $A_{ei} \geq S$ |
| ➤ srednja nagnjenost | $2 \leq A_{ei} \leq S$ |
| ➤ ni nagnjenosti | $A_{ei} < 2$ |

Energetski indeks A_{ei} je odvisen tudi od vsebnosti vlage v sloju ali hribini. Povečanje normalne vlage za 2 do 3 % močno zmanjša nagnjenost hribine k hribinskim udarom.

Varnostni ukrepi, ki se upoštevajo pri projektiranju, so naslednji:

- odkopne plošče se v največji možni meri prilagajajo obliki krovnine (enakomerne odkopne višine);
- dinamiko priprav in odkopavanja na etaži ali območju načrtujejo tako, da so medsebojni vplivi odkopavanja čim manjši (vpliv odkopavanja na izdelavo jamskih objektov in na sosednji odkop);
- odkopne plošče na etažah odkopavajo v zaporednem vrstnem redu;
- v največji možni meri preprečujejo nastanek neporušenih stebrov premoga;

- na osnovi predvidenih projektnih rešitev se opredelijo potencialno nevarna območja (neodkopani stebri na predhodnih etažah, vmesni stebri med odkopi, plošče na krovinski strani,...).

11.8.3 Ukrepi med odkopavanjem

Tehnične in varnostne ukrepe, ki jih je potrebno upoštevati in izvajati med odkopavanjem predpiše tehnični vodja delovišča glede na obseg, lokacije ter intenziteto stebrih udarov. Vsi delavci, ki so vključeni v proces odkopavanja, morajo pri delu upoštevati tehnične in varnostne predpise za podzemeljsko delo in navodila za obratovanje. Poučeni morajo biti o vzrokih stebrih udarov, njihovih posledicah in varnostnih ukrepih v slučaju stebrega udara.

Nadzorniki morajo stalno spremljati tehnološki proces in skrbeti za dosledno izvajanje varnostnih ukrepov. Vodja odkopa je odgovoren za pravilno izvajanje tehnološkega procesa.

Poleg teh splošnih zahtev je potrebno izvajati še naslednje ukrepe:

- zadrževanje delavcev in ostalih zaposlenih na odkopu je dovoljeno le v območju med transporterjem in sekcijami (pohodna pot). Prepovedano je gibanje v območju med stranicami transporterja in steno odkopa razen v primeru, ko je to nujno povezano s tehnološkim procesom pridobivanja premoga in dela na odkopu;
- dela, pri katerih pride do prerazporejanja pritiskov v hribini (rezanje, zamikanje, nadkopno pridobivanje premoga, ...) so nevarna dela za pojav stebrih udarov, zato se ne smejo izvajati istočasno, ampak z določenim časovnim presledkom ali v primerni medsebojni oddaljenosti, kakor to narekuje tehnologija odkopavanja;
- pri rezanju s kombajnom v območju križišč na odkopu se morajo delavci umakniti proti sredini odkopa oz. v varno razdaljo od križišč;
- v času rezanja s kombajnom na čelu odkopa ne sme biti nepodprtih prostorov. Neposredno pred in za kombajnom je potrebno odpirati in zapirati oporne plošče, s katerimi podpirajo odrezani del stropa v podkopu;
- v smerni progi se lahko po potrebi pohodni del proge dodatno podpre;
- iz smerne proge je potrebno sproti odvažati jekleno ločno podporje in ostali material;
- delo v potencialno ogroženem območju mora biti organizirano tako, da minimalno število delavcev zagotavlja čim bolj kontinuiran tehnološki proces;
- zborna mesto moštva mora biti obvezno izven potencialnih območij pojava stebrih udarov;
- po potrebi se izvaja tudi razbremenilno vrtanje in odstreljevanje ter s tem kontrolirano sproščanje koncentracij napetosti.

11.8.4 Spremljava stebrih udarov na odkopih

Da bi lahko stebre udare čim bolj analizirali, so v zadnjem času uvedli tudi seizmično spremljavo hribinskih napetosti na odkopih. S tem so želeli objektivno ovrednotiti možnosti za nastanek stebrega udara in ga lahko z analizo natančno okarakterizirajo. Pomembno pa je tudi določanje lokacije žarišča, analiza stebrih udarov skozi daljše časovno obdobje,

raziskovanje mehanizma nastanka stebrnega udara in tudi vrednotenje učinkovitosti sprejetih preventivnih (projektnih in izvedbenih) ukrepov za zmanjšanje možnosti nastanka stebrnega udara skozi seizmično spremljavo.

Izračunavanje lokacij poteka samo za močnejše seizmične dogodke, saj sistem zaradi velike občutljivosti zabeleži tudi veliko šumov, ki jih povzroči obratovanje mehanizacije.

Za vsako etažo, katere odkopavanje je spremljano, je tudi izdelan projekt seizmične spremljave, v katerem je določena optimalna razporeditev senzorjev v okolici odkopa, ki da željeno natančnost sistema. S pravilno razporeditvijo senzorjev se lahko doseže natančnost sistema ± 1 m do ± 10 m, kar povsem zadostuje za kvalitetno spremljavo pojavov.

Iz navedenega je bilo ugotovljeno, da so v večini primerov žarišča stebrnih udarov do 50 m nad nivojem odkopa in do 30m pred odkopom, ob robovih višje ležečih etaž in ob neporušenih stebrih s sosednjim odkopom.

Ugotovljeno je tudi, da nastopi bistvena razlika v prenosu valovanja od žarišča do cilja, če je vmes zdrobljen premog ali pa, če je premogov sloj kompakten. Če gre za kompakten oziroma nezdobljen sloj premoga, se seizmični valovi, ki nastanejo pri stebrnih udarih širijo hitreje in močnejše kot pa, če je premog razdrobljen. Zaradi tega je izvajanje razstreljevanja kot preventivni ukrep za zmanjševanje posledic stebrnega udara smiselno in učinkovito, saj se s tem predhodno zdrobi premog in tako upočasni in zmanjša širjenje in učinek stebrnega udara.

S tem se namreč preobremenjen steber premoga razbremeni, ustvari se tamponska cona porušenega premoga, skozi katerega se valovanje slabše prenaša in celo v primeru, da stebrnega udara ne morejo preprečiti, ga z razstreljevanjem izzovejo, vendar takrat delavcev zaradi razstreljevanja samega ni na delovišču in je tako dodatno zagotovljena varnost.

11.9 REKULTIVACIJA ZEMLJIŠČ IN OKOLJA PO KONČANIH RUDARSKIH DELIH

11.9.1 Pomen rekultivacij

Rekultivacije so zelo pomemben dejavnik po končanih rudarskih delih.

Osnovni namen rekultivacij je, da vsa zemljišča po rekultiviranju dobijo nov namen uporabe. To velja za vse površine, ki po končanem odkopavanju niso potopljena oz. da niso katastrsko opredeljena kot neplodna – na primer jezera.

Nova rekultivirana zemljišča so lahko kmetijska (predvsem travniki in njive), rekreacijsko - turistična ali pa turistično – rekreacijski center. Lep primer je v Šaleški dolini, kjer je okolica Šaleškega jezera rekreacijsko – turistično zemljišče, rekreacijsko – vrtičkarsko območje je naselje »KINTA KUNTE«, turistično – rekreacijski center pa so objekti in površine, izgrajeni v ta namen.

Načrtovanje rekreacijsko – turističnih kompleksov se marsikje pokaže kot zelo dobro.

Zemljišča, ki služijo za rekreacijsko – turistične dejavnosti, so bila vnesena v prostor po končanem odkopavanju premoga ob vodne površine. Zemljišča, ki so rekreativnega pomena, so bila bazirana ob vodnih površinah tudi zaradi ekoloških obremenitev (*povzeto po Plut, 1998, str. 41*).



Slika 11/7: Zemljišče po končani rekultivaciji

Vir: Plut, 1998, str. 68

Gnojenje na rekreacijskih zemljiščih oz. obvodnih pasovih je zelo omejeno oz. izključeno. Zemljišča, ki so po končanem odkopavanju namenjena predvsem za kmetijsko rabo, so umaknjena od vodnih površin tudi zaradi obremenitve gnojenja in uporabe pesticidov.

V bodoče bo pri izvajanju rekultivacij potrebno dosledno upoštevati zakonodajo iz varstva okolja in obremenitve za posamezen prostor.

Zelo pomembno je, da premogovnik ali rudnik po končanem pridobivanju mineralnih surovin vrne degradirana zemljišča, ki niso potopljena v takšno obliko, da bodo lahko zopet služila prvotnemu namenu al pa vsaj ustrezala kriterijem, s katerim bo narava dobila novo prijazno podobo.

11.9.2 Zaščita naravnih okolij, rezervatov

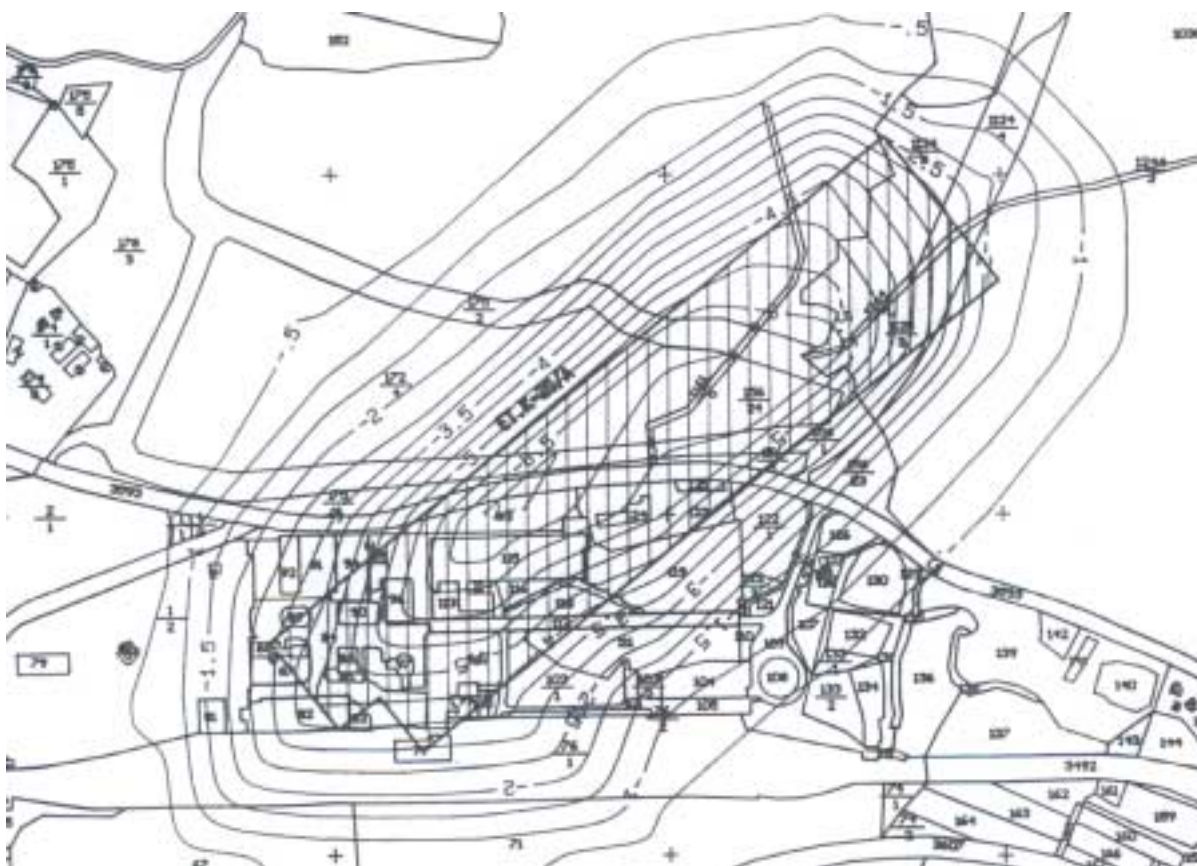
Zaščititi naravno okolje pred odkopavanjem je zelo težka naloga. Trend odkopavanja oz. pridobivanja mineralnih surovin je hiter, kar pomeni, da zemljišča na površini že po prvem odkopu bistveno spremenijo svojo podobo. Večina zemljišč zaradi debelih slojev, ki se odkopavajo (npr. v Šaleški dolini) potone pod vodno gladino jezer.

Primer zaščite naravnega okolja po končanem odkopavanju je krajinski park ob severnem delu Škalskega jezera v Šaleški dolini, kjer biva in gnezdi okoli štirideset vrst ptic.

Ta park je dobil v prostoru status naravnega rezervata. Po končanem odkopavanju na tem delu zemljišč niso posegali v prostor z gradbeno mehanizacijo, ampak so pustili prostoru prvotni videz.

11.9.3 Faznost izvajanja rekultivacij, sanacija degradiranih zemljišč, gospodarna raba humusa

Zelo pomembno pri rekultivacijah je, da se pravočasno dobi podatek, ki zajema terminsko prognozo pogrezanja zemljišč. Prognozo pogrezanja zemljišč za vsako tekoče leto izdelata služba za rudarska merjenja.



Slika 11/8: Karta pogrezkov

Vir: Todorović, 1996, str. 66

Prvotna naloga službe, ki izvaja rekultivacije je, da obvesti lastnike in zakupnike zemljišč, da bo zaradi odkopavanja prišlo do ugrezanja in da ta zemljišča ne bodo mogla več služiti osnovnemu namenu. Del teh zemljišč se v času odkopavanja oz. eksploatacije potopi in spremeni v jezera, preostali del ostane degradiran. Ta del je potrebno najprej čimbolj ustrezno sanirati, potem pa začeti z rekultivacijo zemljišča.



Slika 11/9: Odriv humusne zemlje

Vir: Plut, 1998, str. 74

Prvi korak pred odkopavanjem in ugrezanjem kmetijskih zemljišč je, da se odstrani plodni del humusne zemlje. Humusna zemlja pred ugrezanjem se odrine z gradbeno mehanizacijo na deponije in nato transportira na zemljišča, kjer je ugrezanje zaključeno in se bo izvajala končna rekultivacija.

Po končanem odkopavanju in ugrezanju zemljišč se najprej izvede sanacija degradiranih površin. Sanacija degradiranih površin se izvaja na dva načina:

- pri prvem načinu z gradbeno mehanizacijo izravnamo razpoke in dobimo osnovni nivo oz. plato



Slika 11/10: Sanacija zemljišča z izravnavo degradiranih površin

Vir: Plut, 1998, str. 81

- drugi način sanacije površine pa je bolj zahteven, kjer zaradi konfiguracije površine in zaradi večjih višinskih razlik izravnavo z gradbeno mehanizacijo ni možno izvesti. V teh primerih je potrebno uporabiti kamione, s katerimi se izvede transport nasipnih materialov v degradirano območje. Pri odlaganju nasipnih materialov je potrebno upoštevati zakonodajo, ki predpisuje vrste nasipnih materialov.



Slika 11/11: Sanacija degradiranega zemljišča z navozom materiala

Vir: Plut, 1998, str. 86

Po končani sanaciji degradirane površine je potrebno določiti namen uporabe saniranega zemljišča. Ko je zaključena sanacija zemljišča, se pričnejo izvajanja za končno rekultivacijo.

V Šaleški dolini je bilo na primer izvedenih največ sanacijskih in rekultivacijskih del na območju Škal, kjer je odkopavanje premoga v zaključevanju in je ugrezanje zemljišč zaključeno. Na tem področju je poleg ugrezovanja prisotno tudi drsenje zemljišč po triadni podlagi, ki tudi povzroča degradacije zemljišča. Drsenje zemljine po triadi je dolgotrajen pojav, ki je prisoten nekaj let po končanem odkopavanju zaradi konsolidacije materialov v odkopnih poljih.

Pri sanacijskih in rekultivacijskih delih je potrebno upoštevati nekaj zelo pomembnih faktorjev. Če imamo področje, ki je zelo bogato z vodnimi viri, moramo pred sanacijo izvesti raziskavo vodnih virov. Na osnovi te raziskave se potem izdelata načrt odvodnjevanja. Potrebno je izvesti ustrezen drenažni sistem odvodnjevanja. Z globokim drenažnim sistemom se zajame in odpelje po sistemu odvodnjevanja vsa voda iz območja.



Slika 11/12: Postopek drenažiranja zemljišča

Vir: Plut, 1998, str. 90

Z drenažiranjem oziroma odvodnjevanjem zemljišča zmanjšamo izpiranje in namakanje zemljine. Na ta način zemljišče osušimo in preprečimo oziroma zmanjšamo drsenje zemljine po podlagi.

Nato je potrebno sanirati degradirano zemljišče, to pomeni izravnavo z gradbeno mehanizacijo za pridobitev osnovnega nivoja oziroma platoja. Nadaljnja faza je rekultivacija zemljišča. Kmetijska zemljišča glede na vrsto rabe delimo na travnike in njive.

Na osnovni nivo oziroma plato nato navozimo humusno zemljo debeline do 10-15cm.



Slika 11/13: Rekultivacija z navozom humusa

Vir: Plut, 1998, str. 92

Humusno zemljo nakladamo in transportiramo iz območij, ki so pod vplivi ugrezanja. Kupe humusne zemlje z gradbeno mehanizacijo na grobo razplaniramo. Za grobim planiranjem izvedemo še fino planiranje s pripravo zemljišča za setev travnih mešanic.

Glede na lego, rabo in namembnost zemljišča je potrebno izbrati pravilno seme travnih mešanic. Zemljišče je potrebno pred setvijo travnih mešanic dobro prebranati, kar pomeni, da je potrebno zemljišče dobro razrahljati in prezračiti, saj je precej zbito zaradi gradbene mehanizacije.

Sledi setev travnih mešanic s ponovnim brananjem. Naslednja faza je valjanje zemljišča z lahкими valjarji. Z valjanjem dosežemo večjo kaljivost travnih mešanic in zmanjšamo erozijo pred večjimi padavinami.



Slika 11/14: Setev trave, valjanje in gnojenje

Vir: Plut, 1998, str. 100

Na strmih terenih opravimo izvedbo protierozijskih jarkov, ki pa jih po prvem odkosu, ko postane travna ruša čvrsta, saniramo in posejemo. Pri površinah, ki bodo namenjene za njive, je postopek navažanja humusne zemlje podoben, le-da je debelina sloja humusa okrog 35cm.



Slika 11/15: Protierozijski jarki

Vir: Plut, 1998, str. 111

Njivske površine lastniki in najemniki zemljišč posejejo s semeni njivskih kultur.

Ob zaključnem delu rekultivacije je potrebno opraviti še pravilno gnojenje zemljišča. Za pravilno gnojenje po potrebi vzamemo vzorce zemlje, ki jih damo v laboratorijsko analizo in na osnovi rezultatov analize opravimo gnojenje in apnene zemljišča.

S tem je zemljišče nekultivirano in predano v osnovno rabo.

11.10 POVZETEK



Rekultivacije so zelo pomemben dejavnik po končanih rudarskih delih.

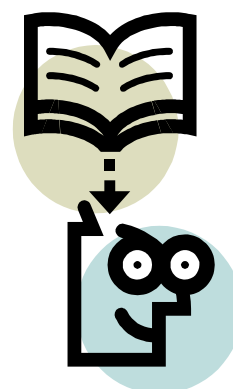
Osnovni namen rekultivacij je, da vsa zemljišča po rekultiviranju dobijo nov namen uporabe. To velja za vse površine, ki po končanem odkopavanju niso potopljena oz. da niso katastrsko opredeljena kot neplodna – na primer jezera.

Pri rekultivaciji degradiranega zemljišča se pojavljajo veliki problemi predvsem pri sanaciji objektov znotraj eksploatacijskega prostora in pri vzdrževanju objektov, ki so varovani z varnostnimi stebri. Prav tako je problematična rekultivacija površine nad posameznimi, sicer že odkopanimi predeli jame, ki pa se še vedno nahaja znotraj celotnega eksploatacijskega območja.

Pri urejanju specifičnega okolja, v katerem se nahajajo na primer velike akumulacije vode (ugrezninska jezera) je prav tako potrebno dobro poznati in predvidevati posledice, ne samo po končanem odkopavanju, temveč tudi in predvsem med njim. Potrebno je vzdrževati posebne varnostne nasipe in preprečevati nekontrolirano prelivanje vodnih mas.

11.11 VPRAŠANJA ZA OBNOVITEV ZNANJA

1. Kaj je osnovni namen rekultivacij? Oglej si jih na terenu!
2. Oцени smiselnost in učinkovitost rekultivacije velikih površin!
3. Kdaj je po tvojem mnenju rekultivacija končana?
Analiziraj postopke rekultivacije v svojem okolju!
4. Kaj veš o oblikovanju vegetacije in vodnih površin?
Oglej si vodne površine, nastale po rudarjenju!
5. Naštej vplivne dejavnike rušnega in ugrezninskega procesa!



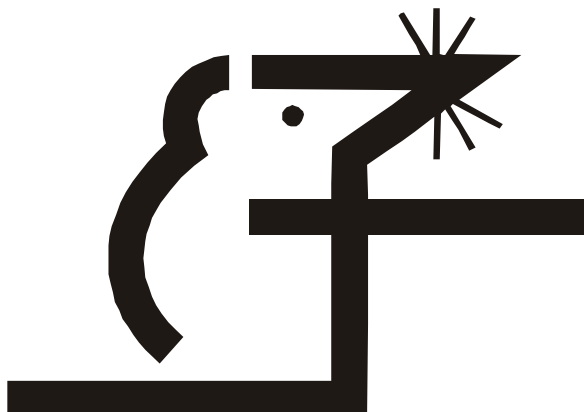
VIRI, LITERATURA IN SLIKOVNO GRADIVO:

- Fijavž, O. *Monitoring odvodnjevalnih procesov v jamah Premogovnika Velenje*: Diplomsko delo. Velenje: Višja strokovna šola, 2002.
- Hace, M. *Jamsko zračenje*: skripta-učbenik-priročnik. Velenje: Rudnik lignita Velenje, 1986.
- 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.
- Jovanović, P. *Izrada podzemnih prostorija velikog profila*. Beograd: Izdavačko preduzeće "Gradjevinska knjiga", 1978.
- Kornhauser, A. *Les, premog, nafta, plin*. Ljubljana: DZS, 1984.
- Marković, O. *Sidrenje stenskih masa*. Beograd: Institut za vodoprivredu "Jaroslav Černi", 1978.
- Medved, M. *Prispevek k poznavanju degradacije okolja pri jamskem pridobivanju debelih slojev premoga*: Doktorska disertacija. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, NTF, 1994.
- Müller, L. *Tunnelbau*: Dritter Band. Stuttgart, Salzburg: Ferdinand Enke Verlag, Der Felsbau, 1978.
- Pečovnik, I. *Rudarstvo*: skripta za program pomočnika rudarja II. in rudarja za podzemno pridobivanje mineralnih surovin IV. Velenje: Rudnik lignita Velenje, 1987.
- Planinc: *Osnove izdelave jamskih prog za kombajniste*: skripta. Velenje: Rudnik lignita Velenje, 1983.
- Plut, D. *Varstvo geografskega okolja*. Ljubljana: 1998.
- Popović, N. *Naučne osnove projektovanja površinskih kopova*. Sarajevo: Inštitut za rudarska i hemijskotehnološka istraživanja u Tuzli, "Veselin Masleša", 1975.
- Pust, L. *Karakteristika podetažne odkopne metode v rudniku Idrija*: strokovni opis. Idrija: Rudnik živega srebra Idrija, 1991.
- Reberčnik, D. *Požarna varnost na Premogovniku Velenje*. Velenje: Premogovnik Velenje, 2005.
- Salobir, B. *Površinsko odkopavanje*: skripta. Velenje: Center srednjih šol in Rudnik lignita Velenje, 1987.
- Salobir, B. *Osnove jamskega odkopavanja*: skripta. Velenje: Center srednjih šol in Rudnik lignita Velenje, 1988.
- Simić, r., Mihajlović, N. *Osnovi mašinstva in mašine u rudarstvu*. Beograd: Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, 1978.
- Tamše, M. *Rudarska merjenja*: skripta-učbenik. Velenje: Rudnik lignita Velenje, 1986.
- Todorović, Ranko T. *Premiki in deformacije v površinski ugreznini*: Izbrana poglavja iz rudarskega merjenja III. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, NTF, 1996.

- Vozelj, J. *Aparati in oprema za zaščito dihalnih organov*. Velenje: Premogovnik Velenje, 1997.

Ostala literatura:

- *Prospekti proizvajalcev opreme*.
- Skupina avtorjev: *Navodila za delo jamske reševalne službe*, Premogovnik Velenje, 2007.
- Skupina avtorjev: *Izbrana poglavja iz rudarstva za interno izobraževanje delavcev SOZD REK EK Trbovlje za poklic rudarja*, Rudarski šolski center Trbovlje, 1987.
- *Tehnična in projektna dokumentacija Premogovnika Velenje, Rudnikov rjavega premoga Slovenije – Trbovlje, Rudnika živega srebra Idrija in Rudnika svinca in cinka Mežica*.
- *Velenjska odkopna metoda*: Rudarski projekt RP – 36/95 LM. Velenje: Premogovnik Velenje, junij 1996.



SREČNO!

Projekt Impletum

Uvajanje novih izobraževalnih programov na področju višjega strokovnega izobraževanja v obdobju od 2008 do 2011.

Konzorcijski partnerji:



Operacijo delno financira Evropska unija iz Evropskega socialnega sklada ter Ministrstvo RS za šolstvo in šport. Operacija se izvaja v okviru Operativnega programa razvoja človeških virov za obdobje 2007–2013, razvojne prioritete 'Razvoj človeških virov in vseživljenjskega učenja' in prednostne usmeritve 'Izboljšanje kakovosti in učinkovitosti sistemov izobraževanja in usposabljanja'.