RAŽENÍ PODZEMNÍCH DĚL A JAM

PROGRAM č. 1

VN1GEO01 JMÉNO A PŘÍJMENÍ, N= 2

Zadáno: světlý průměr D_{sv} = 6,2 m
tloušťka monolitické betonové výztuže d = 400 mm

1. Výpočet zatížení kruhové výztuže q

- V hloubkách: 100, 500 a 770m
- Výpočet svislého a vodorovného napětí:

$$\sigma_z = \gamma \cdot h$$

$$\gamma\ (f = 8) = 2650\ \text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$$

$$\sigma_{z1} = 2650 \cdot 100 = 0{,}265\ \text{MPa}$$

$$\sigma_{z2} = 2650 \cdot 500 = 1{,}32\ \text{MPa}$$

$$\sigma_{z2} = 2650 \cdot 820 = 2{,}041\ \text{MPa}$$

$$\sigma_x = K_0 \cdot \sigma_z$$

$$K_0 = \frac{v}{1 - v}$$

$$v = 0{,}24$$

$$K_0 = \frac{0{,}24}{1 - 0{,}24} = 0{,}316$$

$$\sigma_{x1} = 0{,}316 \cdot 0{,}265 = 0{,}08374\ \text{MPa}$$

$$\sigma_{x2} = 0{,}316 \cdot 1{,}32 = 0{,}4171\ \text{MPa}$$

$$\sigma_{x3} = 0{,}316 \cdot 2{,}041 = 0{,}645\ \text{MPa}$$

$$q = \sigma_x \cdot (1 - \sin\varphi) - c \cdot \cos\varphi$$

- Výpočet soudržnosti a úhlu vnitřního tření:

$$\sigma_d = f \cdot 10 = 8 \cdot 10 = 80\ \text{kPa} = 0{,}08\ \text{MPa}$$

$$\sigma_t \approx \frac{\sigma_d}{12} = \frac{0{,}08}{12} = 0{,}00667\ \text{MPa}$$

$$\sin\varphi = \frac{\sigma_d - \sigma_t}{\sigma_d + \sigma_t} = \frac{0{,}08 - 0{,}00667}{0{,}08 + 0{,}00667} = 0{,}846083$$

$$\varphi = 57{,}8°$$

$$c = \frac{\sigma_d \cdot \sigma_t}{\sigma_d - \sigma_t} \cdot \text{tg}\varphi = \frac{0{,}08 \cdot 0{,}00667}{0{,}08 - 0{,}00667} \cdot \text{tg}\ 57{,}8° = 0{,}0116\ \text{MPa}$$

$$q = \sigma_x \cdot (1 - \sin\varphi) - c \cdot \cos\varphi$$
$$q_1 = 0{,}08374 \cdot (1 - 0{,}846083) - 0{,}0116 \cdot \cos 57{,}8°$$
$$q_1 = 0{,}00671 \text{ MN}$$
$$q_2 = 0{,}4171 \cdot (1 - 0{,}846083) - 0{,}0116 \cdot \cos 57{,}8°$$
$$q_2 = 0{,}058 \text{ MN}$$
$$q_3 = 0{,}645 \cdot (1 - 0{,}846083) - 0{,}0116 \cdot \cos 57{,}8°$$
$$q_3 = 0{,}0931 \text{ MN}$$

2. Trhací práce

f = 8
maximální hloubka jámy: h_{max}= 770 m

2.A Parametry odstřelu:

1) Zálom – přímý, tříštivý

2) Volba skutečné zabírky: z_{sk} [m]

z_{sk}= výška bednění
výška bednění – volím 2m
z_{sk}= 2m

3) Teoretická zabírka: z_t [m]

$$z_t = \frac{z_{sk}}{k_v} = \frac{2}{0{,}9} = 2{,}2\overline{2}$$

$z_t = 2{,}2\overline{2}$

k_v – koeficient využití vývrtu (≈0,9)

4) Předstih: p [m]

$$p = z_{sk} \cdot (k_n - 1) = 2 \cdot (1{,}85 - 1) = 1{,}7 \text{ m}$$

$p = 1{,}7$ m

5) Počet okruhů

- v závislosti na světlém průměru D_{sv}= 6,2 m
- počet okruhů = 1+3
- 1. okruh je okruh zálomový

6) Parametry okruhů

- v závislosti na počtu okruhů = 4

Φ nálože = 32 mm
Počet vývrtů v jednotlivých okruzích: 1:2:3:4
Počet průměrů okruhů k výlomovému Φ jámy: 0,35Dh; 0,5Dh; 0,7Dh; 0,95 Dh

7) Volba trhaviny – Důlní skalní trhavina – Perunit 22

parametry trhaviny:

Hustota	=	1350 $kg.m^{-3}$
Specifický objem	=	812 $dm^3.kg^{-1}$
Výduť v Trauzlu	=	315 cm^3
Balení	=	30/100
Délka náložky	=	100mm
%CO	=	2,46
$\%NO_2$	=	0,99

8) Střední měrná specifická spotřeba trhaviny

- ***dle Protodjakonova I.***

$$q_{stř} = \sqrt{\frac{f}{F_{hr}}} = \sqrt{\frac{8}{38,4845}} = 0,455 \ kg \cdot m^{-3}$$

- ***dle Protodjakonova II.***

$$q_{stř} = 0,5 \cdot (\sqrt{0,2 \cdot f} + \frac{1}{\sqrt{F_{hr}}})^2 = 0,5 \cdot (\sqrt{0,2 \cdot 8} + \frac{1}{\sqrt{38,4845}})^2 = 1,0169 \ kg \cdot m^{-3}$$

- ***dle Ibrajeva***

volím a = 0,13

t = 1,3

$$q_{stř} = \frac{\sqrt{f} - a \cdot \sqrt{F_{hr}}}{t} = \frac{\sqrt{8} - 0,13 \cdot \sqrt{38,4845}}{1,3} = 1,555 \ kg \cdot m^{-3}$$

- ***dle Pokrovského***

volím $S_1 = 0,1*f = 0,8$

$S_2 = 0,8$

$$n = \frac{6,5}{\sqrt{F_{hr}}} = \frac{6,5}{\sqrt{38,4845}} = 1,047$$

$$e = \frac{400}{R} = \frac{400}{315} = 1,270$$

$$q_{stř} = s_1 \cdot s_2 \cdot n \cdot e = 0,8 \cdot 0,8 \cdot 1,047 \cdot 1,27 = 0,851 \ kg \cdot m^{-3}$$

- ***dle Čuprunova***

volím m = 1

$$x = \frac{d_n}{32} = \frac{32}{32} = 1,0$$

e = 1,27

$$q_{stř} = m \cdot \left(\frac{0,6 \cdot e \cdot \sqrt{f}}{\sqrt{x}} - 0,05 \cdot \sqrt{f \cdot F_{hr}} \right) = 1 \cdot \left(\frac{0,6 \cdot 1,27 \cdot \sqrt{8}}{\sqrt{1,0}} - 0,05 \cdot \sqrt{8 \cdot 38,4845} \right) =$$

$$= 1,278 \ \ kg \cdot m^{-3}$$

- ***dle Langeforse***

$$q_{stř} = \frac{14}{F_{hr}} + 0,8 = \frac{14}{38,4845} + 0,8 = 1,164 \ \ kg \cdot m^{-3}$$

- ***dle VVUÚ Radvanice***

volím m = 3,34 (f=8)
b = 0,176
c = 0,615
e = 0,997
k = 1,025

$$q_{stř} = 1,85 \cdot m \cdot b \cdot c \cdot e \cdot k = 1,85 \cdot 3,34 \cdot 0,176 \cdot 0,615 \cdot 0,997 \cdot 1,025 = 0,683 \ \ kg \cdot m^{-3}$$

- ***dle MHD***

volím y = 1,4
x = 1,4
q_t = 1,5

$$q_{stř} = q_t \cdot x \cdot y = 1,5 \cdot 1,4 \cdot 1,4 = 2,94 \ \ kg \cdot m^{-3}$$

- ***dle VŠB***

volím a = 0,12

$$q_{stř} = \left(\sqrt{f} + a \cdot \sqrt{F_{hr}} \right) \cdot \left(0,17 + \frac{67}{R_T} \right) \cdot z_{sk} = \left(\sqrt{8} + 0,12 \cdot \sqrt{38,4845} \right) \cdot \left(0,17 + \frac{67}{315} \right) \cdot 2,0 =$$

$$= 2,735 \ \ kg \cdot m^{-3}$$

Z vypočtených hodnot střední specifické spotřeby navrhuji vzít jejich průměrnou hodnotu jako hodnotu nejlépe vyhovující:

$$q_{stř} = \frac{12,678}{9} = \mathbf{1,409 \ \ kg \cdot m^{-3}}$$

9) Celková hmotnost nálože

$$Q_c = q_{stř} \cdot V_c = q_{stř} \cdot F_{Hr} \cdot z_t = 1,409 \cdot 38,4845 \cdot 2$$

$$Q_c = 108,449 \ \ kg = 109 kg$$

10) Celkový počet vývrtů

$$N_c = \frac{Q_c}{\frac{\pi \cdot d_n^2}{4} \cdot \gamma \cdot z_t \cdot k_n} = \frac{109}{\frac{\pi \cdot 0{,}032^2}{4} \cdot 1350 \cdot 2{,}22 \cdot 0{,}66} = 82{,}976$$

$N_c \cong 83$

- rozdělení vývrtů do jednotlivých okruhů v poměru 1:2:3:4:

N1= 8
N2= 16
N3= 24
N4= 32
ΣN= 80
Nc= 2N1+N2+N3+N4= 2.8+16+24+32=**88**
Nc= **88**

11) Hmotnost dílčí nálože Q_1

$$Q_1 = \frac{Q_c}{N_c} = \frac{109}{88} = 1{,}50 \text{ kg}$$

$$Q_{1,oprav} = 1{,}5 \text{ kg}$$

12) Celková hmotnost nálože opravená

$$Q_{c,oprav} = Q_{1,oprav} \cdot N_c = 1{,}5 \cdot 88 = 132{,}0 \text{ kg}$$

13) Hmotnost v jednotlivých okruzích

$$Q_{I.okruh} = 2 \cdot N_1 \cdot Q_{1,oprav} = 2 \cdot 8 \cdot 1{,}5 = 24{,}0 \; kg/1.časový \; stupeň$$

$$Q_{II.okruh} = N_2 \cdot Q_{1,oprav} = 16 \cdot 2{,}3 = 24{,}0 \; kg/1.časový \; stupeň$$

$$Q_{III.okruh} = N_3 \cdot Q_{1,oprav} = 24 \cdot 2{,}3 = 36{,}0 \; kg/1.časový \; stupeň$$

$$Q_{IV.okruh} = N_4 \cdot Q_{1,oprav} = 32 \cdot 2{,}3 = 48{,}0 \; kg/1.časový \; stupeň$$

2.B Elektrický roznět náloží:

Charakteristiky elektrických rozbušek třídy DEP-CU-SO

El. odpor pilule můstku	:	0,22Ω
Aktivační zážehový impuls	:	45mJ. Ω^{-1}

Charakteristiky kondenzátorové roznětnice RKA-1

Napětí	:	650V
Kapacita	:	16μF
Energie	:	3,38J
Hmotnost	:	2,1kg

Návrh hlavního přívodního vedení :

Materiál	:	měď
Průměr vodičů	:	1,2mm
Délka vodičů	:	2 x 790 = 1580m
Elektrické rozbušky	:	DEM-CU-SO
Délka přívodních vodičů	:	2 x 7,5m
Zapojení rozněcovadel	:	sériově

Odpor hlavního roznětného vedení :

$R_{HV} = \rho \cdot L = 0,015 \cdot 1580 = 23,7\Omega$

Odpor jedné rozbušky :

$R_1 = R_m + \rho \cdot l = 0,22 + 0,015.15 = 0,445\Omega$

Součet odporů všech rozbušek :

$R_p = N \cdot R_1 = 88 \,.\, 0,445 = 39,16\ \Omega$

Zážehový impuls :

$$L_Z = \frac{U^2 \cdot C}{2(n^2 \cdot R_{HV} + R_p)} \cdot (1 - e^{-\frac{2t}{\tau}})$$

$$\tau = C \cdot (R_{HV} + \frac{R_p}{n^2})$$

$$\tau = C \cdot (R_{HV} + \frac{R_p}{n^2}) = 16.10^{-6} \cdot (23,7 + \frac{39,16}{1^2}) = 0,00100576$$

$$L_Z = \frac{U^2 \cdot C}{2(n^2 \cdot R_{HV} + R_p)} \cdot (1 - e^{-\frac{2t}{\tau}}) = \frac{650^2 \cdot 16.10^{-6}}{2 \cdot (1^2 \cdot 23,7 + 39,16)} \cdot (1 - e^{-\frac{0,008}{0,00100576}}) = 53,751 mJ.\Omega^{-1}$$

$\mathbf{L_z > L_{aktivačkt}}$

Navržené zapojení vyhovuje.

2.C Škodlivé účinky odstřelů:

$$V_{šk,CO} = Q_c \cdot \left(\frac{\%CO}{100} \cdot V_0 + 6{,}5 \cdot \frac{\%NO_2}{100} \cdot V_0 \right) = 109 \cdot \left(\frac{2{,}46}{100} \cdot 0{,}812 + 6{,}5 \cdot \frac{0{,}99}{100} \cdot 0{,}812 \right) =$$

$$= 9{,}53 \ m^3CO$$

$$l = 10m$$

$$K_{\%CO} = \frac{V_{šk,CO}}{F_{sv} \cdot l \cdot 1000} \cdot 100 = \frac{9{,}53}{30{,}17 \cdot 10 \cdot 1000} \cdot 100 = \mathbf{0{,}003\ \%\ CO}$$

Je nutné čelbu odvětrávat (max. koncentrace CO je 0,003 %).

Pasport TP:

1	Profil důlního díla	O	7	Hmotnost nálože	109 kg
2	Výlomový průřez	38,48m^2	8	Typ rozbušky	DEM-CU-SO
3	Teoretická zabírka	2,22 m	9	Způsob roznětu	elektrický
4	Skutečná zabírka	2 m	10	Ucpávka	Foukaná písková
5	Počet vývrtů	88	11	Manipulační okruh Bezpečnostní okruh	10 m 790 m
6	Typ trhaviny	PERUNIT 22			

Okruh	Počet vývrtů v okruhu	Průměr vývrtu [mm]	Délka vývrtu [m]	Trhavina	Průměr nálože [mm]	Hmotnost trhaviny [kg/vývrt]	Úhel k čelbě
1	16	34	2,22	Perunit 22	32	1,5	90°
2	16		2,22				90°
3	24		2,22				90°
4	32		2,22				85°

3. Hlavní operace hloubícího cyklu

3.1 Operace vrtání

Strojní vrtání vrtacími soupravami

1. Typ vrtací soupravy: VHS - 3
2. Počet vrt. kladiv = počet vrtačů = 5
3. Typ vrtacích kladiv

Typ	Výrobce	Hmotnost [kg]	Spotřeba vzduchu [m^3/hod]	Rychlost vrtání [cm/min]
VKS – 100 WM	Permon ČR	100	380	80

4. Doba trvání operace vrtání

$$T_v = \frac{N}{\alpha \cdot p} \cdot (\frac{l}{v_{ef}} + t_p) + T_{pz} = \frac{88}{0,75 \cdot 5} \cdot (\frac{2,22}{80} + 1) + 50 = 74,1 \text{ min}$$

$\mathbf{T_v = 74}$ **min**

3.2 Operace trhacích prací

1) Doba nabíjení a odstřelu

$$T_n = \frac{N}{\alpha_n \cdot n_n} \cdot t_1 + T_{pz}^{'} = \frac{88}{0,8 \cdot 6} \cdot 4 + 25 = 98,3 \text{ min}$$

$\mathbf{T_n = 99}$ **min**

$$n_n = \frac{F_{hr}}{F_{n1}} = \frac{\pi \cdot d_{hr}^2}{4 \cdot 8} = \frac{\pi \cdot 7,2^2}{4 \cdot 7} = 5,8 = 6 \text{ pracovníků}$$

1a) Čekací doba

$\mathbf{T_č = 10}$ **min**

1b) Doba výjezdu a sjezdu osádky

$\mathbf{T_j} = 2 \cdot t_{dz} + 2 \cdot t_{nástup} = 2 \cdot 4 + 2 \cdot 2 = \mathbf{12}$ **min**

Doba dopravního cyklu – pro dvojčinné těžní zařízení

$$t_{dz} = t_s + \frac{2\cdot(v_{max} - v_s)}{a} + \frac{(H + h_v) - (h_s + l_2 + h_o) - \frac{(v_{max} - v_s)^2}{2a}}{v_{max}}$$

$$t_{dz} = 103 + \frac{2\cdot(6-2)}{0{,}5} + \frac{(790+2) - (206 + 2 + \pi\cdot 4{,}5) - \frac{(6-2)^2}{2\cdot 0{,}5}}{6} = 199{,}3\,\text{s} = 3{,}3 \approx 4\,\text{min}$$

Doba nástupu a výstupu osádky do okovu

$$t_{nástup} = 2\ \text{min}$$

Celkový čas operace TP

$$T_{TP} = T_n + T_č + T_j = 99 + 10 + 12 = 121\ \text{min}$$

$$\mathbf{T_{TP} = 121\ min}$$

2) Výpočet parametrů větrání

1. Volba způsobu větrání

- foukací větrání

2. Výpočet objemového průtoku větrů

$$Q_f = \frac{F_{sv}\cdot H_d}{k\cdot t_č}\cdot \ln\frac{c_o}{c} = \frac{30{,}17\cdot 20}{0{,}3\cdot 600}\cdot \ln\frac{0{,}148}{0{,}013} = 8{,}694\ \text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$$

$$\mathbf{Q_f = 8{,}694\ m^3\cdot s^{-1}}$$

$$c_o = \frac{V_{šk}}{10\cdot F_{sv}\cdot H_d}\cdot 100 = \frac{9{,}53}{10\cdot 30{,}17\cdot 20}\cdot 100 = 0{,}148\ \%$$

3. Účinná vzdálenost luten ode dna

$$l_{uč} = 0{,}5\cdot\sqrt{F_{sv}}\cdot\left(1+\frac{1}{2\cdot a}\right) = 0{,}5\cdot\sqrt{30{,}17}\cdot\left(1+\frac{1}{2\cdot 0{,}07}\right) = 23{,}09\ \text{m}$$

$$\mathbf{l_{uč} = 23{,}09\ m}$$

4. Optimální vzdálenost luten ode dna

$$l_{opt} = 4\cdot\sqrt{F_{sv}} = 4\cdot\sqrt{30{,}17} = 22{,}68\ \text{m}$$

$$\mathbf{l_{opt} = 22{,}68\ m}$$

5. Výpočet tlakového spádu

$$h = \frac{65\cdot\alpha\cdot l}{d^5}\cdot Q^2 = \frac{65\cdot 0{,}0003\cdot 790}{1^5}\cdot 8{,}694^2 = 1164\ \text{Pa}$$

$$\mathbf{h = 1164\ Pa}$$

- plechové lutny o Φ 1 m

6. Výkon ventilátoru

$$N = 1{,}05 \cdot \frac{Q \cdot h}{1020 \cdot \eta} = 1{,}05 \cdot \frac{8{,}694 \cdot 1164}{1020 \cdot 0{,}65} = 16{,}03 \text{ kW}$$

N = 16,03 kW

7. parametry ventilátoru

Typ ventilátoru	Množství dopr. vzduchu	Spotřeba vzduch/el.	Pcv [Pa]	Otáčky za min.
Korfmann DV GAL 9	15,5 m^3/s	2x55 kW	2000	3000

3.3 Operace odklizu horniny

1. Volba nakladače

– ruční lehký drapákový nakladač

Typ	Způsob nakládání	Objem drapáku [m^3]	Druh energie	Instal. Výkon [$m^3.hod^{-1}$]	Střední spotř. vzd. [$m^3.min^{-1}$]	Trvání pracovního cyklu [s]
KS-3	drapák	0,22	Vzduch	15-18	3,25	40

2. Volba počtu nakladačů

- Světlý průměr: 6,4 m
- Typ nakladače KS – 3
  ⇨ 3 nakladače

3. Výška (délka) závěsu

$$h = \frac{G}{p} \cdot r = \frac{14940}{900} \cdot 1{,}75 = 29{,}05\text{m}$$

h = 29,05m

$$G = (594 + 900) \cdot 10 = 14940\text{N}$$

4. Doba plnění okovu

$$t_n = n_c \cdot t_c = 10 \cdot 0{,}667 = 6{,}67 \text{ min} = 400 \text{ s}$$

- Počet naklad. cyklů k naplnění jednoho okovu

$$n_c = \frac{v_o \cdot k_p}{\Sigma v_n \cdot k_p'} = \frac{5 \cdot 0{,}9}{0{,}66 \cdot 0{,}75} = 10 \text{ cyklů}$$

- Objem okovu – 5 m^3

5. Výkon nakládání

$$P_n = \frac{3600}{t_n} \cdot k_z \cdot v_o \cdot k_p = \frac{3600}{400} \cdot 0{,}9 \cdot 5 \cdot 0{,}9 = 36{,}45 \ m^3 \cdot hod^{-1}$$

6. Doba nakládání

$$T_n = \frac{F_{hr} \cdot z_{sk} \cdot k_n}{P_n} = \frac{38{,}48 \cdot 2 \cdot 1{,}75}{36{,}45} = 3{,}91 \text{ hod} \cong 235 \text{min}$$

3.4 Operace odtěžení horniny

1. Volba počtu a typu a těžního vratu

- volím dvojčinný bubnový vrat typu 2B 4015

2. Volba okovu

- volím okov o objemu 5m^3
- mezera mezi okovy

$$d = v \cdot \sqrt{H} = 16 \cdot \sqrt{770} = 450 \text{ mm}$$

3. Doba trvání jednoho čistého dopravního cyklu

$$t_{d2} = t_s + \frac{2 \cdot (v_{max} - v_s)}{a} + \frac{(H + h_v) - (h_s + l_2 + h_o) - \frac{(v_{max} - v_s)^2}{2a}}{v_{max}}$$

$$t_{d2} = 200 + \frac{2 \cdot (16 - 2)}{0{,}8} + \frac{(770 + 10) - (370 + 2 + \pi \cdot 4{,}0) - \frac{(16 - 2)^2}{2 \cdot 0{,}8}}{16} =$$

$$= 253{,}3 \ s = 4{,}22 \approx 5 \text{min}$$

$$\mathbf{t_{d2} \approx 5min}$$

4. Organizace odklizu bez převěšování okovů

$$t_{O2} = t_{d2} + t_n + t_{m1}' + t_{m2} = 5 + 6{,}67 + 0{,}25 + 0{,}67 = 12{,}6 \text{ min}$$

$$\mathbf{t_{O2} = 12{,}6 \text{ min}}$$

5. Výkon odklizu

$$P_o = \frac{3600 \cdot v_o \cdot k_p}{t_{o2} \cdot k_t} = \frac{3600 \cdot 5 \cdot 0{,}9}{756 \cdot 1{,}3} = 16{,}5\ m^3 \cdot hod^{-1} = 0{,}28 m^3 \cdot \min^{-1}$$

$$\mathbf{P_0 = 0{,}28\ m^3 \cdot min^{-1}}$$

6. Doba odklizu

$$T_o = \frac{F_{hr} \cdot z_{sk} \cdot k_n}{P_o} + T_{pz} = \frac{38{,}48 \cdot 2 \cdot 1{,}75}{0{,}28} + 40 = 548{,}9\ \text{min} \cong 549\ \text{min}$$

$$\mathbf{T_o \cong 549\ min}$$

3.5 Operace vyztužení

1. Doba operace vyztužení

$$T_v = T_b + T_k + T_{pz} = 27 + 120 + 80 = 227\ \text{min}$$

$$\mathbf{T_v = 227\ min}$$

Doba betonáže

$$T_b = \frac{\pi \cdot d \cdot (D_{sv} + d) \cdot z_{sk}}{Q_b} = \frac{\pi \cdot 0{,}4 \cdot (6{,}2 + 0{,}4) \cdot 2}{20} = 0{,}85\ \text{hod} \cong 51\text{min}$$

2. Operace vystrojení

$$T_s = T_{vm} + T_{vo} + T_{po} + T_{pz} = 46 + 7 + 7 + 80 = 140\text{min}$$

$$\mathbf{T_S = 140min}$$

Doba vystrojování 1 běžného metru jámy:

- Montáž výstroje na konzoly ukotvené krátkými svorníky do výztuže.

$$T_{VM} = \frac{1}{l} \cdot \left(T'_{VM1} + T'_{VM2}\right) = \frac{1}{3} \cdot (72 + 64) = 45{,}3\,\text{min}$$

$$\mathbf{T_{VM} = 46\,min}$$

$$T'_{VM1} = \frac{m \cdot t_{vm1}}{60 \cdot n_v} = \frac{16 \cdot 22{,}2}{60 \cdot 5} = 1{,}18\,\text{hod} = 72\ \text{min}$$

$$T'_{VM2} = \frac{t_{vm2}}{60 \cdot n_c} = \frac{320}{60 \cdot 5} = 1{,}07\ \text{hod} = 64\text{min}$$

Montáž lezního oddělení:

$$T_{Vo} = \frac{1}{l_1} \cdot (T_{VZ} + T_{VD}) + \frac{1}{l} \cdot T_{VP} = \frac{1}{6} \cdot (11+10) + \frac{1}{3} \cdot 10 = 7\text{min}$$

$$\mathbf{T_{Vo} = 7min}$$

Doba montáže žebříku:

$$T_{VZ} = \frac{t_{VZ}}{60 \cdot n_v} = \frac{53}{60 \cdot 5} = 0{,}18\text{hod} = 11\text{min}$$

Doba montáže odpočívadla:

$$T_{VD} = \frac{t_{VD}}{60 \cdot n_v} = \frac{50}{60 \cdot 5} = 0{,}17\,\text{hod} = 10\,\text{min}$$

Doba montáže ochranné mříže:

$$T_{VP} = \frac{t_{VP}}{60 \cdot n_v} = \frac{48}{60 \cdot 5} = 0{,}16\,\text{hod} = 10\,\text{min}$$

Doba manipulace s povalem při vystrojování:

$$T_{Po} = \frac{t_{Po}}{60 \cdot l \cdot n_v} = \frac{93}{60 \cdot 3 \cdot 5} = 0{,}103\,\text{hod} = 7\,\text{min}$$

$$\mathbf{T_{Po} = 7\,min}$$

4. Harmonogram prací osádky

Celkový čas jednoho razícího cyklu:

$$T_{celk} = T_{TP} + T_{věě} + T_{vrt} + T_n + T_o + T_v + T_s = 121+10+74+235+549+227+140$$

$$\mathbf{T_{celk} = 1356min \approx 23\,hod}$$

Měsíční postup:

$$M = \frac{24 \cdot 22}{T_{pc}} \cdot Z_{sk} = \frac{24 \cdot 22}{23} \cdot 2 = 46\text{ m /mesíc}$$

Časový harmonogram pracovního cyklu:

č.	Operace	Čas min	Hod.											
			2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
1.	Vrtání	74												
2.	TP	121												
3.	Větrání	10												
4.	Odkliz	235												
5.	Odtěžení	549												
6.	Vyztuž.	227												
7.	Vystroj.	140												
8.	Pauza	45												