

ZHOTOVITEĽ  
Vodales, s.r.o.  
Študentská 20  
960 01 Zvolen

INVESTOR  
IMMOBAU s.r.o.  
Kuzmányho 12  
811 06 Bratislava

## STAVBA

VODNÁ NÁDRŽ FURMANEC

PROJEKTOVÁ DOKUMENTÁCIA PRE ÚZEMNÉ ROZHODNUTIE

## 9. HYDROTECHNICKÉ A STABILITNÉ VÝPOČTY

### OBSAH:

- A. Technická správa k výpočtom
- B. Hydrotechnické výpočty
- C. Stabilitné výpočty

DÁTUM:  
október 2020

HLAVNÝ PROJEKTANT:  
VODALES, s.r.o.  
ZODPOVEDNÝ PROJEKTANT:  
Ing. František Háber, asing.  
VYPRACOVAL:

Ing. Marián Petrovič, asing., A. Kmeťá 20, 965 01 Žiar nad Hronom



Stavba : Vodná nádrž Furmanec  
Tok : Furmanský potok

## A. TECHNICKÁ SPRÁVA K VÝPOČTOM

### 1. Predmet posudku

Predmetom hydrotechnických výpočtov je posúdenie kapacity prietokov v dnovom priepuste a bezpečnostnom prepade betónovej hrádze. Predmetom stabilitných výpočtov je posúdenie stability betónovej hrádze, betónového múru vývariska a zárubných múrov.

### 2. Podklady

Podkladom pre spracovanie posudkov boli

- rozpracovaná výkresová dokumentácia pre územné rozhodnutie na akciu "Vodná nádrž Furmanec", vypracovaná VODALES, s.r.o., Študentská 20, 960 01 Zvolen
- hydrotechnické údaje poskytnuté SHMÚ, regionálne stredisko Košice, odbor HMPV, Ďumbierska 26, 041 17 Košice, z 19.10.2018
- inžiniersko-geologický posudok na hore uvedenú stavbu z 24.09.2020, vypracovaný RNDr. Dušanom Barošom-INEKOGEO, Poprad, Partizánska 3264/12, 058 01 Poprad
- použité normy: EN 1990-Zásady navrhovania, EN 1991-Zaťaženie konštrukcií, EN 1997-Navrhovanie geotechnických konštrukcií, EN 1998-Navrhovanie na účinky seizmicity, STN 73 1208 Navrhovanie betónových konštrukcií vodohospodárskych objektov

### 3. Popis hydrotechnických výpočtov

Hydrotechnické výpočty sú rozdelené na dve časti: dnový priepust zemnej sypanej hrádze a bezpečnostný prepad v konštrukcii manipulačného objektu hrádze. Objem povodňovej vlny  $Q_{100}$ , je potrebné zvýšiť o 60% z dôvodu IV. triedy spoľahlivosti udaného SHMÚ. Potom bude objem  $Q_{100,S}=1,6 \times 10^6 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ .

*Dnový priepust*, ktorý je umiestnený v telese zemnej sypanej hrádze a pokračuje po prvý prepadový múr vývariska, je navrhnutý z rámových betónových prefabrikátov, preto má koeficient drsnosti  $n=0,015$ . Svetlosť obdĺžnikového prierezu má šírku 1,50m a výšku 2,00m. Navrhnutý spád je  $i=9,0\%$ . Jeho prietok pri hladine vody 0,95m má hodnotu  $15,98 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ , čo zodpovedá požiadavke  $Q_{100,S}=16 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ .

*Bezpečnostný prepad*, je zložený z dvoch rovnakých kusov umiestnených oproti sebe v konštrukcii manipulačného objektu hrádze. Koeficient sklonu prepádov je  $i=3,5\%$  a koeficient drsnosti je  $n=0,015$ . Ich spoločný prietok pri hladine prepádanej vody 0,53m je  $16,00 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ , čo zodpovedá požadovanej hodnote  $Q_{100,S}=16 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ .

### 4. Popis stabilitných výpočtov

Jedná sa o posúdenie stability betónového múru vývariska, zemnej sypanej hrádze a odkrytého vzdušného svahu nad akumulácnou nádržou. Zemná sypaná hrádza a betónový múr vývariska spolu súvisia, nakoľko sú prepojené dnovým priepustom zemnej sypanej hrádze.

*Betónový múr vývariska*, ktorý má lichobežníkový tvar, je v korune široký 1,20m a v päte 1,50m, má výšku 3,00m. Jeho lichobežníkový základ hĺbky 1,40m-1,70m, má

šírku 2,40m, a bude založený vo zvetraných bridliciach pevnostnej triedy R5. Zásyp za múrom je navrhnutý z miestnej vyťaženej zeminy pevnostnej triedy G5.

*Zemná sypaná hrádza*, ktorá je navrhnutá z miestnych zemných materiálov triedy F4-CS a F6-CI, je lichobežníkového tvaru a je vysoká 7,80m, má sklony svahov nasledovne: vzdušný svah má sklon 1:2, návodný svah, ktorý je na povrchu chránený hydroizoláciou má sklon 1:1,5. Hrádza je založená v hĺbke 3,15m vo zvetralých bridliciach pevnostnej triedy R5.

*Odkrytý upravený vzdušný svah*, ktorý obkolesuje vodnú nádrž a v tomto priestore zabezpečuje obvodovú komunikáciu nádrže, má navrhnutý sklon 1:1,5. Výška svahu je 12,0m a je založený na zvetralých bridliciach pevnostnej triedy R5. Zloženie vrstiev zemín v odkrytom svahu je zostupnou formou od koruny: navážka(GMY), F4-CS, F6-CI, F3-MS a R5.

#### 4.1 Popis zaťaženia

Pri výpočte vonkajšej stability, boli zohľadnené nasledujúce zaťaženia. Do stáleho zaťaženia, s príslušnými koeficientami, bola vzatá: vlastná tiaž jednotlivých celkov, tiaž zeminy, aktívny zemný tlak. Do premenného zaťaženia bol vzatý hydrostatický a vztlak. Do mimoriadneho zaťaženia boli vzaté seizmické návrhové kombinácie(stavba sa nachádza v zdrojovej oblasti seizmického rizika "3").

#### 4.2 Posúdenie stability

Posudzovanie stability konštrukcií múra s vývariskom, zemnej sypanej hrádze a odkrytého upraveného vzdušného svahu nad vodnou nádržou bolo, uskutočnené na každý celok samostatne. Pre betónový oporný múr boli posudzované sa dve kritériá: posunutie po základovej škáre a preklopenie okolo päty základu.

#### 4.3 Predpoklady výpočtu

Spracovateľovi tohoto statického posudku bol k dispozícii inžiniersko- geologický posudok, z ktorého vyplýva, že horeuvedené objekty budú založené na skalnom podloží pevnostnej triedy R5. Posudok bol robený s jednou vyvrtanou sondou, a na základe odborného odhadu z porovnania zamerania územia v osovej časti hrádze. Z tohoto dôvodu je potrebné pre ďalšiu projektovú dokumentáciu vypracovať nový inžiniersko-geologický posudok na základe zhodnotenia vrtného IG prieskumu.

#### 5.Záver

Na základe vykonaných výpočtov môžeme konštatovať, že prepočty stability navrhovaných konštrukcií potvrdili splnenie kritérií stability(preklopenie a posunutie). Pri hydrotechnických výpočtoch bolo potvrdené splnenie požiadaviek na prietok  $Q_{100,S}$ .

Tieto výpočty platia iba pre dokumentáciu na územné rozhodnutie. Pre ďalšie stupne projektovej dokumentácie je potrebné vypracovať nové výpočty.

V Žiari nad Hronom, 10/2020

Vypracoval: Ing. Petrovič

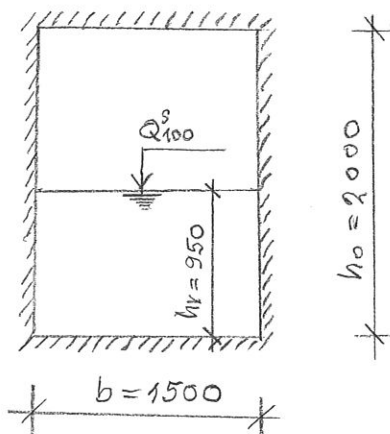




## B, HYDROTECHNICKÉ VÝPOČTY

### 1.1 DNOVÝ PRIEPUST SYPANÉJ HRADZE

#### a) ZÁKLADNÉ ÚDAJE



KOEFICIENT SKLONU

PRIEPUSTU  $\Rightarrow i = 9\%$

KOEFICIENT DRŽNOSTI

DNA A STIEN  $\Rightarrow$  DOBRE

UPRAVENÝ BETÓN  $\Rightarrow n = 0,015$

SKLON STIEN  $- 90^\circ \Rightarrow m = 0$

PLOCHA

OMOČENÝ OBVOD

HYDRAULICKÝ POLOMER

EXPONENT

HYDRAULICKÝ KOEFICIENT

RÝCHLOSŤ

OBJEM PRIETOKU

$$S = h(b + m \cdot h)$$

$$O = b + 2h\sqrt{1 + m^2}$$

$$R = S/O$$

$$y = 2,5\sqrt{n} - 0,13 - 0,75\sqrt{R}(\sqrt{n} - 0,1)$$

$$C = \frac{1}{n} R^y$$

$$v = C\sqrt{R \cdot i}$$

$$Q = S \cdot v$$

#### b) VÝPOČET PRIETOKU

VÝŠKA HLADINY:  $h_v = 0,95 \text{ m}$

$$S = 0,95 \cdot 1,4 = 1,425 \text{ m}^2; O = 1,5 + 2 \cdot 0,95\sqrt{1 + 0^2} = 3,4 \text{ m}$$

$$R = 1,425/3,4 = 0,4191; y = 2,5\sqrt{0,015} - 0,13 - 0,75\sqrt{0,4191}(\sqrt{0,015} - 0,1) = 0,1653$$

$$C = \frac{1}{0,015} 0,4191^{0,1653} \approx 57,74; v = 57,74\sqrt{0,4191 \cdot 0,09} = 11,214 \text{ m s}^{-1}$$

$$Q' = 1,425 \cdot 11,214 = 15,98 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$$

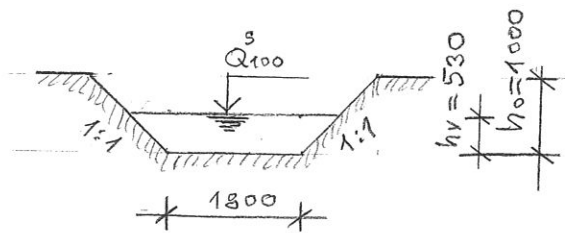
ÚDAJ SHMÚ JE  $Q_{100} = 10 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ ; PRI IV. TRIEDE

SPOLAHNIVOSTI JE ÚDAJ POTREBNÉ ZVÄČŠIŤ O 60%

POTOM  $Q_{100}^s = 1,6 \cdot 10 = 16,0 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} \approx 15,98 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} = Q'$  KYHOROJE!

## 2. BEZPEČNOSTNÝ PREPAD

### a) ZÁKLADNÉ ÚDAJE



BEZPEČNOSTNÝ PREPAD JE ZLOŽENÝ Z DVOCH ROVNAKÝCH KUSOV, UMIESTNENÝCH OPROTI SEBE

KOEFICIENT SKLONOV PREPAĐOV  $\Rightarrow i = 3,5\%$

KOEFICIENT DRSNOSTI DNA A STIEN  $\Rightarrow$  DOBRÉ UPRÁVENÝ BETÓN  $\Rightarrow n = 0,015$ ; SKLONY STIEN  $- 45^\circ \Rightarrow m = 1$

### b) VÝPOČET PRIETOKU

PRE 1 PREPAD:

VÝŠKA HLADINY  $h_v = 0,53 \text{ m}$

$$S = 0,53 (1,8 + 1,0,53) = 1,2349 \text{ m}^2; C = 1,8 + 2,0,53 \sqrt{1+1^2} = 3,239 \text{ m}$$

$$R = 1,2349 / 3,239 = 0,3743; \eta = 2,5 \sqrt{0,015} - 0,13 - 0,75 \sqrt{0,3743} (\sqrt{0,015} - 0,1) = 0,16527$$

$$C = \frac{1}{0,015} 0,3743^{0,16527} = 56,639$$

$$V = 56,639 \sqrt{0,3743 \cdot 0,035} = 6,4828 \text{ m s}^{-1}$$

$$Q_v^1 = 1,2349 \cdot 6,4828 = 8,00 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$$

PRE 2 PREPADY SPOLU:

$$Q^v = 2 \cdot Q_v^1 = 2 \cdot 8 = 16,0 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} = 16,0 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1} = Q_{100}^3 \text{ vyhovujú!}$$

V Žilini 11.11.2020

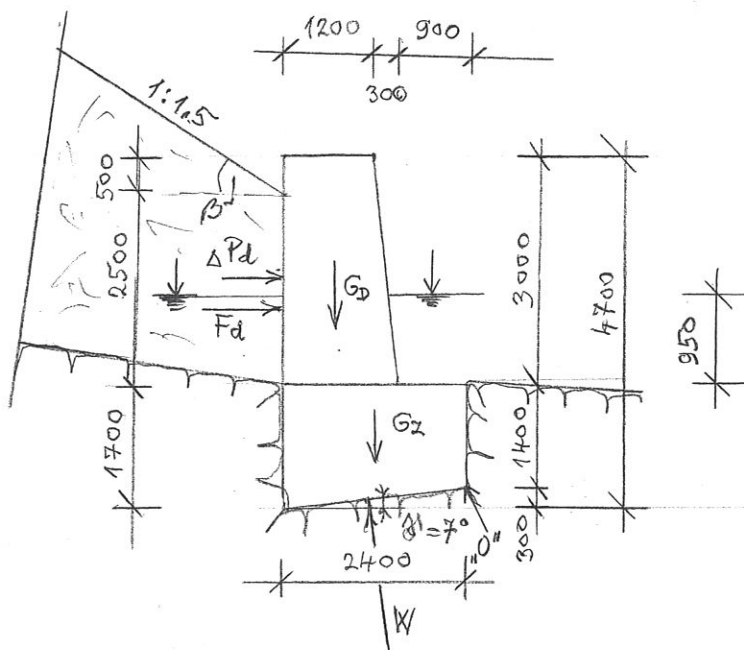
Vypracoval: Ing. Petrovič



## C) STABILITNÉ VÝPOČTY

### 1. BETONOVÝ MÚR VÝVARISKA

#### a) ZÁKLADNÉ ÚDAJE



#### b) VÝPOČET SÍL

ŠÍRKA ZATÁŽENIA  $L = 1 \text{ m}$

#### VLASTNÁ TIAŽ

BETÓN  $\rho_c = 25 \text{ kN m}^{-3}$

$$G_D = A_D \cdot \rho_c = \frac{1}{2} (1,2 + 1,5) \cdot 3 \cdot 25 = 101,25 \text{ kN}$$

$$G_Z = A_Z \cdot \rho_c = \frac{1}{2} (1,4 + 1,7) \cdot 2,4 \cdot 25 = 93,00 \text{ kN}$$

ŤAŽISKO  $K_{10}$

$$r_0 = 1,64 \text{ m}$$

$$r_0 = 1,24 \text{ m}$$

#### VZTLAK

VOĎA  $\rho_v = 10 \text{ kN m}^{-3}$

$$W = A_v \cdot \rho_v = \frac{1}{2} (2,55 + 2,35) \cdot 2,4 \cdot 10 = 60,00 \text{ kN}$$

$$r_0 = 1,22 \text{ m}$$

## AKTÍVNY ZEMNÝ TLAK

ZÁSYPOVÁ ZEMINA:  $\gamma_z = 19 \text{ kN m}^{-3}$ ;  $\varphi_d = 35^\circ$ ;  $\beta = 33^\circ$ ;  
 $\alpha = 0^\circ$ ;  $\delta = 0^\circ$

$$K_a = 0,705$$

$$F_d = \frac{1}{2} \gamma_z \cdot K_a \cdot h_z^2 = \frac{1}{2} 19 \cdot 0,705 \cdot 2,5^2 = 41,86 \text{ kN} ; v_0 = 2,23 \text{ m}$$

## SEIZMICKÉ ZATÁŽENIE ZEMNÝM TLAKOM

OBJEKT SA NACHAŤDZA V ZDROJOVEJ OBLASTI  
 SEIZMICKÉHO RIZIKA „3“  $\Rightarrow a_{gr} = 0,63 \text{ m s}^{-2}$ ;  $S = 1,0$   
 SÚČINITEĽ VÝZNAMNOSTI  $\Rightarrow$  VODNÉ STAVBY  $\mu_I = 1,2$

$$a_g = \mu_I \cdot a_{gr} = 1,2 \cdot 0,63 = 0,756 ; \lambda = a_g / g = 0,756 / 9,81 = 0,077$$

$$\Delta P_d = \lambda \cdot S \cdot \gamma_z \cdot h_z^2 = 0,077 \cdot 1 \cdot 19 \cdot 2,5^2 = 9,15 \text{ kN} \quad v_0 = 3,64 \text{ m}$$

## C/ POSÚDENIE VONKAJŠEJ STABILITY

OVERENIE STABILITY AKO CELKU (EQU)  $\Rightarrow \mu_{g,dst} = 1,1$   
 $\mu_{g,stb} = 0,9$

### BEZPEČNOSŤ PROTI POSUNUTIU PO ZÁKLADOVEJ ŠKARFE

$$\mu_{g,dst} \cdot F_d = 1,1 (41,86 + 9,15) = 56,11 \text{ kN}$$

$$\mu_{g,stb} \cdot U_u = 0,9 [0,9 (101,25 + 93,0) - 1,50] = 103,34 \text{ kN}$$

$$\mu_{g,dst} \cdot F_d / \mu_{g,stb} \cdot U_u = 56,11 / 103,34 = 0,5430 < 1,0 \text{ Vyhovuje!}$$

### BEZPEČNOSŤ PROTI PREKLOPENIU - BOD „O“

$$\mu_{g,dst} \cdot M_{act} = 1,1 (41,86 \cdot 2,23 + 9,15 \cdot 3,64) = 139,32 \text{ kNm}$$

$$\mu_{g,stb} \cdot M_{pas} = 0,9 [0,9 (101,25 \cdot 1,64 + 93,0 \cdot 1,24) - 1,50 \cdot 1,22] = 162,03 \text{ kNm}$$

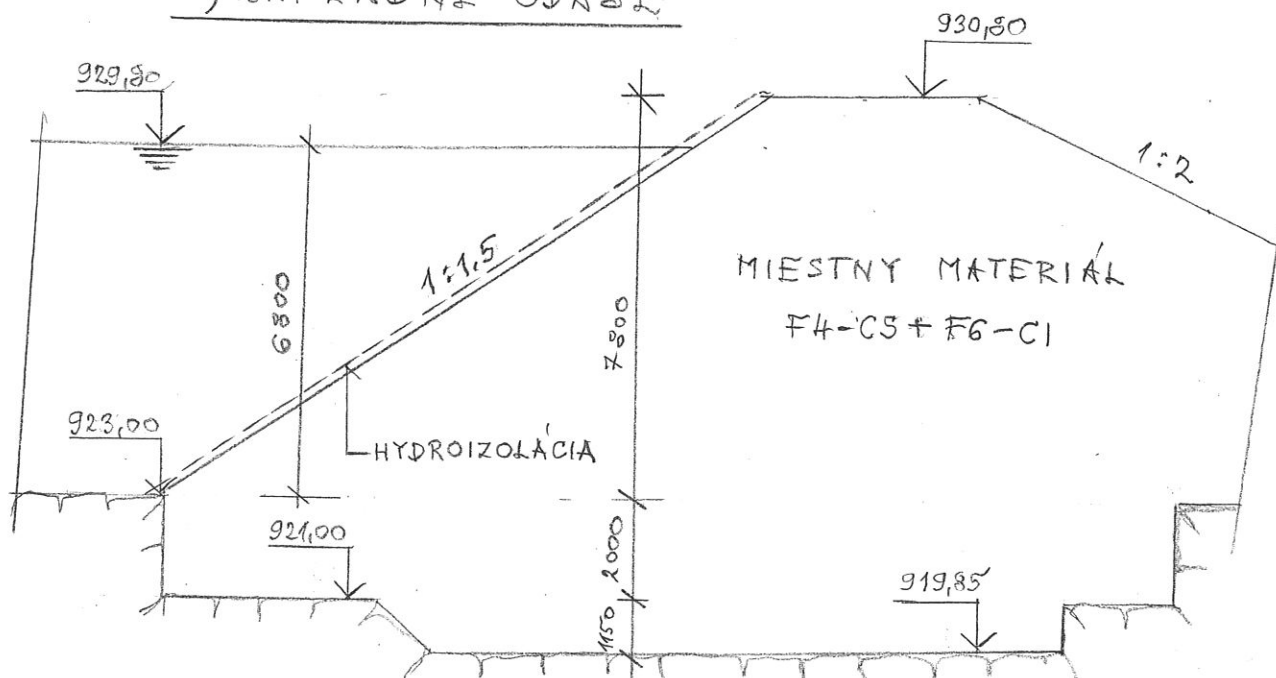
$$\mu_{g,dst} \cdot M_{act} / \mu_{g,stb} \cdot M_{pas} = 139,32 / 162,03 = 0,8598 < 1,0$$

Vyhovuje!



## 2., SYPANÁ ZEMNÁ HRADZA

### a) ZÁKLADNÉ ÚDAJE



MATERIÁL SYPANÉJ HRADZE BUDE POUŽITÝ Z MIESTNYCH ZDROJOV

### b) POSÚDENIE STABILITY SVAHOV HRADZE

POSUDZOVAT' BUDEME STABILITU NÁVODNÉHO SVAHU, NÁKOĽKO JE NEPRIAZNIVEJŠÍ (STRMSÍ).

STABILITU BUDEME POSUDZOVAT' PODĽA COUSINS-OVÝCH GRAFOV. NÁVODNÝ SVAH JE CHRÁNENÝ HYDROIZOLÁCIOU, PRETO PREDPOKLADÁME, ŽE SVAH JE SUCHÝ (BEZ PÓROVÉHO TLAKU).

HODNOTY POUŽITÝCH ZEMÍN: F4-CS  $\Rightarrow \gamma = 18,5 \text{ kN/m}^3$ ;  $\varphi_{ef} = 22^\circ$ ;  $c_{ef} = 11 \text{ kPa}$   
 VÝŠKA SVAHU  $- h = 7,80 \text{ m}$  F6-C1  $\Rightarrow \gamma = 21 \text{ kN/m}^3$ ;  $\varphi_{ef} = 19^\circ$ ;  $c_{ef} = 16 \text{ kPa}$

PARAMETER:  $\lambda_{cp} = \frac{\gamma h}{c_{ef}} \tan \varphi_{ef} \Rightarrow N_{\gamma}$  (STABILITNÉ ČÍSLO)

SÚČINITEĽ SPOĽAHĽIVOSTI:  $\mu_m = N_{\gamma} \frac{c_{ef}}{\gamma h}$

Výkonuje!

$$F4-CS \Rightarrow \lambda_{cp} = \frac{18,5 \cdot 7,8}{11} \tan 22^\circ = 5,30 \Rightarrow N_{\gamma} = 18 \Rightarrow \mu_m = 18 \frac{11}{18,5 \cdot 7,8} = 1,372 > 1,3 = \mu_q$$

$$F6-C1 \Rightarrow \lambda_{cp} = \frac{21 \cdot 7,8}{16} \tan 19^\circ = 3,50 \Rightarrow N_{\gamma} = 15 \Rightarrow \mu_m = 15 \frac{16}{21 \cdot 7,8} = 1,465 > 1,3 = \mu_q$$

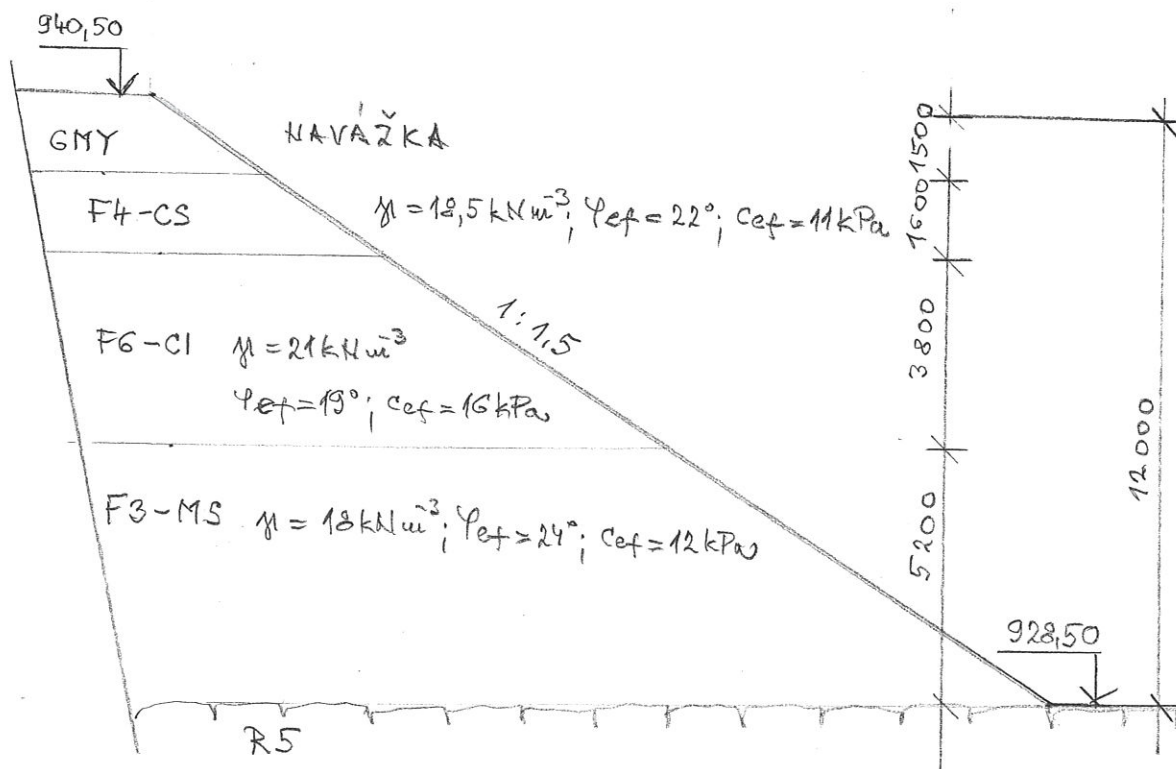
STABILITA (STR/GEO)  $\Rightarrow \mu_q = 1,3$

Výkonuje!



### 3., ODOKRYTÝ UPRAVENÝ VZDUŠNÝ SVAH

#### a) ZÁKLADNÉ ÚDAJE



#### b) POSÚDENIE STABILITY VZDUŠNÉHO SVAHU

SVAH PREDPOKLADÁME SUCHÝ (BEZ PÓROVÉHO TLAKU)

CHARAKTERISTIKY ZEMÍN PREMIETNEME DO VÁŽENÉHO PRIEMERU

$$\tilde{\gamma} = \frac{18,5 \cdot 1,6 + 21 \cdot 3,8 + 18 \cdot 5,2}{10,5} = 19,33 \text{ kN/m}^3$$

$$\tilde{\varphi}_{ef} = \frac{22 \cdot 1,6 + 19 \cdot 3,8 + 24 \cdot 5,2}{10,5} = 22,11^\circ$$

$$\tilde{c}_{ef} = \frac{11 \cdot 1,6 + 16 \cdot 3,8 + 12 \cdot 5,2}{10,5} = 13,41 \text{ kPa}$$

$$\lambda_{cp} = \frac{19,33 \cdot 12}{13,41} \tan 22,11^\circ = 7,02 = \lambda$$

$$N_{\gamma} = 22,5$$

$$\gamma_w = 22,5 \frac{13,41}{19,33 \cdot 12} = 1,30 = 1,30 = \gamma_a$$

SVAH ZA PREDPOKLADANÝCH PODMIENOK VYHOVUJE!

V Žiari n/Hr., 10/2020



Vypracoval: Ing. Petrovič