

Návrh nekotvené pažící stěny

Program: Pažení návrh

Soubor: Demo_manual_04.gp1

V tomto inženýrském manuálu je popsán návrh nekotvené pažící stěny na trvalé i mimořádné zatížení (povodeň).

Zadání úlohy

Navrhněte a posuďte nekotvenou stěnu z ocelových štětovnic typu VL 601 podle EN 1997-1 (EC 7-1, NP3) v proměnném geologickém prostředí. Materiál štětovnic je ocel S 240 GP. Hloubka stavební jámy je 2,75 m. Hladina podzemní vody se nachází v úrovni 1,0 m pod povrchem terénu. Konstrukci posuďte i na povodňový stav, kdy výška HPV může dosahovat až 1,0 m nad korunu štětovnice (předpokládá se montáž mobilních protipovodňových stěn).

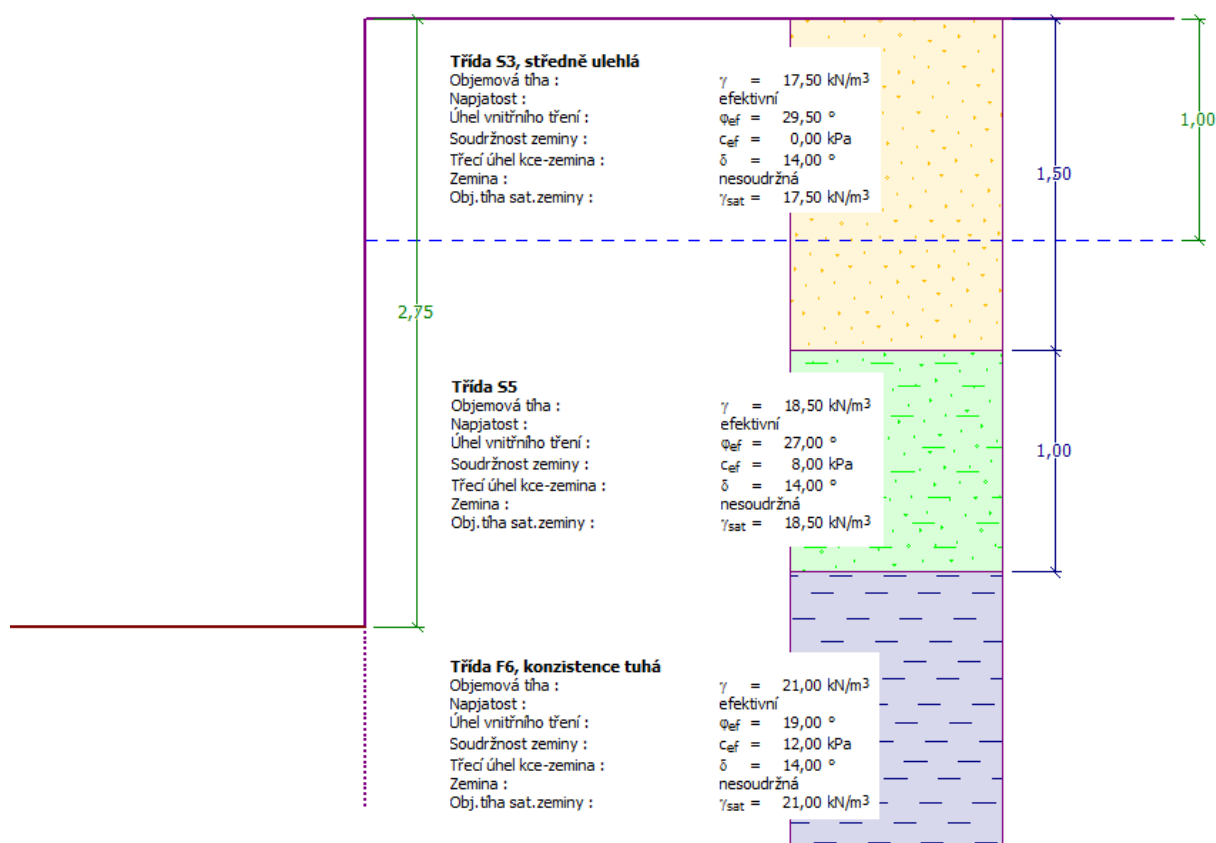


Schéma nekotvené stěny ze štětovnic – zadání úlohy

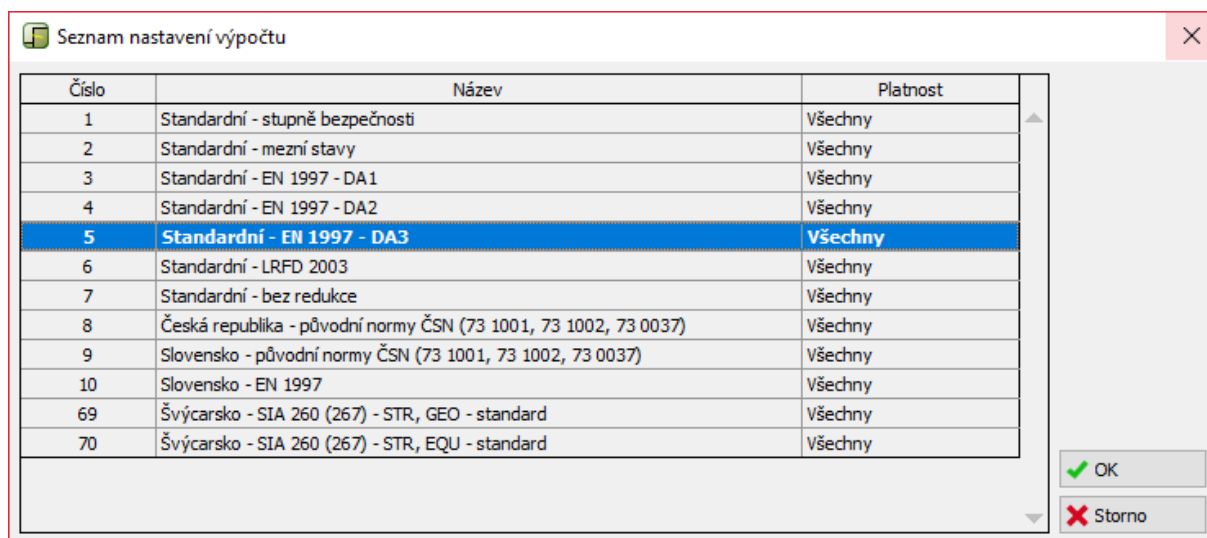
Řešení

K výpočtu této úlohy použijeme program GEO5 – Pažení návrh. V následujícím textu postupně popíšeme řešení příkladu po jednotlivých krocích:

- fáze budování 1: trvalá návrhová situace
- fáze budování 2: mimořádná návrhová situace
- posouzení průřezu
- posouzení stability
- vyhodnocení výsledků a závěr

Fáze budování 1


V rámu „Nastavení“ klikneme na tlačítko „Vybrat nastavení“ (v levé spodní části obrazovky) a zvolíme nastavení výpočtu číslo 5 - „Standardní – EN 1997, DA3“.




Dialogové okno „Seznam nastavení výpočtu“

Nejprve přejdeme do rámu „Profil“, kde přidáme dvě nová rozhraní pomocí tlačítka „Přidat“. Souřadnice prvního budou v hloubce 1,5 m a druhého v hloubce 2,5 m.

Číslo	Mocnost vrstvy t [m]	Hloubka z [m]
1	1,50	0,00 .. 1,50
2	1,00	1,50 .. 2,50
3	-	2,50 .. ∞

 Přidat

Informace o umístění
 Kóta povrchu : [m]
 Souřadnice GPS / S-JTSK
 GPS : (nezadáno)
 S-JTSK : (nezadáno)



 Zobrazit na mapě

Rám „Profil“ – přidání dvou nových rozhraní

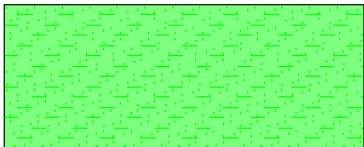
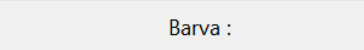
Poté se přesuneme do rámu „Zeminy“, kde pomocí tlačítka „Přidat“ přidáme a definujeme jejich parametry dle tabulky níže či podle obrázků a přiřadíme je do profilu. Napjatost zemin bude efektivní, tlak v klidu budeme posuzovat pro nesoudržnou zeminu a způsob výpočtu vzlaku bude standardní.

Zemina (specifikace, zatřídění)	Profil [m]	Objemová tíha γ [kN/m ³]	Úhel vnitřního tření φ_{ef} [°]	Soudržnost zeminy c_{ef} [kPa]	Třecí úhel kce – zemina δ [°]
S3, středně ulehlá	0,0 – 1,5	17,5	29,5	0,0	14,0
S5, středně ulehlá	1,5 – 2,5	18,5	27,0	8,0	14,0
F6, tuhá konzistence	od 2,5	21,0	19,0	12,0	14,0

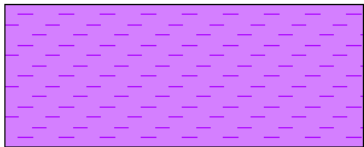
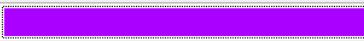
Tabulka s parametry zemin

Přidání nových zemín		
Identifikace		Zobrazení
Název :	Třída S3, středně ulehlá	Kategorie vzorků : GEO
Základní data		Hledat :
Objemová tíha :	$\gamma = 17,50 \text{ [kN/m}^3\text{]}$	Podkategorie : Zeminy (1 - 16)
Napjatost :	efektivní	Vzorek : 
Úhel vnitřního tření :	$\varphi_{ef} = 29,50 \text{ [°]}$	9 Písek
Soudržnost zeminy :	$c_{ef} = 0,00 \text{ [kPa]}$	Barva : 
Třecí úhel kce-zemina :	$\delta = 14,00 \text{ [°]}$	Pozadí : automatické
Plak v klidu		Sytost <10 - 90> : 50 [%]
Zemina :	nesoudržná	
Vztlak		
Způsob výp.vztlaku :	standardní	
Obj.tíha sat.zeminy :	$\gamma_{sat} = 17,50 \text{ [kN/m}^3\text{]}$	
Zatříd' Vymaz'		+ Přidej ✗ Storno

Dialogové okno „Přidání nových zemin“ – zemina č. 1

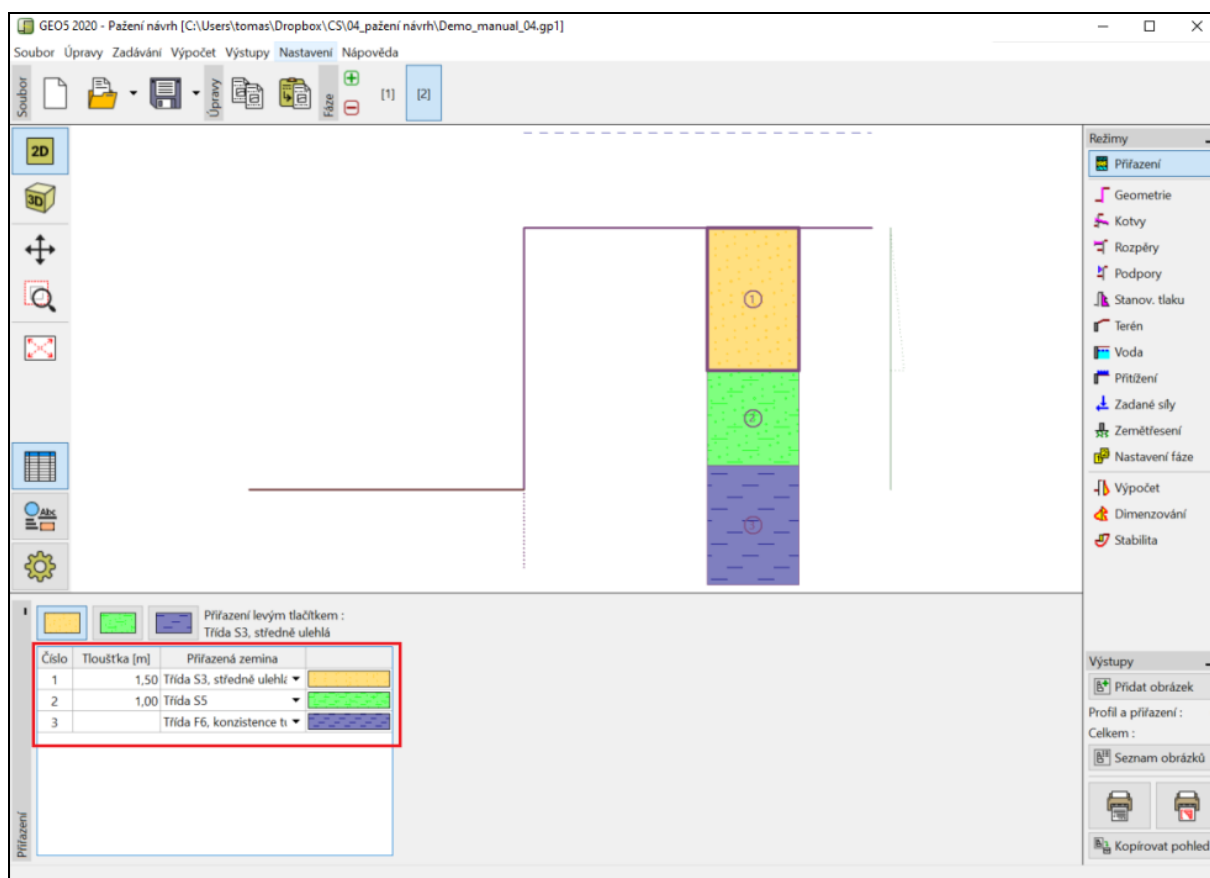
Přidání nových zemín		
Identifikace		Zobrazení
Název :	Třída S5	Kategorie vzorků : GEO
Základní data		Hledat :
Objemová tíha :	$\gamma = 18,50 \text{ [kN/m}^3\text{]}$	Podkategorie : Zeminy (1 - 16)
Napjatost :	efektivní	Vzorek :  11 Písek jílovitý
Úhel vnitřního tření :	$\varphi_{ef} = 27,00 \text{ [°]}$	Barva : 
Soudržnost zeminy :	$c_{ef} = 8,00 \text{ [kPa]}$	Pozadí : automatické
Třecí úhel kce-zemina :	$\delta = 14,00 \text{ [°]}$	Sytost <10 - 90> : 50 [%]
Tlak v klidu		
Zemina :	nesoudržná	
Vztlak		
Způsob výp.vztlaku :	standardní	
Obj.tíha sat.zeminy :	$\gamma_{sat} = 18,50 \text{ [kN/m}^3\text{]}$	
<input type="button" value="Zatříd"/> <input type="button" value="Vymaž"/>		<input type="button" value="+ Přidej"/> <input type="button" value="✗ Storno"/>

Dialogové okno „Přidání nových zemin“ – zemina č. 2

Přidání nových zemin		
Identifikace		Zobrazení
Název :	Třída F6, konzistence tuhá	Kategorie vzorků : GEO
Základní data		Hledat :
Objemová tíha :	$\gamma = 21,00 \text{ [kN/m}^3\text{]}$	Podkategorie : Zeminy (1 - 16)
Napjatost :	efektivní	Vzorek : 
Úhel vnitřního tření :	$\varphi_{ef} = 19,00 \text{ [°]}$	Barva : 
Soudržnost zeminy :	$c_{ef} = 12,00 \text{ [kPa]}$	Pozadí : automatické
Třecí úhel kce-zemina :	$\delta = 14,00 \text{ [°]}$	Sytost <10 - 90> : 50 [%]
Tlak v klidu		
Zemina :	nesoudržná	
Vztlak		
Způsob výp.vztlaku :	standardní	
Obj.tíha sat.zeminy :	$\gamma_{sat} = 21,00 \text{ [kN/m}^3\text{]}$	
<div>Zatříd' Vymaž</div>		<div>+ Přidej X Sorno</div>

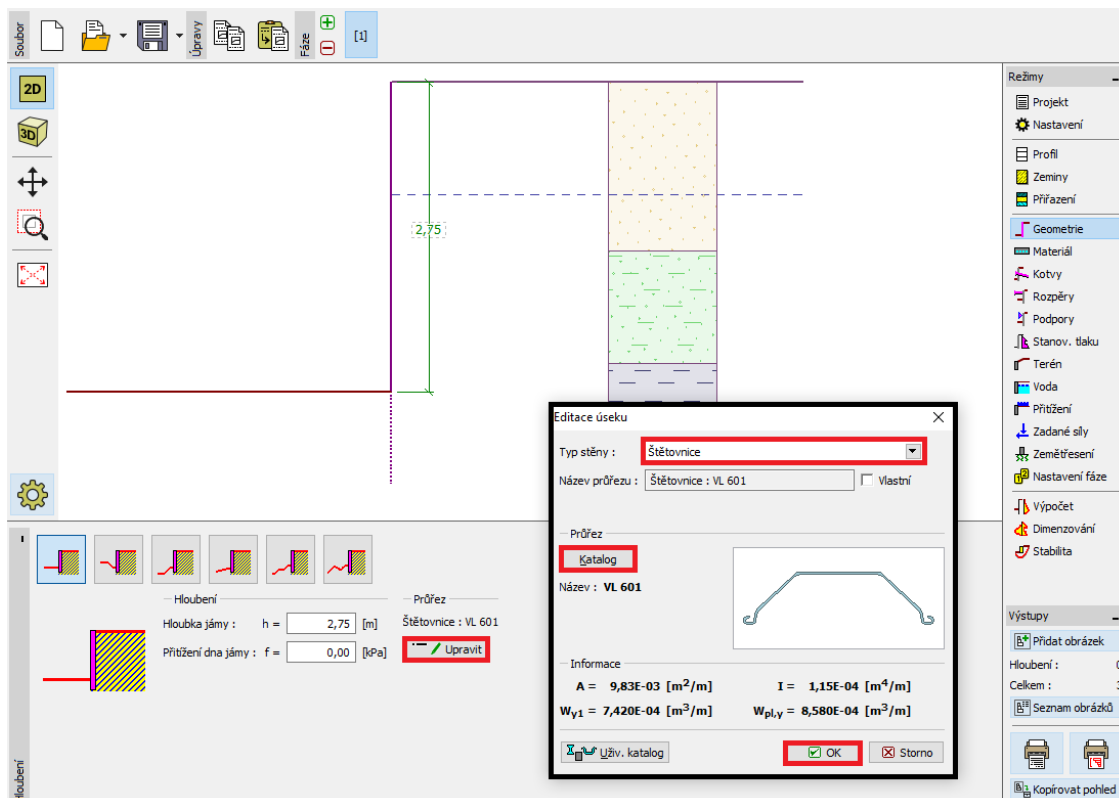
Dialogové okno „Přidání nových zemin“ – zemina č. 3

Poté přejdeme do rámu „Přiřazení“, kde jednotlivé zeminy přiřadíme do odpovídajících vrstev dle obrázku.



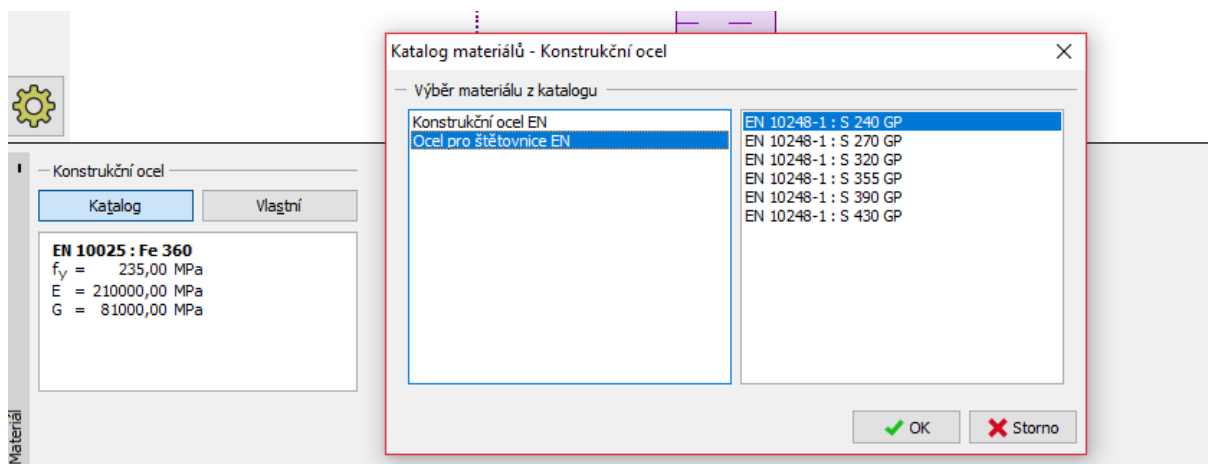
Rám „Přiřazení“ – přiřazení zemin do vrstev

Přesuneme se do rámu „Geometrie“, ve kterém zadáme požadovanou hloubku stavební jámy jako 2,75 m. Zároveň zde zvolíme typ průřezu z předpřipraveného katalogu.



Rám „Geometrie“

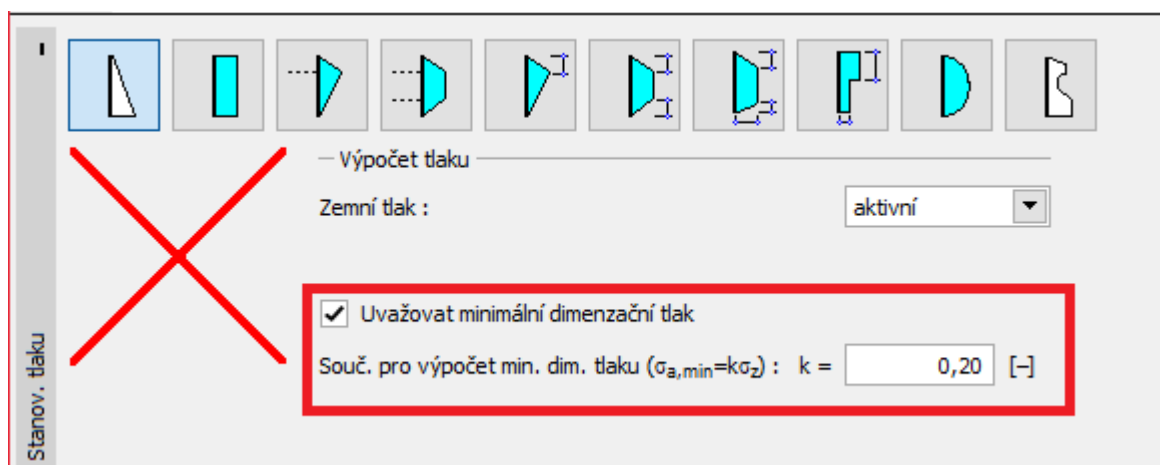
V rámu „Materiál“ nastavíme požadovaný typ jako *ocel pro štětovnice S 240 GP*.



Rám „Materiál“

Rámy „Kotvy, Rozpěry, Podpory, Stanovení tlaku, Přitížení a Zadané síly“ nezadáváme. Rám „Zemětřesení“ také nemá pro tento výpočet žádný vliv, protože konstrukce se nenachází v seizmicky aktivní oblasti. V rámu „Terén“ ponecháme vodorovný tvar terénu.

Poté se přesuneme se do rámu „Stanovení tlaku“, kde zvolíme možnost uvažovat minimální dimenzační tlak.

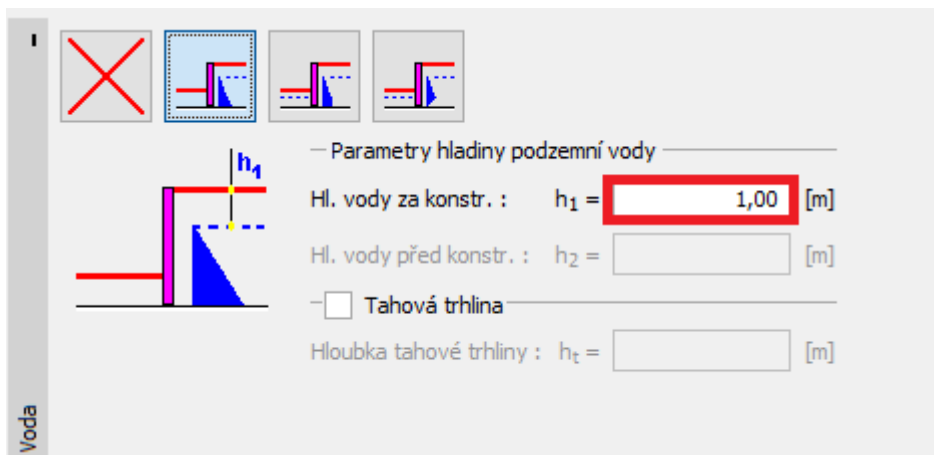


Rám „Stanovení tlaku“

Poznámka: U výpočtu pažených konstrukcí je podle některých norem doporučeno stanovení minimálního dimenzačního tlaku pro vrstvy soudržných zemín. Standardní hodnota odpovídá $K_a = 0,2$. Tímto opatřením zaručíme, že hodnota vypočteného aktivního zemního tlaku působícího na konstrukci neklesne pod 20 % tlaku svislého, tj. $K_a \geq 0,2$ (více informací naleznete v nápovědě – F1).

Poznámka: Pokud by byla naše pažící konstrukce kotvená, v rámu „Stanovení tlaku“ bychom měli využít vhodnou redistribuci zemního tlaku. V případě nutnosti omezení deformace stěny je ve stejném rámu i možnost zvolit zvýšený tlak, který na konstrukci působí (aktivní zvýšený, klidový). Obě tyto možnosti jsou podrobněji popsány v nápovědě k programu (F1) nebo v následujícím inženýrském manuálu [č. 5 - Návrh kotvené pažící stěny](#).

V rámu „Voda“ zadáme hladinu podzemní vody, která se nachází v hloubce jednoho metru.



Parametry hladiny podzemní vody

Hl. vody za konstr. : $h_1 = 1,00$ [m]

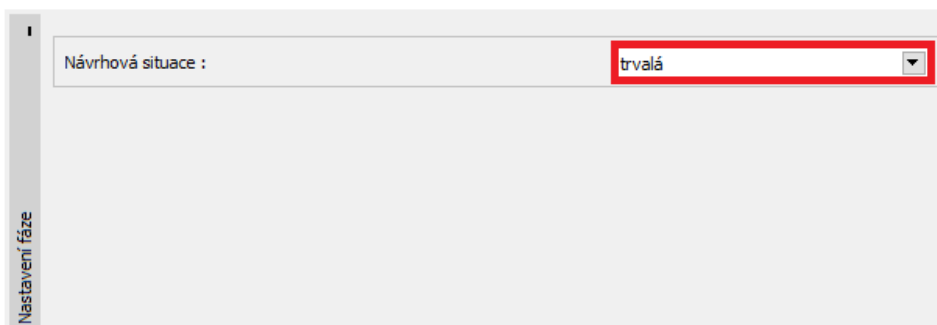
Hl. vody před konstr. : $h_2 =$ [m]

☐ Tahová trhlina

Hloubka tahové trhliny : $h_t =$ [m]

Rám „Voda“ – fáze budování 1

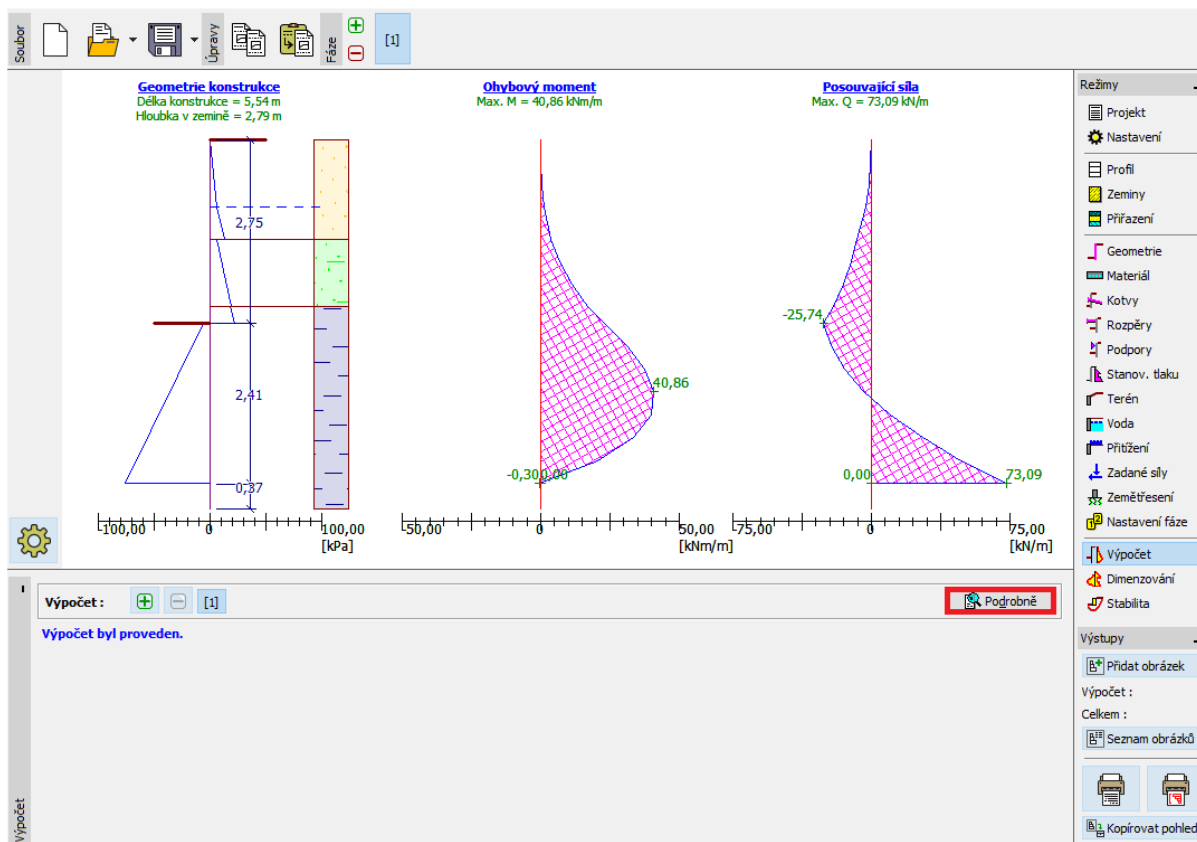
Následně v rámu „Nastavení fáze“ zvolíme příslušný typ „Návrhové situace“. Ve **fázi budování 1** uvažujeme trvalou návrhovou situací.



Návrhová situace : trvalá

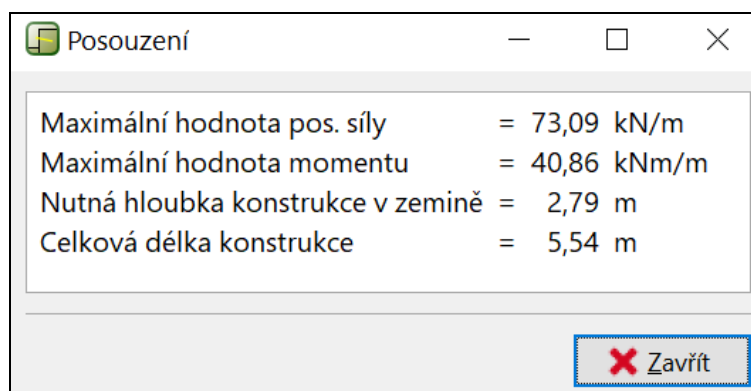
Rám „Nastavení fáze (1)“

Nyní přejdeme do rámu „Výpočet“. V tomto rámu spočte program automaticky velikost vnitřních sil a určí nutnou délku konstrukce v zemině.



Rám „Výpočet“ – fáze budování 1 (trvalá návrhová situace)

Souhrn výsledků se zobrazí po kliknutí na tlačítko „Podrobně“.



Rám „Výpočet“ – fáze budování 1 – dialogové okno „Podrobné výsledky“

V dalším postupu určíme minimální hloubku vetknutí a vnitřní síly pro mimořádnou návrhovou situaci – povodně.

Fáze budování 2

Nyní přidáme novou fázi budování pomocí tlačítka „+“ na nástrojové liště v horní části obrazovky.



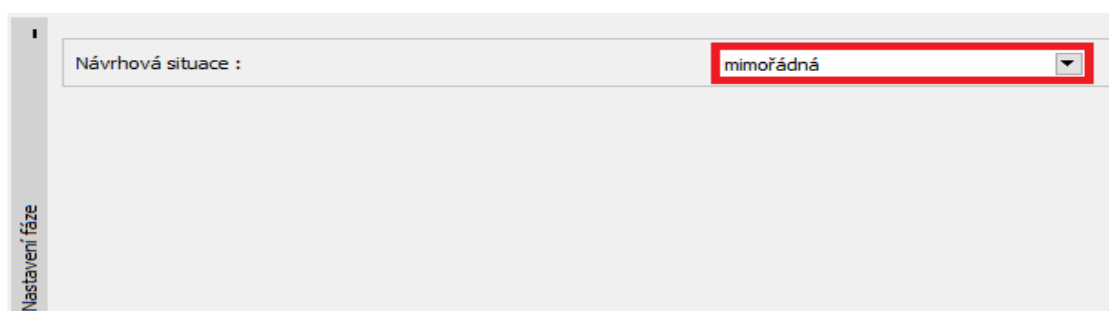
Nástrojová lišta „Fáze budování“

V rámu „Voda“ změníme hloubku hladiny podzemní vody za konstrukcí v druhé fázi budování na hodnotu $-1,0\text{ m}$. Schéma parametrů se nemění, hloubku vody před konstrukcí štětovnice neuvažujeme.



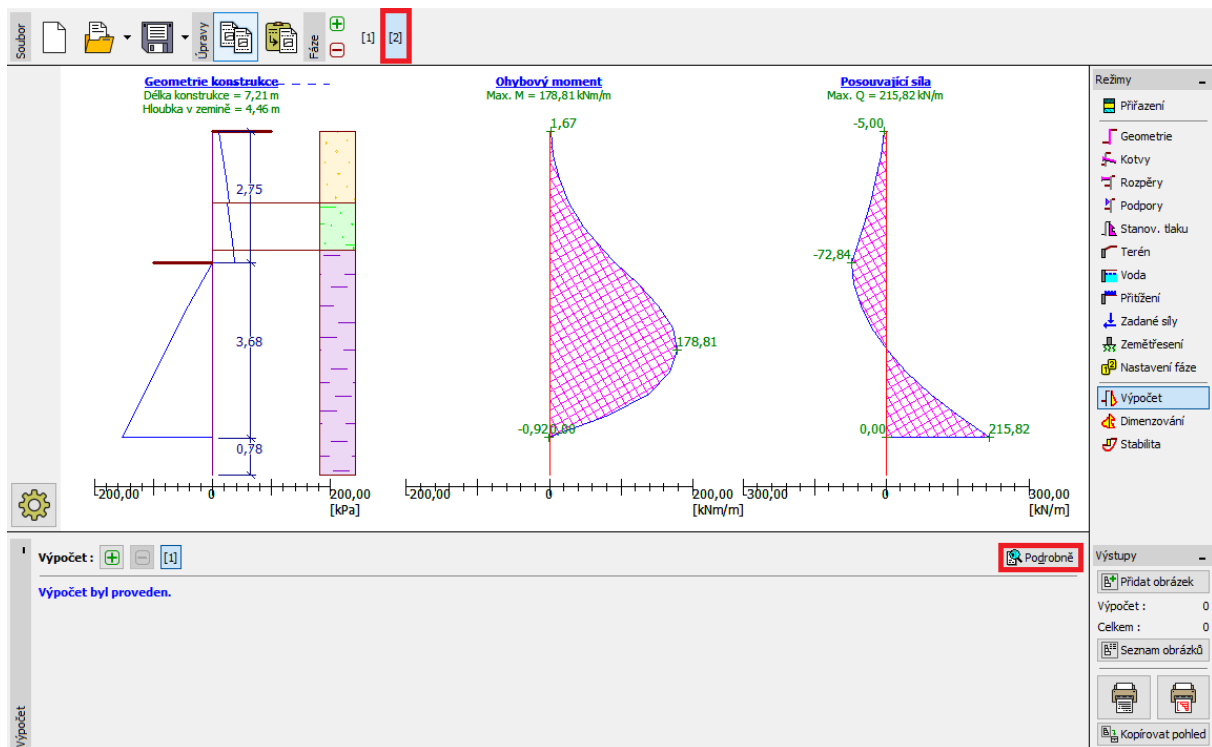
Rám „Voda“ – fáze budování 2

Poté v rámu „Nastavení fáze“ zvolíme návrhovou situaci „mimořádná“.

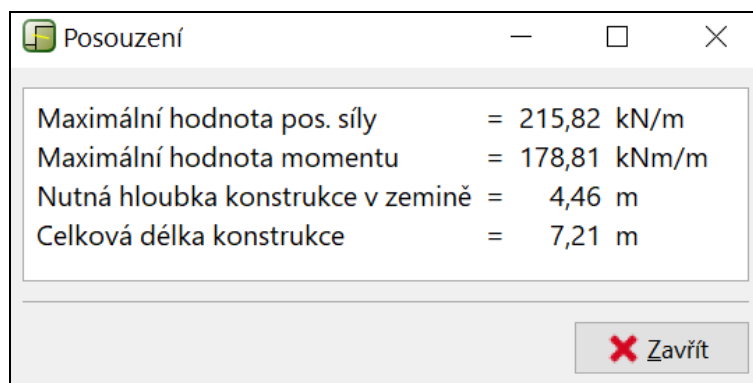


Rám „Nastavení fáze (2)“

Ostatní rámy týkající se zadávání vstupních údajů zůstávají v této fázi již beze změn. Přejdeme tedy do rámu „Výpočet“ a prohlédneme si podrobné výsledky.



Rám „Výpočet“ – fáze budování 2 (mimořádná návrhová situace)

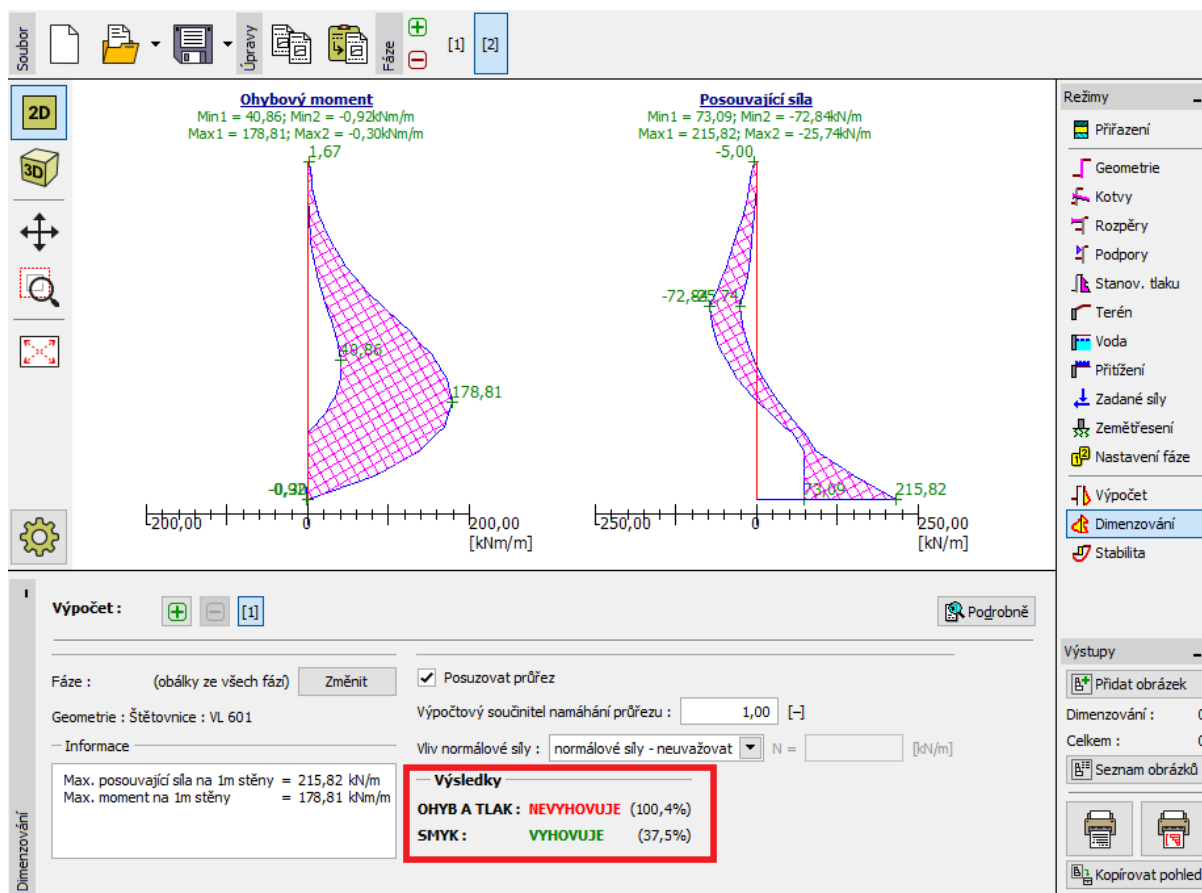


Rám „Výpočet“ – fáze budování 2 – dialogové okno „Podrobné výsledky“

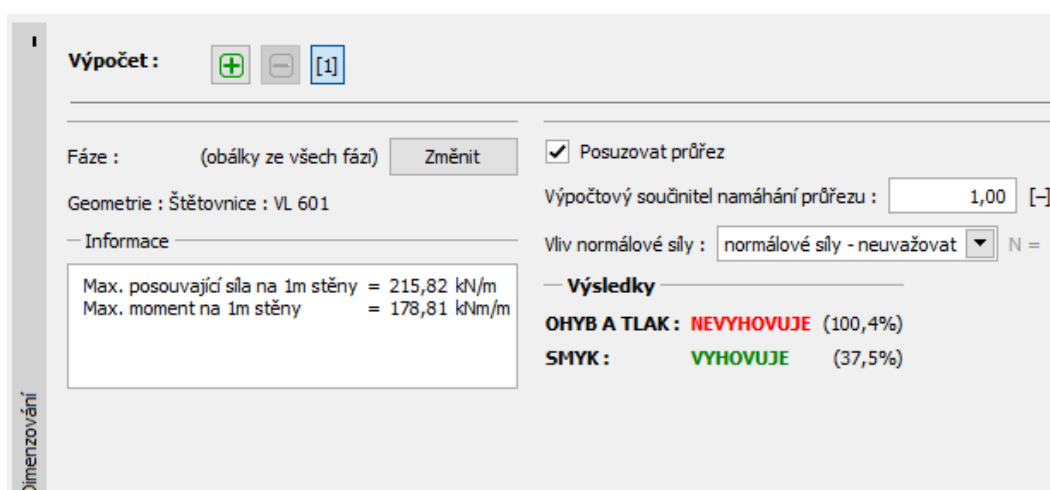
Dále je třeba posoudit, zda námi navržená štětovnice vyhovuje z hlediska ohybového a smykového namáhání.

Posouzení průřezu:

Pro posouzení průřezu se přesuneme do rámu „Dimenzování“.




Rám „Dimenzování“



Rám „Dimenzování“ - výsledky

Poznámka: V rámu „Dimenzování“ jsou zobrazeny maximální hodnoty vnitřních sil napříč jednotlivými fázemi. Pokud bychom chtěli pracovat pouze s výsledky z konkrétních fází, museli bychom tyto fáze ručně zvolit v levé části rámu tlačítkem „Změnit“.

Ve výsledcích vidíme, že posuzovaný průřez na posouzení na „Ohyb a tlak“ nevyhověl, využití je více než 100 %. Podrobné výsledky posouzení lze zobrazit tlačítkem „Podrobně“.

 Dimenzování
— □ ×

Posouzení ocelového průřezu podle EN 1993-1-1
 Pro výpočet uvažovány všechny fáze budování.
 Výpočtový součinitel namáhání průřezu = 1,00

Dimenzační síly na 1 m stěny
 $M_{\max} = 178,81 \text{ kNm/m}; \quad Q = 2,08 \text{ kN/m}$
 $Q_{\max} = 215,82 \text{ kN/m}; \quad M = 0,92 \text{ kNm/m}$

Posouzení max. momentu $M_{\max} + Q$:

Posouzení ohybu:
 $M_{\max}/M_{c,Rd} = 1,004 > 1 \quad \text{Nevyhovuje}$

Posouzení smyku:
 $Q/V_{c,Rd} = 0,004 \leq 1 \quad \text{Vyhovuje}$

Posouzení rovinné napjatosti:
 Normálové napětí $\sigma_{x,Ed} = 229,42 \text{ MPa}$
 Smykové napětí $\tau_{Ed} = 0,29 \text{ MPa}$
 Posudek: $(\sigma_{x,Ed}/(f_y/\gamma_{M0}))^2 + 3*(\tau_{Ed}/(f_y/\gamma_{M0}))^2 = 0,914 \leq 1 \quad \text{Vyhovuje}$


Posouzení max. posouvající síly $Q_{\max} + M$:

Posouzení ohybu:
 $M/M_{c,Rd} = 0,005 \leq 1 \quad \text{Vyhovuje}$

Posouzení smyku:
 $Q_{\max}/V_{c,Rd} = 0,375 \leq 1 \quad \text{Vyhovuje}$

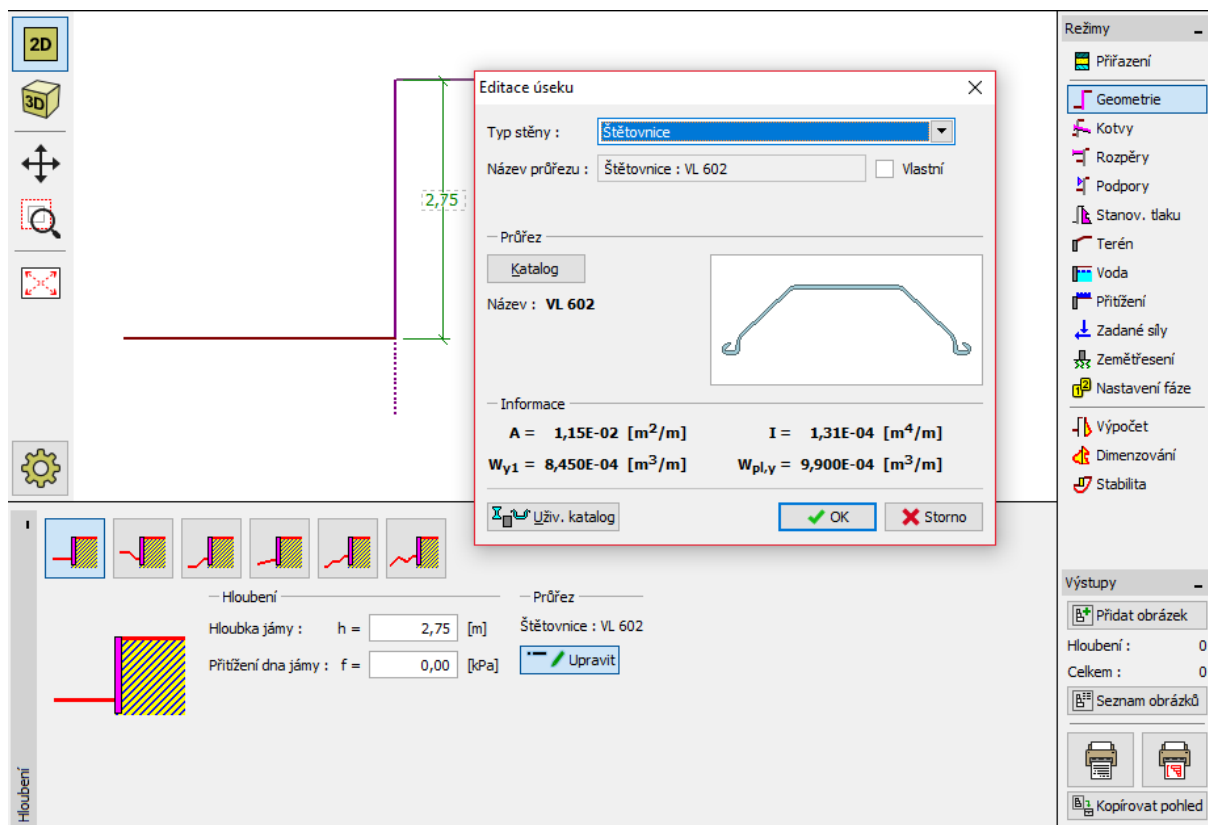
Posouzení rovinné napjatosti:
 Normálové napětí $\sigma_{x,Ed} = 1,19 \text{ MPa}$
 Smykové napětí $\tau_{Ed} = 30,51 \text{ MPa}$
 Posudek: $(\sigma_{x,Ed}/(f_y/\gamma_{M0}))^2 + 3*(\tau_{Ed}/(f_y/\gamma_{M0}))^2 = 0,049 \leq 1 \quad \text{Vyhovuje}$

Průřez NEVYHOVUJE

 Zavřít

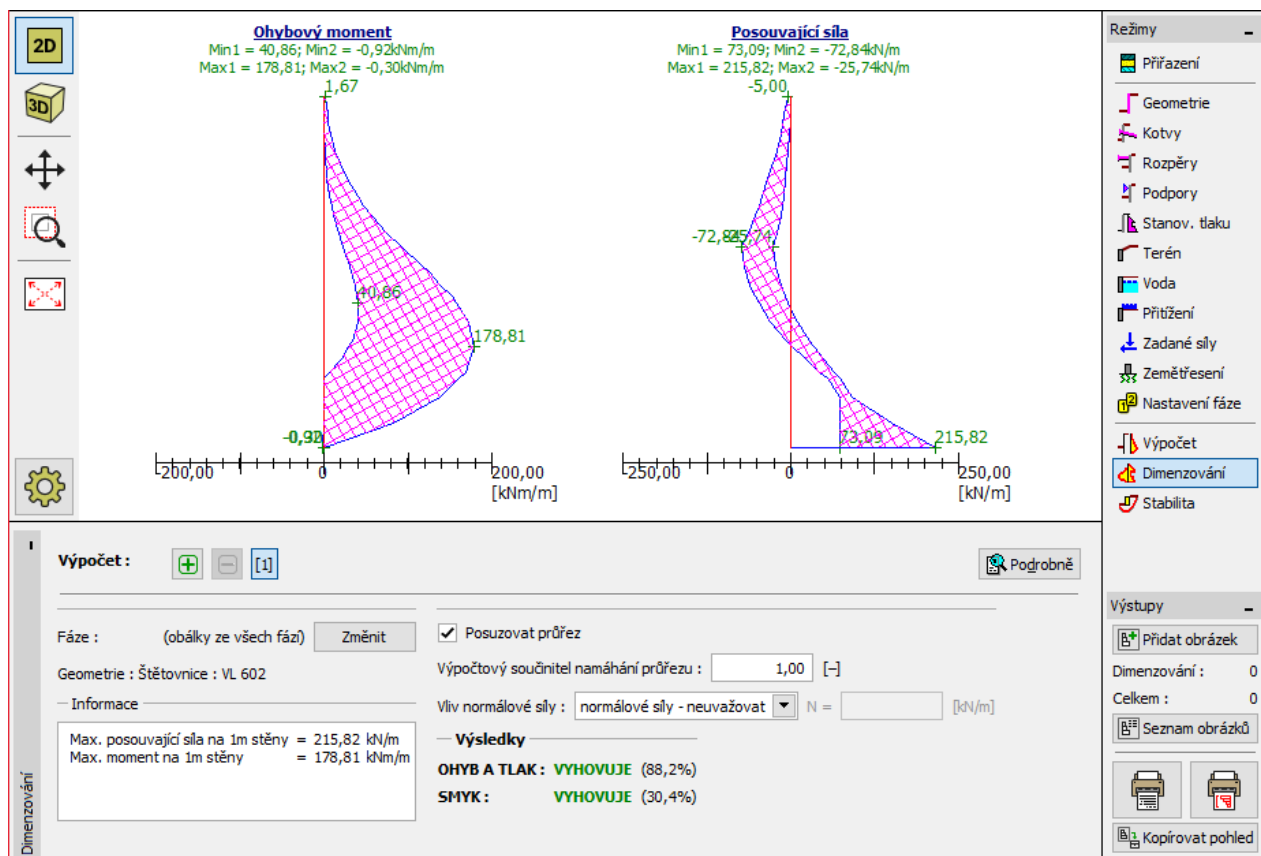
Podrobné výsledky

Z důvodu nevyhovujícího posouzení je třeba změnit typ průřezu. Vráťme se proto do rámu geometrie, kde vybereme masivnější typ štetovnice VL 602.

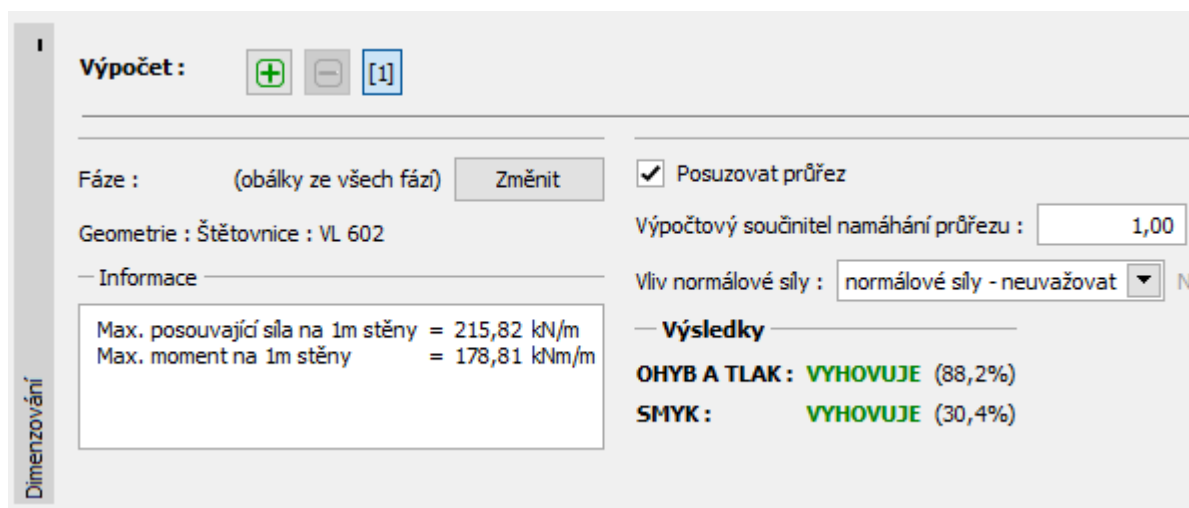


Rám „Geometrie“ – změna průřezu

Po změně průřezu otevřeme opět rám dimenzování. Je zřejmé, že masivnější typ štětovnice na všechna posouzení již vyhověl.



Rám „Dimenzování“ – posouzení nového průřezu



Rám „Dimenzování“ – nové výsledky

Poznámka: Změna průřezu nemá vliv na velikosti vnitřních sil – ty zůstávají shodné. Tuhost konstrukce se projeví ve výpočtu vnitřních sil až v programu [GEO5 – Pažení posudek](#), který je vhodný použít v případě výpočtu složitějších kotvených konstrukcí.

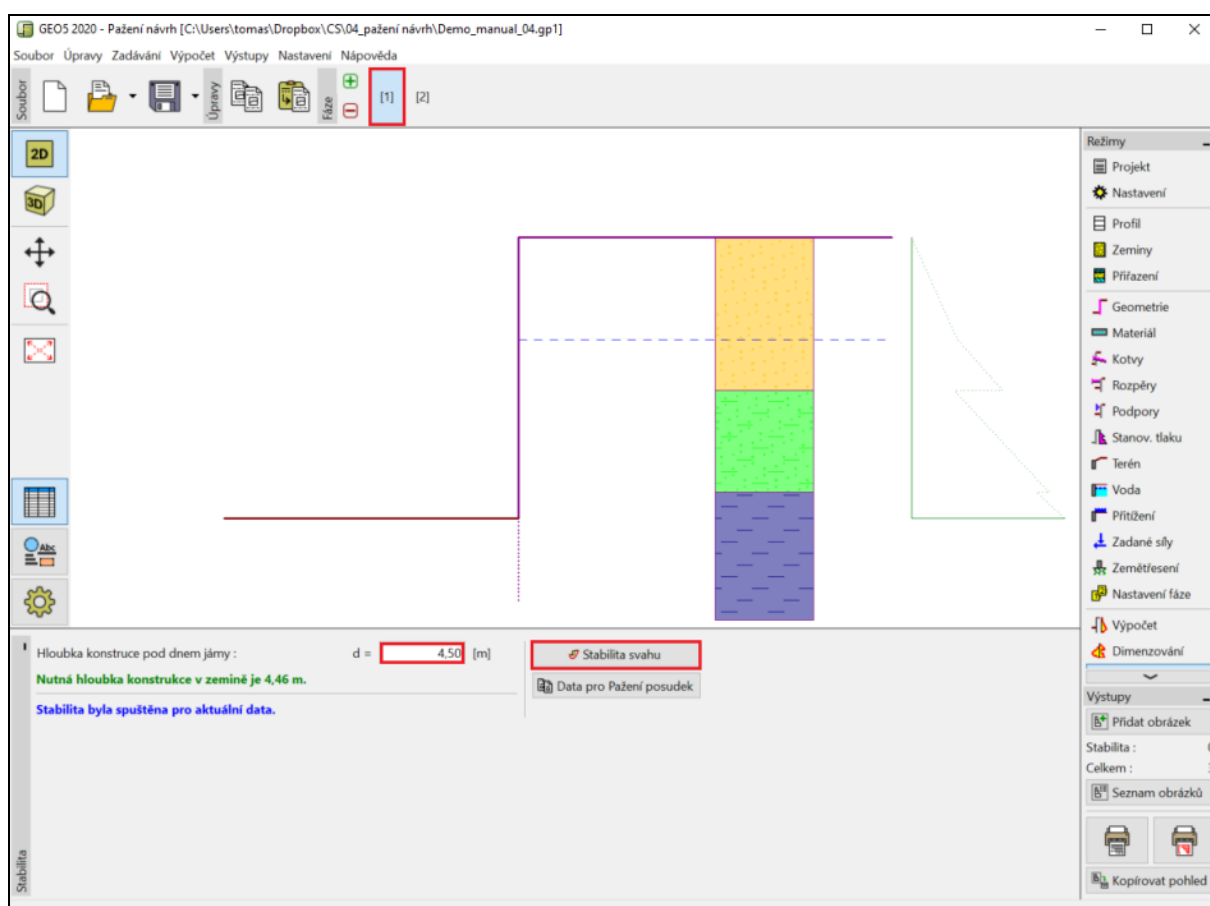
Posouzení stability

Dále je třeba ověřit, že námi navržená konstrukce vyhoví z hlediska celkové stability. Toto ověření se provádí v rámu „Stabilita“. V tomto rámu program vypíše minimální nutnou hloubku konstrukce v zemině, která je určena jako maximální spočtená délka z výpočtů v jednotlivých fázích.

Uživatel dále musí zadat skutečnou hloubku konstrukce v zemině. Stabilitní výpočet by měl být proveden pro každou fázi budování konstrukce.

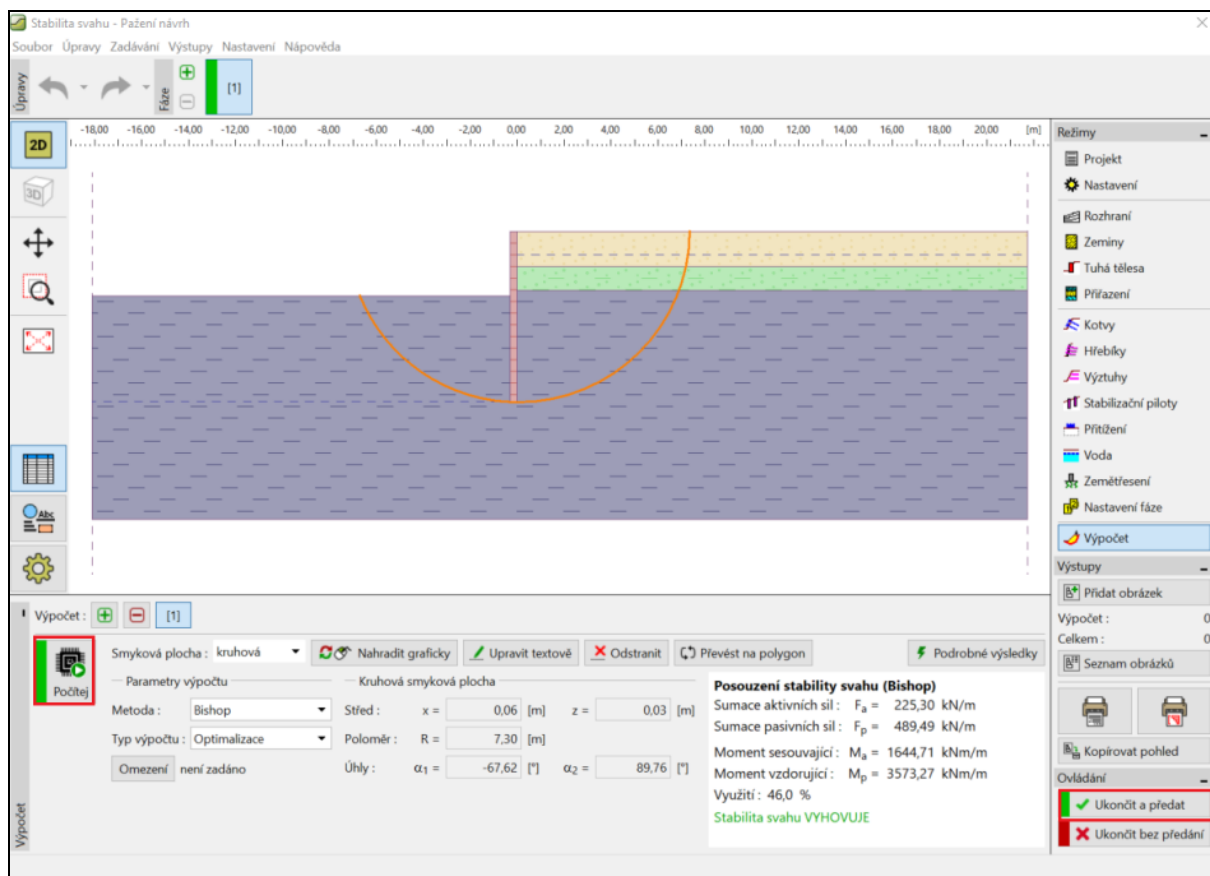
Nutná hloubka konstrukce v zemině (vyplývající z fáze 2) je 4,46 m. Navrhne tedy stěnu o hloubce vetknutí 4,5 m.

Nejprve posoudíme konstrukci ve fázi 1.



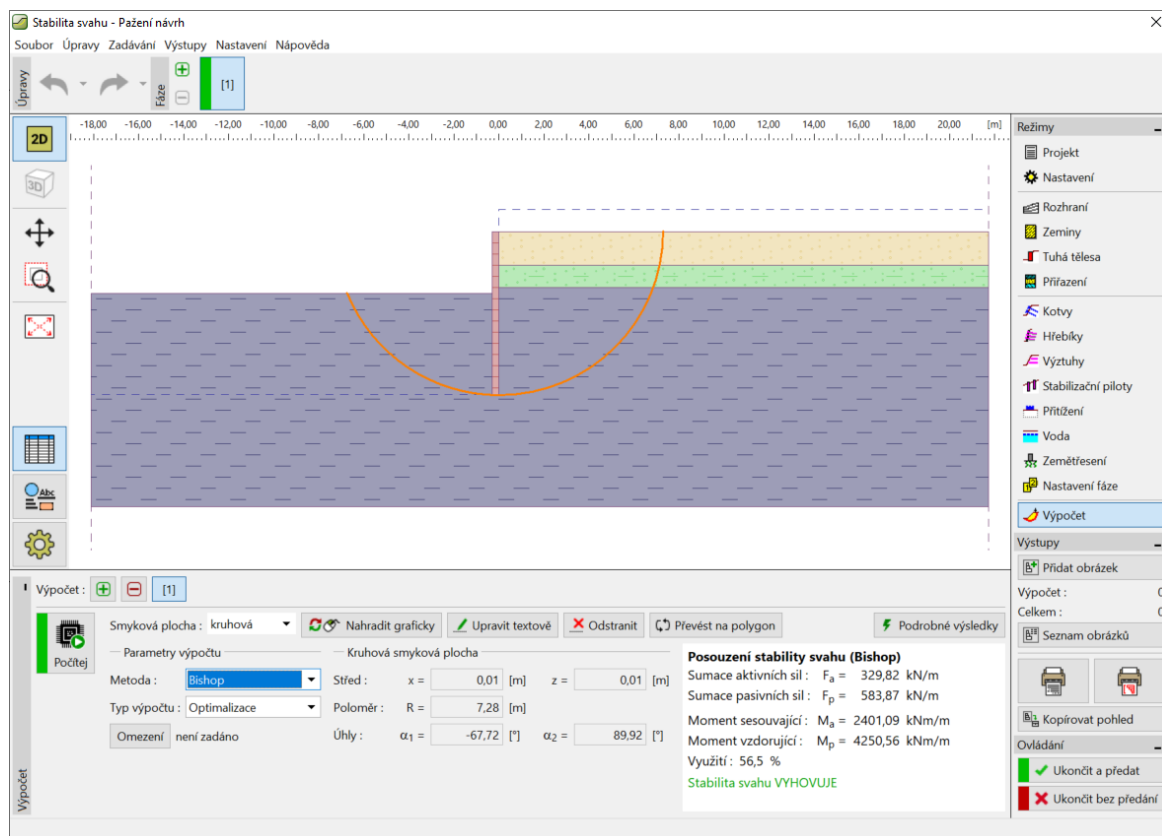
Rám „Stabilita“ – fáze 1

Po kliknutí na tlačítko „Stabilita svahu“ se spustí samostatný program „Stabilita svahu“. Do tohoto programu jsou přeneseny veškeré vstupní parametry z programu „Pažení návrh“. V programu „Stabilita svahu“ přejdeme do rámu „Výpočet“. Zvolíme metodu výpočtu „Bishop“ a optimalizaci pro kruhovou smykovou plochu. Výpočet spustíme tlačítkem „Počítej“.



Program „Stabilita svahu“ – rám „výpočet“ (fáze 1)

Po dokončení výpočtu přeneseme výsledky zpátky do programu tlačítkem „Ukončit a předat“ na pravé straně obrazovky. Stejný postup zopakujeme i ve fázi 2.



Program „Stabilita svahu“ – rám „výpočet“ (fáze 2)

Výsledky výpočtu a závěr

Cílem této úlohy bylo navrhnout štětovicovou stěnu, která by sloužila k zapažení stavební jámy o hloubce 2,75 m.

Z výsledků jsme zjistili minimální délku vetknutí štětovnice. Ta je určena jako maximum ze spočtených délek v jednotlivých fázích budování konstrukce.

- Nutná hloubka vetknutí ve fázi 1: 2,79 m
- Nutná hloubka vetknutí ve fázi 2: 4,46 m

Na základě těchto spočtených délek jsme navrhli štětovnici s hloubkou konstrukce v zemině 4,5 m. Celková délka stěny je tedy 7,25 m (4,5 m + 2,75 m).

Konstrukce o této délce vyhověla i z hlediska celkové stability pažící konstrukce. Maximální využití nepřekročí ani při mimořádné situaci (povodně) 60 %.

Původně navržený průřez štětovnice VL 601 nevyhověl na posouzení na ohybové namáhání. Z tohoto důvodu byl průřez štětovnice nahrazen masivnějším typem VL 602, který už bezpečně vyhověl.

Pažící konstrukce ze štětovnic VL 602 z oceli S 240 GP o celkové délce 7,25 m vyhoví ve všech sledovaných posouzeních.