

Výpočet svislé únosnosti a sedání skupiny pilot

Program: Skupina pilot

Soubor: Demo_manual_17.gsp

Cílem tohoto inženýrského manuálu je vysvětlit použití programu GEO 5 – SKUPINA PILOT.

Úvod

Výpočty v programu Skupina pilot lze rozdělit do dvou skupin:

- pružinová metoda,
- analytická řešení.

Pružinová metoda umožňuje výpočet deformace celého pilotového základu a stanovení vnitřních sil po délce jednotlivých pilot. Zatížení je definováno jako obecná prostorově působící kombinace $N, M_x, M_y, M_z, H_x, H_y$. Důležitým výsledkem této analýzy je především natočení a posunutí tuhého pilotového roštu a dále dimenzování armokoše jednotlivých pilot. Pružinové metodě je věnována následující kapitola 18. *Výpočet přetvoření a dimenzování pilotové skupiny.*

Analytické řešení je určeno k výpočtu svislé únosnosti skupiny pro zatížení pouze svislou normálovou silou. Výsledkem výpočtu je svislá únosnost pilotového základu a průměrné sednutí pilotového základu.

Analytické řešení se dále dělí podle typu zeminy:

- pro soudržné zeminy,
- pro nesoudržné zeminy.

Svislá únosnost skupiny pilot v **soudržné zemině** se uvažuje za neodvodněných podmínek. Určí se jako únosnost zemního tělesa ve tvaru hranolu opsaného skupině pilot podle FHWA. Pro výpočet se zadává jen totální soudržnost zeminy c_u (více informací v nápovědě k programu – F1).

Sedání skupiny pilot v soudržné zemině (neodvodněných podmínkách) vychází z výpočtu sedání fiktivního plošného základu (tzv. *konsolidační sedání skupiny pilot* nebo zkráceně *metoda 2:1*).

Pro toto posouzení sedání pilotové skupiny se do výpočtu zahrnuje vliv hloubky založení a mocnosti deformační zóny podle metodiky posuzování sedání plošných základů. V České a Slovenské republice

Ize při výpočtu sedání skupiny pilot využít postup podle normy ČSN 73 1001 – *Základová půda pod plošnými základy*.

Posouzení skupiny pilot v **nesoudržné zemině** vychází ze stejných postupů jako výpočet osamělé piloty v nesoudržné zemině (kapitola 13. *Výpočet svislé únosnosti osamělé piloty*). Navíc se zavádí pouze tzv. účinnost pilotové skupiny, která redukuje celkovou svislou únosnost pilotového základu.

Zatěžovací křivka pro skupinu pilot v nesoudržné zemině je sestrojena stejným způsobem jako u osamělé piloty (kapitola 14. *Výpočet sedání osamělé piloty*) podle prof. H. G. Poulouse, pouze hodnota celkového sedání pilotové skupiny se zvětšuje o tzv. součinitel skupinového účinku sedání g_f , který zohledňuje skupinové působení jednotlivých pilot. Rozsah tohoto parametru závisí na geometrickém uspořádání pilotové skupiny.

Specifikace zadání úlohy

Obecné zadání úlohy bylo popsáno v předchozí kapitole (12. *Pilotové základy – úvod*). Veškeré výpočty pro svislou únosnost skupiny pilot proveďte podle EN 1997-1 (NP 2) v návaznosti na úlohu 13. *Výpočet svislé únosnosti osamělé piloty*. Výslednice celkového zatížení N, M_y, H_x působí v úrovni horní podstavy základové desky, a to v jejím středu.

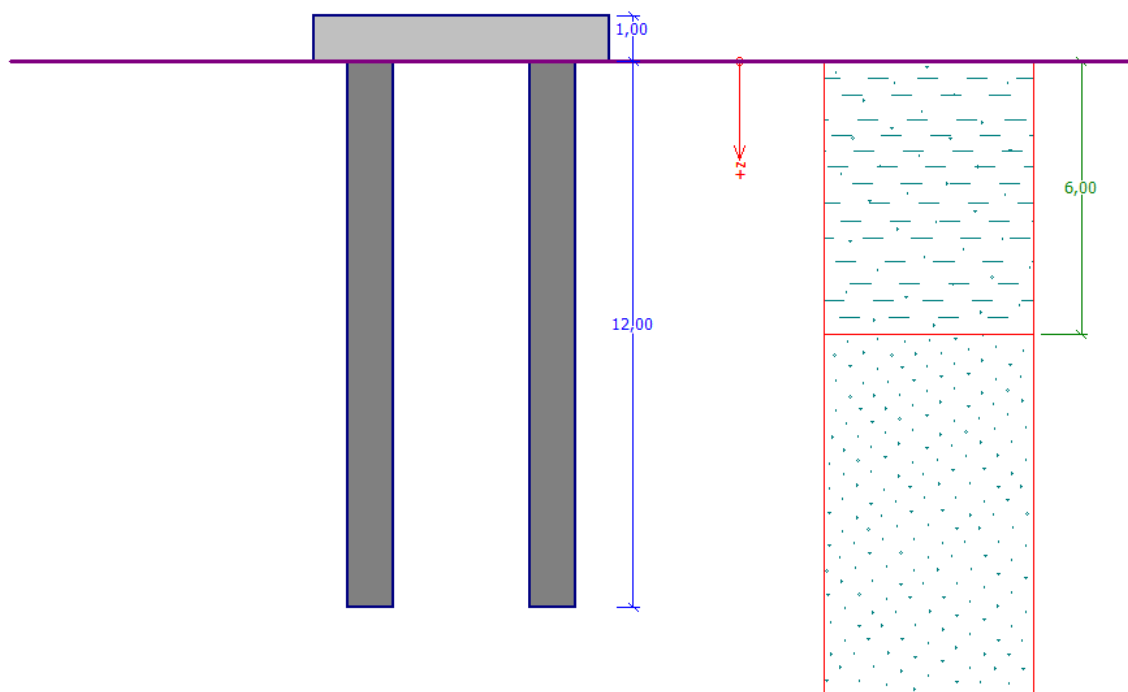


Schéma zadání úlohy – skupina pilot

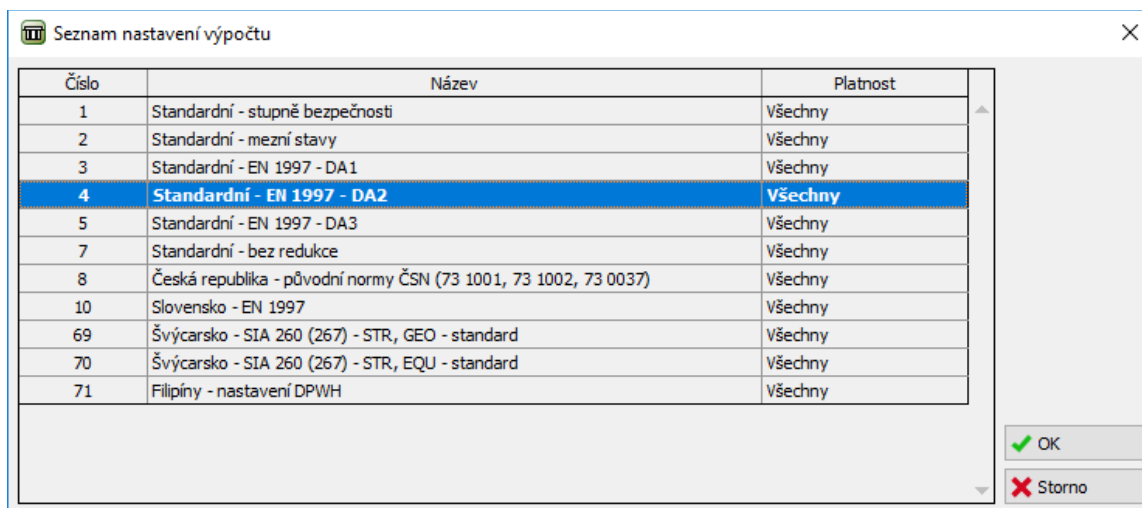
Řešení

K výpočtu této úlohy použijeme program GEO 5 – SKUPINA PILOT. Pro zjednodušení a urychlení zadávání obecných parametrů úlohy (projekt, zeminy, přiřazení a profil) importujeme data z úlohy 13. *Výpočet svislé únosnosti osamělé piloty.*

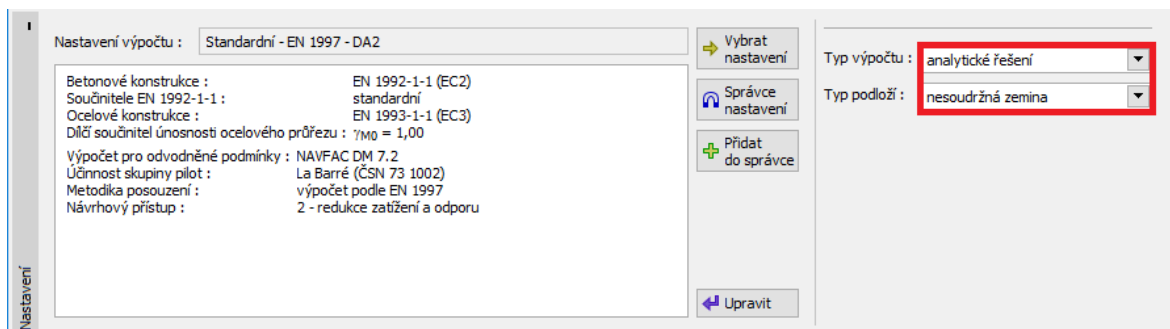
V tomto výpočtu budeme pilotovou skupinu posuzovat podle stejných analytických metod výpočtu (NAVFAC DM 7.2, EFEKTIVNÍ NAPĚTÍ a ČSN 73 1002) jako osamělou pilotu. Zaměříme se na další **vstupní parametry**, které ovlivňují celkové výsledky.

Postup zadání

V rámu „Nastavení“ klikneme na tlačítko „Vybrat nastavení“ a poté zvolíme nastavení výpočtu „Standardní – EN 1997 – DA2“. Způsob výpočtu svislé únosnosti skupiny pilot ponecháme pomocí *analytického řešení*. V našem případě budeme typ podloží uvažovat jako **nesoudržnou zeminu**, protože budeme posuzovat pilotu v *odvodněných podmínkách*.

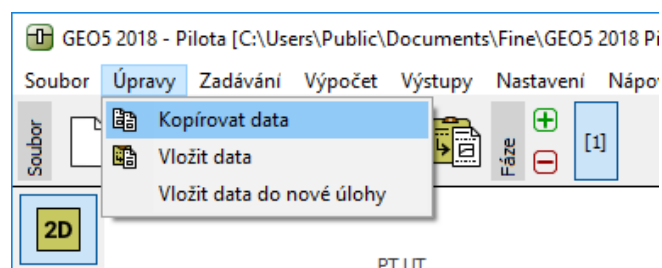


Dialogové okno „Seznam nastavení výpočtu“



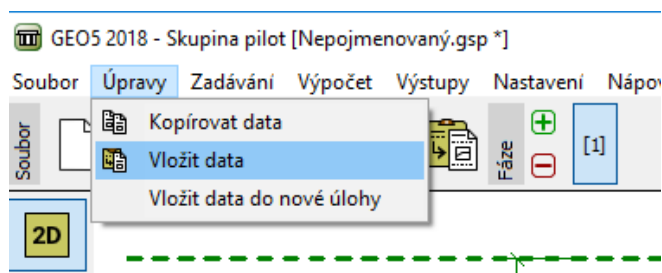
Rám „Nastavení“

Abychom nemuseli všechny vstupní parametry výpočtu zadávat znovu, využijeme možnost importu dat. V programu GEO 5 – Pilota spustíme úlohu 13. *Výpočet svislé únosnosti osamělé piloty*. Na horní liště klikneme na tlačítko „Úpravy“ a vybereme možnost „Kopírovat data“.



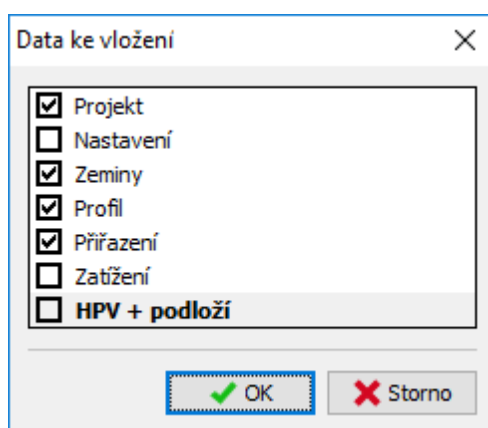
Program „Pilota“

Následně v programu GEO 5 – Skupina pilot v námi editovaném souboru opět klikneme na horní liště na tlačítko „Úpravy“ a zvolíme možnost „Vložit data“. Tímto krokem se přenesou údaje potřebné pro výpočet a usnadníme si tak značnou část práce se zadáváním vstupních dat.



Program „Skupina pilot“

V dialogovém okně, které se otevře, ponecháme zatrhnuté všechny možnosti kromě možností „nastavení“, „zatížení“ a „HPV + podloží“.



Dialogové okno „Vložit data“

Nyní přejdeme do rámu „Konstrukce“. V tomto rámu zadáme půdorysné rozměry základové desky (pilotového roštu), počet pilot ve skupině, dále jejich průměr a osovou vzdálenost (mezi pilotami ve směru x nebo y). Nastavíme šířku základové desky jako 6,50 m a vložíme počet pilot jako 2 v obou směrech.

The screenshot shows the 'Konstrukce' frame in the GEO5 software. The main workspace displays a 2D plan view of a foundation slab with four pilot holes arranged in a 2x2 grid. The slab dimensions are 6.50 m by 6.50 m, and the pilot spacing is 4.00 m. The pilot coordinates are (-2.00, -2.00), (2.00, -2.00), (-2.00, 2.00), and (2.00, 2.00). The software interface includes a top menu bar, a left toolbar, a right sidebar with 'Režimy' (Modes) and 'Výstupy' (Outputs) sections, and a bottom parameter panel with a red border.

Režimy (Modes):

- Projekt
- Nastavení
- Konstrukce**
- Geometrie
- Materiál
- Profil
- Zeminy
- Přířazení
- Voda
- Zatížení
- Nastavení fáze
- Sv. únosn.

Výstupy (Outputs):

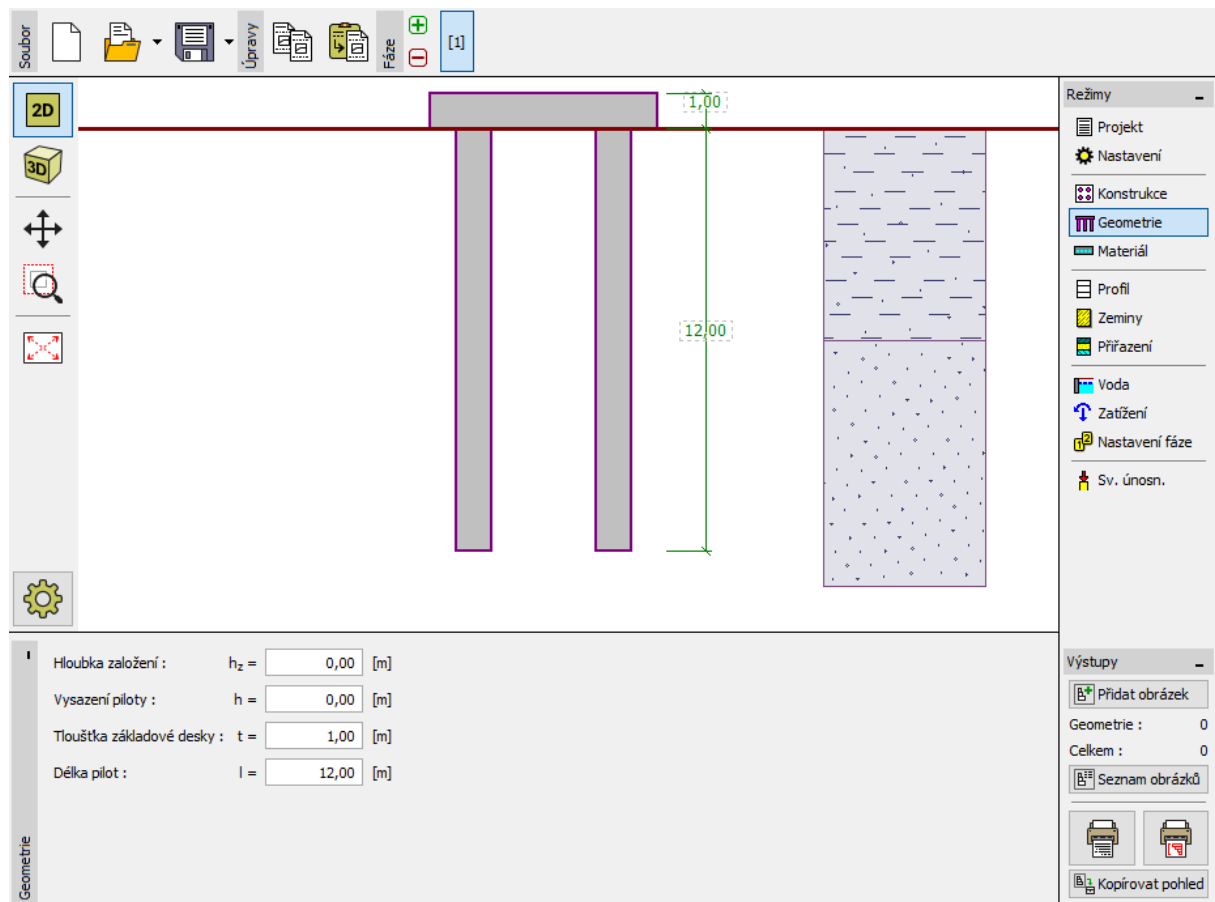
- Přidat obrázek
- Konstrukce : 0
- Celkem : 0
- Seznam obrázků
- Kopírovat pohled

Parameter Panel (bottom):

Šířka základové desky : $b_x =$	<input type="text" value="6,50"/>	[m]	Průměr piloty : $d =$	<input type="text" value="1,00"/>	[m]
Šířka základové desky : $b_y =$	<input type="text" value="6,50"/>	[m]	Osová vzdálenost : $s_x =$	<input type="text" value="4,00"/>	[m]
Počet pilot : $n_x =$	<input type="text" value="2"/>	[-]	Osová vzdálenost : $s_y =$	<input type="text" value="4,00"/>	[m]
Počet pilot : $n_y =$	<input type="text" value="2"/>	[-]			

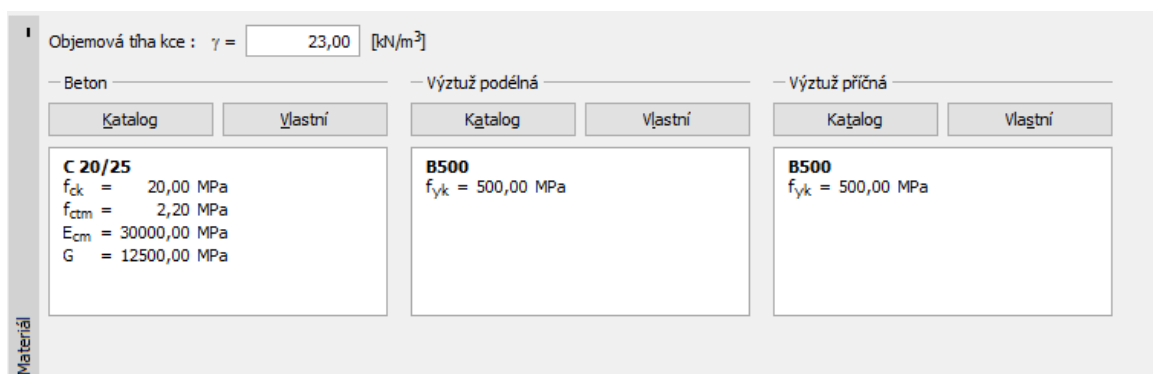
Rám „Konstrukce“

Následně v rámu „Geometrie“ definujeme hloubku založení, vysazení pilot, tloušťku základové desky a délku všech pilot ve skupině. Jednotlivé piloty ve skupině mají shodný průměr a jsou stejně dlouhé.



Rám „Geometrie“

V rámu „Materiál“ zadáme objemovou tíhu konstrukce $\gamma = 23,0 \text{ kN/m}^3$.



Rám „Materiál“

Následně definujeme zatížení. Pro výpočet svislé únosnosti skupiny pilot se uvažuje návrhové zatížení, pro výpočet sedání pak zatížení užitné. Kliknutím na tlačítko „Přidat“ přidáme jedno návrhové zatížení a jedno užitné zatížení dle následujících obrázků.

Nové zatížení ✕

Název :

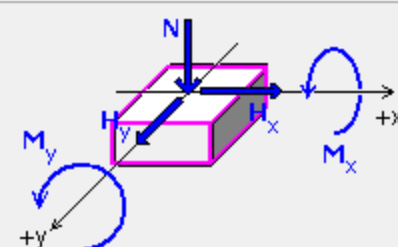
Svislá síla : N = [kN]

Ohyb. moment : M_x = [kNm]
M_y = [kNm]

Vodorovná síla : H_x = [kN]
H_y = [kN]

Torzní moment : M_z = [kNm]

návrhové (výpočtové) užité (provozní)



Dialogové okno „Nové zatížení“ – Návrhové (výpočtové) zatížení

Nové zatížení ✕

Název :

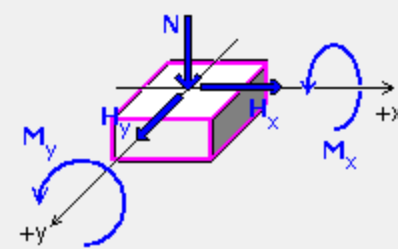
Svislá síla : N = [kN]

Ohyb. moment : M_x = [kNm]
M_y = [kNm]

Vodorovná síla : H_x = [kN]
H_y = [kN]

Torzní moment : M_z = [kNm]

návrhové (výpočtové) užité (provozní)



Dialogové okno „Nové zatížení“ – Užité (provozní) zatížení

Provedeme posouzení skupiny pilot v rámu „Výpočet“. Pro splnění podmínky spolehlivosti musí být hodnota R_g větší než velikost působícího návrhového zatížení V_d (více informací v nápovědě k programu – F1). Pro metodu výpočtu **NAVFAC DM 7.2** a účinnost skupiny pilot *La Barré* (ČSN 73 1002) podle úvodního nastavení výpočtu vycházejí výsledky svislé únosnosti skupiny pilot takto:

– **La Barré** (ČSN 73 1002): $\eta_g = 0,84.$

$R_g = 7491,90 \text{ kN} > V_d = 6991,86 \text{ kN}$ **VYHOVUJE**

The screenshot displays the GEO5 software interface. At the top, there is a menu bar with options like 'Soubor', 'Úpravy', and 'Fáze'. Below the menu is a toolbar with icons for file operations and editing. The main workspace shows a 2D cross-section of a pile group with two vertical piles and a horizontal pile cap. Dimensions are indicated: a horizontal distance of 1,00 between the piles and a vertical depth of 12,00 for the pile cap. To the right, a vertical toolbar lists various modes and settings, with 'Sv. únosn.' (Bearing Capacity) selected. Below the workspace, a calculation window titled 'Výpočet' is open, showing input parameters and results for 'Posouzení svíslé únosnosti skupiny pilot v nesoudržné zemině' (Evaluation of the bearing capacity of a pile group in non-cohesive soil).

Výpočet: + [-] [1] Podrobně

Automaticky vybírat maxima
— NAVFAC DM 7.2

Součinitel výpočtu kritické hloubky : $k_{dc} = 1,00$ [-]

Součinitel únosnosti : [vzdán]

Součinitel únosnosti : $N_q = 10,00$ [-]

Posouzení svíslé únosnosti skupiny pilot v nesoudržné zemině
Max. svíslá síla se uvažuje včetně tíhy základové desky.

Únosnost piloty na plášti	$R_s = 676,82$ kN
Únosnost piloty v patě	$R_b = 1542,24$ kN
Svíslá únosnost osamělé piloty	$R_c = 2219,06$ kN
Účinnost skupiny pilot	$\eta_g = 0,84$
Svíslá únosnost skupiny pilot	$R_g = 7491,90$ kN
Maximální svíslá síla	$V_d = 6991,86$ kN
$R_g = 7491,90$ kN > $6991,86$ kN = V_d	

Svíslá únosnost skupiny pilot **VYHOVUJE**

Výstupy

Přidat obrázek

Sv. únosn. : 0

Celkem : 0

Seznam obrázků

Kopírovat pohled

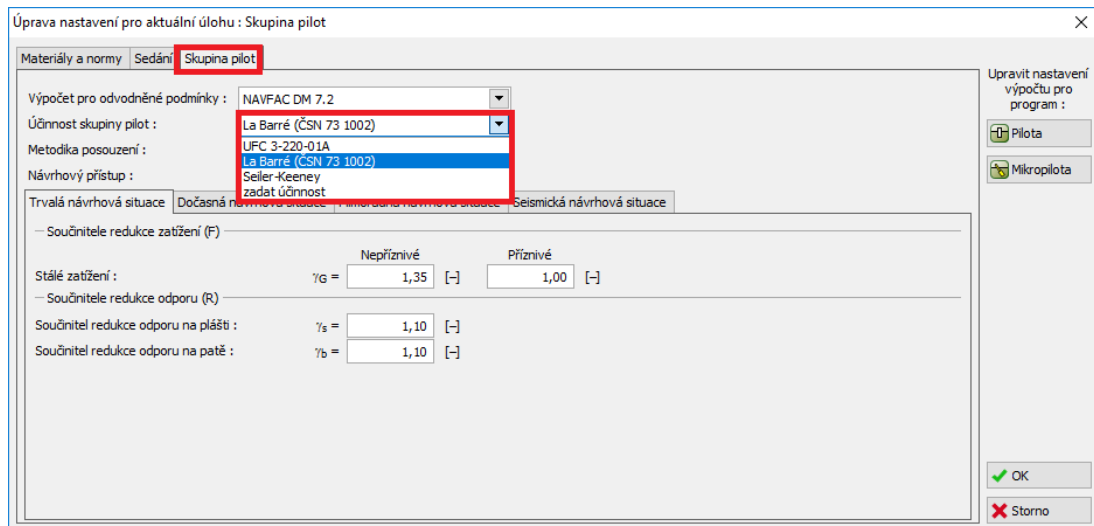
Rám „Sv. únosnost“

Poznámka: Vypočtená svíslá únosnost pilotové skupiny v nesoudržné zemině se musí redukovat, protože dochází ke vzájemnému statickému ovlivnění jednotlivých pilot. Posouzení v programu uvažuje několik způsobů, jak stanovit účinnost skupiny pilot η_g . Toto bezrozměrné číslo (obvykle v rozsahu 0,5 až 1,0) redukuje celkovou svíslou únosnost pilotové skupiny R_g s ohledem na:

- počet pilot ve skupině n_x, n_y ;
- osovou vzdálenost pilot ve skupině s_x, s_y ;
- průměr pilot ve skupině d .

Účinnost skupiny pilot η_g závisí pouze na zadané geometrii pilotové skupiny, nikoliv na použité metodě výpočtu.

Dále můžeme prověřit svíslou únosnost i pro jiné způsoby určení účinnosti pilotové skupiny η_g . Přejdeme zpět do rámu „Nastavení“. Uprostřed dolní části obrazovky klikneme na tlačítko „Upravit“ a v záložce „Skupina pilot“ vybereme postupně zbývající možnosti „UFC 3-220-01A“, resp. „Seiler-Keeney“.



Dialogové okno „Úprava nastavení pro aktuální úlohu“

Pro další metody výpočtu je postup v programu analogický jako při řešení úlohy 13. Výpočet svislé únosnosti osamělé piloty. U metody efektivního napětí budeme uvažovat součinitel únosnosti $N_p = 30$.

Výsledky výpočtu svislé únosnosti skupiny pilot v nesoudržné zemině (tj. odvodněných podmínkách) v závislosti na použité metodě výpočtu a rovněž na účinnosti skupiny pilot η_g jsou uvedeny v následující tabulce:

- **La Barré (ČSN 73 1002):** $\eta_g = 0,84$,
- **UFC 3-220-01A:** $\eta_g = 0,80$,
- **Seiler-Keeney:** $\eta_g = 0,99$.

EN 1997-1, DA2 (nesoudržná zemina) Metoda výpočtu	Účinnost skupiny pilot η_g [-]	Svislá únosnost osamělé piloty R_c [kN]	Svislá únosnost skupiny pilot R_g [kN]
NAVFAC DM 7.2	0,84	2219,06	7491,90
	0,80		7100,98
	0,99		8829,18
EFEKTIVNÍ NAPĚTÍ	0,84	6172,80	20 840,41
	0,80		19 572,96
	0,99		24 560,34
ČSN 73 1002	0,84	5776,18	19 501,36
	0,80		18 483,79
	0,99		22 982,28

Souhrnný přehled výsledků – Svislá únosnost skupiny pilot v odvodněných podmínkách

Závěr (svislá únosnost skupiny pilot)

Vypočtená svislá únosnost pilotové skupiny R_g v nesoudržné zemině se musí redukovat (pomocí tzv. účinnosti skupiny pilot η_g), protože dochází ke vzájemnému statickému ovlivňování jednotlivých pilot. Obecně platí, že s klesající osovou vzdáleností pilot, se jednotlivé piloty ve skupině více ovlivňují.

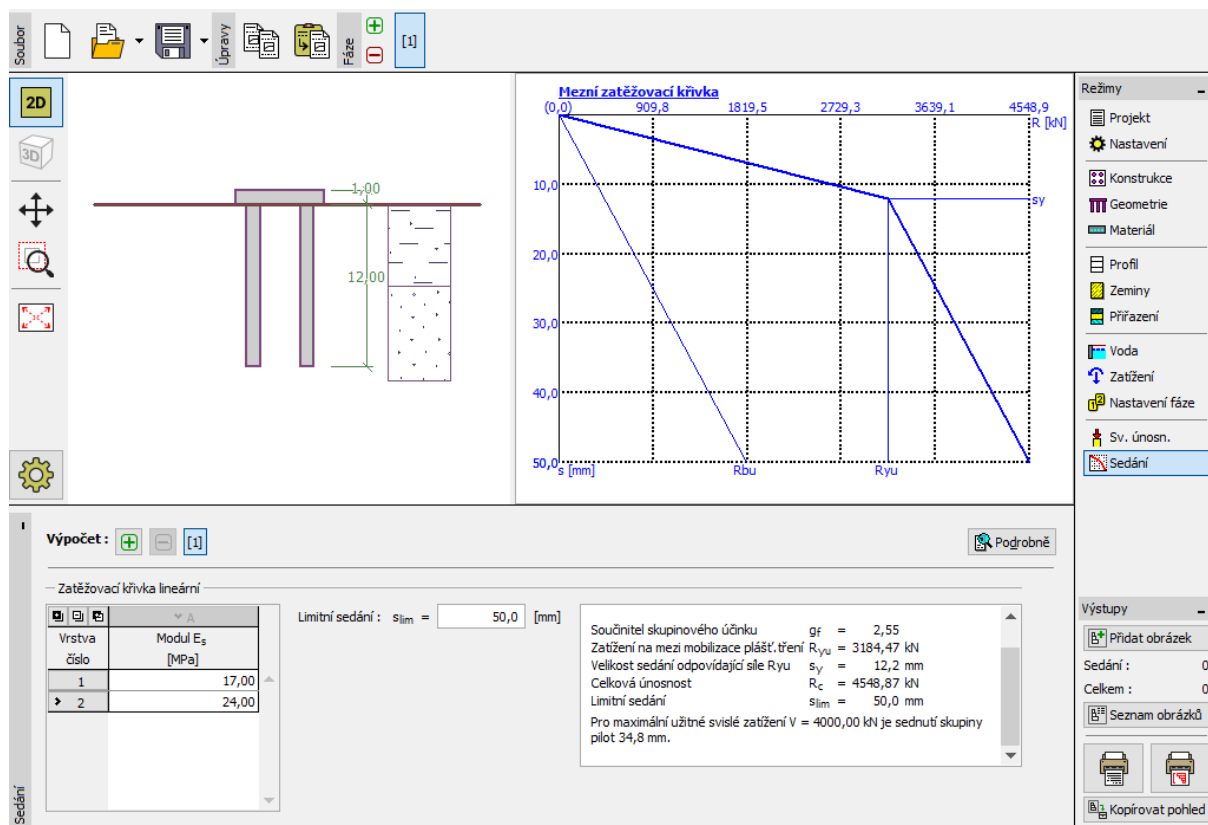
Projektant by měl vždy pečlivě zvážit, zda pro analytické řešení svislé únosnosti skupiny pilot použije výpočet v odvodněných nebo neodvodněných podmínkách. Oba typy výpočtu se značně liší.

Výpočet sedání pilotové skupiny

Výpočet sedání skupiny pilot je zcela shodný jako u osamělé piloty, jediným rozdílem je, že spočtené sedání je navíc přenásobeno součinitelem skupinového účinku skupiny g_f .

Poznámka: Rozsah součinitele skupinového účinku sedání g_f závisí na geometrickém uspořádání pilotové skupiny – na průměru pilot ve skupině a šířce základové desky (pilotového roštu).

Sedání pilotové skupiny budeme počítat podle lineární teorie (prof. Poulouse). Použijeme hodnoty sečnového modulu deformace E_s z manuálu 14. *Výpočet sedání osamělé piloty* (17 MPa pro první vrstvu a 24 MPa pro druhou vrstvu). Limitní sedání budeme uvažovat jako 50 mm.



Rám „Sedání“ – metoda NAVFAC DM 7.2

Výsledky výpočtu jsou uvedeny v následující tabulce:

Metoda výpočtu svislé únosnosti skupiny pilot	Síla na mezi mobilizace plášťového tření R_{yu} [kN]	Sedání skupiny pilot s [mm] pro sílu $V = 4000$ kN
NAVFAC DM 7.2	3184,47	34,8
EFEKTIVNÍ NAPĚTÍ	7274,43	15,3
ČSN 73 1002	8057,77	15,3

Souhrnný přehled výsledků – Sedání skupiny pilot podle lineární teorie (Poulos)

Závěr (sedání skupiny pilot)

Z výsledků výpočtu vyplývá, že svislá únosnost skupiny pilot se s ohledem na její celkové sedání liší. Výpočet sedání skupiny pilot v nesoudržné zemině (odvodněných podmínkách) vychází z lineární teorie sedání, pro kterou jsou základním vstupním údajem pro výpočet sedání hodnoty plášťového tření R_s a odporu paty piloty R_b .

Oproti tomu sedání skupiny pilot v soudržné zemině (neodvodněných podmínkách) vychází z výpočtu sedání fiktivního plošného základu. Ve světě se tento způsob výpočtu pojmenovává jako tzv. *konsolidační sedání skupiny pilot* nebo zkráceně jako *metoda 2:1*. Pro toto posouzení sedání pilotové

skupiny se do výpočtu zahrnuje vliv hloubky založení a mocnosti deformační zóny podle metodiky posuzování sedání plošných základů.

Oba způsoby výpočtu se značně liší a udávají naprosto rozdílné výsledky. Autoři programu GEO 5 doporučují počítat svislou únosnost a sedání skupiny pilot podle místních zvyklostí.