

Výpočet svislé únosnosti osamělé piloty

Program: Pilota

Soubor: Demo_manual_13.gpi

Cílem tohoto inženýrského manuálu je vysvětlit použití programu GEO 5 – PILOTA pro výpočet svislé únosnosti osamělé piloty pro zadanou praktickou úlohu.

Specifikace zadání úlohy

Obecné zadání úlohy je popsáno v předchozí kapitole (12. *Pilotové základy – úvod*). Veškeré výpočty pro svislou únosnost osamělé piloty proveďte podle EN 1997-1 (Návrhový přístup 2). Výslednice složek zatížení $N_1, M_{y,1}, H_{x,1}$ působí v úrovni hlavy piloty.

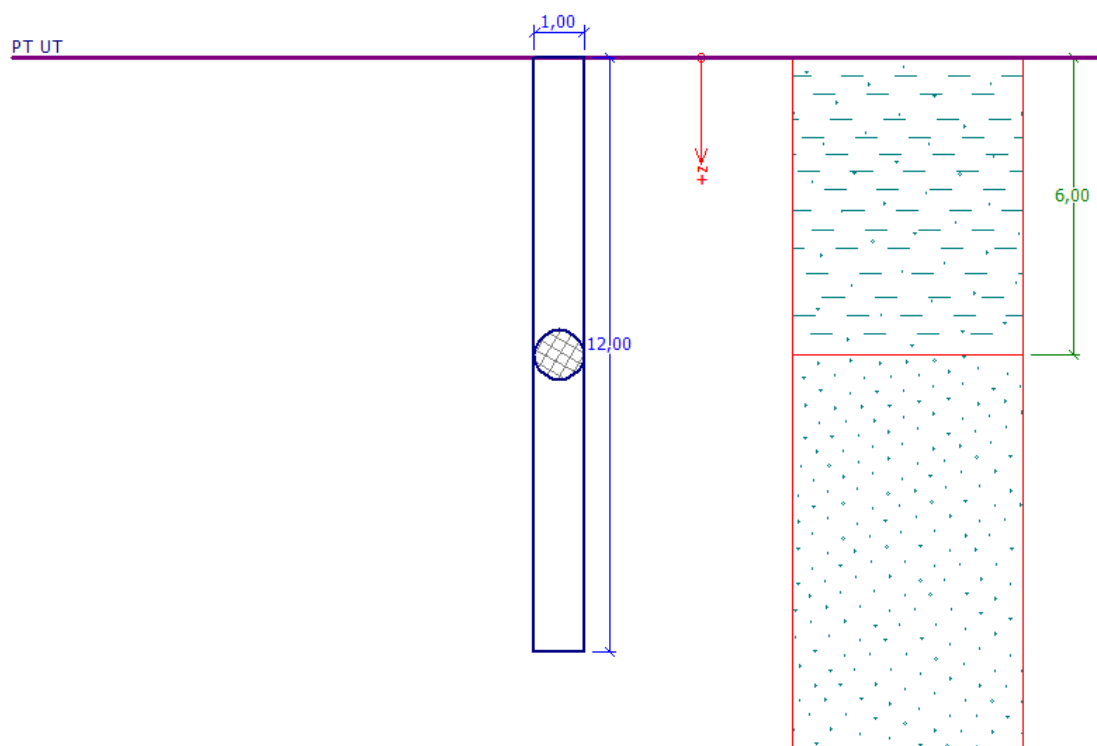


Schéma zadání úlohy – osamělá pilota

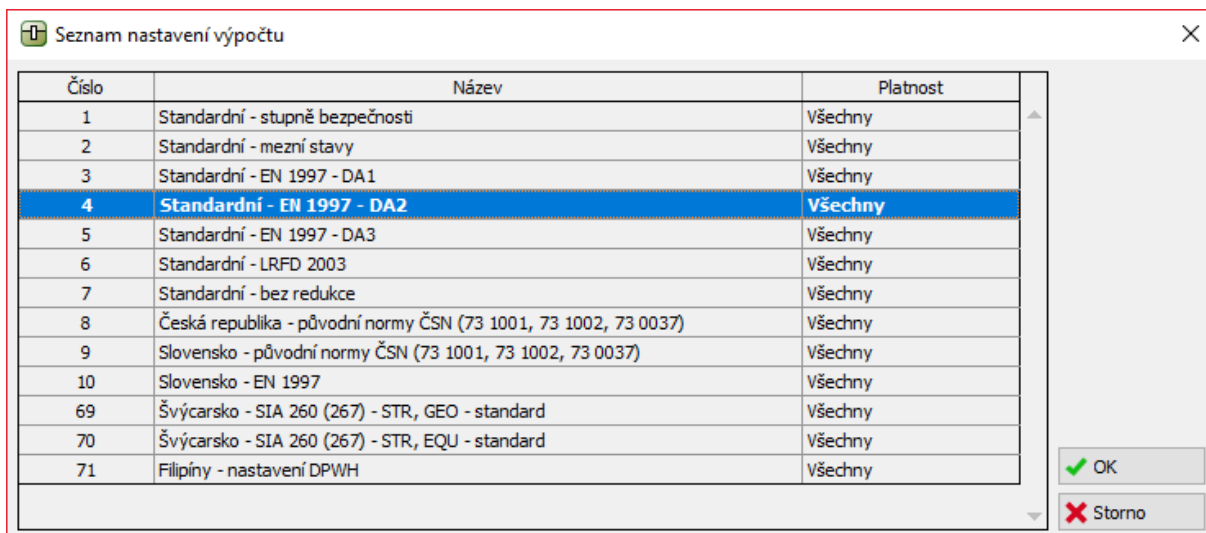
Řešení

K výpočtu této úlohy použijeme program GEO 5 – PILOTA. V následujícím textu postupně popíšeme řešení příkladu po jednotlivých krocích.

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

Postup zadání

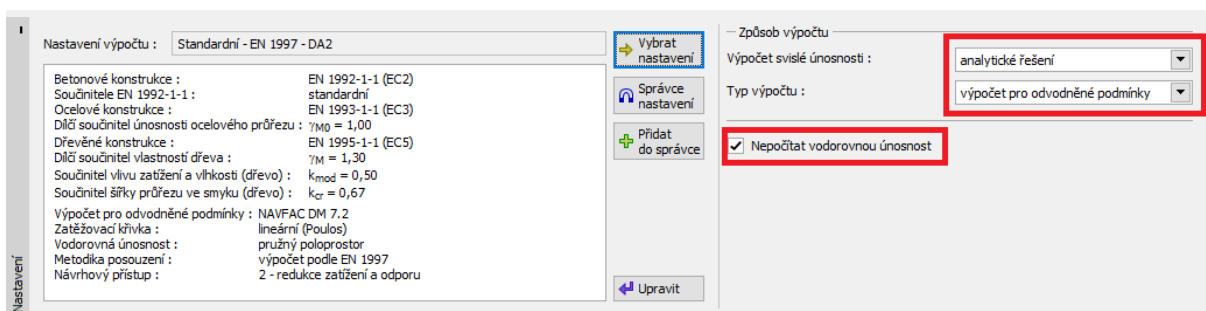
V rámu „Nastavení“ klikneme na tlačítko „Vybrat nastavení“ (v levé spodní části obrazovky) a poté zvolíme nastavení výpočtu „Standardní – EN 1997 – DA2“. Dále zde nastavíme způsob výpočtu svislé únosnosti piloty pomocí *analytického řešení*. V našem případě budeme posuzovat pilotu *v odvodněných podmínkách*.



Dialogové okno „Seznam nastavení výpočtu“

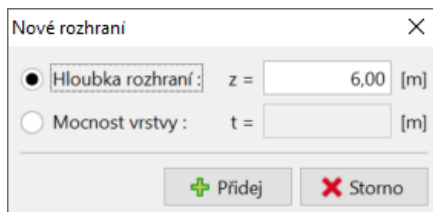
Pro toto nastavení výpočtu je metoda výpočtu svislé únosnosti NAVFAC DM 7.2 výchozí. Podle ní provedeme úvodní posouzení piloty (viz *obrázek*).

V tomto manuálu nebudeme počítat vodorovnou únosnost, tudíž zaškrtneme možnost „Nepočítat vodorovnou únosnost“.



Rám „Nastavení“

V dalším kroku se přesuneme do rámu „Profil“, kde přidáme nové rozhraní v hloubce 6,0 m.



Rám „Profil“ – zadání nového rozhraní

Dále přejdeme do rámu „Zeminy“, kde definujeme ostatní parametry zemín pro výpočet a přiřadíme je do profilu. Pro metodu **NAVFAC DM 7.2** nejprve musíme definovat typ zeminy, tj. zda se jedná o soudržnou nebo nesoudržnou vrstvu zeminy. Všechny následně vyjmenované parametry ovlivňují velikost plášťového tření R_s [kN].

Zemina (specifikace, zatřídění)	Objemová tíha γ [kN/m ³]	Úhel vnitřního tření φ_{ef} [°]	Soudržnost zeminy c_{ef} / c_u [kPa]	Součinitel adheze α [–]	Součinitel únosnosti piloty β_p [–]
F4, tuhá konzistence	18,5	24,5	- / 50	0,60	0,30
S3, středně ulehlá	17,5	29,5	0 / -	-	0,45

Tabulka s parametry zemín – Svislá únosnost piloty (analytické řešení)

Pro 1. vrstvu, kterou uvažujeme jako **neodvodněnou soudržnou zeminu** (třída F4, tuhá konzistence), musíme navíc zadat totální soudržnost zeminy c_u [kPa] a dále tzv. součinitel adheze α [–]. Tento součinitel se určuje v závislosti na konzistenci zeminy, materiálu piloty a totální soudržnosti zeminy (více informací v nápovědě – F1).

Úprava vlastností zeminy

Identifikace

Název :

Třída F4, konzistence tuhá

Základní data

Objemová tíha : $\gamma =$ [kN/m³] 18,5

Poissonovo číslo : $\nu =$ [-] 0,35

Metoda NAVFAC

Typ zeminy :

Soudržnost zeminy : $c_u =$ [kPa] 50

Součinitel adheze : $\alpha =$ [-]

Přetvárné charakteristiky

Výpočet sedání :

Edometrický modul : $E_{oed} =$ [MPa] 6 - 10

Vztlak

Způsob výp.vztlaku :

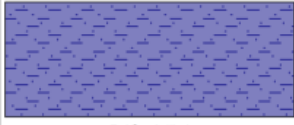
Obj.tíha sat.zeminy : $\gamma_{sat} =$ [kN/m³]

Zobrazení

Kategorie vzorků :

Hledat :

Podkategorie :

Vzorek : 

5 Jíl písčítý

Barva :

Pozadí :

Sytost <10 - 90> : [%]

Zatříd

Vymaž

OK +

OK

Storno

Rám „Zeminy“ – přidání nových zemin – zemina F4

Pro 2. vrstvu, kterou uvažujeme jako *nesoudržnou zeminu* (třída S3, středně ulehlá), se navíc zadává třecí úhel na plášti piloty δ [°], který závisí na materiálu piloty. Dále musíme definovat součinitel bočního tlaku zeminy K [–], který je ovlivněn způsobem namáhání (tah – tlak) a technologií provádění piloty (více informací v nápovědě k programu – F1). Pro zjednodušení úlohy zvolíme u obou těchto veličin možnost „dopočítat“.

Úprava vlastností zeminy

Identifikace

Název :

Třída S3, středně ulehlá

Základní data

Objemová tíha : $\gamma =$ [kN/m³] 17,5

Poissonovo číslo : $\nu =$ [-] 0,30

Metoda NAVFAC

Typ zeminy :

Úhel vnitřního tření : $\varphi_{ef} =$ [°] 28 - 31

Třecí úhel na plášti piloty :

Součinitel bočního tlaku zeminy :

Přetvárné charakteristiky

Výpočet sedání :

Edometrický modul : E_{oed} = [MPa] 16 - 26

Vztlak

Způsob výp.vztlaku :

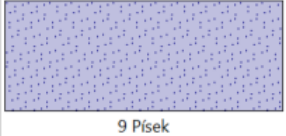
Obj.tíha sat.zeminy : $\gamma_{sat} =$ [kN/m³]

Zobrazení

Kategorie vzorků :

Hledat :

Podkategorie :

Vzorek : 

9 Písek

Barva :

Pozadí :

Sytost <10 - 90> : [%]

Zatříd

Vymaž

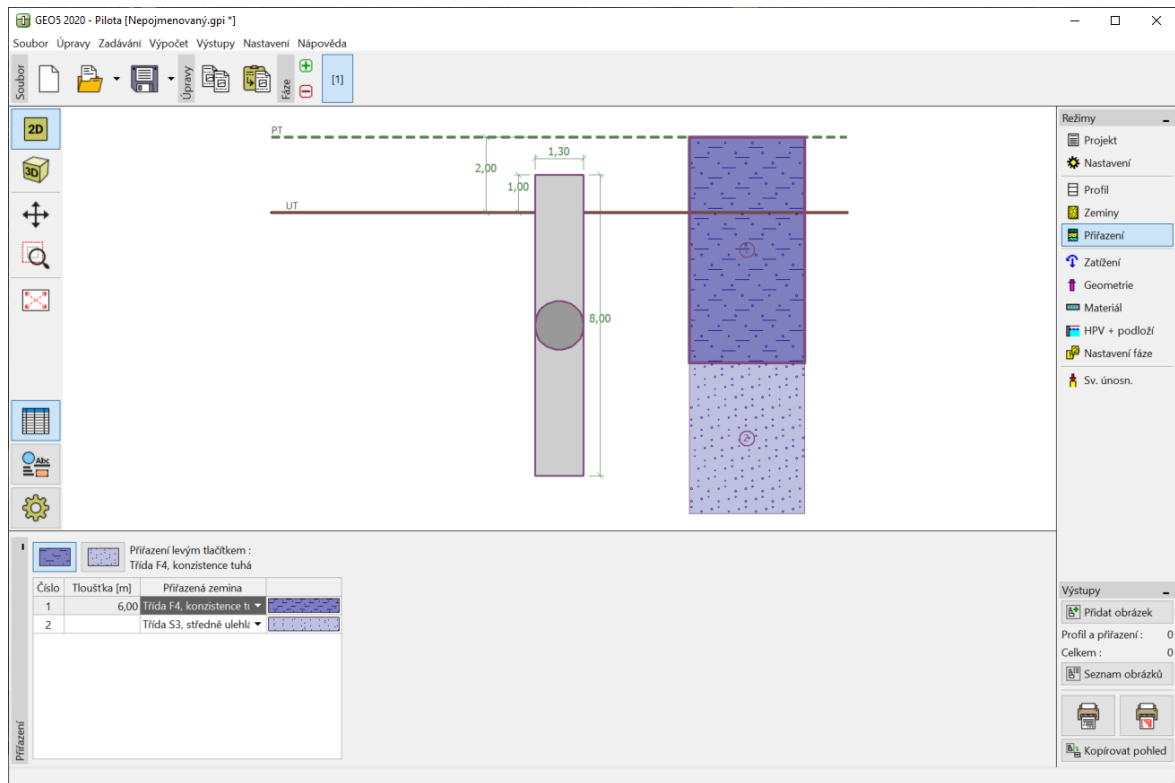
OK +

OK

Storno

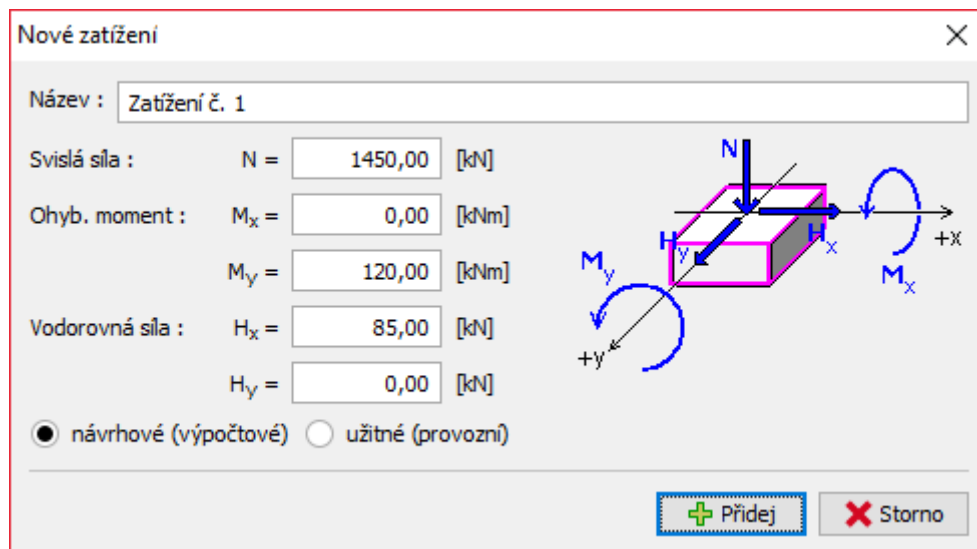
Dialogové okno „Přidání nových zemin“

Poté přiřadíme zeminy do profilu v rámu „Přiřazení“.



Rám „Přiřazení“ – přiřazení zemin do profilu

Následně v rámu „Zatížení“ definujeme zatížení piloty. Pro výpočet svislé únosnosti piloty se uvažuje návrhové (výpočtové) zatížení, pro výpočet sedání pak užité (provozní). Nyní tedy zadáme návrhové zatížení dle obrázku.



Dialogové okno „Nové zatížení“

V rámu „Geometrie“ zadáme kruhový průřez piloty a určíme její základní rozměry, tj. průměr a délku. Následně definujeme typ technologie provedení piloty.

Geometrie

— Základní rozměry

Průřez piloty :

Průměr piloty : $d =$ [m]

Délka piloty : $l =$ [m]

Materiál piloty :

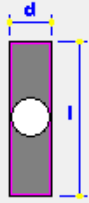
— Technologie

Typ technologie :

— Umístění

Vysazení piloty : $h =$ [m]

Hloubka upr. terénu : $h_z =$ [m]



Rám „Geometrie“

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

Materiál

Objemová tíha kce : $\gamma =$ [kN/m³]

— Beton

C 20/25
 $f_{ck} = 20,00 \text{ MPa}$
 $f_{ctm} = 2,20 \text{ MPa}$
 $E_{cm} = 30000,00 \text{ MPa}$
 $G = 12500,00 \text{ MPa}$

— Výztuž podélná

B500
 $f_{yk} = 500,00 \text{ MPa}$

— Výztuž příčná

B500
 $f_{yk} = 500,00 \text{ MPa}$

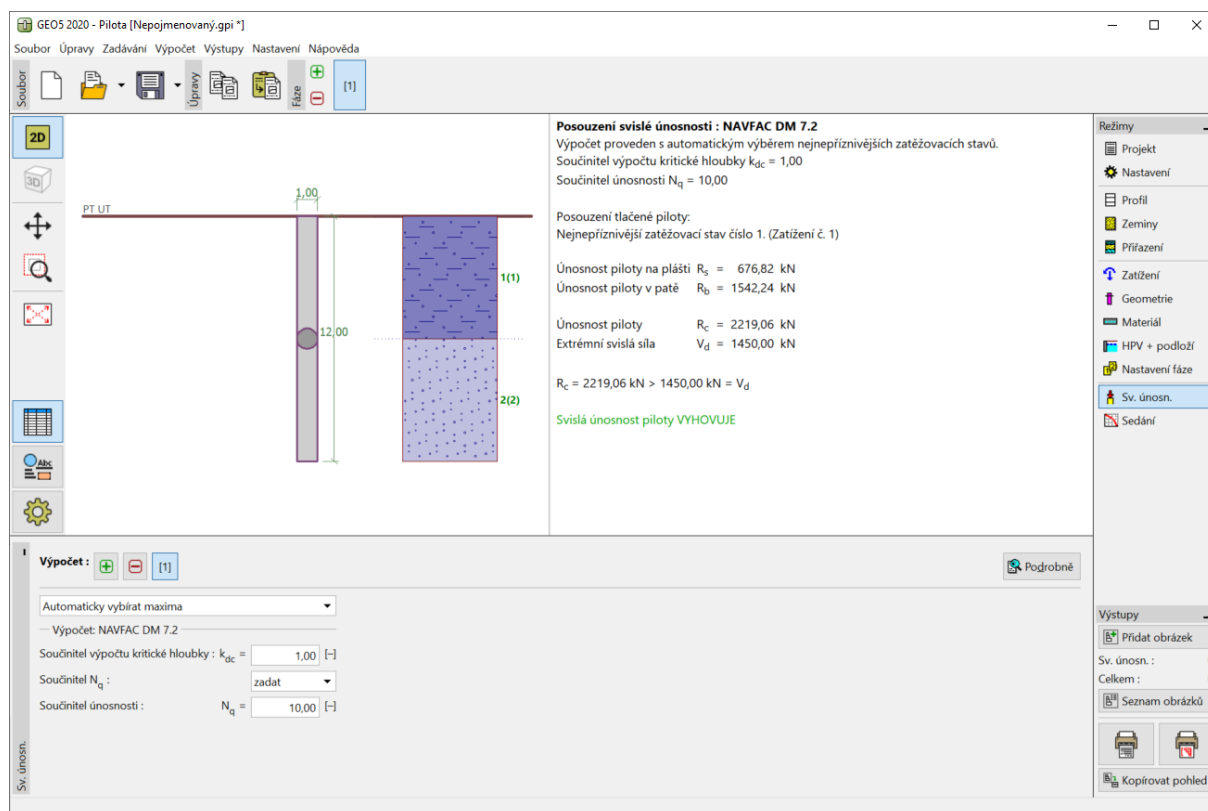
Rám „Materiál“

Rám „HPV + podloží“ přeskochíme. V rámu „Nastavení fáze“ ponecháme trvalou návrhovou situaci a poté přejdeme k posouzení piloty pomocí rámu „Svislá únosnost“.

Výpočet svislé únosnosti osamělé piloty – metoda výpočtu NAVFAC DM 7.2

V rámu „Svislá únosnost“ nejprve musíme zadat parametry výpočtu, které ovlivňují velikost únosnosti paty piloty $R_b \text{ [kN]}$. Nejprve definujeme součinitel výpočtu kritické hloubky $k_{dc} [-]$, který se určí z tzv. kritické hloubky závisující na ulehlosti zeminy (více informací v nápovědě – F1). Tento součinitel budeme uvažovat jako $k_{dk} = 1,0$.

Dalším důležitým údajem je součinitel únosnosti $N_q [-]$, který se určí podle velikosti úhlu vnitřního tření zeminy $\varphi_{ef} [^\circ]$ v závislosti na technologii provádění piloty (více informací v nápovědě – F1). V tomto případě budeme uvažovat $N_q = 10,0$.



Rám „Svislá únosnost – posouzení podle NAVFAC DM 7.2“

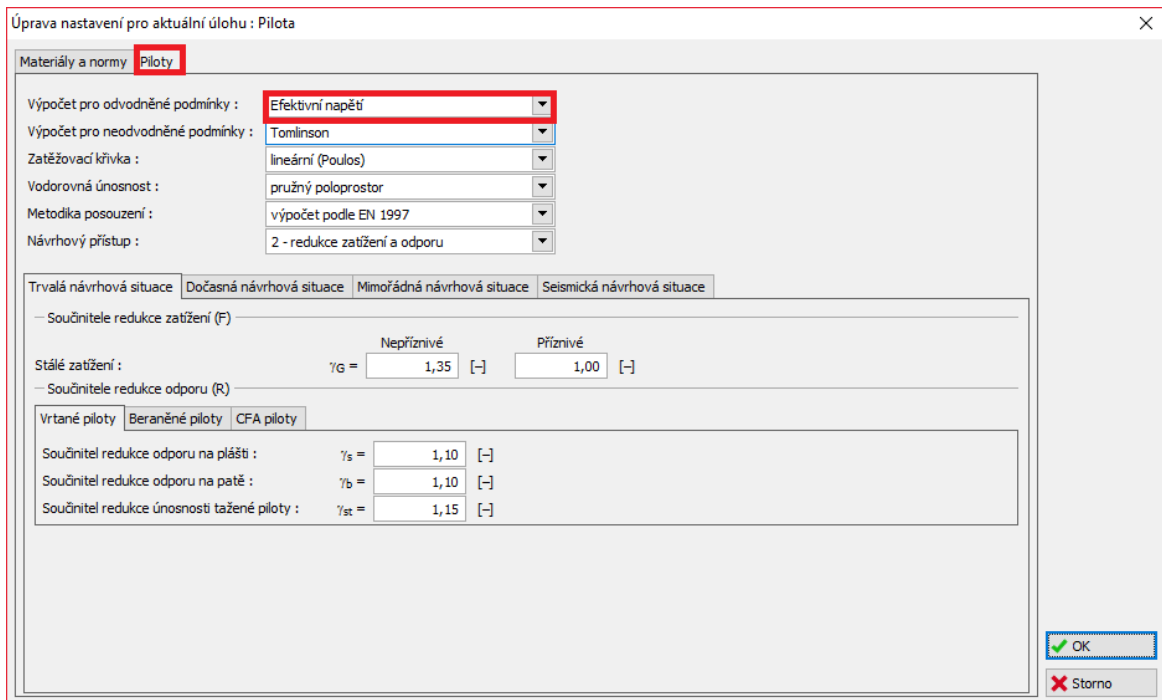
Návrhová svislá únosnost centricky zatížené piloty $R_c \text{ [kN]}$ se skládá ze součtu plášťového tření R_s a odporu paty piloty R_b . Pro splnění podmínky spolehlivosti musí být její hodnota větší než velikost působícího návrhového zatížení $V_d \text{ [kN]}$.

NAVFAC DM 7.2: $R_c = 2219,06 \text{ kN} > V_d = 1450,0 \text{ kN}$ **VYHOVUJE**

Výpočet svislé únosnosti osamělé piloty – metoda výpočtu EFEKTIVNÍ NAPĚTÍ

Nyní se vrátíme zpět k zadávání vstupních dat a provedeme výpočet svislé únosnosti piloty pro ostatní metody výpočtu (Efektivní napětí a ČSN 73 1002).

V rámu „Nastavení“ klikneme na tlačítko „Upravit“. V záložce „Piloty“ u výpočtu pro odvozené podmínky vybereme možnost „Efektivní napětí“. Ostatní parametry se nezmění.



Úprava nastavení pro aktuální úlohu: Piloty

Materiály a normy **Piloty**

Výpočet pro odvodněné podmínky : Efektivní napětí

Výpočet pro neodvodněné podmínky : Tomlinson

Zatěžovací křivka : lineární (Poulos)

Vodorovná únosnost : pružný poloprostor

Metodika posouzení : výpočet podle EN 1997

Návrhový přístup : 2 - redukce zatížení a odporu

Trvalá návrhová situace Dočasná návrhová situace Mimořádná návrhová situace Seismická návrhová situace

Součinitele redukce zatížení (F)

Stálé zatížení : Nepříznivé $\gamma_G = 1,35$ [-] Příznivé $1,00$ [-]

Součinitele redukce odporu (R)

Vrtané piloty Beraněné piloty CFA piloty

Součinitel redukce odporu na plášti : $\gamma_s = 1,10$ [-]

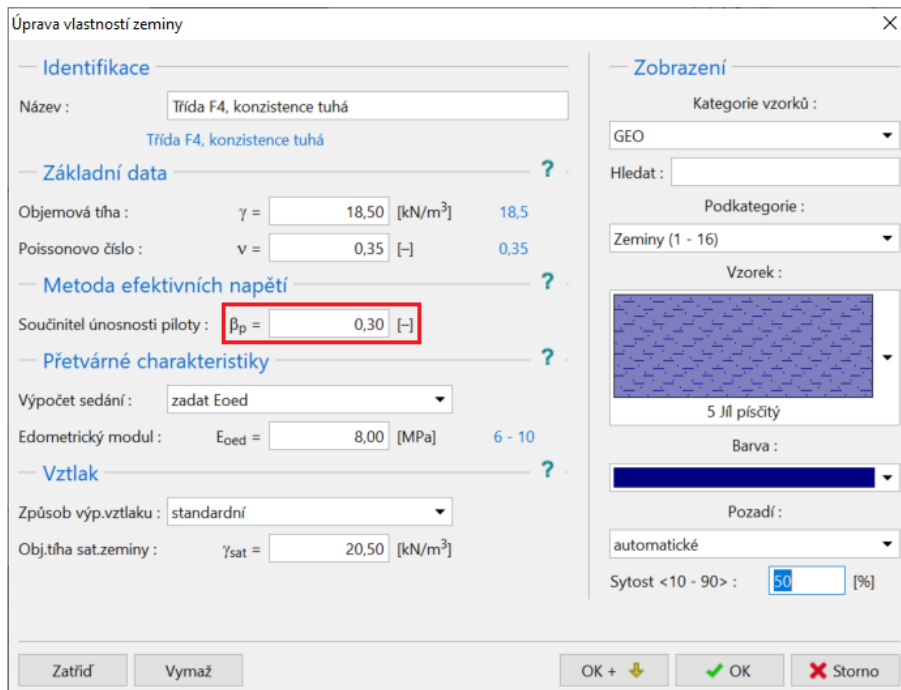
Součinitel redukce odporu na patě : $\gamma_b = 1,10$ [-]

Součinitel redukce únosnosti tažené piloty : $\gamma_{st} = 1,15$ [-]

OK Storno

Dialogové okno „Úprava nastavení pro aktuální úlohu“

Poté přejdeme do rámu „Zeminy“, kde pro tuto metodu výpočtu navíc definujeme součinitel únosnosti piloty β_p [-], který ovlivňuje velikost plášťového tření R_s [kN]. Tento parametr se určí podle velikosti úhlu vnitřního tření zeminy φ_{ef} [°] a podle typu zeminy (více informací v nápovědě – F1).



Úprava vlastností zeminy

Identifikace

Název : Třída F4, konzistence tuhá

Třída F4, konzistence tuhá

Základní data

Objemová tíha : $\gamma = 18,50$ [kN/m³] 18,5

Poissonovo číslo : $\nu = 0,35$ [-] 0,35

Metoda efektivních napětí

Součinitel únosnosti piloty : $\beta_p = 0,30$ [-]

Přetvárné charakteristiky

Výpočet sedání : zadat Eoed

Edometrický modul : $E_{oed} = 8,00$ [MPa] 6 - 10

Vztlak

Způsob výp.vztlaku : standardní

Obj.tíha sat.zeminy : $\gamma_{sat} = 20,50$ [kN/m³]

Zobrazení

Kategorie vzorků : GEO

Hledat :

Podkategorie : Zeminy (1 - 16)

Vzorek :

5 Jíl písčité

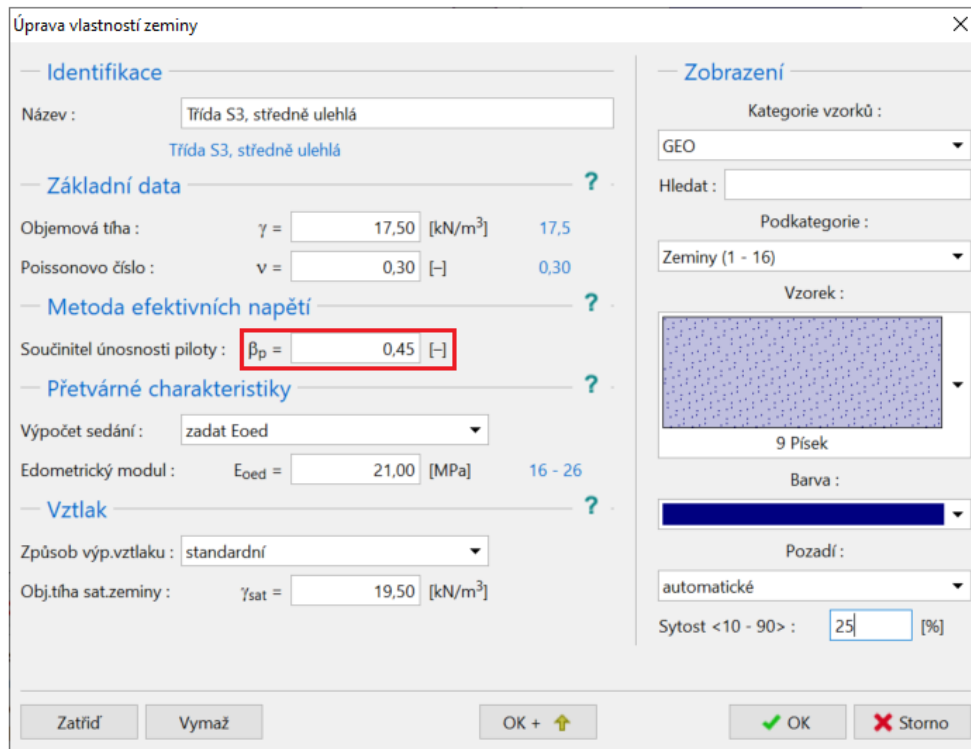
Barva :

Pozadí : automatické

Sytost <10 - 90> : 50 [%]

Zatříd Vymaž OK + OK Storno

Dialogové okno „Úprava vlastností zeminy“



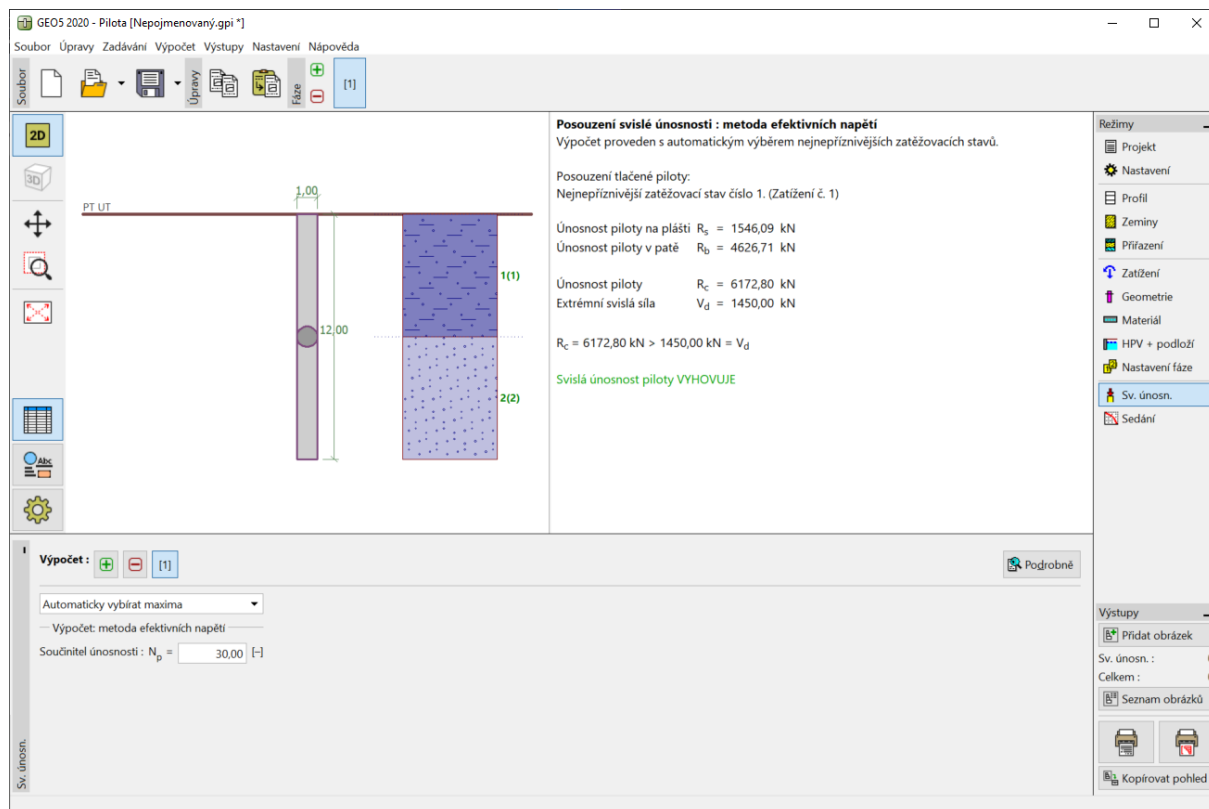
Dialogové okno „Úprava vlastností zeminy“ – S3

Ostatní rámy zůstávají beze změn. Nyní se vrátíme zpět do rámu „Svislá únosnost“. Pro metodu **Efektivních napětí** musíme nejprve zadat hodnotu součinitele únosnosti N_p [–], který výrazně ovlivňuje únosnost paty piloty R_b [kN]. Tento parametr se určí podle velikosti úhlu vnitřního tření zeminy φ_{ef} [°] a podle typu zeminy (více informací v nápovědě – F1).

Značný vliv tohoto parametru na výsledek demonstruje následující tabulka:

- pro $N_p = 10$ (pata piloty v jílovité zemině): $R_b = 1542,24 \text{ kN}$,
- pro $N_p = 30$ (pata piloty v písčité zemině): $R_b = 4626,71 \text{ kN}$,
- pro $N_p = 60$ (pata piloty ve štěrkovité zemině): $R_b = 9253,42 \text{ kN}$.

Pro naše zadání uvažujeme součinitel únosnosti $N_p = 30$ (pata piloty v písčité zemině). Orientační hodnoty N_p lze nalézt v nápovědě k programu – F1.



Rám „Svislá únosnost – posouzení podle metody efektivních napětí“

– **EFEKTIVNÍ NAPĚTÍ:** $R_c = 6172,8 \text{ kN} > V_d = 1450,0 \text{ kN}$ **VYHOVUJE**

Výpočet svislé únosnosti osamělé piloty – metoda výpočtu ČSN 73 1002

Nyní se vrátíme zpět do rámu v rámu „Nastavení“, kde v dialogovém okně „Úprava nastavení pro aktuální úlohu“ změníme metodu výpočtu pro odvozené podmínky na „ČSN 73 1002“. Veškeré ostatní vstupní parametry zůstávají beze změn.

Úprava nastavení pro aktuální úlohu : Pilota

Materiály a normy Piloty

Výpočet pro odvodněné podmínky : ČSN 73 1002

Výpočet pro neodvodněné podmínky : Tomlinson

Zatěžovací křivka : lineární (Poulos)

Vodorovná únosnost : pružný poloprostor

Metodika posouzení : výpočet podle EN 1997

Návrhový přístup : 2 - redukce zatížení a odporu

Trvalá návrhová situace Dočasná návrhová situace Mimořádná návrhová situace Seismická návrhová situace

– Součinitele redukce zatížení (F) –

Stálé zatížení : $\gamma_G =$ [-] [-]

– Součinitele redukce odporu (R) –

Vrtané piloty Beraněné piloty CFA piloty

Součinitel redukce odporu na plášti : $\gamma_s =$ [-]

Součinitel redukce odporu na patě : $\gamma_b =$ [-]

Součinitel redukce únosnosti tažené piloty : $\gamma_{st} =$ [-]

OK

Storno

Dialogové okno „Úprava nastavení pro aktuální úlohu“

Poznámka: Postup výpočtu uvádí publikace „Pilotové základy – Komentář k ČSN 73 1002“ (kapitola 3: Navrhování, oddíl B – Obecné řešení podle teorie 1. skupiny mezních stavů, str. 15). Veškeré postupy v programu vycházejí ze zde uvedených vztahů ale bez výpočtových koeficientů – ty se řídí zvolenou metodikou posouzení (více informací v nápovědě – F1).

Nyní se vrátíme do rámu „Zeminy“, kde musíme pro každou zeminu definovat její soudržnost.

Úprava vlastností zeminy

Identifikace

Název :
 Třída F4, konzistence tuhá

Základní data

Objemová tíha : $\gamma =$ [kN/m³] 18,5

Úhel vnitřního tření : $\varphi_{ef} =$ [°] 22 - 27

Soudržnost zeminy : $c_{ef} =$ [kPa] 10 - 18

Poissonovo číslo : $\nu =$ [-] 0,35

Přetvárné charakteristiky

Výpočet sedání :

Edometrický modul : $E_{oed} =$ [MPa] 6 - 10

Vztlak

Způsob výp.vztlaku :

Obj.tíha sat.zeminy : $\gamma_{sat} =$ [kN/m³]

Zobrazení

Kategorie vzorků :

Hledat :




Podkategorie :

Vzorek :

Barva :

Pozadí :

Sytost <10 - 90> : [%]

Zatříd Vymaž OK +   OK  Storno

Rám „Zeminy“ – úprava zeminy F4

Úprava vlastností zeminy

Identifikace

Název :
 Třída S3, středně ulehlá

Základní data

Objemová tíha : $\gamma =$ [kN/m³] 17,5

Úhel vnitřního tření : $\varphi_{ef} =$ [°] 28 - 31

Soudržnost zeminy : $c_{ef} =$ [kPa] 0

Poissonovo číslo : $\nu =$ [-] 0,30

Přetvárné charakteristiky

Výpočet sedání :

Edometrický modul : $E_{oed} =$ [MPa] 16 - 26

Vztlak

Způsob výp.vztlaku :

Obj.tíha sat.zeminy : $\gamma_{sat} =$ [kN/m³]

Zobrazení

Kategorie vzorků :

Hledat :




Podkategorie :

Vzorek :

Barva :

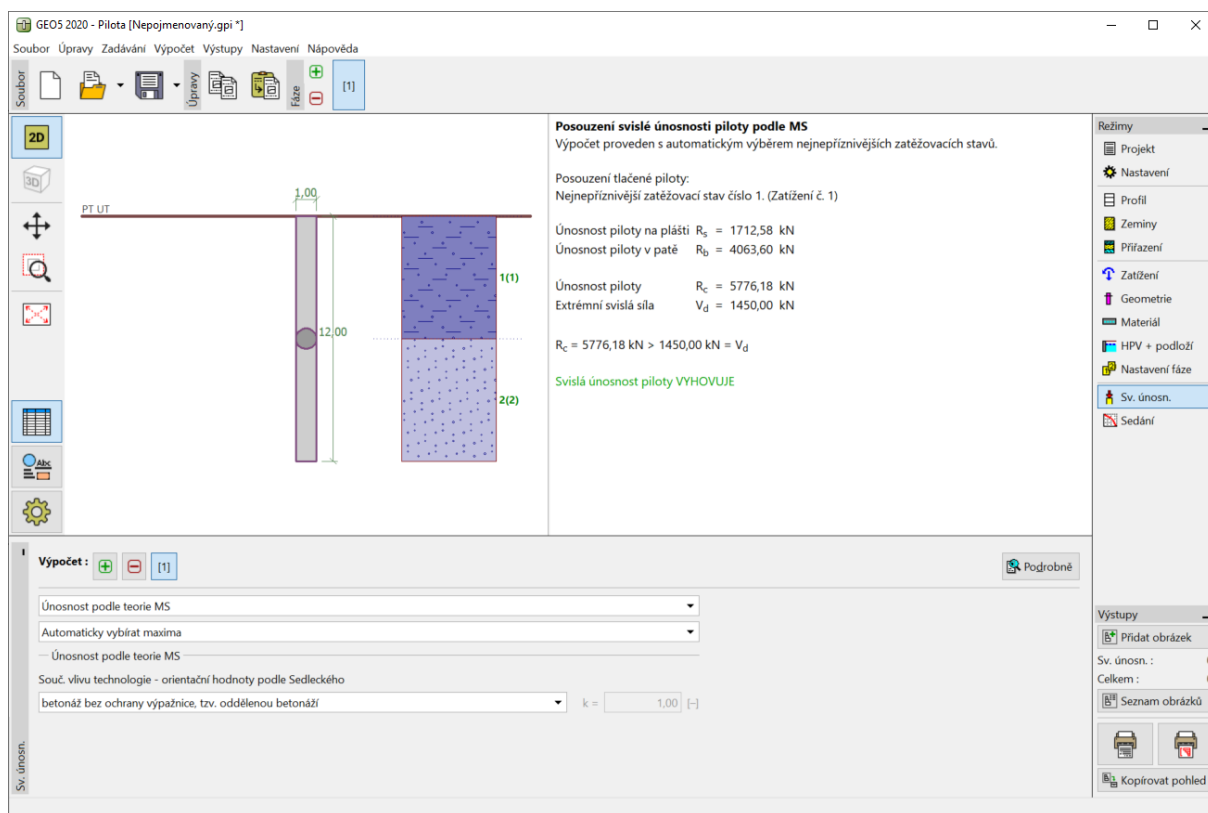
Pozadí :

Sytost <10 - 90> : [%]

Zatříd Vymaž OK +   OK  Storno

Rám „Zeminy“ – úprava zeminy S3

Následně pilotu znovu posoudíme v rámu „Svislá únosnost“. Součinitel vlivu technologie ponecháme roven 1,0 (výpočet svislé únosnosti piloty bez redukce vlivem technologie provádění).



Rám „Svislá únosnost – posouzení podle ČSN 73 1002“

– **ČSN 73 1002:** $R_c = 5776,18 \text{ kN} > V_d = 1450,0 \text{ kN}$ **VYHOVUJE**

Výsledky výpočtu svislé únosnosti osamělé piloty:

Hodnoty celkové svislé únosnosti piloty R_c se liší na základě použití různých výpočetních metod a vstupních parametrů zemin, které metody uvažují:

- NAVFAC DM 7.2:
- součinitel adheze $\alpha [-]$,
 - třecí úhel na plášti piloty $\delta [^\circ]$,
 - součinitel bočního tlaku zeminy $K [-]$,
 - součinitel výpočtu kritické hloubky $k_{dc} [-]$,
 - součinitel únosnosti $N_q [-]$.

EFEKTIVNÍ NAPĚTÍ: součinitel únosnosti piloty $\beta_p [-]$,
součinitel únosnosti $N_p [-]$.

ČSN 73 1002: soudržnost zeminy $c_{ef} [kPa]$,
úhel vnitřního tření zeminy $\varphi_{ef} [^\circ]$.

Výsledky výpočtu svislé únosnosti osamělé piloty v odvođených podmínkách v závislosti na použité metodě výpočtu jsou uvedeny v následující tabulce:

EN 1997-1, DA2 (odvođené podmínky) Metoda výpočtu	Únosnost pláště piloty $R_s [kN]$	Únosnost paty piloty $R_b [kN]$	Celková svislá únosnost $R_c [kN]$
NAVFAC DM 7.2	676,82	1542,24	2219,06
EFEKTIVNÍ NAPĚTÍ	1546,09	4626,71	6172,80
ČSN 73 1002	1712,58	4063,60	5776,18

Souhrnný přehled výsledků – Svislá únosnost piloty v odvođených podmínkách

Celková svislá únosnost centricky zatížené osamělé piloty R_c je větší, než hodnota působícího návrhového zatížení V_d . Základní podmínka spolehlivosti pro mezní stav únosnosti je splněna, návrh piloty vyhovuje.

Závěr:

Z výsledků výpočtu vyplývá, že celková svislá únosnost piloty se liší. Tento fakt je způsoben jednak rozdílnými vstupními parametry a dále také zvolenou metodou výpočtu.

Posouzení pilot je závislé především na zvolené metodě výpočtu a vstupních parametrech popisujících zeminu. Projektant by měl používat vždy takové výpočetní postupy, pro které má k dispozici potřebné parametry zemin z výsledků inženýrsko-geologického průzkumu a které odpovídají místním zvyklostem.

Určitě není správné posuzovat pilotu na všechny metody výpočtu obsažené v programu a vybírat nejlepší, resp. nejhorší výsledek.

Pro Českou a Slovenskou republiku autoři programu GEO 5 doporučují počítat svislou únosnost osamělé piloty dvěma způsoby:

- Výpočtem s ohledem na hodnotu přípustného sedání $s_{lim} = 25 \text{ mm}$ (postup podle **doc. Masopusta**, který vychází z řešení rovnic regresních křivek).
- Výpočtem podle **ČSN 73 1002**. Postup výpočtu piloty zůstává stejný jako v ČSN, ale zatížení a výpočtové součinitele redukující parametry zemin, resp. odpor piloty jsou stanoveny podle EN 1997-1. Tento výpočet je tedy plně v souladu s EN 1997-1.