

Výpočet vodorovné únosnosti osamělé piloty

Program: Pilota

Soubor: Demo_manual_16.gpi

Cílem tohoto inženýrského manuálu je vysvětlit použití programu GEO 5 – PILOTA pro výpočet vodorovné únosnosti osamělé piloty.

Specifikace zadání úlohy

Obecné zadání úlohy je popsáno v kapitole (12. *Pilotové základy – úvod*). Veškeré výpočty pro vodorovnou únosnost osamělé piloty proveďte v návaznosti na předchozí úlohu uvedenou v kapitole 13. *Výpočet svislé únosnosti osamělé piloty*. Výslednice složek zatížení $N_1, M_{y,1}, H_{x,1}$ působí v úrovni hlavy piloty. Dimenzování piloty proveďte podle EN 1992-1.

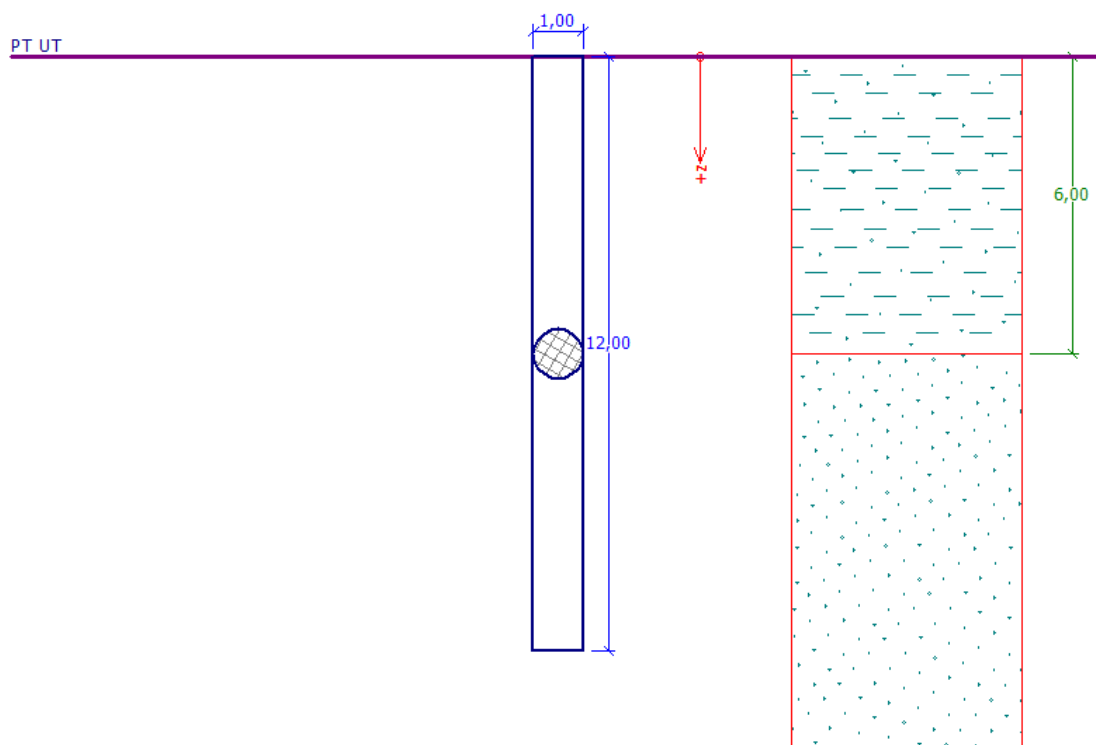


Schéma zadání úlohy – osamělá pilota

Řešení

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

Příčně zatížená pilota je řešena metodou konečných prvků jako nosník uložený na pružném Winklerově podloží (*pružný poloprostor*). Parametry zemin po délce piloty charakterizuje modul vodorovné reakce podloží k_h .

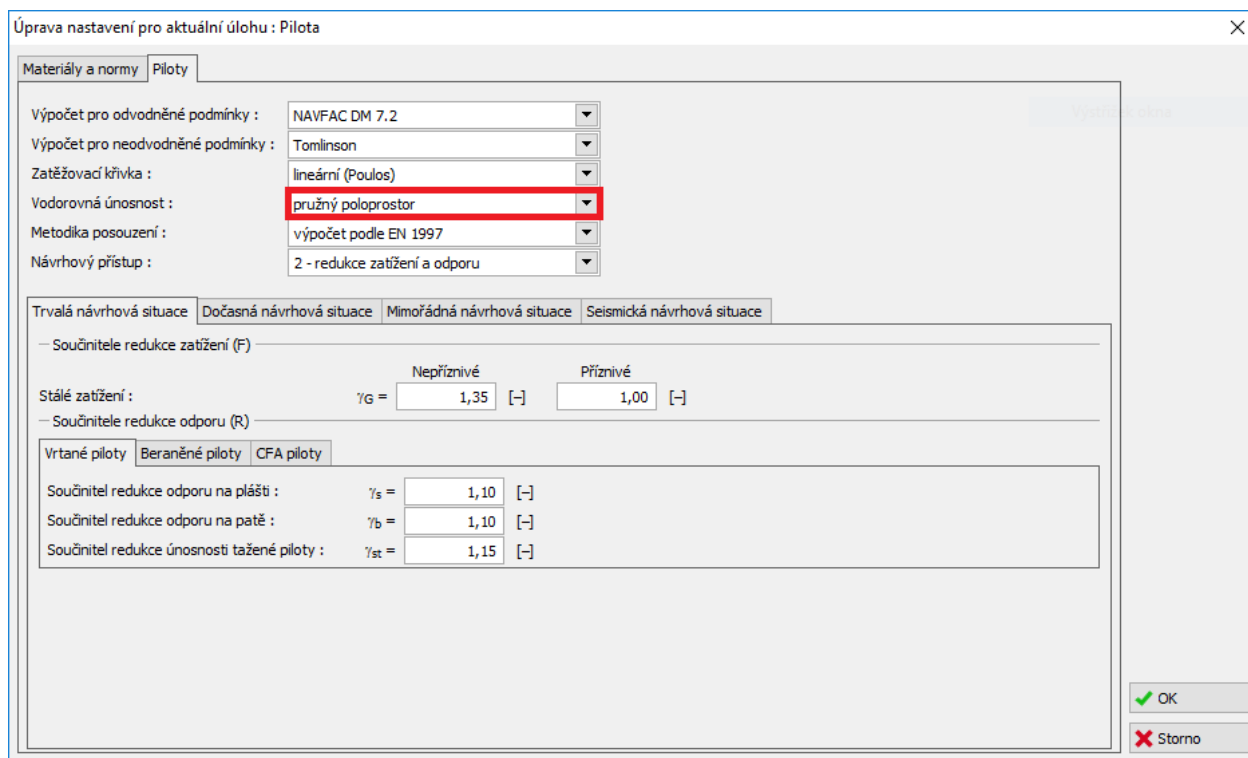
Program obsahuje více možností stanovení modul reakce podloží. Metody s lineárním průběhem (Lineární, Matlock a Reese) jsou vhodné pro nesoudržné zeminy, metody s konstantním průběhem (Konstantní, Vesic) spíše pro soudržné zeminy. Metoda výpočtu modulu k_h podle ČSN 73 1004 pak oba přístupy kombinuje.

V první části této kapitoly provedeme výpočet s konstantním modulem reakce podloží, v druhé části pak porovnáme rozdíly při použití dalších metod.

Postup zadání

V programu „Pilota“ otevřeme soubor z manuálu č. 13. Nejprve v rámu „Nastavení“ klikneme na tlačítko „Upravit“ a zkontrolujeme, že metoda výpočtu vodorovné únosnosti je nastavena jako „pružný poloprostor“.

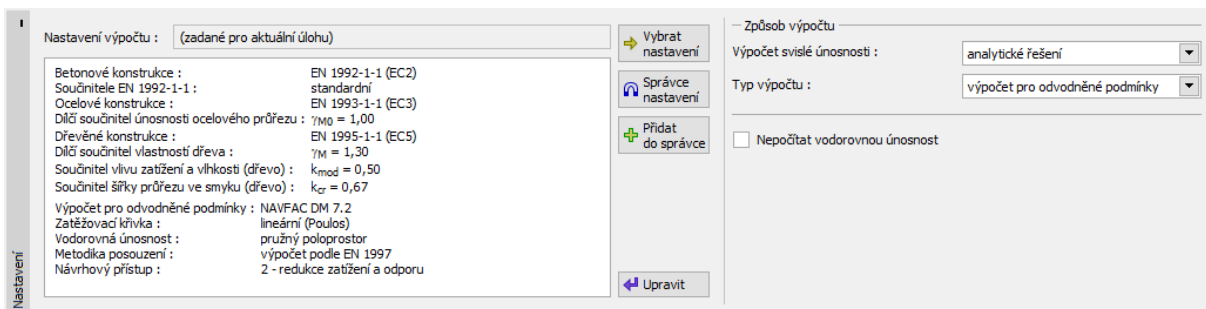
Poznámka: Další možností výpočtu vodorovné únosnosti piloty je tzv. [Bromsova metoda](#), která je vhodná pro řešení pilot v homogenním prostředí (viz nápověda k programu - F1).



Dialogové okno „Úprava nastavení pro aktuální úlohu“

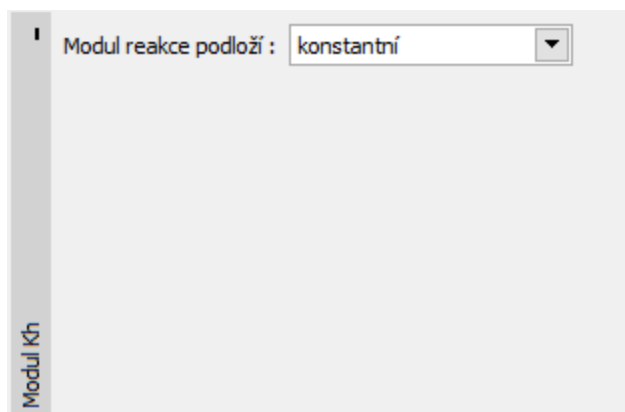
Ostatní nastavení výpočtu jako hodnoty zadaných zatížení a geologický profil včetně základních pevnostních parametrů zemin zůstávají beze změn.

V rámu „Nastavení“ také zrušíme zatrhnutí možnosti „Nepočítat vodorovnou únosnost“.



Rám „Nastavení“

Poté se přesuneme do rámu „Modul Kh“, kde vybereme metodu „konstantní“.



Rám „Modul k_h “

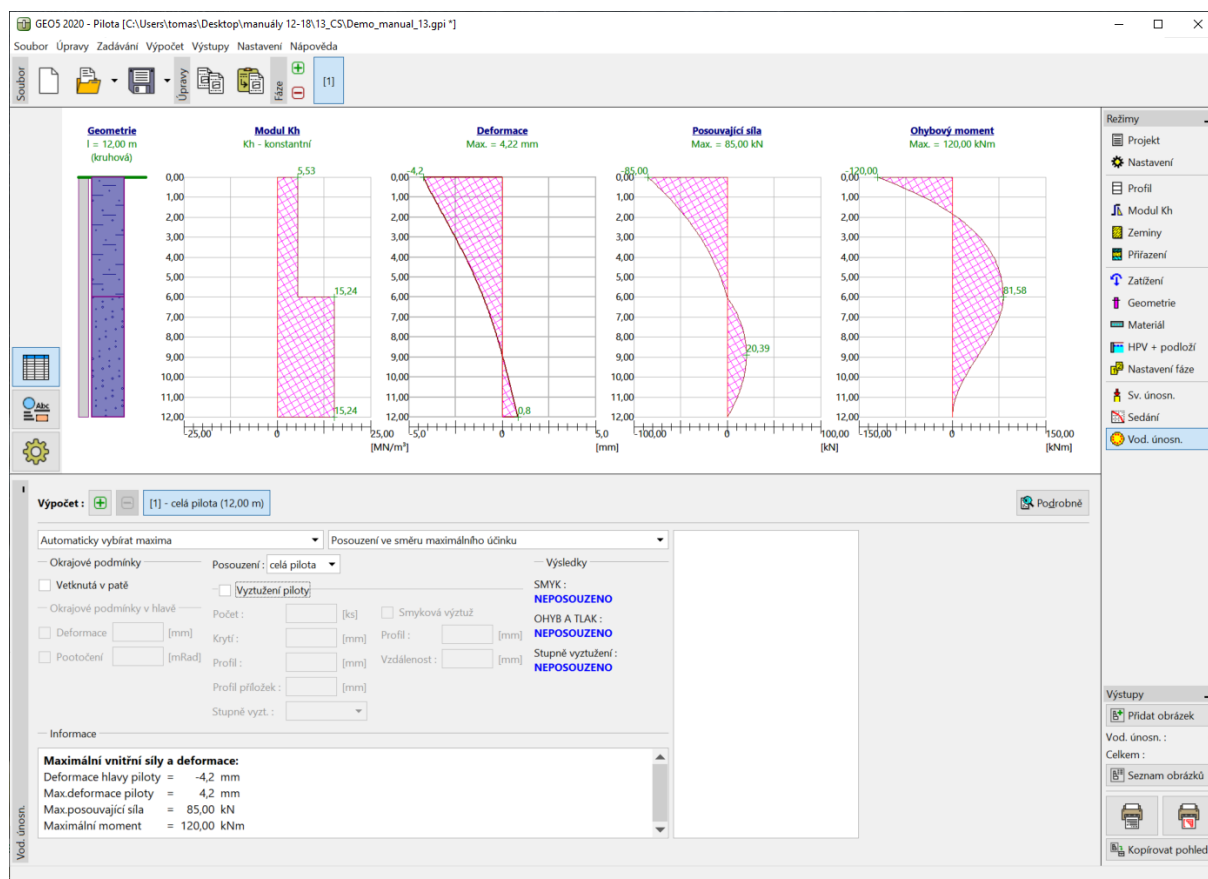
Poznámka: Konstantní průběh modulu vodorovné reakce podloží závisí na deformačním modulu zeminy E_{def} [MPa] a redukované šířce piloty r [m] (více informací v nápovědě k programu – F1).

Následně v rámu „Zeminy“ zadáme hodnotu úhlu roznášení β [–] v rozmezí $\frac{\varphi_{ef}}{4} - \varphi_{ef}$. Tento součinitel se tedy určuje v závislosti na velikosti úhlu vnitřního tření zeminy (více informací v nápovědě k programu – F1).

Zemina (specifikace, zatřídění)	Objemová tíha $\gamma \left[\frac{kN}{m^3} \right]$	Úhel vnitřního tření $\varphi_{ef} [^\circ]$	Úhel roznášení $\beta [^\circ]$	Typ zeminy
F4, tuhá konzistence	18,5	24,5	10,0	Soudržná
S3, středně ulehlá	17,5	29,5	15,0	Nesoudržná

Tabulka s parametry zemín – Vodorovná únosnost osamělé piloty

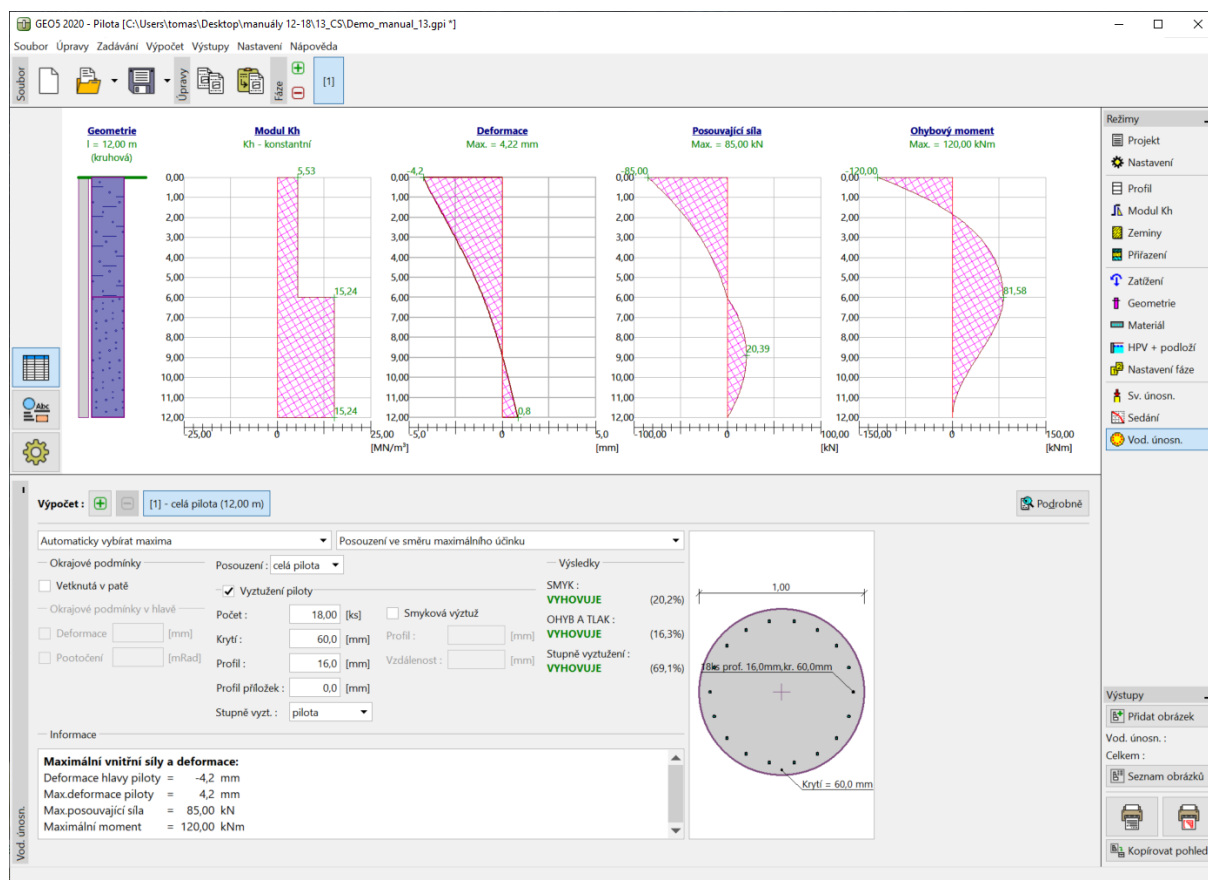
Nyní přejdeme do rámu „Vodorovná únosnost“, kde zjišťujeme hodnotu maximální vodorovné deformace v hlavě piloty, dále průběhy vnitřních sil po délce piloty a výsledky dimenzování piloty pro posouzení výztuže ve směru maximálního účinku.



Rám „Vodorovná únosnost“ – Posouzení pro konstantní průběh modulu k_h

Poznámka: Okrajová podmínka pro vetknutí v patě se modeluje především v případě opřených pilot o skalní, respektive poloskalní podloží (není to tento případ). Okrajové podmínky v hlavě piloty se uvažují při použití tzv. deformačního zatížení, kdy se v programu zadává pouze pootočení a deformace v hlavě piloty, nikoliv silové zatížení (více viz nápověda k programu – F1).

V tomto rámu rovněž provedeme dimenzování výztuže piloty. Navrhne podélnou nosnou výztuž – **18 ks Ø 16 mm** a minimální krytí **60 mm** podle stupně vlivu prostředí XC1.



Rám „Vodorovná únosnost“ - dimenzování

Stupeň vyztužení příčně zatížené osamělé piloty v řešeném případě uvažujeme podle ČSN EN 1536: *Provádění speciálních geotechnických prací – Vrtané piloty* (Tabulka 4 – Minimální vyztužení pilot). V programu se toto zadává výběrem možnosti „pilota“.

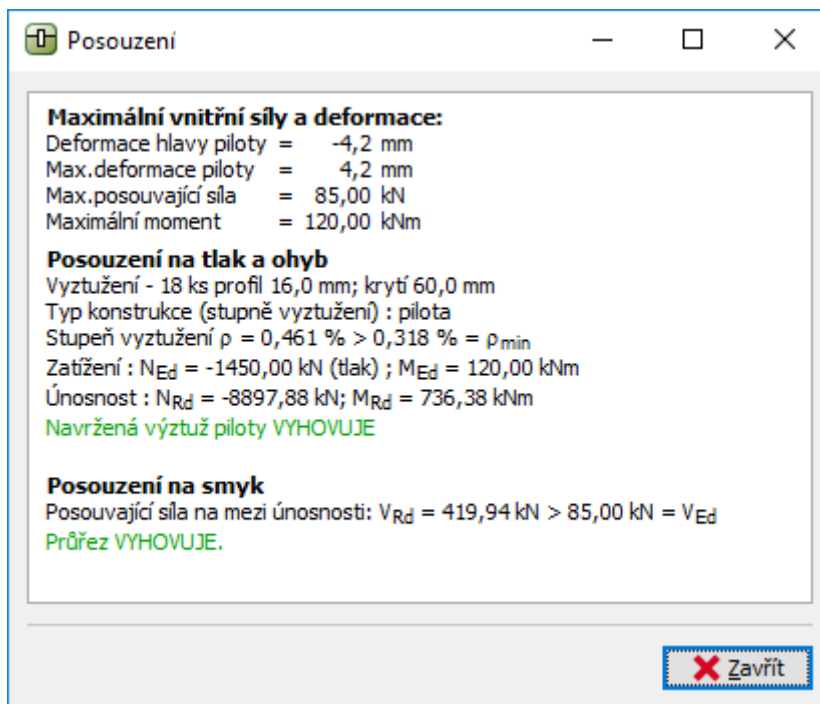
Průřezová plocha dříku piloty: $A_c [m^2]$	Plocha podélné výztuže: $A_s [m^2]$
$A_c \leq 0,5 m^2$	$A_s \geq 0,5 \% \cdot A_c$
$0,5 m^2 < A_c \leq 1,0 m^2$	$A_s \geq 0,0025 m^2$
$A_c > 1,0 m^2$	$A_s \geq 0,25 \% \cdot A_c$

„ČSN EN 1536: Tabulka 4 – Minimální vyztužení pilot“

Poznámka: Pro tlačené prvky je vhodné používat stupeň vyztužení jako „sloup“, pro ohýbané piloty jako „nosník“. Pro kombinaci svislého a příčného zatížení předepisuje ČSN EN 1536 podle poměru plochy

betonu a plochy výztuže minimální stupeň vyztužení vrtaných pilot (více informací v nápovědě k programu – F1).

Ve výsledcích dimenzování piloty sledujeme využití průřezu piloty na ohyb a podmínku pro minimální stupeň vyztužení (pomocí tlačítka „Podrobně“).



Dialogové okno – „Posouzení (podrobně)“

Výsledky výpočtu

V rámci posouzení příčně zatížené osamělé piloty nás zajímají průběhy vnitřních sil po délce piloty, maximální deformace a využití průřezu piloty. Pro **konstantní průběh** modulu vodorovné reakce podloží k_h vycházejí výsledné hodnoty takto:

– Maximální deformace piloty:	$u_{\max} = 4,2 \text{ mm} .$	
– Maximální posouvající síla:	$Q_{\max} = 85,0 \text{ kN} .$	
– Maximální ohybový moment:	$M_{\max} = 120,0 \text{ kNm} .$	
– Únosnost ŽB piloty (tlak + ohyb):	16,3 %	VYHOVUJE
– Únosnost ŽB piloty (smyk):	20,2 %	VYHOVUJE
– Stupeň vyztužení piloty:	69,1 %	VYHOVUJE

Porovnání výsledků různých metod stanovení modulu reakce podloží

Hodnoty a průběh modulu vodorovné reakce podloží k_h se liší na základě různých výpočetních metod a vstupních parametrů zemin, které ho ovlivňují:

- KONSTANTNÍ: úhel roznášení β [–],

- LINEÁRNÍ (Bowles): úhel roznášení β [–],
 koeficient k $[MN/m^3]$ podle typu zeminy,

- podle ČSN 73 1004: soudržná, resp. nesoudržná zemina,
 modul horizontální stlačitelnosti n_h $[MN/m^3]$,

- podle VESICE: modul pružnosti E $[MPa]$.

Když změníme metodu výpočtu modulu vodorovné reakce podloží, musíme do programu přidat další parametry zemin (více informací v nápovědě k programu – F1). V jednotlivých výpočtech vstupní hodnoty zadáme v programu takto:

Modul reakce podloží $k_h \left[MN/m^3 \right]$	Úhel roznášení $\beta \left[- \right]$	Koeficient $k \left[MN/m^3 \right]$	Modul pružnosti $E \left[MPa \right]$	Modul horizontální stlačitelnosti $n_h \left[MN/m^3 \right]$
KONSTANTNÍ	10 – F4	---	---	---
	15 – S3			
LINEÁRNÍ (Bowles)	10 – F4	60 – F4	---	---
	15 – S3	150 – S3		
podle ČSN 73 1004	Soudržná zemina – třída F4			---
	Nesoudržná zemina – třída S3			4,5 – S3
podle VESICE	---	---	5,0 – F4	---
			15,5 – S3	

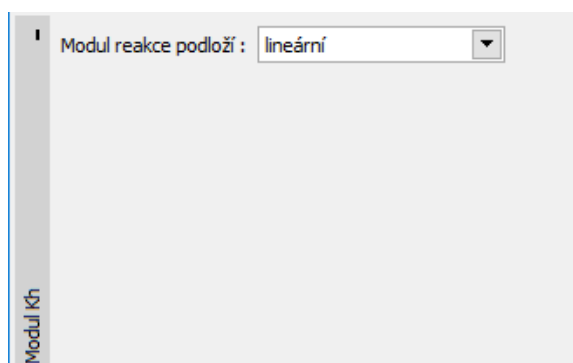
Souhrnná tabulka s parametry zemin pro vodorovnou únosnost osamělé piloty

Nyní se vrátíme zpět k zadávání vstupních dat, změníme vždy příslušnou metodu výpočtu modulu vodorovné reakce podloží v rámu „Modul Kh“ a poté doplníme zbývající parametry zemin. Postup provedeme pro následující metody:

- lineárním průběhem (podle Bowlese),
- podle ČSN 73 1004,
- podle Vesice.

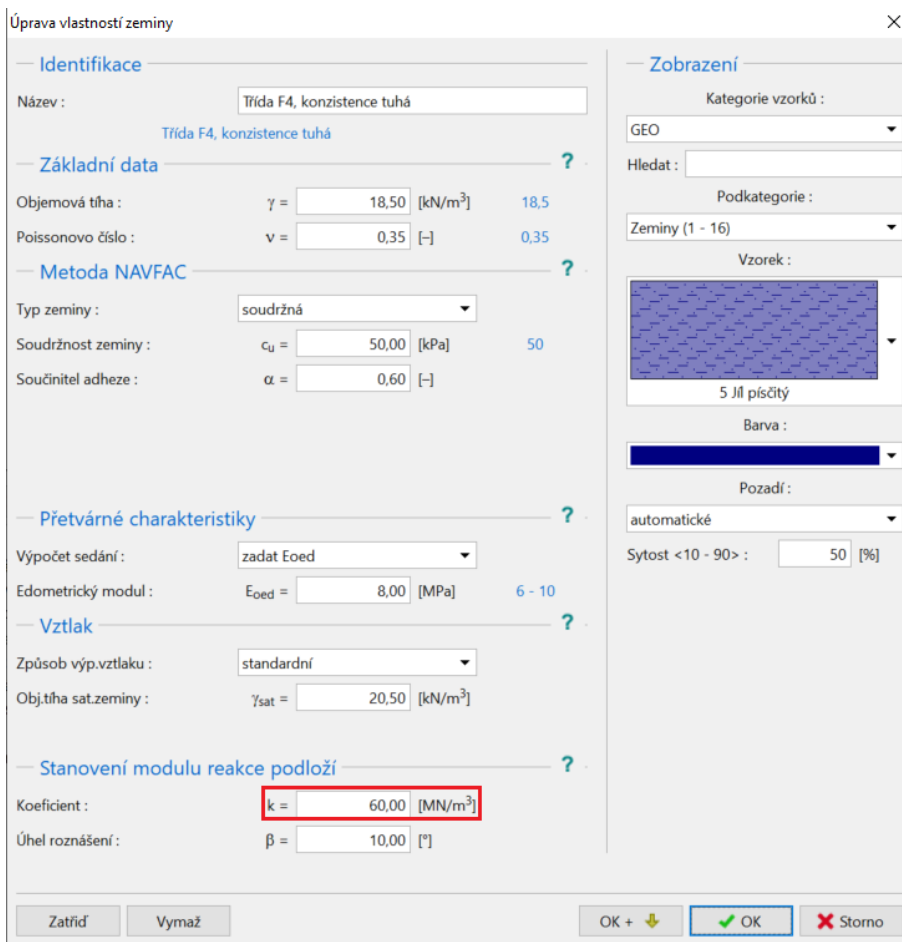
Lineární průběh (podle Bowlese)

Nejprve se vrátíme do rámu „Modul Kh“, kde změníme nastavení na „lineární“.



Rám „Modul Kh“

Poté v rámu „Zeminy“ vybereme zeminu „Třída F4, konzistence tuhá“. Klikneme na tlačítko „Upravit“ a změníme koeficient k na 60 MN/m^3 .



Úprava vlastností zeminy

Identifikace

Název : Třída F4, konzistence tuhá

Třída F4, konzistence tuhá

Základní data

Objemová tíha : $\gamma = 18,50 \text{ [kN/m}^3\text{]}$ 18,5

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

Metoda NAVFAC

Typ zeminy : soudržná

Soudržnost zeminy : $c_u = 50,00 \text{ [kPa]}$ 50

Součinitel adheze : $\alpha = 0,60 \text{ [-]}$

Přetvárné charakteristiky

Výpočet sedání : zadat Eoed

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

Vztlak

Způsob výp.vztlaku : standardní

Obj.tíha sat.zeminy : $\gamma_{sat} = 20,50 \text{ [kN/m}^3\text{]}$

Stanovení modulu reakce podloží

Koeficient : $k = 60,00 \text{ [MN/m}^3\text{]}$

Úhel roznášení : $\beta = 10,00 \text{ [°]}$

Zobrazení

Kategorie vzorků : GEO

Hledat :

Podkategorie : Zeminy (1 - 16)

Vzorek : 5 Jíl písčítý

Barva :

Pozadí : automatické

Sytost <10 - 90> : 50 [%]

Zatříd Vymaž OK + OK Storno

Rám „Zeminy“ – úprava vlastností zeminy (F4)

To samé provedeme i pro zeminu třídy S3. V tomto případě nastavíme koeficient k na 150 MN/m^3 .

Úprava vlastností zeminy

Identifikace

Název :

Třída S3, středně ulehlá

Základní data

Objemová tíha : $\gamma =$ $[\text{kN/m}^3]$ 17,5

Poissonovo číslo : $\nu =$ [-] 0,30

Metoda NAVFAC

Typ zeminy :

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

Třecí úhel na plášti piloty :

Součinitel bočního tlaku zeminy :

Přetvárné charakteristiky

Výpočet sedání :

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

Vztlak

Způsob výp.vztlaku :

Obj.tíha sat.zeminy : $\gamma_{sat} =$ $[\text{kN/m}^3]$

Stanovení modulu reakce podloží

Koeficient : $k =$ $[\text{MN/m}^3]$

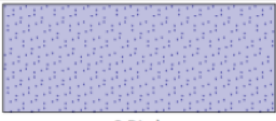
Úhel roznášení : $\beta =$ $[\circ]$

Zobrazení

Kategorie vzorků :

Hledat :

Podkategorie :

Vzorek : 

9 Písek

Barva :

Pozadí :

Sytost <10 - 90> : [%]

Zatříd

Vymaž

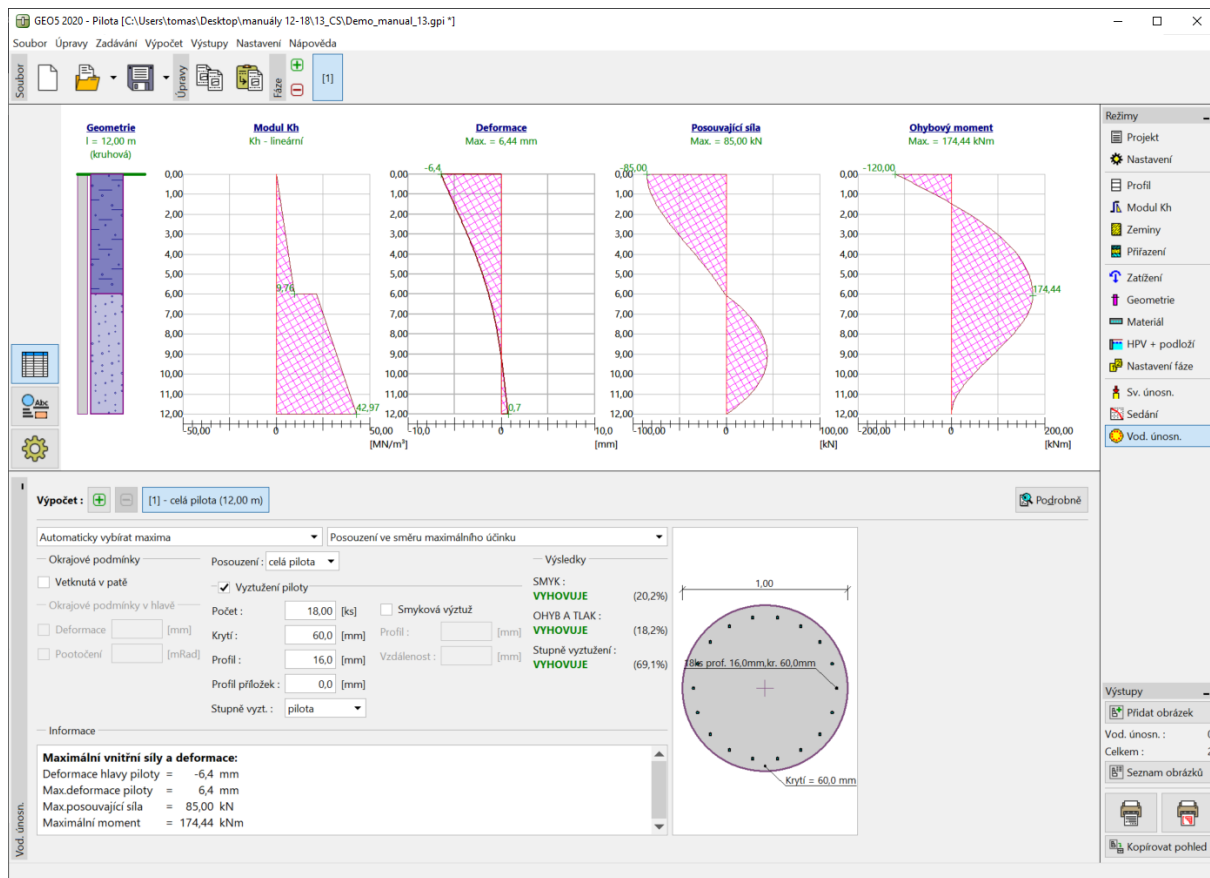
OK +

OK

Storno

Rám „Zeminy“ – úprava vlastností zeminy (S3)

Nyní se přesuneme do rámu „Vodorovná únosnost“, kde můžeme vidět výsledky výpočtu.



Rám „Vodorovná únosnost“ - Lineární průběh modulu vodorovné reakce podloží k_h , deformace a vnitřní síly po délce piloty

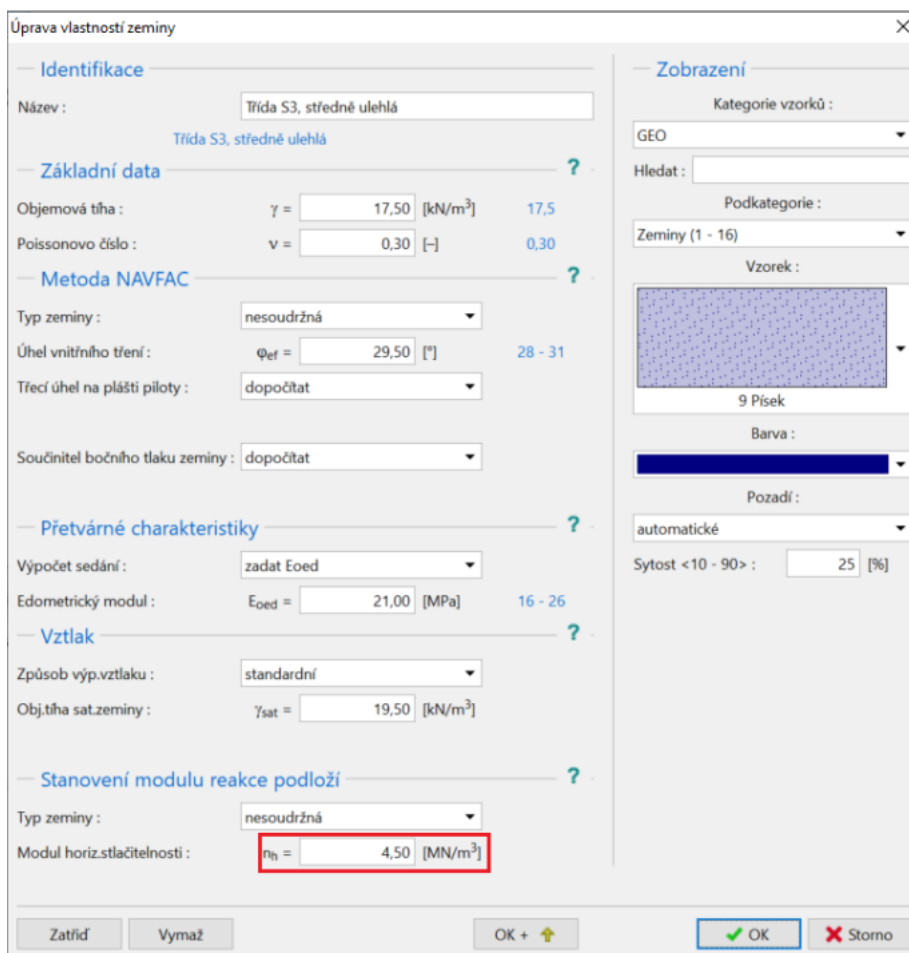
Podle ČSN 73 1004

Znovu se přesuneme do rámu „Modul Kh“, kde tentokrát zvolíme možnost „podle ČSN 73 1004“.



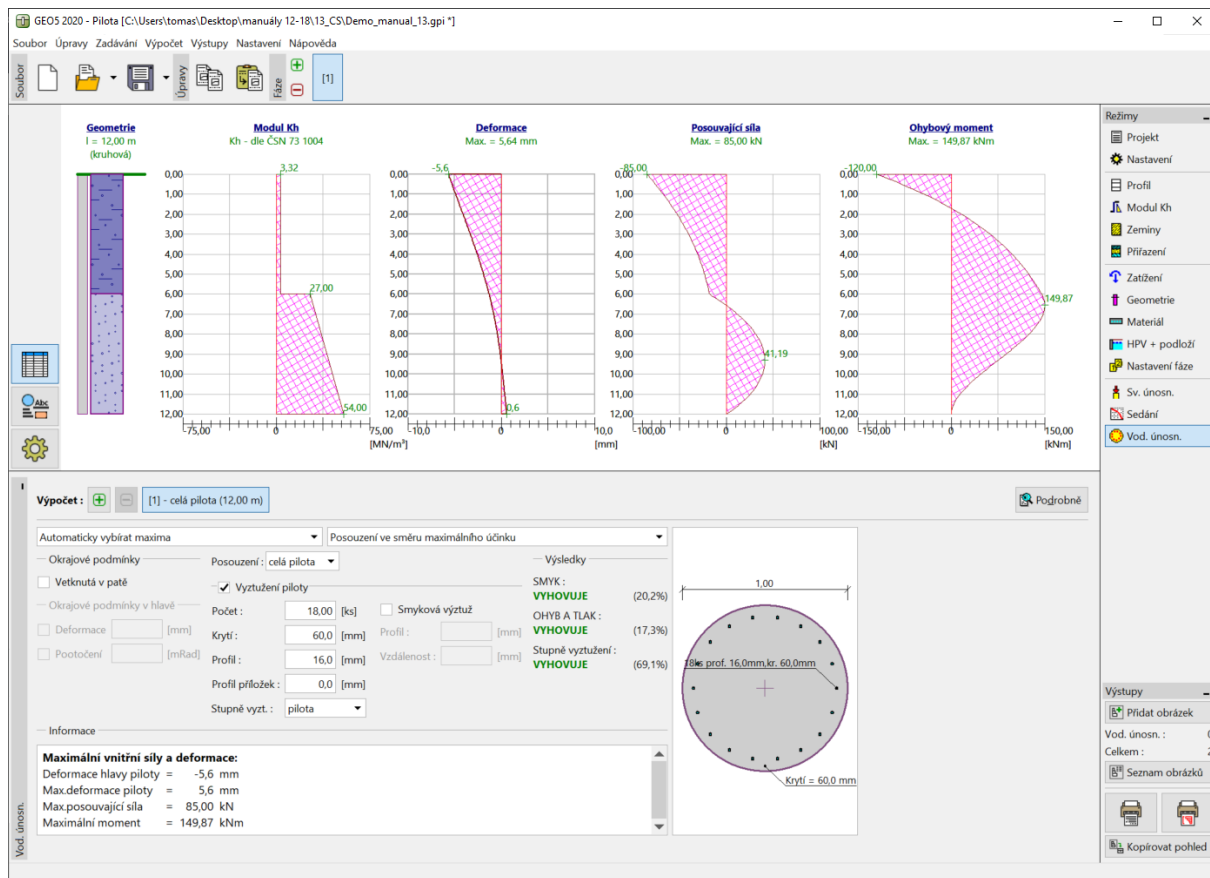
Rám „Modul Kh“

V rámu „Zeminy“ je nyní nutné nastavit modul horizontální stlačitelnosti pro nesoudržnou zeminu S3. Hodnotu modulu nastavíme jako 4,50 MN/m³.



Rám „Zeminy“ – úprava vlastností zeminy (S3)

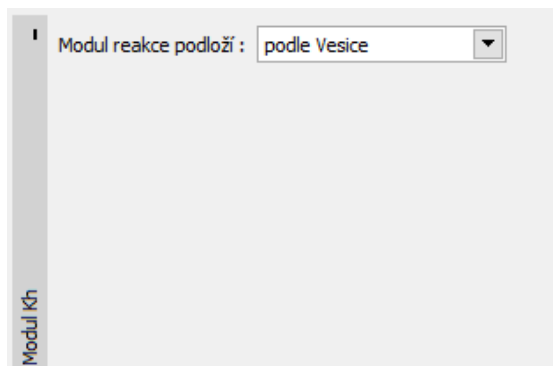
V rámu „Vodorovná únosnost“ lze nyní zobrazit výsledky výpočtu.



Rám „Vodorovná únosnost“ - Průběh modulu vodorovné reakce podloží k_h podle ČSN 73 1004, deformace a vnitřní síly po délce piloty

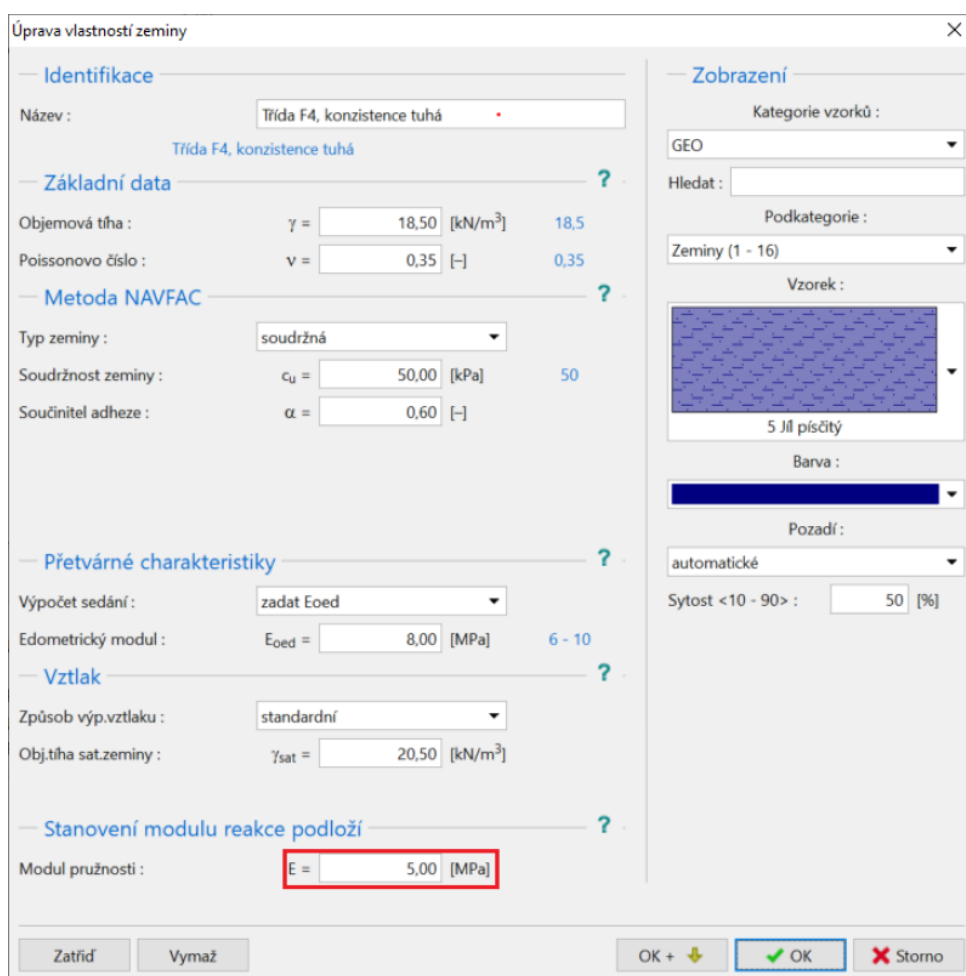
Podle Vesice

Znovu otevřeme rám „Modul Kh“, kde tentokrát zvolíme metodu výpočtu „podle Vesice“.



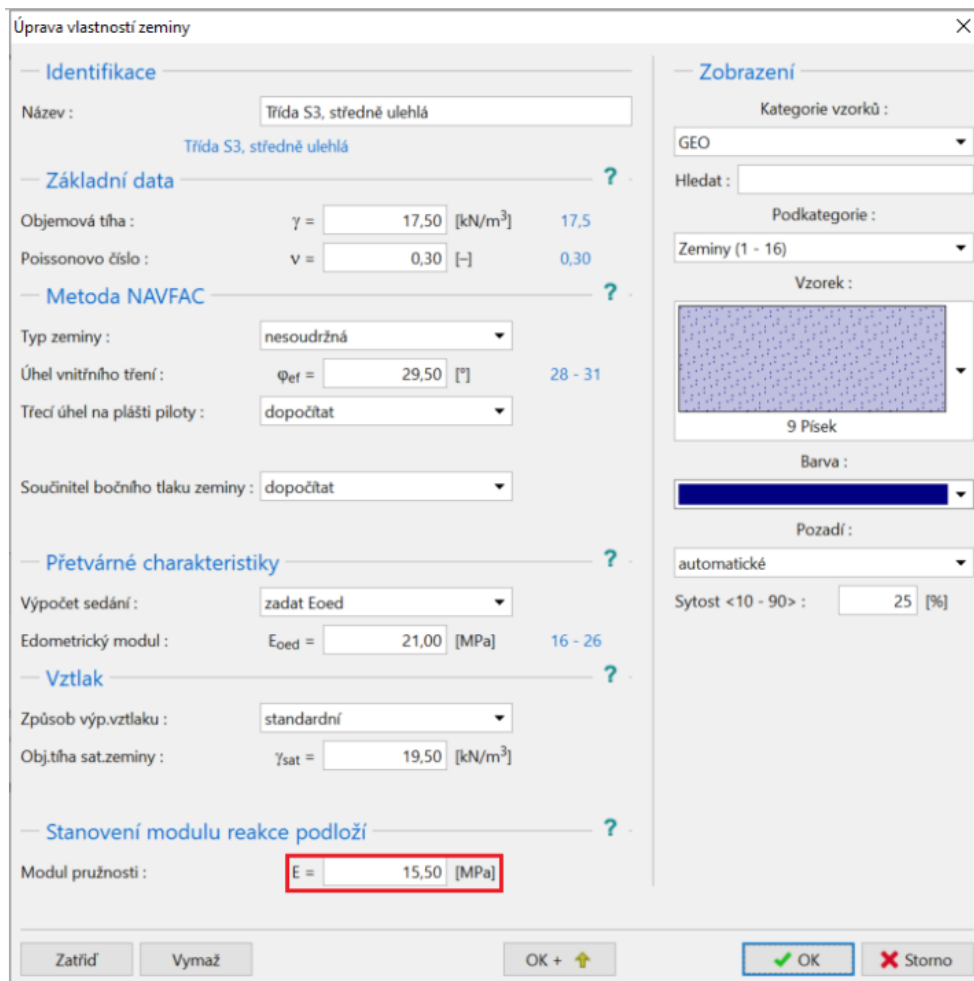
Rám „Modul Kh“

V rámu „Zeminy“ je nyní nutné nastavit modul elasticity E pro obě zeminy. Pro zeminu F4 nastavíme hodnotu modulu jako 5 MPa.



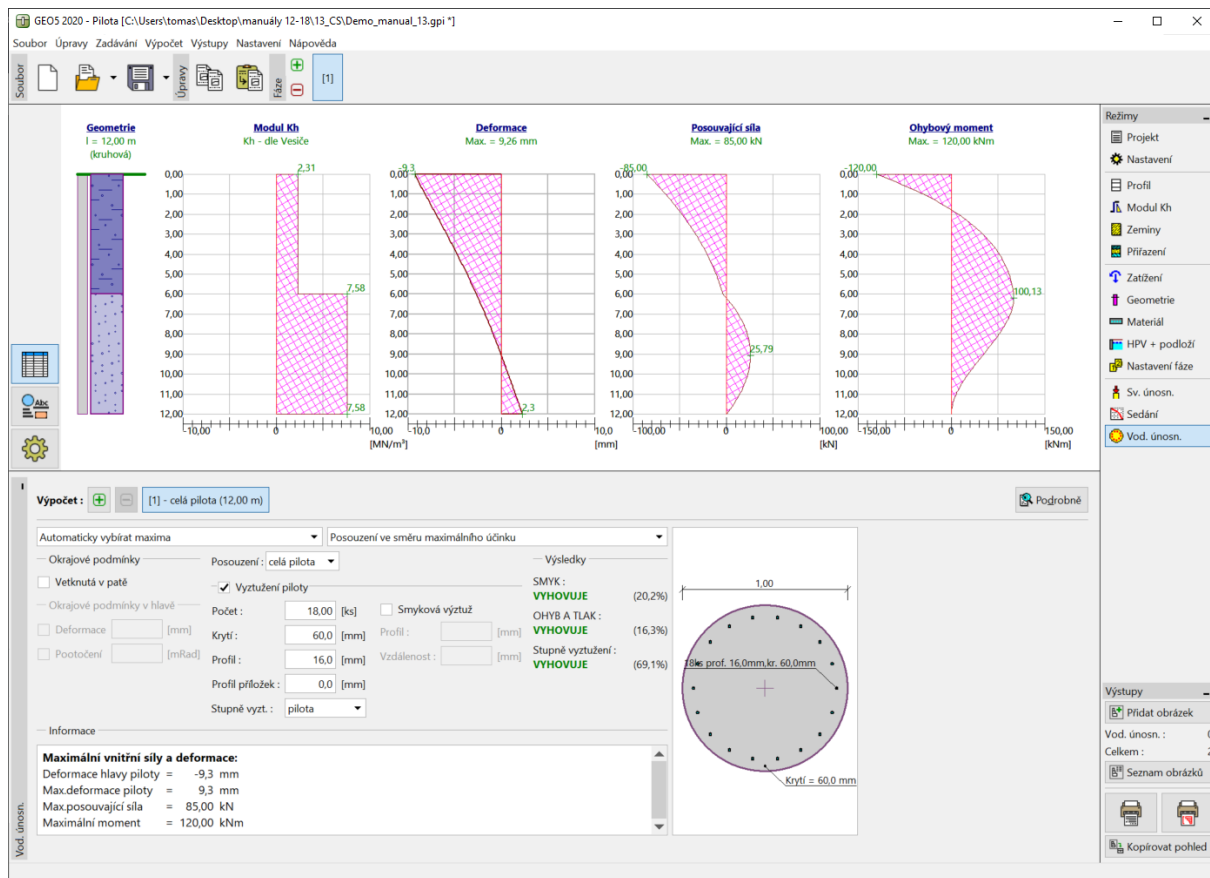
Rám „Zeminy“ – úprava vlastností zeminy

Hodnotu modulu nastavíme i pro zeminu S3. V tomto případě nastavíme hodnotu 15,50 MPa.



Rám „Zeminy“ – úprava nastavení zeminy (S3)

Výsledky výpočtu je nyní možné zobrazit v rámu „Vodorovná únosnost“.



Rám „Vodorovná únosnost“ - Průběh modulu vodorovné reakce podloží k_h podle Vesice,
deformace a vnitřní síly po délce piloty

Výsledky výpočtu vodorovné únosnosti osamělé piloty

Výsledky výpočtu vodorovné únosnosti osamělé piloty v závislosti na použité metodě výpočtu modulu vodorovné reakce podloží k_h jsou uvedeny v následující tabulce:

Modul reakce podloží $k_h [MN/m^3]$	Maximální deformace piloty $u_{max} [mm]$	Maximální ohybový moment $M_{max} [kNm]$	Využití ŽB piloty na únosnost (tlak + ohyb) [%]
KONSTANTNÍ	4,2	120,0	16,3
LINEÁRNÍ (Bowles)	6,4	174,44	18,2
podle ČSN 73 1004	5,6	149,87	17,3
podle VESICE	9,3	120,0	16,3

Souhrnný přehled výsledků – Vodorovná únosnost a dimenzování osamělé piloty

Závěr

Z výsledků výpočtu vyplývá, že sledované hodnoty vnitřních sil po délce piloty a maximální deformace v hlavě piloty se mírně liší, ale vliv zvolené metody výpočtu modulu reakce podloží není z hlediska dimenzování piloty zásadní.