

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.

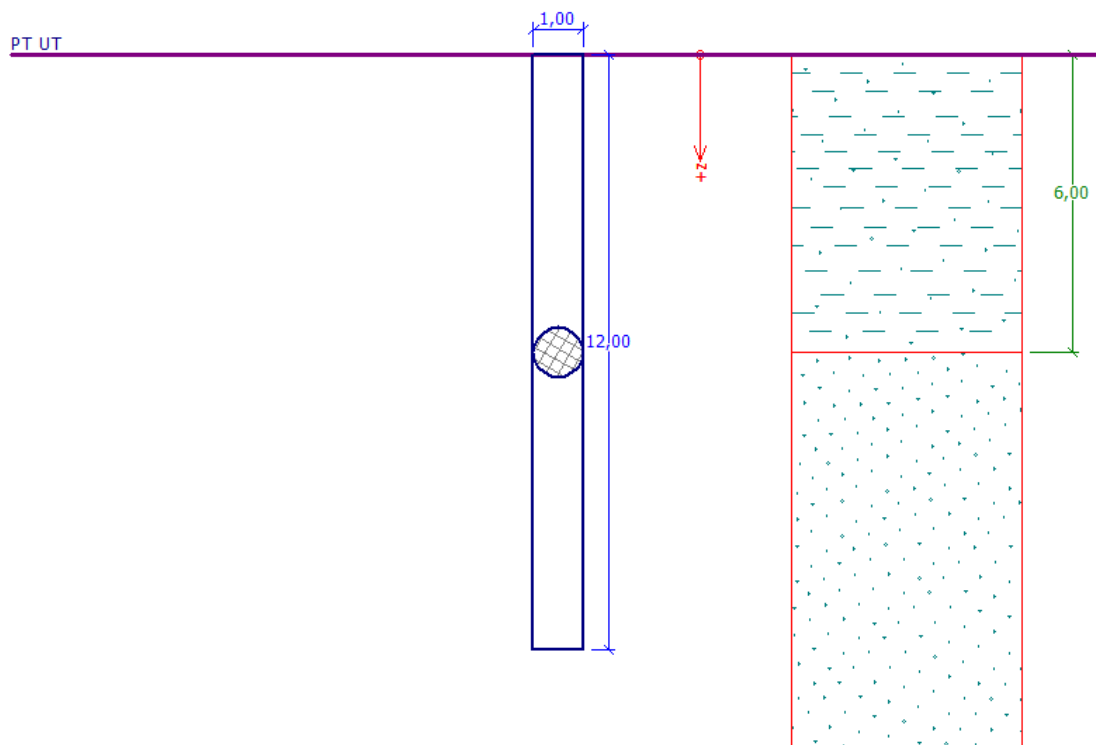


Schéma zadání úlohy – osamělá pilota

Řešení

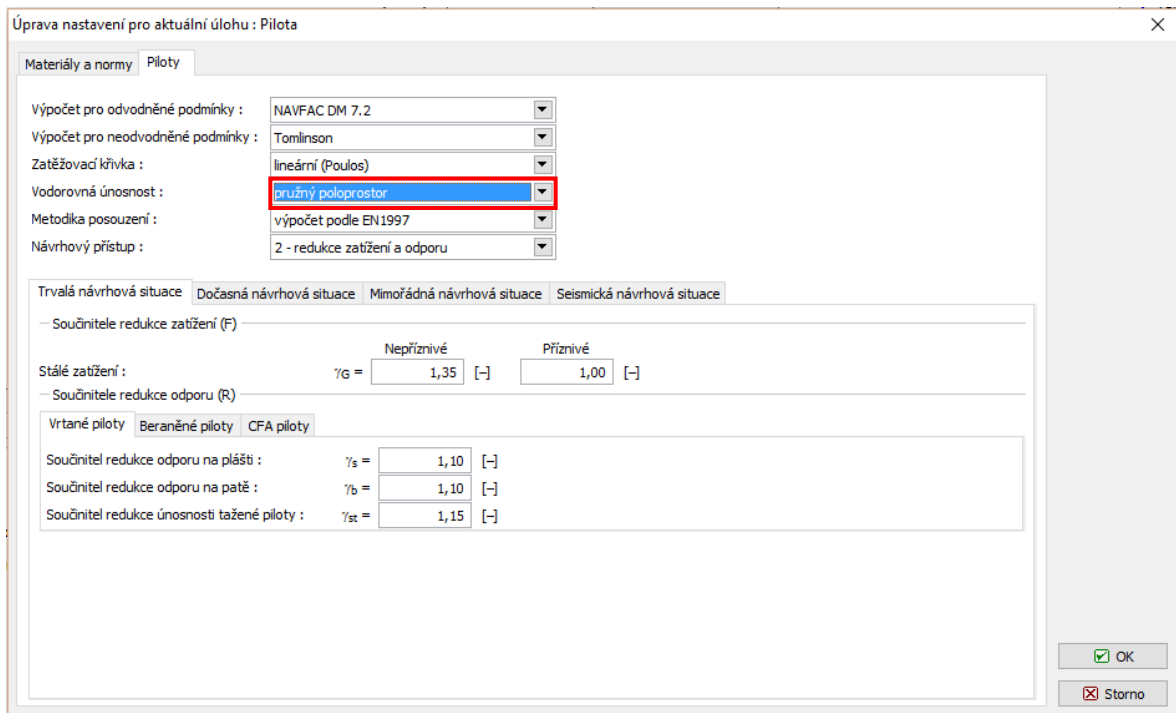
K výpočtu této úlohy použijeme program GEO 5 – PILOTA. V následujícím textu postupně popíšeme řešení příkladu po jednotlivých krocích.

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.

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).

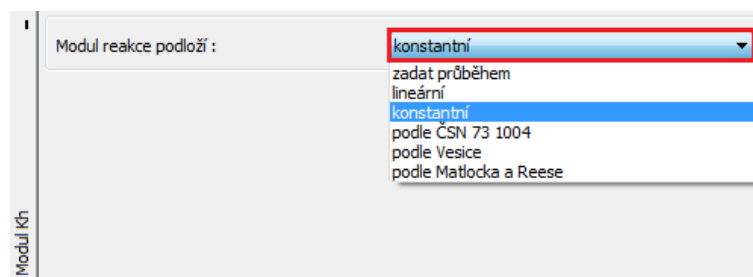


Nastavení výpočtu

Postup zadání

Celkové nastavení výpočtu, hodnoty zadaných zatížení a geologický profil včetně základních pevnostních parametrů zemín zůstává beze změn.

V rámu „Modul k_h “ zvolíme metodu „konstantní“.



Rám „Modul k_h “

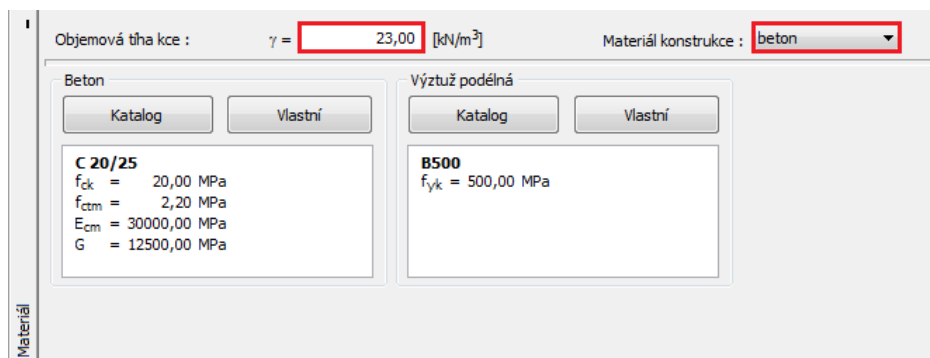
Poznámka: Konstantní průběh modulu vodorovné reakce podloží závisí na deformačním modulu zeminy E_{def} [MPa] a redukované šířce piloty r [m] (více viz Help – F1).

Následně v parametrech zemin zadáme hodnotu úhlu roznášení β [-] v rozmezí $\frac{\varphi_{ef}}{4} \div \varphi_{ef}$. Tento součinitel se tedy určuje v závislosti na velikosti úhlu vnitřního tření zeminy (více viz Help – F1).

Zemina (specifikace, zatřídění)	Objemová tíha γ [kN/m ³]	Úhel vnitřního tření φ_{ef} [°]	Úhel roznášení β [°]	Typ zeminy
F4, tuhá konzistence	18,5	24,5	10,0	Soudržná
S3, středně ulehlá	17,5	29,5	15,0	Nesoudržná

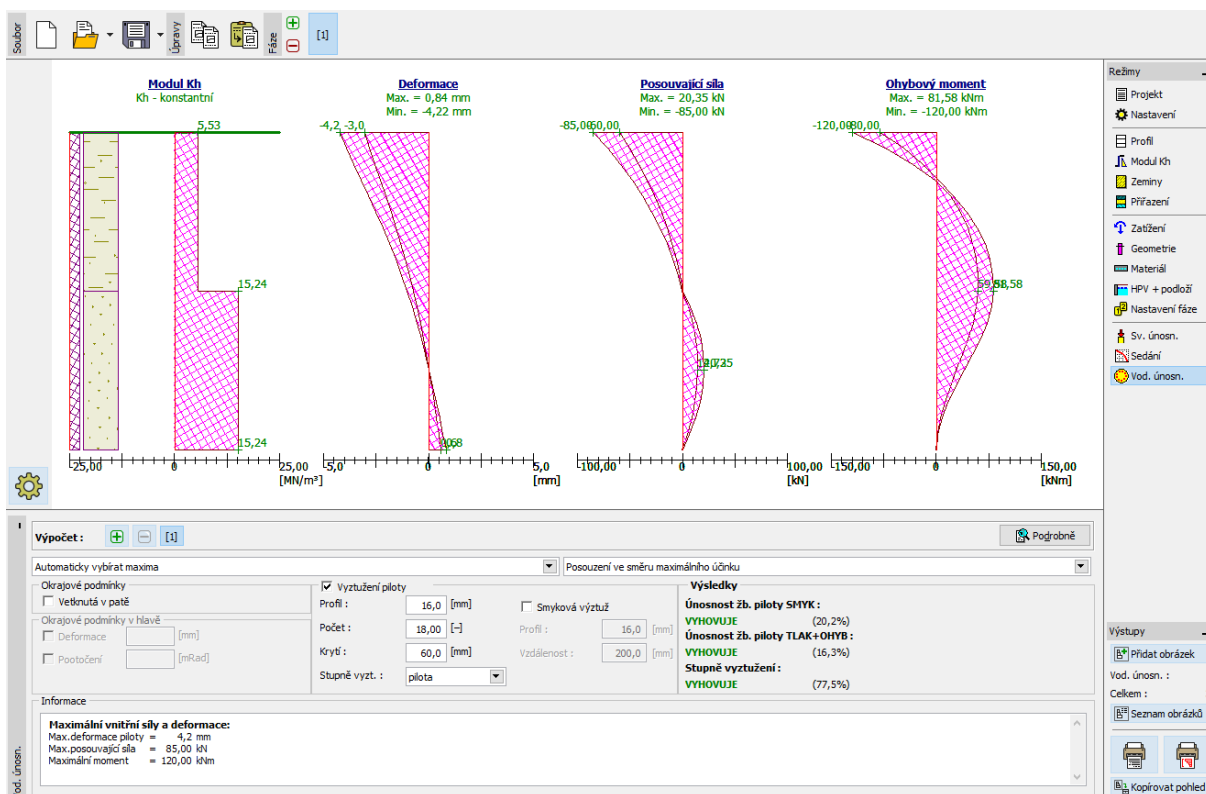
Tabulka s parametry zemin – Vodorovná únosnost osamělé piloty

V rámu „Materiál“ zadáme charakteristiky piloty – objemovou tíhu konstrukce, použitý druh betonu a podélnou výztuž pro dimenzování dřívku piloty.



Rám „Materiál“

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 \varnothing 16 mm** a minimální krytí **60 mm** podle stupně vlivu prostředí XC1.

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 tato možnost zadává jako „pilota“.

Průřezová plocha dřívku 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 viz Help – F1).

Ve výsledcích dimenzování piloty sledujeme využití průřezu piloty na ohyb a podmínku pro minimální stupeň vyztužení.

Posouzení

Maximální vnitřní síly a deformace:
 Max.deformace piloty = 4,2 mm
 Max.posouvající síla = 85,00 kN
 Maximální moment = 120,00 kNm

Posouzení na tlak a ohyb
 Vyztužení - 18 ks profil 16,0 mm; krytí 60,0 mm
 Typ konstrukce (stupně vyztužení) : pilota
 Stupeň vyztužení $\rho = 0,461 \% > 0,357 \% = \rho_{min}$
 Zatížení : $N_{Ed} = -1450,00 \text{ kN}$ (tlak) ; $M_{Ed} = 120,00 \text{ kNm}$
 Únosnost : $N_{Rd} = -8897,88 \text{ kN}$; $M_{Rd} = 736,38 \text{ kNm}$
Navržená výztuž piloty VYHOVUJE

Posouzení na smyk
 Posouvající síla na mezi únosnosti: $V_{Rd} = 419,94 \text{ kN} > 85,00 \text{ kN} = V_{Ed}$
Průřez VYHOVUJE.

„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: | 77,5 % | 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 $\beta [-]$,
- **LINEÁRNÍ (Bowles):** úhel roznášení $\beta [-]$,
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 $E [MPa]$.

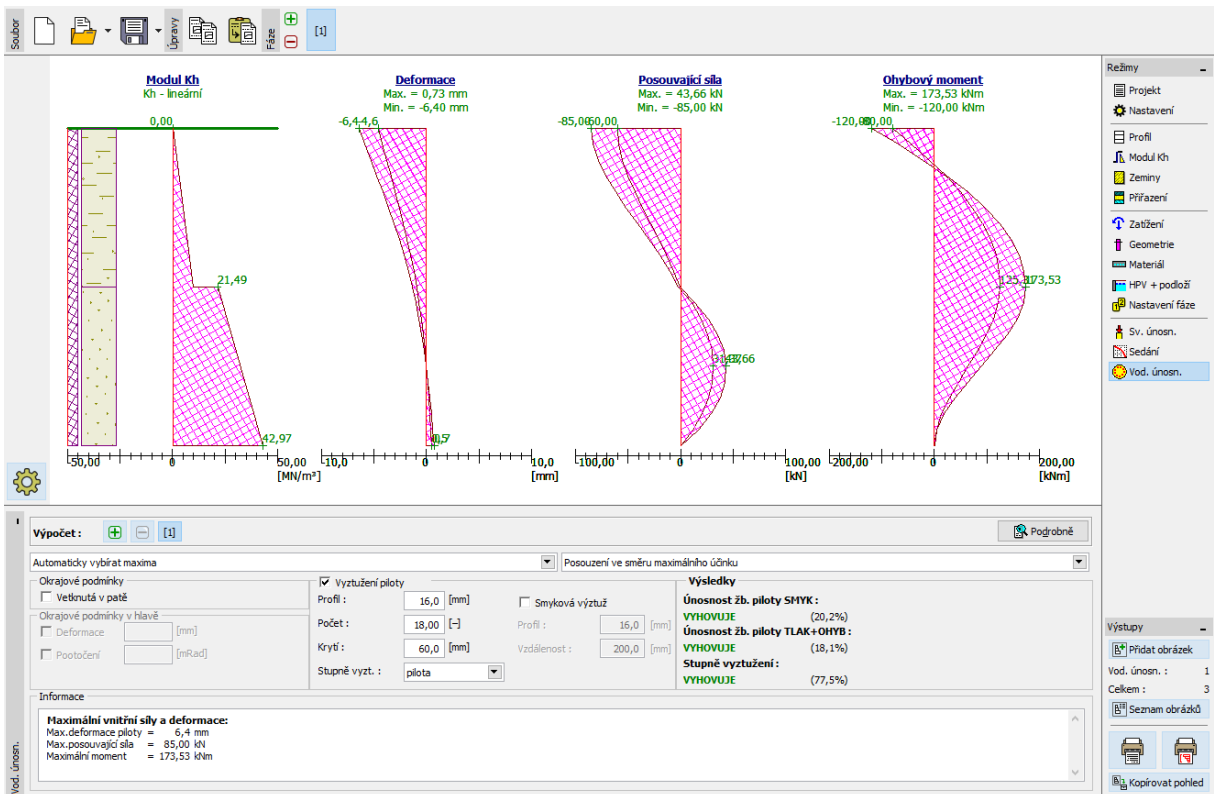
V tomto výpočtu vstupní hodnoty zadáme v programu takto:

Modul reakce podloží $k_h [MN/m^3]$	Úhel roznášení $\beta [-]$	Koeficient $k [MN/m^3]$	Modul pružnosti $E [MPa]$	Modul horizontální stlačitelnosti $n_h [MN/m^3]$
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	

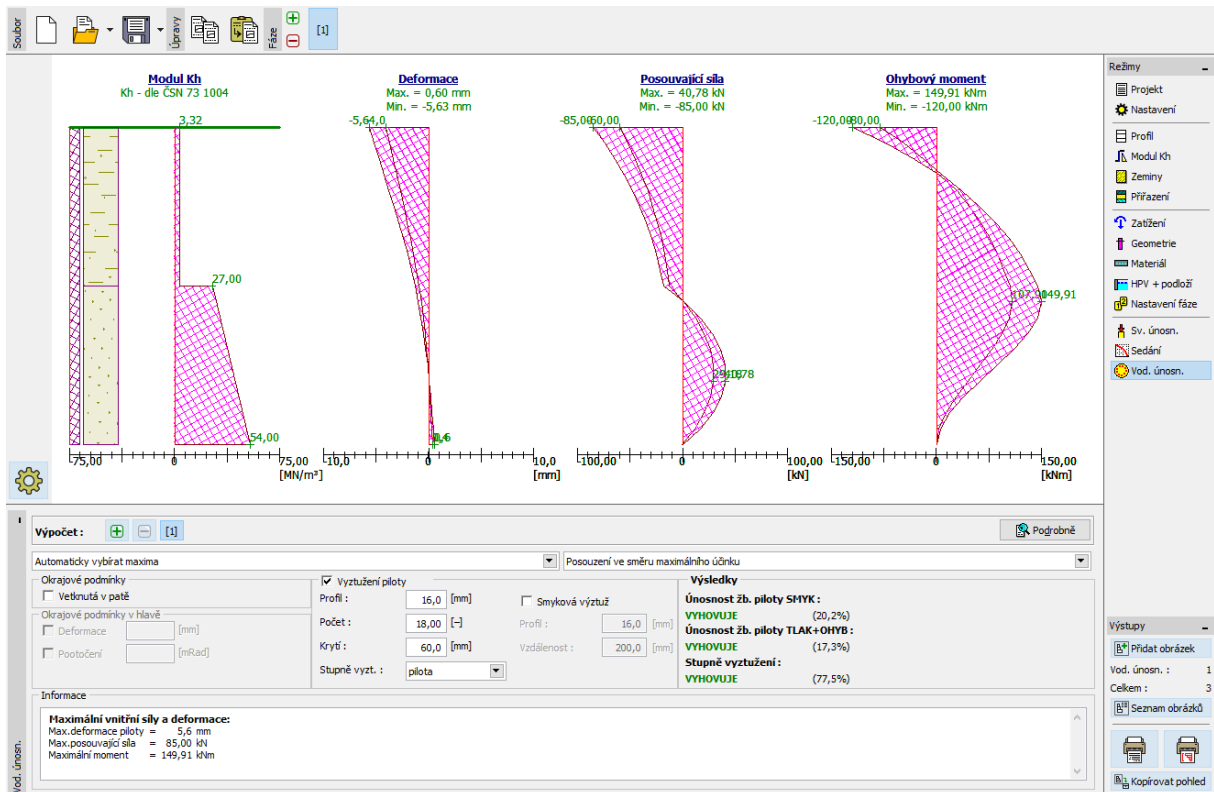
Souhrnná tabulka s parametry zemin pro vodorovnou únosnost osamělé piloty

Nyní se vrátíme zpět k zadávání vstupních dat, změníme vždy příslušnou metodu výpočtu modulu vodorovné reakce podloží a poté doplníme zbývající parametry zemín. Postup provedeme pro následující metody:

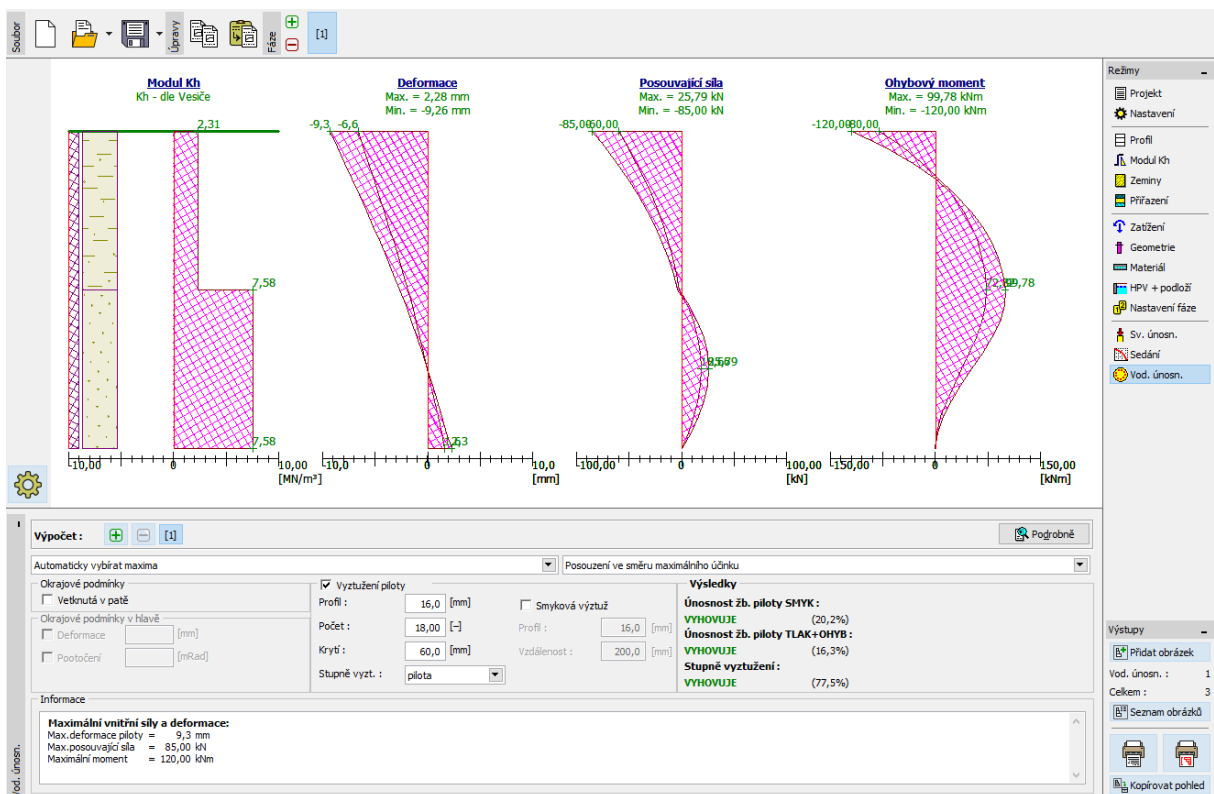
- lineárním průběhem (podle Bowlese),
- podle ČSN 73 1004,
- podle Vesice.



Lineární průběh modulu vodorovné reakce podloží k_h , deformace a vnitřní síly po délce piloty



Průběh modulu vodorovné reakce podloží k_h podle ČSN 73 1004, deformace a vnitřní síly po délce piloty



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	173,53	18,1
podle ČSN 73 1004	5,6	149,91	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.