

## Egyedi cölöp függőleges teherbírásának számítása

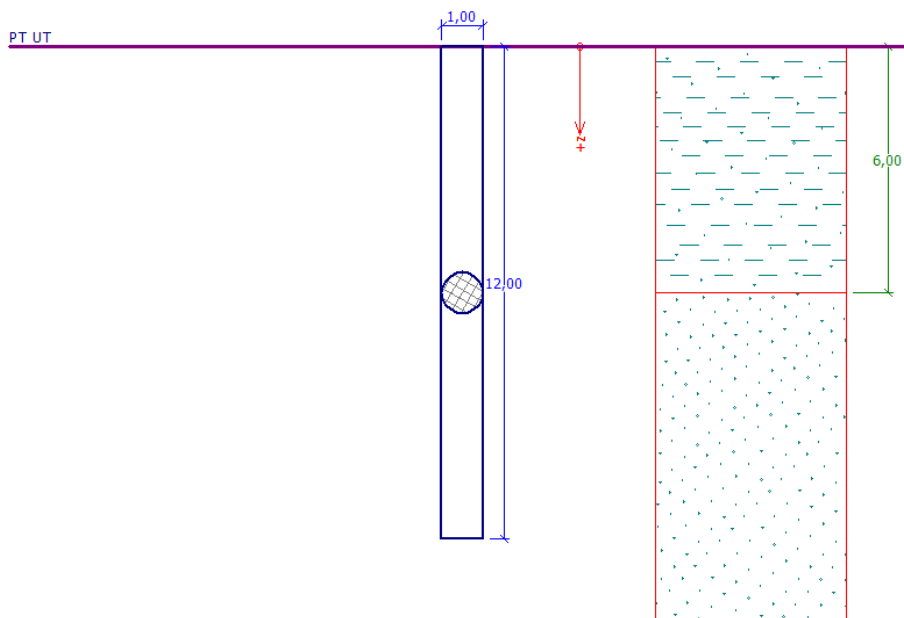
Program: Cölöp

Fájl: Demo\_manual\_13.gpi

Ennek a mérnöki kézikönyvnek a célja, egy egyedi cölöp függőleges teherbírására vonatkozó gyakorlati példa GEO5 - Cölöp programmal való megoldásának bemutatása.

### Feladat leírása

A feladat általános bemutatását megtalálhatjuk az előző fejezetben (12. *Cölöpalapozások - bemutató*). Minden függőleges teherbírásra vonatkozó számításnak meg kell felelnie az EN 1997-1 (2. tervezési módszer) követelményeinek. A terhek eredő  $N_1, M_{y,1}, H_{x,1}$  a cölöp felső síkján hatnak.



*Feladat ábrája - egyedi cölöp*

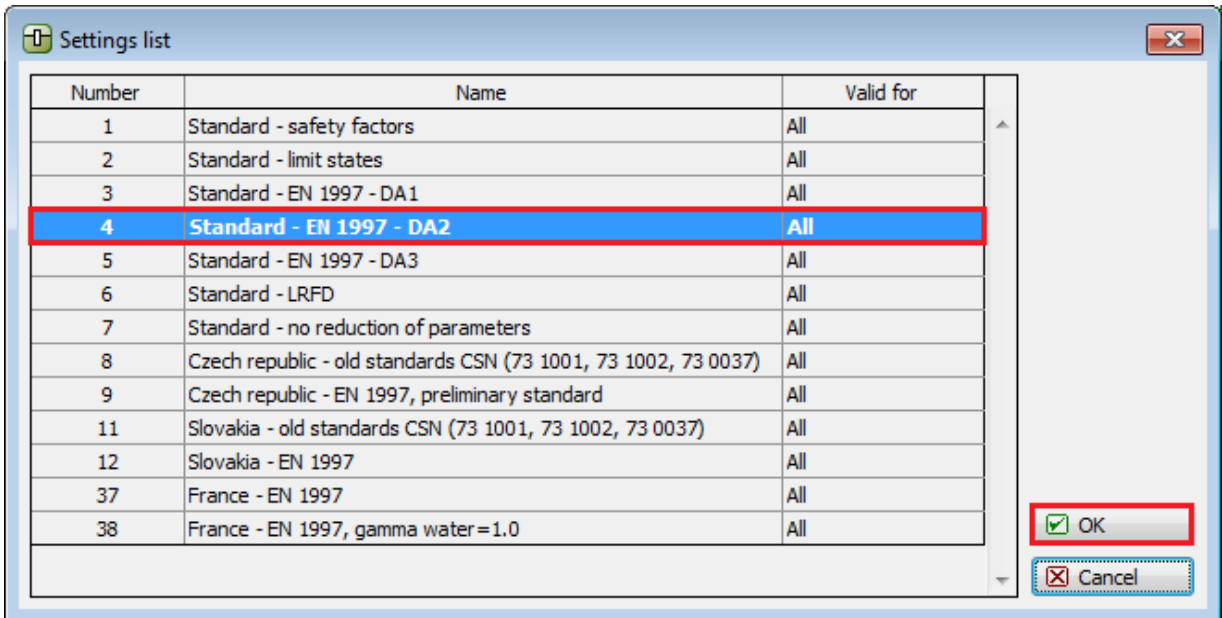
### Megoldás

A probléma megoldásához GEO5 – Cölöp programot fogunk használni. A következő leírásban bemutatjuk a feladat megoldását lépésről lépésre.

Ebben a számításban több az egyedi cölöpre vonatkozó analitikus számításmódot is használni fogunk (NAVFAC DM 7.2, Hatékony feszültség és CSN 73 1002), figyelemmel kísérve az eredményt befolyásoló a **bemenő adatokat**.

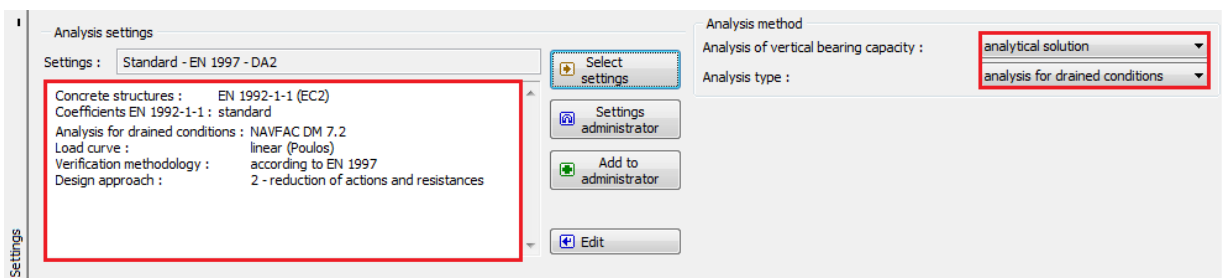
## Kikötések megadása

A Beállítások menüben a Beállítások kiválasztása gombra kattintunk (képernyő bal alsó sarka) és kiválasztjuk a “Szabvány – EN 1997 – DA2” beállítást. Továbbá a függőleges teherbírás-számítás módszerére beállítjuk az analitikus megoldási módot. A mi esetünkben **drénezett körülményekre** számítjuk a cölöpöt.



“Beállítások listája” párbeszédablak

A cölöp számítására a NAVFAC DM 7.2 módszert fogjuk használni, ami az alapértelmezett számítási beállítás (lásd ábra).



“Számítási beállítások” menü

A következő lépésben megadjuk a talajkörnyezetet. Hagyjuk ki a  $k_h$  tényezőt, mivel ebben a feladatban nem számolunk keresztirányú erővel. Esetünkben nem számít a „Szóródási szög  $\beta$ ” értéke, mivel ez a paraméter nem befolyásolja a cölöp függőleges teherbírását.

Továbbá megadjuk a számításhoz szükséges egyéb talajjellemzőket, és hozzáadjuk azokat a szelvényhez. A NAVFAC DM 7.2 módszerhez először a talajtípust kell megadni, olyan szempontból,

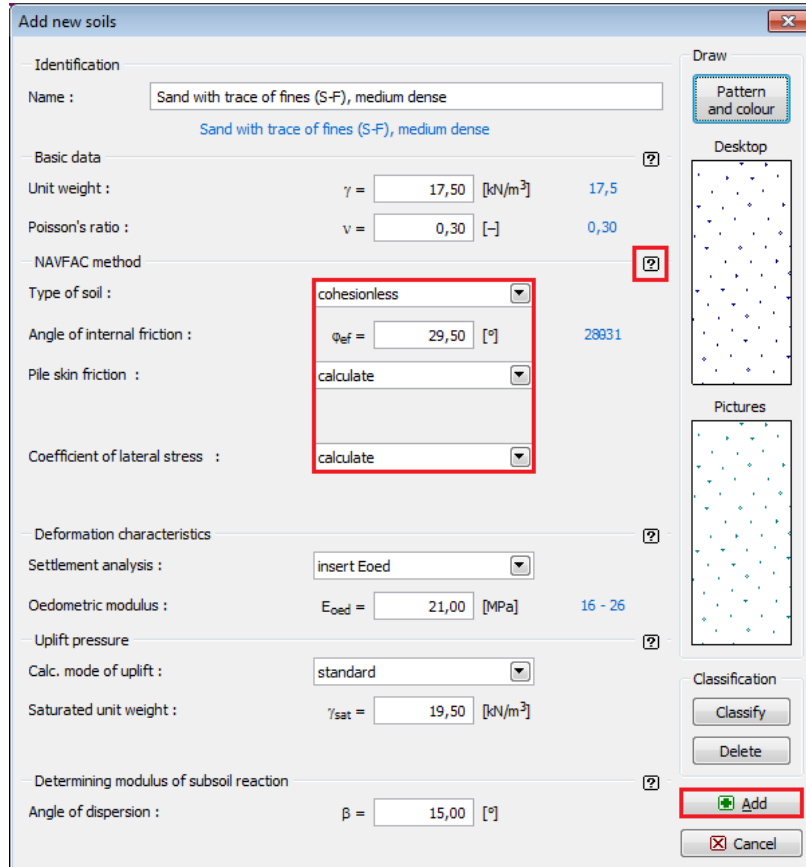
hogy kohéziós vagy kohéziómentes talajunk van. Az összes lejjebb felsorolt talajjellemző befolyásolja a köpenysúrlódás  $R_s$  [kN] mértékét.

Talaj (Talajosztályozás)	Térfogatsúly $\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	Belső súrlódási szög $\varphi_{ef}$ [°]	Talaj kohéziója $c_{ef} / c_u$ [kPa]	Adhéziós tényező $\alpha$ [-]	Teherbírasi együttható $\beta_p$ [-]
CS – Homokos agyag, merev konzisztencia	18.5	24.5	- / 50	0.60	0.30
S-F – Finomrész tartalmú homok, közepesen tömör	17.5	29.5	0 / -	-	0.45

*Talajjellemzők táblázata –Függőleges teherbírás számításához (analitikus megoldás)*

Az első réteget **drénezetlen kohéziós talajként** (F4 osztály, merev konzisztencia) vesszük figyelembe, a talaj teljes kohéziójával kell számolnunk (drénezetlen nyírószilárdság)  $c_u$  [kPa], emellett meg kell adnunk egy úgynevezett adhéziós tényezőt  $\alpha$  [-]. Ezt a tényezőt a konzisztenciához, a cölöp anyagához és a talaj teljes kohéziójához viszonyítva adjuk meg (további részletek a Sűgóban - F1).

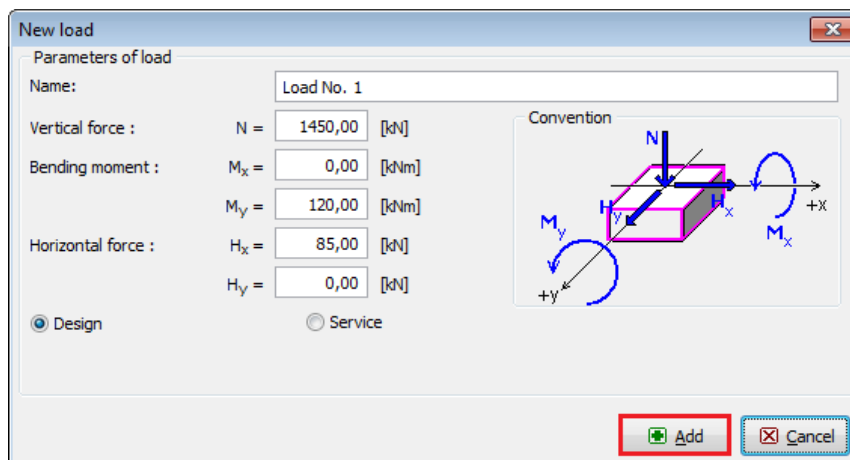
A második réteget **kohéziómentes talajként** vesszük figyelembe (S3 osztály, közepes tömörség), emellett meg kell adnunk a felületi súrlódási szöget  $\delta$  [°], ami függ a cölöp anyagától. Továbbá meg kell adnunk a keresztirányú feszültségi tényezőt  $K$  [-], melynek értéke függ a terhelési iránytól (nyomott vagy húzott cölöp), és a cölöp kivitelezési módjától (további részletek a Sűgóban - F1). A feladat leegyszerűsítése céljából a „számítás” beállítást választjuk ki mindkét tényezőre.



“Új talaj hozzáadása” párbeszédablak

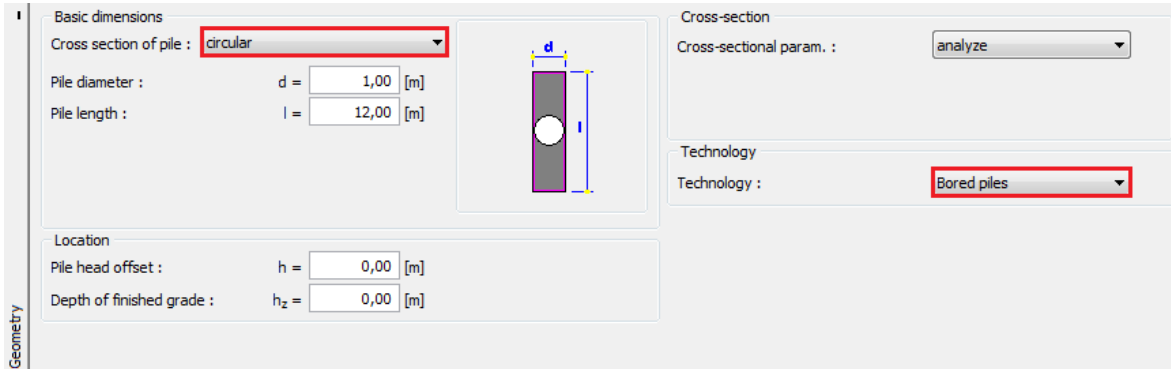
Az „Anyag” menüben megadjuk a cölöp anyagjellemzőit – a szerkezet térfogatsúlya  $\gamma = 23.0 \text{ kN/m}^3$ .

Rákövetkezően megadjuk a cölöpre ható terheket. A teherbírás számításnál a tervezési- (számítási-), míg süllyedésszámításhoz az üzemi terhet vesszük figyelembe.



“Új teher” párbeszédablak

A „Geometria” menüben kör keresztmetszetű cölöpöt adunk meg, annak alapvető méreteivel, mint átmérő és hossz. Ezután megadjuk a cölöp kivitelezési módját.



„Geometria” menü

A TVSZ+altalaj menüt kihagyjuk. A „Fázis beállításokban” meghagyjuk az állandó tervezési állapotot, ezután átlépünk a cölöp ellenőrzésére a „Függőleges teherbírás” menüben.

### Egyedi cölöp függőleges teherbírásának számítása – NAVFAC DM 7.2 számítási módszer

Először a „Függőleges teherbírás” menüben meg kell adnunk számítási tényezőket, amik befolyásolják a cölöptalp ellenállásának mértékét  $R_b$  [kN]. Megadjuk a kritikus mélység  $k_{dc}$  [-] számítási tényezőjét, amely függ a talaj tömörségétől, és amiből a kritikus mélységet származtatjuk. (további részletek a Sűgóban – F1). Erre a tényezőre  $k_{dc} = 1,0$  értéket veszünk most figyelembe.

Egy másik fontos paraméter a teherbírási tényező  $N_q$  [-], melyet a talaj belső súrlódási szöge  $\varphi_{ef}$  [°], és a kivitelezés módja szerint veszünk figyelembe (további részletek a Sűgóban ü F1). A mi esetünkben  $N_q = 10,0$  értékkel számolunk.

**Verification of bearing capacity : NAVFAC DM 7.2**  
 Analysis carried out with automatic selection of the most unfavourable load cases.  
 Factor determining critical depth  $k_{dc} = 1,00$   
 Bearing capacity factor  $N_q = 10,00$

Verification of compressive pile:  
 Most severe load case No. 1. (Load No. 1 - Design)

Pile skin bearing capacity  $R_s = 676,82 \text{ kN}$   
 Pile base bearing capacity  $R_b = 1542,24 \text{ kN}$

Pile bearing capacity  $R_c = 2219,06 \text{ kN}$   
 Ultimate vertical force  $V_d = 1450,00 \text{ kN}$

$R_c = 2219,06 \text{ kN} > 1450,00 \text{ kN} = V_d$   
**Pile bearing capacity is SATISFACTORY**

**Analysis :**   [1] In detail

Select maxima automatically

Analysis NAVFAC DM 7.2  
 Factor determining critical depth :  $k_{dc} = 1,00 [-]$   
 Coefficient  $N_q$  :   
 Coefficient of bearing capacity :  $N_q = 10,00 [-]$

## “Függőleges teherbírás” menü – megoldás NAVFAC DM 7.2 szerint“

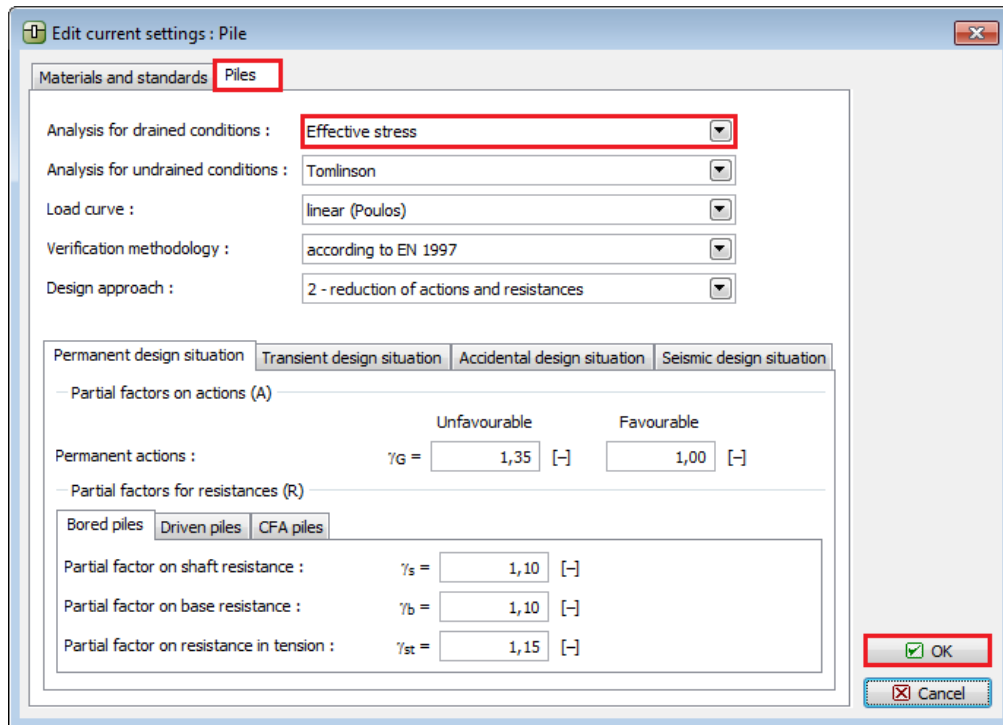
A központosan terhelt cölöp teherbírása  $R_c [kN]$  a köpenysúrlódási ellenállás  $R_s$  és a talpellenállás  $R_b$  összegéből adódik. A megbízhatóság igazolásához ennek az erőnek nagyobbak kell lenni a cölöpre ható tervezési teher  $V_d [kN]$  értékénél.

– **NAVFAC DM 7.2:**  $R_c = 2219.06 \text{ kN} > V_d = 1450.0 \text{ kN}$  **MEGFELEL**

## Egyedi cölöp függőleges teherbírásának számítása – Hatékony feszültség számítási módszer

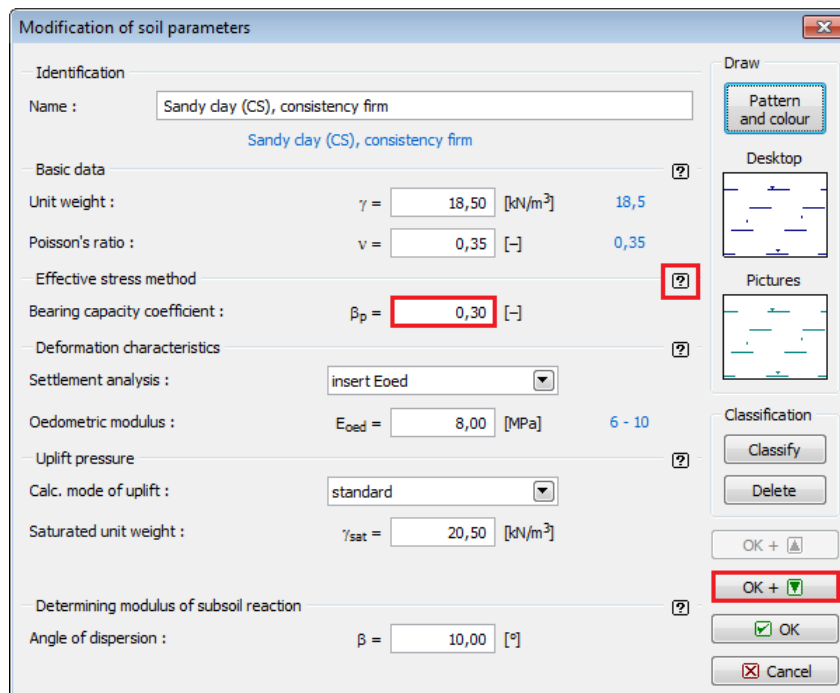
Most visszamegyünk a bemenő adatok beállításához, és lefuttatjuk az egyedi cölöpre vonatkozó függőleges teherbírás számítást más számítási módszerekkel (Hatékony feszültség és CSN 73 1002).

A „Beállítások” menüben a „Szerkesztés” gombra kattintunk. A „Cölöp” fülön a számítás drénezett körülmények között sorban válasszuk ki a hatékony feszültség lehetőséget. A többi paramétert hagyjuk változatlanul.



“Beállítások szerkesztése” párbeszédablak

Ezután lépünk be a „Talaj” menübe, ahol meg kell adnunk a teherbírasi együtthatót  $\beta_p [-]$ , melynek értéke befolyásolja a köpenysárlódás nagyságát  $R_s [kN]$ . Ennek a paraméternek értéke függ a talaj belső súrlódási szögétől  $\varphi_{ef} [^\circ]$  és a talajtípustól (további részletek a Sűgőban – F1).



“Talajparaméterek szerkesztése” párbeszédablak

A többi menü változatlan marad. Most lépünk be a „Függőleges teherbírás” menübe. A **Hatékony feszültség** módszerhez meg kell adnunk  $N_p [-]$  teherbírési tényezőt, mely jelentősen befolyásolja a talpellenállást. Ezt a paramétert a talaj belső súrlódási szöge  $\varphi_{ef} [^\circ]$ , és a talaj típusa határozza meg (további részletek a Sűgóban - F1).

A paraméter eredményekre gyakorolt hatását a következő táblázat mutatja be :

- $N_p = 10$  értékkel (cölöp *agyagos* talajon):  $R_b = 1542.24 \text{ kN}$ ,
- $N_p = 30$  értékkel (cölöp *homokos* talajon):  $R_b = 4626.71 \text{ kN}$ ,
- $N_p = 60$  értékkel (cölöp *kavicsos* talajon):  $R_b = 9253.42 \text{ kN}$ .

A mi feladatunkban  $N_p = 30$  teherbírési tényezőt vehetünk figyelembe (a cölöptalp alatt homokos talaj van). Az  $N_p$  értékének felvételére útmutatást találhat a Sűgóban – további részletekért nyomja meg az F1 gombot.

**Verification of bearing capacity : effective stress method**  
 Analysis carried out with automatic selection of the most unfavourable load cases.

Verification of compressive pile:  
 Most severe load case No. 1. (Load No. 1 - Design)

Pile skin bearing capacity  $R_s = 1546,09 \text{ kN}$   
 Pile base bearing capacity  $R_b = 4626,71 \text{ kN}$   
 Pile bearing capacity  $R_c = 6172,80 \text{ kN}$   
 Ultimate vertical force  $V_d = 1450,00 \text{ kN}$

$R_c = 6172,80 \text{ kN} > 1450,00 \text{ kN} = V_d$   
**Pile bearing capacity is SATISFACTORY**

**Analysis:**  
 Select maxima automatically  
 Analysis effective stress method  
 Coefficient of bearing capacity :  $N_p = 30,00 [-]$

“Függőleges teherbírás menü– számítás Hatékony feszültség módszere szerint”

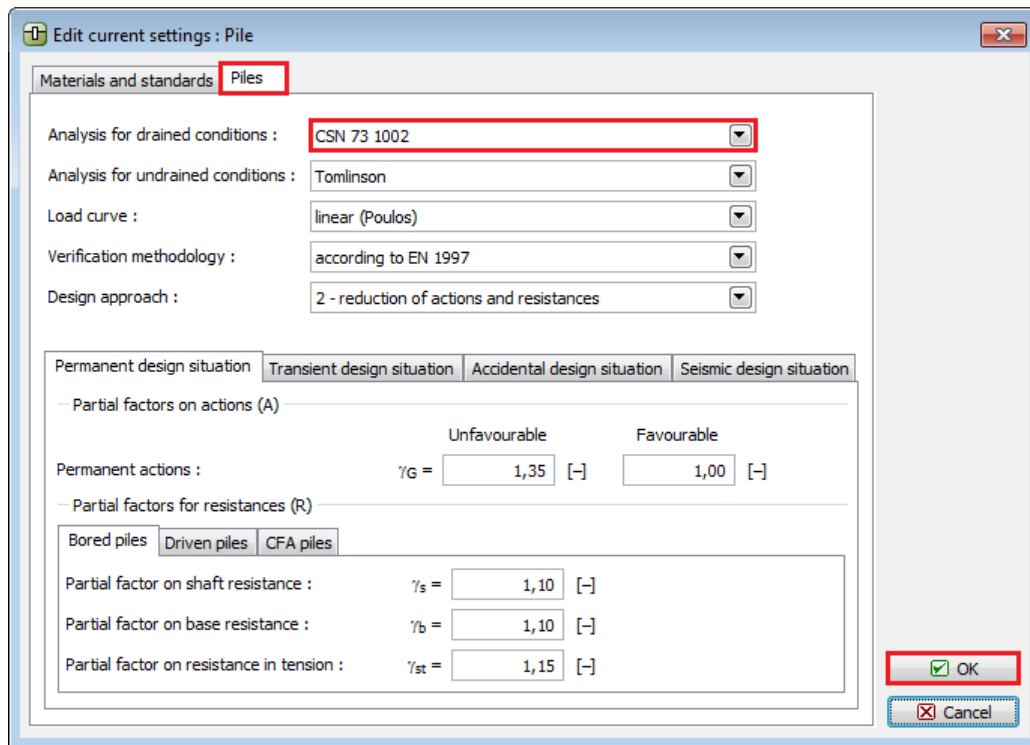


– **Hatékony feszültség:**  $R_c = 6172.8 \text{ kN} > V_d = 1450.0 \text{ kN}$

MEGFELEL

### Egyedi cölöp függőleges teherbírásának számítása– CSN 73 1002 számítási módszer

Visszatérünk a „Beállítások” menübe, ahol a „jelenlegi beállítások szerkesztése” párbeszédablakban a drénezett körülmények között alkalmazott számításra „CSN 73 1002” módszert állítunk be. Az összes többi paraméter változatlan marad.



„Jelenlegi beállítások szerkesztése” párbeszédablak

*Megjegyzés: a számítási módszert bemutatja a „Cölöpalapozások – Megjegyzések a CSN 73 1002-höz” (3. fejezet: Tervezés, B rész – Általános megoldás a határállapot elmélet 1. csoportja szerint, 15. oldal) publikáció. Minden programművelet ennek a publikációnak az összefüggéseire épül, kivéve a számítási együtthatókat, melyek a kiértékelési módszertanból adódnak (további részletek a Súgóban – F1).*

Ezután újra visszatérünk a „Függőleges teherbírás” menübe. Hagyjuk a technológiai hatást befolyásoló tényezőt 1.0 értékkel egyenlőnek (a cölöp függőleges teherbírása számításakor nem vesszük figyelembe a kivitelezési módszerből adódó csökkentő tényezőt).

“Függőleges teherbírás – CSN 73 1002 szerinti számítás” menü

– **CSN 73 1002:**  $R_c = 5776.18 \text{ kN} > V_d = 1450.0 \text{ kN}$  **MEGFELEL**

## Egyedi cölöp függőleges teherbírás számításának eredményei

A különböző számítási módszerekkel vizsgált egyedi cölöp függőleges teherbírása  $R_c$  eltér az egyes számítási módszerek szerint, valamint a különböző számítási módszereknél a szükséges bemenő paraméterek is eltérőek.

**NAVFAC DM 7.2:**

- adhéziós tényező  $\alpha$  [-],
- cölöp köpenysúrlódási szög  $\delta$  [°],
- keresztirányú feszültségi tényező  $K$  [-],
- kritikus mélység tényezője  $k_{dc}$  [-],
- teherbírás tényező  $N_q$  [-].

**EFFECTIVE STRESS:** cölöp teherbírás tényező  $\beta_p$  [-],

teherbírasi tényező  $N_p [-]$ .

CSN 73 1002: talaj kohéziója  $c_{ef} [kPa]$ ,

talaj belső súrlódási szöge  $\varphi_{ef} [^\circ]$ .

Az egyedi cölöp drénezett körülmények közötti függőleges teherbírásának számítása a különböző módszerek szerint a következő táblázatban olvasható:

EN 1997-1, DA2 (drénezett körülmények) Számítási módszer	Köpenysúrlódási ellenállás $R_s [kN]$	Cölöp talpellenállása $R_b [kN]$	Függőleges teherbírás $R_c [kN]$
NAVFAC DM 7.2	676.82	1542.24	2219.06
EFFECTIVE STRESS	1546.09	4626.71	6172.80
CSN 73 1002	1712.58	4063.60	5776.18

*Eredmények összegzése – Cölöp függőleges teherbírása drénezett körülmények között*

A központosan terhelt egyedi cölöp teherbírása  $R_c$  nagyobb a rá ható tervezési teher értékénél  $V_d$ . Az alapvető megbízhatóság teherbírasi határállapotban biztosított, így a cölöp kialakítás megfelelő.

### Következtetés

Az eredményekből látszik, hogy a különböző számítások esetében a függőleges teherbírás különböző. Ezt az eltérő bemenő paraméterek, és a számítási módszerek együttesen okozzák.

A cölöp értékelése egyrészt függ a választott számítási módszertől, másrészt a megadott talajjellemzőktől. A mérnöknek mindig annak tudatában kell módszert választani, hogy milyen talajjellemzők állnak rendelkezésére, például mely adatokat találja meg a geológiai felmérésben, és melyik módszer felel meg a helyi gyakorlatnak.

Helytelen a cölöp olyan módon való vizsgálata, hogy az összes számítási módszerrel kiszámítjuk, és abból kiválasztjuk a legjobb, illetve legrosszabb esetet.

A Cseh Köztársaságban és Szlovákiában a GEO 5 szoftver készítői a következő két módszert ajánlják egyedi cölöp függőleges teherbírasi számítására:

- számítást a megengedett maximális süllyedésre való korlátozással  $s_{lim} = 25 \text{ mm}$  (számítás **Masopust** szerint, amely diagram egyenletek regressziójára alapszik).
- Számítás **CSN 73 1002** szerint. A cölöpszámítás módszere megfelel a CSN-ben foglaltaknak, viszont a terhek, a talajjellemzők, és cölöppenállás csökkentő tényezői EN 1997-1 szerintiek. Ez a számítás tökéletesen megfelel az EN 1997-1 előírásainak.