

Výpočet konsolidace pod silničním náspem

Program: Sedání

Soubor: Demo_manual_11.gpo

V tomto inženýrském manuálu je vysvětlen výpočet časového průběhu sedání (konsolidace) pod vybudovaným náspem.

Úvod

Konsolidace zemin uvažuje časový průběh sedání (výpočet deformace zemního tělesa) pod účinkem vnějšího (konstantního či proměnného) zatížení. Vlivem tohoto přetížení dochází k nárůstu napětí v zemním tělese a postupnému vytlačování vody z pórů, tj. ke konsolidaci zeminy.

Primární (filtrační) konsolidace odpovídá stavu, kdy dochází k úplnému rozptýlení pórových tlaků v zemině, sekundární konsolidaci ovlivňují reologické procesy ve skeletu zeminy (tzv. creeping effect). Jedná se o časově závislý proces, který je ovlivněn mnoha faktory (například propustností a stlačitelností zemin, délkou drenážní cesty aj.). Z hlediska dosaženého stupně konsolidace rozeznáváme následující případy sedání terénu:

- konečné sedání odpovídající stoprocentní konsolidaci od daného přetížení,
- částečné sedání odpovídající konkrétnímu stupni konsolidace od daného přetížení.

Pro výpočet časového průběhu sedání je zapotřebí stanovit rovněž koeficient filtrace „ k “ nebo součinitel konsolidace c_v , který určuje samotnou rychlost konsolidace. Tento parametr se získá na základě laboratorních zkoušek provedených v edometru (podle Casagrandeho či Taylora).

Zadání úlohy

Určete velikost sedání pod středem násypu vybudovaného na nepropustném jílovitém podloží po jednom roce a po deseti letech od jeho vybudování. Výpočet sedání provedte podle ČSN 73 1001 (pomocí edometrického modulu), omezení deformační zóny uvažujte pomocí koeficientu strukturní pevnosti.

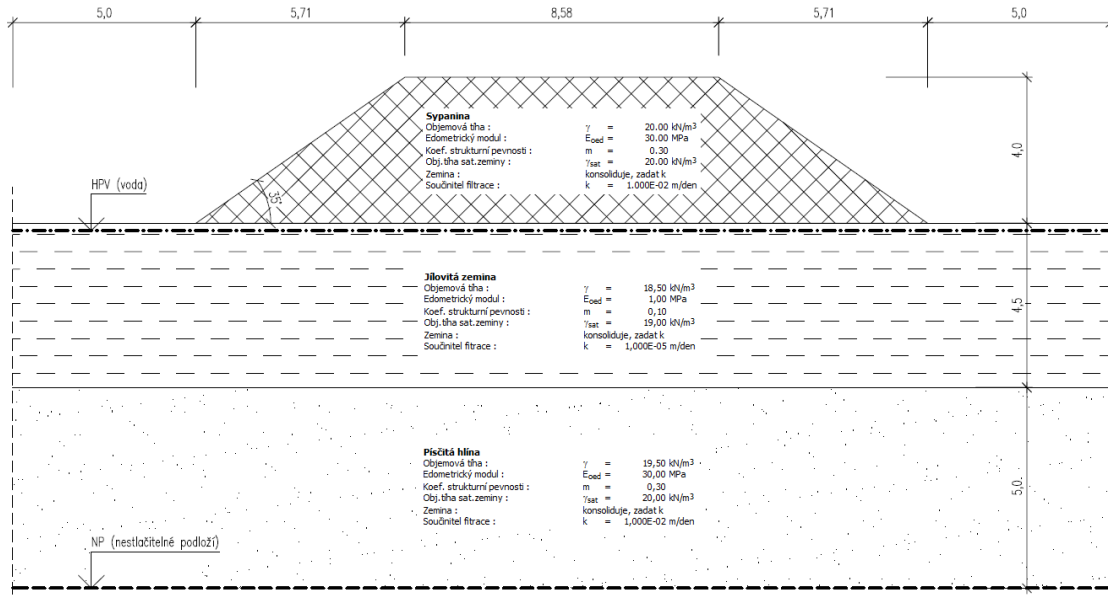


Schéma řešeného příkladu – konsolidace silničního násypu

Řešení

K výpočtu této úlohy použijeme program GEO5 – Sedání. V následujícím textu postupně popíšeme řešení příkladu po jednotlivých fázích:

- 1. fáze budování: modelování rozhraní, výpočet původní geostatické napjatosti,
- 2. fáze budování: přidání přitížení násypem,
- 3. až 5. fáze budování: výpočet konsolidace násypu v různých časových intervalech (podle zadání této úlohy),
- vyhodnocení výsledků (závěr).

Fáze budování 1

V rámu „Nastavení“ zatrhneme políčko „Počítat konsolidaci“. Dále pomocí tlačítka „Vybrat nastavení“ zvolíme nastavení pro výpočet sedání z příslušného seznamu. Vybereme nastavení č. 8 – „Česká republika – původní normy ČSN“ Toto nastavení určuje metodu výpočtu sedání a způsob omezení deformační zóny.

Rám „Nastavení“

Poznámka: Tento výpočet uvažuje tzv. primární konsolidaci (disipace pórových tlaků). Sekundární sedání (vliv creep), které může nastat především u nekonsolidovaných a organických zemin, není v tomto příkladu řešeno.

Následně zadáváme rozhraní vrstev v rámu „Rozhraní“. Základem je zvolit dvě vrstvy, mezi nimiž probíhá konsolidace zemin. Nejprve nastavíme rozměry úlohy tlačítkem „Nastavit rozsahy“.

Nastavení rozsahů úlohy

Dále zadáme dvě rozhraní vrstev pomocí tlačítka „Přidat rozhraní“ a přidáme jednotlivé body rozhraní textově. Rozmezí mezi rozhraními bude v hloubce 4,5 m.

Přidat body textově

— Body upravovaného rozhraní —

Číslo	x [m]	z [m]
➤ 1	-15,00	0,00
2	15,00	0,00

OK
Uprav rozhraní

Storno

Zadání rozhraní 1

Přidat body textově

— Body upravovaného rozhraní —

Číslo	x [m]	z [m]
➤ 1	-15,00	-4,50
2	15,00	-4,50

OK
Uprav rozhraní

Storno

Zadání rozhraní 2

Poznámka: Pokud je zemina homogenní, je pro výpočet konsolidace nutné zadat fiktivní vrstvu (stejně parametry dvou vrstev zemin, které jsou odděleny novým rozhraním), nejlépe v hloubce deformační zóny.

Poté se přesuneme do rámu „Nestlačitelné podloží“. Zde definujeme nové nestlačitelné podloží v hloubce 10 m zadáním souřadnic bodů obdobně jako u modelování rozhraní. Pod touto zónou již nedochází k žádnému sedání.

Přidat body textově Upravit bod (číslo 2) Odstranit bod (číslo 2)

— Body nového nestlačitelného podloží —

Číslo	x [m]	z [m]
1	-15,00	-10,00
➤ 2	15,00	-10,00

OK
Zadej nestlačitelné podloží

Storno

Rám „Nestlačitelné podloží“

V dalším kroku se přesuneme do rámu „Zeminy“, kde zadáme parametry zemín podle tabulky uvedené níže. U konsolidujících zemín je zapotřebí zadat buď koeficient filtrace „ k “ nebo součinitel konsolidace „ c_v “ (více informací v nápovědě – F1).

Tabulka s parametry zemín

Zemina (specifikace, zatřídění)	Objemová tíha γ [kN/m^3]	Poissonovo číslo ν [-]	Edometrický modul E_{oed} [MPa]	Koeficient strukturní pevnosti m [-]	Objemová tíha sat. zeminy γ [kN/m^3]	Součinitel filtrace k [m/den]
Jílovitá zemina	18,5	0,35	1,0	0,1	19,0	$1,0 \cdot 10^{-5}$
Sypanina	20,0	0,3	30,0	0,3	20,0	$1,0 \cdot 10^{-2}$
Písčítá hlína	19,5	0,3	30,0	0,3	20,0	$1,0 \cdot 10^{-2}$

Tyto zeminy poté v rámu „Přiřazení“ přiřadíme do profilu následovně:

The screenshot shows the GEO5 software interface. The main window displays a 2D cross-section of a soil profile. The x-axis represents distance in meters, ranging from -14,00 to 14,00. The profile consists of two layers: a top layer (1) with a light blue dashed pattern and a bottom layer (2) with a red diagonal hatched pattern. The right sidebar shows the 'Přiřazení' (Assignment) menu selected. The bottom panel shows the 'Přiřazení' table with two rows: '1 Jílovitá zemina' and '2 Písčítá hlína'.

Přiřazení zemín

Přetížení v 1. fázi budování neuvažujeme, protože v tomto příkladě bude reprezentováno až samotným tělesem násypu (ve fázích 2 až 5).

Následně v rámu „Voda“ zadáme hladinu podzemní vody (dále jen HPV) pomocí bodů rozhraní, v našem případě v úrovni povrchu terénu.

Přidat body textově

— Body nové HPV —

Číslo	x [m]	z [m]
1	-15,00	0,00
2	15,00	0,00

OK Zadej HPV

Storno

Zadání HPV

V rámu „Nastavení fáze“ se zadává pouze horizontální rozmístění a svislé zahuštění výpočtových sond, pro tuto úlohu ponecháme standardní nastavení.

Rozmístění a zahuštění sond : standardní

— Horizontální rozmístění —

Způsob rozmístění : přesné

Doplnění sond : počtem úseků

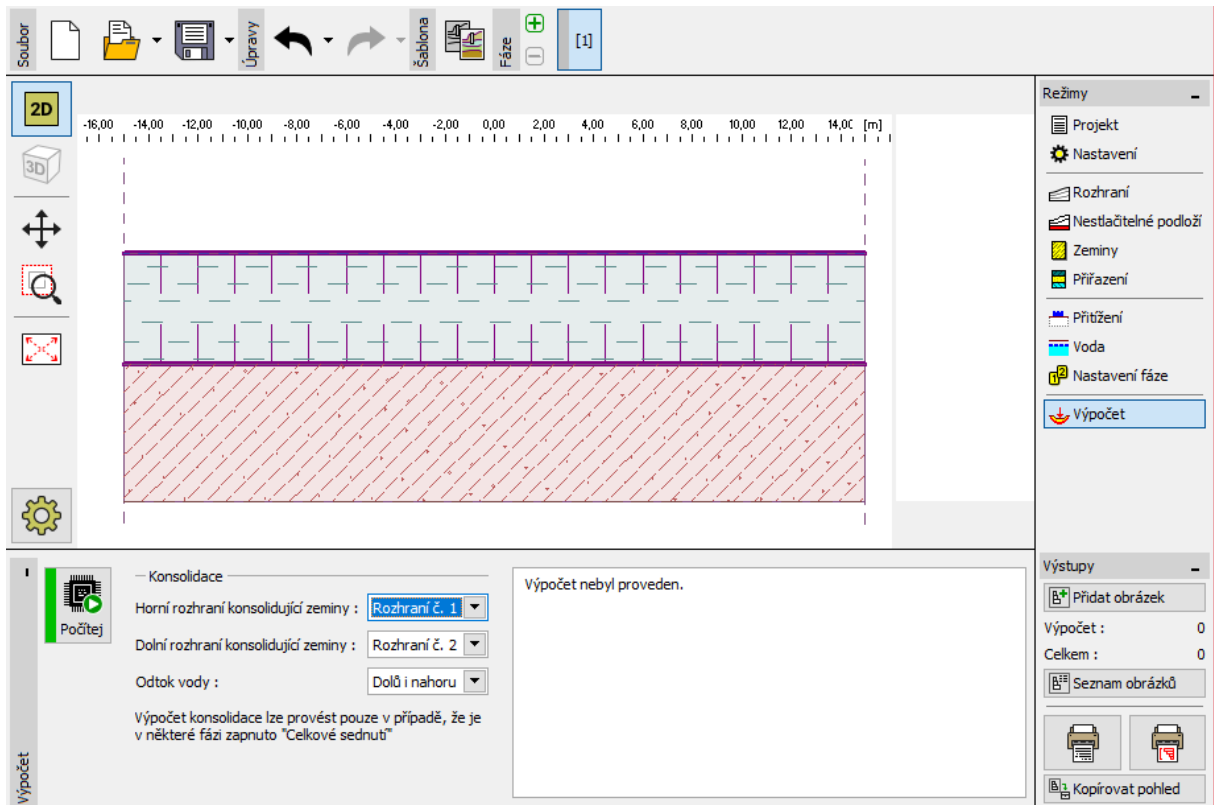
Počet úseků : 20

— Svislé zahuštění —

Číslo	Od hloubky [m]	Zahuštění [m]
1	0,00	0,10
2	2,00	0,30
3	5,00	0,50
4	10,00	2,00
5	30,00	10,00

Rám „Nastavení fáze“

První fáze výpočtu představuje určení původní geostatické napjatosti v počátečním čase výstavby. V rámu „Výpočet“ je nutné zadat základní okrajové podmínky pro výpočet konsolidace v dalších fázích. Zadává se horní a dolní rozhraní konsolidující zeminy a směr odtoku vody z této vrstvy – tzv. drenážní dráha. V tomto případě volíme odtok vody dolů i nahoru, protože nestlačitelné podloží se nachází až mimo oblast konsolidující vrstvy zeminy.



Rám „Výpočet“ – fáze budování 1

Fáze budování 2 až 5

Nyní přejdeme k zadávání 2. fáze budování pomocí nástrojové lišty v horní části obrazovky.

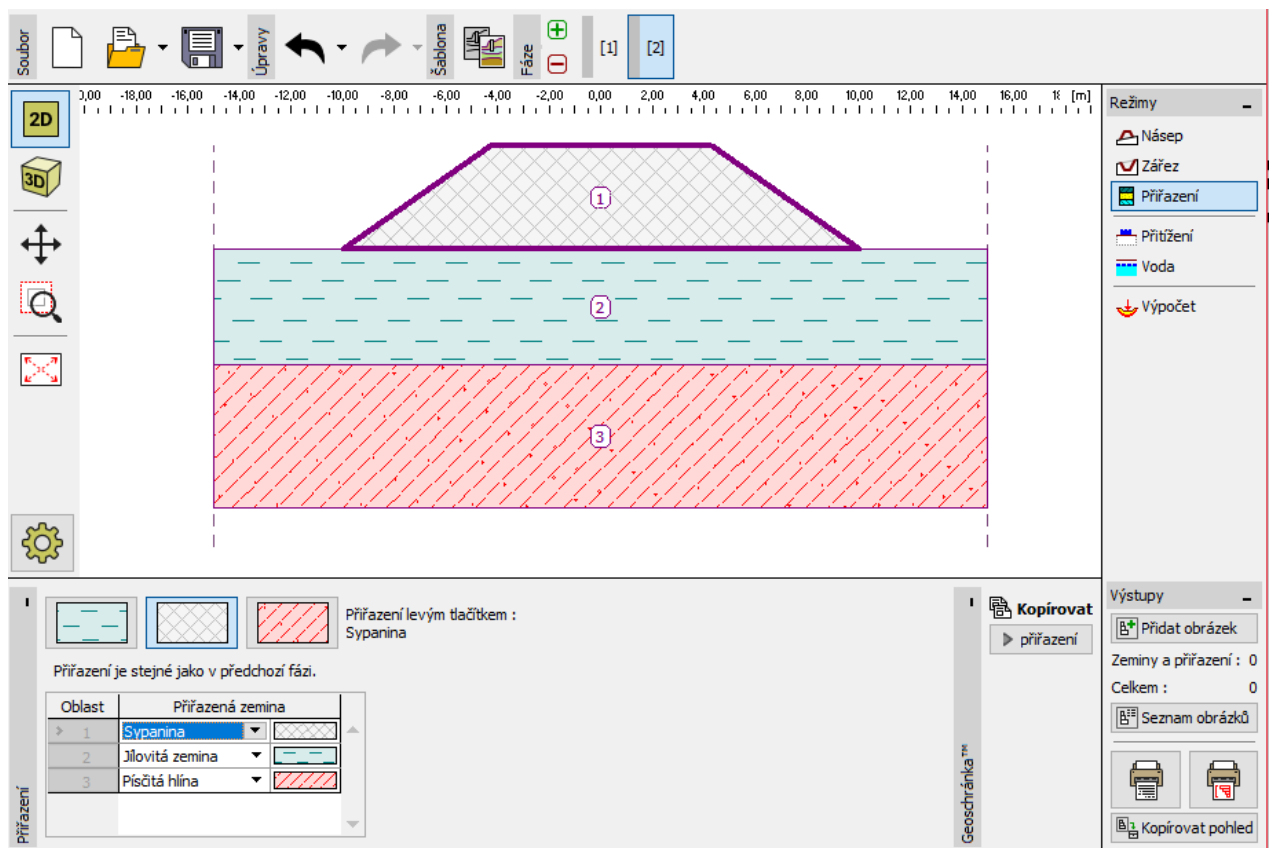


Nástrojová lišta Fáze – přidat

Následně v rámu „Násep“ definujeme samotné těleso násypu pomocí zadávání souřadnic jednotlivých bodů:

- bod č. 1: $x = -10,0 \text{ m}$ $z = 0,0 \text{ m}$
- bod č. 2: $x = -4,29 \text{ m}$ $z = 4,0 \text{ m}$
- bod č. 3: $x = 4,29 \text{ m}$ $z = 4,0 \text{ m}$
- bod č. 4: $x = 10,0 \text{ m}$ $z = 0,0 \text{ m}$

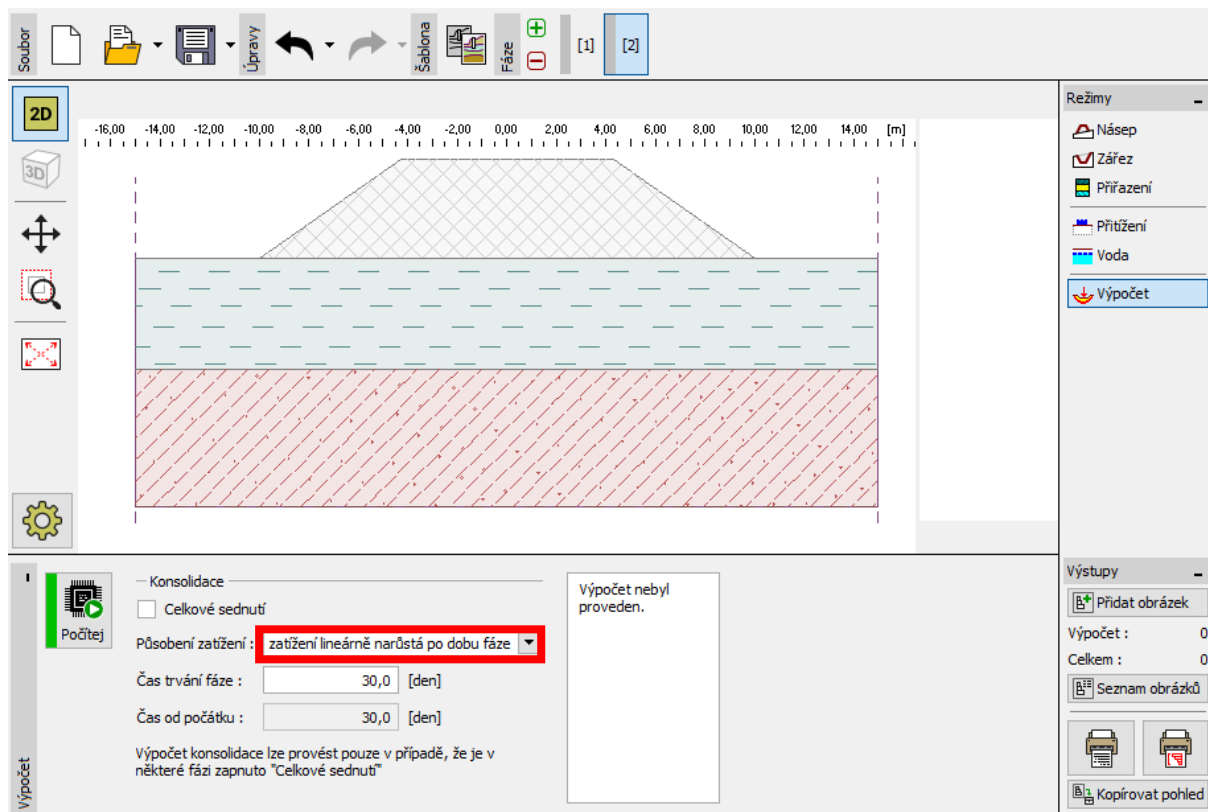
Násypu přiřadíme konkrétní typ zeminy – Sypanina (do oblasti č. 1).



Rám „Přiřazení“ – fáze budování 2

Poznámka: Násyp funguje jako přetížení původního povrchu terénu. Předpokládá se, že kvalitně provedený (optimálně zhutněný) násyp teoreticky nesedá. V praktickém případě však k sednutí dojít může (špatné zhutnění, creep efekt zeminy), toto není programem řešeno.

V rámu „Výpočet“ zadáme čas trvání **2. fáze** (30 dní) odpovídající budování vlastního tělesa násypu. Výpočet celkového sedání však zatím nelze provést, protože při stanovení konsolidace je nutné znát celou historii zatěžování zemní konstrukce, tj. všech fází budování. Jelikož násyp budujeme postupně, uvažujeme ve 2. fázi budování **lineární růst zatížení**.



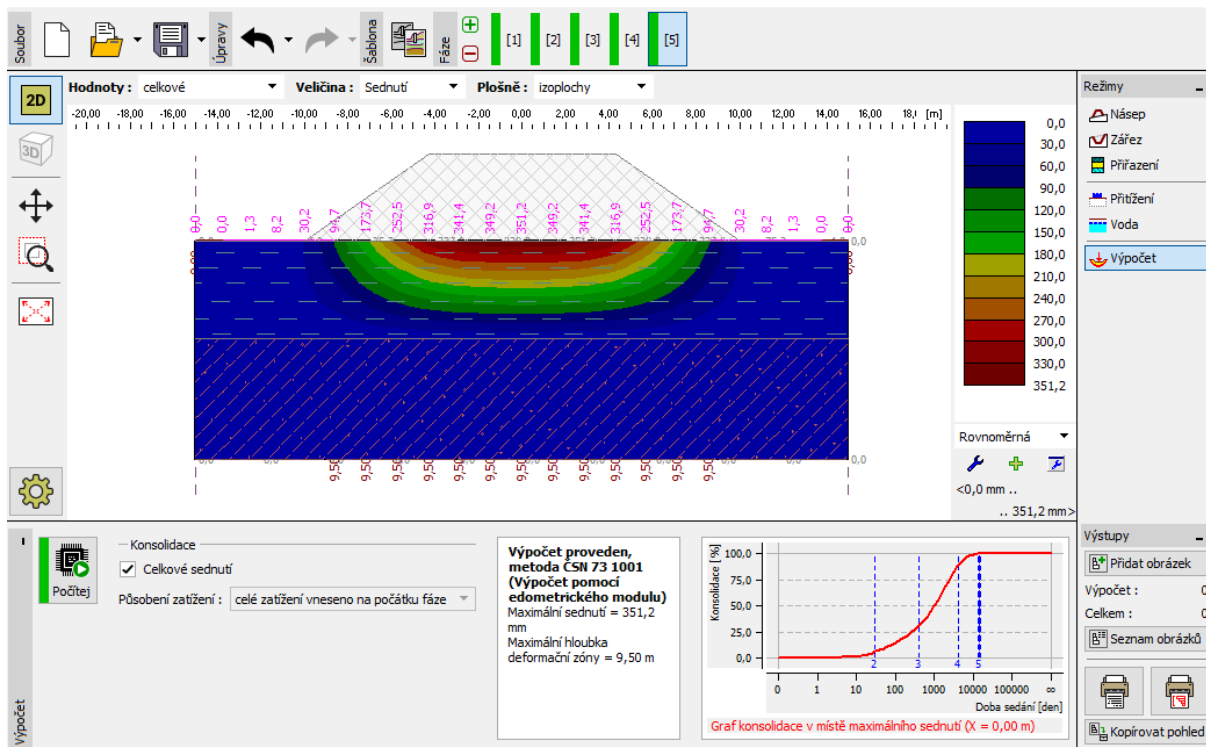
Rám „Výpočet“ – fáze budování 2

Přidáme 3 další fáze budování. V dalších fázích výpočtu zadáme následující časy trvání:

- **3. fáze** – 1 rok tj. **365 dní**
- **4. fáze** – 10 let tj. **3650 dní**
- **5. fáze budování** – celkové sedání

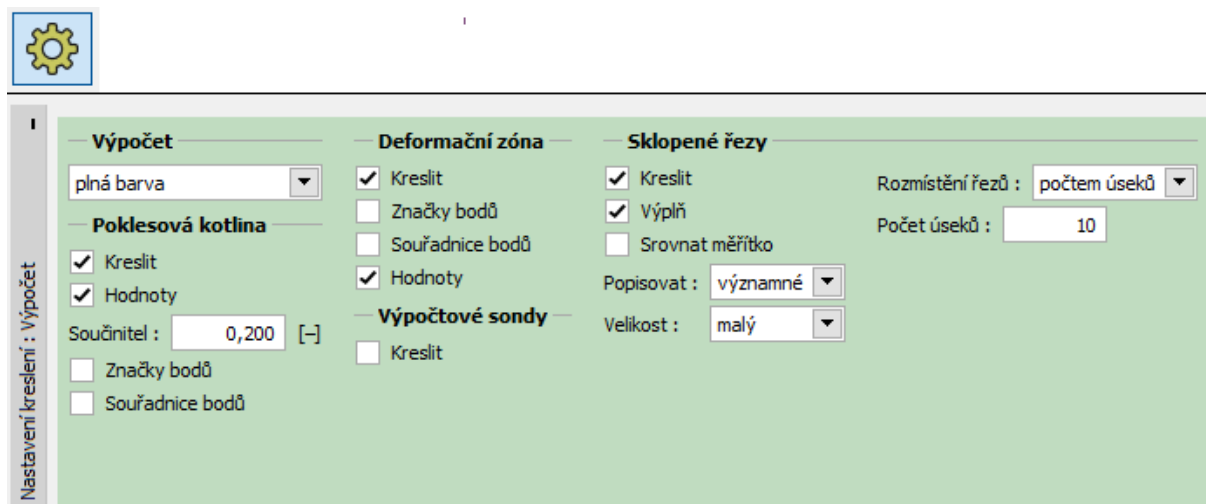
V těchto fázích (3 až 5) již nezadáváme žádné nové přitížení, možnost „Působení zatížení“ tedy není podstatná.

Výpočet konsolidace provedeme v poslední fázi budování, ve které je zapnuto „Celkové sednutí“ (lze zaškrtnout v jakékoliv fázi kromě první).



Rám „Výpočet“ – fáze budování 5

Volba veličin, které se vykreslují na ploše, se provádí v horní části obrazovky. Speciální možnosti zobrazení, jako je např. vykreslení poklesové kotliny, deformační zóny nebo sklopených řezů, se provádí v nastavení kreslení – tlačítko s ozubeným kolečkem na levém okraji obrazovky.



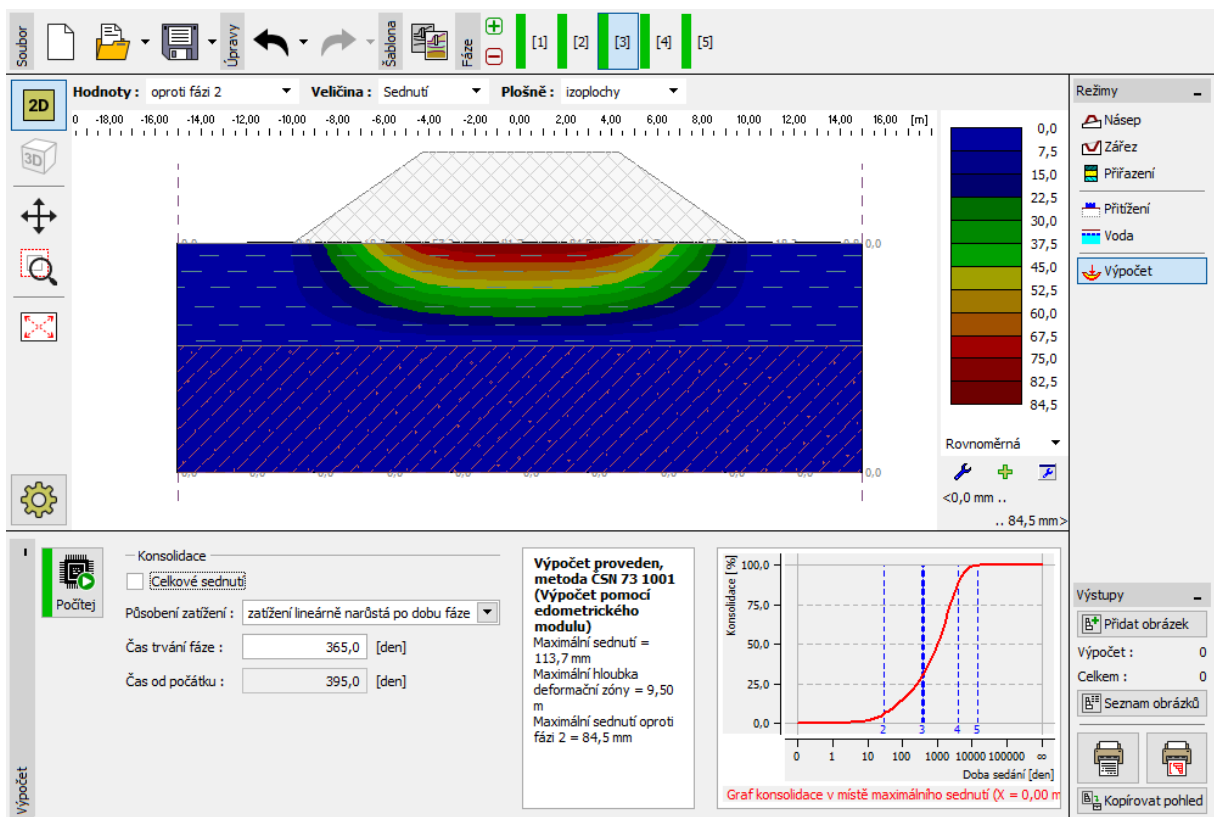
Nastavení kreslení

Výsledky výpočtu

Po výpočtu celkového sedání můžeme sledovat dílčí hodnoty konsolidace pod středem násypu. V jednotlivých fázích budování jsme získali tyto maximální hodnoty sedání:

- fáze 1: pouze geostatická napjatost – sedání se nepočítá,
- fáze 2 (přetížení násypem): pro 30 dní → 29,2 mm,
- fáze 3 (beze změny přetížení): pro 365 dní → 113,7 mm,
- fáze 4 (beze změny přetížení): pro 3650 dní → 311,7 mm,
- fáze 5: celkové sedání → 351,2 mm.

Protože nás zajímá sednutí násypu po jeho vybudování, přepneme zobrazení výsledků ve 3. a 4. fázi (možnost „Hodnoty“ na vodorovné liště v levé horní části desktopu) na volbu „oproti fázi 2“ a odečteme příslušné hodnoty sednutí.



Rám „Výpočet“ – rozdíly v sedání oproti předchozím fázím

Závěr

Sedání násypu (pod jeho středem) v jednom roce od vybudování je tedy 84,5 mm (= 113,7 – 29,2) a po deseti letech 282,5 mm (= 311,7 – 29,2).