

Sypaná hráz – výpočet neustáleného proudění

Program: MKP – Proudění

Soubor: Demo_manual_33.gmk

Úvod

Tento příklad ilustruje použití modulu GEO5 MKP – Proudění při analýze neustáleného proudění podzemní vody skrz homogenní sypanou hráz. Geometrie a materiálové parametry jsou totožné jako v inženýrském manuálu č. 32 (výpočet ustáleného proudění). Úloha se liší v tom, že nyní budeme hledat vývoj hladiny podzemní vody v čase. Výsledkem analýzy je průběh hladiny podzemní vody, rozložení pórových tlaků a hodnoty průtoku ve zvolených časových krocích.

Zadání úlohy

Uvažujte sypanou hráz popsanou v inženýrském manuálu č. 32. Stanovte průběh hladiny podzemní vody v tělese hráze v časech 1 hodina, 1 den, 7 dní, 1 měsíce, 3 měsíce a 1 rok poté, co se zvýšila hladina vody v nádrži z původních 2 m na 9 m. Zjistěte, po jakém čase dojde k ustálení hladiny podzemní vody.

Řešení – zadání vstupních dat

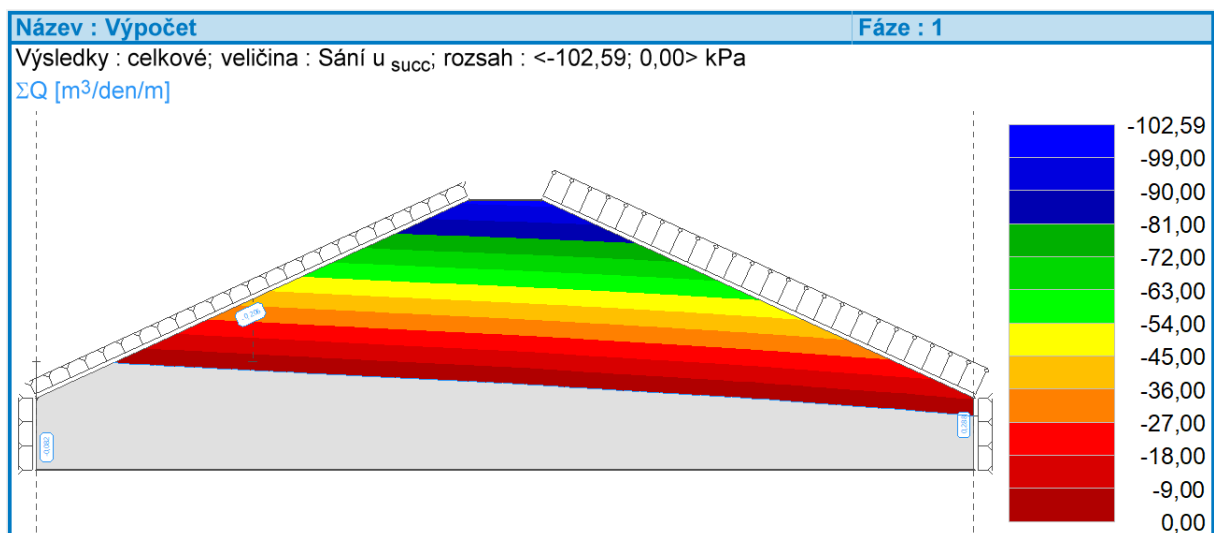
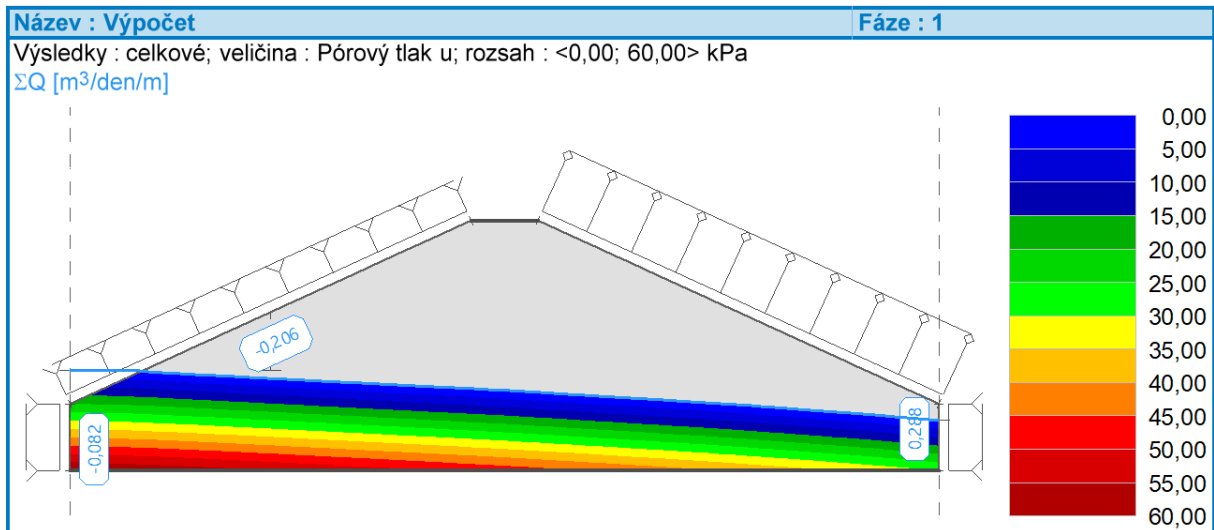
Jelikož jsou geometrie hráze a materiálové parametry shodné s předchozí úlohou, stačí vyjít z příkladu Demo_manual_32.gmk a v režimu *Topo->Nastavení* pouze přepnout typ výpočtu na *Neustálené proudění*. V programu také vybereme možnost *Zadat vodu v 1. fázi pomocí výpočtu ustáleného proudění*.

Výpočetní fáze č. 1 – výchozí hladina ve 2 m

Poznámka: Na rozdíl od úlohy ustáleného proudění nás zajímá vývoj veličin vycházející z určitého počátečního stavu, který musíme ve výpočtu definovat. Zvolením možnosti Zadat vodu v 1. fázi pomocí výpočtu ustáleného proudění získáme výchozí rozložení hladiny podzemní vody a pórových tlaků standardním výpočtem ustáleného proudění v první fázi, a to jak pod hladinou podzemní vody (pórový tlak), tak i nad ní (sání).

Okrajové podmínky v první výpočetní fázi – výchozí ustálené proudění

Okrajové podmínky i výsledky analýzy v první výpočetní fázi jsou shodné s první fází příkladu u inženýrského manuálu č. 32. Řeší se zde zcela identická úloha. Výchozí průběh hladiny a rozložení pórového tlaku a sání ukazují následující dva obrázky.



Rozložení pórového tlaku a sání (pórového tlaku nad hladinou podzemní vody) v první výpočetní fázi – ustálený výchozí stav

Výpočetní fáze č. 2 – hladina v 9 m

V druhé výpočetní fázi předpokládáme okamžité zvýšení hladiny vody v nádrži. Typy okrajových podmínek se v porovnání s první fází nemění. Mění se pouze výška úrovně hladiny podzemní vody na liniích návodního svahu a to z původních 2 m na 9 m.

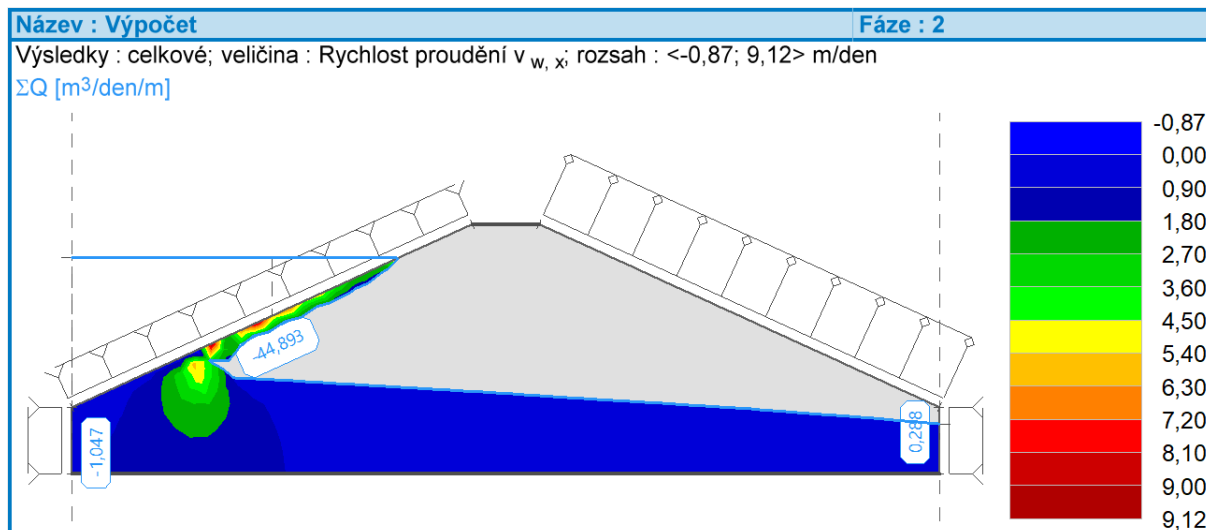
Nastavení časového kroku

Před spuštěním výpočtu neustáleného proudění musíme specifikovat *čas trvání fáze* a způsob, jakým jsou vneseny okrajové podmínky. Dle zadání je zvolen počáteční časový krok $t = 1$ hod = 0,04167 dne. Okrajové podmínky jsou do výpočtu vneseny *na začátku fáze*.

Poznámka: Program GEO5 MKP – Proudění umožňuje vnesení okrajových podmínek na počátku výpočetní fáze, nebo jejich lineární nárůst v průběhu celé doby trvání fáze. V této úloze je zvolena první možnost, která odpovídá okamžitému zvýšení hladiny v nádrži.

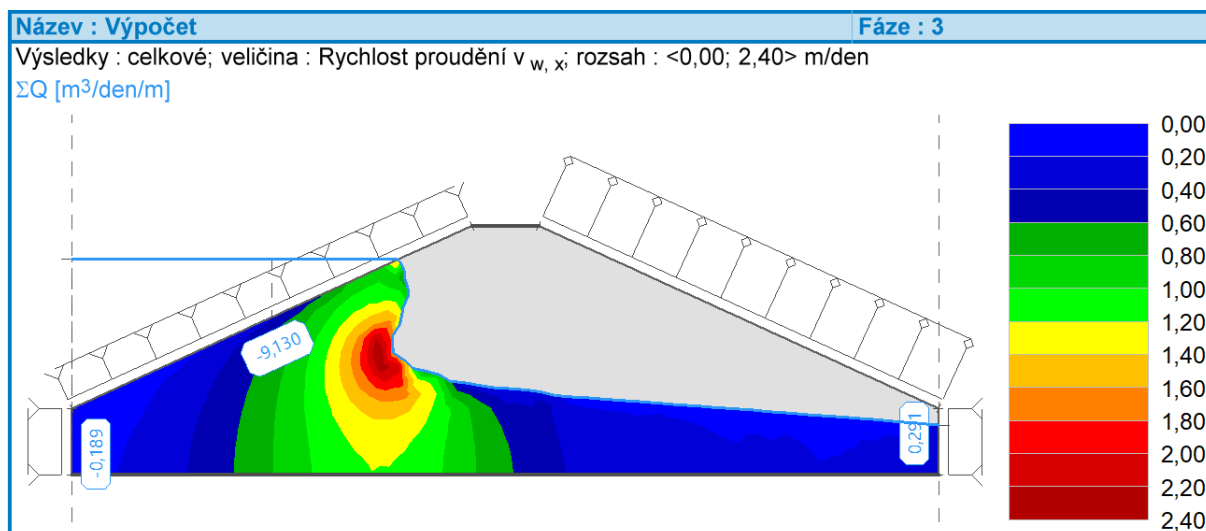
Výsledky druhé výpočetní fáze

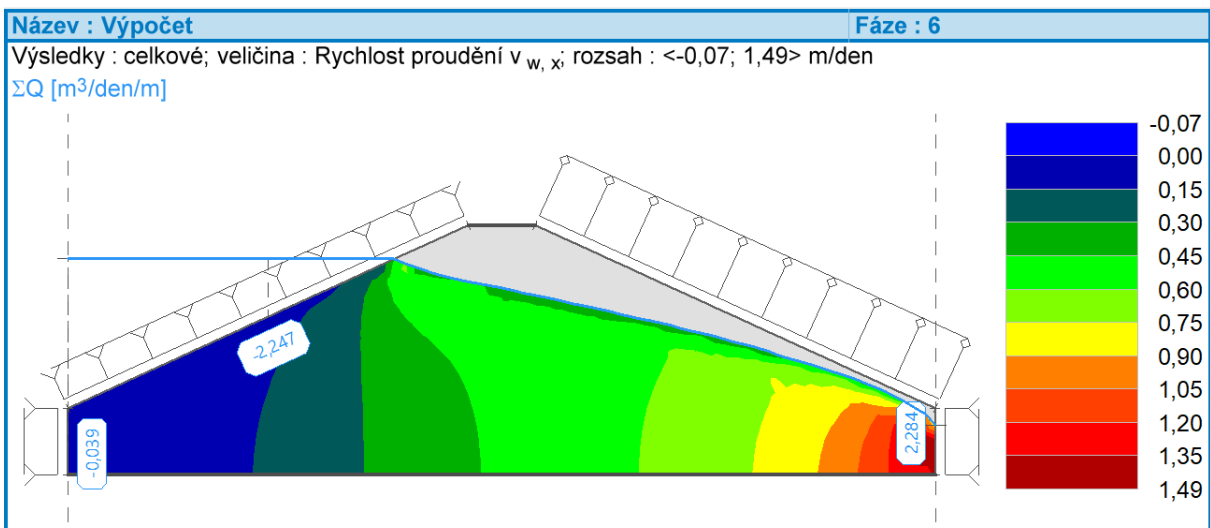
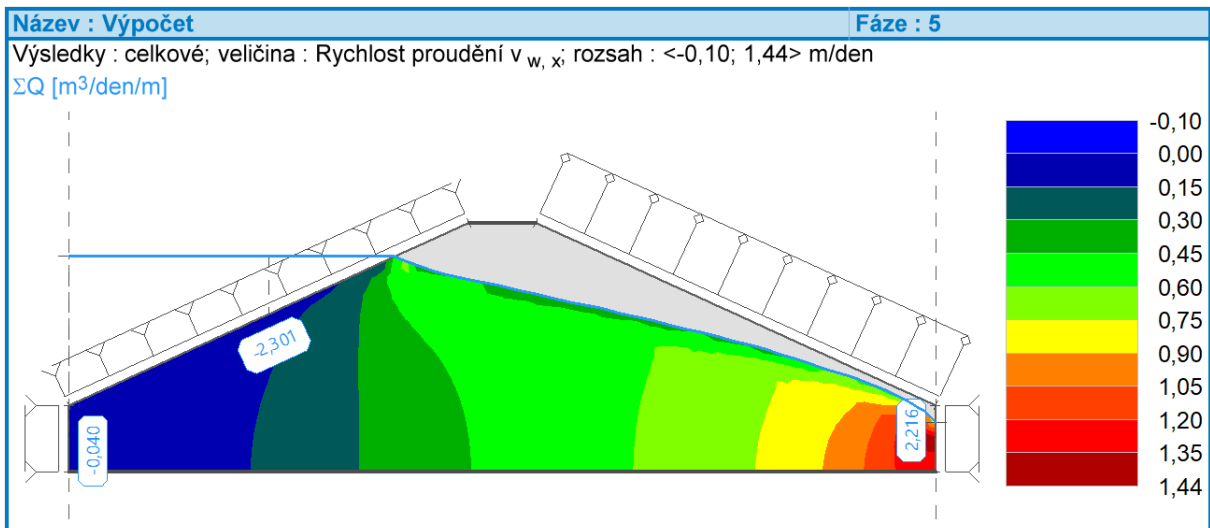
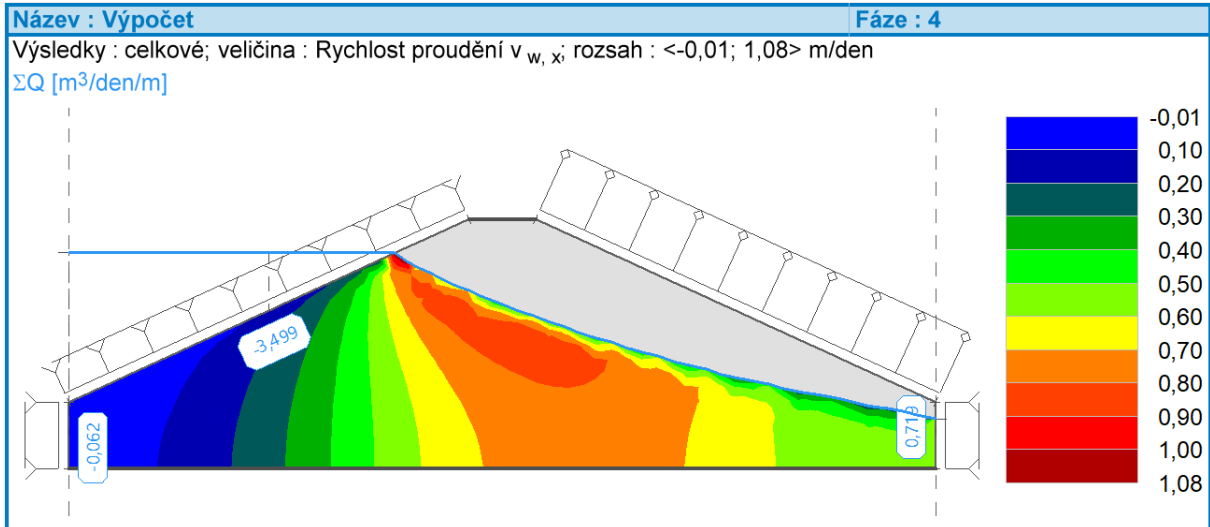
Z průběhu hladiny podzemní vody na obrázku níže je patrné, že v krátkém čase druhé fáze ještě nedošlo k ustálení hladiny podzemní vody do typického tvaru, ale hladina prakticky kopíruje návodní svah a voda stačila proniknout pouze do hloubky kolem 1 m. Rozdíl mezi vtokem do modelu ($1,05 + 44,89 \text{ m}^3/\text{den}/\text{m}$) a výtokem z modelu ($0,29 \text{ m}^3/\text{den}/\text{m}$) naznačuje, že dochází k rychlému sycení materiálu hráze.

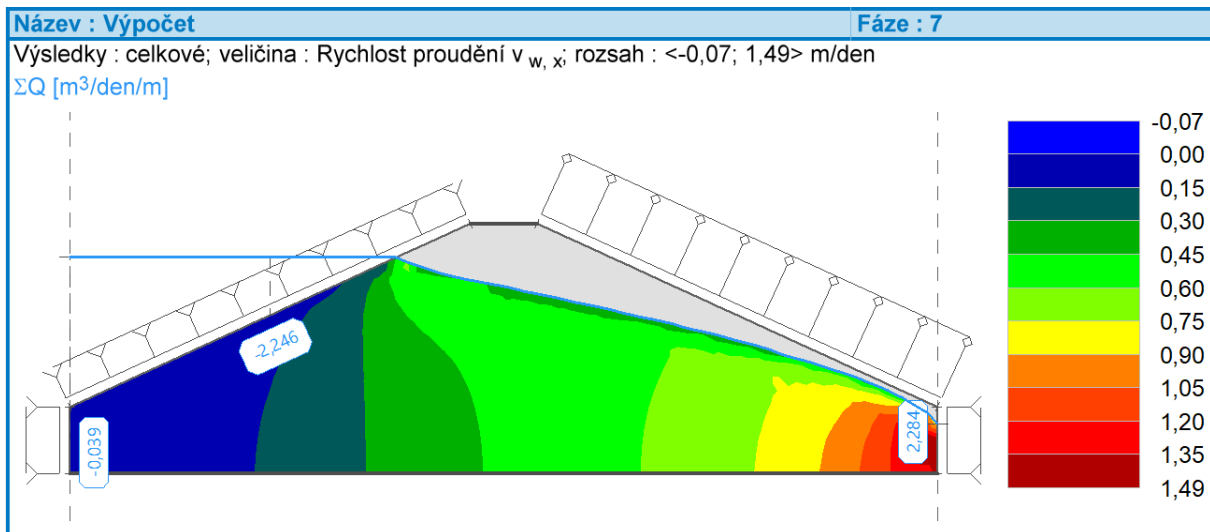


Následující výpočetní fáze

V následujících výpočetních fázích jsou okrajové podmínky zachovány nezměněné. Ve fázích 3 – 7 chceme získat výsledky v časech 1 den, 7 dní, 28 dní, 90 dní a 365 dní. Časy na konci jednotlivých fází měřené od počáteční změny okrajových podmínek jsou vždy součtem časů trvání všech dosavadních fází. Čas trvání 3. fáze tedy předepíšeme 0,9583 dne, 4. fáze 6 dní, 5. fáze 21 dní, 6. fáze 62 dní. Poslední 7. fáze trvá 275 dní. Průběhy hladiny podzemní vody v těchto fázích jsou na následujících obrázcích.







Průběh hladiny podzemní vody a rozložení vodorovné rychlosti ve fázích 3-7

Z obrázků je patrné, že během posledních tří fází se již hladina podzemní vody v tělese hráze prakticky nemění a odpovídá tedy ustálenému stavu. O ustáleném stavu vypovídá také srovnání množství vody vtékající a vytékající z modelu. Následující tabulka ukazuje, že v průběhu prvního dne dochází k rychlému sycení tělesa hráze a k vyrovnaní vtoků a výtoků – dosažení ustáleného proudění – dochází mezi 28 a 90 dny od navýšení hladiny v nádrži.

Množství vody vtékající do a vytékající z tělesa hráze za jednotlivá časová období

Čas	Vtok [m ³ /den/m]	Výtok [m ³ /den/m]	Rozdíl [m ³ /den/m]
1 hod	45.94	0.288	45.652
1 den	9.319	0.291	9.028
7 dní	3.561	0.719	2.842
28 dní	2.341	2.216	0.125
90 dní	2.286	2.284	0.002
365 dní	2.285	2.284	0.001

Poznámka: Výsledky posledních dvou fází, které považujeme za ustálený stav, jsou shodné s výsledky řešení předchozí úlohy ustáleného proudění (Inženýrský manuál č. 32). Zde vychází hodnota vtoku do modelu 2,284 m³/den/m a je přesně rovna hodnotě výtoku z modelu.

Závěr

Hladina podzemní vody dosáhne po 90 dnech ustáleného stavu. Z praktického hlediska můžeme hladinu považovat za ustálenou již po 28 dnech, protože po té době se její výška změní jen v řádech centimetrů.