

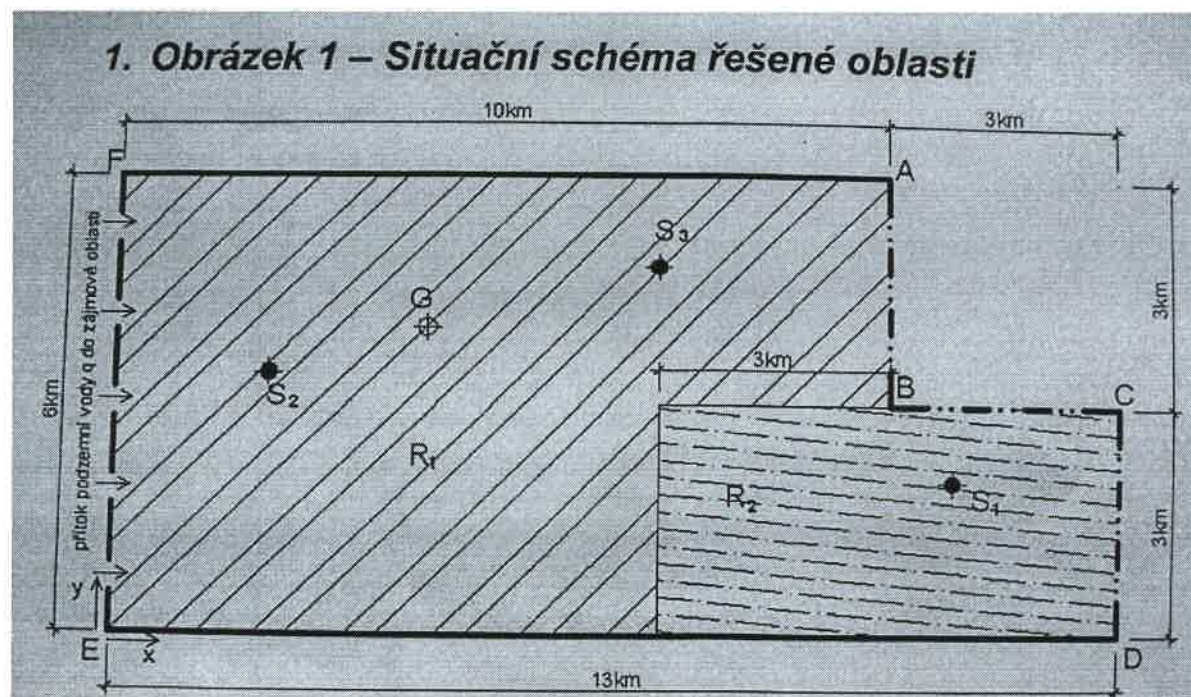
Úvod:

Pomocí numerického modelu byl určen průběh piezometrické výšky ve zvodni s napjatou hladinou pro ustálený stav proudění podzemní vody při odstavených studnách a pro neustálený stav vyvolaný provozem tří studní.

Heterogenní zvoděň se skládá ze dvou homogenních oblastí R_1 a R_2 o shodné mocnosti B . V obrázku 1 je celá oblast proudění vymezená body A, B, C, D, E a F, ve které jsou situovány tři studny. Studny S_1 a studna S_2 jsou vsakovací a studna S_3 čerpací.

Podzemní voda přitéká do oblasti levým okrajem EF. Na pravém okraji oblasti AD je ve třech úsecích AB, BC a CD situována řeka, která je v hydraulickém kontaktu s podzemní vodou ve zvodni. Okraje oblasti AF a ED jsou nepropustné.

Počátek souřadného systému $[0 \text{ km}; 0 \text{ km}]$ se nachází v levém dolním rohu v bodě E. Zvoděň má vodorovnou bázi na kótě ± 0 .



Pro řešení úlohy byl použit program Visual Modflow. K výpočtu průběhu piezometrické výšky byl použit výpočetní modul Modflow, k výpočtu trajektorií výpočetní modul Modpath.

Řešené území je vyobrazeno na obrázku 1. Rozměr řešené oblasti je 13000x6000 m a výška je 100 m. Půdorysně model tvoří pravidelná čtvercová síť 50x50 m. Vertikálně je model tvořen jednou vrstvou o mocnosti 100 m, zavedená jako tlaková zvodeň. Čtverec v horním levém rohu o velikosti 3000x3000 m byl v modelu proveden jako neaktivní oblast. Území bylo rozděleno dle zadání na dvě části – homogenní a heterogenní.

Charakteristiky oblasti a parametry objektů

Model prostředí byl rozdělen na 2 oblasti dle zadaných parametrů prostředí.

Homogenní izotropní oblast R_1 :

Materiál: štěrkový písek

Transmisivita: $T = 1500 \text{ m}^2/\text{d}$

Bylo zapotřebí stanovit hodnoty hydraulické vodivosti K . Ta se určila pomocí následujícího vztahu:

$$K = T/B = 1500/100 = 15 \text{ m/d} = 1,736 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$$

Pro homogenní prostředí platí, že hydraulická vodivost je ve všech směrech stejná: $K_{xx} = K_{yy}$

Pórovitost: $n = 0,20$

Homogenní neizotropní oblast R_2 :

Materiál: štěrkový písek

Transmisivita: $T_{xx} = 2500 \text{ m}^2/\text{d}$

$$T_{yy} = 500 \text{ m}^2/\text{d}$$

Opět byla určena hodnota hydraulické vodivosti K z následujícího vztahu:

$$K_{xx} = T_{xx}/B = 2500/100 = 25 \text{ m/d} = 2,894 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$$

$$K_{yy} = T_{yy}/B = 500/100 = 5 \text{ m/d} = 5,79 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$$

Pórovitost: $n = 0,20$

Oblast R_1 a R_2 :

Mocnost zvodně: $B = 100 \text{ m}$

Storativita zvodně: $S = 1,12 \cdot 10^{-4}$

Specifická storativita: $S_s = S/B = 1,12 \cdot 10^{-4}/100 = 1,12 \cdot 10^{-6}$

V řešené oblasti byly umístěny 2 vsakovací a 1 čerpací studna a 2 pozorovací vrty.

Vsakovací studna S_1 :

Poloha vsakovací studny: $S_1: [10,8 \text{ km}; 2,0 \text{ km}]$

Vsakované množství: $Q_{s1} = 7500 \text{ m}^3/\text{d}$

Vsakovací studna S_2 :

Poloha vsakovací studny: $S_2: [2,0 \text{ km}; 3,4 \text{ km}]$

Vsakované množství: $Q_{s2} = 3600 \text{ m}^3/\text{d}$

Čerpací studna S_3 :

Poloha čerpací studny: $S_3: [7,0 \text{ km}; 4,8 \text{ km}]$

Čerpané množství: $Q_{s3} = -6000 \text{ m}^3/\text{d}$

Doba funkce studní S_1 , S_2 a S_3 :

Studny jsou ve funkci 90 dní od času $t = 0$ a pak jsou odstaveny.

Pozorovací vrty G a F:

První pozorovací vrt byl umístěn v bodě G: $[4,0 \text{ km}; 4,0 \text{ km}]$, druhý v bodě F, který byl situován ve studni S_3 : $[7,0 \text{ km}; 4,8 \text{ km}]$.

Okrajová podmínky

Levý okraj EF

Přítok podzemní vody do oblasti je $q = 0,8 \text{ m}^3/\text{m}/\text{d}$ levým okrajem EF. V modelu je řešen zavedením vsakovací studny do každé buňky na okraji. Délka levého okraje EF je 6,0 km. Na levém okraji bylo zavedeno 30 studní po 200 metrech, přičemž každou studnou protéká $q = 160 \text{ m}^3/\text{d}$.

Pravý okraj – úseky AB a BC

Pravý okraj v úsecích AB a BC tvoří řeka. V tomto úseku je voda v řece v přímém hydraulickém kontaktu s podzemní vodou. Řeka je v modelu vyjádřena tlakovou okrajovou podmínkou s konstantní výškou hladiny. V bodě A je hladina v řece v úrovni $H_A = 120,0 \text{ m}$, v bodě C $H_C = 110,0 \text{ m}$.

Pravý okraj – úsek CD

V úseku CD má řeka zakolmatované dno – hladina v řece není v přímém kontaktu s podzemní vodou (smíšená okrajová podmínka). V modelu je vyjádřena okrajovou podmínkou řeka.

Hladina vody v bodě D: $H_D = 106,0 \text{ m}$

Hydraulická vodivost dna řeky: $K_{\text{dna řeky}} = 5 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$

Mocnost dna: 1,0 m

Šířka řeky: 20 m

Hodnoty konduktance byly vypočítány podle následujícího vztahu:

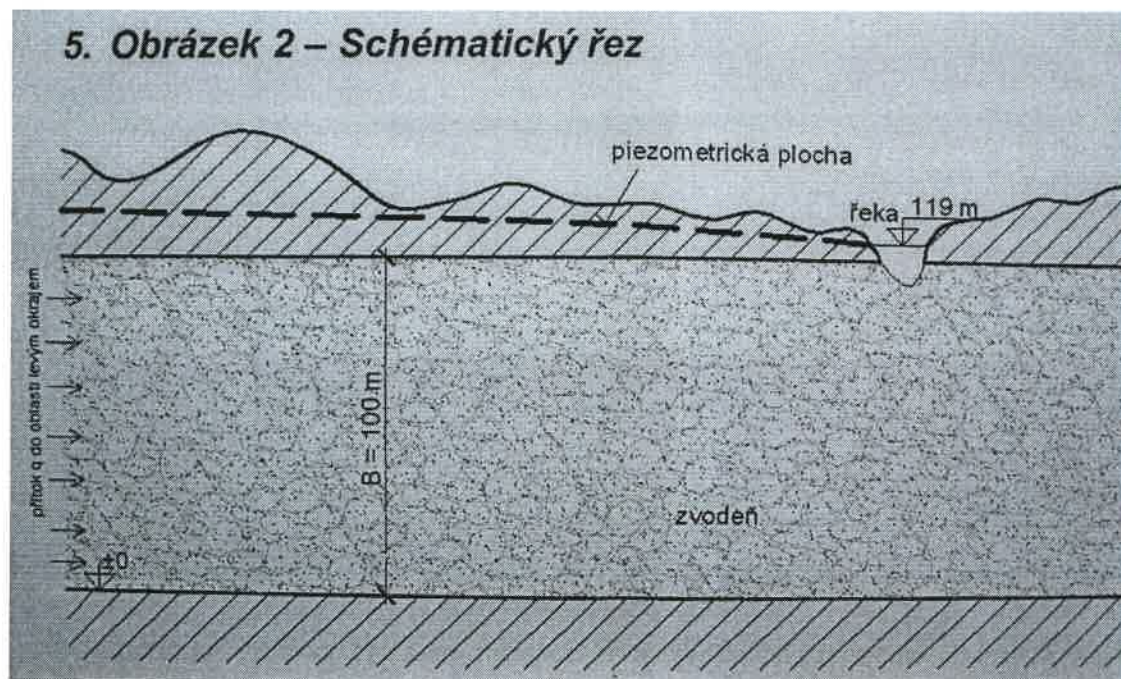
$$C = K_{\text{dna řeky}} \cdot \text{šířka řeky} \cdot \text{délka úseku} / \text{mocnost dna} = 5 \cdot 10^{-6} \cdot 20 \cdot 50 / 1 = 5 \cdot 10^{-3} \text{ m/s} = 432 \text{ m/d}$$

Horní okraj FA

Horní okraj FA je nepropustný. Nezavádíme žádnou okrajovou podmínku. Délka horního okraje FA je 10,0 km.

Dolní okraj ED

Dolní okraj ED je nepropustný. Nezavádíme žádnou okrajovou podmínku. Délka dolního okraje ED je 13,0 km.



Postup řešení jednotlivých fází úlohy

Úloha byla řešena ve dvou krocích. Nejprve byly metodou ustáleného proudění zjištěny hodnoty hydraulické výšky v jednotlivých buňkách pro počáteční stav. To je situace před uvedením studni do provozu. Druhý krok vychází z hodnot hydraulické výšky pro počáteční stav. Byla provedena simulace čerpání a vsakování vody uvedením studni do provozu v čase $t = 0$ a jejich odstavení v čase $t = 90$ dní až po čas 200 dní. Tento stav byl řešen metodou neustáleného proudění ve dvou časových úsecích 0 – 90 dní a 90 – 200 dní.