



Technický audit vodojemů

***Doc. Ing. Iva Čiháková, CSc., Ing. Bronislava
Rohanová, Ing. Filip Horký***

*ČVUT v Praze, Fakulta stavební, Katedra zdravotního a ekologického
inženýrství*

- Úvod
- Stavebně konstrukční řešení vodojemů
- Funkce vodojemů a výměna vody
- Závěr

Úvod

- Vliv technického a stavebního provedení vodojemů na kvalitu dopravované vody v distribuční síti
- Možnost sledování a plánování stavebních a technologických úprav objektů
- Kontrola zabezpečení vodojemů z hlediska vandalizmu a terorismu
- Zkušenosti ze sledování 25 objektů v rámci projektu 1G58052 NAZV Mze ČR

Stavebně konstrukční řešení

- Sledování objektů z hlediska stavebně technického, technologického a hydraulického při projektech, provozu a rekonstrukcích
- Vizuelní kontrola stavebních konstrukcí a prvků, jejich provedení a kvalita vnějších i vnitřních prostor zvláště pak vstupy a otvory, manipulační komory a akumulční nádrže

Stavebně konstrukční řešení

- vnější okolí objektu

- Zabezpečit objekt před vnikem nežádoucích osob
- Udržování zatravněného tělesa vodojemu bez suché trávy a dřevin
- Kontrola stavu vnější konstrukce vodojemu z hlediska stability a vlhkosti

Stavebně konstrukční řešení

- vstupy a otvory

- Bezpečnostní opatření – uzamčení, případně jiná elektronická zabezpečení proti vandalismu a terorismu
- Nevhodnost denního osvětlení manipulačních komor a akumulčních nádrží
- Zabezpečení vstupů a větracích otvorů do manipulačních komor a akumulčních nádrží proti znečištění živými organismy, vzdušným znečištěním, poškozením korozí

Stavebně konstrukční řešení

- vstupy a otvory



Stavebně konstrukční řešení

- vstupy a otvory



Stavebně konstrukční řešení

- vstupy a otvory



Stavebně konstrukční řešení

- manipulační komora

- Oddělení od akumulční nádrže
- Udržování čistého a bezprašného prostředí
- Dostatečné větrání, bez denního osvětlení
- Kontrola stavu potrubí a armatur – těsnost, koroze

Stavebně konstrukční řešení

- nádrž vodojemu

- Sledování stavu stěn nádrže, množství a barvu sedimentu na dně, stav stropu z hlediska konstrukce a vlhkosti
- Koroze vně i uvnitř potrubí, stav vstupních žebříků
- Větrání akumulární nádrže, kontrola stavu filtrů a jejich výměna
- Funkčnost bezpečnostního přelivu a jeho zajištění sifonem, u výpustného potrubí kontrola zpětného vzdučí

Funkce vodojemů a výměna vody

- Závisí především na umístění přítokového a odběrného potrubí, na velikosti akumulární nádrže, na manipulačním režimu, na režimu plnění vodojemu a množství odebírané vody
- Nutné řešit při projektové dokumentaci jak pro nový objekt, tak pro jeho rekonstrukci
- možné řešení – umístění přítoku a odběru v protilehlých stranách, opačné výškové umístění, natočení ústí přítokového potrubí, zakončení přítokového potrubí do tvaru trysky

Funkce vodojemů a výměna vody

- hydraulická funkce vodojemu posuzována na matematickém modelu s pomocí pracoviště, zabývajícího se aplikacemi softwaru pro proudění vody a dále na fyzikálním modelu

Funkce vodojemů a výměna vody

– matematický model

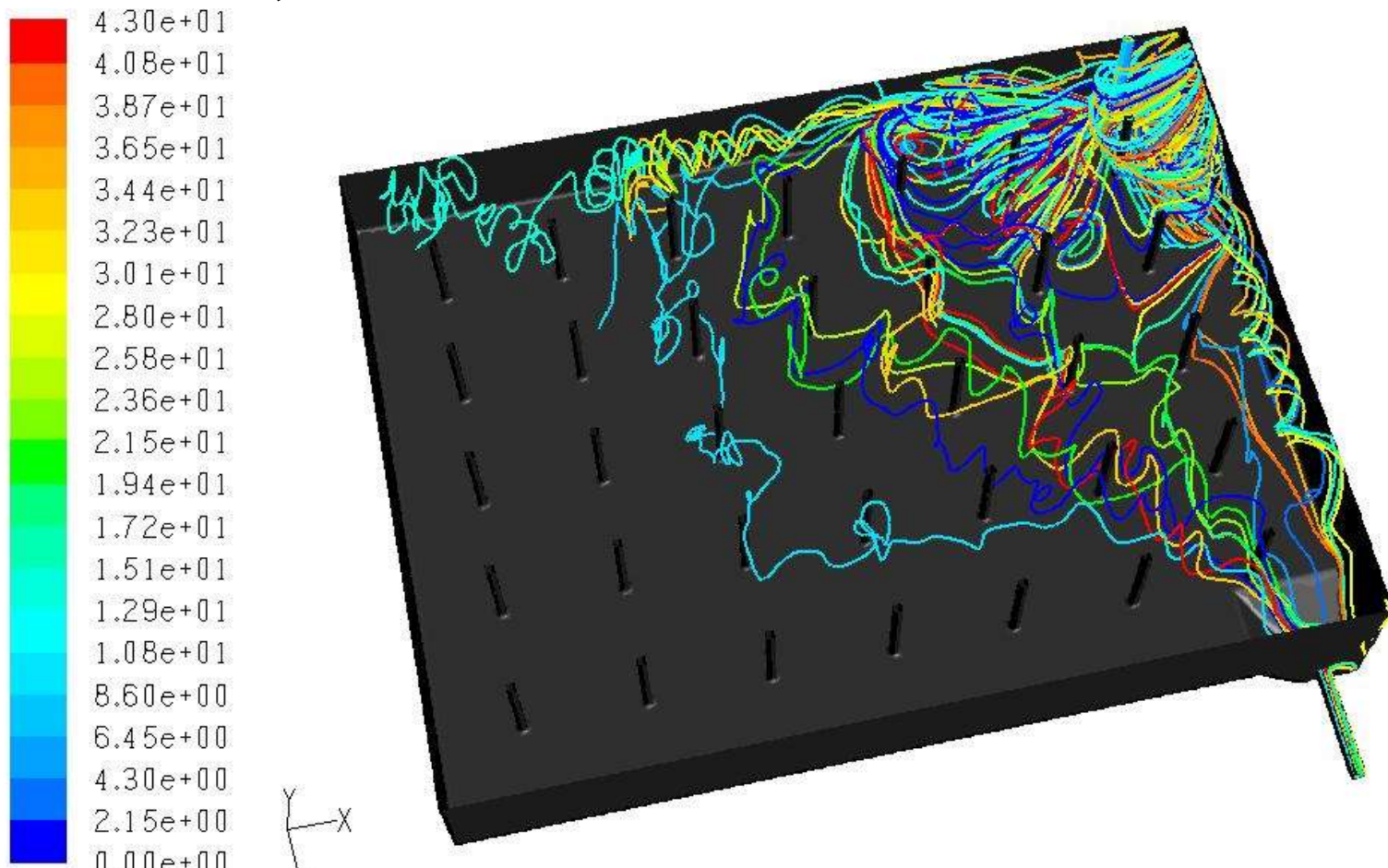
- Model vodojemu $2 \times 8000 \text{ m}^3$, přítok na protilehlé straně než odběr, simulace proudění vody pro různé průtoky a vyhodnocení
- Použity 3 režimy výměny vody - malý, průměrný a zvýšený odběr
- Sledovány charakteristiky proudění a stáří vody

Funkce vodojemů a výměna vody

– matematický model

- **Malý odběr – $Q = 30 \text{ l/s}$** (noční režim) – proudění téměř laminární, směr proudových vláken poměrně přímočarý (vtok – odběr), nízký stupeň promísení vody
- **Střední režim odběrů – $Q = 75 \text{ l/s}$** – proudění turbulentní, hlavní směr proudění jen částečně odchýlen od přímé spojnice (vtok – odběr) vzhledem k nižší vstupní rychlosti, možnost vzniku mrtvých koutů

Proudová vlákna při průtoku 75 l/s, čas T = 11 min

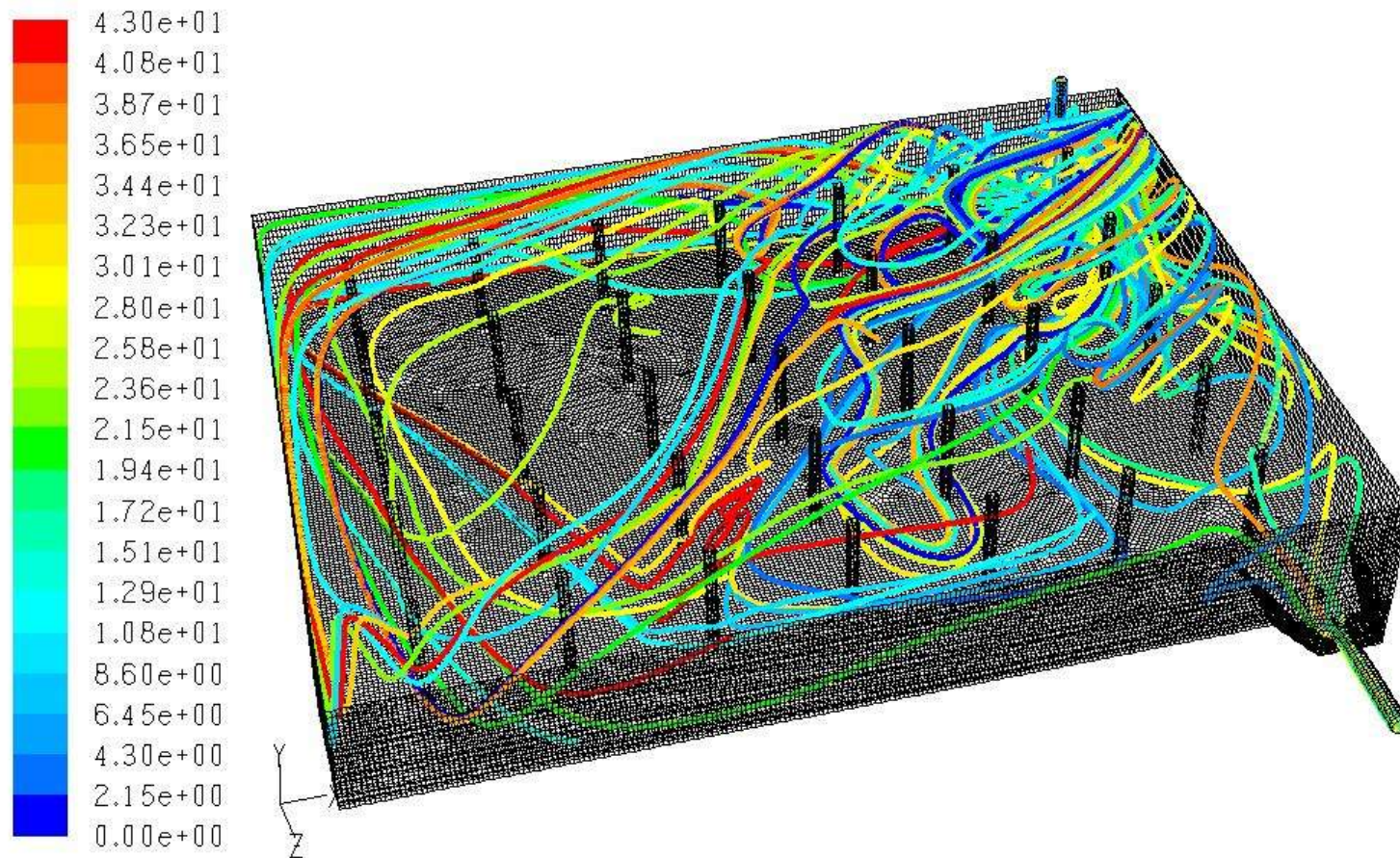


Funkce vodojemů a výměna vody

– matematický model

- **Režim zvýšených odběrů – $Q = 150$ l/s**
 - proudění turbulentní, vysoká rychlost na vtoku způsobuje značný výskyt turbulentních proudů a dobrému promísení vody, tím i nízkému stáří

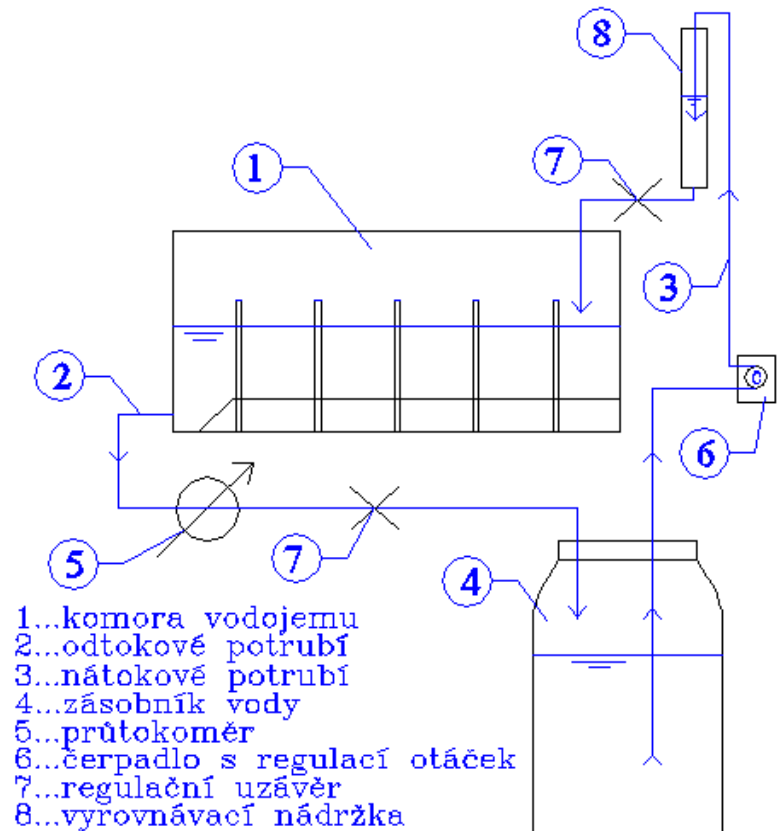
Proudová vlákna při průtoku 150 l/s, čas T = 45 min



Funkce vodojemů a výměna vody

– fyzikální model

- Vstupní parametry stanoveny na základě zákonů mechanické podobnosti v hydraulice
- Model 1:50, dle platnosti Froudova čísla zákona podobnosti byly dopočítány i ostatní měřítka modelu



Funkce vodojemů a výměna vody

– fyzikální model

- Před zkouškou model ponechán v chodu, aby došlo k ustálenému proudění v komoře
- Pro vyhodnocení proudového pole použito barvivo, které bylo dávkováno do přítoku a sledován jeho průtok akumulací nádrží
- Celý proces byl zaznamenáván pomocí kamery, na záznamech bylo jasně patrné, že proudové pole je téměř totožné jako na matematickém modelu

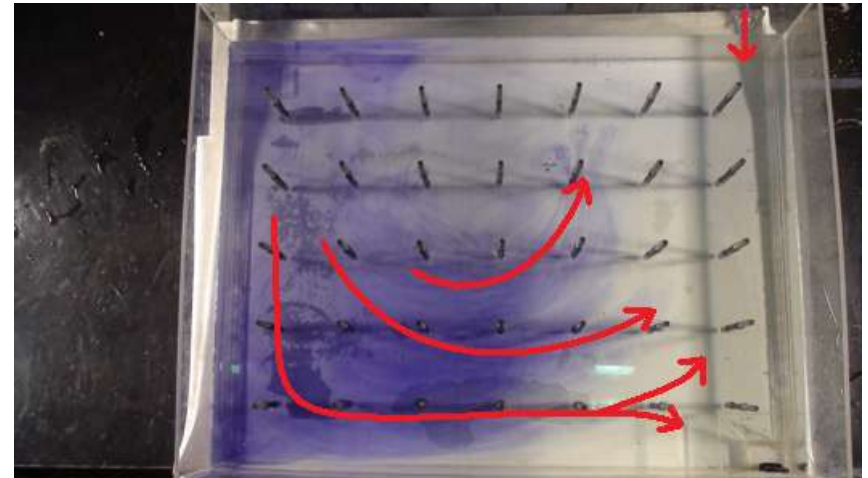
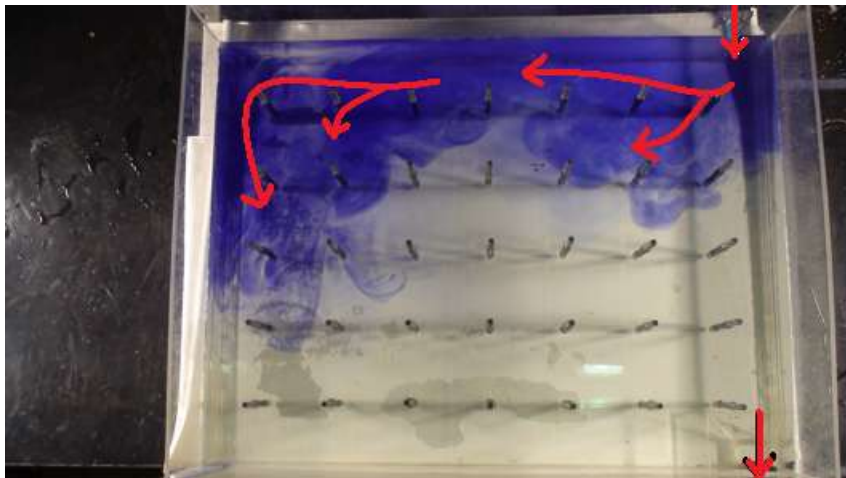
Funkce vodojemů a výměna vody

– fyzikální model

- Hlavní směry proudění shodné, ne příliš zřetelná je spojnice vtok – odběr
- Voda komorou spirálovitě cirkuluje, doba nejrychlejšího průtoku barviva komorou byla vždy do 15 min., barvivo se pohybuje jednak transportem a jednak pomocí difúze, z tohoto důvodu nelze docílit přesnosti výsledku
- Laboratorní zkouškou došlo k ověření matematického modelu, který je jistě vhodný pro návrh vodojemu

Příklad záznamu zkoušky nadávkování 100ml roztoku barviva methylnodře o koncentraci 0,3g/100ml při ekvivalentním průtoku $Q = 150$ l/s.

Čas $t = 3,5$ min a $t = 7$ min. Šipky na obrázcích naznačují směr šíření barviva komorou modelu.



Funkce vodojemů a výměna vody

- Výměna vody ve vodojemech má významný vliv na zachování vyhovující kvality pitné vody, toto téma je velmi aktuální vzhledem k snižování spotřeby vody
- Možné způsoby řešení
 - řízený pokles provozní hladiny
 - vhodné umístění přítoku a odběru
 - průtok vody vhodně upravenou akumulací nádrží

Funkce vodojemů a výměna vody

- **Řízený pokles provozní hladiny**
 - nejčastější způsob, četnost manipulací je nutné ověřit na dané lokalitě
- **Umístění přítokového a odběrného potrubí**
 - nejvhodnější a nejúčinnější, umístění na protilehlých stranách (možné půdorysně i výškově)
- **Úprava nádrže**
 - př. vestavba labyrintu, odrazových stěn, „stará“ voda je pak vytlačována vodou „novou“, tyto úpravy však představují zvětšení plochy stěn a náročnější údržbu
 - odstavování akumulčních nádrží

Funkce vodojemů a výměna vody

- Veškeré změny provozních hladin by měly být uvedeny v manipulačním řádu daného objektu, který je speciálně upraven pro rozdílné funkce vodojemů
 - gravitační systém umožňuje pokles hladiny ve dnech nižší spotřeby, případně při nočních odběrech
 - výtlačný systém je nejčastěji provozován s malým poklesem hladin pro výměnu vody nevyhovujícím, v provozních pokynech stanovit podmínky, kdy je riziko nejmenší a výměna vody by mohla být umožněna

Závěr

- Distribuční síť a další prvky a objekty na síti mají na zachování kvality pitné vody po její úpravě významný vliv.
- Vodojemy se jeví jako objekty velmi významné, především velké nádrže mohou představovat negativní prvek, který však umožňuje rychlý a operativní zásah
- Technický audit vodojemů by měl být prováděn provozovatelem při každém čištění akumulací nádrže

Poděkování

- za finanční podporu od NAZV a VZ MSM6840770002
- provozovatelům za umožnění vstupu a vstřícnost při prohlídkách objektů

Děkuji za pozornost