

Koncepčné modely v hydrogeológii*

Filip Mojto

Slovenská technická univerzita v Bratislave
Fakulta informatiky a informačných technológií
xmojto@stuba.sk

30. október 2021

Abstrakt

Hlavným námetom na vznik tohto článku bolo opísanie súvislosti modelovania s nejakou všeobecne známou témou. Do oka nám padlo prepojenie modelovania a hydrogeológie - vednej disciplíny zaoberajúcou sa rôznymi interakciami medzi vodou, pôdou a životným prostredím. V článku preto ako prvé skúmame koncepčné modely v spojení s ich prekvapivo rozsiahlym využitím v hydrogeológii, kde môžu reprezentovať či už jednotlivé hydrogeologické celky, prípadne aj komplexný systém prúdenia podzemnej vody. Nedostatok vedomostí alebo dát môže pri procese konceptualizácie viesť k problému nazývanom „neistota pri koncepčných modeloch“. Ďalším z cieľov bolo sústredenie sa na riešenie tejto problematiky, počnúc odhalením pomocou testov a následnou elimináciou. Koncepčné modelovanie dokáže jasne a prehľadne vyobraziť rôzne merania či prieskumy dôležité pre konkrétny výskum. Náš článok sa preto zameriava aj na prezentáciu mnohých ilustrácií ako napríklad meranie interakcie dvoch podzemných vôd v hydrologickom kolektore či model lokálnej meteorickej čiary.

...

*Semestrálny projekt v predmete Metódy inžinierskej práce, ak. rok 2021/22, vedenie: Vladimír Mlynarovič

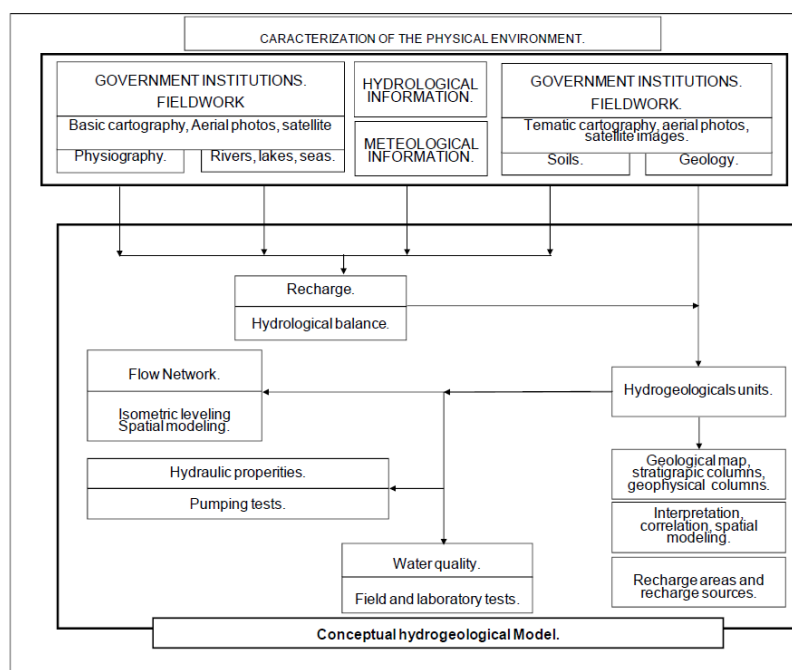
1 Úvod

Dôležitosť modelovania tkvie v mnohých aspektoch hydrogeológie. Najčastejšie uplatňované sú práve koncepčné modely, ktoré sa vyznačujú svojou prehľadnosťou a exaktnosťou. Časť 2 sa zaoberá dôvodmi ich využitia, ale aj nespočetnými príkladmi toho, čo môže zahŕňať pojem conceptualizácia. V neposlednom rade je v sekcii uvedené, čo všetko je potrebné na vytvorenie žiadaného modelu. Ako sa však dopracovať ku presnému modelu ? Pri uvažovaní a spracúvaní získaných dát dochádza ku kladeniu si otázok, odpovede na ne sú však často iba hypotézy. Ide o tzv. neistotu pri conceptualizácii, ktorej príčiny i následky možno nájsť vysvetlené v časti 3. Jeden z následkov vedie ku vytváraniu viacerých modelov, nakoľko je nutné zobrať do úvahy všetky alternatívy. Ako sa s daným problémom čo najefektívnejšie vysporiadať je popísané v časti 3.1. Posledným krokom na dosiahnutie vytúženého modelu je jeho testovanie, ktoré výrazne redukuje nepresné modely, to je však len jeden z dôvodov. Podľa čoho sú modely akceptované, prípadne vylúčené, možno nájsť v časti 3.2.

2 Konceptné modely a ich primárne využitie

Konceptný model predstavuje vcelku prehľadnú reprezentáciu reality, často sa však jedná len o nejakú formu hypotézy. [1] Iný zdroj charakterizuje koncečný model ako niečo, čo popisuje a kvantifikuje príslušné geologické charakteristiky, prietokové pomery, hydrobiologické procesy a mnohé iné. [2] Na získanie exaktného modelu v hydrogeológii je preto nutné použiť požadované výskumné techniky v kombinácii s viacerými overovacími metódami. Samotná konštrukcia vyžaduje poznanie informácií o geologických vlastnostiach skúmaného regiónu. Dané vedomosti následne vedú k dosiahnutiu žiadaného modelu. [1]. Tento proces sa dá chápať aj ako vývoj založený na dostupných geologických informáciách ako sú napríklad vodné hladiny či údaje získané zo skúšobného vrtu. Často však vychádzajú aj z bežných vedomostí, napríklad z porozumenia pre geológiu alebo z expertného výkladu. [3] Všeobecné modelovanie má v hydrogeológii veľký význam, nakoľko slúži ako podrobná ilustrácia dôležitých hydrogeologických prvkov ako napríklad rozloženie povrchu, geometriu hydrologického kolektora, kvalitu podzemnej vody a mnohých iných. Mapy svahov, digitálnych modelov terénov a trojdimenzionálnych pohľadov reprezentujúcich topografický povrch sú získavané pomocou schopností priestorovej analýzy softvéru GIS. [1]

Na obr. 1 možno vidieť príklad, ako vyzerá požadovaný konceptný model.



Obr. 1: Konceptný model [1]

Ako už bolo spomenuté, hydrogeológia pracuje s konceptnými modelmi hlavne kvôli ich prehľadnosti. Na obr. 1 je zobrazený určitý postup formou prechodov medzi stĺpcami. Ak stĺpce neoddeluje šípka prípadne medzera, tak sa jedná o istú postupnosť krokov, kde stĺpec navrchu zvyčajne vyjadruje všeobecný názov

pre daný výskum a postupne sa dopracováva až ku konkrétnym cieľom. Prvým krokom je charakterizácia fyzického prostredia, ktorá vedie k identifikácii hydrogeologických jednotiek. S danými jednotkami sa následne pracuje - zistí sa napríklad sieť toku vody, kedy sa využíva najmä priestorové modelovanie, uskutočňujú sa rôzne testy, pri ktorých sa zistí kvalita vody a mnohé ďalšie. [1]

3 Neistota pri konceptualizácii

Koncepčný model je často označovaný ako hypotéza alebo kombinácia hypotéz, ktoré sa hromadia pri modelovaní skúmaného prostredia. Neistota pri konceptualizácii teda vzniká najmä kvôli obmedzeným údajom a vedomostiam, zvyčajne sa však s ňou počíta a je považovaná za znížiteľnú. Nájsť pravý model môže byť náročné, nakoľko je treba otestovať mnohé interpretácie, meniacu sa zložitost prostredia a samozrejme aj všetky zahrnuté hypotézy. Tento proces sa nazýva aj *viacmodelový prístup* (*multi-model approach*) (časť 3.1). Ďalším krokom je testovanie a následná redukcia nežiadúcich modelov časť 3.2. [3]

3.1 Viacmodelový prístup

Široká rozmanitosť aspektov, ale aj spôsob, ako vykonať rôzne konceptualizácie, vedú k vytváraniu obrovského množstva modelov, ktoré sú kvôli rýchlosti často vytvárané naraz. [3] Tieto modely však musia spĺňať určité podmienky:

- Disjunktnosť a nezávislosť jeden od druhého, reprezentatívnosť rôznych hypotéz.
- Množstevná kompletnosť. [3]

Množstevná kompletnosť znamená, že musí byť definovaná celá škála vierohodných koncepčných modelov, vrátane neznámych.¹ Niektorí autori však priznávajú, že v praxi je nemožné túto podmienku naplniť. [3] Na vytváranie alternatívnych konceptualizácií sa pracuje s tromi stratégiami:

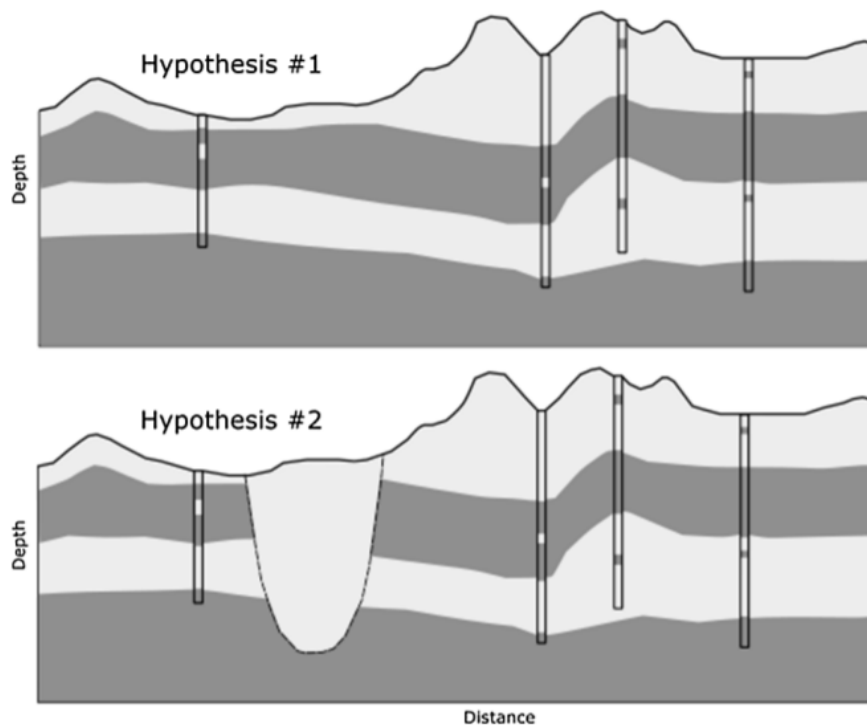
1. Meniaca sa zložitost
2. Alternatívne interpretácie
3. Testovanie hypotéz [3]

Príklad, ako sa testujú rôzne hypotézy, možno vidieť na obr. 2. V tomto prípade sa porovnávajú dva modely vytvorené na základe nejakých dvoch navzájom rozličných hypotéz. Rozdiel spočíva v tom, že druhá hypotéza zahŕňa do výslednej konceptualizácii údolie.

3.2 Testovanie rôznych konceptualizácií

Keď už sú modely vytvorené, žiadúcim krokom je ich otestovanie, ktoré určuje, do akej miery sú konsistentné s príslušnými dátami a vedomosťami. [3]. Testovanie je dôležité, aby sa zvýšilo porozumenie v konkrétnu problematiku a to analýzovaním a vyvracанím alternatívnych koncepčných modelov. [2] Ak si model s

¹Koncepčné modely, ktoré aktuálne dáta ešte neobjavili, zvyčajne vedú ku koncepčným prekvapeniam.



Obr. 2: Príklad testovania dvoch rôznych hypotéz [3]

údajmi navzájom odporuje, je zamietnutý, alebo, lepšie povedané, pravdepodobnosť jeho presnosti sa značne znižuje. S novými údajmi však prichádzajú zmeny a niektoré zamietnuté modely sa môžu v tomto prípade stať presnými. Jestvuje preto možnosť vrátiť sa k týmto odmietnutým modelom. Všeobecne platí, že čím viac sa testuje, tým viac vzniká dôvodov pre odstránenie nepresných modelov a proces sa stáva transparentnejší. Ďalšie pozitívum, ktoré testovanie predstavuje, spočíva v odhalení neznámych modelov, čím sa predchádza vzniku koncepčných prekvapení. [3]

4 Koncepčné modely v praxi

4.1 Meranie interakcie dvoch podzemných vôd

4.2 Model lokálnej meteorickej čiary

5 Záver

Literatúra

- [1] Teresita Betancur, John Escobar, and Carlos Alberto Palacio Tobon. Conceptual models in hydrogeology, methodology and results. *Hydrogeology journal*, pages 205–210, February 2012.
- [2] Dr. Laura del Val Alonso. Hydrogeological conceptual model. https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-med-files/list-of-programmes/gef-drin-project/drin-docs/unesco_drin_session2.pdf.
- [3] Trine Enemark, Luk J.M. Peeters, Dirk Mallants, and Okke Batelaan. Hydrogeological conceptual model building and testing: A review. *Journal of Hydrology*, 56:310–329, February 2019.