**Metodika a dáta**

Táto kapitola je venovaná metódam, ktoré boli využité pri výskumnej činnosti za účelom tvorby diplomovej práce, taktiež sa tu venujeme spôsobu zberu a spracovania dát. Pozornosť je venovaná aj meracej technike, ktorá bola použitá pre účely hydrologického výskumu. Dôležitou súčasťou je aj metodika modelovania povrchového odtoku.

**Budovanie profilov a monitoring**

Hydrologický monitoring bol vykonávaný tlakovými sondami MARS4i. Tieto hydrologické sondy boli osadené do profilov, ktoré boli vybudované na základe projektu APVV-0176-13, ktorého koordinátorom bol Ústav geografie UPJŠ a Speleoklub UPJŠ. Zriaďovanie siete hydrologických profilov začalo v roku 2014 vybudovaním profilov pod Majkovým dómom, v Nebezpečnom dóme a v Dobrej chodbe. Ďalšie profily vznikli v roku 2015 pri hranici s Maďarskom, v roku 2018 v Meandrovej chodbe (obr. 5) a koncom roka 2019 bol vybudovaný profil v Izolátore. Profily boli umiestnené v rôznych častiach jaskyne, prevažne v časti jaskyne Čertova diera. Dva hydrologické profily boli vybudované v réžii Správy slovenských jaskýň, a to profil Domického potoka a profil v Panenskej chodbe. Schematické rozmiestnenie všetkých hydrologických profilov zobrazuje obr. 6.

**Monitoring hydrologických veličín**

Meranie hydrologických veličín bolo v teréne vykonávané pomocou tlakovej sondy MARS4i s dataloggerom. Tlakové sondy boli inštalované pred hydrologickými priepadmi, aby bolo možné zaznamenávať výšku vodnej hladiny (obr. 7). Pre zvýšenie presnosti merania bol časový interval meraní nastavený na 00:30.

Prístroj má tvar valca a je vyrobený z nehrdzavejúcej ocele. Zo sondy vedie kábel do škatuľky s pamäťou a batériou (obr. 8). Prístroj je schopný zaznamenávať výšku vodnej hladiny a teplotu vody. Na sťahovanie dát je potrebný osobný počítač s USB káblom. Dáta sa následne spracujú v príslušnom softvéri MARS ver.5.22. Softvér je schopný namerané údaje zobraziť, vytvoriť graf z nameraných dát, a taktiež je možné tieto dáta exportovať do tabuľkovej alebo grafickej podoby.

**Monitoring teploty**

Monitoring teploty bol vykonávaný záznamníkmi teploty COMET S3210 (obr. 9). Podrobným technickým parametrom sme sa venovali v bakalárskej práci: „Rozmery prístroja sú 93 x 64 x 26 mm a váha prístroja je 110 g. Prístroj je určený na meranie teploty so záznamom od – 40 do +80 °C s presnosťou ± 0,4 °C.“ (Ujlakiová, 2019). Záznamníky teploty boli rozmiestené na jedenástich rôznych pozíciách v jaskynnom systéme Domica a interval zaznamenávania teploty bol každú hodinu, teda 24 meraní za jeden deň. Pri každom hydrologickom profile bol umiestení aj takýto záznamník teploty.

**Zber, spracovanie a analýza dát z loggerov**

Zber dát si vyžadoval pravidelné terénne akcie, na ktoré bolo potrebné doniesť prístrojové vybavenie. Dáta boli priamo v jaskyni sťahované z loggera sondy do osobného počítača prostredníctvom kábla. Dáta boli z hydrologických sond v priebehu rokov priebežne sťahované, a keďže tlakové sondy boli osádzané ku hydrologickým profilom v rôznych rokoch a dátumoch, tak ani zbieranie dát nemalo pravidelnú frekvenciu. Preto boli pre lepšiu orientáciu a sprehľadnenie vytvorené pasportizačné listy ku každému hydrologickému profilu, ktorý bol vybudovaný Speleoklubom UPJŠ. Tieto pasportizačné listy sa nachádzajú vo výsledkovej časti práce.

Na základe známej výšky vodnej hladiny zaznamenanou tlakovou sondou a známych rozmerov priepadu boli vypočítané prietoky pre jednotlivé profily. Na spracovanie a vyhodnotenie prietokov bol využitý program MARS a Microsoft Office Excel, v ktorom boli dáta spracované a vykreslené do grafov.

S hydrologickým monitoringom prebiehal súvisle aj monitoring teploty, ktorý bol vykonávaný záznamníkmi teploty typu COMET S3210. Vďaka údajom zo záznamníkov teploty bolo možné sledovať vplyv povodne na zmenu mikroklímy v jaskynných priestoroch. Vplyv povodne na zmenu mikroklímy v jaskyni sme sa snažili preukázať štatistickým vyhodnotením, a to prostredníctvom Pearsonovho koeficientu. Závislosť bola opäť preukázaná na grafoch vytvorených v rozhraní Microsoft Office Excel.

Na analýzu hydrometeorologickej situácie na povrchu boli použité dáta denných teplôt a zrážok z najbližšej meteorologickej stanice Silica, ktoré boli poskytnuté inštitúciou SHMÚ.

**Príprava dát pre modelovanie povrchového odtoku vody pomocou modelu r.sim.water**

Schematické znázornenie postupu práce pri tvorbe simulácie je zobrazené na obr. 10. Na modelovanie povrchového odtoku boli využité dáta z pozemného laserového skenovania. Dáta pochádzajú z výskumného projektu APVV-0176-12 SPATIAL3D, ktorý sa zaoberal využitím nových metód priestorového modelovania pomocou lidarových dát využitím 3D GIS-u (Gallay et al. 2016, Gallay et al. 2015, Hofierka et al. 2017). Výsledkom leteckého laserového skenovania záujmového územia bolo mračno bodov s priemernou hustotou 29 bodov na m2 reprezentujúce geometrickú štruktúru krajiny. Zo získaných dát boli metódou lineárnej interpolácie vytvorené digitálne rastrové modely - digitálny model terénu (DTM, z angl. Digital Terrain Model) a digitálny model povrchu krajinného krytu (DSM, z angl. Digital Surface Model) v priestorovom rozlíšení 1 m (Šašak, 2015). V dôsledku existencie cesty, ktorá tvorí bariéru pre povrchový odtok vody boli manuálne vytvorené priepusty pomocou mapovej algebry. Ďalším vstupným parametrom sú úhrny zrážok zo zrážkomernej stanice Silica. Tieto údaje boli poskytnuté inštitúciou SHMÚ a hodnoty sú uvedené v milimetroch. Do vstupných parametrov pri simulácii povodne bol zahrnutý aj Manningov koeficient, ktorý predstavuje vyjadrenie drsnosti povrchu pri rôznych typoch krajinnej pokrývky. Pre simuláciu povrchového odtoku letnej povodne bolo potrebné vytvorenie rastrovej vrstvy s rôznymi typmi krajinnej pokrývky, ktoré sa nachádzajú na skúmanom území, aby bolo možné zohľadniť infiltračnú schopnosť pri rôznych typoch pokrývky. Pre zohľadnenie infiltračného parametra bola krajinná pokrývka odvodená z ortofotomapy. Na vytvorenie simulácie povrchového odtoku vody z pozemného laserového skenovania bol využitý softvér GRASS GIS a jeho nástroj SIMWE (r.sim.water). Na vyhotovenie mapových príloh bol využitý softvér ArcGIS.

**Prehľad hydrologických výskumov v jaskyni Domica**

Jaskyňa bola objavená v roku 1926 a rýchlo sa stala centrom záujmu v odborných kruhoch. Výskumu najprv predchádzalo vytvorenie vchodu do jaskyne v roku 1930, ďalej zavedenie osvetlenia v roku 1932, a taktiež výstavba podzemnej plavby. Tieto antropogénne zásahy do jaskyne nevyvrátiteľne ovplyvnili jaskynnú klímu. Napriek objaveniu jaskyne v prvej polovici 20. storočia, výskumy a pozorovania v jaskyni prebiehajú až posledných 20 – 30 rokov.

V 80. rokoch minulého stočia boli vykonávané prvé hydrologické výskumy a pozorovania. V dôsledku kontaminácie jaskynných vôd sa v rokoch 1982 až 1984 zrealizovali chemické analýzy (Krčméry et al., 1984). Kontaminácia vôd bola spôsobená poľnohospodárskou činnosťou a činnosťou reštaurácie neďaleko jaskyne, ktoré znečisťovali podzemné vody splaškami. V rokoch 1986 až 1990 prebiehali ďalšie chemické analýzy za účelom inventarizačného výskumu (Tereková, 1990).

V roku 1995 započali prvé kontinuálne merania hydrologického režimu, ktoré boli uskutočňované firmou SKOV – Služba pre kvalitu a ochranu vôd s.r.o., Bratislava (Klaučo, Filová, 1996). Jednalo sa o hydrologický monitoring, ktorého cieľom bolo bližšie identifikovať pohyb znečistenej vody v toku Styx a špecifikovať možnosť odstránenia znečistenia a akumulácie.

Nedostatok vody v jaskyni bol podnetom pre ďalší výskum, ktorý prebiehal v rokoch 1997 a 1998. Cieľom bolo charakterizovať hydrologický režim jaskyne, pričom sa sústredilo na príčiny nedostatku vody v jaskyni (Klaučo et al., 1999).

V roku 1999 Správa slovenských jaskýň začala vykonávať vlastný výskum. Išlo o kontinuálne monitorovanie režimu vodných tokov, teploty, a taktiež elektrickej vodivosti. Zariadenia boli nainštalované v Panenskej chodbe na toku Styx a na Domickom potoku v mesiaci máj. Toto kontinuálne monitorovanie bolo viackrát prerušené z dôvodu technických problémov, prevažne s meracími zariadeniami (Peško, 2003; Haviarová, 2004; Haviarová, Gruber, 2006).

V rámci integrovaného monitorovacieho systému jaskýň boli na konci roka 2006 vo vybraných miestach jaskyne nainštalované nové meracie zariadenia, ktoré plynulo merali výšku vodnej hladiny, elektrickú vodivosť vody, teplotu vody a pH. V roku 2007 sa začal podrobnejší hydrogeochemický a mikrobiologický výskum jaskynných vôd, ktorý vznikol v rámci spolupráce Správy slovenských jaskýň s Katedrou hydrogeológie Prírodovedeckej fakulty UK v Bratislave (Seman et al., 2009; Seman, Gaálová, 2009).

Výskum vedený D. Haviarovou prebiehal v rokoch 2002 – 2003. Išlo o kontinuálne meranie a spracovanie dát elektrickej vodivosti, teploty vody Domického potoka a Styxu a sledovanie kolísania hladiny prvej plavby a prietokov Styxu. Meraniami bol zistený extrémy nedostatok vody v jaskyni, vďaka ktorému nebolo možné prevádzkovať turistami obľúbenú plavbu v jaskyni. Výskumom sa zistilo, že kvalita vody má v jednotlivých častiach jaskyne rôzne hodnoty. Súvis to má aj so stále pretrvávajúcu kontamináciu vody pôsobením poľnohospodárstva v bezprostrednej blízkosti jaskynného systému (Ujlakiová, 2019).

V roku 2014 v rámci projektu APVV-0176-13, ktorého koordinátorom bol Ústav geografie UPJŠ a Speleoklub UPJŠ boli vybudované nové hydrologické profily, v ktorých boli osadené tlakové sondy MARS4i. Hydrologické profily boli vybudované pod Majkovým dómom, v Dobrej chodbe a v Nebezpečnom dóme. K kým to profilom pribudol v roku 2015 profil pri hranici s Maďarskom a v roku 2018 bol zriadený profil aj v Meandrovej chodbe*.*

Hydrologický prieskum, ktorý prebiehal v rokoch 2015 – 2016 pod vedením Z. Hochmutha v spolupráci so Speleoklubom UPJŠ mal za cieľ pochopenie mechanizmus záplav v jaskynnom systéme Domica.Metóda, ktorá bola využitá na tento prieskum sa nazýva hydraulický pulz, teda umelé vyvolanie zmeny prietoku*.* Hydraulický pulz sa vykonal v ponore pod Čertovou dierou, ktorý poskytoval speleologický potenciál (Ujlakiová, 2019).

**História povodní v jaskyni Domica**

Povodne sú neoddeliteľnou súčasťou kolobehu vody v prírode. Sú jedným z najznámejších, najfrekventovanejších a najsledovanejších prírodných hrozieb. Vyskytujú sa v každom ročnom období a vo všetkých zemepisných šírkach. Povodne so sebou prinášajú viacero negatív, napríklad aj veľké škody na majetku.

Jaskyňa Domica bola mnohokrát ohrozená záplavami už v minulosti. Ponor Domického potoka, ktorý sa nachádza neďaleko východu z jaskyne slúžil v minulosti ako vchod do jaskyne. Svojou nevhodnou polohou v kombinácii so zvýšenou eróziou intenzívne obrábanej poľnohospodárskej pôdy na priľahlých svahoch a intenzívnymi zrážkami spôsoboval veľké záplavy v jaskyni. Po výdatných búrkach stekala prebytočná voda z nesprávne oraných polí priamo pred jaskyňu, pričom sa ponor upchával splavenými sedimentami a za takýchto podmienok nestíhal odvádzaťvšetku vodu. Pred ponorom sa teda vytváralo občasné jazero (obr. 3).

Veľké záplavy postihli Domicu v júni [1954](https://sk.wikipedia.org/wiki/1954), 5.8.[1955](https://sk.wikipedia.org/wiki/1955),  31.5.[1964](https://sk.wikipedia.org/wiki/1964), 9.4.1977 a 6.6.1981 (Volaj, 1982). Najväčší rozsah škôd v jaskyni mala záplava v apríli [1977](https://sk.wikipedia.org/wiki/1977). Po silnej búrke s výdatnými zrážkami tlak stúpajúcej vody prelomil železnú bránu na vchode a prúd vody vnikol do priestorov jaskyne. Vstupnú chodbu, Černošskú chyžu, Archeologickú chodbu, Sieň 11 plameňov, Majkov dóm, Rímske kúpele, Prvú plavbu a v ľavom krídle Prales po Japonskú čajovňu postihla záplava a všade zanechala stopy. Hneď za vstupnou bránou nápor vody vymlel na betónovom chodníku asi 4 m dlhú jamu. Na Rázcestí zmizol štrk a piesok, ktorý bol pripravený na úpravu chodníkov. Na archeologických lokalitách príval odplavil inštalované [artefakty](https://sk.wikipedia.org/wiki/Artefakt) neolitického človeka a lokality boli zanesené vrstvou bahna. Zničili sa taktiež rozvody elektrického osvetlenia. V jaskyni sa dajú pozorovať aj korózne účinky v úrovni chodieb zaplavovaných vodou, záplavy však spôsobujú škody na sintrových útvaroch aj pôsobením erózie (Gaál, Gruber, 2014).

Opakujúce sa záplavy jaskyne a pretrvávajúca kontaminácia jej vôd boli dôvodom pre návrh a vykonanie viacerých organizačných, technických a agrotechnických opatrení v jej povodí. Vtedajšie Ministerstvo kultúry SSR sa rozhodlo vykonať nákladnú obnovu jaskyne a vybudovať vstupný areál, ktorý by zabezpečil bezpečnosť pre Domicu. Nový vchod bol vybudovaný v roku 1984 vo vyššej polohe, a taktiež bol vybudovaný ochranný múr, ktorý mal slúžiť ako ochrana pred prívalovou vodou. Ďalším opatrením bolo vyrazenie odvodňovacej štôlne v blízkosti ponoru Domického potoka. Protipovodňový charakter mali aj skôr vybudované (1968) vodozberné nádrže, a to Veľký a Malý polder. Tie však kvôli zanedbávaniu údržby už nespĺňajú svoju pôvodnú funkciu. Napriek tomu aj v súčasnosti stále pretrváva vplyv prívodných kanálov z obidvoch poldrov umelo vyústených do ponoru Domického potoka. Tie spolu s nádržami ovplyvňujú režim Domického potoka a celkové množstvo povrchových vôd vstupujúcich cez ponor a ďalej cez odvodňovaciu štôlňu do priestorov jaskyne. Jedným z uskutočnených protipovodňových opatrení bola aj zmena pestovanej kultúry z nevhodnej výsadby kukurice a okopanín na výsadbu obilnín, ktoré nespôsobujú takú veľkú pôdnu eróziu. Súvis so záplavami malo aj zloženie pôdy, ktoré obsahuje vyšší podiel ilimerizovaných pôd, ktoré sú náchylnejšie na eróziu. Všetky vyššie spomenuté protipovodňové opatrenia spolu s agromelioračnými, agrotechnickými a hydrotechnickými úpravami mali zmierňovať vplyv povodní na jaskynný systém. Nový areál bol oficiálne odovzdaný do užívania [4. októbra](https://sk.wikipedia.org/wiki/4._okt%C3%B3ber) [1984](https://sk.wikipedia.org/wiki/1984) a v súčasnosti neslúži len ako ochrana jaskyne, ale aj ako výstavná časť pre archeologické artefakty (Droppa, 1961).

**Meranie prietoku**

Prietok je jednou zo základných hydrologických charakteristík, ktoré nám podávajú informácie o odtoku zrážkovej vody. Prietok predstavuje objem vody, ktorý pretečie prietokovým profilom za určitý čas. Označujeme ho písmenom Q a vyjadruje sa v (l/s), alebo aj v (m3/s) pri vyšších vodných prietokoch (Antal,1993). Prietok teda považujeme za priamy dôsledok zrážkovo-odtokového procesu a zároveň je ukazovateľom kvantitatívnych zmien v tokoch (Mosný, 2002).

V hydrológii sa môžeme stretnúť so 4 druhmi prietokov, ktoré sú najviac využívané a to:

1. okamžitý prietok – vyjadruje množstvo vody, ktoré pretečie profilom za jednu sekundu,
2. priemerný denný prietok – udáva hodnotu aritmetického priemeru nameraných hodnôt okamžitých prietokov za vybraný deň, čím viac meraní okamžitých prietokov, tým presnejší výsledok priemerného denného prietoku,
3. priemerný mesačný prietok – udáva hodnotu aritmetického priemeru priemerných denných prietokov vo vybranom mesiaci, alebo je možné ho vypočítať ako aritmetický priemer okamžitých prietokov vo vybranom mesiaci,
4. priemerný ročný prietok – udáva hodnotu aritmetického priemeru priemerných mesačných prietokov vo vybranom hydrologickom roku. Pre lepší a presnejší výpočet tejto charakteristiky sa používa aritmetický priemer priemerných denných prietokov v určitom hydrologickom roku (Antal, 1993).

Na výpočet prietokov sa používajú buď priame, alebo nepriame metódy určovania prietoku (Mosný, 2002).

**Priame metódy určovania prietokov**

Do tejto kategórie metód patria merania objemov. Existujú rôzne metódy, merania objemu pretečenej tekutiny. Medzi takéto metódy patria:

**Merania pomocou merných nádob**

Táto metóda je jednou z najjednoduchších metód na meranie prietoku. Merania sa uskutočňujú podľa toho, o aké prietoky a spády ide. Pri tejto metóde meraní prietokov sa prihliada na podmienky, v ktorých sa prietok merania a sú pri nej použité nádoby rôznych tvarov a objemov. Do nádoby známeho objemu za merania času vlievame vodu, kým sa nádoba naplní. Meranie je nutné zopakovať minimálne trikrát. Z meraní sa následne určí priemerný čas a výsledný prietok vypočítame na základe vzorca: Q= . Využite tejto metódy je najefektívnejšie pri meraní výdatnosti prameňov, alebo pri malých tokoch. (Dub, 1957).

**Merania pomocou merných priepadov**

Táto metóda využíva na meranie prietokov vedomosti z hydrauliky. Pri meraní prietoku sa využívajú prietokové zariadenia, v ktorých je vopred stanovený vzťah prietoku k niektorému ukazovateľovi – vodný stav, výška stĺpca kvapaliny, tlaková výška. Za najpoužívanejšie metódy považujeme:

1. Meranie výtoku z otvoru

Je založený na princípe, že pri rovnakej hydraulickej výške vyteká otvorom z nádoby rovnaké množstvo vody. Ak sa na dne nádoby urobí niekoľko otvorov s ostrými hranami, tak aby sa výtoky navzájom neovplyvňovali, tarovaním je možné určiť výtok každého z otvorov pri rovnakej výške vodnej hladiny nad nimi. Počet otvorov je závislí na veľkosti prietoku. Veľkosť prietoku sa rovná súčtu výtokov z uvoľnených otvorov (Dub, 1957).

1. Meranie priepadom

Táto metóda využíva na meranie prietoku laboratóriom vyskúšané prepady s odvzdušneným lúčom, ktorého výška je známou veličinou prepadu. Vďaka známej výške prepadového lúča, teda vodného stavu, vieme určiť prietok pomocou vzorcov alebo vopred stanovených tabuliek. Medzi najznámejšie a najpoužívanejšie priepady patria Thomsonov, Poncelotov a Bazinov priepad. Zvolenie správneho druhu priepadu závisí od veľkosti prietoku (Dub, 1957).

**Poncelotov** priepad má obdĺžnikový tvar (obr. 4). Hodnoty prietoku sa vypočítavajú pomocou vzorcov a tabuliek, v ktorých sa nachádzajú vypočítané prepadové množstvá pre rôzne dĺžky prepadových hrán a rôzne výšky prepadového lúča Najčastejšie rozmery šírky prepadových hrán sú 40, 60, 80,100 a 120 cm (Dub,1957, Mosný, 2002).

Na výpočet Pocelotovho priepadu sa používa Weissbachov vzorec, pri ktorom je dôležitá rýchlosť prúdenia vody. Pre potreby diplomovej práce však rýchlosť prúdenia vody zanedbávame a využívame Dubautou vzorec:

Q = μbh

μ- súčiniteľ, ktorého hodnota sa určuje vopred v laboratóriách

h- výška prepadovej hrany

g- gravitačná konštanta

b- šírka priepadovej hrany

**Thomsonov** priepad má tvár pravouhlého trojuholníka, teda jeho hrany zvierajú 90° uhol (obr. 4) . V dôsledku vyššej presnosti sa využíva sa pri výpočte malých prietokov. (Dub, 1957).

Pri zanedbaní prietokovej rýchlosti ho odvodíme zo vzťahu:

Q = μ

Konštrukciu priepadu je potrebné vhodne umiestniť do prostredia, kde by nedochádzalo k priesaku vody okolo stien. Koryto toku by malo mať pred priepadom priamy smer a prúd vody by mal narážať kolmo na stenu priepadu. Je dôležité, aby by skonštruovaní priepadu bolo dno koryta vodorovné a bolo v rovnakej výškovej úrovni aj pred aj za priepadom (Dub, 1957).

Priepad by mal byť skonštruovaný z 5 mm nehrdzavejúceho plechu. Priepadová hrana, ktorá je na strane odkiaľ voda prúdi, by mala zovierať uhol 90°. Priepadová hrana na druhej strane, by mala zovierať uhol 45°, aby šírka hrany bola 2 mm (Veselko, 1970).

**Merania pomocou vodomerov a merných žľabov**

V závislosti na hydraulických zmenách tlaku a rýchlosti prúdiacej vody sa určuje prietok zo zložitého vzťahu, pri ktorom sú použité hodnoty hydraulického koeficientu, gravitačná konštanta, prietokové plochy v prierezoch a rozdiel hladín v rúrkach (Mosný, 2002).

**Nepriame metódy určovania prietokov**

Na základe zmien dynamiky prúdenia vody v toku alebo pomocou indikačných látok sa určuje prietok vody.

Medzi tieto metódy patria (Mosný 2002):

**Hydrometrovanie**

Je metóda, ktorou meriame rýchlosť prúdenia v bodoch, ktoré sú určené zvislicami. Na základe týchto bodových meraní vypočítame priemernú rýchlosť prúdenia, ktorej meranie sa vykonáva prostredníctvom hydrometrického zariadenia nazývaného vodomerná vrtuľa. Prúdením vody vodomerná vrtuľa vykonáva otáčky okolo svojej osi. Počet otáčok vrtuľky sa za istý čas a v jednotlivých bodoch zaznamenáva počítadlom.

**Výpočet prietoku z meraní plavákmi**

Táto metóda výpočtu prietoku sa využíva pri povodňových stavoch. V dôsledku silného prúdenia toku sa určuje povrchová rýchlosť toku. Na takéto merania sa využíva plavák, ktorý sa hodí na hladinu. Na predom učených úsekoch s určitou dĺžkou sa odmeria čas, za ktorý plavák prekoná určený úsek. Merania sa pre čo najpresnejší výsledok musia opakovať po celej šírke profilu. Následne grafickou metódou vypočítame priemernú povrchovú rýchlosť v profile a podľa tabuliek určíme kontrakčný koeficient.

**Indikátorová metóda určenia prietoku**

Slúži na určovanie prietokov menších horských tokov so silným premiešavacím procesom vodnej masy. Prietok sa pri tejto metóde určuje na základe meraní zmien koncentrácie indikujúcej látky premiešavajúcej sa v toku. Ako indikátory sa využívajú chemické látky, fluorescentné látky a rádioaktívne látky. Táto metóda je vhodná pri menších horských tokoch, v ktorých sa vodná masa intenzívne premiešava. Indikačná látka sa do vodného toku injektuje na začiatku meraného úseku a profile, ktorý je umiestnení nižšie sa priebeh koncentrácie látky odmeria za istý čas.

**Hydraulický výpočet prietoku**

Prietok sa pri tejto metóde vypočíta z hydraulických vlastností prúdenia a z morfológie koryta. Pre výpočet je nutné mať vedomosti o pozdĺžnom sklone hladiny toku, odmerať morfológiu koryta, a taktiež určiť koeficient drsnosti. Pomocou hydraulických vzorcov po dosadení parametrov vypočítame prietok.