

PŘÍLOHA K BODU 2.3

SRAŽKO – ODTOKOVÝ MODEL

Pro výpočet N-letých průtoků bylo využito programů ArcMap, HEC – geo HMS a HEC – HMS. Ty umožňují připravovat vstupní údaje, simulovat srážko-odtokový proces a tím zjišťovat postupové doby průtoků a jejich parametry – kulminační průtok, objem odtoku. Program HEC – HMS, ve kterém probíhalo samotné S-O modelování nabízí různou řadu metod výpočtu. Popis zvolených a použitých metod je uveden v následujících kapitolách. Detailnější popis jednotlivých metod je potom detailně popsán v manuálech k jednotlivým programům.

Pro kalibraci sestaveného srážko – odtokového modelu byly použity aktuální údaje poskytnuté ČHMÚ.

1.1.1. Transformace přímého odtoku

Volba metody transformace přímého odtoku je klíčovou součástí metodického postupu, neboť přímo určuje tvar vlny, a tím i velikost kulminačního průtoků a objemu odtoku. Pro výpočet transformace přímého odtoku byla použita metoda jednotkového hydrogramu, konkrétně Clarkova jednotkového hydrogramu.

Jednotkový hydrogram je hypotetická odezva povodí na jednotkový efektivní déšť, vždy stejná pro déšť dané doby trvání. Využívá se v hydrologických modelech, umožňujících určit hodnoty odtoku na základě znalosti výšky srážky na povodí. Původní koncept jednotkového hydrogramu navrhl Leroy Sherman v roce 1932, od té doby je teorie jednotkového hydrogramu dále rozvíjena a aplikována v mnoha variantách.

Povodí je jako celek považováno za systém, ve kterém se srážkový vstup (efektivní déšť) transformuje na výstup v podobě přímého odtoku. Transformační funkcí je jednotkový hydrogram (anglicky unit hydrograph, zkratka UH), který se definuje jako hydrogram přímého odtoku vyvolaný efektivním deštěm o jednotkovém objemu, o stálé intenzitě a rovnoměrně rozloženém na povodí, za předpokladu platnosti principu superpozice a principu časové invariance.

Clarkův jednotkový hydrogram je specifikován následujícími parametry:

- T_c doba koncentrace [h]
- R transformační faktor povodí [h], simulující dobu zdržení vody v povodí
- závislostí doby dobíhání z dílčí kumulativní plochy povodí při zasažené celé ploše povodí

Existuje celá řada způsobů určení doby koncentrace. V tomto případě byla použita metoda dle Q. C. Ayrese.

Pro určení koeficientu R existuje jen minimum výpočetních vzorců, zpravidla se pro výpočet teoretické povodňové vlny na nepozorovaných povodích odhaduje velikost koeficientu R jako n -násobek doby koncentrace:

$$R=n*T_c \quad [\text{hod}], \quad (1)$$

kde se hodnota „n“ nejčastěji pohybuje v intervalu 1,2 – 2.

1.1.2. Hydrologická transformace

Hydrologická transformace uvádí, jaký objem příčinné srážky se transformuje na objem přímého povrchového odtoku. Jednou s nejpoužívanějších metod, která byla využita i v tomto konkrétním případě, je metoda SCS Curve Number (CN křivky).

Metoda CN křivek slouží k jednoduchému výpočtu odtoku při srážko-odtokové události. Srážka je rozdělena na ztráty a efektivní déšť podle čísla CN křivky, které reprezentuje vlastnosti povodí – půdní poměry, využití území (landuse) a předchozí vláhové podmínky. Použité vztahy jsou empirické, odvozené na základě analýzy dat z malých povodí v USA. Metoda se však uplatnila také v mnoha jiných zemích včetně České republiky.

Metoda byla vyvinuta americkou Službou na ochranu půd (*Soil conservation service*, a označuje se také jako *SCS CN*).

Hodnota celkového přímého odtoku vyvolaného příčinnou srážkou je funkcí hodnoty kumulativní srážky, způsobem využití území, vlastností půdního pokryvu a předchozího nasycení půdního profilu. Pro výpočet je použita následující rovnice:

$$P_e = \frac{(P - I_a)^2}{P - I_a + S} \quad (2)$$

kde

P_e akumulovaná hodnota přímého odtoku v mm za časový interval t

P akumulovaná hodnota srážky v mm za časový interval t

I_a počáteční ztráta ze srážkového úhrnu v mm

S maximální potenciální retence, schopnost povodí vstřebat a udržet srážkový úhrn

Z analýzy výsledků z mnoha malých experimentálních povodí odvodila SCS empirický vztah pro výpočet počáteční ztráty:

$$I_a = 0,2 \cdot S \quad (3)$$

z toho vyplývá, že hodnota přímého odtoku za čas t je:

$$P_e = \frac{(P - 0,2 \cdot S)^2}{P + 0,8 \cdot S} \quad (4)$$

Výsledný přímý odtok je počítán jako rozdíl mezi přímým odtokem na konci a na začátku časového intervalu.

Maximální retenční kapacita povodí vychází z průměrného čísla CN a je vypočtena pomocí vztahu:

$$S = \frac{1000 - 10 * CN}{CN} \quad [\text{palců}] \quad (5)$$

nebo

$$S = \frac{25400 - 254 * CN}{CN} \quad [\text{mm}] \quad (6)$$

Hodnota CN se pohybuje v rozsahu (0-100) pro dané povodí. Hodnota blízká 100 reprezentuje téměř nepropustné povrchy, jako jsou střechy, komunikace a jiné zpevněné plochy. Běžné hodnoty se pohybují v rozmezí 55 - 85. Přednost metody je jednoduchost jejího použití a průhlednost metodických postupů.

1.1.3. *Hydraulická transformace*

V případě, že pozorované povodí je na základě zvolené schematizace rozděleno na více menších subpovodí je potřeba vytvořit také prvky reprezentující říční úseky. V těchto úsecích je nutné simulovat postup vlny po toku a na základě zvolené metody určit jak velký bude mít tento úsek transformační účinek.

HEC-HMS pro účely hydraulické transformace nabízí řadu metod, v tomto případě byla použita metoda Muskingum. Metoda vychází ze vztahu (7) založeného na bilanci odtoku a přítoku do daného úseku říčního koryta.

$$S = K * [X * I + (1 - X) * O] \quad (7)$$

S zadržený objem v říčním úseku [m^3]

K čas postupu povodňové vlny říčním úsekem [hod]

I průměrný přítok do říčního úseku [m^3/s]

O průměrný odtok z říčního úseku [m^3/s]

X transformační faktor, <0;0,5> [-]

Transformační faktor X nabývá hodnot 0 až 0,5. Hodnota 0,5 značí maximální retenci říčního úseku a volí se pro říční úseky velmi mírných sklonů. Pro úseky s velkými sklony se hodnota faktoru X blíží nule, tzn. říční úsek nemá žádnou transformační schopnost.