

Postup vyhodnocení odtokových poměrů a stanovení návrhových průtoků v projektu Strategie ochrany před negativními dopady povodní a erozními jevy přírodě blízkými opatřeními v České republice

MARTIN STEHLÍK, MARTIN PAVEL, VLADIMÍR BURIAN

Klíčová slova: odtokové poměry – čísla odtokových křivek – kritické body – vodní nádrže – srážkoodtokové modelování

SOUHRN

Projekt Strategie ochrany před negativními dopady povodní a erozními jevy přírodě blízkými opatřeními v České republice řeší komplexně možnosti zvýšení retence vody v krajině. Příspěvek stručně popisuje dva z nástrojů pro analýzy a návrhy: použití metody CN křivek a srážkoodtokové modelování.

ÚVOD

Jedním ze stěžejních cílů projektu Strategie ochrany před negativními vlivy povodní a erozními jevy přírodě blízkými opatřeními v ČR je snížení výšky přímého odtoku při přívalových srážkách, popř. transformace povodňových vln v nádržích. Na základě analýz současného stavu odtokových poměrů byly identifikovány problematické oblasti, ve kterých byl navržen soubor opatření a posléze posouzena jeho efektivita.

ANALÝZA ODTOKOVÝCH POMĚRŮ

Vyhodnocení odtokových poměrů v povodích ČR před návrhy opatření spočívalo ve vytvoření gisových vrstev hodnot CN (čísla odtokových křivek), směrů odtoku a akumulace odtoku. Dále byla vyhodnocena potenciální retence A (mm), výšky přímého odtoku H_o (mm) a objemy přímého odtoku O_{ph} (m^3) při návrhových srážkách pro povodí III. a IV. řádu. Tím byly připraveny podklady pro návrhy retenčních prostor, vyhodnocení změn odtokových poměrů po návrzích opatření a podklady pro detailní posouzení efektů navržených opatření.

K určení možné retence území byly využity vrstvy CN hodnot ve třech stupních předchozího nasycení povodí. Pro území ČR byla vytvořena souvislá vrstva způsobu využití území, jejímž základem byla geodatabáze půdních bloků LPIS rozšířená o vrstvu PUPFL (pozemky určené pro plnění funkce lesa) a doplněná daty ze ZABAGEDu. Vrstva způsobu využití území byla prolnta s vrstvou hydrologických skupin půd.

Konkrétní hodnoty pro výchozí vrstvu CN II (střední stupeň nasycení) jsou obsaženy v *tabulce 1*. Pro ornou půdu byly hodnoty CN rozlišeny pro dvě varianty: detail a povodí. Pro variantu detail byly použity poměrně vysoké hodnoty (možnost souběhu nepříznivých osevních postupů na celém povodí) a tato varianta je využívána pro analýzy malých povodí s plochou do 10 km². Pro variantu povodí byla hodnota CN snížena – odpovídá průměru pro širokořádkové plodiny a úzkořádkové plodiny.

Tabulka 1. Hodnoty CN II pro jednotlivé způsoby využití území a hydrologické skupiny půd (HSP)

Table 1. Values of CN II for different land-use and hydrological soil groups (HSP)

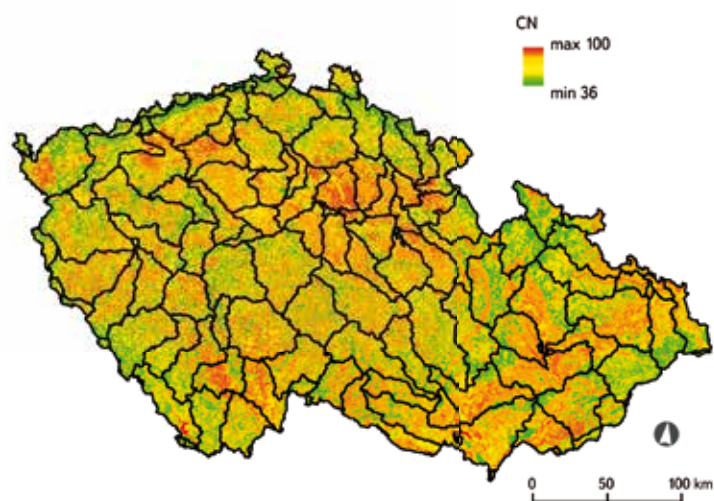
Využití území	Zkratka	HSP				
		A	B	C	D	N
LPIS – orná půda (detail)	Rd	72	81	88	91	83
LPIS – orná půda (povodí)	Rp	68,5	78,5	86	89,5	80,5
LPIS – chmelnice	C	72	81	88	91	83
LPIS – vinice	V	59	74	82	86	72
LPIS – ovocný sad	S	59	74	82	86	72
LPIS – travní porost	T	49	69	79	84	70
LPIS – jiná kultura	O	59	74	82	86	72
LPIS – rybník	B	100	100	100	100	100
LPIS – zalesněno	L	45	66	77	83	67
les – porost	LPOR	36	60	73	79	62
silnice, dálnice	SIL	74	84	90	92	85
vodní plocha	VPL	100	100	100	100	100
ostatní	OST	59	74	82	86	72

N... hydrologická skupina půd neurčena

Hodnoty uvedené v tabulce jsou platné pro střední stupeň Indexu předchozích srážek (IPS II). IPS je určován na základě 5denního úhrnu předcházejících srážek. IPS I je „suchý“ a určuje stav, který ještě umožňuje uspokojivou orbu a obdělávání (kumulativní úhrn srážek za 5 dní dosáhl méně než 36 mm). IPS II je „střední“ a bývá uvažován pro návrhové účely (kumulativní úhrn srážek za 5 dní dosáhl 36 až 53 mm). IPS III je „mokrá“ a vyjadřuje stav přesycení předcházejícími dešti (kumulativní úhrn srážek za 5 dní dosáhl více než 53 mm).

Hodnoty CN I (pro IPS I) a CN III (pro IPS III) byly odvozeny na základě hodnot CN II v prostředí ArcGIS Raster Calculator podle vzorců uváděných Janečkem a Kovářem [1]:

- $CN I = CN II / (2,334 - 0,011334 CN II)$,
- $CN III = CN II / (0,4036 + 0,005964 CN II)$.



Obr. 1. Hodnoty CN II ve variantě „detail“ u orné půdy
Fig. 1. CN II values in a variant „detail“ by arable land

Na základě porovnání objemů přímého odtoku pro současný stav využití území s objemy přímého odtoku pro návrhový stav s protierozními opatřeními v jednotlivých povodích lze stanovit, jaký mají navrhovaná opatření vliv na změnu odtokových poměrů [2]. Nezbytnou součástí ochrany před přívalovými povodněmi je tedy také komplexní protierozní ochrana půdy [3, 4].

Tabulka 2. Hodnoty CN II pro opatření na orné půdě a hydrologické skupiny půd (HSP)
Table 2. Values of CN II for measures on arable land and hydrological soil groups (HSP)

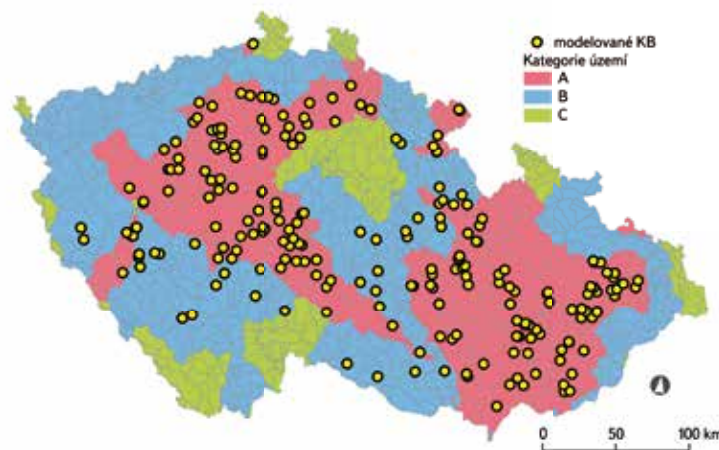
Opatření	HSP				
	A	B	C	D	N
ochranné zatravnění	39	61	74	80	64
vyločení erozně nebezpečných plodin, použití půdoochranných technologií	60	72	80	83	74
erozně nebezpečné plodiny pěstovány půdoochrannými technologiemi	64	74	81	85	76

N... hydrologická skupina půd neurčena

POSOUZENÍ KRITICKÝCH BODŮ SRÁŽKOOTOKOVÝMI MODELY

Hodnoty CN posloužily mimo jiné pro výpočet povodňových vln v profilech tzv. kritických bodů, představujících nebezpečí ohrožení intravilánu při přívalových srážkách. V rámci projektu bylo posuzováno celkem 490 kritických bodů v územích kategorie A a B. V potenciálně nejhroženějších povodích kritických bodů byla provedena terénní šetření, významnost kritických bodů byla diskutována s místní samosprávou a byla navržena opatření pro zmírnění možných následků přívalových srážek.

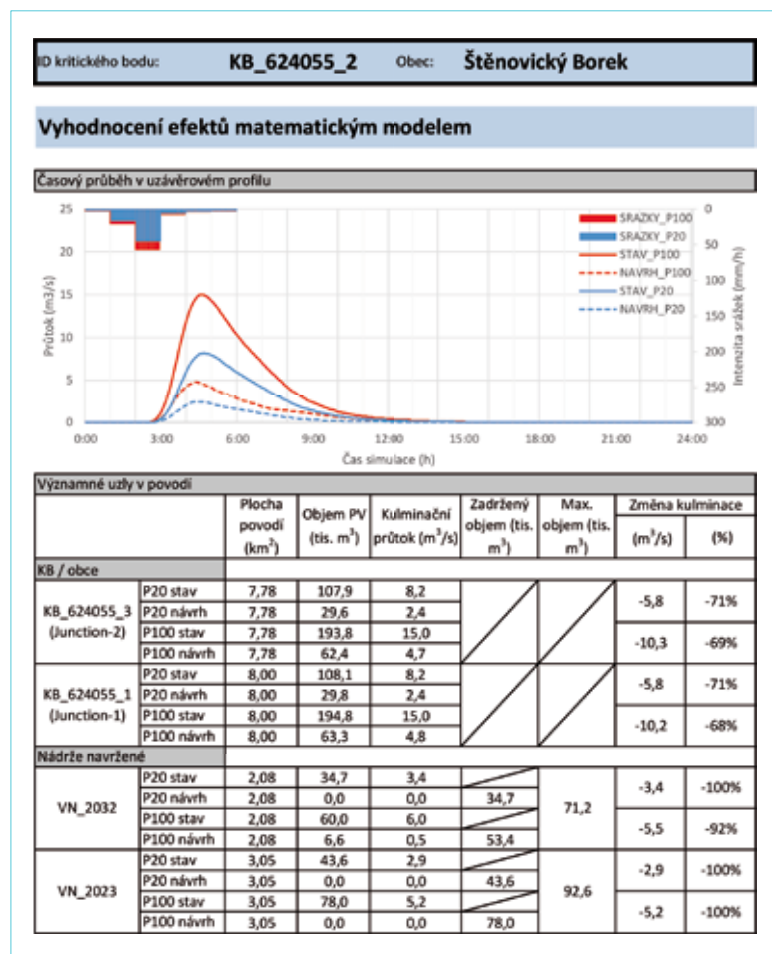
Pro 226 kritických bodů byly sestaveny srážkoodtokové modely v prostředí HEC-HMS. V každém modelu jsou k dispozici výpočty pro stávající stav a návrhový stav řešeného povodí. Při vytváření modelů byla použita metodika podle ČHMÚ [5, 6]. Výpočet objemu přímého odtoku tedy využívá metodu CN-křivek, transformace přímého odtoku metodu jednotkového hydrogramu podle Clarka a postup povodňové vlny v říčních úsecích metodu Muskingum. Zatížení modelů proběhlo návrhovými dvacetiletými a stoletými srážkami. Vzhledem k hromadnému zpracování nebyly při modelování vyhodnocovány možné nejistoty a neurčitosti.



Obr. 2. Modelované profily kritických bodů
Fig. 2. Modeled profiles of critical points

Pro snížení povodňových vln jsou neúčinnějšími opatřeními vodní nádrže s retenčním prostorem. Nově navrhované nádrže byly do povodí umísťovány podle potřeby ochrany zastavěného území, morfologie terénu a využití území. Navrhované nádrže s odvozenou charakteristikou výšky hladiny a objemu byly pro účely základní analýzy efektivnosti uvažovány s přelivem, jehož kóta je 0,5 m pod úrovní hladiny při stoleté povodňové vlně. Vedle nádrží působí na retenci v povodích příznivě také protierozní opatření v ploše povodí (snížení hodnoty CN) a revitalizace vodních toků, mírně zpomalující průchod povodní (úprava transformačního faktoru v metodě Muskingum).

V katalogovém listu srážkoodtokového vyhodnocení kritického bodu je mimo jiné znázorněn hyetogram stoleté a dvacetileté srážky. Dále je v grafu možno sledovat hydrogramy stoletého a dvacetiletého odtoku v uzávěrovém profilu kritického bodu v m^3/s pro stávající stav a návrhový stav. Další část katalogového listu obsahuje tabulární výčet a vyhodnocení sledovaných veličin pro významné uzly schematizovaného povodí. Sledovanými veličinami jsou plocha povodí v km^2 , objem povodňové vlny v $tis. m^3$, kulminační průtok v m^3/s , maximální zadržovaný objem v navrhovaných nádržích v $tis. m^3$ a maximální objem nádrží, odpovídající ploše zátopy (v $tis. m^3$). V pravé části tabulky se nachází vyhodnocení změny kulminace v hodnotách průtoků (m^3/s) a v procentuálním vyjádření změny.



Obr. 3. Vyhodnocení efektů modelem HEC-HMS pro kritický bod v obci Štěnovický Borek
Fig. 3. Evaluation of effects by HEC-HMS model for the critical point in Štěnovický Borek municipality

ZÁVĚR

Uváděné postupy metody CN křivek a srážkoodtokového modelování umožňují posoudit vlivy souboru opatření na odtokové poměry v povodích. Opatření v ploše povodí, opatření na vodních tocích a v nivách i nově navrhované nádrže působí v souhrnu na zlepšení stavu krajiny z hlediska protipovodňového a protierozního i s přesahem do ochrany před výskytem sucha.

Literatura

- [1] JANEČEK, M. a KOVÁŘ, P. Aktuálnost „Metody čísel odtokových křivek – CN“ k určování přímého odtoku z malého povodí. *Vodní hospodářství* 7/2010, s. 187–190.
- [2] MŽP. *Metodika k navrhování protipovodňových opatření v ploše povodí, které současně řeší obnovu vodního režimu a snižování eroze*. 2008, 131 s.
- [3] JANEČEK, M. aj. *Ochrana zemědělské půdy před erozí*. ČZU, 2012, 113 s.
- [4] NOVOTNÝ, I. aj. *Příručka ochrany proti vodní erozi*. MZe, 2014, 73 s.
- [5] KULASOVÁ, B., ŠERCL, P., BOHÁČ, M. aj. *Verifikace metod odvození hydrologických podkladů pro posuzování bezpečnosti vodních děl za povodní, Závěrečná zpráva projektu QD1368*. ČHMÚ, 2004, 128 s.
- [6] ŠERCL, P. *Vliv fyzicko-geografických faktorů na charakteristiky teoretických návrhových povodňových vln*. Sborník prací ČHMÚ, sv. 54, 2009, 88 s.

Autoři

Mgr. Martin Stehlík
✉ martin.stehlik@sweco.cz

Ing. Martin Pavel
✉ martin.pavel@sweco.cz

Ing. Vladimír Burian
✉ vladimir.burian@sweco.cz

Sweco Hydroprojekt a. s.

Príspevek pošel lektorským řízením.

PROCESS OF EVALUATION OF RUNOFF CONDITIONS AND DETERMINATION OF DESIGN FLOWS IN THE PROJECT STRATEGY FOR PROTECTION AGAINST THE NEGATIVE IMPACTS OF FLOODS AND EROSION EVENTS BY NATURE-FRIENDLY MEASURES IN THE CZECH REPUBLIC

STEHLÍK, M.; PAVEL, M.; BURIAN, V.

Sweco Hydroprojekt a. s.

Keywords: runoff conditions – runoff curve numbers – critical points – reservoirs – rainfall-runoff modeling

Project The Strategy for protection against the negative impacts of floods and erosion events by nature-friendly measures in the Czech Republic comprehensively addresses the possibility of increasing water retention in the landscape. Article in a nutshell describes two of the tools for analysis and design: using the curve number method and rainfall-runoff modeling.