

## ZABEZPEČENÍ HLÁSNÉ A PŘEDPOVĚDNÍ POVODŇOVÉ SLUŽBY NA POBOČCE ČHMÚ OSTRAVA

Veronika ŠUSTKOVÁ, Ondřej KOSÍK, Alena TÍŽKOVÁ, Roman VOLNÝ

Regionální předpovědní pracoviště, Český hydrometeorologický ústav, pobočka Ostrava, K Myslivně 3/2182,  
708 00, Ostrava-Poruba, Česká republika  
*veronika.sustkova@chmi.cz*

### Abstrakt

Příspěvek popisuje vývoj hydrologické prognózy a podpůrných prostředků pro potřeby krizového řízení na Regionálním předpovědním pracovišti ČHMÚ v Ostravě (dále jen RPP). Zejména pak využití moderních nástrojů, jako jsou geografické informační systémy (GIS), hydrologické modely a moderní databázové systémy, pro každodenní činnosti na pracovišti hydrologické předpovědní služby. Vývoj dospěl od zdánlivě jednoduchých manuálních hydrometrických předpovědí až k dnešnímu stavu, kdy pro předpověď průtoku v čase využíváme dva hydrologické modely, několik lokálních i globálních meteorologických modelů a výstupem jsou kromě jedné hydrologické deterministické předpovědi i předpovědi pravděpodobnostní. Nasazení hydrologických modelů pro efektivní práci při operativním rozhodování usnadňují a podporují geografické informační systémy v mnoha krocích, např. při sběru, databázovém zpracování dat i tvorbě schematizací zájmových povodí.

### Abstract

The paper describes the development of hydrological forecasts and support resources for crisis management at Regional Forecasting Office Ostrava. Especially the use of modern tools such as geographic information systems (GIS), hydrological models and modern database systems for use in everyday workplace activities of hydrological forecasting service. Development came from seemingly simple manual hydrometric forecast to today's situation when for the forecast flow in time, we use two hydrological models, several local and global meteorological models and outputs in addition to a hydrological deterministic forecasts are probabilistic forecasts. Deployment of hydrological models for effective work in taking operational decisions facilitate and encourage geographic information systems in many steps, eg. the data collection, processing of database data and basin schematization.

**Klíčová slova:** hydrologická prognóza; krizové řízení; GIS; hydrologické modely

**Keywords:** hydrologic forecasting; crisis management; GIS; hydrological models

### ÚVOD

Extrémy v chování přírody působí výrazně na vývoj civilizace a současné obyvatelstvo. Jsou to mimořádně rychlé přírodní procesy, které mají zdroj v atmosféře, vodstvu, na zemském povrchu, v zemské kůře, ba i v zemské plášti. [5] Jedním z úkolů kompetentních úřadů na úrovni státu, krajů a obcí je chránit obyvatelstvo před účinky těchto přírodních katastrof. [7] Děje se tak prostřednictvím mnoha opatření, mezi které, krom jiného, patří i včasné, rychlé a správné předávání informací o reálně hrozící nebo již vzniklé přírodní mimořádné události. [24]

Na území České republiky jsou to především povodně, jejichž nepravidelný výskyt a variabilní rozsah nepříznivě ovlivňují vnímání rizik, která přinášejí. Tato skutečnost nepříznivě ovlivňuje i snahu o systematickou realizaci protipovodňových opatření. Nejsou ale jediným přírodním fenoménem, který přináší rizika pro lidskou činnost, mohli bychom tu zařadit i stále častější období sucha. [9]

Komplexní hodnocení průběhu, dopadů a následných škod všech těchto přírodních extrémů na lidskou činnost a životní prostředí často naráží na nedostatek finančních prostředků. Využití GIS a metod matematického modelování může být jednou z levných a rychlých variant, jak některé tyto otázky pomoci řešit, umožňuje totiž zpracování velkých množství dat v krátkém čase. Včasné, kvalitní a aktuální informace

jsou totiž jednou ze základních podmínek zlepšení ochrany před těmito přírodními riziky. Jeden z hlavních faktorů, který minimalizuje škody hydrologických, meteorologických i jiných přírodních extrémů, je jejich včasná předpověď. [9]

## LEGISLATIVA

Legislativní úprava ochrany před povodněmi v České republice je dána vodním zákonem a navazujícími předpisy. Dle tohoto zákona č. 254/2001 Sb., o vodách a změně některých zákonů (vodní zákon) má Český hydrometeorologický ústav povinnost zajišťovat Hlásnou a předpovědní povodňovou službu (HPPS) ve spolupráci se správci povodí. Hlavním účelem je informovat povodňové orgány a ostatní účastníky povodňové ochrany o nebezpečí vzniku povodně a o jejím dalším vývoji. Celý systém HPPS je pak upřesněn Metodickým pokynem odboru ochrany vod MŽP č. 9/2011 k zabezpečení hlásné a předpovědní povodňové služby (Věstník MŽP č. 12/2011). [19] Organizaci hlásné a předpovědní povodňové služby ve smyslu § 81 vodního zákona metodicky řídí ministerstvo životního prostředí jako Ústřední povodňový orgán ČR.

Dalšími zákony jsou například zákon č. 239/2000 Sb., o integrovaném záchranném systému a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů a zákon č. 240/2000 Sb., o krizovém řízení a o změně některých zákonů (krizový zákon), ve znění pozdějších předpisů.

Řízení ochrany před povodněmi zabezpečují povodňové orgány. Mimo povodeň jsou jimi orgány obcí a v hlavním městě Praze orgány městských částí, ORP, KÚ a MŽP. Po dobu povodně jsou pak povodňovými orgány povodňové komise obcí v hlavním městě Praze povodňové komise městských částí, ORP, KÚ a Ústřední povodňová komise. Pracoviště předpovědní povodňové služby ČHMÚ je zařazeno mezi ostatní účastníky povodňové ochrany a prostřednictvím Hlásné povodňové služby zabezpečuje informace povodňovým orgánům pro varování obyvatelstva a informace potřebné k vyhodnocování povodňové situace a k řízení opatření na ochranu před povodněmi. [9, 14, 22, 23, 24]

## HYDROLOGICKÁ PROGNÓZA

### Historie

Historický vývoj hydrologické služby v Čechách sahá až do 19. století, kdy byla na Vltavě v Praze zahájena první pravidelná pozorování a měření vodního stavu a postupně byly zřizovány vodoměrné stanice. Dvě velké povodně na konci tohoto století podnítily zřízení Hydrografické komise pro Království české v roce 1875, která kromě srážkoměrného oddělení obsahovala i oddělení vodoměrné vedené A. R. Harlacherem. V roce 1890 pak vznikla státní hydrografická služba. Česká operativní hydrologie se tak zařadila mezi jedny z nejstarších hydrologických služeb v Evropě. [4] Po zřízení Ústřední hydrografické kanceláře ve Vídni v roce 1893 byla v hlavních městech českých zemí - Praze, Brně a Opavě založena hydrografická oddělení pro povodí Labe, Moravy a Odry. V roce 1920 byl založen Státní ústav hydrologický (SÚV, dnes Výzkumný ústav vodohospodářský – VÚV TGM) a meteorologický (SÚM).

Spojením meteorologické a hydrologické služby v roce 1954 byl založen Hydrometeorologický ústav (dnes Český hydrometeorologický ústav – ČHMÚ), tenkrát podřízený Ústřední správě vodního hospodářství, který se vznikem československé federace r. 1969 rozdělil na dva nezávislé subjekty – Český hydrometeorologický ústav se sídlem v Praze a Slovenský hydrometeorologický ústav v Bratislavě. Podle rozhodnutí nadřízeného ministerstva byla v roce 1963 zahájena výstavba hydrologických středisek v Brně, Ostravě, Ústí n. Labem, Praze, Hradci Králové, Českých Budějovicích a Plzni. [4]

### Regionální předpovědní pracoviště ČHMÚ Ostrava

Regionální předpovědní pracoviště ČHMÚ pobočky Ostrava zajišťuje předpovědní a výstražnou službu v oborech operativní meteorologie a operativní hydrologie v rámci regionů působnosti pobočky. Územní působnost pracoviště je vymezena horním povodím Odry ležící na území ČR a povodím horní Moravy (pod soutok s Bečvou), administrativně náleží tyto části povodí z převážné části Moravskoslezskému a Olomouckému kraji, zčásti pak kraji Zlínskému a Pardubickému.

Skupina meteorologických předpovědí se zabývá ve své každodenní nepřetržité činnosti mimo jiné poskytováním informací o aktuálním stavu počasí a znečištění ovzduší, tvorbou předpovědí počasí (všeobecných, speciálních, komerčních,...), vydáváním výstražných informací (SIVS) týkajících se nebezpečných meteorologických jevů a vyhlásováním/odvoláváním „smogových situací“ a „regulací“ – Smogový varovný a regulační systém (SVRS). Hydrologická předpovědní služba na Regionálním předpovědním pracovišti (RPP) Ostrava zajišťuje funkci regionálního sběrného pracoviště pro síť hydrologických stanic s operativním přenosem dat. Dále je hydrologickou předpovědní službou (ve spolupráci s podniky Povodí Odry, s. p. a Povodí Moravy, s. p.) a interpretuje a distribuuje informace a předpovědi, včetně výstražných informací z oboru hydrologie. Operativní hydrologie má na ČHMÚ v Ostravě dlouhou historii. Do roku 1998 patřila pod oddělení hydrologie. Samostatné pracoviště RPP vznikalo od roku 1999, ale do plného provozu bylo uvedeno na jaře roku 2003.

V dřívějších dobách se pro předpovědi povodní používala Manuální hydrometrická předpověď, která slouží jako kvalitativní údaj pro odhad přítoků z mezipovodí a je založena na metodě odpovídajících si průtoků a postupových dob. Nevýhoda této metody je její časový předstih, jenž pokulháva na poměrně krátké době doběhu průtoků, která je v povodích spadajících pod působnost ostravské pobočky maximálně několik hodin. Požadavek na prodloužení předstihu předpovědí, které je možné pouze s využitím srážkoodtokových hydrologických modelů, vyvstal zejména po katastrofických povodních v roce 1997. Hydrologické modely byly postupně do plného provozu na hydrologických předpovědních pracovištích ČHMÚ nasazeny v roce 2001. Hydrologický model v tomto smyslu chápeme jako software, který slouží k simulaci a zejména predikci dynamiky vodní složky v krajině včetně vlivu antropogenních aktivit a vodohospodářských soustav.

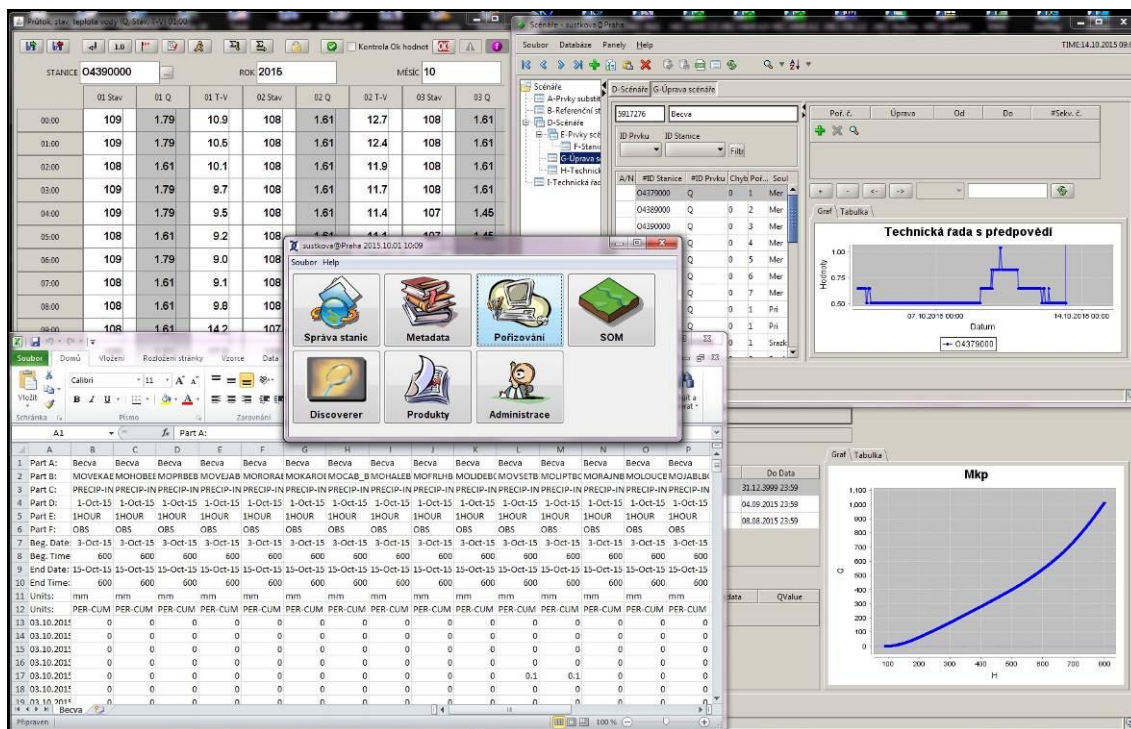
V dnešní době na pobočce ČHMÚ v Ostravě využíváme jako jediné pracoviště v České republice pro deterministické předpovědi průtoků dva hydrologické modely - HYDROG a HEC-HMS. Od roku 2004 je model HYDROG víceméně rutinně provozován pro téměř celé území v působnosti pobočky Ostrava. Od roku 2013 je postupně nasazován a testován nový model HEC-HMS.

## VYUŽITÍ GIS A HYDROLOGICKÝCH MODELŮ

### Data

Hydrologické předpovědi jsou výsledkem vyhodnocení dostupných informací o stavu povodí a měřených případně předpovídaných prvků ovlivňujících hydrologický cyklus. Operativní předpovědi průtoků obecně vycházejí z následujících vstupních dat: měřených srážek, měřených teplot vzduchu, měřených průtoků, z měření sněhové pokrývky - výšky sněhu a vodní hodnoty, dále z předpovědí srážek a teploty vzduchu z lokálních i globálních meteorologických modelů (ALADIN, ECMWF, GFS, aj.) a informací o stavu povodí (nasycenosti) na základě vyhodnocení předchozích srážek nebo na základě simulované vlhkosti půdy v modelech.

Automatická příprava meteorologických a hydrologických dat pro srážko-odtokové modelování probíhá na pobočce ČHMÚ Ostrava v databázové aplikaci SOM Data, která umožňuje export dat pro jednotlivé srážko-odtokové modely v požadovaném formátu a struktuře do souboru MS Excel (viz obr. 1). Umožňuje tak export vybraných časových řad hydrometeorologických prvků pro předdefinované polygony reprezentující stanice, respektive spádové oblasti stanic, v jednotlivých povodích spolu s předpovědí z numerických předpovědních modelů. Každé povodí je tak polygony rozděleno do dílčích částí, v horských oblastech s maximální plochou v řádech desítek km<sup>2</sup>, v nížinách s plochou o něco větší. Vstupní meteorologická data jsou automaticky transformována do předdefinovaných polygonů zprůměrováním hodnot jednotlivých vstupních rastrů za použití GIS aplikací (viz obr. 2). Tyto rastry vznikají interpolací bodových dat.



Obr. 1. Prostředí databázové aplikace CLIDATA/SOMData

Přesná vstupní data jsou základem pro úspěšnou simulaci v minulém období a následnou predikci průtoku v daném povodí.

Z pohledu tvorby hydrologických předpovědí se jako důležité jeví:

### 1. Dostupnost a aktuálnost vstupních dat a jejich automatická příprava

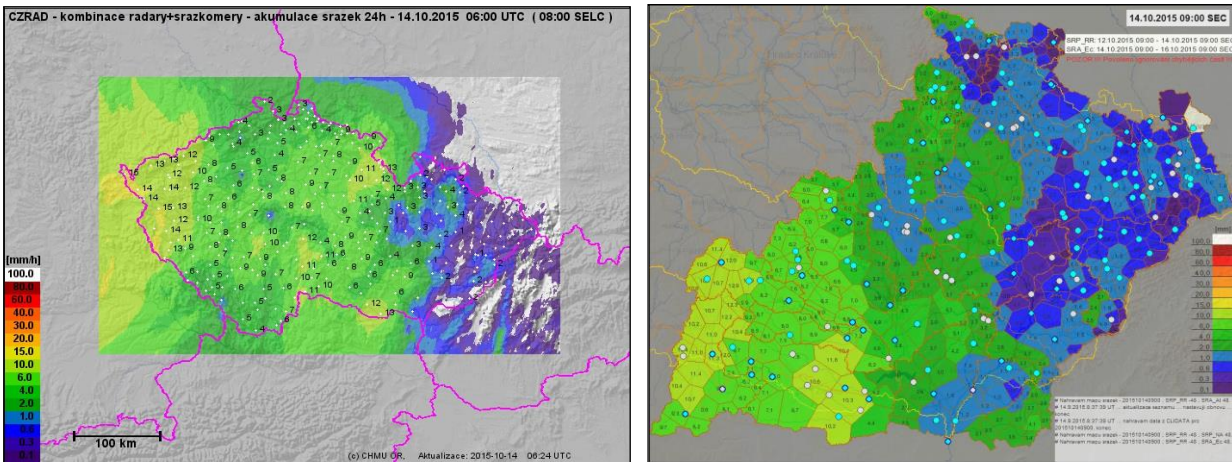
Situace v jednotlivých povodích se během povodně může velmi rychle měnit a déle vyvíjet. Z toho důvodu jsou hydrologické předpovědi v průběhu povodňové události poměrně často přepočítávány. V případě tvorby hydrologické předpovědi pro daný profil v konkrétním čase musí být časově zpoždění vstupních dat co možná nejmenší, data tedy musí být co nejaktuálnější a především rychle dostupná. Automatická příprava vstupních dat tak usnadňuje a urychluje tvorbu hydrologických předpovědí, dochází k minimalizování časového zpoždění mezi poslední změřenou hodnotou a časem vydání předpovědi.

### 2. Různé varianty vstupních dat

Vstupní data mohou být často nepřesná či chybná. Tyto chyby mohou vzniknout chybami měření, interpretace, či následným zpracováním dat, jako je např. nevhodně zvolený algoritmus interpolace apod. Vlastní předpovědi z numerických předpovědních modelů chyby rovněž obsahují. Jedná se především o chyby v předpovědi intenzity jevu a jeho časového a prostorového rozložení. Z výše uvedených důvodů dochází k výpočtu několika odlišných variant vstupních měřených dat (např. TP1 – teplota vzduchu pouze ze stanic ČHMÚ, TP2 – teplota vzduchu ze stanic ČHMÚ a stanic ostatních provozovatelů apod.), které lze kombinovat s jednotlivými předpovědními scénáři, respektive s numerickými předpovědními modely (např. Aladin, Aladin LAEF, ECMWF a další), viz obr. 3.

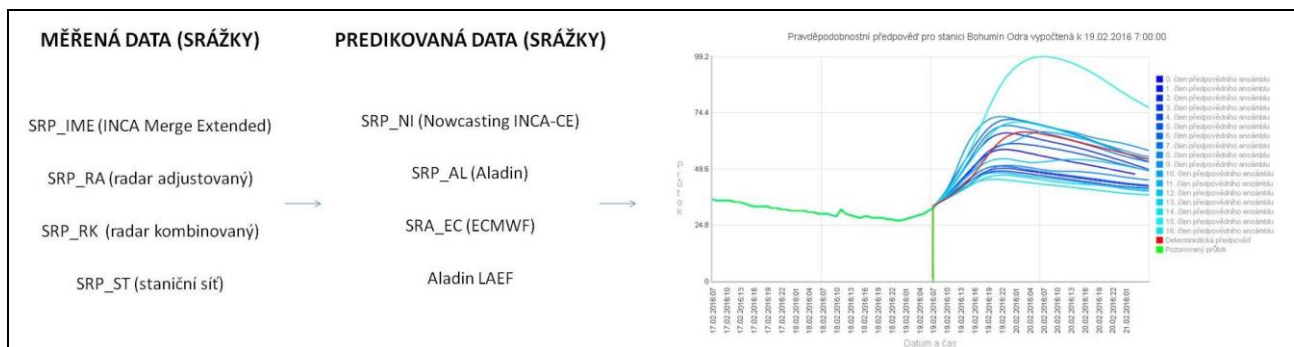
### 3. Ostatní požadavky

Mezi ostatní požadavky lze zařadit transparentnost a otevřenost dat, tedy možnost data v případě potřeby opravit jednoduše editovat.



**Obr. 2.** Vlevo - Srážky na území ČR (radarový odhad za 24h) a vpravo předpověď srážek na 48 h (model ECMWF, rozpočet na polygony dle schematizace hydrologického modelu)

Všechna data jsou následně automaticky ukládána do databázového systému ORACLE s názvem CLIDATA, kde lze za pomoci aplikační nadstavby s názvem SOMDATA vyexportovat vybranou kombinaci měřených a predikovaných modelových dat pro jednotlivá povodí.



**Obr. 3.** Schéma vstupních dat (ukázka – srážky)

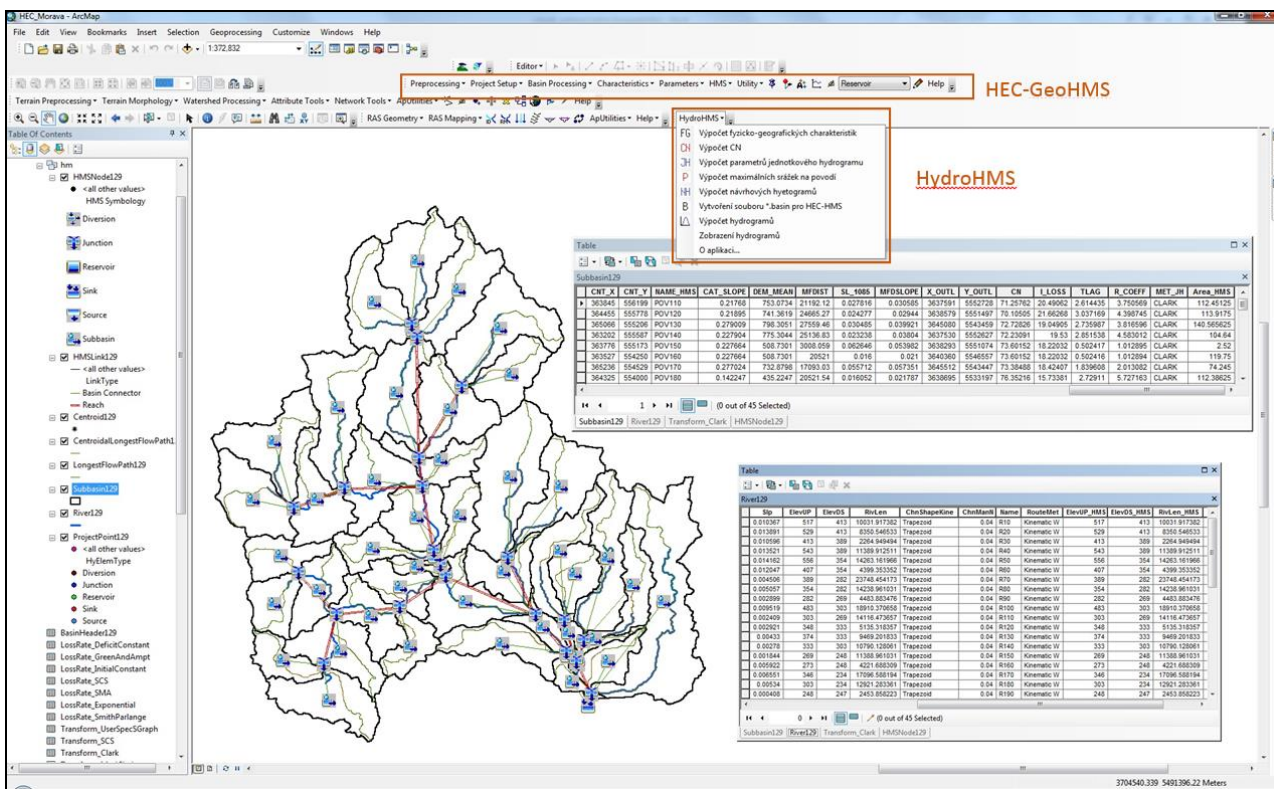
### Schematizace povodí pro model HEC-HMS v GIS

Hydrologické modely využívají GIS často jako tzv. pre- a postprocesory. Některé GIS platformy totiž v sobě obsahují mnohé geomorfologické a hydrologické funkce a analýzy, které dopomáhají uživateli hydrologických modelů zpracovat velké množství prostorových dat nezbytných pro simulaci a vytvořit si tak základní představu o vybraném území. GIS tedy představují nástroje pro předzpracování dat, analýzu a jejich následnou úpravu do formátu požadovaného daných modelem v prostředí jediného programového vybavení. [2] Následným exportem výsledných dat z modelu zpět do GIS opět získáváme účinný nástroj pro možnosti vizualizace výsledků. Toto splňují především GIS platformy ESRI [12]. Využívány jsou ale i jiné GIS, které nejsou licencované, například SAGA GIS [18] nebo GRASS GIS [13].

Rozlišujeme celkem 4 typy propojení GIS a hydrologických modelů. [10] Prvním typem je případ, kdy je GIS přímo součástí modelu. Druhý typ je opačný případ prvního, tedy hydrologický model je součástí GIS. Dalšími možnostmi propojení je tzv. těsná a volná vazba. Volná vazba je i příklad extenzí HEC, které tvoří komunikační rozhraní mezi modelovacím softwarem HEC a prostředím GIS. Potřebná prostorová data jsou v GIS zpracovávána a výsledkem preprocessingu je soubor v určitém formátu, který daný typ modelu požaduje a umí jej naimportovat. Posléze jsou výsledná data z modelu opět přenesena do prostředí GIS pro tzv. postprocessing.

Extenze HEC-GeoHMS byla vyvinuta jako geoprostorový nástroj pro hydrology ve spolupráci s firmou ESRI [17]. Poslední verze extenze je 10.2 (pro ArcGIS 10.2). Tato extenze umožňuje předzpracování digitálního modelu terénu (Preprocessing). Pro vykreslení povodí je potřeba určit odtokové směry (Flow Direction), největší akumulaci vody (Flow Accumulation) a vytvořit rastr vodních toků (Stream Definition). Při tvorbě rastru vodních toků je důležité nastavení prahové hodnoty, aby výsledný rastr co nejvíce odpovídal skutečnému systému vodních toků. Po provedení těchto operací se následně vymezí hranice jednotlivých povodí. Určením závěrového profilu řešeného povodí a určením finální podoby členění povodí a říční sítě se vypočtou další fyzicko-geografické charakteristiky povodí (Characteristic), jako je např. délka a sklon říčních úseků (River Length a River Slope), těžiště povodí (Basin Centroid) nebo nejdelší cesta odtoku vody z povodí (Longest Flowpath). Po nastavení metod pro hydraulickou a hydrologickou transformaci srážky (Select HMS Method), a nastavení typu meteorologického modelu, dojde k sestavení a vytvoření souboru pro export hydrologického modelu pro HEC-HMS.

K rozšíření výpočtu fyzicko-geografických charakteristik povodí nezbytných pro řešení hydrologické a hydraulické transformace, byla na ČHMÚ byla vytvořena extenze HydroHMS (dříve HEC-GeoHMS Add-in). Jedná se především o výpočet průměrné hodnoty CN v jednotlivých subpovodích nebo výpočet parametrů jednotkového hydrogramu, jako je stanovení doby koncentrace nebo retenční konstanty.



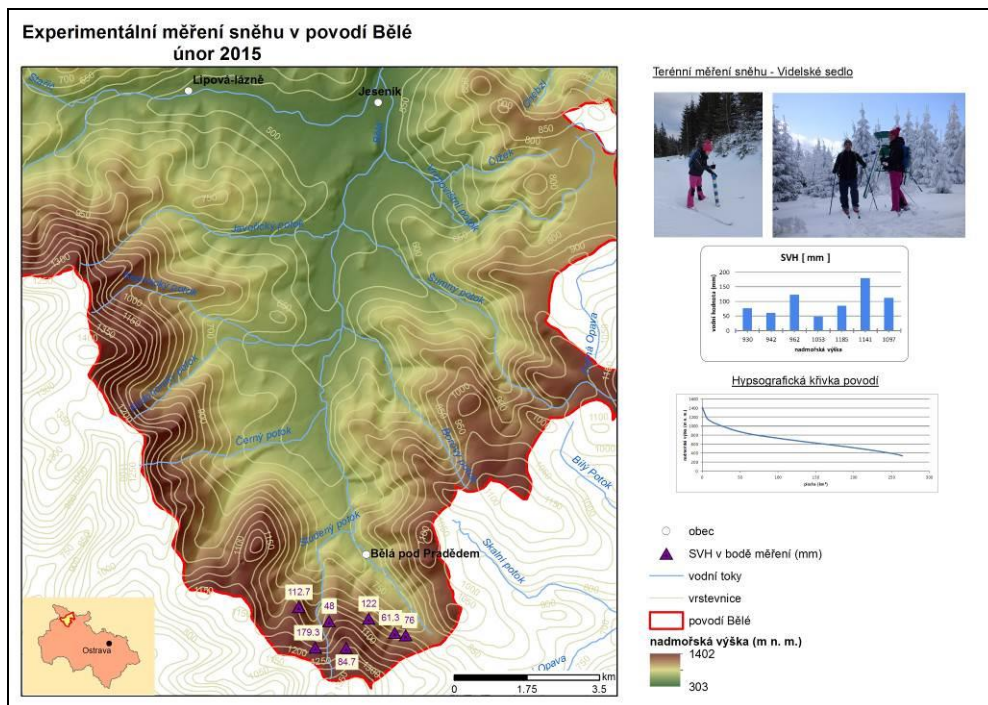
Obř. 4. Schematizace povodí horní Moravy v ArcGIS.

Výsledkem preprocessingu je naschematizované povodí (obr. 4) v souboru \*.basin, který je poté možno naimportovat do modelu HEC-HMS.

### Výpočet zásob vody ve sněhu a terénní průřezum

Model HEC-HMS využívá pro simulaci akumulace a tání sněhové pokrývky rozšířenou metodu teplotního indexu (degree/day). Oproti modelu HYDROG, kde je tato metoda také implementována, má model HEC-HMS v sobě tuto metodu poupravenou a rozšířenou o další vstupní parametry s cílem zpřesnit výsledky simulace. Umožňuje také rozdělit povodí na více výškových pásem a nadefinovat každému pásmu průměrnou nadmořskou výšku a další parametry nutné pro výpočet. Pro kalibraci sněhového modelu v HEC-HMS je nezbytné některé tyto parametry a data získat terénním měřením (viz obr. 5), jedná

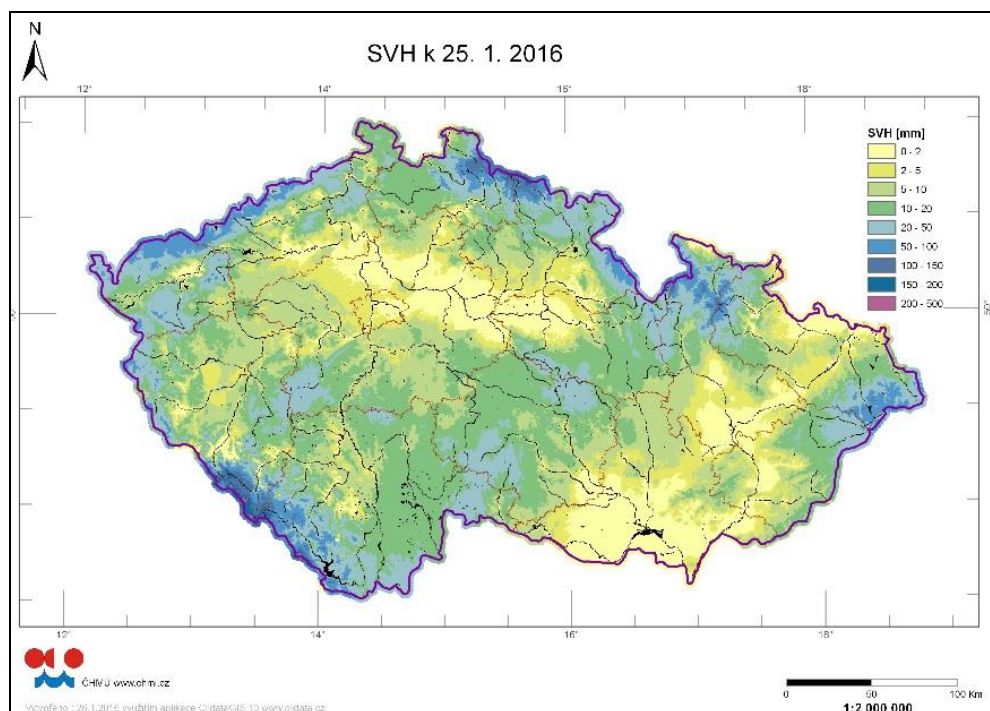
se především o stav a vývoj sněhové pokrývky v průběhu zimního období (podchycení maxima sněhové pokrývky a následného úbytku vodní hodnoty během období tání). Na našem pracovišti se experimentální měření sněhu provádí pravidelně v zimním období. Pro měření výšky sněhové pokrývky se využívá GPS přístroj. Z bodových měření hustoty lze pak interpolovat rozložení hustoty a vodní hodnoty sněhu na celé sledované ploše.



**Obr. 5.** Výsledky měření sněhu v povodí Bělé

Model umožňuje i simulaci vývoje vodní hodnoty sněhu. Vodní hodnota sněhu udává množství vody vázané ve sněhové pokrývce, která je z hydrologického hlediska velmi důležitá, protože následně představuje potenciální hrozbu během období tání. S pomocí modelu můžeme simulovat průběh vývoje vodní hodnoty i v místech, kde nejsou prováděna pravidelná měření. Tato simulovaná vodní hodnota je opět porovnávána s výsledky terénního měření.

Celorepublikový výpočet zásob vody ve sněhové pokrývce pro vybrané profily na území České republiky probíhá každou zimu vždy v úterý (období od listopadu do dubna), vyskytuje-li se hodnotitelná sněhová pokrývka (viz obr. 6). Informace o množství vody ve sněhové pokrývce slouží povodňovým orgánům, správcům povodí (státní podniky Povodí) i veřejnosti. K výpočtu jsou použity zkontrolované bodové hodnoty vodní hodnoty sněhové pokrývky, které jsou měřeny v dopoledních hodinách předchozího dne (pondělí). K vlastnímu výpočtu zásob vody ve sněhové pokrývce pro vybraná povodí je použit speciální program CLIDATA GIS. [16]



Obr. 6. Zásoby vody ve sněhu [15]

## ZÁVĚR

Živelní pohromy neboli přírodní mimořádné události ohrožují zdraví obyvatel, životní prostředí a přináší i významné škody na majetku v postiženém území. Přírodní mimořádné události jsou typické svojí variabilitou, případným neočekávaným nástupem, těžko odhadnutelným průběhem a následky, a lze jim jen velmi zřídka zabránit. O to je důležitější se na ně kvalitně připravit, hodnotit jejich průběh a škody, které způsobily a následně v dalších etapách vypracovat plán na postupnou obnovu potřebných opatření. Pokud člověk nemůže zabránit takovým situacím, musí alespoň omezit jejich účinky. [5, 9, 20, 21]

Pokud rozdělíme možnosti studia reálných systémů na několik základních kategorií, lze říci, že v současnosti mezi nejvíce zastoupené kategorie v hydrologii a vodním hospodářství jsou metody měření na vodních útvarech (hydrometrie) a následné vyhodnocení dat a metody analýz hydrologických systémů s využitím GIS a matematických modelů. [1, 8] Mechanistické a empirické metody a modely, díky současnému výkonu hardware a zvyšující se kvalitě vstupních dat, jsou již v operativní praxi využívány jen okrajově. Největší výhodou přístupů založených na GIS a matematickém modelování je schopnost analyzovat i území, která nejsou vybavena měřicí a monitorovací sítí a zároveň simulovat a zejména predikovat chování hydrologických systémů (tedy povodí) včetně extrémních fází odtoku. [3, 6]

Hydrologické modely jsou v České republice využívány v procesu preventivního opatření před vybranými živelními pohromami, přispívají k aktivní ochraně, zlepšují informovanost a připravenost obyvatelstva. S širším využitím hydrologických modelů v kombinaci s GIS pro ochranu obyvatelstva lze dosáhnout efektivnějších řešení v oblastech plánování, prevence, zhodnocení dopadů a výcviku, které bezpochyby patří k nejdůležitějším aspektům u přírodních mimořádných událostí. [9]

## LITERATURA

1. Beven, K. J. (2009) Environmental Modelling: An Uncertain Future?. London, Routledge, 310 s. ISBN: 978-0-415-46302-7.
2. Bivand, R., & Lucas, A. (2000) Integrating models and geographical information systems. eocomputation. Taylor & Francis London, pp. 331-364.



3. Goodall, J. L., Maidment, D. R. (2009) A spatiotemporal data model for river basin-scale hydrologic systems. *International Journal of Geographical Information Science*, 23(2), pp. 233-247.
4. Horký, Z., Krška, K., Obrusník, I. (2004) Český hydrometeorologický ústav 1954 - 2004. ČHMÚ, Praha. 64 s. ISBN 80-86690-11-3.
5. Kukul, Z., Pošmourný, K. (2005) Přírodní katastrofy a rizika, Příspěvek geologie k ochraně lidí a krajiny před přírodními katastrofami. ČGS a MŽP, Planeta, č. 3.
6. Maidment, D., Djokic, D. ed. (2002) *Hydrologic and Hydraulic Modelling Support with Geographic Information Systems*. Redlands. ESRI Press. 232 s. ISBN: 978-879102804.
7. Roudný, R., Linhart, P. (2006) *Krizový management III.: Teorie a praxe rizika*. Pardubice: Univerzita Pardubice. s. 141.
8. Říha, J., Stara, V., Dráb, A. (2002) Riziková analýza záplavových území. Riziková analýza záplavových území. SEMINÁŘ 2002 – sborník příspěvků. Sešit 2. Brno: Ústav vodních staveb FAST VUT v Brně. s. 1-458. ISBN: 80-86433-15- 3.
9. Říhová, V. (2003) Využití hydrologického modelování pro analýzu rizik území. Ostrava. Diplomová práce. VŠB - Technická univerzita Ostrava, Fakulta bezpečnostního inženýrství. 78 s.
10. Sui, D. Z., & Maggio, R. C. (1999) Integrating GIS with hydrological modeling: practices, problems, and prospects. *Computers, environment and urban systems*, 23(1), pp. 33-51

#### Internetové odkazy

11. Povodňový plán České republiky. [online]. 2016 [cit. 2016-02-12]. Dostupné z WWW: <[http://www.dppcr.cz/html\\_pub/](http://www.dppcr.cz/html_pub/)>.
12. Esri - GIS Mapping Software, Solutions, Services, Map Apps, and Data. [online]. 2016 [cit. 2016-02-13]. Dostupné z WWW: <<http://www.esri.com/>>.
13. GRASS GIS. [online]. 2016 [cit. 2016-02-12]. Dostupné z WWW: <<https://grass.osgeo.org/http://www.saga-gis.org/en/index.html/>>.
14. Hlásná a předpovědní povodňová služba. Hydrologické předpovědi. [online]. 2016 [cit. 2016-02-11]. Dostupné z WWW: <[http://www.chmi.cz/files/portal/docs/poboc/CB/pruvodce/hydrologicke\\_predpovedi\\_v\\_cr.htm](http://www.chmi.cz/files/portal/docs/poboc/CB/pruvodce/hydrologicke_predpovedi_v_cr.htm)>.
15. Hlásná a předpovědní povodňová služba. Zásoby vody ve sněhu. [online]. 2016 [cit. 2016-02-04]. Dostupné z WWW: <<http://www.chmi.cz/files/portal/docs/poboc/CB/snih/20160125.htm>>.
16. Hlásná a předpovědní povodňová služba. Množství vody ve sněhové pokrývce (SVH). [online]. 2016 [cit. 2016-02-03]. Dostupné z WWW: <[http://hydro.chmi.cz/hpps/hpps\\_novinky.php?seq=28213260](http://hydro.chmi.cz/hpps/hpps_novinky.php?seq=28213260)>.
17. US Army Corps of Engineers. The Hydrologic Engineering Center. [online]. [cit. 2016-01-26]. Dostupný z WWW: <<http://www.hec.usace.army.mil/>>.
18. SAGA - System for Automated Geoscientific Analyses. [online]. [cit. 2016-01-26]. Dostupný z WWW: <<http://www.saga-gis.org/en/index.html/>>.

#### Legislativa

19. Metodický pokyn odboru ochrany vod MŽP č. 9/2011 k zabezpečení hlásné a předpovědní povodňové služby (Věstník MŽP č. 12/2011)
20. Směrnice 2007/60/ES o vyhodnocování a zvládnání povodňových rizik
21. Vyhláška MŽP č. 236/2002 Sb., o způsobu a rozsahu zpracování návrhu a stanovení záplavových území
22. Zákon č. 239/2000 Sb. o integrovaném záchranném systému, v platném znění

23. Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), ve znění pozdějších předpisů
24. Zákon č. 240/2000 Sb., o krizovém řízení a o změně některých zákonů (krizový zákon), ve znění pozdějších předpisů.