

Hydrologická prognóza na pobočce ČHMÚ v Ostravě

Ing. et Ing. Veronika Šustková, Mgr. Alena Tížková
Český hydrometeorologický ústav, pobočka Ostrava

Abstract

Czech Hydrometeorological Institute (CHMI) in collaboration with the Odra and Morava river basin district authority provides under the Act No. 254/2001 Coll. The water act Flood forecasting service. Within the Czech Hydrometeorological Institute section of Meteorology, Hydrology Division, Central Forecasting Office in Prague (CPP) and Regional Forecasting Office (RPP) participates in it. [5] Hydrological forecasting model development occurred especially after the catastrophic floods in 1997, when they were deployed forecasting hydrological models and also created a new national crisis management system and the Integrated Rescue System (IRS). [4]

To simulate flood forecasts and operational flows of forecast is currently the Regional Forecasting Office Ostrava used model HYDROG. Since 2004, this model is more or less routinely operated for almost the entire territory covered by branche of Ostrava - in the assigned catchment area, the upper Morava, Becva, Oder and Opava. One of the results are flood hydrographs for 48 hours, which are selected profiles displayed and updated daily on the website Flood forecasting service CHMI accessible to the general public <http://hydro.chmi.cz/hpps/index.php>.

Since 2009, the Regional Forecasting Office also publishes a daily text hydrological predictions for today and the next day (regional hydrological forecast), which describes the current state of the flows and the expected development of hydrometeorological conditions in the monitored area. Currently the Regional Forecasting Office Ostrava predicts flows and water level for 19 of forecast. In cases of emergency, the match flow forecast issued as needed several times a day while workplace issues HRIZ (regional hydrological information report) and in cooperation with the Central Forecasting Office in Prague and HIZ (hydrological information report). All these messages are provided to regional government agencies and selected components of the Integrated Rescue System within the scope of the Ostrava branch of the CHMI.

Since 2014 gradually territory covered branches Ostrava testing and deployment of new hydrological model HEC-HMS. This is a freeware program developed by the U.S. Army Corps of Engineers.

The Ostrava department also develops a database system CLIDATA/SOMData that solves the storage, preparation and processing input data into the model, which are available from several sources, as well as feedback saving outputs (forecasts). Hydrological model input data generated by transforming into pre-defined polygons using GIS applications with manual data editing if necessary

adjustments. In summer they belong to the following upcoming dates rainfall (measured and predicted models ALADIN and ECMWF). In winter, it's precipitation, air temperature, snow depth and its water equivalent. The model takes into account manipulation on the waterworks and the associated outflows from reservoirs. Apart from the above come into its own calculation also data flow from operating hydrometric stations in these catchments.

In addition to deterministic predictions in recent years as the development of probabilistic forecasts (Aladin LAEF), whose output is several scenarios of future development. The graphs are displayed using a bar graph, which is listed deterministic prediction and forecasting 16 member ensembles. They are also calculated the probability of reaching the Flood categories (Stages) by the likelihood of precipitation of model Aladin LAEF.

The other extreme compared floods in recent years increasingly discussed drought. In the summer months is therefore monitored hydrological drought. Every day there are evaluating the water levels of flows in selected profiles of time long observation period (most since 1931) and comparing the current average flow rate over the last 24 hours with a long-term full-year statistics.

Every Monday in the winter season is calculated the amount of water in the snow cover - snow water equivalent (evaluation takes place in the presence of snow in the period from November to April). If necessary workers operate experimental measurements snow friction purpose of obtaining information about the height and water value of snow in places where there is another way of measuring. The intent of these measurements is to capture the snow mode and its evolution through the winter.

Anotace

Příspěvek popisuje vývoj hydrologické prognózy a podpůrných prostředků pro operativní rozhodování. Zejména pak využití moderních nástrojů jako jsou geografické informační systémy (GIS), hydrologické modely a moderní databázové systémy pro každodenní činnosti pracoviště hydrologické předpovědní služby RPP ČHMÚ Ostrava. Vývoj došel od zdánlivě jednoduchých manuálních hydrometrických předpovědí až k dnešnímu stavu, kdy pro předpověď průtoku v čase využíváme 2 hydrologické modely, několik lokálních i globálních meteorologických modelů a výstupem jsou, kromě jedné, hydrologické deterministické předpovědi i předpovědi pravděpodobnostní.

Klíčová slova: hydrologická prognóza, hydrologické modely, HEC-HMS

Annotation

This paper describes the development of hydrological forecast and support resources for operational decisions. Especially the use of modern tools such as geographic information systems (GIS),

hydrological models and modern database systems for use in everyday workplace activities hydrological forecasting service Czech Hydrometeorological Institute RPP Ostrava. Development came from seemingly simple manual hydrometric forecast to today's situation where the forecast flow in time, we use two hydrological models, several local and global meteorological models and outputs are probabilistic forecasts in addition to a deterministic forecast.

Key words: hydrological forecast, hydrological models, HEC-HMS

1. Hlásná a předpovědní povodňová služba v ČR

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 a v roce 1890 vznikla státní hydrografická služba. Česká operativní hydrologie se tak zařadila mezi jedny z nejstarších hydrologických služeb v Evropě. [4]

V dnešní době má Český hydrometeorologický ústav dle zákona č. 254/2001 Sb., o vodách a změně některých zákonů (vodní zákon) 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. Na zabezpečení HPPS se v ČHMÚ podílí úsek meteorologie, hydrologie, centrální předpovědní pracoviště v Praze a 6 regionálních předpovědních pracovišť (RPP) na pobočkách v Ústí nad Labem, Plzni, Českých Budějovicích, Hradci Králové, Brně a v Ostravě. [5]

1.1 Regionální předpovědní pracoviště v Ostravě

Hydrologická předpovědní služba na 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., které zajišťují manipulace na vodních dílech) a interpretuje a distribuuje informace a předpovědi, včetně výstražných informací z oboru hydrologie. Dalšími činnostmi je plnění úkolů vyplývajících z mezinárodních závazků na hraničních tocích s Polskem (IMGW Wroclaw a Krakow) a dohod o spolupráci mezi ČHMÚ a podniky Povodí Odry, s. p. a Moravy, s. p.

Hydrologická služba je na pobočce Ostrava zajišťována každý den (včetně víkendů a svátků), v případě povodňových událostí pak nepřetržitě.

Mezi denně vydávané produkty patří zejména:

- Manuální hydrometrická předpověď pro profily Bohumín, Olomouc a Dluhonice.

- Modelové deterministické předpovědi průtoků na 48 hodin, které jsou vydávány pro 19 profilů (10 v povodí Odry, 6 v povodí horní Moravy a 3 v povodí Bečvy, viz obr. 7).
- Modelové pravděpodobností předpovědi (tzv. LAEFy), které obsahují 17 členů předpovědních ansámbků a jsou počítány pro stejné profily jako deterministické předpovědi.
- Hydrologická regionální zpráva - textová předpověď, která obsahuje zhodnocení aktuální situace na tocích a předpověď na 48 hod.

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. Do té doby se na zajištění základních operativních služeb podíleli pracovníci Letecké meteorologické služby v Mošnově a pracovníci pobočky ČHMÚ v Ostravě.

2. Hydrometeorologická data, CLIDATA/SOMData

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:

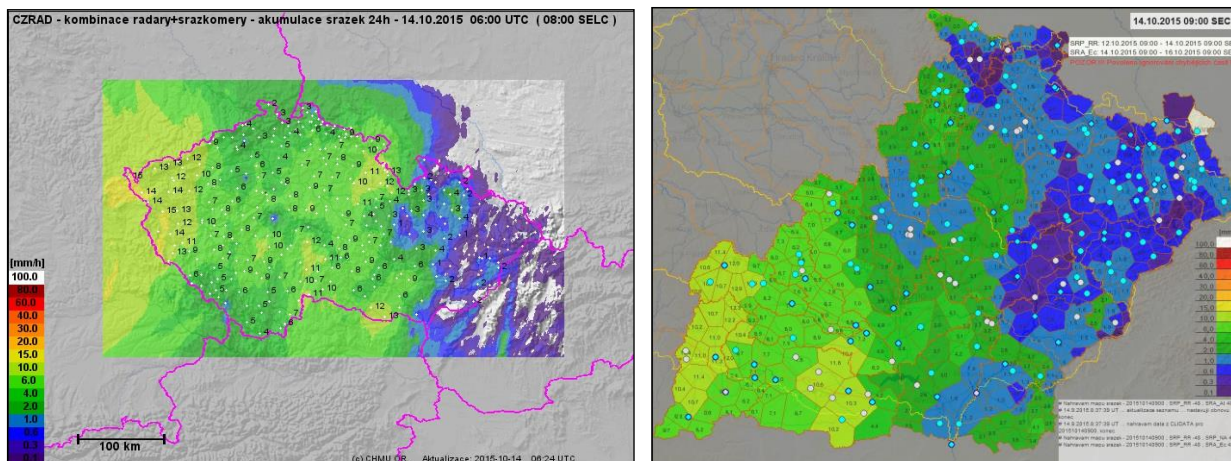
- Měřených srážek v hodinovém kroku (automatické srážkoměry, radarové odhady).
- Měřené teploty vzduchu v hodinovém kroku (klimatické stanice).
- Měřených průtoků (v hodinovém kroku a desetiminutovém kroku).
- Měření sněhové pokrývky - výšky sněhu a vodní hodnoty (1-2x týdně, některé stanice denně).
- Předpovědi srážek z meteorologických modelů (ALADIN, ECMWF, GFS, aj.).
- Předpovědi teploty vzduchu z meteorologických modelů.
- Informací o stavu povodí (nasycenost) na základě vyhodnocení předchozích srážek, nebo na základě simulované vlhkosti půdy v modelech. [5]

Meteorologickou staniční síť, která poskytuje data o srážkách, teplotě vzduchu a sněhové pokrývce, spravuje Oddělení meteorologie a klimatologie a rozlišuje 3 typy stanic (profesionální synoptické, dobrovolnické meteorologické a zvláštní typ - totalizátory a sněhoměrné polštáře).

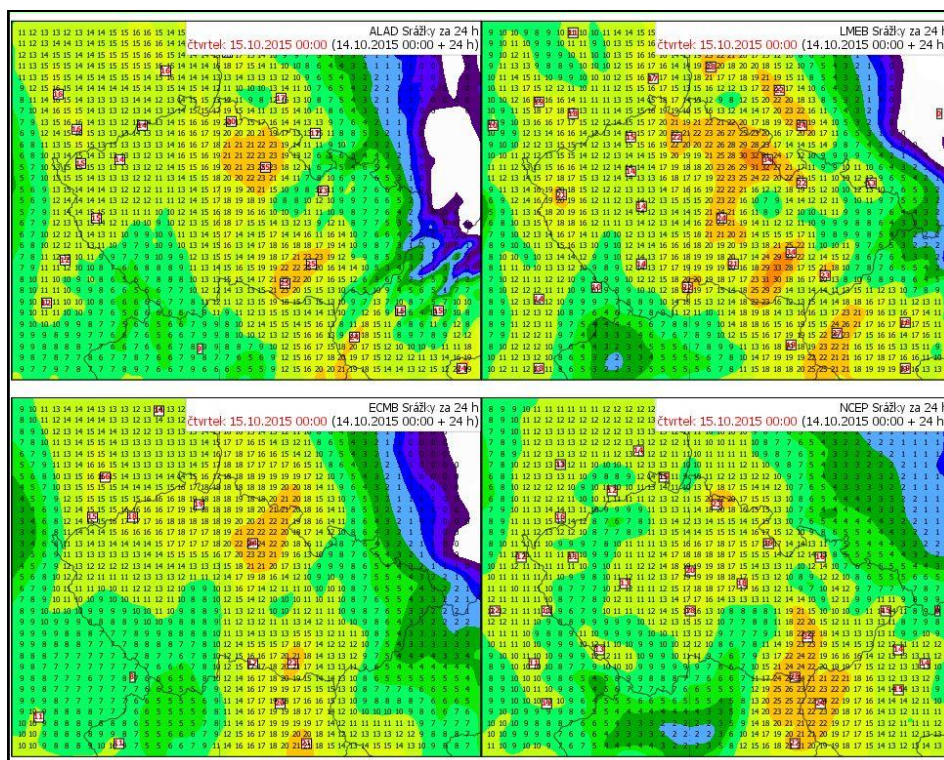
Radarové oddělení ČHMÚ v Praze zajišťuje provoz meteoradarové sítě, kterou tvoří 2 meteorologické radiolokátory. Radarové informace jsou k dispozici každých 5 minut. V rámci Středoevropské radarové informace CERAD a sloučené evropské radarové informace EURAD jsou tyto informace k dispozici každých 15 minut. I tyto informace přispívají ke zlepšení předpovědní, a zejména varovné služby při přívalových povodních. Tato činnost je také podporována množstvím dat a informací

z celostátní i celosvětové výměnné meteorologické sítě, což umožňuje běžné využívání dat z meteorologických družic MSG i NOAA.

Pro předpovědi srážek a teplot vzduchu využíváme numerické předpovědní modely (ALADIN, ECMWF, GFS, LMEB aj.). Všechna tato data jsou k dispozici několikrát denně podle časového kroku běhu jednotlivých modelů. Pro potřeby hlásné a předpovědní služby dochází ke zpracování těchto dat a jejich úpravě pro hydrologické modely, ty jsou pak k dispozici v potřebném formátu v databázi CLIDATA.



Obr. 1: Vlevo - Srážky na území ČR (radarový odhad za 24 h) a vpravo předpověď srážek na 48 h (ECMWF, rozpočet na polygony dle schematizace hydrologického modelu)



Obr. 2: Předpověď srážek na 24 h (modely ALADIN, LMEB, ECMB, NCEP)

Vodoměrné stanice spravuje Oddělení hydrologie a stanice poskytují informace o vodních stavech. Stanice kontinuálně snímá a zaznamenává vodní stav (popř. i teplotu vody) a pomocí nainstalovaného zařízení uvnitř stanice data přenáší v nastaveném časovém kroku (10 minut - den). Na většině automatických stanic je nastaveno i automatické zasílání zprávy SMS a emailu při překročení nastavených stupňů povodňové aktivity (SPA) na určená telefonní čísla.



Obr. 3: Stanice typu Fiedler-Mágr

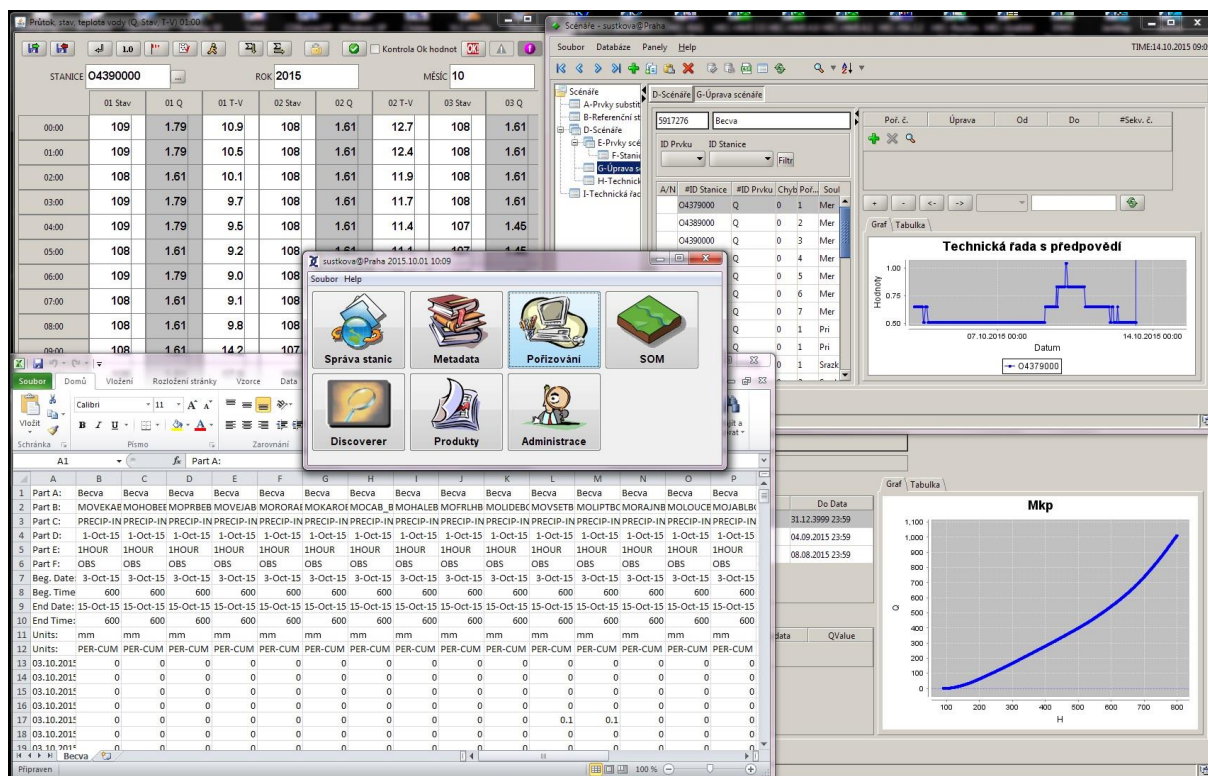
2. 1 Databázová aplikace CLIDATA/SOMData

Všechna hydrometeorologická data jsou na pobočce ČHMÚ Ostrava zpracovávána v databázi CLIDATA/SOMData. Aplikace SOMData (SOM = SrážkoOdtokový Model) je interní databázová aplikace, která je napojena na datovou základnu ČHMÚ – CLIDATA. Dříve se pro přípravu dat do modelu používala aplikace Aquabase. Databázový systém CLIDATA je vyvíjen od roku 1997, od roku 1999 je uveden do provozu a od roku 2008 vznikala nadstavba pro přípravu meteorologických a hydrologických dat pro srážkoodtokové modelování – datová aplikace SOMData.

Pro potřeby hydrologů, zejména pro urychlení a zefektivnění jejich práce, slouží řada nově realizovaných nástaveb a produktů. Např. automatické emaily upozorňující na výpadky v měřených datech, dále je k dispozici průběžně aktualizovaná přehledová tabulka s ukazateli SPA, M-dennosti, N-letosti. V databázi se po načtení nové měrné křivky průtoků automatické přepočítají SPA a sucho. Tyto produkty jsou vyvíjeny ve spolupráci s autory databáze přímo na pobočce.

Pro potřeby modelů HYDROG a HEC-HMS byla databázová aplikace rozšířena o možnost exportu dat v požadovaném formátu. Tím byla značně snížena časová náročnost převádění vstupů (ale i výstupů) a pozorovaných časových řad. Jednotlivá povodí jsou v databázi zpracována ve formě „scénářů“, které se dále dělí na prvky (měřený průtok, srážky, teploty, vodní hodnota sněhu, dále předpovídané prvky nebo informace o manipulacích na VD). Databáze vyexportuje jediný soubor (v potřebném formátu pro HYDROG nebo HEC-HMS), který obsahuje všechny tyto informace a následně může být naimportován přímo do modelu.

Případné editace dat či další manipulace s daty pro model HEC-HMS lze následně provést v aplikaci HEC-DSS Visual Utility Engine (dále HEC-DSSVue). Program disponuje i funkcí pro posouzení shody vypočtených časových řad s pozorovanými při kalibraci a mnoha dalšími.



Obr. 4: Prostředí databázové aplikace CLIDATA/SOMData

3. Hydrologické modely (HYDROG, HEC-HMS)

Problematika a teorie hydrologické modelování jsou poměrně rozsáhlé a dopodrobna se jimi zabývají např. publikace Beven (2002). [1]

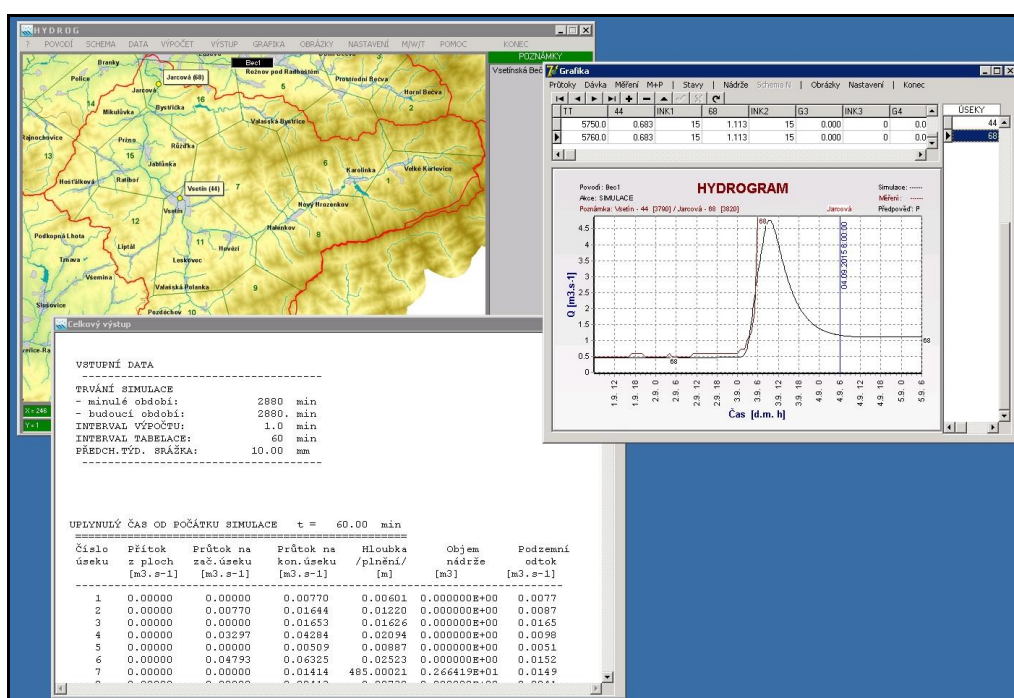
Hydrologické modely jsou velkou skupinou modelů, které můžeme rozdělit hned z několika hledisek. Jsou specializovanou aplikační skupinou matematických modelů, která slouží k simulaci a zejména predikci dynamiky vodní složky v krajině včetně vlivu antropogenních aktivit a vodo hospodářských soustav. V současnosti spolu s GIS se jedná o nejefektivnější a v podstatě již standardizovaný nástroj pro výzkum i aplikační sféru v hydrologii, hydrogeologii, vodním hospodářství a příbuzných oborech, jako jsou např. zemědělství a lesnictví.

V operativní hydrologii pracujeme s aktuálními daty, hlavní požadavek je rychlost výpočtu a výsledkem předpověď průtoku na několik hodin dopředu.

3.1 Model HYDROG

Je komerční software, jehož autorem je prof. Miloš Starý z VUT Brno. Jedná se o semidistribuovaný model, kde je schematizace povodí řešena pomocí orientovaného hodnoceného grafu $G(N, H, P)$, který nahrazuje skutečné povodí. N zde představuje množinu vrcholů grafu (uzly grafu), H množinu hran grafu (vodních toků) a P množinu tzv. zavěšených ploch (subpovodí

převedených na obdélníky) na hrany grafu. Pro hydrologickou transformaci na povodí je použita metoda Hortona a pro simulaci pohybu vody (hydraulická transformace) jsou v HYDROGu použity zjednodušené (kinematickou vlnovou aproximací) Saint-Venantovy rovnice pro neustálené proudění. Pro simulaci chování vodních nádrží využívá metodu Runge-Kutta IV. Simulace tání sněhu je řešena kalibrovaným degree-day modelem. Nevýhodou modelu je absence napojení na GIS, výběru z metod hydrologické a hydraulické transformace nebo možnost úpravy (aktualizace) schematizace povodí. [2, 7]



Obr. 5: Prostředí modelu HYDROG a ukázka výstupů

3.2 HEC-HMS

Srážkoodtokový model USACE HEC-HMS vyvíjený americkou armádou je verifikován a validován bezpočtem případových studií na povodích v různých geografických podmínkách po celém světě a je využitelný pro povodí s vyšší mírou antropogenního ovlivnění odtokových poměrů. [1, 8]

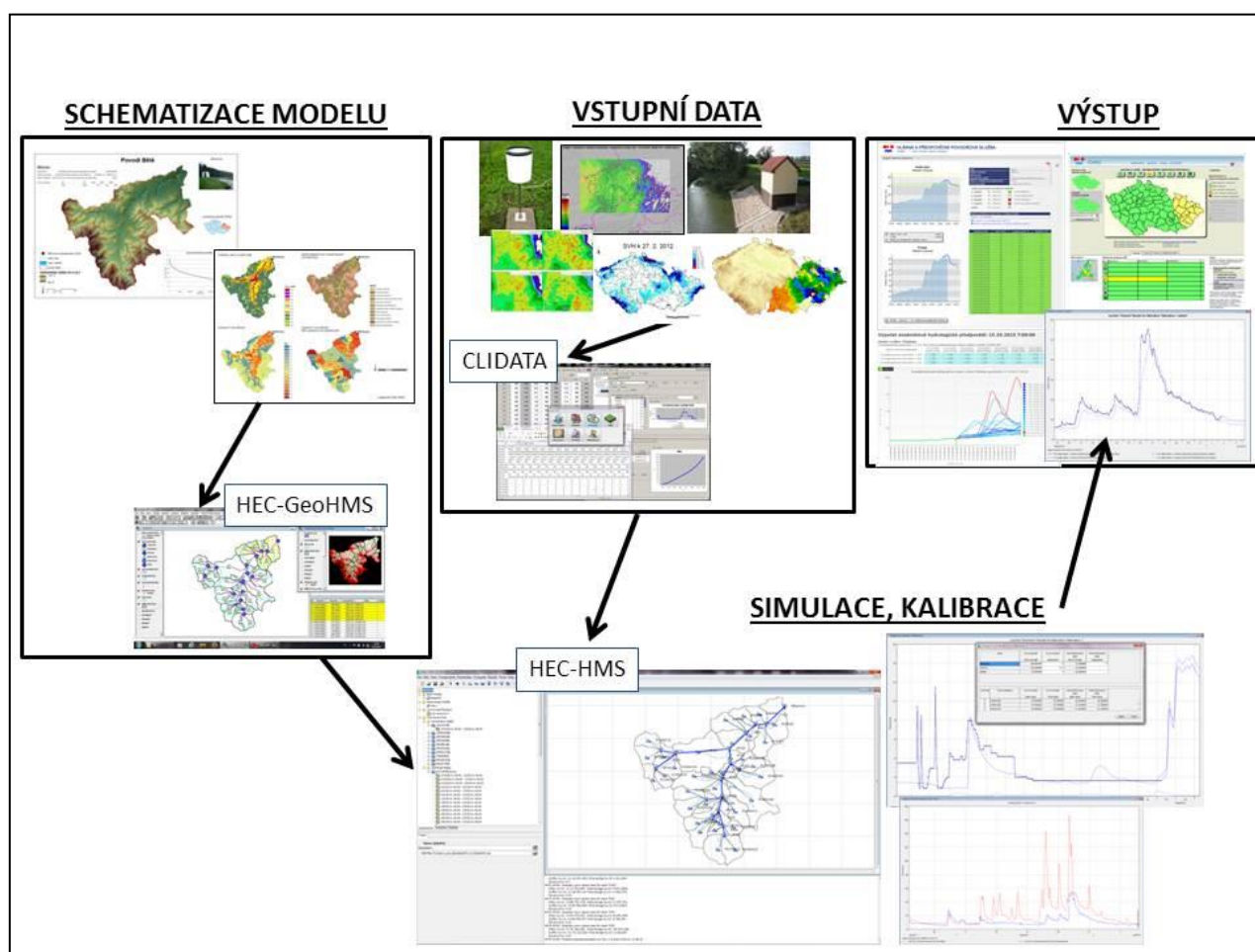
Prostřednictvím geografických informačních systémů (GIS) a extenze HEC-GeoHMS byla zpracována prostorová data a z nich odvozeny fyzicko-geografické a hydrologické charakteristiky zájmových povodí. Získané charakteristiky povodí byly dále již v modelu HEC-HMS doplněny o aktuální parametry říčních koryt poskytnuté podniky povodí (Odry a Moravy). Schematizace modelu tak byly vytvořeny přímo na pracovišti hydrologické prognózy.

Model podporuje řadu numerických metod pro hydrologickou a hydraulickou transformaci srážky, proto po otestování několika metod a s přihlédnutím k charakteru jednotlivých povodí

a dostupnosti dat, byla zvolena metoda SCS CN pro řešení ztráty srážky na povodí a infiltrace, pro řešení hydrologické transformace byla zvolena metoda Clarkova jednotkového hydrogramu, základní odtok je řešen Recesní metodou a řízení odtoku v korytě metodou Kinematická vlnová aproximace. Model je možno mít naschematizovaný a připravený pro kteroukoli zvolenou metodu, dochází tak i nadále k testovacím simulacím.

Hlavními přednostmi modelu tedy jsou freewarová distribuce, rozsáhlá dokumentace a podpora ze strany vývojářů, napojení na GIS, přehledné uživatelské rozhraní a výběr z mnoha metod pro hydrologickou a hydraulickou transformaci s-o procesu. Model také disponuje vlastním databázovým systémem HEC-DSSVue, který umožňuje vkládání, správu a vizualizaci dat s charakterem posloupnosti, jako jsou právě například časové rady srážek a průtoků.

Model HEC-HMS je využíván krom operativy i v oblasti návrhů a vyhodnocování protipovodňových opatření.



Obr. 6: Schéma práce s modelem HEC-HMS a jeho uživatelské rozhraní

Tab. 1: Srovnání modelů HYDROG a HEC-HMS [1, 7, 8]

	HYDROG	HEC-HMS
výrobce, distributor	HYSOFT	U.S. Army Corps of Engineers
poslední verze programu	9.1 (2005)	4.1 (7/2015)
freeware	ne, nutný HW klíč	ano
nápojení na GIS	ne	ano
schematizace povodí	dodána od výrobce, bez možnosti úprav	vlastní, preprocessing v GIS
manuály, dokumentace, tutoriály	ne	ano
metody hydrologické transformace	Horton	výběr z 11 metod
metody hydraulické transformace	zjednodušené Saint-Venantovy rovnice	7 metod
základní odtok	metoda lineární nádrže	5 metod
řízení odtoku v korytech	metoda jednotkového hydrogramu	6 metod
nádrže	ano	ano
sněhový modul	kalibrovaný Degree day model	ano - metoda Temperature Index
kalibrace	poměrnými koeficienty (2 pro drsnost, 1 pro infiltraci a 2 pro podzemí)	manuální i automatická, kalibrace pro všechny zvolené metody a jejich parametry
formát vstupních dat	*.csv	*.txt, *.csv, *.xls, *.xml, a další
editor dat	jen vnitřní	freewarový editor HEC-DSSVue, HEC-DSS Excel Add-In
časový krok	libovolný (minuta - rok)	hodina
možnosti výstupů	*.csv a *.jpg pro nadefinovaný profil	různé typy výsledků (v objemových (m ³ .s-1) i ve výškových (mm) jednotkách pro všechny úseky povodí (obrázky, grafy, mapy, tabulky aj.)

4. Hydrologické předpovědi

4.1 Manuální hydrometrická předpověď

Tato metoda 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 pokulhává na poměrně krátké době doběhu průtoků, která je v povodích spadajících pod působnost ostravské pobočky maximálně pár hodin.

V dnešní době RPP Ostrava vydává tuto předpověď každý den ráno jen pro profily Bohumín, Olomouc a Dluhonice. Tyto předpovědi nejsou publikovány veřejnosti, ale slouží jen jako doplňující předpovědní informace správcům povodí a na hraničních tocích sousedním zemím.

4.2 Deterministická předpověď průtoků

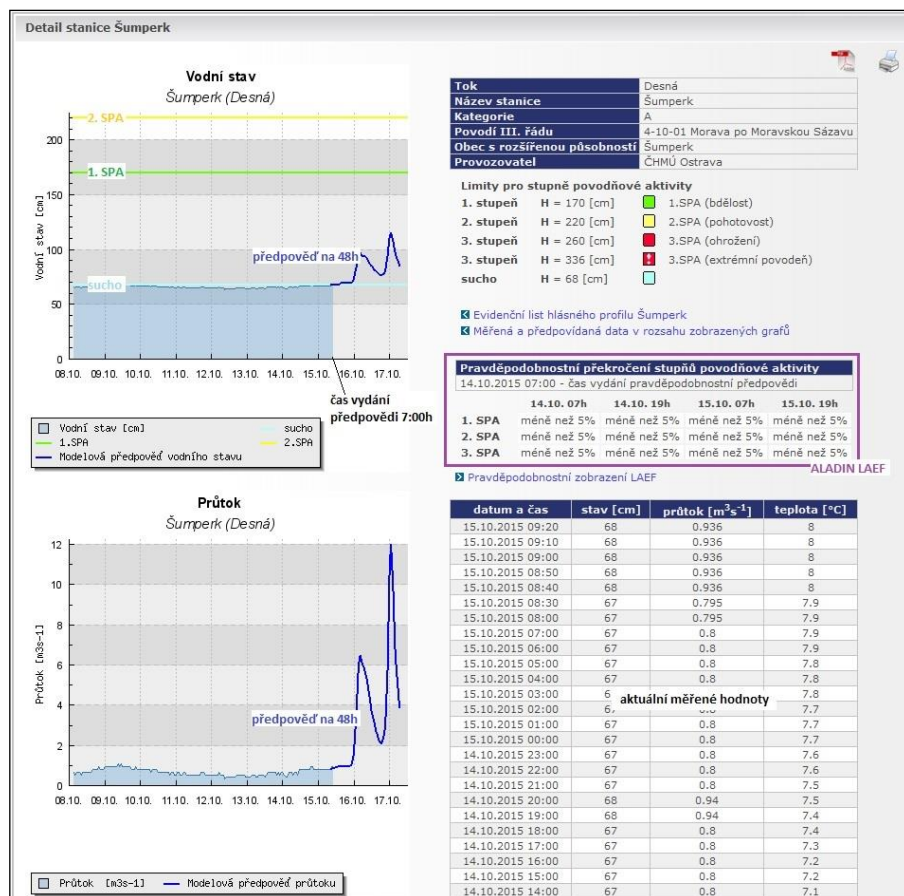
Požadavek na prodloužení předstihu předpovědí, které je možné pouze s využitím srážkoodtokových hydrologických modelů, vyvstal zejména po katastrofických povodních v roce 1997. Hydrologické modely byly postupně do plného provozu na hydrologických předpovědních pracovištích

ČHMÚ nasazený v roce 2001. Pro simulaci povodní a operativní předpovědi průtoků v předpovědních profilech je v současnosti na Regionálním předpovědním pracovišti Ostrava využíván model HYDROG. Od roku 2004 je tento model víceméně rutinně provozován pro téměř celé území v působnosti pobočky Ostrava. Od roku 2014 je postupně na území v působnosti pobočky Ostravy testován a nasazován nový hydrologický model HEC-HMS.

V zimním období jsou oba modely využívány pro výpočet odtoku způsobený táním sněhové pokrývky. Dle potřeby jsou uskutečňována i experimentální měření sněhu jako doplňková měření pro získání informací o výšce a vodní hodnotě sněhu v místech, kde není jiný způsob měření.

Oba modely jsou každý den spouštěny a jejich výsledky jsou využívány pro tvorbu modelových hydrologických předpovědí a ansámblových předpovědí Aladin LAEF. Výsledky simulací z více hydrologických modelů nám umožňují rozšíření spektra výstupů pro přípravu hydrologické předpovědi.

Z důvodu typu a povah obou modelů nedochází k jejich vzájemnému porovnávání. Výsledná modelová hydrologická předpověď je výsledkem poměrně složité kaskády úloh a celý proces je zatížen množstvím nejistot, jak měřených i předpovídaných veličin vstupujících do modelů, tak i nejistotou samotného modelu. Tuto skutečnost musí mít hydrolog vždy na paměti nejen při tvorbě předpovědi ale i při její následné interpretaci.

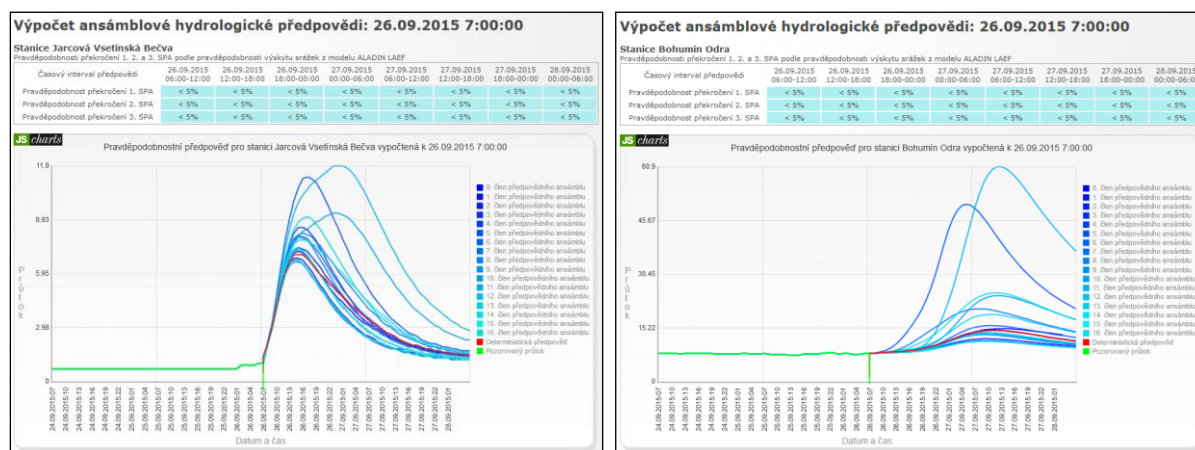


Obr. 7: Detail předpovědního profilu (zobrazení aktuálního stavu a průtoků, předpovědi na 48 h, úrovně SPA, sucho, LAEF) [3]

4.3 Pravděpodobnostní předpovědi

Doplněním deterministických předpovědí, které jsou založeny na jednom scénáři srážek, jsou pravděpodobnostní předpovědi. Krátkodobé (tzn. na 48 hodin) pravděpodobnostní předpovědi jsou na RPP pobočce Ostrava počítány pomocí automatického modelu HYDROG. Výpočet navazuje a vychází z vypočtené hydrologické deterministické předpovědi a obsahuje 16 variant vývoje průtoků na základě 16 běhů (ansámblů) meteorologického modelu ALADIN (tzv. ALADIN LAEF). Každý člen ansámblů představuje jednu realizaci modelu, které se vzájemně odlišují nepatrně rozdílnými počátečními podmínkami.

Výsledkem výpočtu jsou hydrogramy s deterministickou předpovědí a jednotlivými členy ansámblu pravděpodobnostní předpovědi (Obr. 8). V přehledové tabulce nad grafem jsou dále uvedeny pravděpodobnosti překročení jednotlivých stupňů povodňové aktivity ve zvolených časových intervalech předpovědního horizontu (momentálně po 6 hodinách).



Obr. 8: Ukázky výstupu pravděpodobnostní předpovědi ALADIN LAEF

5. Závěr

Hlásná a předpovědní povodňová služba má svůj hlavní cíl chránit před povodněmi a omezovat povodňové riziko prostřednictvím včasného varování. Na regionálním předpovědním pracovišti v Ostravě se snažíme pomocí dostupných moderních technologií a vývoje co nejvíce zefektivňovat tyto procesy.

Krom hlavního úkolu hydrologická služba také spravuje databázovou aplikaci, monitoruje a vyhodnocuje hydrologické sucho, v zimě přispívá k výpočtu sněhových zásob, podniká experimentální měření sněhu v terénu, sestavuje povodňové zprávy, zajišťuje komunikaci s podniky povodí a příslušnými povodňovými orgány.

Použitá literatura a zdroje

1. BEVEN, K. J. *Rainfall-runoff Modelling. The Primer*. London, John Wiley & Sons, 2002. 372 s. ISBN 978-0470866719.
2. Český hydrometeorologický ústav. *Předpovědní systém HYDROG*. [online]. [cit. 2015-09-26]. Dostupný z WWW: <<http://voda.chmi.cz/pov06/pdf/c52.pdf>>.
3. Český hydrometeorologický ústav. Hydrologická služba. *Detail stanice Šumperk*. [online]. [cit. 2015-09-11]. Dostupný z WWW: <http://hydro.chmi.cz/hpps/popup_hpps_prfdyn.php?seq=307334>.
4. ČHMÚ. *Hydrologická služba v ČHMÚ*. Vesmír 87. 798, 2008/11. [online]. [cit. 2015-10-11]. Dostupný z WWW: <<http://casopis.vesmir.cz/clanek/hydrologicka-sluzba-v-chmu>>.
5. Hlásná a předpovědní povodňová služba. *Průvodce informacemi Hlásné a předpovědní povodňové služby ČHMÚ*. [online]. [cit. 2015-09-11]. Dostupný z WWW: <http://www.chmi.cz/files/portal/docs/poboc/CB/pruvodce/verejnost_hpps.html#predpovedni_moznosti>.
6. MAIDMENT, D., R. *Handbok of Hydrology*. New York. McGraw- Hill. 1993. ISBN 0-07-039732-5
7. STARÝ, M.: *HYDROG-S. Popis programu*. Brno, Hysoft. Nepublikováno. 1998. 112 s.
8. US Army Corps of Engineers. *The Hydrologic Engineering Center*. [online]. [cit. 2015-08-26]. Dostupný z WWW: <<http://www.hec.usace.army.mil/>>.