MASARYKOVA UNIVERZITA
Přírodovědecká fakulta
Geografický ústav

Pavel Petřvalský

HYDROLOGICKÁ PROGNÓZNÍ SLUŽBA V ČR

Bakalářská práce

Vedoucí práce: RNDr. Miroslav Kolář, CSc.

Brno 2008

Jméno a příjmení autora:	Pavel Petřvalský
Název bakalářské práce:	Hydrologická prognózní služba v ČR
Název v angličtině:	Hydrological forecast service in Czech Republic
Studijní směr:	Geografie a kartografie se zaměřením na vzdělávání + historie
Vedoucí bakalářské práce:	RNDr. Miroslav Kolář, CSc.
Rok obhajoby:	2008

Anotace

Bakalářská práce se zabývá úkoly a cíli hydrologické prognózní služby v České republice. Cílem práce je poskytnutí souhrnného přehledu o funkci předpovědní povodňové a hlásné hydrometeorologické služby ve vztahu ke krizovému řízení. Dále práce popisuje nejpoužívanější metody hydrologického prognózování, včetně jejich efektivnosti a limitů využití. V poslední části práce jsou popsány nejfrekventovaněji využívané hydrologické modely.

Anotation

The bachelor thesis deals with duties and aims of hydrological forecast service in the Czech Republic. The goal of the thesis is to afford general summary about function of the flood forecast and warning hydrometeorogical service in connection with crisis management. Further the thesis describes the most used methods of hydrological forecasting, including thein effectivness and limits of using. There are described the most frequented hydrological models at the end of the thesis.

Klíčová slova v češtině:

Hydrologické prognózy; ČHMÚ a Povodí Moravy s.p.; hlásná a předpovědní povodňová služba, krizový management.

Klíčová slova v angličtině:

Hydrological forecast; ČHMÚ and Povodí Moravy s.p.; warning and flood forecast service, crisis management

Masarykova univerzita

Přírodovědecká fakulta

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student: **Pavel Petřvalský**
Studijní program: **Geografie a kartografie**
Studijní obor: **Geografie a kartografie se zaměřením na vzdělávání**

Ředitel Geografického ústavu PřF MU Vám ve smyslu Studijního a zkušebního řádu MU určuje bakalářskou práci s tématem:

Hydrologická prognózní služba v ČR

Hydrological forecast service of the Czech Republic

Zásady pro vypracování:

1. Uveďte úkoly a cíle hydrologických prognóz a proveďte jejich klasifikaci.
2. Charakterizujte povodňovou, hlásnou a prognózní hydrometeorologickou službu České republiky, mj. ve vztahu ke krizovému řízení.
3. Popište nejpoužívanější metody hydrologického prognózování v ČR s akcentem na limity jejich využití, na jejich úspěšnost a efektivnost.
4. Hydrologické modelování.
5. Práci doplňte odpovídající grafickou, mapovou, resp. tabelární dokumentací.

Rozsah grafických prací: podle potřeby

Rozsah průvodní zprávy: cca 30-40 stran

Seznam odborné literatury:

Hydroekologické modelování :výzkum, praxe, legislativa a rozhodování. Edited by Šárka Blažková - Clair Stalnaker - Oldřich Novický. Praha : Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. M., 1998. 70 s.
Strahler, Alan H. - Strahler, Arthur Newell. Introducing physical geography. 4th ed. Hoboken, N.J. : J. Wiley, 2006. xxv, 728 s.
Patera, Adolf - Nacházel, Karel. Nádrže a vodohospodářské soustavy 10. 1. vyd. Praha : Vydavatelství ČVUT, 2002. 217 s.

Vedoucí bakalářské práce: RNDr. Miroslav Kolář, CSc.
Datum zadání bakalářské práce: září 2007
Datum odevzdání bakalářské práce: do 16. května 2008

RNDr. Vladimír Herber, CSc.
pedagogický zástupce ředitele ústavu

Prohlašuji tímto, že jsem zadanou bakalářskou práci vypracoval samostatně pod vedením RNDr. Miroslava Koláře, CSc. a uvedl v seznamu literatury veškerou použitou literaturu a další zdroje.

V Brně dne

_____

vlastnoruční podpis autora

OBSAH:

1 Úvod…… 7
2 Historický přehled prognózních institucí…… 8
2.1 Historický vývoj Českého hydrometeorologického ústavu (ČHMÚ)…….....8
2.1.1 Úsek hydrologie ČHMÚ…….12
2.2 Historie Povodí Moravy s.p. …….....18
3 Hydrologická prognózní služba ČHMU……..... 21
3.1 Hlásná služba a předpovědní povodňová služba…….... 23
3.2 Povodňová služba a ochrana před povodněmi……...32
3.3 Vazba na krizový management……38
4 Metody používané v hydroprognózní službě ČR…… 39
4.1 Členění metod hydrologických prognóz…… 40
4.1.1 Hydrometeorologické metody…… 41
4.1.2 Hydrometrické metody……... 48
4.2 – Hydrologické modely……52
4.2.1 Modely hydrologických procesů, jejich třídění a použití v praxi……... 54
4.2.2 Aplikace hydroprognózních modelů v ČR – model HYDROG……..... 59
5 Závěr……... 62
6 Seznam použité literatury a dalších pramenů……63

1 ÚVOD

Lidstvo bylo a je v celé svoji historii neustále vystavováno nejrůznějším přírodním katastrofám. K těm nejčastějším patřily povodňové situace. Lidé budovali různá protiopatření, ovšem schopnost předpovídat výšku hladiny a množství vody protékané korytem řeky v určitém časovém úseku byla tehdy na velmi nízké úrovni. Tyto katastrofy si v minulosti vyžádaly obrovské materiální ztráty a stály mnoho lidských životů. Proto také v 19. století vznikají na území dnešní ČR první prognózní instituce.

V současnosti v této činnosti jednoznačně dominují Český hydrometeorologický ústav (ČHMÚ) a jednotlivé státní podniky Povodí. Za pomocí moderních prognózních metod a modelů lze nyní předpovídat úhrn srážek spadlých na určité území s velkou pravděpodobností a to i na dlouhé období dopředu, což umožňuje přijímat určitá opatření proti případným blížícím se krizovým situacím a katastrofám. To ve svém důsledku znamená, že je možné do značné míry eliminovat negativní dopady těchto situací, a to jak z materiálního hlediska, tak vzhledem k bezpečnosti obyvatel.

Cíl práce:

Tato práce popisuje činnost hydrologických prognózních služeb na území ČR. Dále charakterizuje propojení a činnost hlásné a předpovědní povodní služby s krizovým managementem. Dalším cílem práce je podat širší přehled o prognózních metodách, které se nejčastěji používají v hydrologické prognózní službě v ČR. Jejich popis se dále zaměřuje na limity využití metod a na jejich efektivitu. Poslední část se zaměřuje na popis hydrologických modelů, zejména srážkovo-odtokového modelu HYDROG. Práce též poukazuje na důležitost prognózní služby, hodnotí její současný stav.

2 HISTORICKÝ PŘEHLED PROGNÓZNÍCH INSTITUCÍ

2.1. Historický vývoj českého hydrometeorologického ústavu (ČHMÚ)

„První pravidelná denní pozorování vodních stavů byla zahájena na Vltavě v Praze v roce 1827 na vodočtu u Staroměstských mlýnů. Další vodoměrné stanice přibývají až v roce 1851 a to na Labi v Děčíně, Ústí nad Labem, Litoměřicích a v Mělníku. V roce 1880 bylo v provozu 21 vodoměrných stanic. Jejich počet se do roku 1995 postupně zvedl až na 455 stanic“ (Krška K., 1999).

V roce 1875 zřizuje v Čechách zemský sněm Hydrografickou komisi pro Království české jakožto autonomní instituci vydržovanou z prostředků země. Její založení bylo zřejmě reakcí na dvě extrémní hydrologické situace té doby, povodeň v roce 1872 (na Berounce a Ohři) a velké sucho v roce 1874. Služba se dál dělila na sekce hydrometrickou a ombrometrickou. Po katastrofálních povodních v roce 1890 vznikla státní hydrografická služba. Ta byla postupně rozšířena o hydrografické oddělení, zabývající se v příslušných povodích i meteorologickým měřením, (Krška K., Šamaj F., 2001).

Po vyhlášení Československé republiky 28. října 1918 se radikálně změnila sestava stávajících úřadů. Takto vzniká na počátku roku 1920 Československý státní ústav meteorologický, později pouze Státní ústav meteorologický – SÚM. Mezi nejvýznamnější představitele SÚM patřili například Alois Gregor (1892 – 1972), Gustav Swoboda (1893 – 1956), nebo Mikuláš Konček (1900 – 1982). Paralelně se SÚM vzniká v říjnu roku 1920 Státní ústav hydrologický (SÚH), který podléhal Ministerstvu veřejných prací. Úkolem ústavu bylo poskytovat podklady pro využití vodstva, čili pro vodní hospodářství. Dalšími cíli bylo sledovat a zkoumat srážkové, povrchové a podzemní vody. Srážková síť, spadající pod správu ústavu, patřila k nejhustším v Evropě. V roce 1930 se změnil název instituce na Státní výzkumné ústavy hydrologický a hydrotechnický T. G. Masaryka. V témže roce ústav vydává „Vodopis Československé republiky“. V roce 1935 institut zaměstnával již 54 pracovníků.

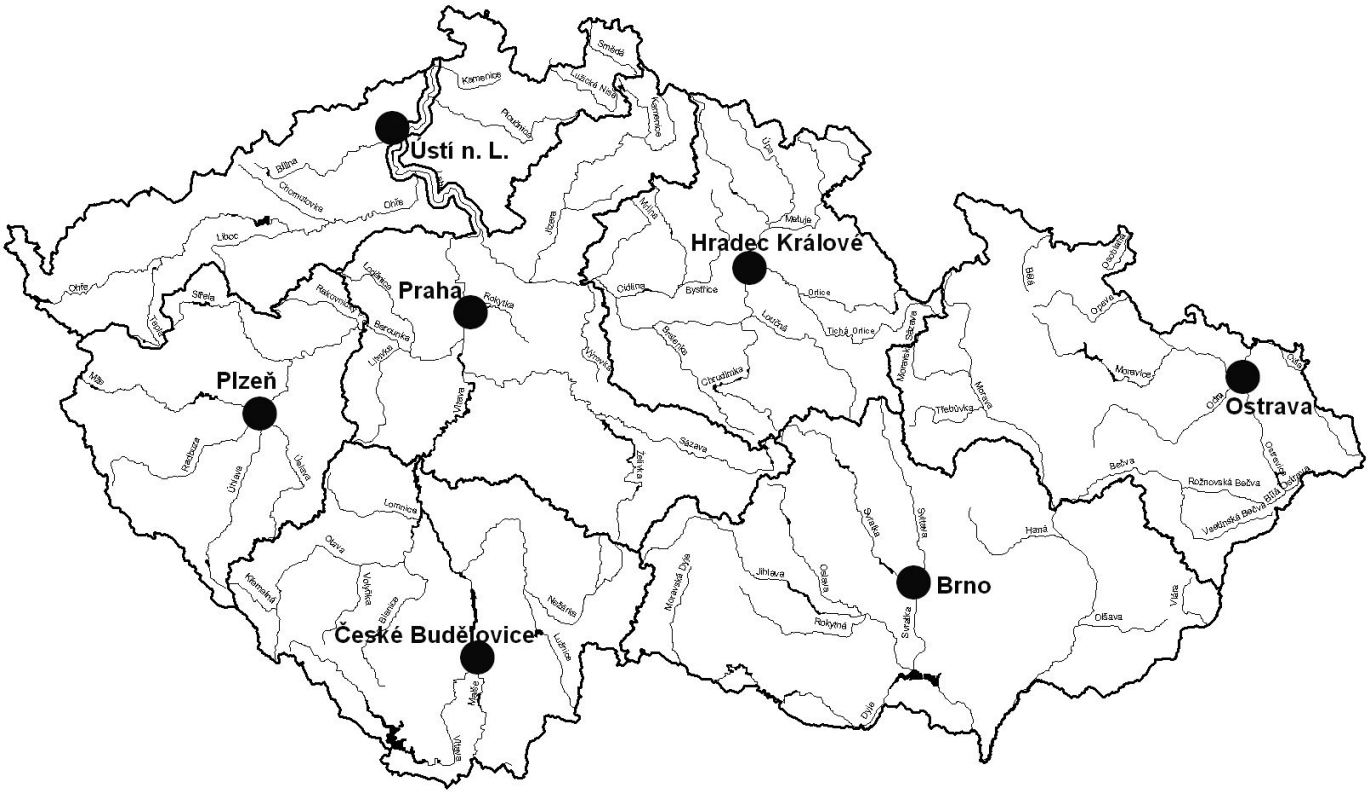
Po druhé světové válce se Státní hydrologický ústav (SHÚ) rozdělil na Výzkumný ústav vodohospodářský, se zaměřením hlavně na výzkumné činnosti ve všech oborech vodního hospodářství a na hydrologickou službu, která se spojila se službou meteorologickou. 11. 7. 1950 byl zřízen Státní meteorologický ústav (SMÚ) s celostátní působností.

V roce 1954 vzniká Hydrometeorologický ústav (HMÚ). Podle vládního nařízení byl dosavadní SMÚ sloučen s hydrologickou a hydrografickou službou vodohospodářských středisek a znovu byla do ústavu začleněna předpovědní služba. HMÚ byl podřízen Ústřední správě vodního hospodářství, a tím byl poprvé přičleněn k rezortu vodního hospodářství. Spojení těchto dvou složek poskytovalo výhody zejména při vzájemném sdílení naměřených dat a spolupráci při určování složek vodní bilance, hydrologických předpovědích, komplexních posudkových činnostech, společných výzkumných úkolech, využití počítačových sítí a databank nebo při usnadnění mezinárodních kontaktů a spolupráci s partnery v sousedních státech i v rámci Světové meteorologické organizace (SMO).

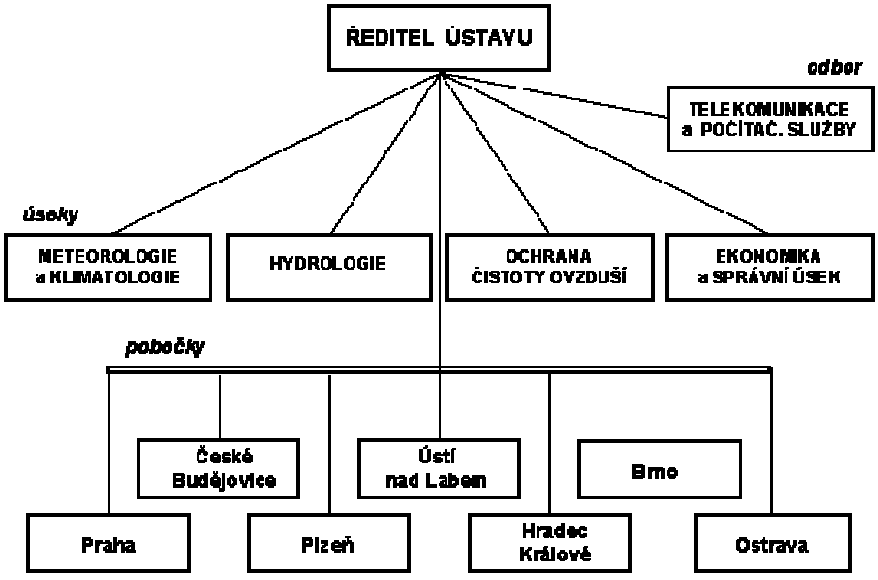
V roce 1963 byla zahájena výstavba hydrologických středisek v Brně, Ostravě, Ústí nad Labem, Praze, Hradci Králové, Českých Budějovicích a Plzni. Tyto pak tvoří dodnes základ sedmi oborově komplexních poboček ústavu. Uplatnění zákona o československé federaci od 1. 1. 1969 vedlo k rozdělení dosud jednotné služby a vytvoření dvou národních ústavů, které používaly názvy Hydrometeorologický ústav Praha a Hydrometeorologický ústav Bratislava. Pražský ústav začal od roku 1980 užívat názvu Český hydrometeorologický ústav (ČHMÚ). Po zániku federace v roce 1993 působí organizace ČHMÚ jako příspěvková organizace Ministerstva životního prostředí ČR.

Současný stav ČHMÚ

ČHMÚ je v současné době dále dělen na úseky: meteorologie a klimatologie, hydrologie a ochrana čistoty ovzduší. Samostatný úsek tvoří ekonomika a správní úsek, který slouží k finančnímu hospodaření organizace. Mimo úseky je také vyčleněn odbor telekomunikace a počítačových služeb. Jednotlivé úseky mají pak svoje hlavní pobočky – v Praze, Českých Budějovicích, Plzni, Ústí nad Labem, Hradci Králové, Brně a Ostravě (obr.1). Postavení poboček se však změnilo z hlediska jejich větší samostatnosti a zvýšení jejich úlohy při zastupování ČHMÚ v regionech.



Obr. 1: Působnost poboček ČHMÚ. Převzato z http://www.chmi.cz/hydro/hr05/obsah/php2005.pdf



Obr. 2: Organizační schéma ČHMÚ.

Převzato z: http://www.chmi.cz/reditel/sis/metzpr/mz526obr.html

V současné době patří mezi základní úkoly ČHMÚ řešit problémy v otázkách týkající se oboru čistoty ovzduší, hydrologie, jakosti vody, klimatologie a meteorologie jako objektivní odborné služby poskytované přednostně pro státní správu. Hlavní úkoly ČHMÚ jsou tyto:

- Racionálně, věcně a ekonomicky integrovat výkon státní služby.
- Zřizovat a provozovat měřící stanice a sítě s využíváním telekomunikačních sítí (státní pozorovací sítě pro sledování kvalitativního a kvantitativního stavu atmosféry a hydrosféry a příčin vedoucích k jejich znečišťování nebo poškozování).
- Odborně zpracovávat výsledky pozorování, měření a monitorování (měření množství a jakosti povrchových a podzemních vod.).
- Vytvářet a spravovat databáze. Vydávat aktuální hydrologické předpovědi a informace.
- Poskytovat předpovědi a výstrahy.
- Provádět a koordinovat vědeckou a výzkumnou činnost. Snaha o rozvoj a uplatnění hydrologické přístrojové techniky ve všech oborech hydrologické činnosti
- Na základě zvláštního pověření Ministerstva kultury ČR vydává a rozšiřuje neperiodické publikace z oblastí odborné literatury, současně vydává a rozšiřuje odborný časopis a další periodika s odborným zaměřením.
- Na základě zvláštního pověření Ministerstva vnitra ČR zajišťuje funkci podnikového archívu.
- Vykonává řadu speciálních funkcí jak vnitrostátních tak se vztahem k zahraničí.
- Je oprávněn provozovat hospodářskou činnost ve vymezených oblastech.

V letech 1993-1999 významně vzrostla i mezinárodní spolupráce. Po rozdělení ČSR vstoupila ČR počátkem roku 1993 do SMO jako nově vzniklý stát. ČHMÚ se zapojil i do aktivit spojených s Mezinárodní dekádou pro snižování přírodních katastrof (IDNDR). Z dalších mezinárodních aktivit lze zmínit podepsání smlouvy o spolupráci ČHMÚ s organizací EUMETSAT v roce 1995, která zaručuje přístup k datům z meteorologických družic s vysokým a v celém rozsahu produktů. Dále se pracovníci ústavu podílejí i na společných projektech evropských meteorologických služeb EUMETNET.

Po katastrofální povodni v roce 1997 došlo k výraznému zlepšení, a to nejen díky opatřením provedeným předpovědní službou ČHMÚ, která od roku 1997 prošla řadou inovací, ale také díky jejímu důslednému napojení na nově vzniklý celostátní systém krizového řízení a integrovaného záchranného systému (IZS). Plně se osvědčila nová

organizační struktura Předpovědní a výstražné služby (PVS) ČHMÚ, soustředěné do šesti regionálních předpovědních center (RPP) na pobočkách propojených s centrálním předpovědním pracovištěm v Praze.

Rozdílem oproti povodni v roce 1997 a 2002 byla spolupráce s americkou povětrnostní službou (NWS), která v posledních čtyřech letech iniciovala několik změn v činnosti ČHMÚ, především lepší propojení meteorologické a hydrologické části PVS, důslednější využívání radarů, kvalitnější a také početnější data z postupně automatizovaných srážkoměrných a vodoměrných sítí apod. (Obrusník I., 2002)

V hydrologii se zapojil ČHMÚ do spolupráce s WMO zejména v rámci Programu operativní hydrologie a vodních zdrojů. Pracovníci ústavu se podílejí na práci v mezinárodních komisích pro ochranu Labe, Odry a Dunaje a v programech koordinovaných UNESCO. Důležitou část mezinárodních aktivit ČHMÚ tvoří od roku 1996 poskytování zahraniční pomoci ČR rozvojovým zemím.

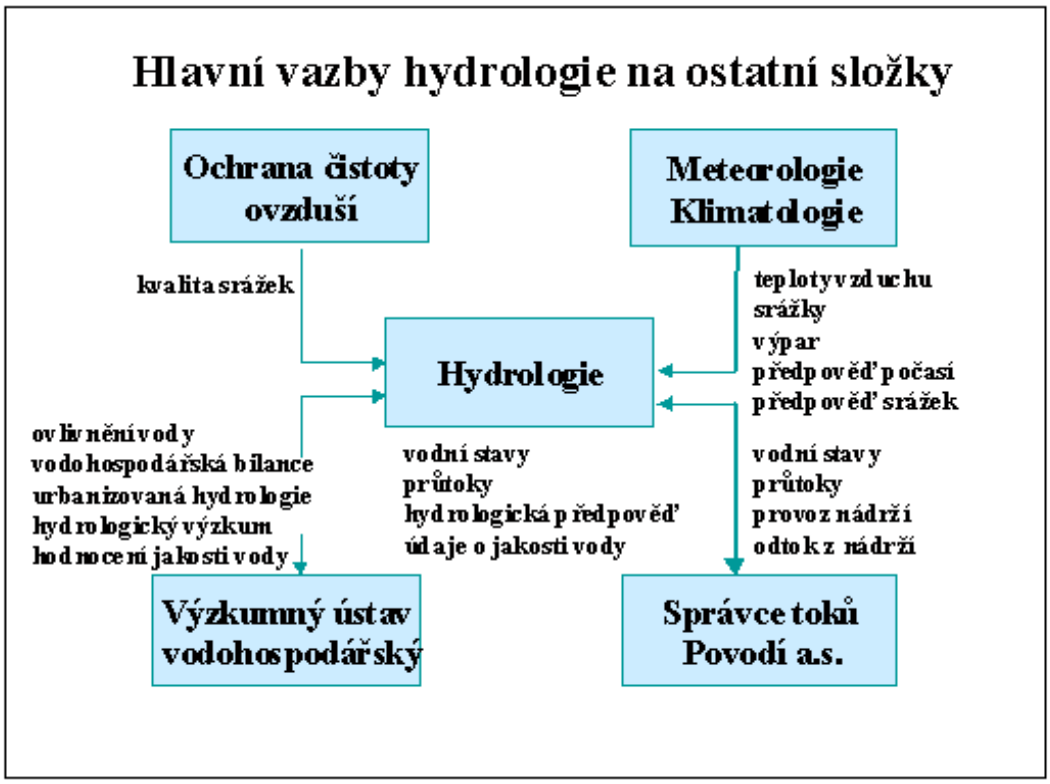
2.1.1 Úsek hydrologie ČHMÚ

Ústav zřizuje a provozuje státní pozorovací sítě. V oboru hydrologie se jedná o sítě povrchových a podzemních vod a státní síť jakosti vody. Provoz pozorovaných sítí, sběr a zpracování dat jsou základní činnosti ústavu, která je svým rozsahem největší a nejnákladnější. Pozorovací sítě jsou v jednotlivých oborech automatizovány, což přináší zkvalitnění poskytovaných služeb a informací a na druhou stranu nárůst investičních i provozních nákladů. Mezi hlavní úkoly hydrologické služby ČHMÚ patří:

- Správa a provoz pozorovaných sítí.
- Primární a sekundární zpracování dat.
- Správa hydrologické databáze (Hydrofond).
- Poskytování operativních informací (CPP – RPP).
- Poskytování režimových informací.
- Hydrologické studie, projekty a granty

Všechny tyto činnosti jsou zabezpečeny úsekem hydrologie, pobočkami ústavu a předpovědními pracovišti CPP a RPP. Obor hydrologie zabezpečuje činnosti spojené

s monitorováním hydrosféry komplexně tj. z hlediska kvantity i kvality. Celkově je ovšem hydrologická služba minoritní částí ČHMÚ z hlediska počtů pracovníků i podílu provozních nákladů. Důsledkem je, že není v jejich kapacitních možnostech pokrývat plně všechny monitorovací aktivity v hydrosféře, které ústavu podle zřizovací listiny náleží. Proto se na monitoringu podílí i řada dalších institucí, zejména Výzkumný ústav vodohospodářský a správci vodních toků (Povodí s.p., Zemědělská vodohospodářská služba,Lesy ČR a Armáda ČR), (Kubát J., 1999).



Obr. 3: Hlavní vazby hydrologie na ostatní obory.
Převzato z: http://www.chmi.cz/reditel/sis/metzpr/mz526kub.html

Úkoly Režimové hydrologie:

Za pomocí metodiky výpočtu průměrné srážky na plochu a využitím staničních dat klimatické databáze byly spočteny průměrné roční srážky na základní povodí za období 1931-1980 a staly se základem pro tzv. katastr vodnosti. V oboru hydrologie ČHMÚ byly účelově zpracovány denní srážkové úhrny ve stanicích a nyní jsou pro většinu srážkoměrných stanic k dispozici maximální jednodenní, dvoudenní a třídenní úhrny srážek od počátku pozorování až do roku 1980.

Úkoly Operativní hydrologie:

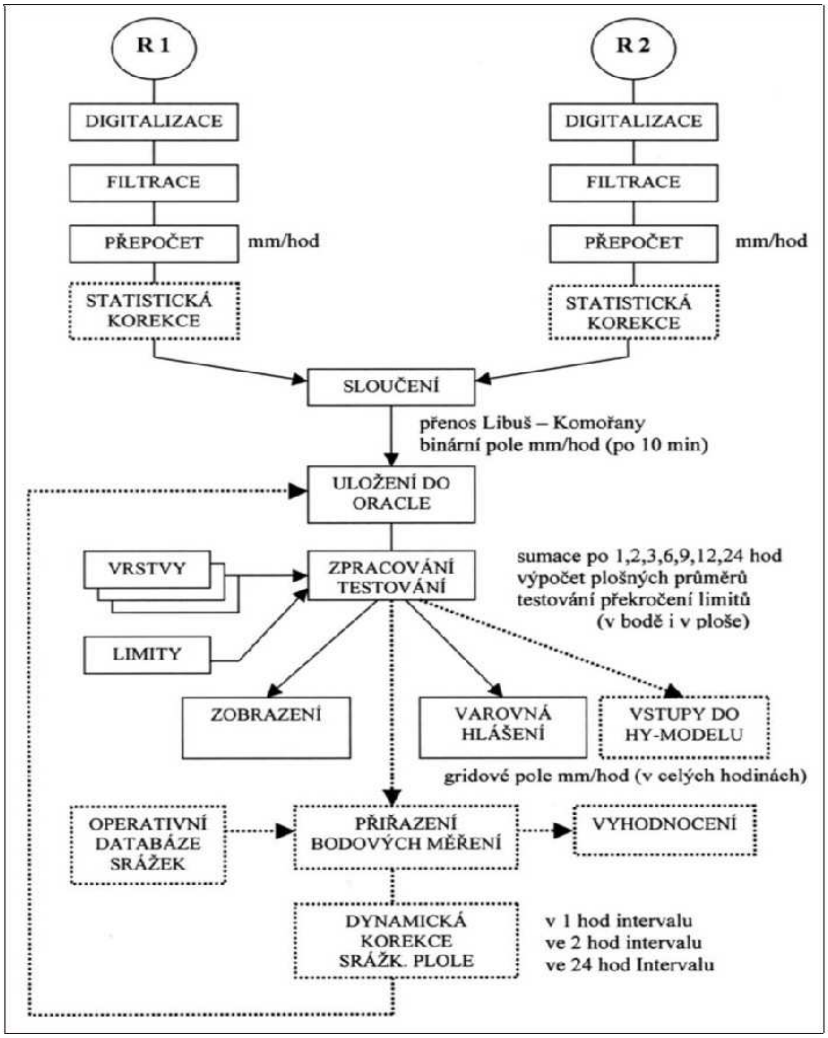
Předstih klasických hydrologických předpovědí je v našich podmínkách malých a středních toků limitován poměrně krátkou dobou doběhu průtoku, která dosahuje šesti až dvanácti hodin, výjimečně na dolním Labi dvacet čtyři hodin. Žádané prodloužení předstihu předpovědí je možné pouze zavedením a provozováním hydrologických srážkoodtokových modelů, do kterých vstupují aktuální údaje o srážkách z automatických srážkoměrných stanic. Dalšího prodloužení předstihu předpovědi je pak možné dosáhnout zavedením kvantifikované předpovědi srážek (QPF) jako vstupu do hydrologických modelů. Po katastrofálních povodních v letech 1997 a 1998 se podařilo prosadit zásadu, že pro provoz předpovědních pracovišť při povodních jsou nezbytné informace o srážkách v jednohodinovém intervalu, a to pokud možno z co největšího počtu lokalit. Operativní databáze RPP řeší vstup a zpracování všech okamžitě dostupných srážkových dat, které jsou jim k dispozici z několika zdrojů (Kubát J., 2002):

- Z profesionálních meteorologických stanic.
- Z automatizovaných dobrovolných stanic INTER.
- Z doplňkových automatizovaných srážkoměrných stanic.
- Z automatických vodoměrných stanic vybavených srážkoměrem.
- Ze stanic automatického imisního monitoringu (AIM) vybavených srážkoměrem.
- Od vodohospodářských dispečinků Povodí s.p.

Počet automatických srážkoměrných stanic s dálkovým přenosem do CPP a RPP je limitován ekonomickými důvody. Dnes je monitorování hydrosféry zajištěno na cca 500 stanicích povrchových vod, z nichž je 70% automatizováno a na 1600 objektech podzemních vod, z nichž je automatizovaná čtvrtina. Počet 300 automatizovaných srážkoměrných stanic odpovídá hustotě 1 stanice na 250 km^2. Hustota měrných stanic je dostatečná pro zachycení srážek v regionálním měřítku, nikoli však v lokálním.

V souladu se světovým trendem se ČHMÚ zaměřuje na využití informací ze dvou ústavních meteorologických radarů na Brdech a na Drahanské vrchovině. Radarové informace jsou k dispozici každých 10 minut a pokrývají většinu území ČR. I tyto informace přispívají ke zlepšení předpovědní a zejména varovné služby při přívalových povodních. Problémem je však přesné kvantitativní určení spadlých srážek (obr. 4). Radar obvykle totiž ukazuje pouze lokalizaci a postup srážkové oblasti, dynamiku vývoje příčinných

meteorologických jevů. Množství spadlých srážek se však od skutečnosti může lišit několikanásobně.



Obr 4: Schéma zpracování radarových informací.:
Převzato z: http://www.chmi.cz/reditel/sis/metzpr/mz526kub.html

Hydrologická předpověď nebo odhad povodňové situace se odvíjí od kvantifikované předpovědi srážek. Poskytnutí co nejpřesnější časoprostorové předpovědi srážek je pravděpodobně nejdůležitějším, ale zároveň i nejobtížněji splnitelným požadavkem, který je ze strany hydrologické části předpovědních pracovišť kladen na část meteorologickou. Předpovědní služba ČHMÚ využívá výsledků čtyř numerických meteorologických modelů, které předpovídají množství srážek. Přehled těchto modelů podává tabulka č. 1.

Tab. 1: Přehled numerických meteorologických modelů předpovídajících množství srážek. Převzato z: http://www.chmi.cz/reditel/sis/metzpr/mz526kub.html

Německý Evropa model	**Britský LAM model** (počítaný v Bracknellu)	**Německý Deutschland** model (DWD)	**Model ALADIN** (počítaný v ČHMU Praha)
Krok sítě 50 km	Krok sítě 50 km	Krok sítě 15 km	Krok sítě 15 km
Časový krok 6, 12, 24 h.	Časový krok 3, 6 hodin	Časový krok 6 hodin	Časový krok 3, 6, 12, 24 h.
Doba předstihu 78 hodin	Doba předstihu 36 hodin	Doba předstihu 48 hodin	Doba předstihu 48 hodin

Kvantifikovaná předpověď srážek je vydávána na CPP v Komořanech v Praze od června 1998. Předpověď je vydávána ve formě tabulky, která obsahuje QPF na 3 dny dopředu s členěním na 9 územních oblastí ČR. Předpověď je distribuována jako interní produkt ČHMÚ. Bulletin s tabulkou je posílán na RPP všech poboček, které ji případně regionálně upřesňují.

Včasné a spolehlivé informace o srážkách a kvantifikovaná předpověď srážek jsou nezbytnou podmínkou ke zlepšení předpovídání povodní, nikoli však podmínkou jedinou a postačující. Záleží na mnoha dalších okolnostech popisujících zda-li srážky určitého množství způsobí povodně nebo nikoliv. Každé povodí reaguje na přísun napadaných srážek jinak v závislosti na mnoha faktorech jako jsou geografické parametry povodí a říční sítě, geologické ložení, půdní typy, způsoby obdělávání, užití území, míra zastavěnosti, stav vegetace, roční období, nasycenost jednotlivých půdních vrstev vodou a další. Pro simulaci odtoku při různě spadlém množství srážek existuje velká řada zjednodušujících modelů. Zvolený model je třeba pro každé povodí individuálně nakalibrovat, odzkoušet a převést do předpovědní verze, a tím tedy zajistit funkčnost pro provozování modelu v reálném čase. Teprve pak je možno na příslušném předpovědním pracovišti uvést model do běžného provozu a používat jej pro předpovídání průtoků v předpovědních profilech.

Zejména z ekonomického hlediska je zřejmé, že ani v budoucnu nebudou povodí všech toků pokryta nakalibrovanými hydrologickými modely. Hlavně u povodí menších toků bude varování na nebezpečí povodně možné pouze podle stavu vody v hlásných profilech nebo podle množství spadlých srážek. ČHMÚ ve spolupráci se společnostmi Povodí aktualizoval po povodních v letech 1997 a 1998 „*Odborné pokyny pro provádění hlásné povodňové služby*“(OP), velmi užitečnou pomůcku povodňových orgánů všech stupňů. Odborné pokyny mimo jiné obsahují směrodatné limity pro vyhlašování stupňů povodňové aktivity (SPA) podle spadlých srážek pro povodí nasycené a nenasycené, nebo zvětšené množství hlásných vodoměrných profilů na tocích. Uvedený orientační limity slouží pouze jako odhad odezvy povodí na spadlé srážky. Kvantifikovaná předpověď srážek není zatím dostatečně spolehlivá,

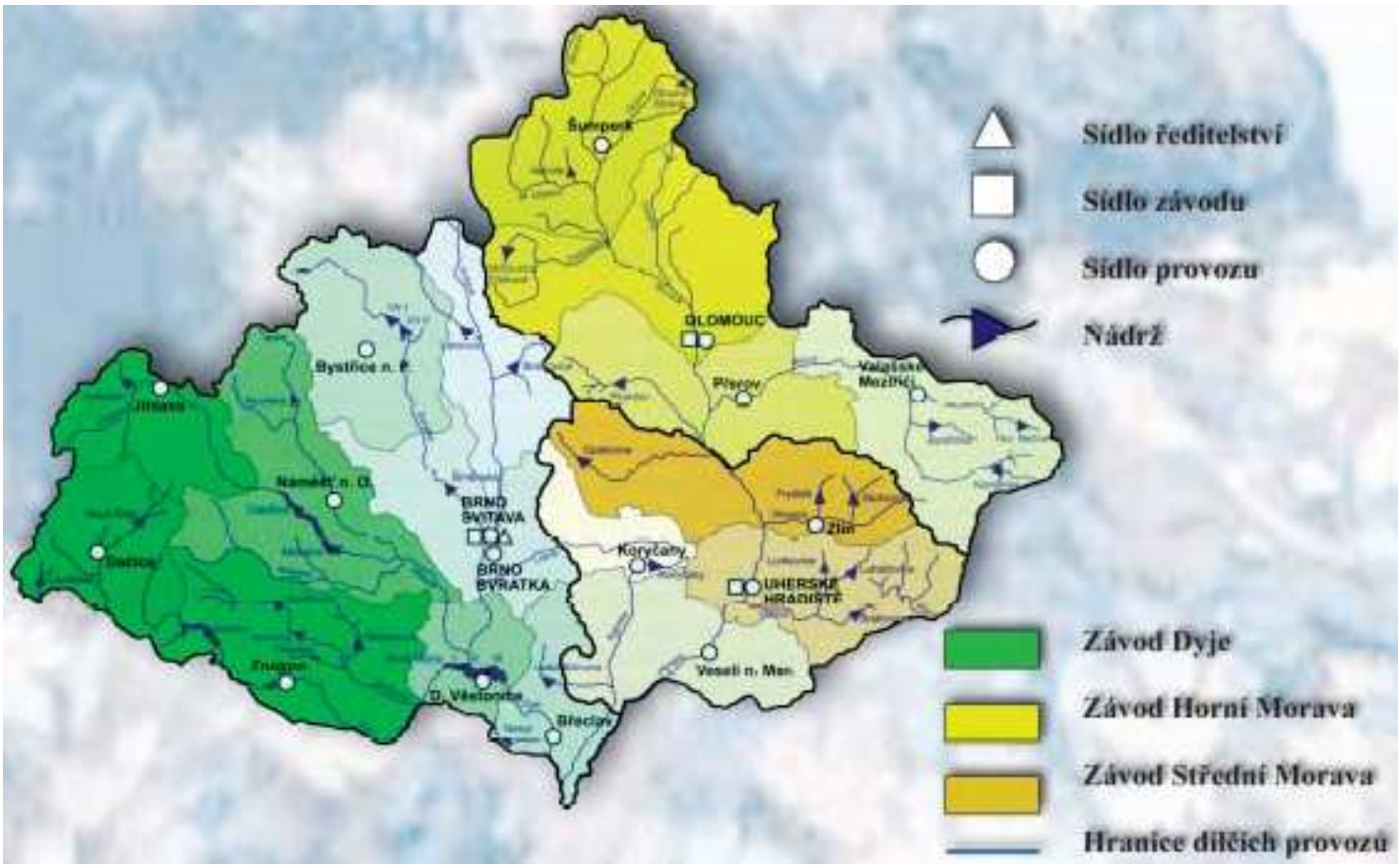
zejména v určení lokalizace srážek ve vztahu k malým povodím, aby mohla být jediným pevným podkladem pro vyhlášení SPA. Slouží však jako orientační bod jak pro varovnou povodňovou službu ČHMÚ tak pro lokální varovné systémy.

„Na plnění úkolů hydrologické služby se v ČHMÚ podílí zhruba 20% zaměstnanců ČHMÚ. Po povodni v roce 2002 byly postaveny nebo rekonstruovány poškozené stanice povrchových vod zapojené v systému hlásné povodňové služby. Byl zahájen velký projekt na rekonstrukci pozorovací sítě podzemních vod, pro který je využita podpora z Fondu soudržnosti Evropské unie. Projekt zahrnuje asi třetinu pozorovacích vrtů mělkých vod a výstavbu nebo rekonstrukci 22 stanic sledování jakosti povrchových vod. Jednotlivá předpovědní pracoviště ČHMÚ vydávají denně 100 profilů, z toho 60 je veřejně prezentováno na internetu. Režimová data a odvozené dlouhodobé charakteristiky jsou uloženy v databázi umožňující operativní výstupy podle potřeb“ (Horký Z., 2006).

2.2 Historie Povodí Moravy s.p.

Společnost Povodí Moravy, s.p. vznikla v roce 1966 jako jedna z šesti organizačních jednotek správy vodního hospodářství a pod názvem Správa povodí Moravy získala rozsáhlé zájmové území o rozloze 21 423 km2. Mezi činnosti nově ustanoveného podniku patřilo zajišťování ochrany před povodněmi, dodávky vody z vodních toků a nádrží, rozbor vod, atd. Správa organizace postupně přebírala do své kompetence všechny významné toky a vodní díla, které byly do té doby značně zanedbané. Ve stejné době se rozvíjela činnost vodohospodářských laboratoří, které v průběhu čtyřiceti let prošly rozšířením a modernizací.

Politické a hospodářské reformy po roce 1989 přinesly změnu v organizaci společnosti. Větší důraz se začal klást na hydroekologickou a provozní činnost a podstatně narostly náklady na údržbu. Po katastrofické povodni v roce 1997 se také rozšířil systém protipovodňových opatření. Území je rozděleno do hydrologických celků, které neodpovídají politicko-správnímu územnímu členění (obr. 5), (Švecová I., 2006).



Obr. 5: Působnost Povodí Moravy s.p. a jeho závodů

Převzato z http://www.pmo.cz/zp/2004/O_povodi.pdf

Činnost správy Povodí Moravy, s.p.

Povinností Povodí Moravy (PM), s.p. je správa nad významnými vodními i drobnými toky v dané oblasti povodí, zajišťování a hodnocení stavu povrchových a podzemních vod. Mezi pracovní náplň správců povodí patří:

- Výkon veškerých vlastnických práv k majetku státu, ke kterému má státní podnik právo hospodaření, s podmínkou souhlasu zakladatele při právních úkonech s určeným majetkem a souhlasného stanoviska dozorčí rady v rozsahu daném zakladatelem ve statutu podniku.
- Hospodaření s vodami z hlediska množství a jakosti v rámci územně příslušné vodohospodářské soustavy podle podmínek stanovených vodohospodářskými orgány.
- Pořizování plánů oblastí povodí ve spolupráci s krajskými úřady a ve spolupráci s ústředními vodoprávními úřady.
- Zásobování vodou.
- Ochrana před havarijním znečištěním vod
- Ochrana před nepříznivými účinky vod včetně ochrany před povodněmi.
- Užívání vodních toků k plavbě.
- Využívání vodní energie.
- Zajištění rybářství, rekreace a sportovního využití

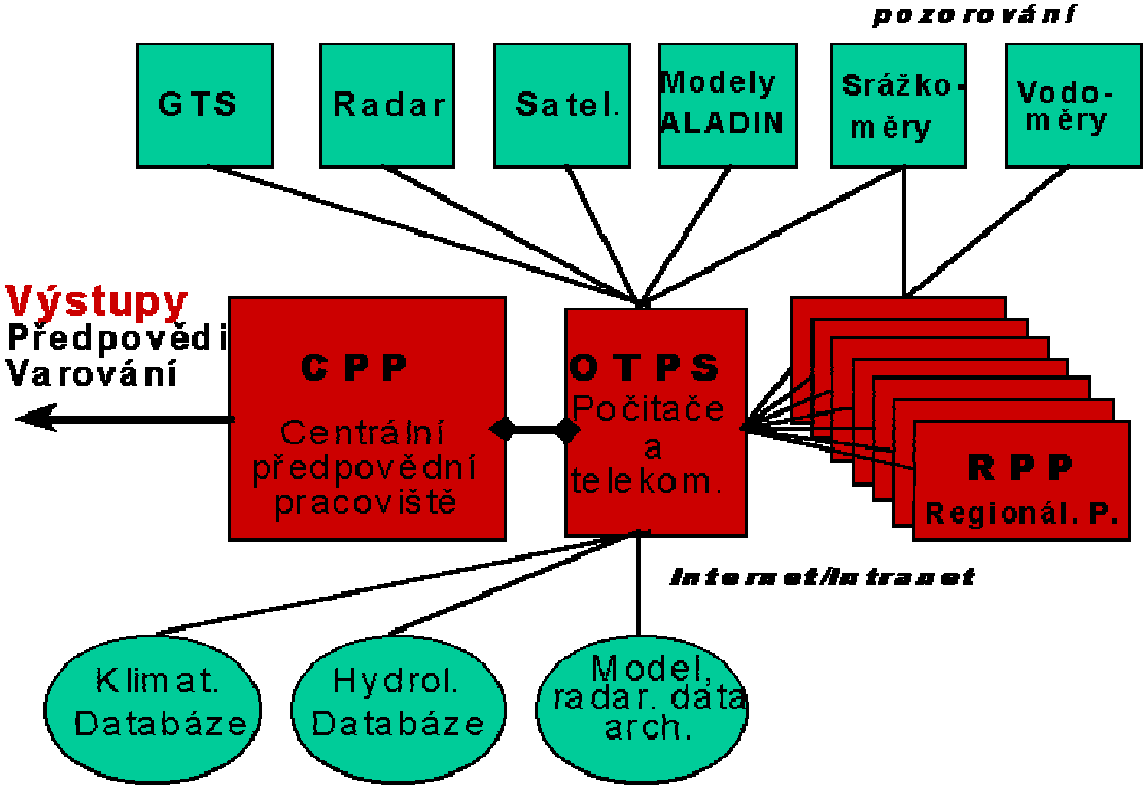
Území povodí se rozkládá na ploše 21 133 km2. Hlavními spravovanými toky v povodí jsou řeky Morava, Dyje, Svratka a Bečva. Organizačně je PM rozdělen do tří částí se sídly v Olomouci, Uherském Hradišti a v Brně, kde sídlí ředitelství PM. V uplynulých obdobích (od roku 1998) se činnost Povodí Moravy, s.p. soustředila na odstraňování následků ničivých povodní, které se na území povodí Moravy vyskytly zejména v roce 1997 a pak dále v letech 2000 a 2002. V celém Povodí je 1 100 km ochranných protipovodňových hrází, které slouží k řízení odtoku a ochraně před povodněmi. V současnosti se také PM věnuje přípravě nových preventivních protipovodňových opatření, pro něž je charakteristické budování suchých poldrů s cílem transformace a zpoždění povodňové vlny. Dalšími opatřeními jsou lokální ochrana sídel a využití údolní nivy k revitalizačním opatřením, které také vedou k transformaci povodňové vlny. Povodí Moravy dále zpracovává záplavová území a studie odtokových poměrů s cílem předcházení a snižování škod způsobených povodněmi. Tyto studie jsou dále využívány v operativním řízení za povodňových situací při rozhodování o

zabezpečovacích a záchranných pracích, pro rozhodování o rozsahu evakuace, pro stanovování pro stavby a činnosti ve vymezeném území a pro další posuzování a přípravu staveb protipovodňové ochrany.

Zvláště se pak vyděluje vodohospodářský dispečink (VHD) povodí Moravy. Mezi jeho činnost patří denní sběr informací o vodních stavech. Provádí také týdenní, měsíční vyhodnocování informací a jejich vzájemné porovnávání. Dále provádí revizi manipulačních řádů vodních děl. Je spolupodílníkem na udržování plánu krizové připravenosti PM, což zahrnuje i spolupráci s ORP při přípravě povodňových plánů a povodňové ochrany. Dispečink provozuje na internetových stránkách systém umožňující zveřejňování aktuálních vodních stavů. V současné době disponuje PM kolem 60 automatických vodoměrných stanic, 14 monitorovacích stanic na vodních dílech a téměř 30 srážkoměrných stanic. Nad rámec vlastních zařízení může VHD využívat i přenosu dat ze stanic ČHMÚ. Mezi další činnost spadá také určování jakostí vody. (http://www.pmo.cz).

3 HYDROLOGICKÁ PROGNÓZNÍ SLUŽBA ČHMU

Pro výkonnější a rychlejší převod informací a varování byl zaveden nový integrovaný systém předpovědních pracovišť ČHMÚ, který se skládá z šesti regionálních předpovědních pracovišť (RPP) na pobočkách spojených s Centrálním předpovědním pracovištěm (CPP) v Praze. Systém ČHMÚ je pak propojen do celostátního systému povodňové ochrany, kde hrají důležitou roli Hlavní úřad civilní ochrany, Hlavní centrum hasičského záchranného sboru (HZS), správci povodí (dispečinky Povodí) a povodňové orgány (Povodňové komise) všech stupňů. Systém CPP a RPP je charakterizován spojením operativních předpovědních pracovníků všech oborů. Je to určitá odchylka od jinak striktně oborového členění pracovišť, ale nutnost rychlé reakce a dobré využití nákladných přístrojů i pracovníků v nepřetržitých směnách si vyžaduje tento způsob organizace. Hlavním úkolem prognózní i varovné služby je upozornit a předejít havarijním situacím, kterými jsou například: povodně, vichřice, smogové situace, havárie jaderných zařízení, atd (obr. 6). CPP a RPP však také hrají důležitou roli v distribuci operativních informací a dat pro komerční účely a to jak pro sdělovací prostředky všech druhů, údržby silnic a dálnic, tak i pro další zákazníky.



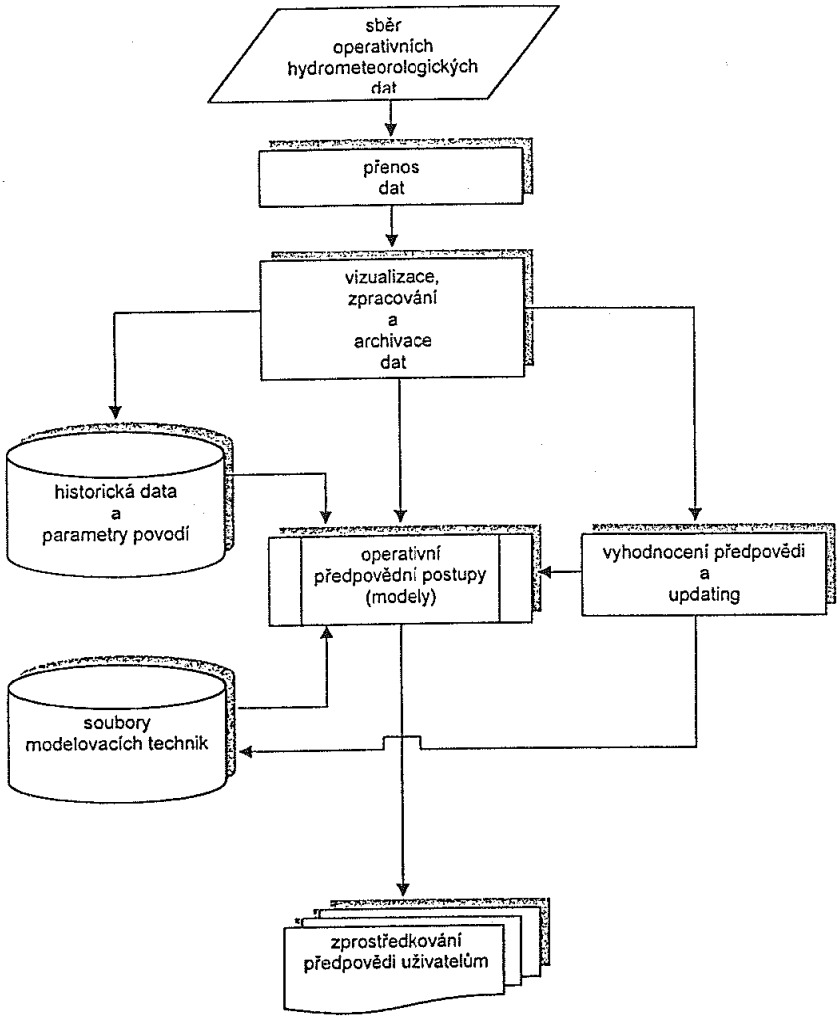
Obr 6: Povodňový předpovědní a varovný systém.

Převzato z: http://www.chmi.cz/reditel/sis/metzpr/mz526obr.html

Z pohledu v oblasti monitoringu a řízení vodohospodářských systémů v reálném čase lze specifikovat obecné úkoly hydroprognózního systému následovně:

1. Sběr, primární informace a ukládání dat v reálném čase, záznamy pozorování a další informace o stavu sledovaných parametrů včetně očekávaných změn okrajových podmínek ve formě hydrologických parametrů (vodní stavy, průtoky, kvalitativní charakteristiky, srážky, teploty, a další klimatické údaje)
2. Předpověď hodnot hydrologických parametrů v reálném čase pro určenou lokalitu.
3. Předpověď stanovených podmínek a procesů ve vodohospodářských soustavách pro ochranu před povodněmi, řízení odtoků z nádrží, rybníků a jezer, odběry vody pro různé účely, ochranu životního prostředí, atd.

Úkoly 1.-3. jsou hierarchicky seřazeny, protože činnost uváděná v odstavci (1.) je nutná vždy, bude-li hydrologický model aplikovaný jak v oblasti (2.) nebo (3.). Předpověď stanovených podmínek a složitých procesů ve vodohospodářských soustavách musí být podložena předcházející činností z odstavců (1.) a (2.).



Obr. 7: Schéma modelového hydrologického předpovědního systému

3.1 Hlásná služba a předpovědní povodňová služba

Hlavním úkolem hydrologické předpovědní povodňové služby je soustavný sběr, zpracování dat a předpovídání vývoje změn odtokové situace na význačných tocích ČR. Součástí této činnosti je také periodické poskytování různých druhů operativních informací o současné, očekávané či proběhlé hydrometeorologické situaci v hlavních povodích. Zdrojem hydrologických operativních dat je část hydrologické pozorovací staniční sítě ČHMÚ tzv. hlásné stanice, obsluhované dobrovolnými pozorovateli.

Z celkového počtu vodoměrných stanic na povrchových vodách to představuje asi jednu čtvrtinu, u podzemních vod přibližně 10 % a u pramenů také zhruba jednu čtvrtinu. Na centrálním útvaru oddělení hydrologických předpovědí (OHP) v Praze se pak prostřednictvím poboček denně soustředí a zpracovávají údaje z celé sítě hlásných stanic povrchových vod v ČR, což představuje cca 140 vodoměrných profilů na 60 význačnějších vodních tocích. Z hlásné sítě objektů podzemních vod a pramenů ČR sem pak navíc jednou měsíčně proudí k celkovému přehlednému zpracování údaje ze čtyř týdenních pozorovacích termínů ve 165 vrtech a 120 pramenech. Frekvence sběru dat u povrchových vod je závislá na aktuální odtokové situaci v jednotlivých povodích.

Vedle pozorovaných údajů patří k hlavním informačním produktům hydrologických prognóz krátkodobé hydrologické předpovědi. Ty jsou počítány na základě využití metod odpovídajících si průtoků, stavů, srážkoodtokových vztahů, přičemž se využívá i prvků předpovědí hydrosynoptických. Zatímco za normální odtokové situace jsou vypracovávány jednou denně předpovědi stavů a průtoků pro 18 vodoměrných profilů na nejdůležitějších tocích Čech a Moravy, je za mimořádné odtokové situace podle plošného rozsahu a velikosti povodně tento počet rozšířen až na 25 a současně zvýšena četnost jejich vydávání a upřesňování na dvakrát i vícekrát za den. Prognózy mají podle různých podmínek většinou 6 až 12 hodinový předstih (Labe 24 hodin), který se případným udáváním následné tendence pohybu hladiny k těmto hodnotám ještě prodlužuje.

K neméně důležitým druhům předpovědních informací patří také varovné zprávy, jež se snaží s co nejdelším možným předstihem avizovat pravděpodobný nástup nebezpečného vývoje odtokové situace anebo již vznik meteorologické situace, která by mohla zapříčinit povodeň. K pravidelně poskytovaným informacím hydroprognózními službami v centru i na pobočkách patří v zimních měsících také výpočet zásob vody akumulované ve sněhové pokrývce**.** Zásoba je vyčíslována týdně pro 20 profilů, převážně pro povodí větších či z

povodňového hlediska významných vodních nádrží anebo dílčích povodí větších podhorských toků.

K operativnímu druhu informací patří také pravidelně sestavované písemné zprávy v týdenních, měsíčních a ročních intervalech, o aktuálním vývoji odtokové situace na tocích ČR a zprávy mimořádné, souhrnně hodnotící výjimečné odtokové situace (povodně, sucha).

Kritéria výběru hlásných profilů

Základem prognózní služby je síť vodoměrných stanic na hlavních tocích. Stanice sou vybaveny limnigrafy pro automatické zapisování vodních stavů. Stanice dále sledují ledové jevy a jsou u nich zřízeny jednoduché meteorologické stanice, vybavené ombrometry, ombrografy a teploměry pro měření teploty vzduchu. Síť těchto stanic doplňují pomocné stanice, jednodušší ve svém vybavení, které se zapojují do prognózní služby hlavně při povodních, kdy podávají zprávy o průběhu povodně. Hlásné profily kategorie A a B se zřizují na tocích, které splňují tato kritéria:

- Při ústí toku je Q100 > 100 m^3/s
- Při ústí toku je plocha povodí – P > 150 km^2 a Q100 > 50 m^3/s

Uvedená kritéria jsou orientační. V odůvodněných případech je možno vybrat i vodní toky menší. Hlásné profily kategorie A a B se uvádějí v Odborných pokynech a v povodňových plánech všech stupňů. (www.hydro.chmi.cz/hpps)

Výběr hlásných profilů kategorie A (základních):

Jsou to profily na významných tocích. Jejich výběr provádějí pracoviště ČHMÚ spolu se správci povodí, který dále projednávají s místními příslušnými krajskými úřady. Přibližný orientační počet hlásných profilů kategorie A na toku podle velikosti povodí je:

- Toky s P = 300 – 1000 km^2 1 profil na 300 km^2
- Toky s P = 1000 – 2500 km^2 1 profil na 500 km^2
- Toky s P = 2500 km^2 a více Individuální posouzení3

Do hlásných profilů kategorie A začleňujeme také odtokové profily přehradních nádrží ovlivňujících povodňový režim a profily na hraničních tocích vyplývající z mezinárodních závazků ČR.

Výběr hlásných profilů kategorie B (doplňkových):

Provádějí jej krajské úřady podle doporučení regionálních pracovišť ČHMÚ nebo správců povodí a tento výběr projednávají s místně příslušnými obcemi. Profily kategorie B doplňují profily kategorie A tak, aby byla splněna tato kritéria rozmístění hlásných profilů:

- Toky s P = do 300 km^2 — 1 profil na 100 km^2
- Toky s P = 300 – 1000 km^2 — 1 profil na 150 – 200 km^2
- Toky s P = 1000 – 2500 km^2 — 1 profil na 300 – 400 km^2
- Toky s P = 2500 km^2 a více — Individuelní posouzení

Hlásné profily kategorie C (pomocné):

Jsou zřizovány a provozovány obcemi nebo vlastníky ohrožených nemovitostí pokud jim nepostačují kategorie A a B. Obce také v případě potřeby budují lokální automatické stanice pro sledování srážek v povodí a vodních stavů v tocích s přenosem hodnot do lokálního centra. Nutná je automatizace vyhodnocení měřených hodnot a oznámení překročení zadaných kritérií. Lokální výstražné systémy mají význam hlavně na menších horských a podhorských tocích.

Vybavení hlásných profilů

Vybavení profilů kategorie A (provozováno ČHMÚ a správce povodí):

- Stabilizovaný vodoměrný profil.
- Vodoměrná stanice s vodočetnou latí a místním záznamem.
- Automatická stanice s přenosem dat do sběrného centra (předpovědní pracoviště ČHMÚ nebo vodohospodářský dispečink správce povodí).
- Měrná křivka průtoku ověřená ČHMÚ.

Vybavení hlásného profilu kategorie A zajišťuje provozovatel vodoměrné stanice.

Vybavení profilů kategorie B (Zřizovány krajskými úřady a provozovány místně příslušnými obcemi. Po dohodě mohou využít profilů s vodoměrnými stanicemi ČHMÚ, nebo povodí, které nejsou zařazeny v kategorii A):

- Vodočetná lať.
- Orientační měrná křivka průtoků.

Vybavení hlásného profilu kategorie B zajišťuje místně příslušný krajský úřad.

Doporučené minimální vybavení hlásného profilu kategorie C je vodočetná tyč, nebo alespoň tři značky vodních stavů odpovídajícím směrodatným limitům pro SPA. Jednotlivé SPA jsou pak barevně odlišeny a to:
1.SPA – zelená, 2.SPA – žlutá, 3.SPA – červená. Jednotlivé SPA lze také odlišit římskými číslicemi. Vybavení hlásného profilu kategorie C zajišťuje jeho provozovatel.

Stanovení limitů pro SPA (stupně povodňové aktivity) podle vodních stavů v hlásných profilech

SPA vyjadřují míru povodňového nebezpečí. Jsou vázány na směrodatné limity, jimiž jsou zpravidla vodní stavy nebo průtoky v hlásných profilech na tocích, popřípadě na mezní nebo kritické hodnoty jiného jevu (např. denní úhrn srážek, hladina vody v nádrži, apod.). U zvláštních povodní vyjadřují vývoj a míru povodňového nebezpečí na vodním díle a na území pod ním.

SPA se vyhlašují na základě dosažení směrodatných limitů vyjádřených vodními stavy v hlásném profilu nebo výjimečně průtoky. SPA vždy platí pro určitý úsek toku (Povodňový úsek), ke kterému je hlásný profil přiřazen. Za hranice jednotlivých úseků se obvykle volí ústí významných přítoků, vodní díla ovlivňující povodňový režim, administrativní hranice atd.

Pro řízení opatření k ochraně před povodněmi je třeba vybrat kritické místo (kritický profil) povodňového úseku. Výběr vycházení z modelového stanovení směrodatných průtoků odpovídajícím 1, 2 a 3.SPA. Je třeba charakterizovat povodňový úsek jako celek, tj. vyloučit jednotlivé nevýznamné objekty nebo zaplavení menších příbřežních ploch. Pro modelovou simulaci prostředí lze využít podkladů ze zaměření toků, zaměření podélného profilu hladiny vody za povodně, letecké nebo družinové snímky záplav, které se dále dají využít ve spojení s hydraulickými výpočty kritických hladin. Směrodatné průtoky v kritickém profilu se převádí na odpovídající průtoky v hlásném profilu a následně na směrodatné vodní stavy v cm na vodočetné lati s rozlišovací úrovní 5 cm. V případě hlásných profilů kategorie C, pro

které není k dispozici měrná křivka, je nutno stanovit směrodatné limity pro SPA odhadem na podkladě pozorovaného vztahu hladin vody za povodně v kritickém profilu a v hlásném profilu. Limity pro určování SPA podle dešťových srážek jsou uvedeny v Odborných pokynech. Pro lokální výstražné systémy je nutno stanovit směrodatné limity pro SPA individuálně.

1.SPA – bdělost: Nastává při nebezpečí povodně a zaniká, pominou-li daný stav překročení normálního stavu. Stav bdělosti nastává rovněž vydáním výstrahy ČHMÚ.

2.SPA – pohotovost: Vyhlašuje jej příslušný PO, když nebezpečí povodně přerůstá v povodeň a v době povodně, když však ještě nedochází k větším rozlivům a škodám mimo koryto.

3.SPA – ohrožení: Vyhlašuje jej příslušný PO v době povodně při bezprostředním nebezpečí, nebo při vzniku větších škod, ohrožení majetku a životů v záplavovém území.

Kompetence pro stanovování směrodatných limitů pro SPA

Hlásné profily kategorie A:

U profilů kategorie A je stanovením limitu pro SPA pověřeno Ministerstvo životního prostředí (MŽP). Návrh předkládá krajský úřad po projednání se správcem povodí, regionálním pracovištěm ČHMÚ, s dotčenými obcemi s rozšířenou působností v povodňovém úseku. Směrodatné limity pro SPA jsou uvedeny v Odborných pokynech a zpracovány do povodňových plánů všech stupňů.

Hlásné profily kategorie B:

U profilů kategorie B stanovuje směrodatné limity pro SPA krajský úřad po projednání s dotčenými obcemi s rozšířenou působností v povodňovém úseku a s obcí, na jejímž území se hlásný profil nachází a po konzultaci se správcem povodí a ČHMÚ.

Hlásné profily kategorie C:

Limity pro SPA stanovuje obec nebo vlastník ohrožené nemovitosti. Výsledné hodnoty jsou poskytnuty obecnímu úřadu, nebo obecnímu úřadu ORP. S výsledky je obeznámen i správce toku.

Četnosti pozorování a hlášení v profilech a struktura přenosu informací

Pozorování v hlásných profilech zabezpečují příslušní pozorovatelé. Hlášení je dále posíláno určeným příjemcům. Způsob spojení pro každý profil je uveden v Odborných pokynech a v povodňových plánech. Jako minimální četnost pozorování se doporučuje:

- Za normální situace. 1x denně (hlásné profily A)
- Při výstraze ČHMÚ. 1x denně (všechny kategorie)
- Při dosažení 1. SPA. 2x denně
- Při dosažení 2.SPA. 3x denně
- Při dosažení 3.SPA. Podle potřeby, požadavku PO

Údaje z hlásných profilů kategorie A (obr. 7 a obr. 8) jsou dále přenášeny do sběrných center pozorovatelů sítí ČHMÚ a Povodí. Při dosažení SPA informuje pozorovatel (RPP ČHMÚ, VHD Povodí) příslušný krajský úřad a úřad ORP a předává mu informace o dalším vývoji. V případě selhání automatického sběru dat nebo standardního způsobu pozorování zasílá obec hlášení na vyžádání do sběrného centra provozovatele hlásného systému.

Pozorování v hlásných profilech kategorie B jsou zabezpečovány místními obcemi, které mohou po dohodě využívat zařízení ČHMÚ, nebo správce toku. Při nebezpečí povodně a za povodně zasílá místně příslušná obec hlášení obcím ležícím níže na toku, na úřad ORP. Ten informuje příslušný krajský úřad, RPP ČHMÚ, nebo VHD Povodí.

Hlášení z hlásných profilů kategorie C a hlášení z lokálních automatických výstražných systémů zasílají jejich pozorovatelé při nebezpečí povodně a za povodně na příslušný úřad obce a na úřad ORP.

Tab. 2: Obsah evidenčních listů hlásných profilů – údaje uvedené v příloze Odborných pokynů. Zdroj: http://hydro.chmi.cz/hpps/default.htm

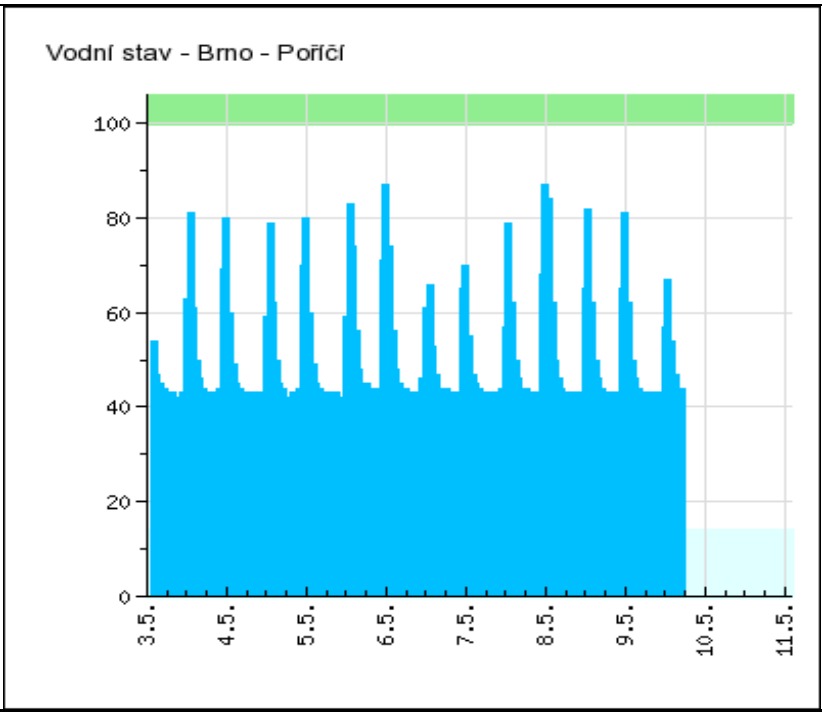
Kategorie hlásného profilu	A nebo B
Tok	název toku
Stanice	název hlásného profilu
Kraj	KÚ v jehož působnosti je hlásný profil
ORP	území ORP na jejímž území je hlásný profil
Provozovatel stanice	subjekt, který udržuje a obsluhuje technické zařízení umístěné v hlásném profilu
Centrum automatického sběru dat	centrální stanice(CPP/RPP ČHMÚ nebo VHD Povodí), pod které spadá automatizovaná stanice
Předpovědní profil ČHMÚ	je uváděn, pokud je pravidelná předpověď průtoku vydávána předpovědní službou ČHMÚ
Staničení	podle Základní vodohospodářské mapy ČR 1:50 000
Plocha povodí	podle podkladů ČHMÚ
Nula vodočtu	B výškový systém Balt po vyrovnání, J-systém Jadran
Číslo hydrologického pořadí	podle Hydrologických poměrů ČR
Zeměpisné souřadnice	podle topografické mapy 1:50 000
Procento plochy toku	podíl plochy povodí k hlásnému profilu na celkové ploše povodí toku
Stupně povodňové aktivity(SPA)	limitní hodnoty v cm, limitní hodnoty v m^3/s odvozené podle měrné křivky platné v době vydání
Platnost SPA pro kritické místo	udává úsek toku, v němž je SPA vztažen ke kritickému místu z pohledu nebezpečí v tomto úseku
Průměrný roční průtok	podle ČSN Hydrologické údaje povrchových vod
Průměrný roční stav	odvozený podle měrné křivky platné v době vydání
N-leté průtoky	podle ČSN Hydrologické údaje povrchových vod
Odesílatel zpráv	OÚ odpovědný za pozorování a odesílání zpráv v době povodní, případně jiný subjekt
Odesílatel podá zprávu	příjemci v prvním sledu jsou OÚ, obce dále po toku a pracoviště ČHMÚ nebo Povodí. Maximální počet příjemců zprávy může být 5
Spojení na adresáta	telefonní číslo platné v době vydání nebo aktualizace
Příjemce dále vyrozumí	příjemci zpráv v druhém sledu - okresy, obce dále po toku, soukromé podniky - informováni přímo okresem
Nejvyšší zaznamenané stavy	kumulační stavy největších historických povodní v letním, zimním období, včetně data výskytu (ČHMÚ)
Popis umístění profilu	slovní popis přesné lokalizace hlásného profilu
Mapa (1:50000)	mapa se zakreslením hlásného profilu
Aktualizace	datum poslední provedené aktualizace

Tok	Svratka
Název stanice	Brno - Poříčí
Kategorie	A
Povodí III. řádu	4-15-01 Svratka po Svitavu
Obec s rozšířenou působností	Brno
Provozovatel	ČHMÚ Brno

Limity pro stupně povodňové aktivity			
1. stupeň	**H** = 100 [cm]		1.SPA (bdělost)
2. stupeň	**H** = 160 [cm]		2.SPA (pohotovost)
3. stupeň	**H** = 260 [cm]		3.SPA (ohrožení)
3. stupeň	**H** = [cm]		3.SPA (extrémní ohrožení)
sucho	**H** = 14 [cm]		

Platnost SPA pro úsek toku / Kritické místo VD Brno - soutok se Svitavou

Evidenční list hlásného profilu 375

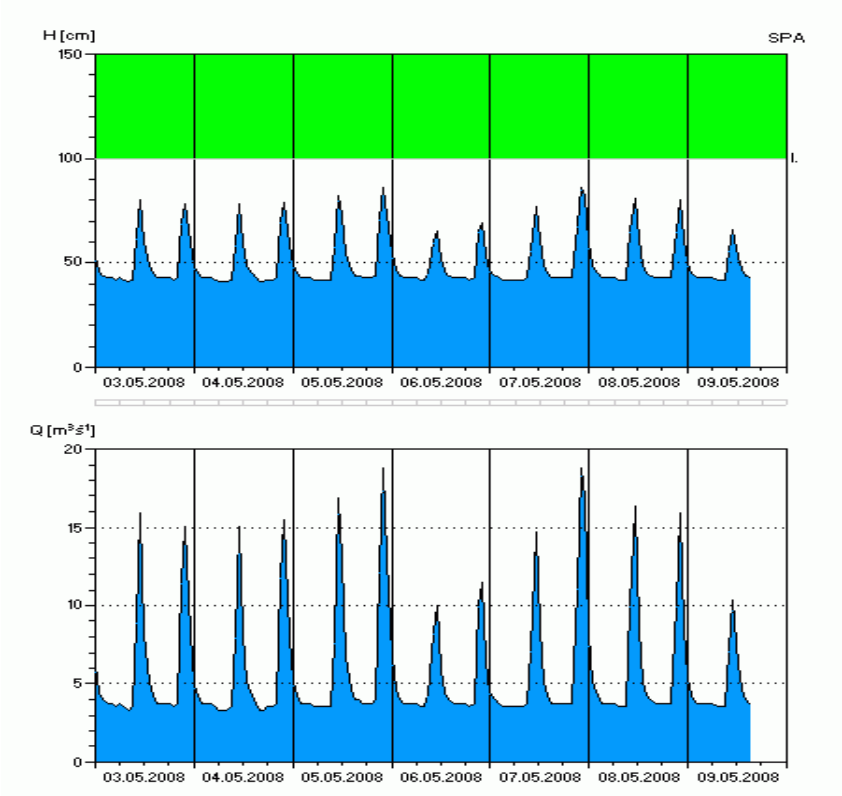


Měřená data		
datum čas	**stav [cm]**	**průtok [m^3s^{-1}]**
09.05 15:00	44	5.04
09.05 14:00	44	5.04
09.05 13:00	47	5.82
09.05 12:00	54	7

Obr. 7: Aktuální měření informací na hlásném profilu kategorie A – Brno – Poříčí ke dni 9.5.2008. (Správce – ČHMÚ), převzato z http://hydro.chmi.cz/hpps/stdprfdyn.php

Stanice: LG Brno-Porící Tok: Svratka	
Povodne	
1. stupen povodnové aktivity:	100 [cm]
2. stupen povodnové aktivity:	160 [cm]
3. stupen povodnové aktivity:	260 [cm]
Sucho	
Q355:	1,26 [$m^3.s^{-1}$]
Poznámka:	Špičkový provoz vodní elektrárny VD Brno

Stupne povodnové aktivity:	
=	0 (normální stav)
=	1 (bdelost)
=	2 (pohotovost)
=	3 (ohrožení)
Vodní stav H [cm]: [1]	
09.05.08 15:30	**43**
09.05.08 15:00	**43**
09.05.08 14:00	**44**
09.05.08 13:00	**47**
Prutok Q [$m^3.s^{-1}$]:	
09.05.08 15:30	**3,78**
09.05.08 15:00	**3,78**
09.05.08 14:00	**4,01**
09.05.08 13:00	**4,69**



Obr. 8: Aktuální měření informací na hlásném profilu kategorie A – Brno – Poříčí ke dni 9.5.2008. (Správce – PM s.p.), převzato z http://www.pmo.cz

3.2 Povodňová služba a ochrana před povodněmi

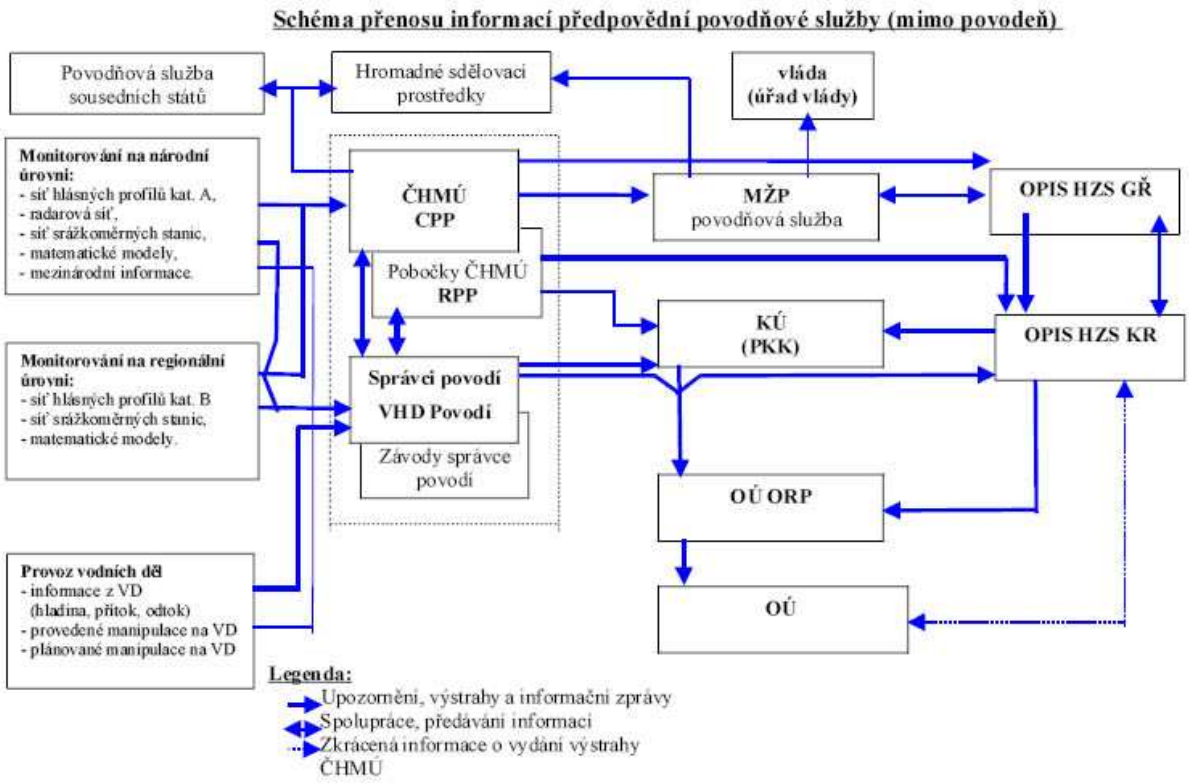
Informační tok hlásné předpovědní povodňové služby

Subjekty, které se zapojují do předávání informací zjištěné hlásnou povodňovou službou jsou:

- Obecní úřad (OÚ), povodňová komise obce, určený pozorovatel
- Úřad obce s rozšířenou působností (OÚ ORP), nebo jím učené pracoviště se stálým komise obce s rozšířenou působností
- Krajský úřad (KÚ)
- Povodňová komise kraje (PKK)
- Vodohospodářský dispečink správce povodí (VHD Povodí)
- Vodní dílo (VD) a jeho vlastník
- Organizace ověřen výkonem technicko-bezpečnostního dohledu na VD a posudků pro zařazení VD do kategorií (VD TBD)
- Regionální předpovědní pracoviště ČHMÚ (RPP ČHMÚ)
- Centrální předpovědní pracoviště ČHMÚ (CPP ČHMÚ), které zastává i funkci RPP pro středočeskou oblast
- Operační a informační středisko Ministerstva Vnitra (OPIS), hasičská záchranná služba – generální ředitelství (HZS GŘ)
- Povodňová služba Ministerstva životního prostředí (MŽP) – informační podpora Ústřední povodňové komise (ÚPK)

Jakékoliv zjištění nebezpečí nebo výskytu povodní v hlásných profilech i mimo hlásné profily hlásí obec podle povodňového plánu nebezpečí ohroženým obcím dále po toku a na úřad ORP. Ten informuje příslušné OPIS HZS kraje, KÚ, RPP ČHMÚ a VHD Povodí. Při vniku povodně pak HZS zajišťují vyrozumění základních i ostatních složek IZS a státních orgánu a orgánů územně samosprávných celků podle povodňových plánů. Varovat obyvatelstvo a vlastníky nemovitosti před povodní jsou oprávněné a odpovědné povodňové orgány (PO) obcí. Jsou to orgány definované vodním zákonem, oprávněné k řízení, organizaci a kontrole opatření k ochraně před povodněmi. Při delším prodlení mohou spouštět varovací systém příslušné OPIS HZS. Za informování obcí o povodňovém nebezpečí ve své územní působnosti je odpovědný KÚ prostřednictvím ORP. Za informování osob ve své územní působnosti je odpovědná obec. Vlastníci objektů na vodních tocích hlásí správci toku jakékoli

události vedoucí k omezení funkce nebo průtočnosti objektů a podle situace informují příslušné OPIS HZS kraje, příslušné OÚ, KÚ a podávají návrhy na vyhlášení SPA. V případě ohrožení bezpečnosti libovolných VD jsou o daném stavu informováni i VD TBD.



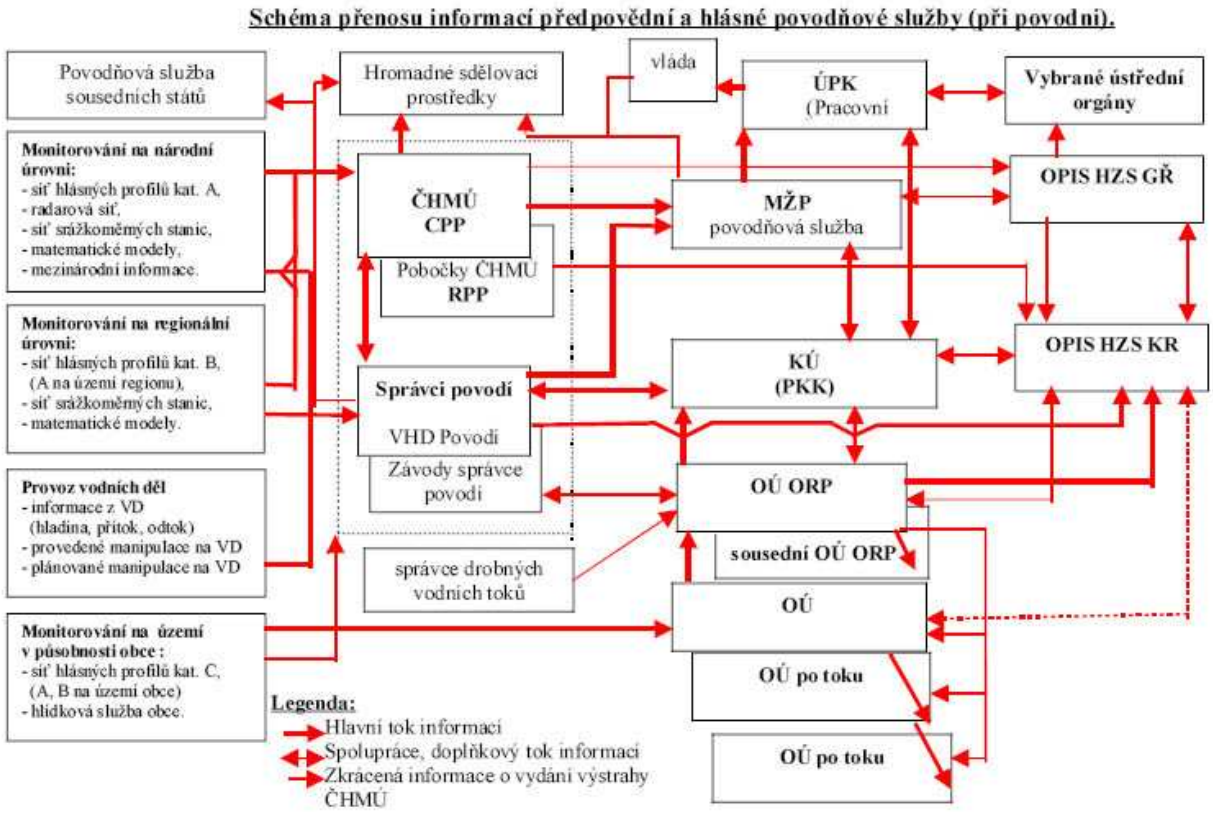
Obr.9 :Schéma přenosu informací předpovědní povodňové služby mimo povodeň:
Převzato z: http://hydro.chmi.cz/hpps/default.htm

V případě vyhlášení krizového stavu funguje hlásná služba jako při vyhlášení 3.SPA. Přenos informací je směřován i na příslušné organy krizového řízení, které přebírají řízení ochrany před povodněmi. (Antušák E., Kopecký Z., 2002)

Výstrahy ČHMÚ jsou rozesílány tak, aby se dostaly v plném znění na úroveň KÚ a úřadů ORP. Ostatní obce dostávají informace pouze zkrácenou formou (SMS zpráva pomocí krizových mobilních telefonů, e-mail). Přednostně se pak využívá spojových prostředků HZS a krizových mobilních telefonů. Pro předávání zpráv na KÚ a ORP musí být připraveny dva nezávislé způsoby. Doručení zpráv se zabezpečuje alespoň jednou cestou. OPIS HZS zajišťují

nepřetržitou pohotovost pro příjem zpráv a vyrozumění příslušných orgánů a složek ISZ. Požadavky na vyrozumění a varování je nutné uplatnit na OPIS HZS GŘ a na OPIS HZS krajů. Pro plošnou distribuci některých informací předpovědní povodňové služby může být použito také Internetu a veřejnoprávních sdělovacích prostředků.

Při katastrofálních povodních v srpnu v roce 2002 byl úspěšně použit předpovědní systém ČHMÚ – AquaLog, který spadá pod samostatnou databázi AquaBase.

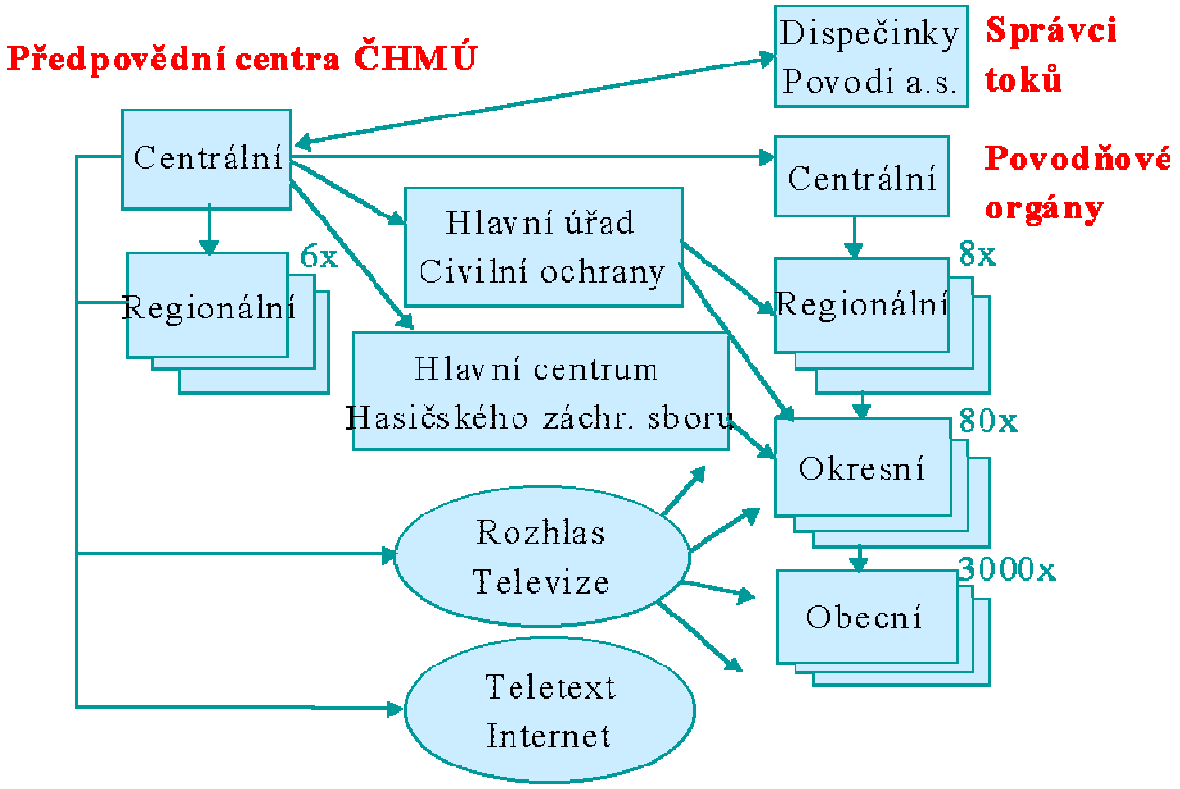


Obr.10 : Schéma přenosu informací předpovědí a hlásné povodňové služby při povodních: Převzato z: http://hydro.chmi.cz/hpps/default.htm

Organizace ochrany a varování před povodněmi v ČR

Zásadní význam má při povodních včasné varování. Díky fungujícímu systému operativních opatření je možné téměř vyloučit ztráty na lidských životech a snížit materiální škody až o jednu třetinu. Proto jsou na vodních tocích budovány monitorovací stanice s automatickým přenosem dat na dispečinky správ ČHMÚ a povodí. Důležitým prvkem jsou také PO s územní působností, které organizují a řídí ostatní účastníky povodňové ochrany. V době mimo povodeň jsou PO obecní úřady, úřady obcí s rozšířenou působností, magistráty měst, orgány kraje a na nejvyšší úrovni Ministerstvo životního prostředí. Po dobu povodně jsou povodňovými orgány povodňové komise (PK) obcí, PK obcí s rozšířenou působností, PK měst, PK kraje, PK ucelených povodí a Ústřední povodňová komise ČR. V případě vyhlášení stavu nebezpečí či nouzového stavu přecházejí pravomoci povodňových orgánů na územní orgány krizového řízení a PK se stávají součástí krizového štábu. Ostatními účastníky povodňové ochrany jsou: vlastníci nebo správci objektů na vodních tocích, vlastníci nebo správci nemovitostí v ohroženém území, útvary HZS (hasičská záchranné sbory), Policie ČR, Armády ČR a ostatní subjekty, které mohou pomoci například dopravními prostředky, těžkou mechanizací, atd.

Ve zvláště naléhavých případech může ČHMÚ sdělit varování obyvatelstvu i přímo prostřednictvím sdělovacích prostředků – rozhlasem a televizí. Obdobně funguje systém komunikace i u jiných živelných pohrom či mimořádných situacích. Ochrana před povodněmi je zabezpečována podle územně příslušných povodňových plánů a v případě vyhlášení krizového stavu krizovými plány. V ČR byl také vytvořen Systém integrované výstražné služby (SIVS), ve kterém spolupracují ČHMÚ a Odbor hydrometeorologického zabezpečení Vojenského geografického a hydrometeorologického úřadu (HMZ VGHMÚř). Jejich spolupráce má přinést efektivnější a přesnější vydávání integrovaných výstražných informací. (Švaříček J., 2006)



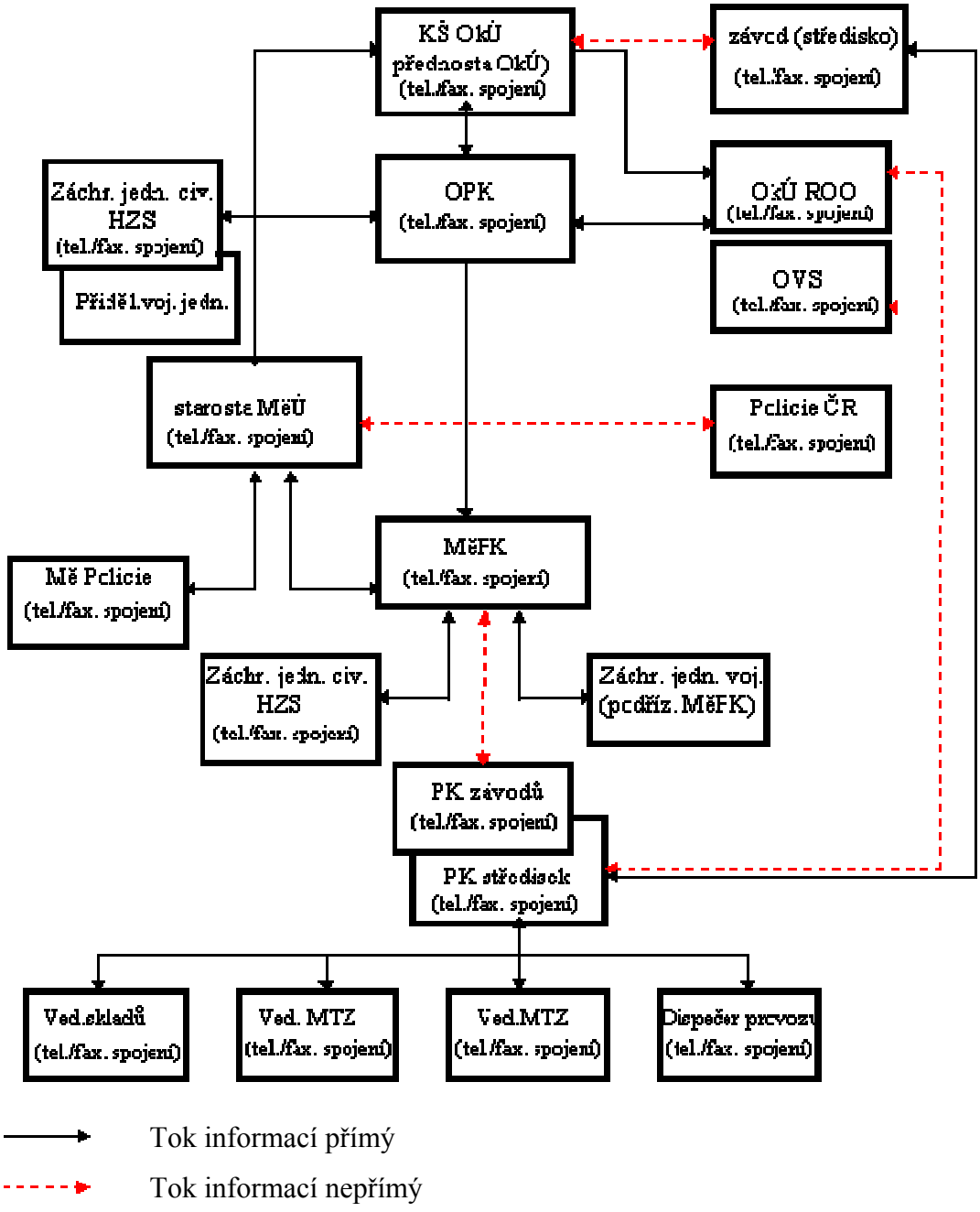
Obr. 11: Celostátní systém povodňové ochrany.

Zdroj: Zdroj: http://www.chmi.cz/reditel/sis/metzpr/mz526obr.htm

Preventivní a přípravná opatření k ochraně před povodněmi jsou prováděna v době mimo povodeň a je do nich zahrnuta údržba, oprava, nebo výstava nových zařízení sloužících k ochraně před povodněmi, tvorba povodňových plánů, technická příprava, zajišťování povodňových rezerv, školení, atd. Povodňové plány jsou dokumenty, které obsahují způsob včasných a spolehlivých informací a vývoji povodně, možnosti ovlivnění odtokového režimu, organizaci a přípravu zabezpečovacích prací, způsob zajištění včasné aktivizace povodňových orgánů, zabezpečení hlásné a hlídkové služby a ochrany objektu, přípravy a organizace záchranných prací a stanovené limity SPA.

Varování občanů a šíření tísňových informací o povodni

Základním varovným signálem při vzniku povodní je v České republice „Všeobecná výstraha“. Tento signál je vyhlašován kolísavým tónem sirény po dobu 140 vteřin a může zaznít až třikrát po sobě ve tříminutových intervalech. Po skončení tohoto signálu následuje verbální výstraha, následována například informacemi o SPA, potupu povodně, nebo evakuaci při postupu zátopové vlny. Zdroji šíření informací jsou: Český rozhlas, Česká televize, regionální rozhlasové a televizní vysílání, pojízdné vozy s megafony, policie, hasiči.



Obr.12: Schéma toků informací na úrovni město – okres – kraj při povodni.

Zdroj: http://cep.mdcr.cz/odd540/work/pov_plan.htm

Pojmy:

KŠ – Krizový štáb
OPK – Okresní povodňová komise
Mělo – Městská povodňová komise
OVS – Okresní vojenská správa
PK – Povodňové komise
ROO – Referát obrany a ochrany
SDH – Sbor dobrovolných hasičů
HZS – Hasičská záchranná služba

3.3 Vazba na krizový management

Ucelenou definici krizového řízení nabízí např. Mozga: „Krizové řízení je ucelený soubor přístupů, názorů, zkušeností, doporučení, metod, opatření a vazeb uplatňovaných v hierarchizovaném a funkčně propojeném systému včetně příslušných orgánů státní a veřejné správy, právnických i fyzických osob. Cílem řízení je minimalizovat dobu trvání krizové situace, nastartovat obnovu a další rozvoj. V širších souvislostech je tedy jeho cílem zajistit trvale udržitelný rozvoj lidské společnosti“.

Cíle krizového řízení (na úrovni státu jsou):Garance důležitých veřejných služeb (řízení a zajištění základních funkcí státu), ochrana populace (sociálně ekonomického života, kulturních památek atd.), koordinace správy společnosti tak, aby při kritické situaci byly přijatelné ztráty na majetku a životech, zajištění zdrojů pro přežití lidí, splnění mezinárodních závazků, zajištění provádění výcviku připravenosti pro případ vzniku kritické situace, zajištění efektivní odezvy na kritické situace a minimalizace jejich dopadů, garance obnovy území po kritické situaci, trvale udržitelný rozvoj (Mozga J., Vítek M., 2002).

Činnosti prováděné v době krize, ale i mimo ní, se řídí krizovými plány, které zaručují, že postupy a práce budou prováděny nejefektivnějším možným způsobem. Zásadními dokumenty pro řešení krizí a pro činnost krizového managementu jsou Krizový plán, Plán krizové připravenosti, Typový plán a Operační plán. Úkolem plánování je navrhnout, kodifikovat, vytvořit a otestovat jeden či více modelů řešení situace. Krizový plán by se měl vyznačovat jednoduchostí, jednoznačností a přehledností. Systém krizového řízení zajišťuje provádění čtyř základních kroků s cílem odvrátit pohromy nebo alespoň zmírnit jejich dopady tj. prevenci, připravenost, odezvu a obnovu.

Mezi základní zmírňující opatření patří stavební normy. Při opatřeních proti povodním se jedná zejména o stavbu odolnějších konstrukcí, budování protipovodňových opatření, budování suchých poldrů, atd. Zvláště tyto opatření spadají do kompetence Povodí s.p. Dalšími opatřeními jsou řízení využití půdy, územní plánování, šíření informací, aj.

Úkolem krizového štábu (KŠ) je usnadnit koordinaci složek při zásahu. Je komunikačním a informačním střediskem – média, veřejnost, státní orgány, dobrovolníci, atd. KŠ rozhoduje o celkových akcích a operacích. Pracovním orgánem vlády při krizových situacích je Ústřední krizový štáb. Při živelných pohromách je štáb svoláván, pokud je vyhlášen nouzový stav nebo stav nebezpečí.

4 METODY POUŽÍVANÉ V HYDROPROGNÓZNÍ SLUŽBĚ ČR

Pod pojem hydrologické prognózy zahrnujeme zdůvodněnou předpověď rozvoje a charakteru hydrologických jevů, tj. těch přírodních jevů, které vznikají a střídají se na řekách, jezerech a mořích, v různých fyzickogeografických sezónních podmínkách a při jiných změnách počasí. Prognózy se řídí určitými závislostmi, zákonitostmi, jejichž kvalita se dá ocenit posouzením jejich chyb. Prognóza se vždy vztahuje na konkrétní místo a dobu výskytu předpovídaného jevu.

Funkce prognózní služby by měla vyhovět především hospodářským potřebám, zejména pro plánovací účely. Měla by poskytovat denní předpověď vodních stavů pro plavbu a průtoků pro vodní díla – především energetická. Vodní stavy by měly informovat o předpovídání povodní a sucha. Z materiálů povrchových vod se používá prognóza denních, dekádních, měsíčních, ročních a dlouhodobých průměrů. Rovněž se používá opakování, překročení kulminačních průtoků velkých vod – „N letých velkých vod a N letých malých vod“ (Čermák M., 1966).

Z podkladů musí pracovníci hydrologické prognózní služby znát:

- Hydrologické údaje o říční síti a její hustotě, o charakteru údolí, o území zaplavovaných vodou a morfologické charakteristiky řek.
- Údaje o rostlinném krytu, lesnatosti, rozdělení lesů a jejich charakteru.
- Údaje o terénních a půdních poměrech: členitost, sklony, stupeň rozrušení, rozdělení půd v údolí, jejich mechanické složení, vlastnosti půdy vzhledem k vodě, atd.
- Geologické a zejména hydrogeologické podklady: charakter hornin, jejich zvláštnosti, výskyt podzemních vod, jejich hloubka, atd.
- Údaje o hydrotechnických stavbách, jejich vlivu na režim toku a jejich využití.
- Údaje o národohospodářském využití vodních děl.
- Údaj o nebezpečných stavech nebo změnách stavu vody.

4.1 Členění metod hydrologických prognóz

Metody používané v hydroprognózní službě dělíme na krátkodobé a dlouhodobé v závislosti na časovém úseku prognózy od blížícího se jevu. Dlouhodobá předpověď pro uvažovanou sezónu se nazývá sezónní hydrologická předpověď. Podle druhu zákonitosti, na nichž je založen výpočet předpovědi dělíme metody na předpovědi hydrometeorologické, kterým předchází meteorologická měření a hydrometrické.

Hydrometeorologické metody využívají jako podklady výsledky meteorologických měření, zejména informace o srážkách, údaje o zásobách vody ve sněhu a o teplotě vzduchu a jsou založeny na zákonitostech, jimiž se řídí hydrologické i meteorologické procesy. Hydrometeorologické prognózy se zavádějí ve snaze zvětšit dobu předstihu předpovědí, obvykle jsou však méně přesné než na ně navazující předpovědi hydrometrické. U předpovědí z pozorovaných srážek odpovídá prodloužení doby předstihu časovému intervalu mezi dopadem částice vody na povrch povodí a okamžikem, kdy doteče, případně prosákne do říční sítě. Tento interval se v našich podmínkách počítá na několik hodin. Na Labi je to 24 hodin. Obecně mají větší dobu předstihu než předpovědi hydrometrické, což má však význam jen na malých povodích, kde se zatím tyto prognózy nejvíce uplatňují.

Podstata těchto předpovědí spočívá v tom, že na základě meteorologických informací předpovídají v určitém profilu toku nějakou význačnou charakteristiku hydrogramu (objem odtoku, kulminační průtok).

Hydrometrické metody jsou založeny na zákonitostech, jimiž se řídí hydrologické procesy probíhající v síti vodních toků. Výchozími podklady jsou zejména záznamy o vodních stavech a průtocích. Důležitá je při měření také doba koncentrace, která určuje čas, který potřebuje částice vody, aby povrchově odtekla z hydraulicky nejvzdálenějšího bodu v povodí do předpovědního profilu, což je příčný profil toku, pro který se předpověď vydává. Předstih hydrometrických předpovědí v říční síti toků ČSR je v současné době několik málo hodin. Na malých povodích se jedná o 20 - 30 hodin.

Tab. 3: Přehled metod krátkodobé předpovědi průtoku.

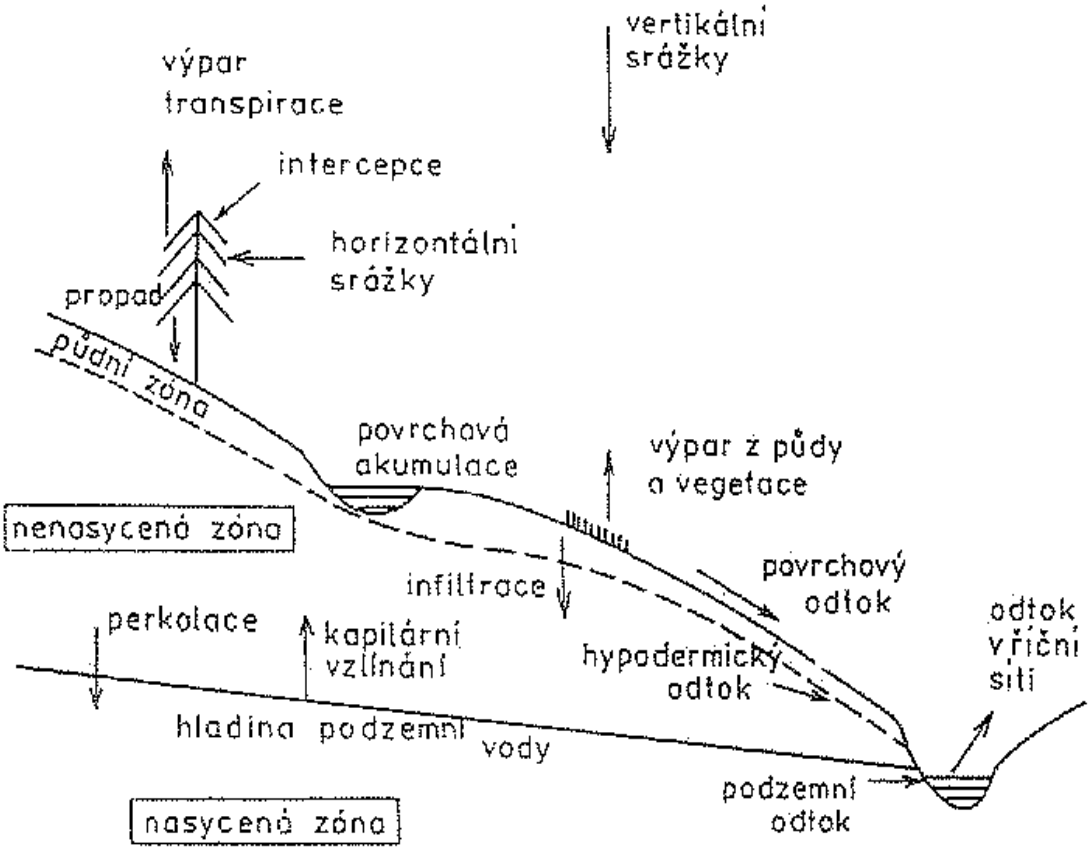
Hydrometeorologická			Hydrometrická		
Vztah pro předpověď charakteristik hydrogramu	Jednotkový hydrogram	Modely povodí	Metoda Tendence	Metoda odpovídajících si průtoků - postupové doby	Metody transformace povodňových vln

4.1.1 Hydrometeorologické metody

Metody určující objem odtoku pro předpověď charakteristik hydrogramu

Objem odtoku značí odhad kolik vody ze srážek doteče do předpovědního profilu. Samotný odtok je pak ovlivňován řadou činitelů. Odtok je proces, při kterém srážka postupně prochází procesem intercepce (zachycení deště na vegetaci, nasycení povrchu půdy), a infiltrace (však do půdy, který se postupně zmenšuje). Po překročení schopnosti půdy vsáknout vodu a po vyplnění depresí na povrchu, se začíná vytvářet povrchový odtok a podpovrchový odtok. Voda, která dosáhne říční sítě, vytváří soustředěný povrchový odtok, který v říční síti stoupá až do okamžiku maxima odtoku. Poté pokračuje odtok pryč z povodí. Detailním matematickým popisem odtoku z povodí se zabývají deterministické modely struktury povodí (obr.13). Základní vstupní veličinou hydrometeorologických prognóz jsou srážky. Srážka, která vyvolává zvýšení odtoku je označována jako příčinná srážka.

Při těchto prognózách se využívá různých ukazatelů stavu nasycenosti povodí vodou v době začátku deště. Využívá tak počáteční průtok, který svou velikostí podává informaci o celkových zásobách vody v povodí. Za určitých podmínek však nepopisuje spolehlivě skutečný stav povodí. Významným ukazatelem nasycenosti povodí je ukazatel předchozích srážek UPS. Ten poukazuje na to, že srážkovým úhrnům z předchozích dnů přiřazujeme klesající váhu s časovou vzdáleností ode dne, ke kterému UPS počítáme. Dalšími ukazateli stavu jsou ukazatel předchozích průtoků a teploty.

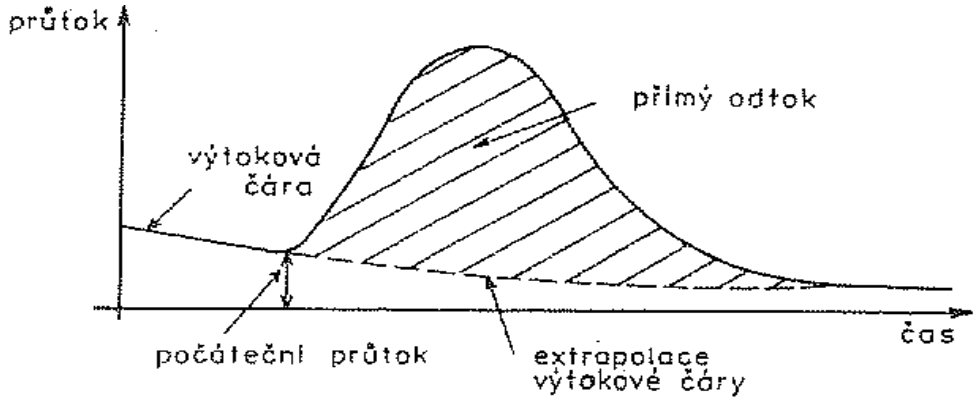


Obr. 13: Schéma odtoku z povodí.

Většina prognózních metodik používá jako vstup aritmetický průměr srážek ze všech srážkoměrných stanic v povodí. Pro předpověď odtoku ze srážek je nutné, aby na bylo na povodí toku dostatečné množství srážkoměrných stanic vybavených ombrometry. Pro zajištění tohoto typu předpovědi se využívá čtvercové metody, kdy je měřený úsek vymezen čtvercovou sítí. Nevýhodou této metody je nedostatečný počet stanic, abychom mohli volit plochu čtverců co nejmenší a vyhnuli se tak chybě. Další je metoda polygonálních ploch. Pomocí ní se snažíme zjistit množství srážek v poměrně v krátkém časovém úseku. Předpoklad dobrého výsledku je dán tím, že budou polygony dobře vystihovat území, jehož srážka má být pro ně směrodatná. Nejvýstižnější je metoda izohyet. Její kvalita však závisí na dostatečném počtu stanic a na přesnosti vykonstruování a vyhodnocení izohyet.

Při sestavování hydrogramu je pak nutné rozčlenit hydrogram průtoku na část, která odpovídá předpokladu, že příčinná srážka nenastala a na část, vyvolanou příčinnou srážkou (obr. 14). Při tomto způsobu rozčlenění hydrogramu je dělící čárou pro předchozí setrvalý průtok přímka a pro předchozí klesající průtok výtoková čára. Odtok nad separační čarou se označuje jako přímý odtok, pod ní je pak základní odtok. Základní úlohou

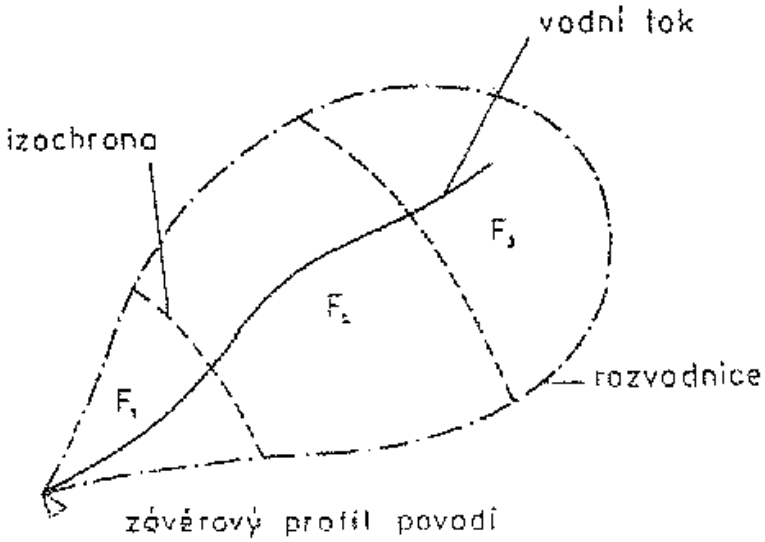
hydrometeorologické prognózy je pak určit na základě známé srážky a ukazatelů předchozího stavu povodí objem přímého odtoku. V praxi se pak užívají vztahy mezi srážkou a odtokem, založené na subjektivním základě, které jsou odvozené podle souboru v minulosti pozorovaných údajů.



Obr. 14: Rozčlenění hydrogramu odtokové vlny

Pro jejich analýzu se používá grafická koaxiální korelační metoda, která je založena na předpokladu, že když je některý důležitý faktor zanedbán v relaci grafu s rozptylem pozorovaných hodnot v souvislosti se závisle proměnnými, pak konečně vypočítané hodnoty dávají výsledky, v nichž je toto zanedbání částečně vyloučeno. Jestliže tedy označíme body v grafu vztahů příslušnými hodnotami zanedbatelných faktorů, pak skupiny vzniklých křivek lze užít k úpravě a opravě vypočtených hodnot. Tato metoda je v současné době nahrazována metodami numerickými, (Čermák M., 1966).

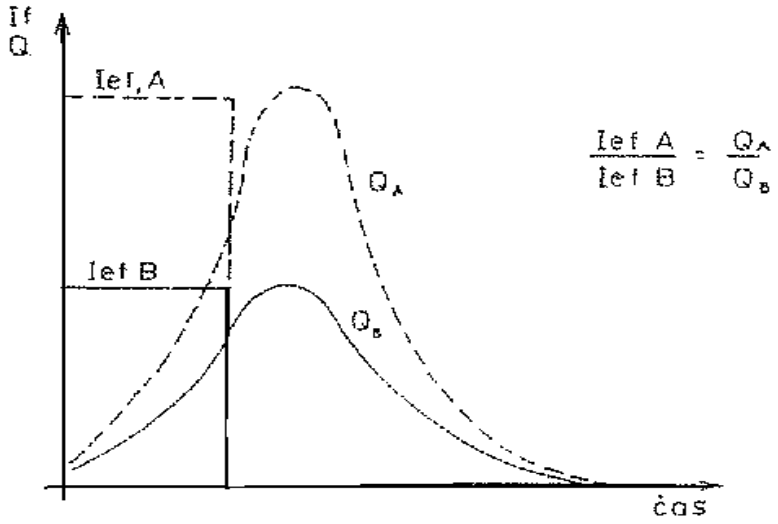
Metoda izochron vychází ze skutečnosti, že délka cesty kterou musí voda urazit od místa dopadu na povrch povodí je různá v závislosti na vzdálenosti těchto dvou míst. Plocha se rozdělí na plochy velikosti F_1, F_2…F_x izochronami – čarami o stejné době doběhu srážkové vody (obr. 15). Předpokládá se rovnoměrná rychlost průtoků po celé ploše. Měření lze provést za předpokladu, že celé povodí bylo zasaženo srážkami rovnoměrně. Metoda izochron tedy předpokládá, že doba dobíhání se v průběhu procesu průtoku nemění a zanedbává akumulační účinky povodí. Tyto předpoklady však nejsou ve skutečnosti splněny, rychlost stékání se mění v závislosti na velikosti odtoku. Při velké intenzitě deště také stéká voda po povrchu povodí rychleji, než při odtoku z dešťů malé intenzity, kdy jde téměř výhradně o podpovrchový odtok.



Obr: 15: Schéma povodí s izochronami

Metoda jednotkového hydrogramu

Tato metoda umožňuje určovat časový průběh průtoku na základě předpokladu, že deště stejného trvání, ale různé intenzity se na povodí transformují na průtokové vlny se stejnou časovou základnou a pořadnice průtoku jsou úměrné velikosti intenzit efektivní srážky (obr.16). Při předpovídání velkých vod je třeba předpovědět největší vrcholný (kulminační) průtok a dobu jeho trvání. Obvykle je třeba předpovědět průběh povodně (hydrogram), nebo objem povodně. Pro výše zmíněné případy je však třeba také zjistit četnost výskytu a pravděpodobnost jeho opakování.



Ief – intenzita efektivity deště, Q - průtok

Obr. 16: Metoda jednotkového hydrogramu – předpoklad úměrnosti intenzit a průtoků.

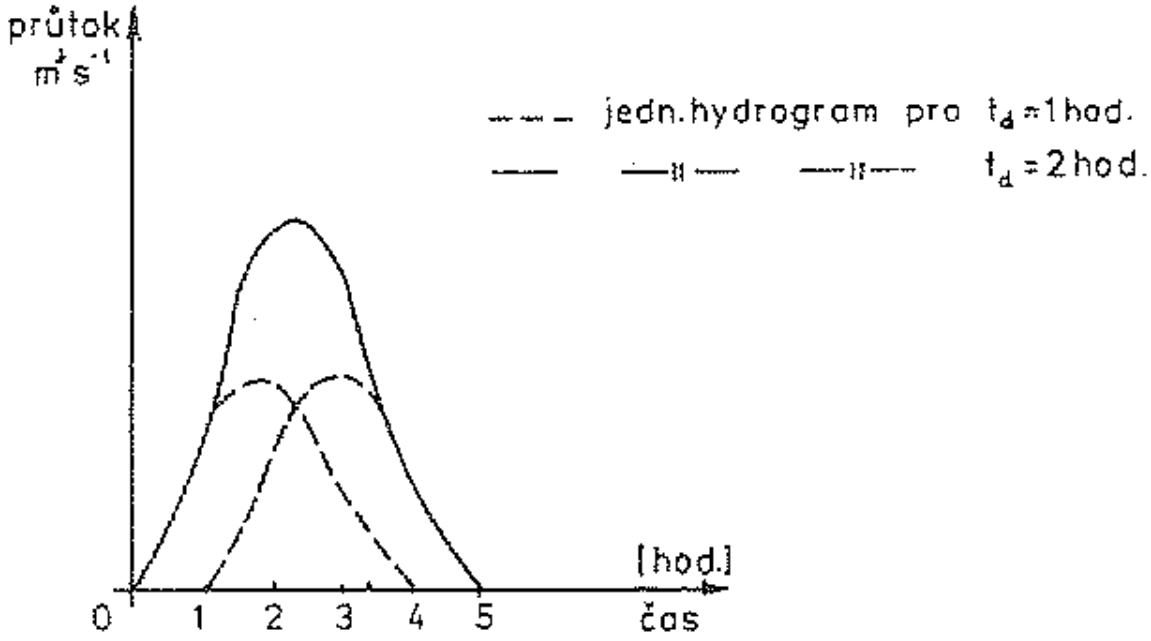
Výchozí předpoklad metody je v souladu s tím, že fyzikálně-geografické charakteristiky povodí (tvar povodí, plocha, sklon) jsou většinou stálé. Také se zohledňuje časové rozdělení povrchového odtoku určitého přívalu, které je nezávislé na odtoku z předchozího období přívalového deště (zásada superpozice). Ve skutečnosti předpoklady metody plně neplatí, neboť na rychlost stékání vody po povodí má vliv nasycenost povodí vodou a velikost a intenzita deště. Jednotkový hydrogram je pak definován jako hydrogram povodně, vyvolaný deštěm určitého trvání. Jeho objem je roven zvolené jednotce. Jednotkové diagramy odvozené pro různé trvání deště mají stejný objem odtoku, který je rovný zvolené jednotce, (Čermák M., 1966).

V praxi velmi zřídka nacházíme případy ojedinělých přívalů. Proto byla vypracována metoda pro získání průběhů jednotkové povodně, zahrnující v sobě odtoky z více než jednoho přívalu. Pro stanovení jednotkového období je vhodné vybrat vždy období co nejdelší – tedy buď 24 hodiny, nebo jeho podíly, tj. 12, 6, 3 hodiny. Postup pro sestavování libovolného obecného hydrogramu je tento:

- Z měřených hydrogramů povodňových vln se vyberou hydrogramy vyvolané dešti stejné doby trvání a stejné intensity, bez ohledu na celkový objem odteklého množství.
- U vybraných hydrogramů se provede separace jednotlivých složek odtoku (oddělíme povrchový a podpovrchový odtok) – oddělí se na základní odtok.
- Objemy povrchového odtoku se redukují na jednotkové.
- Ve zvolených časových intervalech se zprůměrují pořadnice jednotkových hydrogramů a tím je odvozen průměrný jednotkový hydrogram pro dobu trvání deště.

Superpozice jednotkových hydrogramů:

Princip superpozice jednotkových hydrografů předpokládá, že hydrogram pro déšť libovolné doby trvání t_d lze odvodit postupným sčítáním jednotkových hydrogramů příslušných jednotkám dešti doby trvání t_0. Déšť doby trvání t_d se rozdělí na intervaly t_0 a v uzavírajícím profilu povodí se sčítají jednotkové hydrogramy, odvozené pro dobu trvání deště t_0, posunuté o dobu t_0.



Obr. 17: Jednotkové hydrogramy o trvání 1 hod. a 2 hod.

Obr. 17 popisuje hydrogram odpovídající dešti doby trvání td superpozicí jednotkového hydrogramu. Objem odtoku je tedy rovný součtu objemů jednotkových hydrogramů.

Metoda předpovědi jarního odtoku ze sněhu

Na jaře dochází pravidelně ke zvětšování průtoků následkem tání sněhu, který se shromažďuje během zimy ve vyšších polohách. Úkolem prognózní služby je předem odhadnout celkový objem jarního odtoku. Tyto údaje jsou užitečné pro hospodaření s vodou v přehradních nádržích i pro ostatní uživatele toků. Kromě velikosti sněhových zásob jsou jarní průtoky závislé ještě na dalších faktorech. Mezi ně patří zejména zimní srážky v povodí až do data předpovědi, průměrná vodní hodnota sněhové pokrývky v povodí k datu předpovědi, srážky v jarních měsících, na které se vztahuje předpověď a součet průměrů teplot nad nulou v jednotlivých dnech zimních měsíců. Důležitou roli hraje při odtoku také podklad pod sněhovou pokrývkou, zejména pak propustnost půdy. Půda napojená vodou, a zvláště pak po jejím zamrznutí v pórech zeminy se stává nepropustnou, což má pak vliv na množství vody, které odteče ze sněhové pokrývky. Při výpočtu tání sněhu v povodích musíme uvážit ještě další okolnosti: (Čermák M., 1966)

- Teplejší vzduch se při pohybu nad sněhem ochlazuje.
- Povodí má proměnlivou nadmořskou výšku, která se uplatňuje při změně teploty vzduchu.
- Pás tajícího sněhu postupuje během období tání po svahu nahoru. Uplatňuje se při tom nadmořská výška, druh vegetace, expozice sněhu a jiné vlivy, které se v celku kombinují a tvoří charakteristiku povodí.

Jednou z metod je Linsleyho metoda teplotního faktoru umožňující výpočet při nedostatku meteorologických dat. Teplotní faktor je součin ze zjištěných kladných stupňů teploty a počtu příslušných dní. Velkou předností této metody je její mimořádná jednoduchost. Teplotní faktor vypočteme také jako podíl množství vody rozpuštěné ze sněhu a průměrů všech teplot nad nulou, převedených na jeden den. Metoda teplotního faktoru umožňuje krátkodobou předpověď odtoku s použitím údajů o teplotě vzduchu nad nulou. Předpokladem úspěšného použití metody je, že v posuzovaném povodí dovedeme odhadnout sezónní průběh teplotního faktoru se zřetelem k zanedbaným činitelům (Hydr.Forecasting, 1969).

Další dlouhodobé předpovědi

Pro některé účely vodního hospodářství někdy není zapotřebí podrobné a přesné předpovědi. Postačí znát pouze orientační, průměrná nebo extrémní data nějakého období, a to ponejvíce pouze jednoho roku. Tyto data využívají například: zemědělští činitelé (závlahy), pro energetické využití, zásobování obyvatelstva průmyslovou, čistou vodou, čistota toků, aj. Předpověď průtoků se pro dlouhodobé předpovědi udává minimálně pro období od měsíce, přes čtvrtletí až po data roční. Při stanovení předpovědí srovnáváme naměřené hodnoty (předpovídané) s údaji z předchozího období. Pomocí výpočtu takto stanovíme hodnoty měsíčních, ročních úhrnů srážek. Z takto stanovených hodnot pak můžeme pak můžeme vyvozovat následující prognózy zejména z těchto statistických metod:

Metoda klouzavých průměrů: Je to nejjednodušší a nejvhodnější způsob analýzy řady dat. Průměry shlazují a potlačují aperiodické jevy a krátké výkyvy vystupující z dlouhodobých kolísání. Metoda přetváří řadu homogenních prvků a postupně vytváří průměry z libovolného konstantního počtu prvků následujících za sebou. Metoda je vhodná tam, kde jde o veliká povodí nebo o jezernatou krajinu. Její nedostatek je v tom, že je

zapotřebí znát délku vlny, která musí být stejná pro tvoření průměrů i pro vyrovnávací dobu. Metoda je také vhodná pro technickou praxi.

Harmonická analýza: Metoda vychází z Fourierovy věty, že libovolnou křivku lze znázornit součtem jednoduchých sinusovek. Lze ji však využít pouze tam, kde se jedná o skutečné periodické jevy (např.pohyb mořské hladiny). Dobře použitelná je v případě, jestliže chceme blíže určit vybrané kolísání jinak pravidelné řady, (Čermák M., 1966).

4.1.2 Hydrometrické metody

Metoda tendence

Tato metoda je založena na přenosu časového průběhu předpovídané veličiny v předpovědním profilu na určitou dobu dopředu. Nejlepší podmínky pro její využití jsou na velkých řekách s relativně pravidelným ročním chodem průtoků a vodních stavů. V našich podmínkách se hodí zejména pro prognózy v bezsrážkových obdobích, případně pro předpovědi v oblasti podzemních vod. Používá se také jako doplňková metoda při aplikaci metody odpovídajících si průtoků. Ovšem v tomto případě se extrapoluje průběh přítoku z mezipovodí, neboť postupová doba průtoku zde bývá kratší, než doba předstihu předpovědi. Podle způsobu extrapolace se rozlišuje předpověď podle lineární a nelineární tendence.

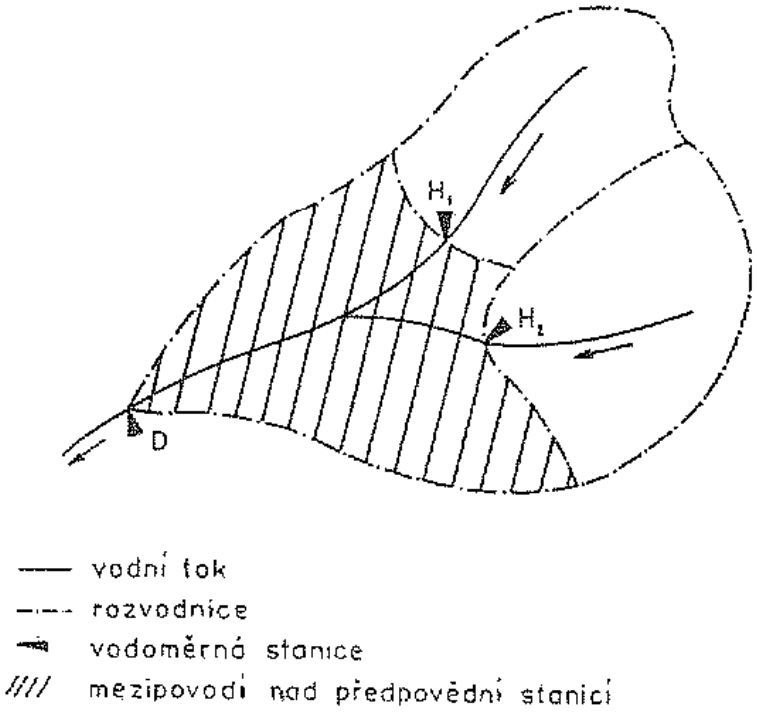
Prognóza podle lineární tendence předpokládá, že gradient vzestupu, nebo poklesu je stálý a pro znázornění extrapolace se používá přímka. Tato metoda není tak častá jako prognóza nelineární tendence, protože průběh průtoku není obvykle lineární. Při výpočtu krátkodobých předpovědí se používá grafický postup. Při zpracování údajů hrají důležitou roli i další meteorologické a hydrologické situace v daném povodí. Důležitou roli zde hraje i subjektivní náhled a zkušenosti prognostika.

Předností metody je malý nárok na vstupní údaje z říční sítě, které se omezují na jediný profil (celého povodí). Pokud se prognóza týká přítoku z mezipovodí, určuje se jeho předchozí průběh podle metody odpovídajících si průtoků a rozsah vstupních dat se tak výrazně zvětšuje.

Metoda odpovídajících si průtoků – postupové doby

Tato metoda je založena na předpokladu, že je možno k určitému průtoku v horní stanici přiřadit odpovídající průtok, který nastane za určitou dobu v předpovědní níže položené

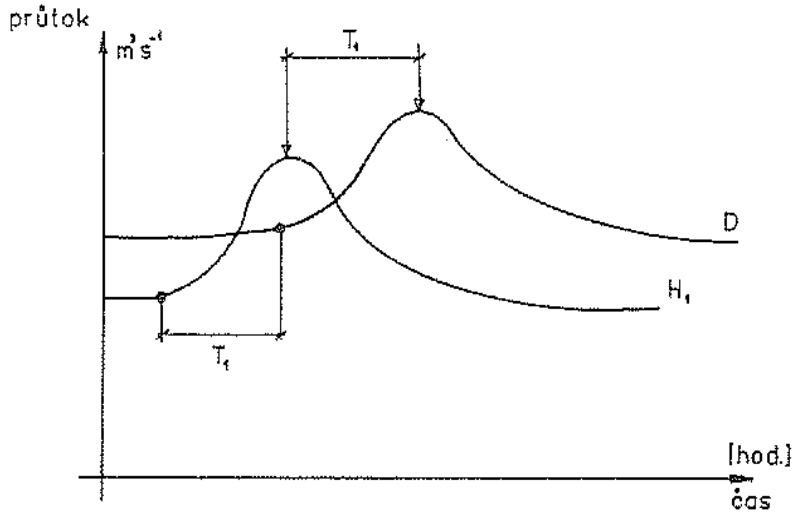
stanici. Pro porovnávání s profilem v níže položených stanicích se využívá postupného součtu průtoků v několika horních stanicích na přítocích (obr. 18).



Obr. 18: Schéma jednoduchého říčního systému.

Důležitým podkladem pro aplikaci metody odpovídajících si průtoků jsou postupové doby průtoků. Určují se z dvojic pozorovaných hydrogramů v horní a dolní stanici jako doba, která uplyne mezi výskytem charakteristických a odpovídajících si fází hydrogramu (začátek a konec setrvalého stavu a extrémy), (obr.19).

Při výběru případů pro určení postupové doby průtoků je třeba použít jen ty, kdy je zřetelná změna průběhu průtoku v předpovědní (dolní) stanici vyvolána výraznou změnou v jediné, tj. právě zkoumané horní stanici, zatímco z ostatních přítoků a mezipovodí přitéká relativně neměnný průtok. Pokud by nebyla tato podmínka dodržena, byly by odhady postupových dat velmi nespolehlivé, neboť v některých případech se dokonce stává, že průtok kulminuje v dolní stanici dříve, než v horní. Postupová doba průtoku je obecně proměnlivá v závislosti na průtoku, rychlosti vzestupu hladiny, změnách sklonu hladiny a případných změnách drsnosti řečiště. Běžně se tedy používají jen závislosti typu T = f (H), což znamená, že se postupová doba stanoví jako funkce průtoku v horní stanici.



Obr. 19: Určení postupových dob průtoků

Popis k obrázkům 19, 20:

D – průtok v předpovídaném profilu v čase

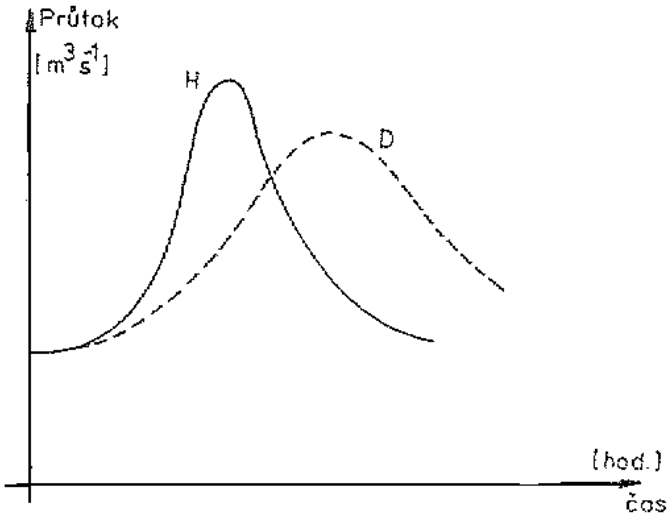
T_i – postupová doba průtoků mezi profilem i a předpovědním profilem

H_i – průtok v i – tém horním profilu v čase t – Ti

Zkracování postupové doby při vzrůstu průtoku je způsobeno zvětšováním rychlosti pohybu vody v říčním korytě a je obvyklé u všech toků. Rozdíly tak jsou jen v poměru mezi nejkratší a nejdelší postupovou dobou. Největší poměr mezi postupovými dobami pak bývá u menších řek s malým spádem. Naopak u větších toků nebývají rozdíly v postupových dobách příliš výrazné a někdy se dokonce při metodě odpovídajících si průtoků postupové doby konstantní.

U některých říčních úseků se od určitého průtoku rozlévá do rozsáhlých inundačních prostorů. Akumulace vody v těchto prostorech pak způsobuje změnu tvaru hydrogramu povodňových vln. Tento jev vede ke snižování kulminačních průtoků a k prodlužování postupové doby kulminačních průtoků. Popisovaná metoda však tuto transformaci hydrogramu správně odhadovat neumožňuje.

Při aplikaci metody odpovídajících si průtoků je třeba brát v potaz předpověď přítoku z mezipovodí. Dále je třeba počítat s ovlivněním pomocí manipulací s nádržemi a umělými a předpokládanými zásahy do odtokového procesu.



Obr. 20: Transformace hydrogramu průtokové vlny.

Metoda transformace povodňové vlny

Metoda se využívá na území akumulované vody ve vodních nádržích, nebo v inundacích. Měřená povodňová vlna se ve své základně rozšiřuje, kulminační průtok snižuje (obr. 20). Transformace povodňové vlny nastává i v úsecích, kde nedochází k rozlití vody, ovšem změna tvaru zde nebývá tak výrazná, aby ovlivnila prognózy průtoku.

V případech, kdy je transformace hydrogramu podstatná se změna objemu vody za určitý časový úsek měří na základě rovnice spojitosti:

$$P \cdot \Delta t - O \cdot \Delta t = \Delta V$$

Kde:

P – přítok do říčního úseku (nádrže, inundace)

O – odtok z říčního úseku

ΔV – změna objemu vody v říčním úseku za interval Δt

Δt – časový interval

Pro větší řeky se také často používá kaskáda lineárních nádrží se stejnými parametry, kde odtok z každé horní nádrže je přítokem do další lineární nádrže. Toto výpočtové schéma se obvykle označuje jako model Kalinin-Miljukova.

Pro výpočty transformace hydrogramu se dříve používaly rozličné grafické metody, které jsou v současnosti nahrazovány numerickými postupy a výpočetní technikou.

4.2 – Hydrologické modely

Pojem model a modelování jako prvky výzkumu

Modely se v současné době využívají v oblasti každé vědy při odhalování všeobecných zákonitostí a strukturních zvláštností systémů různé fyzikální podstaty, které patří k různým úrovním organizace a formám pohybu hmoty. Existuje řada definic, které se snaží co nejlépe vystihnout pojmy model a modelování. Pro lepší představu je třeba si představit alespoň některé z uváděných definic:

Model je „abstrakce“, tj. určité uspořádání myšlenek do celku. Ty pak vyjadřují způsob nazírání na celkový systém v podobě zjednodušujícího tvaru, tedy u podstatných abstrakcí se zanedbáním sekundárních znaků. (Lipták, 1973)

Model představuje vždy zjednodušené zobrazení skutečného objektu:

- Výběrem hlavních prvků objektu za účelem zkoumání hlavních rysů jeho všeobecné funkce.
- Výběrem prvků z hlediska určitého účelu pro zkoumání zvolené stránky funkčnosti objektu při potlačení ostatních stánek zkoumání. (Unčovský, 1983)

Model je zobrazení objektů, vlastností a vztahů určité objektivní reality nebo vědy v jednodušších přehlednějších strukturách stejné nebo jiné oblasti (Klaus, Buhr, 1967)

Model je promyšlený, nebo reálně existující systém, který na určitém stupni shodnosti odráží, nebo reprodukuje objekt výzkumu a zastupuje jej v procese poznání tak, že jeho výzkum přináší nové informace o tomto objektu. Je to zpravidla zobrazení skutečných objektů. Definuje množinu předpokladů, ze kterých můžeme dedukcí dojít k určitému důsledku, nebo k množině důsledků. Model se tímto snaží co nejvíce přiblížit k budoucí skutečnosti. (Szolgay J., 1991)

Modelování je materiální, nebo myšlenková imitace (reprodukce) reálně existujícího systému prostřednictvím speciálně konstruovaných modelů, ve kterých se reprodukují, charakterizují a definují vybrané vlastnosti, stránky a vztah originálního objektu. V procesu modelování se pak realizuje vytváření a konstrukce modelů. Každý model se od originálu

v určitých prvcích liší. Pro práci s modelem je třeba vyčlenit podstatné vztahy a následně pracovat s modelem tak jak by nebylo možné s originálem. Vztah modelu a modelovaného předmětu musí splňovat tyto podmínky:

- Mezi modelem a originálem je vztah shody , který je přesně vymezen.
- Model zastupuje zkoumaný objekt v procese materiální nebo duchovní činnosti.
- Zkoumáním modelu získáváme podstatnou informaci o originálu.

Poznatky získané při modelování určitých situací nemají samy o sobě žádný význam (kromě metodologických poznatku o modelování samotném). Tato forma zjišťování informací je nepřímou formou výzkumu objektu, která se musí dále vhodně interpretovat pro zkoumaný objekt a tím pak získat charakter poznatků o předmětu samotném. Interpretace modelu může celkově zjednodušit složitě vytvářené teorie o řešeném problému, nebo ji může o mnoho podstatných poznatků doplnit a rozšířit (například o ustanovení nových kauzálních závislostí, o vlastnostech určitých prvků, atd.). Model tímto způsobem plní funkci spojovacího článku mezi teorií a objektivní realitou. Další předností této promyšlené imaginace je nahrazení experimentu v určitých extrémních podmínkách, kdy nelze experiment provést. Je třeba si však uvědomit, že aplikace modelu lze využít pouze pro dočasný přechodový stupeň poznání určité objektivní struktury a zákonitosti zkoumání jevu a je pouze jednostranný a částečný v důsledku zjednodušení při jeho realizaci. Při převodu modelu do procesu poznání zkoumané problematiky potom naráží jednotlivé modely na problémy tohoto druhu:

- Objekt výzkumu je velmi vzdálený v prostoru (kosmické objekty, atd.), nebo v čase (procesy a události, v přírodě a společnosti, existující v minulosti – problémy týkající se zejména starších modelů, aj.)
- Objekty modelu jsou nedostupné přímému pozorování (např. objekty mikrosvěta)
- Cílem výzkumu je člověk, přičemž nelze zabezpečit jeho bezpečnost, zachování jeho cti a zdraví.
- Reálný experiment na základě modelu je nemožný z ekonomického hlediska.
- Složitost experimentu nelze uvést v praxi díky nevyzpytatelným prvkům náhody (reakce společnosti na podnět, vývoj sociální a ekonomických procesů ve společnosti, atd.).(Szolgay J., 1991)

4.2.1 Modely hydrologických procesů, jejich třídění a použití v praxi.

Modelování hydrologického systému představuje aplikaci matematických a logických operací, které kvantitativně popisují vazbu mezi charakteristikami odtoku (výstup modelu) a faktory ovlivňujícími tvorbu odtoku (vstup modelu). Na jedné straně jsou to čistě empirické modely na principu černé skříňky (black – box), které se nezajímají o vnitřní strukturu a odezvu povodí v modelu, ale porovnávají pouze vstupy a výstupy. Na druhé straně jsou to modely založené na řešení fyzikálních zákonitostí hydrologických procesů, které jsou popsány více či méně složitými matematickými rovnicemi. Mezi těmito dvěmi extrémními přístupy se pak nachází celá řada koncepčních modelů.

Modelování se postupně rozšířilo do prostředí hydrologie modelovým zkoumáním výskytu, oběhu a distribuce vod Země, jejich fyzikálních, chemických vlastností a vzájemným působením s prostředím. K značnému rozšíření úrovně modelování ve velké míře přispěl rozvoj výpočetní techniky. Modely hydrologických procesů můžeme rozdělit do skupin podle různých hledisek. Nejčastěji se dělí na tři skupiny podle povahy vztahu mezi modelem a originálem na modely fyzické, analogové a matematické. (Szolgay J., 1991)

Fyzikální modely (laboratorní, experimentální) jsou materiálně realizované modely v přírodě nebo v laboratoři. Napodobují vybrané prvky přírodních hydrologických procesů na základě mechanických podobností mezi modelem a originálem s cílem získat poznatky o zákonitostech pohybu vody a její spolupůsobení s prostředím. Při modelování musí být zaručená geometrická, kinematická a dynamická podobnost. Tento prvek se však vždy nedá zajistit v plném rozsahu, a proto je třeba rozčlenit situaci do více modelů, které se specializují na podstatné vlastnosti, které je třeba vyzvednout pro celkový obraz srovnatelný s realitou. Takto specializované modely se potom například zaměřují zvláště na dynamickou, geometrickou podstatu s větším, či menším zanedbáním ostatních. Mezi řešení problémů využívají fyzické modely patři:

- Výzkumu povodňového režimu toku na modelech složitých říčních koryt s hydrotechnickými zařízeními.
- Zjišťování vlhkostního režimu půd na neporušených nebo porušených půdních vzorcích.
- Určení bilance vláhy vybraných rostlin a půd v laboratorních nebo přírodních podmínkách na vzorcích půdy s rostlinstvem.

- Zkoumání povrchového odtoku ze svahů s daným rostlinstvem na odtokových plochách v přírodě.
- Výzkumu změn režimu odtoku, vyvolaných změnami ve skladbě vegetačního krytu na přírodních experimentálních povodích.
- Zjišťování zákonitostí tvorby povrchového odtoku a povodňových vln v závislosti průběhu deště na laboratorních modelech povodí se simulátorem deště atd.

Analogové modely (funkcionální) napodobují originál pomocí takového fyzikálního systému, který by se měl zachovat přesně jako zkoumaný jev v reálné situaci v daných podmínkách. Nejčastěji se v hydrologii při jejich konstrukci využívá fakt, že matematické rovnice popisující pohyb vody a rovnice popisující změny napětí a intenzity proudu v elektrických obvodech tvořených kondenzátory a odpory jsou při vhodné volbě elektrického obvodu pro daný hydrologický problém totožné. Když je pak řešení těchto rovnic obtížné, potřebné hodnoty a průběh tlaků a přítoků se zjistí přímým měřením napětí a intenzity proudu na elektrickém obvodě. Analogické modely se využívají zejména při:

- Zkoumání pohybu podzemní vody v pórovitém prostředí.
- Výzkumu tvorby povodňových vln.

Matematické modely jsou souborem matematických pojmů, teorií a metod zastupující teorii sledovaného objektu. Pokud nelze na jistotu zaručit nahrazení teorie matematickými modely, potom hovoříme o hypotetickém modelu teorie. Při tvorbě matematických modelů používáme obvykle dva prameny informací:

- Znalosti a představy o zkoumaných hydrologických procesech a jevech (tzv. informace a-priori)
- Informace o modelovaném jevu získané z přímého pozorovaní a měření v terénu (tzv. informace a-posteriori)

Při konstrukci modelu většinou vycházíme z obou popisovaných pramenných zdrojů. Vzájemný poměr těchto dvou informací závisí na různých faktorech, jako je účel modelu, podmínky jeho využití, jejich dostupnost, atd. V závislosti na tomto poměru pak dělíme matematické modely na tři skupiny:

- Fyzikální (modely s rozčleněnými parametry), které detailně popisují zkoumaný jev, většinou pomocí parciálních rovnic, vyjadřujících zákon zachování hmoty (rovnice kontinuity) a energie (dynamická rovnice), přičemž vychází převážně z informace a-priori. Modely v praxi popisují interakci v systému půda – rostlina – atmosféra.
- Koncepční (modely se soustředěnými parametry), které jsou zjednodušenou reprezentací některých jevů a procesů hydrologického cyklu pomocí obyčejných diferenciálních nebo diferenčních rovnic (rovnice kontinuity) a tzv. koncepčních prvků nebo empirických vztahů, které nahrazují v modelu dynamickou rovnici. Oba prameny informací se v těchto modelech uplatňují přibližně ve stejné míře. Příkladem měření pomocí tohoto modelu jsou například bilanční hydrologické modely odtoku z povodí, srážkovo-odtokové modely se soustředěnými parametry, nebo simulační modely vodohospodářských soustav.
- Systémové (modely typu černé skříňky) jsou matematické konstrukce, které napodobují vstupní a výstupní chování prototypu bez podrobného popisu příčinných závislostí, bez explicitního zachování zákona kontinuity a dynamické rovnice. Do skupiny systémových modelů patří například regresní závislosti, nebo modely impulsní ozvy jako například jednotkový hydrogram. Jednotkový hydrogram v tomto smyslu představuje přenosovou funkci pro efektivní déšť, který ve formě odtoku dosáhne závěrečný profil povodí.

Z hlediska typu proměnných v matematických hydrologických modelech tyto díle dělíme na modely:

- Deterministické, ve kterých žádná proměnná nebo parametr v modelu není náhodná proměnná. Pomocí těchto modelů se mapují například různé procesy hydrologického cyklu. Interakce mezi jednotlivými prvky je dynamického charakteru. Mezi prvky působí soustava vztahů mezi příčinami a důsledky.
- Stochastické, ve kterých mají některé proměnné charakter náhodné proměnné a model obsahuje i jejich pravděpodobný popis. Tyto modely především znázorňují profil říčního odtoku. Model napodobuje pozorované hydrologické řady, které se svými přesně vymezenými statistickými vlastnostmi podobají pozorovaným řadám. Účelem modelování je získání nových informací o parametrech a jevech vodohospodářských soustav a jejich prvků, ze kterých vstupy modelů tvoří tyto řady.

Oba modely se staly hojně využívanými ve vodohospodářské praxi.

Podle procesu tvorby modelu se pak rozlišují tři stádia modelu: (Beven, 2001)

- Percepční model charakterizuje souhrn našich představ a chápání procesů. Tento model není vyjádřen žádnou matematickou teorií.
- Koncepční model navazuje na předchozí model percepční. Jedná se o matematický přepis představ, které řeší daný problém. Hypotézy a předpoklady popisující procesy v tomto modelu musí být explicitní, proto může být více či méně složitý, v závislosti od použitých rovnic. Transformováním rovnic obsažených v koncepčním modelu se dostáváme do další fáze k modelu procedurálnímu.
- Procedurální model pak obsahuje transformované rovnice v programovém kódu.

V dalších fázích pak následuje kalibrace modelu a ověření v praxi. Při neúspěšné aplikaci modelu se proces vrací zpět do fáze percepčního modelu.

Posuzování hydrologických modelů

Pro posouzení modelů je třeba nejdříve stanovit kritéria, podle kterých budou posuzovány. Účel modelování má být jasně stanoven, což znamená, že i u předpovědí je třeba posoudit a stanovit za jakých podmínek bude tato předpověď prováděna. Hlavní podmínkou jsou výchozí údaje (data), které jsou k dispozici pro předpověď. Další podmínkou posouzení je kvalita prostředí předpovědi. Její kvalita je zastoupena v údajích o pravděpodobné chybě a době předstihu předpovědi. Oba údaje jsou ovlivněny řadou okolností a jsou mezi sebou závislé v přímé závislosti.

Při aplikacích hydrologických modelů v reálném čase je třeba rozlišit zda-li lze vývoj předpovídané situace zásahy ovlivnit, či nikoliv. Z tohoto pohledu lze dělit modely pracující v reálném času na:

- Prognózní modely pro přirozené (neřízené) hydrologické ekosystémy.
- Prognózní modely z řízených vodohospodářských systémů, obsahujících regulační prvky.

Při posuzování modelu je také na předpovídající osobě, zda užije modelu nejjednoduššího, co do vstupu fyzikálních veličin povodí (měřených přímo), tzv.zobecněného modelu (lumped input), nebo velmi složitého rozdělení vstupu (distributed input). Tohle rozhodnutí je v podstatě závislé na tom, zda jsou vstupy měřeny v podobné síti (např.čtvercové, polygonální), nebo kontinuálně (např.radarem). Při kombinaci měření lze pak též použít semi – distribuovaného modelu (semi – distributed).

Tab. 4: Přehled, popis a příklady matematických modelů (Kubeš, 2002):

Model	Popis jevů a procesů	Parametry	Ekvivalentní názvy modelu	Příklady modelů
Fyzikální (distribuovaný)	Povodí: rozčleněná podle GRID, TIN, polygonů Vstupy a výstupy: pro každou jednotku a časový krok Parametry: fyzikálně podložené, GIS, měření, kalibrace, pro každou jednotku zvlášť	rozčleněné	fyzikálně založený m., deskriptivní m., distributed, fully distributed, distributed differential, bílá skříňka, white box	SHE, MIKESHE, SHETRAN, HEC1, IHDM, KINEROS, WaSim-ETH, TOPKAPI, TOPOG, THALES
Koncepční	Povodí: rozčleněná do subpovodí, HRU, REA, výškových pásem, geomorfologických jednotek, hydrotopů Vstupy a výstupy: pro každou jednotku za celé sledované období Parametry:odhad, kalibrace, GIS, měření, pro každou jednotku zvlášť	polorozčleněné	semidistribuovaný m., semidistributed, model s polorozčleněnými parametry, simplified distributed, distributed integral, šedá skříňka, grey box	STANFORD IV., TANK, APIC, SSARR, ARNO, XINANJIANG, VIC, HBV, TOPMODEL
	Povodí: jako celek Vstupy a výstupy: průměrné hodnoty pro celé povodí za celé sledované období Parametry:odhad, kalibrace, platné pro celé povodí	soustředěné	koncepční m., conceptual, bilanční m., soustředěný m.(lumped), model se soustředěnými parametry, šedá skříňka, grey box	IHACRES, TFM, WATBAL, STANFORD, SACRAMENTO
Systémový	Povodí: zanedbané Vstupy a výstupy: řady měřených hodnot Parametry: podle použité funkce	soustředěné	empirický m., model impulsní ozvy, model přenosové funkce, vstupno-výstupný model, černá skříňka, black box	Jednotkový hydrogram, AR, ARMA, ARIMA, CLS, API

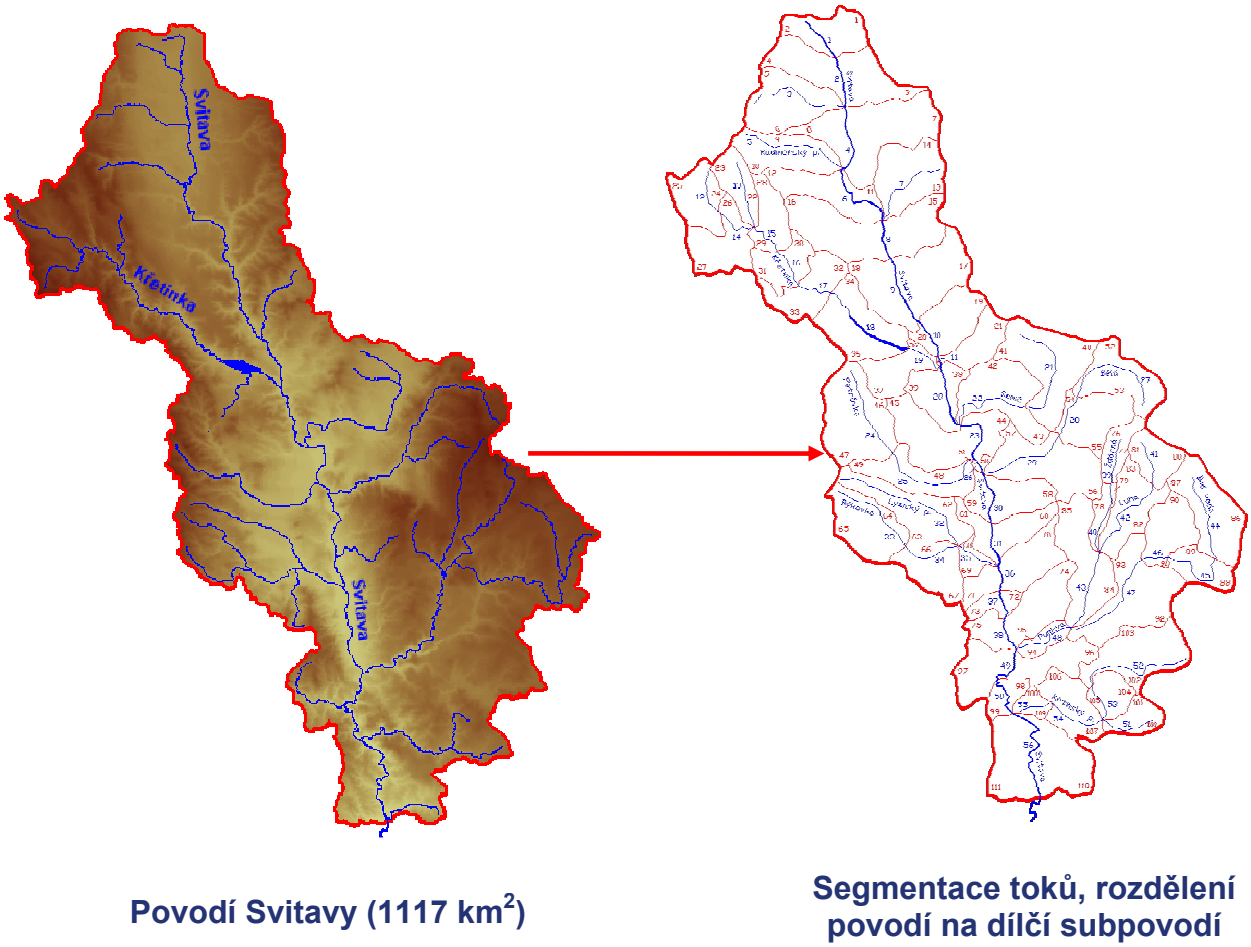
Volba prognózního modelu je závislá na velikosti povodí uzavřeného předpovědním profilem, případně na charakteru povodí, které mohou určovat časový krok předpovědi. Časový krok modelu nezávisí pouze na předpovídajícím, použije-li model založený na simulaci fyzikálních procesů v povodí, z nichž nejdůležitější jsou procesy nádrží vody na povrchu a pod ním. Tyto nádrže pak určují časový krok modelu, pokud simulace má mít fyzikální význam. Volba fyzikálního časového kroku modelu při předpokladu je tedy velice důležitá a typ modelu jí musí odpovídat.

4.2.2 Aplikace hydroprognózních modelů v ČR – model HYDROG

HYDROG je srážkoodtokový distributivní model určený k simulaci povodňových situací v povodí a následnému posouzení navrhovaných protipovodňových opatření v povodí, vydávání operativních předpovědí průtoků v říční síti povodí a operativnímu řízení vodohospodářských děl. V ČHMÚ je používán pro výpočet předpovědí na regionálních předpovědních pracovištích v Ostravě (pro povodí Odry, Bečvy a horní Moravy) a v Brně (pro povodí Dyje), (obr. 21) (http://www.chmi.cz/hydro/pov06/pdf/c52.pdf)

Obr. 21: Využití modelu HYDROG na území spadající pod správu Povodí Moravy s.p.

Vstupními daty modelu jsou údaje o průtocích, řízených odtocích z vodních nádrží a srážkách, v zimě pak údaje o teplotě, výšce sněhové pokrývky a její vodní hodnotě. Model používá schematizaci povodí, které je popsáno prostřednictvím grafu s vyznačením zavěšených ploch, hran a vrcholů. Hrany představují koryta toku, vrcholy reprezentují uzly říční sítě, nebo místa vodohospodářských zařízení, plochy odpovídají jednotlivým dílčím povodím, z nichž je odtok realizován do příslušného úseku koryta toku. Schématizované plochy zachovávají velikost plochy povodí a jsou jim přiřazeny i další parametry povodí (sklon, délka povrchového odtoku), které jsou považovány za konstantní v dané ploše (obr.22). Hodnota parametrů se mění v průběhu roku v závislosti na vývoji vegetace.



Obr. 22: Schematizace povodí řeky Svitavy

HYDROG při modelování respektuje počáteční ztrátu infiltrací. Ostatní srážky pak tvoří plošný odtok, který je transformován za použití jednotkového hydrogramu do koryta toku. Povrchový odtok se pak skládá z plošného odtoku ze zavěšených ploch a koncentrovaného odtoku v říční síti. Numericky je odtok počítán aproximací Saint-

Venantových rovnic pro neustálé proudění. Podzemní odtok je počítán koncepčním regresním modelem.

Model HYDROG je koncipován tak, aby nevyžadoval kontinuální provoz a bylo jej možné spustit pouze v případě výskytu povodňové situace. Počáteční podmínkou výpočtu je proto znalost velikosti a rozdělení podzemního odtoku. Zároveň počáteční povrchový odtok vody na zavěšených plochách musí být rovný nule. Počátek výpočtu tedy musí spadat do bezsrážkového období před vznikem povodně. Model předpokládá v ploše konstantní intenzitu přívalových srážek v jednotlivých dílčích povodích.

HYDROG umožňuje omezenou editaci vstupních dat, možnost úplné editace poskytuje předřazený program AquaBase. Předpovědi průtoku v modelu HYDROG vycházejí z:

- Měřených srážek, teploty vzduchu, průtoků a odtoku z nádrží (v hodinovém kroku).
- Měření sněhové pokrývky (výšky sněhu a vodní hladiny – 1-2x týdně).
- Předpovědi srážek, teplot pro 37 oblastí ČR. Pro každou oblast se počítá 6 hodinový interval k 00, 6, 12 a 18 UTC. Předpověď zajišťuje lokální numerický model ALADIN.

Při vlastním výpočtu se spouští algoritmus určený pro předpovědi průtoku vody ve vybraných profilech říční sítě. Model nejprve simuluje chování celého povodí v minulém období – délka je závislá na situaci v povodí. Simulace musí začínat v období ustáleného proudění (setrvalý stav vodního toku beze srážek). Simulace je ukončena v aktuálním čase, kdy je znám průběh průtoku ve všech úsecích systému a stav hladin ve všech nádržích. Hydrolog v tomto okamžiku provádí updating proměnných v modelu podle aktuálního měření. Po úpravě dojde ke spuštění výpočtu předpovědi průtoku pro budoucí období. Výsledek je pak znázorněn v grafické nebo textové podobě.

5 Závěr

Práce poukazuje na propojení jednotlivých složek, které se svým působením snaží předpovědět stav a možný rozsah příchozí katastrofy a její postup s ohledem na ničivé důsledky. Informace, které poskytují zejména prognostici institucí ČHMÚ a podniky Povodí s.p., jsou měřeny pomocí aplikace hydrometeorologických a hydrometrických metod a hydrologických modelů, a dále pak rozšiřovány za pomocí předpovědní povodňové služby mezi příslušné orgány krizového managementu.

Při hodnocení jednotlivých metod z textu práce vyplývá, že výhoda hydrometeorologických metod je v delší době předstihu předpovědi, která je v rozmezí několika hodin dřívější, než je tomu u hydrometrických metod. Z hlediska protipovodňové ochrany tak lze, za pomocí předpovědní povodňové službě, včas varovat příslušné orgány a zabránit tak rozsáhlejším škodám způsobených katastrofou. Výsledky měření jsou však u hydrometeorologických metod méně přesné. Při hodnocení dlouhodobých prognóz se ukazuje, že se stále vyskytují určité rezervy při určování přesných předpovědí. Oproti letům minulých však v tomto smyslu prognózy učinily velký pokrok zejména v oblasti technického využití při tvorbě modelů a zpracování metod, nebo také ve spolupráci se zahraničními organizacemi, zejména s WMO.

V současné době je mnohdy ještě nedoceněna otázka hydrologických modelů. Této problematice je možno v budoucnu věnovat více pozornosti. Úspěšně byl do procesu hydrologických prognóz začleněn nově zavedený distribuční model HYDROG zavedený v Povodích Moravy a Odry, který se do budoucna se plánuje rozšířit i do dalších částí ČR.

6 Seznam použité literatury a dalších pramenů

Časopisy:

HORKÝ Z., *Rozhovor s náměstkem ředitele ČHMÚ pro meteorologii a klimatologii RNDr. Radimem Tolaszem*, Meteorologické zprávy, vydává ČHMÚ, Praha, 2006, ročník 59, číslo 1, s. 1-3. ISSN 0026-1173.

HORKÝ Z., *Rozhovor s Ing.Janem Kubátem, náměstkem pro hydrologii v ČHMÚ*, Meteorologické zprávy, vydává ČHMÚ, Praha, 2006, ročník 59, číslo 2, s. 33-36. ISSN 0026-1173.

KRŠKA, K., *Historie hydrometeorologické služby na území někdejšího Československa*, Meteorologické zprávy, vydává ČHMÚ, Praha, 1999, ročník 52, číslo 6, s. 161-164. ISSN 0026-1173.

KUBÁT, J., *Společné úkoly meteorologické a hydrologické služby českého hydrometeorologického ústavu*, Meteorologické zprávy, vydává ČHMÚ, Praha, 1999, ročník 52, číslo 6, s.170-175. ISSN 0026-1173.

KUBÁT, J., *Činnost předpovědní povodňové služby ČHMÚ za povodně v srpnu 2002.*, Meteorologické zprávy, vydává ČHMÚ, Praha, 2002, ročník 55, číslo 6, s. 163-166. ISSN 0026-1173.

MRKVICA, Z., ŠIFTAŘ, Z., *Vzorový lokální varovný protipovodňový systém pro obec Olejnice v Orlických horách.*, Meteorologické zprávy, vydává ČHMÚ, Praha, 2002, ročník 55, číslo 5, s. 136-140. ISSN 0026-1173.

OBRUSNÍK, I., *Vývoj českého hydrometeorologického ústavu po roce 1992 a jeho perspektivy v novém století*, Meteorologické zprávy, vydává ČHMÚ, Praha, 1999, ročník 52, číslo 6, s. 165-169. ISSN 0026-1173.

OBRUSNÍK, I., *Katastrofální povodeň v České republice v srpnu 2002.*, Meteorologické zprávy, vydává ČHMÚ, Praha, 2002, ročník 55, číslo 6, s. 161-163. ISSN 0026-1173.

ŘIČICOVÁ, P. a spol., *Využití hydrologických předpovědních modelů při povodňové situaci v srpnu 2002 v ČHMÚ*, Meteorologické zprávy, vydává ČHMÚ, Praha, ročník 55, číslo 6, s. 193-195. ISSN 0026-1173.

ŠVECOVÁ, I., *Historie Povodí Moravy*, Zpravodaj Povodí Moravy, vydává Povodí Moravy s.p., Brno, 2006, ročník 5, číslo 3, s. 1-2.

Monografie:

ANTUŠÁK, E. – KOPECKÝ Z., *Úvod do teorie krizového managementu*, 1.vyd., Vysoká škola ekonomická, Praha, 2002, 95 s. ISBN 80-2450-340-9.

BEDNÁŘ, J., *Meteorologie*, 1. vyd., Nakladatelství Portál, Praha, 2003. 223 s. ISBN 80-7178-653-5.

BUKOVJAN, M., *Meteorologické prognózy*, diplomová práce, PřF Univerzita J.E. Purkyně, Brno, 1985, 72 s.

ČERMÁK, M., *Hydrologické prognózy*, 1.vyd., Státní pedagogické nakladatelství, Praha, 1966. 104 s.

HRUŠKOVÁ, K., *Modelování odtoku z tajícího sněhu v povodí horního Hronu*, disertační práce, PřF Masarykova universita, Brno, 2007, 97 s.

KRŠKA, K. – ŠAMAJ, F., *Dějiny meteorologie v českých zemích a na Slovensku*, 1.vyd., Nakladatelství Karolinum, Praha, 2001, 568 s. ISBN 80-7184-951-0.

KUBEŠ, R., *Matematické modelování zrážkovo-odtokových procesov*, diplomová práce, Bratislava 2002

MALEŇÁK, J., *Hydrologické výpočty a grafická řešení*, Státní nakladatelství technické literatury, Praha 1962. 86 s.

MOZGA, J. – VÍTEK., *Udržitelný rozvoj a řízení rizik, pohrom a krizí*, 1.vyd., Gaudeamus, Hradec Králové, 2002, 331 s. ISBN 80-7041-2933.

SZOLGAY, J., *Matematické modelování v hydrologii*, Bratislava, 1991, 103 s.

ŠVAŘÍČEK, J., *Meteorologická a hydrologická rizika v krizovém managementu*, bakalářská práce PřF Masarykova universita, Brno, 2006, 63 s.

WMO (World meteorological organization), *Hydrological Forecasting*, Secretariat of the World Meteorogical Organization, Geneva (SUI), 1969, 325 s.

Internetové odkazy:

Krizové řízení havarijního plánování České Republiky [on-line]
Dostupný na WWW: <http://www.krizove-rizeni.cz>

Portál krizového řízení České Republiky [on-line]
Dostupný na WWW: <http://www.emergency.cz/cz/00.asp>

Hlásná a předpovědní služba ČHMÚ [on-line]
Dostupný na WWW: <http://www.hydro.chmi.cz/hpps/>

Metodický pokyn MŽP k zabezpečení hlásné a předpovědní povodňové služby [on-line]
Dostupný na WWW: <http://hydro.chmi.cz/hpps/default.htm>

model HYDROG [on-line]
Dostupný na WWW: <http://www.chmi.cz/hydro/pov06/pdf/c52.pdf>

Vzorový povodňový plán [on-line] Dostupný na
WWW: <http://cep.mdcr.cz/odd540/work/pov_plan.htm>

http://www.pmo.cz
http://www.chmi.cz
http://www.chmi.cz/reditel/sis/metzpr/mz526kub.html
http://www.chmi.cz/reditel/sis/metzpr/mz526obr.html
http://www.mvcr.cz/hasici/index.html