

PRŮVODCE

INFORMACEMI PRO POVODŇOVÉ ORGÁNY



Český hydrometeorologický ústav

Průvodce informacemi pro povodňové orgány

Povodně jsou z hlediska možných škod nejrizikovějším přírodním živlem v geografickém prostředí České republiky. Proto je u nás ochraně před škodlivými účinky povodní věnována značná pozornost. Zkušenosti i různé studie prokázaly, že nedílnou součástí účinné protipovodňové ochrany je provoz hlásné a předpovědní povodňové služby. Potenciální snížení povodňových škod při včasné varování může za určitých situací dosahovat až desítek procent celkových škod, což mnohonásobně převyšuje provozní náklady pro hydrologickou hlásnou a předpovědní službu.

Sebelepší hlásná a předpovědní služba nesplní svůj účel, pokud na straně uživatelů neexistuje povědomí o jejích produktech a pokud nejsou správně interpretovány. Informace uvedené v tomto průvodci by měly pomoci lidem, kteří se zabývají protipovodňovou ochranou, k lepší orientaci v informačních zdrojích týkajících se hlásné a předpovědní povodňové služby.





Český hydrometeorologický ústav

PRŮVODCE INFORMACEMI PRO POVODŇOVÉ ORGÁNY

Autorský kolektiv pod vedením Radka Čekala

Praha 2011

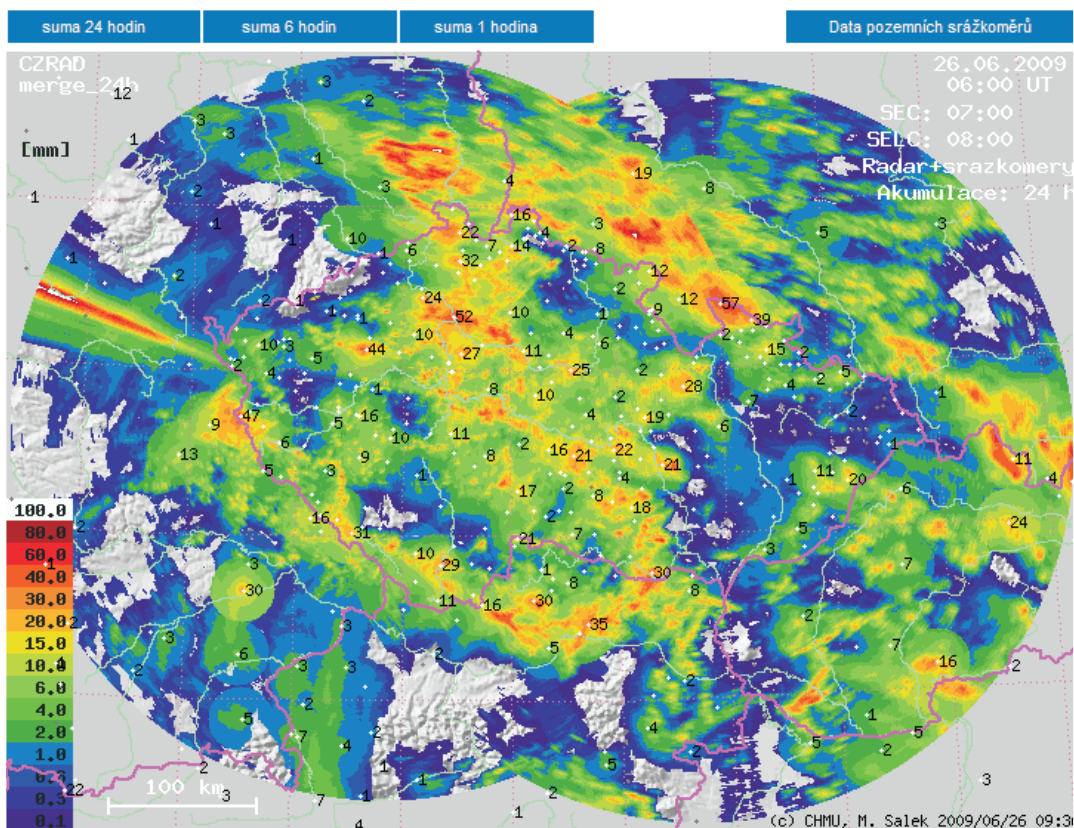
Tato publikace byla vytvořena v rámci grantového projektu SP/1c4/16/07 „Výzkum a implementace nových nástrojů pro předpovědi povodní a odtoku v rámci zabezpečení hlásné a předpovědní povodňové služby v ČR“. Projekt je řešen v programu věda a výzkum, jehož zadavatelem je Ministerstvo životního prostředí ČR. Doba řešení projektu je 2007–2011.

© ČHMÚ, Radek Čekal, Jan Daňhelka, Petr Šercl, Kateřina Štěrbová, Tomáš Vlasák, 2011

ISBN 978-80-86690-93-3

Obsah

1. Kde najít aktuální hydrologické údaje	5
2. Hydrologické předpovědi vydávané na území ČR	10
3. Způsob tvorby hydrologických předpovědí	12
4. Správná interpretace hydrologických deterministických předpovědí	14
5. Správná interpretace hydrologických pravděpodobnostních předpovědí	19
6. Pravděpodobnostní předpovědi ve světě	23
7. Přívalové povodně a možnosti jejich predikce	25



suma za 24 hodin: 0h -24h

suma za 6 hodin: 0h -6h -12h -18h -24h -30h -36h -42h -48h

suma za 1 hodinu: 0h -1h -2h -3h -4h -5h -6h -7h -8h -9h -10h -11h -12h -13h -14h -15h -16h -17h -18h -19h -20h -21h -22h -23h -24h



Pohled z Čechova mostu v Praze proti proudu Vltavy; srovnání stavu: rozvodněná Vltava 14. 8. 2002 v odpolených hodinách krátce po kulminaci ($Q_{kul.} = 5\,150\text{ m}^3/\text{s}$) a za normálního stavu (září 2011).



1. Kde najít aktuální hydrologické údaje

Při řízení protipovodňové ochrany je zcela klíčový přístup k informacím o hydrologické situaci. Za tímto účelem funguje celá řada procesů (například distribuce výstrah, rozesílání varovných SMS) a také informačních zdrojů, které vyžadují aktivní přístup veřejnosti, ale zejména lidí zapojených do protipovodňové ochrany. Proto je důležité mít přehled, kde je možné tyto údaje získat a zároveň se naučit s nimi zacházet.

1.1 Výstrahy ČHMÚ

Klíčovým prvkem předpovědní služby ČHMÚ jsou výstrahy před blížícím se nebezpečným meteorologickým nebo hydrologickým jevem. Výstražné zprávy obsahují informace o typu předpovídaného jevu, míře jeho nebezpečnosti (extremitě) a časové a prostorové lokalizaci. V případě vydání výstrahy probíhá její distribuce prostřednictvím Integrovaného záchranného systému dle metodického pokynu odboru ochrany vod Ministerstva životního prostředí k zabezpečení hlásné a předpovědní povodňové služby. Odběratelé, kteří nejsou v distribučních seznamech, si mohou zasílání výstražných zpráv objednat u společnosti INFOKANÁL s. r. o. (www.infokanal.cz). Veřejnost by se o vydání výstrahy měla dozvědět ze sdělovacích prostředků nebo na internetu:

www.chmi.cz

Vydaná výstraha je zveřejněna na hlavní webové stránce ČHMÚ

www.meteoalarm.cz

a rovněž na webu evropských výstrah Meteoalarm.

The screenshot shows the website of the Czech Hydrometeorological Institute (ČHMÚ). The main header includes the logo and name of the institute, along with navigation links for 'METEOROLOGIE', 'OCHRANA ČISTOTY OVZDUŠÍ', and 'HYDROLOGIE'. A navigation bar contains links for 'PŘEDPOVĚDI', 'AKTUÁLNÍ SITUACE', 'HISTORICKÁ DATA', 'INFORMACE PRO VÁS', 'O NÁS', 'ODKAZY', 'KONTAKTY', and 'LOG-IN'. The main content area features a warning titled 'VÝSTRAHY PM10_05/11' with a red exclamation mark icon. The warning text states: 'Je v platnosti Výstraha Smogového varovného regulačního systému, typ "PM10" na jevy: SIGNÁL UPOZORNĚNÍ (nízký stupeň nebezpečí), Pro kraje: Moravskoslezský kraj. Platnost: od 02.01.2011 11:42 do odvolání'. Below the text is a map of the Czech Republic with a legend titled 'Vysvětlivky' showing four levels of danger: 'Běžná situace' (green), 'Nízký stupeň nebezpečí' (yellow), 'Vysoký stupeň nebezpečí' (orange), and 'Extrémní nebezpečí' (red). The map shows the Moravian-Silesian region highlighted in yellow. To the right of the map is a 'URLSCRAPER CHANNEL' section with a small map of the Czech Republic and a list of services: 'Systém integrované výstražné služby', 'Evropský výstražný systém METEOALARM', 'SMS výstrahy (SMS InfoKanal)', and 'Hlásná a předpovědní povodňová služba'. A red-bordered box contains the text: 'K 1.6.2011 bude ukončen provoz stránek původního webu ČHMÚ, nyní dočasně provozovaného jako old.chmi.cz.'. At the bottom right, there is an 'AKTUALITY' section with a date '05.04.2011'.

Obr. 1.1 Stránky ČHMÚ – Systém integrované výstražné služby (SIVS).

1.2 Aktuální hydrologická situace

Ke sledování aktuální hydrologické situace slouží síť hlásných vodoměrných stanic kategorií A, B a C, u nichž jsou stanoveny stupně povodňové aktivity (SPA). Většina stanic kategorie A a B je automatizována a data z nich jsou soustředěna na sběrných serverech ČHMÚ a Povodí s. p., ze kterých se aktualizuje obsah dalších webových stránek:

hydro.chmi.cz	Stránky hlásné a předpovědní povodňové služby ČHMÚ obsahují data o stavech na řekách, naměřených srážkách a hydrologické předpovědi.
voda.gov.cz	Stránky podniků Povodí prezentují podobnou formou informace o aktuálních vodních stavech, stavech v nádržích a o naměřených srážkách.
hladiny.cz	Na stránkách jsou zveřejňovány údaje z automatických stanic poboček ČHMÚ České Budějovice, Praha, Brno a Ostrava.
hladiny.cz/mobil	Na stránkách jsou zveřejňovány údaje z automatických stanic poboček ČHMÚ České Budějovice, Praha, Brno a Ostrava upravené pro prohlížení prostřednictvím mobilních telefonů.
k.chmi.cz	Stránky pro přístup na data i ze stanic poboček ČHMÚ Hradec Králové, Ústí nad Labem a Plzeň.

Uvedené internetové stránky slouží povodňovým orgánům jako podklad pro naplnění jejich povinností zabezpečení hlásné povodňové služby (254/2001 Sb., § 73, 2). V případě výpadku jednotlivých stanic jsou povodňové orgány povinny hlásnou povodňovou službu zabezpečit náhradním způsobem, zřízením hlídkové služby. Kontakty na pověřené osoby lze nalézt v povodňových plánech obcí nebo na stránkách Povodňového plánu ČR <<http://www.dppcr.cz>>.

Přibližný odhad budoucího vývoje na řekách je možné stanovit na základě informací o aktuální hydrologické a meteorologické situaci. Pro průběh dešťových povodní je zásadní srážková činnost, která je sledována pozemními srážkoměry (provozovanými v naprosté většině ČHMÚ a státními podniky Povodí) a meteorologickými radary ČHMÚ. Mnohá z těchto měření jsou v reálném čase přenášena na internetové stránky:

hydro.chmi.cz	Pod položkou Aktuální srážky v menu Počasí lze nalézt úhrny naměřené automatickými srážkoměry ČHMÚ včetně srážkových map, které vznikly kombinací radarového odhadu a pozemního pozorování.
voda.gov.cz	Údaje z pozemních srážkoměrů provozovaných státními podniky Povodí.

hydro.chmi.cz

voda.gov.cz

hladiny.cz

hladiny.cz/mobil

k.chmi.cz

vvv.chmi.cz

Adresy nejdůležitějších webových stránek, které obsahují aktuální hydrologická data

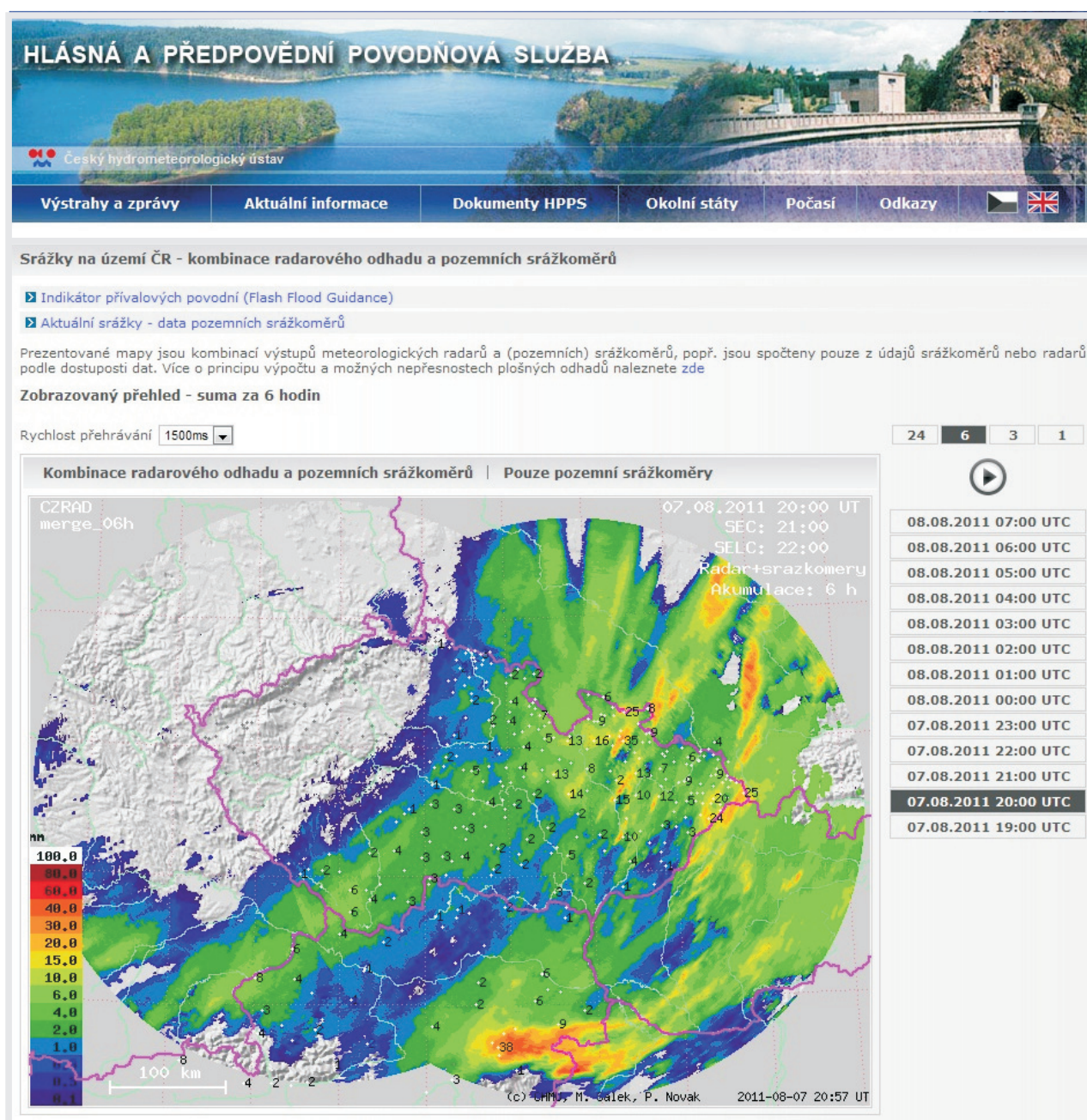
www.dppcr.cz

www.povis.cz

a internetové stránky Povodňového plánu ČR.

Při povětrnostní situaci, kdy se tvoří bouřky, je vhodné sledovat dynamiku vývoje srážkové činnosti prostřednictvím meteorologického radaru.

- www.chmi.cz Snímky z meteorologického radaru se skrývají pod odkazem Aktuální radarová data.
- www.radar.bourky.cz Stránky zobrazují odrazivosti z radaru na podkladě map Google se zachováním funkcí, jako je například přiblížení mapy do velkého měřítka.
- www.wetteronline.de Na tomto webu je umístěn prostorově rozšířený záběr několika radarů nad střední Evropou.



Obr. 1.2 Na stránkách hlásné a předpovědní povodňové služby ČHMÚ (hydro.chmi.cz) lze také nalézt informace o srážkových úhrnech na území ČR.

1.3 Předpověď hydrologické situace

Hydrologickou předpověď připravují regionální předpovědní pracoviště ČHMÚ. Na webu jsou předpovědi (grafy – předpovědní hydrogramy) k dohledání na stránkách hlásné a předpovědní povodňové služby ČHMÚ (HPPS) a v textové formě taktéž i na portálu ČHMÚ. Předpovědi přímo dostávají také dispečinky státních podniků Povodí (nejsou ale součástí jejich webových stránek) a textovou verzi rozesílá ČHMÚ povodňovým orgánům prostřednictvím e-mailu. Pro zařazení dalších členů povodňových orgánů do distribučního e-mailového seznamu textových předpovědí je možné kontaktovat regionální předpovědní pracoviště na pobočkách ČHMÚ.

1.4 Co je to hydrologická předpověď?

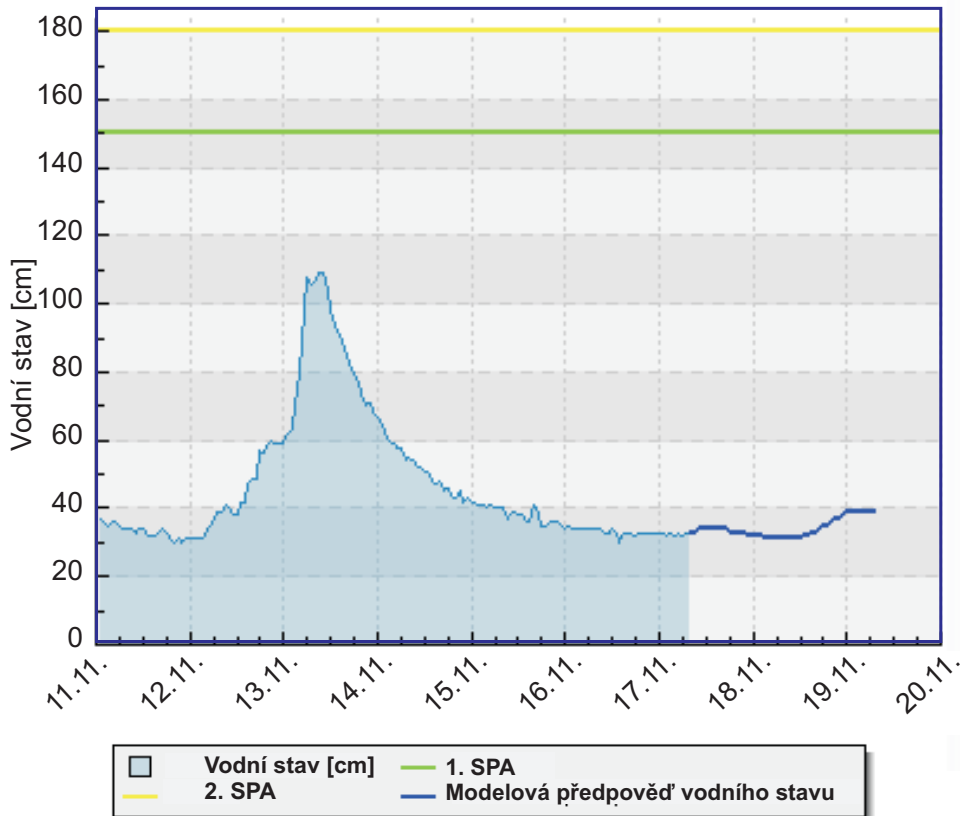
Hydrologická předpověď je informace předpovědní povodňové služby o očekávaných vodních stavech nebo průtocích v určitém místě a čase. Předpověď je výsledkem matematického výpočtu pohybu vody atmosférou a krajinou. Tento pohyb je velmi neuspořádaný, a proto jsou fyzikální rovnice proudění v modelech výrazně zjednodušovány a nejsou tak vždy schopny věrně postihnout reálný vývoj odtoku. Navíc potřeba zachování předstihu předpovědi na 48 hodin nutí hydrology počítat předpověď na základě předpovědi srážek. Voda, která má způsobit povodeň, tedy může být v okamžiku vzniku předpovědi ještě ve formě vodní páry a oblaků mimo území ČR. Z toho je patrná komplikovanost výpočtu předpovědi a z něj vyplývající i její nejistota.

Na nejistotu předpovědi počasí jsme si již zvykli, protože s ní přicházíme do každodenního kontaktu. Ale s povodní a hydrologickou předpovědí, která jí předchází, se většina lidí na vlastní kůži setká naštěstí jen několikrát za život. Proto nelze spoléhat pouze na zkušenosti, ale je potřeba se seznámit s metodami a možnostmi hydrologické prognózy dříve, než tyto znalosti budou poprvé potřeba.

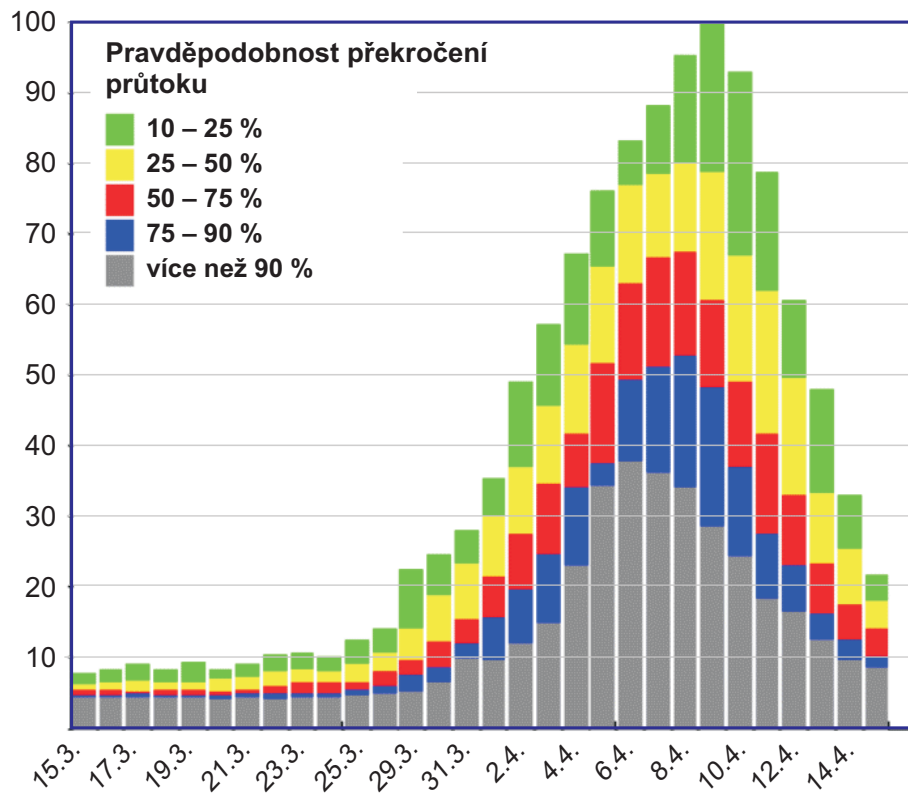
Podle typu předpovídaných informací je možné hydrologické předpovědi rozdělit na deterministické a pravděpodobnostní.

1. Deterministické předpovědi jsou výsledkem odvozeného vztahu mezi příčinou (srážky, nasycenost půdy atd.) a následkem (průtok vody). V hydrologii mají tyto předpovědi podobu jediné varianty budoucího průběhu vodního stavu a průtoku. Porovnáním s později zjištěnou skutečností lze o každé předpovědi zjistit, zda a do jaké míry byla úspěšná nebo ne. Nelze však dopředu odhadnout, zda se předpověď naplní nebo zda jde o situaci, kdy odvozené vztahy nezafungují. Tyto předpovědi jsou základem hydrologické prognózy a jsou součástí každodenní práce hlásné a předpovědní služby ČHMÚ.
2. Naproti tomu pravděpodobnostní předpovědi neformulují konkrétní podobu budoucího stavu, pouze uvádí předpokládanou pravděpodobnost výskytu nějakého jevu (vodního stavu, průtoku). O žádné jednotlivé pravděpodobnostní předpovědi nelze tedy ani dodatečně zjistit, zda byla úspěšná nebo ne, pojem úspěšnosti nebo neúspěšnosti jednotlivé předpovědi zde ztrácí smysl. Kvalitu takového předpovědního systému lze vyhodnotit jedině statistickým porovnáním předpovědí se skutečností za delší časové období. Přesto jsou tyto předpovědi velice užitečné, protože uvádí, v jakém rozmezí se stav na řece bude pohybovat a jaká je pravděpodobnost, že dojde k dosažení kritické úrovně (například SPA). Takovou informaci lze následně přímo použít při rozhodování i v kontextu ekonomických nákladů a škod. Například již před provedením evakuace víte, jaká je šance, že náklady na ní budou zbytečné, protože ve skutečnosti by dle vývoje nebyla potřeba a naopak, jaké hrozí ztráty, pokud by nebyla provedena.

Vodní stav Jablonec nad Jizerou (Jizera)



Obr. 1.3 Ukázka deterministické hydrologické předpovědi.



Obr. 1.4 Ukázka pravděpodobnostní hydrologické předpovědi.

2. Hydrologické předpovědi vydávané na území ČR

Hydrologická služba v Českých zemích má dlouholetou tradici. Pravidelná denní pozorování vodních stavů na Vltavě v Praze byla zahájena v roce 1825 a na Labi v roce 1851. Organizovaná hydrologická služba vznikla roku 1875, kdy byla v Praze zřízena Hydrografická komise pro Království české, která od roku 1892 vydávala každodenní předpovědi vodního stavu pro dolní Labe. Česká operativní hydrologie se tak zařadila mezi jedny z nejstarších hydrologických služeb v Evropě.

Z hlediska výpočtu hydrologických předpovědí rozlišujeme:

2.1 Manuální hydrometrické předpovědi

Vycházejí ze zákonitostí, jimiž se řídí pohyb vody v otevřených korytech. Umožňují takový předstih, jaký dovoluje postupová doba vody z horních do dolních profilů. Z tohoto důvodu je výhodnější jejich používání na větších nebo středních tocích s větší délkou koryta.

K základním metodám tohoto druhu předpovědí patří:

- metoda tendencí
- metoda odpovídajících si průtoků, neboli metoda postupových dob.

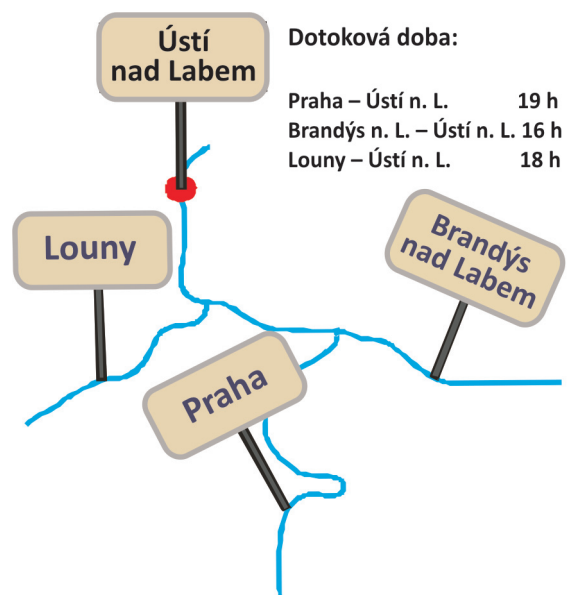
2.1.1 Metoda tendencí

Zakládá se na extrapolaci změn vodního stavu nebo průtoku v daném profilu na určitou dobu dopředu na základě tendence ve výše ležících profilech. Nejlepší podmínky pro její použití jsou na velkých rovinných řekách. Na menších tocích, u nichž celková doba trvání ustálené tendence stoupání nebo poklesu vodních stavů či průtoků nepřevyšuje pět dní, nemůže být tato metoda používána pro větší předstih než je jeden den.

2.1.2 Metoda odpovídajících si průtoků

Princip této metody spočívá v možnosti přiřadit průtok z horní stanice sdružený, geneticky stejnorodý průtok ve stanici dolní. Přiřazené průtoky nazýváme odpovídajícími si průtoky a doba, která uplyne mezi jejich výskytem, se nazývá postupovou dobou průtoků. Metoda postupových dob se používá k předpovědi průtoků na území České republiky již od roku 1892, kdy byla nejprve použita na Labi.

V současné době ji povodňová služba aplikuje pouze na střední a větší toky. Časový předstih této předpovědi je omezen postupovou dobou na našich tocích, tj. do 24 hodin na dolním toku Labe. Využít tuto jednoduchou předpovědní metodu mohou i povodňové orgány obcí a měst, u kterých proti proudu řeky leží vodoměrná stanice. Předstih takovéto předpovědi se však často pohybuje pouze v desítkách minut, maximálně v hodinách.



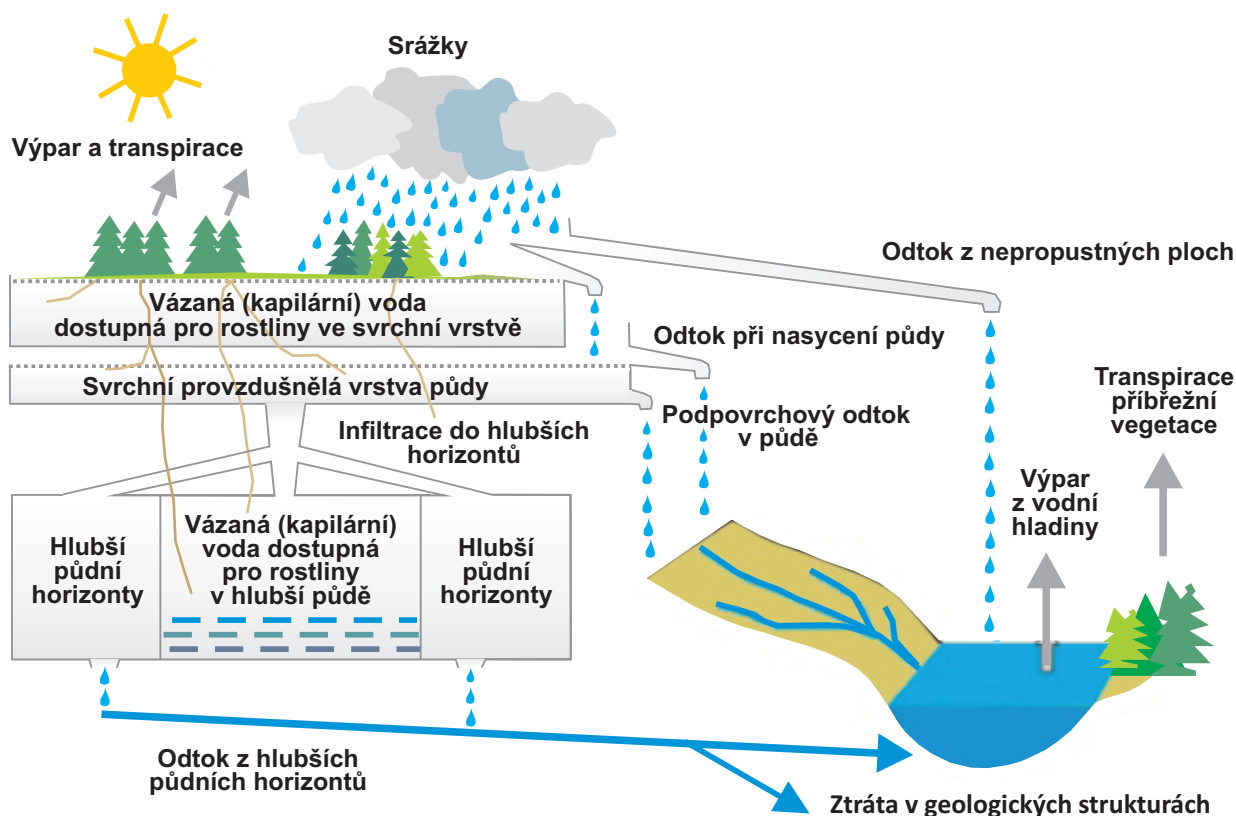
Obr. 2.1 Základem metody odpovídajících si průtoků je znalost dotokové doby v říční síti.

2.2 Modelové hydrologické předpovědi

Jejich vývoj v České republice začal zejména po katastrofální červencové povodni v roce 1997. Nasazeny do plného provozu hydrologických předpovědních pracovišť ČHMÚ byly v roce 2001. Na území České republiky se využívají dva předpovědní systémy. V povodí Odry a Moravy se používá model HYDROG, v povodí Labe se využívá systém AQUALOG s modelem SACRAMENTO.

Zmíněné hydrologické modely počítají, jak velká část srážkové vody z krajiny odeče bezprostředně po srážce a jak rychle se koncentruje do vodních toků. K tomu jsou použity matematické rovnice, které zjednodušeně popisují realitu procesů infiltrace do půdy, proudění vody po povrchu a v půdě a další hydrologické procesy (například akumulace a tání sněhu, evapotranspirace, pohyb vody v korytech toků, vliv nádrží aj.).

Srážkoodtokový model SACRAMENTO dobře demonstruje koncepci tvorby odtoku z povodí; jeho struktura je patrná z obrázku (2.2). Model schematizuje povodí na soustavu vertikálně a horizontálně uspořádaných zón, resp. nádrží. V nich je voda zadržována, odčerpávána vegetací (evapotranspirace), infiltruje do hlubších zón (půdní vláha a zásoby podzemní vody) nebo odtéká ve formě různých komponent celkového odtoku.



Obr. 2.2 Struktura srážkoodtokového modelu SACRAMENTO.

Na předpovědních hydrologických pracovištích ČHMÚ jsou v současné době používány manuální i modelové hydrologické předpovědi. Metodou postupových dob se předpovídá průtok v 18 profilech ležících na dolních úsecích velkých řek. Předpovídané hodnoty mají u manuálních předpovědí podle podmínek většinou 6 až 12, nejvýše však 24hodinový předstih, který se případným udáváním následné tendence pohybu hladiny k těmto hodnotám v některých případech ještě prodlužuje. Výhodou modelových hydrologických předpovědí je možnost predikovat průtoky i na malých – zdrojových povodích a lze jimi na základě „předpovědi srážek a teploty vzduchu“ dosáhnout předstihu až 48 hodin.

3. Způsob tvorby hydrologických předpovědí

Hydrologickou předpověď průtoků pro vybrané vodoměrné stanice zpracovává Oddělení hydrologických předpovědí Centrálního předpovědního pracoviště (OHP) ČHMÚ v Praze-Komořanech a regionální předpovědní pracoviště (RPP) šesti poboček ČHMÚ (v Plzni, Českých Budějovicích, Ústí nad Labem, Hradci Králové, Ostravě a Brně). Na těchto pracovištích se za normální odtokové situace počítají jednou denně termínové manuální předpovědi stavů a průtoků pro 18 vybraných vodoměrných profilů a modelové předpovědi na 48 hodin pro 88 profilů na významnějších tocích Čech, Moravy a Slezska. Při hrozící nebo probíhající povodni se zvyšuje četnost vydávání a upřesňování modelových předpovědí na dvakrát i vícekrát za den v závislosti na možnostech a potřebě.

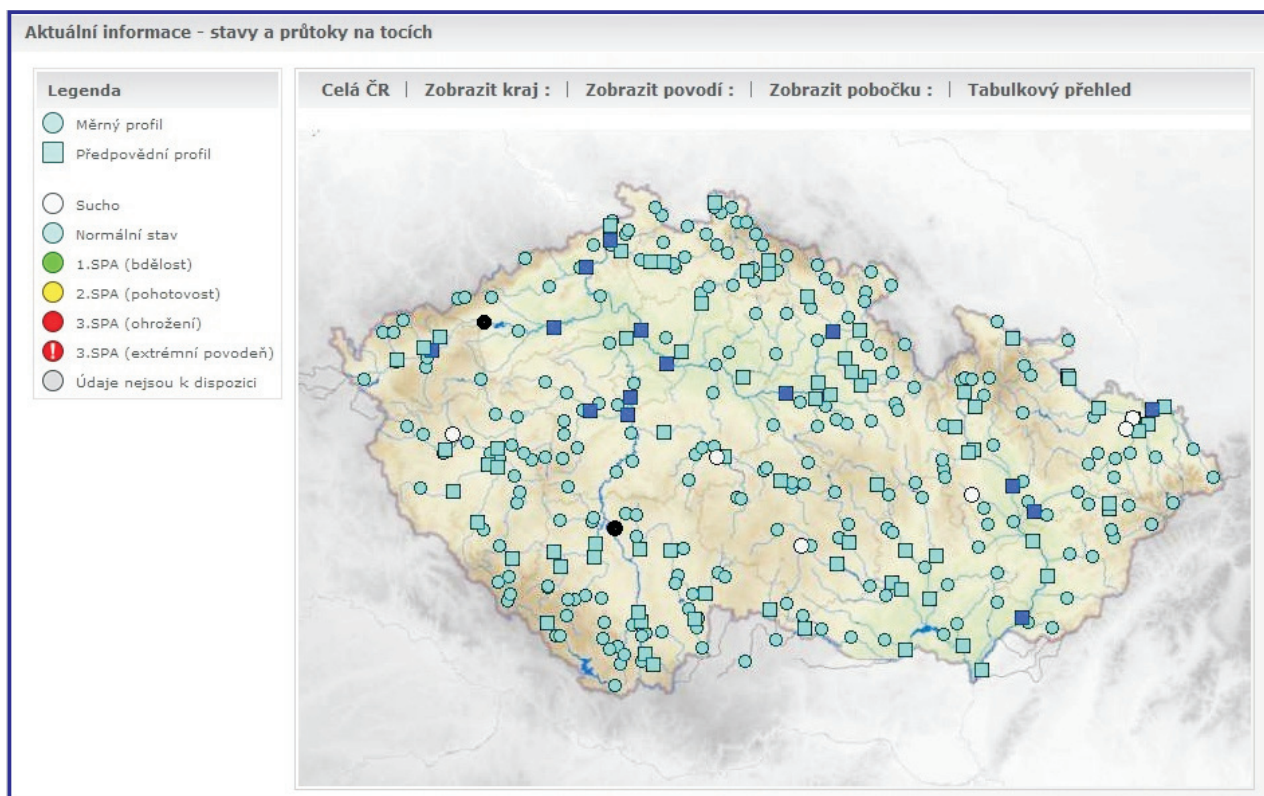
Tab. 3.1 Seznam profilů, pro které jsou denně počítány manuální hydrologické předpovědi.

Tok	Předpovědní profil	Předstih předpovědi (h)
Labe	Jaroměř	3
Metuje	Jaroměř	3
Labe	Přelouč	14
Labe	Brandýs nad Labem	12
Vltava	Přítok do VD Orlík	7
Vltava	Vrané nad Vltavou	6
Berounka	Beroun	12
Vltava	Praha-Malá Chuchle	6
Labe	Mělník	12
Ohře	Karlovy Vary	15
Ohře	Přítok do VD Nechanice	22
Ohře	Louny	8
Labe	Ústí nad Labem	24
Labe	Děčín	27
Odra	Bohumín	5
Morava	Olomouc	10
Bečva	Dluhonice	11
Morava	Strážnice	24

Kvalita obou typů hydrologických předpovědí závisí především na kvalitě a množství vstupních informací. U manuálních hydrologických předpovědí, využívajících metodu postupových dob a odpovídajících si průtoků, představují vstupní data pouze změřené hodnoty průtoků v horní a dolní (předpovídané) stanici. Přítok z mezipovodí je odhadován hydrologem na podkladě jeho zkušeností a informací o pozorovaných a očekávaných srážkách.

U modelových hydrologických předpovědí je množství vstupních dat mnohem širší. Proto prvním krokem v procesu tvorby hydrologické předpovědi je důsledná kontrola vstupních měření. Chyby měření na vodoměrných stanicích bývají nejčastěji způsobeny poruchou na měřicím přístroji nebo změnou průtočnosti koryta, která komplikuje odhad průtoků (například v zimě zámrz řeky). U meteorologických vstupních dat se nejvíce kontrolují automatické srážkoměry, které občas bývají ucpané a vykazují žádné nebo falešné hodnoty srážkových úhrnů. Předpovědi srážek, které

jsou nutným vstupem pro zachování předstihu hydrologické předpovědi na 48 hodin, připravují meteorologové podle výpočtu několika numerických meteorologických modelů a také podle vlastních znalostí regionu a zkušeností (například s vlivem návětrí při různých synoptických situacích). Důležitým vstupem jsou také informace o plánovaných manipulacích na vodních nádržích, které dodávají jejich provozovatelé.

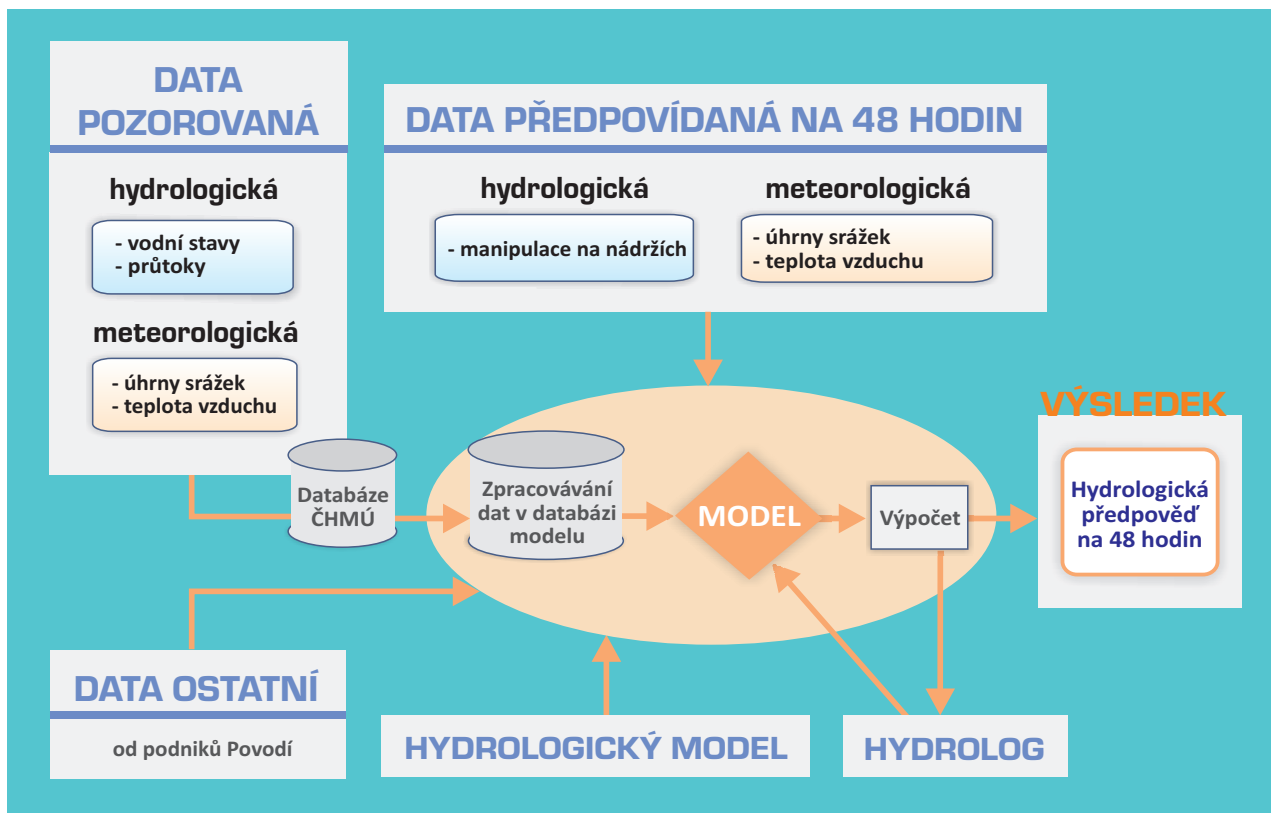


Obr. 3.1 Mapa hydrologických profilů hlásné a předpovědní sítě ČHMÚ, čtverečkem jsou označeny profily, pro které je počítána modelová hydrologická předpověď, tmavě modrou a černou barvou jsou označeny profily, pro které je denně počítána i manuální hydrologická předpověď (tabulka 3.1).

Opravená data přebírá výpočetní model, který postupuje stejně jako voda, tedy od pramenných částí povodí k dolním úsekům řek. Výpočet probíhá interaktivně a hydrolog-prognostik na základě shody mezi výpočtem a realitou koriguje nastavené a proměnné modelu, např. počáteční podmínky výpočtu (nasycenost povodí, vodní hodnotu sněhu) nebo přímo předpovědní hydrogram. Dokonalá shoda mezi simulací modelu, i když je korigována zásahy hydrologa, a realitou není z principu možná. Tato skutečnost se mimo jiné podepisuje na nepřesnosti hydrologické předpovědi.

Základní schéma postupu zpracování hydrologické předpovědi pomocí předpovědních systémů znázorňuje následující obrázek 3.2.

Posledním krokem v procesu tvorby hydrologické předpovědi je příprava výstupního bulletinu a zpracování předpovědi do její textové verze, která je obohacena komentářem hydrologa k možnému vývoji stavů na řekách.



Obr. 3.2 Schema hydrologického předpovědního systému ČHMÚ.

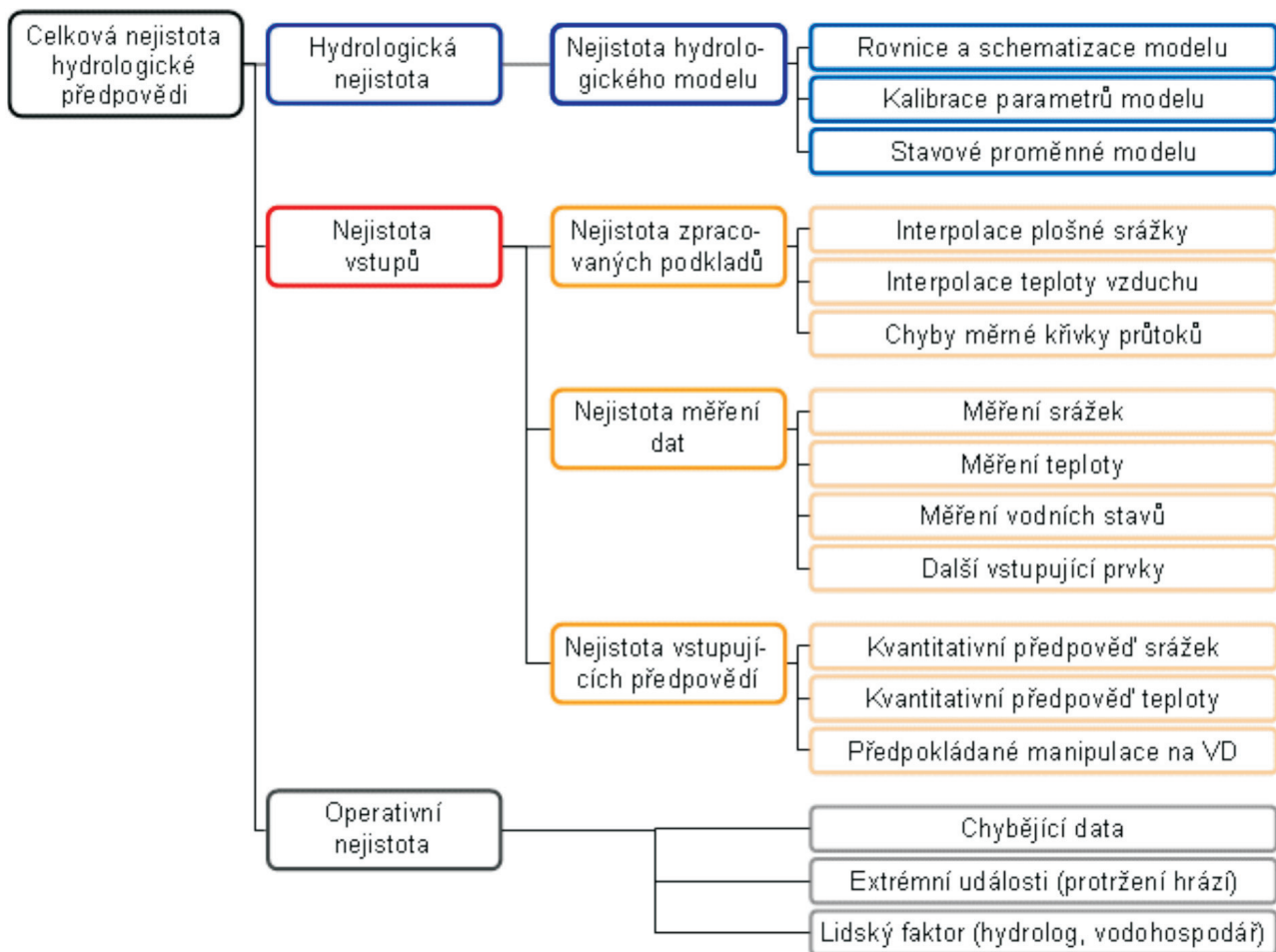
4. Správná interpretace hydrologických deterministických předpovědí

Deterministickou hydrologickou předpovědí, tak jak ji v současné době připravují předpovědní pracoviště ČHMÚ, jsou spojitě časové řady hodnot (průtoků nebo vodních stavů) o délce 48 hodin, což je obvykle používaný časový předstih hydrologických předpovědí v podmínkách České republiky. Výhodou tohoto přístupu je čitelnost předpovědi, což znamená, že je možné lehce zjistit například čas očekávané kulminace nebo rychlost nástupu povodně. Nedostatkem těchto předpovědí je, že skutečný průběh průtoku se od předpovědi vždy více či méně liší. A právě informace o tom, jak se skutečnost od předpovědi může lišit, chybí.

Avšak i v současné době je možné alespoň zhruba odhadnout míru nejistoty rovněž z deterministické předpovědi. Stačí k tomu mít povědomí o obvyklé úspěšnosti hydrologických předpovědí a o nejistotách, které vstupují do procesů výpočtu předpovědi. Úspěšnost hydrologických předpovědí je detailně analyzována po každé větší povodni a publikována v příslušné povodňové zprávě ČHMÚ. Tyto zprávy jsou, stejně jako výsledky komplexního hodnocení předpovědí v celé ČR od roku 2002, k dispozici na webových stránkách hlášené a předpovědní povodňové služby ČHMÚ.

4.1 Odhad nejistoty hydrologické předpovědi

Nejistota hydrologické předpovědi je způsobena celou řadou vlivů. Jejich přehled poskytuje obr. 4.1.



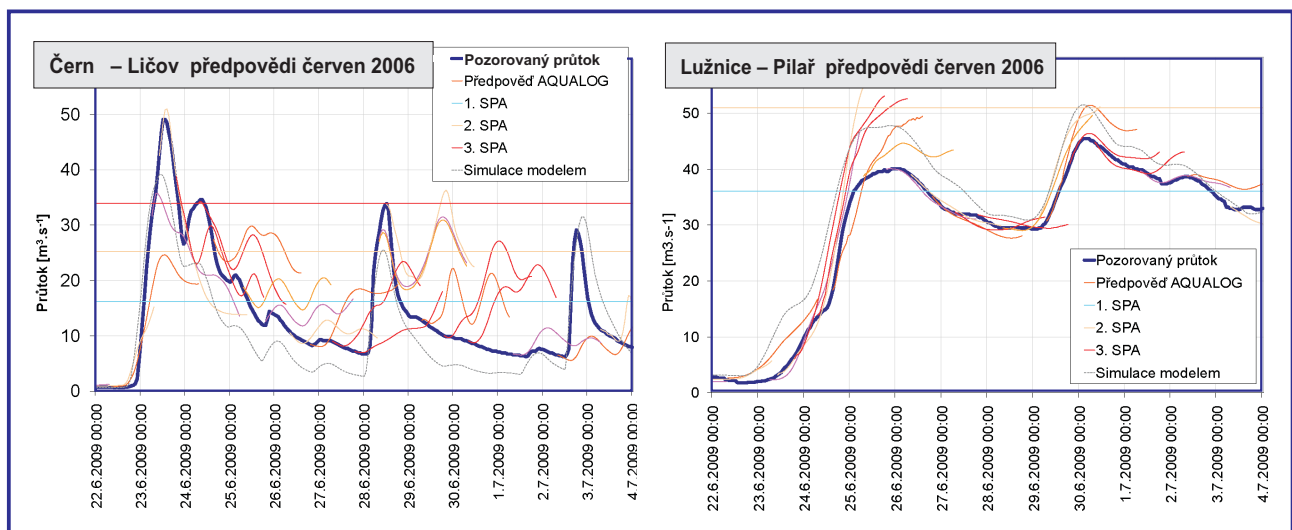
Obr. 4.1 Členění zdrojů celkové nejistoty hydrologické předpovědi.

Pro posouzení nejistoty hydrologické předpovědi v reálné situaci jsou důležité hlavně ty faktory, které je schopen odhadnout uživatel předpovědi pouze z běžně dostupných informací. Mezi ně patří například:

Doběhová doba povodí

Delší doběhovou dobu (čas, za který se voda dostane z pramenné oblasti k závěrovému profilu) mají velká povodí, např. profily na dolním toku Labe nebo povodí s pomalým odtokem (rovinatá povodí, např. povodí Cidlina a Lužnice). Pomalý odtok způsobuje, že předpověď na 48 hodin vychází převážně z již naměřených srážek a vliv nejistoty srážkové předpovědi se zmenšuje. Proto povodí s delší doběhovou dobou mají většinou vyšší úspěšnost předpovědí. Toto pravidlo však nemusí platit, pokud se povodeň formuje v dolní části povodí blízko předpovědní stanice.

Doběhovou dobu řádově v jednotkách hodin mají malá povodí (s plochou povodí do cca 300 km²) nebo středně velká horská povodí (plocha povodí do cca 800 km²) s rychlým odtokem. U předpovědních profilů, které uzavírají tato malá povodí, je téměř celý předpovědní interval počítán na základě srážek, které dosud nespadly a jsou pouze více či méně spolehlivě předpovídané.



Obr. 4.2 Hydrologické předpovědi z června 2006 na dvou fyzicko-geograficky odlišných povodích, které spolu sousedí a byly během povodně zasaženy stejnou srážkovou situací. Povodí Černé po profil Ličov – plocha 127 km², obvyklé doběhové doby 3 až 8 hodin. Povodí Lužnice po profil Pilař – plocha 942 km², obvyklé doběhové doby 20 až 50 hodin. Patrná je vyšší úspěšnost předpovědi v povodí Lužnice proti odtokově rychle reagující Černé pro stanici Ličov.

Antropogenní ovlivnění odtokového režimu

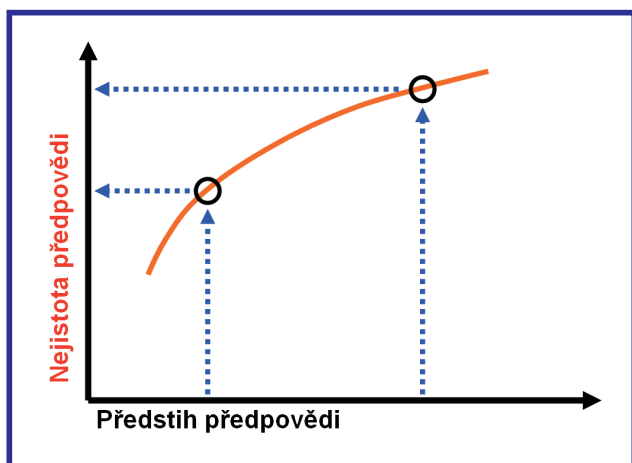
Přestože mnohé zásahy do odtokového režimu se provádějí za účelem ochrany před povodněmi, pro modelování hydrologických procesů představují většinou komplikace. Lepších výsledků dosahují hydrologické předpovědní modely zpravidla na povodích, kde chybí významná vodní díla a rozsáhlé rybníční soustavy. V povodí, kde leží velké vodní nádrže, jsou předpovědi zpracovávány na základě hlášených manipulací, které jsou však často následně upraveny na základě vyvíjející se hydrometeorologické situace a právě již vydané hydrologické předpovědi. Navíc řízení důležitých vodohospodářských objektů ovlivňuje rozhodování lidské obsluhy (tzv. lidský faktor).

Předstih předpovědi

S prodlužujícím se předstihem hydrologické předpovědi klesá úspěšnost předpovědi srážek. Tato ověřená skutečnost se promítá také do spolehlivosti hydrologických předpovědí, zejména u zdrojových povodí. V mnohem menší míře u povodí, která nejsou tak závislá na kvantitativní předpovědi srážek (zmíněná velká a odtokově pomalá povodí). U plošně malých povodí je pokles úspěšnosti předpovědi s prodlužujícím se předstihem podstatně výraznější.

Trend předpovědi

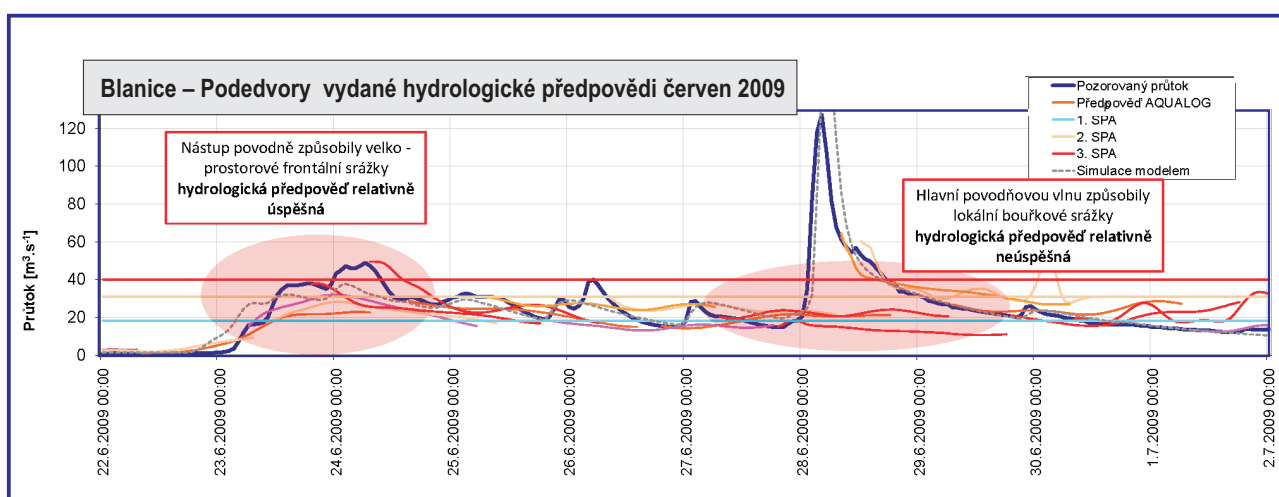
Rovněž tento faktor souvisí z velké části na předpovědi srážek jako hlavním zdroji nejistot. Vyšší úspěšnosti je dosahováno u předpovědi v bezsrážkovém období, tedy při setrvalém vodním stavu nebo při poklesu hladin. Předpověď nástupu povodně je obtížná také z hlediska hydrologického modelování, při kterém často dochází k časovému (fázovému) posunu vzestupné větve a velké odchylce předpovědi při nástupu povodně. Disproporce na vzestupné větvi povodně ovšem nemusí vždy znamenat, že maximální průtok nebude předpovězen úspěšně.



Obr. 4.3 Trend nárůstu nejistoty předpovědi s jejím prodlužujícím se časovým předstihem, předpověď na 6 hodin je spolehlivější než předpověď na 48 hodin.

Charakter předpovídaných srážek

Srážky velkoprostorového charakteru jsou vyvolávány procesy, které meteorologické modely predikují úspěšněji, než je tomu u prostorově omezených bouřkových srážek. Hydrologický model byl navržen a kalibrován právě pro odtoky z velkoprostorových srážek. Bouřkové (konvekční) srážky jsou velmi špatně předpověditelné jak z hlediska jejich množství, tak i jejich prostorové lokalizace. Předpovědi srážek, vstupující do modelu při konvekčních situacích, jsou většinou průměrem pro rozsáhlejší oblast. Ve skutečnosti pak většinou prší mnohem silněji na omezené ploše, zatímco na zbytku území je předpověď srážek naopak nadhodnocená. Tomu odpovídají také hydrologické předpovědi, které při těchto situacích většinou průtok nadhodnocují, ale v místech s výskytem silných bouřek mohou být naopak značně podhodnocené. Obecně platí, že hydrologické modely, jejichž výstupy jsou zde komentovány, nejsou vhodné pro předpověď lokálních povodní z přivalových srážek.



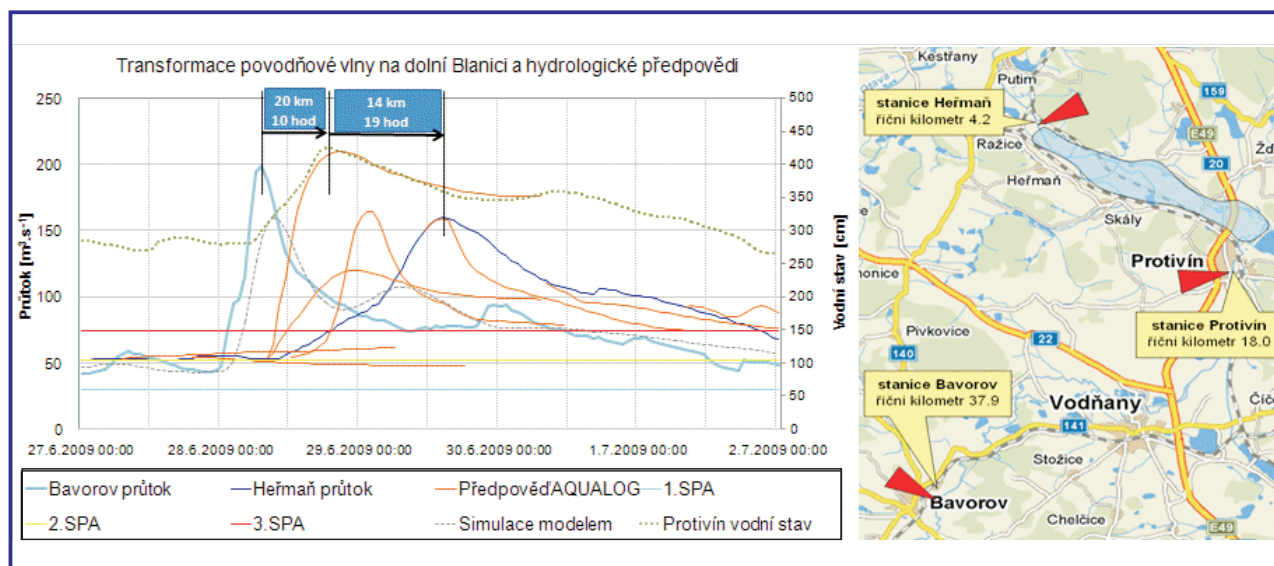
Obr. 4.4 Povodňově aktivní období z konce června roku 2009 začalo situací, kdy vzestupy hladin řek a průtoků způsobily plošné frontální srážky, které meteorologické modely předpověděly poměrně úspěšně. Následovaly dny se silnou konvekcí, kdy sice bylo zřejmé riziko výskytu vydatných lokálních bouřek, ale nebylo možné je přesněji časově a prostorově lokalizovat. Z tohoto důvodu, také kritická bouřková srážka z 28. června v povodí horní Blanice nebyla uspokojivě předpovězena a následně i hydrologická předpověď nebyla úspěšná.

Předpovědi odtoku z tání sněhu

Předpovídání povodní, které jsou z větší části způsobeny odtáváním sněhových zásob, má specifika, která ovlivňují úspěšnost hydrologických předpovědí. Na jedné straně je výhodou, že teplotu vzduchu meteorologické modely předpovídají úspěšněji i na delší období, než je předstih hydrologické předpovědi (48 hodin). Proto u hydrologických předpovědí odtoku z tání sněhu by nemělo docházet k rychlému poklesu úspěšnosti předpovědi s jejím narůstajícím předstihem. Na druhé straně je samotný proces tání sněhu komplikovaný, a pro modelování musí být značně zjednodušen. Navíc je nejistý odhad počátečních sněhových zásob, jejich rozložení v povodí a vliv radiace, proudění vzduchu a vlhkosti vzduchu. Velké povodně z tání jsou navíc spojeny s deštěm v době oblevy, který je těžko předpověditelný a výrazně ovlivňuje rychlost tání sněhu. Výrazné komplikace nastávají tehdy, je-li půda promrzlá a nedochází tak k infiltraci, s níž modely počítají. To jsou důvody, proč modelování tání sněhu a následně odtoku je více nejisté než modelování odtoku pouze ze srážkové vody.

Extremita odtoku

Obecně platí, že extrémní jevy se předpovídají hůře než jevy průměrné, tedy předpovědi velké povodně budou zatíženy větší nejistotou než ty menší. Jednou z příčin je obtížnější odhad pozorovaného průtoku v oblasti vysokých stavů a také mnohem komplikovanější proces postupu a transformace povodňové vlny korytem toku. Při vybřežování řek a zejména při rozsáhlých rozlivech je v současné době používaná metoda výpočtu nedostačující, bylo by proto třeba počítat postup povodně pomocí hydraulických modelů, které ovšem zatím nejsou součástí hydrologického předpovědního systému. U řek, u nichž dochází při povodni k rozlívům, je nutné počítat s větší nejistotou předpovědi.



Obr. 4.5 Při povodni na Blanici v červnu 2009 se na středním a dolním úseku toku propagovala povodňová vlna, která na středním úseku dosahovala extremity blízko 50leté vodě. Tato vlna se velmi výrazně transformovala v rozsáhlých rozlivech, zejména na dolním toku Blanice. To je patrné z neobvykle dlouhých postupových dob mezi stanicemi Protivín a Heřmaň. Hydrologickému modelu se nedařilo tuto transformaci uspokojivě simulovat, což se projevilo ve zhoršení přesnosti předpovědi vydaných pro stanici Heřmaň.

Strategie hydroprognostiků

Hydrologická předpověď je výsledkem řízené práce s matematickými modely nikoliv plně automatického provozu. Osoba prognostika může zasahovat do výpočtu za účelem modifikace předpovědi a také tuto možnost využívá. Nejčastěji používaná strategie na předpovědních pracovištích ČHMÚ je, že při povodňovém ohrožení se přihlíží spíše k mírně nepříznivějším variantám. V případě vydání povodňové výstrahy se pak zpravidla varuje před o něco horším možným průběhem povodně, než je výsledek předpovědních modelů. Například pokud předpověď signalizuje významné překročení úrovně 2. SPA, výstraha většinou zmíní možnost dosažení limitu pro stav ohrožení (3. SPA). Důvodem je jednak zkušenost, že extrémní situace mají modely spíše tendenci podceňovat, a také všeobecně doporučovaná strategie preference vyššího podílu falešných alarmů (kdy povodeň ve skutečnosti nenastane) než situací, kdy přijde povodeň bez varování.

5. Správná interpretace hydrologických pravděpodobnostních předpovědí

Přestože vývoj v oblasti hydrologické prognózy doznal za poslední roky značných úspěchů, nelze očekávat, že by bylo v dohledné době možné předpovídat průtoky s minimální nebo dokonce žádnou odchylkou. Velká část úsilí v hydrologickém výzkumu se proto obrátila na studium možností, jak nejistotu předpovědi vyjádřit. Metodicky to obvykle znamená přípravu několika možných scénářů vývoje, jejichž vzájemné rozložení pak určuje pravděpodobnost dosažení konkrétních vodních stavů. Příprava tzv. ansámblových hydrologických předpovědí je v současné době v ČHMÚ již ve stadiu závěrečných úprav. Jejich implementace bude klást požadavky nejen na prognostiky, ale i na uživatele z hlediska správné interpretace informace v předpovědi obsažené.

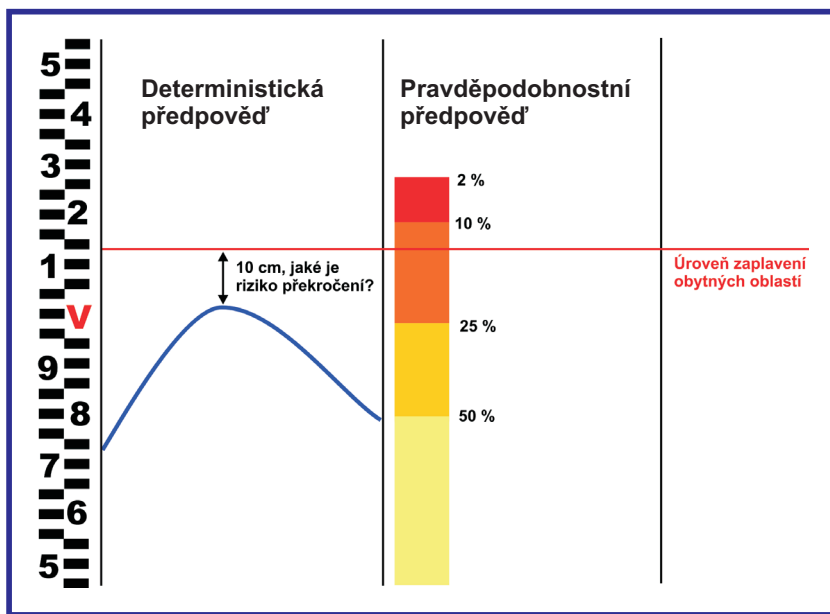
Z pohledu povodňových orgánů je nejdůležitější, při rozhodování o prováděných opatření jako jsou evakuace obyvatel, stavby dočasných ochranných hrází aj., předpověď vodního stavu. Deterministická předpověď má z výše uvedených důvodů pouze omezenou spolehlivost a vysoký podíl nejistoty, která však není v předpovědi vyjádřena. Pravděpodobně nikdo neposuzuje deterministickou předpověď absolutně. Například, pokud předpověď uvádí očekávanou kulminaci 5 cm pod hranicí, která by vyžadovala evakuaci obyvatel, bude velmi pravděpodobně evakuace připravována. Avšak, co kdyby předpověď uváděla o 10 cm méně, o 20 cm méně, nebo o 40 cm méně, než je ona hranice, při níž dochází k evakuaci? Při jaké úrovni předpovědi je nutné začít s evakuací, či počítat s jinými opatřeními?

Deterministická předpověď tedy nevyjadřuje informaci o tom, zda pravděpodobnost toho, že skutečnost bude větší než předpověď existuje a jak je veliká. V podstatě tedy poskytuje pouze informaci typu ano-ne ve smyslu predikce dosažení limitního stavu. Vyhodnocení úspěšnosti předpovědí však ukazuje, že pokud by rozhodování probíhalo v tomto smyslu, pak by prostředky na protipovodňová opatření ve zhruba třetině případů byly vynaloženy zbytečně (předpověď by signalizovala překročení limitu, ale k tomu by později ve skutečnosti nedošlo), a naopak ve třetině případů by „nás“ skutečná povodeň překvapila.

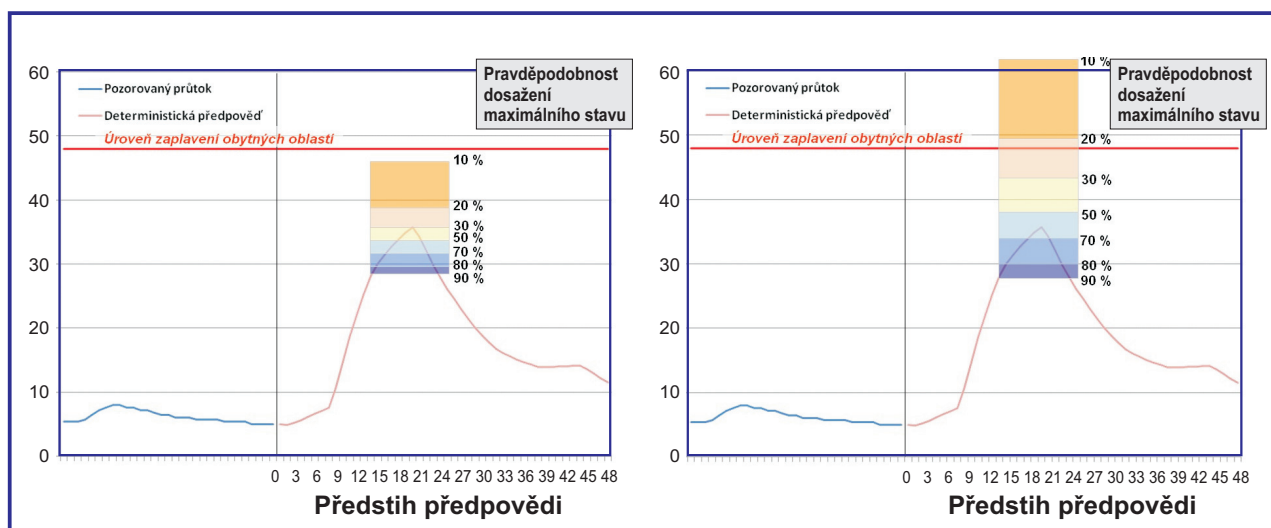
Pravděpodobnostní předpověď poskytuje informaci o tom, jaká je pravděpodobnost, že bude překročena směrodatná úroveň vodního stavu. Lze tedy například říci, že pravděpodobnost překročení úrovně, při níž je nezbytná evakuace, je 10 %. Na povodňovém orgánu je pak vyhodnotit, zda je takové riziko přípustné či nikoliv, respektive jestli na dané úrovni rizika je nutné přistoupit k evakuaci okamžitě, nebo podniknout nějaká přípravná opatření, která pochopitelně znamenají určité

finanční náklady, či nepodnikat žádná opatření. Rozhodování může být založeno na jednoznačném matematickém (finančním) vyhodnocení vhodného postupu.

Pochopitelně v deseti případech předpovědi u 10 % pravděpodobnosti překročení dané úrovně by k tomu teoreticky ve skutečnosti mělo dojít pouze jednou. Avšak i devětkrát „zbytečně“ vynaložené prostředky na protipovodňové opatření mohou být výrazně nižší než potenciální škody, jimž lze předejít, a vyvážit tak uvedené náklady.



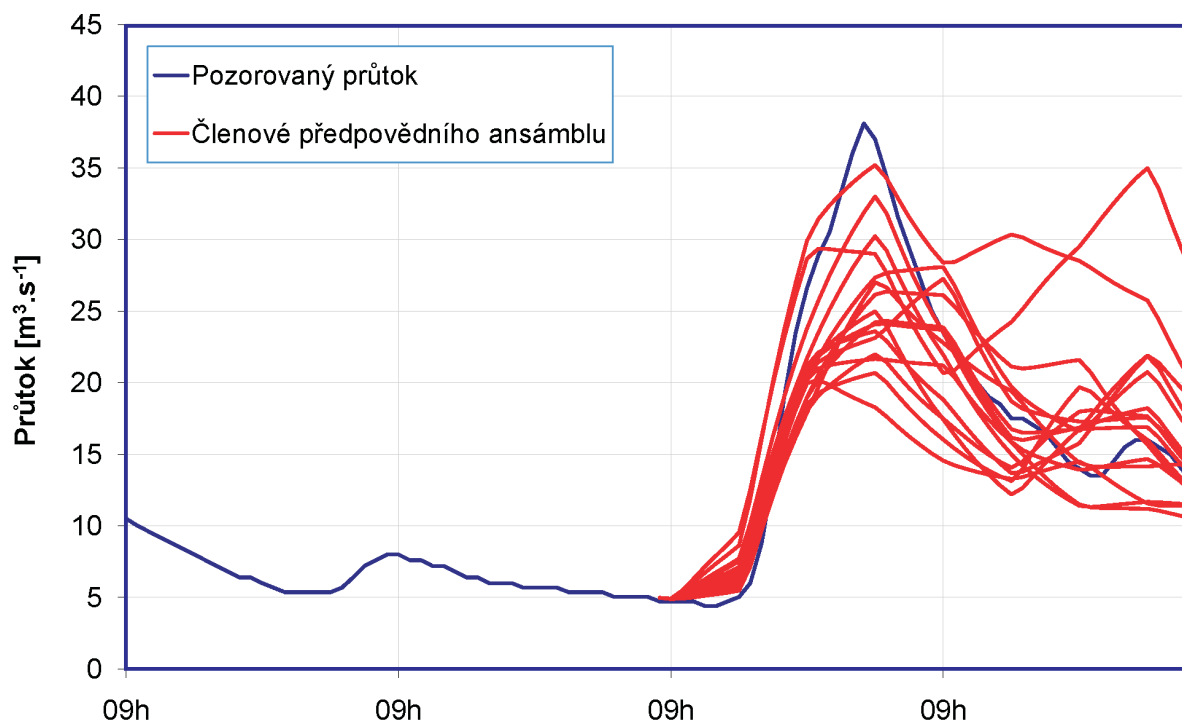
Obr. 5.1 Ukázka rozdílu deterministické a pravděpodobnostní předpovědi.



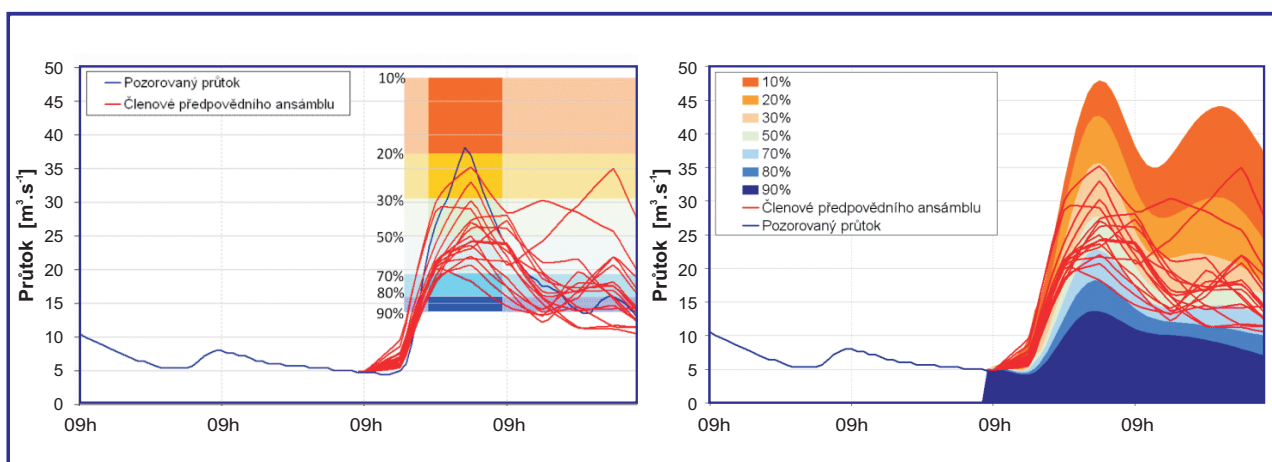
Obr. 5.2 Ukázka identické deterministické předpovědi s různým rozložením pravděpodobnosti překročení maximální hladiny. První předpověď s menší mírou nejistoty ukazuje pouze na malé riziko dosažení kritické úrovně, a proto stačí pouze omezená opatření, v druhém případě je nejistota předpovědi větší, hrozí vyšší riziko dosažení kritické úrovně, a proto je vhodné už provést rozsáhlejší ochranné akce.

5.1 Krátkodobé pravděpodobnostní hydrologické předpovědi

Nejčastěji používané typy krátkodobých (předstih 0 až 3 dny) pravděpodobnostních hydrologických předpovědí poněkud zjednodušeně předpokládají, že dominantním zdrojem nejistot je kvantitativní předpověď srážek, a proto využívají variantní meteorologické předpovědi pro tvorbu ansámblů hydrologických. Výsledkem je „vějíř“ odtokových variant, který lze pro běžné uživatele převést do jednodušší, snáze interpretovatelné formy, například pravděpodobnosti dosažení maximálního vodního stavu.



Obr. 5.3 Ukázka ansámblové předpovědi průtoků počítané podle variant možných srážek z předpovědního systému ALADIN – LAEF.



Obr. 5.4 Možné realizace těchto scénářů do grafů, kde jsou zobrazena pravděpodobnostní překročení průtoků.

5.2 Interpretace krátkodobých pravděpodobnostních předpovědí

Informace o riziku překročení kritického vodního stavu má význam pouze v případě, kdy je uživatel připraven takovouto předpověď využít při svém rozhodování. Je vhodné mít zpracovanou rizikovou analýzu, ve které se pro konkrétní ohrožené objekty či území porovnají náklady na protipovodňová opatření oproti potenciálním povodňovým škodám. Tato analýza napomáhá rozhodnutí, zda pravděpodobnost výskytu povodně nad kritickým limitem je dostatečně velká, aby se vyplatilo protipovodňová opatření provádět. Velmi zjednodušeně, pokud opatření za 15 000 Kč mají chránit majetek 100 000 Kč, pak se z dlouhodobého hlediska vyplatí provádět protipovodňová opatření vždy, pokud je předpovídaná pravděpodobnost povodně vyšší než 15 %. Reálné rizikové analýzy jsou zpravidla podstatně složitější, protože se musí brát v úvahu na jedné straně extrémita povodně (rozsah zaplavení), rychlost nástupu povodně a na druhé straně časové, technické a lidské možnosti provedení protipovodňových opatření.

5.3 Střednědobé pravděpodobnostní hydrologické předpovědi

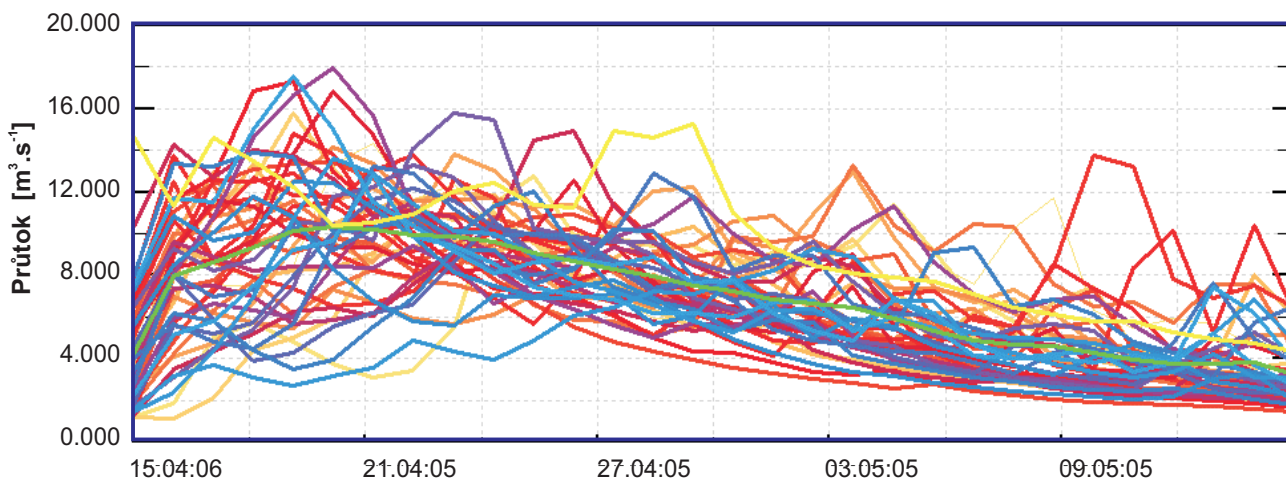
Střednědobé hydrologické předpovědi mívají předstih až několik desítek dní. Tak daleko však meteorologické předpovědi srážek nejsou použitelné. Proto není cílem střednědobých předpovědí určit přímo průběh průtoku nebo dokonce kulminaci možné povodně. Prezентují spíše možné varianty (scénáře) vývoje odtokové situace a lze je chápat jako odhad toho, zda následující období bude spíše suché nebo naopak vodné. Predikční systém těchto předpovědí je v současné době vyvíjen ČHMÚ a měl by přinést výhled odtoku až na 30 následujících dní.

Vstupy srážek a teploty vzduchu v daném časovém horizontu 30 dní je možné získat ze střednědobých meteorologických předpovědí nebo využitím historických meteorologických analogů. Systém vyvíjený v ČHMÚ vychází v principu z operativně používaného systému ESP (Extended Streamflow Prediction), který provozuje americká hydrologická předpovědní služba National Weather Service. Velmi zjednodušeně se jedná o podmíněný výběr možných variant průběhu srážek a teploty a jejich přepočtení hydrologickým modelem při zachování aktuální situace nasycení povodí a sněhových zásob v dané části roku. Srážkové a teplotní varianty vycházejí z historických řad, přepočtených statistickým programem do tisíciletých řad. Výběr členů předpovědního ansámblu je mimo jiné podmíněn střednědobou předpovědí z meteorologických modelů. Vliv nasycení povodí přitom v čase klesá, takže například za měsíc se již nedá identifikovat.

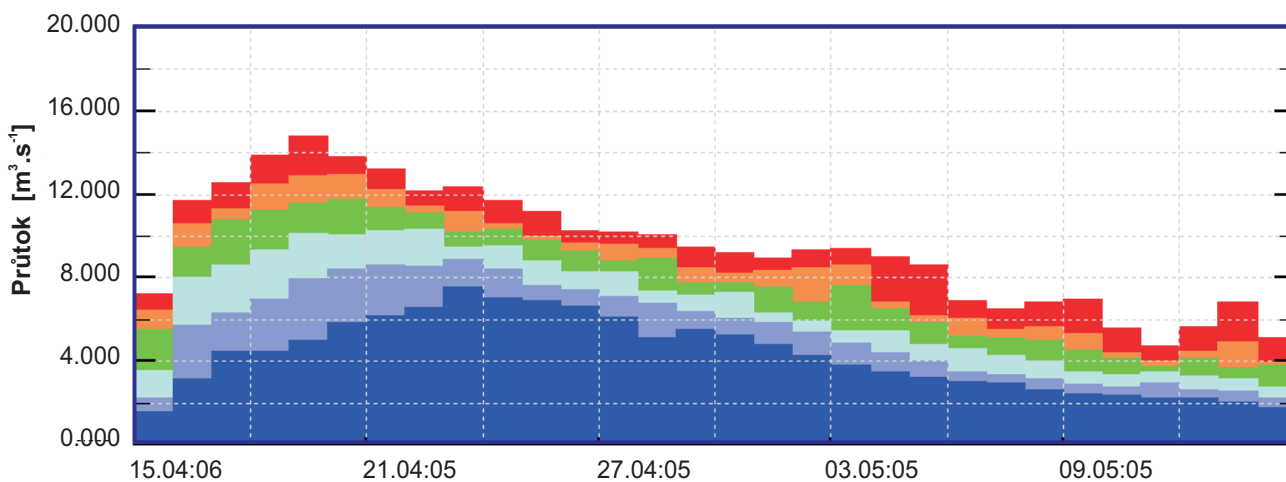
5.4 Využití střednědobých hydrologických předpovědí

Hlavním důvodem zavedení střednědobých předpovědí v USA bylo spíše než posílení protipovodňové ochrany celkové zlepšení hospodaření s vodou. Protože předpovědi vycházejí z reálné nasycenosti, mohou velmi dobře předpovídat zajištěné (s pravděpodobností nad 90 %) objemy odtoku. To pomáhá plánovat dispečerům manipulace na vodních dílech a regulovat odběry vody. Výstupy z předpovědí ESP používají ale také organizace, kterým mohou nízké nebo naopak vysoké vodní stavy ohrozit zisk (lodní doprava, cestovní agentury) k pojištění svých aktivit. Z hlediska protipovodňové ochrany je využití střednědobých hydrologických předpovědí nejdůležitější pro manipulace na vodních dílech. Signalizují-li meteorologické modely blížící se riziko

povodně s nízkou pravděpodobností výskytu, tak vodohospodáři podle předpovědi ESP mohou naplánovat odpouštění vody z přehrady tak, aby minimalizovali riziko, že v případě, kdyby předpověď byla falešným varováním a následovala naopak suchá období, by se jim nepodařilo rezervu opět doplnit. V závěru zimy, kdy se zvyšuje riziko jarní povodně, je možné na základě těchto předpovědí zjistit očekávaný objem odtoku vody ze sněhu a optimálně uvolnit retenční kapacitu vodních nádrží.



Obr. 5.5 Primárním grafickým výstupem je tzv. špagetový graf, kde se každá varianta meteorologických podmínek propaguje jako průběh průtoku v předpovídaném profilu.



Obr. 5.6 Přehlednějším zobrazením jsou pravděpodobnostní hladiny překročení průtoku sloučené do denních průměrů.

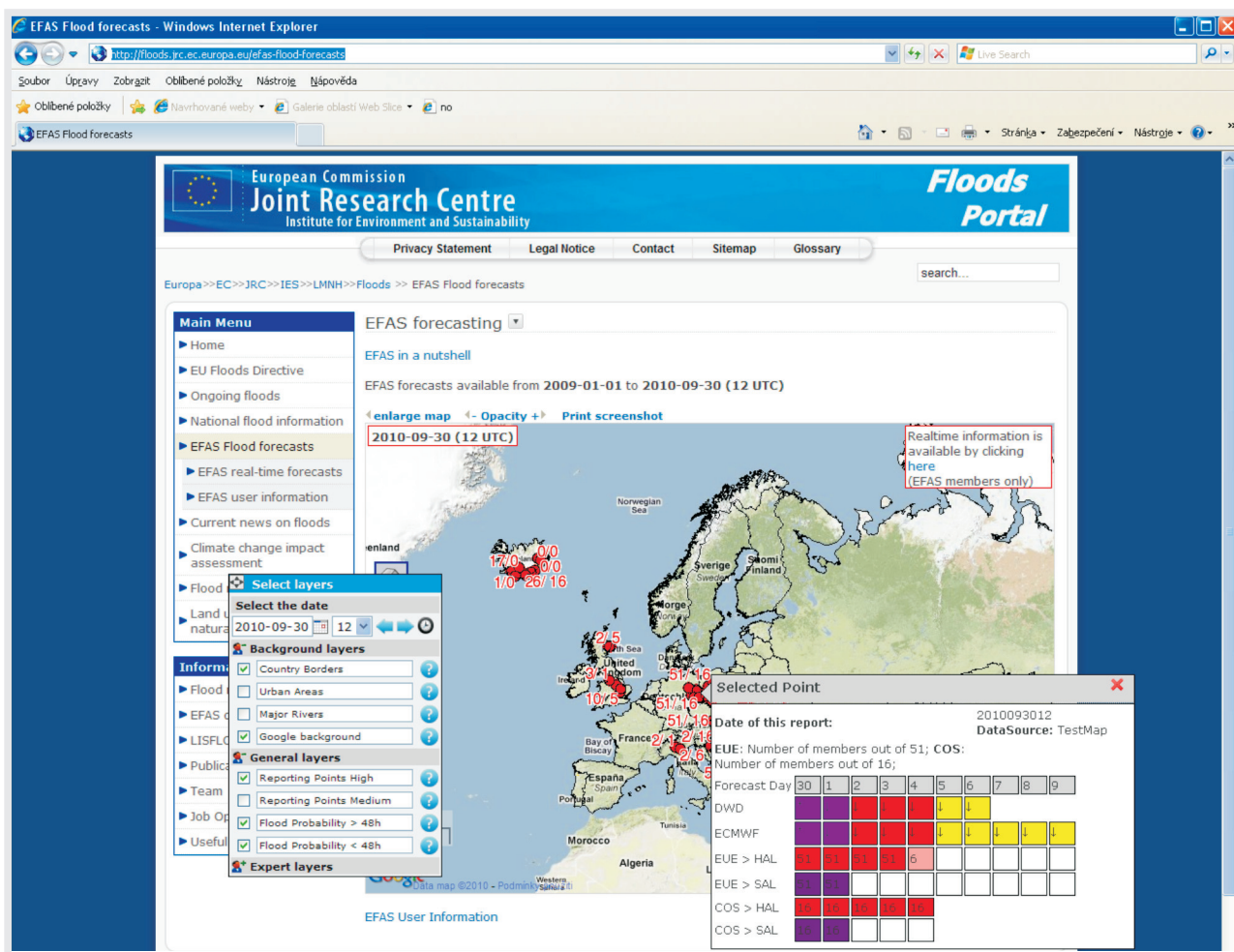
6. Pravděpodobnostní předpovědi ve světě

Pravděpodobnostní předpověď průtoků je prozatím převážně experimentální záležitostí odborných studií. Ve světě bychom tak našli pouze několik málo případů publikování pravděpodobnostních předpovědí pro veřejnost a pro řízení povodní.

Americká National Weather Service <<http://nws.noaa.gov>> provozuje systém střednědobé pravděpodobnostní předpovědi ESP s předstihem 3 měsíců. Tento přístup se osvědčil především v oblastech s výrazným ročním chodem průtoků a tam, kde je před suchým létem nutné vytvořit zásoby ve vodních nádržích.

Podobný přístup pro tvorbu pravděpodobnostních předpovědí na období až jednoho roku dopředu vydává Environmentální institut ve Finsku <<http://www.ymparisto.fi>> zejména pro výšku hladiny vybraných jezer, kde velkou roli hraje množství sněhu v předjaří a také počáteční výška hladiny na konci léta.

EFAS (European Flood Alert System) je vyvíjen a zkušebně provozován výzkumným centrem Evropské Unie JRC v italské Ispře <<http://floods.jrc.ec.europa.eu/>>. EFAS využívá střednědobé meteorologické předpovědi ECMWF (Evropské centrum pro střednědobou předpověď počasí v Readingu ve Velké Británii) a COSMO-LEPS (německého předpovědního modelu). Meteorologické vstupy tak pokrývají období až 15 dnů. Cílem systému EFAS je poskytnout předběžné upozornění na nebezpečný povodňový vývoj pro národní hydrologické služby, (v ČR tedy pro Český hydrometeorologický ústav) tak, aby byly dostatečně připraveny na povodeň a její zvládnutí.



Obr. 6.1 Ukázka mapového uživatelského rozhraní pro prezentaci výstupů systému EFAS. Tabulkově jsou vyjádřeny pravděpodobnosti překročení povodňové úrovně v jednotlivých dnech na základě jednotlivých použitých vstupních meteorologických modelů (DWD – německý předpovědní model, ECMWF – hlavní varianta modelu Evropského centra ECMWF, EUE pravděpodobnostní předpověď ECMWF 51 variant, COS – pravděpodobnostní model COSMO 16 variant). Čísla uvádějí kolik z variant modelu úroveň překračuje (zdroj: <<http://floods.jrc.ec.europa.eu/>>).

Bohužel celý systém poskytuje úspěšnější předpovědi spíše pro velké toky (ostatně jejich vydávání je omezeno pouze na větší řeky). V podmínkách ČR, kde nástup povodně bývá většinou velmi rychlý, dosud neposkytuje významnou přidanou hodnotu. Od roku 2006, od kdy EFAS poskytuje výstrahy ČHMÚ, byly zatím při všech povodních výstrahy o jejich výskytu vydány dříve ČHMÚ, než výstrahy EFAS. V mnoha případech pak systém EFAS povodně vůbec nezachytil (například červen 2006 na Dyji, přívalové povodně v červnu a červenci 2009, nebo povodně na Liberecku v srpnu 2010).

7. Přívalové povodně a možnosti jejich predikce

7.1 Vznik přívalových povodní

Přívalová povodeň vzniká nejčastěji následkem rychlého povrchového odtoku způsobeného přívalovými srážkami. Přívalové srážky jsou srážky o velmi silné intenzitě, zpravidla více než $30 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$. Projevuje se velmi rychlým vzestupem hladiny vody a následně i velmi rychlým poklesem. Vedle intenzity srážek zde sehrává velmi důležitou úlohu schopnost půdního pokryvu vsakovat srážkovou vodu. Tato schopnost infiltrace je primárně ovlivněna jak způsobem využívání území, tak i jeho morfologickými charakteristikami, zejména sklony svahů. Podstatný je rovněž aktuální stav nasycení půdního povrchu předchozími srážkami, kdy se zvyšujícím se stupněm nasycení nad retenční vodní kapacitu půdy schopnost absorpce dalších srážek půdou rychle klesá. Je však důležité zdůraznit, že přívalová povodeň se může vyskytnout i za stavu sucha, kdy na povrchu půd se silnou jílovitou příměsí, příp. na některých polních pozemcích, dochází k tvorbě krusty, která je téměř nepropustná. Přívalová povodeň je pak doprovázena i velmi silnou erozí, což znásobuje škody na majetku. Na trvale nepropustném půdním povrchu, vyskytující se hojně v areálech městské či průmyslové zástavby, je riziko přívalových povodní samozřejmě stálé a vysoké.

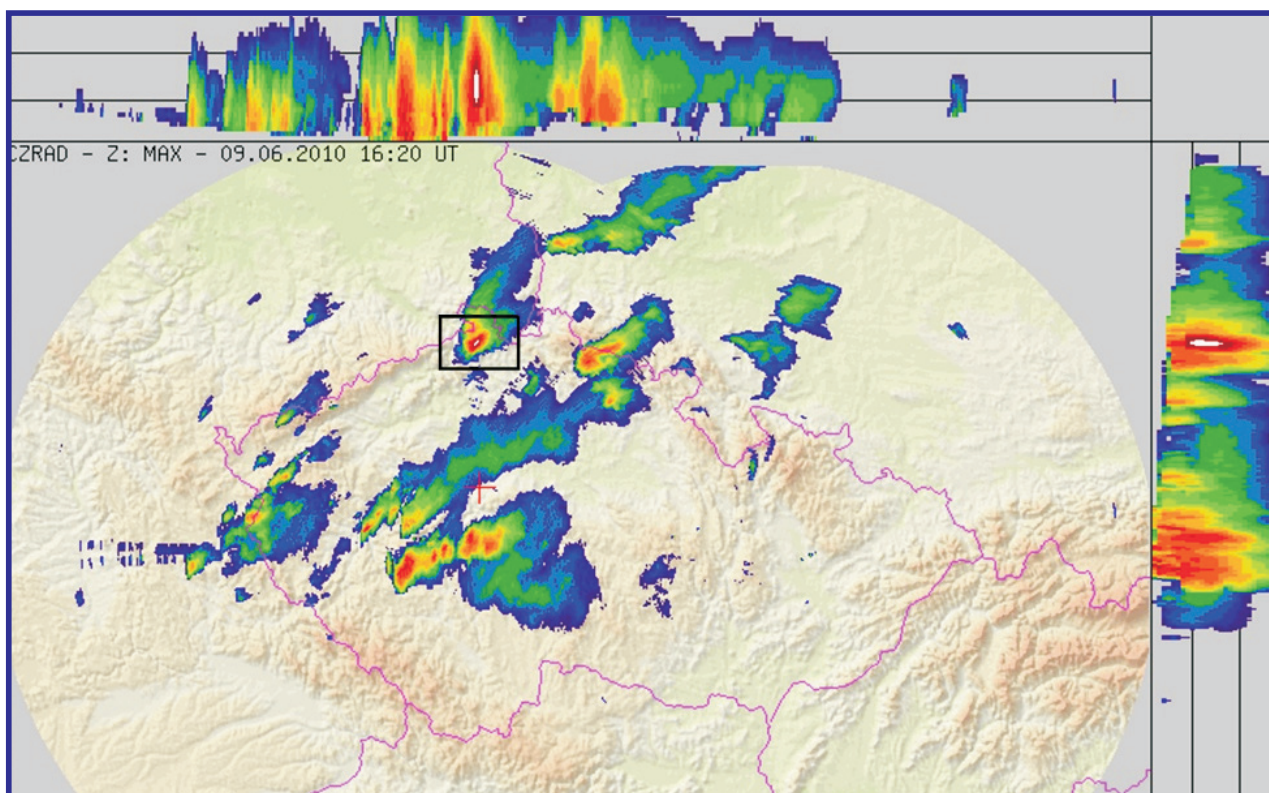
Přívalové srážky postihují zpravidla území o rozloze od několika km^2 po několik desítek, vzácně stovek km^2 . Mohou s kolísavou intenzitou trvat od několika málo minut až po několik hodin. Pro přívalovou povodeň je proto charakteristické to, že může zasáhnout vedle okolí malých vodotečí rovněž za normální situace suchých údolí, příp. území, kde dochází k soustředění povrchového odtoku z okolních svahů. Území pod delšími svahy jsou proto nejrizikovější z hlediska možného vzniku přívalových povodní, a proto např. nevhodný způsob obhospodařování pozemků na těchto svazích riziko zvýšeného odtoku z přívalových srážek velmi umocňuje.

Příčiny a průběh přívalové povodně jsou ilustrovány na obrázku 7.1; přívalové srážky s odhadovanými úhrny více než 100 mm za hodinu způsobily povodeň s dobou vzestupu cca 1 hodina na povodí o velikosti cca 98 km^2 .

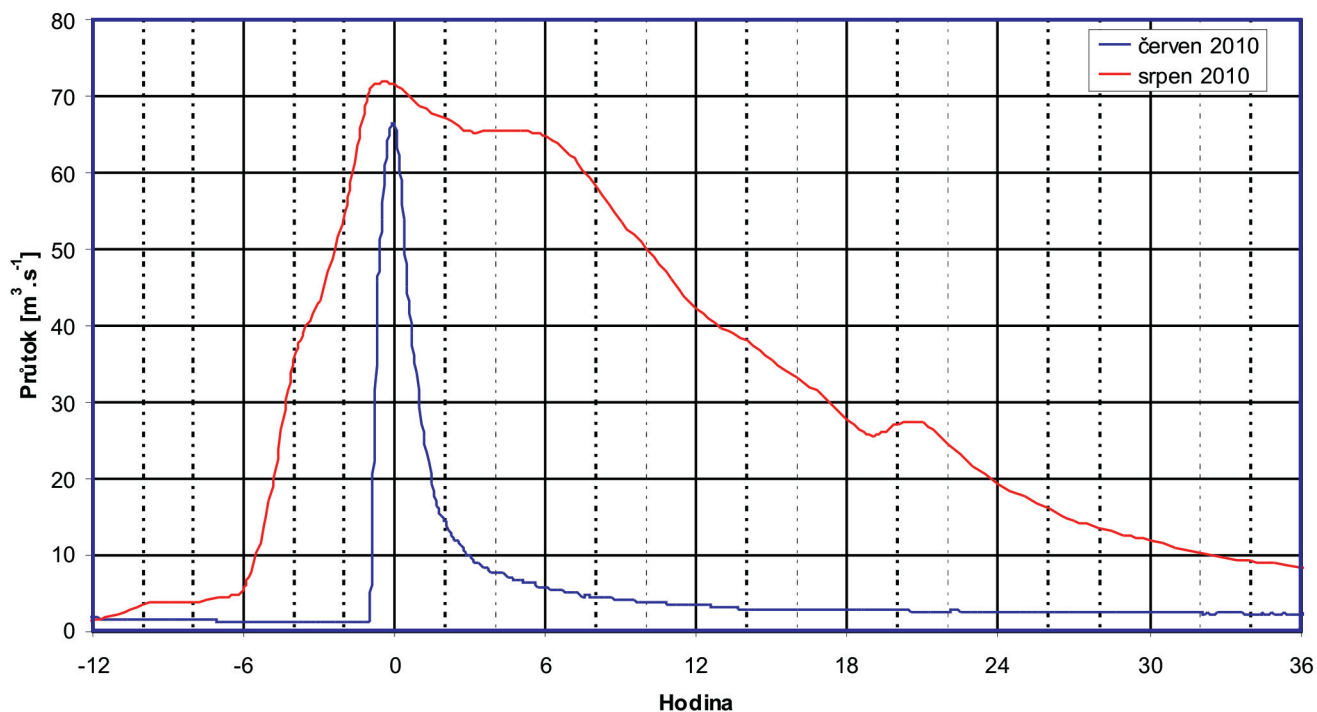
7.2 Predikce přívalových povodní

Možnosti předpovídání přívalových povodní jsou velmi silně omezeny, a to vzhledem k prudké dynamice vývoje konvekční oblačnosti, ze které vypadávají přívalové srážky. I když meteorologické podmínky pro vznik silných přívalových srážek mohou být poměrně úspěšně předpověděny, přesnou lokalizaci výskytu, trvání a intenzitu přívalových srážek, a tím i oblast eventuálního výskytu přívalových povodní pomocí standardních meteorologických modelů (např. ALADIN) predikovat v podstatě nelze.

Z výše uvedených důvodů se předpovědní služba zatím omezuje na stanovování tzv. potenciální míry rizika vzniku přívalových povodní. Vychází se z aktuálního stavu nasycenosti území



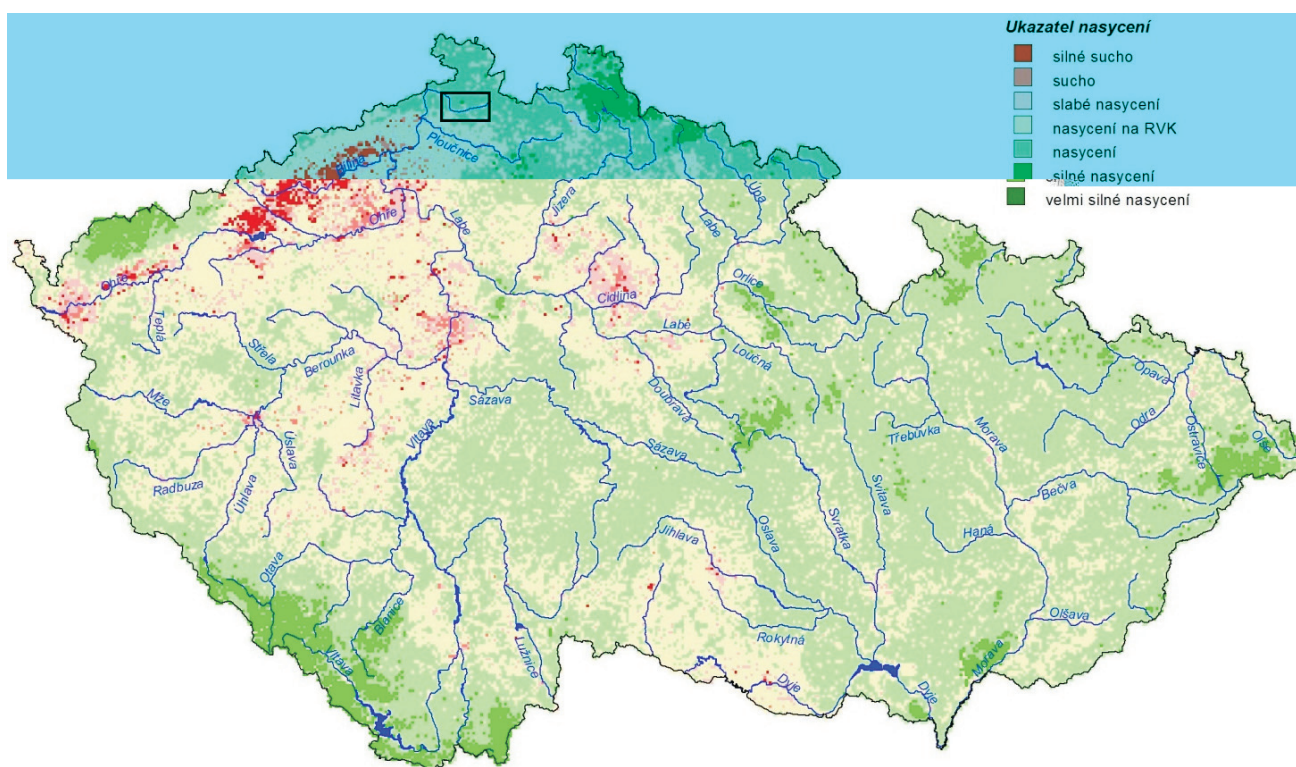
Kamenice – Srbská Kamenice
porovnání průběhu povodně z června a srpna 2010



Obr. 7.1 Situace s výskytem silných přivalových srážek v povodí Kamenice z 9. června 2010 (snímek měření meteorologického radaru, území vyznačeno černým obdélníkem) a odtoková odezva v profilu Srbská Kamenice na Kamenici (graf, modrá čára). Pro ilustraci je zobrazen i průběh povodně ze 7. srpna 2010, která byla způsobena vydatným déletrvajícím deštěm (červená čára).

(povodí), který je vedle fyzicko-geografických charakteristik území (např. sklonových poměrů) směrodatných pro určení potenciálních rizikových srážek daného trvání, anglicky označovaných jako FFG (Flash Flood Guidance), český termín není dosud ustálen, pravděpodobně však bude použito označení „Indikátor přívalových povodní“. Hodnoty FFG jsou definovány jako množství srážek za určitý časový interval, které může způsobit naplnění koryt menších vodotečí.

Na obrázcích 7.2 a 7.3 jsou příklady mapových výstupů prezentujících stav nasycení území a hodnoty potenciálně rizikových srážek (FFG) pro dobu trvání 3 hodiny. Tyto mapy jsou součástí webové prezentace hlásné a předpovědní služby ČHMÚ (obr. 7.4) a mohou sloužit povodňovým orgánům jako podklad pro rozhodování.

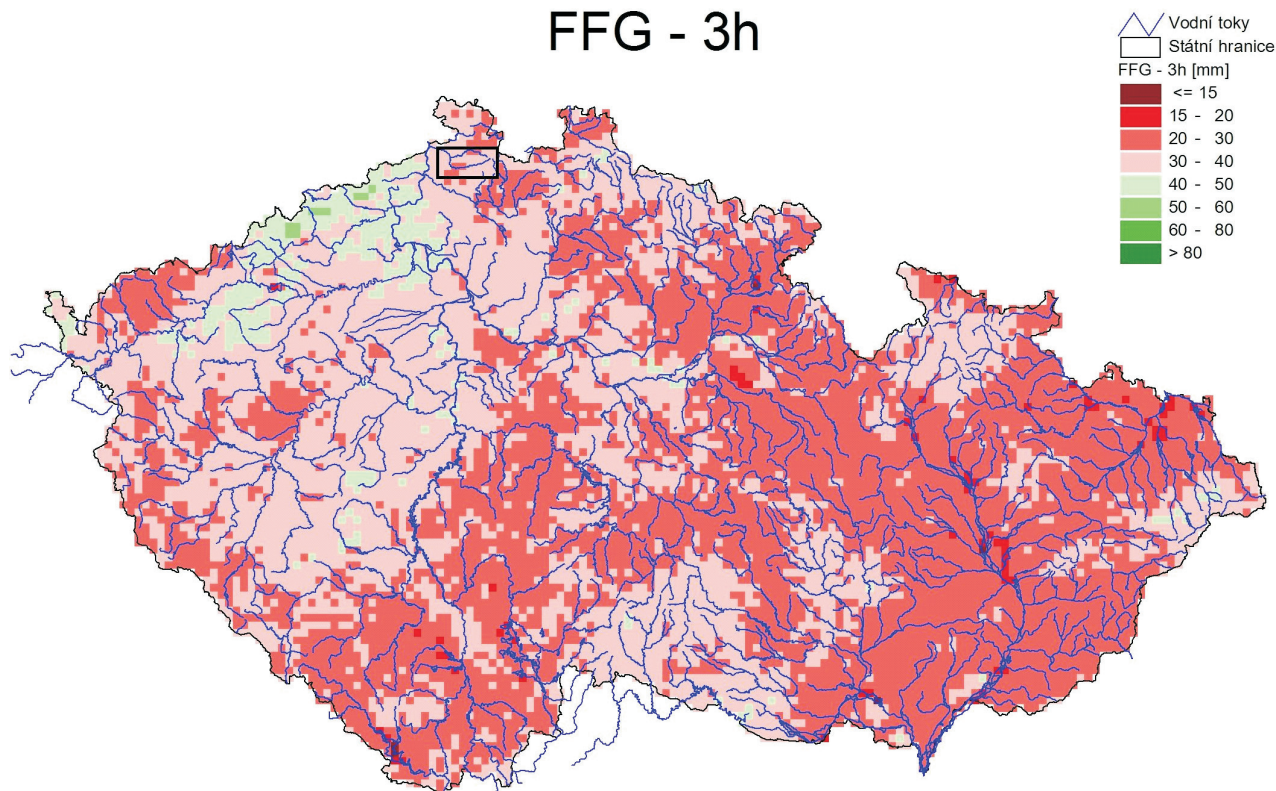


(c) ČHMÚ

Obr. 7.2 Ukazatel nasycení půdy jako index stavu nasycení území ke dni 9. června 2010. Je odvozován ve čtverci území 1x1 km pomocí jednoduchého modelu z denní bilance srážek, odtoku a aktuální evapotranspirace. Obdélníkem je znázorněna oblast, která byla téhož dne večer zasažena silnými přívalovými srážkami. Z mapky je patrné, že zmíněné území bylo nasyceno nad retenční vodní kapacitu, z čehož je možné usuzovat na menší schopnost půdy a půdního povrchu infiltrovat srážkovou vodu.

Určitou možností pro predikci výskytu přívalových povodní, avšak s poměrně malou dobou předstihu (od několika minut až po cca 2 hodiny), je využívání aktuální informace o spadlých srážkách z meteorologických radarů, jejichž měření pokrývá plošně celé území ČR a může tudíž podchytit i významné srážky, které nebyly zachyceny sítí srážkoměrných stanic. Sledování radarových odrazivostí v době výskytu bouřek je součástí povinností předpovědních pracovišť ČHMÚ, které v případě výskytu

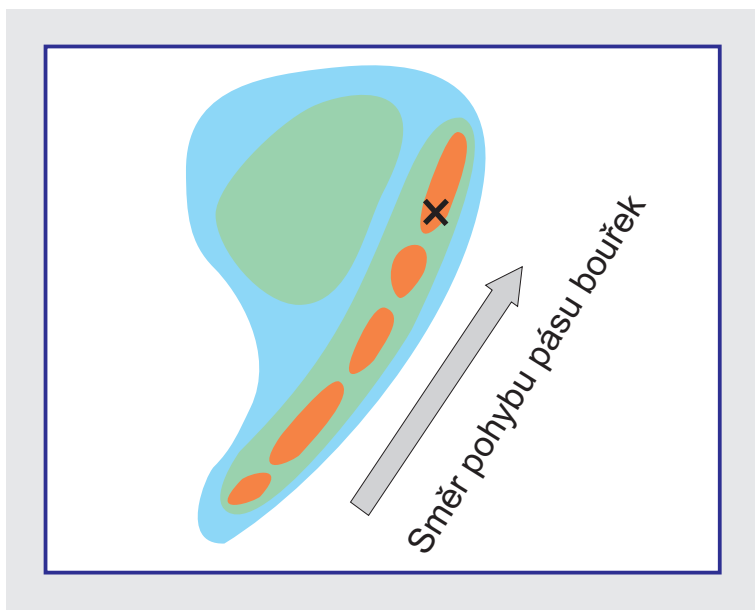
FFG - 3h



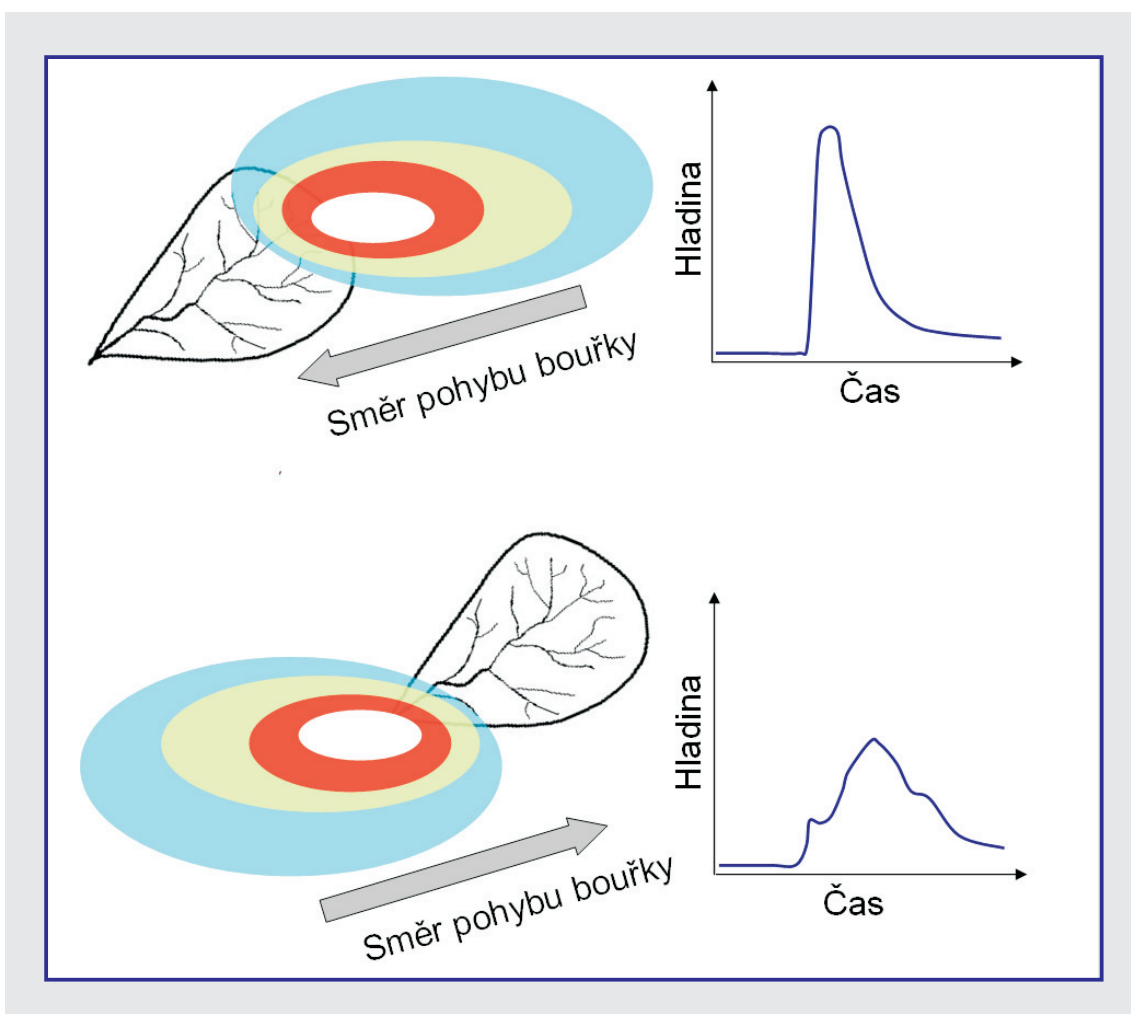
Obr. 7.3 Hodnoty potenciálně rizikových srážek (FFG) s dobou trvání 3 hodiny pro 9. červen 2010. Jsou odvozovány ve čtverci území 3x3 km pomocí jednoduchého srážkoodtokového modelu, s nastavenou prahovou hodnotou odpovídající specifickému odtoku, s dobou opakování 2–5 let. Je zřejmé, že tyto hodnoty v povodí Kamenice se pohybovaly od 30 do 40 mm, tudíž přívalová srážka s intenzitou $100 \text{ mm} \cdot \text{h}^{-1}$, která se vyskytla ve večerních hodinách, tento limit překonala.

nebezpečné bouřky vydávají výstražnou informaci. Meteorologický radar však může sledovat kdokoliv prostřednictvím webových stránek uvedených v kapitole 1; identifikace nebezpečí vzniku přívalové povodně ale není triviální. Rizikovými faktory jsou zejména:

- **Intenzita srážek v bouřce** – na radarové mapě zobrazena podle barevné škály.
- **Rychlost pohybu bouřek** – čím pomalejší pohyb, tím větší riziko.
- **Řetězový efekt** – přechod několika bouřek v těsném sledu přes jedno povodí. Tyto bouřky nemusí být extrémně silné, a tedy ani na snímcích meteorologického radaru nejsou v té nejvýraznější barevné škále (fialová až bílá).
- **Synergie pohybu bouřek se směrem odtoku vody v povodí** – postupují-li bouřky po směru odtoku vody z povodí, je riziko povodně vyšší než při jejich opačném pohybu.

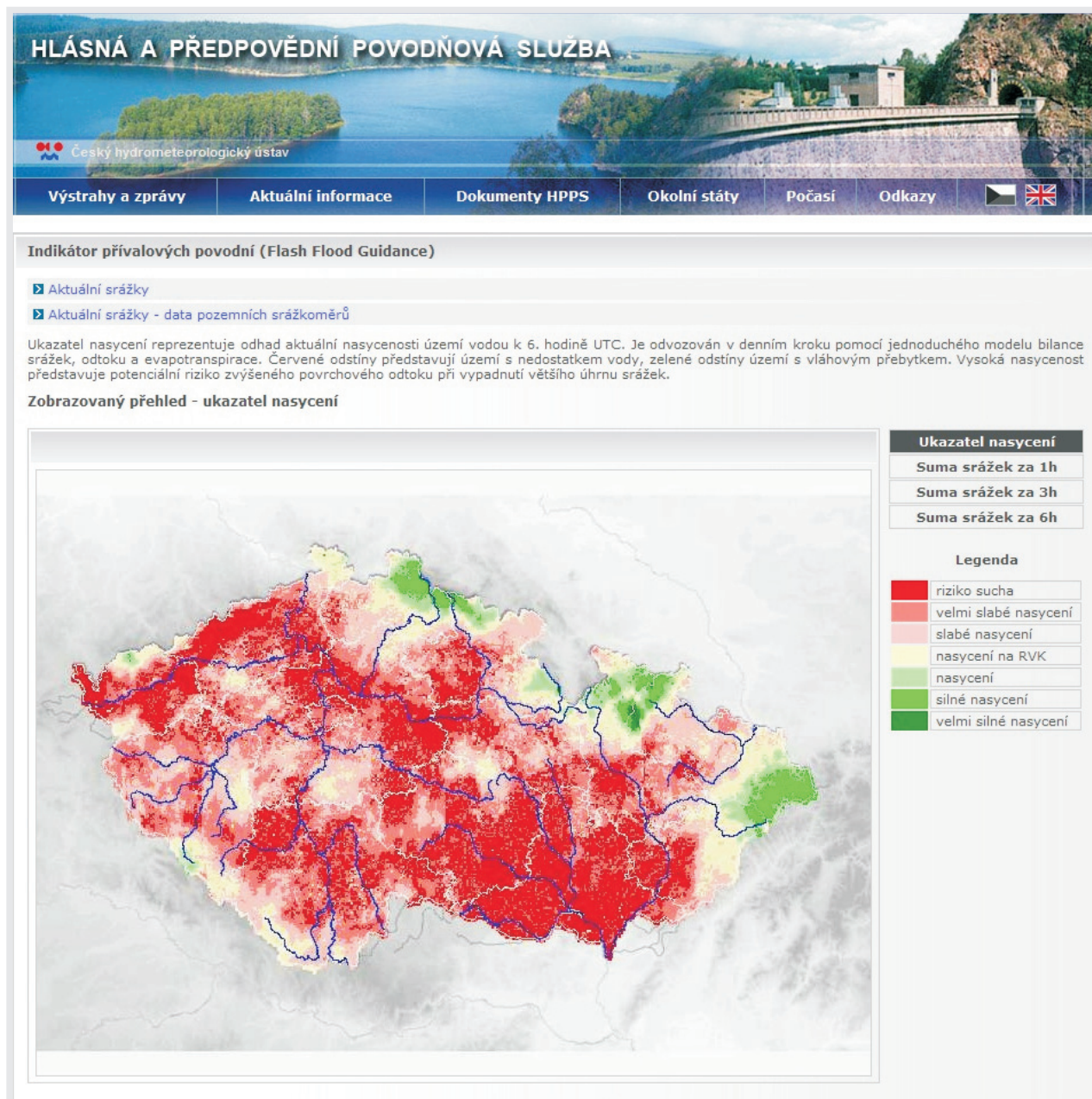


Obr. 7.4 Typické uspořádání bouřkových jader při řetězovém efektu.



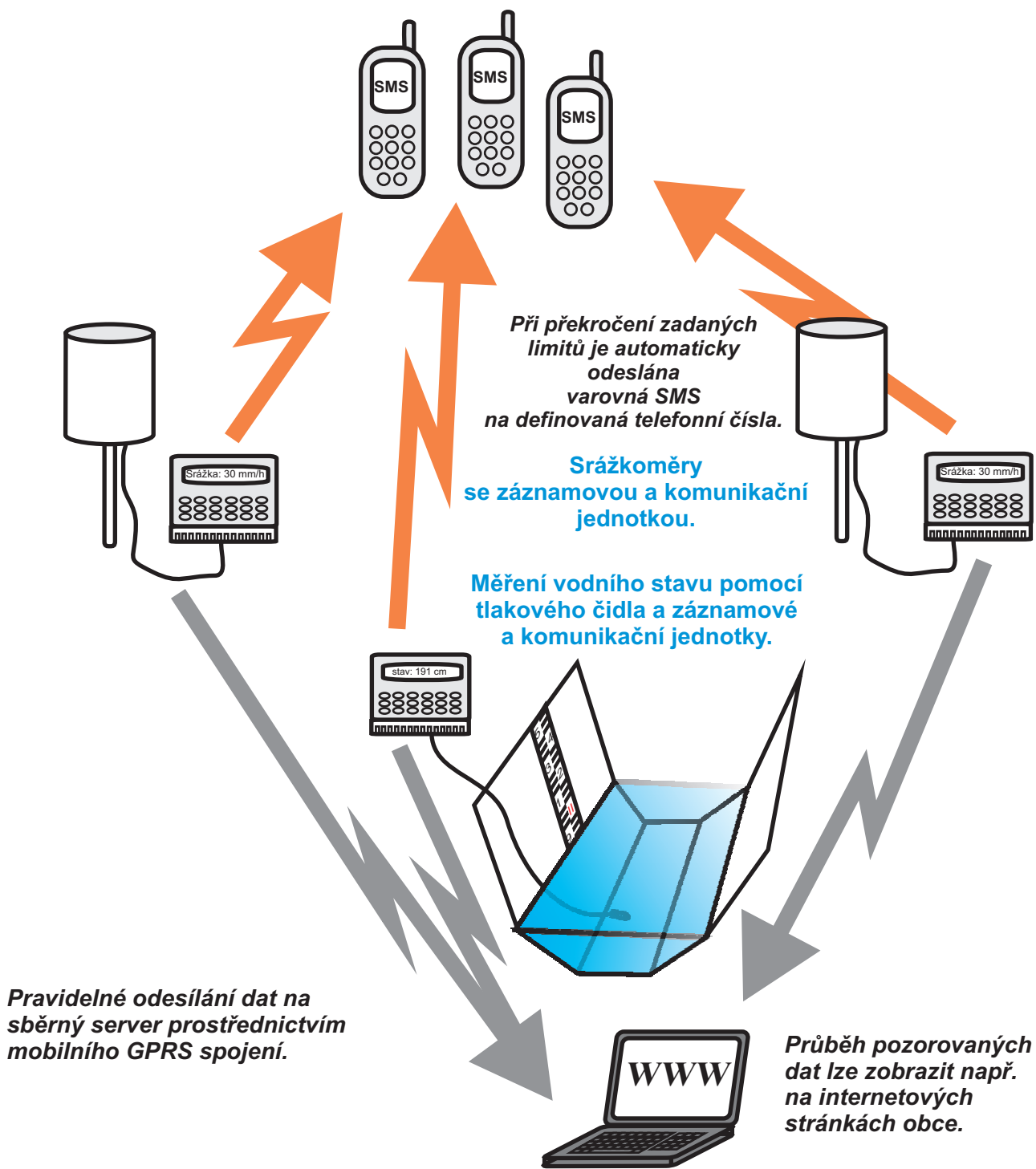
Obr. 7.5 Rozdíl tvaru povodňové vlny při různém pohybu bouřky přes povodí.

Sofistikovanějším přístupem je využití jednoduchého srážkoodtokového modelu a krátkodobé předpovědi srážek (tzv. nowcastingu) pro stanovení míry rizika na malých a menších povodích (s plochou do cca 100 km²), a to i v úsecích toků, kde přímo nepršelo, ale povodeň se tam dostala dotokem vody z horních partií povodí. Tento nástroj je vyvíjen na ČHMÚ.



Obr. 7.6 Na stránkách hlásné a předpovědní služby ČHMÚ (hydro.chmi.cz) jsou denně aktualizovány informace o aktuálním nasycení území ČR a suma potenciálně nebezpečného úhrnu srážek (za 1 h, 3 h a 6 h) pro vznik významnějšího odtoku.

Pro účely včasného varování před přívalovými povodněmi mohou dobře posloužit i lokální varovné systémy (LVS), které si zřizují samy obce nebo vyšší samosprávné celky. LVS se zpravidla skládají z několika strategicky rozložených srážkoměrů na celé ploše povodí a jedné nebo více vodoměrných stanic. Varování se generuje automaticky při překročení kritického úhrnu srážek. Protože tento kritický úhrn se dynamicky mění podle nasycenosti povodí, je možné k jeho stanovení využít mapy FFG, které pro tyto účely připravuje ČHMÚ.



Obr. 7.7 Funkční schéma lokálního výstražného systému.



Další informace a produkty hydrologické předpovědní služby České republiky jsou dostupné na stránkách hlásné a předpovědní povodňové služby <<http://hydro.chmi.cz>>, a to pod záložkou: Jak rozumět předpovědi, v menu Dokumenty HPPS. Na těchto stránkách lze mimo jiné nalézt vyhodnocení významných povodňových událostí v České republice.

PRŮVODCE INFORMACEMI PRO POVODŇOVÉ ORGÁNY

Vydalo Nakladatelství Český hydrometeorologický ústav

Praha 2011

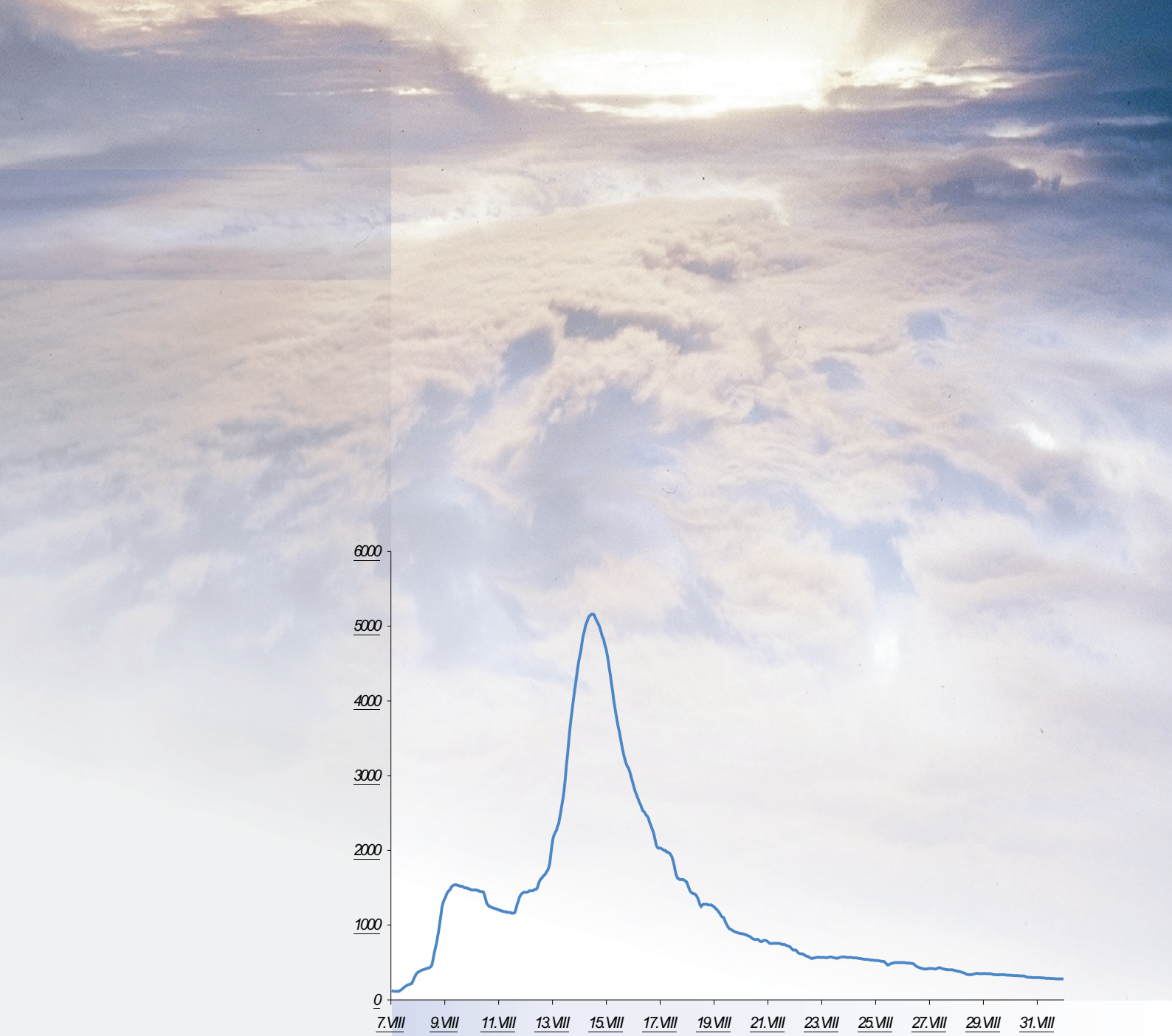
Odpovědný redaktor RNDr. Radek Čekal, Ph.D.

Grafická úprava Hana Kujanová. Foto Ing. Libor Elleder, Ph.D.

1. vydání, 32 stran, náklad 3 000 výtisků

Vytiskla Tiskárna Kaliba s. r. o., U Domu služeb 166/5, 143 00 Praha 4-Modřany

ISBN 978-80-86690-93-3



Povodně v srpnu roku 2002





ISBN 978-80-86690-93-3