VYHODNOCENÍ SNĚHOVÝCH ZÁSOB A ODTOKU Z TÁNÍ V BŘEZNU ROKU 2005 V ČR

Jan Daňhelka, Pavla Řičicová

V průběhu února a března 2005 došlo v České republice k akumulaci relativně velkého množství vody ve formě sněhové pokrývky. Následně vznikly obavy z možnosti vzniku velké povodně v případě prudkého jarního tání. Z toho důvodu ČHMÚ zpracoval několik podrobných analýz sněhových zásob a možností vzniku jarních povodní, které byly podkladem pro uklidnění a pragmatické řešení nastalé situace. Příspěvek hodnotí sněhové zásoby a proběhlé tání v březnu 2005.

Klíčová slova: jarní povodně, sněhové zásoby, vodní hodnota sněhu, Česká republika

Evaluation of the snow cover and snow melting runoff in the Czech Republic in March 2005. *Snow water equivalent of the snow cover accumulated in the Czech Republic reach relatively high values in February and March 2005. Therefore the possibility of development of great snow melting flood was largely discussed in media and general public. CHMI analyzed the situation and prepared special reports on snow cover development and expected snow-melting runoff. These analyses showed that the probability of extreme flood is very low and were very valuable in preparation for flood. This article brings the evaluation of the situation from the point of view of snow cover and melting flood in March 2005.*

Key words: snow melting floods, snow cover, snow water equivalent, Czech Republic

---

ÚVOD

Průběh zimního období 2004/05 byl mimořádný z hlediska množství sněhových zásob, které v první polovině března dosáhly relativně velkých hodnot. Právě výrazně nadprůměrné množství sněhu vedlo k obavám z možného rozsáhlého a prudkého tání a tedy z nebezpečí vzniku povodňové situace.

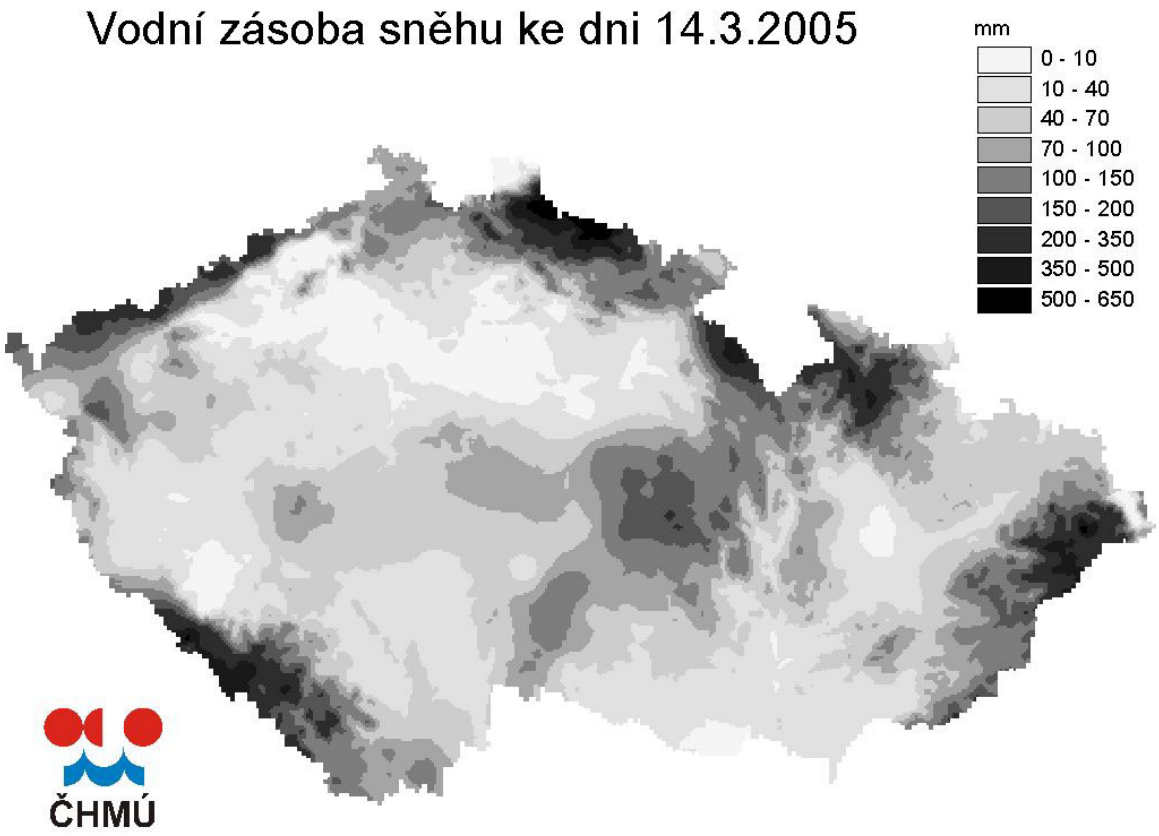
SNĚHOVÉ ZÁSOBY

ČHMÚ operativně měří a zpracovává informace o zásobě vody ve sněhové pokrývce na více než 300 místech v ČR jedenkrát týdně. Měření je pravidelně vyhodnocováno a počítá se množství vody akumulované ve sněhové pokrývce na určitém území (většinou jde o povodí významných nádrží, např. Lipno, Orlík, Nechranice, Vranov apod.). Tyto informace jsou pravidelně předávány státním podnikům Povodí a jejich dispečinky zohledňují tyto informace při rozhodování o preventivním prázdnění nádrží.

Zima 2004/05 byla charakteristická malým množstvím sněhu v průběhu prosince a počátku ledna. Ještě v polovině ledna se vyskytlo období výrazně nadnulových teplot s denními maximy přes 10°C. Sněhová pokrývka tak přetrvala pouze v horských polohách (nad 1000 metrů). Následně došlo k odtokové situaci způsobené dešťovými srážkami ve dnech 20. až 21.1.2005 s dosažením až 3. SPA na Radbuze. Další odtoková událost se odehrála ve druhé únorové dekádě, kdy byly dosaženy 3. SPA na Teplé Vltavě, Lužnici, Sázavě, Mži Radbuze, Klabavě, Úslavě a dolním Labi, přitom u menších toků byl průběh často komplikován ledovými jevy. Následně v únoru a na počátku března došlo k několika přechodům frontálních systémů, které přinesly vydatné srážky ve formě sněžení i do středních a nižších poloh. Díky faktu, že nedošlo k dalším obdobím oteplení a roztátí akumulovaného sněhu, celkové zásoby vody ve sněhové pokrývce neustále rostly a sníh přetrvával i ve středních a nižších polohách.

Maximálních hodnoty množství sněhu a vodní hodnoty sněhu byly naměřeny v pondělí 14.3.2005. Většinou šlo o největší sněhové zásoby naměřené a vyhodnocené od roku 1968. Poté došlo k oteplení

spojeném s vypadávání dešťových srážek, což mělo za následek prudké snižování sněhových zásob a to především ve středních a nižších polohách.

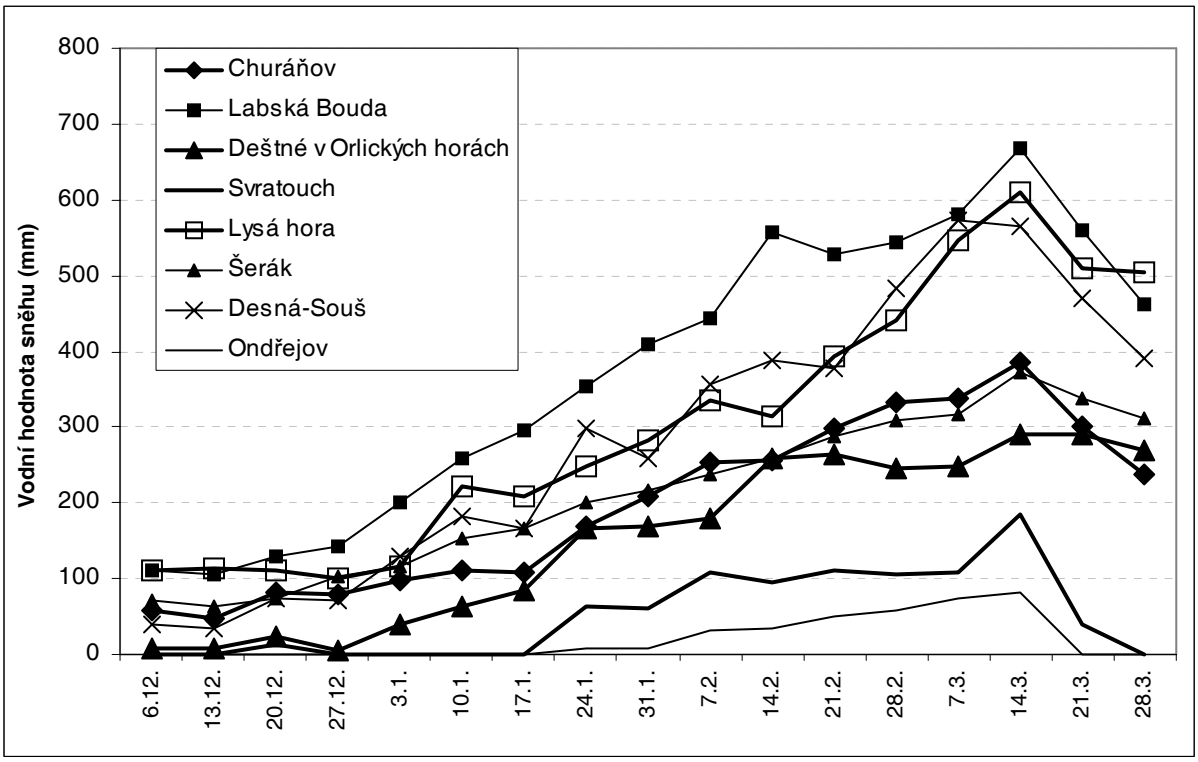


Obr. 1 Vodní hodnota sněhu k 14.3. 2005

Fig. 1 Snow water equivalent (14th of March 2005)

V průběhu hlavní odtokové reakce (v týdnu od 14.3. do 21.3.2005) došlo k roztátí a odtoku velké části akumulovaného sněhu na území ČR. Odtál především sníh ležící ve středních a nižších polohách. Zatímco v úterý 15.3.2005 byla sněhem pokryta většina našeho území s výjimkou Polabí, dolního Poohří a moravských úvalů (tedy nejnižších částí našeho území). O šest dní později 21.3.2005 se sněhová pokrývka udržovala již pouze v horských polohách (Jizerské hory, Krkonoše a podkrkonoší, Orlické hory, Jeseníky, Beskydy, Šumava, Krušné hory a vrcholové oblasti Českomoravské vrchoviny).

Množství vody akumulované ve sněhu za zmiňované období pokleslo v nižších a středních polohách o 60 až 100 %, v horských oblastech úbytek činil většinou 5 až 30 %. Celkové zásoby v jednotlivých hodnocených povodích poklesly o 39 až 100 % (VD Lipno o 39 %, VD Orlík o 67 %, povodí Berounky o 83 %, Labe po Přelouč 59 %, VD Nechranice o 59 %, VD Vranov 100 %, VD Šance o 18 %). Zásoby sněhu ve vyhodnocovaných povodích tak poklesly většinou na zanedbatelné, nebo pro jarní období normální hodnoty. Celkově na území ČR poklesla průměrná vodní hodnota sněhové pokrývky ze 67 mm na 24 mm, odtálo tedy téměř 65 % celkových sněhových zásob.



Obr.2 Průběh pozorovaných vodních hodnot sněhu na vybraných stanicích.

Fig. 2 Course of observed Snow water equivalents in selected meteorological stations

MOŽNOSTI VZNIKU VELKÝCH JARNÍCH POVODNÍ

Velké sněhové zásoby v povodí nejsou samy o sobě jednoznačnou příčinou vzniku velkých povodní. Na průběh tání a formování jarních povodní mají velký vliv další faktory, především vývoj a rozdělení nárůstu teplot vzduchu (v čase, ploše i nadmořské výšce) a vývoj a rozdělení dešťových srážek, pokud se vyskytnou ve větší míře během tání. Důležitým faktem je rovněž skutečnost, že voda akumulovaná ve sněhu nikdy neodteče všechna (část sublimuje, či se vypaří, část doplňuje zásobu podzemních vod).

Většina velkých jarních povodní byla způsobena táním sněhu v kombinaci s intenzivními dešťovými srážkami. Navíc pro vznik velkých povodní jsou rozhodující zásoby sněhu v nižších a středních polohách (které nedosahovaly extrémních hodnot). Příznivým faktorem v březnu 2005 bylo, že půda pod sněhem nebyla promrzlá. Před napadnutím sněhu totiž převládaly výrazně nadnulové teploty.

Velkoplošné extrémní zimní povodně postihující celé povodí Vltavy, respektive Labe se vyskytly v historické době zejména v 18. a v první polovině 19. století. Například v Praze na Vltavě byly s kulminací povodně dosahující 100 l.p. zaznamenány v letech 1784, 1845 a také v roce 1862. Ve všech těchto případech byly podmínky vedoucí k povodním mnohem nepříznivější než v březnu 2005. V uvedených letech došlo před napadnutím sněhu k hlubokému promrznutí půdy a tak téměř veškerá tající voda ze sněhu přímo po povrchu odtékala, aniž by docházelo k její infiltraci. Zmiňované povodně se pak zejména vyznačovaly extrémním množstvím sněhu akumulovaným v nižších a středních polohách (několikanásobně větším než v roce 2005), který naráz roztál při intenzivních dešťových srážkách.

Za posledních 50 let úroveň neškodného průtoku Prahou (1500 $m^3.s^{-1}$) překročila pouze jediná zimní povodeň v roce 1981 – extremita kulminace přitom dosáhla 5-leté povodně (l.p.). Největší zimní povodeň ve 20. století se vyskytla v roce 1940 (cca 3200 $m^3.s^{-1}$ – téměř 50 l.p.), tedy ještě v době neexistence nádrží Vltavské kaskády. Kaskáda v současné době, kromě zachycení části povodňové vlny, pozitivně působí také na eliminaci problémů s ledovými krami a bariérami.

HYDROMETEOROLOGICKÁ SITUACE V BŘEZNU 2005

Od 14. března začala nad jižní Evropou mohutnět oblast vysokého tlaku vzduchu, po jejíž severní straně k nám postupně začal proudit teplejší vzduch od západu až jihozápadu a naše území jen velmi okrajově ovlivňovaly frontální systémy postupující z Atlantiku přes západní Evropu dále k severovýchodu. Vliv tlakové výše nad jižní Evropou se projevil především úbytkem srážek a postupně rovněž úbytkem oblačnosti, což spolu s teplejším západním prouděním mělo za následek vzrůst průměrných denních teplot od 14. do 18. března z hodnot kolem 0°C na teploty mezi 5 až 8°C (maximální denní teploty se 18. března pohybovaly mezi 10 až 18°C). Takovýto rychlý nárůst teplot znamenal poměrně rychlé odtávání bohaté sněhové pokrývky nejen v nížinách, ale vzhledem ke kladným maximálním denním teplotám také na horách.

Odtoková situace

Na území ČR došlo ve třetím březnovém týdnu ke všeobecnému zvýšení průtoků. Přitom na tocích horského charakteru (Labe v Labské, Úpa, Teplá Vltava, Černá, Vydra, nejhořejší Morava) byly maximální dosažené vodnosti malé, většinou na úrovni 30-denního průtoku*. Zde se projevila schopnost velké vrstvy sněhu akumulovat vodu z dešťových srážek a z tající povrchové vrstvy sněhové pokrývky. Relativně malá vodnost (60-denní průtok) byla zaznamenána také na Mrlině, tedy na toku, který jako jediný ze sledovaných toků patřil z velké své části před povodní k území bez sněhové pokrývky.

Maximální stavy byly zaznamenány na horských a menších tocích většinou v noci z pátku (18.3.) na sobotu (19.3.), či v průběhu soboty, na větších tocích pak v průběhu neděle (20.3.) až pondělí (21.3.).

Celkově v průběhu povodně byly dosaženy maximálně průtoky odpovídající 5-leté vodě, pouze ojediněle v povodí Sázavy, Moravy a Dyje byly zaznamenány 10-leté vody.

V **povodí Labe** byly relativně největší průtoky podle doby opakování kulminačního průtoku (5-letá voda) zaznamenány na Metuji v Maršově nad Metují, Tiché Orlici v Dolních Libchavách, Výrovce, Lužnici v Pilaři, Nežárce v Lásenicích, Skalici ve Varvažově, Želivce v Poříčí a Teplé v Březové. Na Sázavě ve Zruči nad Sázavou byl zaznamenán maximální průtok odpovídající 10leté vodě. Nejvíce postiženy tedy byly toky a úseky ve středních nadmořských výškách. Na ostatních tocích byly zaznamenány kulminace do 2-leté vody, nebo nižší..

V **povodí Odry** byly maximální dosažené průtoky na úrovni 2-leté vody nebo nižší. Výjimkou byla pouze Stěnava v Otovicích s 5-letým průtokem.

V **povodí Moravy a Dyje** dosáhly maximální průtoky úrovní do 5-leté vody. V horní části povodí Moravy (Moravská Sázava, Třebůvka a Morava v Moravičanech), dále na Moravě ve Strážnici a na Dyji nad VD Vranov (Moravská Dyje a Dyje v Podhradí) kulminační průtoky odpovídaly 10-leté vodě.

Vzhledem k rozložení sněhových zásob a charakteru oblevy byly všeobecně dosaženy **stupně povodňové aktivity** na většině sledovaných toků. Výjimkou byly jen některé horské toky (např. Úpa, horní Jizera, Malše, horní Otava, Desná a nejhořejší Labe a Morava) a úseky ovlivněné provozem vodních děl (např. Ohře pod Skalkou a Nechranicemi, Vltava pod Lipnem, střední Vltava, Mže, Dyje ve Vranově, Svratka ve Víru aj.).

Třetí stupně povodňové aktivity byly zaznamenány ve 31 stanici sledované ČHMÚ - v povodí Tiché Orlice a na spojené Orlici, na Labi v Němčicích, Chrudimce v Nemošicích, Nežárce a dolní Lužnici, na Sázavě, dolní Střele, dolním Labi, horní Ploučnici, Opavě v Opavě, Stěnavě, Lužické Nise v Hrádku nad Nisou, na horní Moravě (s výjimkou Raškova) a jejích přítocích (s výjimkou Desné), na Moravě ve Strážnici a v celém povodí Dyje s výjimkou vlastní Dyje pod VD Vranov, Svratky ve Víru a Jihlavy v Mohelnu.

ČINNOST ČHMÚ PŘED A V PRŮBĚHU POVODNĚ

ČHMÚ před a v průběhu povodně zabezpečoval předpovědní povodňovou službu v souladu se zněním zákona o vodách č. 245/2001 Sb. a Metodického pokynu MŽP o Hlásné a předpovědní povodňové službě.

Před a v průběhu povodně ČHMÚ vydával výstražné a informační zprávy o hydrometeorologické situaci v rozsahu přesahujícím jejich běžnou formu. Velká pozornost byla věnována zejména analýze sněhových zásob, včetně srovnání s historickými povodněmi a událostmi, a modelování možných scénářů odtoku. Pro účely této zprávy bylo provedeno speciální měření vodní hodnoty sněhu ve čtvrtek 17.3. 2005.

První analýza pro interní potřebu byla vypracována již na konci února. V souvislosti s dalším růstem množství sněhových zásob a se vzrůstajícími obavami z možného nebezpečného vývoje hydrometeorologické situace ČHMÚ vypracoval a vydal 11.3.2005 rozsáhlou informační zprávu.

Ta obsahovala především popis stávajícího stavu sněhových zásob a nasycenosti povodí, vysvětlení principu vzniku a možné nebezpečnosti jarních povodňových situací a shrnutí výsledků provedených modelových simulací, které ukazovaly na fakt, že při běžných srážkových úhrnech spojených s oteplením, nehrozil vznik plošně rozsáhlé extrémní povodně. Simulace poskytly výsledky s maximálními průtoky většinou v rozmezí 1 až 5-leté povodně, maximálně pak až 20-leté povodně. Při extrémních dešťových srážkách (v tomto období velmi málo pravděpodobných) byl simulován přítok do vodního díla Orlík na úrovni 50-leté povodně. Ukázka provedených a prezentovaných simulací možného teoretického vývoje tání pro přítok VD Orlík, Orlici v Týništi je v příloze. Tato zpráva byla poskytnuta orgánům a organizacím zainteresovaným v protipovodňové ochraně, médiím a prostřednictvím internetových stránek ČHMÚ i široké veřejnosti.

S Povodím Vltavy s.p. byla navíc celá situace podrobně konzultována s cílem co nejlepšího využití volných prostorů vodních děl v povodí. Z toho důvodu byly Povodí Vltavy poskytnuty výsledky všech provedených simulací v celém povodí Vltavy výrazně přesahující rámec oficiálně vydávaných zpráv.

Bohužel v některých případech došlo k nepřesné interpretaci vydaných zpráv a do médií tak pronikla například informace o očekávané 50-leté povodni na Vltavě v Praze.

Poté v období 15. až 23.3.2005 následovalo vydání dalších 16 informačních zpráv o hydrometeorologickém vývoji. Přitom zprávy z 15.3. a 18.3. obsahovaly opět výrazně rozšířené informace o stávajících sněhových zásobách a předpokladech odtoku v důsledku oteplení. Zpráva z 22.3. pak již obsahovala první stručné zhodnocení průběhu celé povodně, opět s informacemi o sněhových zásobách a dosažených průtocích.

Před vlastní hlavní odtokovou vlnou bylo dne 18.3.2005 vydáno Upozornění č. 17/05 a dne 19.3.2005 pak Výstraha č. 04/05 informující o nebezpečí dosažení až 3. SPA na celém území ČR.

HYDROLOGICKÉ PŘEDPOVĚDI

Vzhledem k značným sněhovým zásobám, které se vyskytovaly od února na území naší republiky, a to nejenom v horských oblastech, ale i v podhůřích a nížinách a dále i k výskytu ledových jevů na tocích, byly předpoklady, že může dříve nebo později dojít ke komplikacím spojeným s táním sněhu. Z tohoto důvodu již od druhé poloviny února do poloviny března celkem třikrát provedla hydroprognózní pracoviště simulace předpokládaných odtoků na základě stávajících podmínek povodí (zásoby vody ve sněhu, procento pokrytí povodí sněhem, nasycenost půdy, průtoky v tocích) a zvolených variant „budoucích“ srážek a teplot. Na základě zkušeností meteorologů a hydrologů byly voleny dvě varianty srážek.

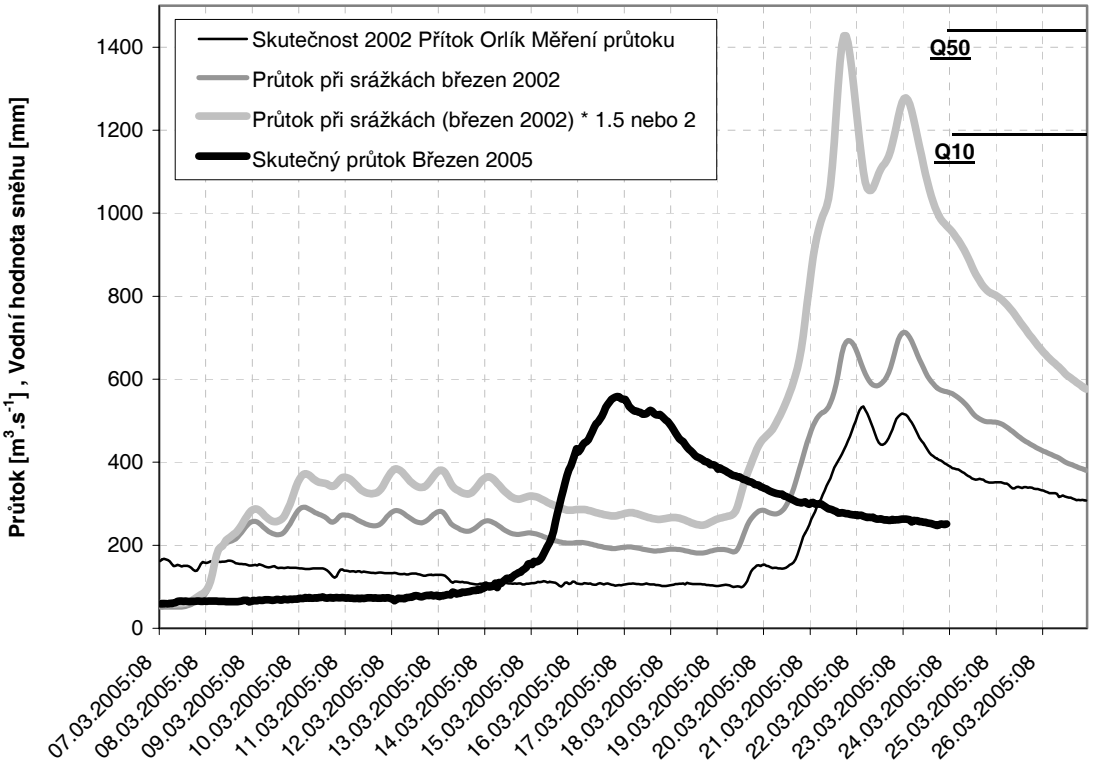
- „reálná“ varianta představovala velké srážky, které mohou v tomto ročním období nastat

- „maximální“ varianta byla zvolena na úrovni 1,5 až 2 násobku „reálných“ srážek.

Třetí možnost, která se nakonec uskutečnila, tání sněhu jen v důsledku relativně vysokých teplot a malých srážek, simulována nebyla.

Z hlediska průtoků byly při „reálné“ variantě, se srážkami od 40 mm pro nižší polohy až po 100 mm v horských oblastech za cca dva dny při teplotách 8 až 12 °C, dosahovány u všech provedených simulací 2. a 3. stupně povodňové aktivity. Z hlediska extremity simulované kulminační průtoky dosahovaly v povodí Labe nejčastěji 1 až 10 l.p., což se v průběhu skutečné povodně potvrdilo, i když vstupní hodnoty byly poněkud jiné – maximální teploty byly vyšší a úhrny srážek naopak menší. V povodí Moravy a Dyje na úsecích neovlivněných nádržemi simulované kulminační průtoky dosahovaly 5 až 20 l.p. Obdobné výsledky pak poskytly i simulace provedené na tocích v povodí Odry.

Varianta s maximálními srážkami, kdy simulace kulminačních průtoků byly na úrovni 5 až (výjimečně) 100-letých průtoků, představovala jakýsi teoretický horní limit.



Obr. 3 Ukázka provedených teoretických simulací a skutečného průběhu povodně pro přítok VD Orlík

Fig. 3 Theoretical simulations and observed inflow of Orlík reservoir

Takto spočítané odhady maximálních průtoků byly předávány vodohospodářským orgánům.

Vyhodnocování zásob vody ve sněhové pokrývce pro významná vodohospodářská díla, stejně tak i pro závěrové profily toků pramenících na horách, je dnes již běžnou rutinou a provádí se pravidelně vždy v pondělí v období se sněhovou pokrývkou. Tyto informace jsou pravidelně předávány státním podnikům Povodí a jejich dispečinky berou tyto informace v úvahu při rozhodování o preventivním prázdnění nádrží.

Vstupem do výpočtů jsou údaje o vodní hodnotě sněhu naměřené v síti stanic ČHMÚ (cca 300), ale v posledních letech jsou brány v úvahu i hodnoty získané ve 14, převážně horských nebo podhorských

stanicích, kde se měří v tzv. „profilech“, ve více bodech na volném prostranství i v lese. Tyto údaje mají pro výpočty mnohem větší reprezentativnost než jednobodová měření. Pro povodí Jizery je využíváno informací z pravidelného každotýdenního profilového měření výšky a vodní hodnoty sněhu pracovníky experimentálního pracoviště OHV v oblasti Jizerských hor a západních Krkonoš. Pro letošní povodeň byly zužitkovány pro vstupy do hydrologického modelu i výsledky expedičních měření, bezprostředně před povodňovou událostí, v Krkonoších a Orlických horách, v povodí Sázavy a ve vybraných lokalitách vodních děl v povodí Moravy, prováděné pracovníky poboček ČHMÚ. Tyto údaje potom také posloužily ke kontrole a updatingu vodní hodnoty generované předpovědním modelem.

Vyhodnocení operativních předpovědí

Před a v průběhu odtokové situace byly vydávány standardně předpovědi průtoků na 48 hodin, a odhad pravděpodobného vývoje s předstihem 120 hodin. Pro tento účel byla meteorology připravována speciální pětidenní předpověď srážek.

Při hodnocení vydaných předpovědí odtoku z tání, je vhodné si připomenout složitost procesu a množství faktorů, které tání ovlivňují (vliv větru, odhad množství sněhu, schopnost sněhu akumulovat dešťové srážky aj.). Tyto faktory způsobují, že předpovědi odtoku z tání sněhu kombinovaného s deštěm jsou obecně nejméně spolehlivé.

Výsledky předpovědí vlivem velké nejistoty vstupů a parametrů modelu v tomto konkrétním případě nebyly bohužel vždy uspokojivé. Model, ačkoliv reagoval velmi dobře z hlediska načasování povodně, velmi často výrazně podceňoval skutečnou velikost průtoku.

Při zpětných simulacích proběhlého tání byly učiněny četné pokusy se změnou sněhových parametrů, aby bylo parné do jaké míry mohl prognostik ovlivnit předpovědi. Výsledky poukázaly na relativně malou významnost parametrů oproti vstupním datům. Podstatný vliv měla však teplota vzduchu v průběhu povodně, kdy kladná změna o 1 °C, vykazovala podstatný nárůst průtoku. Domníváme, se, že právě nepřesnost určení teploty pro potřeby modelu způsobila v operativním provozu podcenění předpovědí.

ZÁVĚR

Situace v březnu 2005 byla významná především akumulováním relativně velkých zásob sněhu ve většině povodí v ČR, které budily obavy z možného nebezpečného vývoje tání. Přitom situace byla velmi podrobně monitorována a dramatizována médii. ČHMÚ před povodní rozpracoval rozsáhlé analýzy situace a možného vývoje jarního tání, které neindikovaly nebezpečí vzniku extrémní povodně. Tyto analýzy a předpovědi byly následně potvrzeny vlastním průběhem povodně. V průběhu povodně jednotlivá pracoviště plnila všechny úkoly a povinnosti dané legislativou a smlouvami.

Literatura:

ČHMÚ (2005): Zpráva o hydrometeorologické situaci v březnu 2005, ČHMÚ, Praha

Autoři

Jan Daňhelka, ČHMÚ, Na Šabatce 17, 143 06 Praha, danhelka@chmi.cz