



Ministerstvo životního prostředí



ČESKÝ  
HYDROMETEOROLOGICKÝ  
ÚSTAV

**POVODNĚ  
V ČESKÉ REPUBLICE  
V ČERVNU  
2013**



Český hydrometeorologický ústav

***POVODNĚ V ČESKÉ REPUBLICE  
V ČERVNU  
2013***

Editoři: Jan Daňhelka, Jan Kubát, Petr Šercl, Radek Čekal

Praha 2014

Publikace byla zpracována s využitím výsledku projektu zadaného Ministerstvem životního prostředí:  
*Vyhodnocení povodní v červnu 2013*

Editoři: Jan Daňhelka, Jan Kubát, Petr Šercl, Radek Čekal

#### **ODPOVĚDNÍ ŘEŠITELÉ DÍLČÍCH ČÁSTÍ PROJEKTU**

Karel Březina, Radek Čekal, Lukáš Drbola, Jan Chroumal, Stanislav Juráň, Jiří Kladivo, Tomáš Kříž, Jan Kubát, Jiří Petr, David Polách, Marek Roll, Marjan Sandev, Jan Střeštík, Petr Šercl, Jan Šikula, Pavla Štěpánková, Michal Tanajewski, Zdena Vaňková

#### **ŘEŠITELÉ**

Radmila Brožková, Martin Caletka, Martin Caletka, Pavel Coufal, Lenka Crhová, Radek Čekal, Petr Čtvrtečka, Jan Čurda, Jan Daňhelka, Barbora Dudíková Schulmannová, Igor Dvořák, Miloš Dvořák, Tomáš Fryč, Petr Glonek, Jarmila Halířová, Aleš Havlík, Aleš Havlín, Eva Holtanová, Tomáš Hroch, Petr Jiřinec, Jana Kaiglová, Lucie Kašičková, František Konečný, Michal Korytář, Jakub Krejčí, Vladimíra Krejčí, Jiří Kroča, Jiří Krupička, Martin Krupka, Petr Kycl, Richard Lojka, Radka Makovcová, Jan Malík, Ján Mašek, Helena Nováková, Radek Novotný, Roman Novotný, Martin Pecha, Libor Pěkný, Michal Poňavič, Petr Sklenář, František Smrčka, Petr Smrž, Jarmila Suchánková, Marcela Svobodová, Milada Šandová, Jan Šedivka, Pavel Šmejda, Veronika Štědrá, Ondřej Švarc, Radka Švecová, Pavel Tachecí, Vanda Tomšovičová, Alena Trojáková, Radovan Tyl, Anna Valeriánová, Michal Valeš, Tomáš Vlasák, Eliška Žáčková, Stanislav Žatecký a další.

#### **GRAFICKÁ ÚPRAVA A SAZBA**

Hanka Stehlíková

## OBSAH

Úvod .....	5
1. Meteorologické příčiny a hydrologický průběh povodní .....	6
2. Vybrané případy přívalových povodní .....	29
3. Předpovědní povodňová služba .....	39
3.1 Systém integrované výstražné služby (SIVS) .....	39
3.2 Hodnocení předpovědí .....	39
3.3 Problémy hydrologických předpovědí v průběhu povodně 2013.....	46
3.4 Prezentace informací předpovědní služby.....	47
4. Funkce vodních děl a protipovodňových opatření .....	48
4.1 Vliv vodních děl na průběh povodní.....	48
4.2 Malá vodní díla .....	56
4.3 Protipovodňová opatření.....	56
5. Dopady povodní .....	61
5.1 Záchranné a zabezpečovací práce.....	61
5.2 Škody a dopady .....	62
5.3 Sesuvy půdy .....	66
6. Porovnání červnové povodně 2013 s historickými povodněmi.....	67
6.1 Hydrometeorologické srovnání povodní v červnu 2013, v srpnu 2002 a v září 1890 .....	67
6.2 Srovnání následků povodní v červnu 2013 a v srpnu 2002 .....	76
7. Rozvoj předpovědní povodňové služby 2002–2013 .....	77
7.1 Měření a pozorování .....	77
7.2 Předpovědi a výstrahy .....	80
7.3 Distribuce informací na internetu .....	81
8. Závěr.....	83

## ÚVOD

Není to tak dávno, co jsme si uspořádáním odborné konference s povodňovou tematikou připomněli 10. výročí katastrofální povodně v srpnu 2002. Byla to užitečná akce, která nejen oživila vzpomínky na tuto výjimečnou povodeň, ale též ukázala řadu opatření a aktivit ke zvýšení ochrany před povodněmi, jež byly od té doby provedeny. Starší generace si možná pamatuje, že již dříve byla kulatá výročí velkých historických povodní připomínána obdobnými akcemi (konference ke 100. výročí povodně 1890 v Praze, konference ke 150. výročí povodně 1845 v Ústí nad Labem).

Je ovšem faktem, že na rozdíl od druhé poloviny povodňově spíše chudého 20. století, kdy byly obdobné akce pořádány hlavně proto, aby vyburcovaly veřejnost a odpovědné orgány k většímu zájmu o povodňovou problematiku, dnes není třeba závažnost tohoto tématu nikomu připomínat. Zdá se, že od roku 1997 žijeme v období na výskyt povodní bohatém, které v tomto smyslu připomíná konec 19. století. Stačí jen připomenout povodně v červenci 1997 na Moravě, srpnu 2002 v Čechách, jarní povodně v březnu 2006 téměř všude, v květnu až červnu 2010 na Moravě, srpnu 2010 v severních Čechách a nyní v červnu 2013 opět převážně v Čechách. A k tomu lokální přívalové povodně v červenci 1998, červnu 2009 i jindy.

V této souvislosti nebudeme otevírat otázku, zda se počet a intenzita povodní zvyšuje, nebo se jedná o jejich nepravidelný výskyt v rámci přirozené fluktuační. Důležité je, že současná generace si již na zvýšený výskyt povodní zvykla, a dokáže se na ně připravit. Ať již jde o realizaci stavebních strukturálních opatření, podporovaných státními programy, nebo o preventivní měkká opatření spočívající v přípravě povodňových plánů, předpovědní a hlásné služby, povodňových orgánů a složek integrovaného záchranného systému. To, co zatím stále občas nefunguje, je regulace výstavby a užití záplavových území podle míry povodňového rizika. Samotný proces hodnocení a zvládnutí povodňového rizika tak, jak vychází z implementace evropské Směrnice 2007/60/ES, je nyní ve své třetí fázi – zpracování plánů pro zvládnutí povodňového rizika. Jejich propojení s procesem územního plánování by mělo přinést zlepšení i v této oblasti.

Povodně v červnu 2013 byly do jisté míry podobné povodním v srpnu 2002 a jsou s nimi často srovnávány. Byly způsobeny rovněž dvěma vlnami plošně rozsáhlých srážek, zasáhly přibližně stejné území, maximálních

průtoků dosáhly na Vltavě a dolním Labi. Povodně 2013 byly sice co do extremity průtoků a negativních dopadů na životy i majetek menší než povodně v roce 2002, nicméně z hlediska vyhodnocených průtoků na Vltavě i Labi šlo o třetí největší letní povodně v historii (za povodněmi 2002 a 1890).

Stejně jako předcházející velké povodně od roku 1997, byly i povodně v červnu 2013 vyhodnoceny formou komplexního projektu, zpracovaného na základě Usnesení Vlády ČR č. 533/2013 a podporovaného ze státního rozpočtu. Ministerstvo životního prostředí ČR pověřilo koordinací dokumentačních a vyhodnocovacích prací projektu Český hydrometeorologický ústav. Projekt byl rozdělen do 13 dílčích úkolů seskupených do čtyř tematických oblastí:

1. Příčiny a hydrologický průběh povodní.
2. Fungování systému ochrany před povodněmi.
3. Vyhodnocení funkce vodních děl a protipovodňových opatření.
4. Dokumentace dopadů povodní.

Řešení projektu probíhalo od září 2013 do června 2014 a na jednotlivých úkolech se kromě ČHMÚ podílely další subjekty: Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v. v. i., agentura Bison&Rose s. r. o., Povodí Vltavy, s. p., Povodí Labe, s. p., Povodí Ohře, s. p., Povodí Moravy, s. p., Vodní díla TBD, a. s., Vodohospodářský rozvoj a výstavba, a. s., Česká geologická služba, Česká inspekce životního prostředí, příp. jejich subdodavatelé.

Výsledky projektu jsou velmi obsáhlé. Všechny dílčí zprávy spolu s přílohami mají celkem 2 200 stran. V úplném rozsahu jsou uloženy v knihovně ČHMÚ a zveřejněny na jeho webových stránkách. Shrnutí výsledků bylo provedeno v závěrečné souhrnné zprávě, která byla předložena vládě ČR.

Předložená publikace, která má za cíl popularizovat výsledky projektu pro širší odbornou veřejnost, si pochopitelně nečiní ambice na jejich úplnost. V detailu proto odkazujeme čtenáře na webové stránky ČHMÚ, kde jsou všechny dílčí i závěrečná souhrnná zpráva a usnesení vlády č. 570/2014, které bylo přijato k zabezpečení realizace navržených opatření. Pokud není uvedeno jinak, jsou všechny časy uvedené v této publikaci vztahy k letnímu středoevropskému času (SELČ).

## 1. METEOROLOGICKÉ PŘÍČINY A HYDROLOGICKÝ PRŮBĚH POVODNÍ

Průběh počasí v první polovině roku 2013 se ve střední Evropě vyznačoval častými výraznými změnami teploty vzduchu a rozkolísaností srážkového režimu.

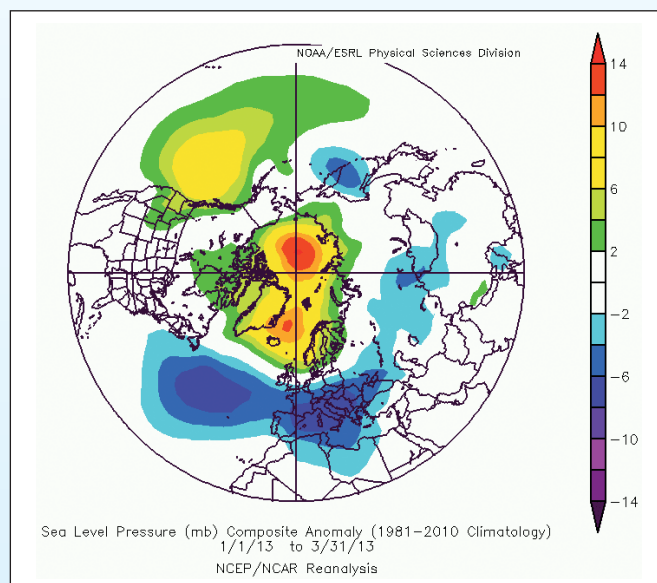
Od ledna do začátku dubna se do západního Středomoří dostal, nebo se zde přímo vytvořil, neobvykle vysoký počet tlakových níží, které nad Středomořím nabíraly vlhkost a obvykle postupovaly dále k východu až severovýchodu. Pokud se nacházely východně od území ČR, strhávaly do střední Evropy studený vzduch z oblasti Skandinávie a Ruska a zároveň přinášely i srážky, které byly nejvýraznější východně a jihovýchodně od našeho území, kde způsobily sněhové kalamity. V lednu a v únoru tato situace nastala šestkrát, v březnu desetkrát.

Odchylku od normálu v přizemním tlakovém poli nad severní polokoulí za období leden až březen 2013 ilustruje obr. 1.1.

Tyto cirkulační anomálie byly způsobeny nadprůměrně silným tryskovým prouděním (jet stream) nad severním Atlantikem, které bylo posunuto více na jih. Došlo tak k atypickému rozložení tlaku nad Atlantikem, kdy nad Azorskými ostrovy, kde se obvykle nachází oblast vysokého tlaku vzduchu, byla rozsáhlá oblast nízkého tlaku. Tento jev bývá označován jako záporná fáze severoatlantické oscilace – NAO, viz obr. 1.2. Takovéto rozložení tlaku vzduchu podporovalo vznik tlakových níží a jejich postup po výše popsané dráze přes Středomoří nad východ Evropu.

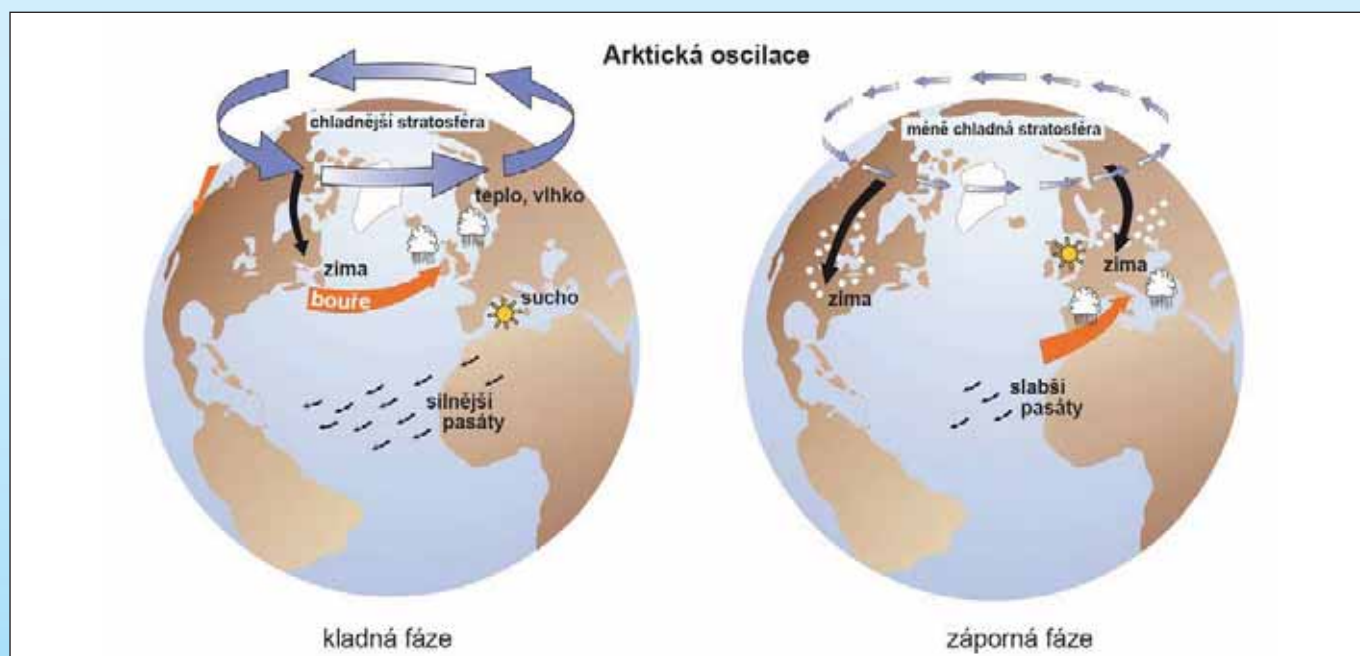
Následně v průběhu května se dlouhodobě udržovala brázda nízkého tlaku vzduchu nad oblastí Britských

ostrovů a západní, resp. jihozápadní Evropou. V první polovině května postupovaly fronty přes střední Evropu většinou od západu, při svém postupu k východu zpomalovaly a obvykle se vlnily.

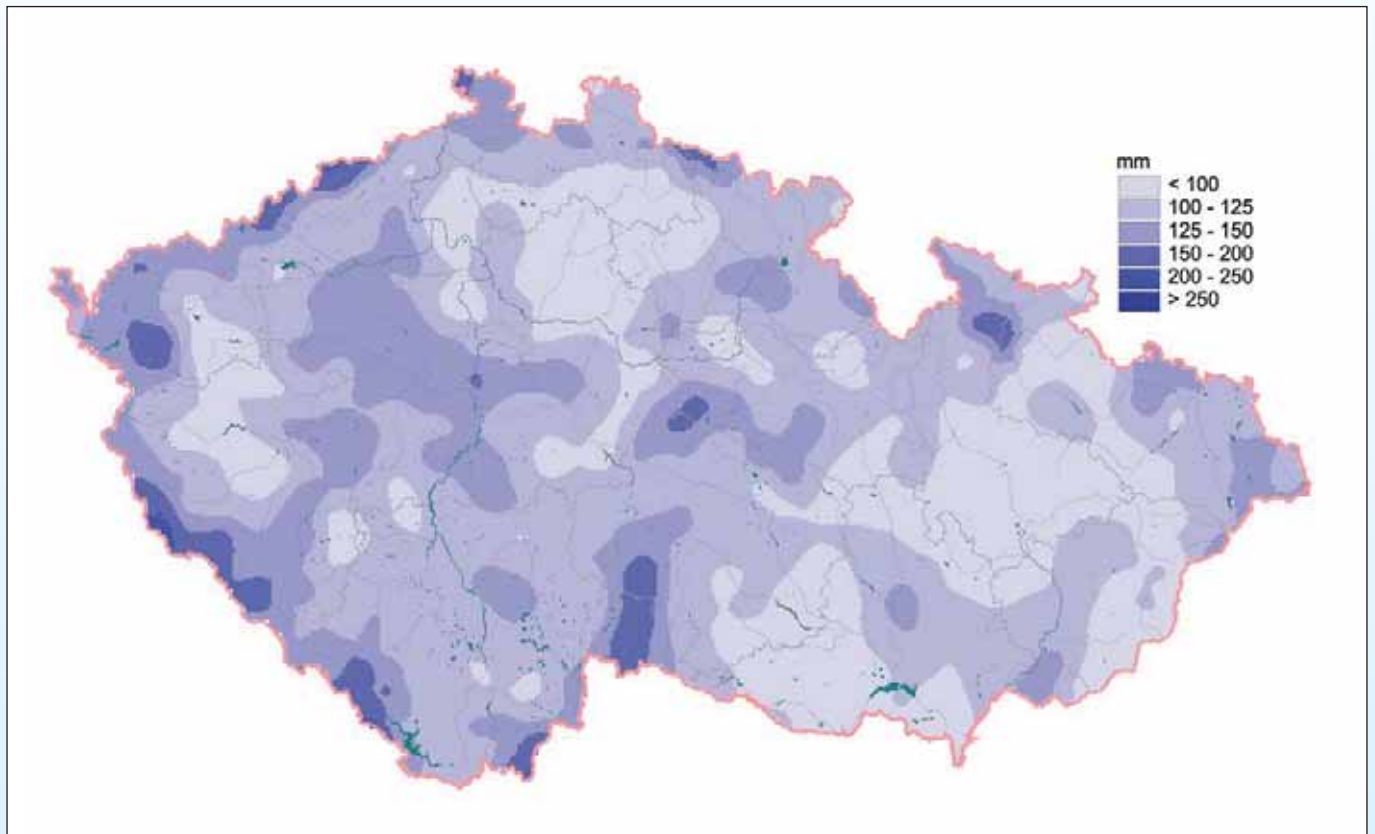


Obr. 1.1 Odchylka přizemního tlakového pole od normálu (1981–2010) v mb (mb = hPa) na severní polokouli za období leden až březen 2013 (zdroj: NOAA/ESRL).

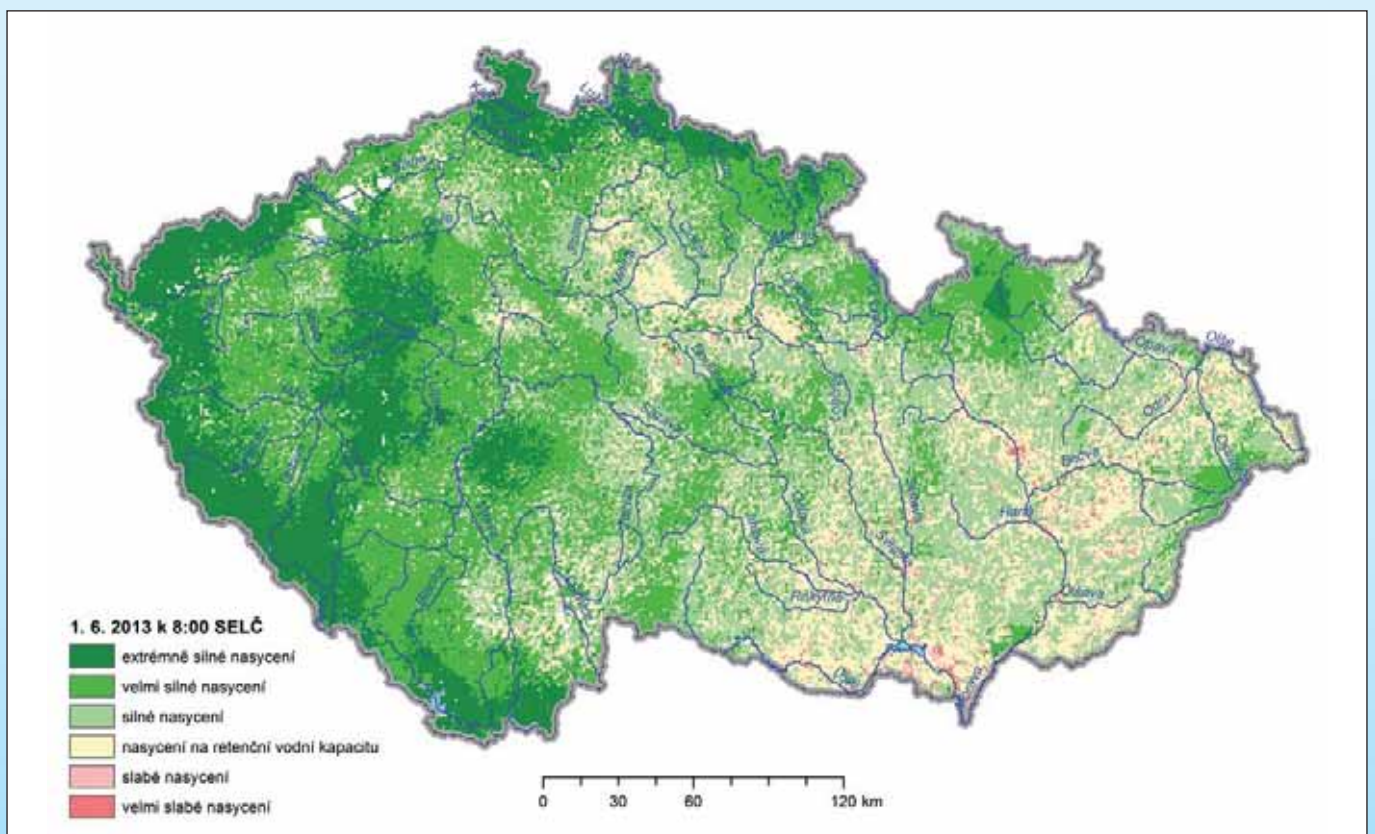
Ve druhé polovině měsíce vzniklo nad západní Evropou postupně výrazné meridionální (severojižní) proudění, které způsobovalo, že se studený vzduch při zemi často dostával až nad Středomoří a severní Afriku.



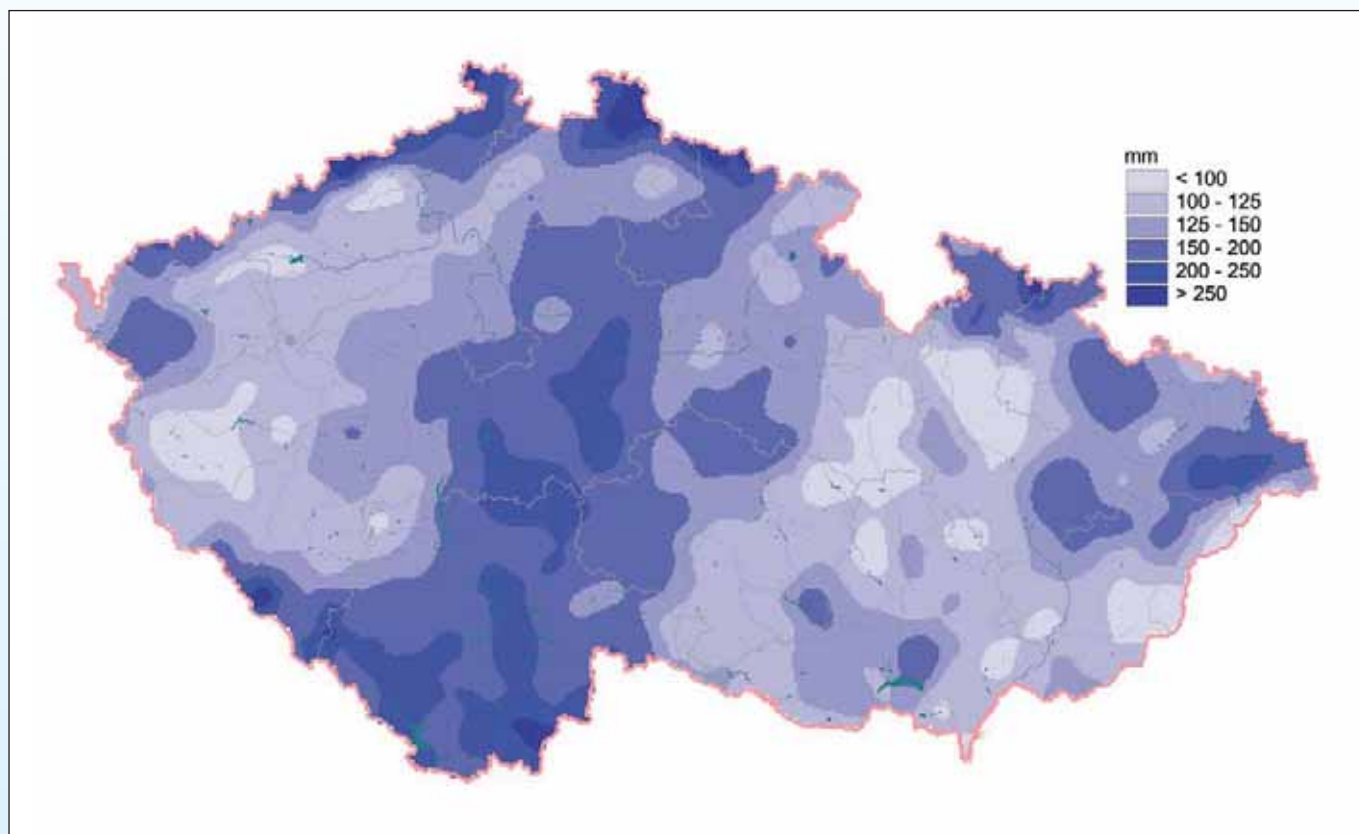
Obr. 1.2 Schéma fungování arktické oscilace (zdroj: University of Washington, převzato z internetového magazínu Gnosis9.net).



Obr. 1.3 Měsíční úhrn srážek na území ČR v květnu 2013.



Obr. 1.4 Ukazatel nasycení území k 1. 6. 2013 8:00 SELČ.



Obr. 1.5 Měsíční úhrn srážek na území ČR v červnu 2013.

Zde se v interakci mezi polárním a subtropickým tryskovým prouděním vytvářely tlakové níže, které nabíraly obrovské masy vlhkého vzduchu ze Středomoří a postupovaly do vnitrozemí evropského kontinentu. Teplota vzduchu na území ČR byla výrazně pod průměrem pro toto období a vyskytovaly se zde četné, místy i vydatné srážky, ojediněle doprovázené také bouřkami, s celkovými denními úhrny do 40 mm.

Květen byl celkově teplotně podnormální a srážkově silně nadnormální. Na území celé ČR byl naměřen průměrný měsíční úhrn srážek 113 mm, což představuje 152% dlouhodobého průměru za období 1961–1990. Srážkově bohatý byl květen zejména na západě Čech, v Karlovarském kraji srážkový úhrn dosáhl 125 mm, což je 205 % dlouhodobého průměru, v Plzeňském 122 mm, 175 % dlouhodobého průměru. Prostorové rozložení měsíčních srážkových úhrnů v květnu 2013 na území ČR je zobrazeno na obr. 1.3.

Extrémní květnové srážky zapříčinily na většině území ČR velmi silné nasycení půdy, které je na obr. 1.4 znázorněno pomocí ukazatele nasycení (*UN*). Se vzrůstající hodnotou *UN* klesá schopnost půdy absorbovat dlouhodoběji srážkovou vodu a roste podíl vody, která z následných srážek odtéká. Jeho hodnota je odvozována bilančními výpočty z denních hodnot srážek, aktuální evapotranspirace a odhadnuté výše odtoku.

Z obr. 1.4 je zřejmé, že půda byla na počátku června nejvíce nasycená v západní polovině Čech, pře-

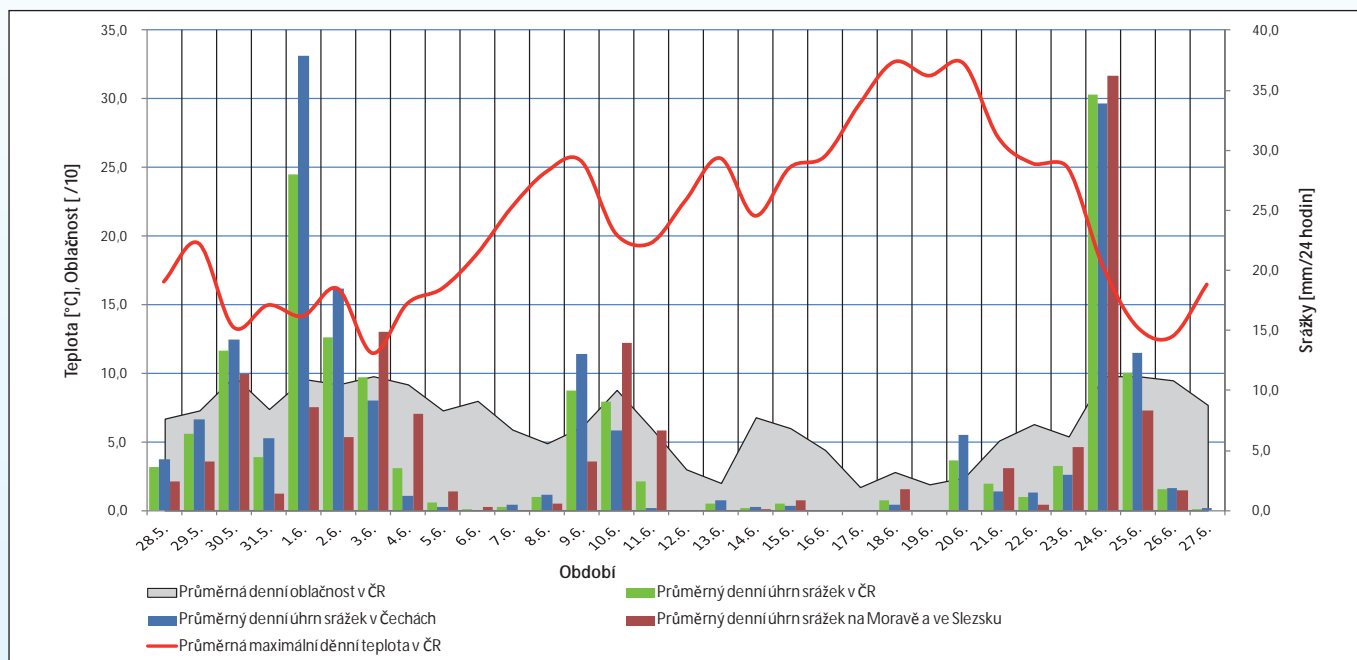
devším v příhraničních oblastech, a dále v Krkonoších a Jeseníkách. Tento faktor značně ovlivnil odtokovou odezvu při epizodách silných srážek 1. a 2. června a 8. až 10. června.

Červen 2013 byl na území ČR srážkově silně nadnormální, republikový plošný průměr srážek dosáhl 146 mm, což představuje 174% dlouhodobého průměru 1961–1990. Jedná se o nejvyšší červnový úhrn od roku 1961. Vyšší měsíční srážkové úhrny byly v minulých letech zaznamenány pouze v červenci 1997 (204 mm) a srpnu 2002 (177 mm). Nutno dodat, že právě v těchto měsících se na území ČR vyskytly extrémní povodně.

Nejvyšší plošné úhrny srážek ve srovnání s dlouhodobým průměrem byly dosaženy v červnu 2013 ve Středočeském (163 mm, což je 217% dlouhodobého průměru), Libereckém (175 mm, 211% dlouhodobého průměru) a Ústeckém (141 mm, 207% dlouhodobého průměru) kraji. Prostorové rozložení měsíčních srážkových úhrnů v červnu 2013 na území ČR je zobrazeno na obr. 1.5.

V průběhu června byly významné srážky seskupeny do tří hlavních srážkových epizod, které vyvolaly tři vlny povodní. První epizoda, ve dnech 29. května až 3. června, zasáhla téměř výlučně Čechy. V další epizodě, 9. až 11. června, se na území ČR vyskytly většinou lokální konvekční srážky s různou intenzitou. Ve druhé polovině června následovalo několikadenní období, kdy teplota vzduchu dosahovala letních až tropických hod-





Obr. 1.6 Průběh vybraných meteorologických prvků za období od 28. 5. do 27. 6. 2013.

not. Poté ve dnech 24. a 25. června se vyskytla třetí významná srážková epizoda, s nejvyššími úhrny zejména ve východní polovině Čech a na Moravě.

## PRVNÍ VLNA POVODNÍ 29. května až 7. června 2013

V samotném závěru května a na počátku června se nad větší částí evropského kontinentu udržovala rozsáhlá oblast nízkého tlaku vzduchu se středem postupujícím z jihozápadní Evropy na severozápad. Epizoda významných srážek 1. a 2. června byla způsobena tlakovou níží, která se vytvořila 30. května na frontální vlně východně od ČR a zvolna postupovala nad naše území. Nad severní Evropou se v tomto období udržovala tlaková výše a zároveň nad západní Evropou mohutněl výběžek azorské tlakové výše. Obě tlakové výše postupně zablokovaly postup níže dále na sever a západ, což způsobilo její setrvání nad centrální částí evropské pevniny. Nad naším územím se vlnilo frontální rozhraní a bylo téměř 20 hodin bez výraznějšího pohybu.

V důsledku výstupných pohybů se při zemi vytvořilo výrazné konvergentní (sbíhající se) proudění vzduchu a zároveň mezi přízemní vrstvou a výškou 3 km existoval výrazný stříh větru (přes  $15 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ). Stříhem větru se rozumí situace, kdy dochází v různých výškách v atmosféře k proudění větru v opačném směru. Tento jev podporuje výstupné proudění vzduchu, a tím i vznik intenzivních srážek při jeho ochlazování při vzestupu. Tzv. čára konvergence setrvala po několik hodin na stejném místě a 2. června se nacházela v prostoru od severních, přes střední až po jižní Čech.

Dalším prvkem, který přispěl k výrazným srážkám, bylo nestabilní zvrstvení atmosféry, a to zejména na severu Čech, kde se v oblasti konvergence vyskytovaly kromě trvalejšího deště i bouřky. Bouřky vznikaly zejména na severních návětrných svazích Krkonoš, na něž narážel vlhký vzduch, který byl nucen stoupat, a opakovaně se v něm tvořila jádra intenzivních konvekčních srážek, která postupovala směrem k jihozápadu, přičemž zasahovala stále stejná území (tzv. train efekt).

V dalších dnech se tlaková níže nad východní Evropou začala zvolna vyplňovat, její vliv však přetrvával až do 5. června, kdy ovlivňovala východ ČR. Nad naše území se poté rozšířil nevýrazný výběžek vyššího tlaku vzduchu a v následujících dnech se nad střední Evropou udržovalo už jen nevýrazné tlakové pole.

Pětidenní srážková epizoda, která přetrvávala od 29. května do 3. června, zasáhla téměř výlučně Čechy (obr. 1.7). Dne 29. května překonaly nejvyšší srážkové úhrny 30 mm, 30. května dosáhly na některých stanicích 40 mm. Dne 31. května byly srážky výrazně nižší, na většině stanic byl denní úhrn do 15 mm, s výjimkou několika stanic na západě Čech.

Úhrny srážek za 1. červen (tj. srážky vypadlé od 1. 6. 2013 8:00 SELČ do 2. 6. 2013 8:00 SELČ) dosáhly místy na Šumavě, v Krkonoších a ve středních Čechách více než 80 mm, ojediněle i více než 100 mm. Na stanici Horní Maršov v Krkonoších napršelo až 130 mm, přičemž zde byla při bouřkách zaznamenána hodinová intenzita deště 46 mm. Uvedený denní úhrn ve srážkoměrné stanici Horní Maršov přesáhl hodnotu stoleté srážky pro tuto lokalitu. Více než stoleté denní srážky pak byly 1. června překročeny také ve stanicích Hlasivo na Táborsku a Střeziměř na Benešovsku.

Nejvyšší denní úhrn pro 2. červen (od 2. 6. 2013 8:00 SELČ do 3. 6. 2013 8:00 SELČ) byl zaznamenán v Poděbradech (88 mm), což představuje hodnotu stoleté srážky pro tuto stanici. V horských oblastech pak v tento den místy úhrny překonaly 70 mm, v Jizerských horách na stanici Bedřichov 76 mm a na Šumavě na stanici Železná Ruda - Špičák 73 mm.

Naměřené denní srážkové úhrny za dny 1. a 2. června 2013 ve vybraných stanicích jsou uvedeny v tab. 1.1. Denní úhrny srážek jsou standardně měřeny v 7:00 SEČ (8:00 SELČ) následujícího dne.

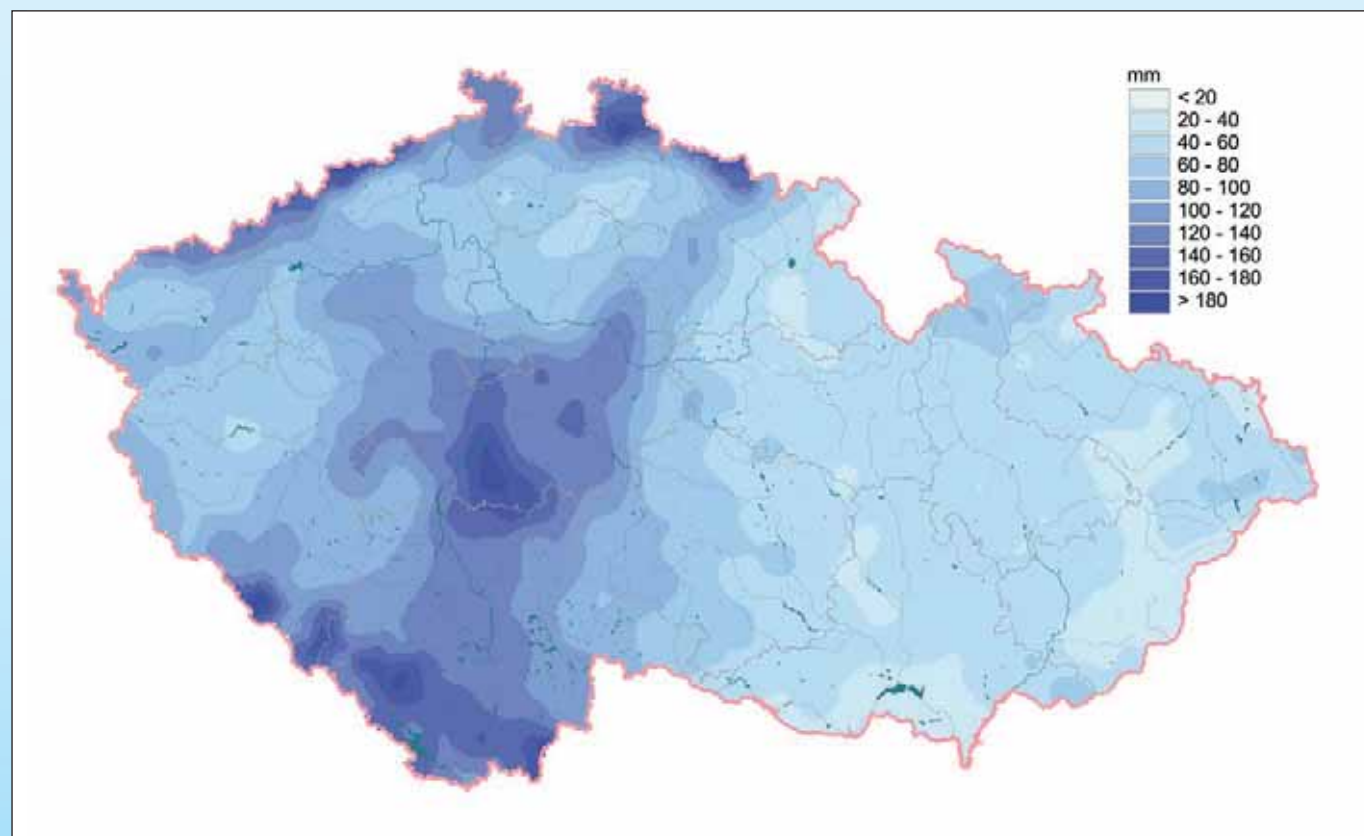
V průběhu pětidenní srážkové epizody 29. května až 3. června vypadlo nejvíce srážek ve dnech 1. a 2. června, z toho nejintenzivnější srážky byly zaznamenány během 24 hodin od 1. června 15:00 do 2. června 15:00 SELČ, jak je znázorněno v mapě na obr. 1.9. Nejvyšší 24hodinové úhrny srážek přesáhly 100 mm ve východní části Krkonoš, na Kolínsku, v poměrně velké oblasti jižně od Prahy a v některých oblastech Jihočeského kraje. Právě na menších tocích v těchto nejvíce zasažených oblastech extrimita kulminačních průtoků dosáhla nebo překročila dobu opakování 100 let. Barevnou symbolikou u profilů vodoměrných stanic je na mapce uvedena doba opakování kulminačních průtoků.

Významnější vzestupy hladin začaly nejdříve na přítocích Berounky (Klabava, Úslava), a to již během 31. května v důsledku srážek z 30. a 31. května (cca 20–45 mm), které vpadly již do velmi nasyceného území.

Příčinné srážky první vlny povodní započaly nad územím Čech 1. června a zasáhly toky v povodí Berounky pod Plzní a postupně i v povodí Otavy, Lužnice pod rybníkem Rožmberk a rovněž i povodí menších přítoků Vltavy, které se vlévají přímo do nádrží Vltavské kaskády. Vzestupy hladin nastaly i na Lužnici, Otavě a Berounce a na Vltavě samotné. V odpoledních a večerních hodinách vydatně přšelo i v hřebenových partiích Krkonoš, což se projevilo vzestupy hladin na Labi nad nádrží Labská a na Úpě.

Po půlnoci z 1. na 2. června se vyskytly v oblasti Krkonoš intenzivní srážky konvekčního typu a zasáhly zejména povodí přítoků Úpy mezi Horním Maršovem a Trutnovem a povodí přítoků Labe nad nádrží Les Království. Odtoková odezva byla, i v důsledku silného předchozího nasycení půdy, velmi rychlá. Nejvíce postiženo bylo povodí říčky Čisté, která se vlévá do Labe v Hostiněm. Přívalové povodně a lokální zatopení byly doprovázeny velmi výraznými erozními jevy plošného i lokálního charakteru a četnými svahovými sesuvy. Hladiny toků kulminovaly v ranních hodinách 2. června. Průběh povodňových vln ve vybraných profilech v povodí Labe nad nádrží Les Království ukazuje graf na obr. 1.11.

Následkem vydatných srážek začaly rovněž velmi rychle stoupat hladiny levostranných přítoků Cidliny (Javorka, Bystřice), které v ranních hodinách 2. června také kulminovaly.



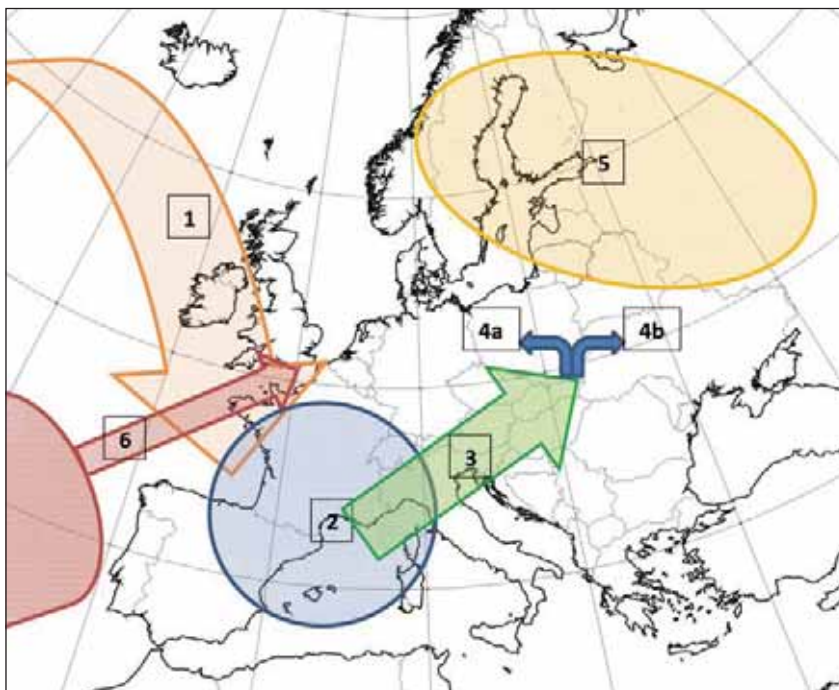
Obr. 1.7 Úhrn srážek od 29. 5. 08:00 SELČ do 3. 6. 2013 08:00 SELČ na území ČR.

Tab. 1.1 Úhrn srážek 100mm a více a jeho periodicita naměřených od 1. 6. 08:00 SELČ do 3. 6. 2013 08:00 SELČ na vybraných klimatologických stanicích ČHMÚ.

Stanice	Nadm. výška [m n. m.]	Okres	Povodí	1. 6. [mm]	2. 6. [mm]	Suma [mm]	Doba opakování [roky]
Chelčice	466	Strakonice	Blanice	72,5	28,5	101,0	20–50
Frantoly	726	Prachatice	Blanice	101,0	25,0	126,0	20–50
Železná Ruda	763	Klatovy	Dunaj	79,0	33,0	112,0	10
Labská bouda	1315	Trutnov	Labe	74,4	32,2	106,6	< 5
Poděbrady	189	Nymburk	Labe	41,6	87,9	129,5	> 100
Dolní Chvatliny	290	Kolín	Labe	57,5	52,4	109,9	50–100
Český Jiřetín	740	Most	Labe	83,8	44,0	127,8	20
Nová Ves v Horách	725	Most	Labe	73,6	28,0	101,6	20
Bedřichov	777	Jablonec nad Nisou	Lužická Nisa	62,7	76,0	138,7	10
Bechyně	409	Tábor	Lužnice	83,5	22,4	105,9	50–100
Hlasivo	547	Tábor	Lužnice	99,8	14,9	114,7	100
Jistebnice	581	Tábor	Lužnice	95,6	32,5	128,1	> 100
Milevsko	442	Písek	Lužnice	73,9	32,5	106,4	50
Nadějkov, Větrov	616	Tábor	Lužnice	81,0	31,7	112,7	50
Benešov nad Černou	665	Český Krumlov	Malše	70,1	31,6	101,7	10
Pohorská Ves	807	Český Krumlov	Malše	65,6	41,8	107,4	10
Branná, Františkov	586	Šumperk	Morava	62,7	58,6	121,3	20–20
Bavorov	442	Strakonice	Otava	77,4	29,5	106,9	20–50
Churáňov	1118	Prachatice	Otava	86,7	36,3	123,0	20
Kašperské Hory	741	Klatovy	Otava	50,7	57,5	108,2	10–20
Paseky	482	Písek	Otava	72,3	33,0	105,3	50
Prachatice	607	Prachatice	Otava	77,7	31,8	109,5	10
Zbytiny	790	Prachatice	Otava	108,3	34,5	142,8	50–100
Sázava	302	Kutná Hora	Sázava	41,2	64,3	105,5	50
Votice	500	Benešov	Sázava	73,5	33,1	106,6	20–50
Hejnice	396	Liberec	Smědá	45,3	60,6	105,9	5
Železná Ruda, Hojsova Stráž	867	Klatovy	Úhlava	71,0	46,1	117,1	10
Železná Ruda, Špičák	947	Klatovy	Úhlava	84,6	72,8	157,4	20
Horní Maršov	565	Trutnov	Úpa	130,3	17,7	148,0	50–100
Pec pod Sněžkou	816	Trutnov	Úpa	89,4	22,0	111,4	5
Červený Dvůr, Chvalšiny	588	Český Krumlov	Vltava	75,0	34,8	109,8	20
Filipova Huť	1110	Klatovy	Vltava	80,3	47,3	127,6	20
Kvilda	1059	Prachatice	Vltava	82,0	26,8	108,8	10
Brloh	559	Český Krumlov	Vltava	75,8	25,9	101,7	20–50
Frymburk, Svatý Tomáš	972	Český Krumlov	Vltava	70,2	37,5	107,7	20
Kovářov	529	Písek	Vltava	85,1	26,3	111,4	50
Křemže, Mříč	524	Český Krumlov	Vltava	84,3	21,1	105,4	20
Střeziměř	588	Benešov	Vltava	107,0	29,3	136,3	> 100

## Jaké povětrnostní situace mohou způsobit povodně v ČR?

Porovnání synoptické situace před a v průběhu povodně 2013 a dalších povodňových situací na našem území, včetně let 1997 a 2002, ukázalo na vzájemnou podobnost mechanismu synoptického vzniku povodňové situace (obr. 1.8). Frontální poruchy, které obvykle vznikají u východního pobřeží severní Ameriky a pohybují se přes severní Atlantik k západnímu pobřeží Evropy, jsou u oblasti Britských ostrovů strhávány k jihu [1]. Silné severní proudění mezi Britskými ostrovy a Pyrenejským poloostrovem směřuje následně tyto poruchy buď jako uzavřené tlakové níže, nebo jako výškové brázdy nad teplé vody západního Středomoří,



Obr. 1.8 Mechanismus cirkulace nad Evropou při výskytu vydatných srážek a povodní v oblasti střední Evropy.

dochází k retrográdnímu postupu k severozápadu až západu [4a], případně se často středy níží udržují na jednom místě po delší dobu. Důležitým faktorem pohybu níží je rozmístění ostatních tlakových útvarů nad Evropou a východním Atlantikem. Téměř ve všech povodňových případech se severně nebo i severovýchodně od střední Evropy udržoval buď hřeben vyššího tlaku, nebo tlaková výše při zemi [5]. Postup tlakových níží dále na sever byl proto blokován a zpomalován. Když se střed tlakových níží dostane přibližně na rozhraní střední a východní Evropy (obvykle nad jižní Polsko nebo západní Ukrajinu), od jihozápadu se začíná rozšiřovat do jihozápadní a západní Evropy výběžek azorské tlakové výše [6]. Ta definitivně uzavírá prostor pro další postup níží na západ. V tomto sevření, odříznuté od přílivu teplého a vlhkého vzduchu ze Středomoří a Černého moře, tlakové níže začínají slábnout, postupně se vyplňují a obvykle zvolna ustupují k východu.

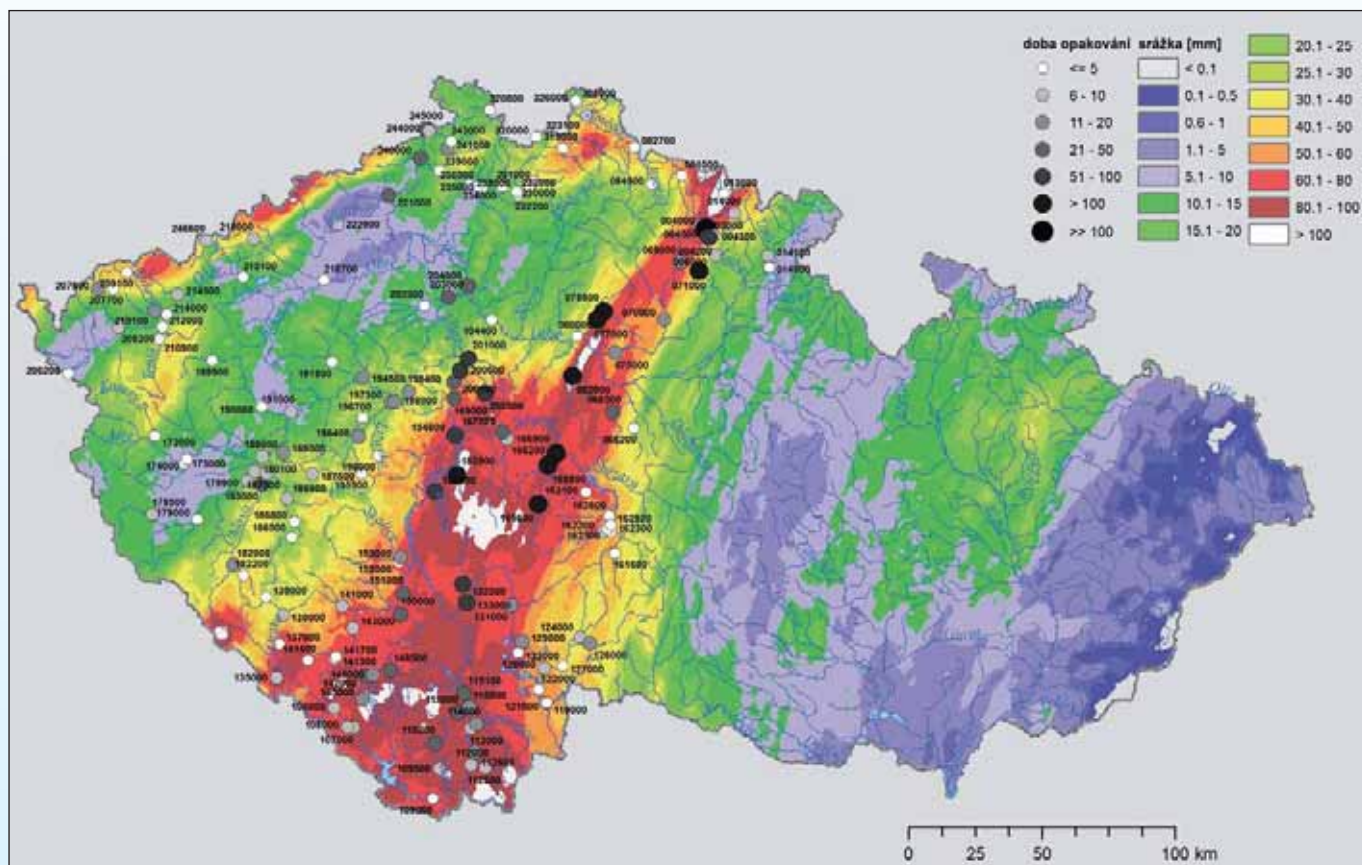
kde se v interakci mezi polárním a subtropickým trysovým prouděním prohlubují nebo nově tvoří tlakové níže [2]. Pokud nad centrální částí Evropy není blokující tlaková výše, je pohyb tlakové níže ze západního Středomoří směřován k severovýchodu [3] po dráze označované Vb (podle van Bebbera). Tlakové níže obvykle po přední straně nabírají při svém postupu obrovské masy teplého a vlhkého mořského vzduchu. I když většinou pohyb těchto níží má severovýchodní směr, trajektorie se mohou výrazně lišit. Některé níže postupují severním směrem přes alpskou oblast do západních Čech, další z alpské oblasti přes Rakousko a Slovensko (Moravu a Slezsko) dále na severovýchod, jiné se ze západního Středomoří dostávají do střední a východní Evropy východní cestou přes Balkán. Při jejich posunu někdy

S určitým zpožděním, až kolem poledne 2. června, srážková činnost vrcholila i ve středních Čechách nad povodím Mrliny, Vrchlice a především Výrovky, kde způsobila rozsáhlé záplavy. Dramatická situace vznikla v povodí Mrliny, kde došlo k protržení hráze Komárovského rybníka na Štítarském potoce nad měrným profilem Svídnice.

Prudký vzestup hladin nastal i na pravostranných přítocích Vltavy do nádrží Vltavské kaskády, přítocích dolní Sázavy, přítocích Lužnice a Otavy a na přítocích Vltavy pod nádrží Lipno. Docházelo tak k velmi rychlé-

mu plnění nádrží Vltavské kaskády, ale zejména vlivem neregulovaného přítoku ze Sázavy a Berounky i ke stoupání hladiny Vltavy v Praze.

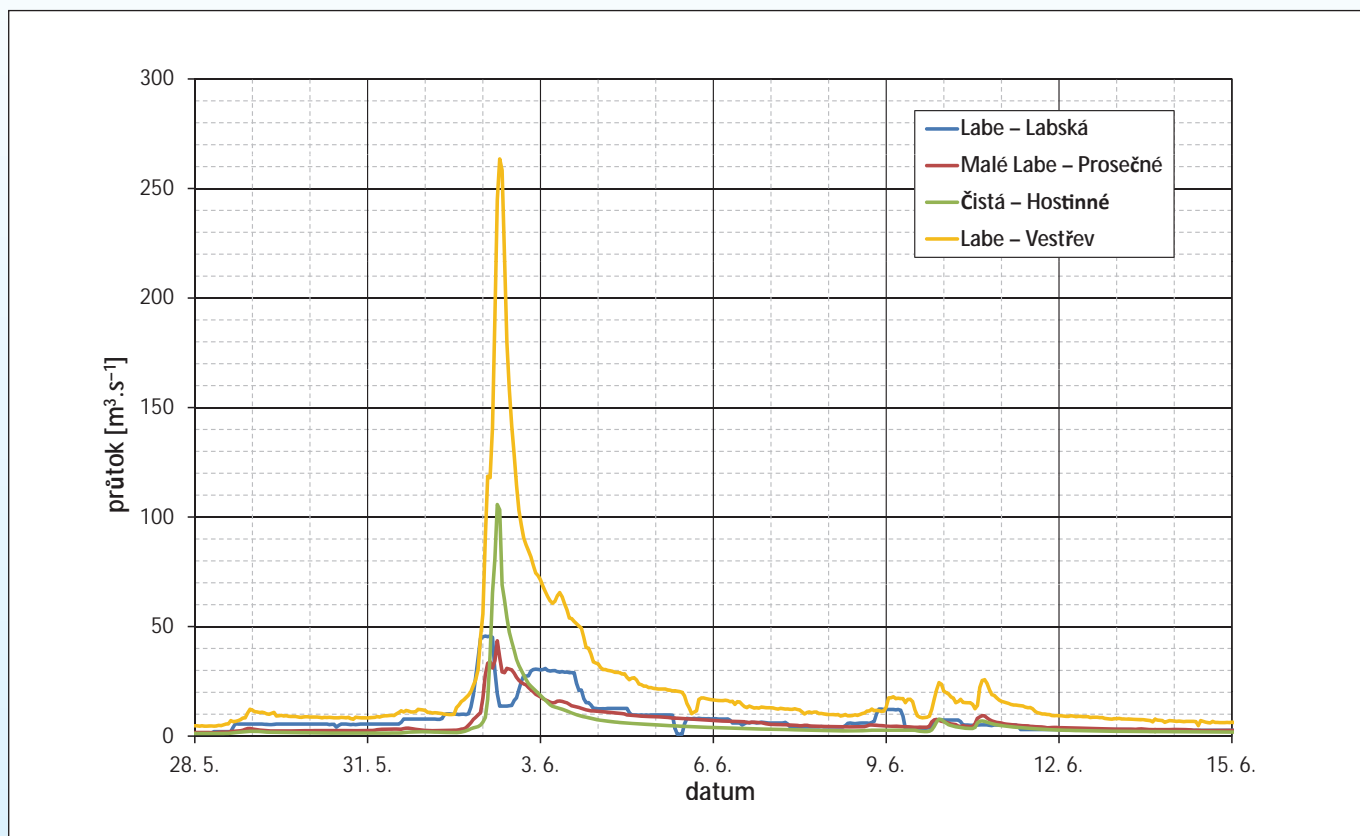
Na pozorovaných přítocích Vltavy pod nádrží Orlík, tj. na Brzině, Mastníku a Kocábě průtoky kulminovaly během odpoledne, a to při dosažení největších kulminačních průtoků v historii pozorování. Obdobná situace nastala i na přítocích Sázavy na jejím dolním toku, kde zejména Vlašimská Blanice byla extrémně rozvodněna (obr. 1.12).



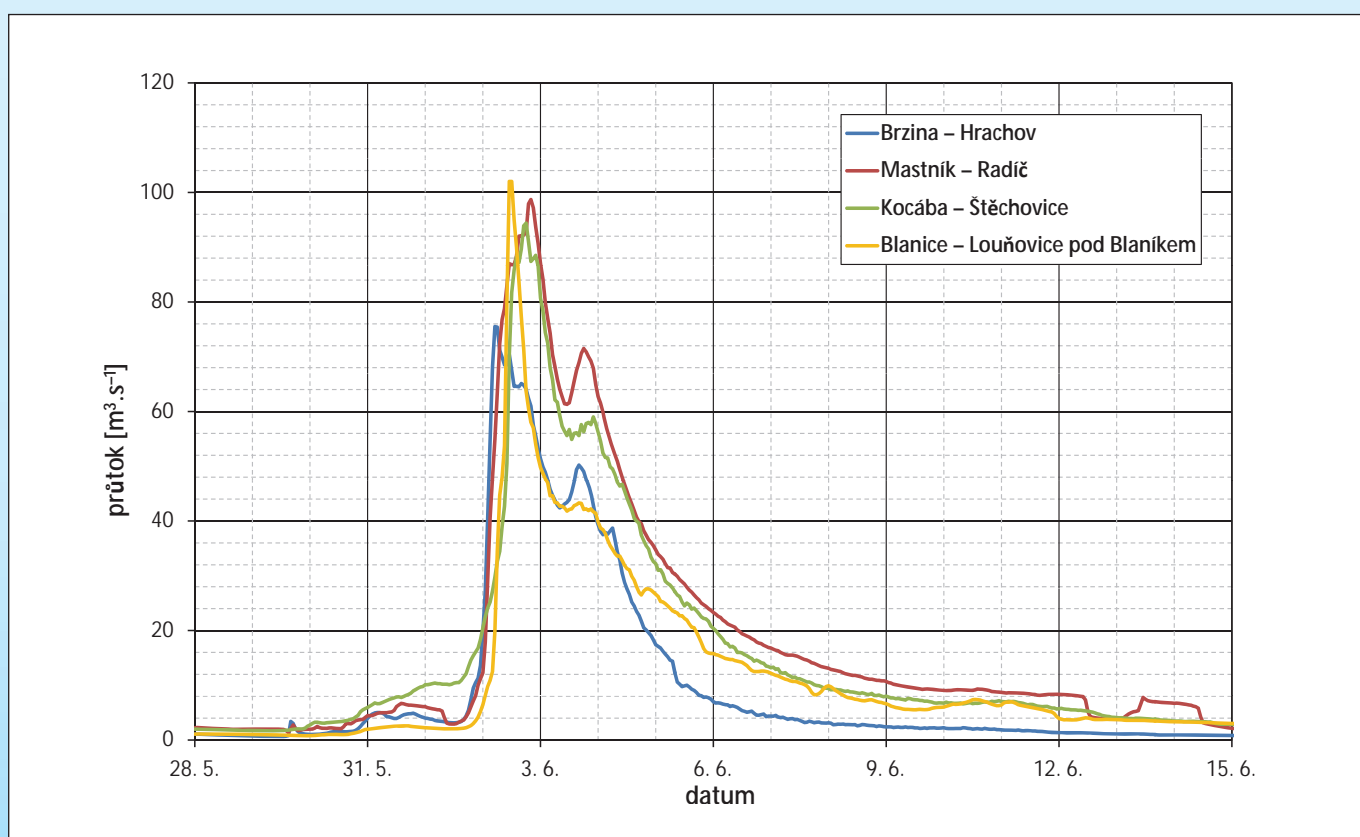
Obr. 1.9 Rozložení srážek od 1. 6. 15:00 do 2. 6. 15:00 SELČ a doba opakování kulminačních průtoků ve vybraných vodoměrných stanicích.



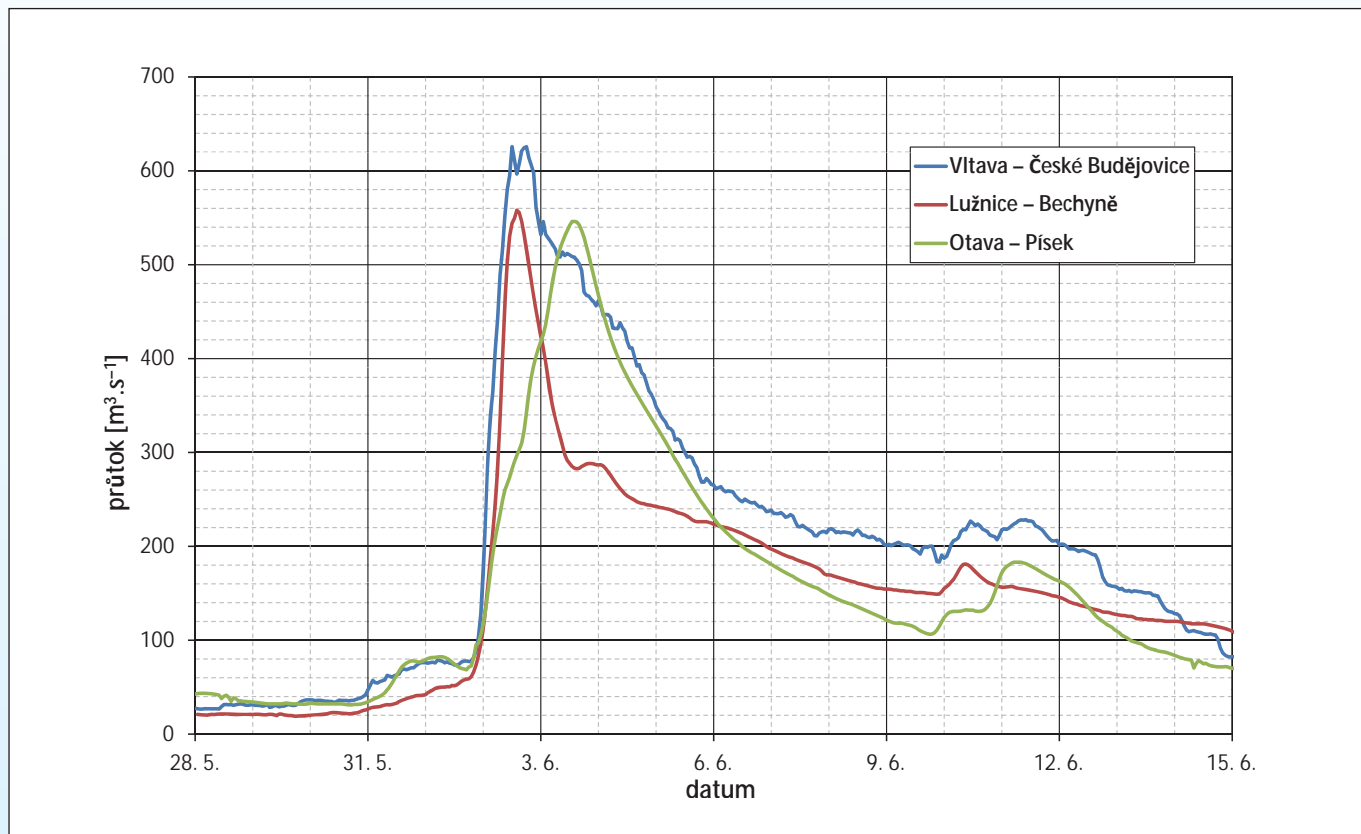
Obr. 1.10 Říčka Čistá v Arnultovicích den po kulminaci (zdroj: Povodí Labe, s. p.).



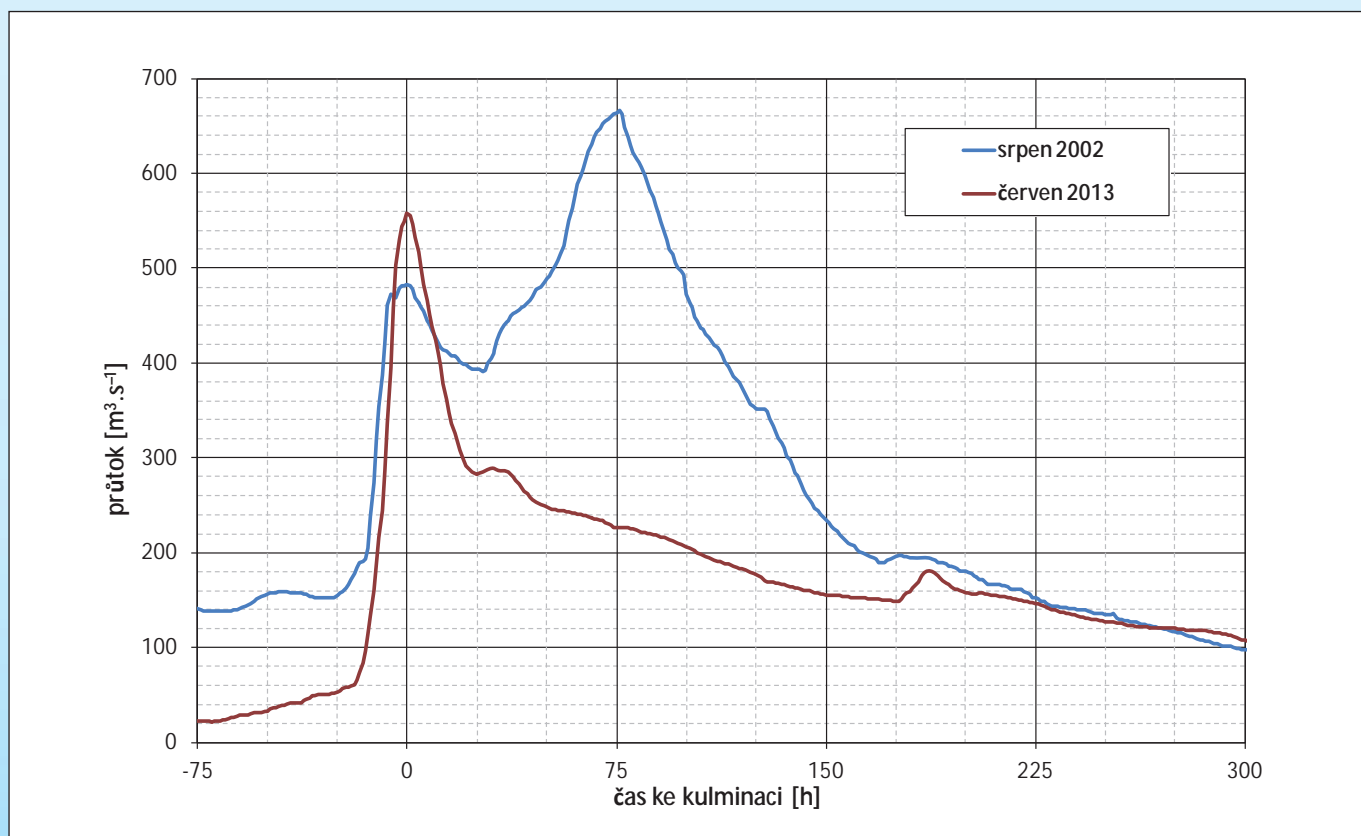
Obr. 1.11 Průběh povodňových vln ve vybraných profilech povodí horního Labe.



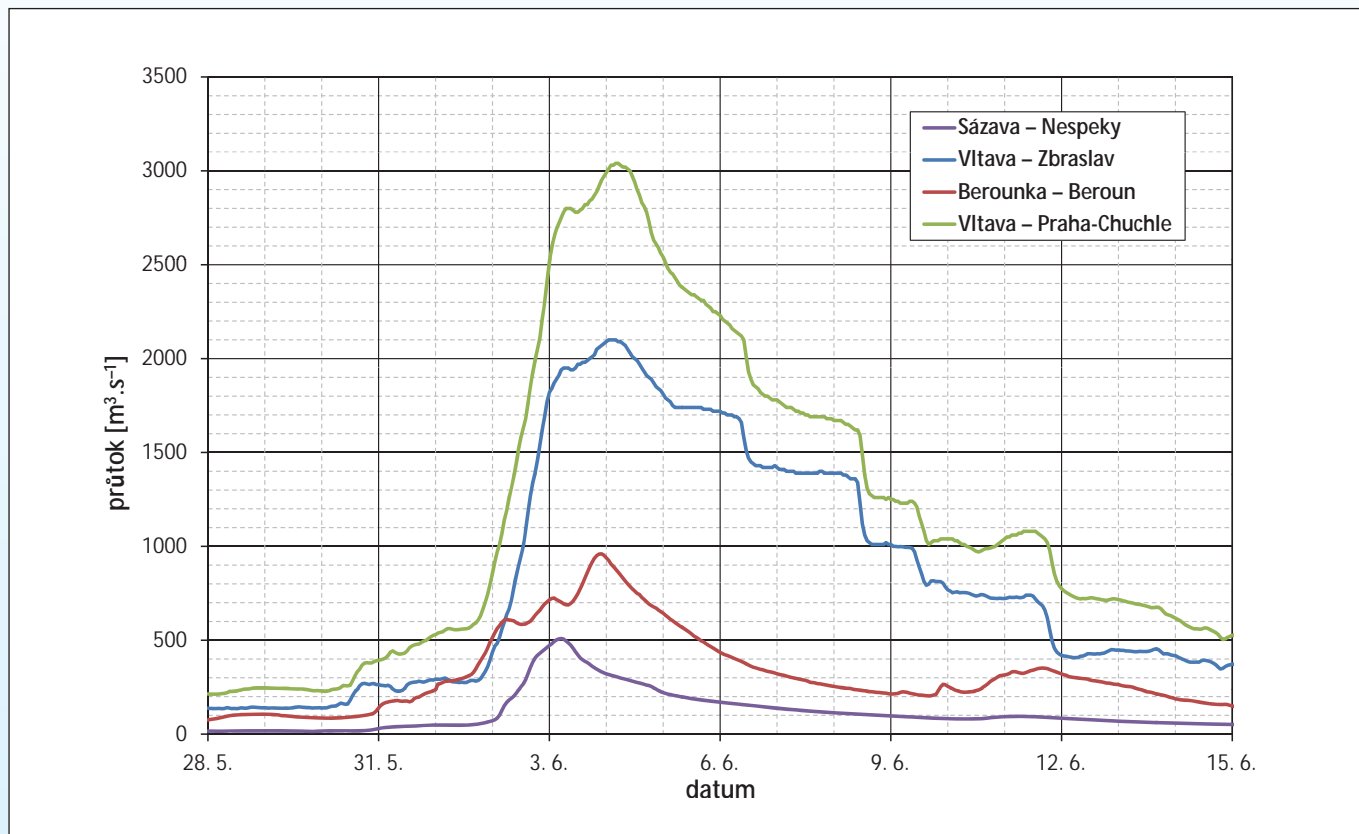
Obr. 1.12 Průběh povodně v profilech vodoměrných stanic na přítocích Vltavy a Sázavy.



Obr. 1.13 Průběh povodňových vln na hlavních tocích nad nádrží Orlík.



Obr. 1.14 Porovnání průběhů povodňových vln na Lužnici v Bechyni v srpnu 2002 a v červnu 2013.



Obr. 1.15 Průběh povodňových vln na Vltavě, Berounce a Sázavě.

Srážkami byla výrazně zasažena oblast v okolí nádrží Vltavské kaskády, která se plnila přítokem z drobných vodotečí i z hlavních toků ústících do VD Orlík, tedy z Vltavy, Lužnice a Otavy. Přitom nárůst povodňové vlny na Vltavě v Českých Budějovicích a na Lužnici v Bechyni byl velmi prudký, zatímco vlna Otavy v Písku se tentokrát poněkud opozdila ve srovnání s jinými historickými povodněmi (obr. 1.13).

Nejdramatičtější byl vývoj povodně na Lužnici, kde se v Bechyni velikostí kulminace v červnu 2013 ( $561 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ) přiblížila povodni v srpnu 2002 ( $666 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ), avšak měla zcela jiný charakter. Pro povodňové vlny na dolní Lužnici je typický jejich dvouhrbý tvar, kdy první, většinou menší vrchol pochází z odtoku vznikajícího v oblasti Středočeské pahorkatiny, kterou protéká dolní tok Lužnice. Druhá, obvykle větší vlna povodně přichází opožděně z horní části po transformaci v oblasti rozlivů a rozlehlé rybniční soustavě na Třeboňsku. Vzhledem k tomu, že srážky při povodni 2013 zasáhly výrazně pouze oblast dolního toku Lužnice, nedošlo ke vzniku druhého vrcholu povodně. Kulminace z Lužnice tak neměla obvyklé zpoždění a nastala přibližně současně s Vltavou v Českých Budějovicích, avšak dříve než Otava v Písku. Porovnání průběhu povodní v srpnu 2002 a červnu 2013 v Bechyni na Lužnici znázorňuje graf na obr. 1.14.

Ačkoliv povodí Berounky bylo povodní zasaženo jako první v době, kdy nejdříve došlo k vzestupům až na úroveň 3. stupně povodňové aktivity (SPA) na Kla-

bavě, nebylo postiženo nejintenzivnějšími srážkami z 1. a 2. června. Vývoj povodně zde tak byl pozvolnější. Přesto docházelo v důsledku extrémního nasycení povodí k intenzivnímu odtoku i z méně vydatných srážek, a to zejména na části povodí pod Plzní.

Na Vltavě v Praze-Zbraslavi a Praze-Chuchli výraznější zvětšování průtoků nastalo v noci ze soboty 1. června na neděli 2. června. Přestože odtok z Vltavské kaskády byl po přechodnou dobu snižován a časově oddalován manipulací na vodním díle Orlík, docházelo k rychlému nárůstu průtoků Vltavy v Praze. V době kulminace Berounky, 3. června večer, již byla retenční schopnost nádrže Orlík zcela vyčerpána, a odtok z Vltavské kaskády musel být zvýšen. Vltava v Praze-Chuchli kulminovala 4. června v ranních hodinách při průtoku  $3\,040 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ , a to zhruba tři hodiny po kulminaci povodňové vlny zaznamenané v Praze-Zbraslavi a 6 hodin po dosažení maxima Berounky v Berouně ( $960 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ), viz obr. 1.15. Je tak zřejmé, že na soutoku došlo k souběhu kulminací povodňových vln Vltavy a Berounky.

V oblasti rozlivu na soutoku Berounky a Vltavy dochází za povodní vždy ke vzájemnému komplikovanému ovlivnění obou toků. Proudění a dosažené výšky hladiny v oblasti soutoku jsou zde ovlivněny i lidskými aktivitami – svůj vliv má např. způsob využití půdy ve vrcholném vegetačním období (např. osázení řepkou), terénní změny (např. křižovatka silničního okruhu kolem Prahy, deponie u Lahoviček, val okolo golfového hřiště





*Obr. 1.16 Soutoková oblast Vltavy a Berounky v Praze (foto Libor Sváček).*



*Obr. 1.17 Vltava v Praze, Šitkovský jez a věž Malostranské vodárny (nyní VRR a. s.) 3. 6. 2013 (foto Jan Kubát).*

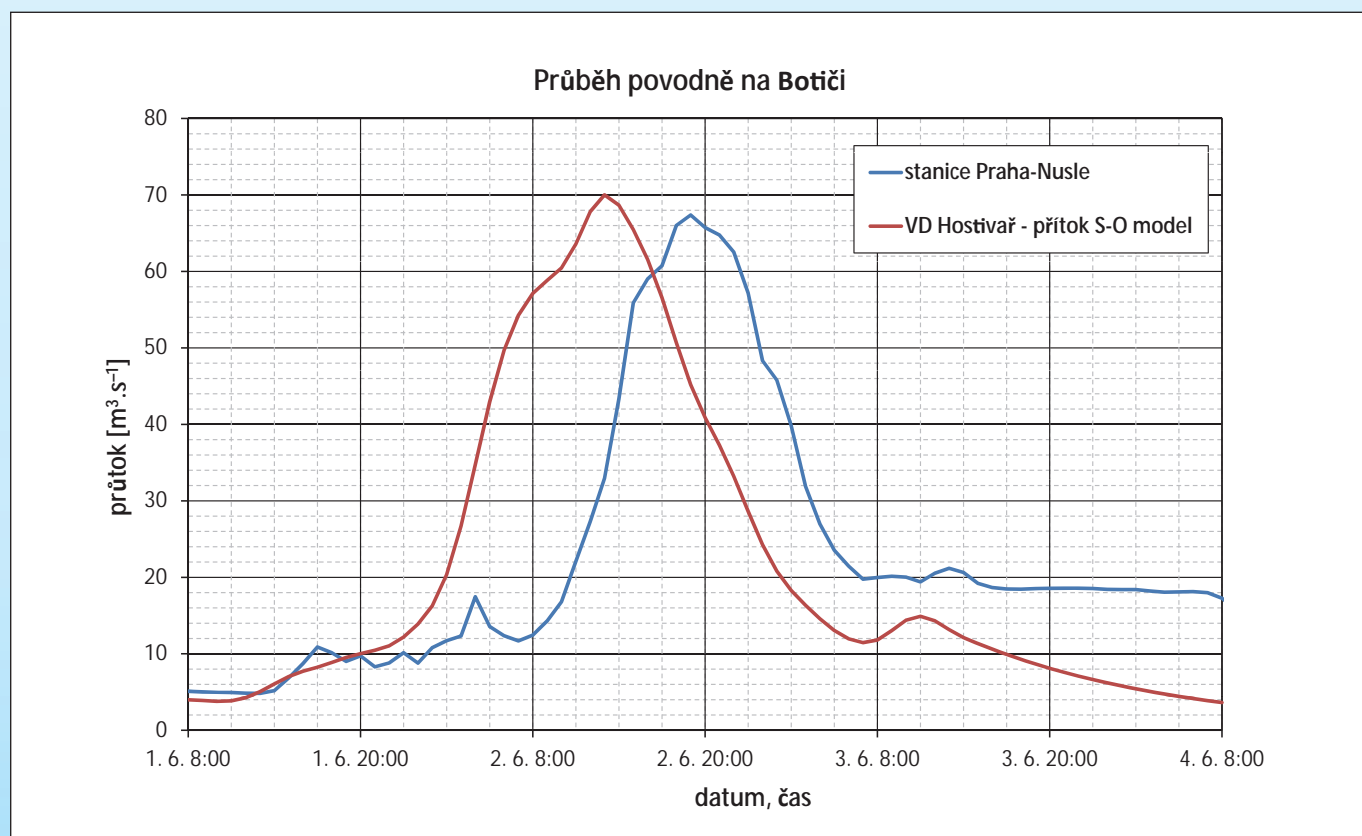
ve Zbraslavi) a jiné zásahy v území (ocelový plot závodště v Praze-Chuchli atd.). Je nanejvýš pravděpodobné, že transformace v radotínském rozlivu byla relativně malá a kulminační průtok snížila nejspíše jen o několik desítek  $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  na přítoku z Berounky, který je od Vltavy do značné míry oddělen náspem Strakonické ulice. Přesto je celkový objem zadržené vody v tomto rozlivu odhadován na 12,3 mil.  $\text{m}^3$ .

Velké problémy zapříčinilo rozvodnění pravostranných přítoků Vltavy přímo v hlavním městě Praze, jmenovitě Botiče a Rokytky, kde zejména nástup povodňové vlny na Botiči, v úseku pod nádrží Hostivař, byl velmi rychlý a neočekávaný (obr. 1.18). Na Rokytkce, u soutoku s Vltavou v Praze-Libni došlo k vybřežení vody z koryta v důsledku vzduť hladiny poté, co byla uzavřena protipovodňová vrata a čerpadla nestačila do Vltavy odčerpávat vodu přítékající z Rokytky.

Na soutoku Vltavy a Labe došlo, obdobně jako při povodni v srpnu 2002, k rozlivům a zpětnému vzduť hladiny Labe vodou z rozvodněné Vltavy. Je zřejmé, že na soutoku Vltavy a Labe došlo ke zmenšení a časovému oddálení kulminace povodňové vlny. Celkový objem inundace za povodně 2013 byl odhadnut na 114,5 mil.  $\text{m}^3$  zadržené vody. Efekt rozlivu v podobě zmenšení kulminačního průtoků lze jen přibližně odhadnout v rozmezí 150 až 200  $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ . Postupová doba maximálního průtoků mezi Vltavou v Praze a Labem v Mělníku dosáhla

přibližně 22 hodin, přitom postupová doba mezi stanicí ve Vraňanech na počátku mělnické inundace a stanicí v Mělníku činila 14 hodin. Uvedené postupové doby jsou srovnatelné s povodní v srpnu 2002, kdy postupová doba kulminačního průtoků mezi Prahou a Mělníkem dosáhla 25 hodin a mezi Vraňany a Mělníkem 17 hodin.

Vyhodnocení průběhu povodně v oblasti mělnické inundace však poukázalo na významný rozpor mezi zaznamenanými úrovněmi hladiny povodně 2013 v jednotlivých lokalitách a obdobnými údaji pro historické povodně. Labe v Mělníku kulminovalo 5. června 03:00 SELČ při průtoku 3 640  $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ . Maximální hladina vody v červnu 2013 byla sice níže než v srpnu 2002, ale na několika místech byla výše než zaměřené povodňové značky historických průtokově větších povodní, např. v roce 1845 nebo roku 1890. Přímo na vodočtu Mělník byl dosažen vodní stav, který podle v té době platné měrné křivky odpovídal průtoku zhruba 4 300  $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ . Příčinu tohoto jevu lze spatřovat v kombinaci přírodních a antropogenních vlivů. Přírodními faktory jsou proces dlouhodobé agradační materiálu a zvyšování terénu, vliv střetu povodňových vln z Labe a Vltavy, změna vegetačního pokryvu, a tím prostupnosti inundace pro proudění aj. Na druhé straně existují jednoznačné antropogenní vlivy, které k nárůstu hladiny s největší pravděpodobností přispěly. Patří mezi ně výstavba vodohospodářských děl, např. plavebního kanálu Mělník – Vraňany, terénní změny, výstavba



Obr. 1.18 Průběh povodně ve stanici Praha-Nusle na Botiči společně s průběhem přítoku do VD Hostivař odvozeným pomocí srážkoodtokového (S-O) modelu.



Obr. 1.19 Vyústění Botiče do Vltavy (foto Radovan Tyl).



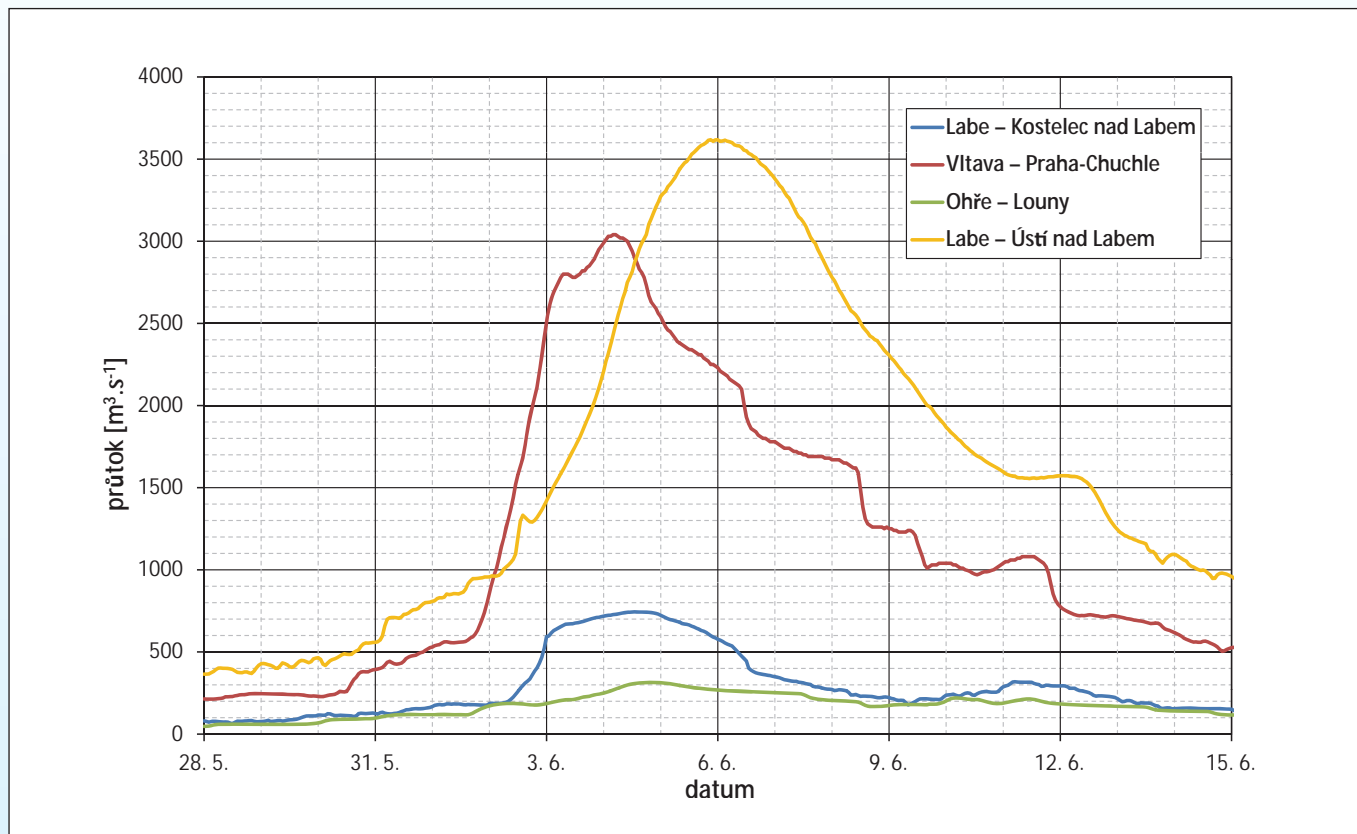
Obr. 1.20 Labe – Počáply 5. června 2013 (Zdroj: Povodí Labe, s. p.).



*Obr. 1.21 Soutoková oblast Labe a Ohře 5. 6. 2013 (Zdroj: Povodí Ohře, s. p.).*



*Obr. 1.22 Labe v Ústí nad Labem 5. 6. 2013 (Zdroj: FOTO STUDIO H, s. r. o.).*



Obr. 1.23 Průběh povodňových vln na Vltavě v Praze, na Ohři v Lounech a na Labi v Kostelci nad Labem a v Ústí nad Labem.

ochranných hrází a jejich případné prolomení za jednotlivých povodní aj. Míra vlivu jednotlivých faktorů není známa, ale může být zásadní pro hodnocení povodňového rizika a následně pro protipovodňovou ochranu v této oblasti a níže po toku Labe.

K další transformaci povodně došlo v rozlivu na soutoku Labe a Ohře, kde byl celkový objem zadržené vody odhadnut v rozmezí 62,7 až 64,9 mil. m<sup>3</sup> a zmenšení kulminačního průtoku transformačním efektem lze odhadovat v rozmezí 150 až 250 m<sup>3</sup>·s<sup>-1</sup>.

Časový rozdíl mezi kulminací v Mělníku a v Ústí nad Labem dosáhl v červnu 2013 přibližně 17 hodin, zatímco v roce 2002 činil zhruba 27 hodin. Celková doba postupu kulminace z Prahy do Ústí nad Labem tak dosáhla 39 hodin (oproti 52 hodinám v roce 2002). V Ústí nad Labem kulminovalo Labe 5. června večer při 3 630 m<sup>3</sup>·s<sup>-1</sup>, v Děčíně a Hřensku 6. června v časných ranních hodinách. Kulminační průtok zde odpovídal době opakování 20 až 50 let.

Na německém úseku Labe vlivem významného příspěvku mezipodolí, zejména Mulde a Saale, kulminační průtok po toku narůstal a v Magdeburgu kulminace přesáhla hodnotu 5 000 m<sup>3</sup>·s<sup>-1</sup>. Hladina zde vystoupila až na 747 cm, tj. o 67 cm výše než v roce 2002. V úseku mezi Dessau a Wittenberge se jednalo o historicky dosud největší zaznamenanou povodeň na Labi.

Extremita povodně je ve vodoměrných profilech hodnocena pomocí doby opakování kulminačního průtoku. Pravděpodobnost výskytu povodně je vyhodnocena statisticky na základě dlouhodobého pozorování. Na malých nepozorovaných tocích je doba opakování určena expertně dle regionálních regresních vztahů využívajících fyzicko-geografické charakteristiky povodí, pomocí analogonů atd.

Jako extrémní povodně, s dobou opakování více než 100 let, byly vyhodnoceny povodně v Podkrkonoší na říčce Čisté, v povodí Cidliny na Bystřici, v povodí Mrliny, v Plaňanech na Výrovce, v Radíči na Mastníku a ve všech vodoměrných profilech v povodí Vlašimské Blanice. Průtoky s touto extremitou se s vysokou mírou pravděpodobnosti vyskytly i na mnohých nepozorovaných menších vodotečích v nejvíce zasažených oblastech.

Z hlavních přítoků Vltavy byla nejvíce rozvodněna Lužnice, kde doba opakování v Bechyni dosáhla 100 let, na Otavě v Písku a na Sázavě v Nespekách se jednalo o 20–50letý průtok a na Berounce v Berouně byl dosažen 20letý průtok. Na Vltavě od Českých Budějovic až po soutok s Labem extremita kulminačního průtoku ve vodoměrných stanicích odpovídala době opakování 20–50 let, přítok do nádrže Orlický byl však hodnocen jako 100letý. Na Labi v Mělníku pod soutokem s Vltavou byl dosažen 50letý průtok, v Ústí nad Labem, Děčíně a Hřensku se jednalo o 20–50letý průtok.

## Koeficient odtoku

Jedním z hydrologických ukazatelů vyhodnocovaných za povodní je bilanční posouzení spadlých srážek a proteklého objemu prostřednictvím tzv. odtokových koeficientů udávajících podíl, kolik vody ze spadlých srážek odteklo ve vodních tocích. Vyhodnocení odtokových koeficientů pro první vlnu povodní bylo provedeno na povodích s plochou do 500 km<sup>2</sup>. Koeficient odtoku se ve většině případů pohyboval od 0,5 do 0,7 při třídenních průměrných srážkách na povodí od 70 do 140 mm.

Bilance mezi spadlými srážkami a objemem odtoku pro vybrané vodoměrné profily na Vltavě a jejích hlavních přítocích je uvedena v tab. 1.2. Proteklý objem a výška srážek byly uvažovány od půlnoci 28. 5. 2013 do půlnoci 15. 6. 2013. Na těchto velkých povodích jsou již koeficienty odtoku nižší, s výjimkou profilu České Budějovice, kde je vyšší hodnota koeficientu odtoku částečně ovlivněna odpouštěním vody z nádrže Lipno.

Tab. 1.2 Bilance srážky a odtoku ve vybraných vodoměrných stanicích.

Identifikátor	Tok	Profil	Plocha povodí [km <sup>2</sup> ]	Srážka [mm]	Odtok [mm]	Koeficient odtoku [-]
115100	Vltava	České Budějovice	2 847,42	179,6	83,3	0,46
133000	Lužnice	Bechyně	4 057,06	136,6	34,4	0,25
151000	Otava	Písek	2 913,70	159,8	56,5	0,35
167200	Sázava	Nespeky	4 038,65	120,4	33,2	0,28
198000	Berounka	Beroun	8 286,26	116,0	40,6	0,35
200100	Vltava	Praha-Chuchle	26 729,97	137,3	48,7	0,35

Tab. 1.3 Kulminační průtoky a doby opakování ve vybraných vodoměrných stanicích během první vlny povodní.

Ident.	Tok	Profil	Plocha povodí [km <sup>2</sup> ]	Údaje ke kulminačnímu průtoku				
				den	čas	vodní stav [cm]	průtok [m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> ]	doba opak. [roky]
003000	Malé Labe	Prosečné	72,75	2. 6.	6:00	175	47,6	10–20
004000	Čistá	Hostinné	77,42	2. 6.	6:20	345	120	>> 100*
004200	Labe	Vestřev	299,99	2. 6.	7:50	354	272	50–100
004300	Pilníkovský potok	Chotěvice	103,50	2. 6.	6:30	223	30,5	5–10
004500	Kalenský potok	Dolní Olešnice	62,00	2. 6.	11:20	262	44,7	20–50
006000	Labe	Království	531,96	2. 6.	14:20	240	156	5–10
014000	Úpa	Horní Staré Město	144,75	2. 6.	9:10	183	98,1	10
014100	Úpa	Slatina nad Úpou	401,36	2. 6.	12:40	272	133	5–10
014800	Úpa	Zlích	456,58	2. 6.	5:30	230	81	2–5
016000	Labe	Jaroměř	1 224,10	3. 6.	2:50	–	243	10
066500	Vrchlice	Vrchlice	97,43	2. 6.	17:30	187	37,1	50
069000	Javorka	Lázně Bělohrad	38,35	2. 6.	7:10	166	18,4	10–20
070000	Cidlina	Nový Bydžov	455,92	3. 6.	13:00	285	89,8	10–20
071000	Bystřice	Rohoznice	43,47	2. 6.	6:00	157	30,1	> 100
075000	Cidlina	Sány	1 151,01	5. 6.	0:10	323	134	10–20
075500	Štítarský potok	Svídnice	209,79	3. 6.	4:40	338	60,2	> 100
077000	Mrlina	Vestec	458,98	3. 6.	22:50	314	111	> 100

Tab. 1.3 Kulminační průtoky a doby opakování ve vybraných vodoměrných stanicích během první vlny povodní, pokračování.

Ident.	Tok	Profil	Plocha povodí	Údaje ke kulminačnímu průtoku				
				den	čas	vodní stav	průtok	doba opak.
					SELČ	[cm]	[m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> ]	[roky]
			[km <sup>2</sup> ]					
080000	Labe	Nymburk	9 722,48	4. 6.	9:30	372	562	2–5
082000	Výrovka	Plaňany	263,78	2. 6.	19:50	454	110	> 100
104400	Labe	Kostelec nad Labem	13 183,73	4. 6.	13:00	712	744	5
106000	Teplá Vltava	Lenora	176,09	2. 6.	8:30	177	63,2	10
107000	Teplá Vltava	Chlum	347,63	2. 6.	12:50	267	90	5–10
108000	Studená Vltava	Černý Kříž	102,44	2. 6.	12:00	184	34,7	5–10
109000	Vltava	Vyšší Brod	997,13	7. 6.	10:10	262	131	5
110200	Polečnice	Český Krumlov	197,65	2. 6.	11:20	299	107	20–50
111000	Vltava	Březí	1 825,48	2. 6.	15:10	326	420	20–50
112000	Malše	Kaplice	257,75	2. 6.	17:00	239	87,7	10
112500	Černá	Ličov	126,45	2. 6.	12:30	255	82,2	10
112600	Malše	Pořešín	436,55	2. 6.	17:20	300	177	10–20
113000	Malše	Římov	493,68	2. 6.	22:30	267	152	10
114000	Stropnice	Pašínovice	399,87	2. 6.	14:10	342	105	10–20
115000	Malše	Roudné	962,17	3. 6.	3:20	380	236	10–20
115100	Vltava	České Budějovice	2 847,72	2. 6.	18:00	486	628	20–50
119000	Lužnice	Pilař	935,23	4. 6.	0:00	419	120	10
123000	Lužnice	Frahelž	1 534,38	2. 6.	22:50	184	33,4	5
124000	Nežárka	Rodvínov	297,20	3. 6.	5:20	160	43,7	5–10
126000	Hamerský potok	Oldříš	208,74	4. 6.	17:20	123	19,4	20
128000	Nová řeka	Mláka	64,70	5. 6.	1:30	327	75,5	10
129000	Nežárka	Hamr	981,02	5. 6.	6:00	426	136	10–20
131000	Lužnice	Klenovice	3 153,67	5. 6.	9:20	330	204	10–20
132500	Smutná	Rataje	218,33	2. 6.	12:00	349	136	100
133000	Lužnice	Bechyně	4 057,06	2. 6.	14:40	594	561	100
135000	Vydra	Modrava	89,80	2. 6.	18:00	160	54,6	5–10
138000	Otava	Sušice	533,67	2. 6.	20:30	220	205	5–10
141000	Otava	Katovice	1 133,77	3. 6.	4:10	270	240	5–10
143000	Volyňka	Němětice	383,36	2. 6.	14:20	266	95,8	5–10
145000	Blanice	Blanický Mlýn	85,47	2. 6.	8:30	249	60	10–20
147000	Blanice	Poddevory	202,72	2. 6.	9:50	273	120	20–50
148000	Blanice	Husinec	212,28	2. 6.	14:30	251	94,8	10–20
148500	Zlatý potok	Hracholusky	74,97	2. 6.	9:10	190	41,5	50
150000	Blanice	Heřmaň	841,33	3. 6.	6:50	279	199	20–50
151000	Otava	Písek	2 913,70	3. 6.	14:40	522	548	20–50
152000	Lomnice	Dolní Ostrovec	391,35	3. 6.	19:10	216	58	5
153000	Skalice	Varvažov	367,86	2. 6.	16:00	258	75	10–20
153800	Brzina	Hrachov	133,24	2. 6.	6:00	259	79,6	100
153900	Mastník	Radíč	268,62	2. 6.	20:50	282	103	> 100
154600	Kocába	Štěchovice	308,59	2. 6.	16:50	248	101	100
165600	Blanice	Louňovice	211,33	2. 6.	11:30	410	107	> 100
165800	Chotýšanka	Slověnice	117,11	2. 6.	13:30	270	76,4	> 100
166200	Blanice	Radonice-Zdebuzevy	541,86	2. 6.	19:30	504	189	> 100
166900	Konopišský potok	Poříčí nad Sázavou	89,33	3. 6.	10:50	155	16,4	10

Tab. 1.3 Kulminační průtoky a doby opakování ve vybraných vodoměrných stanicích během první vlny povodní, pokračování.

Ident.	Tok	Profil	Plocha povodí	Údaje ke kulminačnímu průtoku				
				den	čas	vodní stav	průtok	doba opak.
					SELČ	[cm]	[m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> ]	[roky]
			[km <sup>2</sup> ]					
167200	Sázava	Nespeky nad Sázavou	4 038,65	3. 6.	5:10	544	509	20–50
169000	Vltava	Zbraslav	17 826,39	4. 6.	1:00	1 605	2 100	20–50
178500	Radbuza	Tasnovice	172,02	3. 6.	3:40	232	41,6	5–10
179900	Radbuza	Lhota	1 181,85	3. 6.	12:50	335	112	10
180100	Radbuza	České Údolí	1 264,36	3. 6.	13:00	344	129	10
182000	Úhlava	Klatovy	338,74	3. 6.	8:10	313	68,5	10–20
183000	Úhlava	Štěnovice	892,84	3. 6.	3:30	357	189	20–50
186000	Berounka	Bílá Hora	4 017,50	3. 6.	6:40	524	387	10
186900	Bradava	Žákava	102,55	1. 6.	22:40	177	27,4	10
187000	Úslava	Koterov	733,26	3. 6.	3:10	275	133	5–10
187500	Klabava	Hrádek	158,12	2. 6.	23:10	230	57,7	5–10
188000	Klabava	Nová Huť	359,48	3. 6.	6:30	251	115	10–20
191000	Berounka	Liblín	6 455,83	3. 6.	12:40	443	651	5–10
191800	Rakovnický potok	Rakovník	302,25	2. 6.	9:30	268	30,9	5
194500	Berounka	Zbečno	7 520,32	3. 6.	21:00	607	804	10–20
196000	Litavka	Čenkov	158,19	2. 6.	6:30	94	31,9	5
196400	Červený potok	Hořovice	71,06	2. 6.	21:50	120	36	20
197300	Litavka	Beroun	625,49	2. 6.	3:50	261	159	10–20
198000	Berounka	Beroun	8 286,26	3. 6.	22:30	578	960	20
198400	Loděnice	Loděnice	253,75	2. 6.	7:20	262	38,5	20
200100	Vltava	Praha-Chuchle	26 729,97	4. 6.	4:50	546	3 040	20–50
200500	Dobřešovický potok	Průhonice	13,00	2. 6.	9:30	131	16,6	100
200600	Botič	Praha-Nusle	134,89	2. 6.	19:00	319	68,5	50–100
201000	Rokytky	Praha-Libeň	137,32	2. 6.	18:40	191	46	50–100
201000	Rokytky	Praha-Libeň	137,32	3. 6.	23:00	388	vzduto	
203000	Vltava	Vraňany	28 062,12	4. 6.	13:10	785	3 080	20–50
204000	Labe	Mělník	41 831,53	5. 6.	3:00	936	3 640	50
207600	Svatava	Kraslice	115,12	2. 6.	8:40	139	55,8	10–20
208200	Svatava	Svatava	291,64	2. 6.	12:10	204	76,5	10
210100	Stará Role	Rolava	126,35	2. 6.	4:50	184	55,8	10–20
214000	Ohře	Karlovy Vary	2 857,03	3. 6.	2:30	274	277	2–5
214500	Bystřice	Ostrov	127,57	2. 6.	4:30	159	38,6	5–10
215100	Ohře	Kadaň	3 508,24	3. 6.	15:00	226	363	5
219000	Ohře	Louny	4 979,76	4. 6.	18:20	543	314	< 2
221000	Labe	Ústí nad Labem	48 560,58	5. 6.	19:50	1 072	3 630	20–50
222900	Bílina	Bílina	557,26	4. 6.	6:30	201	32,7	5–10
226000	Bílina	Trmice	918,60	5. 6.	9:30	275	vzduto	
239000	Ploučnice	Benešov nad Ploučnicí	1 156,74	1. 6.	17:00	165	102	5
240000	Labe	Děčín	51 120,39	6. 6.	1:20	1 074	3 740	20–50
241000	Kamenice	Srbská Kamenice	97,29	1. 6.	15:20	162	38,2	10–20
243000	Chřibská Kamenice	Všemily	61,79	1. 6.	16:10	147	18,5	5
244000	Kamenice	Hřensko	214,90	1. 6.	17:30	178	56,0	5–10
244000	Kamenice	Hřensko	214,90	6. 6.	3:20	385	vzduto	
245000	Labe	Hřensko	51 408,49	6. 6.	2:50	1 108	3 750	20–50

\* – symbol „>>“ odpovídá době opakování 500 let a více



## DRUHÁ VLNA POVODNÍ – přívalové povodně 8. června až 15. června 2013

Dne 8. června postupovala tlaková níže spojená s frontálním systémem od jihozápadu do střední Evropy. Ve stejnou dobu se nad Skandinávií udržovala další tlaková níže spojená s okluzní frontou. Dne 9. června došlo nad střední Evropou ke spojení těchto dvou systémů a v dalších dnech se přesouvalo nově vytvořené zvlněné frontální rozhraní jen zvolna k severovýchodu.

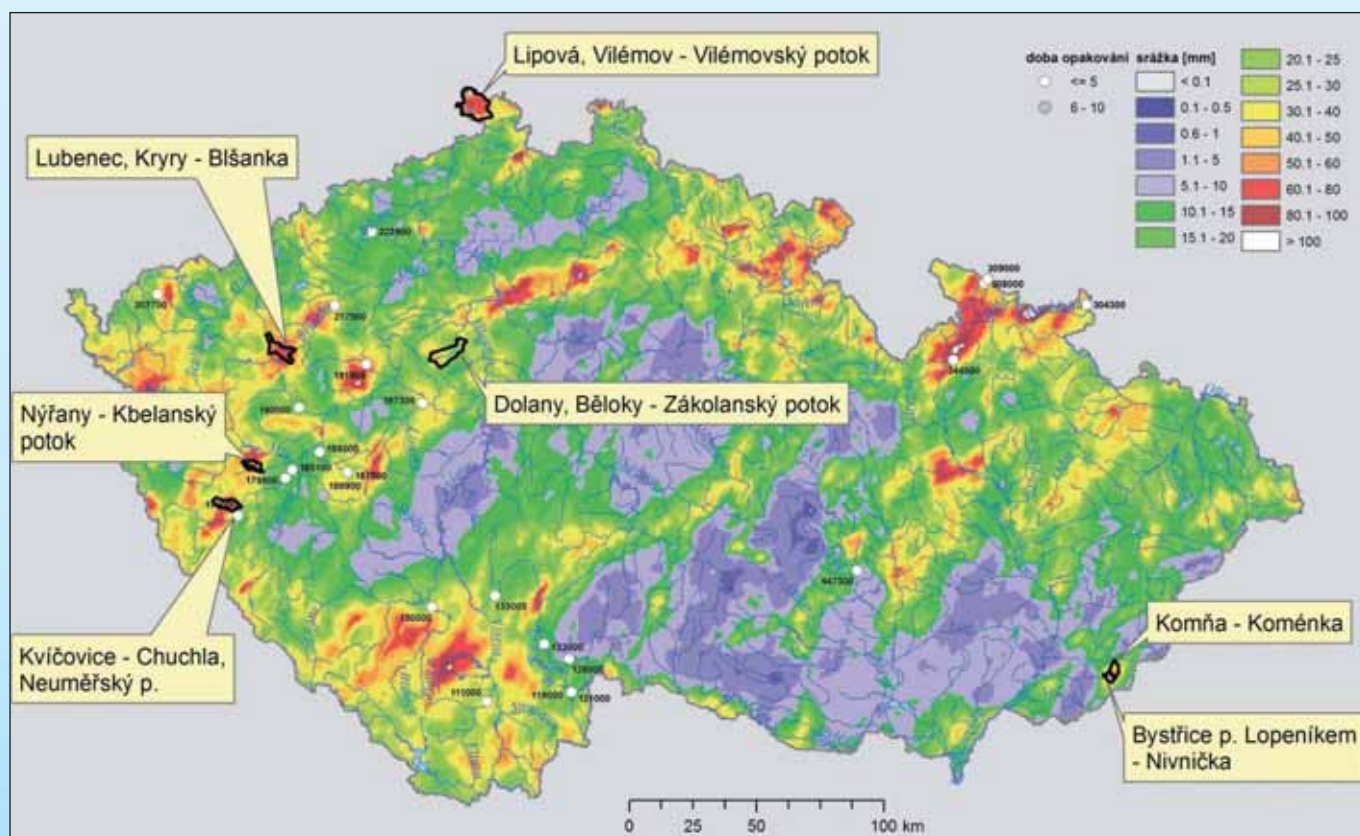
Příliv teplejšího a vlhčího vzduchu od jihozápadu vytvořil podmínky pro vznik a vývoj bouřkové činnosti v nestabilním zvrstvení atmosféry. Srážky konvekčního charakteru na některých místech způsobily lokální zatopení území a přívalové povodně. Rozhodujícím faktorem přitom bylo extrémní nasycení půdy vodou z předcházející povodňové vlny, proto významnější povrchový odtok vyvolaly i přívalové srážky menší intenzity, které by za jiných okolností byla schopna krajina významněji transformovat.

Dne 8. června se vyskytovaly intenzivnější srážky jen velmi lokálně, především v severozápadní polovině Čech. Vzhledem ke skutečnosti, že nad střední Evropou bylo nevýrazné tlakové pole, a díky tomu jen slabé proudění, byla jádra bouřek na našem území téměř bez pohybu. Ačkoliv denní úhrny zpravidla nepřekročily 40 mm, došlo k několika situacím, při kterých vznikl extrémní

povrchový odtok. Přívalové povodně byly zaznamenány v Podkrkonoší, na Plzeňsku a na Kladensku, přitom asi nejznámějším případem se stala povodeň na Dolanském potoce v obcích Dolany a Běloky v povodí Zákolanského potoka.

Dne 9. června byly lokální přívalové srážky intenzivnější a vydatnější než 8. června a vyskytly se na většině území Čech a v Jesenické oblasti. Jádra bouřek byla na zvlněném frontálním rozhraní organizována do pásů s mírným postupem od jihozápadu k severovýchodu. Na mnoha místech v bouřkách vypadávaly i kroupy. Nejvydatnější srážky spadly na Mladoboleslavsku, Mělnicku, Děčínsku (ve Šluknovském výběžku), Broumovsku, v okolí Netolic na Českokbudějovicku, u Soběslavi na Táborsku, v okolí Podbořan a Lubence na Lounsku, u Jirkova na Chomutovsku, v okolí Horšovského Týna na Domažlicku a na Moravě v Jesenické oblasti. Vůbec nejvyšší srážkový úhrn byl naměřen na stanici Mladá Boleslav (78,4 mm), což zde odpovídá úrovni 50leté srážky. Hydrologická odezva v podobě přívalových povodní byla zaznamenána na Šluknovsku (Lipová, Vilémov), v Podkrkonoší, na Mladoboleslavsku, na Chomutovsku a na Lounsku (Lubeneč, Kryry), Domažlicku a v Jesenické oblasti.

Podobně 10. června se konvekční srážky spojené s bouřkovou činností vyskytly na většině území. Lokální přívalové srážky však tentokrát zasáhly kromě Čech



Obr. 1.24 Plošné rozložení srážek vypadlých od 8. června 8:00 do 11. června 8:00 SELČ, společně s vyznačením dob opakování kulminačních průtoků ve vodoměrných stanicích a hranic povodí, kde byl vyhodnocen průběh povodní.

i Moravu a Slezsko. Maximální denní úhrn byl dosažen v Jeseníkách na stanici Branná (58,6 mm). Na Moravě bylo vedle Jesenické oblasti postiženo také Opavsko, okolí Šumperka, Blanensko a další spíše již menší území (Bystřice pod Lopeníkem). V Čechách se významnější srážky vyskytly v okolí Mariánských Lázní, na Rokycansku, Plzeňsku a Prachaticku. Přívalové povodně a lokální zatopení byly hlášeny např. z okolí Bystřice pod Lopeníkem, ze Šumperska a Plzeňska.

V důsledku přívalových srážek, které se 8. až 10. června vyskytovaly na území ČR, se zvedly i hladiny některých větších řek – Lužnice, Radbuzy, Klabavy, Berounky a toků v Jesenické oblasti. Kulminační průtoky však zde jen ojediněle přesáhly dobu opakování 5 let. Naproti tomu zaznamenané lokální přívalové povodně byly v několika případech vyhodnoceny jako více než 100leté.

Tab. 1.4 Kulminační průtoky a doby opakování ve vybraných vodoměrných stanicích během druhé vlny povodní.

Identifikátor	Tok	Profil	Plocha povodí [km <sup>2</sup> ]	Údaje ke kulminačnímu průtoku				
				den	čas	vodní stav	průtok	doba opakování
					SELČ	[cm]	[m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> ]	[roky]
123000	Lužnice	Frahelž	1 534,38	11. 6.	6:00	191	35,8	5
150000	Blanice	Heřmaň	841,33	11. 6.	22:30	193	85,3	5
186900	Bradava	Žákava	102,55	10. 6.	16:30	165	22,7	5–10
197300	Litavka	Beroun	625,49	10. 6.	21:40	182	82,6	2–5
222900	Bílina	Bílina	557,26	14. 6.	6:30	125	10,1	2–5
304300	Osoblaha	Osoblaha	200,97	11. 6.	11:10	192	25,3	2–5

Tab. 1.5 Odhad velikosti kulminačních průtoků a dob opakování během druhé vlny povodní ve vybraných nepozorovaných profilech.

Číslo hydrologického pořadí	Tok	Profil	Plocha povodí [km <sup>2</sup> ]	Kulminační průtok		
				den	průtok	doba opakování
					[m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> ]	[roky]
1-12-02-0260-0-00	Dolanský potok	Běloky	26,31	8. 6.	23,0**	100
1-10-01-1940-0-00	Kbelanský potok	Nýřany	22,37	9. 6.	9,5	5–10
1-10-02-0710-0-00	Chuchla	Kvíčovice	28,27*	9. 6.	13,5	5–10
1-15-01-0230-0-00	Liščí potok	Lipová	10,82*	9. 6.	13,9	100
1-15-01-0260-0-00	Vilémovský potok	Vilémov	53,97*	9. 6.	65,0	100
1-13-03-0490-0-00	Blišanka	nad Ležeckým potokem	46,39	9. 6.	36,2	100
4-13-01-0890-0-00	Koménka	Komňa	6,16*	10. 6.	21,3	50–100
4-13-01-1170-1-00	Nivnička	Bystřice pod Lopeníkem	7,12*	10. 6.	21,4	50

\* plocha povodí určená z modelu HEC-HMS

\*\* průtok odvozen hydraulickým modelem

## TŘETÍ VLNA POVODNÍ

### 23. června – 26. června 2013

Na počátku druhé poloviny června proudil do Čech velmi teplý vzduch od jihu. Maximální denní teplota vystoupila 18. až 20. června až nad 35 °C. Poté se začaly vyskytovat srážky v podobě přeháněk a bouřek na studené zvlněné frontě, která naše území ovlivňovala od 21. června. Dne 24. června se ve večerních a nočních hodinách na pomalu postupující zvlněné studené frontě vytvořila jihovýchodně od našeho území samostatná tlaková níže a v jejím týlu k nám zesílil příliv studeného vzduchu od severozápadu až severu. Následně 25. června ovlivňovala celou západní a střední Evropu brázda nízkého tlaku vzduchu ve vyšších hladinách atmosféry, která byla ve svém postupu blokována hřebenem vysokého tlaku vzduchu nad severovýchodní Evropou a brázdou nízkého tlaku nad východní Evropou. Zmíněná situace vyústila ve vznik uzavřené výškové tlakové níže severovýchodně od našeho území. Kolem této níže byl nad střední Evropu vtahován vlhký a zpočátku i relativně teplý vzduch ze Středozemního a Černého moře. Zde se střetával se studeným vzduchem v nižších hladinách, což přispívalo k tvorbě intenzivních a vydatných srážek. Níže se následujícího dne (26. června) odsunula nad jižní Skandinávii a srážky postupně ustaly.

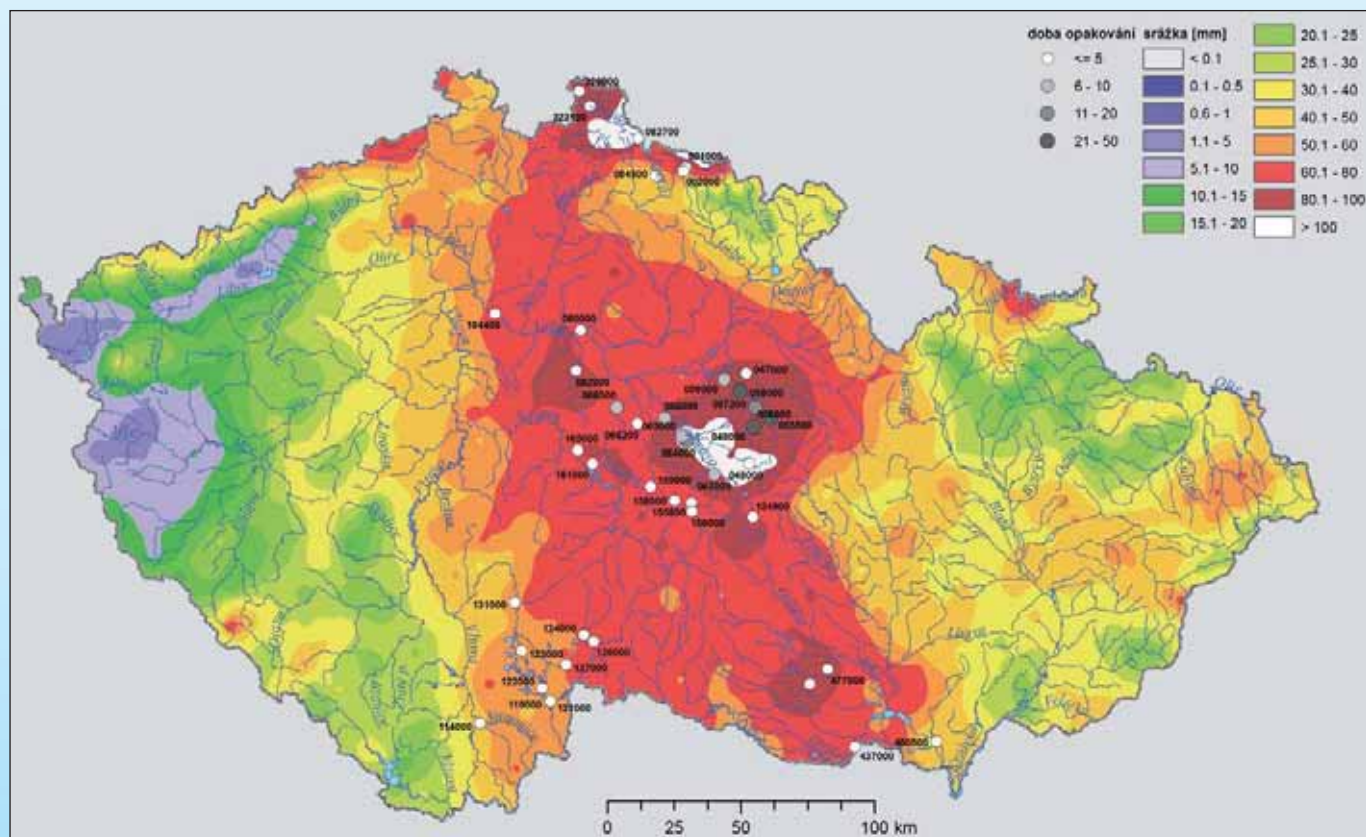
Nejintenzivnější srážky se nad územím ČR vyskytly 24. června 2013, přičemž postupně zasáhly Čes-

komoravskou vrchovinu, jižní Moravu, střední a východní Čechy. Výrazné srážkové pásmo zůstávalo téměř bez pohybu a až v noci na 25. června se pozvolna posouvalo zpět na západ. Během dopoledne 25. června intenzita srážek pozvolna slábla a do večera srážky většinou ustaly.

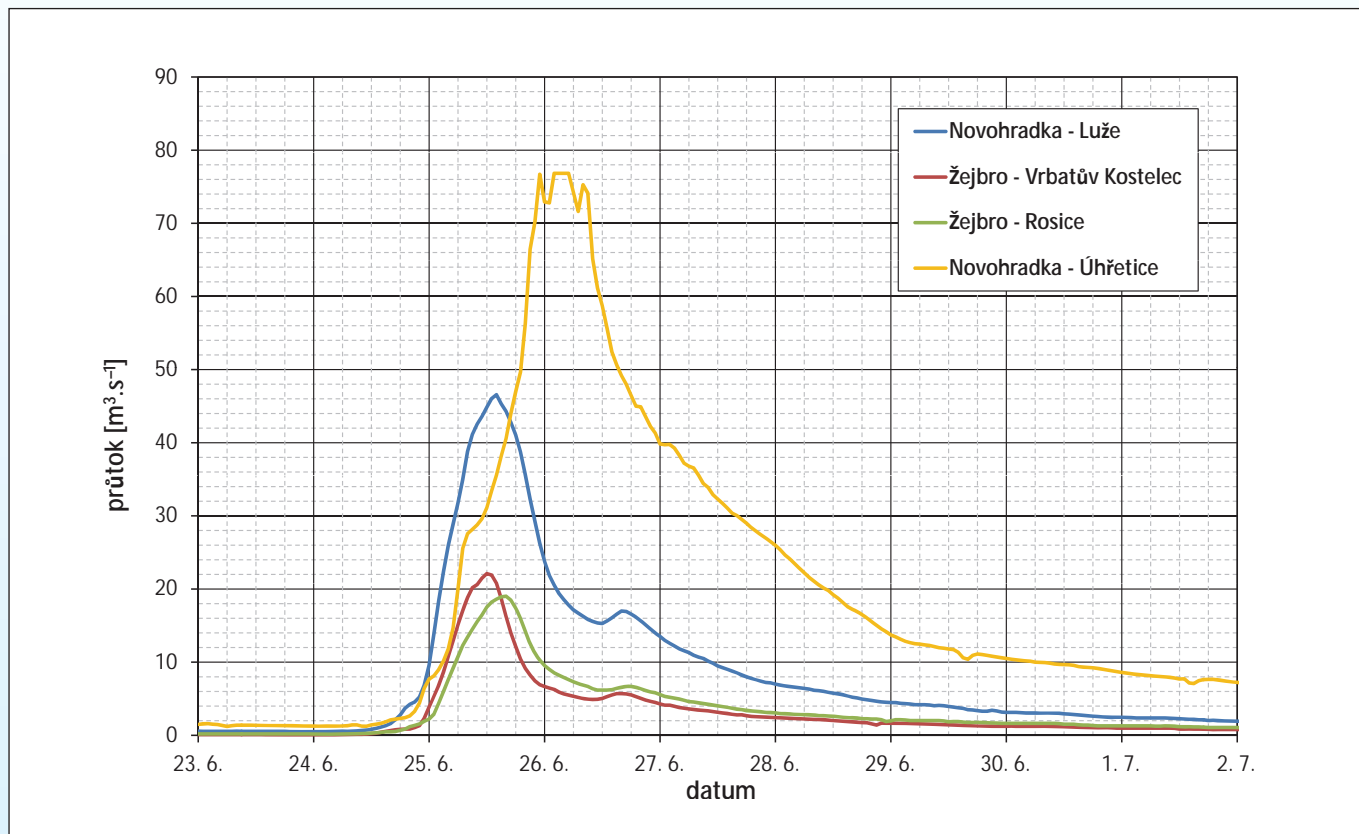
Z hlediska plošného průměru srážek byl 24. červen nejdeštivější den celého června 2013. Nejvyšší úhrny srážek za 24 hodin byly zaznamenány na meteorologických stanicích Džbánice (103 mm), kde se jednalo o srážku přesahující dobu opakování 100 let, a Moravský Krumlov (85 mm). Dne 25. června bylo nejvíce srážek naměřeno v Jizerských horách, kde stanice Bílý Potok zaznamenala denní úhrn 93 mm.

Odtoková odezva byla nejvýraznější v povodí Chrudimky a Doubravy. Kulminační průtok s největší extremitou (až 50 let) se vyskytl na Novohradce v Luži a Úhřeticích, významně rozvodněn byl i přítok Novohradky Žejbro ve Vrbatově Kostelci (20–50letý průtok).

Povodňová vlna na Chrudimce nad soutokem s Novohradkou byla transformována účinkem soustavy nádrží, především nádrže Seč, a doba opakování kulminačních průtoků nepřesáhla 5 let. Na Doubravě, druhém nejvíce zasaženém povodí, byl ve Spačicích překročen 10letý průtok. Na Sázavě a jejích přítocích došlo jen výjimečně k překročení 5letého průtoků.



Obr. 1.25 Plošné rozložení srážek vypadlých od 24. června 8:00 do 26. června 8:00 SELČ, společně s vyznačením dob opakování kulminačních průtoků ve vodoměrných stanicích.



Obr. 1.26 Průběh povodně ve vodoměrných stanicích v povodí Novohradky.

Tab. 1.6 Kulminační průtoky a doby opakování ve vybraných vodoměrných stanicích během třetí vlny povodní.

Identifikátor	Tok	Profil	Plocha povodí	Údaje ke kulminačnímu průtoku				
				den	čas	vodní stav	průtok	doba opakování
					SELČ	[cm]	[m³.s⁻¹]	[roky]
055500	Novohradka	Luže	152,45	25. 6.	15:20	255	47,2	20–50
056000	Žejbro	Vrbatův Kostelec	48,49	25. 6.	13:50	197	22,6	20–50
057200	Žejbro	Rosice	81,68	25. 6.	16:40	116	19,1	10–20
058000	Novohradka	Úhřetice	458,91	26. 6.	10:00	332	80,7	20–50
059000	Chrudimka	Nemošice	856,50	26. 6.	13:40	314	121	10
063000	Doubrava	Bílek	64,17	25. 6.	19:10	217	24,0	10
064000	Doubrava	Spačice	197,30	25. 6.	14:20	228	65,5	10–20
065000	Doubrava	Pařížov	201,18	25. 6.	20:20	149	49,7	10
066000	Doubrava	Žleby	381,86	26. 6.	0:20	234	82,1	5–10
066500	Vrchlice	Vrchlice	97,43	25. 6.	20:40	138	18,2	5–10
080000	Labe	Nymburk	9 722,48	26. 6.	16:10	369	554	2–5
082000	Výrovka	Plaňany	263,78	26. 6.	1:40	263	31,2	5
104400	Labe	Kostelec nad Labem	13 183,73	26. 6.	13:30	667	657	2–5
156000	Šlapanka	Mírovka	252,91	25. 6.	23:50	217	27,6	5
158000	Sázava	Chlístov	794,87	26. 6.	1:10	214	101	5

## 2. VYBRANÉ PŘÍPADY PŘÍVALOVÝCH POVODNÍ

### Vyhodnocení povodní v nepozorovaných profilech

Vzhledem k tomu, že při přívalových srážkách a bouřkách bývají často zasažena území o malé ploše, nedojde většinou k zaznamenání události pomocí měřících zařízení staniční sítě ČHMÚ (srážkoměry, vodoměrné stanice). Potom je nezbytné odhadnout průběh povodně pomocí jiných dostupných zdrojů a nástrojů, jakými jsou výstupy z meteorologických radarů pro zjištění podrobného časového průběhu srážek a srážkoodtokové modely pro odvození průběhu hydrogramu.

V našem případě byl použit událostní deterministický srážkoodtokový model HEC-HMS hydrologického centra společnosti USACE (US Army Corps of Engineers), umožňující simulovat velikost přímého odtoku v povodí na základě zadaného časového průběhu srážek a počátečního nasycení půdy. Pro určení velikosti přímého odtoku byla použita metoda CN-křivek a pro transformaci odtoku jednotkový hydrogram dle metody Clarka, jehož parametry byly odhadnuty z fyzicko-geografických charakteristik povodí.

Srážky do modelu vstupovaly v 15minutovém kroku jako kombinace radarových odhadů srážek a srážek z pozemního pozorování, a to ve dvou variantách:

**Varianta 1** – kombinace údajů ze všech dostupných pozemních srážkoměrných stanic a srážkových odhadů z radarového měření, včetně zahrnutí dat z meteorologických radarů okolních států.

**Varianta 2** – kombinace údajů z vybraných, zhruba 160 srážkoměrných stanic a odhadů srážek z radarů Skalky a Praha (Brdy), tzv. metoda MERGE, jejíž výstupy jsou k dispozici na stránkách HPPS ČHMÚ: <[http://hydro.chmi.cz/hpps/main\\_rain.php?t=r&mt=&id=24](http://hydro.chmi.cz/hpps/main_rain.php?t=r&mt=&id=24)>.

Srážkoodtokovým modelováním bylo vyhodnoceno sedm oblastí, které byly výrazně zasaženy přívalovými srážkami a kde byly hlášeny a dokumentovány přívalové povodně. Nelze vyloučit, že v některých dalších lokalitách se mohly vyskytnout kulminační průtoky a povodně stejného nebo i většího významu.

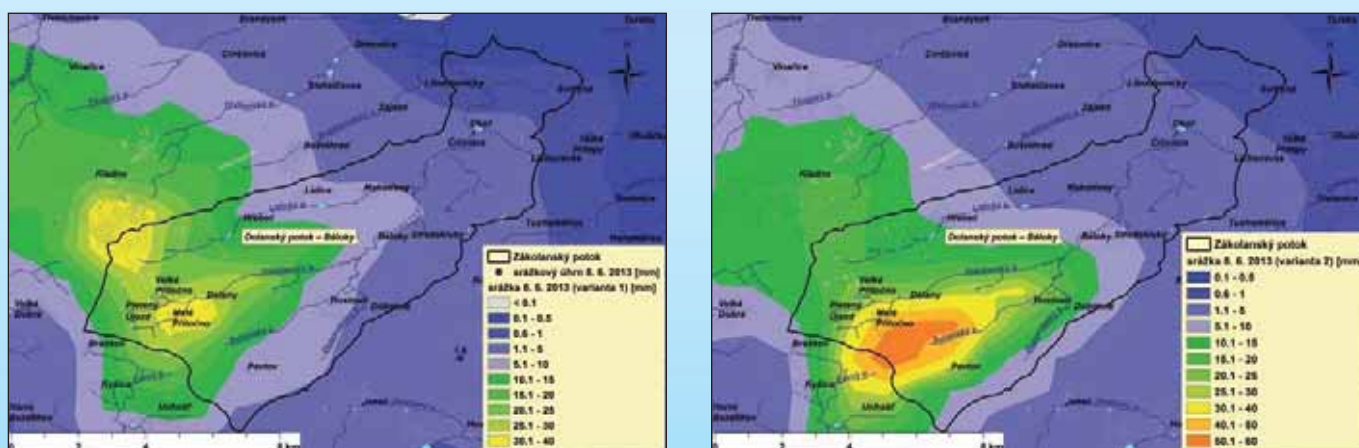
Průtoky byly odvozeny s využitím obou variant vstupních srážek. Je pochopitelné, že přesnější odhady srážkového rozložení, a tím pravděpodobně i přesnější odhad odtokové odezvy, budou poskytovat výstupy z varianty 1, kde bylo využito všech srážkoměrných pozorování a údajů z radarů ze sousedních zemí.

### Povodí Zákolanského potoka – Dolany, Bělky

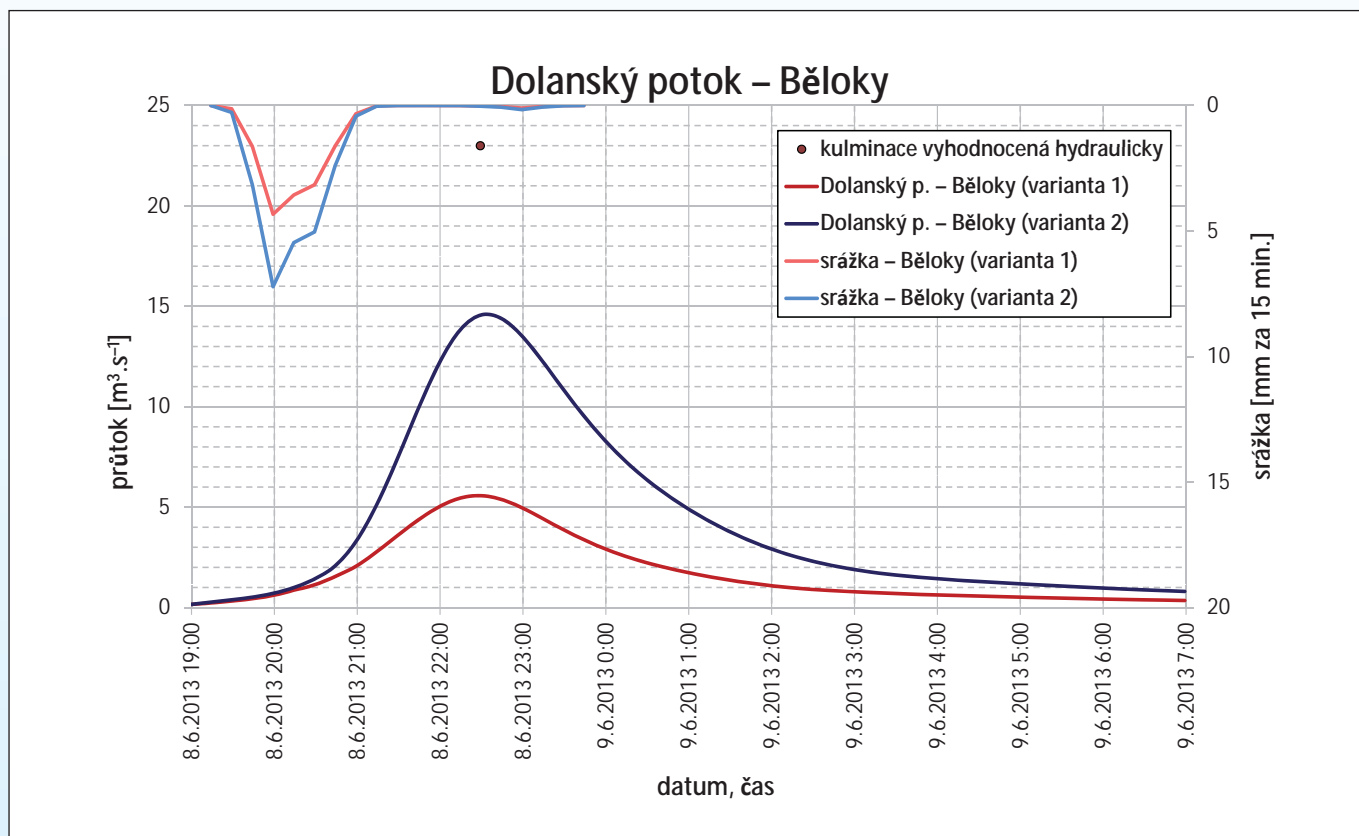
Lokální přívalové srážky začaly vypadávat zejména v pramenné části povodí Dolanského potoka v sobotu 8. června večer po 19. hodině, přičemž nejintenzivnější byly od 19:30 do 20:45 SELČ. Přibližně kolem 21:15 srážky ustaly a později se už vyskytly pouze slabší přeháňky či občasné velmi slabé deště, a to od 22:30 do 23:45. V nejméně zasažené části povodí se intenzita

srážek pohybovala od 15 do 20 mm za 15 minut a během jedné hodiny, dle radarových odhadů, spadlo více než 50 mm.

Vzhledem k významnému nasycení půdy předchozími srážkami, docházelo k velmi rychlému povrchovému odtoku z celé horní části povodí Dolanského a Sulovického potoka. Nejdříve bylo zasaženo Velké a Malé Přítočno, dále se voda a bahno z okolních luk



Obr. 2.1 Plošné rozložení srážek (varianta 1 vlevo, varianta 2 vpravo) s vyznačením zasaženého povodí.



Obr. 2.2 Hydrogram povodně na Dolanském potoce v Bělokách odvozený srážkoodtokovým modelem.

a polí valily jak korytem Dolanského potoka, tak také po polích, loukách, cestách a silnicích směrem na Dolany. Podobná situace nastala v horním povodí Sulovického potoka, který protéká Hostouní a vlévá se do Dolanského potoka nad obcemi Běloky a Středokluky, které byly rovněž velmi výrazně zasaženy povodňovou

vlnou z Dolanského potoka. Podobně jako v Dolanech, i zde byly poničeny místní komunikace, chodníky, vlastní koryto potoka a mostky či lávky. Voda a bahno se zde valily vrchem přes most na návsi. Vodní živel ohrožoval velké množství domů v obci. V několika domech se dostal až do obytné části, jinde pouze zaplavil zahrady, garáže a sklepy.



Obr. 2.3 Stopy kulminační hladiny po povodni v Bělokách na Dolanském potoce. (Zdroj: oficiální stránky obce Běloky).

Dále po toku již povodňová vlna postupovala bez významnějších přítoků a postupně docházelo k její transformaci, zejména vlivem rozlivů do okolních luk a polí. Přívalová vlna zasáhla ještě Velké a Malé Čičovice, Čičovice a Okoř. Díky informacím od hasičů a policistů, kteří zasahovali v Dolanech a okolí, byl včas vypuštěn rybník v Okoři, ve kterém následně došlo k částečnému zachycení a další transformaci povodňové vlny. I tak se zde ale vodní živel dostal do níže položených stavení, sklepů a zahrad.

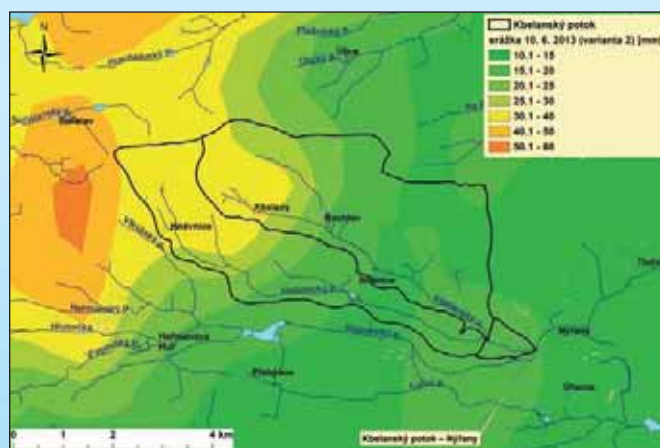
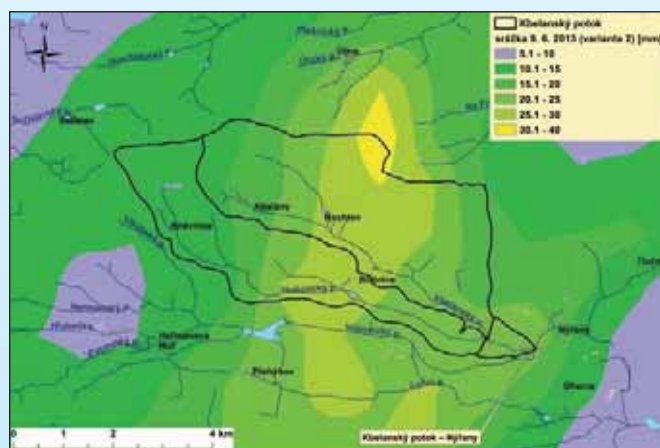
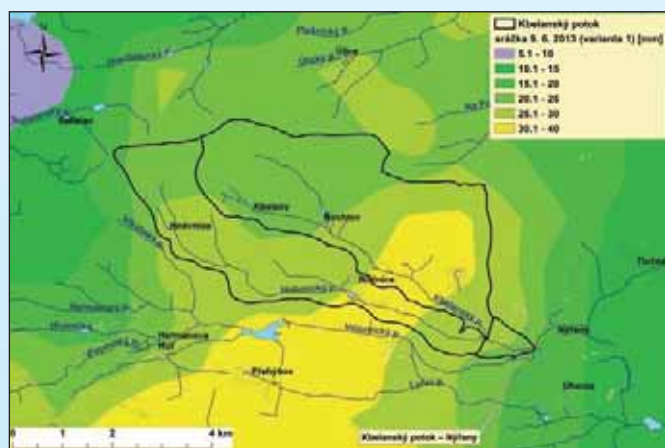
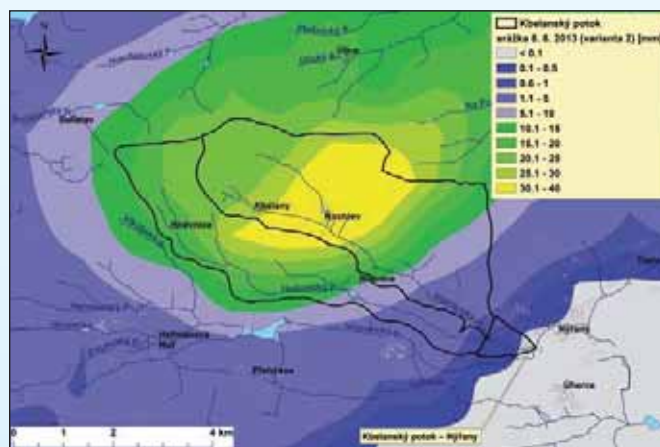
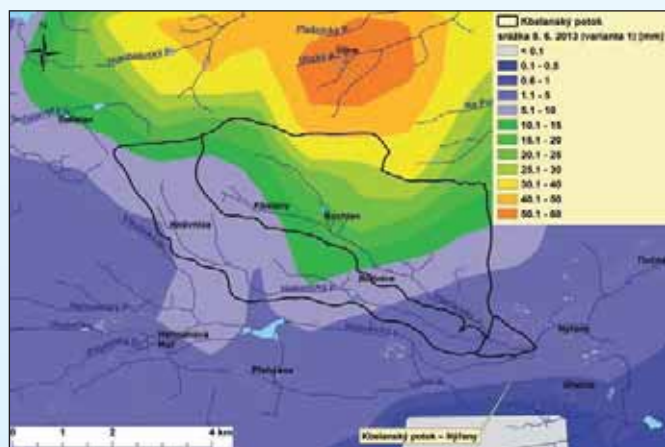
Oblast zasaženého území, společně s plošným rozložením srážek 8. června, ukazuje obr. 2.1. Hodnoty maximální intenzity srážek jsou však zatíženy velkou nejistotou, protože v jádru srážek se nenachází žádná srážkoměrná stanice, a proto nebylo možné významněji zpřesnit odhad srážek z meteorologického radaru.

Srážkoodtokovým modelem bylo zpracováno celé povodí Zákolanského potoka až po obec Okoř. Hydrogram průtoků v profilu Běloky na Dolanském potoce znázorňuje obr. 2.2.

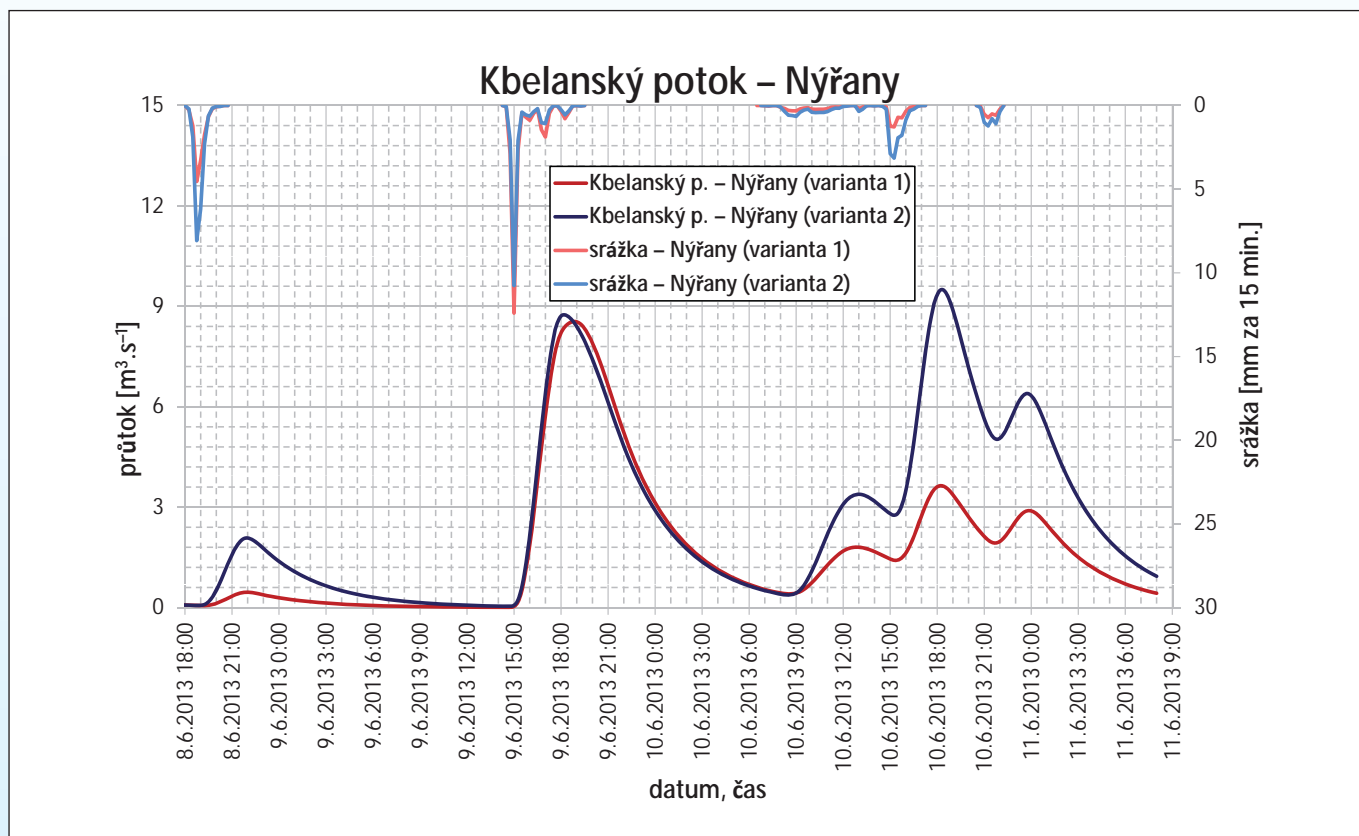
## Kbelanský potok a Hněvnický potok – Nýřany a další obce

Přívalové povodně se vyskytly rovněž na Plzeňsku. Povodí Kbelanského a Hněvnického potoka bylo zasaženo srážkovou činností každý den od 8. do 10. června. V sobotu 8. června se začaly přívalové srážky vyskytovat k večeru po 18. hodině. Srážková činnost trvala zhruba dvě hodiny, přičemž nejvíce zasaženy byly pramenné oblasti obou zmíněných toků. Nejin-

zivnější srážky se vyskytly od 18:30 do 19:00 SELČ, kdy napršelo v průměru na povodí okolo 15 mm. Za dvě hodiny vypadlo podle radarových odhadů od 15 do 25 mm srážek. Jelikož bylo povodí velmi výrazně nasycené po předchozích deštích, docházelo k významnému povrchovému odtoku. Voda a bahno se valily z lesů, polí a luk nacházejících se severně a západně od zasažených obcí. Postiženy byly zejména Hněvnice na Hněvnickém potoce, Kbelany a Rochlov na Kbelanském



Obr. 2.4 Plošné rozložení srážek (varianta 1 vlevo, varianta 2 vpravo) s vyznačením zasaženého povodí pro 8. 6., 9. 6. a 10. 6. 2013.



Obr. 2.5 Hydrogram povodně na Kbelanském potoce v Nýřanech odvozený srážkoodtokovým modelem.

potoce, Blatnice na Kbelanském i Hněvnickém potoce a Nýřany ležící na soutoku obou potoků. Až v pozdních večerních hodinách začala voda poměrně rychle opadat. Došlo k zatopení několika domů, garáží a sklepů, pod vodou byly často celé zahrady, cesty a silnice procházející obcemi. V Rochlově a Blatnici byly zcela naplněny rybníky, které později přetekly.

V neděli 9. června se srážky začaly vyskytovat již před třetí hodinou odpolední a se střídavou intenzitou setrvaly nad povodím Kbelanského a Hněvnického potoka až do podvečerních hodin, kdy teprve po 19. hodině začaly ustávat. Celkem za dané období vypadlo v průměru na jednotlivá povodí od 18 do 26 mm, přičemž nejintenzivnější srážky se vyskytly okolo 15. hodiny, kdy za 15 minut napršelo 10 až 15 mm. Tyto srážky zasáhly opět zejména pramennou část Kbelanského potoka a znovu vyvolaly významnější povrchový odtok.

V pondělí 10. června se v povodí Kbelanského potoka, ale i v sousedním povodí Vejprnického potoka, vyskytovala srážková činnost po většinu dne. Pršet začalo již ráno před sedmou hodinou a se střídavou intenzitou se srážky vyskytovaly až do podvečerních hodin (cca do 17:00 SELČ). Srážky v povodí Kbelanského potoka již nebyly tak intenzivní jako v předchozích dvou dnech, ale lokálně se přívalové srážky opět vyskytly, zejména v západní části povodí. Povodí zasažených toků ale již

bylo velmi nasycené z předchozích dnů, a tak odtoková odezva byla opět velmi výrazná.

K významnější odtokové situaci došlo 10. června také v povodí Vejprnického potoka. Zejména v jeho pramenné části, povodí Heřmanovského potoka, se vyskytly přívalové srážky, přičemž došlo k naplnění a přelití retenční nádrže v blízkosti dálnice D5. Na dálnici musel být, kvůli valící se vodě a bahnu, provoz výrazně omezen, a na nějaký čas dokonce i zastaven. Dále proud vody a bahna tekli k jihovýchodu na obce Vlkyš a Heřmanova Huť, kde byla zaplavena náves, několik domů, sklepů, zahrad a statek. Pod Heřmanovou Hutí docházelo k rozlivům do luk a polí, kde se vytvořily rozsáhlé vodní laguny. Část povodňové vlny zachytil i Přehýšovský rybník, který se naplnil, částečně přetekl, ale hráz nápor vody vydržela. Situace byla ve večerních hodinách monitorována i v Nýřanech, kde se Vejprnický potok vlévá do Kbelanského potoka. K uklidnění situace došlo až v pozdních nočních hodinách.

Oblast zasaženého území a plošné rozložení srážek za dny 8., 9. a 10. června jsou znázorněny na obr. 2.4.

Srážkoodtokovým modelem byl odhadnut průběh povodňových vln v povodí Kbelanského potoka. Hydrogram průtoku na Kbelanském potoce v Nýřanech je zobrazen na obr. 2.5.

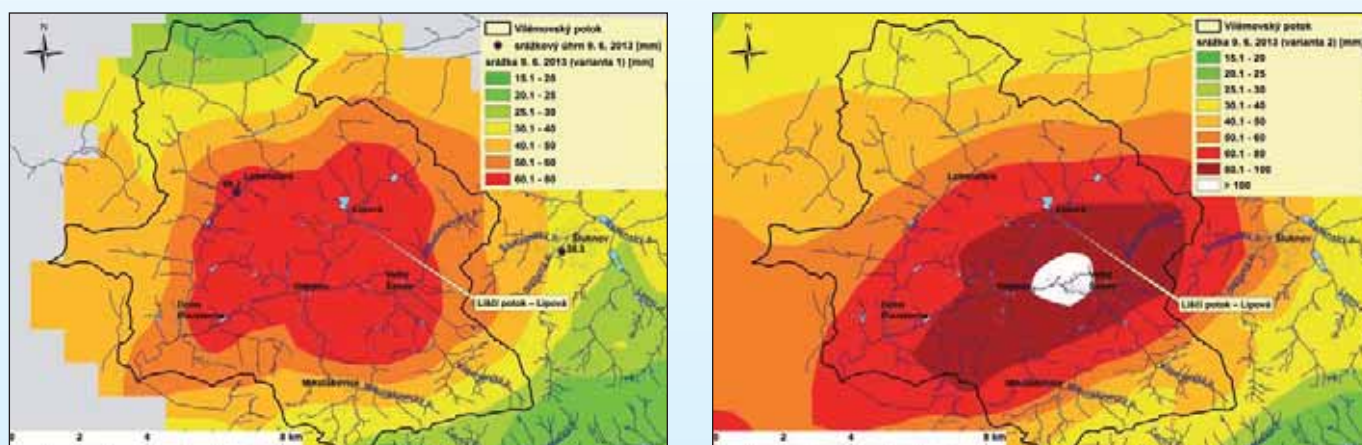


## Vilémovský potok, Liščí potok – oblast Šluknovského výběžku

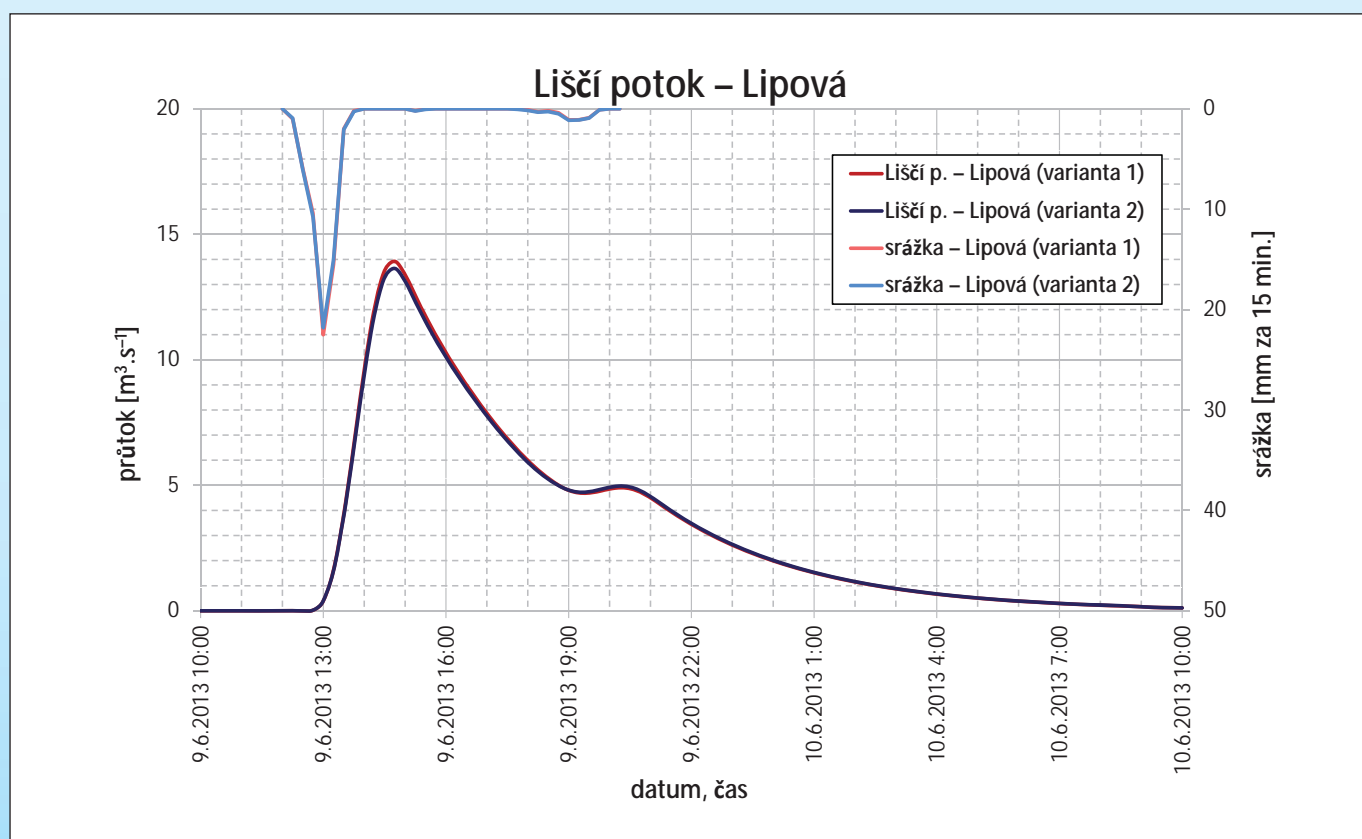
V neděli 9. června se přívalové srážky vyskytly také na severu Čech. V brzkých odpoledních hodinách zasáhla Šluknovský výběžek silná bouřka s krupobitím a s intenzitami srážek, které místy přesáhly 25 mm za 15 minut. Celkový úhrn během srážkové epizody, která trvala zhruba 90 minut, mohl být podle radarových odhadů na některých místech i 90 mm. Slabší srážky se vyskytly ještě 9. června ve večerních hodinách s intenzitami kolem 3–6 mm.h<sup>-1</sup>. Oblast zasaženého území společně s odhadem rozložení srážek za 9. června ukazuje obr. 2.7.

Přívalová srážka zasáhla více či méně všechny obce Šluknovského výběžku, výrazná odtoková odezva se projevila nejvíce v obcích Lipová, Vilémov, Jiříkov, Lobendava a Rožany. Voda tekla z okolních lesů, polí a luk, zaplaveny byly některé domy, komunikace, v Rožanech došlo k přelítí místního rybníka. Až do výšky jednoho metru byl zaplavený 300 let starý a před nedávnem rekonstruovaný podstávkový dům v centru Lipové (obr. 2.9).

Srážkoodtokovým modelem byl odhadnut průběh povodňové vlny v povodí Vilémovského potoka. Průběh průtoku Liščího potoka (pravostranný přítok Vilémovského potoka) v obci Lipová je zobrazen na obr. 2.8.



Obr. 2.7 Plošné rozložení srážek (varianta 1 vlevo, varianta 2 vpravo) s vyznačením zasaženého povodí.



Obr. 2.8 Hydrogram povodně na Liščím potoce v Lipové odvozený srážkoodtokovým modelem.



Obr. 2.8 Zaplavený podstávkový dům v obci Lipová (Zdroj: občanské sdružení Mopedos Torpedos).

### Blišanka a Struhařský potok – Lubenec, Kryry

V sobotu 8. června se srážky v povodí horní Blišanky vyskytovaly v podobě přeháněk a bouřek v odpoledních hodinách. První přehánka mezi 14. a 15. hodinou byla spíše slabší intenzity, zatímco následující již byla mnohem intenzivnější. Místy vypadlo během jedné hodiny 20 až 30 mm, což lokálně vyvolalo zvýšený povrchový odtok v tomto povodí. V noci na 9. června se srážky nevyskytovaly, ale další přívalové srážky zasáhly povodí v neděli 9. června po 14. hodině. Nejintenzivnější byly mezi 15:15 a 16:30 SELČ, kdy napršelo od 25 do 35 mm, z toho 15 mm za 15 min, a na některých místech se vyskytlo i poměrně silné krupobití.

V reakci na intenzivní srážky, a zejména vzhledem k vysoké nasycenosti půdy v povodí horní Blišanky předchozími srážkami, docházelo v odpoledních hodinách k velmi rychlým vzestupům hladin místních toků, ale voda s bahnem tekla také z okolních lesů, luk a polí nad Lubencem. Povodňová vlna ze Struhařského potoka byla transformována v Lubeneckém rybníku, který se však později naplnil a voda krátkodobě přetékala přes hráz. Také ostatní toky v povodí horní Blišanky se roz-

lévaly mimo svá koryta a voda tekla po polích, loukách, zahradách a místních komunikacích.

Povodňová vlna na Blišance pod Lubencem postupovala dále do obcí ležících níže na toku. Nejdříve zasáhla Řepany, kde muselo být vzhledem k riziku protržení Lubeneckého rybníka několik osob evakuováno.

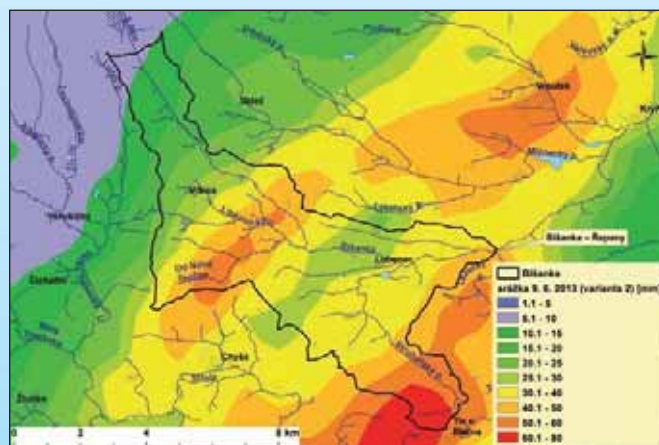
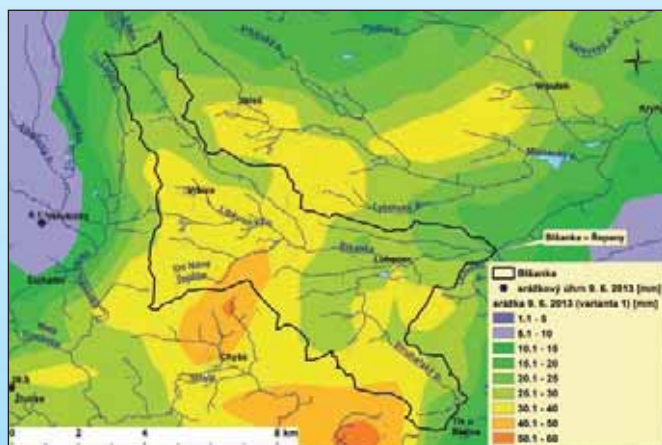
Vzhledem k významnému rozvodnění menších přítoků Blišanky pod Lubencem, např. Ležeckého potoka, docházelo k dalšímu nárůstu průtoku v Blišance. Povodňová vlna postupně zasáhla obce Přibenice a Mukoděly.

K soustředění odtoku z přívalových srážek v povodí Blišanky došlo nad obcí Kryry pod soutokem s Mlýneckým potokem, jehož povodí bylo také zasaženo přívalovou srážkou. Povodňová vlna z Mlýneckého potoka byla transformována nádrží Vidhostice. Další levostranný přítok Blišanky nad obcí Kryry, Podhora, byl rovněž rozvodněn a způsobil problémy zejména v obci Vroutek.

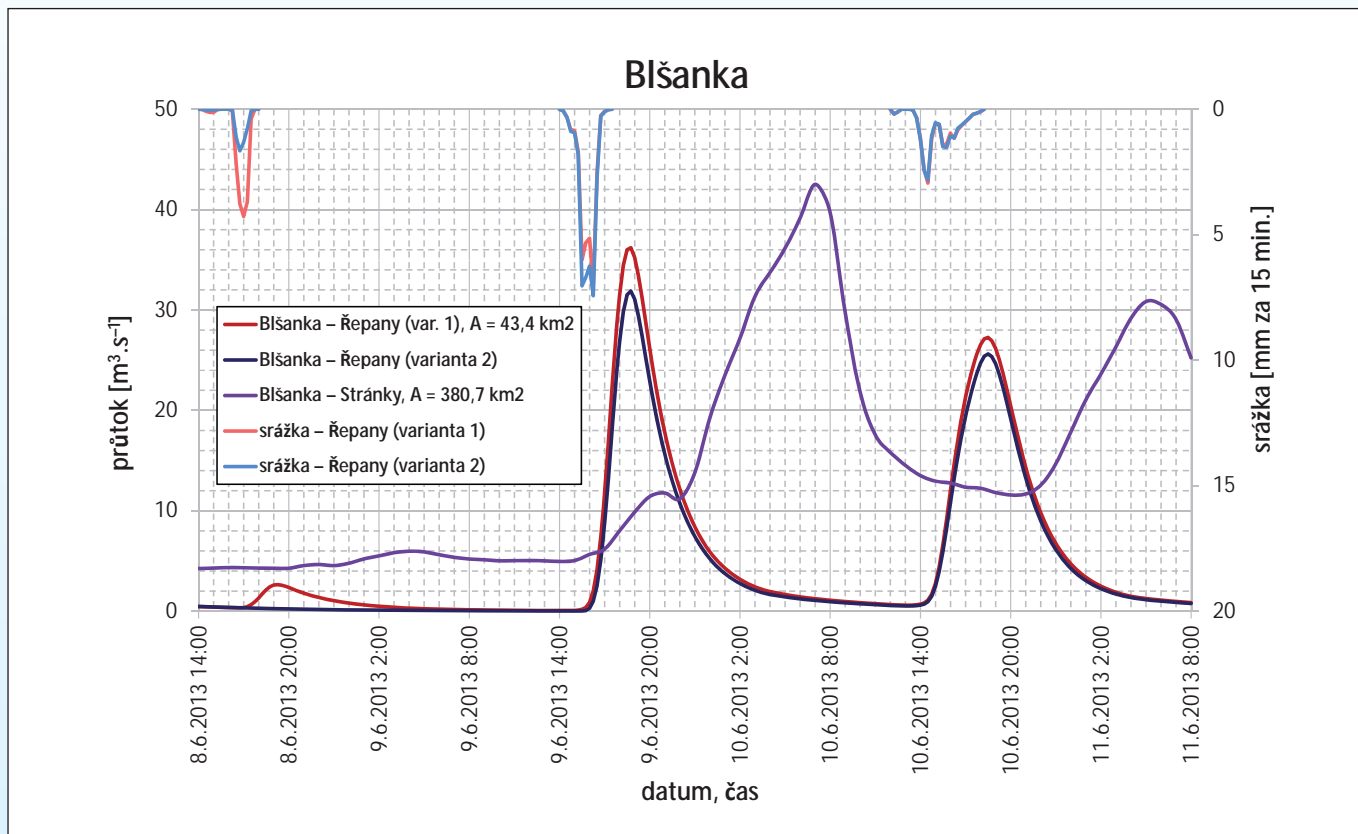
Silně rozvodněná Blišanka se v Kryrech rozlila do přilehlých komunikací a zasáhla nejvíce pozemky a zástavbu ležící přímo podél jejího toku. Hladina Blišanky na místním vodočtu vystoupala až do výšky 380 cm, což je více než 2 metry nad třetím stupněm povodňové aktivity.

Večer 9. června se již srážky nevyskytovaly, ale znovu začalo pršet v pondělí 10. června v odpoledních hodinách, kdy od 14:00 do 18:00 SELČ napršelo v průměru na povodí Blišanky nad Lubencem dalších 15 až 20 mm. Vzhledem k velmi výrazně nasycenému povodí však opět došlo k poměrně významné odtokové odezvě, a některé zasažené obce (či jejich části) byly zaplaveny znovu. Blišanka v Kryrech kulminovala okolo 23. hodiny a vystoupala do výše 320 cm.

Oblast zasaženého území, společně s celkovým denním úhrnem srážek z 9. června ukazuje obr. 2.10. Časový průběh průtoku byl odvozen srážkoodtokovým modelem k profilu Blišanky pod obcí Řepany, nad soutokem s Ležeckým potokem, a je zobrazen na obr. 2.11. Na obrázku je uveden i hydrogram z vodoměrné stanice Stránky ležící na dolním toku Blišanky.



Obr. 2.10 Plošné rozložení srážek (varianta 1 vlevo, varianta 2 vpravo), s vyznačením zasaženého povodí.



Obr. 2.11 Hydrogram povodně na Blšance pod Řepany odvozený srážkoodtokovým modelem a pozorovaný průběh povodně ve stanici Stránky.



Obr. 2.12 Rozvodněná Blšanka u vodoměrné stanice Stránky (vlevo) a voda přetékaná přes bezpečnostní přeliv Lubeneckého rybníka na Struhařském potoce na okraji Lubence (vpravo). (Zdroj: Žatecký a Lounský deník).

### Nivnička a Pivný potok – Bystřice pod Lopeníkem

V povodí Nivničky se začaly přívalové srážky vyskytovat 10. června okolo 17:00 SELČ. Velmi rychle zesílily a během cca jedné hodiny (od 17:00 do 18:15) napršelo 30 až 50 mm. V době nejintenzivnějších srážek vypadlo 15 až 20 mm za 15 minut. V pramenné oblasti zejména Pivného potoka se vyskytlo velmi silné krupobití. Na intenzivní srážky začala velmi rychle reagovat také

hladina Nivničky a Pivného potoka, který se do Nivničky vlevá v Bystřici pod Lopeníkem.

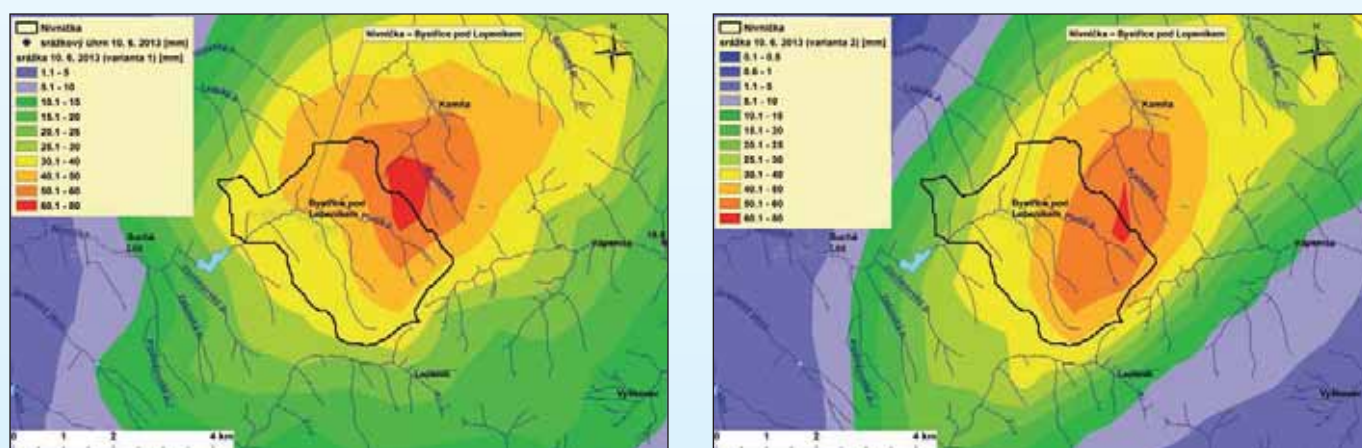
Voda s bahnem přitékala do Bystřice pod Lopeníkem nejen ze tří hlavních toků, Pivného potoka, bezjmenného přítoku Pivného potoka a Nivničky, ale také formou plošného odtoku z polí, luk a lesů nad obcí. Postupem času došlo k vyběžení zmíněných toků, jejichž koryta nedokázala přívaly vody a bahna pojmout.

Vytopeno bylo více než deset domů, zaplaveno několik dalších sklepů, garáží a zahrad, poničeno několik mostních konstrukcí, vyrvány byly betonové panely regulace koryta toku i části zábradlí kolem.

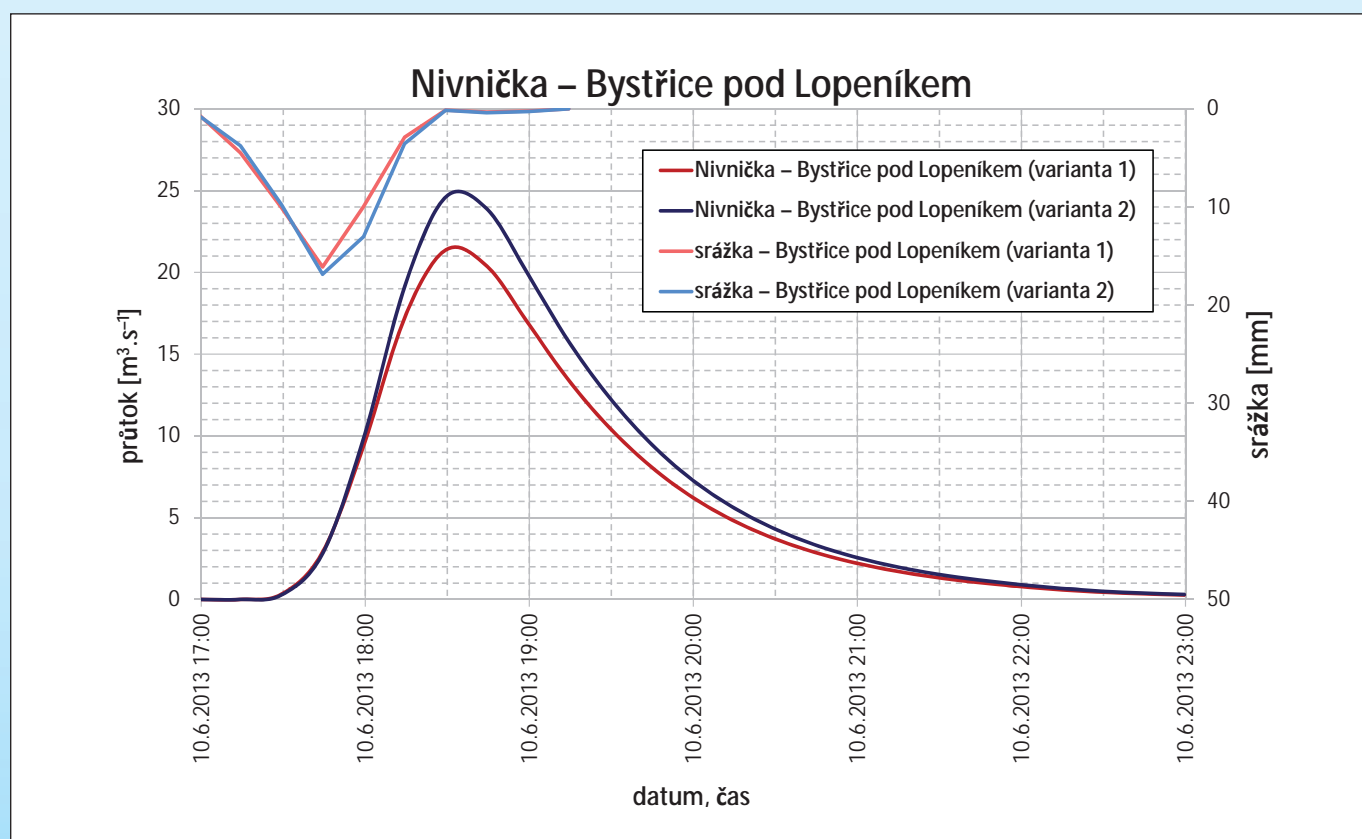
Pod Bystřicí pod Lopeníkem se voda se splávím valila dále korytem Nivničky a po okolních pozemcích až do nádrže Ordějov, která byla vzhledem k nepříznivé předpovědi srážek částečně vypuštěna. Díky tomu mohlo dojít k zachycení povodňové vlny a její následné transformaci.

Oblast zasaženého území s plošným rozložením srážek z 10. června ukazuje obr. 2.13. Srážkoodtokovým modelem byl odhadnut časový průběh povodně na Pivním potoce a Nivničce. Na obr. 2.14 je zobrazen modelovaný průběh průtoku Nivničky v Bystřici pod Lopeníkem.

Nepříznivou odtokovou situaci v povodí Nivničky i sousední Koménky zhoršila rovněž nižší infiltrační schopnost půd, které se v této části karpatského flyše nacházejí.



Obr. 2.13 Plošné rozložení srážek (varianta 1 vlevo, varianta 2 vpravo), s vyznačením zasaženého povodí.

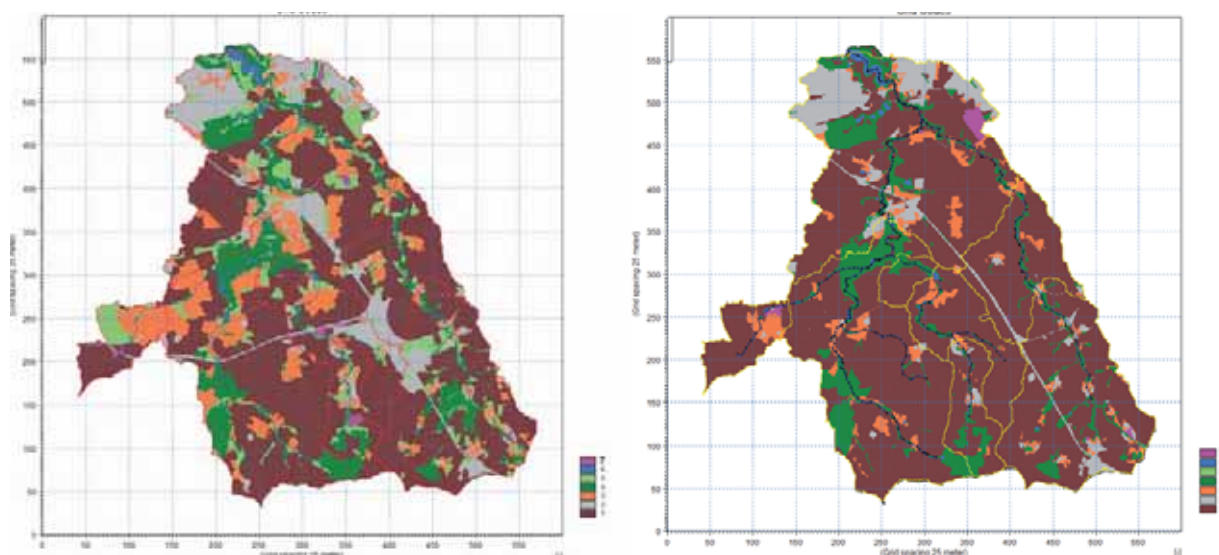


Obr. 2.14 Hydrogram povodně na Nivničce v Bystřici pod Lopeníkem odvozený srážkoodtokovým modelem.

## Vliv urbanizace území na velikost odtoku

V případě povodí Botiče byly po povodni často diskutovány mohutné změny v zástavbě území a to, jak mohly ovlivnit odtok za povodně. Plocha povodí k profilu hráze VD Hostivař dosahuje přibližně 95 km<sup>2</sup> a v posledních letech zde došlo ke značným změnám v užití území v důsledku intenzivní výstavby rezidenčního bydlení, logistických a nákupních ploch.

Při hodnocení povodně byly simulovány změny v odtoku za povodně při současném užití území ve stavu roku 2013 a při stavu využití území k roku 1988 (obr. 2.15). Změna ve využití území v uvedeném období spočívala především v přeměně zemědělské půdy a luk na urbanizované území nebo zpevněné plochy. Průměr za celé území je 10% redukce plochy orné půdy a travního porostu ve prospěch nepropustných ploch, domů a zahrad.



Obr. 2.15 Využití území (vlevo stav 2013, vpravo stav 1988). Označení: 1+5 = pole a travní porosty, 2 = nepropustné plochy, 3 = domy a zahrady, 4 = stromy, keře, les, 6 = voda, zamokřené území, 7 = holá půda a ostatní. (zdroj leteckých snímků: <http://www.geoportalpraha.cz/>).

Simulace průběhu povodně na přelomu května a června 2013 byly provedeny firmou DHI, a. s. kalibrovaným distribuovaným srážkoodtokovým modelem MIKE SHE. Výsledky ukazují jen relativně malou změnu v simulovaném kulminačním průtoku i v celkovém odeklém množství (tab. 2.1). Největší rozdíl 2 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup> byl simulován v profilu Dobřejovice, v jehož povodí byla zjištěna i relativně největší změna v užití území. Rozdíly v celkovém odtoku za povodňovou epizodu jsou většinou 2–3 %, což lze považovat za nevýznamné.

Uvedené výsledky lze interpretovat tak, že ve zkoumaném případě byla v důsledku velmi deštivého května 2013 retenční schopnost půdy z velké míry vyčerpána již na počátku srážky, a tudíž vliv využití území na odtok byl zanedbatelný.

Proto byla dodatečně simulace epizody v červnu 2013 pro oba stavy využití území opakována, ale pro nízké nasycení povodí na počátku povodňové epizody, tedy za jiných, „sušších“ počátečních podmínek. Podle očekávání byly hodnoty simulovaných kulminačních průtoků i celkového odtoku významně menší.

Tab. 2.1 Porovnání kulminačních průtoků a odtokových výšek za stavu využívání území v roce 2013 a v roce 1988 (uvažován stav nasycení povodí 1. června 2013).

Vodoměrný profil	Kulminační průtok [ $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ]		Odtoková výška z mezipovodí [mm]	
	stav 2013	stav 1988	stav 2013	stav 1988
Modletice	8,2	7,7	97	91
Dobřejovice	14	12		
Průhonice (ČHMÚ)	15	14	85	82
Jesenice	1,6	1,8	50	51
Průhonice (Botič)	34	34	76	78
Kuří	22	22	97	98
Benice	29	29	84	82
přítok do VD Hostivař	73	73		



Obr. 2.16 Fluviální eroze na turistické cestě nad Horním Maršovem (foto Radovan Tyl).

### 3. PŘEDPOVĚDNÍ POVODŇOVÁ SLUŽBA

Úkolem předpovědní povodňové služby je informovat povodňové orgány o nebezpečí vzniku povodně a o jejím předpokládaném vývoji. Tuto službu zajišťuje Český hydrometeorologický ústav ve spolupráci se správci povodí (státní podniky Povodí). Za tímto účelem ČHMÚ a správci Povodí spravují sítě vodoměrných profilů a sdílejí data o vodních stavech, průtocích, srážkách a stavech ve vodních nádržích.

ČHMÚ provozuje hydrologické předpovědní modely a vydává výstrahy a informační zprávy, podobně správci povodí provozují hydrologické modely pro predikci přítoku do nádrží a vydávají informační zprávy pro potřeby povodňových orgánů obcí s rozšířenou působností (ORP) a krajů.

Výstupy předpovědní služby v podobě výstrah, předpovědí a dalších informací jsou poskytovány povodňovým orgánům různých úrovní, jsou sdíleny s dalšími partnery, včetně organizací v sousedních zemích, a dostupné jsou i široké veřejnosti.

Koncem května a v červnu 2013 se na území ČR vyskytovaly četné nebezpečné jevy. Jednalo se většinou o bouřky, intenzivní srážky a povodně. Během tří srážkových epizod a vln povodní bylo vydáno celkem 20 předpovědních výstražných informací upozorňujících na nebezpečí vzniku povodní, 47 informací o výskytu nebezpečných jevů upozorňujících na dosažení nebezpečných úrovní hladin a srážek a více než 100 hydrologických informačních zpráv.

#### 3.1 Systém integrované výstražné služby (SIVS)

ČHMÚ ve spolupráci s meteorologickou službou Vojenského geografického a hydrometeorologického úřadu (VGHMÚř) provozuje pro koordinované vydávání výstrah na nebezpečné hydrometeorologické jevy Systém integrované výstražné služby (SIVS). Výstrahy jsou podle stanovených kritérií vydávány nejen na povodně, ale také na různé další druhy extrémních hydrometeorologických jevů (teplota, vítr, bouřky, dešťové srážky, námraza, sníh).

Standardně jsou vydávány dva druhy výstražných informací:

**PVI** – předpovědní výstražná informace; je vydávána centrálním předpovědním pracovištěm (CPP) při očekávání budoucího výskytu nebezpečných hydrometeorologických jevů, většinou na základě výstupů meteorologických modelů a konzultace mezi meteorology, v případě povodňových jevů také hydrology.

**IVNJ** – informace o výskytu nebezpečných jevů; je vydána operativně při výskytu jevu s extrémním stupněm nebezpečí, jako jsou intenzivní srážky, silné bouřky, dosažení 3. stupně povodňové aktivity (3. SPA – ohrožení). Cílem vydání IVNJ je okamžitá indikace výskytu extrémně nebezpečného jevu, v některých případech i predikce jeho vývoje na nejbližší období (řádově hodin).

Výstrahy jsou z ČHMÚ distribuovány povodňovým a krizovým orgánům prostřednictvím operačních a informačních středisek Hasičského záchranného sboru ČR v rámci Integrovaného záchranného systému. Přímou jsou rovněž zasílány dalším účastníkům systému ochrany před povodněmi a pro širokou veřejnost jsou publikovány na internetových stránkách ČHMÚ <http://www.chmi.cz>.

#### 3.2 Hodnocení předpovědi

Základním podkladem pro rozhodování o vydání výstrahy na nebezpečné srážky jsou výstupy meteorologických předpovědních modelů. Přitom kvantitativní předpověď srážek je jedním z nejobtížnějších úkolů numerické předpovědi počasí. Přestože se za uplynulá desetiletí kvalita předpovědi významně zlepšila, jde o prvek, který je stále obtížné predikovat. Globální předpovědní modely, které jsou využívány pro střednědobou předpověď počasí, tj. na dobu delší než 2 dny, dokáží detekovat srážkově významné období i na více než týden dopředu. Předpovědět přesné rozložení a úhrn srážek je však stále velmi obtížné často i v horizontu následujících nejbližších hodin.

Významným faktorem, který ovlivňuje kvalitu předpovědi srážek, je prostorové rozlišení modelu. Zatímco globální modely, které pokrývají celou Zemi a poskytují predikce až na 10 a více dnů, mají rozlišení přibližně 15 až 30 km, lokální modely počítané jen pro omezené území a mající předstih dvou až tří dnů, pracují v rozlišení okolo 5 až 7 km. Při podrobnějším rozlišení modely lépe vystihují vliv orografických překážek (návětrí na horských svazích), ale i některé prostorově menší jevy v atmosféře. V ČHMÚ se v předpovědní praxi využívají různé modely: globální modely ECMWF<sup>1</sup>, GME<sup>2</sup>, GM UKMO<sup>3</sup>, GFS<sup>4</sup> a lokální modely COSMO<sup>5</sup> a ALADIN počítané v ČHMÚ. Jejich výstupy jsou podkladem pro odbornou interpretaci meteorology předpovědních pracovišť, kteří sestavují vlastní předpovědi a rozhodují o vydání výstrah na nebezpečné srážky.

Obecně platí, že s blížící se srážkovou událostí by měla růst i spolehlivost jednotlivých předpovědních výstupů. Proto se pro podrobnější detekování očekávaného rozložení a úhrnu srážek v krátkodobém horizontu používají výstupy modelů regionálních, které obvykle mají předpovědní období maximálně na 72 hodin dopředu.

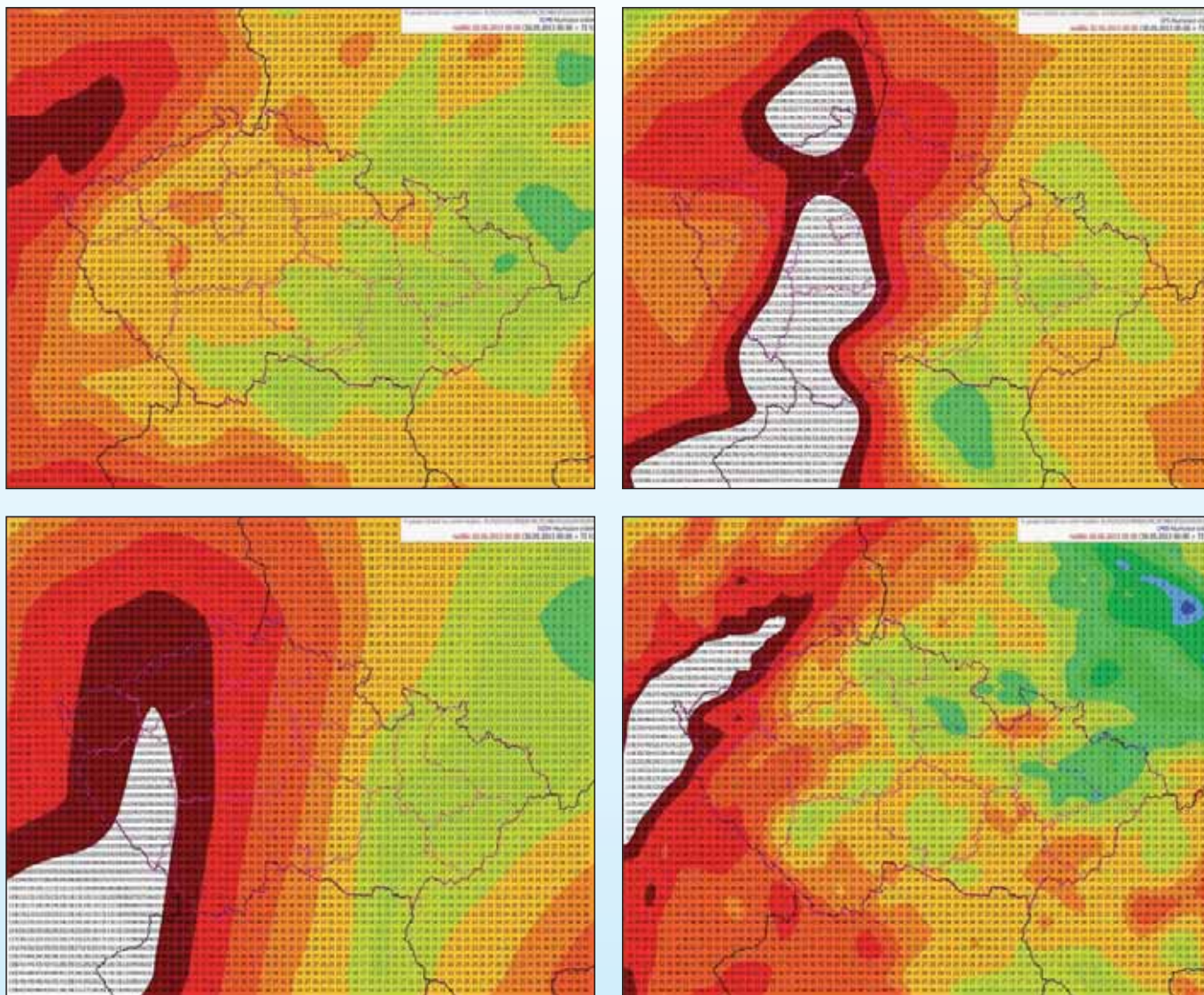
<sup>1</sup> Evropské centrum pro střednědobé předpovědi počasí, Velká Británie

<sup>2</sup> Deutscher Wetterdienst, Německo

<sup>3</sup> UK Metoffice, Velká Británie

<sup>4</sup> National Weather Service, USA

<sup>5</sup> Deutscher Wetterdienst, Německo



Obr. 3.1 Předpověď 72hodinové akumulace srážek z 30. 5. 2013 02:00 SELČ na období od 30. 5. 02:00 SELČ do 2. 6. 2013 02:00 SELČ z modelů ECMWF (nahore vlevo), GFS (nahore vpravo), GME (dole vlevo) a COSMO EU (dole vpravo).

### Předpovědi při první vlně srážek

Významnou srážkovou událost ve střední Evropě na přelomu května a června 2013 naznačovaly výstupy z modelů z 30. května 02:00. Na obr. 3.1 je znázorněna předpověď 72hodinové akumulace srážek z modelů ECMWF, GFS, GME a COSMO EU.

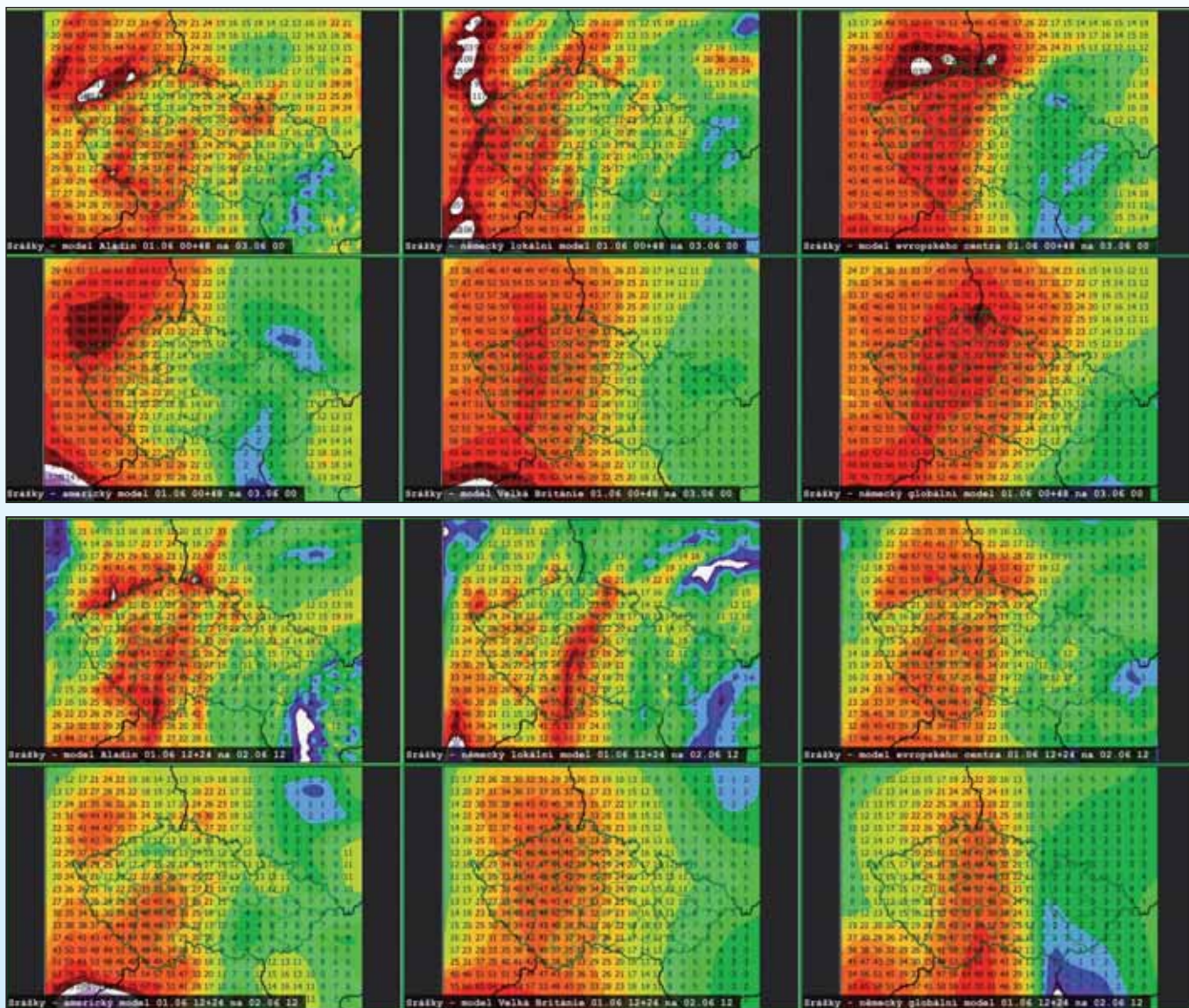
S výjimkou modelu GFS, který jádro nejvýraznějších srážek předpovídal poměrně blízko pozdější skutečnosti do pásu přes Čechy, modely předpovídaly extrémní srážky pro západní polovinu Čech, resp. západně a severozápadně od ČR. Z hlediska odhadu srážkového úhrnu se všechny modely shodovaly na tom, že maximum srážek v ČR překročí 80 mm, většina udávala i přes 100 mm (bílá barva) za období 72 hodin.

Shoda modelů na tom, že jádro srážek bude lokalizováno západně od našeho území nad Německem, pokračovala i v následujících dnech. Ještě výstupy modelů z 1. června 02:00 předpokládaly nejintenzivnější

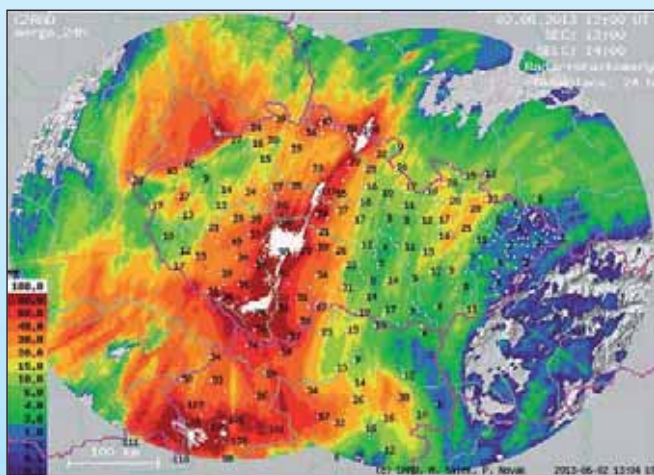
srážky v Sasku a Bavorsku (obr. 3.2). V této oblasti skutečně intenzivní srážky vypadávaly a způsobily povodeň na přítocích Labe a povodí Dunaje, současně se však vytvořila zóna konvergence nad územím ČR. Tu indikovaly teprve modelové výstupy z 1. června 2013 14:00 a nabídky tak přesnější lokalizaci předpovědi vydatných srážek.

Na obr. 3.2 jsou znázorněny 24hodinové předpovědi srážek ze všech šesti modelů dostupných v ČHMÚ. Při porovnání předpovědí 24hodinových úhrnů srážek se skutečnými srážkami, určenými kombinací měření meteorologickými radary a srážkoměry (obr. 3.3), se ukazuje, že nejpřesnější předpovědi poskytovaly regionální modely ALADIN a COSMO EU, které relativně dobře zachytily rozložení srážek, ovšem z hlediska výsledného úhrnu jsou předpověděné srážky i u těchto modelů podhodnocené o 20 až 40 % a ve srážkových jádrech i o více než dvojnásobek.





Obr. 3.2 Předpověď 24hodinových srážek z modelů (vždy zleva doprava a shora dolů) ALADIN, COSMO EU, ECMWF, GFS, GM UKMO a GME - nahoře z 1. 6. 2013 02:00 SELČ, dole z 1. 6. 2013 14:00 SELČ (do 2. 6. 2013 02:00 SELČ resp. 14:00 SELČ).

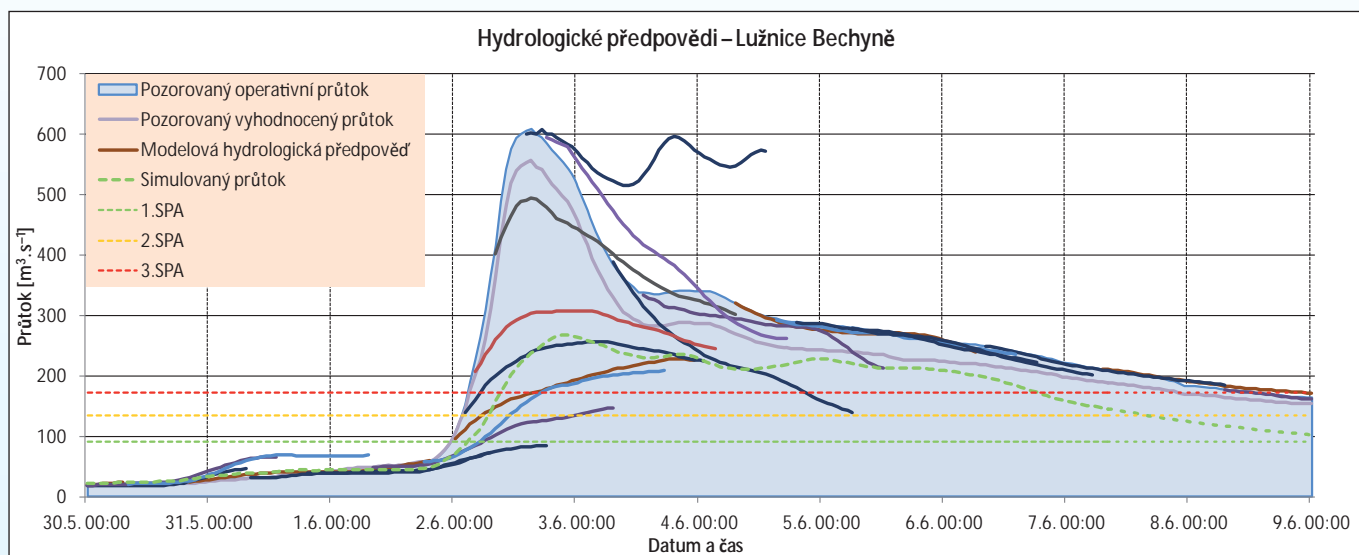


Obr. 3.3 Množství vypadlých srážek za období od 1. 6. 2013 14:00 SELČ do 2. 6. 2013 14:00 SELČ kombinací radarových odhadů a měření ze srážkoměrů.

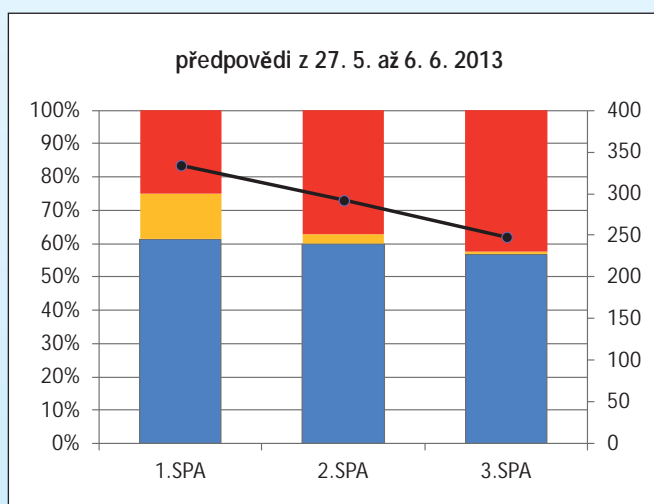
Celkově tedy meteorologické modely signalizovaly srážkově bohaté období na našem území a nebezpečí vzniku povodní, byla však výrazně podhodnocena intenzita srážek v oblasti hlavního srážkového pásu. Tato skutečnost se následně projevila i v úspěšnosti hydrologických předpovědí odtoku a úspěšnosti výstrah.

Hydrologické předpovědi většinou signalizovaly nárůst průtoků s možností dosažení úrovní stupňů povodňové aktivity (SPA), rychlost a velikost nástupu povodně však většinou výrazně podhodnotily (obr. 3.4).

Pro souhrnné hodnocení byly vydané předpovědi za zvolené období rozděleny do kategorií z hlediska úspěšnosti předpovědění jednotlivých úrovní SPA (obr. 3.5). Takto hodnocená úspěšnost předpovědí při první vlně povodní 2013 byla větší, než odpovídá dlouhodobému vyhodnocení za období let 2002 až 2013, ale je zřetelné, že s rostoucí úrovní SPA narůstal i počet nepředpovězených případů.

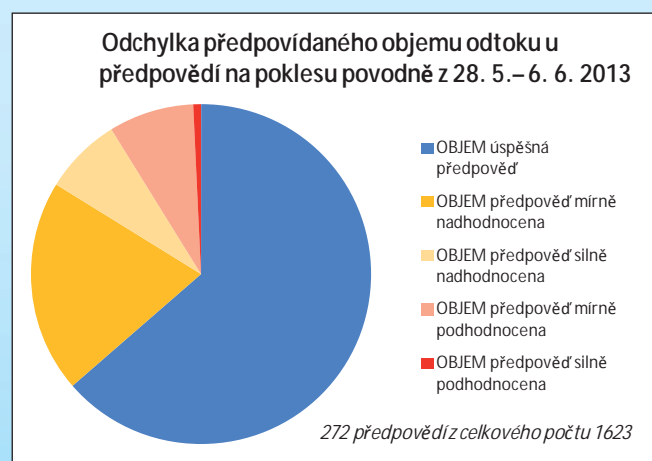
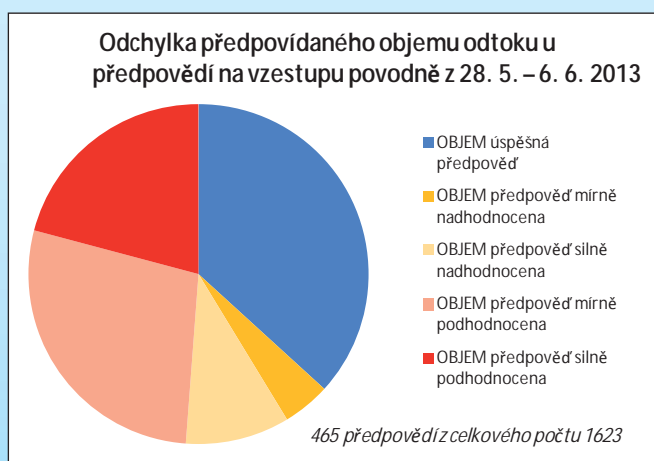


Obr. 3.4 Hydrologické předpovědi pro Lužnici v Bechyni a zpětné simulace průtoku modelem podle skutečných srážek.



Obr. 3.5 Vyhodnocení úspěšnosti hydrologických předpovědí překročení úrovní SPA při první vlně (modrá = hit, žlutá = false alarm, červená = miss, černá čára udává počet předpovědí).

Z grafů (obr. 3.6) vyplývá, že v době vzestupu hlavní povodňové vlny ze začátku června byla jedná třetina předpovědí objemu odtoku úspěšných, avšak téměř polovina měla předpovídaný objem vody mírně nebo silně podhodnocený. Důvodem relativně vysokého počtu podhodnocených předpovědí byla kombinace podhodnocené předpovědi srážek a také vlastního výpočtu hydrologického modelu, který u většiny profilů odtokovou reakci podhodnocoval. Důvodem nepřesnosti hydrologického modelu byla nepřesná kalibrace pro tento specifický druh povodně. Model chybně předpokládal, že voda proniká půdou do hlubších horizontů a doplňuje podzemní vody, zatímco extrémně nasycená svrchní vrstva půdy znemožňovala infiltraci dalších srážek, a podporovala tak rychlý odtok vody z povodí.



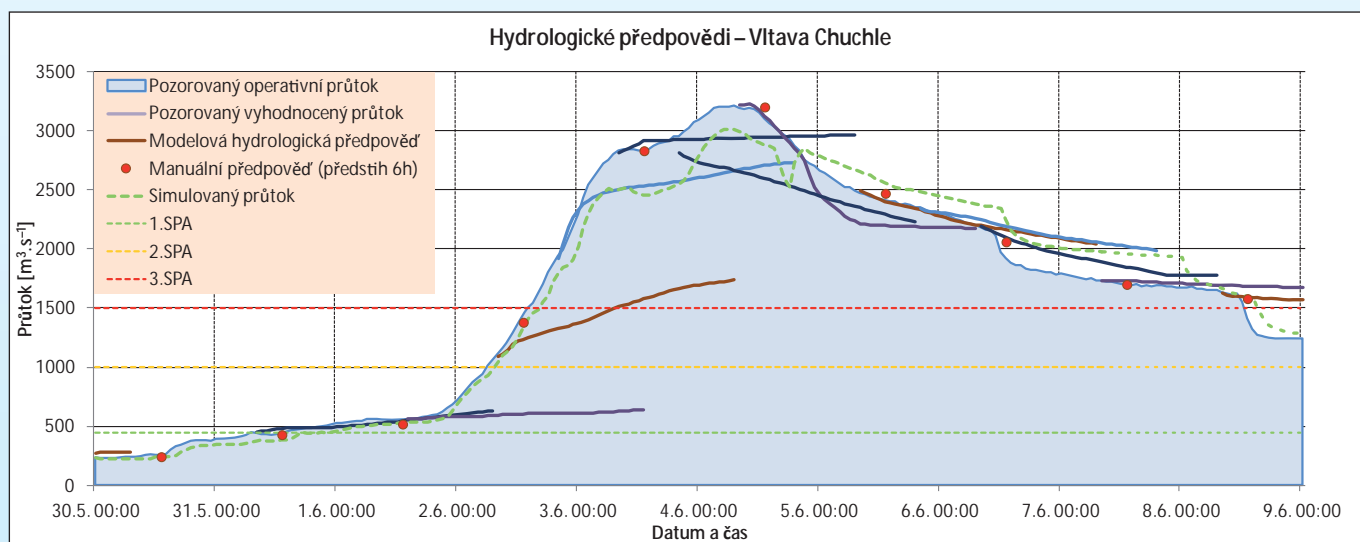
Obr. 3.6 Vyhodnocení úspěšnosti hydrologických předpovědí objemu povodně při první vlně.

### Předpovědi pro dolní Vltavu a Labe

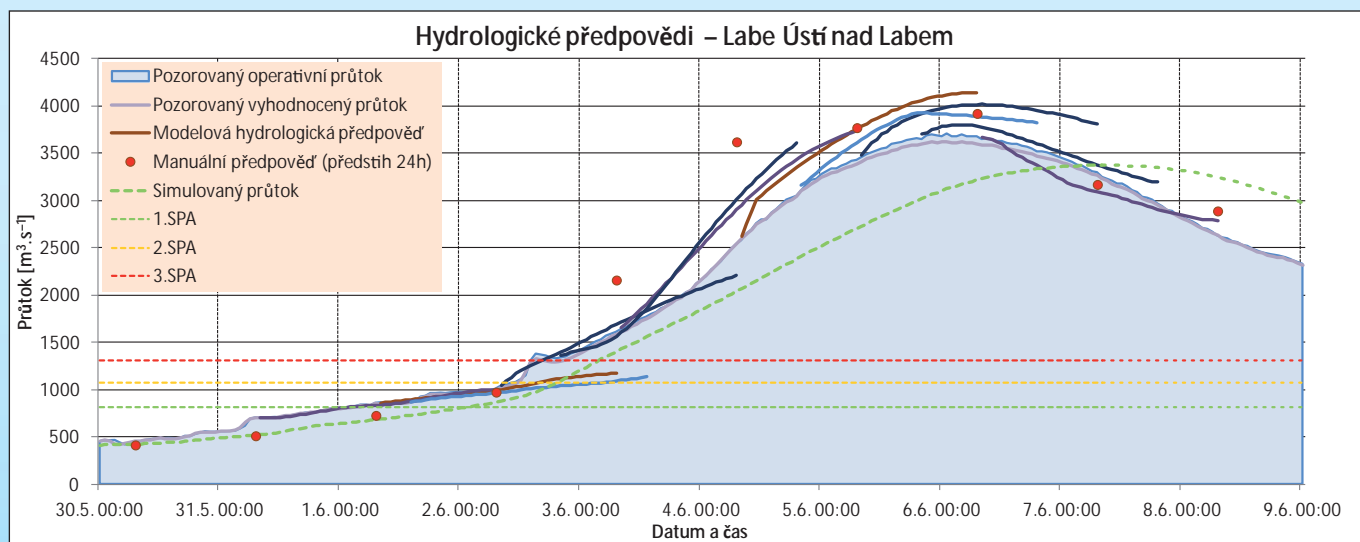
Předpovědi průtoku Vltavy v Praze-Chuchli vznikají v těsné spolupráci ČHMÚ a Povodí Vltavy, s.p. Za povodňových situací je hydrologická předpověď pro Vltavu do značné míry závislá na výhledu budoucího odtoku z Vltavské kaskády, který připravuje vodohospodářský dispečink Povodí Vltavy, s.p. Tento výhled odtoku na 48 hodin vstupuje do hydrologického modelu, který produkuje 48hodinovou předpověď pro předpovědní profily na Vltavě a dále na Labi. Předpovědní pracoviště ČHMÚ a vodohospodářský dispečink (VHD) situaci vzájemně konzultují a obě pracoviště vydávají ještě manuální krátkodobou předpověď pro Prahu na 6 hodin dopředu. Znázornění předpovědi průběhu průtoku Vltavy v Praze-Chuchli při první vlně povodní počátkem června 2013, které byly poskytovány povodňovým orgánem (Povodňová komise hl. m. Prahy), je na obr. 3.7.

Z grafu je patrné, že modelové hydrologické předpovědi rychlý nástup povodňové vlny v Praze nepodchytily. Dne 2. 6. 2013 v časných ranních hodinách, kdy se aktivizoval krizový štáb hlavního města Prahy, hydrologická předpověď pro Vltavu doposud neudávala ani překročení 2. SPA. Až další předpovědi vypočtené z dat k 7:00, které již částečně zohlednily vypadlé srážky a reakci na rychlé plnění nádrží Vltavské kaskády, predikovaly překročení 3. SPA následujícího dne. Kulminaci v Praze spolehlivě udala předpověď k 7:00 dne 3. 6. 2013, tedy s předstihem přibližně 24 hodin.

Naopak předpovědi průtoku Labe v Ústí nad Labem (obr. 3.8) nástup povodně vystihly úspěšně a kulminaci nadhodnotily. Důvodem v tomto případě bylo záměrné neuvažování vlivu rozlivů na Mělnicku a Litoměřicku, s cílem poskytnutí nejnepříznivější možné varianty vývoje dle principu setrvání na straně bezpečnosti.



Obr. 3.7 Hydrologické předpovědi průtoku Vltavy v Praze-Chuchli.



Obr. 3.8 Hydrologické předpovědi průtoku na Labi v profilu Ústí nad Labem.

## Hydrologické předpovědi v ČR

Hydrologická předpovědní pracoviště ČHMÚ v povodí Labe používají jako základní předpovědní nástroj předpovědní systém AquaLog. Ten na základě údajů z vodoměrných stanic a pozorovaných, resp. předpovídaných srážek a teploty vzduchu počítá předpověď průtoku pro 165 tzv. uzlových bodů. Z nich jsou pro více než 120 předpovědních profilů připraveny deterministické předpovědi průtoku v hodinovém kroku s předstihem předpovědi 48 hodin. V době povodně bylo experimentálně provedeno i několik ansámblových výpočtů předpovědi, uvažujících různé varianty předpovědi srážek.

Pro několik vodoměrných profilů na dolních úsecích řek se stále udržuje i jednoduchý výpočet předpovědi na základě postupové doby průtoku. Jedná se o tzv. manuální předpovědi s předstihem maximálně 24 hodin, aktualizované zpravidla jednou denně.

Za běžné situace připravují předpovědní pracoviště ČHMÚ v centru a na pobočkách ústavu hydrologickou předpověď jednou denně. Předpověď je k dispozici zpravidla mezi 9:00 a 10:00. Během hrozící nebo již probíhající povodně se předpovědi aktualizují častěji v závislosti na vývoji hydrologické situace.

Vydané modelové předpovědi jsou publikovány na internetových stránkách ČHMÚ <http://hydro.chmi.cz/hpps/>.

## Jak se hodnotí předpovědi

Pro souhrnné vyhodnocení úspěšnosti všech hydrologických předpovědí vydaných ČHMÚ byla použita metoda kategoriálního hodnocení. Metoda je založena na redukci hydrologické předpovědi (časové řady průtoků) na jediný jev. Tímto jevem bylo zvoleno překročení limitního stavu 1., 2. a 3. stupně povodňové aktivity (SPA), tedy události, které mají přímou návaznost na činnost povodňových orgánů. Vyhodnocení pak sleduje, zda byl/nebyl daný jev předpověděn a zda nastal/nenastal. Každou předpověď je možné přiřadit do jedné ze čtyř kategorií: HIT (úspěšná předpověď), FALSE ALARM (falesně varování), MISS (chybějící varování), CORRECT REJECTION (správné nepředpovězení).

		jev se vyskytl	
		ano	ne
jev je předpovídan	ano	HIT	FALSE ALARM
	ne	MISS	CORRECT REJECTION

Kontingenční tabulka hodnocení úspěšnosti předpovědi překročení úrovně SPA.

Uvedené podhodnocení srážek a odtoku se projevilo i ve výstrahách. Ty upozorňovaly na výskyt srážek a povodňového nebezpečí, ale v některých oblastech podhodnocovaly úroveň nebezpečí. Problémem, zejména na počátku povodní, byla správná lokalizace očekávaných srážek. Například trvalé a vydatné srážky, jejichž jádro zasáhlo střední Čechy jižně od Prahy ve dnech 1. a 2. 6. 2013, byly sice v PVI č. 43 z pátku 31. 5. 2013 očekávány, ale jejich lokalizaci udávala výstraha spíše na západní polovinu Čech. Obdobně také největší vze-stupy hladin toků předpokládala tato výstraha v oblasti severních pohraničních hor.

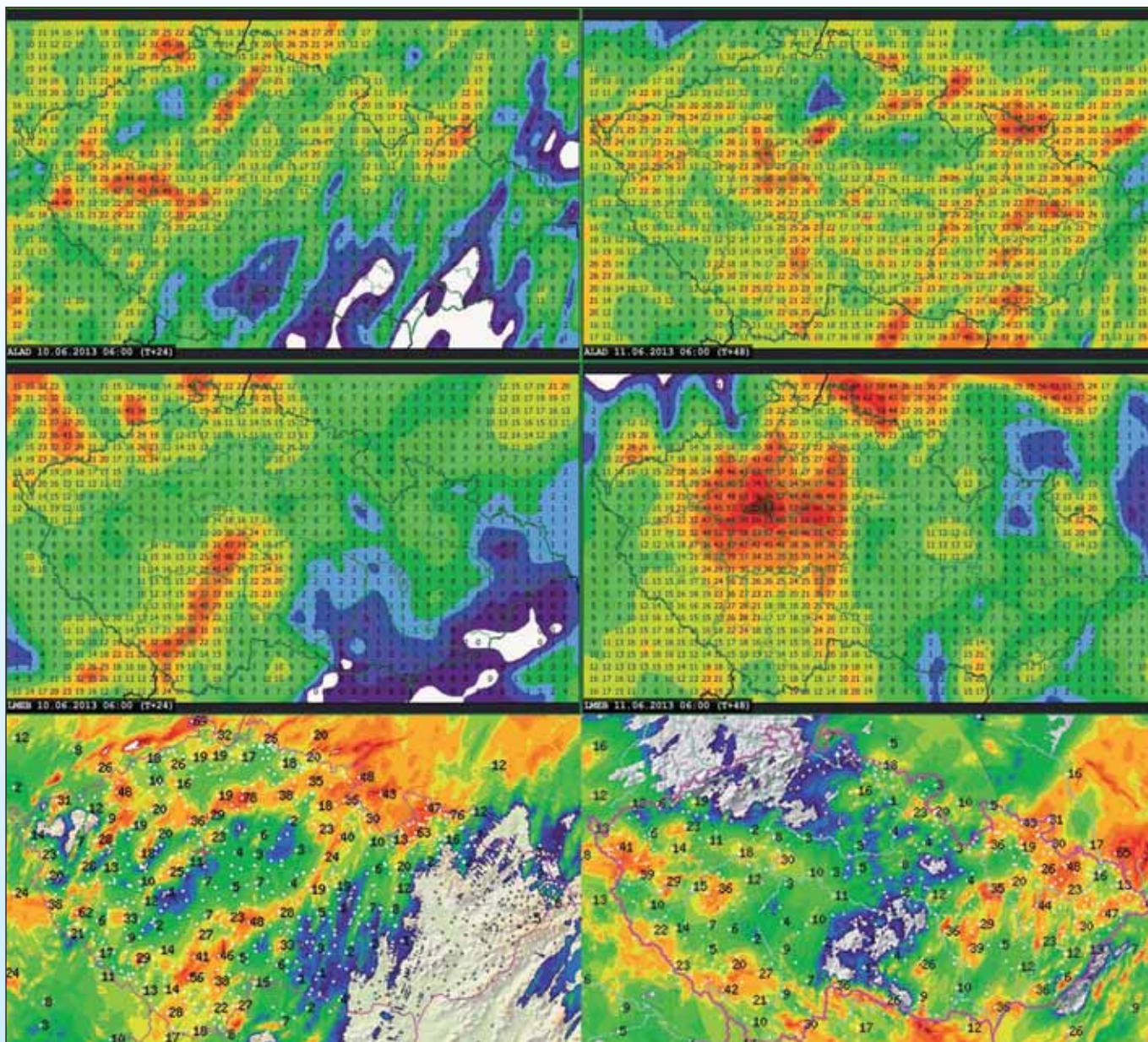
Vydané IVNJ reagovaly na postupné vznikající překročení vodních stavů odpovídajících 3. SPA (povodňové ohrožení) v jednotlivých hlásných profilech. V jednom případě IVNJ č. 22 upozornila i na extrémní ohrožení, které nastává při překročení 50letého průtoku na Kocábě, Blanici, dolní Lužnici a některých dalších menších přítocích v této oblasti. IVNJ na extrémní srážky byla vydána pouze jednou (IVNJ č. 17 z neděle

2. 6. 2013 ve 3:22 SELČ). Tato IVNJ reagovala na srážky od 40 do 50 mm za 6 hodin v pohraničních horách, na Českobudějovicku a Sedlčansku.

## Předpovědi při druhé vlně srážek

Další vlna významných srážek na území ČR se odehrála ve dnech od 9. do 11. června 2013. Jednalo se o období, kdy se vyskytovaly především srážky konvekčního charakteru, které nemohou, zejména globální modely, dostatečně postihnout. Přesnější indikaci možnosti výskytu přívalových srážek poskytly regionální modely ALADIN a COSMO EU (viz např. předpověď ze dne 9. června 08:00 na obr. 3.9). Oba modely relativně dobře odhadly strukturu rozložení srážek na první den předpovědi, úhrny však byly lokálně podhodnoceny a nepřesná byla i lokalizace jednotlivých srážkových jader. Obě tyto úlohy jsou však mimo možnosti stávající techniky.

S ohledem na skutečnost, že hydrologický předpovědní systém AquaLog byl konstruován zejména pro



Obr. 3.9 Předpovědi 24hodinových srážek lokálními modely ALADIN (1. řádek) a COSMO EU (2. řádek) z termínu 9. 6. 2013 08:00 SELČ na dny 9. a 10. 6. 2013 od 08:00 do 08:00 SELČ. V posledním řádku je odhad skutečně spadlých srážek (kombinace měření radarů a srážkoměrů).

postižení regionálních povodní, nebyly lokalizované případy přívalových povodní na drobných tocích modelem postiženy.

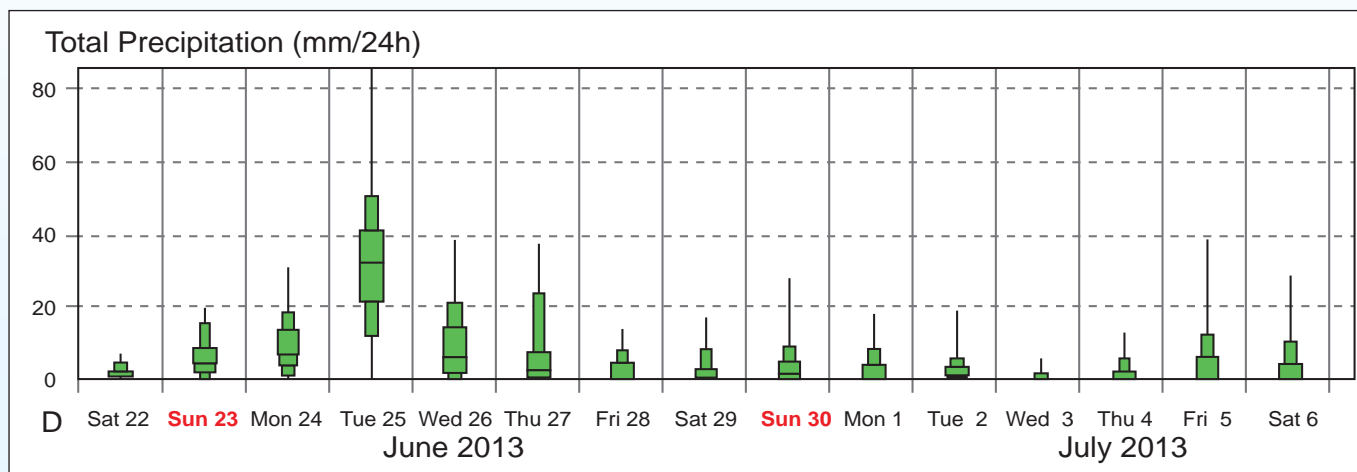
### Předpovědi při třetí vlně srážek

Ve třetí vlně srážek, která přišla s odstupem času koncem června, vypadly nejvyšší úhrny srážek 24. a 25. června, tentokrát na velkém území východních Čech, Českomoravské vrchoviny a jižní Moravy. Tyto srážky byly globálními modely očekávány s několika denním předstihem (obr. 3.10).

Postupně i předpovědi z 23. a 24. června 2013 naznačovaly výraznou vlnu srážek na území ČR, i když oblasti největších srážek byly většinou lokalizovány jin-

de, než kde následně skutečně vypadly. V předpovědi 48hodinových úhrnů z termínu 24. 6. 2013 02:00 (obr. 3.11) jsou podle modelu COSMO EU lokálně hodnoty až 130 mm srážek v prostoru Českomoravské vrchoviny. Model ALADIN předpovídal lokálně nad 100 mm v oblasti Chrudimska, na severu Čech a v oblasti Jizerských hor. Lokalizace skutečně zaznamenaných nejvyšších 48hodinových úhrnů za dny 24. a 25. června tak odpovídala poměrně dobře výstupům z modelu ALADIN.

Do hydrologických předpovědí se predikce srážek promítla určitým nadhodnocením odtokové reakce, kdy častěji došlo k tzv. falešnému varování před překročením úrovně SPA, které následně nenastalo (obr. 3.12). Podobně spíše nadhodnocován byl i objem povodňových vln (obr. 3.13).



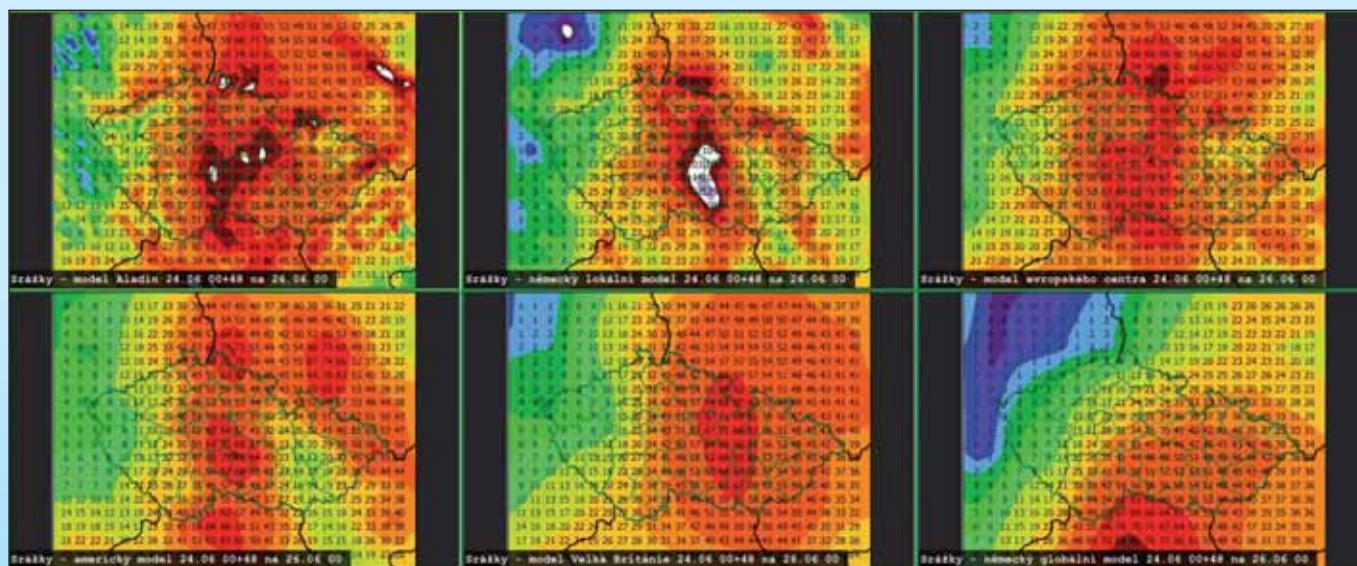
Obr. 3.10 Meteogram pravděpodobnostní předpovědi srážek ECMWF z 22. 6. 2013 02:00 SELČ pro bod Prostějov.

### 3.3 Problémy hydrologických předpovědí v průběhu povodně 2013

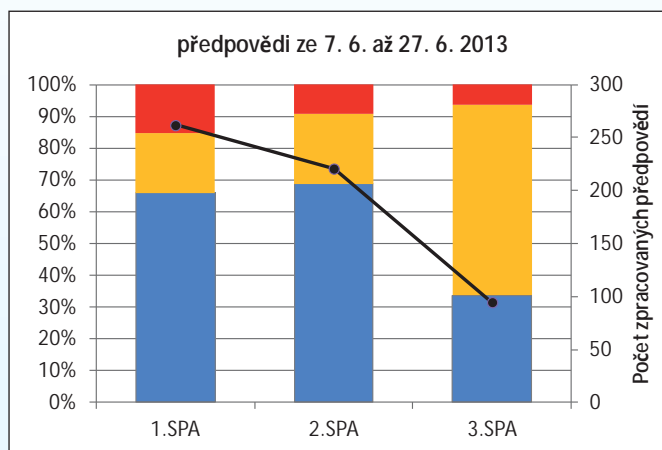
Vyhodnocení hydrologických předpovědí vydaných během povodně v červnu 2013 opět potvrdilo, že úspěšnost hydrologických předpovědí je přímo závislá na úspěšnosti předpovědi srážek, a to jak z hlediska jejich množství, tak jejich přesné lokalizace. V nejvíce srážkami zasažených povodích však k celkové chybě předpovědi významně přispěly i vlastní hydrologické modely, což potvrdily výsledky resimulace povodně s využitím naměřených hodnot srážek. Příčinu tohoto jevu lze spatřovat v nedokonalé kalibraci modelů na tento specifický typ povodně na některých povodích. Za povodně byly zasaženy zejména malé vodní toky. Přitom se jednalo často o přítoky větších toků (Lužnice, Vltava, Sázava) a intenzita povodně na nich byla natolik významná, že ovlivnila i velké toky na jejich dolních čás-

tech. Z uvedeného hlediska se jednalo o do této doby výjimečnou povodňovou událost, která dosud nebyla v měřených datech podchycena, a nebyla proto použita pro kalibraci hydrologických modelů. Charakter srážek byl natolik specifický, že parametry modelů odvozené na jiných povodních, nebyly pro tuto událost vhodné. Proto byla součástí vyhodnocení povodně i rekalibrace modelů, která na uvedená zjištění reagovala úpravou parametrizace modelů.

Podobně, jako při jiných extrémních povodních, se objevily na některých stanicích rozdíly mezi operativně udávanými průtoky a následně vyhodnocenými průtoky, a to v důsledku nejistoty operativně používaných měrných křivek v oblasti vysokých vodních stavů. Toto je ovlivněno skutečností, že na některých tocích se jednalo o dosud největší povodně, které přesáhly část měrných křivek odvozených na základě v minulosti provedených



Obr. 3.11 Předpověď 48hodinové akumulace srážek z termínu 24. 6. 2013 02:00 SELČ od 24. 6. 02:00 SELČ do 26. 6. 2013 02:00 SELČ z modelu (doprava a shora dolů) ALADIN, COSMO EU, ECMWF, GFS, GM UKMO a GME.



Obr. 3.12 Vyhodnocení úspěšnosti hydrologických předpovědí překročení úrovní SPA při druhé a třetí vlně (modrá = hit, žlutá = false alarm, červená = miss, černá čára udává počet předpovědí).

hydrometrických měření a dosáhly do jejich extrapolované části. V některých dalších profilech (např. Berounka v Berouně, Vltava v Praze, Labe v Mělníce) se sice nejednalo o největší zaznamenanou povodeň, avšak za historicky největší povodeň v srpnu 2002 v těchto profilech neproběhlo hydrometrické měření, neboť ještě nebyly používány přístroje ADCP, a odhadnut byl pouze kulminační průtok. Povodeň v červnu 2013, díky četným hydrometrickým měřením přístroji ADCP v těchto profilech, pomohly významně zpřesnit průběh měrných křivek v oblasti kritických povodňových stavů.

Uvedené nepřesnosti v měrných křivkách v průběhu povodně negativně ovlivnily jednak předpovědi průtoků v daných profilech, ale rovněž i rozhodování o manipulacích na nádržích Vltavské kaskády, které se řídily operativně udávanými průtoky Vltavy v Praze-Chuchli a Berounky v Berouně, kde v obou případech odchylka operativního a později vyhodnoceného průtoků dosáhla okolo  $200 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ .

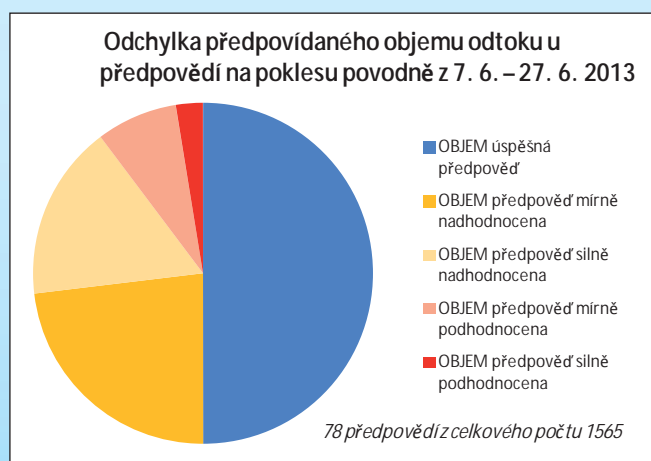
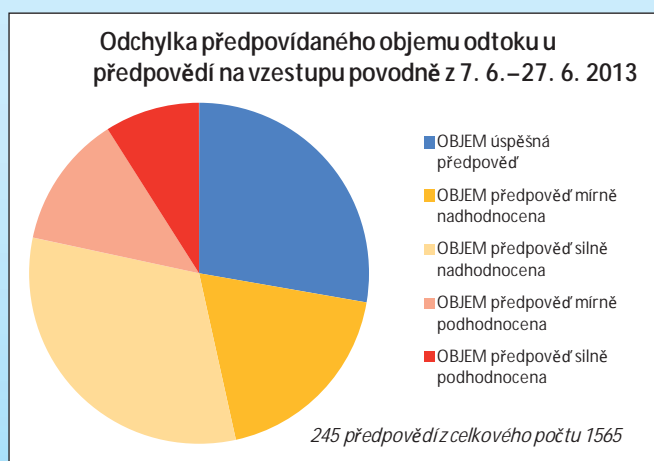
Celkové kategoriální hodnocení úspěšnosti všech hydrologických předpovědí vydaných v průběhu června 2013 ukázalo, že úspěšnost předpovědí klesala s rostoucí extremitou průtoků. Překročení úrovně 1. SPA nebylo předpovězeno ve 20% případů, překročení 2. SPA v cca 25% případů, překročení 3. SPA ve více než 30% a překročení úrovně 10letého průtoků nebylo předpovězeno v téměř polovině případů. Tato skutečnost se projevila následně v sice relativně dobré předpovědi vzniku povodně, avšak v podhodnocení její velikosti ve vydávaných výstrahách.

### 3.4 Prezentace informací předpovědní služby

Za povodně byly internetové stránky ČHMÚ a správců povodí zatíženy extrémním počtem přístupů. Přesto po celou dobu povodně zůstala prezentace hlášené a předpovědní povodňové služby (hydro.chmi.cz/hpps/) plně funkční, dostupná a aktualizovaná. Problémy se objevily v důsledku přetížení v přístupu na hlavní stránky ČHMÚ (www.chmi.cz), které byly v kritických chvílích přepínány do úspornější verze prezentace vybraných operativních údajů.

Pro informování povodňových orgánů byly, kromě výše popsaného šíření výstrah a informačních zpráv předpovědní povodňové služby ČHMÚ a správců povodí, využívány i další cesty informování prostřednictvím alternativních internetových prezentací či zasílání SMS z automatických vodoměrných stanic s informacemi o překročení úrovní SPA (celkem bylo ze stanic ČHMÚ v červnu 2013 odesláno téměř 6000 SMS).

Zástupci ČHMÚ a jednotlivých státních podniků Povodí se účastnili zasedání krajských povodňových komisí, resp. krizových štábů dle příslušné územní působnosti. Na zasedáních povodňových, příp. krizových orgánů, zástupci ČHMÚ a státních podniků Povodí informovali o průběhu povodně a výhledu jejího dalšího vývoje, zejména s ohledem na hydrometeorologickou situaci, resp. manipulace na vodních dílech.



Obr. 3.13 Vyhodnocení úspěšnosti hydrologických předpovědí objemu povodně při druhé a třetí vlně.

## 4. FUNKCE VODNÍCH DĚL A PROTIPOVODŇOVÝCH OPATŘENÍ

### 4.1 Vliv vodních děl na průběh povodní

Průběh povodní v červnu 2013 byl významně ovlivněn provozem vodních nádrží, zejména v povodí Vltavy, na horním Labi a na Ohři. V rámci vyhodnocení povodní byla posuzována funkce 52 významných vodních děl. Jedná se vesměs o víceúčelové vodní nádrže, které mají pro zachycení povodní vyhrazen ovladatelný ochranný prostor. Ten mělo vymezeno 32 hodnocených nádrží, v ostatních případech sloužil pro zachycení povodní pouze neovladatelný ochranný prostor a příp. volná část zásobního prostoru nádrže.

Vybrané nádrže, které byly v červnu 2013 významně povodňově zatíženy nebo významně ovlivnily průběh povodňové vlny, jsou uvedeny v tab. 4.1. Přítok do nádrže s kulminací na úrovni 100leté povodně byl vyhodnocen na nádržích Orlík a Kořensko a na nádrži Hostivař na Botiči. Příklad v rozmezí 50leté až 100leté povodně byl zaznamenán na všech ostatních stupních Vltavské kaskády a na nádržích Vrchlice a Les Království v povodí Labe. Příklad větší než 10letá povodeň byl ještě na Husinci, Nýrsku a na nádrži Újezd na Bílině. Na ostatních nádržích v povodí Vltavy a Labe byly již povodně menší, na nádržích v povodí Dyje pak nejvíce 5leté.

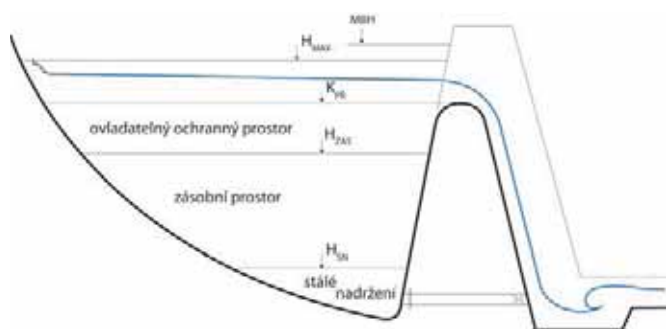
Při hodnocení funkce nádrží bylo zjištěno, že vymezený ochranný ovladatelný prostor nádrže byl před nástupem povodně ve všech případech prázdný, v ně-

kterých případech byla volná i část zásobního prostoru. Manipulace na vodních dílech probíhaly podle manipulačního řádu. Na několika vodních dílech byly se souhlasem povodňového orgánu provedeny mimořádné manipulace, které lépe odpovídaly potřebám řešení dané situace na toku pod nádrží.

Největšího snížení kulminačního průtoku v profilu hráze bylo dosaženo u vodních děl Lipno (64 %), Nýrsko (73 %), Švihov (52 %), Seč (53 %), Žlutice (51 %), Újezd (60 %). Významně také ovlivnily průběh povodně Hracholusky, Labská, Les Království, Rozkoš, v povodí Ohře pak nádrže Jesenice a Nechanice. Lokálně významný vliv měly některé nádrže, které ovládají pouze malou plochu povodí, jako např. Přísečnice, Fláje, Obecnice a Pilská. Nádrže v povodí Dyje byly zatíženy poměrně menšími povodněmi a vesměs transformovaly přítok pod úroveň neškodného odtoku. Lokalizace nádrží a jejich transformační účinek na povodně v červnu 2013 je znázorněn na mapě (obr. 4.1).

Transformační účinek většiny nádrží v Čechách se uplatnil nejvíce při první vlně povodní, u některých nádrží i při druhé vlně povodní (Hracholusky, České Údolí, Klabava, Žlutice, Újezd). Ve východních Čechách byla významná i třetí vlna povodní (Labská, Les Království), přičemž na některých nádržích se projevil pouze povodně třetí vlny (Hamry, Seč, Pařížov). Také morav-

### Typické rozdělení nádržního prostoru víceúčelové nádrže



Hladina  $H_{SN}$  vymezuje prostor stálého nadržení, který musí být, zejména z ekologických důvodů, vždy plný.

Hladina  $H_{ZAS}$  vymezuje zásobní prostor, který se plní a vyprazdňuje podle toho, jak nádrž hospodaří s vodou a dotuje průtok pod nádrží v době malého průtoku.

Koruna bezpečnostního přelivu  $K_{PŘ}$  vymezuje ovladatelný prostor nádrže, z něhož část nad zásobním prostorem je tzv. ovladatelný ochranný prostor, který slouží k zachycení povodňových průtoků.

Výška přepadového paprsku na bezpečnost-

ním přelivu závisí na hladině v nádrži a vymezuje aktuálně využitý neovladatelný ochranný prostor. V případě, že je na přelivu pohyblivé hrazení (např. klapka nebo segment), je neovladatelný prostor až nad horní hranou hrazení, příp. není vymezen vůbec (VD Vltavské kaskády).

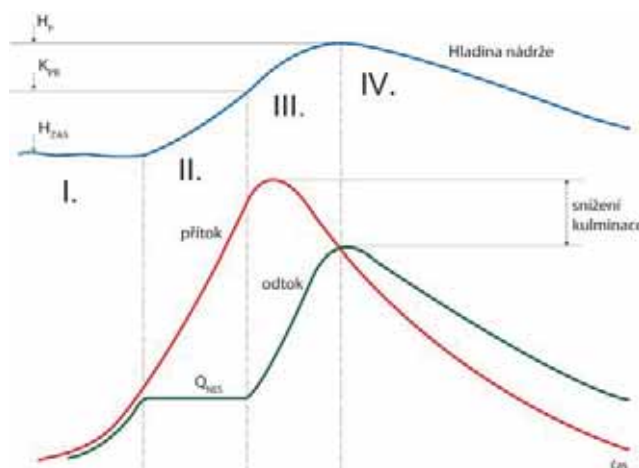
Maximální objem neovladatelného ochranného prostoru vymezuje hladina  $H_{MAX}$ , což je vodoprávně projednaná maximální hladina vody v nádrži.  $H_{MAX}$  nesmí být pokud možno překročena a k tomu je třeba využít všechny výpustě, přelivy a ostatní zařízení pro převedení vody. Rozdělení nádržního prostoru stanovuje manipulační řád vodního díla.

V posudku bezpečnosti vodního díla při povodních je ještě stanovena tzv. mezní bezpečná hladina MBH, při které se VD pokládá ještě za bezpečné.



## Jak povodeň prochází nádrží

Ve volném prostoru nádrže se zachytí část povodňové vlny a většinou dojde ke zmenšení kulminačního průtoku. Míra tohoto snížení závisí na velikosti volného prostoru v nádrži ve vztahu k objemu a tvaru povodňové vlny a způsobu manipulace, pokud jsou na vodním díle manipulovatelné objekty. Způsob manipulace stanovuje manipulační řád vodního díla.



dosáhla úrovně  $H_{MAX}$ , je třeba otevřít všechna zařízení, aby dále nestoupala.

Fáze 4 – hladina vody v nádrži postupně vystoupá natolik, že se odtok vyrovnává s již klesajícím přítokem, hladina dosáhne svého maxima a začne fáze prázdnění. Přítok i odtok postupně klesají, a když odtok poklesne na úroveň  $Q_{NES}$ , zpravidla se na této úrovni udržuje, aby se prázdnění ochranného prostoru urychlilo.

Při spolehlivé předpovědi přítoku lze funkci nádrže optimalizovat, zpravidla zvýšením odtoku v počátečních fázích povodně, a to i nad úroveň  $Q_{NES}$ . Tím se ušetří volný ochranný prostor nádrže pro vrcholovou fázi povodně a dosáhne se většího snížení kulminačního průtoku. Na druhé straně, při přecenění extremity očekávané povodně, může být nastavený odtok příliš vysoký, takže nedojde k plnému využití ochranného prostoru a realizované snížení kulminace povodně bude menší.

Snížení kulminačního průtoku v profilu hráze vodního díla se propaguje dále dolů po toku, avšak jeho míra se s narůstajícími přítoky z povodí pod vodním dílem zmenšuje.

Fáze 1 – hladina v nádrži se udržuje na úrovni  $H_{ZAS}$  a odtok z nádrže se zvyšuje podle přítoku, až dosáhne hodnoty neškodného odtoku  $Q_{NES}$ , který pod nádrží nepůsobí škody. Pokud je zásobní prostor částečně vyprázdněn, doplní se na úroveň  $H_{ZAS}$ .

Fáze 2 – přítok dále stoupá, odtok se udržuje na  $Q_{NES}$  a plní se ochranný ovladatelný prostor. Poté, kdy hladina dosáhne kóty přelivu, lze odtok  $Q_{NES}$  ještě nějakou dobu udržet postupným uzavíráním spodních výpustí, potom však nastává neovladatelný stav.

Fáze 3 – voda přepadá přes přeliv a nádrž se dále plní. Čím více vystoupá hladina v nádrži, tím je větší odtok, avšak současně se větší část povodňové vlny zachytí v neovladatelném ochranném prostoru. Pokud by hladina

ské nádrže uplatnily svůj vliv při třetí vlně povodní (Vír, Brno, Mostiště), nádrže na Dyji pak při všech třech vlnách (Vranov, Znojmo, Nové Mlýny), ovšem poměrně menších.

### Vodní dílo Lipno I

Nádrž Lipno I (obr. 4.2) na Vltavě má vymezen, vzhledem k ploše povodí, poměrně velký ochranný ovladatelný prostor, 33,165 mil.  $m^3$ , a má tak při povodních významný transformační účinek. Před nástupem první povodňové vlny bylo v nádrži navíc prázdných ještě 35 cm zásobního prostoru, což při velké ploše nádrže dávalo dalších zhruba 16 mil.  $m^3$ . Nádrž byla zatížena jednoduchou povodňovou vlnou o kulminaci  $340 m^3 \cdot s^{-1}$ , což se blíží úrovni 100leté povodně ( $359 m^3 \cdot s^{-1}$ ).

Odtok z nádrže byl v nástupní fázi povodně udržován hluboko pod úrovní neškodného odtoku ( $90 m^3 \cdot s^{-1}$ ),

zatímco na dolním toku Vltavy v Českém Krumlově proběhla kulminace povodňové vlny způsobené vysokými přítoky z povodí pod nádrží. Po kulminaci povodně 2. 6. 2013 večer byly na základě rozhodnutí povodňového orgánu Jihočeského kraje provedeny mimořádné manipulace a překročena velikost neškodného odtoku z nádrže. Odtok byl postupně zvýšen až na  $100 m^3 \cdot s^{-1}$  a po vyrovnání přítoku s odtokem 5. 6. 2013 byl dále postupně zvyšován až na  $123 m^3 \cdot s^{-1}$ . Maximální hladina vody v nádrži dosáhla kóty 725,33 m n. m., tj. 27 cm pod úrovní hladiny ochranného ovladatelného prostoru, tedy maximální vodopravně projednané hladiny (obr. 4.3).

Transformační účinek nádrže Lipno I byl za povodně v červnu 2013 významný. Kulminační přítok do nádrže  $340 m^3 \cdot s^{-1}$  byl snížen o  $217 m^3 \cdot s^{-1}$ , ovšem v době kulminace přítoku až o  $260 m^3 \cdot s^{-1}$ . Doba kulminace odtoku byla oproti kulminaci přítoku oddálena o cca 4,5 dne. V možnostech nádrže sice bylo při této povodni udržet

Tab. 4.1 Vybrané nádrže s významným povodňovým zatížením a účinkem.

Nádrž	Tok	Plocha povodí	Celkový ovladatelný objem	Ochranný ovladatelný objem	Maximální přítok		Maximální odtok	Snížení kulminace	
		[km <sup>2</sup> ]	[mil. m <sup>3</sup> ]		[m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> ]	N-letost	[m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> ]	[m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> ]	%
<b>Povodí Vltavy</b>									
Lipno I	Vltava	948,2	309,50	33,17	340	50–100	123	217	63,8
Orlík	Vltava	12 106,0	716,50	62,07	2 160	100	1 950	210	9,7
Slapy	Vltava	12 956,8	269,30	–	2 020	50	2 010	10	0,5
Římov	Malše	488,5	33,64	1,55	180	10–20	140	40	22,2
Husinec	Blanice	212,5	5,64	2,82	126	20–50	97	29	23,0
Švihov	Želivka	1 178,5	266,56	–	104	2	50	54	51,9
Nýrsko	Úhlava	80,9	18,94	2,01	33,0	10	9	24	72,7
Hracholusky	Mže	1 609,4	41,71	4,58	110	2–5	57	53	48,2
Žlutice	Střela	213,7	12,80	1,30	41,0	10	20	21	51,2
<b>Povodí Labe</b>									
Labská	Labe	61,0	2,66	1,31	72	5	47	25	34,7
Les Království	Labe	531,8	6,08	4,45	308	50	156	152	49,4
Rozkoš	Úpa	415,4*	76,33	19,80	60*	10*	10	50	–
Hamry	Chrudimka	56,8	2,50	1,16	20	5–10	12	8	40,0
Seč	Chrudimka	216,1	18,49	3,17	60	5–10	28	32	53,3
Pařížov	Doubrava	202,3	1,52	1,21	66	10–20	50	16	24,2
Vrchlice	Vrchlice	97,5	8,32	–	47	100	37	10	21,3
<b>Povodí Ohře</b>									
Skalka	Ohře	671,9	15,92	1,35	61	< 2	51	10	16,4
Jesenice	Odrava	411,0	52,75	3,49	58	5–10	29	29	50,0
Nechranice	Ohře	3 590,3	272,43	36,56	356	5	260	96	27,0
Újezd	Bílina	93,0	6,73	2,09	25	10–20	10	15	60,0
<b>Povodí Moravy</b>									
Vír	Svratka	410,3	53,14	5,29	58	2 – 5	33	25	43,1
Dalešice	Jihlava	1 139,1	126,90	4,70	49	< 2	31	18	36,7
Mostiště	Oslava	222,9	10,99	0,61	22	2	17	5	22,7
Vranov	Dyje	2 211,8	122,66	11,16	118	< 2	83	35	29,7
Nové Mlýny	Dyje	11 853,1	130,33**	29,65**	336	2 – 5	277	59	17,6

\* vztaženo k profilu odlehčení z Úpy do nádrže Rozkoš

\*\* součet objemů všech tří nádrží Nové Mlýny

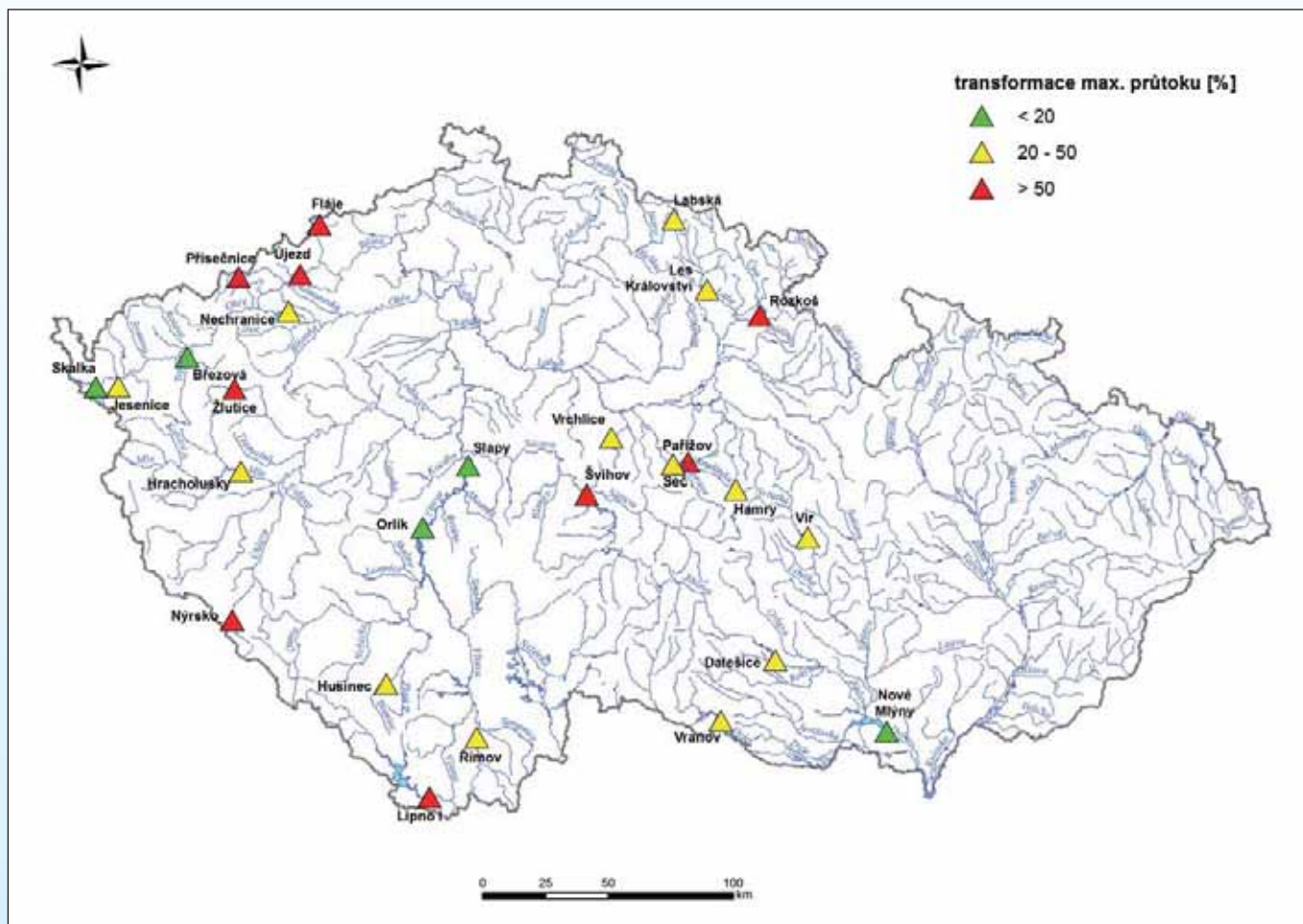
po celou dobu odtok na úrovni neškodného odtoku 90 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>, ovšem s ohledem na situaci pod nádrží, kde již předtím proběhl podstatně větší průtok, byla dána přednost zvýšení odtoku a rychlejšímu prázdnění nádrže.

#### Vodní dílo Orlík

Nejdůležitější stupeň Vltavské kaskády, nádrž Orlík (obr. 4.4), má vymezen ochranný ovladatelný prostor 62,072 mil. m<sup>3</sup>. Obdobně jako ostatní nádrže Vltavské kaskády nemá ochranný neovladatelný prostor,

tzn. že hladina ochranného ovladatelného prostoru 353,60 m n. m. je zároveň maximální vodopravně projednanou a přípustnou hladinou. Před příchodem povodně v červnu 2013 byl ochranný prostor nádrže celý volný a volná byla také část zásobního prostoru, takže celkem byl 1. 6. 2013 k dispozici volný prostor 121,5 mil. m<sup>3</sup>.

Přítok do nádrže začal prudce stoupat v noci na neděli 2. 6. 2013 a zhruba za 24 hodin již kulminoval na úrovni 2 160 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup> (obr. 4.5), tedy prakticky 100leté povodně. Nástupní větev povodňové vlny byla velmi



Obr. 4.1 Lokalizace významných nádrží s rozlišením jejich transformačního účinku.

strmá, což bylo mimo jiné způsobeno rozložením příčných srážek, které zasáhly postranní přítoky do nádrže, a atypicky rychlým průběhem povodně na Lužnici.

Odtok z nádrže byl řízen s ohledem na situaci na Vltavě v Praze a vývoj průtoku na Sázavě a Beroune. Nástupní část povodňové vlny byla zachycena v nádrži tak, aby byl v Praze udržen stav umožňující provedení nezbytných protipovodňových opatření. Odtok z nádrže byl razantně zvýšen až 2. 6. 2013 v odpoledních hodinách a dále byl regulován tak, aby průtok ve Vltavě v profilu Praha-Chuchle nepřesáhl hodnotu  $2\,900\text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ . Dalšího dne byla dočasným snížením odtoku eliminována špička povodňové vlny ze Sázavy, avšak při očekávané kulminaci Berounky již byly retenční možnosti nádrže vyčerpány. Dne 3. 6. 2013 v 17:30 dosáhla hladina v nádrži kóty 353,58 m n. m., tj. 2 cm pod maximální přípustnou hladinou, a odtok z nádrže musel být zvýšen tak, aby hladina již dále nestoupala. Maximální odtok z nádrže Orlik nastal v noci na pondělí 4. 6. 2013, a to  $1\,950\text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ , odpovídající kulminace Vltavy v Praze dosáhla  $3\,040\text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ .

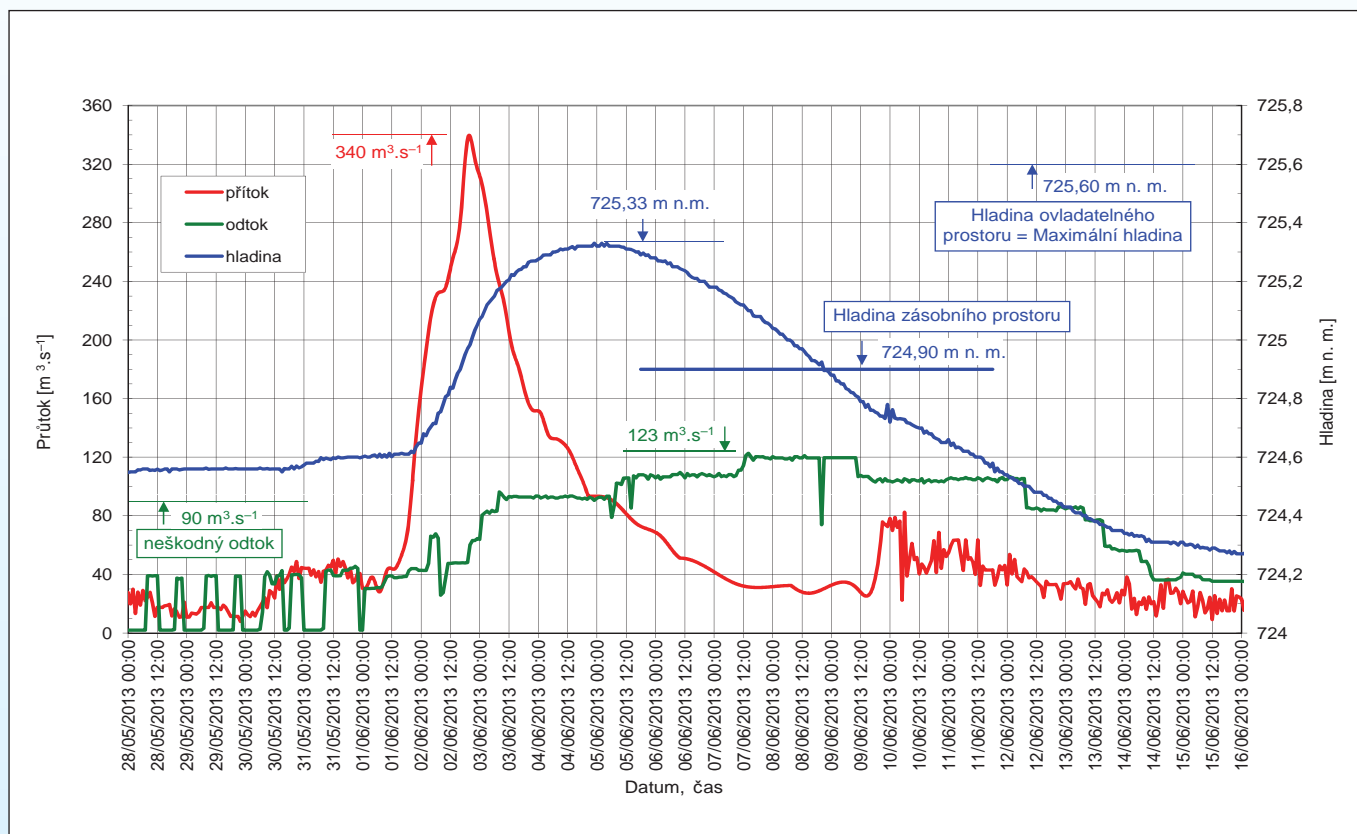
Další manipulace v poklesové fázi povodně probíhaly podle požadavků na zlepšení situace na dolní Vltavě a Labi. Zároveň se v souladu s usnesením Ústřed-

ního krizového štábu a Ústřední povodňové komise ze dne 7. 6. 2013 vytvářel volný prostor v nádrži s ohledem na nepříznivou předpověď srážek na následující dny a možnost příchodu druhé povodňové vlny.

Retenční prostor nádrže byl využit v maximální možné míře odpovídající hydrologické předpovědi,



Obr. 4.2 VD Lipno I – letecký pohled 4. 6. 2013 (Zdroj: Povodí Vltavy, s. p.).



Obr. 4.3 VD Lipno I – časový průběh přítoku, odtoku a hladiny v nádrži.

parametrům povodně, kapacitě výpustných a bezpečnostních zařízení a situaci na tocích pod vodním dílem. Kulminační přítok do nádrže  $2\ 160\ \text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$  byl snížen o  $210\ \text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$  (téměř 10 %), hlavní efekt vodního díla však byl v oddálení nástupu povodně na dolním toku Vltavy a poskytnutí času na realizaci potřebných protipovodňových opatření v Praze. S ohledem na dosažení téměř maximální přípustné hladiny vody v nádrži byla na návodní plošině hráze preventivně postavena mobilní protipovodňová hrazení, aby byl ochráněn vnitřní prostor hráze před případným zatopením (jako v roce 2002).

### Vodní dílo Slapy

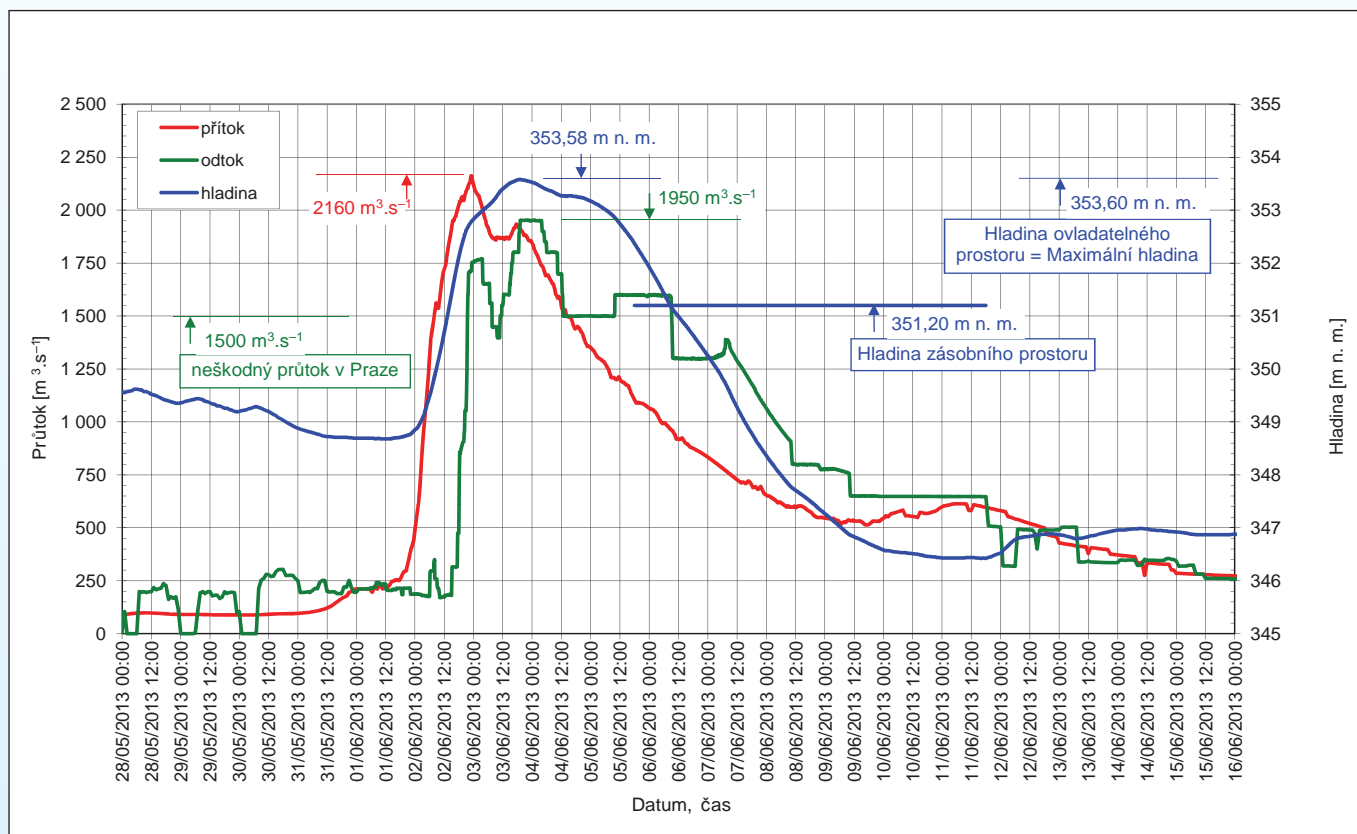
Na VD Slapy (obr. 4.6) byla před příchodem povodně, s výjimkou právě probíhající generální opravy pravé spodní výpusti, běžná provozní situace. V nádrži není vymezen ochranný prostor, a povodňová vlna nebyla významněji transformována. Manipulace byly řízeny v přímé návaznosti na manipulace na VD Orlík a VD Kamýk a v návaznosti na přítok z menších vodních toků v mezipovodí. Kulminace přítoku do nádrže  $2\ 020\ \text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$  odpovídala rozmezí  $Q_{50}$  až  $Q_{100}$ . Maximální hladina vody v nádrži vystoupala až na kótu 270,83 m n. m., to je 23 cm nad úroveň maximální vodopravně projednané hladiny. Překročení bylo způsobeno náhlým zvýšením přítoku z mezipovodí mezi VD Orlík a hrází VD Slapy, na které nebylo možné včas reagovat.

Rovněž na Slapech byla podle usnesení ÚPK a ÚKŠ ČR ze 7. 6. 2013 po kulminaci první povodňové vlny snížena hladina vody a uvolněna část zásobního prostoru pro případné další zvýšené průtoky. Účinek dalších srážkových epizod se však již na Vltavě významněji neprojevil. Celkový retenční vliv nádrže Slapy v červnu 2013 byl minimální.

Průběh povodně opětovně potvrdil, že ochranný účinek nádrží Vltavské kaskády a dalších nádrží v povodí je pro Vltavu v Praze omezený.



Obr. 4.4 VD Orlík – letecký pohled 4. 6. 2013 (Zdroj: Povodí Vltavy, s. p.).



Obr. 4.5 VD Orlík – časový průběh přítoku, odtoku a hladiny v nádrži.

### Vodní dílo Švihov

Nádrž Švihov (obr. 4.7) na Želivce je významná vodárenská nádrž, jejímž hlavním účelem je zásobování Prahy pitnou vodou, a částečné snížení velkých vod je pouze vedlejším účelem vodního díla. Nádrž nemá vymezen ochranný ovladatelný prostor, ani nemá stanoven neškodný odtok. Vzhledem k velké ploše zátopu je však neovladatelný ochranný prostor nad korunou šachtového přelivu poměrně významný a účinný. Před začátkem povodně byla hladina vody v nádrži 8 cm pod hladinou



Obr. 4.6 VD Slapy – letecký pohled 4. 6. 2013 (Zdroj: Povodí Vltavy, s. p.).

zásobního prostoru, tzn. zásobní prostor byl téměř plný. Povodňový vzestup nastal v noci na 2. 6. 2013 a povodeň kulminovala během další noci přítokem  $104 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  (obr. 4.8), tj. přibližně na úrovni dvouleté povodně.

Manipulace ke snížení povodňových průtoků jsou na nádrži bez ovladatelného ochranného prostoru omezené. Na počátku povodňové vlny byl zvýšen odtok spodními výpustmi až na  $15 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ . Po zaplnění zásobního prostoru nádrže hladina dále stoupala, a postupně se zvyšoval odtok šachtovým přelivem. Zároveň se však stále větší část povodňové vlny zachytávala v neovladatelném ochranném prostoru. Při dosažení odtoku cca  $50 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  byly spodní výpustě uzavřeny, a nastal neovladatelný stav. Hladina vody v nádrži vystoupila až na kótu 377,61 m n. m., a bylo tedy využito pouze 61 cm neovladatelného ochranného prostoru. To však stačilo k tomu, aby byl kulminační přítok  $104 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  snížen zhruba na polovinu ( $50 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ).

### Vodní dílo Les Království

Na VD Les Království (obr. 4.9) na horním Labi u Dvora Králové nad Labem je ochrana před povodněmi hlavním účelem vodního díla, tomu odpovídá rozdělení nádržního prostoru, které je během roku proměnné. V letním období má nádrž vymezen ochranný ovladatelný prostor o velikosti 4,449 mil.  $\text{m}^3$ , v zimním období

a při zámrzu o něco větší. V červnu 2013 byla nádrž významně povodňově zatížena dvakrát, v první a ve třetí vlně povodní.

Před nástupem první vlny v noci na 2. 6. 2013 byla nádrž ještě částečně předvypuštěna o 1,6 m, a bylo tak volných dodatečných cca 0,5 mil. m<sup>3</sup> zásobního prostoru. Vzestup přítoku byl však velmi strmý a přes otevření výpustí na úroveň neškodného odtoku 90 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup> se nádrž rychle plnila. Krajská povodňová komise Královéhradeckého kraje proto v časných ranních hodinách povolila mimořádné manipulace, a to jednak zvýšení odtoku z VD Les Království nad neškodný odtok až na 150 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>, jednak dočasné snížení odtoku z výše položené nádrže Labská o 35 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>. Povodňová vlna na přítoku do nádrže Les Království kulminovala při 308 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup> na úrovni 50leté povodně, maximální odtok z nádrže dosáhl 156 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup> (obr. 4.10). Maximální hladina vody v nádrži vystoupila 29 cm pod úroveň bezpečnostních přelivů.

Vodní dílo Les Království významně ovlivnilo průběh povodně na horním Labi. Kulminace přítoku odpovídající 50leté povodni byla transformačním účinkem nádrže snížena zhruba na polovinu. V případě striktní manipulace dle manipulačního řádu bez využití mimořádné manipulace by došlo k naplnění ovladatelného prostoru nádrže a odtoku přes přelivy a lze odhadovat, že při daném tvaru a objemu povodňové vlny by maximální odtok z nádrže dosáhl 180–200 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>.

Povodňová vlna následující třetí srážkovou epizodu dne 25. 6. 2013 byla podstatně nižší a její kulminace

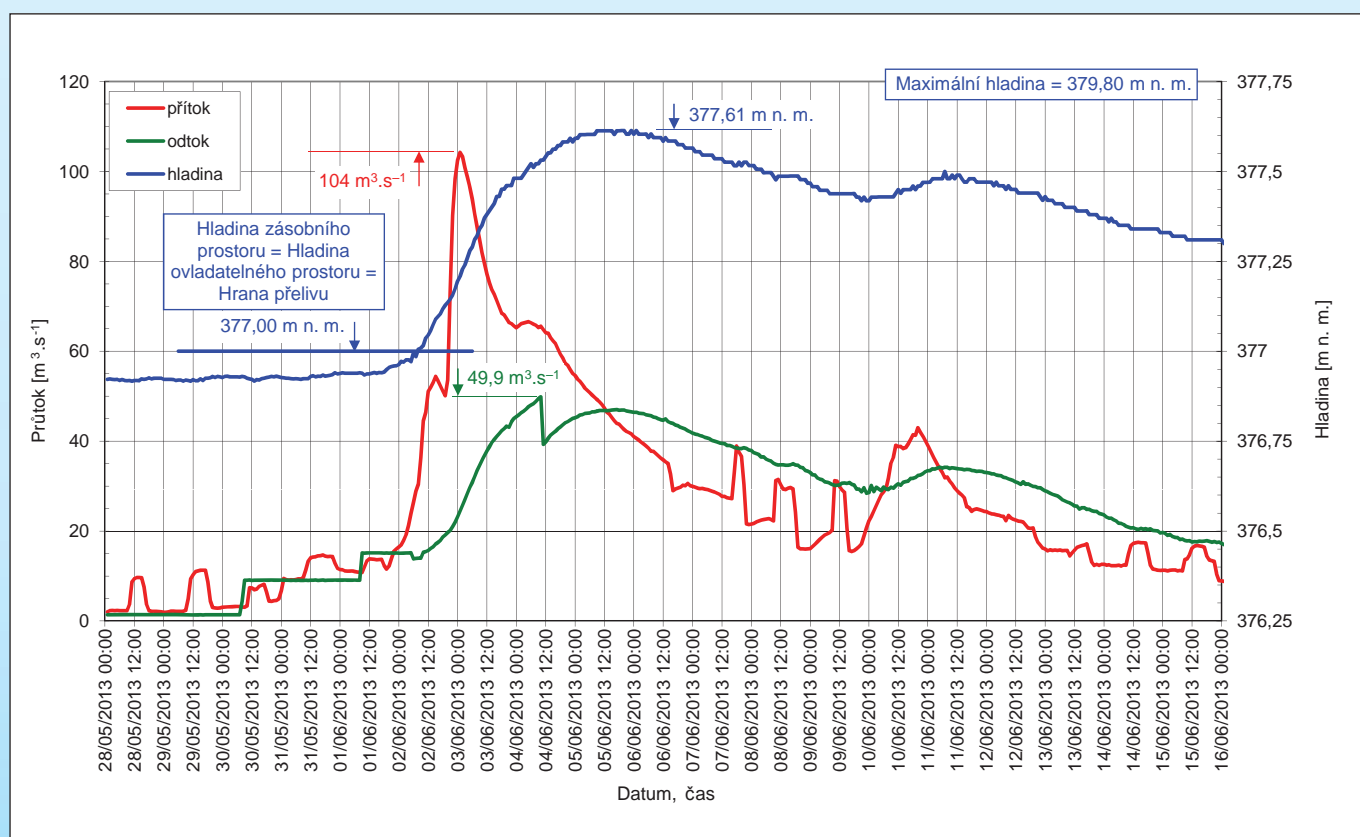


Obr. 4.7 VD Želivka – sdružený objekt se šachtovým přelivem (Zdroj: VODNÍ DÍLA – TBD a. s.).

činila 74 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>. Před jejím nástupem byl opět částečně povyprázdněn zásobní prostor nádrže, a to o 1,15 m. Jelikož přítok nedosáhl ani úroveň neškodného odtoku, bylo vzhledem k situaci níže po toku rozhodnuto neplnit ochranný prostor nádrže. Odtok z nádrže téměř kopíroval přítok a dosáhl maxima 71 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>.

#### Vodní dílo Nechranice

VD Nechranice (obr. 4.11) významně ovlivňuje průtokové poměry na dolním úseku Ohře. V nádrži je vymezen ovladatelný ochranný prostor o objemu 36,562



Obr. 4.8 VD Švihov (Želivka) – časový průběh přítoku, odtoku a hladiny.



Obr. 4.9 VD Les Království – naplněná nádrž téměř po úroveň bezpečnostního přelivu (Zdroj: VODNÍ DÍLA – TBD a. s.).

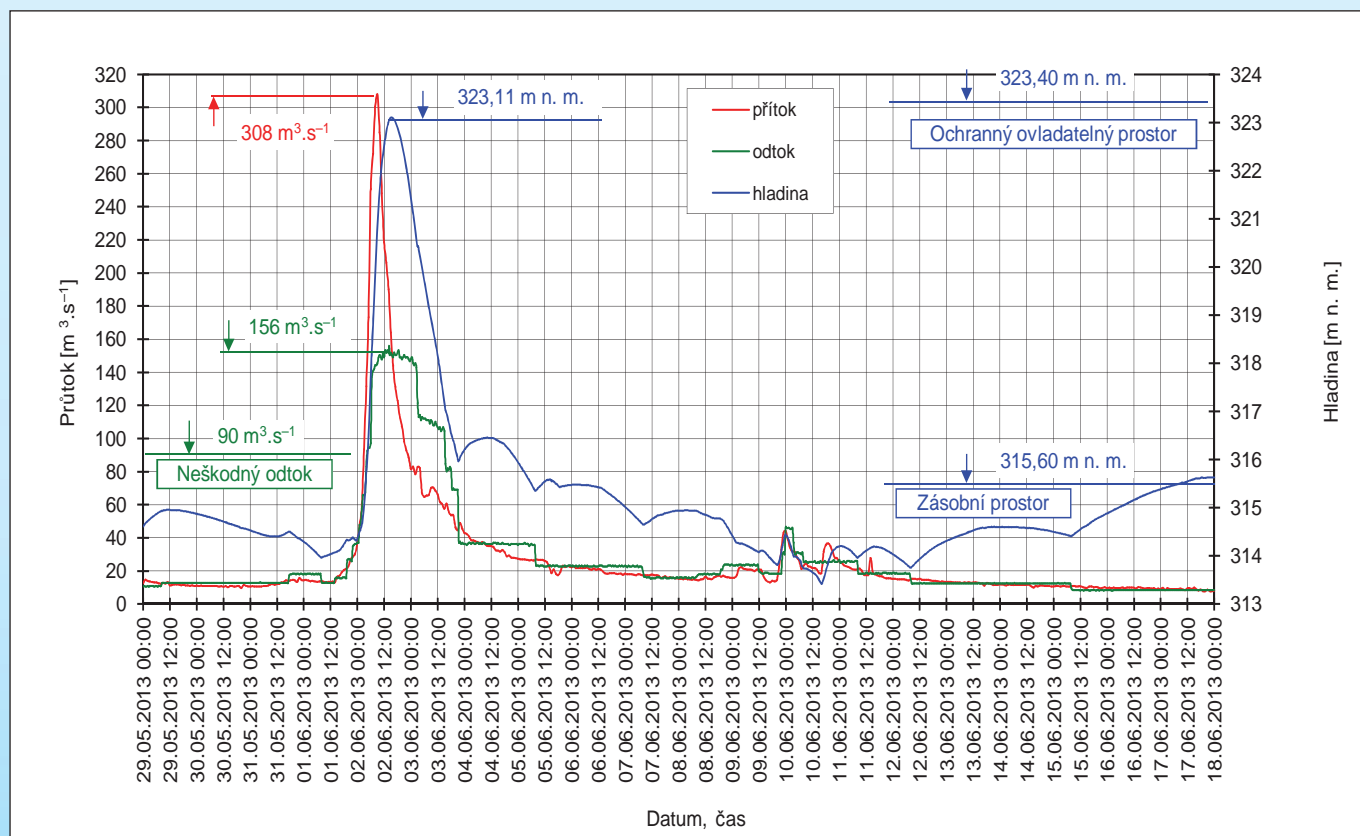
mil.  $m^3$  a vzhledem k velikosti zátopy má nádrž i poměrně velký neovladatelný ochranný prostor. Podstatným omezením ochranného efektu neovladatelného prostoru je však omezená funkce hrazení bezpečnostního přelivu, jehož všechna tři pole musí být při překročení kóty hladiny 271,90 m n. m. vyhrazena. Znamená to, že neovladatelný ochranný prostor může být využit až při odtoku větším než cca  $890 m^3 \cdot s^{-1}$ , čili při povodních s extrémně malou pravděpodobností výskytu (hodnota  $Q_{100}$  netransformovaná nádrží dosahuje  $753 m^3 \cdot s^{-1}$ ). Pro běž-

né povodně představuje kóta 271,90 m n. m. prakticky maximální přípustnou hladinu vody v nádrži.

Povodňová vlna na přítoku do nádrže postupně narůstala od 31. 5. do 3. 6. 2013, kdy večer dosáhla kulminace  $356 m^3 \cdot s^{-1}$  (5letá povodeň). Odtok z nádrže byl postupně zvyšován až na neškodný odtok  $170 m^3 \cdot s^{-1}$  (3. 6. 2013 ráno). Následně podle odhadu zbývajících objemu povodňové vlny nad neškodným odtokem, ve srovnání s objemem doposud volného ochranného ovladatelného prostoru, byl odtok postupně zvyšován až na hodnotu  $260 m^3 \cdot s^{-1}$ . Maximální hladina vody v nádrži dosáhla kóty 271,72 m n. m., tedy 18 cm pod maximální hladinu ovladatelného prostoru (obr. 4.12).

Nádrž Nechranice měla při povodni v červnu 2013 významný retenční účinek. S využitím téměř celého ochranného ovladatelného prostoru byl maximální přítok  $356 m^3 \cdot s^{-1}$  snížen o 27 %. Neškodný průtok na dolním úseku Ohře pod Nechranicemi byl překročen po dobu několika dnů, přesto VD významně přispělo ke zmírnění povodňových škod a částečné ochraně města Terezín.

Všechna významná vodní díla převedla povodně v červnu 2013 bezpečně a nikde nebyly zaznamenány stavy nebo jevy, které by ohrožovaly stabilitu a bezpečnost hrází vodních děl. Na několika vodních dílech došlo k překročení maximální vodoprávně projednané hladiny (Slapy, Štěchovice, Vrané, Hostivař), nikde však nebyla překročena mezní bezpečná hladina, která je stanovena v rámci posudků bezpečnosti vodního díla při povodních. Nejblíže k dosažení mezní bezpečné hladiny



Obr. 4.10 VD Les Království – časový průběh přítoku, odtoku a hladiny.

bylo VD Hostivař (29 cm), kde byla provedena i některá mimořádná preventivní opatření k zajištění bezpečnosti hráze.

## 4.2 Malá vodní díla

Při každé větší povodni dojde k havarijnímu poškození některých malých vodních děl (obr. 4.13, 4.14), zejména rybníků, kterým jejich vlastníci nebo správci nevěnují dostatečnou péči o jejich bezpečný stav a funkci za povodní. V rámci hodnocení povodní v červnu 2013 bylo posuzováno 48 malých vodních děl III. a IV. kategorie z hlediska technicko-bezpečnostního dohledu. Přitom byly v důsledku povodně zaznamenány havárie 14 vodních děl, z nichž v 7 případech protržení hráze způsobilo zvláštní povodeň na toku pod vodním dílem. Čtyři havarované rybníky byly ve Středočeském kraji, po jednom v kraji Jihočeském, Ústeckém a Zlínském (Komňa na Koménce). Nejčastějším důvodem havárie bylo přelití hráze v důsledku nekapacitního, ucpaného nebo včas nevyhrazeného přelivu.

Naproti tomu řada malých vodních děl zachytila část povodňové vlny a ovlivnila průběh povodni pozitivně. Byly to zejména rybníky s velkou zatopenou plochou, která při stoupaní hladiny vytvářela neovladatelný ochranný prostor, jako Bezdrev, Rožmberk, Máchovo jezero, Žinkovský rybník na Úhlavě, Vavřinec na Výrovce a také Jordán, který byl v době povodně v rekonstrukci a prázdný. Pozitivně samozřejmě působily oba hodno-

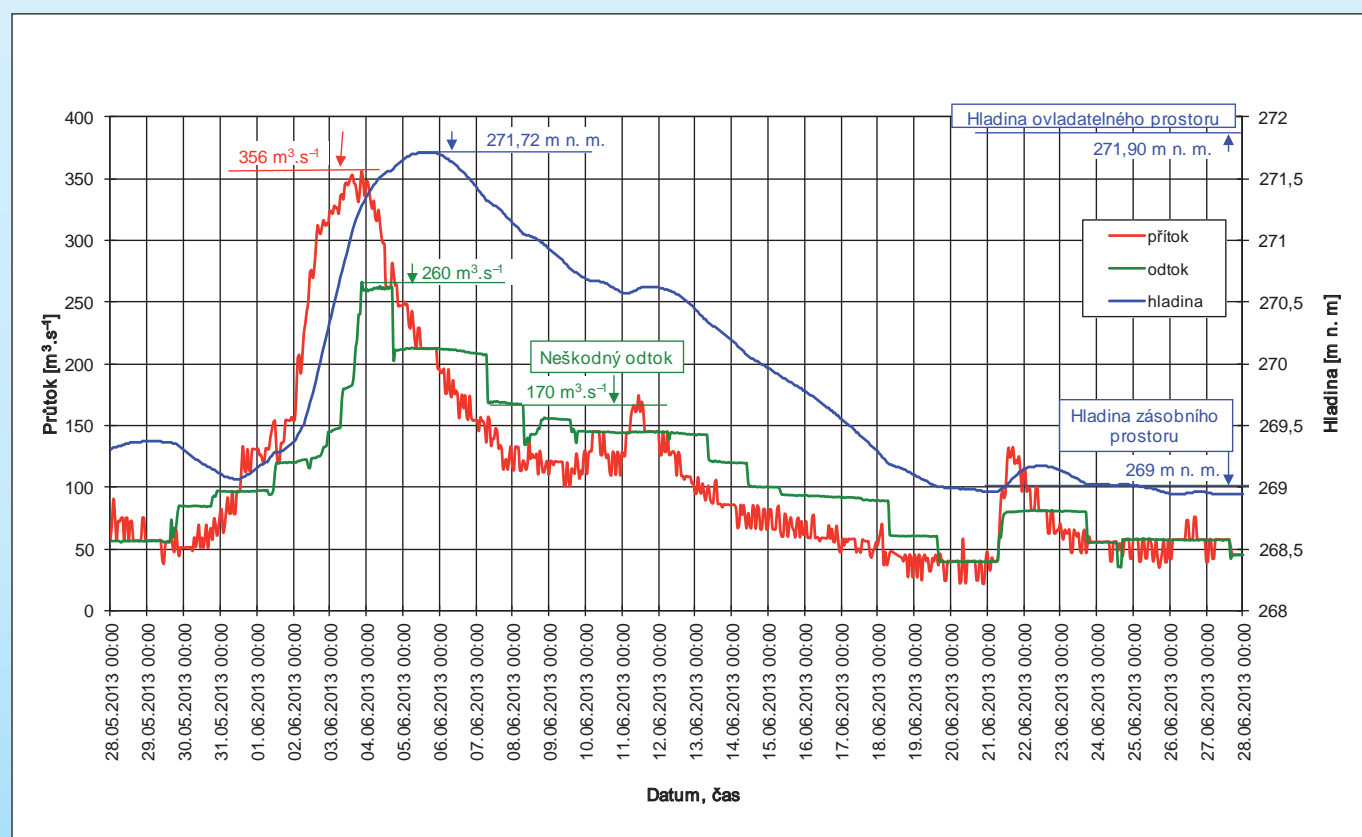


Obr. 4.11 VD Nechranice – letecký pohled 5. 6. 2013 (Zdroj: Povodí Ohře, s. p.).

cené poldry, Onomyšl na stejnojmenném potoce (povodí Výrovky) a Hamr-Rudý Sever na Bílém a Zálužanském potoce (povodí Bíliny). Ve všech případech se ovšem jednalo o lokální ovlivnění průběhu povodně v úseku pod hrází, které se s narůstající plochou podpovodí postupně vytratilo.

## 4.3 Protipovodňová opatření

Při hodnocení povodni v červnu 2013 byl posuzován soubor 69 protipovodňových opatření (PPO) nacházejících se na zasažených vodních tocích. Jednalo se



Obr. 4.12 VD Nechranice – časový průběh přítoku, odtoku a hladiny v nádrži.



vesměs o liniová protipovodňová opatření a další související prvky. Hodnocena byla protipovodňová opatření realizovaná po roce 2002 a případně s nimi související opatření dokončená dříve. Do hodnocení byla zahrnuta i protipovodňová opatření, která byla v červnu 2013 rozestavěna.

V období let 2002 až 2013 byla zrealizována celá řada stavebních protipovodňových opatření. V samotné Praze byla výstavba rozdělena do 8 etap, které zahrnují liniové stavby v celkové délce 17,5 km, z nichž téměř 6,4 km jsou mobilní protipovodňové zábrany. První etapa, tj. mobilní stěna na Smetanově nábřeží a Josefově, byla ve funkci již při povodni v srpnu 2002 a ochránila Staré Město před zaplavením. Po této povodni byly návrhové parametry protipovodňových opatření v Praze upraveny na úroveň hladiny 2002 s bezpečnostní rezervou 30 cm.

Po povodni v roce 2002 byla urychlena příprava a realizace dalších PPO ve všech regionech ČR. Ve srovnání s minulostí, nebývale značný rozsah opatření byl podpořen finančními prostředky státního Programu prevence před povodněmi v gesci Ministerstva zemědělství. Nejvíce prostředků bylo investováno do stabilizace a zkapacitnění toků, ochranných hrází a vybudování retenčních objemů. Poměrně často byly, po vzoru Prahy, použity také v dalších městech mobilní zábrany, což bylo zřejmě ovlivněno i nabídkou těchto zařízení od výrobců. Řada těchto PPO byla při povodních v červnu 2013 dokončena nebo rozestavěna a v rámci vyhodnocení těch-



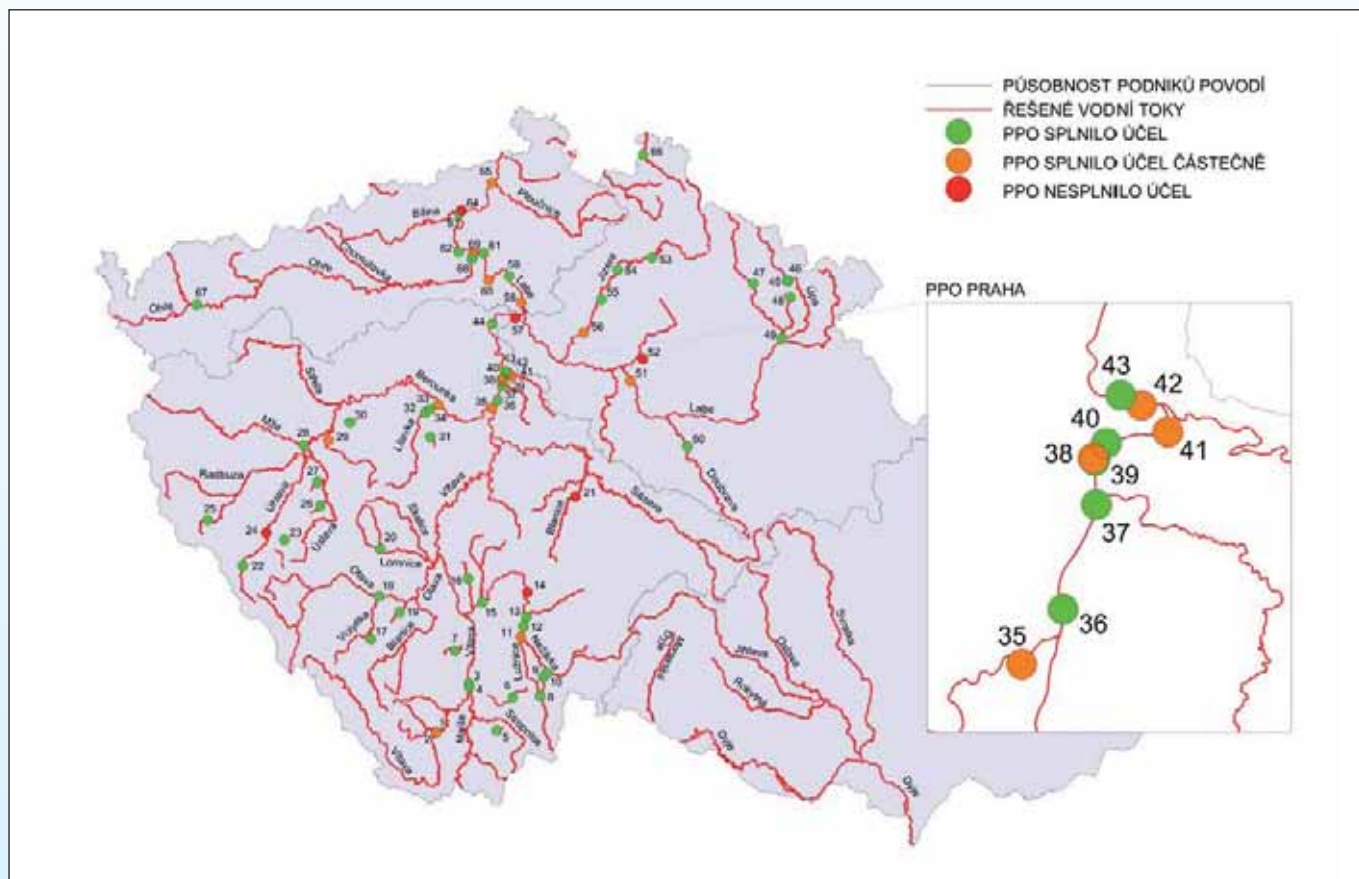
Obr. 4.13 Prohrábka boční hráze Chotouchovského rybníka na Polepce 2. 6. 2013 (Zdroj: VODNÍ DÍLA – TBD a. s.).

to povodní mohla být jejich funkčnost posouzena.

Rozmístění posuzovaných PPO je znázorněno na mapě na obr. 4.15. Nejvíce, 44 opatření se nachází na vodních tocích v územní působnosti Povodí Vltavy, s. p., 22 opatření v územní působnosti Povodí Labe, s. p. a tři opatření v územní působnosti Povodí Ohře, s. p. Každé PPO bylo posouzeno z hlediska splnění požadované míry ochrany, příp. důvodů jejího nesplnění. Samostatně byly registrovány PPO, které v době povodní ještě nebyly dokončeny. Souhrnné výsledky hodnocení jsou uvedeny v tab. 4.2. Z celkového počtu hodnocených PPO bylo 45 opatření plně funkčních, u 9



Obr. 4.14 Mlékovický rybník na Bečvárci – pohled průřvou do podhrází 5. 6. 2013 (Zdroj: VODNÍ DÍLA – TBD a. s.).



Obr. 4.15 Posuzovaná protipovodňová opatření se zobrazením výsledků posouzení.

protipovodňových opatření se projevily poruchy funkčnosti způsobené různými důvody nebo byly rozsahem povodně překročeny jejich návrhové parametry a 15 opatření nebylo ještě zcela dokončeno a většinou splnilo svůj účel pouze částečně.

Protipovodňová opatření, která během povodní nedokázala příslušné území ochránit před škodami, jsou obvykle veřejností i médii negativně vnímána a kritizována. Pro objektivní hodnocení je však nutné rozlišit důvody, proč se tak stalo:

- 1) Při návrhu protipovodňových hrází a stěn jsou zvažovány technické možnosti lokality a ekonomické parametry stavby. V některých lokalitách nelze, např. z důvodu charakteru podloží, místních omezení a hydraulických podmínek, vybudovat dostatečně kapacitní koryto nebo tak vysoké protipovodňové hráze nebo zdi, které by byly schopny ochránit lokalitu před 100letou či větší povodní. Jinde by náklady na takovou stavbu výrazně přesáhly hodnotu ochráněného majetku, a proto není ekonomické tak vysokou míru ochrany navrhovat. Výsledkem může být vybudování PPO

Tab. 4.2 Plnění funkce protipovodňových opatření v průběhu povodní v červnu 2013.

Území povodí	Počet hodnocených opatření	Dokončená opatření			Nedokončená opatření
		Splnily ochranu	Důvody poruch v zajištění ochrany		
			překročení návrhových parametrů	částečné zajištění / problémy	
Labe	22	11	2	2	7
Vltava	44	32	1	4	7
Ohře	3	2	0	0	1
<b>Celkem</b>	<b>69</b>	<b>45</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>15</b>

na nižší míru ochrany, například na povodeň 20letou nebo 50letou. Pokud přijde větší povodeň, protipovodňová hráz přeteče a k zaplavení území dojde, je to však v souladu s přijatým řešením a povodňový plán příslušné obce s tím musí počítat. K přetečení hrází v důsledku překročení návrhového průtoku došlo v červnu 2013 ve Veltrusích a Hořině na Vltavě, v Mělníku (lokality Vinařství), Křešicích, Roudnici, Ústí nad Labem-Střekově a částečně v Děčíně na Labi.

2) Tam, kde stabilní hráze či zdi nejsou přijatelné, zejména v památkově chráněných územích, jsou navrženy mobilní zábrany, které jsou instalovány až při příchodu povodně. Ochrana pomocí mobilních PPO ve větším rozsahu je však provozně náročná a vyžaduje čas a kapacity na jejich včasné postavení. Příchod povodně však může být rychlejší, než je doba potřebná pro dovoz a instalaci mobilních prvků. Proto došlo k zaplavení Bechyně, kde voda říčky Smutná přišla rychleji, než se stihla postavit mobilní zeď. Problémy byly i v Praze, kde je délka mobilních hrází enormní, a tak při povodni s rychlým nástupem došlo k situaci, kdy některé úseky byly stavěny až na poslední chvíli. Poslední úsek č. 72 Smíchov – železniční most – sever byl dokončen přibližně 66 hodin po vydání pokynu k výstavbě a 18 hodin po kulminaci Vltavy v Praze. Je nutné dodat, že nástup povodně v Praze může být ještě rychlejší. Hydrologové a vodohospodáři vždy upozorňovali na precedens povodně z roku 1872, která vznikla v dolní části povodí Berounky a do Prahy dorazila během cca 18 až 24 hodin, tedy příliš rychle na realizování výstavby mobilních hrází.

3) Při každé povodni se vyskytují i technické problémy na protipovodňových opatřeních, častým problémem je funkčnost zpětných klapek na kanalizaci (např. Praha-Zbraslav a Radotín), vyplavování materiálu z hrází nebo jejich podloží na pražské Kampě, netěsnosti (Dýšina a Nová Huť na Klabavě) nebo jiné technické závady (Roudnice nad Labem). Závady tohoto typu je třeba neprodleně odstranit.

4) V Praze komplex protipovodňových opatření jako celek splnil svůj účel, a území určená k ochraně nebyla zaplavena. Výjimku tvořily pouze lokální problémy způsobené především extrémními průtoky na přítocích Vltavy (Botič, Rokytka) či nesprávnou funkcí opatření na kanalizaci. Nejzávažnějším problémem byla situace při ústí Rokytky do Vltavy v oblasti Libeňských přístavů, kde dlouhotrvající povodňový přítok Rokytky přesahoval kapacitu čerpadel ( $20 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ) určených k přečerpávání Rokytky do Vltavy při uzavřených povodňových vratech. Hladina Rokytky v chráněném území tak vystoupala výše, nežli byl předpoklad pro technické řešení čerpací stanice.

5) Řada protipovodňových opatření zasažených povodní byla teprve ve fázi výstavby, s různou mírou rozestavenosti. Proto někde nemohla splnit svou plánovanou funkci (např. Český Krumlov, Planá nad Lužnicí, Zálezlice, levý břeh v Ústí nad Labem), jinde však částečně či zcela již svou ochranou funkci naplnila (např. Veselí nad Lužnicí, Králův Dvůr, Beroun, Mělník, Tezín, Děčín).



Obr. 4.16 Mobilní povodňové zábrany na Vltavě v Českých Budějovicích (foto Libor Sváček).



Obr. 4.17 Mobilní povodňové zábrany na Lužnici v Bechyni (Zdroj: VRV a. s.).



Obr. 4.18 Mobilní zábrany v Praze pod Karlovým mostem (foto Jan Kubát).



Obr. 4.19 Uzavřený výtok Čertovky v Praze (Zdroj: VRV a. s.).



Obr. 4.20 Praha Libeň - přečerpávání vody z Rokytky (Zdroj: VRV a. s.).



Obr. 4.21 Mobilní zábrany v Praze Holešovicích (Zdroj: VRV a. s.).

## 5. DOPADY POVODNÍ

### 5.1 Záchranné a zabezpečovací práce

V návaznosti na postup povodňové vlny a míru ohrožení byly v jednotlivých obcích a ORP vyhlášeny stupně povodňové aktivity (SPA), aktivizovány místní povodňové orgány a složky integrovaného záchranného systému a prováděna nezbytná opatření. Povodeň však poměrně rychle přerostla do krizové situace, při které byly ohroženy životy, zdraví a majetek, a řízení opatření postupně převzaly orgány krizového řízení. Stav nebezpečí podle krizového zákona vyhlásil 2. 6. 2013 v 09:45 primátor hl. města Prahy a večer ve 20:00 hejtmán Ji-

hočeského kraje. Ještě téhož dne večer ve 21:00 však vláda ČR vyhlásila nouzový stav pro 6 krajů (Jihočeský, Plzeňský, Středočeský, Královéhradecký, Ústecký a Liberecký) a území hl. města Prahy. Během vyhlášení krizového stavu zasedala Ústřední povodňová komise a Ústřední krizový štáb ČR společně a obdobně i krizové a povodňové orgány nižších stupňů.

Ústřední koordinaci záchranných a likvidačních prací převzalo MV – generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, zapojeny byly všechny složky integrovaného záchranného systému, sbory dobrovolných

Tab. 5.1 Vyhlášení a odvolání krizových stavů.

	Vyhlášení stavu nebezpečí		Vyhlášení nouzového stavu		Odvolání
	Den	Hodina	Den	Čas	Den (24:00)
Hl. město Praha	2. 6. 2013	09:45	2. 6. 2013	21:00	19. 6. 2013
Jihočeský	2. 6. 2013	20:00	2. 6. 2013	21:00	19. 6. 2013
Plzeňský			2. 6. 2013	21:00	19. 6. 2013
Středočeský			2. 6. 2013	21:00	28. 6. 2013
Královéhradecký			2. 6. 2013	21:00	28. 6. 2013
Ústecký			2. 6. 2013	21:00	28. 6. 2013
Liberecký			2. 6. 2013	21:00	12. 6. 2013



Obr. 5.1 Zásah hasičů v Praze-Chuchli (Zdroj: Městská část Praha-Velká Chuchle).

hasičů, Policie ČR i městská a obecní policie, Armáda ČR, Zdravotnická záchranná služba a další. Během povodní bylo nasazeno 19,5 tisíce hasičů, 10 tisíc policistů (bez obecní policie) a dva tisíce vojáků. Pro podporu řízení a provádění záchranných prací byly nasazeny vrtulníky Letecké služby Policie ČR a Armády ČR.

V průběhu červnových povodní byly provedeny evakuace více než 26 tisíc osob na území celkem 105 obcí v 7 krajích a v hlavním městě Praze. Z toho nejvíce osob bylo evakuováno ve Středočeském a Ústeckém kraji, v každém zhruba 12 tisíc osob. V Praze bylo evakuováno 1 280 osob. Přitom asi 20 tisíc osob bylo evakuováno řízeně za účasti hasičů nebo policistů, Mezi evakuovanými objekty byly i objekty určené k rekreaci nebo ke krátkodobému pobytu, jako např. kemp rockového festivalu v Plzni, autokemp v Karlštejně, škola v přírodě ve Svatém Jáně apod. Evakuována musela být i některá zařízení sociálních a zdravotních služeb, jako např. Domov pro seniory v Berouně, areál Domova sociálních služeb v Zásmukách, azylový dům v Litoměřicích, základna rychlé záchranné služby v Lovosicích či Nemocnice na Františku, která se nachází přímo na břehů Vltavy v Praze. Rovněž musela být evakuována některá zvířata v Pražské zoologické zahradě.

Bezprostředně zachráněno bylo 618 osob, které se v důsledku povodně ocitly v ohrožení života. V souvislosti s povodněmi bylo přijato 51 100 hovorů tísňového volání na linky 112 a 150.

Povodňové události s sebou nesou i negativní společenské jevy, jako je např. páchaní různých typů trestné činnosti. Jedná se především o rabování objektů v evakuovaném území, popř. krádeže. Při povodních v červnu 2013 zaznamenala Policie ČR ve dnech 3. až 17. června celkem 29 případů trestných činů, z toho 23krát rabování, jedenkrát fyzické napadení, jedenkrát porušení povinnosti při hrozivé tísni, 4krát krádež. Přitom naprostá většina uvedených trestných činů byla zaznamenána v Ústeckém kraji.

## 5.2 Škody a dopady

Při povodních v červnu 2013 nebo v přímé souvislosti s nimi bylo hlášeno celkem 16 úmrtí, z toho 12 osob utonulo a další 4 osoby zemřely v důsledku vzniklé situace. Platí však, že minimálně 5 úmrtí lze označit za zcela zbytečné, neboť se jednalo o případy neukázněných vodáků, kteří se pokoušeli o splutí rozvodněných toků.

Povodněmi bylo různou měrou dotčeno téměř 1 400 obcí v 10 krajích, včetně hl. města Prahy. Bylo zasaženo přes 6 700 objektů určených k bydlení (rodinné a bytové domy), z nichž 66 bylo následně určeno k demolicí. Nejvíce poškozených obytných objektů bylo ve Středočeském a Ústeckém kraji, zničené objekty, které bylo posléze nutné demolovat, se nacházely téměř výhradně v kraji Středočeském (viz. tab. 5.2). Významně byla poškozena nebo zničena veřejná infrastruktura obcí, komunikace a dopravní stavby.



Obr. 5.2 Zaplavená levobřežní komunikace v Ústí nad Labem (Zdroj: FOTO STUDIO H s. r. o.).

Tab. 5.2 Přehled poškozených (zničených) obytných objektů při povodních v červnu 2013.

	Bytové domy		Rodinné domy		Celkem
	poškozené	k demolici	poškozené	k demolici	
Jihočeský	50	0	547	1	598
Královehradecký	11	0	579	1	591
Liberecký	0	0	1	0	1
Plzeňský	7	0	176	0	183
Středočeský	284	3	2 377	58	2 722
Ústecký	360	0	1 663	1	2 024
Hlavní město Praha	145	0	451	2	598
<b>Celkem</b>	<b>857</b>	<b>3</b>	<b>5 794</b>	<b>63</b>	<b>6 717</b>

Jedním z významných dopadů povodní bývá narušení dopravy v důsledku různých dopravních uzávěr a výluk. Těch bylo za povodní v červnu 2013 registrováno celkem 92, z toho 84 na silnicích a 8 na železničních tratích. Při započtení krátkodobě zaplavených místních komunikací v obcích by celkový počet uzávěr byl pravděpodobně výrazně větší. Mezi nejvýznamnější dopravní omezení bezesporu patřilo omezení dopravy na obou březích Labe v úseku Lovosice – Ústí nad Labem – Děčín a uzavírky v Praze a jejím okolí (např. Strakonická ulice). Zde nebylo důvodem jen přímé zaplavení komunikací, ale také výstavba protipovodňových opatření. Významným způsobem došlo také k omezení pražské hromadné dopravy, zejména v důsledku přerušení provozu některých tramvajových linek, autobusových linek a uzavření některých stanic metra. Mimo provoz byla pochopitelně i lodní doprava.

Povodeň zasáhla nebo ohrozila 210 vodovodů zásobujících celkem 36,5 tisíce obyvatel, z toho v 87 vodo-

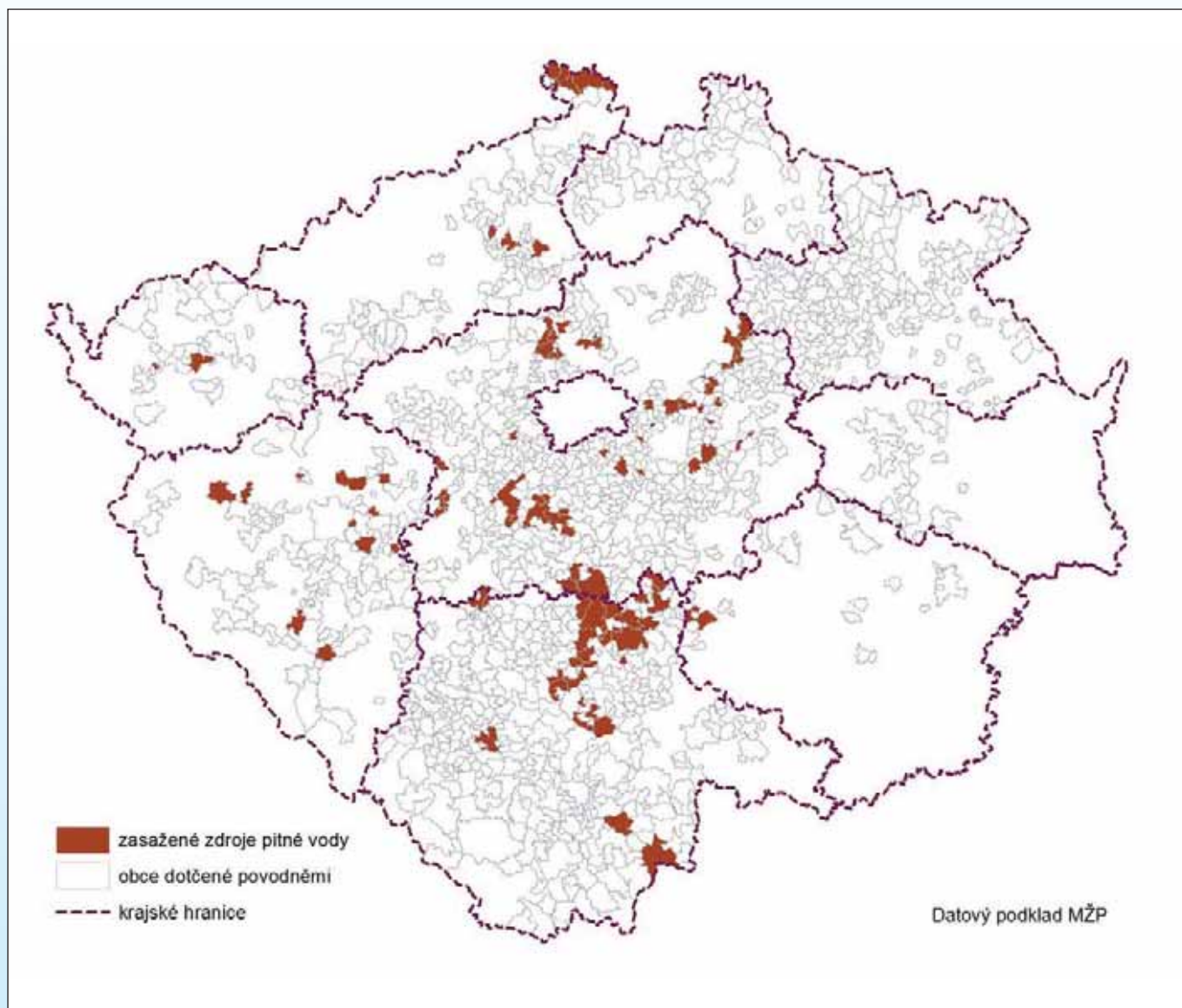
vodech bylo omezeno nebo zcela zakázáno používání vody k pitným účelům. Dále byly při povodních zaplaveny individuální studně i studně pro obecní vodovody. V povodňových zprávách (především ORP) bylo uvedeno zasažení zdrojů pitné vody v celkem 102 obcích postižených povodněmi (obr. 5.3). Naštěstí však nebyla zaznamenána žádná epidemie v důsledku znečištění pitné vody.

Celkové povodňové škody (náklady na obnovu území) byly vyčísleny na 15,4 mld. Kč. (viz. tab. 5.3). Z toho více než čtvrtina škod byla zaznamenána na území Středočeského kraje, významné škody byly také v hl. městě Praze, v Ústeckém a Jihočeském kraji.

Rozložení postižených obcí a jejich kategorizaci podle výše povodňových škod v červnu 2013 uvádí obr. 5.4, seznam nejvíce postižených obcí je v tab. 5.4. Kromě Prahy byl nejvíce postiženou obcí Terezín na soutoku Labe a Ohře (Obr. 5.5), kde škoda dosáhla téměř 1 mld. Kč. U dalších 9 obcí byla překročena škoda

Tab. 5.3 Celkový souhrn škod způsobených povodněmi v červnu 2013 (tis. Kč).

	Bydlení	Dopravní infrastruktura	Inženýrské stavby a sítě	Vodohosp. objekty a toky	Zemědělství, lesnictví a ŽP	Ostatní	Celkem
Jihočeský	62 162	788 849	126 819	413 504	543 861	77 452	2 012 647
Královehradecký	86 524	340 554	10 121	308 662	40 378	85 507	871 745
Liberecký	705	464 956	6 217	74 429	8 738	13 364	568 409
Plzeňský	5 017	148 231	12 993	58 598	26 975	27 041	278 855
Středočeský	583 932	1 722 949	269 062	660 696	245 099	609 782	4 091 519
Ústecký	562 627	668 400	251 714	665 157	255 652	1 119 558	3 523 108
Hl. město Praha	289 744	362 615	1 562 526	265 150	70 022	1 291 427	3 841 484
Karlovarský							20 128
Pardubický							161 000
Vysočina							17 144
<b>Celkem</b>	<b>1 590 711</b>	<b>4 496 554</b>	<b>2 239 452</b>	<b>2 446 195</b>	<b>1 190 725</b>	<b>2 405 179</b>	<b>15 386 555</b>



Obr. 5.3 Lokalizace zasažených zdrojů pitné vody uvedených v povodňových zprávách.

Tab. 5.4 Přehled obcí nejvíce postižených povodněmi v červnu 2013.

Obec	Obec s rozšířenou působností	Kraj	Celkem (tis. Kč)
Praha	Praha	Praha	3 841 484
Terezín	Litoměřice	Ústecký	921 597
Kly	Mělník	Středočeský	265 900
Hořín	Mělník	Středočeský	243 360
Křešice	Litoměřice	Ústecký	231 553
Ústí nad Labem	Ústí nad Labem	Ústecký	182 898
Litoměřice	Litoměřice	Ústecký	151 756
Žatec	Žatec	Ústecký	140 030
Křižany	Liberec	Liberecký	113 820
Dobřichovice	Černošice	Středočeský	105 500
Klecany	Brandýs nad Labem – Stará Boleslav	Středočeský	104 717



100 mil. Kč (4 obce v kraji Ústeckém, 4 ve Středočeském a jedna obec v Libereckém kraji). Většina dalších obcí, které vykázaly při vyhodnocení škody, utrpěla relativně menší škody v řádu jednotek milionů Kč nebo méně.

Největší škody byly zaznamenány na dopravní infrastrukturu, v celkovém součtu 4,5 mld. Kč, což představuje téměř 30 % všech škod. Celkem bylo poškozeno přes 4,5 tisíce km pozemních komunikací a 720 mostů. Druhým nejvíce postiženým odvětvím bylo vodní hospodářství, kde byly škody odhadnuty na téměř 2,5 mld. Kč (16,1 %). Poškozeno bylo více než jeden tisíc km vodních toků a více než 350 vodních nádrží a rybníků. Do vodních toků a vodních děl bylo přineseno přes 500 tis. m<sup>3</sup> nánosů, které bude třeba odstranit.

Na 2,2 mld. Kč byly odhadnuty škody na inženýrských stavbách a sítích, a to především v Praze. Z komunální infrastruktury přitom byla nejvíce poškozena kanalizace (celkem více než dva tisíce km). Poškození bylo hlášeno u celkem 187 čistíren odpadních vod (ČOV) a proces čištění odpadních vod byl povodněmi ovlivněn celkem na 233 ČOV, z toho bylo 29 velkých čistíren s provozovaným zatížením nad 10 000 ekvivalentních obyvatel. Provozovatelé ČOV již byli poučeni z průběhu předešlých povodní a veškeré chemikálie byly v dostatečném předstihu zajištěny a řádně zabezpečeny. K únikům aktivovaného kalu dle dostupných informací nedošlo.

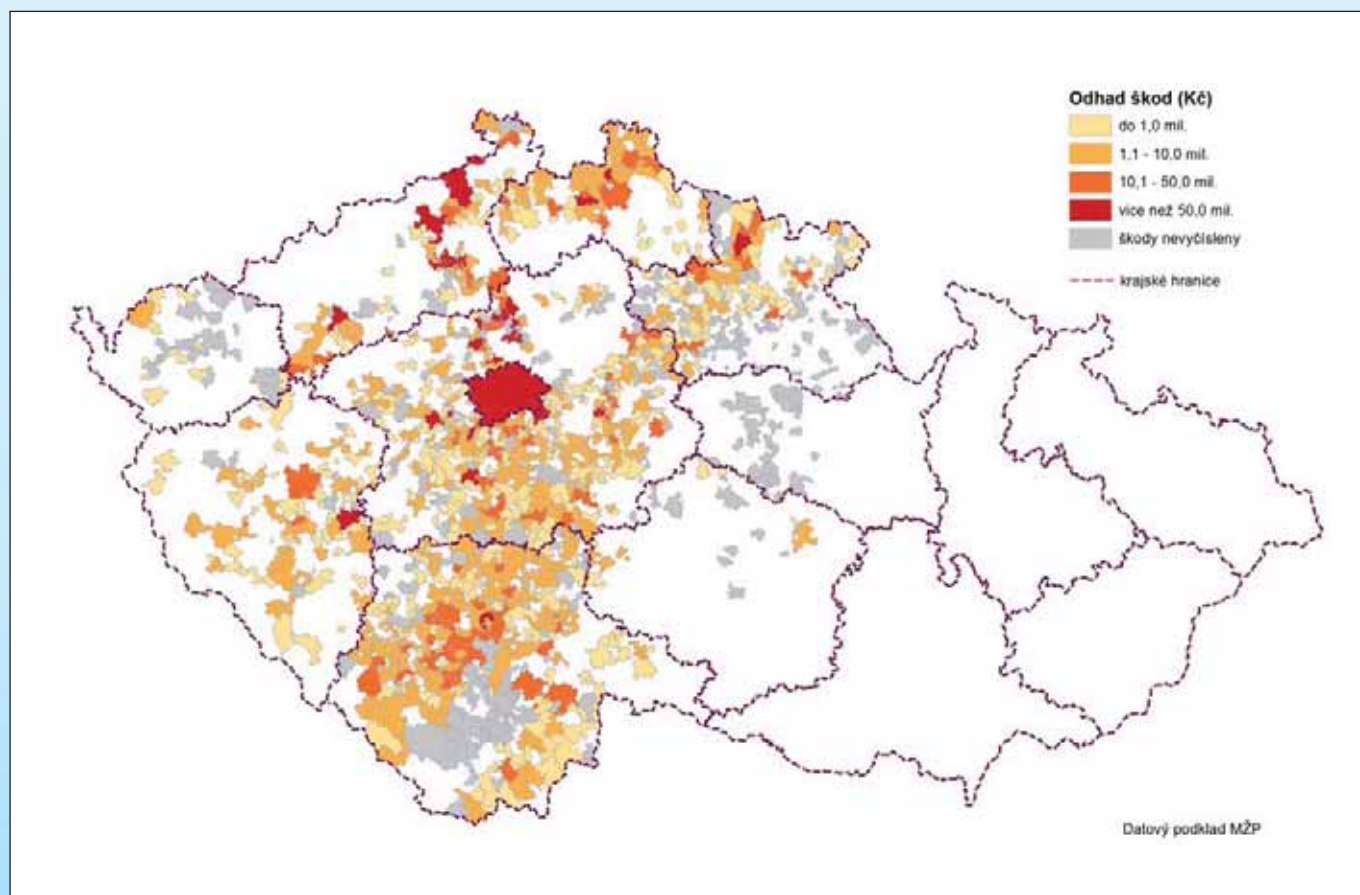
Povodní byly dotčeny některé významné průmyslové podniky, a to včetně chemiček Spolana, a. s., Lovochemie, a. s. a Spolek pro chemickou a hutní výrobu, a. s. V těchto lokalitách však nebyly registrovány úniky chemických látek.

V oblasti školství, zdravotní a sociální péče bylo poškozeno celkem více než 180 objektů škol a školských zařízení, 22 zdravotnických zařízení a 29 ústavů sociální péče. Byly poškozeny také desítky kulturních památek.

Dle České asociace pojišťoven (ČAP) bylo po povodních v červnu 2013 nahlášeno v rámci pojištění obyvatel 38 227 pojistných událostí, s odhadem výše pojistného plnění přes 2 mld. Kč. V rámci podnikatelského pojištění a pojištění plodin a zvířat to bylo celkem 6 191 pojistných událostí, s odhadem plnění téměř 5,4 mld. Kč.

Náklady na řešení vlastní krizové situace nelze zcela vyčíslit, nicméně Hasičskému záchrannému sboru ČR během povodní a při likvidaci jejich následků narostly náklady o 70,6 mil. Kč, Policie ČR vyčíslila svoje náklady na řešení povodňové situace na 1,3 mil. Kč.

Došlo i ke spotřebě materiálu Správy státních hmotných rezerv (SSHR) a z centrálních zásob HZS ČR. HZS ČR následně uplatnil požadavek na doplnění spotřebovaného materiálu a zásob ve výši 56,4 mil. Kč, SSHR pak ve výši 39,8 mil. Kč.



Obr. 5.4 Obce postižené povodněmi v červnu 2013 a odhad škod na jejich území.



Obr. 5.5 Zaplavené město Terežín 5. 6. 2013 (Zdroj: Povodí Ohře, s. p.).

### 5.3 Sesuvy půdy

Jako důsledek extrémních srážek a povodní bylo dokumentováno rovněž velké množství sesuvů a svahových nestabilit. Pracovníci České geologické služby identifikovali a vyhodnotili po povodni celkem 124 svahových nestabilit, nejvíce v Královéhradeckém, Středočeském a Ústeckém kraji. Svahových nestabilit III. kategorie (vysoké riziko) bylo vyhodnoceno 19, nejvíce v Ústeckém a Středočeském kraji. Jednoznačně nejvýznamnějším zaznamenaným svahovým pohybem byl rozsáhlý proudový sesuv u obce Dobkovičky v Ústeckém kraji, který narušil stavbu dálnice D8 v této lokalitě.

K sesuvu došlo v nočních hodinách ze čtvrtka 6. na pátek 7. června 2013, kdy se na jihovýchodním svahu kopce Kubačka vytvořil proudový sesuv o prů-

měrné šířce cca 200 m a délce po svahu cca 500 m. Podle studia archivních dat je zřejmé, že sesuv kopíruje již starší vymapovanou svahovou deformaci, která má podobné rozměry jako nově vzniklý sesuv, jen je pozičně situována cca 200 m níže po svahu. Odlučná stěna byla lokalizována v oblasti lomu Dobkovičky. První orientační odhad objemu sesutých hmot dosahoval 500 tis. m<sup>3</sup>. Celkový kumulativní horizontální posun v ose sesuvu dosáhl přibližně 50 m. Rychlost pohybu sesuvu byla 8. června až jeden metr za hodinu, v dalších dnech se pohyb sesuvu zpomaloval a 11. června k 15:00 se prakticky zastavil. Přesto byl sesuv aktivní ještě v průběhu podzimních měsíců roku 2013. Sesuvem byla porušena železniční trať Lovosice – Teplice v délce 200 m mezi stanicemi Dobkovičky a Radejčín. Došlo k porušení stavby dálnice D8 v obou jízdních pruzích v délce cca 200 m.



Obr. 5.6 Letecký pohled na sesuv Dobkovičky dne 11. června 2013 (Zdroj: ČGS).



Obr. 5.7 Akumulace sesuvu na dálničním tělese D8 (Zdroj: ČGS).

## 6. POROVNÁNÍ ČERVNOVÉ POVODNĚ 2013 S HISTORICKÝMI POVODNĚMI

Úvodem této kapitoly je potřebné si připomenout asi největší hydrologický paradox na území ČR z pohledu geografie, kdy „hlavní“ tok Labe má plochu povodí a průměrný průtok nad soutokem se svým největším českým přítokem, Vltavou, zhruba poloviční. Tento fakt je sice dán kulturně-historicky, ale již naši předci si jej uvědomovali, a nazývali horní tok Labe nad soutokem s Vltavou jako „Malé Labe“ (Augustin 1891).

Je proto zcela logické, že extrémní povodně na Labi pod soutokem s Vltavou jsou prakticky vždy způsobeny extrémním rozvodněním Vltavy, přičemž vliv přítoku z horního Labe a Ohře nebývá tak významný. To platí i v případě hodnocené povodně z června 2013. Ačkoliv informace z kronikářských záznamů o povodních v Praze sahají zpět až k povodni z léta roku 1118 a víme o řadě dalších extrémních povodňových událostí, které Prahu a celé Čechy postihly (např. roky 1432, 1501, 1784 aj.), tato kapitola je zaměřena na porovnání příčin, průběhu a extremity povodně z června 2013 s povodněmi v srpnu 2002 a v září 1890, které se rovněž zformovaly v povodí Vltavy a pro něž existují dostatečné hydrometeorologické podklady.

### 6.1 Hydrometeorologické srovnání povodní v červnu 2013, v srpnu 2002 a v září 1890

Od roku 1827, kdy v Praze na Vltavě započalo systematické pozorování vodních stavů, se povodeň z června 2013 jako povodeň letního typu řadí vzhledem k velikosti kulminačního průtoku na čtvrté místo. Vedle již zmíněných povodní v srpnu 2002 a září 1890 byla významnější ještě povodeň z května 1872 (kulminace  $3\,330\text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ ), která však byla v porovnání s povodněmi v září 1890 a srpnu 2002 povahou příčinných srážek a průběhem naprosto odlišná. Kulminační průtok povodně byl původně odvozen z výšky maximální hladiny před Karlovým mostem. Nové poznatky však ukazují, že podle výšek povodňových značek v jiných místech Prahy, v porovnání s jinými povodněmi, by kulminační průtok odpovídal spíše průtoku mezi  $2\,500$  až  $2\,700\text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$  (Daňhelka, Elleder a kol. 2012). Hladina před Karlovým mostem byla totiž vzdutá nahromaděným splávim, a odhad velikosti kulminačního průtoku je proto nejspíše nadhodnocen. V takovém případě by povodeň v červnu 2013 zaujala třetí pozici mezi letními povodněmi.

Pokud bychom do výčtu zahrnuli i povodně zimního typu, potom prokazatelně většího kulminačního průtoku dosáhly povodně v březnu 1845 a únoru 1862 (Brázdil a kol. 2005). Hodnota kulminačního průtoku povodně z března 1940, který svojí velikostí  $3\,240\text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$  rovněž překonává kulminaci povodně z června 2013, je rovněž zatížena velkou nejistotou, a to v důsledku vzdutí hladiny ledem (Kakos, Kulasová 1990). Skutečný průtok byl dle autorů článku spíše cca o  $500\text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$  menší.

O povodni z května 1872 se zmíníme jen krátce. Je známo, že byla způsobena mimořádně extrémními

přívalovými srážkami neobvykle velkého plošného rozsahu, které zasáhly povodí přítoků Berounky mezi Plzní a Prahou, zejména Střely a Litavky. Vzhledem k povaze příčinných srážek byl průběh povodně velmi rychlý. V Berouně na Berounce se jednalo o největší povodeň minimálně od počátku 19. století. Tento extrémní přítok vody z Berounky, doprovázený nesmírným množstvím splaveného materiálu, vyvolal v Praze na Vltavě zhruba 50letý průtok. Z hlediska příčin a průběhu této povodně však šlo o událost, jejíž pravděpodobnost výskytu nelze spolehlivě stanovit. Povodeň způsobila ztrátu stovek lidských životů a obrovské škody na majetku (Daňhelka, Elleder a kol. 2012). Na druhé straně byla jedním z faktorů, který ovlivnil rozhodnutí o zřízení Hydrografické komise Království českého v roce 1875, což vyústilo ve velký rozvoj sítě srážkoměrných stanic a vodoměrných profilů.

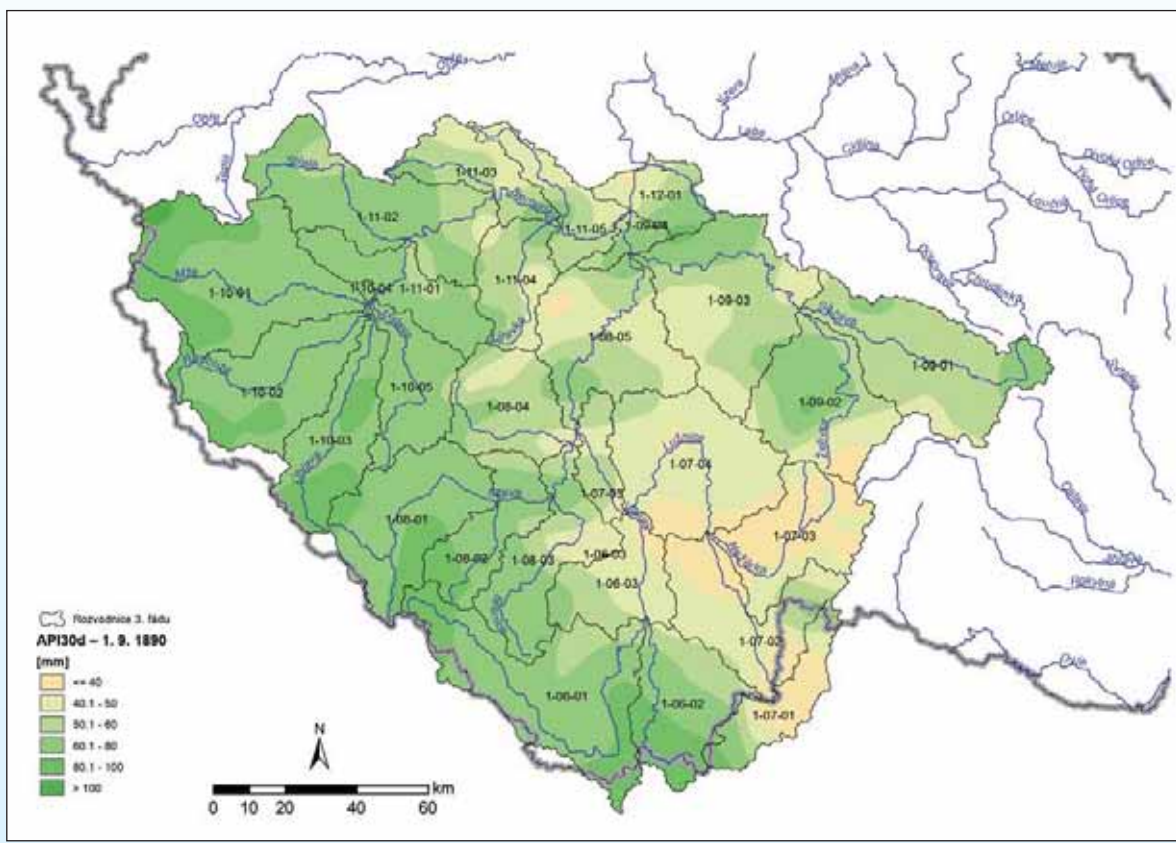
Bez zajímavosti není ani fakt, že povodeň roku 1872 je hydrology a vodohospodáři často zmiňována jako určité memento směrem k protipovodňové ochraně Prahy, zejména s ohledem na její velice rychlý nástup, 18–24 hodin.

Velkou povodní na Vltavě ve 20. století byla rovněž povodeň v červenci 1954. Tato událost je známá zejména tím, že průběh povodně v Praze velmi významně ovlivnila v té době téměř dokončená, avšak dosud ne zcela naplněná vodní nádrž Slapy. To se projevilo ve zmenšení kulminačního průtoku v Praze na hodnotu  $2\,260\text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$  (při odhadovaném neovlivněném průtoku  $2\,920\text{ m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ ), viz (Bratránek 1956). Ve stejné publikaci je uvedeno, že pro transformaci povodně byl ve VD Slapy využit prostor o objemu 90 mil.  $\text{m}^3$  (celkový objem slapské nádrže je 269,3 mil.  $\text{m}^3$ ). Pro srovnání: volný prostor v nádržích Vltavské kaskády, který byl k dispozici před příchodem povodně 2013, dosahoval celkem 180 mil.  $\text{m}^3$ , z toho 121,5 mil.  $\text{m}^3$  ve VD Orlík. Zajímavostí je rovněž uváděná skutečnost o rychlém průběhu povodně v důsledku výskytu srážek v podpovodí blízkém Slapům (Bratránek, 1956), což je určitou analogií k povodni 2013, kdy došlo rovněž k extrémnímu rozvodnění přítoků Vltavy ve středních Čechách.

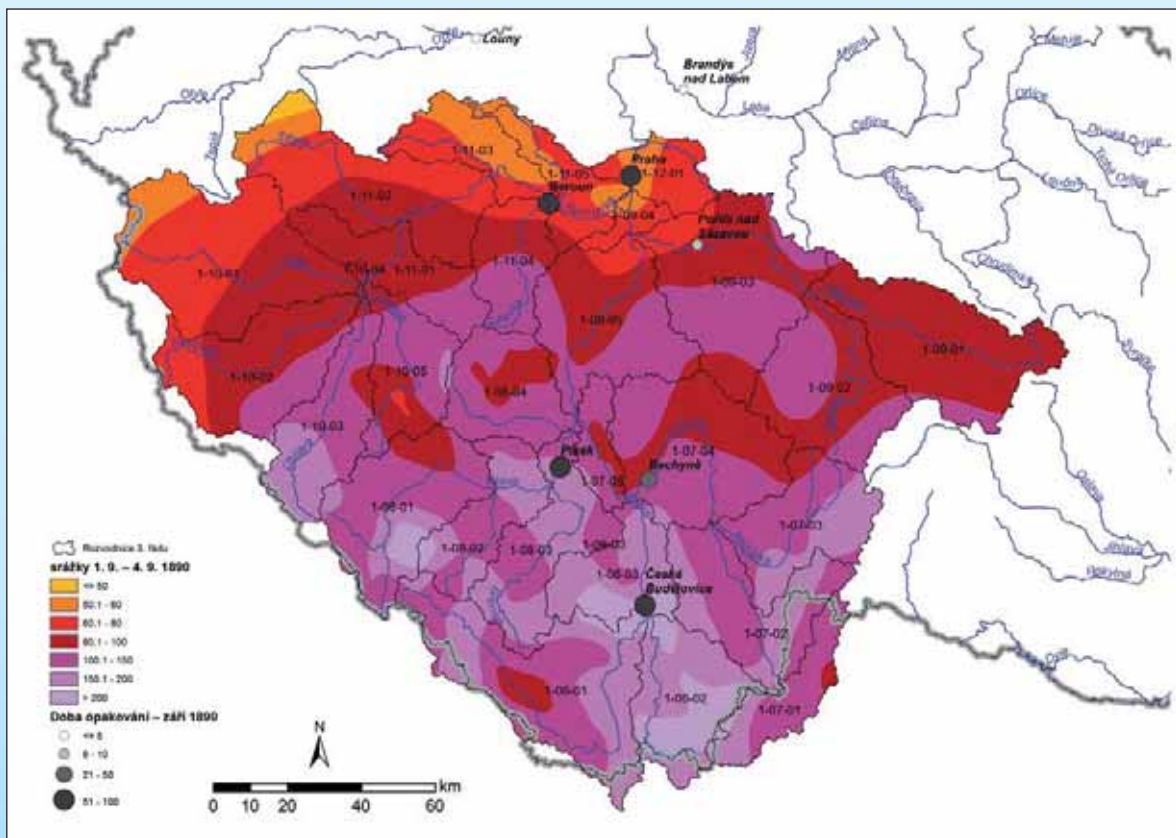
### Předchozí nasycení a příčinné srážky

Plošné rozložení ukazatele předchozích srážek za 30 dnů ( $API_{30d}$ ), který svým významem vyjadřuje stav nasycení půdy před vypadnutím příčinných srážek, je pro události z června 2013, srpna 2002 a září 1890 zobrazeno na obr. 6.1, 6.3 a 6.5. Společným faktorem pro všechny události je silné předchozí nasycení, které výrazně ovlivnilo velikost následné odtokové odezvy a v případě události ze srpna 2002 bylo vlivem první vlny povodní v jižních Čechách ještě zvýrazněno.

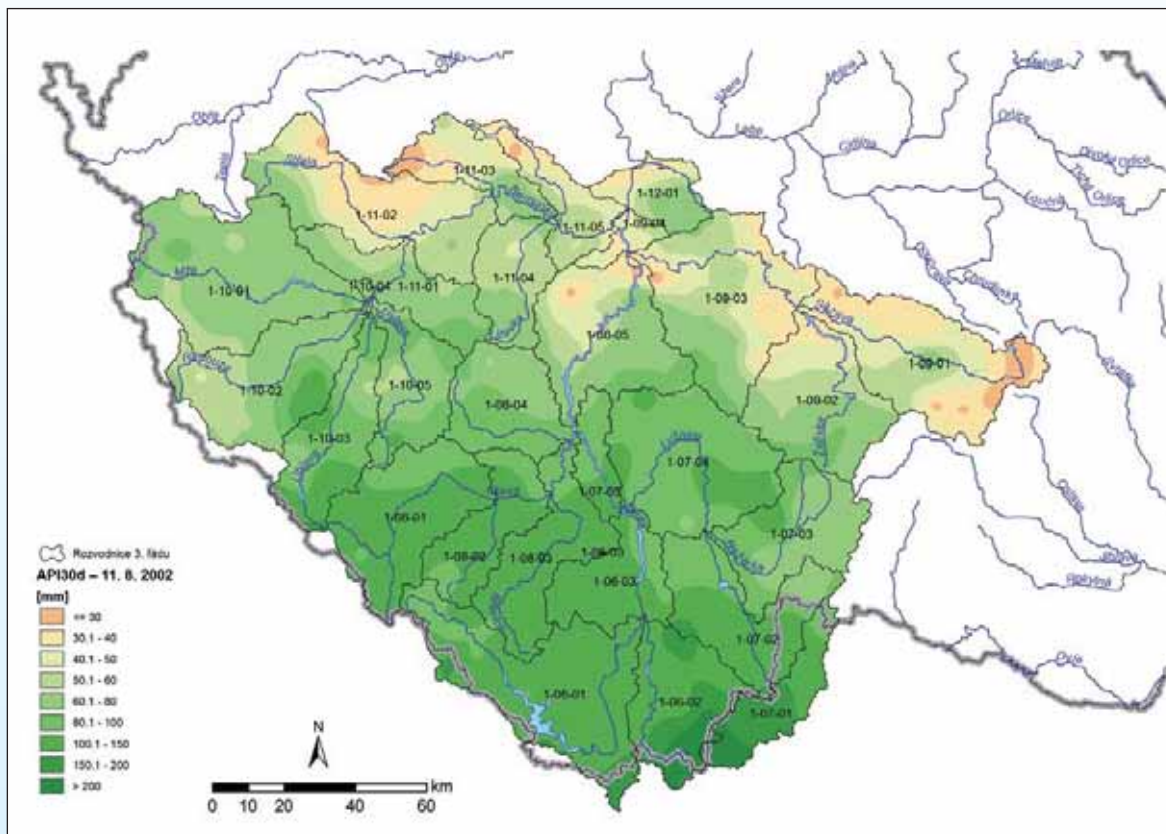
Z map plošného rozložení srážek na obr. 6.2, 6.4 a 6.6 je zřejmé, že v červnu 2013 byl charakter příčinných srážek odlišný. Zatímco v září 1890 a v srpnu 2002 převažovaly regionálně rozsáhlé srážky stratiformního



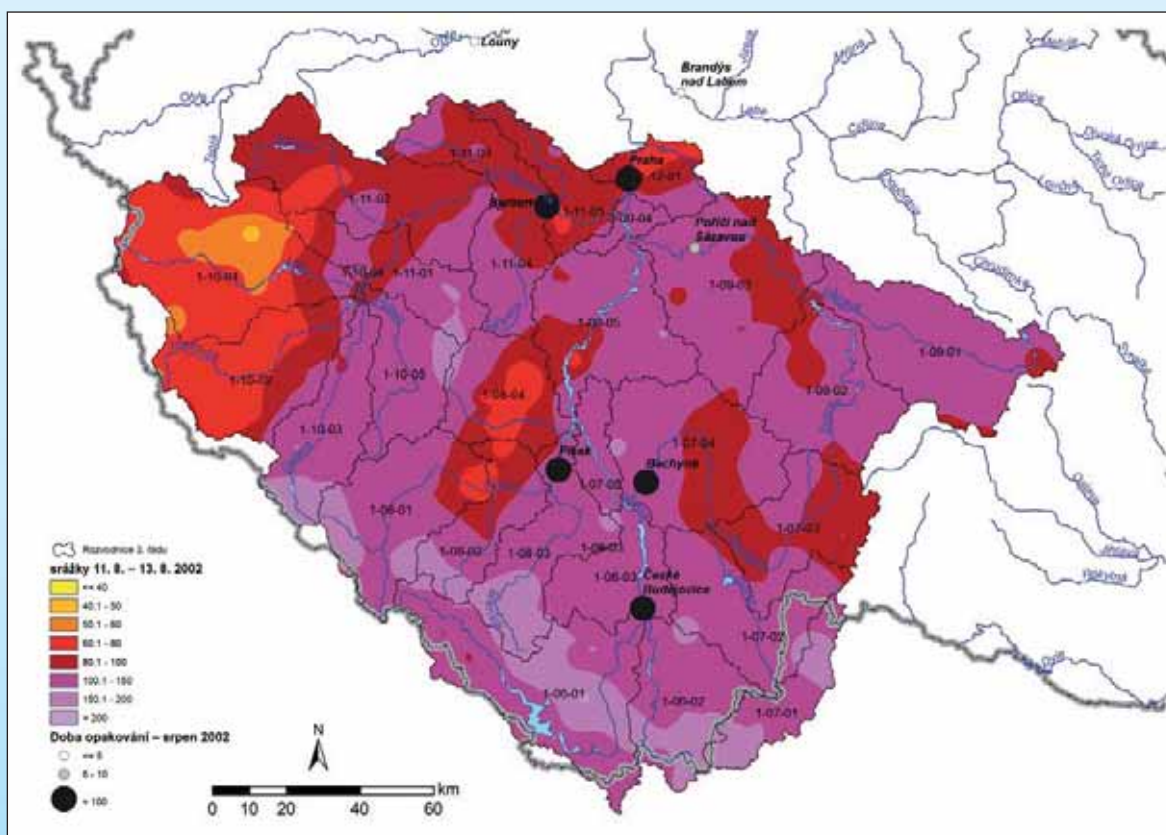
Obr. 6.1 Plošné rozložení ukazatele předchozích srážek  $API_{30d}$  k 1. 9. 1890.



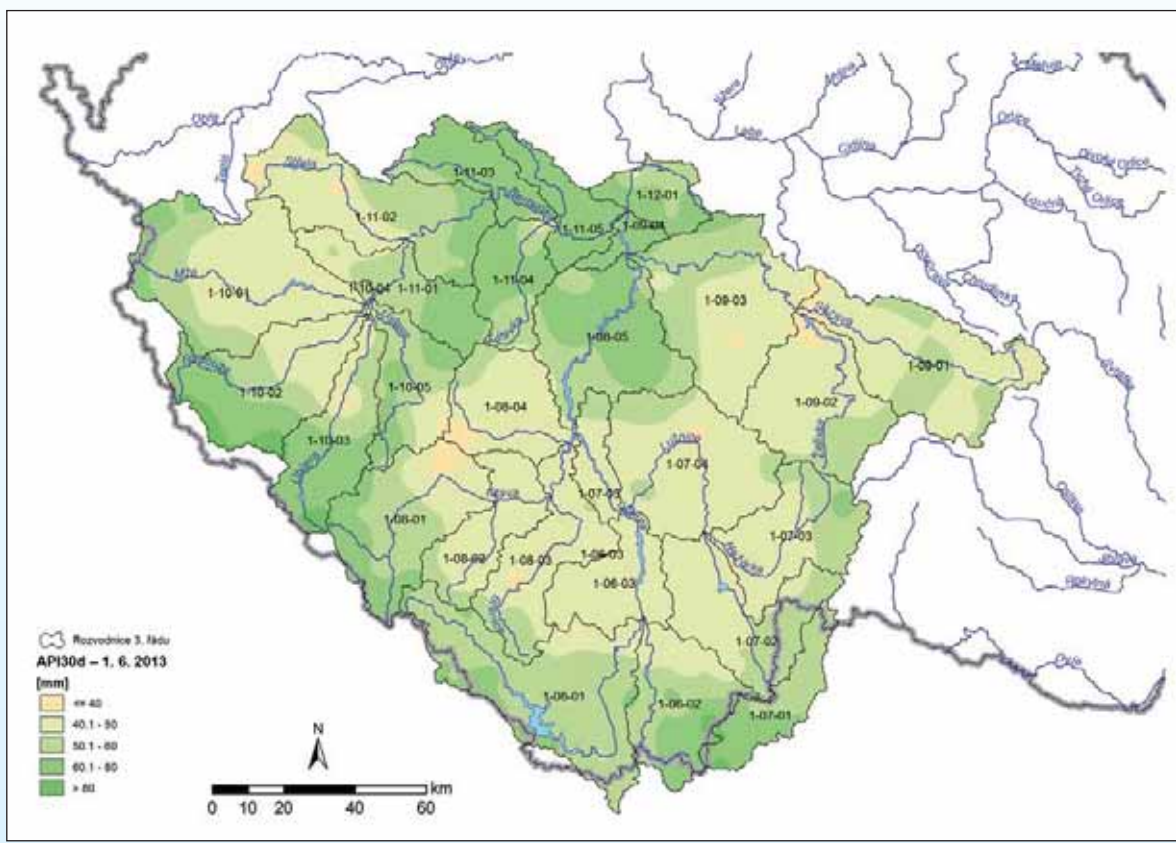
Obr. 6.2 Plošné rozložení srážkových úhrnů za období 1. 9. až 4. 9. 1890 a doba opakování kulminačních průtoků povodně ve vybraných profilech.



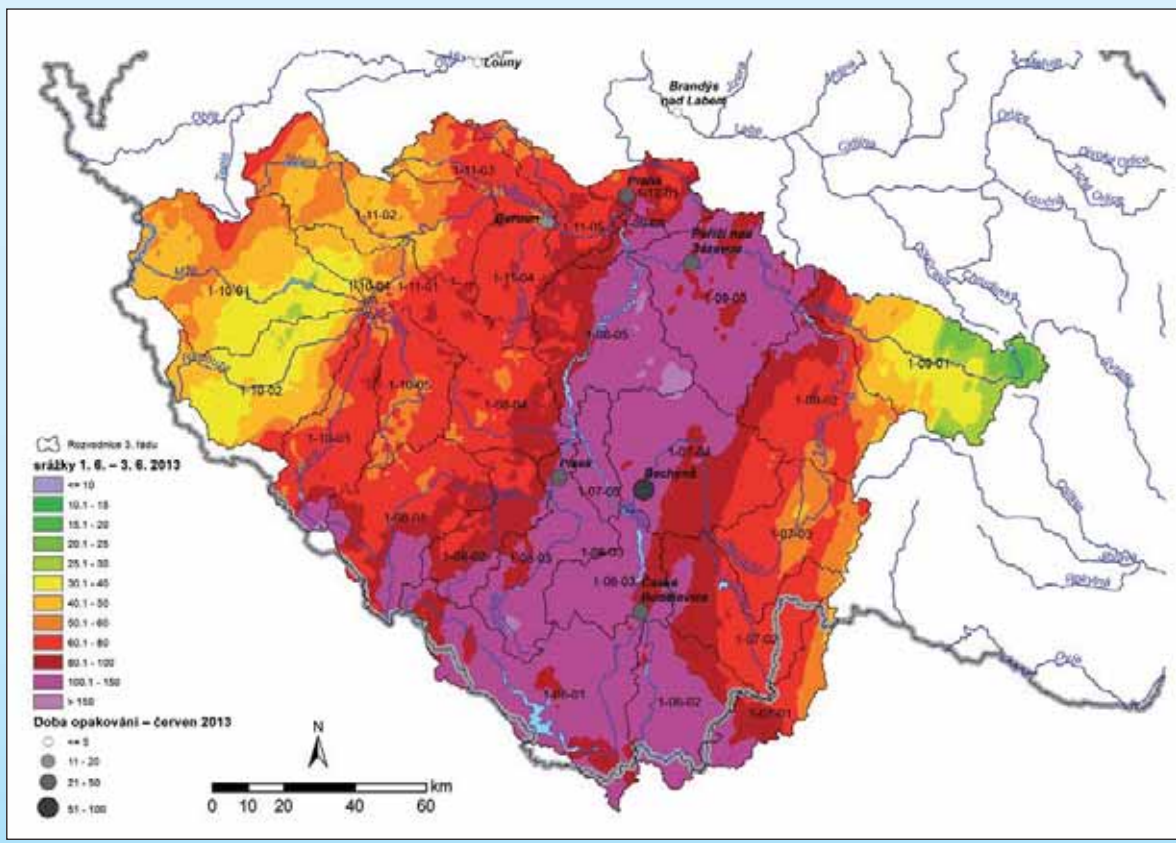
Obr. 6.3 Plošné rozložení ukazatele předchozích srážek  $API_{30d}$  k 11. 8. 2002.



Obr. 6.4 Plošné rozložení srážkových úhrnů za období 11. 8. až 13. 8. 2002 a doba opakování kulminačních průtoků povodně ve vybraných profilech.



Obr. 6.5 Plošné rozložení ukazatele předchozích srážek  $API_{30d}$  k 1. 6. 2013.



Obr. 6.6 Plošné rozložení srážkových úhrnů za období 1. 6. až 3. 6. 2013 a doba opakování kulminačních průtoků povodně ve vybraných profilech.

typu, zesílené vlivem návětrí Šumavy a Novohradských hor, v červnu 2013 se výrazně uplatnil vliv konvekce na zřetelné linii, kdy srážky byly místně i velmi intenzivní a způsobily silné až extrémní rozvodnění i menších vodních toků a poté i rychlejší odtokovou odezvu na některých větších tocích.

Z meteorologického hlediska byla synoptická situace v případě povodní v září 1890 a srpnu 2002 velmi podobná, a to v podstatě typu Vb (viz box „Jaké povětrnostní situace mohou způsobit povodně v ČR?“ v kap. 1), zatímco v červnu 2013 se od předešlých lišila tím, že došlo k vytvoření výrazné linie konvergence, na které vypadávaly konvekční srážky.

### Odtoková odezva

V tab. 6.1 jsou uvedeny doby opakování kulminačních průtoků v devíti vodoměrných profilech páteřních vodních toků. Tyto profily a doby opakování jsou rovněž symbolicky znázorněny v mapách na obr. 6.2, 6.4 a 6.6.

Jak vyplývá z tabulky 6.1, kulminační průtoky povodně z června 2013 byly oproti zbylým povodním významnější na Labi nad soutokem s Vltavou, na Sázavě v Poříčí nad Sázavou, resp. Nespekách, a na Ohři v Lounech. Vzhledem k povaze příčných srážek červnové povodně byly podstatně více rozvodněny menší vodní toky v oblasti středních Čech, zejména pravostranné přítoky střední a dolní Vltavy (Mastník, Brzina, Botič), přítoky dolní Lužnice či vlašimská Blanice.

Je důležité zmínit, že v roce 1890 samozřejmě neexistovaly nádrže Vltavské kaskády, které ovlivnily průběh povodní v letech 2002 a 2013. Všechny tři povodně však svojí extremitou kulminačních průtoků na Vltavě překonaly dobu opakování 20 let, což je hranice, nad kterou již transformační účinek nádrží Vltavské kaskády na dolní Vltavě a Labi klesá (Peláková, Kašpárek, Krejčí 2012).

Na obr. 6.7 až 6.11 je v pěti profilech porovnán tvar povodňových vln (pro rok 1890 se jedná o přibližnou rekonstrukci), a to vzhledem k počátku jejich výraznějšího stoupání. Z grafů je zjevná odlišnost tvaru povodňové

vlny z června 2013 vůči tvaru povodní v srpnu 2002 a září 1890, což je primárně způsobeno odlišným trváním, rozložením a intenzitou srážek u jednotlivých povodňových epizod. Na Vltavě v Praze se u povodní ze srpna 2002 a zejména června 2013 navíc projevuje transformační účinek nádrží Vltavské kaskády (obr. 6.11).

V porovnání s povodněmi v srpnu 2002 a v září 1890 byla povodeň v červnu 2013 co do extremity méně významná, ale její nástup byl v důsledku odlišných příčných srážek v mnohých profilech rychlejší. To však již tolik neplatí pro některé profily na větších tocích, kde naopak byly přítoky z menších vodotečí transformovány, a průběh vlny byl pozvolnější, např. na Otavě v Písku (obr. 6.8) nebo na Berounce v Berouně (obr. 6.10). Na Sázavě (obr. 6.9) se v průběhu povodně z června 2013 projevila vliv extrémního přítoku z dolní části povodí, zejména vlašimské Blanice, zatímco v letech 2002 a 1890 bylo srážkami zasažené celé povodí Sázavy, a nástup povodně byl proto pozvolnější.

Naprostě specifický je způsob formování povodní v povodí Lužnice. Na středním toku Lužnice působí velmi výrazně transformační účinek Třeboňské pánve a rybníční soustavy, kdežto údolí dolního toku je výrazněji zaříznuto a možnosti transformace jsou zde minimální. Povodně na Lužnici tak často mívají dva vrcholy, kdy první představuje přítok z toků odvodňujících Středočeskou pahorkatinu v dolní části povodí, druhý vrchol pak přichází se zpožděním z horní části povodí. V profilu Bechyně na Lužnici (obr. 6.7) se rozdílný charakter srážek a jejich prostorového rozložení mezi porovnávanými povodněmi projevila nejvýrazněji – existencí pouze jednoho vrcholu povodně 2013 z dolní části povodí.

Velikost a čas kulminace povodně roku 1890 na Lužnici (viz obr. 6.8), pak byla ovlivněna protržením hráze rybníka Svět (Augustin 1891). V tab. 6.2 jsou uvedeny časové rozdíly v hodinách mezi výskytem kulminace povodně na Vltavě v Praze a profilech na hlavních přítocích Vltavy a Labe.

Objektivní posouzení postupových dob u jednotlivých povodní je poměrně obtížné, protože zatímco v roce 1890 neexistovala prakticky žádná významnější proti-

Tab. 6.1 Porovnání extremity (doby opakování v letech) kulminačních průtoků.

Tok (Profil)	červen 2013	srpen 2002	září 1890
Labe (Brandýs nad Labem)	5	< 2	< 2
Vltava (České Budějovice)	20–50	500	50–100
Lužnice (Bechyně)	100	200–500	50
Otava (Písek)	20–50	200–500	50–100
Sázava (Poříčí nad Sázavou)	20–50	5–10	5–10
Berounka (Beroun)	20	200	100
Vltava (Praha)	20–50	200–500	100
Ohře (Louny)	< 2	<< 2	<< 2
Labe (Děčín)	20–50	100	50–100

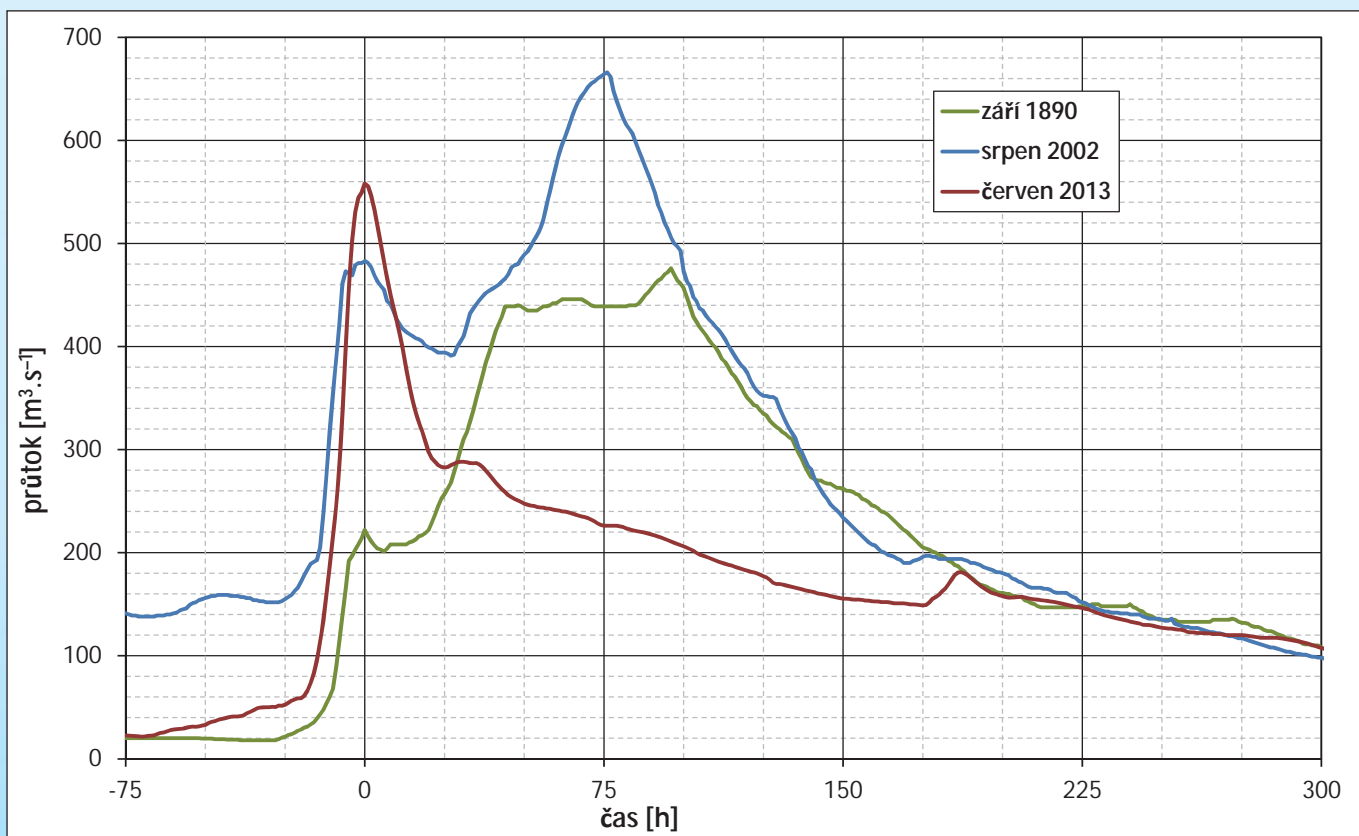
Tab. 6.2 Porovnání relativního času výskytu kulminací v hodinách v jednotlivých profilech vůči kulminaci povodně na Vltavě v Praze.

Tok (Profil)	červen 2013	srpen 2002	září 1890
Labe (Brandýs nad Labem)	8	24	60
Vltava (České Budějovice)	-35	-21	-28
Lužnice (Bechyně)	-38	21	50 (26)
Otava (Písek)	-14	-24	-14
Sázava (Poříčí nad Sázavou)	-23,5	22	10
Berounka (Beroun)	-6,5	-12	-14
Vltava (Praha)	0	0	0
Ohře (Louny)	13,5	-4	20
Labe (Děčín)	44,5	56	40 až 43

povodňová opatření, na průběh povodně v roce 2002 měly významný vliv nádrže Vltavské kaskády a nádrž Nechanice na Ohři a na průběh povodně v roce 2013, kromě zmíněných nádrží, působila další protipovodňová opatření, zejména mobilní a pevné hráze podél dolního úseku Vltavy, na soutoku Vltavy s Labem a na dolním toku Labe pod Mělníkem.

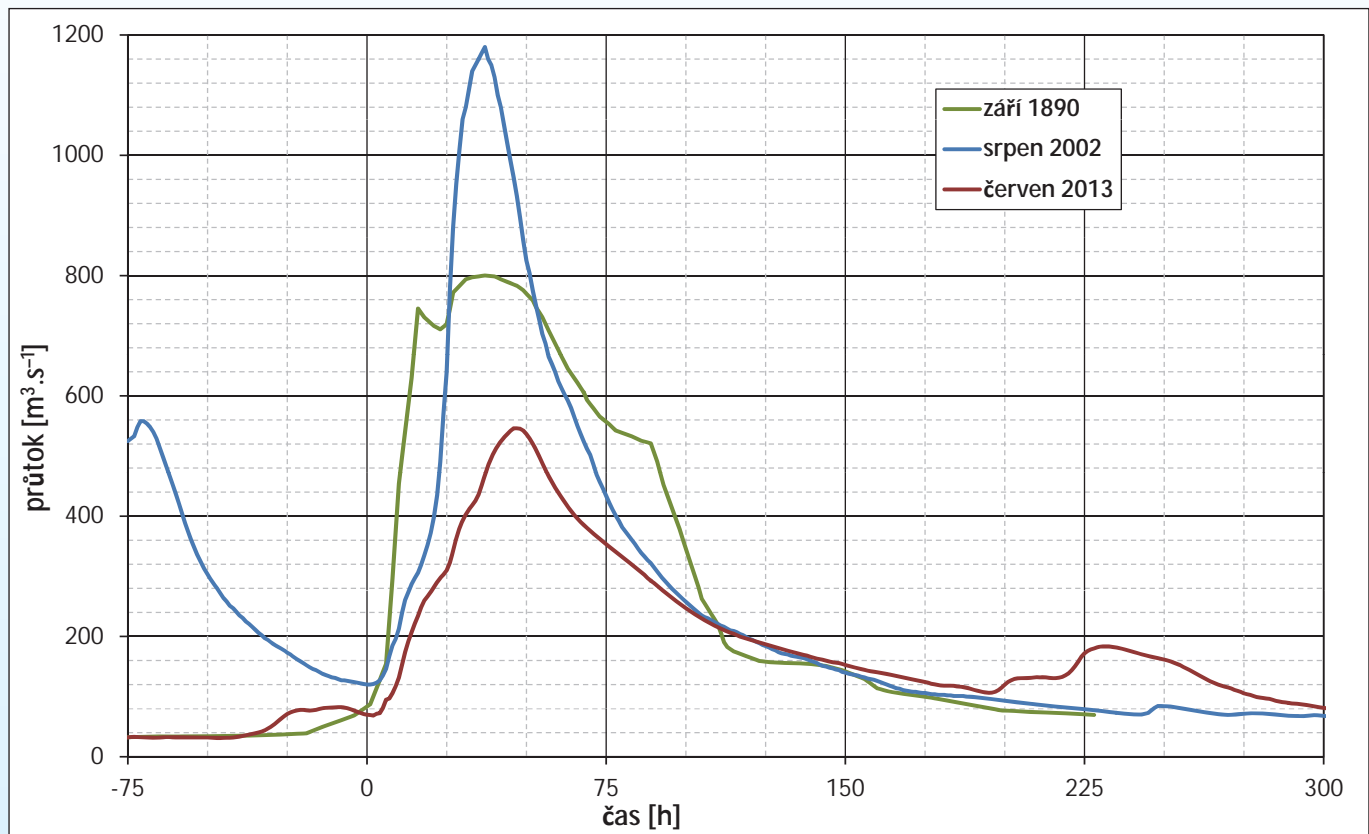
Postupová doba vlny mezi Prahou a Děčínem byla za povodně roku 2002 o 12–16 hodin delší oproti povodním v září 1890 a v červnu 2013. Vliv protipovodňových opatření (ohrázování) na rychlost postupu povodně

v červnu 2013 nelze posoudit, protože nejsou k dispozici odpovídající výsledky ze simulačních matematických modelů, ze kterých by bylo možné tento vliv určit. Je však zjevné, že v červnu 2013 došlo oproti roku 2002 k odlišné skladbě povodňových vln na soutocích. Větší podíl přítoku z horního Labe i z Ohře oproti přítoku z Vltavy a celkově menší rozlivy do inundací na soutocích Labe s Vltavou a Ohří i podél toku dolního Labe patrně způsobily rychlejší postup povodňové vlny, a v porovnání s rokem 2002 nedošlo k tak významné transformaci povodňových průtoků.

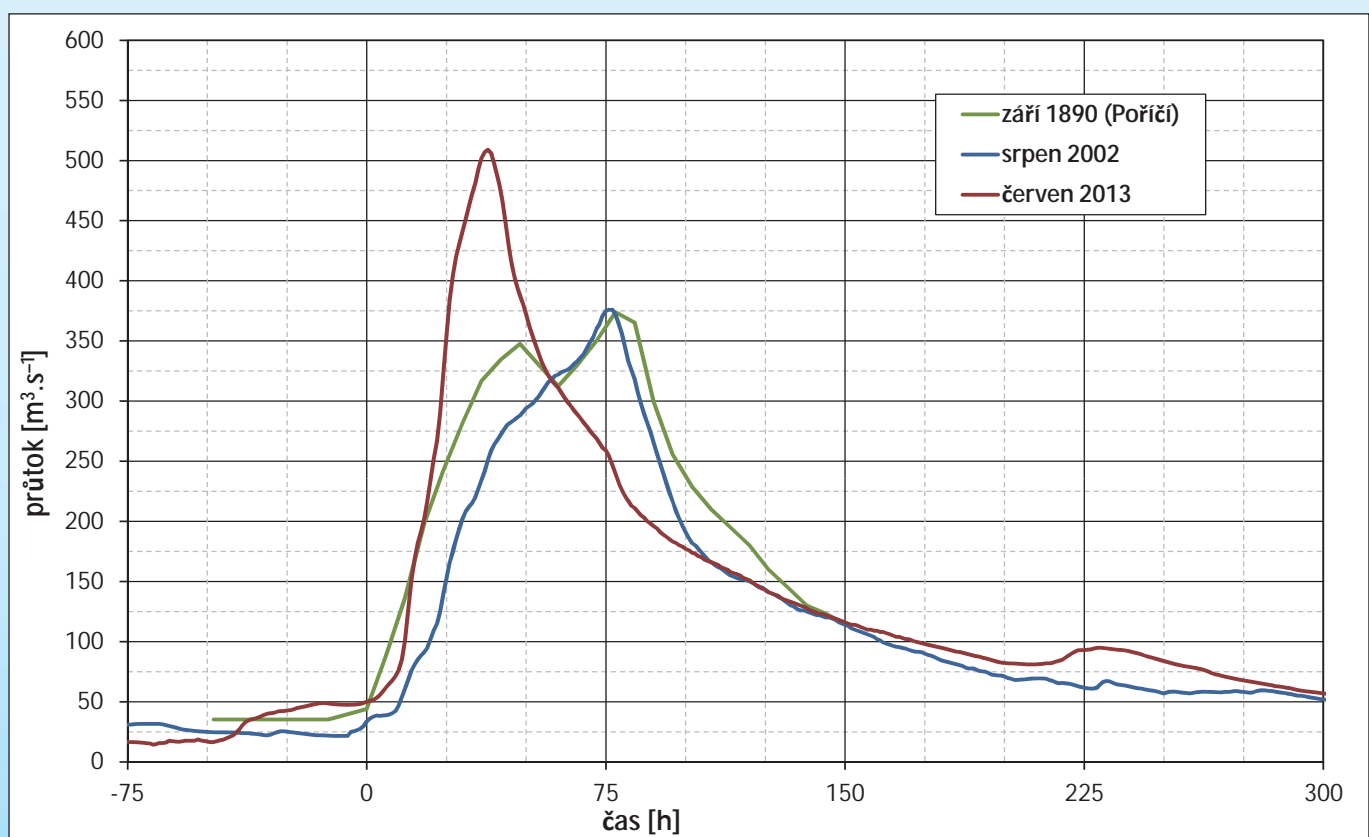


Obr. 6.7 Porovnání průběhu povodně na Lužnici v Bechyni v letech 1890, 2002 a 2013.

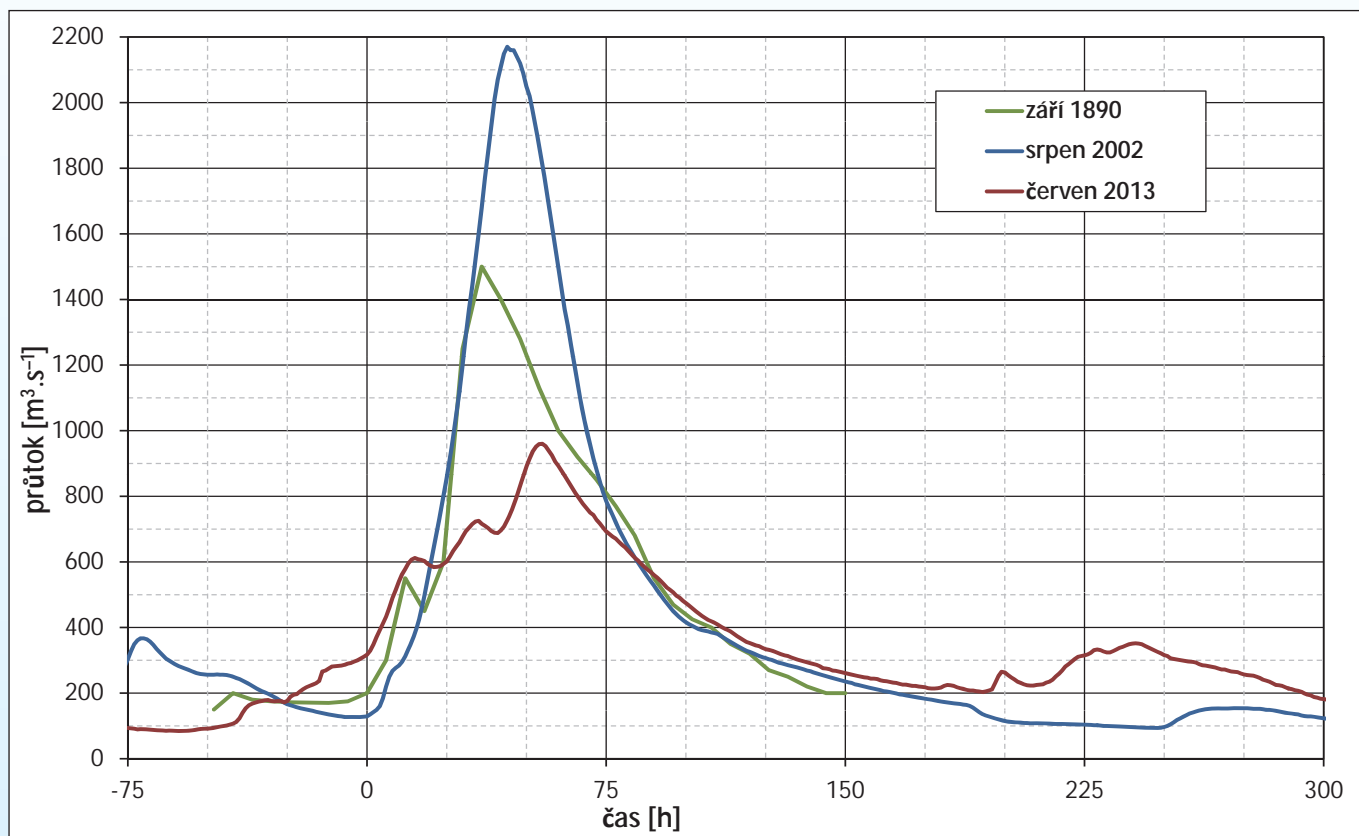




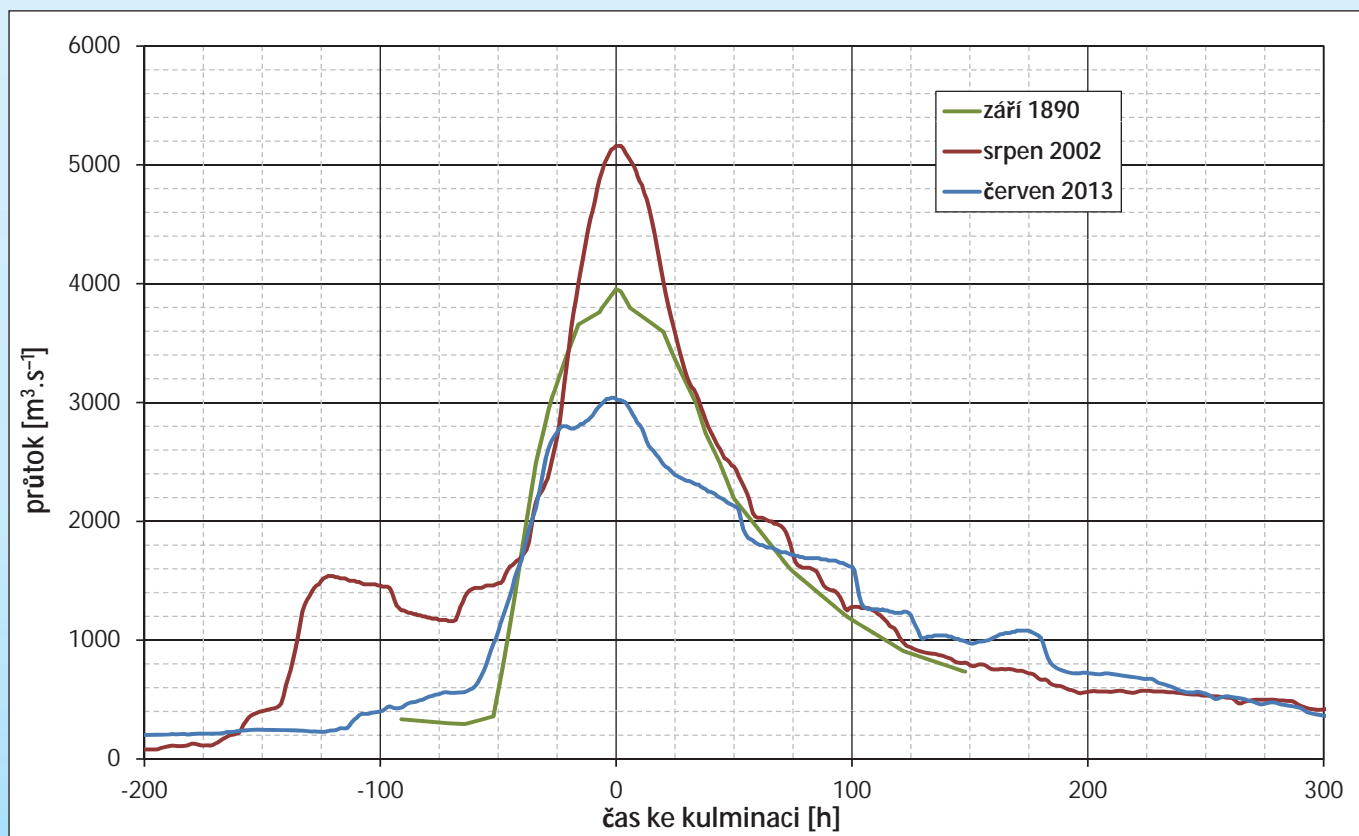
Obr. 6.8 Porovnání průběhu povodně na Otavě v Písku v letech 1890, 2002 a 2013.



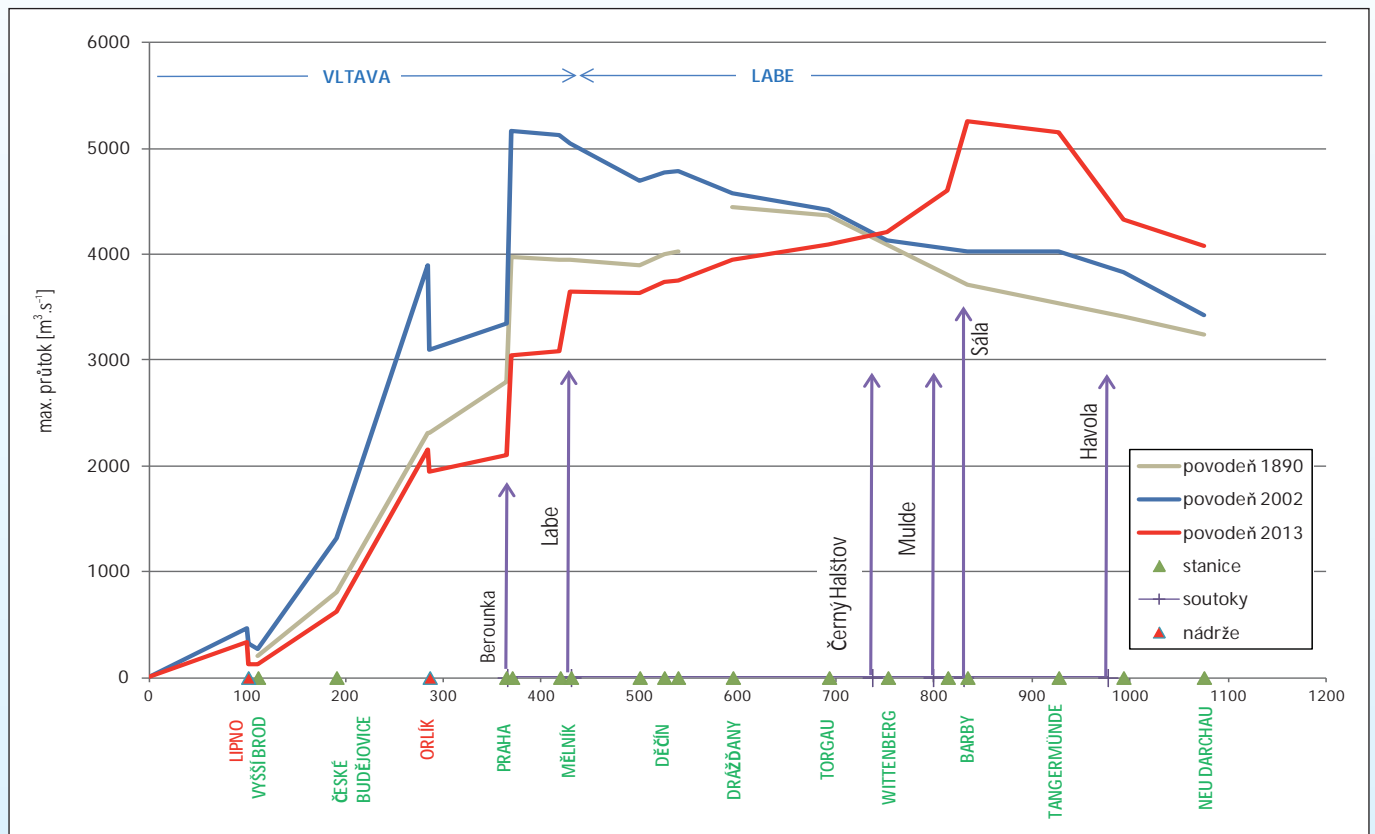
Obr. 6.9 Porovnání průběhu povodně na Sázavě v letech 1890 (Poříčí nad Sázavou), 2002 a 2013 (Nespeky).



Obr. 6.10 Porovnání průběhu povodně na Beroune v Berouně v letech 1890, 2002 a 2013.



Obr. 6.11 Porovnání průběhu povodně na Vltavě v Praze pod soutokem s Beroukou v letech 1890, 2002 a 2013.



Obr. 6.12 Velikost kulminačního průtoku povodní 1890, 2002 a 2013 v podélném profilu Vltavy a Labe.

Z porovnání průběhu povodní jasně dominuje povodeň v srpnu 2002, a to nejenom velikostí kulminačních průtoků, ale zejména svým objemem. Hlavní podíl na této skutečnosti má množství vypadlých srážek a velmi silné nasycení půdy vodou z předchozích srážek, které bylo po první vlně povodní v srpnu 2002, nejvíce enormní obr. 6.8.

Zajímavé je porovnání velikosti kulminací těchto tří povodní v podélném profilu Vltavy a Labe na českém i německém území, které je znázorněno na obr. 6.12.

Povodeň roku 2002 kulminačně vrcholila pod soutokem Vltavy s Berouňkou v Praze a dále po toku již její kulminace převážně klesala. Výrazný nárůst kulminačního průtoku byl způsoben souběhem vrcholů povodňových vln na Vltavě a Berounce. Naopak přítok z horního Labe se v Mělníku neprojevil, došlo k silnému zpětnému vzduť proti proudu Labe, a povodňová vlna byla vlivem rozlivů v soutokové oblasti výrazně transformována. K významné transformaci povodně na Vltavě došlo také účinkem nádrže Orlík, kde v důsledku výpadku vodní elektrárny (kapacita  $600 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ) a nedostatečné kapacity plně vyhrazených přelivů, došlo k překročení maximální hladiny vody v nádrži o 1,54 m. Takto vzniklý, v podstatě nelegální retenční prostor, přispěl ke zmenšení kulminace povodně o zhruba  $800 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ . Provedená opatření na nádrži Orlík by měla zabránit tomu, aby se podobný scénář v budoucnu opakoval. Zároveň to ale znamená,

že v případě výskytu extrémní povodně obdobné velikosti, by již nebyl transformační účinek nádrže Orlík tak výrazný.

Kulminační průtok povodně v červnu 2013 na Vltavě a posléze na Labi stále narůstal až do oblasti Magdeburku. V Čechách byl opět významný přítok z Berounky a oproti roku 2002 i přítok ze Sázavy a středního Labe. V Německu byly silně rozvodněny Černý Halštov, Mulda a zejména Sála, přičemž maximální stavy hladin zde na mnoha místech překročily největší doposud pozorované hodnoty. To způsobilo, že v Magdeburku byla hladina vody v Labi o 67 cm výše než v roce 2002 a dosáhla nejvyšší úrovně od počátku měření roku 1727.

Ke třetí z velkých letních povodní v září 1890 již nejsou dochované záznamy tak podrobné a zřejmě ani spolehlivé, takže uvedený průběh povodně v podélném profilu je spíše orientační. V Čechách je patrný velký vliv přítoku z Berounky, kdežto vliv přítoku ze středního Labe se stejně jako v roce 2002 vytrácí. Rovněž na německé části Labe je charakter povodně podobný roku 2002. Mezi Hřenskem a Drážďany není grafický záznam průběhu povodně spojitý (obr. 6.12), protože historické měřené křivky ve vodoměrných stanicích v Ústí nad Labem a Děčíně byly v roce 2003 po analýze starých hydrometrických měření revidovány a upraveny, včetně hodnot kulminací historických povodní na české části Labe.

## 6.2 Srovnání následků povodní v červnu 2013 a v srpnu 2002

Důsledky povodňové situace v srpnu 2002 zasáhly katastrální území 986 obcí v 10 krajích, což představovalo plochu 17 tis. km<sup>2</sup> (Hladný a kol. 2005). Na tomto území žilo v době povodně cca 3,2 mil. obyvatel. Významným způsobem bylo postiženo také hlavní město Praha. Během povodně zahynulo 17 osob a další dva lidé zemřeli na její přímé důsledky. Ve srovnání s povodněmi v červnu 2013 bylo v srpnu 2002 postiženo více obcí v Plzeňském kraji a okrajově také v kraji Jihomoravském. Naopak téměř nebylo v roce 2002 postiženo území středního a horního toku Labe, tzn. východní část Středočeského kraje, Královehradecký a Pardubický kraj. Škody způsobené povodněmi v srpnu 2002 byly odhadnuty na více než 73 mld. Kč (tab. 6.4).

Povodňové události v červnu 2013 měly za následek škody v celkové výši „pouze“ 15,4 mld. Kč, což představuje pětinu následků z roku 2002. Při obou událostech byly nejvíce postiženy kraje Jihočeský, Středočeský a Ústecký a hlavní město Praha. Největší rozdíl ve škodách způsobených srovnávanými povodňovými událostmi zaznamenalo hlavní město Praha. V roce 2002 došlo ke značným škodám např. při zaplavení metra (cca 6 mld. Kč), kdežto v roce 2013 byly na tomto typu dopravní infrastruktury zaznamenány minimální škody.

Při porovnání podílu jednotlivých kategorií majetku na celkových škodách se ukazuje, že největší podíl na nich při povodních v červnu 2013 měla dopravní infrastruktura, a to téměř ve všech krajích, s výjimkou hlavního města Prahy. Naopak při povodních v srpnu 2002 byl významně postižen sektor bydlení, a to především na dolních tocích Vltavy a Labe, tedy ve Středočeském a Ústeckém kraji a v hlavním městě Praze.

Tab. 6.3 Srovnání následků povodní v červnu 2013 a v srpnu 2002.

Dotčené obce	červen 2013	srpen 2002
Počet	1 373	986
Plocha (km <sup>2</sup> )	22 tis.	17 tis.
Počet obyvatel	3,9 mil.	3,2 mil.
Ztráty na lidských životech	16	19

Tab. 6.4 Srovnání povodňových škod v červnu 2013 a v srpnu 2002 v jednotlivých krajích.

Odhad povodňových škod (mil. Kč)		
Kraj	červen 2013	srpen 2002
Hlavní město Praha	3 841	26 914
Jihočeský	2 013	15 721
Jihomoravský	0	343
Karlovarský	20	77
Královehradecký	872	0
Liberecký	568	5
Pardubický	161	0
Plzeňský	279	3 847
Středočeský	4 092	14 283
Ústecký	3 523	11 765
Vysočina	17	187
<b>Celkem</b>	<b>15 387</b>	<b>73 143</b>



Obr. 6.13 Ulice Generála Šišky, Praha 4. červen 2013 (foto Radovan Tyl).

## 7. ROZVOJ PŘEDPOVĚDNÍ POVODŇOVÉ SLUŽBY 2002–2013

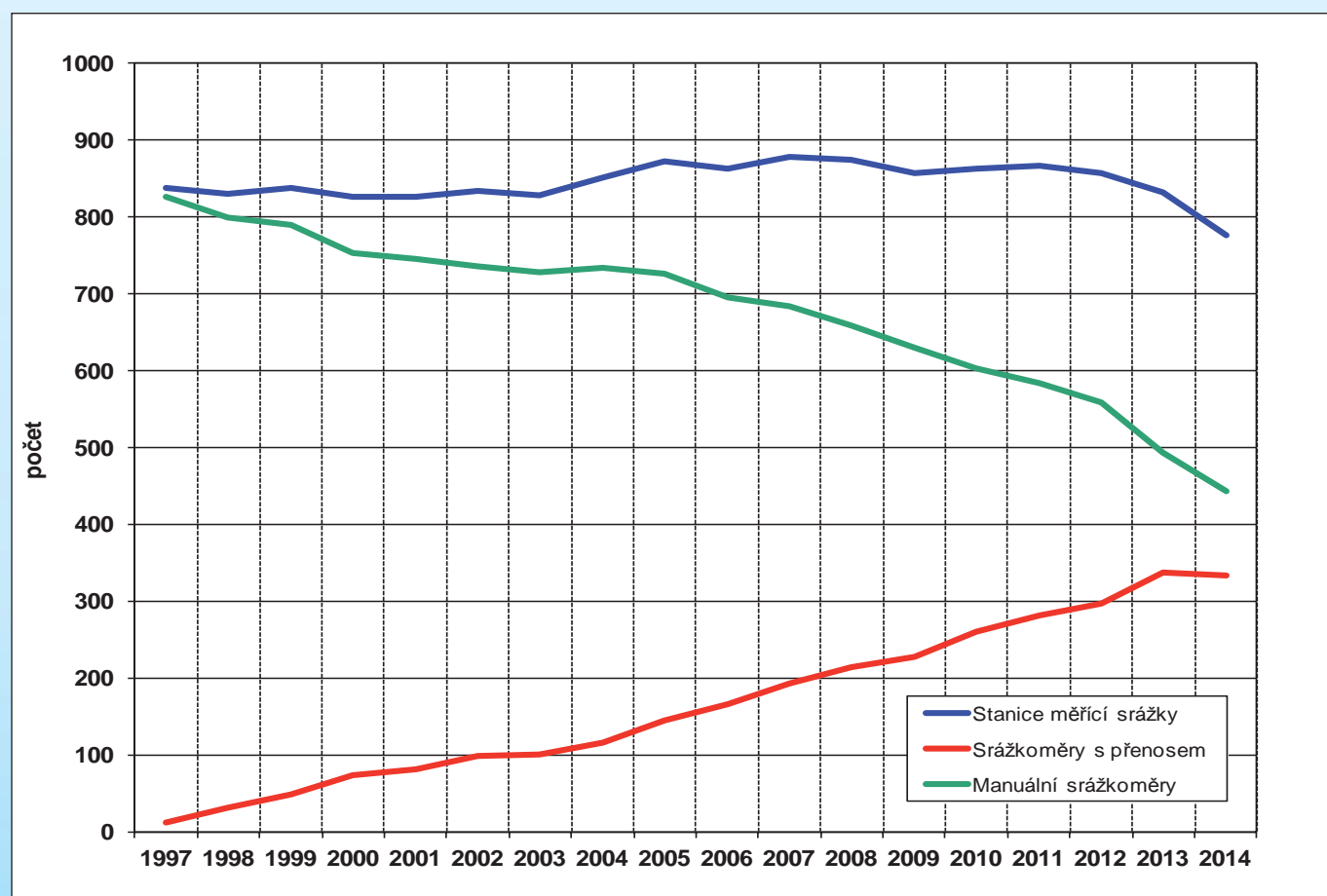
Katastrofální povodně jsou vždy impulzem ke zlepšení a rychlejšímu rozvoji protipovodňové ochrany v zasaženém území. Je to dáno jednak větším soustředěním pozornosti odpovědných orgánů, ale i veřejnosti, na povodňovou problematiku, jednak uvolněním finančních prostředků na realizaci prováděných opatření. Základní systémové změny byly provedeny po povodních v roce 1997, kdy byl novelizován vodní zákon a přijaty nové zákony v oblasti krizového řízení a integrovaného záchranného systému. Ty se již pozitivně projevily při povodních v srpnu 2002. Předpovědní povodňová služba, podobně jako další součásti systému ochrany, před povodněmi doznala v důsledku zkušeností, poznatků a opatření vyplývajících z povodní 1997 a 2002 a díky rozvoji informačních technologií velkých změn.

### 7.1 Měření a pozorování

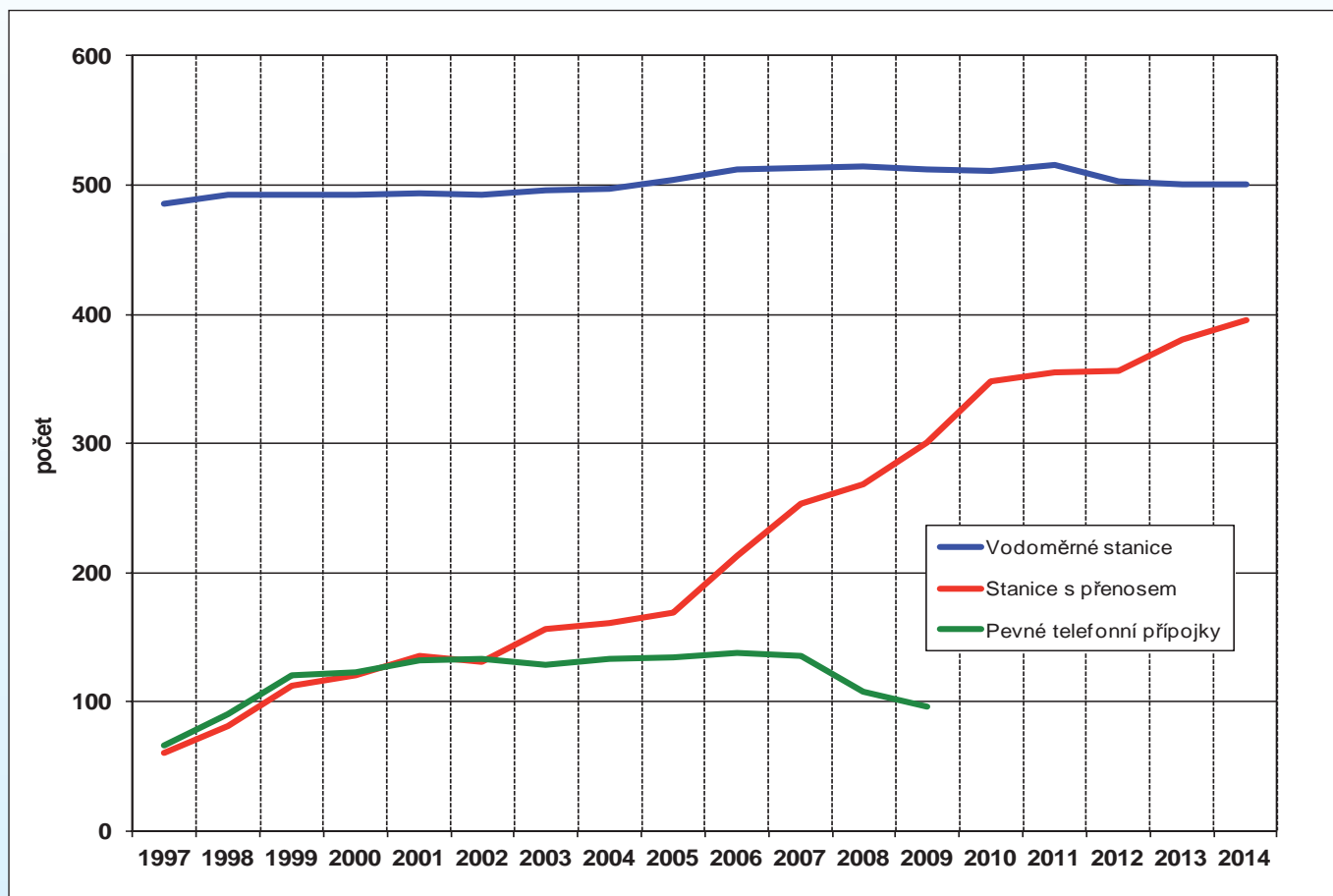
Proces tvorby předpovědí a vzniku výstražných informací začíná u meteorologických a hydrologických měření a pozorování. Při porovnání s rokem 2002 se do roku 2013 významně zvýšil počet automatických stanic s dálkovým přenosem údajů do centra, a zásadní zvrat nastal v podobě přechodu z pevných telefonních linek na využívání mobilních sítí pro přenos dat.

Je nutné si uvědomit, že postupná automatizace srážkoměrných a vodoměrných stanic, z nichž bylo možné získávat v reálném čase aktuální informace o vpadlých srážkách a vodním stavu v tocích, nastala v podstatě po povodni v roce 1997. Před ní byly informace o srážkách k dispozici pouze z omezeného počtu profesionálních meteorologických stanic, informace o vodním stavu byly telefonicky získávány od dobrovolných pozorovatelů s denní frekvencí. Vývoj počtu automatických srážkoměrných a vodoměrných stanic v ČHMÚ znázorňují obr. 7.1 a 7.2.

V roce 2002 tedy již existovala síť vodoměrných profilů, které byly vybaveny automatickými přístroji komunikujícími prostřednictvím pevných telefonních linek. Nevýhodou tohoto řešení se za povodně ukázal být fakt, že při zaplavení okolí stanice, pevná telefonní síť a nezbytné elektrické přípojky byly odpojeny, a stanice tak zůstaly nedostupné. Nebylo také možné získat data s větší než hodinovou frekvencí a zpoždění doručení dat dosahovalo desítek minut. Například pražské prognózní pracoviště stahovalo ve vrcholné fázi povodně data z asi 20 stanic, přičemž každý pokus o spojení trval modemu 1,5 minuty a úspěšné spojení proběhlo jen ve čtvrtině až polovině případů. Získávání dat v hodinovém intervalu



Obr. 7.1 Vývoj počtu srážkoměrných stanic ČHMÚ.



Obr. 7.2 Vývoj počtu vodoměrných stanic ČHMÚ.

tak bylo vlastně nepřetržitým bojem s přetíženou a vy-  
padávající sítí. Spolehlivé a pravidelné informace o na-  
měřených srážkách byly v podstatě pouze z profesio-  
nálně provozovaných stanic (přibližně 30 na území ČR),  
k tomu lze přičíst občasná hlášení z vodoměrných stanic  
a vodních děl. K dispozici již byly také snímky z meteo-  
rologických radarů, které však poskytovaly spíše kvali-  
tativní informaci o rozložení a intenzitě srážek, nikoliv  
kvantifikaci srážkových úhrnů.

Současný stav, kdy data ze stovek vodoměrných  
a srážkoměrných stanic jsou k dispozici každých deset  
minut s minimálním zpožděním, je tak se situací v roce  
2002 kvalitativně neporovnatelný. Dostupnost dat umož-  
ňuje hydrologům na předpovědních pracovištích, povod-  
ňovým orgánům i veřejnosti v podstatě neustále sledovat  
vývoj povodně a okamžitě jej vyhodnocovat. Aktuální  
informace o srážkách a průtocích umožňují lépe předpo-  
vídat průběh povodní a odhadovat časový výskyt jejich  
kulminací. Významně se také zlepšily naše možnosti  
včas zaznamenat nebezpečí vzniku přívalových povod-  
ní.

Stávající řešení přenosů dat prostřednictvím mo-  
bilních sítí je, kromě rychlosti, také výrazně spolehlivější.  
Přerušení telefonní linky nebo přívodu zdroje elektriny  
bylo v roce 2002 nejčastější příčinou výpadku měření.  
Nižší zranitelnosti bylo proto dosaženo zejména použi-

tím přístrojů, které fungují nezávisle na pozemních sí-  
tích. Komunikace přes pevnou telefonní linku nahradila  
mobilní síť, snížení příkonu přístrojů umožnilo přejít  
na bateriové napájení.

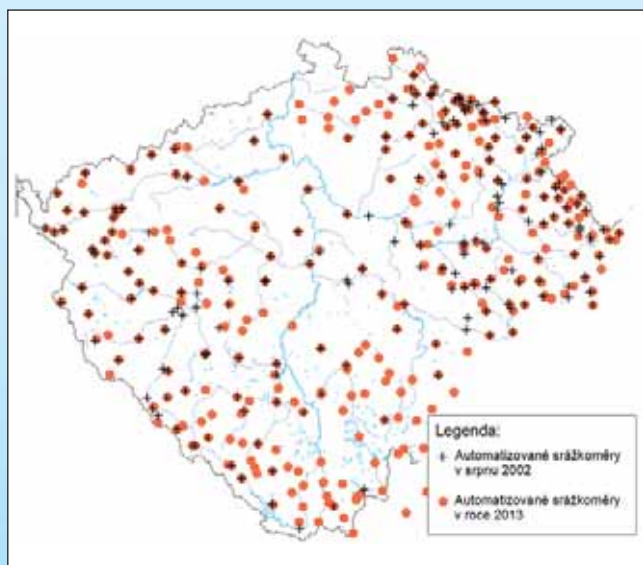
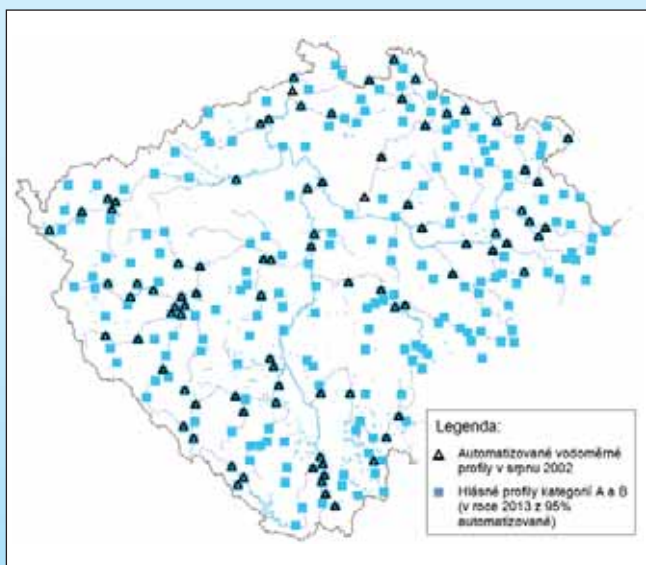
Mnoho vodoměrných stanic bylo také stavebně  
upraveno tak, aby objekty i měřicí přístroje odolaly větší  
povodni. Například v povodí horní Vltavy nad VD Orlík,  
kde v roce 2002 měla více než polovina všech limnigrafů  
delší výpadek měření, zůstaly při povodni v červnu 2013  
všechny přístroje v provozu, a to i ve stanicích, které byly  
částečně zaplaveny vodou.

Přednostně byly automatizovány vodoměrné sta-  
nice umístěné v hlásných profilech povodňové služby, ať  
jsou provozovány ČHMÚ nebo státními podniky Povodí.  
Například v povodí Labe bylo v hlásných profilech kate-  
gorie A a B v srpnu 2002 automatizováno 85 stanic, do-  
stupných do té doby pouze vytáčeným spojením, v roce  
2013 už využívalo více než 200 stanic mobilní datový  
přenos (viz obr. 7.4). Kromě toho moderní hydrologické  
stanice umožňují automatické odeslání varovné SMS při  
překročení stupňů povodňové aktivity na hydroprognózní  
pracoviště a případně dalším uživatelům, a to včetně  
povodňových orgánů.

Rovněž informace z meteorologických radarů  
prošly významným vývojem. Bylo zvýšeno prostorové



Obr. 7.3 Rekonstruovaná stanice Slovénice na Chotýšance. Stanice zůstala v červnu 2013 funkční při povodni s kulminací přesahující 100letý průtok.



Obr. 7.4 Automatizované hlášené vodoměrné stanice v povodí Labe v letech 2002 a 2013 (vlevo). Automatizované srážkoměry, které se používají pro výpočet hydrologické předpovědi, v letech 2002 a 2013 (vpravo).

rozlišení snímků ze 2 na 1 km a skenovací frekvence se zvýšila na 5 minut. Zejména však byla nad radarovými snímky vytvořena softwarová nadstavba, která podstatně zlepšila jejich vypovídací schopnost. Radarová data byla on-line propojena s daty z automatických pozemních srážkoměrů, což umožňuje provádět v reálném čase automatickou korekci radarových odhadů srážek. Aplikace tak poskytuje tzv. kombinovanou srážkovou informaci, a to jak o okamžité intenzitě srážek, tak o srážkovém úhrnu za zvolený časový interval. Dále byly aplikovány metody nowcastingu (extrapolace pohybu radarového echa), které jsou významné zejména pro predikci dalšího pohybu přívalových srážek.

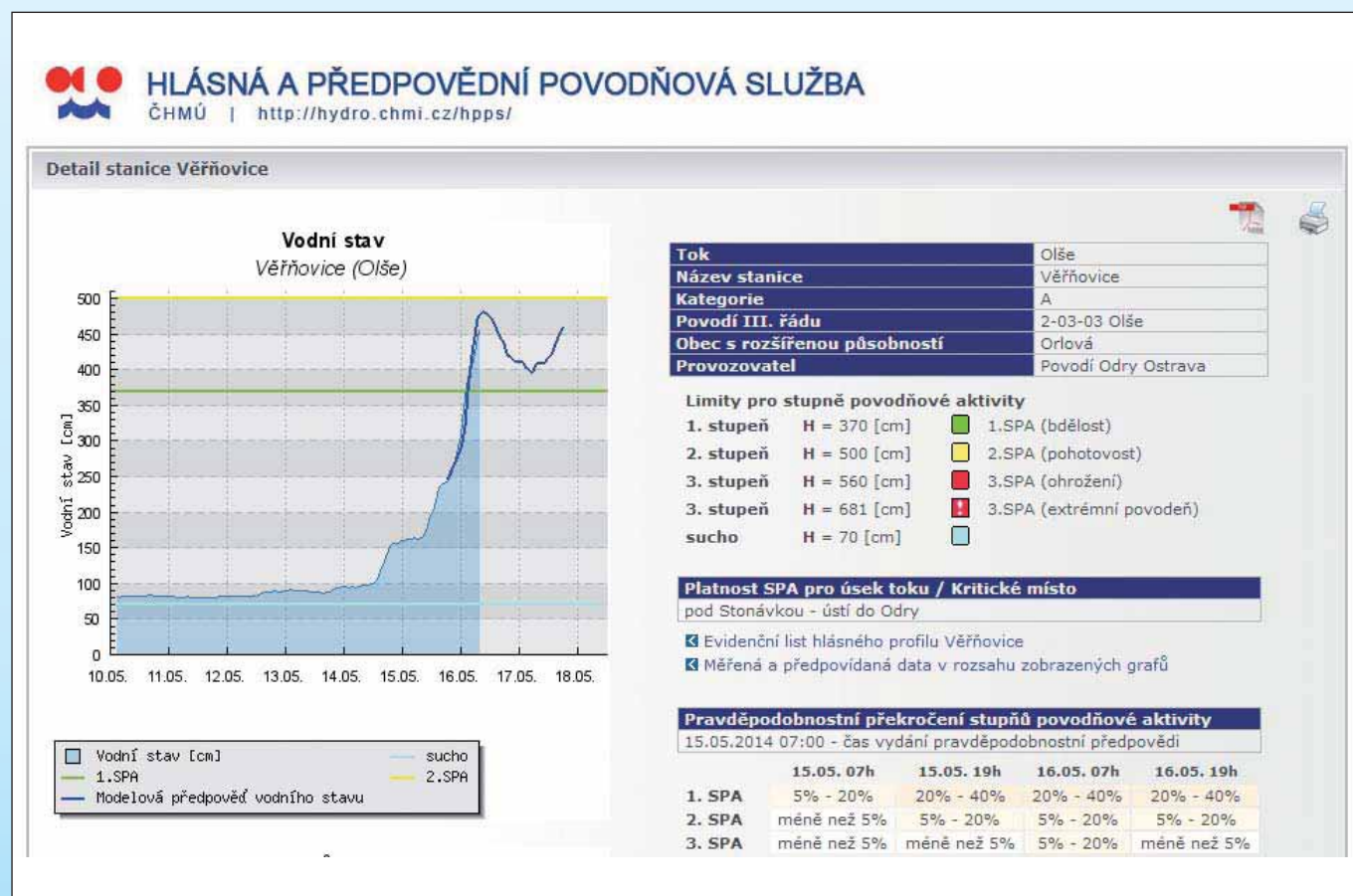
Modernizací prošla také sněhoměrná pozorovací síť. Bylo vybudováno 8 automatických sněhoměrných stanic, na kterých probíhá průběžné měření výšky a vodní hodnoty sněhové pokrývky. Data umožňují podstatně kvalitnější výpočet zásoby vody ve sněhové pokrývce. Manuální měření sněhu je prováděno na klimatologických stanicích, z nich na vybraných stanicích, jak na volném prostranství, tak v lese.

Profesionálně provozované vodoměrné stanice ČHMÚ nebo státní podniky Povodí v hlásných profilech kategorie A a B tvoří základní kostru hlásné sítě, kterou

lokálně doplňují další stanice lokálních výstražných systémů (LVS), zřizované některými obcemi a městy. Jejich účelem je aktivizovat místní povodňové orgány v případě lokálně omezených extrémních srážek a přívalových povodní, které nezachytí základní síť. Velký rozvoj LVS nastal po přívalových povodních v červnu a červenci 2009 za finanční podpory z Operačního programu životního prostředí v gesci MŽP. Budování LVS obce zpravidla spojují se zřízením místního bezdrátového rozhlasu pro varování obyvatelstva.

## 7.2 Předpovědi a výstrahy

V roce 2002 byla předpovědní pracoviště ČHMÚ na začátku (v prvním roce) ostrého operativního provozu hydrologických předpovědních modelů, speciálně modelu AquaLog v povodí Labe a HYDROG v povodí Moravy a Odry. Modelové předpovědi se začaly stávat hlavním nástrojem hydrologické prognózy. Jsou připravovány každý den, za povodní i několikrát denně. Základní parametry předpovědí, tzn. předstih 48 hodin a časový krok jedna hodina, zůstaly až do roku 2013 stejné, protože prodloužení časového předstihu je v našich podmínkách do značné míry omezeno přírodními faktory, zejména rychlostí odtoku vody z krajiny a délkou vodních



Obr. 7.5 Ukázka prezentace pozorovaných dat a hydrologické předpovědi pro vodoměrnou stanici Věřňovice na Olši <<http://hydro.chmi.cz/hpps>>. V pravém dolním rohu je vyhodnocení výsledků pravděpodobnostní předpovědi, které udává pravděpodobnost překročení jednotlivých úrovní SPA v průběhu 12hodinových předpovědních intervalů.



toků. Aby bylo možné dosáhnout dvoudenního předstihu předpovědi, musí do hydrologických modelů vstupovat kvantitativní předpověď srážek, jejíž spolehlivost pro delší období výrazně klesá. Pokroku však bylo dosaženo v rozšíření počtu předpovědních profilů. V roce 2002 se hydrologické předpovědi počítaly v povodí Labe pro 91 profilů, v roce 2013 jich bylo již 162. Předpovědi vodních stavů i průtoků jsou pro vybrané předpovědní profily prezentovány na webových stránkách ČHMÚ.

Struktura používaných hydrologických modelů rovněž prošla změnami. V případě modelu AquaLog byl kompletně přepracován modul pro zpracování vstupních dat a provedeno podrobnější členění na výpočetní plošky, byl přidán modul počítající zámrz půdy a jeho vliv na odtok, změnila se procedura výpočtu evapotranspirace. Mezi roky 2002 a 2013 byl také dvakrát rekalibrován srážkoodtokový model pro jednotlivá povodí s využitím nových dat z proběhlých povodní. Všechny tyto změny se pozitivně projevily v dlouhodobých statistikách úspěšnosti modelu při simulaci hydrologických procesů. Celkově snadnější obsluha modelu a dostupnost dat umožnily, aby v průběhu povodně v červnu 2013 byla hydrologická předpověď aktualizována až čtyřikrát denně, podle dostupnosti předpovědi srážek.

Úspěšnost hydrologických předpovědi, zejména na druhý den, nesporně závisí na spolehlivosti předpovědi srážek. V této oblasti došlo od povodní v roce 2002 rovněž k určitému pokroku. Byla zvýšena rozlišovací schopnost meteorologického modelu ALADIN z 9 na 4,7 km, model je počítán na aktualizovaných vstupech 4krát denně, a prodloužila se předpovědní doba na 54 hodin. Meteorologové mají k dispozici výstupy dalších numerických modelů, včetně modelu Evropského centra pro střednědobou předpověď počasí (ECMWF), který předpovídá srážky na 10 dní dopředu, a mohou s větším předstihem avizovat nebezpečnou povětrnostní situaci a pravděpodobnost výskytu nebezpečných srážek. Přesto zůstává kvantifikovaná předpověď srážek a jejich územní lokalizace limitujícím prvkem předpovídání povodní.

Od roku 2010 jsou na ČHMÚ také testovány tzv. pravděpodobnostní hydrologické předpovědi, jejichž přínosem je odhad rozptylu předpovídaných průtoků a pravděpodobnost jejich odchylky od základní, deterministické předpovědi. Pravděpodobnostní předpověď se získá opakovaným během hydrologického modelu nad 16členným ansámblem variantních předpovědi srážek, který produkuje model ALADIN. Přestože výpočet těchto předpovědi byl za červnové povodně zatím v testovacím provozu, byly výstupy již částečně využity při posuzování pravděpodobnosti dosažení stupňů povodňové aktivity. Od roku 2014 jsou výpočty pravděpodobnostních předpovědi součástí operativního provozu předpovědních pracovišť a jejich vyhodnocené výsledky jsou publikovány na internetových stránkách ČHMÚ (obr. 7.5).

Způsob vydávání výstrah od roku 2002 prošel několika úpravami do současné podoby Systému integro-

vané výstražné služby (SIVS). Ten produkuje výstražné informace jednotným způsobem pro všechny druhy nebezpečných hydrometeorologických situací, tedy kromě povodní také pro vichřice, bouřky, extrémní teplotu a srážky, v zimě sníh a náledí. Zásadní změnou bylo zavedení dvou kategorií výstrah: předpovědní výstražné informace (PVI), která upozorňuje na očekávaný výskyt nebezpečných jevů v následujícím období, a informace o výskytu nebezpečného jevu (IVNJ), která je vydávána při zaznamenání skutečného výskytu tohoto jevu a udává jeho nejbližší vývoj v postižené lokalitě. Standardní součástí výstrahy se stala doporučení ke zmírnění možných následků výskytu jevu. Ve vazbě na systém povodňové služby přinesla významnou změnu novelizace vodního zákona, který nově stanoví, že při vydání výstrahy předpovědní povodňové služby nastává v daném území automaticky 1. stupeň povodňové aktivity (bdělost).

### 7.3 Distribuce informací na internetu

Další zásadní kvalitativní změnu oproti roku 2002 představuje výrazný rozvoj Internetu a služeb poskytovaných ČHMÚ a správci povodí jeho prostřednictvím. Internetová prezentace hlásné a předpovědní povodňové služby ČHMÚ <<http://hydro.chmi.cz/hpps/>> obsahuje průběžně aktualizované evidenční listy hlásných profilů, aktuální data z meteorologických a hydrologických stanic, předpovědi meteorologických modelů, hydrologické předpovědi a řadu dalších informací. Vodohospodářský informační portál <<http://voda.gov.cz/portal/>> zastřešuje webové stránky státních podniků Povodí, které obsahují aktuální data z měřicích sítí vodohospodářských dispečinků, včetně informací z vodních děl. Aktuální data z hlásných profilů na tocích si v každém regionu ČHMÚ a správci povodí vyměňují, v ostatních datech se obě prezentace doplňují, takže veřejnost podle konkrétního zájmu může sledovat obě adresy.

Na webových stránkách ČHMÚ jsou prezentovány i zcela nové produkty předpovědní služby, které vznikly v období mezi povodněmi 2002 a 2013. Je to zejména aplikace indikátor přívalových povodní (tzv. Flash Flood Guidance). Aplikace na základě výstupu jednoduchého hydrologického modelu, do kterého vstupuje pole srážek z kombinované srážkové informace, poskytuje plošné informace o nasycení půdy a její teoretické schopnosti zadržet další srážky v podobě uvedení nebezpečného limitního srážkového úhrnu, který může vyvolat povodňovou reakci (obr. 7.6). Aplikace je v letním období počítána každý den a slouží pro hodnocení nebezpečí vzniku přívalových povodní.

Dalšími novinkami na webu je v zimním období prezentace množství vody ve sněhové pokrývce, jehož vyhodnocení nyní probíhá moderním způsobem v prostředí GIS. Umožňuje plošné zobrazení vodní hodnoty sněhové pokrývky i objemu vody ve sněhu pro jednotlivá povodí. Výsledky jsou cennou pomůckou pro potřeby řízení vodních nádrží v jarním období.

Zájemci mohou na stránkách hlásné a předpovědní povodňové služby nalézt užitečné informace i mimo období povodní, např. hodnocení aktuální vodnosti toků nebo stavu podzemních vod. Prostřednictvím Internetu jsou také veřejně prezentovány vydané výstražné informace SIVS, i když tím není dotčen hlavní způsob distribuce výstrah povodňovým orgánům, který jde cestou operačních a informačních středisek HZS ČR.

Všechna uvedená vylepšení v informační oblasti jsou ovšem pouze impulzem a pomůckou pro správné chování a činnost lidí. Domníváme se tedy, že nejvýznamnější změnou od roku 2002 je získání zkušeností z významných povodňových událostí, jak na straně odborníků, meteorologů, hydrologů a vodohospodářů, tak na straně povodňových a krizových orgánů i obyvatelstva, které jim spolu s lepšími informacemi umožní v kritické situaci rychlé a efektivní rozhodování.



Obr. 7.6 Ukázka prezentace indikátoru přívalových povodní – limitní úhrn srážek o době trvání jedné hodiny, který by byl nebezpečný z hlediska vzniku přívalových povodní.

## 8. ZÁVĚR

V předešlých kapitolách této publikace jste měli možnost se seznámit s hlavními výsledky vyhodnocení příčin, průběhu a důsledků povodní, které postihly území ČR v červnu 2013. Jak jsme již upozornili v úvodu, nejsou zde prezentované výsledky úplné, a přiznáváme, že jsou spíše zaměřeny na hydrologické aspekty povodní a činnosti Českého hydrometeorologického ústavu. Čtenáři mohou detailnější informace, a to i z jiných oblastí vyhodnocení, získat ze souhrnné zprávy nebo i dílčích zpráv projektu, které jsou všechny zveřejněny na webu ČHMÚ.

Povodně v červnu 2013 byly bez pochyby extrémní, a to svým rozsahem i důsledky. V rámci hodnocených významných povodní od závěru minulého století se v České republice řadí na třetí místo, za povodně

v červenci 1997 a srpnu 2002 (viz. tab. 8.1). Z hlediska velikosti kulminačního průtoku na Vltavě v Praze a na Labi v Děčíně zauímají povodně roku 2013 třetí místo mezi letními povodněmi za dobu instrumentálního pozorování od první poloviny 19. století, a to za povodněmi v letech 2002 a 1890.

Každá větší povodeň přinese poznatky a zkušenosti, které mohou být využity pro zlepšení systému ochrany před povodněmi při následující události. Návrhy opatření již byly formulovány ve zprávách projektů na vyhodnocení povodní v letech 1997, 2002, 2006, 2009 i 2010 a nesporně již také bylo pro zlepšení povodňové prevence a ochrany mnoho učiněno. Zlepšila se celková úroveň povodňových plánů, práce povodňových a krizových orgánů, funkčnost informačních systémů.

Tab. 8.1 Významné minulé povodně v České republice.

Povodeň	Typ povodně	Zasažená oblast	Doba opakování	Důsledky povodní	Dokumentace povodně
červenec 1997	letní regionální, dvě povodňové vlny	celé povodí Odry a Moravy, část povodí horního Labe	100 až 500, výjimečně >500	62,6 mld. Kč 50–60 obětí	komplexní projekt (ČHMÚ), zprávy správců povodí
srpen 2002	letní regionální, dvě povodňové vlny	povodí Vltavy a Berounky, dolní Labe	200 až 1000, někde >1000	73,1 mld. Kč 17–19 obětí	komplexní projekt (VÚV), zprávy správců povodí
<b>červen 2013</b>	<b>letní regionální, dvě povodňové vlny + jedna přívalová</b>	<b>povodí Vltavy a Berounky, dolní Vltava, Labe</b>	<b>20 až 50, ojediněle &gt;100</b>	<b>15,4 mld. Kč 16 obětí</b>	<b>komplexní projekt (ČHMÚ), zprávy správců povodí</b>
srpen 2010	letní povodeň s prvky přívalové povodně	povodí Smědé, Lužnice, Nisy, Ploučnice a Kamenice	50 až 100, >100, výjimečně >1000	10,1 mld. Kč 5 obětí	komplexní projekt (ČHMÚ), zprávy správců povodí
červen / červenec 2009	přívalové povodně	Novojičínsko, Jesenicko, Děčínsko	100, >100, někde >>100	8,5 mld. Kč 15 obětí	komplexní projekt (ČHMÚ)
březen / duben 2006	jarní povodeň, tání a déšť	povodí Dyje, Moravy, Sázavy, Lužnice a další	50 až 100, výjimečně >100	6,0 mld. Kč 9 obětí	komplexní projekt (VÚV), zprávy správců povodí
květen / červen 2010	letní regionální, dvě povodňové vlny	povodí Odry a Moravy	20 až 50, výjimečně >100	5,1 mld. Kč 3 obětí	komplexní projekt (VÚV), zprávy správců povodí
březen 2000	jarní povodeň, tání a déšť	povodí horního Labe a Jizery	50 až 100, výjimečně >100	3,8 mld. Kč 2 obětí	zpráva ČHMÚ, zprávy správců povodí
červenec 1998	přívalová povodeň	Dědina, Bělá (pravostranné přítoky Orlice)	>100	1,8 mld. Kč 6 obětí	hydrologická zpráva, zpráva Povodí Labe

S podporou státních programů prevence před povodněmi byla vybudována řada strukturálních opatření, které zvyšují úroveň ochrany před povodněmi v konkrétních lokalitách. V návaznosti na vydání evropské směrnice 2007/60/ES o vyhodnocování a zvládání povodňových rizik bylo v ČR provedeno tzv. předběžné hodnocení povodňového rizika a stanoveny oblasti s významným povodňovým rizikem. V těchto oblastech bylo provedeno mapování povodňového rizika a v letech 2014 a 2015 probíhá a bude probíhat zpracování plánů pro zvládání povodňového rizika. Aktivity jsou koordinovány v rámci mezinárodních povodí Labe, Odry a Dunaje.

Rovněž v závěrečné souhrnné zprávě projektu Vyhodnocení povodní v červnu 2013 byl navržen soubor opatření, který byl projednán a schválen vládou ČR

v usnesení č. 570 ze dne 14. července 2014. Přijatý návrh obsahuje celou řadu opatření v oblasti legislativy, povodňové prevence, hlásné a předpovědní povodňové služby, činností povodňových a krizových orgánů, provozu a údržby vodních děl, dokumentace povodní i přípravy a realizace opatření strukturálního charakteru. Při jejich srovnání se závěry minulých povodní můžeme zjistit, že některé návrhy opatření se opakují, což ukazuje, že problémy v těchto oblastech přetrvávají. V jiných oblastech bylo naopak dosaženo nesporného pokroku. Až čtenář vezme tuto publikaci do ruky s delším časovým odstupem a porovná zde uvedené informace se zprávami o nových budoucích povodních, které se jistě opět vyskytnou, bude moci sám posoudit, do jaké míry se naše schopnost zvládat nepříznivé důsledky povodní změnila.

## **Literatura:**

AUGUSTIN, F., 1891. Povodeň v Čechách roku 1890, Praha.

BRATRÁNEK, A., 1956. Vltavská kaskáda, možnost zlepšení ochrany Velké Prahy před povodněmi. Praha: VÚV. Zvláštní otisk číslo 35 z Vodního hospodářství č. 6.

BRATRÁNEK, A., 1956. Zlepšení ochrany vnitřní Prahy před povodněmi. Praha: VÚV. Zvláštní otisk číslo 50 z Vodního hospodářství č. 12.

BRÁZDIL, R. a kol., 2005. Historické a současné povodně v České republice. Praha – Brno, Masarykova univerzita, Český hydrometeorologický ústav, ISBN 80-210-3864-0.

DAŇHELKA, J., ELLEDER, L. a kol., 2012. Vybrané kapitoly z historie povodní a hydrologické služby na území ČR. Praha, ČHMÚ, ISBN 978-80-87577-12-7.

HLADNÝ, J. a kol., 2005. Katastrofální povodeň v České republice v srpnu 2002. Praha, MŽP, ISBN 80-7212-350-5.

KAKOS, V., KULASOVÁ, B., 1990. Povodeň v září 1890 na Vltavě v Praze. Vodní hospodářství 7, s. 267–273, Praha.

PELÁKOVÁ, M. – KAŠPÁREK, L. – KREJČÍ, J., 2012. Vliv údolních nádrží a charakteristik povodí na povodňové průtoky. In: Konference k 10. výročí povodně 2002, s. 146–155, Praha, ISBN 978-80-02-02395-1.

**POVODEŇ V ČESKÉ REPUBLICE V ČERVNU 2013**  
**Editoři: Jan Daňhelka, Jan Kubát, Petr Šercl, Radek Čekal**

Vydalo nakladatelství Český hydrometeorologický ústav, Praha 2014

1. vydání, 86 stran, náklad 1200 výtisků

Vytiskla tiskárna Petr Pacner – Firma PIP, Konopova 431/6, 155 00 Praha 5-Řeporyje

ISBN 978-80-87577-41-7



**978-80-87577-41-7**