



Ochrana před povodněmi v urbanizovaných územích

IREAS



Publikace vznikla v rámci projektu JPD3 č. CZ.04.3.07/3.2.01.3167

Osvěta pracovníků veřejné správy a dalších subjektů realizujících státní program ekologické výchovy a osvěty v oblasti protipovodňové ochrany a prevence v Praze.

Projekt byl spolufinancován Evropským sociálním fondem, státním rozpočtem České republiky a rozpočtem hl. m. Prahy.



WWW stránky projektu: <http://www.ireas.cz/projekty/pop>

Na tvorbě publikace spolupracoval IREAS (<http://www.ireas.cz>)

s Ústavem pro ekopolitiku (<http://www.ekopolitika.cz>).



Části kapitol 1 a 3 byly převzaty z německé publikace

SpektrumWasser 1 – Hochwasser Naturereignis und Gefahr (2004)

Bavorského zemského úřadu životního prostředí. Německým kolegům tímto děkujeme.



Část kapitoly 7 byla převzata z publikace Život s povodní vytvořené Oder Regio (INTERREG IIIB Cadses).

Kolektiv autorů:

Ing. Lenka Slavíková (ed.)

Ing. Vojtěch Bareš, Ph.D. – kapitola 6

Ing. Richard Beneš – kapitola 5

prof. Ing. Jiřina Jílková, CSc. – kapitola 4

Ing. Lenka Slavíková – kapitoly 2, 3 a 4

Ing. David Stránský, Ph.D. – kapitola 6

Michaela Valentová – kapitola 7

Recenzenti:

Ing. Tomáš Just (AOPK)

Jiří Hovorka (MHMP, Odbor krizového řízení)

Ing. Jiří Karnecki (MHMP, Odbor ochrany prostředí)

Název: Ochrana před povodněmi v urbanizovaných územích

Autoři: kolektiv autorů

Technická spolupráce: Ing. Jiří Přibil, Mgr. Jana Čamrová

Vydavatel: IREAS, Institut pro strukturální politiku, o. p. s.

Místo a rok vydání: Praha, 2007

Vydání: první

Náklad: 2500 ks

Rozsah: 82 stran

Tisk a vazba: Artedit Praha

ISBN 978-80-86684-48-2

Úvodem

V letech 1997 a 2002 zasáhly území naší republiky katastrofální povodně, které se v roce 2002 významným způsobem dotkly i území hlavního města Prahy. Vývoj situace v České republice měl dalekosáhlé důsledky pro území sousedních států, zejména Německa. Po odeznění katastrof došlo k přijetí celé řady opatření v oblasti krizového managementu, obecné ochrany před povodněmi a jsou uvažovány i změny v oblasti územního plánování.

Až doposud je v České republice naprostá většina těchto aktivit iniciována, řízena a financována na úrovni vlády a příslušných ministerstev, a to i přesto, že se povodně a tvorba nástrojů pro jejich úspěšný management bezprostředně týkají všech úrovní veřejné správy – tj. zejména samosprávných obcí, které disponují řadou efektivních nástrojů pro dlouhodobé snižování škod působených povodněmi.

Publikace Ochrana před povodněmi v urbanizovaných územích srozumitelnou a jednoduchou formou informuje o problematice povodní, protipovodňové ochrany a způsobech nakládání s dešťovou vodou v zastavě-

ných částech měst. Prioritně se zaměřuje na území hlavního města Prahy, řadu uvedených poznatků lze však využít pro urbanizovaná území obecně.

Publikace shrnuje dosavadní poznatky a zahraniční zkušenosti související s problematikou povodní a předcházení povodňovým škodám. Podrobně se věnuje realizovaným protipovodňovým opatřením na Vltavě a na drobných vodních tocích na území hlavního města Prahy. Na jejím vytvoření se podíleli pracovníci Magistrátu hlavního města Prahy, Lesů hlavního města Prahy, ČVUT v Praze a VŠE v Praze. Základní informace o fenoménu povodní a podstatě povodňových škod byly převzaty ze vzdělávacích materiálů německých úřadů.

Publikace je určena především pracovníkům veřejné správy a subjektům realizujícím program státní ekologické výchovy a osvěty, kteří mají potenciál uvedené informace dále zprostředkovat široké veřejnosti. Publikace je distribuována zdarma. Její vydání spolufinancoval Evropský sociální fond, státní rozpočet ČR a rozpočet hlavního města Prahy.

Obsah

Vznik povodní: Proč povodně přicházejí	5
Povětrnostní vlivy – déšť, sníh a led	
Vlivy zemského povrchu	
Změny v krajině	
Historie povodní na českém území	21
Praha a povodně	
Novodobé povodně	
Principy dlouhodobě udržitelné ochrany před povodněmi	27
Tři hlavní pilíře protipovodňové ochrany	
Strategie ochrany před povodněmi v ČR	
Rozdělení odpovědností ochrany před povodněmi: stát – samospráva – občané	31
Jak může být odpovědnost ochrany před povodněmi rozdělena?	
Rozdělení odpovědností ochrany před povodněmi v České republice	
Příklady ze zahraničí	
Protipovodňová opatření na území hlavního města Prahy	37
Protipovodňová opatření na Vltavě	
Protipovodňová opatření na drobných vodních tocích	
Dvě případové studie	
Odvodnění urbanizovaných území, kanalizace a povodně	51
Základní typy povodňových situací v urbanizovaném území	
Příčiny vzniku povodní v urbanizovaném území	
Povodňové škody	
Opatření a možnosti ochrany v urbanizovaných územích	
Realizace opatření v Praze	
Povodňový rádce pro občana	63
Občané sami mohou snížit povodňové škody	
Prevence	
Dlouhodobá příprava na povodeň	
Krátkodobá příprava na povodeň	
Povodňové ohrožení	
Při povodni	
Po povodni	
Slovníček pojmů	75
Použitá literatura	77

Vznik povodní: Proč povodně přicházejí

Povodně představují mezi ostatními přírodními riziky, která se vyskytují na území České republiky, největší přímé nebezpečí. Vyskytují se nepravidelně v čase i prostoru s různým stupněm extremity. Za povodeň se označuje situace, při níž množství protékající vody překročí z různých příčin průtočnou kapacitu koryta. Ponejvíce se tak děje v důsledku srážek, ale také zmenšením koryta např. ledovou zácpou, bariérou ze splavených překážek, aj. Ve chvíli, kdy se voda vylíje z koryta a začne zaplavovat přilehlá území, stává se potenciálně škodlivým živlem [MZE, 2004]. Vyběžení vody z koryta však samo o sobě není problémem. Ten nastává až v okamžiku, kdy se jí do cesty postaví stavby realizované člověkem a vzniknou povodňové škody. V kapitole se budeme postupně zabývat jednotlivými příčinami příchodu povodní a faktory, které ovlivňují průběh povodní. Jedná se zejména o povětrnostní vlivy, vlivy zemského povrchu a změny v krajině.



Povodně 2006 v okolí Grygova.
Zdroj: Obec Grygov, 2006

Povětrnostní vlivy – déšť, sníh a led

Povodeň ve vnitrozemí vzniká zejména tehdy, když vydatně prší. Rozhodující pro velikost rozlivu a průběh povodně je, kolik procent povodí vodního toku je současně srážkami zasaženo. Krátká bouřková přeháňka v menším povodí může změnit horský potok v divokou řeku, která strhává hlavně všechno, co je přírodě cizí a stojí vodě v cestě. Stav vody ve větším vodním toku to však sotva ovlivní. Teprve dlouhotrvající vytrvalý déšť na rozsáhlém území způsobí, že se z koryt začnou vylévat takové řeky, jako jsou Vltava nebo Labe.

Z horských oblastí a pahorkatin odtéká v době tání voda sítí vodních toků. Čím rychleji a čím více sněhu taje, tím větší je zatížení řek. Také tvorba a pohyb ledové masy v tocích může významně zkomplikovat odtok vody a může být rovněž příčinou povodně.

Voda v atmosféře

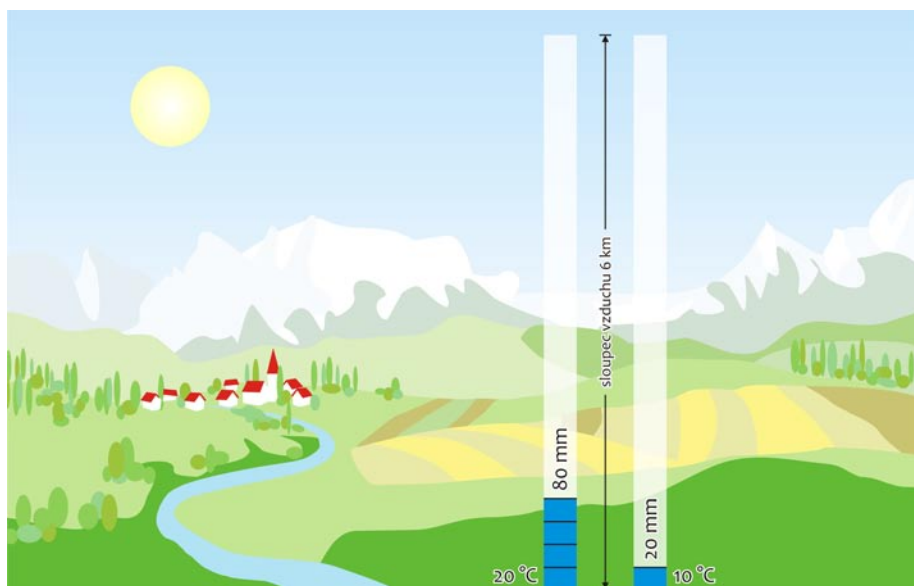
Vzduch obsahuje vždy určitý podíl vodní páry. Čím je tepleji, tím více vody může vzduch obsahovat. Ochladí-li se, část vzdušné vlhkosti se vysráží do podoby drobných kapek. Tento jev je všeobecně známý – při výdechu v zimě se vlhký teplý vzduch z plic setkává s chladným okolním vzduchem, přičemž lze vidět bílé obláčky kondenzované (vysrážené) vody.

Totéž se děje ve větším měřítku při změnách počasí. Je-li vzduch dostatečně teplý a vlhký, stoupá vzhůru, kde se následně ochlazuje. Vodní pára se v důsledku toho

sráží, tvoří se mraky. Menší vysrážené kapičky se postupně spojují ve stále větší kapky. Když už jsou tak těžké, že je vzduch, jenž stoupá vzhůru, nemůže zadržet, padají na zem v podobě deště. Při nízkých teplotách vznikají malé částičky ledu, jež se spojují do sněhových krystalů – pak sněží.

Meteorologové nazývají tento jev – stoupající masu ohřátého vzduchu – termika (jinak také konvence). Čím více se teplý vzduch vzdaluje od zemského povrchu, tím více se snižuje okolní teplota – v prů-

měru o 0,6 až 0,7 stupně Celsia na každých 100 metrů výšky. Tento jev dobře znají všichni, kdo se věnují horské turistice. Když dorazí proudící masy vzduchu k horám, zvedají se vzhůru a přecházejí přes ně. Vzniklé mraky se zastaví o hory, vyprší se zde a způsobí tak vydatné srážky. Převládají-li určité směry proudění, například ve střední Evropě ze západu na východ, pak se vytvoří v závislosti na závětrné straně hor oblasti srážkově chudší (tzv. srážkový stín). V České republice jsou takovými oblastmi např. Žatecko a Roudnicko v závětrí Krušných hor a Českého středohoří, kde roční úhrn srážek dosahuje pouze kolem 450 mm.



Je-li obloha jasná a bezoblačná, může atmosféra až do výšky 6 km při teplotě 20 stupňů Celsia na povrchu země obsahovat až 80 mm vody. Při teplotě 10 stupňů Celsia je to ještě 20 mm (1 mm odpovídá 1 litru na m²).

Zdroj: Spektrum Wasser 1, 2004

Typy povodňového ohrožení

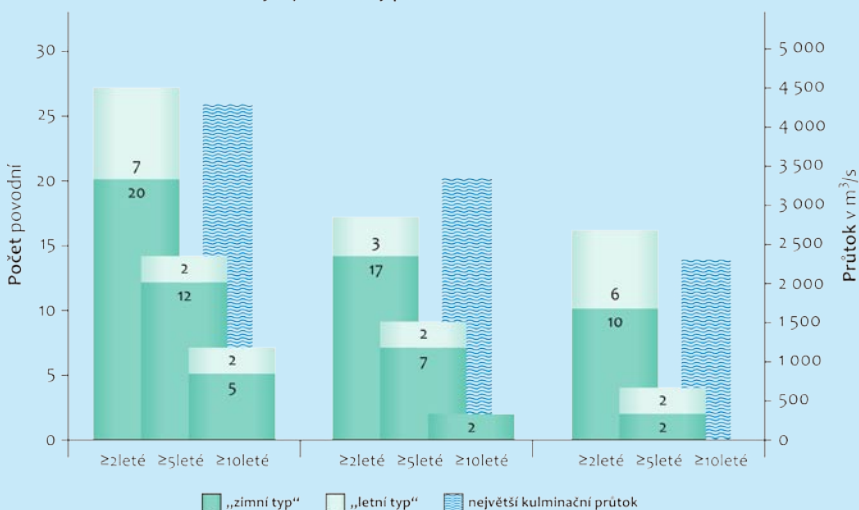
[MŽP ČR, 2004]

Drtivou většinu povodňových případů v České republice způsobují srážky (povodně 1997, 2002) a v zimním půlroce pak náhlá oteplení a následné tání sněhové pokrývky (povodně 2006).

Z kombinovaného pojmenování příčin a sezónního výskytu se vyvinulo i v praxi používané označení jednotlivých typů povodní:

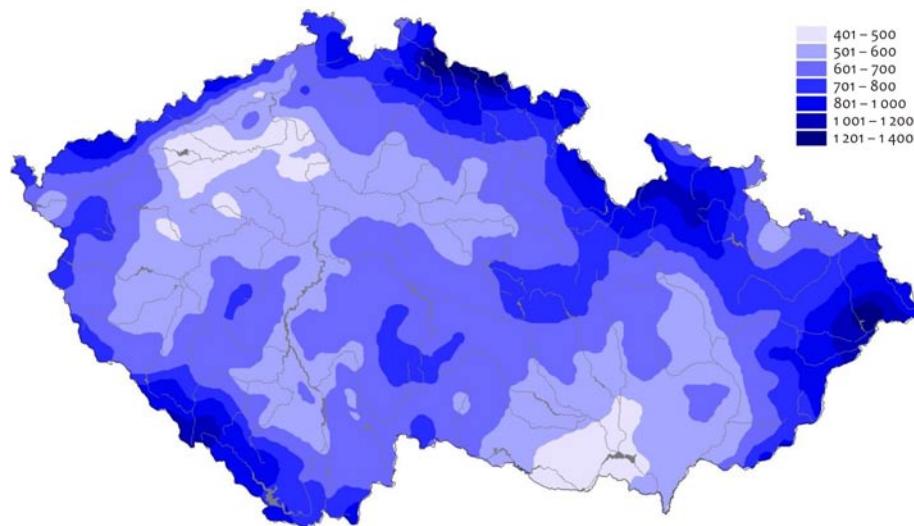
- letní typ povodní následkem
 - krátkodobých přívalových dešťů,
 - regionálních dešťů,
- zimní a jarní typ povodní následkem
 - tání sněhu,
 - vytváření a pohybu ledové masy v toku.

Vývoj sezonality povodní na Labi v Děčíně



Běžné roční srážkové úhrny dosahují na většině území České republiky hodnot kolem 500–1 000 mm/rok. Srážkově bohatší jsou horské a podhorské oblasti.
Zdroj: ČHMÚ, 2007a

Normály ročních srážkových úhrnů 1916–1990 (mm)
(Metoda spliningu dr. Květoně a ing. Retta)



Deště přinášející povodně

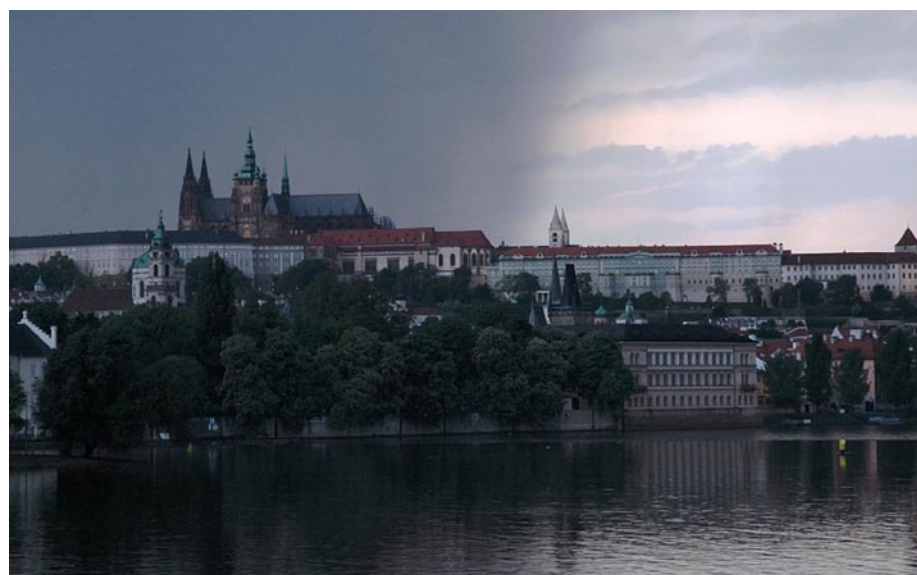
Jak jsme uvedli, ke vzniku povodně přispívají zejména dlouhotrvající vytrvalý déšť na velkém území a přívalové srážky.

Dlouhodobý vytrvalý déšť

Vytrvalé srážky přicházejí v souvislosti s meteorologickými frontami. Setká-li se teplý proud vzduchu v atmosféře s chladnějším vzdušným prouděním, dochází k jeho pomalému, ale zato neustálému stoupání. Na velké ploše území pak padají slabší, ale dlouhotrvající srážky. Tento přechod mezi teplou

a studenou masou vzduchu se nazývá teplá fronta. Není vázána na jedno místo, nýbrž otáčí se pomalu kolem oblasti nízkého tlaku vzduchu.

Vytrvalý déšť nasytí půdu vodou, což je významný povodňový faktor zvláště v povodí velkých řek. Jsou-li během 24 hodin překročeny hodnoty srážek 15–30 mm, vzrůstá pravděpodobnost vzniku povodně. Další srážky se již z větší části nemohou vsáknout do půdy, proto ihned odtékají. Z rozlehlého území pak proudí do koryt vodních toků více vody, než tato mohou pojmout.



Ohniska bouřek nebo přeháněk jsou prostorově úzce ohraničená. Nad malými oblastmi prší velmi silně, v jejich okolí jen málo nebo vůbec ne.
Zdroj: DF Klub, 2007, Jiří Kubík

Změna klimatu a srážkové cykly

K přirozeným klimatickým změnám docházelo během tisíců let stále. Nové z hlediska historie Země je masivní uvolňování oxidu uhličitého a jiných skleníkových plynů, způsobené lidskou činností od počátku průmyslové revoluce v 18. století až dodnes.

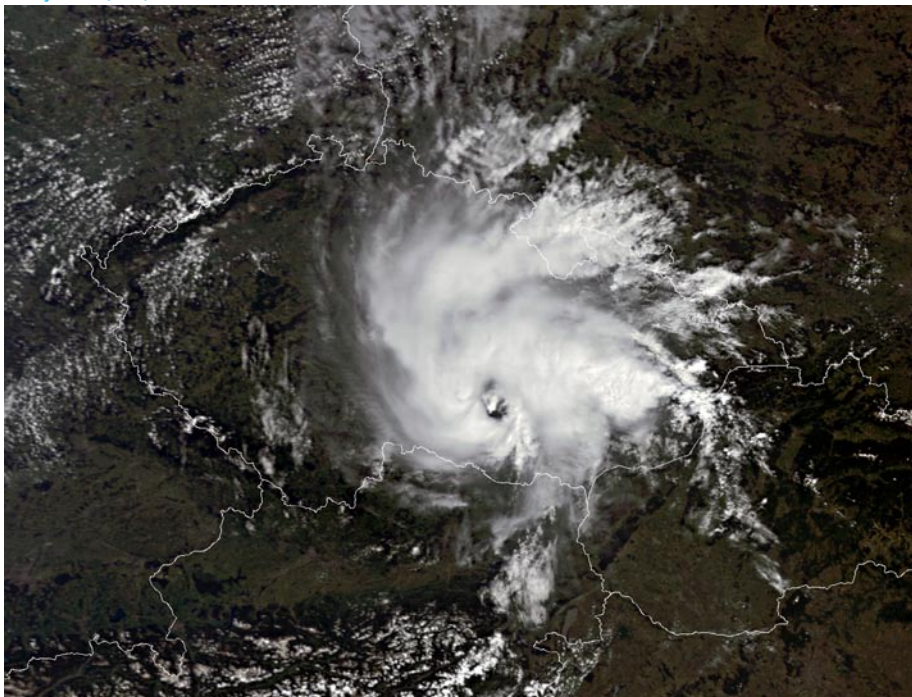
Zvýšené koncentrace skleníkových plynů vedou k oteplování atmosféry. Globální klimatické modely předpovídají, že průměrná teplota stoupne do roku 2100 o 1,5 až 5,8 stupňů Celsia. Prognózy se liší podle použitého modelu a výchozího ekonomického vývoje.

Zůstává otevřenou otázkou, jak se zvýšení teploty projeví na hospodaření s vodou v našich zeměpisných šířkách. Protože teplejší vzduch může absorbovat více vody a protikladná působení tlaku vzduchu při oteplení zesilují, bude pravděpodobně docházet ke zvýšení frekvence přívalových dešťů a bouřek. Důsledkem těchto jevů by byla eroze a častější zejména lokální povodně. Na jiných místech by to mohlo být obráceně, a tudíž by došlo ke snížení frekvence srážek a k delším obdobím sucha, což by způsobilo nedostatek vody. Tyto nejednoznačné závěry o vývoji klimatu ve střední Evropě vyplývají jak z českých, tak z německých klimatologických studií (viz také kapitola 2).

Spolkové země Bavorsko a Bádensko-Virtembersko jsou ve spolupráci s Německou meteorologickou službou nositeli společného projektu pod názvem KLIWA (<http://www.kliwa.de>).

Zkoumání řad naměřených hodnot, která jsou k dispozici pro jižní Německo, ukázala, že na celém zkoumaném území stouply průměrné roční teploty podle oblastí o 0,5 až 1,2 stupně Celsia. K největšímu nárůstu teploty došlo v prosinci, a to až o 2,7 stupně Celsia. Od počátku 50. let 20. století klesl také počet dní se sněhovou pokrývkou v nadmořské výšce pod 800 m, a sice o 20–40 %. V létě je srážek méně, naopak jich přibývá na jaře a v zimě. Přívalové srážky jsou v zimě častější, stouply o 30 až 35 %, zatímco v létě se neprojevují žádné zřetelné změny. Změny ve srážkách se odvozují od změny četnosti povětrnostních situací ve střední Evropě. Roční maximální odtoky na vodních tocích neukázaly za posledních 70 až 150 let u převážné části ze 107 zkoumaných vodočtů v Německu žádné změny.

Víř mraků kolem tlakové níže na družicovém snímku.
Zdroj: ČHMÚ, 2007b



Přítalové deště

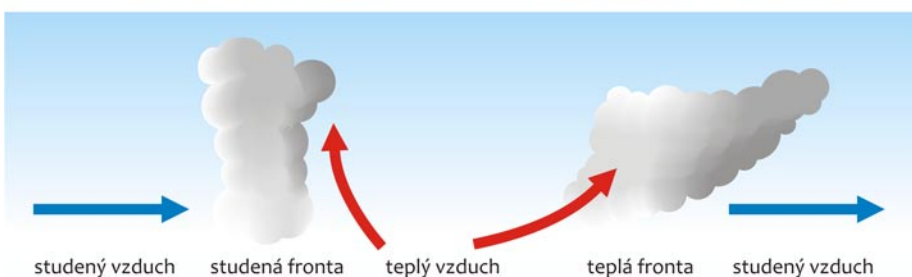
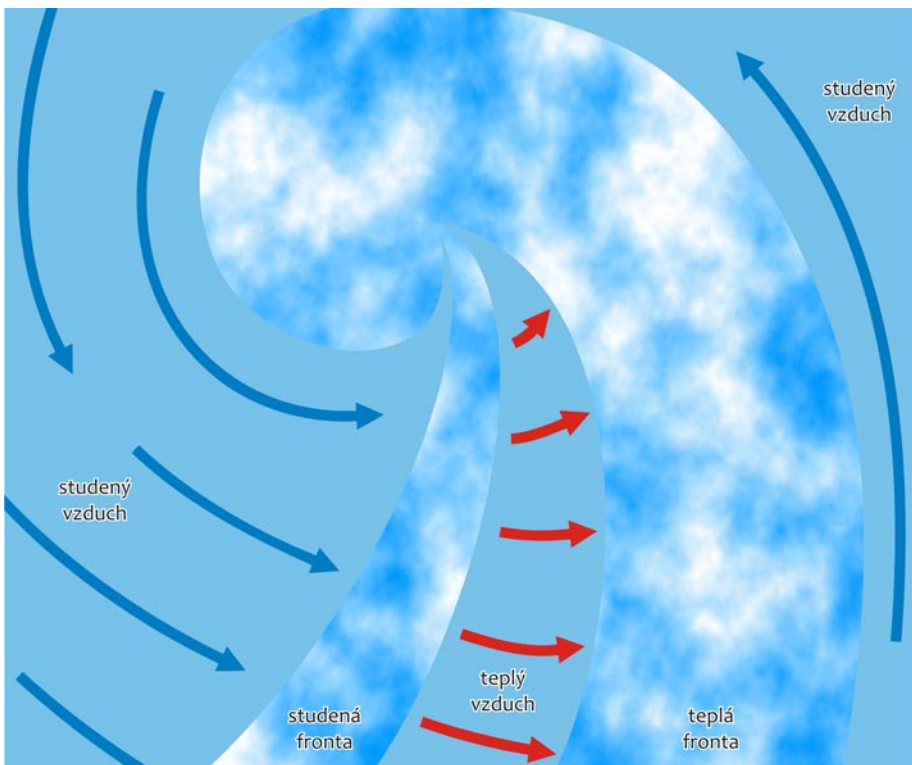
Stoupá-li teplý a velmi vlhký vzduch rychle vzhůru, mohou vznikat mohutné mraky. Coby ohniska bouřek a přeháněk se omezují na poměrně malý prostor. Nad územím o rozloze často jen několik čtverečních kilometrů náhle zaprší velmi silně, v jejich okolí jen málo nebo vůbec ne. To vyvolává povodně především na menších vodních tocích. Protože však přítalové srážky dosahují v extrémních případech intenzity až 100 mm za hodinu, mohou vyvolat bleskové povodně.

Vydatnější srážky vznikají také při poklesu proudění studeného vzduchu. U tzv. studené fronty se studený vzduch podsouvá pod teplý a nutí tak teplý vzduch k prudkému a rychlému stoupání.

Povětrnostní situace

Bez vlhkého mořského vzduchu by u nás přšelo jen málo. Nad pevninou je vzduch kvůli nízké míře odpařování vody většinou relativně suchý. Vlhčí vzdušné proudy přicházejí nad naše území od Atlantiku a od Středomořního moře. V důsledku toho může vydatně přšet a mohou vznikat povodně.

Ve střední Evropě rozlišujeme různé povětrnostní situace, jednak podle uspořádání jejich oblastí vysokého a nízkého tlaku vzduchu, jež určují ráz počasí, jednak podle hlavního směru větru. V létě přichází od moře relativně chladný a vlhký vzduch. V zimě naopak přichází teplý a vlhký vzduch ze západu až severozápadu. Když se tyto masy vzduchu v oblastech nízkého tlaku vzduchu (cyklónách) nebo ve výběžcích tlakové níže zvednou, přší. Mnoho povodní vzniká právě při těchto meteorologických situacích.



Dlouhodobé srážky jsou v našich zeměpisných šířkách vázány na fronty, v rámci kterých se setkávají teplé a studené vzdušné proudy.
Zdroj: Spektrum Wasser 1, 2004

Při dlouhotrvajícím chladném počasí se řeky pokrývají ledem. Odchod ledových ker při následném oteplení může být velmi problematický. Ledové kry, které vznikají při lámání ledového příkrovu, mohou být při vysokých průtocích vytlačovány mimo koryto a mohou poškozovat vodní díla i jiné stavby v okolí vodních toků.
Zdroj: Spektrum Wasser 1, 2004



Tání sněhu

Kromě srážek se na vzniku povodní zejména na jaře a v zimě významně podílí tání sněhové pokrývky. Nejdříve se voda, která spadla na zemský povrch v podobě sněhu, zadržuje ve sněhové pokrývce. Teprve při oblevě odtéká tato voda z území. Jestliže zároveň taje sníh a do toho prší, množství odtékající vody se načítá (k tomuto jevu došlo při povodních 2006 – viz kapitolu 2).

Množství vody, které zadržuje sněhová pokrýвка, se může velmi lišit. Napadne-li 1 cm prachového sněhu, odpovídá to 1 mm dešťových srážek, tj. 1 litru/m² vody. Opakované odtávání a přimrzání mění během času strukturu sněhových krystalů. Jejich vlastní váha přispívá k tomu, že se sníh dále sesedá a vzniká tzv. starý sníh. V takovém sněhu už nejsou téměř žádné vzduchové „dutiny“ – tj. má velkou hustotu. Centimetr mocná vrstva sněhu obsahuje až 4 litry/m².

K tání potřebuje sníh teplo. Sluneční záření, teplota vzduchu a vítr mu toto teplo dodávají. Také dešťová voda má v porovnání se sněhem vyšší teplotu a přispívá k jeho tání. Když taje, může vysoká sněhová pokrýвка ve svých pórech nejprve zadržet velké množství vody. Teprve mnohem později tato voda z tajícího sněhu postupně odtéká. Vysoká sněhová pokrýвка tedy nejprve povodeň zbrzdí. Naproti tomu tenká sněhová pokrýвка taje za deště velmi rychle a tající sníh odtéká zároveň s dešťovou vodou. Kromě toho je pod tenkou sněhovou pokrývkou půda promrzlá, proto se do ní nemůže voda vsáknout. Málo sněhu tudíž zvětšuje pravděpodobnost vzniku povodní, pokud současně s táním i prší.

Tání sněhu na horách

Na horách se přes zimu obvykle vytvoří mohutná sněhová pokrýвка. Téměř veškeré srážky se zadrží v podobě sněhu. Jen málo vody je odvedeno řekami. Když se na jaře oteplí, sníh postupně odtává. Zatímco v údolích je teplota již nad bodem mrazu, o sto metrů výš ještě mrzne. Probíhá-li vše příznivě, sníh v nižších polohách roztaje a voda z něj oteče dříve, než začne tání ve vyšších nadmořských výškách.

Začne-li však brzy na jaře vydatně pršet, roztaje následkem přísunu tepla velké množství sněhu v krátkém čase. Toto zbytkové tání způsobuje velmi rychlé zvýšení stavu vody v řekách.

Tání sněhu ve středohořích a v nížině

V nížině a ve středohořích se zpravidla přes zimu nevytváří souvislá sněhová pokrýвка, která by byla s to zadržovat vodu. Časté střídání sněhových srážek a oblevy způsobuje, že sníh se v těchto polohách dlouho neudrží. Oblevou tedy mohou být současně zasaženy rozsáhlé oblasti včetně vyšších poloh, čímž se uvolňuje velké množství vody najednou. Oblevu ve středohořích a nížinách vyvolávají většinou vlhké a mírné pásy vzduchu z jihozápadu a západu.

Led ve vodním toku

Jak jsme již uvedli, led ve vodních tocích může být významnou překážkou pro odtok vody z území. K povodňovým událostem přispívá jak tzv. okrajový led, hladinový led, led na dně, tak vodou nesená ledová kaše a vznik tzv. ledových nápěchů.

Když rtuť teploměru klesne pod bod mrazu, začíná voda souvisle zamrzat. Jednotlivé krystaly ledu rostou, spojují se do větších struktur a trvá-li mráz dost dlouho, vytváří se i v tekoucích vodách souvislá vrstva ledu. Nejprve se u břehu objeví tenčí okrajový led. Vzniknou-li z něj později ledové kry, hovoříme o ledové třísti. Tyto kry mohou uváznout na mělčinách nebo v zákrutách řeky. Zaklíní-li se u mostů a jezů, vzniká nebezpečí městnání ledů. Stále se zvětšující barikády z ledových ker zatarasí tekoucí vodě cestu. Odtok v řece je natolik omezen, že řeka vystoupí z břehů. Led může způsobit lokální vzestup hladiny řeky až o několik metrů.

Jestliže tlak na ledovou bariéru zesílí, může voda velkou silou prolomit ledy. Předtím, než se řeky začaly regulovat a než se začala stavět zdymadla, se výše uvedené problémy s ledem vyskytovaly často opakovaně na stejných místech. Postiženými místy byly často úzké soutěsky (např. Vltava u Štěchovic) nebo významné kamenné mosty, které ledochodům překážely přímo v toku.

Řeky nezamrzají vždy směrem od hladiny ke dnu. Ledové krystaly se mohou v důsledku turbulencí dostat na dno a tam přimrznout. Tak vzniká led na dně vodního toku. Koryto se zespodu a ze stran stále více zužuje, až si voda musí hledat k odtoku jinou cestu.

Vlivy zemského povrchu

Za deště ulpívá část srážek na listech rostlin v podobě kapek. Jiná část se vsakuje do půdy nebo je zachycována v terénních prohlubních. Tyto zachycené srážky neodtékají, a tudíž nezpůsobují povodňové nebezpečí.

Teprve prší-li déle, nemůže být voda už zachycena a dochází k jejímu odtoku. V zimě a na jaře, když je půda zmrzlá nebo nasáklá vodou, odtéká více vody než v létě. Déšť rozpouští tenký příkrov sněhu a tající voda zdvojnásobí svůj odtok. Všechny tyto procesy určují, kolik vody odečte z území pryč – tj. určují tzv. odtokové poměry.

Mají-li vodní toky velký spád nebo jsou-li krátké, stéká se voda rychleji dohromady. Značné množství vody musí být pak odvedeno současně a roste pravděpodobnost vzniku povodní. Je-li spád toku mírný a odtokové cesty dlouhé, koncentrace odtoku se zpomaluje. Množství vody může být odváděno rovnoměrně po delší dobu. Odtokové poměry a koncentrace odtoku určují průběh povodně v řekách s malým povodím.

V řece brzdí odtékající vodu porost a kmeny. Čím drsnější je koryto, tím více se zpomaluje průběh povodňové vlny. Dochází-li k rozlivům mimo koryto vodního toku,

zadrží část přebytečné vody i říční niva. Tento přirozený rozliv působí také na utlumení povodňové vlny – voda nestoupá tak rychle a tak vysoko. Je-li v říční nivě zadrženo málo vody a povodňová vlna má rychlejší průběh, zhoršuje se povodňová situace po proudu řeky.

Setkají-li se povodňové vlny dvou řek ve stejnou dobu na jednom místě, hovoří se o „skládání“ povodňových vln. Tak může dojít k tomu, že se povodeň středního rozsahu změní ve stoletou povodeň. Je proto lepší, když k tomuto jevu nedojde. V takovém případě trvá povodeň sice podstatně déle, ale průtoky v řekách jsou nižší a je pravděpodobnější, že se udrží v prostoru ochranných hrází.

Odtokové poměry

Porost, půda a terén zadržují část srážek a mohou tak napomoci zmírnění průběhu povodně. Hustý, vzrostlý les ve vlněném terénu má nejvyšší retenční schopnost. Asfaltová silnice s rovným nepropustným povrchem je jeho protikladem, protože z ní naprostá většina vody okamžitě odtéká pryč.

Porost

Ve volné přírodě padá déšť na stromy, keře a rostliny. Zpočátku listoví a jehličí téměř vůbec nepropouští vodu. Teprve pozvolna začíná voda prosakovat a déšť postupně proniká k půdě. Na louce se zachytí 2 mm, v lese až 5 mm vody v podobě kapek na trávě či listech stromů. Po dešti se tato voda opět odpaří.

Tímto odpařováním z porostu (tzv. evapotranspirací) se vrací vlhkost z méně vydatných srážek rychle zase zpět do atmosféry. Tak se po celé týdny či měsíce dostane do půdy jen málo vody. Kromě toho spotřebuje část vláhy i vegetace, která na ní roste. Půda vysychá a její póry jsou připraveny opět zadržet vodu. Spadnou-li pak přívalové deště v rozsahu 30–40 mm za den, suchá půda vodu vstřebává a tím se zmírní povrchový odtok. Porost tak působí jako tlumivý povodňový faktor.

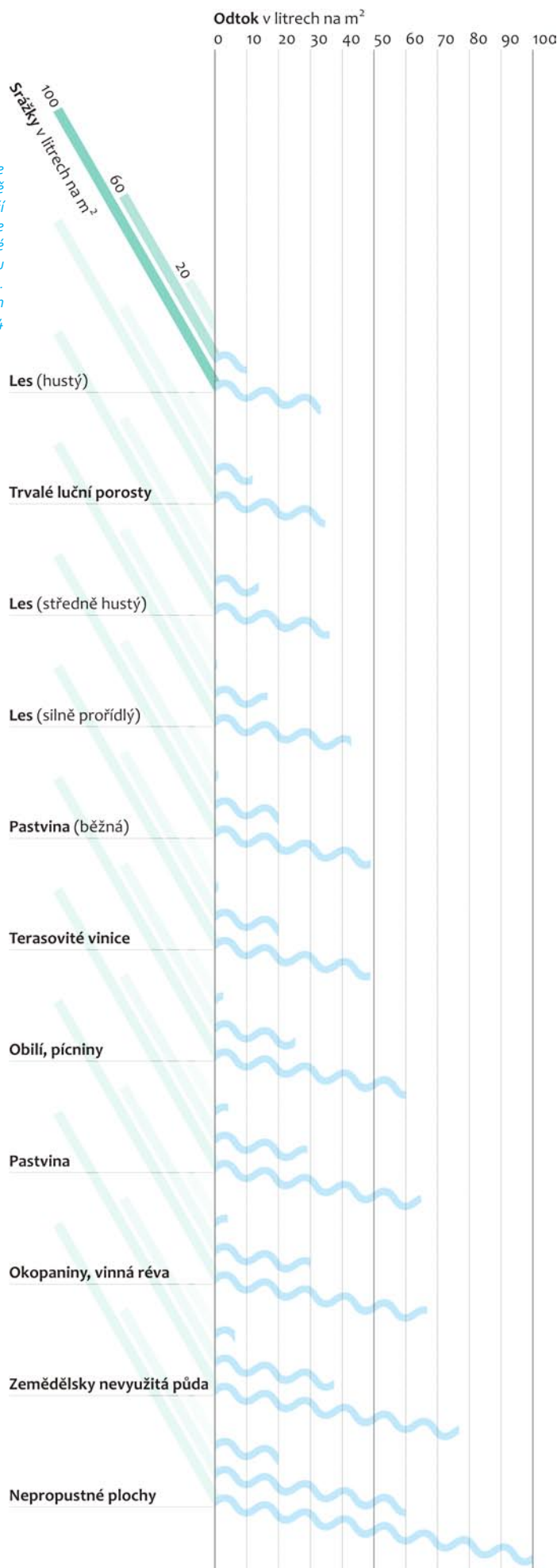
Vegetace tedy nejen vodu zadržuje, ale zlepšuje také propustnost povrchu. Voda proniká rychleji a hlouběji do půdy. Tento proces se nazývá infiltrace. Největší podíl infiltrace je u letitých lesních porostů. Na rovinaté lesní půdě se vsákne za hodinu 60 až 70 litrů/m². Řídce porostlá pastvina oproti tomu pojme pouze 20 litrů. Ještě menší podíl infiltrace je u půdy, na níž se pěstují okopaniny, obilí nebo píce.

Velké odtoky a nepatrné vsakování při velkých deštích způsobují následně záplavy.
Zdroj: Vlastní



Voda, která již nemůže proniknout do půdy, musí odtéci po povrchu. Přitom s sebou odnáší zeminu a části rostlin.
Zdroj: Spektrum Wasser 1, 2004

Kde jsou rostliny, může se odpařit a zadržet v půdě více vody. Čím hustší a vyšší porost, tím lépe funguje přirozená retence. Asfaltové plochy nezadrží žádnou vodu.
Zdroj: Spektrum Wasser 1, 2004



Terén

Při povrchovém odtoku se voda zachycuje v prohlubních a strouhách. Odborníci hovoří o retenční schopnosti krajiny. Známe deštěm zaplavené louky a pole. Voda na nich zůstává stát, a tedy neodtéká ihned do řek. Na základě pozorování v terénu bylo zjištěno, že se v prohlubních a terénních nerovnostech zachytí 1 až 5 litrů/m². V rovinatém terénu je tato retenční schopnost větší než v příkrém a svažitém terénu.

Přes svůj pozitivní účinek je vliv retenční schopnosti krajiny na průběh povodní do jisté míry omezen. Při vytrvalých silných deštích se tato schopnost krajiny postupně vyčerpává tak, jak se půda nasycuje vodou. Retence je tedy významným faktorem zejména v počátečních fázích povodně.

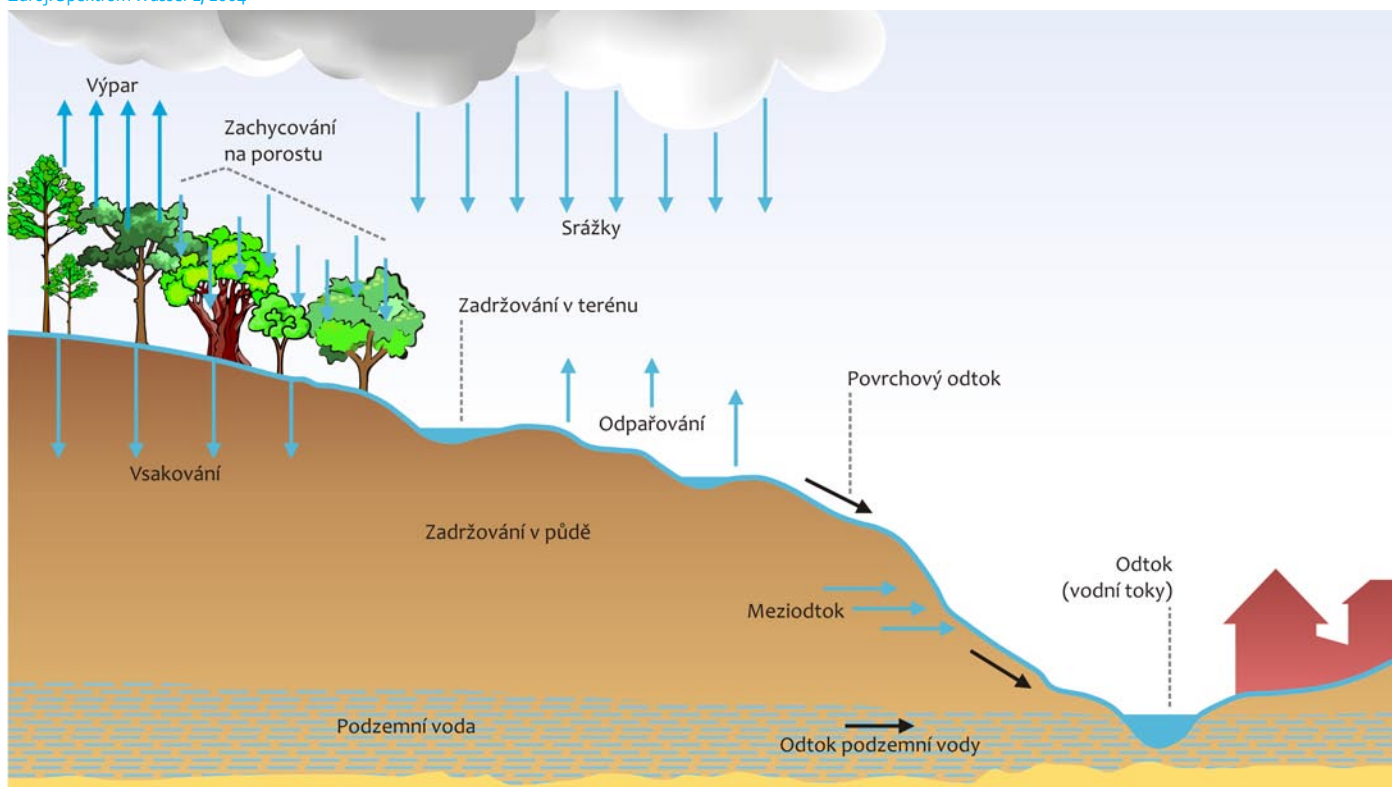
Půda

Půda nasává vodu jako houba. Zornění půdy určuje její retenční vlastnosti. Tyto vlastnosti kolísají podle obsahu humusu, druhu půdy, její mocnosti a míry zhutnění. Vlhká jílovitá půda přijímá i v hloubce 1 metru ještě až 150 litrů/m². To je více srážek, než obvykle spadne za dva měsíce. Chceme-li snížit riziko povodní, je samozřejmě příznivé, když půda může přechodně zadržet velké množství srážek.

Stává se však, že v krátkém čase prší velice intenzivně. I když retenční schopnost půdy ještě není vyčerpána, může dojít k tomu, že se voda dostatečně rychle nevsakuje. Shromažďuje se na povrchu a odtéká z něj pryč. Podíl infiltrace udává, kolik vody se může vsáknout za hodinu. Je-li obsah vody v půdě již velmi vysoký, podíl infiltrace se snižuje. Velké a spojitě póry v půdě podporují vsakování. Nejrychleji přijímá srážky písek a drobný štěrk. Naproti tomu hlinitá půda s jemnými póry propouští vodu jen velmi pomalu.

Prší. Voda, která se neodpaří nebo nezadrží v půdě, odtéká v podobě povrchové a podzemní vody do nejbližšího vodního toku. Jsou-li srážky vydatné, je tento odtok tak velký, že je kapacita koryt vodních toků překročena a dochází k povodni.

Zdroj: Spektrum Wasser 1, 2004



Koncentrace odtoku

Při vydatných srážkách se voda shromažďuje na povrchu a odtéká spádem v praménkách a potocích. Z pohledu od ústí řeky lze přesně určit, ze které oblasti do ní voda přitéká. Tuto oblast nazýváme povodím řeky. To je na

okrajích ohraničeno tzv. rozvodími. Povodí větších řek zahrnuje také povodí všech jejích přítoků. K povodí Labe patří tedy rovněž například povodí Vltavy, Ohře, Jizery aj. Čím větší je plocha odvodňovaná přítoky, tím větší je celkové povodí dané řeky. Pro vznik povodní je přítom rozhodující, kolik procent povodí

odvádí vodu ve stejný čas. Nejrychleji stoupá voda v řekách v malých, kopcovitých povodích, v nichž při bouřkách prší na celém jejich území. V takovém případě přispívá k odtoku 100 % plochy povodí. Kvůli svažitému terénu kromě toho voda velmi rychle stéká na jedno místo. Doba koncentrace je krátká. Řeky s velkým povodím stoupají v důsledku delší doby koncentrace především při vytrvalých deštích, které zasahují významnou část plochy povodí.

Na koncentraci povodňových vln v rámci primárních povodí zasažených povodněmi má velký vliv stav koryt vodních toků. Pokud jsou tyto toky spíše technicky upravené, voda v nich teče rychleji a povodňové vlny se koncentrují do větších kulminačních úrovní.

Rozloha, spád a tvar povodí a charakteristiky sítě vodních toků jsou parametry určující dobu koncentrace povodňové vlny v povodí. Čím menší je povodí, tím kratší jsou také odtokové cesty a tím kratší je i doba koncentrace. V důsledku většího spádu odtéká voda v horách z povodí rychleji než v nížinách. To částečně vysvětluje častější výskyt lokálních bleskových povodí v horských či podhorských oblastech (např. Frýdecko-Místeko, Jesenicko, Vysočina aj.). Z matematických modelů vyplývá, že čím vějířovitější tvar má povodí, tím kratší je při stejné ploše povodí



V malých povodích mohou i krátké přehánky způsobit značné škody.

Zdroj: Vlastní

Bouřky a lokální bleskové povodně

Bouřky, přívalem deště a jimi způsobené lokální bleskové povodně působí značné škody, jež místně přesahují i následky velkých povodní na hlavních vodních tocích. Následující úryvky z denního tisku ilustrují tyto dramatické události:

„Bleskové povodně na Pacovsku, Pelhřimovsku a Chotěbořsku byly dílem několika málo desítek minut, nejvýše jednotek hodin. Z nebe padaly obrovskou rychlostí nejen tisíce tun vody, ale na některých místech i ledových krup... meteorologická měření říkají, že v oblasti Kojčic u Pelhřimova spadlo na 1 metr čtvereční za hodinu skoro 200 litrů vody a v oblasti Malče zhruba 100 litrů vody... Blesková povodeň v Malči ani neumožnila některým obyvatelům vyjet se svými auty z garáží, které jsou často umístěné i pod úrovní terénu. Škody na osobním i obecním majetku byly právě rychlostí příchodu povodně umocněny.“ [Vystrčil, M., Jihlavské Listy, 27. 5. 2005]

Obdobný případ popisují i noviny Boskovicko: „Silný přívalem deště udělal z jinak vcelku nenápadného Nyklovického potoka dravou řeku a ta se během několika okamžiků rozlila v půldruhého metru hluboké jezero, které zaplavilo domy vodou a blátem... Výsledkem řádění vodního živlu bylo na šedesát zaplavených domů, z toho asi v pětadvaceti voda a bláto zalily obytné prostory.“ [Boskovicko, červen 2003]

Záplavy v důsledku prudkých a zpravidla krátce trvajících srážek mohou povodňová hlásná služba a lokální varovné systémy jen velmi zřídka předvídat včas. Obyvatelstvo a orgány ochrany před povodněmi jsou v těchto případech odkázány na varování meteorologů. V České republice zajišťuje tato varování Systém integrované výstražné služby (SIVS) Českého hydrometeorologického ústavu (<http://pocasi.chmi.cz/index.html>). V rámci tohoto systému jsou sledovány různé meteorologické a hydrologické jevy (např. dešťové srážky, bouřky s doprovodnými jevy, povodňové jevy, vítr, sucho aj.). Každému jevu je podle míry jeho intenzity přiřazen stupeň nebezpečí. Při výskytu nebezpečných jevů jsou zveřejňovány výstražné informace, které jsou dostupné on-line na stránkách SIVS a jsou rovněž zasílány dotčeným orgánům veřejné správy. Avšak přesné místo, čas a množství srážek nelze předpovědět, neboť ohniska bouřek vznikají náhodně a již po 15 až 30 minutách mohou zase zaniknout.

Lokální povodně v roce 2004 ve Slatinicích.
Zdroj: Obec Slatinice, 2004.



doba koncentrace. Malé území vějířovitého tvaru a s velkým spádem má tedy nejkratší dobu koncentrace. Naproti tomu voda v podlouhlém rovinatém povodí s velkou rozlohou je koncentrována pomaleji. Přívalové deště trvají sice většinou jen krátce, ale při velké intenzitě srážek může na jeden čtvereční metr spadnout extrémní množství srážek. Malá povodí jsou těmito jevy zasažena nejvíce. Voda z celé plochy povodí se rychle soustřeďuje do vodních toků, také okrajová území odtok zvyšují. Koryto toku musí tak za krátký okamžik pojmout velké množství vody. Přitom lze s těžší předvídat, kde dojde k povodni. Bouřková ohniska, která rozpoutají přívalové deště, jsou lokálně omezená, rychle mění svou polohu a nečekaně propukají v plné síle.

Není téměř žádný čas na varování. Během několika málo hodin může klidně tekoucí potok zvětšit svůj průtok desetkrát až stokrát. Posílá pak dál po proudu přes 1 m³ či 1 000 litrů vody za sekundu na jeden čtvereční kilometr. Ve velmi malých povodích může tato hodnota přesáhnout až 2 000 litrů. Takové množství vody významně překračuje kapacitu drobných vodních toků a může způsobit velké škody zejména v nevhodně situované zastavbě. Protože jsou však takové bouřky prostorově velice omezené, nemusí být celkové množství vody, které z nich pochází, v rámci větších povodí významné. Velké řeky tuto vodu snadno pojmu.

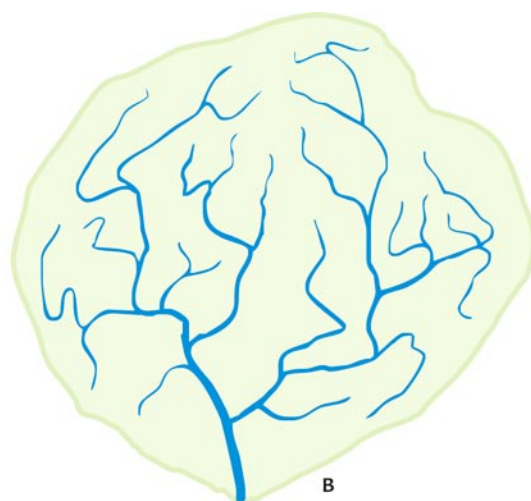
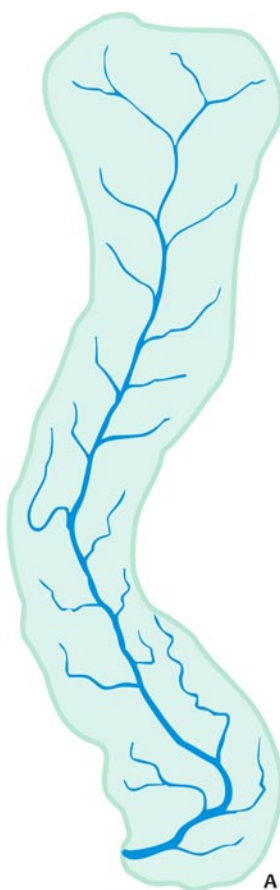


Rozvodněný drobný vodní tok v intravilánu obce.
Zdroj: Vlastní



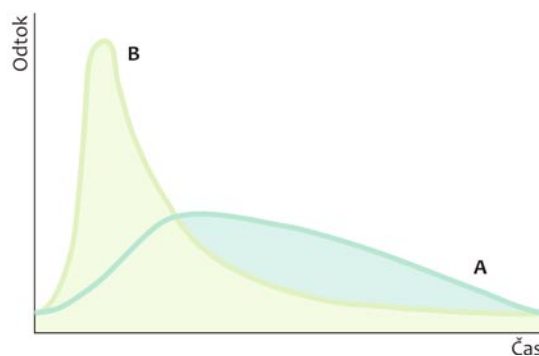
Ve strmých horských povodích se voda rychle shromažďuje a dosahuje vysokých odtokových maxim.

Zdroj: Spektrum Wasser 1, 2004



V povodích vějířovitého tvaru (B) se stéká voda ze všech jeho částí současně a tvoří strmé, krátké odtokové vlny. V dlouhém, protáhlém povodí (A) se voda rozdělí rovnoměrněji po celém toku řeky. Vznikají nízké a dlouhé odtokové vlny.

Zdroj: Spektrum Wasser 1, 2004



Průběh povodňové vlny

Povodňová vlna se příliš nepodobá klasické příbojové vlně na moři. Hladina vodního toku pozvolna stoupá hodinu za hodinou, den za dnem a ještě pomaleji zase klesá. Pozorujeme-li řeku, sotva poznáme, že se jedná o vlnu. Teprve když se stav zaznamenává na vodoměrné stanici po delší dobu, projeví se linie povodňového průběhu v charakteristickém tvaru vlny. Nejdříve strmě stoupá, po dosažení kulminační úrovně pak pozvolna klesá. Měříme-li čas, který potřebuje povodňová vlna k přesunu mezi dvěma body – například z Českých Budějovic do Prahy – dostaneme hodnotu, jež se nazývá doba průběhu vlny.

Jak povodňová vlna postupuje údolím k nižším částem povodí, dochází k její transformaci, a to opět v závislosti na stavu koryta toku a na podmínkách pro tlumivé rozlivy v říční nivě. Zejména když je koryto toku

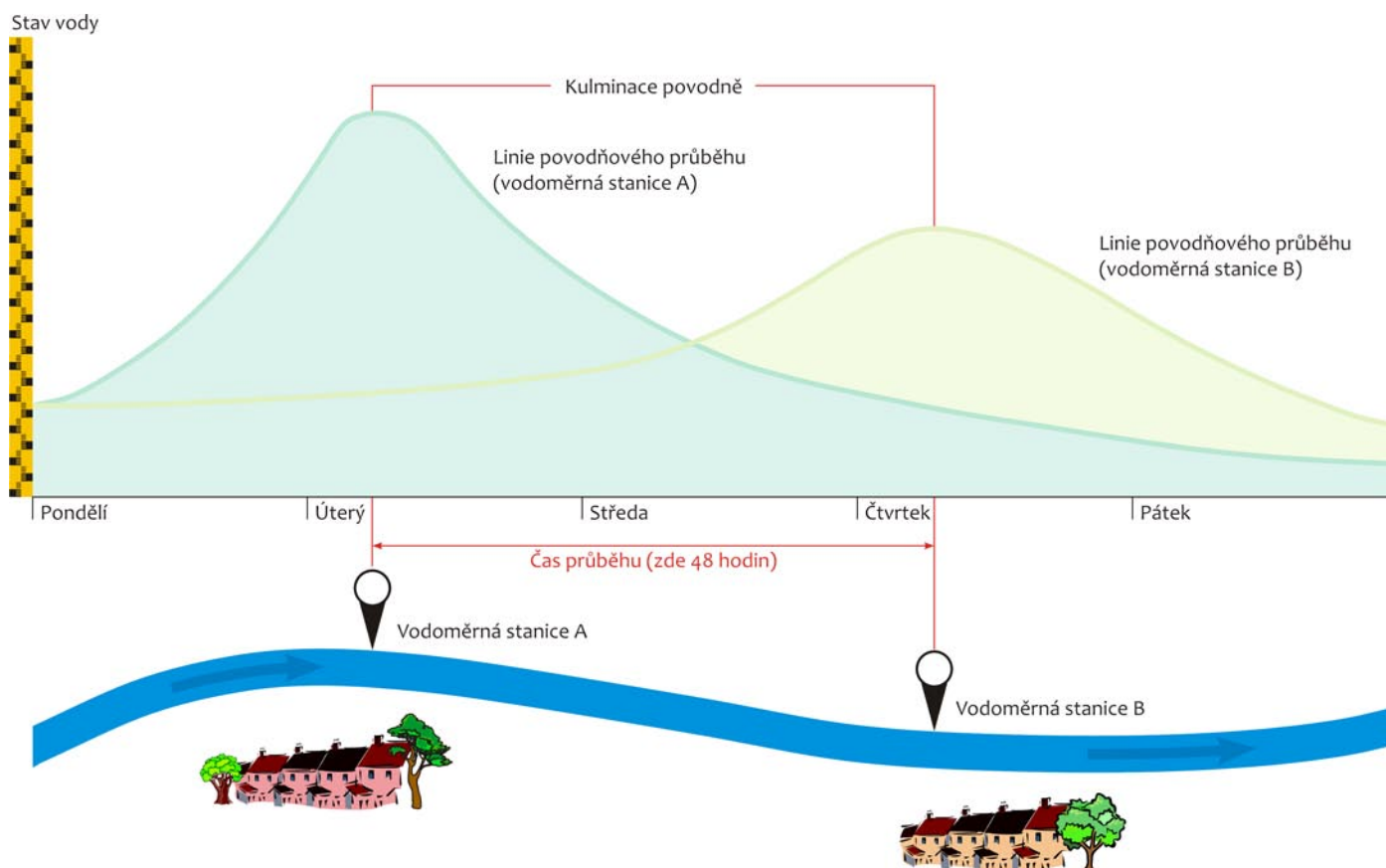
přírodní nebo přírodě blízké, tedy má malou kapacitu, je mělké, drsné a členité, dochází větší měrou k tlumení průběhu povodňové vlny rozlivem do nivy. Pokud je koryto technicky upravené, tedy kapacitní, přímé, hydraulicky hladké, může se naopak postup vlny zrychlovat a ta může postupem údolím ještě narůstat.

Jsou-li známy průběhové doby různých povodní jednotlivými údolními, lze s jejich pomocí předpovědět, kdy a kde se setkají povodňové vlny několika řek a jakých stavů vody bude patrně dosaženo.

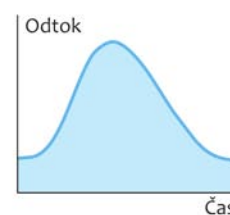
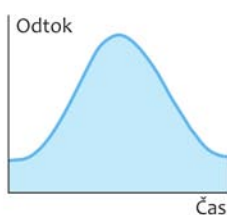
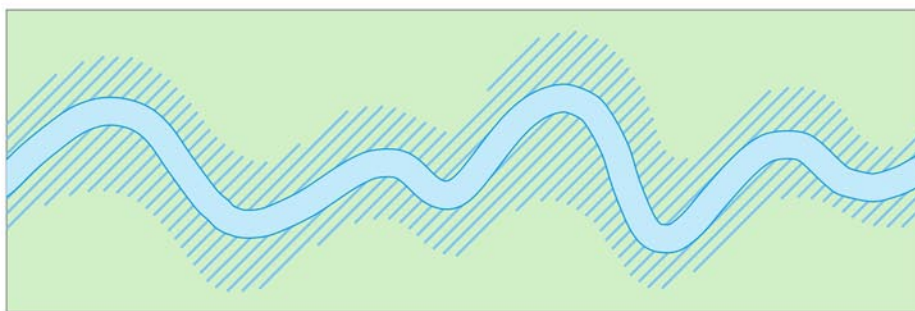
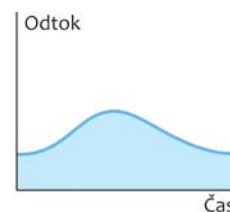
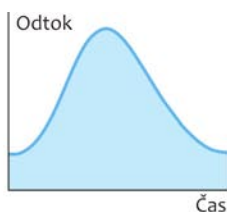
Zadržování vody v údolní nivě

Odtéká-li z povodí do řeky více vody, než může její koryto pojmout, řeka se vylije z břehů. V lepším případě, kdy je zachována nenarušená údolní niva řeky, dochází k přirozenému rozlivu do nivy, která může pojmout část nadbytečné vody. Zatopením nivy se

řeka rozšíří a nezastavěné plochy na březích zvyšují retenci vody v krajině. Pomocí břehových porostů zpomaluje niva také rychlost odtoku. V prohlubních a nerovnostech nivy se kromě toho zadržuje část vody. Proto není kulminace povodně tak dramatická a povodňová vlna postupně opadne. Zní to téměř paradoxně. Zvyšující se stav vody a pomalu tekoucí řeka snižují povodňové nebezpečí. Jak jsme však ukázali u doby koncentrace, rychlý odtok přispívá k tomu, že se musí z území odvést mnoho vody během krátké doby. Rychle odtékající řeky sice samy o sobě představují relativně malá, respektive prostorově dosti omezená povodňová nebezpečí, přenášejí však problém povodní na jiné místo. Jako v trychtýři se voda vměstná tam, kde je jí příliš těsně. Čím více vody mohou zadržet již přítoky a nivy v horním povodí, tím klidněji mohou obyvatelé na dolním toku očekávat jarní a letní deště.



Čím dále po proudu řeky se vlna pohybuje, tím je pomalejší a opadá.
Zdroj: Spektrum Wasser 1, 2004



Čím delší je řeka a čím více prostoru má voda v údolní nivě, tím významnějších efektů může dosahovat transformace povodňových vln. Říční koryto a údolní niva zadržují vodu. Čím více se v celém povodí využívá přirozené retence povodňových vod v korytech a v nivách, tím menší koncentrace povodňových vln je dosahováno. Zdroj: Spektrum Wasser 1, 2004

Skládání povodňových vln

Pokud k soutoku dvou řek dorazí jejich povodňové vlny současně, dochází ke skládání povodňových vln. Voda z přítoku ihned zvětší celkový objem odváděné vody z povodí a hodnoty kulminace povodně jsou významně zvětšeny. Následují-li nejvyšší stavy vody na dvou řekách jedna po druhé, pak vznikne protažený vrchol kulminace povodně nebo dokonce dva oddělené vrcholy kulminace. Ty jsou celkově nižší, a tu-

díž způsobují menší škody než při skládání povodňových vln. Proto je především pro včasné varování důležité znát časy průběhu povodňových vln jednotlivých vodních toků. I v případě, že přítok není zasažen povodní, může v něm nicméně dojít k povodňové události v důsledku zpětného vzduť (povodeň se vrací od soutoku proti proudu řeky). Tato situace nastala v roce 2002, kdy byly obce na Labi ohrožovány zpětnou vlnou, která přišla od soutoku s rozvodněnou Vltavou u Mělníka.

Změny v krajině



Člověk utváří své životní prostředí tím, že zasahuje do krajiny a využívá půdu ke své obživě, osídluje ji a získává z ní řadu dalších látek. Tyto umělé změny přírodního prostředí nemohou zůstat bez vlivu na odtokové poměry. Velmi diskutovaným tématem v souvislosti s povodněmi je tedy i zmenšení vsakovací schopnosti půd a povrchů v krajině v závislosti na míře lidských zásahů. Kde mizí zelené plochy pod asfaltem, kde je půda zhutněna nebo koryto potoka napřímeno, mění se rovněž významně podmínky pro odtok vody z území.

V omezeném rozsahu tedy sami určujeme, jaké množství srážek a jak rychle odeče do řek. Obdělávání půdy těžkou technikou nebo odvodňování širokých lánů polí zhoršují retenční vlastnosti krajiny a zvyšují tak nebezpečí povodně. Naproti tomu zalesňování nebo obnova krajinných prvků na svažitých pozemcích toto nebezpečí zmírňuje. Proto je nutné v jednotlivých případech zkoumat, jak se projeví jednotlivá opatření (zejména ta, která se týkají změny délky vodního toku nebo změny v zemědělském využití) na odtokových poměrech v daném území, a tím i na průběhu povodní. Vedle změn, za něž je odpovědný člověk, existují přirozené změny v krajině. Na vrchovině jsou potoky stále v pohybu. Přívaly a různé překážky nutí vodu ke změně směru, čímž se mění i koryto vodního toku. Téměř nepozorovaně v průběhu staletí dochází ke změně krajiny. Tyto změny jsou provázány přizpůsobením odtokových poměrů v dotčeném území.

Zmenšení vsakovací schopnosti půd a povrchů v krajině

Má se za to, že zmenšení vsakovací schopnosti půd a povrchů je jednou z příčin povodní. Jen velmi malý podíl půdy v povodí je však zcela nepropustný. V České republice můžeme vycházet z ukazatele „podíl zastavěných ploch“, který např. pro obce Středočeského kraje činil v roce 2005 od 1 do 3,6 % celkové rozlohy [RIS, 2007]. Přes 95 % srážek tedy dopadá na rozsáhlá nezastavěná území, která se vyznačují různou mírou propustnosti. I když tedy člověk řadu ploch zastavěl, na velkých řekách se to skoro neprojevuje.

Významnějším problémem v České republice v souvislosti s odtokovými poměry je spíše velký podíl zemědělské půdy (kolem 50–80 %), která je v řadě případů nevhodně obdělávána a cíleně odvodňována. Podíl nepropustných ploch na celkové rozloze území také významně narůstá, zejména v souvislosti s dalším zastavováním ploch v krajině.

Odtokové poměry také významně ovlivňují lidské zásahy do říčních niv mimo zastavěná území (jedná se např. o liniové úpravy, závážky aj.). Výzkumem po povodních 2002 bylo zjištěno, že 33 % nivy dolní Berounky je významně přeměněno člověkem. Výrazně upravená je též niva Vltavy nad Českými Budějovicemi (23 % plochy nivy). U ostatních niv (Malše, Lužnice, Úhlava, Vltava a Labe) činí podíl člověkem upravených částí nivy 9 až 13 %. S rozsahem antropogenních úprav nivy koresponduje rozsah zaznamenaných povodňových škod [MŽP, 2004].

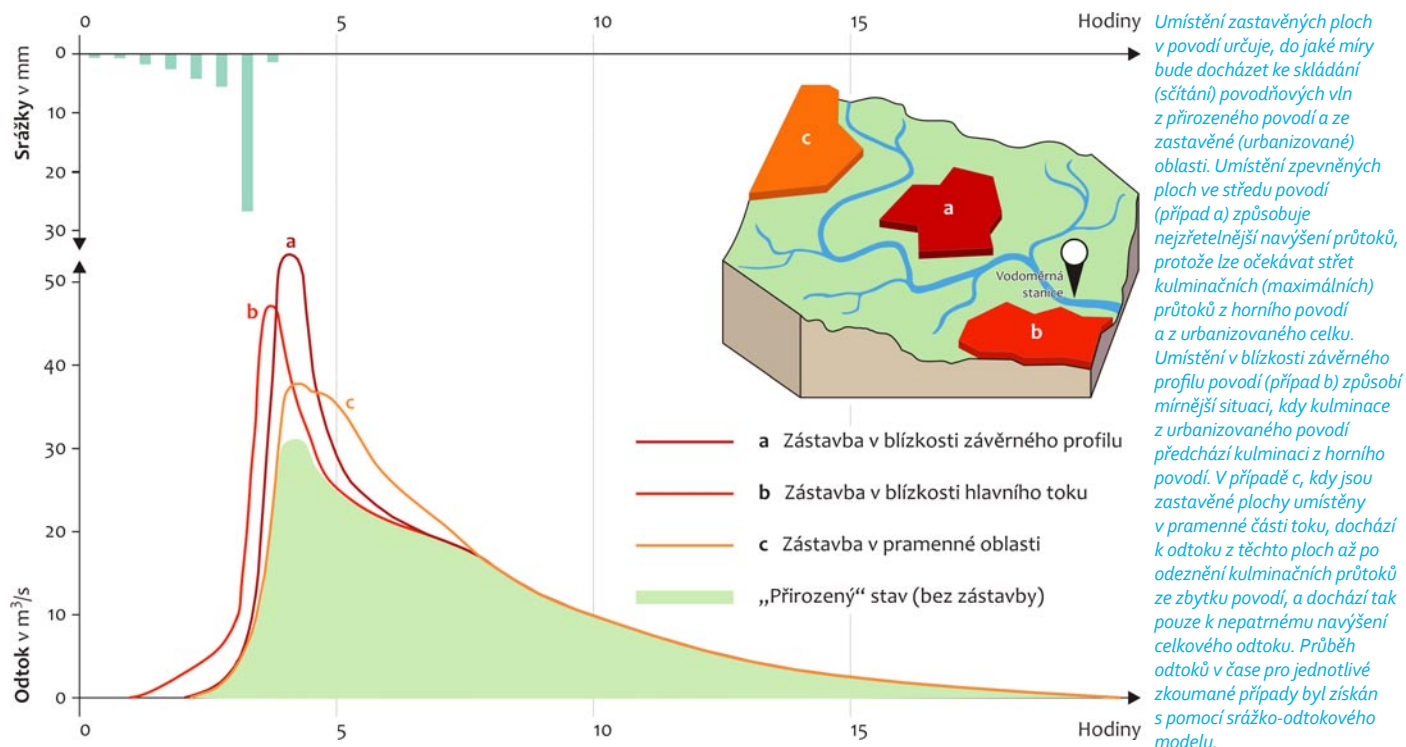
Propustná půda zadrží sice vodu, která z nepropustných ploch ihned odeče, ale i tato retenční schopnost má své hranice. Když je houba jednou mokrá, každá další kapka po ní ihned steče. Toto přirozené „nasyčení“ půdy lze pozorovat po dlouhotrvajícím dešti, ale i při mrazech. Za těchto podmínek se může vsáknout nebo na povrchu zachytit jen velmi málo vody. Při silném dešti, dochází na takové půdě ihned k povrchovému odtoku. V důsledku toho vzrůstá pravděpodobnost vzniku povodňových jevů. Zmenšení vsakovací schopnosti povrchů v krajině proto ovlivňuje podle výzkumů významněji zejména menší, častější povodně. Při extrémních povodních prší tak silně, že dochází k výše

Zkrácení říční sítě v České republice

Zkrácení říční sítě má při povodni významný vliv na zrychlení odtoku. To se projevuje zkrácením celkového času postupu povodňové vlny, což má mj. za následek také zkrácení času potřebného na přípravu, zabezpečení a evakuaci obyvatel a majetku. Jak jsme již uvedli, krácení koryt toků však vede především k nárůstu rychlosti proudění vody v napřímených úsecích a tím i k nárůstu ničivé síly povodňové vlny v těchto oblastech. V České republice došlo od 18. až do 1. poloviny 20. století k významnému zkrácení délky vodních toků, v některých případech (zejména u řek v plochých, nížinných nivách) až o dvě třetiny jejich délky [MŽP, 2004].



Srovnání meandrující řeky Bečvy u Hustopečí v letech 1876–1878 a stejné řeky dnes.
Zdroj: Poštulka, 2007



popsanému „přirozenému nasycení“ půdy vodou. Je-li vyčerpána přirozená retenční schopnost povodí, je množství odtékající vody určeno pouze intenzitou a délkou trvání srážek. Pak příliš nezáleží na tom, je-li půda pro vodu neprostupná „uměle“ člověkem nebo „přirozeně“ následkem dlouhotrvajících dešťů. Za povodní menšího rozsahu je však méně nepropustných ploch nespornou výhodou.

Zemědělství a lesní hospodářství

Vedle snížení propustnosti půd a vůbec povrchů v krajině způsobuje změny odtokových poměrů také zemědělství a lesní hospodářství v území. Přeměna zelených ploch v ornou půdu nebo přeměna lesa v pastvinu zvětšuje povrchový odtok. Porost a půda mohou tak zadržet méně vody. Významnými faktory zmenšování propustnosti půd jsou zhuťňo-

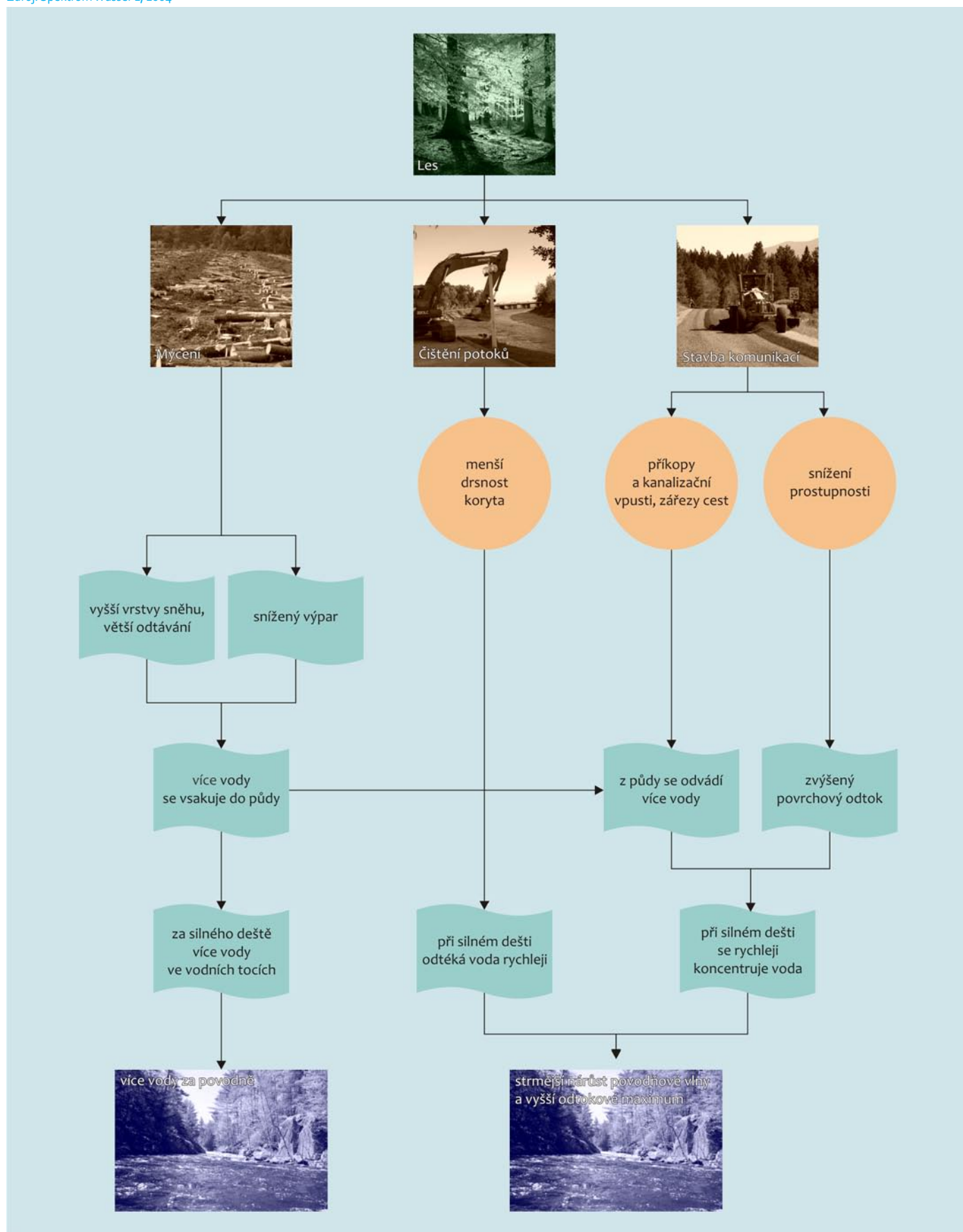
vání provozem těžké zemědělské techniky a nepříznivé změny vlastností půd (například rozpad struktury půd, k němuž může přispívat nadměrná mineralizace, podporovaná plošným odvodněním). Postranní příkopy a meliorační kanály, jež jsou zřizovány společně se zemědělskými cestami, odvádějí srážky do vodních toků rychleji, než tomu bylo dříve. V důsledku scelování polí byly malé zemědělské pozemky spojeny do velkých obdělávaných ploch. Někdy bylo nutným následkem tohoto postupu i napřímení drobných vodních toků. Následně došlo ke zrychlení odtoku vody z území a její rychlejší koncentraci v závěrných profilech dílčích primárních povodí.

Zatímco povětrnostní vlivy působící povodňové události jsou mimo lidskou kontrolu, změny v krajině umocňující povodně jsou naopak působeny samotnými lidmi. Poznání faktorů, které negativně působí na odtokové poměry v povodích, je prvním krokem k úspěšnému zmírňování následků povodní.

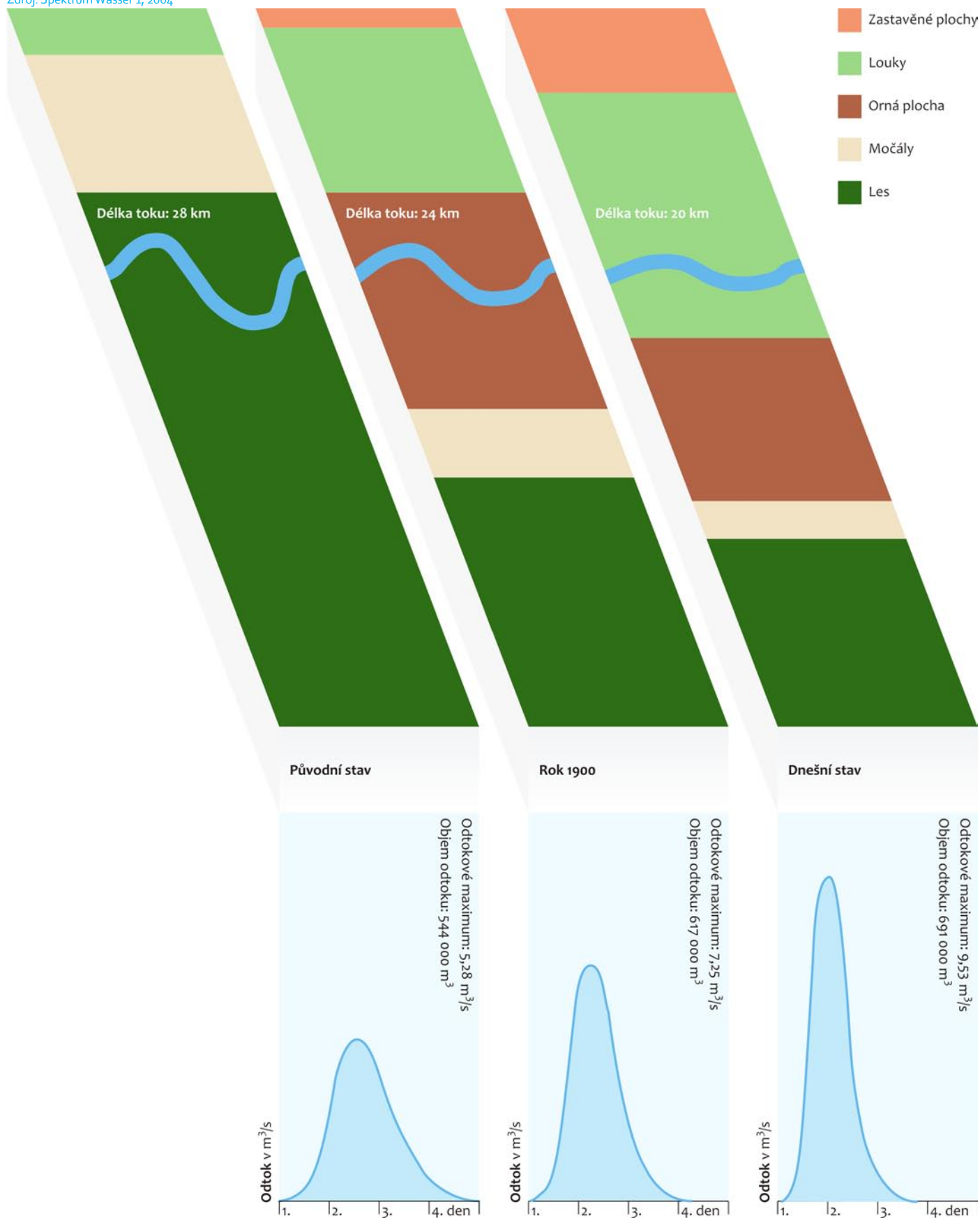


Tento potok byl zregulován (jako i řada dalších) v důsledku scelování polí v 50. a 60. letech 20. století. I při vysokém průtoku vody nevystupuje z břehů a odvádí vodu velkou rychlostí ihned do nejbližší řeky, jež tak dosahuje během krátké doby vysokých odtokových maxim. Zdroj: Spektrum Wasser 1, 2004

Zatímco mýcení lesa obvykle zvětšuje objem odtoku, vede stavba komunikací ke zkrácení doby koncentrace, a tedy k dynamičtějšímu průběhu odtoku. Poněkud mírněji ale stejným směrem jako mýcení porostů působí čištění vodních toků v lesích, především schází-li průvodní vegetace.
Zdroj: Spektrum Wasser 1, 2004



Působení změn v krajině na odtokové poměry v povodí německé řeky Attel bylo simulováno pomocí matematického modelu. Výsledek ukazuje, že maximální odtoky malých povodní musely dříve být zřetelně menší. Dnes způsobují srážky v rozsahu pětiletého maxima ve srovnání s „původním stavem“ o 40–60 % větší maximální odtok vody z území.
Zdroj: Spektrum Wasser 1, 2004

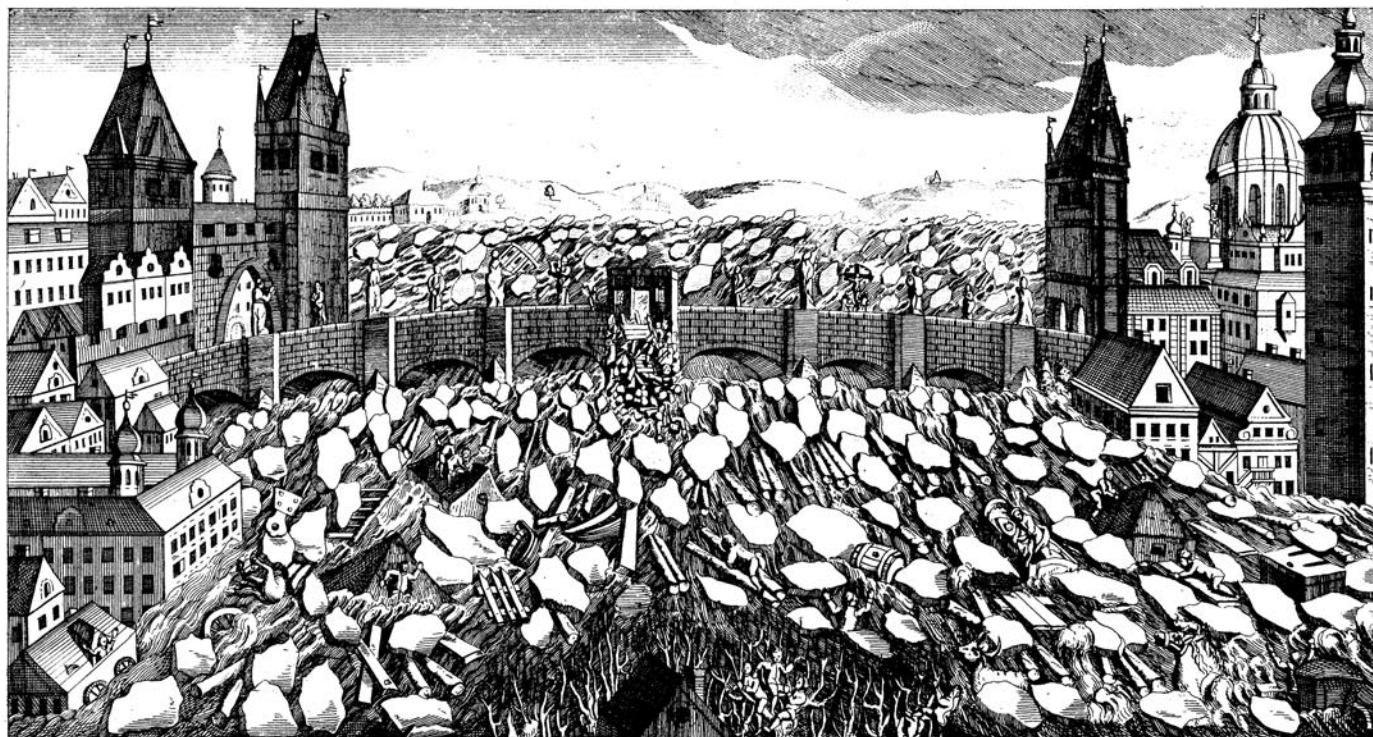


Historie povodní na českém území

Krajina kolem řek se odnepaměti formovala přirozenými erozními procesy.

Za posledních tisíc let se však tvář řek změnila především díky lidské činnosti. Důvodem úprav byla snaha využít energii vodního toku, rybolov, zlepšení plavebních podmínek a v neposlední řadě také ochrana před dopady povodní. Všechny tyto úpravy se samozřejmě projevily na změnách průtokových poměrů řek a tím i na dopadech povodní samotných.

První zprávy o regulacích řek u nás jsou ze 14. století, kdy císař Karel IV. chtěl podpořit rozvoj plavby v Čechách. Docházelo k odstraňování překážek z toku (kmenů, skal, naplavenin) a ke stavbě prvních jezů. Voda z řek byla využívána k pohánění mlýnů. Většina regulačních prací však byla lokálního charakteru, nedocházelo k výraznějším změnám průtočného profilu koryt řek ani k odklánění toků. Významnější zásahy do přirozeného charakteru splavných řek s sebou přináší až konec 19. století, zejména období 1896–1936, kdy byl realizován ambiciózní plán kanalizace a regulace Vltavy a Labe. Byla vybudována celá soustava plavebních stupňů, bylo provedeno vyrovnaní dna i břehů. Konečným výsledkem těchto úprav bylo vytvoření v podstatě umělých řek. Celý tento systém byl pak dokončen následnou výstavbou Vltavské kaskády [Kotyza, Cvrk, Pažourek, 1995].



Uorstellung der Grofsen Überschwemung und Eüß stoffes von 27 bis 28. Februarj 1784 in Prag.

Gezeichnet und zu haben bey Herr Franz Erben

Povodeň v Praze v roce 1784, při které byl poničen Karlův most a do Vltavy se zřítla strážnice s několika vojáky.
Zdroj: Muzeum hl. m. Prahy

Praha a povodně

Řada uvedených zásahů do řek, které ovlivnily průběh pravidelně se opakujících povodní, se odehrála i na Vltavě v Praze.

Historické povodně

Povodně byly vždy součástí života v Praze. Řeka se před nástupem prvních regulací rozlévala obvykle dvakrát do roka mimo své koryto. Změnu tohoto stavu přineslo přehrazení řeky pevnými jezy a náhony, které zmenšily spád řeky. Tím poklesla její „unášivá síla“ a nad jezy se začaly usazovat písky a štěrky, čímž se postupně zvedalo říční dno i hladina. Ta se zvýšila až o 3–3,5 m. Množství sedimentů v řekách, které jsou důsledkem splachové eroze, se zvyšovalo spolu s odlesněním a vyšší hustotou osídlení v povodí Vltavy. Důsledkem budování jezů bylo dále umělé vzdutí hladiny a následné zvětšení záplavových ploch, které byly postupně v 18. a 19. století zasypávány a navyšovány (na některých místech došlo k zúžení koryta až o 40 m) [Kotyza, Cvrk, Pažourek, 1995].



Bradáč z bývalého Juditina mostu u kláštera křižovníků – po staletí sloužil k měření velikosti povodní: „Když voda k Bradáčovým vousům posahuje, tu ona Pražanům až pod krk jde, a když Bradáčovi do huby teče, tu je z bytů vyháněno.“ Jen několik největších povodní dosáhlo až nad Bradáčovu pleš. Povodeň z roku 2002 patří mezi ně.
Zdroj: Wikipedia, otevřená encyklopedie

Definitivní projekt regulace Vltavy uvnitř města vznikl po katastrofální povodni z roku 1890. Jednalo se o generální projekt splavňovací komise, který byl podpořen odpovídajícími finančními prostředky. Práce zahrnovaly pevné a spojitě zpevnění břehů nábrežními zdmi, rušení jezů, mlýnů i celé skupiny ostrovů a vodních ramen v Petrské čtvrti a v neposlední řadě také kanalizaci řeky pohyblivými jezy, komorovými plavidly a propustmi.

Tyto regulace se odrazily ve zvýšené frekvenci velkých povodní v Praze

od 16. století. Rozdíl je patrný zejména ve vztahu k známé plastice tzv. Bradáče, ke které se voda v 15. století dostala asi třikrát, zatímco v 16. století to bylo už nejméně jedenáctkrát [Kotyza, Cvrk, Pažourek, 1995].

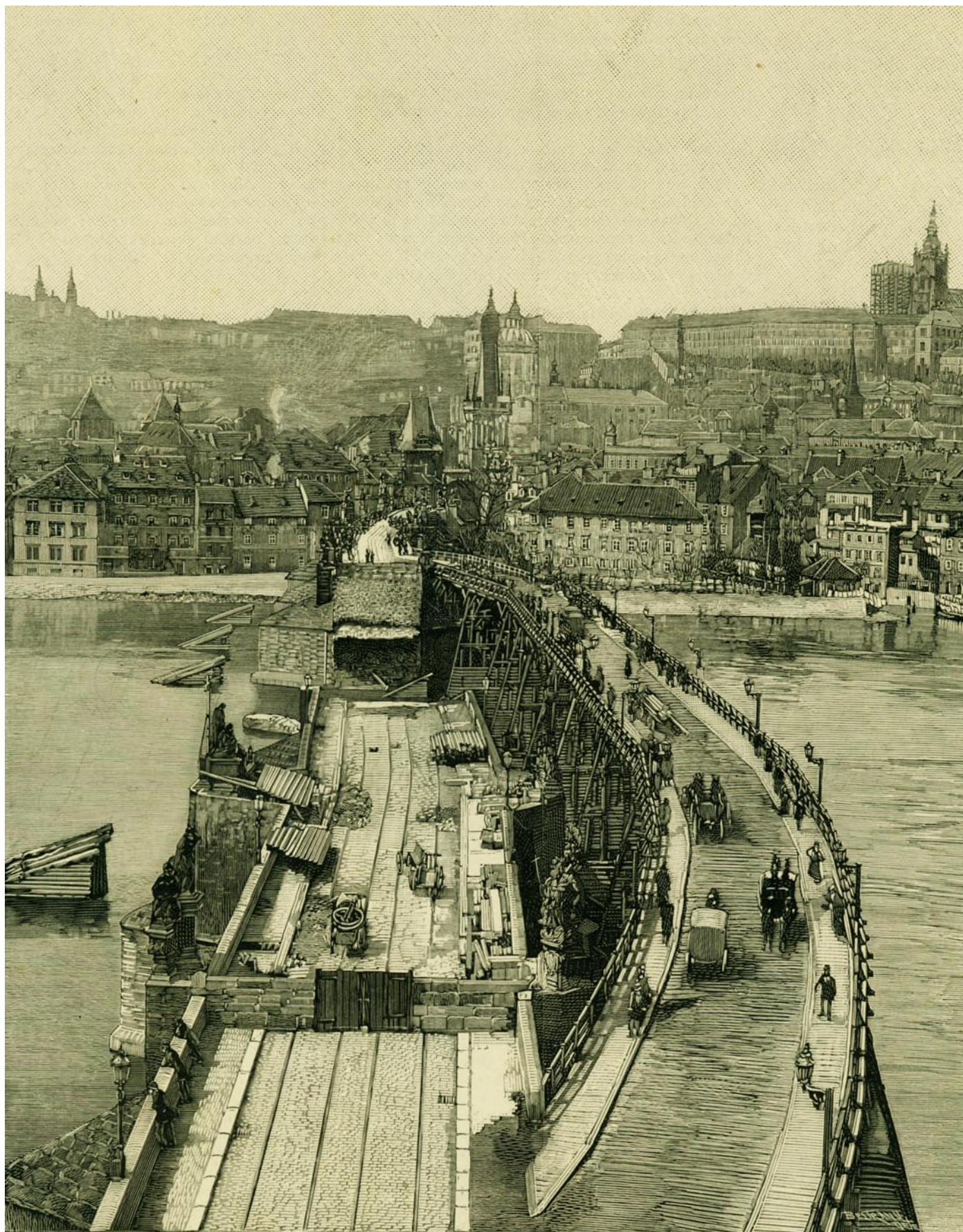
Celkem bylo na Vltavě v Praze zaznamenáno od 12. do 19. století 63 velkých povodní, u kterých byl kulminační průtok nejméně 2200 m³ za sekundu. K největším z nich patří bezpochyby události z let 1432, 1787, 1845 a 1890, během kterých byl (s výjimkou roku 1845) pobořen Karlův most.



Zničený Karlův most po povodni v roce 1890, kdy nápor splaveného dřeva způsobil katastrofu.
Zdroj: Informační server HL. m. Prahy

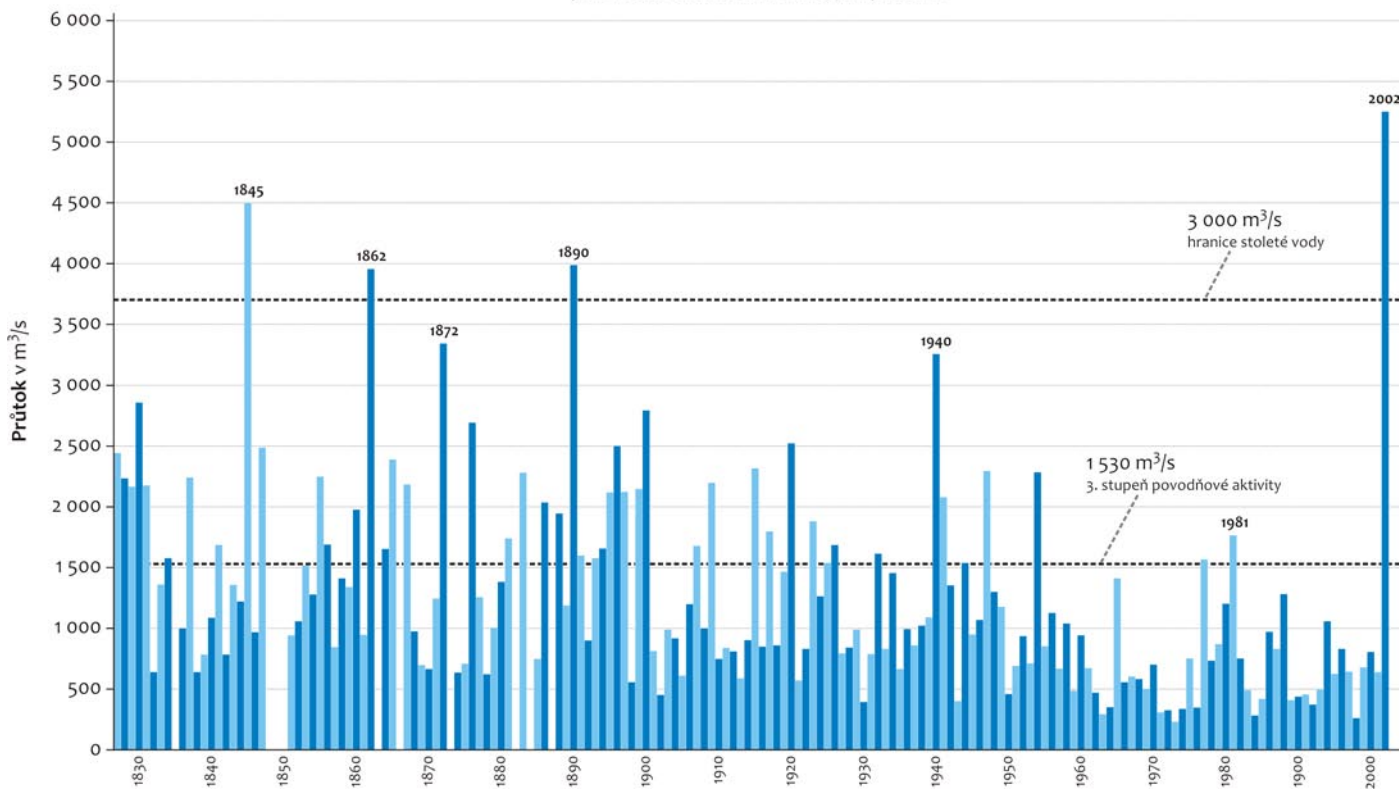


*Zřícený most a provizorní přemostění po povodni
z roku 1784 (pohled ze Staroměstské mostecké věže).
Zdroj: Muzeum hl. m. Prahy*



Z obrázku vyplývá, že kulminace povodně v roce 2002 v Praze byla přibližně o 800 m³ za sekundu větší než doposud největší změřená povodeň v březnu 1845, která byla ovšem v období tání sněhu. Největší letní povodeň způsobená pouze srážkami byla v září 1890, při které byl pobořen Karlův most. Ta měla kulminaci přibližně o 1300 m³ za sekundu nižší než v srpnu 2002.
Zdroj: ČHMÚ

Povodně na Vltavě v Praze v letech 1827 - 2002
porovnání kulminací historických povodní



Novodobé povodně

Od počátku 20. století se zdálo, že velkých povodní a jejich katastrofálních dopadů (zejména v Praze a okolí) ubylo. Kontrast oproti 19. století je patrný z porovnání kulminací historických povodní na Vltavě v letech 1827–2002.

Praha v tomto období zažila pouze jednu velkou zimní povodeň v březnu roku 1940. Vltava v Praze dosáhla téměř padesátiletého průtoku a jednalo se v tomto profilu o největší povodeň od roku 1890. Situaci významně zkomplikovaly ledochody. Povodeň vážně postihla Štěchovice, kde dosáhla hladina řeky výšky 940 cm.

V létě roku 1954 se zvýšila hladina Vltavy kvůli přívalovým letním srážkám. Voda zapla-

vila malostranské sklepy a některé objekty v Holešovicích. Povodňové vlně však stála v cestě právě dokončená, avšak dosud nenapuštěná Slapská přehrada, která většinu vody zachytila a tím odvrátila mnohem rozsáhlejší povodňové škody. Od té doby panoval všeobecný názor, že po dostavbě všech vltavských přehrad bude Vltava dokonale zkrocena a další povodně již Prahu neohrozí.

Významným mezníkem v povodňové historii Prahy se bezpochyby staly nejrozsáhlejší novodobé povodně ze srpna roku 2002. Povodně byly způsobeny dlouhotrvajícími srážkami především v jižních a jihozápadních Čechách. Dramatický vývoj povodně na Vltavě v Praze pak byl výsledkem střetu povodňové vlny na odtoku z vltavské kaskády a povodňové vlny na Berounce. Přítok ze Sázavy byl

sice také velký (Q_5), ale v tomto ohledu nepodstatný. Úroveň hladiny dosáhla 785 cm, odhadovaný průtok byl 5 300 m³ za sekundu. Povodeň způsobila rozsáhlé majetkové škody na infrastruktuře i bytovém fondu města a ochromila Prahu na několik měsíců [VÚV T.G.M., 2003].

Zatím poslední povodně ohrožily Prahu v roce 2006. Jejich příčinou bylo náhlé březnové oteplení spojené s táním velkého množství sněhu, což bylo provázáno vydatnými dešti. Na Sázavě byla zaznamenána povodeň na úrovni 20–50leté vody, dramatičtější průběh měly jarní povodně 2006 na Moravě. V Praze byl vyhlášen 2. stupeň povodňové aktivity (maximální zaznamenaný průtok se blížil 1500 m³ za sekundu). K závažnějším škodám zde však nedošlo [ČHMÚ, 2006].



Štěchovice – ledy na jaře 1940 braly vše, co jim stálo v cestě.
Zdroj: Ledy a povodně



Kulminace povodně 14. srpna 2002 na Smetanově nábřeží:
Staré Město zachránila před zatopením mobilní
protipovodňová bariéra.

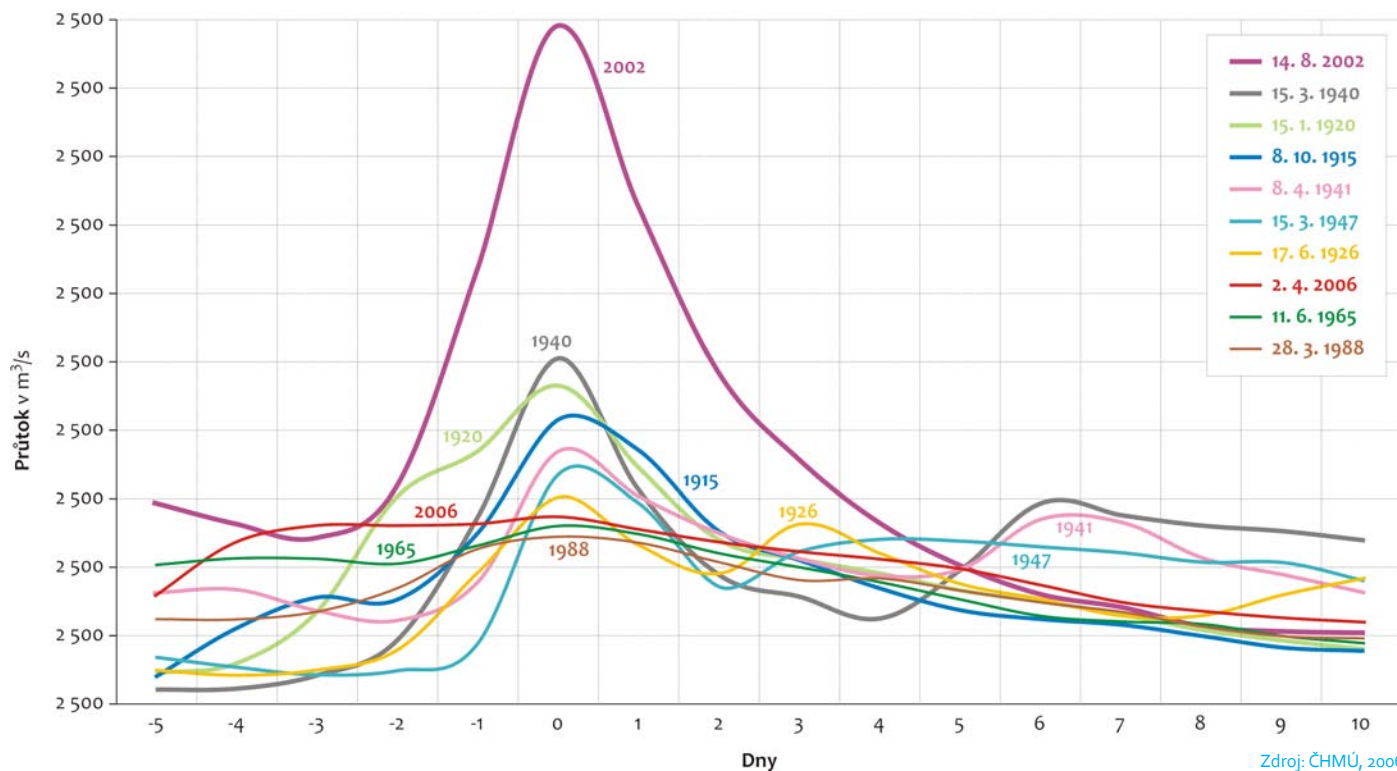
Zdroj: Informační server HL. m. Prahy



Běžný průtok ve Vltavě je kolem 100 m³ za sekundu.
Povodňové stupně – bdělost, pohotovost a ohrožení (případně
extrémní ohrožení) – jsou vyhlášovány v závislosti na zvyšování
průtoků. Obrázek obsahuje mezní hranice průtoků ve Vltavě
pro měrnou stanicí Praha-Chuchle.

Zdroj: MZE ČR, 2004

Průměrné denní průtoky v deseti objemově největších povodňových vlnách na Vltavě
v profilu Praha-Modřany (v letech 1901-1990) a Praha-Chuchle (v letech 1991-2006)



Zdroj: ČHMÚ, 2006

Proč povodně opět přicházejí?

Výskyt dvou rozsáhlých letních povodní způsobených vytrvalými dešti (1997, 2002), rozsáhlejší regionální povodně z tání sněhu (2000) a několik závažnějších přívalových povodní za posledních několik let vzbuzuje otázku, zda se jedná o projevy přirozeného kolísání výskytu povodní, či zda se začíná projevovat nějaká změna povodňového režimu.

S hypotézou založenou na studiu kronik přichází klimatolog Václav Cílek: V našich podmínkách dochází ke střídání 30–50letých cyklů, při nichž se mění srážkový režim (tzn. míra a intenzita srážek). Střídají se suchá

a mokrá období. Od 90. let tedy přichází období „povodňového neklidu“ – se zvýšeným rizikem povodní je tedy nutné počítat nejméně následujících 20 let [Buchert, 2006].

Dalším zdrojem spekulací o příčinách zvýšení frekvence přírodních katastrof (sucha, požárů, hurikánů, hmyzích epidemií a povodní) v posledních desetiletích jsou studie předpovídající globální změnu klimatu. V České republice se této problematice věnuje Národní klimatický program České republiky, který existuje pod Českým hydrometeorologickým ústavem. Ve studiích se uvádí, že zvýšení průměrné teploty na na-

šem území by bylo provázeno snížením odtohu vody z území, tj. i poklesem hladiny řek, které by mohlo (ale nemuselo) být kompenzováno vyššími srážkami [Moldán, Sobíšek, 1996]. V případě oteplení by se také snížilo množství sněhových srážek. Místo sněhu by v zimě padal déšť, což by zvýšilo zimní odtoky – v důsledku toho by se mohlo zvýšit riziko zimních povodní.

Přívalové deště, které se vyskytují v souvislosti s letními bouřkami, budou však v budoucnu představovat větší riziko povodní i v případě nezměněných dlouhodobých srážkových úhrnů [Cílek, 2003].

Vltavská kaskáda a povodně v historii

Laická veřejnost i řada politiků dlouho přijímala všeobecně vžitý názor, že vltavská kaskáda ochrání Prahu před velkou vodou. Avšak přehrady na Vltavě primárně neslouží jako protipovodňová opatření, ale byly projektovány k výrobě energie.

Toho, že vltavské přehrady nejsou schopny zadržet velkou povodeň, si byli vědomi jejich projektanti už na samém počátku. Otevřeně řečeno: dali přednost výrobě elektřiny před povodňovou ochranou. „... není možné plně sladit požadavky energetiky a ochrany před

povodněmi, neboť v případě, že bychom chtěli dosáhnout absolutní ochrany, bylo by nutno užítkové objemy v nádržích kaskády zaměnit za ochranné prostory“, píše odborníci. Objem vody, která se prožene řekou při stoleté povodni, je asi dvojnásobný, než je objem všech vyprázdněných přehrad vltavské kaskády! Hydraulické výpočty a provozní zkušenosti dokazují, že nádrže vltavské kaskády mohou výrazně snížit povodňové průtoky pouze při povodních velikosti zhruba desetileté vody, větší povodeň již nelze významně ovlivnit. Ve veřejnosti rozšířený názor, že

velké nádrže na Vltavě nad Prahou ochrání hlavní město před účinky velkých povodní, je tedy do značné míry neopodstatněný [Povodí Vltavy, 1992].



Zdroj: Ledy a povodně

Principy dlouhodobě udržitelné ochrany před povodněmi

Povodni jako přírodnímu jevu nelze zabránit, ale můžeme se vyhnout tomu, aby se změnila v katastrofu. V ochraně před povodněmi jde především o omezení škod, zabránění nárůstu potenciálních škod v ohrožených oblastech a vytvoření přiměřeného povědomí o možných nebezpečích [StMUGV, 2005]. Jak již bylo uvedeno, povodeň vede ke škodám až tehdy, jsou-li do záplavových oblastí umisťovány stavby vytvořené člověkem. Čím intenzivněji a neopatrněji jsou tyto oblasti užívány, tím větší je potenciál škod a rovněž i skutečné škody, pokud dojde k povodni [Rother, 1999]. K dosažení co největšího užitku lidé řeky v minulosti napřímili, opevnili a ohrážovali. Ochránili se tak před povodněmi a mohli využívat úrodnou lužní půdu k zemědělským účelům. Řeky byly přizpůsobeny tak, aby vyhovovaly potřebám lodní dopravy a aby bylo možné využívat jejich energii. Tyto zásahy měly však závažné důsledky pro přirozený systém řeky a nivy a průtokový režim. Oddělily řeku od její nivy, mokřady vyschly, říční tok se zkrátil a průtok zrychlil [StMUGV, 2005]. Některé z těchto regulací jsou dnes kvůli zvyšujícím se negativním dopadům povodní přehodnocovány.



*Technická regulace v italském Campodolcinu v horách – čekání na velkou vodu.
Zdroj: Vlastní*

Tři hlavní pilíře protipovodňové ochrany

Existuje několik typů opatření, jimiž lze snižovat škody působené povodněmi. Nejúčinnější je vždy jejich rozumná kombinace.

Přirozená retence

Jak jsme již uvedli, povodně vznikají po silných a vytrvalých deštích, když půda již nedokáže pojmout další vodu. V člověkem nepozměněné krajině se voda z řek může vylít do říčních niv. Půda, vegetace a prohlubně v terénu vodu zadržují a postupně ji vracejí do řeky. Intenzivnější využívání říčních údolí způsobilo, že řekám bylo dovoleno vylévat se z břehů čím dál tím méně. Aby se utlumila povodeň již v místě svého vzniku, musíme existující nezastavěná území zajistit pro rozlivy a znovu aktivovat někdejší přirozená inundací území. K dosažení tohoto cíle se musí odsadit, či někde zcela odstranit hráze a řeky znovu napojit na jejich nivy, revitalizovat především drobné vodní toky, které byly v minulosti narovnané, a obnovovat krajinné prvky (remízky, mokřady, lužní lesy), které dokážou zadržet velké množství vody. Ke zvýšení retenčního potenciálu přispěje i zasakování dešťové vody v urbanizovaných oblastech (více viz kapitola 6) a vhodně přizpůsobené obhospodařování půdy [StMUGV, 2005].

V České republice byla tato opatření dlouhodobě financována z programu MŽP ČR – Revitalizace říčních systémů. Program však disponoval omezenými finančními zdroji a preferoval spíše drobnější projekty. Značná část finančních prostředků programu byla rovněž věnována na odbahňování rybníků, které podle odborníků k retenci vody v krajině automaticky nepřispívají (záleží na následném managementu rybníků). V letech 2007–2013 se však otevírá možnost financovat obnovu retenčních schopností české krajiny ze strukturálních fondů EU. Jedná se zejména o Operační program životní prostředí (zejména opatření 6.2–6.4) a Program rozvoje venkova.

Technická protipovodňová ochrana

Tam, kde mají být chráněni lidé a jejich majetek, se nelze vzdát technických protipovodňových opatření. Hráze a stěny poskytují ochranu až do n -leté povodně, na kterou byly postaveny. Poldry a povodňové retenční nádrže cíleně zachycují část povodňových průtoků, které jsou do nich přesměrovány. Technická protipovodňová ochrana ovšem nesmí sloužit k tomu, aby umožňovala další rozvoj ohrožených území, klade si za cíl pouze ome-

zování povodňových škod na již existujícím majetku. Nezastavěná území postižovaná povodněmi musí být naopak ponechána jako retenční prostory pro rozlivy [StMUGV, 2005]. Technická opatření nikdy neposkytují absolutní ochranu ohroženého majetku, jelikož vždy může přijít větší povodeň, než na kterou jsou dimenzována. Je tedy nutné jejich účinnost hodnotit střídavě a nevzbuzovat v lidech žijících za hrází dojem falešného bezpečí.

Technická protipovodňová opatření byla v minulosti financována zejména z rozsáhlého programu MZE ČR – Prevence před povodněmi. V letech 2007–2012 bude tento program pokračovat svojí druhou etapou.

Prevence povodní

Navzdory všem opatřením k posílení přirozeného retenčního potenciálu a technické protipovodňové ochrany zůstává zbytkové riziko, které lze minimalizovat pouze správnou prevencí. Ta spočívá zejména v omezení potenciálních povodňových škod – tj. ve vytyčení záplavových území, jejich zanesení do územních plánů a zajištění toho, aby tato území nebyla zastavěna. Mnoha škodám na stavbách lze navíc zabránit použitím vhodné stavební technologie. Patří sem mimo jiné optimální konstrukční řešení přízemí s ohledem na riziko zaplavení, volba odolných stavebních materiálů a zabezpečení budovy protipovodňovými dveřmi a okny. To platí rovněž pro obydlí území, která se nacházejí za ochrannými hrázemi. Proti zbytkovému riziku je vhodné (je-li to možné) uzavřít pojištění pro případ povodní [StMUGV, 2005].

Postupuje-li velká voda územím, rozhoduje částečně o rozsahu povodňových škod včasné varování. Pro tyto účely je nutné zabezpečit kvalitní předpovědní a hlásnou povodňovou službu. V České republice jsou informace o aktuálních stavech na řekách k dispozici on-line např. na <http://hydro.chmi.cz/hpps/>. V případě zvýšených průtoků rozesílá ČHMÚ výstrahy.

Vytyčení záplavových území, předpovědní a hlásnou povodňovou službu zajišťuje a financuje stát. V zastavování záplavových území a v přizpůsobení staveb riziku povodní hraje velkou roli rozhodování představitelů obcí a veřejnosti (více kapitola 4).

Odsazení protipovodňových hrází v intravilánu města.
Zdroj: Vlastní



Potok Aiterach v bavorském Aiterhofenu.
Zdroj: Just, 2006



Zpevňování břehu na Botiči v Hostivaři v místech,
kde potok začal ohrožovat příjezdovou komunikaci.
Zdroj: Vlastní



Integrovaný program Rýna v Německu a ve Francii [Homagh, 1999]

Úpravami koryta horního Rýna se ztratily záplavové plochy v rozsahu 120 km², což je asi 60 % záplavových ploch z období před regulací řeky, která proběhla na přelomu 18. a 19. století. Zvýšené riziko povodní analyzovala v letech 1969–1987 mezinárodní komise, na jejíž závěry navázal tzv. Integrovaný program Rýna, na kterém spolupracuje SRN s Francií. Program je průběžně realizován od roku 1988.

Cílem tohoto programu je ochrana před povodní pomocí zachování, respektive vrácení

Strategie ochrany před povodněmi v ČR

Hlavní principy protipovodňové ochrany v České republice se zohledněním výše uvedených typů opatření shrnuje dokument Strategie ochrany před povodněmi pro území České republiky. Zde se kromě jiného uvádí [Strategie, 2000]:

- Prevence je nejefektivnější formou ochrany.
- Na realizaci preventivních opatření se musí podílet vlastníci a správci nemovitostí (tj. organizace na úrovni krajů, obcí i individuální osoby).
- Je nutné nalézt vhodnou kombinaci mezi opatřeními k podpoře přirozené retence a technickými protipovodňovými opatřeními.
- Je nutné zkvalitnit informační systémy a nástroje k modelování průběhu povodní.

Reálné naplňování strategie?

Panuje shoda v tom, že technická ani retenční opatření sama o sobě zranitelnost společnosti vůči povodním nesníží, i v tom, že v urbanizovaných územích mají být k ochraně majetkových hodnot využívána spíše technická a ve volné krajině spíše retenční opatření. Realizaci vyváženého mixu protipovodňových opatření však komplikuje dostupnost finančních prostředků, vlastnické vztahy k území mimo koryta vodních toků i zažitá stereotypy přístupu k managementu vody a krajiny (respektive vody v krajině).

Ve vyhodnocení strategie z roku 2003 se uvádí, že „nadále roste hodnota movitého i nemovitého majetku, který je v ohrožených prostorech umístěn“ a že rovněž pokulhává finanční účast ohrožených subjektů na protipovodňové ochraně (o financování více v kapitole 4) [Zpráva o plnění strategie, 2003].

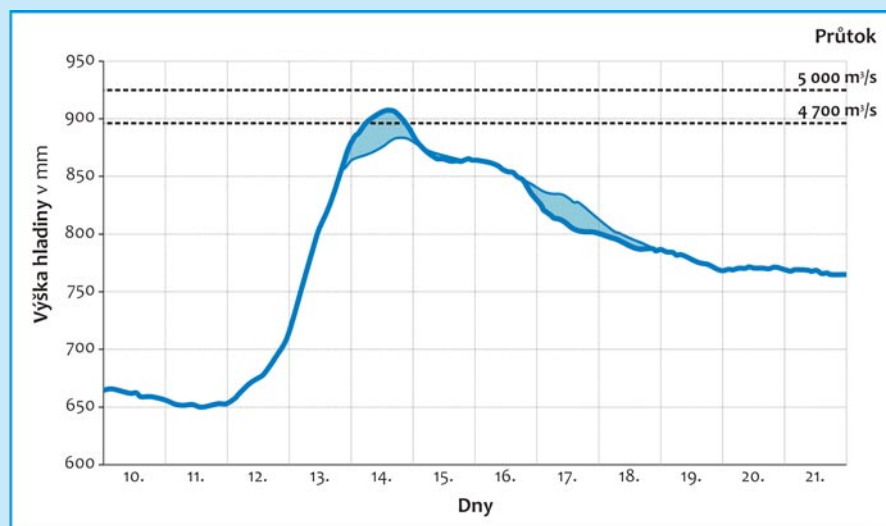
Přehrady jako protipovodňová opatření?

Vliv přehrad na průběh povodní je často diskutovanou otázkou. Známe případy, kdy se přehrady při povodních osvědčily, protože byly prázdné (Slapy 1954) nebo byla jejich hladina z důvodu opravy radikálně snížena (Slezská Harta 1997). Efektivní příprava přehrady na velkou povodeň je však možná jen tehdy, je-li povodeň včas předpovězena.

Protipovodňová funkce přehrady zejména ve vztahu k velkým povodním významně omezuje další funkce přehrady – hydroenergetickou, plavební, rekreační a zejména vodárenskou. Normálně naplněná přehrada menší povodeň zadrží – tj. transformuje na neškodný odtok, větší povodeň zmírní a velkou (např. stoletou) povodeň zmírní nebo zvětší. Možnost zmenšení velké povodně přehradou zní nelogicky, ale může k tomu dojít. Zda se tak stane, záleží na výsledku

hornorýnských luhů do přírodního stavu. Bylo vybráno 13 lokalit v někdejších inundačních plochách, ve kterých budou dále vytvořena území k řízeným i neřízeným povodňovým rozlivům. Podle modelových propočtů dojde po realizaci vytipovaných opatření ke snížení kulminací dvousetletých povodní o cca 15 % (tj. o 700 m³/s).

Retenční opatření se společně se zvláštním provozem rýnských elektráren osvědčila při snížení vrcholného bodu povodní už během povodňových událostí v letech 1988, 1990 a 1999.



Působení retenčních opatření při povodni v květnu 1999 u vodočtu Maxau

působení dvou protichůdných sil: zmírnění povodně vlivem zadržení části povodňové vody ve volném retenčním prostoru přehrady a její zvětšení urychlením postupu povodňové vlny po hladině jezera a snížení vsakování do vodou nasycené půdy zátopové oblasti. V neregulovaném korytě vodního toku voda teče pomalu, rozlévá se do okolní nivy a ve značném množství se do ní vsakuje. Průběh povodňové vlny se zpomaluje, rozkládá se v čase, zmenšuje se výška vlny i její objem. Po hladině přehrady se povodňová vlna naopak valí rychle, rychle zaplní zbylý retenční prostor, vsakovat se nemá kam, převálí se přes bezpečnostní přeliv hráze, někdy i přes její korunu a postupuje dále po proudu [Kender, 2004].

Přehrady a nádrže v České republice se až na několik výjimek většinou provozují jako víceúčelová vodní díla. Jejich účelem je především zajištění požadavků na vodu v suchých obdobích (pro obyvatelstvo, průmysl, zemědělství). Snížení povodňových průtoků je jen jedním z užitků, který poskytují [VÚV, CHMÚ, 2007]. Přehrady proto nelze apriorně považovat za účinná protipovodňová opatření.

Vodočtová lať v Mohelnici – příklad lokálního sledování průtoků na drobných vodních tocích.
Zdroj: Vlastní



Stavby v záplavovém území na břehu Labe.
Zdroj: Vlastní



Principy ochrany před povodněmi ve Švýcarsku [Petrascheck, 1999]

Povodně ve Švýcarsku přicházejí zpravidla rychle, trvají maximálně několik málo hodin a vyznačují se velmi dynamickým průběhem. Působícím silám se dá často jen těžko čelit stavebními opatřeními, navíc stále vzrůstající potenciál škod (v důsledku hospodářského růstu – tj. vybavení domácností aj.) vyžaduje stále více ochranných staveb. Povodňové škody se v uplynulých desetiletích zvyšovaly, jejich podíl na národním produktu se však snižoval.

Aby byla učiněna přítrž zvyšování škod, nařídil nový zákon z roku 1991, aby stavební ochranná opatření byla realizována pouze tam, kde není možné ochranu před povodněmi vyřešit pomocí opatření tzv. „údržby“ či územního plánování. Opatření údržby jsou práce, které slouží k zachování průtočné kapacity a účinnosti existujících stavebních opatření (např. zachování volného průtočného profilu, odstranění spadlých stromů, spláví, usazenin aj.). Opatření územního plánování snižují potenciální škody pomocí stavebních zákazů, stavebních příkazů pro uzpůsobení staveb na povodně nebo pomocí využívání bezpečných způsobů hnojení zemědělských pozemků. Mohou docílit toho, že potenciál škod nebude nekontrolovatelně narůstat a nebudou nezbytná dodatečná ochranná opatření.

Regulace řeky Ploučnice na okraji Děčína.
Zdroj: Vlastní



Rozdělení odpovědnosti v ochraně před povodněmi: stát – samospráva – občané

V předchozích kapitolách jsme zodpověděli otázky, proč povodně vznikají a jakými způsoby je možné snižovat povodňové škody. Zbývá krátce se věnovat se tomu, kdo nese v systému ochrany před povodněmi odpovědnost za následky povodní – tj. kdo rozhoduje o tom, jaká opatření a kde budou realizována, a také kdo má tato opatření financovat.

V kapitole se budeme zabývat různými teoretickými možnostmi rozdělení odpovědnosti mezi stát, samosprávu a občany. Představíme fungování systému ochrany před povodněmi v České republice i několik příkladů ze zahraničí. Klíčovou otázkou kapitoly je polemika, zda mají být systémy ochrany před povodněmi spíše solidární či zda mají klást větší důraz na efektivní snižování potenciálních povodňových škod.



Lokální povodeň v roce 2004 ve Slatinicích.
Zdroj: Obec Slatinice, 2004

Jak může být odpovědnost v ochraně před povodněmi rozdělena?

Co je efektivní?

Pojem „efektivnost“ systému ochrany před povodněmi v našem pojetí úzce souvisí s efektivním rozhodováním na úrovni jednotlivce-občana, který se snaží dlouhodobě optimalizovat náklady a přínosy svých rozhodnutí. To znamená, že na jedné straně užívá výhod, které mu bydlení v blízkosti vodního toku přináší, na druhé straně si je vědom možných nákladů spojených s příchodem povodně. Domnívá-li se občan, že stát uhradí značnou část škod, které mu případná povodeň způsobí (nebo je-li mu to dokonce zaručeno), je jeho optimální rozhodnutí více nakloněno variantě zůstat bydlet v ohrožené lokalitě, a to i poté, co byl povodní poškozen. Naopak, pokud je v systému ochrany před povodněmi jasně deklarována a uplatňována individuální odpovědnost občana za (nepojištěné) škody způsobené povodní – tj. žádné státem poskytované kompenzace – zvyšují se jeho potenciální náklady na setrvání v ohrožené lokalitě. Je zřejmé, že takto popsaný způsob rozhodování jednotlivce je oproti realitě značně zjednodušený, objasňuje však podstatu neefektivnosti při vysoké míře solidarity.

První odpověď na uvedenou otázku, která nás napadne, je, že za ochranu před povodněmi (tj. kompenzaci škod, protipovodňová opatření atd.) odpovídá stát. Stát či vláda přece na tyto věci uvolňuje finanční prostředky, má tedy i odpovědnost za odstranění škod a za to, aby se příště neopakovaly v takovém rozsahu. Toto tvrzení je však málokdy pravdivé.

Ve většině států EU je odpovědnost v ochraně před povodněmi rozdělena mezi stát, obce a další subjekty na lokální úrovni i samotné občany. V praxi to obvykle znamená, že stát negarantuje kompenzace škod způsobených povodní, ale může přispět na zmírnění jejích dopadů. Zároveň není občanům žijícím v ohrožených územích zaručena protipovodňová ochrana (tj. není možné soudně vymáhat neposkytnutí této ochrany), stát však může financovat strategická protipovodňová opatření.

Systém protipovodňové ochrany konkrétního státu se vždy snaží najít rovnováhu mezi kritérii společenské solidarity a efektivnosti. Pokud na sebe vláda úhradou většiny nákladů a škod spojených s povodněmi bere odpovědnost za následky budoucích katastrof, je potlačeno kritérium efektivnosti – tj. společnost (jednotlivci) se nepoučí a povodňové škody se v čase nebudou snižovat (viz dále). Takový systém ochrany před povodněmi je vysoce solidární (postižení lidé jsou štedře

kompenzováni, nemusí vynakládat prostředky na protipovodňová opatření nebo uvažovat o přesídlení), ale dlouhodobě neefektivní. Další povodeň znovu poškodí majetek obnovený v rizikových územích, často i tehdy, když byla učiněna opatření k jeho ochraně.

Snížením role státu se zvyšuje odpovědnost jednotlivců za své chování. Lidé mají možnost uzavřít majetkové pojištění nebo se z rizikových oblastí odstěhovat. Soukromé škody způsobené povodní si hradí sami. Tento systém lze označit za efektivní, ale neso-lidární. Postiženým lidem je sice poskytnuta pomoc v podobě charity, výpomoci a jiných prvků dobrovolné solidarity, společnost jako celek (reprezentovaná státem) jim však neposkytuje žádné dotace.

Míra rovnováhy mezi efektivností a rovností je jednak zabudována v legislativě daného státu, jednak utvářena aktuálním politickým rozhodováním především v období bezprostředně po povodňové události. Podstatná je však skutečnost, že více společenské solidarity vytlačuje efektivnost a naopak – tj. není možné vytvořit systém ochrany před povodněmi, který by fungoval efektivně (s nízkými společenskými náklady) a vyznačoval se zároveň vysokou mírou společenské solidarity [Linnerooth-Bayer, Amendola, 2000].

Výhody a nevýhody vysoce „solidárních“ systémů ochrany před povodněmi

VÝHODY	NEVÝHODY
Státní pomoc je obvykle rychlá – lidé se rychleji dostávají z nepříznivé životní situace a navracejí se do ekonomicky aktivního života.	Lidé se z povodně nepoučí – mají nižší motivaci uvažovat o přesídlení z rizikových území, snižuje se individuální odpovědnost za povodňové škody.
Vysoký objem státních dotací snižuje společenské pnutí – kompenzace částečně překrývají propast, která se vytvořila mezi postiženými a nepostiženými.	Je kompenzována okamžitá obnova majetku i v záplavových územích. Nejsou snižovány potenciální povodňové škody v budoucnu (spíše naopak).
Poskytnutí státní pomoci je populární politické rozhodnutí.	Plošná státní pomoc postiženým subjektům vytlačuje dobrovolnou solidaritu – je méně adresná, může dojít (a dochází) k selháním, kdy jsou odškodňováni i ti, kteří to tolik nepotřebují. Snižuje se motivace lidí finančně pomáhat na základě vlastního rozhodnutí.
	Rozhodnutí neposkytovat dotace na obnovu je po povodních téměř neprůchodné (pokud dosavadní praxe byla jiná).

Rozdělení odpovědnosti v ochraně před povodněmi v České republice

Podstatu právního pojetí ochrany před povodněmi v České republice lze shrnout do tvrzení: Každý občan chrání sebe a svůj majetek před povodněmi především sám. Jak se uvádí ve Strategii ochrany před povodněmi pro území České republiky: „Opomenutí tohoto faktoru způsobuje nesprávné očekávání výhradní odpovědnosti státu, absenci účinné prevence na místní úrovni a omezenou iniciativu občanů.“ [Strategie, 2000] Každý občan je tedy ve vztahu k povodňovému nebezpečí primárně odpovědný sám za sebe, za své rozhodování a svůj majetek. Tj. rozhodne-li se postavit svůj dům u řeky, měl by se rovněž zabývat o nebezpečí zaplavení. Pokud povodeň skutečně přijde, nemá nárok požadovat kompenzaci od nikoho (kromě své pojišťovny).

Dílní odpovědnost za přiměřený rozvoj záplavových území leží také na samosprávách obcí a měst, které vytvářejí územní plány. Míra využívání území je navržena v územním plánu, který je důležitým podkladem pro rozhodování v rámci stavebního řízení. Sestavením územního plánu a participací na procesu stavebního řízení mohou obce aktivně ovliv-

ňovat výstavbu v záplavových územích.

Ačkoliv je nutné dbát na míru rozvoje záplavových území ve vztahu k nebezpečí zaplavení, obce často logicky preferují výstavbu před konzervací území. S ohledem na konečnou odpovědnost investora za případné škody na jeho majetku nemůže být stavební povolení úřadu chápáno jako záruka bezpečí nebo právo být proti povodni ochráněn (jak někdy občané mylně předpokládají). Pozici městského úřadu ve vztahu k této problematice lze vyjádřit následujícím citátem: „My nijak nebráníme rozvoji, to je věc stavebníka, jestli je ochoten do území za našich pravidel vstupovat... Stát dnes přenáší odpovědnost, kterou měl před rokem 1989, na občana. To znamená, že v těch mimořádných situacích se hlavně občan musí postarat sám o sebe. Dneska ty kapacity nejsou a město nemá dostatek možností. Proto říkám, klidně si postavte co chcete a kde chcete, ale počítejte s důsledky.“ [VŠE, 2005]

Podle zákona o vodách dále obce a jednotlivci „mohou činit opatření k přímé ochraně majetku na svém území. Stát a kraje mo-

hou na tato opatření přispět. Obce mohou požádat vlastníky majetku, kteří jsou těmito opatřeními chráněni, o příspěvek na jejich výstavbu.“ [Zákon o vodách, § 86] Tzn. pokud chce obec vybudovat protipovodňovou hráz, je primárně povinna ji uhradit z obecního rozpočtu. Nemá-li dostatek zdrojů, požádají zastupitelé obce obyvatelstvo o finanční příspěvek. Díky takovému postupu je zachována přímá vazba mezi cenou hráze (náklady na její výstavbu) a efektem, který přináší, tj. hodnotou majetku, který má být hrází ochráněn.

S příchodem nových plánů podle Rámcové směrnice o vodě (tj. od roku 2009) je uvedený systém financování protipovodňových opatření modifikován: „Opatření na ochranu před povodněmi, která vymezí programy opatření vycházející z plánů hlavních povodí České republiky, hradí stát... Opatření na ochranu před povodněmi, která vymezí programy opatření vycházející z plánů oblastí povodí, hradí kraje, které za tím účelem vyčleňují v rámci svého rozpočtu přiměřenou rezervu sloužící pro krytí ostatních opatření na ochranu před povodněmi v regionu ucelených povodí. Stát může na tato opatření přispět.“ [Zákon o vodách, § 86]

Smí se stavět v záplavovém území?

Územní plán obsahuje zakreslená záplavová území podél vodních toků (byla-li stanovena). Záplavovým územím se rozumí administrativně určené území, které může být v případě povodně zaplaveno vodou. Toto území je vymezeno pro statistickou úroveň průtoku, který je periodicitou stoleté (případně i nejvyšší skutečně dosažené) povodně. V obecní zástavbě nebo v území určeném k zástavbě se rovněž vymezují aktivní zóny, které odpovídají „nejnebezpečnějším“ průtokům při stoleté povodni (přesné znění viz Zákon o vodách, §66).

V aktivní zóně záplavových území se nesmí stavět ani povolovat stavby s výjimkou vodních děl pro úpravu vodního toku, opatření na ochranu před povodněmi, nezbytných staveb dopravní a technické infrastruktury aj. Mimo aktivní zónu v záplavovém území mohou být vodoprávním úřadem stanoveny omezující podmínky pro využívání území (přesné znění viz Zákon o vodách, §67). Explicitní zákaz výstavby v záplavovém území zákon neobsahuje.



Situace v Mojžízi a Neštěnicích za povodní 2002.
Zdroj: Lichtenbergová, 2002

V čem se realita České republiky odchyloje od deklarovaných principů?

Pomocí uvedených principů vycházejících z platné legislativy a strategických dokumentů by mělo být automaticky dosaženo rovnováhy mezi konzervací a využíváním záplavových území. Každý občan zná rizika spojená se svým rozhodnutím a obce regulují výstavbu, aby bylo dosaženo snížení negativních efektů jednotlivých staveb na jejich okolí (např. staveb, které mohou lokálně zhoršovat průběh povodně a ohrozit ostatní objekty apod.).

Ve skutečnosti však fungování systému ochrany před povodněmi ovlivňují také aktuální politická rozhodnutí a skutečné toky finančních prostředků ze státního rozpočtu. Na základě analýzy situace po povodních v roce 1997 a 2002, kterou provedla Vysoká škola ekonomická v Praze, můžeme konstatovat [Čamrová, Jílková a kol., 2006]:

- Státní rozpočet významně dotuje škody způsobené povodněmi, vyplácí plošné kompenzace postiženým občanům i některým skupinám podnikatelů (např. zemědělcům), tento postup je potlačením principu individuální odpovědnosti.
- Řada obcí a měst nemá motivaci usilovat o „optimální“ rozvoj záplavových území; tyto rizikové oblasti jsou zastavovány a následně (nebo současně s developer-skými plány) je požadována realizace protipovodňových opatření, které obvyk-

le také významně dotuje státní rozpočet. V případě vzniku povodňových škod na majetku v záplavových územích se společně há na státní dotace.

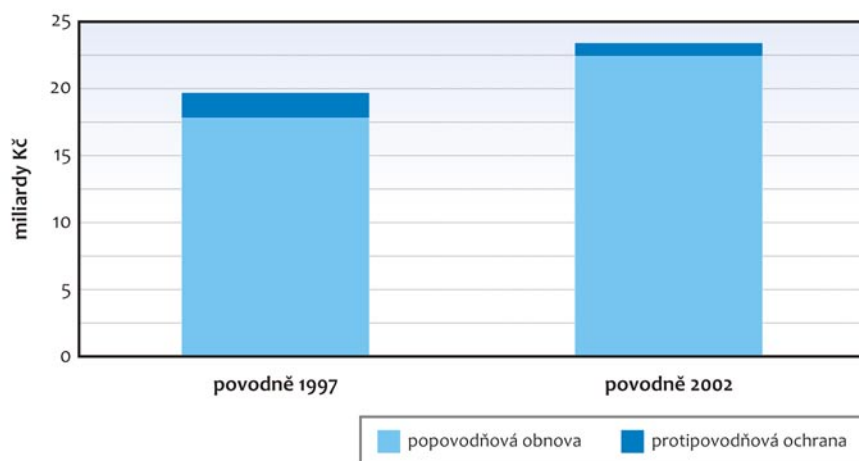
- Státní rozpočet (a v budoucnu i evropské fondy) vynakládá značné částky na realizaci protipovodňových opatření, tyto zdroje se obvykle nedají poměřovat s finančními možnostmi většiny českých obcí (snad kromě Prahy). To způsobuje pasivitu obcí v této oblasti a čekání na vládní dotace.

Ačkoliv podle uvedených principů systému ochrany před povodněmi má stát financovat pouze strategická protipovodňová opatření nadregionálního významu (v budoucnosti akce uvedené v plánu hlavních povodí), realita je jiná. Vysoký objem finančních prostředků ze státního rozpočtu (kolem 20 mld. Kč po povodních 1997 i 2002) způsobuje vychýlení systému ochrany před povodněmi směrem k vysoké míře společenské solidarity. Výsledkem je rychlá obnova země a skutečnost, že řada občanů, organizací a obcí nemusí řešit problémy spojené s povodněmi sama, ale dělají to za ně zčásti orgány státní správy.

Očividně skrytou nevýhodou tohoto postupu je, že jsou navzdory deklarovaným principům využívány drahé a dlouhodobě méně účinné nástroje veřejné politiky. Otázkou také je, nakolik jsou politická rozhodnutí, na základě kterých se bezprostředně po povodních poskytují miliardové částky, činěna ve jménu veřejného blaha, a nakolik jde o krátkozraký populismus.

Čeho je moc...

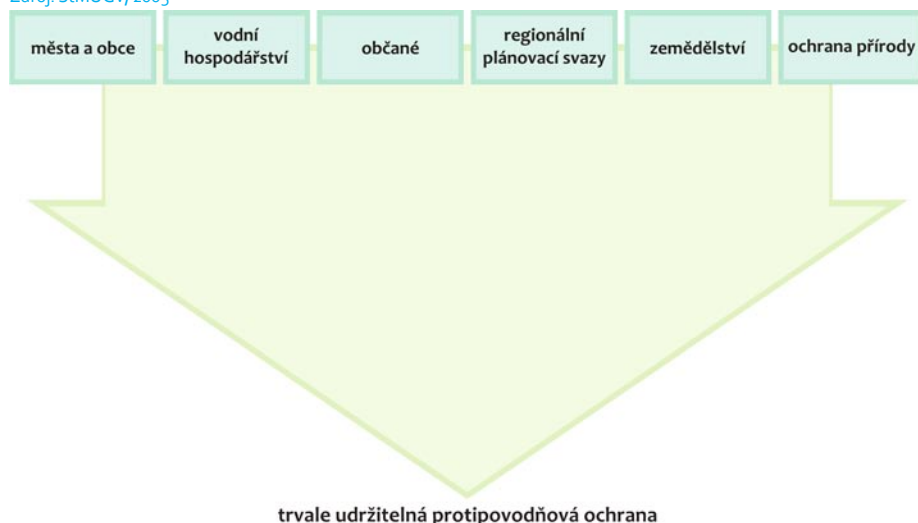
Dobrym příkladem „nadměrné“ solidarity byl po povodních 2002 medializovaný návrh Ministerstva pro místní rozvoj České republiky, podle kterého měli lidé s pojištěným majetkem odvést státu 70 % pojistného plnění. Peníze by byly následně poskytnuty na úhradu nepojištěných škod. „Po konzultacích s jinými resorty ‚slevilo‘ [MMR] na 35 % a po intervenci České asociace pojišťoven byly tyto návrhy staženy. Cílem návrhů na ‚vrácení‘ části pojistného bylo, aby majitelé pojištěných budov nebyli neoprávněně zvýhodněni při čerpání státních dotací... V této souvislosti se operovalo i s pojmem solidarita (pojištěných s nepojištěnými).“ [Vostatek, 2002] Pokud by tento návrh prošel, dal by se očekávat rapidní pokles zájmu o povodňové pojištění podle logiky: „Proč se pojišťovat, když o své peníze nakonec přijdu na úkor těch, co tak neučinili.“



Graf zobrazuje celkovou výši výdajů ze státního rozpočtu na povodně 1997 a 2002. Tyto výdaje jsou dále členěny podle účelu na popovodňovou obnovu (dotace na odstraňování škod) a protipovodňovou ochranu (opatření ke snížení budoucích škod). Je zřejmé, že více než 90 % finančních prostředků bylo uvolněno na obnovu poškozeného majetku.

Zdroj: Čamrová, Jílková a kol., 2006

*Rovnocenní aktéři protipovodňové ochrany
v Německu – pouze společný postup vede k úspěchu.
Zdroj: StMUGV, 2005*



trvale udržitelná protipovodňová ochrana

Příklady ze zahraničí

Maďarský model protipovodňové ochrany

Maďarsko je zemí velmi zranitelnou z hlediska povodňových rizik (např. 2/3 orné půdy leží v záplavových oblastech, škody mohou dosáhnout až 7–9 % HDP). Hospodářsky nerozvinutou oblastí, kde je toto nebezpečí obzvláště vysoké, je horní část povodí Tisy v severovýchodním Maďarsku. Frekvence povodní (přibližně 20 let) se zdá být poslední dobou vyšší, především kvůli odlesňování a dalším změnám využití území (např. drenáže), regulaci řek a dalším externím faktorům (diskutuje se např. i o vlivu globálního oteplování) [Vari, 2003].

Jelikož většina maďarských řek pramení mimo území země, je ohledně ochrany před povodněmi nutná spolupráce se sousedními státy. V případě povodí Tisy se jedná o Ukrajinu.

I přes stále vzrůstající povodňové škody se maďarská vláda snaží dodržet tradici a nést všechny náklady spojené s příchodem povodní, tj. financovat protipovodňovou prevenci, opravovat infrastrukturu a krýt až 100 % škod na soukromém majetku. Nese tudíž fakticky i veškerou odpovědnost. Tato vysoká míra solidarity je charakteristická pro všechny země bývalého východního bloku.

V druhé polovině 20. století se začalo s rozsáhlou výstavbou systémů ohrázení kolem Tisy v délce cca 3 000 km. Tyto hráze

chrání povodí před pravidelnými záplavami, které zasahovaly přibližně 17 % území Maďarska. Systém hrází však nefunguje dokonale a jeho údržba je velmi nákladná. V roce 2001 zasáhly Maďarsko rozsáhlé povodně, které překonaly hráze a způsobily škody kolem 180 mil. USD (0,4 % HDP). Voda se přihnala z Ukrajiny vysokou rychlostí, tisíce lidí bylo nutné evakuovat [Vari, 2003].

Selhání systému hrází znovu otevřelo diskusi o protipovodňové ochraně v Maďarsku. Objevily se názory prosazující návrat k ekosystémovým přístupům, což by ovšem znamenalo v některých místech rozrušení hrází a vytvoření retenčních prostorů. Část obyvatel by musela být přesídlena. Na vysoké náklady protipovodňových opatření a nízkou hodnotu majetku, který je takto ochráněn, upozorňovala ve svých studiích i Světová banka. Byla kritizována i vysoká míra povodňových kompenzací obyvatelstvu. Představitelé tradičního pojetí však stále trvají na současném systému ochrany (tj. udržování hrází).

Po vstupu do EU je Maďarsko nuceno zavádět přísná fiskální pravidla (pro naplnění Maastrichtských kritérií), proto se v poslední době objevují snahy o přenesení části odpovědnosti za povodňová nebezpečí na samotné občany (tj. tlak na pojištění majetku místo poskytování plošných dotací). Řada lidí však považuje za nepřijatelné zavedení takovýchto opatření, která významně postihují nejchudší region v zemi.

National Flood Insurance Program v USA

Spojené státy jsou zemí, která přibližně od první poloviny 20. století sleduje vývoj škod způsobovaných povodněmi a pokouší se pravidelně vyhodnocovat svoji politiku ochrany před povodněmi vzhledem k míře snižování těchto škod (ohrožená území představují cca 7% rozlohy USA).

V roce 1968 byl v USA založen National Flood Insurance Program (NFIP), jehož cílem bylo nabídnout lidem žijícím v záplavových územích cenově dostupné pojištění a zároveň prosazovat některé regulativy výstavby (prostřednictvím obcí), aby se zamezilo majetkovým škodám způsobeným povodněmi. Pojištění bylo povinné pro všechny občany, kteří si vzali hypotéku. Obce dále měly bránit nové výstavbě v záplavových územích, dokud občané nebudou schopni uzavřít pojistku v rámci NFIP.

Založení programu vycházelo ze skutečnosti, že povodně jsou náhodný jev s nízkou pravděpodobností výskytu, ale s vysokým (majetkovým) dopadem v případě, že k nim dojde. Obce i jednotlivci na tuto skutečnost hřeší a nedodržují nízkou úroveň výstavby v území nebo si nepojišťují majetek (provokují tzv. morální hazard).

NFIP stanoví minimální federální standard, který požaduje, že každá nová stavba má být zvednuta nad úroveň stoleté vody tak, aby nebránila průtoku povodně zvednutím hladiny o víc než jednu stopu (tj. řešení pomocí pilířů). Tato opatření zvyšují cenu stavby o 5–16%. Tím, že obce na programu participují a prosazují tyto regulativy na svém území, umožňují přístup obyvatel k povodňovému pojištění v rámci NFIP. Poskytováním dostupného povodňového pojištění (za cenu cca 265 USD/rok) jsou zvýhodněni obyvatelé záplavových území (oproti situaci, kdyby pojištění nebylo dostupné, nebo bylo výrazně dražší). Proto musí být zajištěna kontrola příhodnosti staveb, což znamená, že výstavbou nebudou navyšovány potenciální škody. Ačkoliv 90 % z 20 000 komunit potenciálně ohrožených povodněmi se k programu připojilo, je participace obyvatel nízká. Pouze 25% domácností z těchto obcí uzavřelo v rámci NFIP pojištění [Holway, 2001].

Velká Británie a „gentlemanská dohoda“

V polovině 20. století byla ve Velké Británii vytvořena nepsaná dohoda (Gentlemen's Agreement) mezi vládou a soukromými pojišťovacími společnostmi ohledně financování protipovodňové ochrany. Podle této dohody bylo pojišťovněm garantováno právo zajišťovat pojištění proti povodním (tj. nebylo vytvořeno konkurenční vládní pojištění). Na druhé straně muselo být pojištění nabízeno všem ohroženým obyvatelům za přijatelnou cenu bez ohledu na míru rizika (tj. stejná výše pro všechny). Pojišťovny tedy vytvořily dva pojistné programy: první typ pojištění pokrýval najednou všechny přírodní katastrofy (včetně povodní) a byl proto pořizován většinou domácnostmi bez ohledu na míru ohrožení povodněmi. Druhým typem je připojištění proti povodním, které zaručuje plné pokrytí případných škod. Toto pojištění je povinné pro obyvatele v rizikových oblastech, kteří si vzali hypotéku, pro všechny ostatní je dobrovolné. Tímto způsobem se pojišťovny vyrovnaly s diverzifikací rizika (respektive s rozložením jeho podílu na všechny obyvatele Velké Británie).

Vláda naproti tomu přislíbila, že bude vynakládat přiměřenou míru prostředků na ochranu před povodněmi (např. varovné a předpovědní systémy) a dbát na udržitelný

rozvoj záplavových oblastí, aby nedocházelo k nadměrnému nárůstu potenciálně ohrožených obyvatel a majetku. Protipovodňová ochrana (technická opatření) je hrazena prostřednictvím rozpočtu DEFRA (Department for Environment, Food and Rural Affairs) a přispívá se na ochranu realizovanou jednotlivými obcemi.

Hlavní myšlenkou nepsané dohody však bylo, že vláda nekompensuje oběti postižené povodněmi.

V letech 1998 a 2000 postihly Velkou Británii rozsáhlé záplavy, které otevřely diskusi o změně „externích podmínek“ gentlemanské dohody [Huber, 2004]. Analýzou rizik bylo zjištěno, že se zvyšuje nebezpečí opakování extrémních povodňových událostí, což by mělo významný dopad především na pojišťovací společnosti, které nesou velkou část škod. Nepsaná dohoda, která platila více než 50 let, byla proto na začátku nového tisíciletí ohrožena.

V roce 2002, po dlouhé politické diskusi o tom, jakým způsobem by měl být systém protipovodňové ochrany ve Velké Británii modifikován, bylo rozhodnuto, že dohoda bude zatím zachována v nezměněné podobě a že DEFRA zvýší výdaje na preventivní opatření a zajistí jejich efektivnější čerpání. Tímto způsobem by měla být zajištěna vyšší ochrana rizikových oblastí před povodněmi.

*Děčínsko krátce po opadnutí vody v roce 2002.
Zdroj: Šreiber, 2002*



Protipovodňová opatření na Vltavě

Protipovodňová opatření na ochranu hlavního města Prahy na Vltavě jsou rozdělena do osmi základních etap (viz dále). Celý systém, který má sloužit k ochraně Prahy proti škodám působeným povodněmi na historických budovách, majetku i zdraví a životech obyvatel, se začal připravovat v roce 1997. Zabránit Vltavě a Berounce, aby se při povodni vylily mimo koryto do zástavby města, mají v centrálních částech města a na křižkách s komunikacemi zejména mobilní protipovodňové bariéry, v ostatních úsecích i stálé protipovodňové zemní hráze nebo železobetonové

stěny. Liniová opatření jsou doplněna o uzávěry na kanalizační síti v místech, kudy by mohla povodní vzdutá voda pronikat zpět do chráněného území. Na kanalizační síti je dále zajištěno přečerpávání vnitřních vod mimo chráněná území.

Na základě zkušenosti z povodně v srpnu 2002 byl návrh protipovodňových opatření oproti původnímu řešení upraven a nyní jsou navržena tak, aby ochránila město před účinky srovnatelných povodní na Vltavě o průtoku $Q_n = 5300 \text{ m}^3/\text{s}$, s bezpečnostní rezervou 30 cm [Cabrnach, 2007].

Etapy a časový harmonogram realizace protipovodňových opatření na Vltavě v Praze.

Etapa	Ochráněné lokality	Popis opatření	Realizace
E 0001	Staré Město a Josefov	Mobilní hrazení, opatření na kanalizaci	1999–2000
E 0002	Malá Strana a Kampa	Obnova povodní poškozených zdí, pohyblivá ocelová vrata, mobilní hrazení	2002–2003
E 0003	Karlín a Libeň	Mobilní hrazení, betonové zdi, zemní hráze, čerpací stanice	2004–2006
E 0004	Holešovice, Stromovka	Mobilní hrazení, železobetonové zdi, opatření na kanalizaci	2004–2005
E 0005	Výtoň, Podolí a Smíchov	Mobilní hrazení, opatření na kanalizaci	2003–2005
E 0006	Zbraslav a Radotín	Železobetonové zdi, mobilní hrazení, opatření na kanalizaci	2007–2008
E 0007	Troja	Zkapacitnění drobného toku, zemní hráz, železobetonová zeď, hradidlové komory	2007–2008
E 0008	Modřany	Rekonstrukce zatrubněných potoků, opatření na kanalizaci, navýšení ochrany železniční trati	2004–2005

Charakteristika povodí na území hlavního města Prahy

Celá oblast Prahy se nachází v geologické oblasti Pražské kotliny, která byla do dnešní podoby zformována činností tekoucí vody. Pražská kotlina je pro erozní činnost vod ideálním místem. Geologicky je tvořena měkkými horninami jako jsou břidlice, droby, pískovce, vápence, dále se zde nachází velké množství sedimentů přinesených Vltavou. K formování terénu dochází již od třetihor. Erozní činnost prováděla nejen Vltava a Berounka, ale i řada drobných vodotečí.

Ty odvádějí vodu do dvou povodí, do povodí Vltavy a Labe. Mezi vodohospodářsky významné vodoteče patří Botič, Litovicko-Šárecký potok, Kunratický, Radotínský, Rokytka, Dalejský potok. Většina těchto vodotečí

pramení v nadmořských výškách kolem 450 m. n. m. a ústí v nadmořské výšce kolem 185 m. n. m. Všechny vodní toky na území Prahy se výrazným způsobem podílely na modelaci terénu. V odolných vrstvách skalního podloží vznikla sevřená údolí (Prokopské údolí, Šárecké údolí, Libušská rokle, Nuselské údolí, Břežanské údolí). V tratích s malými spády docházelo k ukládání neseného materiálu a vzniku území se slatinami (Slatinský potok, některé části Botiče, Rokytka). Veškeré vodní toky byly obklopeny mocnou doprovodnou zelení.

Do příchodu prvních neolitických zemědělců cca 4000–2300 před naším letopočtem nebyly vodní toky na území Prahy ovlivněny. Od té doby však dochází nepřetržitě ke změnám krajiny (odlesňování, melioracím, na-

vážkám a následně i k výstavbě dopravních tepen a jiných významných staveb v průběhu 19.–20. století). Řada toků nebo jejich částí je narovnána či zatrubněna. V současné době lze tedy většinu drobných vodních toků označit za silně ovlivněné. Následkem těchto zásahů je rozkolísání extrémních průtoků ve vodním toku. Jedná se jak o nárůst maximálních průtoků při dešťových událostech, tak snížení minimálních průtoků v suchém období, někdy i zánik pramenné oblasti. Nevyrovnaný splaveninový režim způsobuje na odkrytých územích zvýšení eroze. Zvýšené průtoky vodních toků hydraulicky namáhají koryto, kde dochází k zvýšené erozi břehů. S těmito negativními průvodními jevy je nutné se v urbanizovaném území následně vypořádat.



Nákres realizace části protipovodňové ochrany Prahy – Etapa 0002 (Část 11: obnovení povodní poškozené parkové zdi jako železobetonové protipovodňové stěny v úseku Říční ulice – Karlův most, v oblasti Kampy je protipovodňová zeď zdvojená, část 21: ocelová posuvná hradicí stěna u ústí Čertovky, část 31: úprava zdi u Hergetovy cihelny a mobilní hrazení, část 32: pokračování zdi k Mánesovu mostu, několik dílčích opatření, včetně vybudovaného povodňového uzávěru na stoce Brusnice).

Zdroj: SUBTERRA, 2007



Etapa 0002: Ústí Čertovky s uzavřenými vraty a postaveným mobilním hrazením.
Zdroj: Cabrnach, 2007



Etapa 0003: Zemní hráz na Rohanském ostrově.
Zdroj: Cabrnach, 2007

Celkové náklady na realizaci protipovodňových opatření na Vltavě v Praze jsou odhadovány na 3,24 miliardy Kč. Do konce roku 2006 bylo již z této částky vynaloženo cca 2,01 miliardy Kč. Do současné doby hradilo veškeré finanční náklady ze svého rozpočtu hlavní město Praha. Pro realizaci zbývajících částí je zvažována možnost, aby se alespoň částečně na financování podílel státní rozpočet, případně prostředky z evropských fondů v rámci připravovaných programů podpory prevence před povodněmi. Dokončení celého systému protipovodňové ochrany Prahy se předpokládá v roce 2008 [Cabrnach, 2007].

Bezpečnost protipovodňové ochrany a potenciál pro rozvoj

Po dokončení všech etap protipovodňové ochrany bude Praha podle slov svých zastupitelů proti katastrofálním povodním ochráněna. Protipovodňová opatření byla již částečně prověřena při povodních v roce

2002 (Etapa 0001). Operativnost instalace mobilních hrazení byla prověřena cvičením v červenci 2005.

Jak dále zdůraznil tehdejší náměstek primátora Jan Bürgermeister, pražská protipovodňová opatření nebudou tvořit jen zábrany – na soutoku Vltavy a Berounky na území mezi Radotínem a Zbraslaví se do roku 2011 plánuje vznik čtyř jezer jako pozůstatek těžby šterkopísku. Tato jezera zvýší schopnost zadržovat vodu v tomto záplavovém území [Český rozhlas, 2006]. Realizace opatření si vyžádá rozsáhlé výkupy pozemků, na kterých dnes stojí skleníky. Jezera budou v období mimo povodně využita k rekreaci [MHMP, 2007].

S výstavbou protipovodňových hrází v Praze souvisí také nabídka následného rozvoje dosud nevyužitých území (jedná se zejména o oblast Rohanského ostrova v Praze 8-Karlíně, oblast Manin a Libně, které jsou nebo v blízké budoucnosti budou ohrázovány). Magistrát hlavního města Prahy již podnikl kroky ke změně územního plánu, aby byly v uvedených lokalitách zaneseny plnohodnotné stavební pozemky [Obec architektů, 2006].

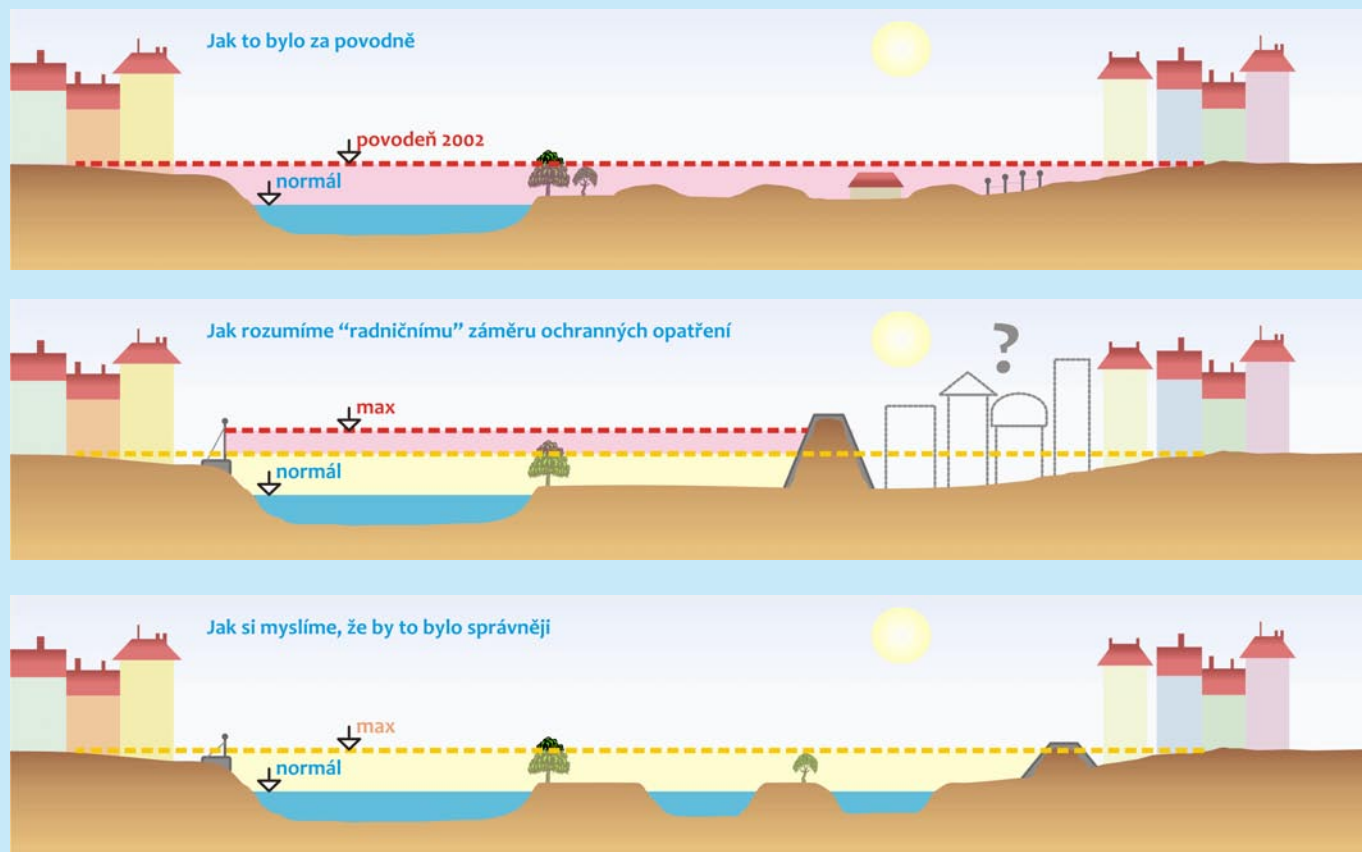
Kritické body – rozvoj a zužování záplavového území

Jak jsme dříve uvedli (viz kapitola 3), protipovodňové hráže nikdy neposkytují absolutní ochranu majetkových hodnot – tzn. není zaručeno, že se ve Vltavě nevyskytne průtok vyšší, než na který jsou protipovodňová opatření plánována.

Z tohoto pohledu je tedy připravovaný rozvoj dosud nezastavěných a nově ohrázovaných lokalit v Praze diskutabilní. Zahraniční studie hovoří o tom, že při průchodu vyšších povodňových průtoků, než na jaké jsou protipovodňová opatření navržena, jsou škody na majetku výrazně vyšší právě kvůli nesprávné představě obyvatelstva o zabezpečení území protipovodňovými stavbami [Warren, 1994; Kunreuther, Linnerooth-Bayer, 2003]. Proto je v řadě měst západní Evropy (Monheim, Kößnach, Lenzen aj.) preferováno spíše odsazování hrází v urbanizovaných územích a vytvoření větších rozlivových ploch na dosud nezastavěných územích.

Pohled ČSOP Troja na realizaci protipovodňových opatření na Vltavě v Praze [Just, Kobylák, 2003a, b]

Po povodni 2002 se dalo očekávat, že budou nejen plánovány hrázě a mobilní ochrana historického centra Prahy, ale že dojde k nápravě chyb staré regulace Vltavy, k nimž došlo před více než 100 lety, kdy byla např. nevhodně narušena a zasypána postranní říční ramena. Jedná se zejména o lokality v okolí Libeňského mostu (jež nebyly po celé 20. století využity), Holešovického ostrova a Císařského ostrova, ve kterých by bylo možné uvolnit, pročistit a zprůtočnit záplavové území tak, aby případná další povodeň měla k dispozici co největší průtočný profil a co nejméně se vzdouvala do výšky. Takto získaná území by mohla být v období mimo povodeň využita k rekreaci. V této situaci budí rozpaky snahy pražské radnice stavět ochranná opatření tak, že se záplavové území v některých částech města ještě více zúží.



Navrhujeme, aby součástí protipovodňových opatření v Praze byly také tyto kroky:

- Výstavba ochranných hrází, stěn a základů pro mobilní ochranné prvky na obvodu nivy, aby záplavové území bylo co nejširší. Pro výstavbu těchto objektů by mělo být využito také materiálů navážek a zavážek, které dosud nivní prostor znehodnocují. Součástí průtočného území by měly být také bývalé ostrovy a stará ramena v Libni a v Troji.
- Důsledné odstranění nevhodných budov, skladů, navážek a podobných objektů, které omezují průtočnost záplavového území. Odstranění problematických úseků starých příbřežních hrází v Troji a na Císařském ostrově.
- Obnova starých říčních ramen, která byla počátkem minulého století nevhodně zasypána při regulaci Vltavy. Jde zejména o ramena v Libni a v Troji.

Ze strany ekologicky orientovaných organizací (např. ČSOP Troja) jsou rovněž vznášeny argumenty, že protipovodňové hrázě a stěny je potřeba stavět na okraji říční nivy, aby záplavové území bylo co nejširší, a tedy bezpečnost městské zástavby co největší. Zúžování záplavového území, byť vyvažované vyššími hrázemi, podle nich rozhodně neznamená zvyšování míry povodňové bezpečnosti města [Kobylák, Just, 2003b]. Jak

však uvedl náměstek primátora Jan Bürgermeister, výpočty a záplavové modely nepotvrdily názory, podle nichž připravovaná protipovodňová opatření v Praze zúží zátopová území a v případě záplavy zvednou říční hladinu [Lidové noviny, 2003].

Z modelových propočtů průběhu povodně např. v urbanizovaném území Drážďan však vyplývá, že posílení ohrázení centra města bude mít v této lokalitě vliv na výšku hladiny

ny. Proto je zde podle německé legislativy nutné realizovat tzv. kompenzační opatření: „Zamezení zaplavení drážďanského Starého Města pomocí protipovodňové stěny má vliv na průtok v Labi. Je nutné počítat se zvýšením stavu hladiny při HQ 100 o 3 až 5 cm. Jako kompenzaci strhne město Drážďany již nepoužívaný železniční most a odstraní 2,00 m vysoké nánosy sedimentů v povodňovém odtokovém profilu Labe.“ [Korndörfer, 2005]

Protipovodňová opatření na drobných vodních tocích

Povodí drobných vodních toků i samotné toky na území hl. m. Prahy jsou významně ovlivněny lidskými zásahy. Zejména se jedná o zvyšování podílu zpevněných ploch a výstavbu dešťových kanalizací, které urychlují odtok vody do vodních toků. To způsobuje zvýšený povrchový odtok, erozi a extrémní průtoky v těchto tocích zejména při přívalových srážkách, které následně působí škody

na majetku. Regulovaná koryta vodních toků je nezbytné udržovat a po povodních opravovat. Vodní toky se v důsledku regulace, nelegálních závažek a vyústění kanalizace stávají obtížně obyvatelné pro vodní organismy a jejich estetická hodnota pro městské prostředí je značně omezena.

V povodí i na tocích je proto realizována řada typů protipovodňových opatření. Jedná

se o opatření v ploše povodí, která odstraňují příčinu nárůstu vod odtékajících z povodí a snižují tak zatížení vodních toků. Druhým typem jsou opatření na vodním toku, která vznikají ve většině případů až jako reakce na zásahy, jež urychlily odtok povrchových vod z povodí. Jedná se ale i o snížení působení negativních průvodních jevů regulace koryta vodního toku. Optimální ochrany před povodněmi na drobných vodních tocích je možné dosáhnout především vhodnou kombinací protipovodňových opatření v ploše povodí, která by měla být preferována.

Betonový propustek na Pražském okruhu, lokalita potoka Chvalka.
Zdroj: Vlastní



Regulace Cholupického potoka betonovým opevněním.
Zdroj: Vlastní



Zaústění splaškové kanalizace do vodního toku Řeporyje.
Zdroj: Vlastní



Zátišský potok – do vodoteče jsou zaústěny dvě dešťové kanalizace DN 1000.
Při dešťových událostech je koryto neúměrně namáháno.
Zdroj: Vlastní



Opatření v ploše povodí

Rychlý odvod dešťové vody z části povodí

Jedná se o opatření, kdy je část povodí zpevněna a přes kanalizaci zaústěna do recipientu, tj. příslušné vodoteče. Opatření je vhodné realizovat jen v případě mohutného vodního toku, který není zvýšeným přítokem vod z povodí významně ovlivněn.

Na území Prahy je takové řešení odvodů dešťové vody bez následků možné jen v případě Vltavy. Stavby kanalizace a zaústění do vodního toku jsou finančně náročné, jejich vedlejším negativním jevem je značná degradace povodí – tj. povodí ztrácí kvůli zpevněným plochám svoji přirozenou schopnost vsakovat vodu do půdních vrstev. Veškerá dešťová voda spadlá na území je sváděna kanalizací do recipientu.

Zpomalení odtoku dešťových vod z povodí

Nejstarším a velmi efektivním opatřením ke zpomalení odtoku z území je změna využití pozemků, např. zalesnění strmých svahů (Prokopské údolí). Jinou možností je zkrácení kritické délky svahu příčnými protierozními opatřeními. Jedná se především o jednoduché stavby v podobě průlehů, příkopů a kanálů. Do těchto zařízení je možné svést i dešťové vody ze zpevněných ploch pozemků a budov. Výhodou těchto opatření jsou nízké náklady na stavební práce. Nevýhodou je naopak nutnost vzdát se využívání části pozemků (pro účely umístění staveb aj.) a nezbytnost návaznosti opatření na recipient. Tato opatření patří v urbanizovaném území k nejhodnější pro životní prostředí a pro režim vodního toku.



Odvodnění rozsáhlé zpevněné plochy u nákupního centra.

Zdroj: Vlastní

Stále větší popularitu si získávají opatření pro zasakování dešťových vod na vlastním pozemku, která se používají v místech s vhodným geologickým podložím. Zasakování vod v místě dopadu doplňuje zásoby podzemní vody, které se v urbanizovaných územích často snižují. Většina území Prahy se však nalézá na horninovém podkladu, který není pro zasakování vhodný. Zasakování je možné využít především v oblasti starých vltavských teras a nezahliněných niv kolem drobných vodních toků.

Na území Prahy je kvůli malým stavebním parcelám voda často zasakována v blízkosti staveb, což může při nedodržení zásad projektových omezení způsobit pohyb stavebních konstrukcí v důsledku podmačení základových vrstev. Další nevýhodou tohoto opatření je špatná kontrola funkčnosti systému vsakování. Příkladem nevhodného užití zasakování na malém stavebním pozemku je výstavba rodinných domků v Dolních Chabrech. V důsledku selhání vsakovacích systémů (malé vsakovací pozemky) zde muselo být přistoupeno k odvodu vod do příslušné vodoteče přes retardační potrubí.

Zpomalení odtoku dešťové vody lze dosáhnout také instalací retenčního a retardačního potrubí. Dešťová voda je sváděna do dešťové kanalizace, na kterou je osazeno velkokapacitní potrubí, jež slouží k retenci přiváděné vody. Toto potrubí je následně seškrácené do menšího profilu, než je přítokové potrubí, aby byl odtok zpomalen. Opatření může být výhodné pro investory, jelikož jeho instalace minimálně zabírá půdu využitelnou pro zástavbu. Nevýhodou jsou vysoké pořizovací náklady, relativně drahá údržba a nesnadná kontrola činnosti systému. V případě zanedbání údržby může systém potrubí od-



Zalesněná část svahů Prokopského údolí v místech bývalých pastvin, v pozadí sídliště Velká Ohrada.

Zdroj: Vlastní

Přírodní usazovací nádrž pro dešťové vody z dálnice

Příkladem vhodného využití zasakování na vlastním pozemku stavby je retenční opatření Eawag ve Švýcarsku pro odvod dešťových vod ze zpevněných ploch dálnice. Vody z dálnice jsou přiváděny přes lapač ropných látek do nádrže, kde dochází k usazování splavenin. Filtrací přes pískový filtr voda odtéká do vodoteče. Konstrukce odlučovače oleje je řešena betonovým objektem s normou stěnou, který je osazen na přítoku. Voda vyčištěná v tomto lapači dále natéká do nádrže, která má podobu mokřadu. Zde dochází k sedimentaci.

K dalšímu čištění dochází při průtoku přes kořenový systém rákosy, který je zasazen do filtru oddělujícího nádrž od sběrného drénu. Celá nádrž je těsněna dvojítm zemním těsněním. Odtud je voda zaústěna do pstruhového potoka. Systém je v provozu 7 let. Každý srpen je prováděno sečení rákosy. Po čtyřech letech byla vyměněna část filtru, u které došlo k ucpání. Po celou dobu provozu nebyl systém čištěn.



Zdroj: Vlastní

tok z území ještě zhoršovat. Příkladem všech těchto negativ je zanesení retenční stoky v části jižní spojky v povodí Košíkovského potoka. Na kanalizaci odvádějící vodu z tělesa dálnice zde byla vystavěna retenční stoka. V důsledku zanedbání údržby došlo k jejímu zanesení a následně k zaplavitelnosti silnice při přívalových srážkách.

Zadržení dešťových vod v povodí

Opatřením k zadržení dešťových vod v místě dopadu může být instalace podzemní retenční nádrže bez možnosti přímého odtoku vod po dešťové události, v níž dochází k akumulaci dešťové vody. Tyto stavby jsou vhodné pouze ve chvíli, kdy existuje možnost vodu využít k zavlažování přilehlého pozemku nebo jako užitkovou vodu (např. ke splachování WC). Bez splnění těchto podmínek je provoz těchto nádrží natolik nákladný, že často dochází k situaci, kdy vlastník objektu nádrž vyřadí z provozu. Systém podzemní čerpané retence byl využit u prodejny Lidl na Českokobrodské, bohužel bez možnosti dalšího využití dešťových vod. Podzemní akumulční nádrže na dešťovou vodu jsou také často součástí různých ekologických objektů, kde je kladen důraz na maximální úsporu primárních zdrojů.

Častěji praktikovaným opatřením jsou otevřené retenční nádrže s přírodními či betonovými břehy s/bez hladiny stálého nadržení. Jednotlivé typy těchto nádrží popíšeme dále:

A. Retenční nádrže s hladinou stálého nadržení s přírodními břehy představují při dobrém projektovém návrhu vysoce efektivní hospodaření s dešťovou vodou. Nádrž vytváří příhodné mikroklima, částečně simuluje přirozený odtok z povodí. Velice rychle je osídlována organismy a vytváří přírodě blízké prostředí. Příkladem může být retenční nádrž Zahradní Město, do které je voda sváděna z přilehlého sídliště.

B. Retenční nádrže s hladinou stálého nadržení se svislými betonovými zdmi plní obdobnou funkci jako nádrže typu A. Jedná se však o vodní plochy, které jsou obtížněji využitelné pro život vodních organismů, často trpí výrazným zhoršením kvality vody. Výstavba a údržba těchto nádrží je nákladnější. Příkladem je retenční nádrž Řepy II, která byla postavena v 80. letech 20. století jako podmíněná investice výstavby sídliště Řepy. Nádrž byla zřízena kvůli ochraně přilehlých pozemků

Motolského potoka a snížení profilu potrubí zatrubněné části Motolského potoka. Účelem retenční nádrže je snížení odtoku dešťové kanalizace a prodloužení doby odtoku vody z území v řádu přibližně několika hodin. Vlastníkem nádrže je v současné době hlavní město Praha. Správu a údržbu vykonává organizace Lesy hlavního města Prahy. Funkce

nádrže byla již několikrát prověřena při lokálních přívalových srážkách. Zpřirodňování břehů nádrže není v současné době uvažováno kvůli značným finančním nákladům a potřebě zajištění dodatečných pozemků.

C. Retenční nádrže bez hladiny stálého nadržení s přírodními břehy jsou založeny na principu suchých poldrů. Území těchto ná-



Retenční nádrž Zahradní Město s hladinou stálého nadržení s přírodními břehy.
Zdroj: Vlastní



Retenční nádrž Řepy II s hladinou stálého nadržení se svislými betonovými zdmi.
Zdroj: Vlastní

drží je vhodné využívat ke sportovním účelům nebo jako přírodní či krajinářské parky. K zaplavení sportovišť dochází jen při přívalových srážkách. Po většinu roku je území využíváno k trávení volného času obyvatel přilehlé zástavby.

D. Retenční nádrže bez hladiny stálého nadržení se svislými betonovými zdmi neslouží k jinému než retenčnímu účelu – tzn. obvykle značně nákladná stavba je reálně využívána pouze několik dnů v roce, rovněž její údržba je finančně náročná. Příkladem tohoto typu je retenční nádrž Řepy I.

E. Změna povrchu pozemku ve prospěch nižšího koeficientu odtoku: Částečná retence dešťových vod může být také prováděna realizací tzv. „zelených střech“, kdy je plocha střecha domu ve větší či menší intenzitě pokryta vegetací. Snižuje se povrchový odtok, střecha může vlastníkovi nemovitosti sloužit jako terasa či zahrada (v Praze viz např. terasovité domy v Záběhlicích).



Retenční nádrž Řepy I bez hladiny stálého nadržení se svislými betonovými zdmi.
Zdroj: Vlastní

Retenční nádrže v parku Scharnhauser u Stuttgartu.

Přírodní retenční nádrže bez hladiny stálého nadržení byly vystavěny v areálu bývalých kasáren, kde byly vojenské objekty využity pro trvalé bydlení. Snížení špiček odtoků dešťových vod je řešeno jednak malými suchými poldry a zasakovacími příkopy mezi jednotlivými stavebními objekty. Dešťová voda odtékající ze zpevněných ploch je do poldrů sváděna systémem příkopů, které obsahují cca 30 cm humusu a 100 cm štěrkové akumulační vrstvy. Zde dochází k postupnému zasakování. Po naplnění systému je voda odváděna do další retenční nádrže, kterou je možné po zasáknutí vody používat jako hřiště. Kromě toho je areál vybaven tzv. centrálním schodištěm – jedná se o objekt centrální ulice ve svahu, která je řešena jako soustava malých poldrů řazených za sebou jako schodiště. Poldry v bezdeštném období plní funkci hřišť. Voda přetékající z těchto poldrů je při vyčerpání jejich retenční kapacity převáděna do systému umělých mokřadů. Celkově je odtok z tohoto území i přes jeho výraznou urbanizaci cca 3 l/s/ha.



Suchý poldr.
Zdroj: Vlastní



Zasakovací pás.
Zdroj: Vlastní

Kombinace retenčních opatření v univerzitním komplexu ULM (Německo)

Cílem projektu bylo v areálu univerzity realizovat opatření k retenci dešťových vod v takovém měřítku, aby se zastavěné území z hlediska odtoku chovalo jako před realizací zástavby. V areálu univerzity byly použity dva propojené systémy nakládání s dešťovými vodami:

- Částečná retence na zelených střechách – na 50 % střech jsou použity zelené střechy a při dešti zde dochází k částečné retenci. Po naplnění retenční vrstvy voda odtéká do systému č. 2.
- Zpomalení odtoku vody z území systémem zasakovacích objektů v terénu – dešťové vody ze střech a zpevněných ploch jsou vedeny po povrchu systémem příkopů, struh i na komunikacích napojených do umělých mokřadů. Mokřady a příkopy jsou řešeny jako propustné, zarostlé bujnou vegetací. Dešťová voda se zde volně zasakuje. Celý systém je koncipován tak, aby se co nejvíce přiblížil přírodním podmínkám. V mokřadech našli domov obojživelníci a další organismy. Konstrukce systému je provedena tak, že systém i při nedostatku srážkové vody nezapáchá a plní funkci biotopu. Systém je v provozu od začátku 90. let. Do dnešní doby nedošlo k jeho přetížení s následným havarijním odtokem dešťových vod mimo vlastní umělé povodí.



Retenční opatření na dešťovou vodu ze střech v podobě umělého jezírka.
Zdroj: Vlastní



Retenční opatření na dešťovou vodu ze střech v podobě soustavy umělých jezírek.
Zdroj: Vlastní



Buffer strip, záchytné a zasakovací pásy na vodu odtékající z komunikací.
Zdroj: Vlastní

Opatření na vodním toku

Ohrázování toku

Vybudováním protipovodňových hrází podél vodního toku dosáhneme zvětšení kapacity koryta a tím i určité míry ochrany přilehlého území před zaplavením. Jedná se o jednu z nejstarších metod ochrany před povodněmi, která však má své limity (viz kapitola 3). Opatření jsou realizována především podél upravených vodních toků se stabilizovanými břehy.

V Praze je takto řešena např. ochrana zahrady u Botiče v Záběhlicích pod záběhlickým jezem. Opatření bylo provedeno majiteli pozemku v 50. letech 20. století a poskytuje ochranu před asi dvacetiletou povodní. Při průchodu povodně v roce 2002 došlo k přelití hrázky a k zaplavení přilehlého území. Z důvodu špatného návrhu hrázek funguje opatření spíše jako suchý poldr. Velkou nevýhodou těchto hrázek je zvětšení namáhání koryta vodního toku a tím i zvýšení možnosti jeho destrukce.

Na území Prahy je dále na Vltavě ve velké míře využíváno mobilní hrazení, na drobných vodních tocích však nejsou mobilní hráze oficiálně osazovány.

Urychlení odtoku vody v korytě

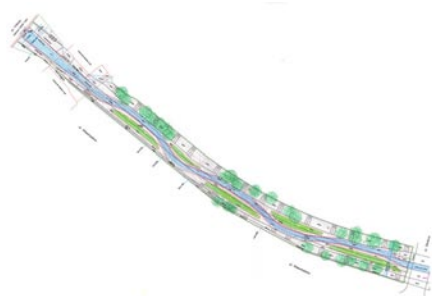
Opatření je obvykle prováděno zkrácením délky vodního toku a snížením drsnosti koryta. Negativním průvodním jevem těchto úprav je ztráta samočisticí schopnosti toku a vzhledem k nutným stabilizačním objektům v korytě rovněž ztráta průchodnosti pro vodní organismy. Koryto vodního toku nemá kvalitní doprovodnou zeleň a je velmi nákladné na údržbu. Problém povodňových průtoků je tedy lokálně do jisté míry vyřešen pouze za cenu celkové degradace toku a dodatečných provozních nákladů. Povodeň se rychleji posouvá dále po proudu. Opatření tohoto typu jsou obvykle realizována v souvislosti se snahou o získání pozemků podél vodních toků k zástavbě či jinému využití. Lokálně mohou povodňové situace naopak vytvářet nebo významně zhoršovat.

Příkladem tohoto opatření je regulace Botiče na území Nuslí. Opatření bylo realizováno v rámci výstavby nábreží Na Výtoni v letech 1905–1912. Koryto potoka je dimenzováno na padesátiletou vodu. Správu koryta provádí organizace Lesy hlavního města Prahy, správu opěrných zdí provádí



Protipovodňová hrázka u Botiče v Záběhlicích.
Zdroj: Vlastní

Technická správa komunikací Praha. Při povodni v roce 2002 došlo kvůli vzdutí Vltavy ke zpomalení odtoku a tím ke vzdutí vody v korytě, čímž byly odhaleny limity této protipovodňové ochrany. V roce 2007 je plánována oprava úseku mezi železničním mostem v Nuslích a Vinařskými závody. V rámci této opravy bude betonové opevnění dna nahrazeno kamennou dlažbou, ve které bude vytvořena meandrující kyneta pro převádění malých průtoků. Na vnitřní straně oblouků bude vytvořen prostor pro výsadbu mokřadní bylinné vegetace. Touto úpravou nedojde ke zmenšení kapacity koryta, ale k jeho estetickému a částečně i ekologickému zhodnocení. Rostliny se při průchodu velkých vod skloní po proudu a následně se po průchodu povodně vrátí do původního stavu. Tato akce má předpokládané náklady cca 6 mil. Kč.



Plán revitalizace koryta Botiče před Fidlovačkou.
Zdroj: Lesy hlavního města Prahy, 2007

Stavba retenčních nádrží na vodním toku

Vodní nádrž je prostor vytvořený vzdouvací stavbou na vodním toku, který vznikne využitím přírodní nebo umělé prohlubně v zemském povrchu nebo ohrázováním části území určeného k akumulaci vody a řízení odtoku. Retenční nádrže snižují velikost kulminačních průtoků. Při kvalitním návrhu se jedná o účinné protipovodňové opatření. Jsou-li retenční nádrže přírodního charakteru, mají i pozitivní krajinnotvorný efekt. Jejich nevýhodami jsou nutný zábor území pro stavbu nádrže, nákladná vzdouvací stavba a náklady na údržbu (které odpovídají nákladům údržby běžného rybníka).

Rovněž retenční nádrže na tocích mohou fungovat jako stavby se stálým nadržením nebo jako suché poldry. Příkladem nádrže se stálým nadržením je retenční nádrž Stodůlky III na Prokopském potoce. Stavba byla provedena v 80. letech 20. století jako podmíněná investice výstavby sídliště Lužiny a Stodůlky. Jejím účelem je snížení špičkových průtoků Prokopského potoka z důvodu protipovodňové ochrany starých Hlubočep. Retenční nádrž je v současné době ve vlastnictví hlavního města Prahy. Správu a údržbu vykonává organizace Lesy hlavního města Prahy. Nádrž ještě nebyla stoprocentně využita – tj. nedošlo k přepadu vod přes

Retenční nádrž Stodůlky III, pravý břeh.
Zdroj: Vlastní



bezpečnostní přeliv, napomohla však snížit průtok na Prokopském potoce při povodni v roce 2002. Na tomto povodí nebylo při této události dosaženo ani třicetileté povodně. V současné době je nádrž využívána nejen k zachycení povodňových průtoků, ale i jako nádrž pro chov ryb. Díky tomu, že nádrž má travnaté a pozvolné břehy, slouží v létě jako významné neoficiální koupaliště Pražanů. V neposlední řadě slouží i jako krajinný prvek. Ale i tady je ještě co vylepšovat – nádrže byly většinou navrhovány pouze jako technická zařízení a jejich ekologická funkce byla v minulosti opomenuta. Nádržím chybí vhodný břehový doprovod a litorální pásma. Situace se napravuje postupnou výsadbou vhodných rostlin v okolí rybníků a nádrží.

Příkladem suchého poldru je vodní dílo N4 Jinonice. Stavba byla provedena v 80. letech 20. století jako podmíněná investice výstavby sídliště Stodůlky. Retenční nádrž slouží ke snížení špičkových průtoků Jinonického potoka z důvodu ochrany starých Hlubočep. Je rovněž ve vlastnictví města pod správou Lesů hlavního města Prahy. Stejně



Suchý poldr Čihadla naplněný při průchodu cca třicetileté povodně na vodním toku Rokytka VIII v roce 2002.
Zdroj: Vlastní

jako v předchozím případě napomohla nádrž k významnému snížení povodňových průtoků za povodní 2002. V současné době je plocha nádrže mimo povodeň využívána k rekreaci.

Nejvýznamnějším suchým poldrem v Praze je však poldr Čihadla na potoce Rokytka v Hostavicích. Stavba byla provedena v 80. letech 20. století. Slouží k zmírnění povodňové vlny na Rokytce a chrání Vysočany a Libeň. V roce 2002 se poldr celý naplnil a významně tak přispěl ke snížení povodňových průtoků na Rokytce. Zátopa poldru je využívána částečně jako čistě přírodní prostředí rákosin a částečně jako rekreační plochy luk s roztroušenou zelení.

Revitalizace koryt vodních toků

Provedením revitalizace (tj. zpřírodnění) koryt vodních toků je povodňovým průtokům umožněn rozliv do inundačního území, což má za následek jejich zpomalení.

První přírodě blízká revitalizace vodního toku v Praze byla provedena na Krúteckém potoce v Šáreckém údolí. Původní napřímené betonové koryto bylo nahrazeno přírodním meandrujícím korytem s brody a tůněmi. Při větších průtocích se voda bude rozlévat do okolních podmáčených luk (viz dále případová studie 1).

V červenci 2007 byla zahájena největší revitalizační akce v Praze. Jedná se o revitalizaci koryta Rokytky, Svěpravického a Hostavického potoka v prostorách suchého poldru Čihadla v délce několika kilometrů. Hloubka koryt bude maximálně 1 m a veškeré větší průtoky se budou rozlévat do údolní nivy. Ze zbytků původních koryt vznikne mnoho malých vodních ploch a tůň a nová koryta budou nově osázena mokřadní vegetací.

Projektově se dále připravuje studie na Litovicko-Šáreckém potoce v úseku Litovického rybníka po vodní dílo Strnad. Projektovou studii financuje město Hostivice. Úspěšné příklady revitalizací vodních toků v urbanizovaných územích měst lze vysledovat v zahraničí (Německo, Rakousko, Švýcarsko aj.).

Zkapacitňování zatrubněných úseků vodních toků

Zejména na malých vodních tocích velice často docházelo ke svévolnému zatrubňování koryt vodních toků vlastníky okolních pozemků bez jakékoli projektové dokumentace či výpočtů. V praxi se pak může v určitém úseku střídat několik druhů a průměrů zaklenutí.

Takový příklad byl na Větvěném potoce, kde se profil zatrubnění střídal od DN 300 až 800 a při každé větší dešťové události docházelo k zaplavení okolních pozemků. Správce toku provedl v roce 2006 celkovou rekonstrukci všech zatrubněných částí s prioritou sjednotit profil zatrubnění a rozšířit otevřené úseky. Klíčovým místem protipovodňové ochrany povodí Větvěného potoka bylo správné vyřešení nátok do zatrubnění, protože právě toto místo bývá velmi často kritické. I správně dimenzované zatrubnění může převést pouze tolik vody, kolik projde nátokovým objektem. Dojde-li například k zanesení česlí splávním, dochází stejně k vyběžení a záplavě okolních pozemků. V případě Větvěného potoka byl nátok řešen kamenným objektem s usazovacím prostorem a šikmo uloženými česlemi. Mezi vlastním zatrubněním a nátokovým objektem bylo ještě realizováno opevněné koryto kryté pochozím roštem. Dojde-li v budoucnosti k zanesení česlí a přelití nátokového objektu, má voda ještě možnost vrátit se zpět do koryta.

Dvě případové studie

V předchozích kapitolách jsme rekapitulovali různé možnosti protipovodňových opatření v urbanizovaných územích na tocích a v ploše povodí. V následujícím textu přiblížíme průběh dvou investičních akcí, z nichž jedna představuje první revitalizaci koryta vodního toku na území hlavního města Prahy a byla iniciována a financována magistrátem (Krůtecký potok). Druhá akce nemůže být primárně označena za protipovodňové opatření, avšak představuje příklad dobré praxe revitalizace části plochy povodí drobného vodního toku, která vytvořila prostor pro budoucí zpřirodňení samotného koryta (Motolské údolí). Tato akce je výsledkem dlouholetých aktivit úředníků Prahy 13 a kromě jiného ukazuje způsoby, jak se lze vypořádat s nedostatkem finančních prostředků (byly zapojeny zdroje soukromých subjektů) i s komplikovanými vlastnickými vztahy.

Případová studie 1: Krůtecký potok

Opatření bylo realizováno v roce 2007 z podnětu odboru ochrany prostředí MHMP, který rovněž akci financoval. Stavbu prováděla městská organizace Lesy hlavního města Prahy. V Praze se jednalo o první přírodní revitalizaci koryta drobného vodního toku.

Popis místa a realizovaného opatření

Krůtecký potok je pravostranným přítokem Litovicko-Šáreckého potoka. Jeho povodí leží na jižním svahu Šáreckého údolí. Celá oblast je zahrnuta do přírodního parku Šárka a její nejcennější části jsou vyhlášeny jako maloplošná chráněná území. Řešené území se nachází mezi Vokovicemi a Jenerálkou podél ulice Horoměřické, v těsné blízkosti přírodního parku Šárka – Lysolaje (resp. v jeho ochranném pásmu). Chráněné území – přírodní památka Jenerálka – je vzdálená cca 150 m.

Původně bylo koryto Krůteckého potoka opevněno betonovými žlabovkami a bylo vedeno podél komunikací v ulici Horoměřické a Na Krutci. Tato technická úprava byla v dané přírodní lokalitě neopodstatněná. Vodní tok byl v jejím důsledku degradován na pouhou stoku bez návaznosti na okolní prostředí, bez břehových doprovodů a mok-

radní vegetace. Z hlediska životního prostředí došlo realizací opatření k zásadnímu zlepšení této nevhodně upravené lokality. Byla vytvořena vlhká louka s mokřadem a meandrujícím potokem, a tak se zvýšila přírodní hodnota celé lokality.

Časový rámec

Projektová příprava akce probíhala v letech 2005–2006. Realizace akce probíhala od května do července 2007

Průběh realizace

Krůtecký potok byl revitalizován v celkové délce 260 metrů. První řešený úsek začíná propustkem pod místní komunikací mezi zahrádkářskou osadou a ulicí Horoměřickou a dále pokračuje v délce 100 m na okraji dubového porostu mezi lesní pěšinou a ulicí Horoměřickou. Druhý úsek je dlouhý cca 160 m. Vede mezi ulicí Na Krutci a loukou zarostlou ruderalním porostem, s výskytem divokých skládek.

V prvním úseku byly odstraněny všechny betonové žlabovky a koryto se mezi lesní pěšinou a silnicí mírně rozvlnilo. Pozůstatky starého přímého koryta byly začleněny do nového pouze v podobě několika tůní s hloubkou až půl metru. V druhém úseku se trasa potoka změnila tak, aby Krůtecký potok opět meandroval údolnicí. Od výústního objektu zatrubněné části potoka se koryto odklonilo do středu louky, kde bylo rozvlněno přírodě blízkým způsobem. Uprostřed území se na potoce vytvořil malý mokřad o ploše cca 90 m² a maximální hloubce 0,5 m. Vzhledem k tomu, že se na louce nacházela řada náletů



*Krůtecký potok před revitalizací.
Zdroj: Lesy hl. m. Prahy, 2007*



*Krůtecký potok – řešené území.
Zdroj: Lesy hl. m. Prahy, 2007*

*Revitalizované koryto Krůteckého potoka krátce po dokončení prací (červenec 2007).
Zdroj: Vlastní*



Revitalizované koryto Krúteckého potoka krátce po dokončení prací (červenec 2007).
Zdroj: Vlastní



jasanu a javoru, byly po vytyčení nové trasy toku jednotlivé oblouky koryta přizpůsobeny stávajícím perspektivním mladým stromům. Aby nedocházelo k destrukci nových koryt, opevnilo se koryto potoka v obloucích kamenným pohozem.

V místě křížení potoka s lesní pěšinou byl proveden přechod přes potok z kamenných kvádrů. Zajímavostí je, že projektant v návrhu tohoto přechodu vycházel z kamenných přechodů cest ve starověkých Pompejích. Součástí projektu byla i oprava poškozeného výústního objektu, zatrubnění a odvodnění komunikace. Původní koryto Krúteckého potoka bylo v tomto úseku ponecháno, aby sloužilo jako cestní příkop zaústěný do vodního toku.

Na rozdíl od projektu bylo navíc vybudováno bezpečné odvedení dešťové vody z komunikace Na Krutci a byla provedena stabilizace svahu. Ve spodní části koryta nebyly provedeny všechny tůně, protože by došlo k jejich velmi rychlému zanesení a zániku.

Celý projekt byl realizován výhradně na pozemcích města, proto nebylo nutné vyjednávat o odkupech pozemků ani jinak zapojovat dotčenou veřejnost.

Protipovodňový efekt opatření

Protipovodňový efekt jako takový přezkoumáván nebyl, ale obecně platí, že mělké přírodní meandrující koryto zpomaluje odtok vody z povodí, protože dochází i k rozlití vody mimo koryto do údolní nivy.

Další pozitivní či negativní efekty

Ekologický efekt – vytvoří se nový biotop vodních a mokřadních společenstev, na který je vázána spousta zajímavých a chráněných rostlin a živočichů.

Důležitým faktorem je následná údržba a pravidelné kosení lokality a případné dosadby mokřadních rostlin, čímž bude zajišťována údržba revitalizace. Náklady údržby ponese MHMT, údržbu budou provádět Lesy

hlavního města Prahy. Do revitalizovaného koryta nebude nutné zasahovat.

Náklady projektu

Revitalizaci financoval rozpočet hlavního města Prahy. Náklady činily 700 tis. Kč. Předpokládané náklady údržby budou 20 tis. Kč ročně.

Případová studie 2: Motolské údolí

Revitalizace pramenné části Motolského potoka byla dokončena v roce 2005. Akci inicioval a s pomocí soukromých firem finančně zabezpečil Úřad městské části Prahy 13 (dále ÚMČ).

Popis místa a realizovaného opatření

Motolské údolí se nachází v katastru městské části Prahy 13. V 90. letech bylo zcela zapomenutým územím, nacházejícím se v lokalitě Stodůlky pod obchodními centry Globus a Bau-max. V těsné blízkosti se nachází komplex obchodních center Metropole Zličín. Údolím protéká v délce asi 1 km napřímený Motolský potok. Údolí o rozloze 8,5 ha sloužilo v minulosti k ukládání zeminy nejen při výstavbě ČKD Zličín. Občané i firmy si zvykli ukládat sem nepotřebný odpad, např. staré pneumatiky, kusy železného šrotu, vysloužilé chladničky i nábytek. Údolí obývali bezdomovci a bylo z větší části zarostlé nahodile rostoucími náletovými a poškozenými dřevinami – tj. bylo celkově nevhodné pro trávení volného času občanů a ekologicky znehodnocené.

Pracovníci odboru životního prostředí ÚMČ Praha 13 nejdříve od roku 2001 prováděli dvakrát do roka pravidelné víkendové úklidy za účasti Českého svazu ochránců přírody a Občanského sdružení Země. Postupně byly káceny náletové dřeviny. Těchto

akcí se zúčastňovalo 50 až 100 dobrovolníků různých věkových kategorií a prováděli je zcela zdarma. Z prostředků odboru životního prostředí byly pouze hrazeny náklady na přistavené kontejnery na odvoz odpadu, které činily od roku 2001 do roku 2004 celkem 80 tis. Kč. Později však bylo rozhodnuto o zpracování projektu celkové revitalizace Motolského údolí – tzn. pramenné části motolského potoka.

Časový rámec

Akce byla uvažována od poloviny 90. let. Přípravné práce probíhaly v letech 2002–2004. Revitalizace údolí byla zahájena v září 2004 a ukončena v červenci 2005.

Průběh realizace

Před vlastní revitalizací pramenné části Motolského potoka byly provedeny průzkumy – geobotanický, floristický, inženýrsko-geologický, zoologický a hydrologický, díky nimž byly k dispozici expertní informace k naplňování jednotlivých opatření.

Vzhledem k tomu, že jednotlivé pozemky v lokalitě patří různým vlastníkům, probíhala s nimi jednání, na kterých byly seznamováni se záměrem revitalizace a následně s postupem jednotlivých prací. Souhlas jednotlivých vlastníků byl podmínkou úspěšného zahájení samotné revitalizace. Ta spočívala v revitalizaci mokřadu, vybudování nové vodní nádrže Rybníček, vyčištění, prohloubení a zvětšení vodní nádrže Jezírko v lomu, stabilizaci a doplnění cestní sítě, včetně zřízení dvou lávek přes Motolský potok. Byly podchyceny prameny potoka a převedeny dvěma nově vybudovanými propustky pod cestou do lužního lesa. V části lokality směrem k oplocení průmyslového areálu ČKD Zličín byly vysazeny stromky, které v budoucnu zacloní výhled na průmyslový areál. Bylo vybudováno dětské hřiště.



Jezírko v lomu v původním stavu (vlevo) a po revitalizaci (vpravo).
Zdroj: Archiv ÚMČ Prahy 13

Veškeré zásahy byly prováděny s ohledem na výskyt stanovišť vzácných druhů rostlin. Nejcennějšími částmi údolí jsou topoly na pramenech křídového stáří s bohatým spektrem vlhkomilných druhů rostlin. Druhou cenou enklávou je mokřina severně od výsadeb topolů s výskytem tuřice latnaté, jejíž poslední výskyt na území Prahy byl zaznamenán v roce 1928. Po revitalizaci se v Motolském údolí začínají vyskytovat druhy, které jsou na území Prahy velmi vzácné a jsou zahrnuty do Červeného seznamu České republiky (např. *Chara vulgaris* – parožnatka obecná, *Berula angustifolia* – potočník vzpřímený, *Listera ovata* – bradáček vejčitý apod.).

V souvislosti s revitalizací Motolského údolí byla rovněž zvažována revitalizace napřímeného Motolského potoka, který je ve správě Magistrátu hlavního města Prahy (údržbu zajišťují Lesy hlavního města Prahy). Akce byla vyprojektována, v důsledku jiných priorit povodních v roce 2002 ale nebyla provedena. Stejným způsobem je projektově připravena i revitalizace Větvého potoka, který je hlavním přítokem Motolského potoka. Tato akce je v současné době realizována.

Protipovodňový efekt opatření

Samotná revitalizace motolského údolí nemá protipovodňový efekt – jednalo se spíše o obnovu ekologických funkcí území a jeho zpřístupnění pro trávení volného času veřejnosti. Jde však o zajímavý precedens přístupu úřadu městské části ve spolupráci se správci drobných vodních toků na území velkoměsta. Revitalizace dále otevřela dveře možným revitalizačním potokům (Motolský, Větvý aj.).

Revitalizace údolí Motolského potoka byla konzultována s Magistrátem hlavního města Prahy a bylo s ní uvažováno při zpracování Generelu Motolského potoka v závislosti na příchodu přívalových dešťů. Je zpracována „Variantní vodohospodářská studie bezpečného odvedení přívalových dešťových vod a zabezpečení území proti škodám v celém povodí Motolského potoka“. Studii zadal Magistrát hlavního města Prahy a zpracoval Hydroprojekt Praha v roce 2001. Cílem tohoto materiálu je posouzení povodí Motolského potoka z hlediska problematiky odvedení velkých vod. Studie byla dokončena v roce 2003. Území nebylo od té doby bleskovými povodněmi prověřeno.

Další pozitivní či negativní efekty

Provedenou revitalizací Motolského údolí došlo ke zvýšení rekreační a naučné funkce zejména pro občany městských částí Prahy 13, Prahy 5 a Prahy 6 i s možnostmi využití cyklistických a vycházkových tras. Do údolí bylo umístěno dětské hřiště, lavičky apod. Pro pracovníky odboru životního prostředí ÚMČ Prahy 13 je odměnou, že občané kladně hodnotí jejich úsilí a území skutečně využívají k trávení volného času. Úřad pro své občany pořádá výstavy a semináře, na kterých je seznamuje s realizovanými opatřeními a jejich významem.

Byla obnovena ekologická funkce území – v údolí se začínají hojněji vyskytovat vzácné rostlinné druhy.

Velkým úkolem, který byl realizován se značným i mimopracovním nasazením pracovníků ÚMČ Prahy 13, bylo jednání s vlastníky pozemků – pozemky jsou i nadále soukromé. Vyjednávání trvalo přes dva roky. Je uzavřena smlouva, že ÚMČ se bude o pozemky starat (tj. vlastníci už je nemusí sekat). Významný vliv měl fakt, že nad částí pozemků vede elektrické vedení a nejednalo se o stavební parcely – tj. užití pozemků k soukromým účelům bylo prakticky nulové.

V údolí je nutné provádět pravidelnou údržbu, kterou zabezpečuje odbor životního prostředí ÚMČ Praha 13. Provádí se

dvakrát ročně kosení trávy, pravidelná péče o dřeviny, kontrola a údržba vodních ploch a úklidové práce. Při údržbě se spolupracuje s místními nevládními organizacemi. Pracovníci úřadu dále pečlivě hlídají potenciální vliv nových skládek.

Náklady projektu

Akce byla financována ze soukromých zdrojů (sponzorské dary). Firma Globus a cementárna věnovaly na realizaci celkem asi 3,5 mil. Kč. Projekt revitalizace Motolského údolí rovněž získal první cenu firmy Staropramen (finanční prostředky ve výši 500 tis. Kč byly rovněž věnovány na realizaci). Přibližně 150 tis. Kč na výsadbu stromků bylo přiděleno z programu MŽP ČR Péče o krajinu. Financování projektové přípravy zajišťoval ÚMČ Praha 13.

Údržba údolí byla v prvních letech hrazena ze zbylých sponzorských darů a z části příspěvku firmy Kámen Zbraslav ve výši 500 tis. Kč. Tyto prostředky jsou v současné době již vyčerpány. Další financování údržby bude hrazeno z rozpočtu ÚMČ Praha 13.

Ostatní

V listopadu 2005 získal tento projekt také druhé místo v mezinárodní soutěži měst a obcí The International Awards for Liveable Communities, která se konala ve španělském městě La Coruña.



Současná podoba Motolského údolí po revitalizaci (podzim 2006).
Zdroj: Vlastní

Odvodnění urbanizovaných území, kanalizace a povodně

Zvláštním typem povodní je zatopení urbanizovaného území v důsledku selhání systému městského odvodnění (např. ucpání kanalizace, překročení kapacity kanalizace, zpětné vzdutí apod.). Tyto povodně mohou vznikat mimo běžné povodňové situace (viz kapitola 1), nebo je mohou doprovázet a tím umocňovat povodňové škody. Systém městského odvodnění je obvykle propojen se sítí drobných vodních toků na území města.

Kapitola popisuje základní typy povodní v urbanizovaném území, uvádí přehled možných řešení i několik případových studií z území hlavního města Prahy.



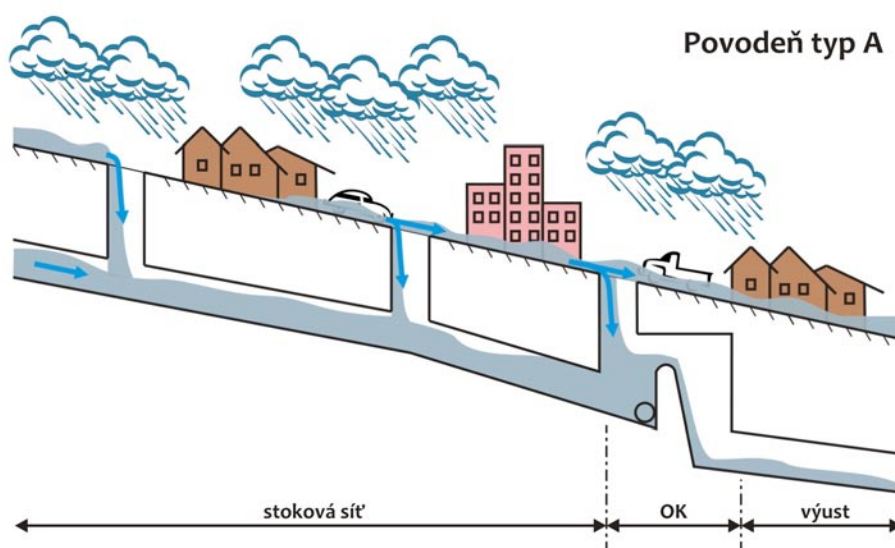
Pražská kanalizace za povodní v roce 2002.
Zdroj: Archiv PVS, a. s.

Základní typy povodňových situací v urbanizovaném území

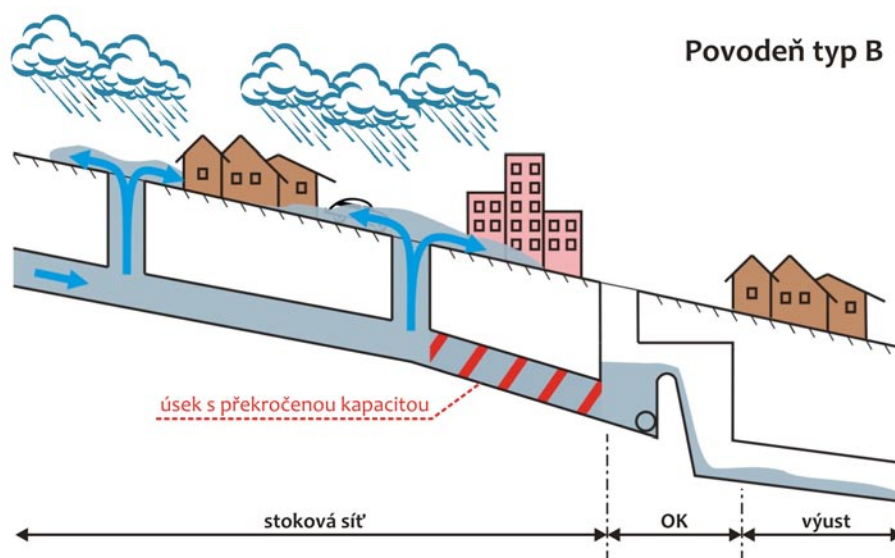
K povodni či zaplavení zastavěného území může dojít přesto, že toto území není bezprostředně ohroženo běžnou povodní (tj. vystoupením vody z koryta řeky). Tato situace je znázorněna na obrázcích jako typ povodně A a B.

V řadě případů je selhání systémů městského odvodnění způsobeno či umocněno příchodem běžné povodně. Tato situace je znázorněna na obrázcích jako typ povodně C, D a E.

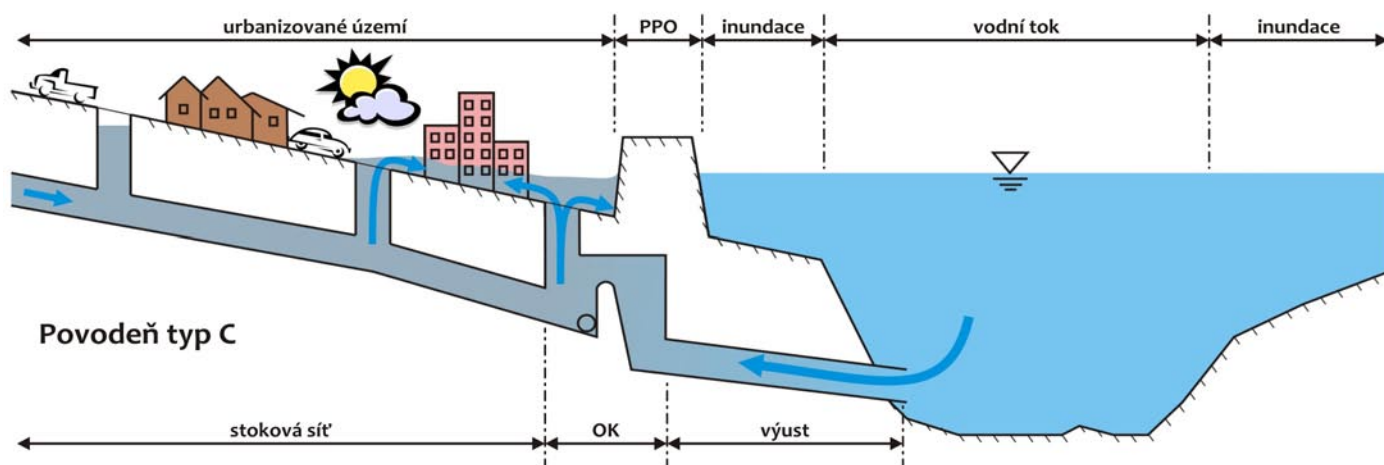
Typ A: Povodeň v urbanizovaném území při intenzivní lokální srážce z důvodů překročení kapacity uličních vpustí a šachet. Typ A je zpravidla způsoben lokální srážkou s vysokou intenzitou, zaplavení je krátkodobé (minuty – hodiny), lokalita výskytu je závislá na plošném rozdělení deště. Zdroj: Vlastní



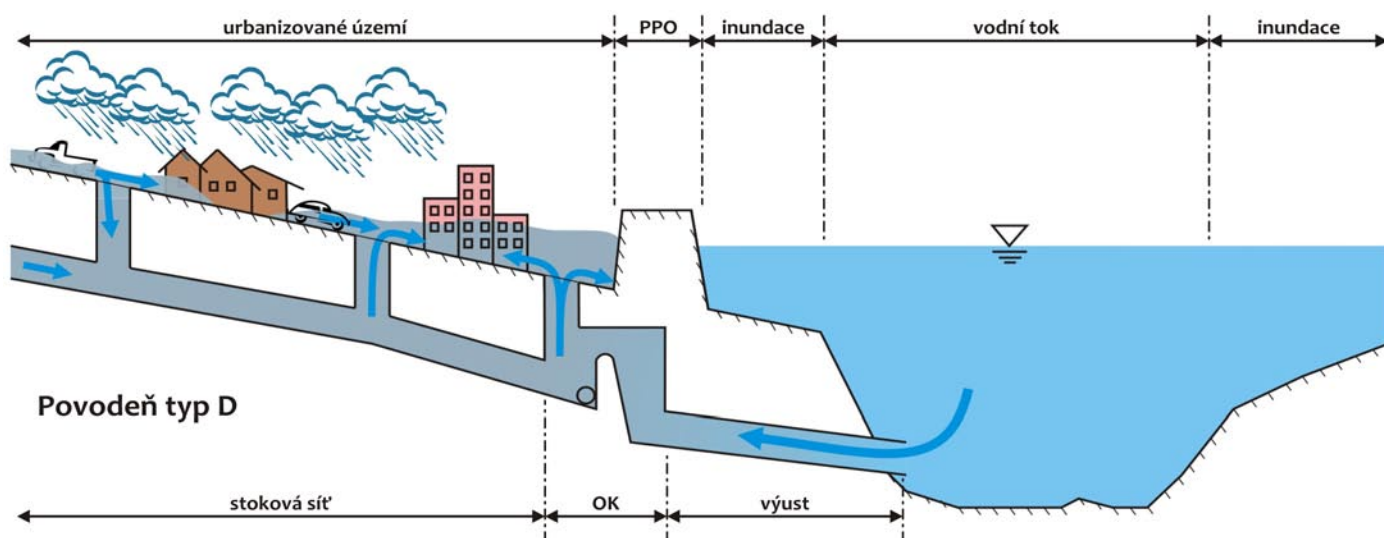
Typ B: Povodeň v urbanizovaném území při intenzivní lokální srážce z důvodů překročení kapacity jednotné/ dešťové kanalizační sítě. Obdobně jako typ A je tento scénář záplavy zpravidla způsoben lokální srážkou s vysokou intenzitou, zaplavení je krátkodobé (minuty – hodiny), lokalita výskytu je závislá na plošném rozdělení deště a kapacitních poměrech kanalizační sítě. Zdroj: Vlastní



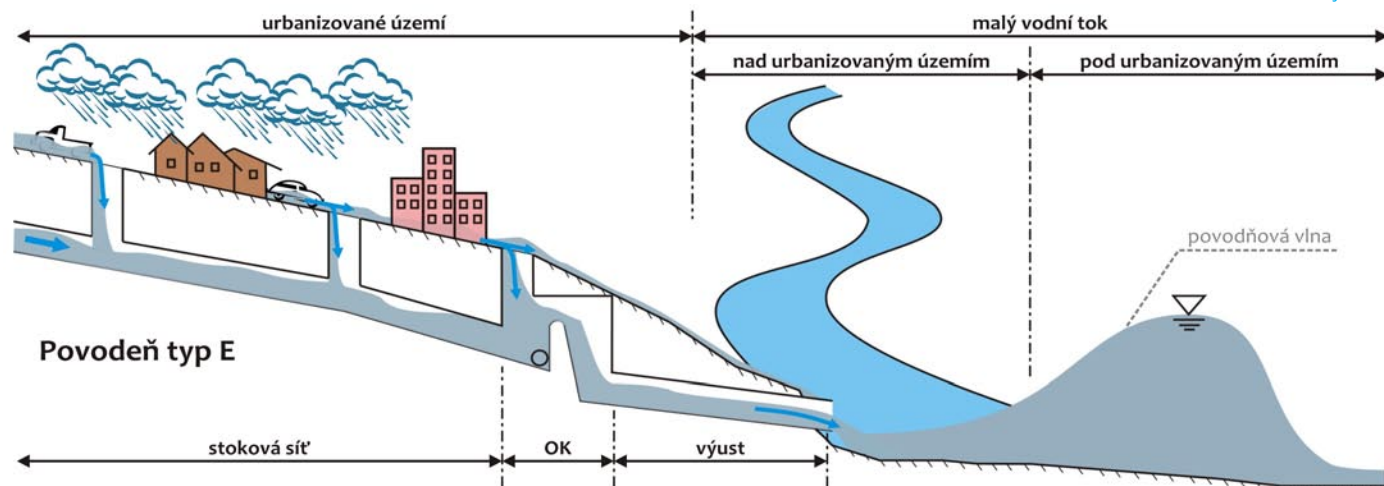
Typ C: Zpětné vzdutí vody z rozvodněného recipientu kanalizační sítě a výtok smíšené odpadní vody na povrch terénu dle principu spojených nádob. Rizikovitost scénáře roste s výstavbou protipovodňových opatření na vodním toku. Nebezpečí zaplavení existuje i v případech, kdy je stoková síť chráněna proti zpětnému vzdutí, a to prostřednictvím průsaků, netěsností a starých trubních vedení.
Zdroj: Vlastní



Typ D: Kombinace typů A(B) a C, kdy vedle povodňové situace v přilehlém vodním toku se nad územím vyskytuje lokální přívalová srážka. Vzdutí vody v recipientu znemožňuje gravitační odvádění dešťového odtoku.
Zdroj: Vlastní



Typ E: Stoková síť odvádí vodu z přívalové srážky do recipientu, kde způsobuje výrazné zvýšení průtoků. Scénář je rizikový zejména pro malé vodní toky, jež slouží jako recipienty dešťových vod velkým urbanizovaným povodím. Jedná se většinou o toky třetího a nižšího řádu.
Zdroj: Vlastní



Lokální povodně v urbanizovaných územích typu A, B a E jsou oproti běžným povodním na tocích charakteristické vyšší četností výskytu, krátkou dobou odtoku a krátkou dobou trvání. V těchto případech je prakticky nemožné použít výstražné systémy civilní ochrany, které varují před běžnými povodněmi na tocích. Dalším specifickým je, že nelze vizuálně pozorovat postup povodně v kanalizační síti a navíc vzhledem k plošnému rozdělení deště nelze přesně předpovědět lokalitu krizové situace. Výskyt povodní typu C odpovídá četnosti výskytu běžných povodní na tocích. Výskyt povodní typu D je méně častý, protože se jedná o souběh dvou jevů – povodně na vodním toku a přívalové srážky nad urbanizovaným územím.

Pro území hlavního města Prahy jsou relevantní všechny typy uvedených povodní. Typy A a B jsou způsobeny překročením kapacity stokové sítě či jejích prvků, jejichž návrhová spolehlivost je z ekonomických důvodů omezená (viz dále). Povodně typu C a částečně i D nastaly při povodních v roce 2002. Od té doby se systematicky podnikají opatření ke zvýšení bezpečnosti stokové sítě při těchto situacích. Nelze však předpokládat absolutní bezpečnost, tzn. opakování povodně obdobného typu může v budoucnu v urbanizovaném území Prahy znovu nastat. Situace typu E je běžnou situací na drobných vodních tocích, jakými jsou například Botič, Rokytky či Zátíšký potok.

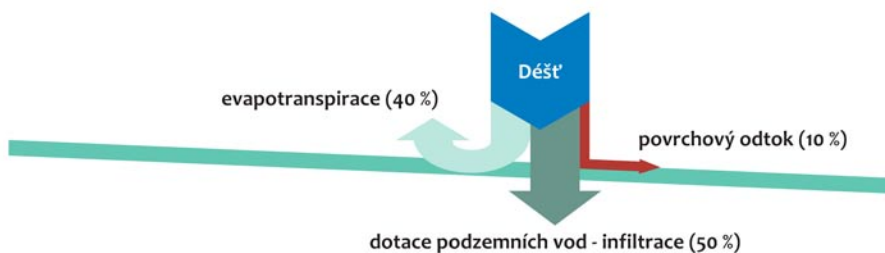
Příčiny vzniku povodní v urbanizovaném území

Změna povrchového odtoku z povodí

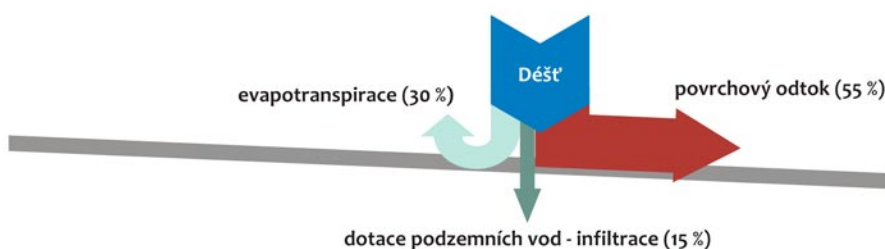
Urbanizovaná území jsou specifická vysokým podílem nepropustných ploch (komunikace, střechy budov atd.), který v centrech městských aglomerací dosahuje 70 % i více. Voda dopadající za dešťové situace na povrch povodí nemůže přirozeně infiltrovat do kolektorů podzemních vod.

Rovněž úroveň výparu (evapotranspirace) je oproti přirozeným podmínkám snížena [Paul and Meyer, 2001]. Větší část objemu dešťové vody odtéká po zpevněném povrchu do dešťových vpustí a stokovou sítí je odváděna mimo území. Vedle objemu vody je podstatná i rychlost povrchového odtoku, která se projevuje sníženou schopností transformace kulminačního průtoku. Zvýšený povrchový odtok je základní příčinou všech typů lokálních záplav v urbanizovaných územích.

Přirozené povodí (zalesněné)

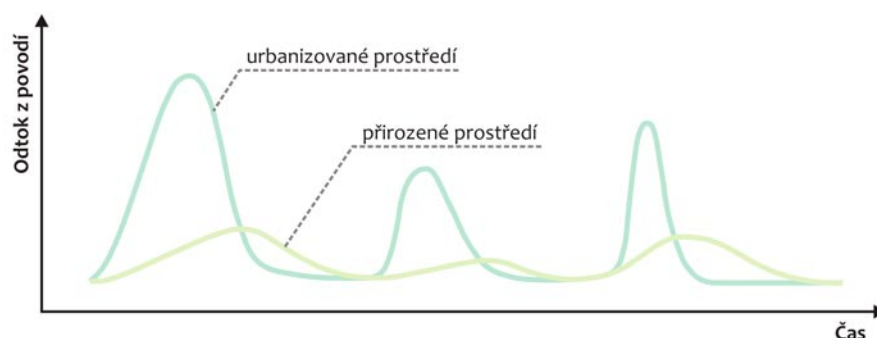


Urbanizované povodí (75–100 % nepropustných ploch)

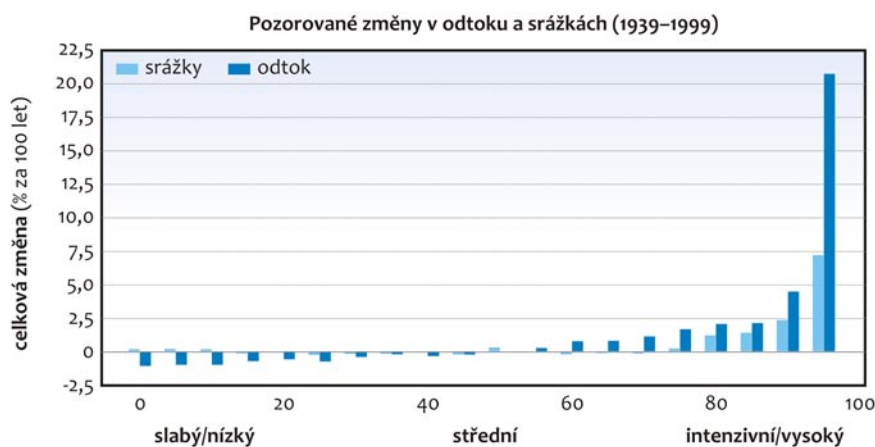


Nepropustnost povrchu povodí ovlivňuje hydrologický cyklus. V povodích s přirozeným vegetačním pokryvem infiltruje až 50 % objemu dešťové vody dopadající na povrch území (z toho přibližně polovina dotuje kolektory podzemních vod), pouze 10 % představuje povrchový odtok. V centrálních částech městských aglomerací tvoří povrchový odtok až 55 % objemu dešťové srážky [Paul and Meyer, 2001].
Zdroj: Vlastní

Graf ilustruje kulminační dešťový odtok z urbanizovaného povodí v porovnání s odtokem z přirozeného povodí. V povodích s vysokým procentem nepropustných ploch přispívá zvýšený objem a rychlost povrchového odtoku k větším záplavám a povodňovým škodám.
Zdroj: Vlastní



Graf znázorňuje změnu v intenzitě srážek a odtoku v procentech v letech 1939–1999. Vyhodnocení je založeno na měření ve 150 lokalitách v USA. Je patrné, že největší změny se týkají srážek s nejvyšší intenzitou. Zdroj: US Global Change Research Program



Změny klimatu ve vztahu k intenzitě srážkových událostí

Výsledky dlouhodobých měření a regionálních klimatických modelů pro Evropu [Bonomo et al., 2007; Arnjberg-Nielsen, 2006; Grum et al., 2006] i USA potvrzují trend ve změně intenzit a periodicity výskytu přívalových dešťů s krátkou dobou trvání. Ty jsou rozhodující pro návrh systémů k odvádění dešťového povrchového odtoku v urbanizovaných územích. Rostoucí hodnoty těchto indikátorů vedou k tomu, že systémy odvodnění jsou náchylnější k selhání (přetížení).

V praxi to znamená, že hydraulická spolehlivost stávajících či dnes navrhovaných systémů městského odvodnění se bude v čase snižovat, což je podstatný fakt při plánování systémů, jejichž životnost se pohybuje v desítkách let [He et al., 2006].

Nedostatečná kapacita systému městského odvodnění

Dešťové vody jsou z urbanizovaných území ve většině případů odváděny systémy dešťové či jednotné kanalizace. Technický návrh (hydraulická kapacita) systému a jeho prvků vychází primárně z efektivní plochy povodí a intenzity návrhového deště, který je dále definován délkou trvání a periodicitou. Pro Prahu je stanovena doba trvání návrhového deště $t=10$ minut, s periodicitou $p=0,5$ pro jednotnou soustavu, respektive $p=1$ pro soustavu oddílnou dešťovou (viz Městské standardy vodárenských a kanalizačních zařízení na území hlavního města Prahy, 2001).

Dešťové srážky s vyšší než návrhovou intenzitou mohou způsobit hydraulické přetížení systému a jeho prvků, i když díky bezpečnostním rezervám a nejistotám v hydraulickém návrhu odpovídá jejich spolehli-

vost reálným dešťovým srážkám s periodicitou $p=0,2$ až $0,1$ [Stránský, 2004]. Typickou situací je překročení kapacity samotného stokového systému, přechod do tlakového režimu proudění s vystoupaním vody do úrovně sklepních prostorů či přímo výtoku na terén prostřednictvím revizních šachet či uličních vpustí a rozliv do okolního prostoru. Obvyklé je rovněž zahlcení uličních vpustí s následným zaplavením okolního území.

Povodňový stav v recipientu a zpětné vzdutí ve stokové síti

Systém městského odvodnění je v dnešní době chápán jako integrovaný systém různých subsystémů (stoková síť, čistírna odpadních vod, povrchové toky, kolektor podzemních vod), které se navzájem ovlivňují.

Interakci mezi stokovou sítí a navazujícím povrchovým tokem zprostředkovávají výusti dešťové a odlehčovací komory jednotné stokové sítě. V případě běžné povodňové situace na vodních tocích a při nedostatečné protipovodňové ochraně stokové sítě může docházet k průniku povrchové vody do kanalizace, zpětnému vzdutí v systému a následnému zatopení sklepních prostor nebo i k výtoku vody na terén a zatopení přilehlého okolí. Děje se tak proto, že kóta vodní hladiny v recipientu převyšuje kótu okolního terénu. Důsledky této situace v intravilánu jsou výraznější v případě aktivní protipovodňové ochrany území před klasickou povodní a zároveň nedostatečným zabezpečením stokové sítě. Obzvláště v rovinných lokalitách může dojít k rozsáhlému zaplavení.



Zatopení křižovatky Karlovo náměstí – Ječná při přívalové srážce v červnu 2005. Překročení návrhové kapacity uličních vpustí způsobuje lokální zatopení ulic a částečně i přilehlých objektů. Zdroj: MF Dnes, 2005



Výron vody z Vltavy kanalizační sítí při povodni v roce 2002 v ulici Sokolovská, Praha-Karlín. Zpětné vzdutí způsobuje záplavu intravilánu, který v daném okamžiku není přímo ohrožen povodňovým stavem v toku. Zdroj: Archiv PVS, a. s.

Povodňové škody

Škody v urbanizovaných územích

Škody v důsledku nedostatečné kapacity stokové sítě při dešťovém odtoku vznikají jak na síti samotné, tak i v urbanizovaném území. V případě, kdy kapacita stokového systému je překročena a voda vytéká na povrch, případně nemůže kvůli nedostatečné kapacitě uličních vpustí do stokového systému vtékat, je ohroženo zdraví lidí a vznikají škody na majetku. To platí zejména, jsou-li ohroženy podzemní prostory, v Praze zejména stanice metra.



Podzemní nákupní centrum ve Fukuoce, Japonsko, zatopené přívalovým deštěm v roce 1999.
Zdroj: Japan Sewage Works Association

Vzhledem k velmi rychlému průběhu dešťového odtoku v urbanizovaném povodí (desítky minut) je včasná informovanost o povodňovém nebezpečí značně omezená. Četnost výskytu je individuální. V povodí pražské stokové sítě k podobným situacím dochází každoročně v důsledku jarních přívalových dešťů, případně letních intenzivních bouřek. Vzhledem k velké plošné variabilitě takových srážek záplava zpravidla nepostihuje celé urbanizované povodí, ale pouze jeho část. Příkladem z posledních let je záplava na Karlově náměstí v roce 2005, případně zaplavení podjezdu železniční trati na Podbabské ulici v roce 2006.



Propad vozovky v Lisabonu v roce 2004 způsobený přívalovým deštěm.
Zdroj: Sky News

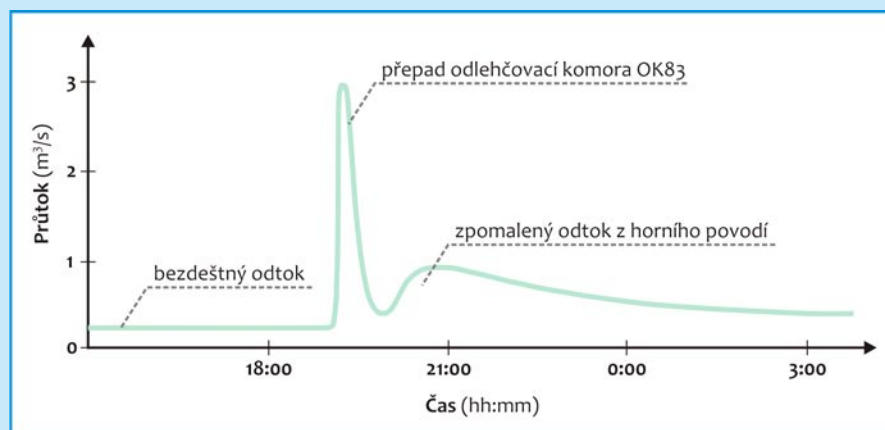
Riziko škod na majetku však nevzniká jen při zatopení ulic. Při přetížení stokového systému může nastat situace, kdy jsou zatápěny sklepní prostory objektů prostřednictvím kanalizačních přípojek. Prevencí je instalace zpětných klapek na přípojky, která je v Praze vyžadována. Důležité je i správné provedení napojení přípojky na hlavní kanalizační řad, tak aby byla zaručena těsnost spoje. Pokud není toto opatření správně provedeno, může voda ze stoky unikat a prosakovat do podzemních prostor objektů. Toto riziko je největší při déle trvajícím zaplavení stokové sítě (typy povodní C a D).

Poškození stokové sítě je určeno jejím technickým stavem, výstrojí šachet a rizikem poškození či ztráty zařízení pro monitorování a řízení funkce systému. Za předpokladu poškození stokového potrubí o průměru jeden metr v délce 100 m vyžaduje rekonstrukce úseku náklady v řádu milionů korun [UUR MMR, 2006]. Škoda zařízení pro monitoring průtoků může dosáhnout půl milionu korun i více. V extrémním případě může dojít ke kolapsu stoky, vytvoření kráteru a ohrožení zdraví a životů lidí. V Praze jsou známy případy opakovaného kolapsu stoky v Trojské ulici v roce 1985 a 1996 nebo v ulici Petra Rezka v letech 1980–1985.

Škody vzniklé v urbanizovaném území vlivem zaplavení stokového systému při vysokém stavu hladiny ve vodním toku jsou obdobné škodám při přímém zaplavení.

Botič v Hostivaři během dešťové události z 8. 7. 2004

Na grafu je znázorněna situace, kdy letní dešťová událost s vysokou intenzitou způsobila přepad na odlehčovací komoře OK83 v Hostivaři, v jehož důsledku stoupl průtok v Botiči ze 105 l/s na více než 3000 l/s. Po skončení přepadu OK v cca 22:45 je patrný zpomalený odtok z horního povodí Botiče.



Zdroj: Vlastní

Na Botiči se tento jev před rekonstrukcí OK83 opakoval několikrát ročně [Kabelková et al., 2006].



*Eroze břehů Botiče v úseku nad Hostivařskou přehradou.
Eroze je způsobena zaústěním dešťové
kanalizace Petrovic.
Zdroj: Vlastní*

Škody na vodních tocích

Oproti přirozenému stavu odtéká v urbanizovaných územích daleko více dešťové vody rychle po povrchu nebo prostřednictvím jednotné či dešťové stokové sítě do vodního toku. Důsledkem je změna hydrologického režimu vodního toku [Tetzlaff et al, 2005], který se projevuje častějším výskytem lokálních povodní. To je významné zejména v situacích, kdy větší urbanizovaný celek leží na malém vodním toku.

Náhlé zvýšení průtoku může způsobit škody na hmotném majetku v okolí toku, případně i na zdraví, obdobně jako při klasické povodni. Negativně zde působí i morfologické změny toku (napřímení, zpevnění koryta) snižující schopnost toku transformovat povodňovou vlnu. Vzhledem k vyšší četnosti lokálních povodní v důsledku urbanizace jsou zde podstatné i dopady povodně na tok. Jedná se zejména o hydraulický stres a vnos znečišťujících látek. Oba jevy následně ovlivňují vodní faunu a flóru [Šťastná, 2005].

Hydraulický stres způsobuje výraznou erozi dna a břehů vodního toku a odplavuje organismy žijící ve vodním prostředí [Bovee, 1986].

Vodní tok ztrácí svoji estetickou i ekologickou funkci. Aby se předešlo vzniku rizik a následných škod v důsledku pádu stromů či utržení celých břehů, je třeba provést buď sanaci a zpevnění břehů, nebo zadržet vodu v povodí prostřednictvím dešťových retenčních nádrží, případně zvýšit podíl zasakované dešťové vody (tzn. snížit objem vody odváděný kanalizací).

Znečišťující látky, které se nacházejí na urbanizovaných plochách, jsou prostřednictvím dešťového odtoku přenášeny stokovou sítí do vodního toku. V případě jednotné stokové sítě může hrát roli i vyplavení sedimentů usazených ve stoce během bezdeštných období a míšení dešťové vody s vodou splaškovou. V toku pak vzniká riziko akutní a/nebo chronické toxicity pro přítomné organismy [Rand, 1995], které se prostřednictvím potravního řetězce může přenášet dále, v extrémním případě až ke člověku.

Kromě lokálních povodní má změna koloběhu vody v důsledku urbanizace negativní vliv i na dotaci podzemních vod, jejichž hladina se snižuje. To působí problémy v suché části roku, kdy by průtok ve vodních tocích měl být dotován právě podzemní vodou.

Úhrada škod

Škody vzniklé v urbanizovaném povodí v důsledku nedostatečné kapacity stokové sítě či uličních vpustí jsou zpravidla posuzovány dle intenzity dešťové srážky, která byla příčinou povodňové události. Pokud tato příčinná srážka přesahuje parametry návrhové srážky (tj. srážky, na kterou byl stokový systém navrhován), je událost považována za přírodní živela a škoda je hrazena z pojistky poškozeného (má-li ji uzavřenu). V opačném případě škodu hradí provozovatel stokového systému, respektive škoda je hrazena z jeho pojistky. Nutno dodat, že popsaná kritéria neplatí obecně a v praxi často záleží na individuální dohodě obou stran.

Škody ve vodním toku v důsledku lokálních povodní působených stokovým systémem lze spíše označit jako postupnou degradaci toku a jeho ekosystému. Okamžitá opatření k nápravě škod zde nejsou zpravidla realizována, protože se jedná o poměrně často se opakující situaci (až několikrát za rok). Motivací k nápravě jsou především aktivity sdružení občanů žijících v okolí vodního toku (např. rybářské spolky) a v budoucnu lze předpokládat zvýšení tlaku environmentální legislativy. Náklady na realizaci opatření na stokové síti nese dle vzájemné dohody její provozovatel či majitel (zejména jde-li o investiční akce). V poslední době je zátěž přenášena i na občana ve smyslu požadavků na likvidaci dešťových vod na vlastním pozemku.

Opatření a možnosti ochrany v urbanizovaných územích

Možných teoretických přístupů k ochraně urbanizovaných území před lokálními povodněmi je celá řada, záleží však na mnoha faktorech, které vedou k optimálnímu řešení. Obecně lze říci, že pomocí technických opatření se snažíme přiblížit hydrologický cyklus v urbanizovaném povodí co nejlépe přirozeným podmínkám, případně odtok z povodí transformovat do podoby odtoku z přirozeného povodí. Tato technická opatření rozdělujeme na:

- opatření vedoucí ke snížení a zpomalení povrchového odtoku
- opatření k ochraně stokového systému před povodněmi v recipientu

Zde je třeba připomenout, že opatření ke snížení a zpomalení odtoku v povodí plní i řadu jiných funkcí, která musí být při návrhu zohledněna. Výběr vhodného opatření musí být zvolen s přihlédnutím k místním podmínkám, jako je historický vývoj území, typ zástavby, hydrogeologické podmínky pro infiltraci dešťové vody, látkové znečištění povrchového odtoku a ochrana vodních toků, podzemní vody a půdy před znečištěním.

Opatření vedoucí ke snížení a zpomalení povrchového odtoku

Tato opatření se dále dělí na opatření u zdroje (source control), jako je užívání, zasakování či decentralní retence dešťových vod, a opatření na stokové síti, která se snaží transformovat již vzniklou povodňovou vlnu (snížit kulminační průtok, zpomalit odtok) pomocí technických opatření na stokové síti. V této kategorii se uplatňují především retenční dešťové nádrže a nástroje řízení odtoku v kanalizaci v reálném čase (RTC – Real Time Control).

Technická opatření u zdroje nabývají v posledních dekádách na významu z celé řady důvodů. Užívání dešťové vody vede k úsporám ve spotřebě pitné vody, zasakování má příznivý dopad na dotaci podzemních vod, snižuje dešťový odtok, což má vliv na snížení přepadů z odlehčovacích komor do recipientů. Decentralní retence vede k vyrovnání průtoku na stokové síti a ke snížení kulminačních

průtoků. Z hlediska rizika lokálních záplav v urbanizovaných oblastech mají význam všechna uvedená decentralizovaná opatření v urbanizovaném povodí, neboť různými způsoby redukuje či zpomaluje povrchový odtok dešťových vod z území (viz tabulka).

Technická opatření na stokové síti se omezují na centrální retenci dešťového odtoku v kanalizaci. Jedná se o průtočné či záchytné dešťové retenční nádrže umístěné na hlavní či vedlejší trati. Dalším řešením je záchytný nebo průtočný kanál, kdy je využit retenční prostor samotné stokové sítě.

Přehled opatření u zdroje

Opatření	Základní princip a výhody	Nevýhody
Decentralní retence		
Retenční nádrž	• krátkodobé zachycení dešťového odtoku • jednoduchá a levná zařízení	• potřebná plocha • nutná provozní údržba
Retenční nádrže s biotopem	• krátkodobé zachycení dešťového odtoku • předčištění povrchového odtoku • u rodinných domů možno využít ke koupání	• údržba a péče
Retenční kanál	• potrubí o velkém průměru s koncovým zařízením na omezení odtoku • nezabírá místo na pozemku	• vyšší investiční náklady
Střechy, terasy s vegetačním pokryvem	• retence na plochách s vegetačním či šterkopiskovým pokryvem • nezabírá plochu pozemku	• údržba a péče o pokryv
Parkoviště a průmyslové plochy	• omezení odtoku s krátkodobým zatopením těchto ploch (v cm vodního sloupce) • jednoduché opatření	• krátkodobé omezení užívání
Zasakování dešťového odtoku		
Plošná infiltrace	• zasakování na plochách s propustným povrchem • parkoviště, dvory, sportovní plochy	• úprava potřebných ploch • údržba a péče
Muldy a infiltrační nádrže	• kombinace retence a zasakování • estetická funkce	• potřebná plocha • údržba a péče
Šterkové těleso	• podpovrchová infiltrace s částečnou retenční funkcí • nezabírá plochu pozemku	• vyšší investiční náklady
Zasakovací příkopy	• zakryté příkopy vyplněné šterkem s rozvodem vody perforovanými rourami • nezabírá plochu pozemku	• vyšší investiční náklady
Zasakovací šachty	• bodové podpovrchové zasakování	• vyšší investiční náklady
Užívání dešťové vody		
• Zavlažování pozemků, sportovních ploch, parků atd. • Mytí vozů a úklid provozních ploch • Zasobování WC		
Opatření ke zmírnění škod		
Využití ulic k odvádění extrémního povrchového odtoku	• Plánované povrchové odvodnění území prostřednictvím systému k tomu uzpůsobených komunikací • Vhodné pouze pro extrémní jevy • Využití odvodňovací kapacity ulic	

Opatření u zdroje – zatravněná střecha autobusové zastávky ve Velké Británii.
Zdroj: CIRIA, 2007



Opatření u zdroje – retenční a infiltrační mulda na velkokapacitním parkovišti.
Zdroj: CIRIA, 2007



Opatření u zdroje – infiltrační nádrž se štěrkovým tělesem.
Zdroj: CIRIA, 2007



Pevný uzávěr na kanalizační síti, zpětná klapka.
Zdroj: Archiv PVS, a. s.



V současné době je stále více využívanou metodou transformace dešťového odtoku v kanalizaci řízení systému odvodnění v reálném čase (RTC) na základě informací o dešti a odtoku z území. Základním předpokladem aplikace takového způsobu řízení je síť měrných bodů, systém pro on-line přenos dat, regulační prvky (klapky, šoupata, čerpací stanice atd.) a systém rozhodování. Z definice RTC plyne, že k přetížení sítě dojde v takovém případě, kdy je vyčerpána veškerá retenční kapacita (kapacita všech objektů na síti). Potenciál RTC se zvyšuje s rostoucí velikostí systému odvodnění a klesající sklonitostí terénu. Zároveň je snižován vysokým počtem odlehčovacích objektů na síti.

Opatření k ochraně stokového systému před povodněmi

Technická opatření k ochraně stokového systému před povodněmi zamezují průniku povrchové vody z rozvodněného vodního toku do jednotné či dešťové kanalizace a zabraňují tak zatopení intravilánu zpětným vzdutím z vodního toku. Prvky ochrany se navrhují zpravidla v místech průchodu jednotné či oddílné dešťové stokové sítě linií protipovodňových opatření na dotčeném toku (pevné uzávěry, zpětné klapky). Pro zajištění funkce kanalizační sítě za deště (povodeň typu D) je celý systém doplněn o čerpací stanice (permanentní či mobilní) schopné přečerpávat přítékající dešťový odtok do vzdutého vodního toku.

K ochraně stokového systému je možné a velmi vhodné využít i dostupná opatření u zdroje, které snižují či zpomalují povrchový odtok.

Opatření k ochraně stokového systému

Opatření	Základní principy a výhody
Prvky ochrany stokového systému před povodněmi	
Pevné uzávěry	• Zamezení průniku vody do kanalizačního systému • Osazovány na výpustech odlehčovacích komor • Pasivní funkce (při uzavření nelze převádět dešťový odtok do vodního toku) • Vhodné kombinovat se zpětnou klapkou
Zpětné klapky	• Zamezení průniku vody do kanalizace • Samoregulační funkce (klapka se uzavírá/otevívá na základě poměru tlakových sil) • Do určitého vodního stavu v recipientu lze pomocí zpětné klapky bezproblémově provozovat i stokový systém v době dešťového odtoku z území • vhodné kombinovat s pevným uzávěrem
Čerpací stanice	• převádění dešťového odtoku z intravilánu do vodního toku přes protipovodňová opatření • vhodné řešit mobilními zařízeními • problém dlouhodobé údržby

Realizace opatření v Praze

Nakládání s dešťovými vodami v urbanizovaných územích v České republice a tedy i v Praze není trvale udržitelné. Dešťová voda je stále chápána jako problém, který je potřeba z urbanizovaného území rychle přesunout jinam. Zatímco v dalších evropských zemích dochází v poslední době ke koncepčním změnám v přístupu k dešťové vodě, v České republice tento vývoj nemá odpovídající odezvu, přestože důvody i řešení jsou známy a lze je poměrně snadno realizovat.

Opatření u zdroje nemají oporu v legislativě a vodohospodářské orgány nemají v rukou metodiku a parametry k posuzování projektů tohoto typu. Jejich realizace tak výrazně zaostává za teoretickými poznatky. Kromě uvedeného je dalším důvodem k přehodnocení politiky i absence zapojení široké odborné veřejnosti (urbanisté, architekti, vodohospodáři, hydrogeologové, environmentalisté atd.) do plánování a prosazování výše uvedených opatření. Dalším důvodem jsou socioekonomické vazby, kdy finanční náklady jsou přesouvány z veřejných rozpočtů na vlastníky nemovitostí. V případě budoucího zpoplatnění vypouštění dešťových vod do kanalizace lze očekávat větší snahu investora realizovat opatření u zdroje (poplatky za

odvádění dešťových vod se dnes hradí pouze u objektů využívaných k podnikatelské činnosti, zproštěny jsou vlastníci či správci dálnic, silnic, účelových komunikací, drah, dále objekty určené k trvalému bydlení a domácnosti, aj).

V praxi proto stále převažuje realizace opatření na stokové síti, zejména ve smyslu stavby retenčních dešťových nádrží, které zmírňují důsledky zvýšeného povrchového odtoku, místo aby řešily jeho příčiny. Výsledkem jsou často velmi nákladné stavby, jejichž přínos je diskutabilní a krajinyotvorná funkce minimální.

Na území Prahy byla zvolena strategie budování retenčních nádrží na jednotné stokové síti v oblastech, kde stávající využití území limituje prostor použitelný k realizaci opatření u zdroje. V rámci koncepce navržené v Generelu odvodnění hl.m. Prahy [HYDROPROJEKT a DHI, 2001] je plánována realizace 24 nádrží o celkové kapacitě cca 115 tisíc m³. Návrhovým parametrem pro objem nádrží byl maximální roční počet přepadů v jednotlivých odlehčovacích komorách (na území Prahy je jich celkem 143), který byl stanoven s ohledem na vodnost a ekologický stav recipientu. V okrajových a rozvojových lokalitách Prahy jsou pak plánovány systémy hospodaření s dešťovou vodou, kde je uplatňován požadavek v co největší míře zachovat přirozené podmínky odtoku vody z povodí (dále viz Případová studie 1).



Dešťové retenční nádrže je možné realizovat i s ohledem na prostředí, do něhož jsou umístěny, jak ukazuje příklad dvou retenčních nádrží se stálým nadržněním na Košíkovském potoce (povodí 300 ha) o objemu 2 x 15 tisíc m³. Zdroj: SB Centrum, s. r. o.



Diskutabilní řešení – dešťová nádrž v průmyslové zóně Černovická terasa (povodí 200 ha) o objemu 100 tisíc m³, která zároveň slouží k zachycení stoleté povodně v Ivančickém potoce. Zdroj: Aqua Procon, s. r. o.

Případová studie 1: Odvodnění Západního města

V roce 2001 byla dokončena I. koncepční fáze Generelu odvodnění hl.m. Prahy, na který navazují generely II. detailní fáze, které podrobněji řeší odvodnění v rámci jednotlivých ucelených povodí. Jedním z prvních projektů této fáze bylo odvodnění lokality Západního města, zahrnující především Třebonice a Řeporyje. Plocha povodí je zhruba 10 km², v roce 1999 zde žilo 2 600 obyvatel. Výhledový stav po roce 2010 je 30 000 obyvatel a 6,5 tisíce pracovních míst. Jednalo se tedy o odvodnění dosud nepřilíhajícího urbanizovaného území s převážně zemědělskou půdou.

Pražská vodohospodářská společnost, a.s., (dále PVS) jako správce vodohospodářského majetku hlavního města Prahy zpracovala v roce 2003 koncepci odvodnění, která vycházela ze současného stavu znalostí a trendů v zahraničí. Následně pak zadala zpracování projektu odvodnění Západního města. Základní podmínkou bylo v co největší míře zachovat přirozené odtokové poměry z povodí pomocí infiltrace dešťové vody (tam, kde to podloží umožňuje) a/nebo její retence a využití na jednotlivých pozemcích. Odtok z území měl být v maximální míře prováděn povrchovým páteřním systémem příkopů a stávajících vodotečí, mělo být využito přírodních retenčních ploch. Vzhledem k netradičnímu přístupu k řešení a velikosti odvodňovaného území se jednalo o svého druhu pilotní projekt.

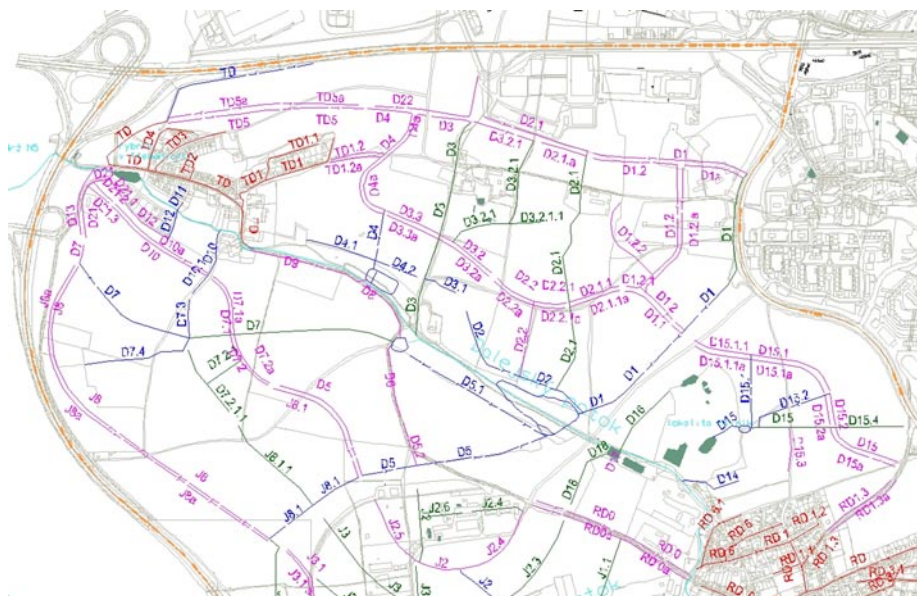
V rámci realizovaných výpočtů bylo prokázáno, že navrhované řešení odvodnění území bude zmírňovat výskyt lokálních povodní ve vodním toku při dešťových událostech s četností opakování menší než 10 let. Nad touto hranicí již není výrazný rozdíl mezi odtokem z urbanizovaného a neurbanizovaného povodí. Podstatnou výhodou do budoucna je možnost využití dešťové vody jako zdroje (např. k zavlažování) a také její funkce jako krajinnotvorného prvku, který přispívá ke kvalitě života v lokalitě. Navržená koncepce řešení je podporována Společností Západního města, a.s., která se rozvojem v dané lokalitě intenzivně zabývá. Filozofie investování jednotlivých opatření předpokládá vybudování systémů nakládání s dešťovou vodou na jednotlivých pozemcích na náklady investora stavby a vybudování páteřního systému povrchového odvádění dešťových vod.

Páteřní systém však do dnešní doby není dokončen (na části území je stavební uzávěra, není úplně vyjasněno jeho financování). Pro některé investory (především pro ty, jejichž zájmové území je umístěno na hranici již urbanizovaného území, tj. v severní části) to znamená hledání provizorního řešení odvádění dešťových (i splaškových) vod, kterým je provizorní napojení do nejbližšího stokového systému. Tím je celá koncepce odvodnění lokality znehodnocována, i když systém retencí uvnitř území je navrhován podle navržené koncepce a do budoucna se počítá s dobudováním páteřního systému s možností zpětného přepojení. Náklady na realizaci celého systému jsou kvůli účasti různých

investorů a stále otevřené otázce páteřního systému nejasné. Zkušenosti z menších, již realizovaných projektů a ze zahraničí ukazují, že neexistuje významný rozdíl v nákladech na realizaci navrženého způsobu odvodnění oproti klasickému způsobu odvádění dešťových vod v intravilánu.

Další otevřenou otázkou je provoz a údržba systému. Není jasné, která společnost působící na území hlavního města Prahy tyto systémy převezme do provozování. Schází zkušenosti a není jasné financování tohoto provozu vzhledem k tomu, že nejsou stanoveny poplatky za odvádění dešťových vod.

Realizace projektu je dále komplikována nepochopením environmentálního významu projektu. Ze strany investorů panuje nedůvěra k netradičním systémům povrchového odvádění dešťových vod a povrchové retence (výskyt komárů, bahna, zábradlí okolo nádrží atd.). Investoři při realizaci nízkorozpočtových projektů považují navržené odvodnění za omezující a nechtějí umístění povrchových retencí a dalších prvků systému na svém území.



Plán páteřního systému odvodnění v oblasti Západního města (v levé horní části Třebonice, v pravé dolní Řeporyje).
Zdroj: PVS, a.s.

LEGENDA

- Odlehčovací komora
- Hradidlová komora
- Propojovací komora
- ▲ Rozdělovací komora
- ▼ Spojná komora
- ◆ Spojná + rozdělovací komora
- ✕ Provizorní hrazení
- Bezpečnostní přepad

- Výpust
- ▲ Čerpací stanice
- ◆ Dešťová usazovací nádrž
- ▲ Navržená čerpací stanice (stabilní)
- Navržená hradidlová komora
- Stoková síť
- Schematická stoková síť (Model GO HMP)
- Zátopová čára ze srpna 2002

- Žámové území
- Vodoteče
- Zatrubněné vodoteče
- Linie protipovodňové ochrany (mobilní hráze, zemní hráze)
- Etapa A protipovodňové ochrany stokové sítě (etapy 0001-0007 PPO)
- Etapa B protipovodňové ochrany stokové sítě (etapy 0009 PPO)
- Etapa C protipovodňové ochrany stokové sítě (opatření GO HMP)
- Linie protipovodňové ochrany (Etapa C)



Schéma řešení protipovodňové ochrany stokové sítě na území městské čtvrti Praha – Karlín
Zdroj: PVS, a. s.

Případová studie 2: Zabezpečení kanalizačního systému při povodni ve vodním toku a souběhu s dešťovým odtokem v urbanizovaném území

Povodně v roce 2002 byly doposud největší známou povodní a odkryly problematiku ohrožení Prahy zpětným vzduťm vody z Vltavy do systému městského odvodnění. Vzhledem k souběhu povodňové vlny na Vltavě s poměrně intenzivními srážkami v povodí hlavního města Prahy navíc došlo k zatížení kanalizační sítě dešťovým odtokem, který přispěl k lokálnímu zaplavení níže položených městských částí.

Původní ochrana kanalizačního systému proti velké vodě na Vltavě byla projektována na stoletou povodeň Q_{100} . Styčné body mezi kanalizačním systémem a vodním tokem (většinou výpusti z odlehčovacích komor) byly vybaveny zpětnými klápkami, částečně i pevnými uzávěry. Vzhledem k velikosti systému a návrhu ochrany systému na stoletou povodeň však nedošlo ke kompletní ochraně (např. v oblasti Karlína, některých částech Starého Města, Holešovic, Smíchova, aj.). Při zaplavení během povodně 2002 hrála roli také stará vedení kanalizace, neznámá propojení systémů a nelokalizované vstupní objekty.

Stávající ochrana řešila pouze uzavření stokového systému v době povodně (prevence zpětného vzduťu z vodního toku), ale neřešila samotnou funkci systému za povodně. Tento koncept neuvažoval ani souběh povodně s lokálním dešťovým odtokem. Proto v rámci pokračujících fází Generelu odvodnění hlavního města Prahy byla řešena nová protipovodňová ochrana stokového systému.

Částečným realizátorem a iniciátorem akce je PVS, která určila koncept a míru ochrany stokové sítě. Jedna okrajová podmínka byla určena kulminačním průtokem ve Vltavě (přibližně pětisetletá povodeň), druhá podmínka pak reálnou srážkou, která se na území hlavního města Prahy vyskytla týden před kulminací povodně a která zhruba odpovídá srážce s dobou opakování dva roky. Investorem stavebních objektů souvisejících s celkovou protipovodňovou ochranou Prahy bylo hlavní město Praha, investorem technologického zařízení a opatření na stokové síti je PVS, stejně tak i souvisejících retenčních objektů navrhovaných v rámci generelu, které budou v době povodně využívány k zajištění retence a přečerpávání do vzduťé hladiny recipientu. Výjimku tvoří mobilní čerpací stanice, které byly financovány z fondů EU.

Po realizaci veškerých navržených opatření v rámci stanovených okrajových podmínek se výrazně snížila pravděpodobnost zaplavení chráněných oblastí hlavního města Prahy během povodňových situací, a to jak

vnějšími vodami (voda z Vltavy), tak i vodami vnitřními z kanalizačního systému (především dešťový odtok z území hlavního města Prahy). Celková koncepce protipovodňových opatření řeší ochranu města jak pro klasickou povodňovou situaci na Vltavě, tak i pro lokální záplavy výhradně pomocí technických opatření. V době vzniku a plánování koncepce nebyla řešena komplexní a revitalizační opatření ve výše položených částech povodí. To se týká jak klasické protipovodňové ochrany (ohrázování toku Vltavy v Praze), tak i ochrany stokového systému. Veškerá opatření jsou zaměřena na řešení důsledku, nikoliv příčiny, kterou je změna srážko-odtokových poměrů v dotčených povodích.

Řešení příčin vzniku extrémní situace vyžaduje koncepční a dlouhodobý přístup orgánů státní správy a podniků Povodí na všech úrovních ve vztahu k opatřením na omezení povrchového odtoku z povodí. V situaci, kdy ani na úrovni samosprávných obcí neexistuje pevný rámec nakládání s dešťovými vodami v rámci udržitelného rozvoje, nelze předpokládat realizaci řady koncepčních opatření v povodí, které by vedly k částečnému snížení dešťového odtoku z výše položených území.

Poděkování: Autoři děkují za spolupráci Pražské vodohospodářské společnosti, a.s., která poskytla materiály a informace k případovým studiím, zejména pak Ing. Haně Kulanové.

Povodňový rádce pro občana

Jak již několikrát zaznělo, povodně jsou přirozený přírodní jev a je třeba s nimi počítat. Kdo bydlí v oblasti ohrožené povodněmi (platí to samozřejmě i pro území chráněná hrázemi a protipovodňovými stěnami), měl by se včas na povodeň připravit – tj. včas si zjistit potřebné informace a především se předem seznámit s riziky, která mu hrozí. V praxi to znamená zjistit si rozsah záplavových území. To jsou oblasti, do kterých se může voda při určité výši průtoku rozlít (viz dále). Občané si takto uvědomí, do jaké výšky se může zvednout hladina, kam až mohou stoupnout podzemní vody, a samozřejmě si také ujasní, jaká opatření je možné udělat v období, kdy povodeň bezprostředně nehrozí. Dobrá informovanost je zároveň předpokladem pro důkladnou prevenci, bezpečné chování za povodní a efektivní postup při odstraňování povodňových škod.



Server hlavního města Prahy umožňuje detailní zobrazení celého území města mnoha způsoby. Výšeč mapy ukazuje rozsah záplav v roce 2002 v centrální části Prahy. Zdroj: MHMP, 2007

Občané sami mohou snížit povodňové škody

Povodňové rozlivy v minulosti je dnes možné vyčíst nejen ze značek na zdech a zápisů v kronikách, ale i ze záplavových map. Počítačové simulace umožňují nejen určit, kam se voda při povodni dostane, ale i modelovat postup záplavové vlny, hloubku vody i rychlost proudění. V klidu nad mapami je možné si uvědomit nebezpečí způsobené statickým tlakem vodních mas, jež vyvíjejí boční tlak na budovy nebo působí jako vztlačová síla zdola, i nebezpečí dynamické síly proudící vody, jež podemílá břehy, zdivo a základy domů a hloubí vodním tokům nová koryta. Vhodná stavební opatření pak mohou významně napomoci ochraně nemovitostí. Vědomí rizika a pochopení příčinných souvislostí pomáhá předcházet škodám nebo alespoň přispívá k jejich omezení a přijetí účinných opatření na ochranu životů i majetku.

Potřebné informace může majitel nemovitosti i nájemce získat z podkladů zveřejňovaných Magistrátem hlavního města Prahy. **Rozsah záplavových území** (tj. území ohrožených povodněmi) je uveden v územním plánu nebo v plánech oblastí povodí. V Praze spravuje mapy záplavových území Útvar rozvoje města a jsou vystaveny na webu Magistrátu hlavního města Prahy.

Jak jsme již uvedli v kapitole 5, hlavní město Praha investuje do rozsáhlých protipovodňových opatření. Ochranu před rozlitím vod a zatopením částí města při-

pravuje v osmi etapách zejména výstavbou stálých a mobilních stěn podle jednotlivých ohrožených lokalit. Tato protipovodňová opatření představují pro investory záruku další možnosti rozvoje záplavových oblastí. Jak uvádí Ing. arch. Ludvík: „Nejdůležitější zárukou je v tomto ohledu realizace nákladných protipovodňových opatření městem. Je zcela evidentní, že zástavba na Rohanském ostrově by bez nich nebyla možná a město se tak jejich realizací zasloužilo o rozvoj oblasti největší měrou.“ [Růžička, 2007]

Generální opatření na stokové síti zajišťuje podnik Pražské vodovody a kanalizace. Kromě jiného již bylo vybudováno kolem 40 stanic přečerpávajících tzv. vnitřní vodu, tedy vodu, která by se hromadila v místech ochráněných hrázemi či protipovodňovými stěnami.

Hlavní město Praha je do určité míry závislé na protipovodňových opatřeních, která realizují obce na horních částech toku Vltavy a dalších vodních toků, které Prahou protékají. Stejně tak není obcím po proudu lhostejné, jakým způsobem povodeň Prahou projde. Opatření realizovaná v Praze mohou přispět ke zpomalení či zrychlení povodňové vlny a snížení či zvýšení kulminačního průtoku v oblastech položených níže po proudu.

Přesto zůstává ochrana životů a majetku v prvé řadě odpovědností každého z občanů.

Kde hledat mapy záplavových území?

Výkresy záplavových území je možné najít na internetových stránkách (http://wgp.urh-mp.cz/tms/internet/vykresy_up/index.php). Přehledné mapky ke změně územního plánu týkající se záplavových území jsou k nalezení na internetových stránkách magistrátu v sekci Územní plánování a rozvoj (viz obrázek). Celé území Prahy je k dispozici na <http://magistrat.praha-mesto.cz/Mapy>. Pokud se však občan chce dozvědět více o lokalitách ležících na přítocích Vltavy (zejména na drobných vodních tocích), musí se vydat přímo na Útvar rozvoje hlavního města Prahy.

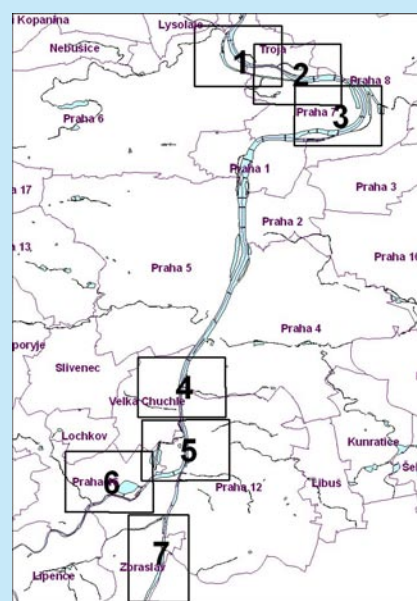
V letech 2005–2009 probíhá zpracování plánů oblastí povodí, jejichž nezbytnou součástí je též zapojení veřejnosti. Praha spadá pod oblast povodí dolní Vltavy a pořizovatel

plánů, státní podnik Povodí Vltavy, zpřístupnil pro tuto oblast v Praze informační místo pro plánování v oblasti vod. Tam je po dohodě možné nahlédnout do dokumentů, jejichž součástí je i vymezení záplavových území, a seznámit se s problémy konkrétní lokality.

Na internetové adrese <http://www.pvl.cz> jsou k dispozici další údaje o akcích státního podniku Povodí Vltavy, který území hlavního města Prahy spravuje.

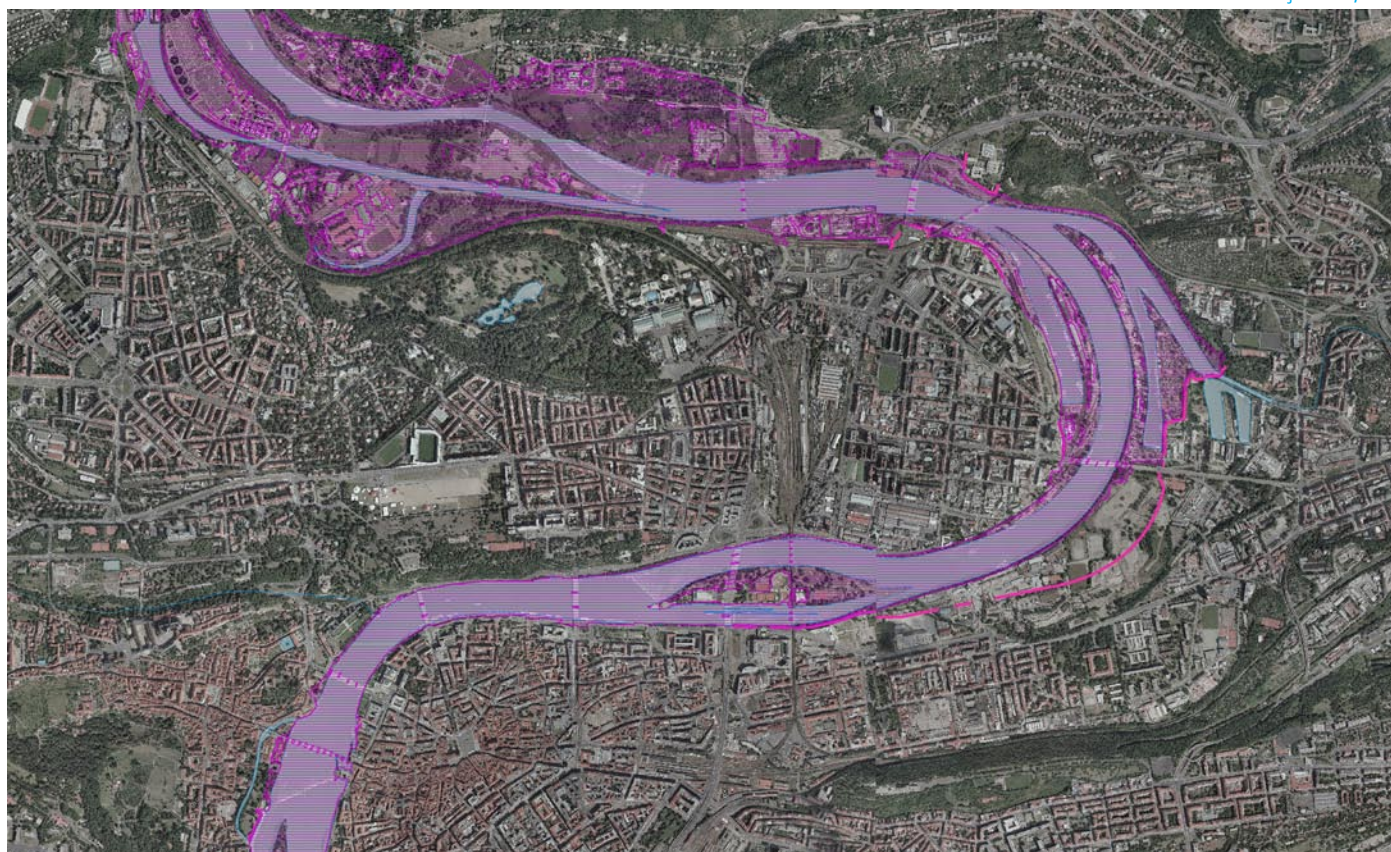
(Povodí Vltavy, státní podnik, Holečkova 8, 150 24 Praha 5, kontaktní osoba Ing. Lenka Dolejší, tel.: 221 401 408, e-mail: dolejsi@pvl.cz).

*Změny územního plánu
týkající se záplavových území.
Zdroj: MHMP, 2007*





Mapové výseče umožňují srovnat průběh záplav v případech bez povodňové ochrany (nahore) a po vybudování protipovodňových opatření (dole) v Praze.
Zdroj: MHPM, 2007



Některé důležité pojmy [ÚÚR, 2003]

Záplavové území je administrativně určené území, které může být při výskytu přirozené povodně zaplaveno vodou. Rozsah je povinen stanovit na návrh správce vodního toku vodoprávní úřad. Vodoprávní úřad může uložit správci vodního toku povinnost zpracovat a předložit takový návrh v souladu s plány hlavních povodí a s plány oblastí povodí, což vyplývá z ustanovení § 66 odst. 1 vodního zákona.

Záplavové území je vymezeno záplavovou čarou, což je křivka odpovídající průsečnici hladiny vody se zemským povrchem při zaplavení území povodní.

V zastavěných územích obcí a v územích určených k zástavbě podle územních plánů vymezí vodoprávní úřad na návrh správce vodního toku aktivní zónu záplavového území podle nebezpečnosti povodňových průtoků. Území aktivní zóny při povodni odvádí rozhodující část celkového průtoku, a tak v něm dochází k bezprostřednímu ohrožení životů, zdraví a majetku lidí.

V aktivní zóně záplavových území se nesmí umísťovat, povolovat ani provádět stavby s výjimkou vodních děl, jimiž se upravuje vodní tok, převádějí povodňové průtoky, provádějí opatření na ochranu před povodněmi nebo která jinak souvisejí s vodním tokem. Dále lze provádět stavby, jimiž se zlepšují odtokové poměry, stavby pro jímání vod, odvádění vod a odvádění srážkových vod a dále nezbytné stavby dopravní a technické infrastruktury. V aktivní zóně je dále zakázáno těžit nerosty a zeminu způsobem zhoršujícím odtok povrchových vod a provádět terénní úpravy zhoršující odtok povrchových vod. Zakázáno je skladovat odplavitelný materiál, látky a předměty. Rovněž se nesmí zřizovat oplocení, živé ploty a jiné překážky, dále je zakázáno zřizovat tábory, kempy a jiná dočasná ubytovací zařízení.

Nová výstavba v Praze probíhá i v aktivních zónách ochráněných protipovodňovým valem nebo zdmi – na fotografii výstavba na Rohanském ostrově.

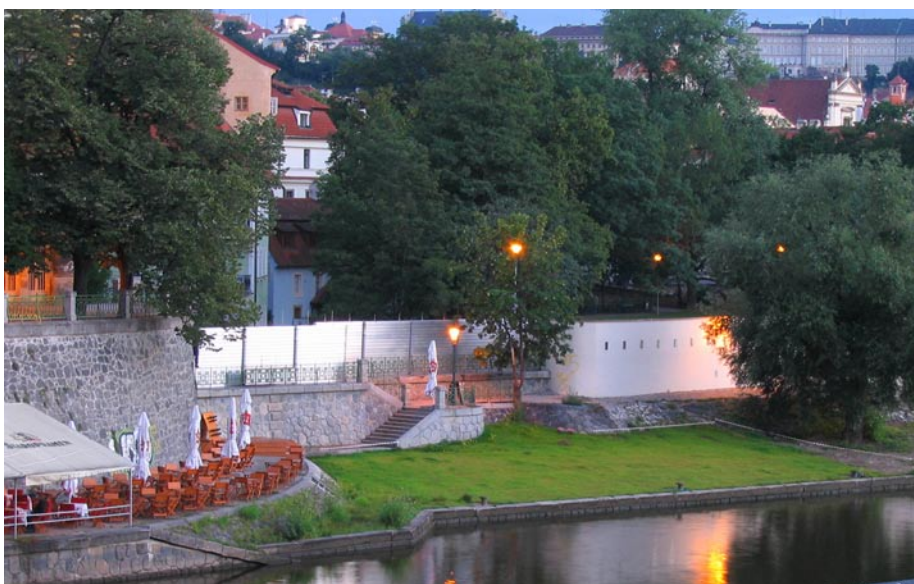
Zdroj: Vlastní



Prevence

Občané bydlící v záplavovém území by měli vědět, jak budou při příchodu povodně postupovat – tj. kam se mohou uchýlit, kdo se postará o děti a starší osoby, jak a kdo zajistí cenné věci. V rámci rodiny se musejí domluvit na jakémsi rodinném poplachovém plánu, případně i zorganizovat sousedskou pomoc. Je morální povinností každého pomáhat druhým podle svých sil.

Domácnosti žijící v oblastech ohrožených záplavami také musejí počítat se zhroutilím technické infrastruktury – povodeň přeruší dodávky elektrického proudu a plynu, telefonické spojení i zásobování potravinami a pitnou vodou. Pro tento případ se musejí vybavit dostatečnými zásobami. Důležitá je pitná voda a potraviny, ale i náhradní zdroje světla (baterky, svíčky, zapalovač nebo zápalky). Pro případ evakuace je nutné připravit si zavazadlo s důležitými dokumenty, léky a hygienickými potřebami.



Protipovodňová opatření na Kampě.

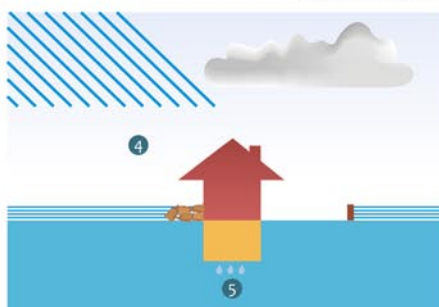
Zdroj: Jiří Hovorka

Nestavět se do cesty



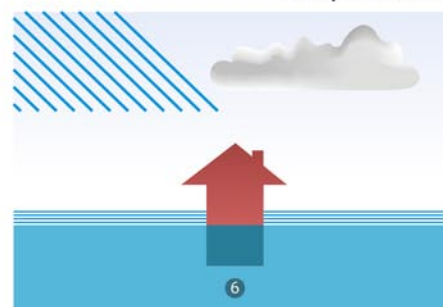
- 1 Stavby mimo oblast záplav
- 2 Stavby nepodsklepených budov
- 3 Stavba domů na pilířích

Postavit se vodě



- 4 Upevnění krytů a těsnění
- 5 Použití materiálů nepropouštějících vodu

Ustoupit hrubé síle



- 6 Zaplavit místnosti a přizpůsobení užívání budovy

Zdroj: ODER REGIO, 1996

Strategie ochrany budov

Významným faktorem je i stavební prevence, kdy jsou stavby v potenciálně ohrožených územích konstruovány tak, aby byly v případě zaplavení minimalizovány škody na majetku i životním prostředí. Je zejména nutné:

- oblasti ohrožené povodněmi využívat vhodným způsobem,
- sklepy vystavět odizolované jako utěsněné vany,
- elektrická zařízení, zásobování vodou a vytápění projektovat již se zřetelem na možné zaplavení,
- zabránit zpětnému vzduší kanalizace vestavěním zpětných klapek,
- nádrže na topný olej budovat zabezpečené proti povodni a tak, aby odolaly tlaku vody.

Nové stavby lze koncipovat tak, aby **ne-stály případné povodni v cestě**: například jejich situováním do výše položených oblastí, návrhem domu bez sklepa, s přízemím položeným nad povodňovou čarou, nebo – po vzoru obyvatel povodí řek Dálného východu – stavbou vyvýšeného obydlí umístěného na pilířích. V řeči architektů se toto neobvyklé řešení nazývá „nastavení pilot“.

Vodě se ovšem lze také postavit. Je možné zřízovat ochranné hráze, násypy a technická ochranná zařízení zabraňující proniknutí vody do domů a bytů. Tato opatření však mohou selhat a voda pak přijde ze té strany, z níž ji nikdo nečekal.

Třetí možností strategie ochrany budov je **ustoupení hrubé síle**. Stoupající hladina spodní vody vyvíjí na budovy tlak zdola. Záplavové vlny na povrchu zase tlačí ze stran. Za těchto okolností tedy může protitlak v zaplaveném sklepe představovat téměř zázračnou záchranu před vážným poškozením stavební podstaty budovy. Ustoupit síle tedy v tomto případě znamená plánovitě vpuštění vody do domu. Nejlépe čisté vody z vodovodu – majitelé objektů se tím vyhnou nákladům na pozdější čištění. Předpokladem ovšem je, že místnosti jsou vhodné k zaplavení, tzn. že neobsahují citlivá elektronická zařízení ani drahé vybavení. Přípojky pro zásobování budovy vodou a všemi druhy energie by měly tak jako tak být umístěny nad úroveň povodňové značky.

Zcela zvláštní pozornost je třeba věnovat **elektrické síti**. Převáděcí vedení elektrických přípojek by mělo být až po skříňový rozvaděč vodotěsné a zabezpečené proti záplavám. Nejlepší umístění rozvaděče je v některém z pater. Sklep a přízemí, jež jsou ohroženy povodní nejvíce, respektive jejichž umělé zaplavení by mohlo být třeba provést, jsou i pro umístění vedlejších přípojek nevhodné. Proudové obvody v ohrožených místnostech by navíc měly být vybaveny zvláštními nouzovými vypínači umístěnými u rozdělovače.

Stupně povodňové aktivity

Stupně povodňové aktivity (SPA) označují míru povodňového nebezpečí. Jsou vázány na směrodatné limity, jimiž jsou zpravidla vodní stavy nebo průtoky v hlásných profilech na tocích, popřípadě na mezní nebo kritické hodnoty jiného jevu (denní úhrn srážek, hladina vody v nádrži, vznik ledových nápěchů a zácp, chod ledu, mezní nebo kritické hodnoty sledovaných jevů z hlediska bezpečnosti vodního díla apod.) U zvláštních povodní vyjadřují vývoj a míru povodňového nebezpečí na vodním díle a na území pod ním.

V České republice rozlišujeme tři stupně povodňové aktivity:

I. Stupeň povodňové aktivity - bdělost: Nastává při nebezpečí povodně a zaniká, když příčiny nebezpečí pominou. Stav bdělosti vyhláší Český hydrometeorologický ústav (ČHMÚ).

II. Stupeň povodňové aktivity – pohotovost: Vyhláší příslušný povodňový orgán, když nebezpečí povodně přerůstá v povodeň, a v době povodně, když ještě nedochází k větším rozlivům a škodám mimo koryto.

III. Stupeň povodňové aktivity – ohrožení: Vyhláší jej příslušný povodňový orgán při bezprostředním nebezpečí nebo při vzniku větších škod a ohrožení majetku a životů v záplavovém území.

Stupně povodňové aktivity stanovené pro stanice v Praze.

Vodní tok	Stanice	Limity pro I. stupeň povodňové aktivity	Limity pro II. stupeň povodňové aktivity	Limity pro III. stupeň povodňové aktivity
Vltava	Praha – Chuchle	450 m ³ /s	1 000 m ³ /s	1 500 m ³ /s
Vltava	Praha – Na Františku	455 m ³ /s	1 010 m ³ /s	1 520 m ³ /s

Dlouhodobá příprava na povodeň

V rámci dlouhodobé přípravy je dobré zorganizovat vzájemnou sousedskou pomoc a udělat si představu, co kdo (z rodiny či sousedů) bude v případě ohrožení dělat. Dopředu je třeba nakoupit potřebný materiál (holínky, lopaty, pitnou vodu, baterky, náhradní vytápění, trvanlivé potraviny, dezinfekční potřeby apod.), ale myslet i na složitější úkoly, jako je například zajištění nádrží na topný olej nebo výběr míst, kam bude možné odnést do bezpečí látky, které by mohly zamořit vodu a poškodit životní prostředí. Pro případ povodně je dobré předem si připravit kontrolní seznamy úkolů i věcí, které je třeba přenést do bezpečí nebo vzít s sebou do evakuačního zavazadla.

Samozřejmostí je včasné **pojištění nemovitosti a domácnosti**. Některé škody je ale možné dobrou přípravou snížit nebo jim poměrně jednoduše zabránit. Je-li k dispozici dostatečný úložný prostor nad úrovní předpokládané záplavy, kde je možné uskladnit cenné předměty, je vhodné jej vybavit policemi a regály, do nichž se před povodní přenesou důležité a cenné předměty. Nejdůležitější jsou dokumenty a cennosti, ale i věci, které jsou osobní povahy a jen těžko

je možné je nahradit (např. umělecká díla, rodinná alba, obrazy a jiné památky, ale třeba i knihy, počítače nebo sportovní potřeby).

Dopředu připravené seznamy cenných věcí a jednoduché plány jejich umístění v policích a regálech usnadní orientaci a shodný postup všech členů rodiny. S délkou trvání záplav vzlíná i voda postiženým zdivem, takže se vlhkost nakonec může dostat i k věcem, které byly původně uloženy v suchu.

Mezi přípravná opatření tedy patří:

- ujasnit si, jak budou zajištěny osoby, které jsou nemocné nebo potřebují pomoc,
- domluvit si v rámci rodiny a se sousedy nouzové signály, ujasnit si přístupové cesty a dostupnost budov, rozdělit si úkoly,
- přemístit do bezpečí domácí zvířata,
- vybavit se pomůckami jako jsou holínky, pytle s pískem, čerpadla, nouzové osvětlení, zásoby potravin, tranzistorové rádio s rezervními bateriemi apod.,
- zajistit důležité dokumenty,
- připravit se na utěsnění oken a dveří,
- odstranit z dosahu povodně nebezpečné látky,
- odstranit vozidla z garáží a ohrožených parkovišť.



- 1 Zorganizujte vzájemnou pomoc mezi sousedy
- 2 Vypracujte si vlastní poplachové plány pro celou rodinu
- 3 Obstarejte si vybavení pro případ povodně
- 4 Zajistěte nádrže na topný olej nebo plyn
- 5 Připravte si kontrolní seznamy pro případ povodně

Zdroj: ODER REGIO, 1996

Protipovodňovou ochranu města zajišťují v centru převážně mobilní stěny.
Zdroj: Jiří Hovorka



Protipovodňová opatření v Karlíně doprovází cyklostezka.
Zdroj: Jiří Hovorka



Krátkodobá příprava na povodeň

Při povodni nejprve dochází k zatopení sklepů a suterénních místností, takže je třeba tyto prostory vyprázdnit. Je nutné vyklidit garáže a odvézt auta a motocykly na bezpečné vyvýšené místo. Dále je nutné z kůlen a přístavků odstranit látky, jež by mohly zamořit vodu (například benzín, naftu, oleje, ředidla, hnojiva či přípravky na ochranu rostlin). Tím lze snížit škodlivé dopady povodně na životní prostředí.



- 1 Vyklidíte sklepy
- 2 Odvezte auta a motocykly na bezpečné místo
- 3 Přesuňte do bezpečí látky ohrožující vodu
- 4 Zajistěte cennosti, vyklidte do bezpečí zařízení bytu
- 5 Utěsněte okna, dveře a odtoky
- 6 Odstraňte nebo alespoň odpojte elektrická zařízení
- 7 Sledujte aktuální zprávy o počasí a hlášení stavu vody v regionálním rozhlasovém a televizním vysílání

Zdroj: ODER REGIO, 1996

Povodňové ohrožení

První zprávy o případném nebezpečí příchodu povodně dostávají občané z informací o počasí a ze sdělovacích prostředků – tedy z rozhlasu, televize, videotextu, novin a internetu. Meteorologické údaje na svých stránkách denně aktualizuje ČHMÚ (<http://www.chmi.cz>), který veřejnosti poskytuje i předpovědi srážek a data o stavu hladiny z vodočtů a automatických měřicích stanic.

V případě vzrůstajícího nebezpečí (po vyhlášení prvního, případně druhého stupně povodňové aktivity) začínají pracovat povodňové orgány – tj. povodňová komise hlavního města Prahy, kterou svolává její předseda, primátor města, a povodňové komise dotčených městských částí (správních obvodů Praha 1 až 22). Povodňové komise ve spolupráci s ČHMÚ a vo-

dohospodářským dispečinkem Povodí Vltavy koordinují práce a zajišťují přenos informací obyvatelům. Ochranu obyvatelstva před povodněmi řídí městské části podle zpracovaných povodňových plánů. Každý občan se může podle potřeby obrátit na příslušné povodňové orgány se žádostí o informaci a pomoc.

K včasnému informování bezprostředně postiženého obyvatelstva využívá hlavní město Praha elektronické sirény, které byly nainstalovány v místech ohrožených povodněmi a jež vysílají zvukové signály i mluvené výstražné zprávy a informace. K předávání informací jsou využívány také megafony zabudované ve vozidlech Policie České republiky, městské policie a dalších složek Integrovaného záchranného systému.

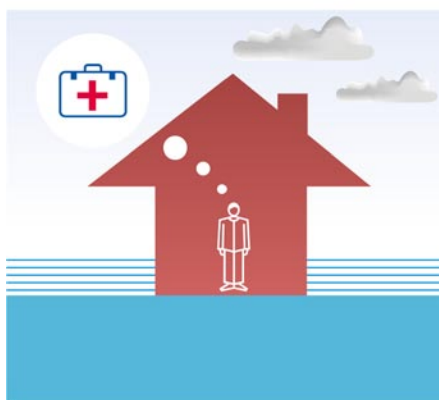
Kde získat potřebné informace?

ČHMÚ poskytuje informace o počasí a vývoji srážek na <http://www.chmi.cz>. Z těchto stránek jsou přístupné i aktuální informace o stavech vodních toků, které je ale také možné najít na zvláštních internetových stránkách hlásné a předpovědní povodňové služby (<http://hydro.chmi.cz/hpps/>).

Pro řízení opatření na ochranu životů, zdraví, majetků občanů hlavního města Prahy a ochranu životního prostředí při mimořádných událostech byl vytvořen **Záchranný bezpečnostní systém (ZBS)**. ZBS tvoří systém vazeb zabezpečující koordinovaný postup záchranných, pohotovostních a odborných složek, orgánů státní správy a samosprávy, právnických a fyzických osob při likvidaci následků mimořádných událostí. Jeho cílem je účinně působit při vzniku mimořádné události, poskytovat účinnou pomoc postiženým a minimalizovat nepříznivé následky těchto událostí. Systém ochrany obyvatel je řízen hlavním městem Prahou v úzké součinnosti s Integrovaným záchranným systémem (IZS).

Základními složkami tohoto systému jsou síly Hasičského záchranného sboru hlavního města Prahy, Zdravotnické záchranné služby hlavního města Prahy, Policie ČR a Městské policie hlavního města Prahy. Do celého systému jsou zařazeny i další právnické subjekty, umožňující provádění záchranných prací, jako např. Sbor dobrovolných hasičů, Záchranná brigáda kynologů Praha, Dopravní podnik hlavního města Prahy, organizace se zaměřením na řešení ekologických havárií, Povodí Vltavy, s. p. apod. Všechny tyto a další složky by se koordinovaně podílely na likvidaci následků havárií a živelných pohrom podle svého zaměření. Více informací o konkrétních postupech poskytuje Odbor krizového řízení Magistrátu hlavního města Prahy.

V případě nouze



- 1 Uzavřete hlavní uzávěr vody, plynu a elektrického proudu
- 2 Zajistěte si nouzové ubytování pro případ evakuace
- 3 Připravte si nouzové ruční zavazadlo a osobní doklady
- 4 Připravte si nápoje a jídlo na jeden den
- 5 Připravte si léky a hygienické potřeby

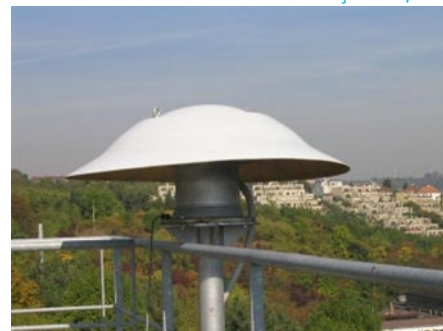
Zdroj: ODER REGIO, 1996

Nebezpečí způsobené zpětným vzdutím

Při povodních stoupá hladina vodních toků, ale i hladina odpadní vody v kanalizační síti. Kanalizace se plní následkem dešťů, později případně vlivem podzemní vody pronikající do sítě netěsnostmi potrubí. Nakonec dojde k přeplnění kanalizačního systému shora v důsledku vody řek vystoupilých z břehů. Odpadní voda pak nemůže z domácnosti odtékat a zůstává právě tam, kde je velmi nežádoucí: v kuchyňském dřezu, ve vaně, v záchodové míse. Nejen to: často proniká zevnitř do celého domu.

Odpadní voda stoupá v kanalizační soustavě až do úrovně povodně a vrací se pak pod tlakem prostřednictvím odpadního potrubí a odtoků sanitárních zařízení zpět do bytů – tak dlouho, až dosáhne stav vody venku. To je nejen nanejvýš nepříjemné, nýbrž i zdravotně závadné. Zvyšují se celkové škody a náklady na čištění obytných prostor. Obrana proti tomuto útoku zevnitř je však možná – pomocí **zpětného uzávěru** (pojistky proti zpětnému vzdutí) v odpadní trubce do kanalizace. Tato pojistka je nepostradatelná a lze ji instalovat jak uvnitř, tak vně budovy. Na odtok odpadní vody toto opatření sice nemá vliv (i nadále nemůže odtékat), ale voda z kanalizace alespoň neproudí zpátky do bytu. Stejným způsobem je potřeba zajistit i pouliční kanály, jimiž může voda z kanalizace pod tlakem unikat.

V současné době šíří varovný signál na území hlavního města Prahy 413 sirén. Z uvedeného počtu je 243 ks elektrických sirén celoplošného systému varování v majetku státu.
Zdroj: MHMP, 2007



Hlavní město Praha vlastní 170 ks elektronických sirén.
Zdroj: MHMP, 2007

Systém varování obyvatelstva na území hlavního města Prahy

Povinnost hlavního města Prahy zabezpečit varování obyvatelstva vyplývá z § 15 zákona č. 239/2000 Sb. a Dodatkového protokolu k Ženevským úmluvám z 12. srpna 1949 článek 61, kterým je Česká republika vázána. Základním prostředkem pro vyhlašování varovných signálů v České republice jsou poplachové sirény.

Varování obyvatelstva před hrozícím nebo vzniklým nebezpečím je jedním ze základních opatření k jeho ochraně, tj. ochraně jeho zdraví, života a majetku. Ohrožení části území hlavního města Prahy (včetně části památkové rezervace) si vyžaduje i specifické řešení v oblasti varování obyvatelstva. Jde zejména o následující specifika, kdy je nutné zajistit:

- Varování selektivní, to znamená pouze na území hlavního města Prahy, které je ohroženo mimořádnou událostí (např. průmyslovou havárií), živelnou pohromou (např. povodní).
- Šíření varovného signálu v souvislé městské zástavbě s tím, že varovný signál musí být bezprostředně doplněn tísňovou informací.
- Šíření tísňové informace na veřejných prostranstvích (ulice apod.) a tím mít možnost ovlivnit chování obyvatelstva např. při evakuaci.
- Nezávislost prvků varování na dodávkách elektrické energie z centrálních zdrojů, neboť jedno z prvních opatření při hrozící mimořádné události nebo živelní pohromě je odpojení dodávek elektrické energie na daném území, mimo jiné z důvodu bezpečnosti.

V hlavním městě Praze je státem provozován jednotný systém varování a vyrozumění, jehož součástí je i síť rotačních sirén. Tento systém plní požadavky plošného pokrytí území hlavního města Prahy varovným signálem, ale z hlediska řešení varování na území ohroženém povodní splňuje pouze částečně první uvedené specifikum.

Z tohoto důvodu bylo nutné realizovat v Praze autonomní systém varování, jenž řeší potřeby varování před nebezpečím spojeným s možnými riziky:

- povodně a následných záplav a ničivých účinků průlomové vlny na toku řeky Vltavy,
- povodně a záplav z místních toků, například Berounky, Botiče, Rokytky, aj.,
- úniku nebezpečných látek z chemických, chladiřenských, farmaceutických provozoven a jiných provozů, které nakládají s nebezpečnými a výbušnými látkami,
- havárie v silniční a železniční dopravě při přepravě chemických a výbušných látek,
- havárie v leteckém provozu, a to i po dobu 72 hodin bez dodávek elektrické energie z centrálních zdrojů.

Ke splnění těchto požadavků byla učiněna následující technicko-organizační opatření:

- výstavba elektronických sirén, schopných vedle generování varovných signálů přenášet i řečovou informaci. Tyto funkce zajistit po dobu 72 hodin bez dodávek elektrické energie z centrálních zdrojů,
- využití bezdrátového (rádiového) spojení pro ovládání těchto sirén a přenos řečové informace s tím, že základny tohoto spojení jsou umístěny mimo oblast ohroženou povodní a jsou vybaveny náhradními zdroji,
- ovládání sirén a možnost vstupu informací je řešeno z pracoviště s trvalou s obsluhou – z Operačního střediska Krizového štábu hl. m. Prahy (OS KŠ HMP),
- zajištění neprodleného informování provozovatelů televizního a rozhlasového vysílání – OS KŠ HMP.

Výstavba elektronických sirén systému varování obyvatelstva hlavního města Prahy byla zahájena v roce 1997 a postupně je v jednotlivých etapách ozvučení rozšiřována podle stupně možného vzniku rizika a finančních možností.

Při povodni

Při velkých záplavách může být přerušena dodávka vody, elektrického proudu i plynu a znemožněno zásobování. Domácnosti v oblastech ohrožených záplavami by si proto měly pro případ nouze vytvořit dostatečné zásoby pitné vody a trvanlivých potravin a čas od času je kontrolovat a obnovovat. Úklidové práce ve sklepech či garážích musejí být ukončeny před příchodem povodně.

Po vyhlášení třetího stupně povodňové aktivity – ohrožení – hrozí nebezpečí zaplavení ulic a zastavěných území ve větším rozsahu, může dojít i k **evakuaci obyvatel**. K té dochází zejména tehdy, je-li bezprostředně ohroženo zdraví a životy osob. Evakuaci nařizují povodňové či krizové orgány za účasti policie. Od vyhlášení evakuace do odchodu z domova zbývá obvykle jen velmi krátká doba, a proto by nouzová zavazadla měla být připravena předem. Při evakuaci stojí na prvním místě záchrana lidských životů, teprve potom záchrana majetku. Morální povinností každého je pomáhat druhým podle svých sil. I podle zákona je neposkytnutí pomoci v nouzi trestné.

Před odchodem z bytu je třeba uzavřít hlavní uzávěry vody, plynu a elektrického proudu. Vrata domů a jiných objektů se nemají zamykat, aby hasiči a technika měli volný přístup, byty se zamykají. Ve chvíli evakuace přebírá za evakuované území odpovědnost stát a policie uzavřený prostor kontroluje. Povodňové plány obce obsahují i informace o bezpečných evakuačních a zásobovacích komunikacích a obec má připraveny prostory, kde se obyvatelé z evakuovaných oblastí shromažďují. Obce také nesou odpovědnost za základní zásobování a pomáhají zajistit

základní lékařskou a sociální péči. Uposlechnout nařízení policie a povodňových či krizových orgánů při katastrofách je povinností každého občana.

Za povodni v roce 2002 byly v Praze evakuovány a uzavřeny rozsáhlé části Starého Města, Malé Strany, Karlína, Libně, Holešovic a dalších čtvrtí. Evakuovaní obyvatelé byli ubytováni převážně ve školách, jejichž příjmací střediska vedla evidenci nouzově ubytovaných osob. Do poskytování sociálních a zdravotních služeb, jakož i následného odklizení a jiných prací se zapojily dobrovolnické organizace i řada dobrovolníků – jednotlivců. Tyto zkušenosti přispěly ke zdokonalení evakuačních plánů. Starostové potenciálně ohrožených městských částí se domnívají, že dnes jsou na případnou povodňovou katastrofu lépe připraveni a vybaveni.

Před opuštěním domu

Jak jsme uvedli, před odchodem z domu je důležité vypnout hlavní vypínač elektrického proudu, uzavřít hlavní uzávěry vody a plynu a uvolnit cestu domácím zvířatům, pokud je občané neberou s sebou. O evakuaci je nutné uvědomit sousedy, případně nechat na dveřích zprávu, kam se příslušná rodina chystá odejít. Dobré je také uvědomit o místě svého náhradního ubytování nejbližší evakuační středisko. Dětem se doporučuje dát do kapsy kartičku se jménem, adresou a telefonem, podobně se postarat i o staré či jinak nemožné osoby. K evakuaci je nejvhodnější použít vlastní dopravní prostředek nebo dopravu zajištěnou obecním úřadem. Je nezbytné se dobře obléci a obout.

Obsah evakuačního zavazadla:

- základní potraviny (nejlépe konzervy) na 3 dny
- pitná voda (čaj, káva)
- vodotěsně zabalený chléb, pečivo, sušenky, sůl, cukr
- předměty denní potřeby (přibory, otvírák na konzervy, ostrý nůž, jídelní nádobí, hrnky)
- osobní doklady, peníze, ceny, pojistné smlouvy
- přenosné rádio a náhradní zdroje
- toaletní a hygienické potřeby
- léky
- svíčky, zápalky či zapalovač, svítlna
- náhradní prádlo, obuv, pláštěnka, holínky, spací pytel nebo přikrývka, šňůra na sušení
- knížky, hračky, karty a pod.
- zavazadlo označit vísačkou se jménem a adresou

Zásady chování při povodni:

- jedněte s rozvahou a klidem
- pomozte sousedům, starým a nemocným lidem
- záchrana lidských životů má přednost před uchováním věcných hodnot
- děti a seniory je třeba doprovázet do bezpečí
- přednost má vlastní zajištění, případně je nutné zavolat pomoc
- nevstupujte do sklepů a podzemních garáží
- vyhýbejte se zatopeným oblastem a ulicím (ulice mohou být podemlité vodou, stavby se mohou zřítit)
- respektujte pokyny záchranářů
- neplavte se na člunech (vlny, překážky, splávy - předměty hnané vodou)
- neprojíždějte zaplavenými místy autem ani na kole
- dodržujte pokyny místních úřadů a sledujte sdělovací prostředky



Při povodni v roce 2002 došlo i na výstavbu protipovodňových zátarasů – ve Zborovské ulici se stavěly z pytlů s pískem.
Zdroj: Zdeněk Chytrý

Shrnutí: Jak postupovat při vypuknutí povodni?

- sledovat hlášení o počasí, povodňové zpravodajství a internet, případně hlášení místního rozhlasu
- nemocné a osoby, které potřebují pomoc, dopravit do bezpečí
- informovat o nebezpečí spolubydlící a sousedy
- připravit evakuační zavazadlo
- cenné věci z přízemí a sklepů (jídlo, pitnou vodu, plynové vařiče apod.) vynést do vyšších pater
- přepravit vozidla na bezpečná místa mimo ohrožená území
- z ohrožených místností odstranit předměty, kterými by záplavy mohly pohnout
- připoutat předměty, které by mohla odnést voda
- zabezpečit ropné látky, chemikálie, jedy a žíraviny, aby nedošlo ke kontaminaci vody
- utěsnit okna a dveře
- zabezpečit zbraně a jejich doklady proti zneužití
- zajistit topení a elektrické předměty
- zkontrolovat zpětné klapky a odvod vody z domů
- pro informaci policie a záchranářů připevnit při odchodu na dveře cedulku s informací, kdy a kam jste byli evakuováni
- opustit dosah vodního toku

V případě povodně se uzavírají průchody pod tratí.
Zdroj: Zdeněk Chytrý



Po povodni

Když se po opadnutí vody uzavřená oblast opět zpřístupní, je třeba v první řadě zajistit bezpečnost a úklid. Naplavené bahno a předměty se obvykle odvázejí v kontejnerech jako běžný odpad. Je dobré fotograficky nebo filmem zdokumentovat situaci pro pojišťovny – tj. zejména trhliny, poškození omítek, předmětů, aby bylo zřejmé, kam až zaplavení dosahovalo.

Vodu je třeba ze sklepa odčerpávat opatrně. Zvýšená hladina podzemní vody znamená další zatížení vztlačovými silami, které mohou ohrozit stabilitu budovy. Rozvody plynu i vody je třeba nejprve zkontrolovat. Pokud existují obavy z poškození rozvodu plynu, otevřete okna a dveře. Elektřinu je možné zapnout až po dokonalém vyschnutí všech zásuvek a rozvodových skříní. Vlhké i mokré elektrospotřebiče jsou nebezpečné a nesmějí se používat.

Nepokoušejte se nastartovat ani vozidlo, které se ocitlo pod vodou. Nejprve se musí dobře vyčistit a vysušit. Pokud se do nádrže dostala voda, je třeba nádrž vypustit a benzin přefiltrovat. Vyměňte olej. Nepoužívejte vozidlo, sahá-li voda do úrovně podlahy. Keramické části katalyzátoru jsou vystavovány vysokým provozním teplotám a mohly by při styku s vodou prasknout.

Po povodni je nutné:

- situaci zdokumentovat pro pojišťovny, zjistit rozsah škod a kontaktovat pojišťovnu
- vodu ze zaplavených prostranství čerpat teprve tehdy, až opadne voda a poklesne hladina podzemní vody
- odstranit podlahové krytiny a obložení a co nejrychleji vysušit
- nechat odborně zkontrolovat stav budov a stupeň narušení statiky
- prověřit stav rozvodů elektrické energie a plynu
- před použitím nechat zkontrolovat elektrické přístroje a motory
- nechat prověřit stav kanalizace, rozvody a kvalitu vody
- než budou prověřeny zdroje pitné vody, odebírat vodu pouze z náhradních zdrojů (cisteren) nebo využívat vodu balenou
- podle pokynů hygienika zlikvidovat uhybnulá zvířata a veškeré potraviny zasažené vodou
- nechat zkontrolovat nádrže na topný olej, zda neutrpěly škody
- při únicích škodlivin (např. barev, oleje, nafty, čisticích prostředků) vyrozumět hasiče a dbát jejich pokynů
- místnosti dobře větrat
- nepoužívat plodiny ze zaplavených oblastí
- nahlásit silné vrstvy nečistot či bahna na zahradách a polích

Škody navzdory prevenci

Jak jsme uvedli v kapitole 4, za škody způsobené povodní neručí v zásadě ani stát, ani postižená obec. Je na obyvatelích oblastí ohrožených záplavami, aby se před následky povodní chránili sami. Tento princip zahrnuje i finanční preventivní opatření v podobě pojistek a disponibilních úspor. V běžném životě lze uzavřít pojištění téměř proti všem rizikům. Situace je obtížnější při pojišťování proti nebezpečí s vysokou pravděpodobností výskytu, což je v poslední době případ objektů v záplavových územích. V tomto případě pojišťovny na základě minulých zkušeností navyšují pojistné, vyžadují vyšší spolufinancování ze strany pojištěnce nebo úplně odmítají příslušný majetek proti vysokému riziku pojištit. V takovém případě jsou jedinou možností osobní úspory, z nichž je nutné v případě potřeby čerpat.

Slovníček pojmů

Aktivní zóna záplavového území je území v zastavěných částech obcí a v územích určených k zástavbě podle územních plánů, jež při povodni odvádí rozhodující část celkového průtoku, a tedy jsou v ní bezprostředně ohroženy životy, zdraví a majetek lidí.

Blesková povodeň je zvláštní druh povodně, jež má krátké trvání a prudký vzestup s relativně vysokou kulminací. Vzniká následkem deště vysoké intenzity, který postihne malé povodí.

Dešťová stoková (kanalizační) síť je kanalizační síť odvádějící výhradně dešťovou vodu.

Doba odtoku je čas, který částice vody potřebuje k přemístění se z místa dopadu na povrch povodí do zkoumaného profilu např. stokové sítě.

Doba proběhu povodňové vlny je doba, kterou potřebuje povodňová vlna k tomu, aby dorazila od jednoho vodočtu k druhému po proudu řeky. Zjednodušeně se do ní zahrnuje časový odstup vrcholů povodně. Tento odstup se však může značně odchýlit od doby proběhu, dojde-li v ústí větších přítoků řek ke skládání povodňových vln, čímž se vytvoří nový vrchol povodně.

Drsnost koryta vodního toku. Tekoucí voda je zbrzděna třením např. u dna řeky nebo na břehových svazích. Drsnost kontaktní plochy je měřítkem síly tření. Hrubé kusy kamení nebo prahy na dně zvyšují drsnost koryta. V prostoru mezi hrázi brzdí tekoucí vodu vegetace. V důsledku vysoké drsnosti se redukuje průměrná průtočná rychlost. Při stejném odtoku se zvyšuje stav vody.

Hlubková eroze. Silou vody se po dně řek pohybují částice půdy, kameny a štěrky (tj. transportují se pevné látky). Čím výše stoupá povodeň, tím více pevných látek se může dát do pohybu. Když voda opadne, materiál se opět usadí. Odnášeli-li voda z konkrétního místa více látek, než se zde usazuje, prohlubuje se trvale koryto řeky. Tento proces se nazývá hlubková eroze.

Hydraulický stres vytváří průtokové podmínky ve vodním toku, které působí výrazný transport sedimentu, erozi a/nebo odplavení organismů.

Infiltrace (vsakování do půdního prostředí) je proces, při němž se dešťová voda vsakuje do půdy a vyplňuje její póry. Je-li půda málo propustná, nemůže se voda dobře vsakovat a vzniká větší povrchový odtok. Podíl infiltrace udává množství vody, které se za určitou časovou jednotku může vsáknout do půdy.

Intenzita srážek je množství srážek za jednotku času. Udává se většinou v milimetrech za hodinu (mm/h) nebo také v l/m² za hodinu. Za silný déšť se označují například srážky, během nichž naprší alespoň 5 mm za 5 minut, 12 mm za 30 minut nebo 24 mm za 2 hodiny.

Intercepce (zadržení/zachycení) je podíl dešťových srážek, který nejdříve ulpí na rostlinách a poté se odpaří – tzn. nikdy nedopadne na povrch půdy. V lese může intercepce činit 20 až 50 % ročních srážek. Při jednotlivých srážkách může být takto zachyceno až 5 l/m² vody. Při velkých deštích se však význam intercepce snižuje.

Jednotná stoková síť je kanalizační síť, odvádějící společně (ve společném potrubí) vody splaškové a vody dešťové.

Kapacita stokové sítě je maximální průtok, který je stoková síť nebo její část schopna převést při netlakovém režimu proudění (platí pro gravitační systémy).

Klima (podnebí) je charakteristický stav zemské atmosféry nad určitou oblastí (regionem), přičemž se počasí jednotlivého roku může značně odlišovat od normálního klimatu. Čím déle stojí slunce nad obzorem a čím výše je v zenitu (nadhlavniku), tím více energie z jeho paprsků otepluje zemský povrch. Proto se klimatická pásma dělí podle zeměpisné šířky. Navíc je podnebí ovlivňováno zvláštnostmi zemského povrchu. V závislosti na tom, jde-li o vodní hladinu nebo pevninu, rovinu nebo pohoří se mění teplota, vítr, srážky a vlhkost.

Kondenzace (zkapalnění) je přechod z plynného do kapalného skupenství. V důsledku ochlazení se z vodní páry stává voda – v atmosféře se tvoří mraky z kapiček. Kondenzací se uvolňuje takzvané „latentní teplo“. To vede k tomu, že se vlhký vzduch při stoupání pomaleji ochlazuje než suchý vzduch.

Konvektivní srážky. Jedná se o krátké srážky, které většinou netrvají déle než 45 minut. Vznikají silným vertikálním pohybem vzduchu (konvekci). Konvektivní srážky se vyznačují vysokou, někdy se rychle měnící srážkovou intenzitou. Srážkové pole je většinou úzce omezeno (méně než 10 km²).

Ledová povodeň. Led ve vodních tocích vzniká již tehdy, jsou-li teploty několik dní pod bodem mrazu. Nejprve zamrzají úseky s malou průtočnou rychlostí, další zamrzání zužuje průtočný profil vodního toku stále více a stavy vody začínají stoupat. Nebezpečné situace může způsobit odchod ledů. Led se přitom může v zúžených místech nahromadit a vytvořit ledové bariéry, jež brání vodě v odtoku. Jestliže se ledová bariéra tlakem vody prolomí, uvolní se podobně jako při protržení hráze velké množství vody.

Lokální povodeň viz *Blesková povodeň*.

Městské odvodnění je mezioborová, převážně inženýrská disciplína, zabývající se vznikem, transportem a čištěním odpadních vod a jejich vlivem na vodní toky a vodní zdroje. Hlavními prvky jsou stoková síť, čistírna odpadních vod, vodní toky a podzemní voda (Krejčí et al., 2002).

Odlehčovací komora je objekt na jednotné stokové síti, který umožňuje během dešťového odtoku oddělit část průtoku odpadní vody, kterou nelze z kapacitních důvodů čistit na čistírně odpadních vod.

Odtok je ta část srážek, která odečte z území sítí potoků a řek. Měří se jako množství vody za jednotku času a udává se v metrech krychlových za sekundu (m^3/s). Odtok se stanovuje ne přímo přes rychlost vody. Průměrná průtoková rychlost se násobí plochou průtokového profilu ($m^2 \times m/s = m^3/s$). Tato měření se provádějí ve větších časových odstupech při rozdílných stavech vody. Na jejich základě se sestavuje odtoková křivka. Ke každému naměřenému stavu vody může být přiřazen na základě této odtokové křivky příslušný odtok.

Odtokové poměry jsou všechny pochody a procesy, které určují podíl srážek, který v povodí není zadržen a odtéká. Patří sem např. zadržování vody v terénu, půdě a vegetaci, vsakování, odpařování aj.

Poldr je ohrázený prostor, který je schopen zadržet část povodňového průtoku.

Povodeň je fáze hydrologického režimu vodního toku, která se vyznačuje náhlým, obvykle krátkodobým zvýšením průtoků a vodních stavů. Zvýšení je vyvoláno deštěm nebo táním sněhu a může se vyskytnout vícekrát během roku v různých ročních obdobích. Přechodné zvýšení hladiny toku, způsobené náhlým zvětšením průtoku nebo dočasným zmenšením průtočnosti koryta (např. ledovou zácpou); zpravidla působí povodeň na některých úsecích toku hospodářské škody podle stupně vybudované ochrany. (ČSN 736510)

Povodí je uzavřená oblast, ze které srážková voda odtéká jedním závěrečným profilem. Hranice povodí je vyznačena rozvodím.

Povodňová vlna. Stav vody se během povodně po řadu dní nepřetržitě zaznamenává. Vzniká takzvaná linie průchodu povodně ve specifickém tvaru vlny. Celkový proces vzestupu a sestupu (poklesu) povodně se nazývá povodňová vlna.

Povodňové orgány zajišťují přípravu na povodňové situace, řízení, organizaci a kontrolu všech příslušných činností v průběhu povodně a v období následujícím bezprostředně po povodni včetně řízení, organizace a kontroly činnosti ostatních účastníků ochrany před povodněmi. Po dobu povodně jsou povodňovými orgány: a) povodňové komise obcí a v hlavním městě Praze povodňové komise městských

částí, b) povodňové komise obcí s rozšířenou působností a v hlavním městě Praze povodňové komise městských částí stanovené Statutem hlavního města Prahy, c) povodňové komise krajů, d) Ústřední povodňová komise.

Regulace řek je úprava vodního toku ve prospěch zemědělství, vodní dopravy, stavby sídel a využití vodní energie, jež spočívá např. v narovnávání řek, zpevňování břehů a dláždění dna koryta vodního toku. S pomocí příčných staveb, prahů, přepadů, jezů nebo zdymadel se zabraňuje následné hloubkové erozi.

Retence. V blízkosti koryta řeky a v říční nivě se během záplav přechodně zadržuje část vody. To vede k tomu, že voda po proudu řeky stoupá pomaleji. Povodňová vlna se zpomalí a sníží. Retence je tím větší, čím menší je spád dotčeného území.

Retenční prostor souží k přechodnému zadržení části povodně. Je aktivován zaplavením popřípadě řízeným napuštěním.

Revitalizace je zpětné odstranění napřímení vodního toku nebo přeložení koryta řeky s cílem obnovit její přirozené průtočné poměry a podpořit vlastní vývoj vodního toku. Revitalizací v širším smyslu se rozumí takové zásahy, které posilují přírodní a krajinné hodnoty a současně příznivě vodo hospodářské funkce vodního prostředí.

Říční niva je území kolem vodního toku, jež je utvářeno jeho dynamikou. Zahnuje plochy, které přirozenou cestou ovlivňuje povodeň, buď přímo zaplavením, nebo nepřímo stoupajícími stavy vody. Říční niva je často identická s dnem údolí.

Stoletý odtok je odtok, který je na konkrétní měrné stanici překročen v průměru každých sto let. Protože se jedná o průměrnou hodnotu, může se tento odtok vyskytnout za sto let i několikrát. Je-li měrná stanice v provozu po dobu kratší než sto let, stanoví se tento odtok na základě statistických propočtů.

Stoletá voda (povodeň) – viz **Stoletý odtok**. Dále dle ČHMÚ: stoletá povodeň je taková povodeň, jejíž kulminační průtok je v dlouhodobém průměru dosažen nebo překročen jednou za 100 let. Jde o statistickou charakteristiku, nikoli predikční. Tudíž neplatí, že v případě

výskytu stoleté povodně se další povodeň této velikosti či vyšší vyskytne až za 100 let.

Stupeň povodňové aktivity je míra povodňového nebezpečí vázaná na směrodatné limity, jimiž jsou zpravidla vodní stavy nebo průtoky v hlásných profilech na vodních tocích, popřípadě na mezní nebo kritické hodnoty jiného jevu uvedené v příslušném povodňovém plánu. Rozlišujeme 3 stupně povodňové aktivity: bdělost, pohotovost a ohrožení.

Recipient je vodní útvar, do kterého jsou zaústěny čištěné/nečištěné odpadní vody z urbanizovaného povodí.

Urbanizované území je městské povodí, charakterizované vysokým podílem zpevněných ploch.

Vodní tok je vodní útvar, pro který je charakteristický stálý nebo dočasný pohyb vody v korytě ve směru celkového sklonu a který je napájen z vlastního povodí nebo z jiného útvaru.

Vodočet (vodoměrná stanice) je místo pro měření stavu vody. Nejjednodušší vodočet sestává z latě u břehu, jež je rozdělena na centimetrové dílky. Na ní lze odečítat výši vodní hladiny. Až na několik málo výjimek zaznamenávají všechny vodočty stavy písemně. Při písemném zaznamenávání se svislý pohyb plovákového tělesa automaticky přenáší na diagram (plovákový šachtový vodočet). U jiného způsobu měření se tlak vody, který závisí na hloubce vody, měří u dna vodního toku a kontinuálně se zaznamenává (tlakový vodočet). Navíc mohou být zaznamenané stavy vody zachyceny digitálně příslušnými přístroji a pomocí modemu pro dálkový přenos dat přímo načítány do počítače. Hlásič naměřených dat může stavy vody převádět do mluvené řeči. Údaje pak mohou být přímo odposlouchávány telefonicky.

Záplavové území je administrativně určené území, které může být při výskytu přirozené povodně zaplaveno vodou.

Použitá literatura

- ARNBJERG-NIELSEN, K. (2006). Significant climate change of extreme rainfall in Denmark. *Water Science and Technology*. 54 (6–7), str.1-8.
- BOVEE, K.D., (1986): Development and evaluation of habitat suitability criteria for use in the Instream Flow Incremental Methodology. Instream Flow Information Paper 21. U.S. Fish and Wildlife Service Biological Report 86 (7), str. 235.
- BUCHERT, V. (2006): Přijdou ještě větší povodně, říká geolog Cílek. Rozhovor, MF Dnes, 9. dubna 2006.
- BUONOMO, E., JONES, R., HUNTINGFORD, C., HANNAFORD, J. (2007). On the robustness of changes in extreme precipitation over Europe from two high resolution climate change simulations. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*. 133 (622), str. 65–81 Part A.
- CABRNOCH, J. (2007): Protipovodňová opatření na ochranu hl. m. Prahy v roce 2007. *Časopis Stavebnictví* 03/2007. (on-line: <http://www.casopisstavebnictvi.cz/archiv.php?detail=140&arch=6>, 26. 6. 2007).
- CÍLEK, V. (2003): Co nám přinese změna klimatu? MF Dnes, 16. srpna 2003.
- ČAMROVÁ, L., JÍLKOVÁ, J. a kol. (2006): Povodně v území – institucionální a ekonomické souvislosti. Eurolex Bohemia, Praha.
- ČESKÝ ROZHLAS (2006): Voda dál ustupuje, lidé pomalu zahajují úklid po povodních. Zprávy 7. 4. 2006. (on-line: <http://www.radio.cz/cz/zpravy/77728>, 26. 6. 2007).
- ČHMÚ (2002): Předběžná souhrnná zpráva o hydrometeorologické situaci při povodni v srpnu 2002. Praha. (on-line: http://www.chmi.cz/hydro/povo2/pred_zpr.htm#pms, 10. 7. 2007).
- ČHMÚ (2006): Vyhodnocení jarní povodně 2006 na území České republiky. Praha.
- GRUM, M., JORGENSEN, A.T., JOHANSEN, R.M., LINDE, J.J. (2006). The effect of climate change on urban drainage: an evaluation based on regional climates model simulations. *Water Science and Technology*. 54 (6–7), str. 9–15.
- HE, J., VALEO, C., BOUCHAR, F.J.C. (2006). Enhancing urban infrastructure investment planning practices for a changing climate. *Water Science and Technology*. 53 (10), str. 13–20.
- HOLWAY, J. M., BURBY, R. J.: The Effects of Floodplain Development Controls on Residential Land Values, *Land Economics*, Vol. 66 No. 3 (srpen 1990), str. 259–271.
- HOMAGH, P. (1999): Řízená a neřízená povodňová retence v horní části Rýna v Baden-Württembersku – výhody a nevýhody. In: Marešová a kol. (eds.) (1999b): Územní plánování v zátopových oblastech. CECWI, Katedra hydrauliky a hydrologie, Fakulta stavební ČVUT v Praze.
- HUBER, M.: Reforming the UK Flood Insurance Regime: The Breakdown of a Gentlemen's Agreement, ESRC Centre for Analysis of Risk and Regulation Discussion Paper No. 18 (leden 2004).
- HYDROPROJEKT a.s. a DHI HYDROINFORM a.s. (2001). Generel odvodnění HMP, Praha.
- KABELKOVÁ, I., ŠTASTNÁ, G., STRÁNSKÝ, D., NÁBĚLKOVÁ, J. (2006). Vliv úprav na OK83 na ekologický stav Botiče. *Vodní hospodářství*, roč. 56, č. 5, str. I–III.
- KOBYLÁK, T., JUST, T. (2003a): Mají protipovodňová opatření v Praze zúžit záplavové území? ČSOP 01/30 Trója, Praha. (on-line: <http://www.csoptrója.ecn.cz/Cinnost/CisOstr/prohlaseni21032003.htm>, 12. 7. 2007).
- KOBYLÁK, T., JUST, T. (2003b): Proč máme výhrady k protipovodňovým opatřením v Praze. ČSOP 01/30 Trója, Praha. (on-line: <http://www.csoptrója.ecn.cz/Cinnost/CisOstr/vyhrady.htm>, 2. 6. 2007).
- KORNDÖRFER, Ch. (2005): Syntéza ochrany památek a minimalizace rizika při protipovodňové ochraně starého města (Altstadt) Drážďan. In: *Vodní toky 2005*, sborník z odborné konference s mezinárodní účastí, VRV.
- KOTYZA, O., CVRK, F., PAŽOUREK, V. (1995): Historické povodně na dolním Labi a Vltavě. Okresní muzeum, Děčín.

- KREJČÍ, V. et al. (2002). Odvodnění urbanizovaných území – koncepční přístup. Noel 2000.
- KUNREUTHER, H. C., LINNEROOTH-BAYER, J. (2003): The Financial Management of Catastrophic Flood Risks in Emerging-Economy Countries. Risk Analysis, Vol. 23, No. 3.
- LIDOVÉ NOVINY (2003): Magistrát: Protipovodňová opatření zvýšení hladiny nezpůsobí. Praha, 8. 4. 2003.
- LINNEROOTH-BAYER, J., AMENDOLA, A.: Global Change, Natural Disasters and Loss-sharing: Issues of Efficiency and Equity, The Geneva Papers on Risk and Insurance Vol. 25 No.2 (April 2000), str. 203–219.
- MAREŠOVÁ, I. a kol. (1999a): Operativní řízení protipovodňové ochrany. CECWI, Katedra hydrauliky a hydrologie, Fakulta stavební ČVUT v Praze.
- Městské standardy vodárenských a kanalizačních zařízení na území hl. m. Prahy (2001), Pražská vodohospodářská společnost, a. s.
- MHMP (2007): Začne výkup pozemků na radotínská jezera. Tisková zpráva ze dne 10. 4. 2007. (on-line: [http://www.praha-mesto.cz/\(nh4p4r45f4d5yqrcxdtcwr45\)/default.aspx?id=72344&ido=5074&sh=873255384](http://www.praha-mesto.cz/(nh4p4r45f4d5yqrcxdtcwr45)/default.aspx?id=72344&ido=5074&sh=873255384), 26. 6. 2007).
- MOLDÁN, B., SOBÍŠEK, B. (1996): Územní změny klimatu České republiky, závěrečná zpráva. ČHMÚ, Praha.
- MZE ČR (2004): Voda v České republice. Němec J., Hladný J. (eds.), Praha.
- MŽP ČR (2004): Voda v krajině – kniha o krajinnotvorných programech. Kender J. (ed.), Praha.
- OBEC ARCHITEKTŮ (2006): Praha na Urbis Invest představila svojí ochranu před povodní. (on-line: <http://www.architekt.cz/index.php?aktualitaID=272>, 26. 6. 2007).
- ODER REGIO (1996): Život s povodní. Ministerstvo pro místní rozvoj, Odbor územně a stavebně správní. Praha.
- PAUL, M. J., MEYER, J. L. (2001). Streams in the urban landscape. Annual Review of Ecology and Systematics. 32, str. 333–365.
- PETRASCHKE, A. (1999): Protipovodňová ochrana ve Švýcarsku: problémy, požadavky, opatření. In: Marešová a kol. (eds.) (1999b): Územní plánování v zátopových oblastech. CECWI, Katedra hydrauliky a hydrologie, Fakulta stavební ČVUT v Praze.
- POVODÍ VLTAVY (1992): Povodí Vltavy – vydáno u příležitosti 25 let činnosti organizace povodí Vltavy. Svoboda, Praha.
- RAND, G.M. (1995). Fundamentals of Aquatic Toxicology. Effects, Environmental Fate and Risk Assessment. Second Edition. Taylors & Francis, North Palm Brach, USA.
- RIS (2007): Regionální informační servis – Skladba pozemků v ORP ve Středočeském kraji. (on-line: http://www.risy.cz/skladba_pozemku_v_orp_ve_stredoceskem_kraji_stredocesky_kraj#04, 15. 7. 2007)
- ROTHER, K. H. (1999): Národní a mezinárodní ochranná politika proti povodním na Rýnu. In: Marešová a kol. (eds.) (1999b): Územní plánování v zátopových oblastech. CECWI, Katedra hydrauliky a hydrologie, Fakulta stavební ČVUT v Praze.
- RŮŽIČKA, V. (2007): Záplovové oblasti a developce. Rozhovor s Ing. arch. Janem Ludvíkem. (on-line: <http://www.bydlenimag.cz/clanek.php?id=77>, 20. 8. 2007).
- SPEKTRUMWASSER1 – HOCHWASSER NATUREREIGNIS UND GEFAHR (2004). Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft.
- StMUGV (2005) – Bavorské státní ministerstvo pro životní prostředí, zdraví a ochranu spotřebitelů: Ochrana před povodněmi v Bavorsku – Strategie a příklady. Europrint, Praha.
- STRÁNSKÝ, D. (2004). Reliability of Sewer Systems Designed by Rational Formula. Sborník konference Sustainable Techniques and Strategies in Urban Water Management (NOVATECH) in Lyon, vol. 2, str. 953–960.
- STRATEGIE OCHRANY PŘED POVODNĚMI PRO ÚZEMÍ ČR (2000). Usnesení vlády ČR č. 382/2000, Praha. (on-line: http://www.mze.cz/attachments/o_pp35.pdf, 20. 8. 2007).
- ŠŤASTNÁ, G. (2005). Změny struktury společenstva makrozoobentosu podél urbanizačního gradientu, disertační práce, Praha.
- TETZLAFF, D., GROTTKER, M., LEIBUNDGUT, C. (2005). Hydrological criteria to assess changes of flow dynamic in urban impacted catchments. Physics and Chemistry of the Earth. 30 (6–7), str. 426–431.

- ÚSTAV ÚZEMNÍHO ROZVOJE MMR (2006). Průměrné ceny dopravní a technické infrastruktury. (on-line: <http://www.uur.cz>, 20. 9. 2007).
- VARI, A., LINNERTH-BAYER, J., FERENCZ, Z.: Stakeholder Views on Flood Risk Management in Hungary's Upper Tisza Basin, Society for Risk Analysis Vol. 23 No. 3 (2003), str. 585–600.
- VŠE (2005): Response to Disaster: Environmental Learning and Capacity Development in the Czech Republic. Citováno z rozhovoru s představiteli samospráv, které se uskutečnily v rámci výzkumného projektu česko-americké spolupráce VŠE v Praze s Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, v letech 2003–2005.
- VÚV T. G. M. (2003): Vyhodnocení katastrofální povodně v srpnu 2002. Praha.
- VÚV T. G. M., CHMÚ (2007): Souhrnná zpráva o vyhodnocení jarní povodně 2006 na území ČR. Praha. (on-line: Souhrnná zpráva o vyhodnocení jarní povodně 2006 na území ČR, 4. 6. 2007).
- ÚÚR (2003): Protipovodňová ochrana v územních plánech obcí. Kolektiv Ústavu územního rozvoje v Brně a odboru územního plánování Ministerstva pro místní rozvoj. (on-line: http://www.uur.cz/images/publikace/metodickeprirucky/PDF/Protipovodnova%20ochr_letak.pdf, 20. 9. 2007).
- ZPRÁVA O PLNĚNÍ STRATEGIE OCHRANY PŘED POVODNĚMI PRO ÚZEMÍ ČR (2003). Usnesení vlády ČR č. 334/2003, Praha. (on-line: http://www.mze.cz/attachments/o_zprava.pdf, 20. 8. 2007).
- Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon).

Zdroje fotografií, obrázků a grafů:

- Cabrnach, J. (2007): Protipovodňová opatření na ochranu hl. m. Prahy v roce 2007. Časopis Stavebnictví 03/2007. (on-line: <http://www.casopisstavebnictvi.cz/archiv.php?detail=140&arch=6>).
- CIRIA (2007). (on-line: <http://www.ciria.org>).
- ČHMÚ (2003): Předběžná souhrnná zpráva o hydrometeorologické situaci při povodni v srpnu 2002. (on-line: http://www.imgw.pl/wl/internet/zz/wiadomosci/_wiad2002/020823001/wiadomosc.html)
- ČHMÚ (2006): Vyhodnocení jarní povodně 2006 na území České republiky. Praha.
- ČHMÚ (2007a): Praha – Klementinum: základní informace a vybrané zajímavosti. Praha. (on-line: <http://www.chmi.cz/meteo/ok/klemintro.html>)
- ČHMÚ (2007b): Družicové oddělení. Galerie zajímavých družicových snímků. (on-line: http://www.chmi.cz/meteo/sat/galerie/gal_2006a/gal_2006a.html).
- DF Klub – Klub digitální fotografie. (on-line: <http://www.dfklub.cz/jiri-kubik/bourka-prichazi/25778/fotografie.html>)
- MHMP: Změny územního plánu týkající se záplavových území. (on-line: http://magistrat.praha-mesto.cz/uzplan/uzemni_plan_hmp/zmena_z1000_navrh/pril_4/pril_4.htm).
- MHMP: Mapa záplav v roce 2002. (on-line: <http://magistrat.praha-mesto.cz/Mapy/Mapy/Povoden-2002>).
- MHMP: Fotografie povodní 1890 a 2002. (on-line: [http://www.praha-mesto.cz/\(x05jfs55h40y2muf2zwb53ff\)/default.aspx?ido=6156&sh=-1733935141&Css=no](http://www.praha-mesto.cz/(x05jfs55h40y2muf2zwb53ff)/default.aspx?ido=6156&sh=-1733935141&Css=no))
- MHMP: Vodní toky Prahy (mapa). [http://www.praha-mesto.cz/\(ywyeqnvile5w3e55b4axhm45\)/zdroj.aspx?typ=5&ld=34395&sh=-895978689](http://www.praha-mesto.cz/(ywyeqnvile5w3e55b4axhm45)/zdroj.aspx?typ=5&ld=34395&sh=-895978689)
- MHMP, Odbor krizového řízení.
- Just, T. (2006): Popovodňová a protipovodňová opatření z pohledu ekologicky orientovaného vodohospodáře. In: Čamrová, Jílková (eds.) (2006): Povodňové škody a nástroje k jejich snížení, IEEP VŠE v Praze.
- Kobylák, T., Just, T. (2003): Proč máme výhrady k protipovodňovým opatřením v Praze. ČSOP 01/30 Trója, Praha. (on-line: <http://www.csoproja.ecn.cz/Cinnost/CisOstr/vyhrady.htm>, 2. 6. 2007).
- Ledy a povodně. (on-line: <http://www.svatojanske-proudy.cz/ledypovodne/htm/ledypovodne.htm>)

- Lesy hl. m. Prahy (2007): Revitalizace koryta Botiče před Fidlovačkou.
(on-line: <http://www.lesypraha.cz/?cat=303&aid=254>, 18. 6. 2007).
- Lesy hl. m. Prahy (2007): Revitalizace Krůteckého potoka.
(on-line: <http://www.lesypraha.cz/?cat=303&aid=241>, 7. 8. 2007).
- Lichtenbergová, K. (2002): Situace v Mojžíži a Neštěnicích za povodní 2002. CD státního podniku Povodí Labe: Povodeň na Labi srpen 2002.
- MZE ČR (2004): Voda v České republice. Němec J., Hladný J. (eds.), Praha.
- Obec Grygov, 2006.
- Obec Slatinice, 2004.
- Poštulka, Z. (2007): Integrovaný management povodí. Presentace na semináři Plány oblasti povodí a veřejnost ze dne 23. 3. 2007, Horka nad Moravou (on-line: http://www.uprm.cz/images/dokumenty_uprm/Reky_pro_zivot/SeminarPOP/Integrované_metody.ppt#1, 12. 6. 2007).
- SpektrumWasser1 – Hochwasser Naturereignis und Gefahr (2004).
Bayerisches Landesamt für Wassewirtschaft.
- SUBTERRA (2007): Protipovodňová opatření na ochranu hl. m. Prahy.
(on-line: <http://www.subterra.cz/reference/clanek.php?lang=cz&id=78>, 26. 6. 2007).
- Šreiber, J. (2002): Děčínsko krátce po opadnutí vody v roce 2002. CD státního podniku Povodí Labe: Povodeň na Labi srpen 2002.
- Vostatek, J.: Role státu a soukromého pojištění při náhradě škod způsobených povodní.
In: Povodeň a veřejné finance – sborník textů, č. 20/2002, Centrum pro ekonomiku a politiku, Praha, 2002.
- Warren, E. W., Abrahamse, A., Bolten, J. a kol. (1994): A Policy Analysis of Dutch River Dikes Improvements: Trading off Safety, Cost and Environmental Impacts. Operations Research, Vol. 42, No. 5, (zaří-říjen 1994).
- Wikipedia, otevřená encyklopedie: Bradáč.
(on-line: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Soubor:Bradac.jpg>)

Ochrana před povodněmi v urbanizovaných územích

IREAS, Institut pro strukturální politiku, o. p. s.

Praha, 2007

ISBN 978-80-86684-48-2