

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta životního prostředí**

**Katedra vodního hospodářství a environmentálního  
modelování**



**Fakulta životního  
prostředí**

Systémy varování před hydrologickými extrémy v ČR a Velké Británii

Warning Systems for Hydrological Extremes in the Czech Republic and Great  
Britain

Bakalářská práce

Autor práce: Daniel Korol

Vedoucí práce: Ing. Václav Hradilek

Konzultant práce: Štěpán Vizina

Praha, 2014

**ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE**  
Katedra vodního hospodářství a environmentálního  
modelování  
Fakulta životního prostředí

## **ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

Korol Daniel

Územní technická a správní služba

Název práce

**Systémy varování před hydrologickými extrémy v ČR a Velké Británii**

Anglický název

**Warning Systems for Hydrological Extremes in the Czech Republic and Great Britain**

---

### **Cíle práce**

Popsání a zhodnocení současného přístupu v krizovém řízení při hydrologických extrémech v ČR.

### **Metodika**

Literární rešerše zabývající se hydrologickými extrémy v souvislosti s krizovým řízením. Porovnání rozdílných přístupů, které řeší tuto problematiku.

### **Harmonogram zpracování**

9.- 2013 - Literární rešerše

9.- 11.2013 - Metodika

11.-2.2014 - Dopracování práce (úvod, závěr, diskuze)

**Rozsah textové části**

35 -50 stran

**Klíčová slova**

Sucho, povodně, krizové řízení, hlásná a předpovědní služba.

---

**Doporučené zdroje informací**

BARREDO, J.I. Major flood disasters in Europe: 1950–2005. *Natural Hazards*, 2007, 42.1: 125-148.  
BLAŽEK, V., CÍLEK, V., EHRlich, P., FRANK, D., GERGEL, J., HLADNÝ, J., HOFMEISTER, T., JANSKÝ, B., KAKOS, V., KENDER, J., KOPP, J., KRÁL, M., KRÁTKÁ, M., KRÁTKÝ, M., KVÍTEK, T., LÍDLOVÁ, D., LANGHAMMER, J. Voda v České republice. 1. vyd. Praha: Pro ministerstvo zemědělství vydal Consult, 2006, 253 s. Kolimbus.  
BRÁZDIL, R., DOBROVOLNÝ, P., ELLEDER, L. KAKOS, V., KOTYZA, O., KVĚTOŇ, V., MACKOVÁ, J., MÜLLER, M., ŠTĚKL, J., TOLASZ, R., VALÁŠEK, H., Historie počasí a podnebí v Českých zemích. 1. vyd. Praha: Český hydrometeorologický ústav v Praze, 2005, 369 s. Kolimbus.  
KUBÁT J., ČEKAL R., DAŇHELKA J., MATOUŠEK V. Odborné pokyny pro provádění hlásné povodňové služby [online]. Praha: Český hydrometeorologický ústav, 2012 [cit. 3. 3. 2014]. Dostupné z: [http://hydro.chmi.cz/hpps/hpps\\_document.php#](http://hydro.chmi.cz/hpps/hpps_document.php#).

---

**Vedoucí práce**

Hradilek Václav, Ing.

**Konzultant práce**

Štěpán Vizina

---

Elektronicky schváleno dne 11.4.2014

**prof. Ing. Pavel Pech, CSc.**

Vedoucí katedry

---

Elektronicky schváleno dne 14.4.2014

**prof. Ing. Petr Sklenička, CSc.**

Děkan fakulty

## **PROHLÁŠENÍ**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma Systémy varování před hydrologickými extrémami v ČR a Velké Británii vypracoval samostatně, pod vedením Ing. Václava Hradilka. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

V Praze dne: 14. 4. 2014

.....

Daniel Korol

**PODĚKOVÁNÍ:**

Rád bych poděkoval vedoucímu své bakalářské práce Ing. Václavovi Hradilkovy za odborné vedení při zpracování této bakalářské práce.

V Praze dne: 14. 4. 2014

.....

Daniel Korol

## **Abstrakt**

Předložená bakalářská práce se zabývá změnami klimatu a následnými dopady na obyvatele, majetky a přírodní ekosystémy. Zaměřuje se na hydrologické extrémy vyskytující se v České republice, především na sucho a povodně. Popisuje jejich vznik, průběh a následky. Následně se zabývá ochranou před povodněmi. Práce popisuje a porovnává hlášenou a předpovědní povodňovou službu v České republice a ve Velké Británii. Činnost a postavení povodňových orgánů, včasné varování obyvatelstva v zasažených oblastech, zákony řídící mimořádné situace a spolupráci záchranných složek.

Klíčová slova: povodeň, krizové řízení, sucho, povodňové plány

## **Abstract**

This bachelor thesis deals with climate change and the consequent effects on people, property and natural ecosystems. It focuses on hydrological extremes occurring in the Czech Republic, especially drought and floods. It describes their origin, course and consequences. Subsequently deals with flood protection. The study describes and compares the prediction and flood service in the Czech Republic and Great Britain. The activity and status of flood protection authorities, early warning of the population in the affected areas, laws governing emergency and rescue services collaboration.

Key words: flood, crisis management, drought, flood plans

### **Seznam zkratk:**

CDS – Centrální datový sklad

CPP – Centrální předpovědní pracoviště

ČHMÚ – Český hydrometeorologický ústav

ČR – Česká republika

DMR – Digitální model reliéfu

ERA – Extrémní dešťové upozornění

EU – Evropská unie

FFC – Předpovědní povodňové středisko

HIZ – Hydrologická zpráva

HZS – Hasičský záchranný sbor

IVNJ – Informace o výskytu nebezpečných jevů

IZS – Integrovaný záchranný systém

LLS – Letecké laserové skenování

MKOL – Mezinárodní komise pro ochranu Labe

MKP – Měrné křivky průtoků

MŽP – Ministerstvo životního prostředí

OPIS – Operační informační středisko HZS

ORP – Obce s rozšířenou působností

RPP – Regionální předpovědní pracoviště

RRAVM – Regionální rozvojová agentura Východní Moravy

SCE – Výška sněhové pokrývky

SIVS – Systému integrované výstražné služby

SPA – Stupně povodňové aktivity

StMUGV – Bavorské státní ministerstvo pro životní prostředí, zdraví a ochranu spotřebitelů

SVH – Vodní hodnota sněhové pokrývky

VB – Velká Británie

VDPL – Vodohospodářský dispečink povodí Labe s. p.

VúV TGM – Výzkumný ústav T. G. Masaryka

VZ – Vodní zákon

ZIZS – Zákon o integrovaném záchranném systému

## Obsah

1. Úvod.....	9
2. Cíle práce .....	10
3. Literární rešerše.....	11
3.1. Sucho .....	11
3.1.1. Meteorologické sucho .....	12
3.1.2. Agronomické (zemědělské) sucho .....	12
3.1.3. Hydrologické sucho .....	13
3.1.4. Socioekonomické sucho.....	13
3.2. Povodně .....	14
3.2.1. Povodně v zimním a jarním období .....	16
3.2.2. Povodně v letním období způsobené dlouhodobými srážkami na regionální úrovni .....	16
3.2.3. Povodně v letním období způsobené krátkodobými srážkami velké intenzity.....	19
3.2.4. V zimním období způsobené ledovými jevy.....	19
3.3. Hydrometeorologie.....	21
3.4. Hydrologické modelování .....	22
3.4.1. 1D modelování .....	22
3.4.2. 2D a 3D modelování .....	23
3.5. Protipovodňová ochrana.....	23
3.5.1. Mobilní nejčastěji používané systémy v ČR.....	24
3.5.2. Mobilní dostupné protipovodňové systémy v ČR.....	24
3.5.3. Mobilní stacionární systémy dostupné v ČR .....	24
3.5.4. Další protipovodňové prvky.....	25



3.6.	Předpovědní povodňová služba v ČR .....	25
3.6.1.	Předpovědní výstražné informace (PVI).....	26
3.6.2.	Informace o výskytu nebezpečných jevů (IVNJ).....	27
3.6.3.	Kvantitativní předpověď srážek .....	28
3.6.4.	Hydrologické předpovědi.....	28
3.7.	Povodňová služba v ČR .....	28
3.7.1.	IZS – integrovaný záchranný systém .....	29
3.7.2.	Povodňové plány .....	31
3.7.3.	Krizové řízení.....	32
3.8.	Hlásná povodňová služba v ČR.....	33
3.8.1.	Hlásné profily.....	34
3.8.2.	Vybavení hlásných profilů .....	36
3.8.3.	Směrodatné limity .....	38
3.8.4.	Stupně povodňové aktivity.....	39
3.9.	Předpovědní a hlásná povodňová služba ve Velké Británii .....	41
3.9.1.	Předpovědní povodňové středisko (FFC) .....	43
3.9.2.	Extrémní dešťové upozornění zkráceně (ERA) .....	43
4.	Mapy povodňového nebezpečí a povodňových rizik.....	45
5.	Diskuze.....	48
6.	Závěr .....	50
7.	Přehled literatury a použitých zdrojů .....	51
8.	Seznam obrázků, grafů a tabulek .....	58
8.1.	Seznam obrázků .....	58
8.2.	Seznam tabulek.....	58

# 1. Úvod

Jedním z řady celospolečenských témat jsou klimatické změny na naší planetě a s ní související hydrologické extrémy. Proto je velmi důležité včasné varování obyvatel, kterému se věnuji ve své práci.

V úvodu práce popisuji méně medializovaný hydrologický extrém vyskytující se v České republice, kterým je sucho. Definice sucha vychází z dlouhodobé předpovědi srážek na více než 10 dní dopředu (Blažek et al. 2006). Vzhledem k obtížnému předpovídání doby trvání a místa výskytu sucha, je tento jev předmětem rozsáhlých výzkumů. Doprovodný jevy sucha jsou vlny veder takzvané heat wave, které se stále častěji objevují v letních měsících v České republice i v Evropě. Tyto jevy jsou obzvláště nebezpečné pro staré lidi a lidi se zdravotními problémy.

Druhým hydrologickým extrémem, kterým se zabývám ve své práci, jsou povodně. Vzhledem k jejich opakovanému výskytu jsou povodně často diskutovaným tématem, jak v odborných publikacích, tak v médiích. Zápory ohrožují lidské životy, majetky a způsobují miliónové škody. Z těchto důvodů se snaží Česká republika s pomocí Evropské Unie nalézt účinnou protipovodňovou ochranu.

Na území České republiky tuto ochranu zajišťuje předpovědní a hlásná povodňová služba, kterou detailně popisuji ve druhé třetině práce. Předpovědní a hlásná povodňová služba předává informace o záplavách povodňové službě, kterou představují povodňové orgány. Ty mají na starosti řízení ochrany před povodněmi pomocí povodňových plánů. Jejich další činností je koordinace evakuačních a záchranných prací a předávání konkrétních instrukcí obyvatelům v ohrožených oblastech. Povodňová služba je v České republice zakotvena v několika zákonech a navazujících předpisech, jako jsou například vodní zákon či zákon o integrovaném systému. Dále ve své práci uvádím systém předpovědní a hlásné povodňové služby ve Velké Británii a snažím se najít rozdíly mezi těmito službami.

Stejně jako pro Českou republiku, tak pro Velkou Británii, platí shodná směrnice Evropského parlamentu a rady 2007/60/ES o vyhodnocení a zvládnutí povodňových rizik. Směrnice požaduje vypracování map povodňového nebezpečí a map povodňových rizik, aby se zvýšila úroveň ochrany před povodněmi. Touto problematikou se zabývám v závěru své práce.

## **2. Cíle práce**

Hlavním cílem je seznámení se s hydrologickými extrémami na našem území. Zjištění jejich základního dělení a popsání od vzniku po průběh. Další cíle jsou ověření funkcí předpovědní a hlásné služby v České republice a podání uceleného souboru informací o jejich činnostech. Na závěr bych chtěl zjistit rozdíly mezi hlásnou a předpovědní službou v České republice a ve Velké Británii.

## 3. Literární rešerše

### 3.1. Sucho

Jak zmiňuje Munzar (2003) historická dokumentace sucha je velmi strohá či úplně chybí. První oficiální měření srážek v Klementinu proběhlo už v roce 1752, jenže se dochovala data pouze za měsíce únor a prosinec. Další měření do roku 1843 neprobíhala technicky dobře, aby se mohla data správně analyzovat. Až po roce 1843 došlo k vhodnému umístění srážkoměru na střechu budovy a přesnému měření srážek.

Předpověď sucha je velice obtížná, vychází z dlouhodobé předpovědi srážek na více než 10 dní dopředu, což jde velice obtížně. Důležitý činitel je vítr, který je nestálý a mění se každý rok, k tomu je doprovázen tlakovými výškami ovlivňující frontální systémy. Důsledky se značně projeví v nížinách a pahorkatinách, v horských oblastech častěji prší i v období sucha. Historická měření ukazují, že po roce s podprůměrnými srážkami přichází suchý rok, což může trvat i několik let (Blažek et al. 2006).

Sucho je definováno jako stav, kdy je pro člověka k dispozici využitelné vody méně než vody potřebné. Z vodohospodářského hlediska je nevyhnutelné poznat periodu sucha, kvůli odběrům vody, udržení minimální výšky hladiny a minimálního průtoku. Podzemní vody jsou ovlivňovány suchem jako poslední, ale jejich obnovení trvá nejdéle. Nejvíce jsou ovlivňovány vodní toky a nádrže, které srážky doplní mnohem rychleji (Šeda a Vrbová 2013).

Jak jsou uvedeny v § 36 a § 37 v zákoně 245/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), v platném znění (dále jen VZ), minimální zůstatkový průtok a minimální hladina podzemní vody. Minimální zůstatkový průtok zajišťuje ekologickou funkci vodního toku a umožňuje obecné nakládání s povrchovými vodami. V povolení k nakládání s vodami stanoví vodoprávní úřad zůstatkový minimální průtok, určí způsob měření, místo měření a četnost předkládání zaznamenaných dat z měření. Dbá na charakter vodního toku, využívání vody a ochranu vod přijatou v plánu povodí. Minimální hladina podzemních vod zajistí dobrý ekologický stav povrchových vod, zamezí výraznému poškození suchozemských ekosystémů a zajistí udržitelné používání vodních zdrojů. Vodoprávní úřad opět stanoví minimální hladinu podzemních vod v povolení

k nakládání s vodami, jestli bude mít nakládání za následek výrazné snížení podzemních vod. Ke svému rozhodnutí využívá plány povodí a metodický plán vydaný Ministerstvem životního prostředí. Také přihlédne ke stavu podzemních a povrchových vod v dané lokalitě a výsledkům vodní bilance.

Ztráta vody může být způsobena přírodně nebo uměle působením člověka. Dočasné následky může způsobit úbytek vody například nadměrným odběrem či špatným hospodařením s vodním zdrojem. S tím si příroda dokáže poměrně snadno poradit a objem vody rychle navrátit. Trvalé následky způsobené činností člověka jsou většinou nevratné, je to odlesňování či úplné vyčerpání vodního zdroje. Nejtěžší je predikce vysychání, která se projeví až s časovým odstupem. Po rozsáhlých výzkumech začali hydrologové dělit sucho do 4 základních skupin, na sucho meteorologické, agronomické, hydrologické a socioekonomické (Blažek et al. 2006).

### **3.1.1. Meteorologické sucho**

Definuje se porovnáním úhrnu srážek za sledované období od dlouhodobých průměrů v sledované oblasti, s přihlédnutím k místnímu klimatu. Meteorologické sucho se hodnotí hlavně z množství srážek a jejich četnosti výskytu a teplotě vzduchu, která je ovlivněna evapotranspirací. Výpar je také ovlivněn relativní vlhkostí vzduchu, rychlostí větru a slunečním zářením (Blažek et al. 2006).

### **3.1.2. Agronomické (zemědělské) sucho**

Z důsledku chybějící půdní vlhkosti se zásoby vody v půdě rychle vyčerpají, nejvíce tomu napomáhají vysoké teploty a vítr. Prvním ovlivněným ekonomickým sektorem, kde se sucho projevuje, jsou zemědělské oblasti (Trnka 2010 [online]). Zemědělské sucho způsobují hlavně dopady meteorologického sucha, protože nedostatek vody nedokáže pokrýt potřeby zemědělských rostlin do doby, než zahynou. Biologické charakteristiky a vegetační fáze vývoje jednotlivých druhů mají různé požadavky na vodu, od klíčení až po úplnou zralost se liší ve spotřebě vody. Biologické a fyzikální vlastnosti půdy ovlivňují vývoj rostliny a také mají velký vliv na zemědělskou techniku, která se v dané lokalitě používá (Blažek et al. 2006).

### **3.1.3. Hydrologické sucho**

Hydrologické sucho není ovlivněno přímo nedostatkem srážek, ale celým srážkovým obdobím. Projevuje se s odstupem času pomalým poklesem vody v tocích, nádržích, rybnících a podzemních vodách (Trnka 2010 [online]).

V této sledované fázi sucha se pozoruje odtok z povodí a zásoby vody v nádržích. Srážky nejsou jediným ovlivňujícím činitelem, dalšími faktory jsou geologické, geomorfologické, vegetační a půdní poměry s výškou podzemní vody. Definice hydrologického sucha je dána za sebou jdoucími dny, týdny, měsíci a roky s výskytem značně malých průtoků s porovnáním k dlouhodobým průměrům. Období musí trvat alespoň tři dny po sobě a průměrný průtok dosahovat nebo být menší než  $Q_{355}$ . Nejvíce jsou postižena hydroenergetika, lodní doprava, zásobování obyvatel pitnou vodou, rekreace, ale i protipovodňová ochrana (Blažek et al. 2006).

### **3.1.4. Socioekonomické sucho**

Socioekonomické sucho shrnuje následky meteorologického, hydrologického, agronomického sucha a zabývá se dopadem na společnost. Mnoho oblastí udržitelného rozvoje a oblasti přispívající k chodu státu jsou závislé na počasí. Jakmile sucho začne ovlivňovat některé hospodářského odvětví, začne se dotýkat i lidí (Blažek et al. 2006). Ve vyspělých zemích v období sucha vzrůstá zájem o služby a výrobky, především nápoje. V chudých zemích se začne s nadměrnou pastvou dobytka, která má za následek zvýšení eroze půdy. Delší období bez srážek přinutí dobytčí stáda kvůli nedostatku vody vybit (Trnka 2010 [online]).

Dalším nebezpečným jevem, který se může spojit se suchem, jsou extrémně vysoké teploty a jimi způsobovaný stres. Vysoké teploty jsou jedny z hlavní negativních dopadů na společnost, kdy v těchto teplotně nadprůměrných dnech stoupá úmrtnost, která je způsobena stresem z horka. Týká se to především lidí ve velkoměstech v mírných a subtropických oblastech. Ohrožené skupiny jsou dlouhodobě nemocní lidé, starší lidé, ale i malé děti. Nejčastější onemocnění jsou kardiovaskulární, dýchacího ústrojí nebo mozkového cévního ústrojí. Úmrtí jsou největší po prvních dnech první vlny veder, kdy se lidé nedokážou aklimatizovat na rychlou změnu počasí, než na konci letního období. Extrémně vysoké teploty jsou nebezpečné především v nočních hodinách, kdy bylo zaznamenáno velké procento úmrtí. Vysoké teploty jsou závislé na vlhkosti vzduchu, nedostatku větrání a silné sluneční radiaci (Kyselý et al. 2002).

### 3.2. Povodně

Jak uvádí Blažek et al. (2006), na území ČR se povodně vyskytují nepravidelně, s různou velikostí průtoků a jsou provázeny největším nebezpečím. Při povodni často dochází k usazování kalů, podmáčení pozemků a staveb. Často dochází k jejich devastaci, k erozi půdy a znehodnocují se zdroje pitné vody.

Povodně nezpůsobují jenom škody na majetku či zdraví obyvatel, ale ovlivňují i společenstva vodních toků. Náhlé disturbance ovlivňují makrozoobentos charakteristickým způsobem, při zvýšených průtocích dochází k velkým změnám. Výsledky ukázali například mnoho odtržených nezmarů od povrchů, zvýšený podíl planktonních organismů či skupiny živočichů ze stojatých vod, objevených ve vodách tekoucích (Langhammer 2008).

Povodeň je překročení průtočné kapacity koryta množstvím vody, kdy hladina překoná úroveň břehů a začne se vylévat do blízkého okolí (Blažek et al. 2006). Záplavové území též nazývané inundace, je zaplavované území údolní nivy vodního toku. Termín se uvádí z hlediska orgánů státní správy, jako určitá území přirozeně zaplavovaná při povodních vodou. Další správně užívané termíny jsou inundační pásmo, inundační oblast, záplavové pásmo a záplavová oblast (VúV TGM 2009 – 2014 [online]). Pro zjištění kde se říční niva nachází, použil Langhammer (2008) kombinaci dvou přístupů, určení relativních výšek reliéfu nad vodním tokem a morfologický přístup. Rozhodující parametry morfometrického přístupu jsou vzdálenost od koryta řeky a sklonitost svahů. Svah ohodnotil podle stupňovitosti, 0–1° dostal hodnotu 5, 10° svah dostal hodnotu 0. Říční niva se s největší pravděpodobností nachází v místech s vyššími hodnotami.

Meteorologické faktory způsobující povodně jdou rozdělit na předběžné a příčinné. Předběžné faktory mohou trvat od několika dnů až po měsíce, do vzniku povodně. Jsou jimi především nasycenost povodí, výška sněhové pokrývky a promrznutá půda. Mezi příčinné faktory patří teploty vzduchu nad nulou při oblevách, dešťové srážky a rychlost větru ovlivňující tání sněhové pokrývky. Před vznikem povodně působí několik hodin až pár dnů a jsou označovány jako spouštěcí mechanismus. Hlavní hydrologický význam má nasycenost koryta vodou a překážky na hladině. Nejnebezpečnější překážky na hladině způsobují ledové jevy (Blažek et al. 2006).

Povodně se podle MŽP ČR (2006 – 2014 [online]) dělí na zvláštní povodně a přirozené povodně. Zvláštní povodně jsou způsobeny umělými vlivy, které se také mohou vyskytnout na vodních dílech vzdouvajících vodu. Proto plyne povinnost zabezpečit technicko-bezpečnostní dohled pro správce a majitele vodních děl. Dále musí zjistit stabilitu vodního díla, jeho bezpečnost, nalézt poruchy a navrhnout opatření ke zlepšení technického stavu. Vodní díla se dělí do 4 kategorií podle velikosti škod, které mohou nastat v území pod vodním dílem při havárii. Kategorie I. a II. udává vlastníkovy nebo správci povinnost, provádět dohled nad vodním dílem odbornou organizací, což je v ČR instituce Vodní díla technicko-bezpečnostní dohled. Do kategorií III a IV spadají rybníky a vodní nádrže. V ČR je 21000 těchto vodních děl, kterých až 30% neodpovídají kritériím technicko-bezpečnostního dohledu pro převod 50ti-letých a 100-letých povodní. Majitelé a správci vodních děl spolupracují s pracovníky technicko-bezpečnostního dohledu, kteří pro ně zpracovávají odborné posudky o technickém stavu hrází a navrhují pro ně opatření k zabezpečení hrází. Kvůli špatným technicko-bezpečnostním limitům se provádí analýza vzniku a průběhu těchto povodní. Zjišťují se účinky povodně v profilu vodního díla a stanovují se stupně povodňové aktivity podle metodických pokynů na konkrétní oblast. Taktéž se vyhodnocuje destruktivní účinek na zasažené území, pokud by byly hodnoty vyšší jak 100-letá povodeň a rozsah ohroženého území by byl výrazně větší než zaplavované území, musí se vše řešit odděleně od přirozených povodní, kvůli specifčnosti povodňové vlny. Způsob varování, evakuace osob, majetku a zvířat bude probíhat odlišně než u přirozených povodní.

Podle VúV TGM (2009 – 2014 [online]) se přirozené povodně dělí na:

- povodně v zimním a jarním období,
- povodně v letním období způsobené dlouhodobými srážkami na regionální, úrovni,
- povodně v letním období způsobené krátkodobými srážkami velké intenzity,
- v zimním období způsobené ledovými jevy.



### **3.2.1. Povodně v zimním a jarním období**

Způsobuje je náhlá obleva, která může být doprovázená silným deštěm. Objevují se nejvíce na podhorských tocích a dále pokračují na nižší úseky velkých toků (MŽP ČR 2006 – 2014 [online]).

V jarním období mohou vznikat povodně smíšené, které jsou způsobeny táním sněhové pokrývky. Tání zapříčiní kladné vysoké teploty vzduchu, popřípadě se přidají dešťové srážky a mohou se objevit i ledové jevy. Dešťové srážky samy o sobě zvětšují průtok a zmenšují retenční schopnost sněhu. Výrazně jsou ovlivňovány i povětrnostními vlivy, které urychlují přenos tepla do vrstvy sněhové pokrývky a tím zesilují tání. Zásoby vody ve sněhu závisí na jeho fyzikálním stavu. Prachový sníh o výšce 1 cm vytvoří po rozpuštění 1 mm vody, což odpovídá 1 litru vody na 1 m<sup>2</sup>. Zatím co zhutňováním a změnou krystalické struktury starého sněhu, ať už tlakem nebo promrzáním, vznikne z 1 cm roztátého sněhu vodní sloupec o 4 mm a někdy i více. Tání sněhové vrstvy ve vertikální rovině postupuje ve dvou směrech, od shora dolu a odspoda nahoru. Horizontálně se tání šíří v pruzích od nejnižších míst podél toku, směrem do vyšších nadmořských výšek (Matějček a Hladný 1999).

Náhlá obleva na konci února roku 1784 zapříčinila zalarmování vojsk k záchranným akcím v Praze. Vzniklá povodeň na Vltavě dorazila o několik dní později. Voda vystoupala na 6 metrů od normálního stavu a zatopila 785 domů. Průtok byl odhadnut na 4850 m<sup>3</sup>/s (Munzar a Ondráček 2012 [online]).

### **3.2.2. Povodně v letním období způsobené dlouhodobými srážkami na regionální úrovni**

Tyto povodně vznikají z dlouhodobých vydatných dešťových srážek trvajících několik hodin až dnů, mohou být i přerušované a většinou jsou doprovázené některými povětrnostními situacemi. Například cyklony vznikající na našem území nebo v blízkosti ČR, výrazně ovlivňují dešťové srážky, zvyšují jejich vydatnost a přispívají ke vzniku povodně. Závisí na rychlosti, poloze a směru postupu cyklonu vzhledem k ovlivněnému území, které je geografického hlediska poměrně velké.

Povodně na Labi se vyskytují od 12. století a jejich množství se dá spočítat v desítkách. Lidé zažívali povodně letního i zimního typu, 1 – 2 krát za dekádu (Brázdil et al. 2005).

Ničivá povodeň v roce 2002 se zapsala do dějin jako dosud nejničivější povodeň na území ČR. Povodeň byla způsobena dvěma vlnami extrémních srážek,

kteře zasáhly obrovské oblasti. Nádrže v povodí Labe, které jsou k dispozici, mají ovladatelný objem přes 4 mld. m<sup>3</sup> a ochranný ovladatelný objem zhruba 500 mil. m<sup>3</sup>, přesto byly nádrže naplněny první srážkovou vlnou (MKOL 2004). Ta dorazila do ČR 6. – 7. srpna a soustředila se na jižní Čechy. Ve dnech 11. – 13. srpna dorazila druhá srážková vlna trvalého charakteru postupující přes Čechy nad východní Německo. V ČR se zprvu soustředila na jižní cíp jihozápadu, 12. srpna zesílila a přešla nad jihozápad a Krušné hory, kde spadl max. úhrn srážek 313 mm. Ve středních, východních a jižních Čechách se začaly objevovat i bouřkové přívalové deště (Brázdil et al. 2005). Toto zesílení srážek výrazně ovlivnilo všechny povodí na Berounce, už tak nasycené z první srážkové vlny. To se ukázalo jako rozhodující na velikosti průtoku na Vltavě v Praze, kde se střetly povodňové vlny Berounky a Vltavy.

Povodí Labe nad soutokem s Vltavou nebylo výrazně ovlivněno, s výjimkou horní Jizery. Díky retenčním schopnostem nádrží nedošlo k významným povodním. Ale zmiňovaná průtoková vlna směřující z Prahy na Mělník, měla drtivý zpětný dopad na horní Labe, množství přitékající vody způsobilo vzduť hladiny zpětně, směrem na Brandýs nad Labem. Zasaženy byly i menší toky a přítoky Labe, což mělo za následek plošný povrchový odtok. V oblasti Mělníka měla inundační oblast 51 km<sup>2</sup> a v oblasti Litoměřicka dokonce 67 km<sup>2</sup>. Na Litoměřicku je průtokový profil zúžený, takže došlo ke zrychlení povodňové vlny (MKOL 2004). V Mělníku Labe kulminovalo 15. srpna na stavu 1066 cm. O den později kulminovalo i v Ústí nad Labem v odpoledních hodinách při stavu 1196 cm a průtoku 4700 m<sup>3</sup>. s<sup>-1</sup>, doba opakování byla přiřazena na 100 až 200 let. V Ústí nad Labem bylo zaplaveno několik desítek domů, rekreačních objektů, stanic pohonných hmot, areál TONASO Neštětice a přilehlé oblasti Bíliny (VDPL 2003 [online]). Zatopené Střekovské nábřeží s mosty vedoucí přes Labe, zobrazují obrázky 1 a 2.

Doba opakování byla v některých povodích 500 až 1000 let, v některých měrných stanicích dokonce přes 1000 let. Skvělá manipulace vodohospodářů na nádržích částečně zpomalila kulminaci povodňové vlny. Samotné nádrže nejsou konstruovány na výrazné snížení, popřípadě zastavení povodňové vlny. Povodeň porušila funkčnost a stabilitu ochranných hrází a dalších protipovodňových objektů (MKOL 2004). Evakuováno bylo tisíce lidí, povodeň zasáhla téměř tisíc obcí a 98 z nich bylo úplně zaplaveno. Způsobené škody a ztráty se těžko vyčíslují, ale

nakonec byly odhadnuty v ČR na 73 miliard korun a zemřelo při nich 19 lidí (MŽP ČR 2004 [online]).

Obr. 1: Zatopená městská čtvrť Střekov v Ústí nad Labem 15. 8. 2002 (Vlastní archiv 2).



Obr. 2: Zatopená čistírna odpadních vod v Ústí nad Labem 15. 8. 2002 (Vlastní archiv 2).



### **3.2.3. Povodně v letním období způsobené krátkodobými srážkami velké intenzity**

Bleskové povodně způsobují přívalové deště mající kolem 100 mm srážek, které trvají od hodiny do několika hodin. Přívalové deště většinou začínají v odpoledních a večerních hodinách, někdy se však protáhnou do nočních hodin, což přímo ohrožuje životy lidí (Blažek et al. 2006).

Bylo naměřeno dokonce 44 mm srážek za hodinu. Objevují se na malých vodních tocích. Kulminace probíhá od 5 do 10 hodin od vzniku povodně (RRAVM 2012 [online]). Bouřky mají místní charakter, takže nevyvolávají u povodí s rozlohou tisíců km<sup>2</sup> výrazný vzestup hladiny, ale jsou často doprovázeny silným větrem. Mnohdy se objevují kroupy a může vzniknout tornádo (Blažek et al. 2006).

Analýza bleskových povodní, kterou v letech 1975 až 2002 provedl Jonkman (2005) dokazuje, že způsobují kolem 1550 obětí na světě ročně a řadí se mezi největší přírodní katastrofy. Jeden z vlivů přispívající k jejich vzniku je sociální a ekonomický rozvoj, což se odráží u vysoké rozlohy obhospodařované půdy.

Jak uvádí Munzar (2003a), nejdestruktivnější blesková povodeň nastala roku 1582 na řece Teplá. Byla to nejvíce zdokumentovaná povodeň s mnoha zachovanými povodňovými výtisky. Povodeň způsobila silná bouřka s průtrží mračen nad městem Teplá. Množství spadlé vody poškodilo hráze a rybníky, což mělo za následek rozvodnění řeky. V Karlových Varech hladina vody dosahovala na náměstí přes 2,5 metru a v jiných částech města dokonce přes 4 metry. Z množství vody byli překvapeni nejvíce obyvatelé Karlových Varů, jelikož do příchodu povodňové vlny téměř nepršelo. Jen v dálce byly vidět černé bouřkové mraky.

### **3.2.4. V zimním období způsobené ledovými jevy**

Ledový nápěch vzniká nahromaděním ledu nebo ledové kaše, která se hromadí v korytě vodního toku a zmenšuje průtočný profil (Hydrosoft 2012 [online]). Následná zácpa může způsobit vzednutí hladiny až o několik metrů, což může vést až k 100-leté povodni, jak bylo pozorováno v lednu a únoru roku 1941, kdy se hladina Vltavy na vodním díle Vrané u Štěchovic zvedla o 6 metrů. Touto zácpanou vznikl ledový nápěch o objemu 1,5 m<sup>3</sup> (Blažek et al. 2006).

Vznik nápěchu ovlivňuje velikost průtočného profilu vodního toku a překážky na hladině. Při větších průtokových rychlostech se led láme a mění se na ledovou tříšť, následně se dostává pod led před ním a stačí málo, aby se zasekl

pod překážkou. Zpočátku se ledová tříšť hromadí pod překážkou, její velikost roste do hloubky a má tvar takzvaného hroznu. Led se hromadí, dokud není rychlost vody větší, než usazovací rychlost ledu. Poté se začne tříšť hromadit na hladině, to způsobí zmenšení průtočné rychlosti a vzdouvání hladiny. Tentokrát se hrozen tvoří na hladině, dokud není opět rychlost vody větší, než usazovací rychlost tříště. Led se usazuje po vodě i proti vodě, což není vždy patrné a je to velmi nebezpečné. Síla vody stlačuje tříšť a ledové kusy, které se na sebe kupí (Matoušek 2000).

Rostoucí překážka nedokáže vzdorovat průtoku vody, což má za následek sesuv ledu a rychlé přehrazení průtočného profilu. Voda nemá možnost proudit dál, začne si razit cestu přes ledovou tříšť, vytvoří si skulinu, kterou protéká. Skulina však nestačí odvádět přitékající vodu, takže se začne vylévat z koryta ven, vzniká povodeň v zimním období (Hydrosoft 2012 [online]). Ledový nápěch nezpůsobuje pouze ledové povodně, ale také zanáší hráze, znemožňuje splavnost řek a tříšť ucpává odběrné objekty. Vše se děje většinou při normální výšce hladiny, což se velice těžce předvídá.

Rozlišujeme dva typy ledu, povrchový a vnitrovodní. Aby led mohl vzniknout, voda musí být přechlazená. Voda zamrzá od břehů, kde není proud tak silný. Vzniká tenká vrstva na hladině, protože se voda nestačila více ochladit. Povrchový led může být vytvořen ledem břehovým, ledovou celinou nebo ledovou mázdrou. Rychle proudící voda s turbulencemi táhne ledové částičky pod hladinu. Pokud je voda přechlazená, částičky se pod hladinou zvětšují a začíná se tvořit vnitrovodní led, ten poškozuje odběrné objekty, zamezuje měření průtoků, snižuje průtok a snižuje využívání toku. Různě poletující částičky se srážejí s ostatními, což způsobuje jejich shlukování. Tento led v proudu nazýváme vznášený led (Matoušek 2000).

Vznášený led se v toku pohybuje nerovnoměrně, spíše u hladiny anebo těsně pod ní. Záleží na jeho objemu, protože s větším objemem směřuje k hladině. Při velkých turbulencích se led vznáší ve větším rozmezí a zachytává se ve větších hloubkách, tvoří se takzvaný hlubinný led, který po dosednutí na dno vytvoří led dnový (Hydrosoft 2012 [online]). Velice záleží na dně koryta, pokud je balvanité s malou hloubkou vody, částičky ledu se zachytávají na dně, kde posléze rostou. Úzká koryta s hladkým dnem jsou zdršňována usazovaným dnovým ledem, který zapříčiní zpomalení proudění vody a vzduť hladiny. Když hladina úplně zamrzne, dojde k zamezení kontaktu studeného vzduchu s hladinou, což způsobí zvýšení

teploty vody a uvolnění dnového ledu, který pomalu odejde. Výška hladiny s odstupem času začne klesat, až se vytvoří prostor mezi ledem a hladinou. Pokud je led pevný, udrží se nad hladinou, pokud není, pomalu na ní dosedne. Většinou se ledová pokrývka propadne do vody, kde se usadí na dně (Blažek et al. 2006).

Jak uvádí Matoušek (2000), uvolňování a tání ledu s následným odchodem zajistí několika denní vyšší teploty. Ledová kaše vytvořená v toku z ledu povrchového a vnitrovodního podléhá erozním schopnostem vody. Táním ledu se plynule, ale rychle zvedne hladina. Uvnitř nápeču se zvětší proudová dutina, která je z počátku lehce zanášena ledovou kaší z vyšších částí toku. Ledová kaše se nadále nedokáže shlukovat a začíná se pod tlakem vody rozpadat. Proudová dutina podléhá vodní erozi, její strop se úplně rozpadne a objeví se pás volné hladiny. Úplně volná hladina se objeví později a je spíše způsobena táním. Při uvolňování se mohou odlomit velké kusy, které při zaseknutí o přepážku, mohou způsobit ledovou zácpu s následným vylitím vody ven z koryta.

Příklad katastrofální povodně z února roku 1342, kdy ledové kry zničili první kamenný most v Praze přes Vltavu, který nesl původní jméno královny Judity. I v následujících letech ledové kry poškozovaly kamenné mosty, nejenom v Praze (Munzar a Ondráček 2012 [online]).

### **3.3. Hydrometeorologie**

Jelikož se počasí neustále mění, hodinu od hodiny a den ode dne, je na něj nahlíženo jako na vratký soubor (Barros 2006).

Předpovědi se za posledních desítek let několikanásobně zlepšily, příchodem výkonnějších výpočetních systémů, získávají meteorologové přesnější data. Vychází ze statistických údajů minulých let, využívají svoje zkušenosti a spolupracují s kolegy z podobných odvětví. Spolupráce hydrologů s meteorology představuje včasné varování před nepředvídatelnými situacemi, jako jsou například povodně. I přes velké množství vstupních dat, mohou správně předpovědět počasí pouze na 2 až 3 dny dopředu. Dlouhodobě předpovědi více jak na 15 dnů jsou nepřesné (Blažek et al. 2006).

Předpovědi jsou také ovlivňovány změnou klimatu, která je způsobena skleníkovými plyny, což vede ke globálnímu oteplování. Ohříváním povrchu planety, jak na severní polokouli, tak na jižní, došlo ke zvýšení teploty na určitých místech za posledních 150 let o 0,6°C. Dochází k tání ledovců a zvyšování hladin

oceánů, mění se i jejich teplota a celkově se zrychluje hydrologický cyklus, což způsobuje zvýšený výskyt hydrologických extrémů (Barros 2006).

### **3.4. Hydrologické modelování**

#### **3.4.1. 1D modelování**

Použitelnost těchto modelů se vyznačuje poměrně malými nároky na vstupní data, jednoduchostí a dobrou kontrolou výstupů. Pro výpočet stačí přilehlé inundace a příčné profily. Modelovaná oblast je tvořena soustavou z příčných profilů za předpokladu, že proudění probíhá mezi spojnicemi jednotlivých profilů a dá se popsat ze střední průřezové rychlosti a polohy hladiny ve směru osy koryta. Kvůli náročnosti hydraulických podmínek je uplatnění programu omezené. Často používaný model HEC – RAS 1D umí modelovat ustálené a neustálené nerovnoměrného proudění s použitím příčných a podélných technických objektů ve vodním toku. Pomocí jednorozměrné rovnice Bernoulliovy rovnice se určuje průběh hladin a ztráty energie třením podle Manninga (Novák et al. 2011 [časopis]).

Model byl vyvinut střediskem pro hydrologický výzkum armádou USA. Program dokáže řešit výpočty odtokových ztrát v několika variantách a pomocí jednotkového hydrogramu zjistit transformaci odtoku z povodí. Dokáže modelovat povodňovou vlnu v nádrži, odtok z tání sněhové pokrývky a částečně transformaci povodňovou vlnu v korytě. Program se dá použít na modelování povodí do 500 km<sup>2</sup> a do morfologicky členitějších povodí, jako jsou pahorkatiny nebo hory (Daňhelka et al. 2003).

Model také umožňuje nasimulovat transport splavenin a následné ukládání za dlouhé časové období, obvykle vyjádřené v letech. Výsledky se mohou použít při úpravách koryta nebo udržení dostatečného množství vody v nádrži či zjištění zanášení kanálu. V modelu se dá nasimulovat proudění tepla a následně zjistit teplotu vody. Největší devízou programu je sestavení povodí z malých celků nebo se dá použít na jeden vodní tok (Hydrologic Engineering Center 2013 [online]).

Hydraulicky náročné části modelování jakou jsou přelivy, mosty, propustky nebo soutoky se řeší upravením pohybové rovnice. V modelu se může rozdělit profil dle efektivní nebo účinné oblasti proudění a zobrazit pravou či levou stranu inundace. Dnešní modelování postoupilo do dimenzí 2D a 3D, všechny metody jsou náročné na vstupní data a finanční prostředky (Novák et al. 2011 [časopis]).

### 3.4.2. 2D a 3D modelování

Dvourozměrné modelování oproti jednorozměrnému, potřebuje detailní digitální model reliéfu (DMR), který popisuje morfologii měřeného území. Data se získávají několika způsoby, například z geodetického zaměření, fotogrammetrií nebo leteckým laserovým skenování (LLS).

**Geodetické zaměření** je časově a především finančně náročné. Vzdálenosti příčných profilů se pohybují od desítek metrů v intravilánu až po stovky metrů v extravilánu, v úvahu se také bere variabilita tvaru koryta. Zaměření musí zachytit prostorovou variabilitu vodního toku se změnami geometrie koryta, jako jsou podélný a příčný sklon atd. (Novák et al. 2011 [časopis]).

**Letecká fotogrammetrie** je založená na snímání krajiny speciálními fotoaparáty, které k tomu sbírají polohopisná a výškopisná data. Přesnost je udávána v decimetrech. Pořízení snímků je finančně příznivější, než u geodetického měření. Ze získaných dat se vytvoří digitální model terénu, na kterém se dají simulovat průtoky a zatopené oblasti (StMUGV 2005).

Nejefektivnější metodou je **letecké laserové skenování** tvořeno mračenem 3D bodů o vysoké hustotě, u kterého se nemusí dále vyhodnocovat terénní hrany a lomy, což je značnou výhodou. Skenováním se získají další důležité informace, podle kterých se klasifikují 3 základní skupiny – vegetace, zástavba, terén, ale i chyby a mostní konstrukce. Aby numerický model vystihl významné terénní prvky, musí mít rastr krok maximálně 2 až 3 metry. Jednotlivé technologie mají určitou chybovost, která se dá odstranit kombinováním způsobů pořízení dat a následnými úpravami. U významných toků, které mají širší koryto s větší hloubkou, se ještě používají speciální měřicí zařízení dna. Výškopisná data se dále musí upravovat, jelikož se při pořízení zaznamenávají aktuální průtoky. Právě získané průtoky od ČHMÚ se odečtou od pořízených dat, čímž se získá zbývající část profilu koryta (Novák et al. 2011 [časopis]).

### 3.5. Protipovodňová ochrana

Dnešní role státu je založena na prevenci před povodněmi. Hlavní složky jsou například prevence rizik, podpora přirozeného zadržování vody v území, předpovědní a hlásná služba, informovanost a osvěta, technické opatření, příprava mechanismů financování postižených povodní a povodňové plány (Matějka a Hladný 2003).



Protipovodňové bariéry dělí Juráň a Matějka (2010) na:

- mobilní nejčastěji používané systémy v ČR,
- mobilní protipovodňové systémy dostupné v ČR,
- mobilně stacionární systémy dostupné v ČR,
- další protipovodňové prvky.

### **3.5.1. Mobilní nejčastěji používané systémy v ČR**

Nejčastěji používané jsou pytle, vyrobené z hustě tkaných umělých vláken nebo z juty. Písek a pytle jsou skladovány, dají se rychle sehnat a příprava na povodeň je poměrně rychlá. Základní váhové rozdělení pytlů je na malé 20 – 25 kg a velké 30 – 50 kg. Lepším typem je tandemový pytel, který je tvořen dvěma komorami. Má vyšší účinnost v zadržení vody, protože na sebe pytle mnohem lépe zapadají. Hlavní nevýhodou je likvidace kontaminovaného písku.

Dalšími nejčastěji používanými systémy jsou pryžotextilní stěny plněné vodou. Mohou se spojovat do velkých celků a odolávat vodě o výšce 1 metr. Jeden díl nahradí až 250 pytlů, k tomu jsou šetrné k životnímu prostředí, správné umístění téměř eliminuje protékání vody, popřípadě se netěsnosti vyplní pytli s pískem (Matějka a Hladný 2003).

### **3.5.2. Mobilní dostupné protipovodňové systémy v ČR**

Patří do nich například hrazení plněná vodou nebo inertními materiály tvořeny z ocelové konstrukce a pláště. Vysoká odolnost a lehká montáž zaručí rychlou ochranu, 100 metrů hráze postaví 6 pracovníků za hodinu. Bariéra ve tvaru A z ohýbaných pozinkovaných plechů, je lehce postavenou protipovodňovou ochranou. Tlak vody přitlačuje bariéru k zemi, návodní strana může být opatřena fólií proti protékání (Juráň a Matějka 2010).

### **3.5.3. Mobilní stacionární systémy dostupné v ČR**

Do stacionárních systémů se řadí například klenbové zábrany tvořeny obloukovým skeletem. Před instalací se musí vytvořit betonové základy, do kterých se klenby budou moci upevnit. Mají vysokou odolnost a nízké prostorové nároky na skladování. Hradidlové stěny musí být vybudovány v zemi spodní práh, který je opatřen kotevními otvory pro uchycení. Jsou neúčinnější systém na ochranu před povodněmi, používají ve městech po celé Evropě (Matějka a Hladný 2003).

### **3.5.4. Další protipovodňové prvky**

Další protipovodňové prvky jsou například zpětné protipovodňové klapky umístěvané do kanalizace. Instalují se při opravách nebo při stavbě kanalizace, jsou automatické, někdy s ručním ovládáním. Pokud jsou v poloze zavřeno, musí se omezit přísun splašků od shora, aby nedošlo k vlastnímu vyplavení. Vchodové ucpávky se používají hlavně k osobní ochraně člověka, sám obyvatel si zařízení nainstaluje do spodních podlaží domu přístupné povodňové vodě (Juráň a Matějka 2010).

### **3.6. Předpovědní povodňová služba v ČR**

Předpovědní povodňová služba předává informace povodňovým orgánům a dalším aktérům ochrany před povodněmi. Informuje je o nebezpečí vzniku povodně, začátku a vývoji povodně se zaměřením na srážky, na průtoky ve vybraných profilech a na vodní stavy (VZ 2001).

Zabezpečuje jí ČHMÚ podle VZ a spolupracuje se správci povodí (s.p. Povodí). Prostřednictvím informačních zpráv, které nabývají hodnot upozornění nebo výstrahy. V nezkrácené verzi se zpráva dostane až k ORP, nižší územní celky mohou zprávu dostat ve zkrácené podobě. V informačních zprávách nesmí být vynecháno určené území, na které se mají zprávy rozesílat. Využívá se spojovacích prostředků HZS anebo krizových mobilních telefonů. Pro předání informací krajskému úřadu nebo ORP jsou přichystány dvě nezávislé metody s tím, že doručení zprávy se provádí podle jedné z nich. Příslušné orgány a složky IZS se mohou kdykoliv obrátit na nepřetržitou pohotovostní službu operačního a informačního střediska HZS ve zkratce OPIS HZS. Pokud budou orgány požadovat vyrozumění nebo varování, musí se obrátit na krajské orgány a obce OPIS HZS a na ústřední orgány OPIS HZS GŘ (Kovář 2004).

Pracoviště v ČHMÚ se rozděluje na úseky meteorologie, hydrologie a regionální pobočky. V Praze Komořanech je postaveno centrální předpovědní pracoviště zkráceně CPP, má středočeskou a především celostátní působnost. Také má působnost na dolním Labi po státní hranici a některá povodí jako Sázava a Jizera. Regionálních předpovědních pracovišť ve zkratce RPP je celkem 6. Meteorologická služba fungující nepřetržitě je zajišťována na RPP v Ústí nad Labem, Ostravě, Brně a CPP v Praze. Hydrologická služba je vykonávána klasicky, v jedné pracovní

směně, po dobu povodní se provoz může prodloužit až po nepřetržitou dobu (Kubát et al. 2012 [online]).

Předpovědní povodňová služba jímá i službu výstražnou, která je zahrnuta v Systému integrované výstražné služby tzv. SIVS. Ta se týká všech druhů nebezpečí, povodní, silného větru, extrémních teplot, námrazy a sněhových jevů, bouřek a dešťových srážek. Patří do ní meteorologem CPP vydané předpovědní výstražné informace PVI, informace o výskytu nebezpečných jevů IVNJ a neoficiální hydrologická zpráva HIZ. Pracovník vychází z výstupů meteorologických modelů, meteorologické vojenské služby a konzultace s meteorology RPP. Při povodních vše konzultuje s příslušným RPP a hydrology CPP (MŽP ČR 2011[online]).

### 3.6.1. Předpovědní výstražné informace (PVI)

Dělí se do 3 stupňů, podle velikosti očekávaného nebezpečí a jsou zobrazeny v tabulce 1. Zelená barva představuje žádné nebezpečí.

Tab. 1: Stupně očekávaného nebezpečí (URL 1).

Skupina jevů (stav povodně)	Stupeň	Nebezpečný jev	Kriteria (RR očekávaná srážka)
V. Bouřkové jevy	1	Silné bouřky	RR $\geq$ 30mm (nebo nárazy větru)
	2	Velmi silné bouřky	RR $\geq$ 50mm (nárazy větru, kroupy)
	3	Extrémně silné bouřky	RR $\geq$ 90mm (nárazy větru, kroupy)
VI. Dešťové srážky	1	Vydatný déšť	RR>30mm za 6 hodin RR>35mm za 12 hodin RR>40mm za 24 hodin + oček. SPA
	2	Velmi vydatný déšť	RR>50mm za 12 hodin RR>60mm za 24 hodin
	3	Extrémní srážky	RR>50mm za 6 hodin RR>70mm za 12 hodin RR>90mm za 24 hodin RR>120mm za 48 hodin
VII. Povodňové jevy	1	Povodňová bdělost	1. SPA ve 3 a více profilech
	2	Povodňová pohotovost	2. SPA ve 3 a více profilech
	3	Povodňové ohrožení	3. SPA alespoň v 1 profilu
	4	Extrémní povodeň	50letý průtok alespoň v 1 profilu

### 3.6.2. Informace o výskytu nebezpečných jevů (IVNJ)

Jsou to další vydávané informace o vichřici, extrémně silných bouřkách a krupobití, přívalových nebo extrémních trvalých srážek. Všechny jevy jsou doprovázeny velkou intenzitou a krátkou dobou trvání lokálního charakteru. IVNJ se při povodních vydávají při očekávaném překročení nebo po překročení směrodatných limitů 3. SPA na jednom či více hlásných profilů kategorie A a B, popřípadě zjištění 50ti-letého průtoku. Meteorolog RPP nebo CPP vydává INVJ, pro povodňové jevy vše konzultuje s hydrologem (MŽP ČR 2011 [online]).

Ve výstražné informaci je doplněno sdělení VÝSTRAHA PŘEDPOVĚDNÍ POVODŇOVÉ SLUŽBY ČHMÚ a opět je šířena prostřednictvím OPIS HZS na úroveň krajů a ORP, kteří jí s okamžitě po doručení přepošlou obcím. Platnost INVJ pro meteorologické jevy je předepsána max. na 3 hodiny od vydání. Tabulka 2 udává kritéria uvedená v předpisu SIVS pro vydání INVJ.

Tab. 2: Kritéria pro vydání INVJ (URL 2).

Skupina jevů (stav povodně)	Stupeň	Nebezpečný jev	Kritéria (RR měřená srážka)
V. Bouřkové jevy	2	Velmi silné bouřky s přívalovými srážkami	RR $\geq$ 30mm za 15 minut RR $\geq$ 40mm za 30 minut RR $\geq$ 50mm za 60 minut RR $\geq$ 70mm za 180 minut
	3	Extrémně silné bouřky s přívalovými srážkami	RR $\geq$ 40mm za 15 minut RR $\geq$ 50mm za 30 minut RR $\geq$ 70mm za 60 minut RR $\geq$ 90mm za 180 minut
VI. Dešťové srážky	3	Extrémní srážky	RR $>$ 50mm za 0 až 6 hodin
VII. Povodňové jevy	3	Povodňové ohrožení	3. SPA alespoň v 1 profilu
	4	Extrémní povodeň	3. SPA a 50letý průtok alespoň v 1 profilu

Hydrologické informační zprávy HIZ vydává předpovědní povodňová služba ČHMÚ, nejsou ale oficiální součástí SIVS, slouží k upřesnění výstražné zprávy a doplnění informací o vývoji povodně. Zprávy jsou rozesílány prostřednictvím OPIS HZS (Kubát et al. 2012 [online]).

### **3.6.3. Kvantitativní předpověď srážek**

Další činností předpovědní povodňové služby v ČR je kvantitativní předpověď srážek vycházející z numerických meteorologických modelů. ČHMÚ používá předpovědní model ALADIN, ve spolupráci s dalšími globálními meteorologickými modely (Kocman et al. 2011 [online]). Veškeré dostupné výsledky jsou umístovány na webové stránky ČHMÚ. Počítané výsledky jsou předkládány po 6 hodinách na předpověď 54 hodin dopředu a slouží pro meteorology. V zimním období od listopadu do dubna jsou také počítány zásoby souvislé sněhové pokrývky větší jak 4 cm. ČHMÚ měří vodní hodnotu sněhové pokrývky (SVH) a výšku sněhové pokrývky (SCE), data ukládá do databáze CLIDATA, kde se každé pondělí dají najít. Pokud nastane rychlá obleva, interval výpočtu dat se zkrátí (Kubát et al. 2012 [online]).

### **3.6.4. Hydrologické předpovědi**

ČHMÚ k výpočtům hydrologických předpovědí používá dva druhy předpovědí, manuální a modelové. Manuální metoda je hlavně dříve používanou metodou, vycházející z odpovídajících průtoků a postupových dob. Nevychází ze spadlých srážek, ale přítoků z mezi povodí a jejich postupu. Na území ČR se doba postupu průtoků dosahuje v rozmezí 6 – 27 hodin, což dělí manuální metodu na poměrně přesnou. Modelové deterministické hydrologické předpovědi používá hydrologické pracoviště ČHMÚ a jsou nejdůležitějším výstupem hydrologických systémů. V povodí Vltavy a Labe používají systém AQUALOG a pro povodí Moravy a Odry HYDROG-S. Oba dva hydrologické systémy používají vstupní hodnotu předpověď srážek, což zajistí pro všechny profily předpověď na 48 hodin dopředu. (Kubát et al. 2012 [online]).

## **3.7. Povodňová služba v ČR**

Povodňová služba je v ČR zakotvena v několika zákonech a navazujících předpisech, jsou to vodní zákon a navazující předpisy, zákon o integrovaném záchranném systému a pro velké povodně krizový zákon a dalšími navazující předpisy. Povodňové orgány zabezpečují řízení ochrany před povodněmi (Kocman et al. 2011 [online]). Mají na starost přípravu, organizaci, řízení a kontrolu opatření k ochraně před povodněmi a řídí se povodňovými plány. Povodňové orgány obcí a obcí s rozšířenou působností k tomu řídí hláskou povodňovou službu (MŽP ČR

2011 [online]). Činnost a postavení povodňových orgánů se dělí do dvou časových úrovní, mimo povodeň a po dobu povodně. Orgány státní správy a samosprávy zřizují v době povodně povodňovou komisi k plnění mimořádných úkolů, která má mimořádné pravomoce k zajištění ochrany, po dobu vyhlášení 2. a 3. stupně povodňové aktivity. Je-li jakýkoliv obvod obce ohrožen povodní, zřídí si obec taktéž povodňovou komisi.

Další účastníci podílející se na ochraně před povodněmi v daném území jsou:

- majitelé nebo správci staveb či pozemků, které se nacházejí v záplavovém území nebo mohou zhoršit průběh povodně,
- majitelé nebo správci vodních děl,
- správci vodních toků,
- správci povodí – s.p. Povodí,
- pracoviště předpovědní povodňové služby ČHMÚ,
- a složky IZS.

Zapojení složek dalších účastníků ochrany před povodněmi závisí na charakteru místních podmínek a povodní. Povolání IZS se provádí pomocí žádosti povodňových orgánů nebo vyhlášením krizového stavu (Kubát et al. 2012 [online]).

### **3.7.1. IZS – integrovaný záchranný systém**

Jak je uvedeno v zákoně č. 239/2000 Sb., o integrovaném záchranném systému a o změně některých zákonů, v platném znění (dále jen ZIZS), IZS se rozumí jako řízený postup složek při záchranných a likvidačních pracích a příprava na mimořádné situace. Mimořádné situace mohou být způsobeny přírodními vlivy nebo činnostmi člověka, ale také havárií ohrožující zdraví, život, ŽP nebo majetek a vyžadují vykonání záchranných nebo likvidačních prací. Záchrannými pracemi se rozumí omezení nebo odvrácení rizik, způsobené mimořádnou událostí, kdežto likvidační práce jsou činnosti odstraňující následky, způsobené mimořádnou událostí.

Základní složky IZS jsou Policie ČR, Zdravotnická záchranná služba a Hasičský záchranný sbor ČR s jednotkami požární ochrany. Tyto složky IZS pracují v nepřetržitém provozu a jsou připraveni neodkladně zasáhnout v místě ohlášení mimořádné události a jsou rozmístěny po celém území ČR. Podle

charakteristiky mimořádné události a pravomocí se povolávají ostatní složky IZS, jako například Armáda ČR při rozsáhlých povodních (Kovář 2004).

Šenovský et al. (2005) uvádí, že se záchranné a likvidační práce člení na tři úrovně:

- **úroveň taktická** je na místě zásahu, kde se předpokládají nebo se projevují účinky mimořádné události. Velitel je odpovědný za záchranné a likvidační práce.
- **Operační úroveň** neboli úroveň operačních středisek základních složek IZS. Operační a informační střediska IZS jsou také operačními středisky HZS. Střediska jsou vybudována na Ministerstvu vnitra, v krajích a v okresích. Operační střediska obstarávají linky tísňového volání s čísly 112, 155, 156, 158 a slouží k přivolání pomoci v nouzi lidí. Operační a informační středisko IZS může požádat sdělovací prostředky k uveřejnění informací a ovládá varovné a vyrozumívací systémy obyvatelstva. Je spojovacím uzlem mezi třetí řídicí úrovní IZS a místem zásahu.
- **Strategická úroveň** představuje zapojení do záchranných a likvidačních prací Ministerstvo vnitra, hejtmana kraje a starostu ORP. Zapojení proběhne po vyhlášení nejvyššího stupně poplachu nebo po požádání velitele zásahu, ke svému rozhodování využívají krizové štáby.

Varování a vyrozumění obyvatel velice závisí na charakteristice mimořádné události. Kontaktování osob může probíhat osobně dle seznamů, rozhlasem, telefonicky nebo systémem posílání automatické SMS zprávy s potvrzením doručení (MŽP ČR 2009 [online]).

Podle poplachového plánu může velitel povolat ostatní složky IZS. Plán se třídí podle stupně poplachu do 4 skupin rozsahu následků mimořádných událostí. Hejtman kraje a starosta ORP jsou povinni oznamovat informace ze záchranných a likvidačních prací Ministerstvu vnitra, o průběhu mimořádné události a o požádání pomoci.

**Havarijní plán kraje** koordinuje plánovitou činnost záchranných a likvidačních prací a je dělen na jednotlivé okresy. Účel strategické úrovně je stanovení priorit a návazností záchranných a likvidačních prací mezi různými místy zásahu s opatřením pro krizové stavy. Zabezpečit finanční a materiální podmínky pro

činnost složek. Zapojit prostředky, síly a oprávnění v působnosti Ministerstva vnitra a všech dotčených územních celků a havarijních plánů. Vše musí být v souladu a ve prospěch s potřebami záchranných a likvidačních prací, a musí být zajištěna ochrana osob dle poplachového plánu IZS. V krajním případě lze využít zahraniční pomoc (Šenovský et al. 2005).

### 3.7.2. Povodňové plány

Jak je uvedeno v § 71 VZ, povodňový plán je tvořen dokumenty obsahující způsob spolehlivého a včasné informování o vývoji povodně, varianty ovlivnění odtokového režimu z krajiny, přípravu a organizaci zabezpečovacích prací. Obsahuje také postup včasného aktivování povodňových orgánů, zajištění hlídkové a hlásné služby, ochranu objektů, organizaci a přípravu záchranných prací, vymezení směrodatných limitů stupňů povodňové aktivity, zajištění funkcí v objektech a v územích zasažených povodní.

Klenerová et al. (2004 – 2013 [online]) dělí obsahově povodňové plány na:

- **věcnou část**, která obsahuje charakteristiku zájmového území, směrodatné limity pro vyhlášení povodňové aktivity, informace k zajištění objektů, obcí, povodí či jiného územního celku.
- **Oddíl organizační**, který zahrnuje jmenné seznamy lidí, adresy, spojení a úkoly pro účastníky ochrany před povodněmi, evakuaci obyvatel, organizaci a způsoby varování hlídkové a hlásné služby.
- **Grafickou část** obsahující mapy či plány především zakresleného záplavového území a vodní toky s vodními díly, hlásné profily, objekty povodňového plánu, místa soustředění, místa informačního charakteru a evakuační trasy.

Do povodňových plánů územních celků spadají:

- povodňové plány obcí (zpracované orgány obcí), kde mohou být ohroženy územní obvody povodní,
- povodňové plány správních obvodů ORP (zpracovány ORP),
- povodňové plány správních obvodů krajů (zpracované příslušnými orgány krajů), v přenesené působnosti spolupracují se správci povodí,
- MŽP zpracovává Povodňový plán České republiky.



Pro stavby nacházející se v záplavovém území ohrožené povodní, které by mohly zhoršit průběh povodní, zpracovávají vlastníci povodňové plány pro svou potřebu a pro koordinaci s povodňovým orgánem. Vlastníkům pozemků může uložit povinnost vypracovat povodňový plán vodoprávní úřad, s přihlédnutím k využívání pozemku (VZ 2001).

Zpracovatelé povodňových plánů územních celků mapy každý rok ověřují a dle nutnosti opravují či doplňují. Organizační část neustále upravují a dávají povodňovým orgánům a zaujatým účastníkům k použití. Věcnou a grafickou část povodňového plánu prezentují povodňovému orgánu, který potvrdí soulad s vyšším stupněm povodňového plánu. Plány obcí, ORP a krajů se postupně digitalizují a jsou k dispozici na webových stránkách povodňového informačního systému POVIS. Povodňové plány jsou také v přílohové části krizových plánů, aby byl zajištěn plynulý přechod v řízení povodňových opatření, kdy se po vyhlášení krizového stavu z povodňových orgánů stanou orgány krizového řízení (Kubát et al. 2012[online]).

### **3.7.3. Krizové řízení**

Krizový stav se vyhláší při povodni, pokud povodňové orgány a IZ nedokážou odvrátit ohrožení na životech, majetku a životním prostředí. Krizový stav se dělí na stav nouzový a stav nebezpečí. Hejtman vyhláší stav nebezpečí na dobu 30 dní ve svém kraji nebo části kraje. Pokud nelze odvrátit ohrožení stavem nebezpečí, vláda vyhlásí nouzový stav (MŽP ČR 2011 [online]).

Do orgánů krizového řízení patří starosta obce (pokud je potřeba, může zřídit krizový štáb), starosta ORP a starosta městských částí (zřizuje krizový štáb ORP a bezpečnostní radu), hejtman a v Praze primátor (zřizuje krizový štáb kraje a bezpečnostní radu kraje) a vláda, která zřídí Ústřední krizový štáb. Povodňové komise se za dobu povodní stávají součástí krizového štábu kraje a do Ústředního krizového štábu se připojí Ústřední povodňová komise. Ministerstvo vnitra koordinuje výkon státní správy, s operativními úkoly mu pomáhá Generální ředitelství záchranného hasičského sboru (GŘ HZS), který provádí především záchranné a likvidační práce (Kubát et al. 2012 [online]).

**Krizový plán** zpracovává Záchranný hasičský sbor kraje, obsahuje postupy k řešení krizových situací a obsahuje soubor krizových opatření. Největší význam má krizový plán ORP a krizový plán kraje. Typové plány Povodně velkého rozsahu a Narušení hrází významných vodních děl se vznikem zvláštní povodně slouží jako

předloha krizovému plánu, ke zvládnutí krizové situace mající charakter povodně (MŽP ČR 2011 [online]).

Jak je uvedeno v § 15 nařízení vlády č. 462/2000 Sb., k provedení § 27 odst. 8 a § 28 odst. 5 zákona č.240/2000 Sb., o krizovém řízení a o změně některých zákonů (krizový zákon), v platném znění, krizový plán je složen ze základní, operativní a pomocné části. Popis organizace krizového řízení, analýzu ohrožení a přehled možných rizik, přehled osob právnických a podnikajících fyzických, které zabezpečují opatření plynoucí z krizového plánu, jsou obsaženy v **základní části**. **Operativní část** zahrnuje důležité přehledy, které jsou například krizové opatření a způsob zajištění jejich vykonání, způsob spojení se subjekty účastnící se krizové situace a následné její zvládnutí, zpracovaných plánů na krizové situace podle zvláštních předpisů. Dále obsahuje rozpracované dílčí postupy, jak jednat při krizové situaci obsažené v analýze, dle zvláštních předpisů způsob plnění regulačních opatření týkající se ochrany ovzduší a zpracovaný plán nezbytných dodávek, vztahující se k hospodářským opatřením. Geografické, právní předpisy a další dokumenty související s řešením, přípravou a připraveností na krizové situace jsou obsaženy v **pomocné části**.

### **3.8. Hlásná povodňová služba v ČR**

Jak je uvedeno v § 73 VZ, hlásná povodňová služba předkládá informace povodňovým orgánům, aby mohly varovat obyvatele v místě předpokládané povodně a varovat obyvatele v nižších místech vodního toku. Předkládá také informace povodňovým orgánům a dalším aktérům ochrany před povodněmi o vývoji povodňové situace, vydává hlášení a zprávy k vyhodnocení povodňové situace a k řízení ochrany před povodněmi. Je v režii povodňových orgánů obcí, správních obvodů ORP a účastní se jí další aktéři ochrany před povodněmi. Hlídkovou službu mohou podle potřeby organizovat orgány obcí, k zajištění hlásné povodňové služby.

Povodňové orgány si koordinují hlásnou povodňovou službu podle místních podmínek, aby měli dostatek potřebných informací v době povodně a mohly je předávat všem aktérům ochrany před povodněmi. Vše by mělo být zakotveno v povodňových plánech, nižší stupně aktivit by měly být obsaženy ve vyšších stupních povodňových plánů (Kubát et al. 2012 [online]).

Hlásnou povodňovou službu tvoří informace z terénu. Jsou to především informace o stavech na vodních tocích v hlásných profilech a neméně důležité

informace o stavech na vodních tocích mimo hlásné profily. Ty udávají informace o průtočnosti koryt, o rozlivech a povrchovém odtoku, o ledových jevech v zimě a o objektech na vodním toku, které mohou ovlivnit průběh povodně. Některé informace si povodňový orgán zjistí pomocí hlídkové služby nebo jim je poskytnou správci vodních toků, vlastníci vodních děl nebo správci povodí (MŽP ČR 2011 [online]).

### **3.8.1. Hlásné profily**

Hlásné profily a směrodatné limity byly vybrány a stanoveny dle Metodického pokynu odboru ochrany vod MŽP, k zabezpečení hlásné a předpovědní povodňové služby. Hlásné profily se dělí do tří kategorií A, B a C. Základní hlásné profily kategorie A jsou prostřednictvím s.p. Povodí nebo ČHMÚ zřízeny a provozovány státem (Kocman et al. 2011 [online]). Do kategorie B spadají doplňkové hlásné profily, které zřizují krajské úřady a jsou provozovány s.p. Povodí nebo ČHMÚ (zbylé jsou provozovány místně příslušnými obcemi). Obě tyto kategorie jsou zaneseny v POVIS, vytváří celostátní systém hlásné služby a jsou opatřeny ve velké většině automatickými stanicemi. Vodní toky musí splňovat orientační hodnoty při ústí průtok  $Q_{100} > 100 \text{ m}^3/\text{s}$  a plochu povodí  $P > 150 \text{ m}^2$  a  $Q_{100} > 50 \text{ m}^3/\text{s}$ , aby mohly být uvedena zaneseny do kategorií A a B. Po povodních v roce 1997 byl revidován systém hlásné povodňové služby a byly vybrány první hlásné profily, které zohledňovaly a doplnily ty staré. Dnešní počet skýtá přes 200 profilů v obou kategoriích (Kubát et al. 2012 [online]).

Obce nebo vlastníci ohrožených nemovitostí provozují pomocné hlásné profily kategorie C, pokud jim nestačí hlásné profily vyšší kategorie. Pokud jsou správně technicky vybaveny, mohou být součástí lokálního výstražného systému (Kocman et al. 2011 [online]). Slouží především k varování obyvatelstva při přívalových povodních. Místní stanice dokážou sledovat a zaznamenávat výšku vodního stavu, spadlé srážky v povodí a varovat obyvatele rozhlasem nebo sirénou (Kubát et al. 2012 [online]).

**Základní hlásné profily kategorie A** vybírají regionální pracoviště ČHMÚ se správci s.p. Povodí a projednávají ho s MŽP a místně dotčenými krajskými úřady. Patří do nich profily na důležitých vodních tocích, profily na přehradách a na hraničních vodních tocích plynoucí z mezinárodních úmluv. Získané informace jsou nutné pro řízení opatření k ochraně před povodněmi na regionální a na národní

úrovni (MŽP ČR 2011 [online]). Přibližný počet hlásných profilů této kategorie na vodním toku je určen z velikosti povodí a je zobrazen v tabulce 3 (Kubát et al. 2012 [online]).

Tab. 3: Orientační počet hlásných profilů kategorie A (URL 3).

Plocha povodí	Počet profilů na km <sup>2</sup>
300 – 1000 km <sup>2</sup>	1 profil na 300 km <sup>2</sup>
1000 – 2500 km <sup>2</sup>	1 profil na 500 km <sup>2</sup>
nad 2500 km <sup>2</sup>	individuální posouzení.

Hlásný profil by měl obsahovat měrnou křivku průtoků (stvrzenou ČHMÚ), vodoměrnou stanicí s vodočetnou latí a se záznamovým zařízením, stabilizovaný vodoměrný profil a automatické posílání dat do úložného centra (RPP ČHMÚ nebo na dispečink správce povodí). Při překročení nastaveného limitu je kontaktován SMS zprávou pracovník povodňové služby v dané lokalitě, kde se profil nachází (MŽP ČR 2011 [online]).

**Doplňkové profily kategorie B** mají krajskou úroveň. Slouží k řízení ochrany před povodněmi na vodních tocích a slouží k doplnění rovnoměrnému pokrytí říční sítě významných vodních toků kategorie A. Pracovníci na regionálních pracovištích ČHMÚ nebo správci povodí doporučí krajským úřadům doplňkové profily, které poté úřady vyberou. Mohou také požádat ČHMÚ, správce povodí nebo jiné správce o využívání jejich vodoměrných stanic v dané profilu, které nejsou v kategorii A. Vybavení vodoměrných profilů je shodné s kategorií A, popřípadě je doporučené minimální vybavení vodočetná tyč a orientační měrná křivka průtoků. Jestli nemá profil instalovanou automatickou stanicí s přenosem dat, musí zřizovatel zajistit manuální odečítání vodních stavů a projednat to s povodňovými orgány dané obce. Za povodně má obec kontrolovat hlásné profily nejenom na webových portálech, ale i v terénu, jestli vzduší hladiny není ovlivněno překážkou ve vodním toku či ledovými jevy. Pokud se vyskytuje vlnobití, udělá se aritmetický průměr z nejmenší a největší hodnoty a tím se zjistí výška hladiny. Jestli se naměřené hodnoty liší s hodnotami na webových portálech, informuje o tom povodňový orgán obce provozovatele stanice a povodňový orgán ORP (MŽP ČR 2011 [online]).

Přibližný počet hlásných profilů této kategorie na vodním toku je určen z velikosti povodí a je zobrazen v tabulce 4, profily kategorie B doplňují profily kategorie A.

Tab. 4: Orientační počet hlásných profilů kategorie B (URL 4).

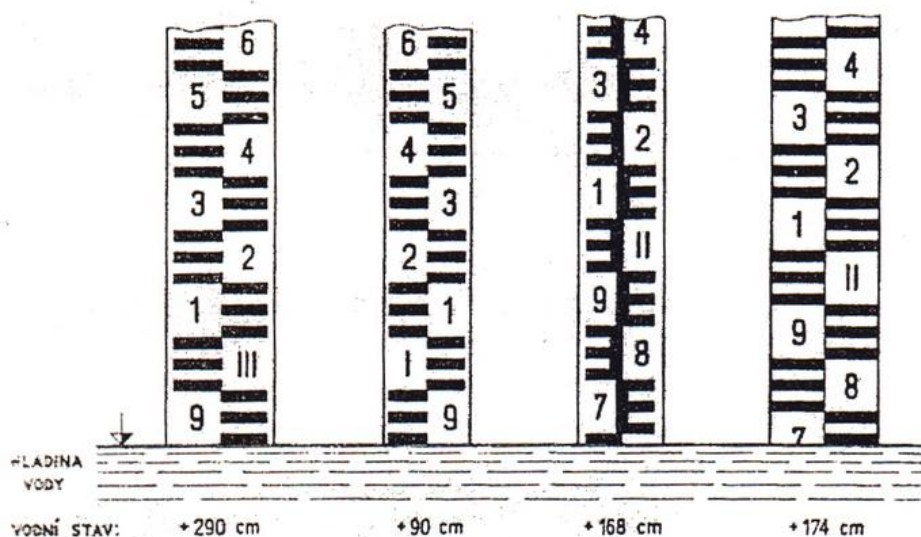
Plocha povodí	Počet profilů na km <sup>2</sup>
do 300 km <sup>2</sup>	1 profil na 100 km <sup>2</sup>
300 – 1000 km <sup>2</sup>	1 profil na 150 – 200 km <sup>2</sup>
1000 – 2500 km <sup>2</sup>	1 profil na 300 – 400 km <sup>2</sup>
nad 2500 km <sup>2</sup>	individuální posouzení.

### 3.8.2. Vybavení hlásných profilů

Vybavení hlásných profilů kategorie A a ve velké části kategorie B jsou stabilizované měrné profily, šikmá nebo svislá vodočetná lat', měrná křivka průtoků a automatická stanice s přenosem dat.

**Vodočetná lat'** neboli vodočet je stabilně upevněnou latí, na které je stupnice, která slouží ke čtení výšky vodní hladiny. Vodočty s různou výškou hladiny jsou zobrazeny na obrázku č. 3. Připevnění latě může být šikmé, svislé nebo kombinované. Vodočet se musí umístit tak, aby pokrýval celý rozsah, to je od nejnižší vodní hladiny po vodní hladinu nejvyšší u kategorií A a B. U kategorie C stačí zobrazení povodňových stavů pomocí značení SPA (Kocman et al. 2011 [online]). Dále musí být dobře viditelný ze břehu i za stavu povodní, musí být pevně ukotven a chráněn před ledovými krami v zimním období a plovoucími předměty. Měl by být umístěn tam, kde není hladina ovlivněna vzdouváním zachycenými předměty nebo kontrakcí proudu. Šikmé vodočty jsou technicky náročné, protože musí odečtená hladina odpovídat výšce hladiny vodoměru svislého. Nejčastější použití těchto vodočtů je na upravených svažitých březích o stejných sklonech. Svislé vodočty, jak už název napovídá, se používají na kolmých nábřežních zdech nebo na pilířích mostů apod. Kombinované vodočty se skládají ze svislých a šikmých částí. Odečítání výšky vodní hladiny se provádí výhradně za povodní, kdy voda převyšuje břehovou hranu. Vodočet je doplněn dalšími vodočty, aby byl při povodni dostupný (Kubát et al. 2012 [online]).

Obr. 3: Vodočetná lať (URL 5).



Umístění vodočtu bylo geodeticky změřeno a zapsáno do dokumentace hlásného profilu tak, aby nula na vodočtu odpovídala dnu řeky. Stupnice je zpravidla dělena po dvou centimetrech, které jsou označeny arabskými číslicemi. Červeně se označují pomocí římských čísel metry. Odečtené hodnoty se zaokrouhlují na celé centimetry (Kubát et al. 2012 [online]).

**Měrné křivky průtoků** jsou dány vztahem mezi velikostí průtoku v  $\text{m}^3/\text{s}$  a vodním stavem v cm. Sestrojují se z hydraulických výpočtů nebo hydrometrického měření v daném profilu ze získaných výsledků. Profil se musí nacházet v místech, kde není vodní hladina vzdouvána například pohyblivým jezem nebo kde nedochází k rychlému kolísání výšky hladiny. MKP můžeme vyjádřit graficky nebo tabelárně popřípadě analytickými rovnicemi. Platnost výsledků je časově omezená, jelikož se z důsledků povodní může měnit profil vodního toku. Pokud je nadprůměrná vegetace, používají se různé MKP pro letní a zimní období. Stupně povodňové aktivity jsou úzce spjaty s limitními hodnotami vodních stavů, jen v některých případech jsou SPA vymezeny dle limitních hodnot průtoků. Takové případy jsou pouze na Vltavě v Praze a na odtocích z nádrží (Kratochvílová a OŽP MěÚ Tábor 2011 [online]).

**Automatická stanice** přenáší aktuální data do sběrného centra, které posléze data odesílá do předpovědního pracoviště ČHMÚ nebo na vodohospodářský dispečink s.p. Povodí. Data jsou v 10 minutových intervalech vystavována na webové stránky ČHMÚ a nebo s.p. Povodí a slouží k informování především

povodňových orgánů a zainteresované veřejnosti. Veškerá data jsou přístupné na adrese <http://hydro.chmi.cz/hpps> nebo na vodohospodářském informačním webu <http://voda.gov.cz/portal/cz/>. Pokud hladina vodního toku překročí nastavený limit, stanice pošle SMS zprávu na přednastavená telefonní čísla. Bohužel funkčnost automatických stanic při povodních není 100%, může nastat výpadek nebo porucha, proto se uvádí v činnost hlídková služba (Kubát et al. 2012 [online]).

### 3.8.3. Směrodatné limity

Pomocí směrodatných limitů se vyhláší stupně povodňové aktivity (SPA), které vyjadřují míru povodňového nebezpečí. Platí pro určitý úsek vodního toku, ve kterém se nachází hlásný profil. Většinou se vyjadřují z vodního stavu, jen výjimečně se může použít velikost průtoku. MŽP stanovuje směrodatné limity pro hlásné profily kategorie A, po předložení návrhu krajského úřadu, který vše projedná se všemi dotčenými územími, regionálním pracovištěm ČHMÚ a správcem povodí, ve kterém se daný profil nachází. Povodňový orgán kraje stanovuje směrodatné limity SPA pro kategorii B, opět musí vše projednat s regionálním pracovištěm ČHMÚ, dotčenými ORP, s obcemi a správcem povodí, ve kterém se daný profil nachází. Obě kategorie jsou obsaženy v povodňových plánech krajů a zaneseny do Povodňového plánu ČR a do nižších stupňů povodňových plánů. Směrodatné limity pro hlásné profily kategorie C stanovuje vlastník ohrožené nemovitosti nebo povodňový orgán obce. Výsledná data musí zařadit do svého povodňového plánu, oznámit to správci toku a povodňovému orgánu ORP (MŽP ČR 2011 [online]).

Jak uvádí Kubát et al. (2012 [online]), navrhování směrodatných limitů zahrnuje několik kroků:

- nejdříve se musí stanovit povodňový úsek, kde budou limity platné. Téměř vždy to jsou úseky mezi hlásnými profily po proudu, výjimečně se může použít část úseku proti proudu.
- Poté se vyberou místa, kde se povodňové škody projevují jako první, tzv. kritická místa.
- Pomocí odhadu nebo hydrologických modelů se zjistí průtoky a 1. kritická místa, kde je zřetelný nástup povodně.
- Voda v kritickém místě 2 zůstává v korytě (nezpůsobuje významné škody), ale v kritickém místě 3 se začíná rozlévat do okolí a způsobovat škody většího rozsahu nebo dokonce ohrožovat životy.

- Směrodatné vodní stavy se určí z velikosti průtoků, které odpovídají v povodňovém úseku v kritickém místě jednotlivým SPA.

Navrhování SPA je velice složité a záleží na zkušenostech pracovníků, často se vychází z minulých povodní v hlásných profilech. Na místě je překontrolování SPA po větší povodni na úrovni obcí a podle potřeby upravení stávajících hodnot. Například směrodatné limity pro 3. SPA jsou většinou podhodnocovány vzhledem k povodňovým průtokům a jsou ustanoveny na Q5 nebo Q10. Pokud jsou hodnoty průtoků větší než Q10, dalším užívaným termínem je extrémní povodeň, jejichž velikost je stanovena na úroveň Q50 (Kubát et al. 2012 [online]).

#### 3.8.4. Stupně povodňové aktivity

Jak je uvedeno v § 70 VZ, stupně povodňové aktivity můžeme rozdělit do 3 základních skupin:

- I. stupeň bdělosti** – nastává po vzniku nebezpečí přirozené povodně, zaniká po odeznění těchto příčin nebezpečí. Na vodních dílech je vyhlášen po dosažení sledovaných jevů a skutečností plynoucí z bezpečnosti díla. Po vyhlášení předpovědní povodňovou službou dochází k činnosti hlídkové a hlásné služby. Lidé by měli věnovat větší pozornost vodnímu toku, popřípadě jinému zdroji povodňového nebezpečí.
- II. stupeň pohotovosti** – je vyhlášen, pokud se nebezpečí přirozené povodně změní v povodeň za předpokladu, že škody mimo koryto nejsou velké a nedochází k rozsáhlým záplavám. Na vodním díle je vyhlášen po překročení sledovaných jevů a skutečností plynoucí z bezpečnosti díla. Povodňové orgány zahájí svojí činnost společně s dalšími aktéry ochrany před povodněmi a začnou se provádět opatření podle povodňového plánu ke zmírnění průběhu povodně.
- III. stupeň ohrožení** – je vyhlášen při bezprostředním nebezpečí nebo vzniku rozsáhlých škod, kdy jsou ohroženy životy lidí nebo vznikají velké škody na majetku v zaplavované oblasti. Po dosažení kritických hodnot sledovaných jevů a skutečností se začnou provádět nouzové opatření k bezpečnosti vodního díla. Podle uvedených informací v povodňovém plánu se provádějí zabezpečovací práce, evakuace a záchranné práce osob.



Dnes se setkáváme s termínem Extrémní povodeň, ta nastává po dosažení 50ti-letého průtoku, alespoň na jednom z hlásných profilů v povodí. Oblasti jsou z velké části zatopeny (Kubát et al. 2012 [online]).

Povodňové orgány vyhláší pouze 2. a 3. SPA, který samozřejmě po odeznění ohrožení musí odvolat s tím, že informují všechny subjekty uvedené v povodňovém plánu. Informace povodňovým orgánům předají například předpovědní nebo hlásná povodňová služba, vlastník vodního díla, správce vodního toku nebo si je zjistí z povodňových plánů, kde jsou stanoveny směrodatné limity a průtoky (VZ 2001).

Jak se zmiňuje Kubát et al. (2012 [online]), doporučené minimální kontroly hlásných profilů jsou při 1. SPA 1x denně, při 2. SPA 2x denně a při 3. SPA 3 a více krát denně. Orientační limity srážek pro dosažení SPA za předpokladu rovnoměrných srážek na daném povodí, lze u malých povodí (mající řádově desítky km<sup>2</sup>), použít údaje z jedné stanice. U větších povodí se musí udělat plošný průměr z více stanic. V letních obdobích vždy nelze zachytit přívalové deště, kvůli jejich lokálnímu charakteru, využívá se meteorologický radar, který se musí brát s odstupem kvůli jeho nepřesnostem. Průtok je do jisté míry ovlivněn srážkami, proto se dá předpokládat z několika denních velkoplošných dešťů a místních přívalových srážek vznik bleskových povodní, jak uvádí tabulka 5.

Tab. 5: Nebezpečné úhrny srážek (URL 6).

<b>Orientační limity nebezpečných úhrnů srážek různé</b>				
<b>doby trvání srážek (mm)</b>				
	24 hodin	6 – 12 hodin	3 hodiny	1 hodinu
1. SPA – stav bdělosti	50	40	30	20
2. SPA – stav pohotovosti	70	60	50	30.

V horských a podhorských oblastech lze ke 24 hodinovému limitu připočít 10 mm spadlých srážek a pro nasycená povodí 20 mm ubrat. Teprve spadlé srážky mohou poukázat na nebezpečí vzniku povodně, přesto by měly sloužit především k aktivizaci povodňových orgánů a hlídkové služby. Vyhlášení SPA by mělo být až po zjištění aktuálního stavu na vodních tocích (Kubát et al. 2012 [online]).

### 3.9. Předpovědní a hlásná povodňová služba ve Velké Británii

V Anglii a Walesu je říční síť o délce větší než 2000 mílí a je tvořena z řek a uměle vybudovaných kanálů starých i přes 200 let. Kanály a řeky, byly vybudovány a přetvořeny v dobách průmyslové revoluce, aby sloužili průmyslu a obchodu. V průběhu let se přestaly využívat a dnes slouží především přírodě, v které se vyskytuje mnoho vzácných druhů rostlin a živočichů (The Canal & River Trust 2012). Celá říční síť je převedena do digitální podoby a je přístupná veřejnosti na stránkách <http://data.gov.uk/dataset/detailed-river-network-wms>.

Spojené Království je územně rozčleněno na oblasti podle povodí a územní samosprávy, zobrazené na obrázku č. 4. Interaktivní mapy povodňového nebezpečí zobrazují míru zatopení oblasti, hloubku a rychlost povodňové vlny v řekách, mořích, v povrchových vodách a nádrží pro různé scénáře katastrofy. Posuzování se provádí především pro moře a řeky, dle typu se vybírají typy ochrany před povodní. Byl vytvořen i model na katastrofickou situaci kdyby selhaly záchytné nádrže a obrovská masa vody by se řítila na město (The Environment agency 2013b [online]).

Obr. 4: Územní rozčlenění Spojeného království (URL 7).



Předpovědní povodňová služba používá pro míru povodňového nebezpečí výstražné značky na sadě obrázků č. 5, které jsou doplněny barvami výstrahy. **Zelená barva** představuje minimální narušení při velmi nízkém nebezpečí, při kterém nehrozí rozsáhlé záplavy. Ohroženy mohou být nízko položená území,

komunikace a může hrozit přelití pobřežní promenády. Komunikace jsou sjízdné bez zátarasů, ale množství vody na vozovce může zhoršit ovladatelnost vozidla.

**Barva žlutá** označuje nízké nebezpečí, při kterém může na vozovce vznikat aquaplaning a lokálně se mohou zaplavovat pozemky a silnice. Pobřežní domy mohou být zasaženy vlnobitím, dotčeny mohou být také inženýrské sítě, železnice a komunikace, na kterých vzniknou lokální objížďky (The Environment agency 2013 [online]).

Obr. 5: Značení povodňového nebezpečí (URL 8).



**Povodňový poplach.** Záplavy jsou možné. Buďte opatrní.

Povodeň ovlivňuje chod zasažené části obce a dotýká se budov a staveb, u kterých může dojít k poničení. Hrozí nebezpečí z rychle tekoucí vody nebo velkých hloubek. Pobřežní oblasti mohou být zasaženy velkými záplavami, některé komunikace se mohou úplně uzavřít.



**Varování před záplavami.** Očekávají se záplavy, jsou nutná opatření. Červená značka označuje rozsáhlé záplavy dotýkající se mnoha nemovitostí a ovlivňující normální život v obci. Na pobřeží hrozí významné záplavy, lidé jsou ohroženi na životech

kvůli velkým hloubkám a rychle tekoucí vodě. Komunikace jsou výrazně zasaženy, místy úplně ztraceny, je možné vyhlásit evakuaci osob.



**Silné varování před záplavami.** Silné povodně. Hrozí ohrožení života.

Met Office je národní předpovědní služba ve Velké Británii, která vznikla už v roce 1854, kdy sloužila k předpovídání počasí nad mořem. Dnes poskytuje informace o počasí a klimatických službách. Používá nejmodernější techniku a její předpověď počasí se řadí k těm nejpresnějším. Podává taktéž informace Národní zdravotnické službě, prostřednictvím které informuje občany o zvýšené bio zátěži (The Flood Forecasting Centre 2012).

Varování a informování obyvatel o záplavách je zajišťováno prostřednictvím televize, webových stránek (aktualizovaných každých 15 min) a pomocí místního rozhlasu nebo prostřednictvím Floodline informační služby, na kterou si mohou obyvatelé zavolat. V povodňových oblastech se snaží zajistit komplexní informovanost obyvatel, aby byli dopředu připraveni na povodeň (The Environment agency 2013 [online]). Proto byl kladen důraz na spolupráci mezi Environment agency a Meteorological Office, která vyústila k vytvoření společného předpovědního střediska (Pitt 2008).

### **3.9.1. Předpovědní povodňové středisko (FFC)**

Středisko sleduje oblasti meteorologie a hydrologie a získává předpovědní data, z kterých předvídá možný vznik povodní. Zajišťuje předpovědní službu pro Anglii a Wales, sleduje vodní stavy řek, moří a podzemních vod. Poskytuje povodňovou předpověď na delší časové období dopředu, díky vědomostem a zkušenostem nabitých v předchozích letech. Informuje orgány kategorie 1 a 2, které mají odpovědnost při mimořádných situacích. Díky společné spolupráci vydávají včasné, mnohem přesnější a za cílenější předpovědní povodňové informace. Ty slouží pro národní a místní orgány, které je dále předávají obyvatelům, aby se mohli včas připravit na povodeň. Tento systém byl vytvořen v roce 2009 po rozsáhlých povodních v roce 2007. Středisko pracuje nepřetržitě 365 dní v roce (The Flood Forecasting Centre 2012a).

Povodně v létě roku 2007 způsobené intenzivními srážkami, byly nejzávažnější povodně na území Anglie a Walesu od roku 1947. Zaplaveno bylo přes 4 miliony domů. Sběr a vyhodnocení dat neproběhlo na vysoké úrovni, proto se nedala předvídat úroveň ničivé povodně. Poté byl zaveden program Extrémní dešťové upozornění zkráceně ERA, který slouží FFC.

### **3.9.2. Extrémní dešťové upozornění zkráceně (ERA)**

ERA sbírá data pomocí nejmodernějších technologií, která analyzuje a jako první předpovídá extrémní události. Vydává upozornění na nebezpečí silných srážek a potenciální vznik povodní a specifický vznik povodní (Parker et. al. 2011). Pokud srážky překročí nastavený práh, což je 30 mm do 1 hodiny, 40 mm do 3 hodin nebo 50 mm do 6 hodin, je vydána výstraha ve 3 úrovních dle stupně ohrožení.

Prvním je informační zpráva, druhá je blízké nebezpečí a třetí je bezprostřední nebezpečí (The Flood Forecasting Centre 2012a).

Několik varovných služeb je úzce spjato s danou lokalitou a místními podmínkami. Například u řeky Rother a dalších může být provedeno uzavření odvodňovacího systému, aby se voda z řek nedostala zpět do kanálů. Jestliže se tak stane, voda zaplaví zahrady, silnice a nemovitosti. Pokud jsou srážky vyšší než 50 mm na jednom ze tří sledovaných míst, je taktéž vydáno varování od The Environment agency. Služba je tedy závislá na množství spadlých srážek, než na předpovědi počasí (Priest 2011).

Další službou v VB je Flood Guidance, je založena na systému, který byl vyvinut pro země bez pořádné předpovědní služby. Jeho použití je omezené na malé vodní toky bez možnosti použití v urbanistické oblasti. Systém je založen na srážko-odtokových modelech, odhaduje velikost srážek za danou dobu, které mohou způsobit povodeň (Stewart 2007).

Flood Guidance také informuje orgány kategorie 1 a 2 o povodňovém riziku Anglii a Walesu, pomáhá také při řešení mimořádných událostí. Výhodami této služby jsou předpověď povodní na dobu 5 dnů dopředu, sledování vývoje všech druhů povodní a možnosti zaregistrování se k dodávání informací na různých úrovních. Met Office oproti Flood Guidance předává informace o všech nebezpečných projevech počasí, ať už to je silný vítr nebo právě povodně a informuje širokou veřejnost. Flood Guidance informuje pouze 1. a 2. kategorii respondentů, kteří se mohou zaregistrovat k odebrání povodňových informací. Po širším posouzení rizik vydávají protipovodňové varovné hlášení na hlavních řekách a pobřežních oblastech, kde se dají očekávat záplavy (The Flood Forecasting Centre 2012b).

Jak uvádí Barredo (2007), bleskové povodně se objevují ve velké míře i v jižní Evropě, ve státech jako je Itálie, Španělsko a Francie, ale i v Německu, Velké Británii a Belgii. Předpověď těchto povodní je velice složitá, proto jsou obrovské ztráty na životech a na majetku.

Právě proto se v EU vytvořil HYDRATE projekt, který má sloužit především pro předpověď přívalových srážek. Zabývá hydrometeorologickými procesy a má hlavní cíl zlepšit předpověď bleskových povodní, zjistit průběhy minulých povodní a zajistit soubor technologií včasného varování na celoevropské úrovni. Projekt má shromažďovat data, porovnávat je s minulostí a získávat potřebné informace v boji

proti bleskovým povodním a vytvořit databázi přístupnou všem meteorologickým observatořím (Borga 2010).

#### **4. Mapy povodňového nebezpečí a povodňových rizik**

Směrnice Rady 2007/60/ES a Evropského parlamentu ze dne 23. října 2007 o vyhodnocení a zvládnání povodňových rizik požaduje pro všechny oblasti povodí ohrožené povodněmi, vyhodnotit povodňové nebezpečí při různých přírodních podmínkách. Dále směrnice vyžaduje vypracovat plány vyhodnocení povodňových rizik. Vybrané oblasti možného vzniku povodně převést do mapové podoby a vytvořit mapy povodňového nebezpečí a povodňových rizik (Geografický ústav PřF et al. 2012).

Tím se má docílit, aby se dosáhlo dobrého ekologického a chemického stavu povodí. Aby se snížila početnost povodní a jejich následky, zvládnání povodňových rizik má být na úrovni Společenství. V případě nouze lze poskytnout finanční pomoc ve velmi krátkém časovém měřítku všem postiženým povodněmi z Fondu solidarity Evropské Unie. Pozornost je směřována především na typy a odlišnosti povodní, které se mohou ve Společenství a jejich území objevovat. Povodňová rizika v méně osídlených oblastech, či v plochách zemědělsky využívaných jsou považována za nevýznamná, proto by měly státy vytvořit mapy povodňových nebezpečí a mapy povodňových rizik v obydlených oblastech, čímž by zajistily komplexní informovanost. Dále by měly vyhodnotit, jaké činnosti vedou ke zvyšování povodňových rizik a znečišťování životního prostředí (Directive 2007 [online]).

Předběžné vyhodnocování povodňových rizik provedou členské státy z dostupných informací, záznamů a studií o dlouhodobém vývoji, v potaz berou klimatické změny. Státy si z vyhodnocení vytyčí oblasti povodí, kde lze předvídat výskyt povodňových rizik. V mezinárodních oblastech povodí musí probíhat komunikace a koordinace s dotčenými členskými státy.

Základní prvky zahrnující vyhodnocení jsou:

- vytvoření map ve vhodném měřítku s označenými hranicemi povodí, zobrazení jednotlivých povodí, má-li stát pobřeží, zmapovat topografii a využití území,

- zjistit jaké povodně se v minulosti vyskytovaly na území a předpokládat jejich opětovný výskyt ve stejné oblasti, zapsat jejich nežádoucí účinky (na lidské zdraví, kulturní dědictví, hospodářskou činnost, průběh a rozsah), dbát na polohu vodních toků, jejich přirozené záplavové území sloužící k zadržování vody, účinnost uměle vytvořených retenčních protipovodňových zařízení,
- popsat přednostně významné povodně z minulosti, u kterých se můžou předpokládat ničivé účinky (Directive 2007 [online]).

Mapy povodňového nebezpečí a mapy povodňových rizik jsou připravovány a také sdíleny s dotyčnými členskými státy a podléhají výměně informací mezi členskými státy. Mapy by měly být v pravidelných intervalech 6ti let aktualizovány a přezkoumávány z vědeckého hlediska, kvůli měnícímu se klimatu a změnám povodní. Mapy by měly být v pravidelných intervalech 6ti let aktualizovány a přezkoumávány z vědeckého hlediska, kvůli měnícímu se klimatu a změnám povodní (Geografický ústav PřF et al. 2012).

Mapy se dělí podle zeměpisné oblasti na 3 úrovně:

- povodně mající nízkou pravděpodobnost výskytu nebo extrémní scénáře povodní,
- povodně mající střední až vysokou pravděpodobnost výskytu (s dobou dosažení nebo překonání 100 let),
- nebo povodně mající vysokou pravděpodobnost výskytu.

Jednotlivé scénáře mají základní prvky skládající se z rozsahu povodně, hloubky vody či výšky hladiny a rychlosti proudící vody nebo velikosti průtoku. Nepříznivé dopady povodní se označí na mapách povodňových rizik podle přibližného počtu zasažených obyvatel a druhu hospodářské činnosti v zasaženém území. Také se mohou použít informace, které jsou k dispozici o unášených sedimentech, různých předmětech a ostatních zdrojích znečištění. V zaplavovaných oblastech podzemní vodou vyhodnotí rizika podle scénáře povodně mající nízkou pravděpodobnost výskytu nebo extrémního povodňového scénáře (Directive 2007 [online]). Všechny mapy by měly být dokončeny do 22. prosince 2013. Směrnice

udává v povinnost zpřístupnit mapy povodňového nebezpečí a mapy povodňových rizik i široké veřejnosti a vytvořit centrální sklad. V ČR jsou přístupné v centrálním datovém skladu (CDS) na <http://hydro.chmi.cz/cds/?lang=cs> (Geografický ústav PřF et al. 2012).

Plány zvládání povodňových rizik mají vycházet ze tří standardů, prevence, ochrany a připravenosti. Hlavní cíl by mělo být vytvořit řekám větší prostor, obnovit zaplavovaná území, dbát na ochranu lidských životů, majetků, kulturního dědictví a ekonomicky řešit nenadálé situace. Plány berou v potaz několik závažných hledisek. Jsou to náklady a přínosy povodní, jejich rozsah a průběh, dále se zohledňuje zaplavované území, hospodářsky obdělávané zaplavené oblasti, hospodaření s vodními zdroji, využití území, ochrana přírody, lodní doprava a přístavní infrastruktura. Vše musí vycházet z charakteristiky daného povodí či povodí dílčího, v plánech může být uvedeno i řízené zaplavení konkrétního území, zlepšení vsaku vody do půdy nebo vytvořit udržitelné využívání oblasti. Zvládání povodňových rizik v jednom státě na daném toku nesmí ohrozit členský stát po proudu nebo proti proudu vodních toků, pokud se státy nedohodnou jinak. Nejpozdější dokončení a následné zveřejnění plánů musí být do 22. prosince 2015 (Directive 2007 [online]).



## 5. Diskuze

Ztotožňuji se s Barrosem (2006), že na naší planetě dochází ke globální změně počasí. To by mělo přimět vládu a velké korporace k vytvoření takového systému, aby se zacházelo šetrněji s životním prostředím. Například na povodně vyskytující se v ČR a EU je nahlíženo jako na obrovský problém, který se bude řešit velmi pomalu a dlouho. Pokyny jak zvládat tyto situace, obsahuje Povodňová směrnice EU s myšlenkou společné úsilí, které nám umožní vytvořit dostačující ochranu obyvatel, majetků, kulturního dědictví a hospodářskou činnost Directive (2007 [online]). Po dokončení požadavků směrnice, ale není navrhnut další postup co dále zlepšovat.

Ochrana by měla být přírodě blízká, měly by se vytvořit inundační místa k zachycení vody, jako jsou nivní ekosystémy nebo poldry. Určitě by se mělo dbát na ochranu menších měst v horních místech vodních toků. Vytvoření protipovodňové ochrany ve velkých městech jako je například Praha by nemělo výrazně vzdouvat hladinu proti proudu.

Dalším hydrologickým extrémem, na který by se nemělo zapomínat je sucho, které se stále častěji objevuje i na našem území. Především by se měla podpořit vědecká činnost k získání komplexnějších informací o jeho výskytu, délce trvání a zjistit důsledky jeho trvání. V suchém roku se nedostatek vody ČR výrazně neprojevuje díky bohatým zásobám podzemní vody, ale kdyby bylo více suchých let za sebou, mohl by nastat nedostatek vody z tohoto zdroje. Proto by se měl vytvořit systém na řešení těchto situací jako je předpovědní a hlásná povodňová služba.

Ta nám s povodňovou službou poskytuje dostačující ochranu před povodněmi. Podle Kubáta et al. (2012 [online]) je dostatečně zakotvena právně v předpisech a zákonech. Myslím si, že čtení zákonů není pro občany přívětivé a měl by se vytvořit interaktivní systém jako je ve Velké Británii. Tam vytvořili skvělou stránku s Živou povodňovou mapou, která je volně k dispozici na <http://www.environment-agency.gov.uk/homeandleisure/floods/142151.aspx>, zobrazuje výstrahy před povodněmi a místa kde je možný vznik povodní. V ČR taková webová stránka není, což by bylo podle mě bylo obrovským přínosem pro lidi žijících v takových místech nebo pro amatérské hydrology.

Předávání informací a varování obyvatel probíhá ve VB obdobně jako v ČR. Pověřené povodňové orgány předávají informace obyvatelům ve spolupráci s předpovědními centry a zajišťují jejich ochranu. Oproti ČR, se ve VB valně využívají sociální sítě. Další interaktivní aplikací, přístupnou volně ve VB na webových stránkách The Environment agency, je vytvoření vlastního povodňového plánu. Občan si během pár minut vyplní základní údaje o věcech a činnostech, které bude za stavu povodně potřebovat nebo dělat. Stresové situace, tak zvládne mnohem lépe.

Výrazné zlepšení varovných systémů před povodněmi lze podpořit údaji z historické dokumentace povodní v Českých zemích, kterou vytvořil Brázdil et al. (2005). Historické údaje ukazují v porovnání s dnešní dobou, vyšší počty úmrtí při povodních než dnes. Například povodně z přelomu 19. století si vyžádaly průměrně desítky obětí, v některých případech dokonce stovky obětí. Dnes se k takovým počtům obětí nedostáváme, což dokazuje vysokou účinnost varovných systémů a protipovodňové ochrany.

## 6. Závěr

V předkládané bakalářské práci jsem popsal hydrologické jevy, vyskytující se v České republice. Získané informace mi pomohly, přiblížily mi danou problematiku a díky nim jsem si vytvořil vlastní názor na zvládání těchto hydrologických extrémů. Usuzuji, že se povodně v naší zemi budou objevovat stále a že obrana proti nim nebude snadnou záležitostí. Sjednocení podobných druhů protipovodňový systémů ochrany by pomohlo k rychlejší přípravě před povodní. Například jedno komorové a dvou komorové pytle jsou obdobné. Od každého typu ochrany bych vybral tu nejúčinnější s nejkratším časem přípravy, která je snadno dostupná v dané lokalitě a tu následně používal. Systémů je mnoho a některé mají minimální rozdíly. Ušetřené finanční prostředky, místo kupování obdobných systémů, by posloužily na jiné výdaje.

Zvládání povodňového nebezpečí na našem území hodnotím velmi dobře. Od včasného varování obyvatel až po záchranné práce během povodní, včetně prací po povodních. Systémy varování jsou v ČR na vysoké úrovni. Ze získaných informací usuzuji, že se stát snaží posouvat vpřed a stále se zlepšovat. Ve VB vytvořili během pár let dobrý systém na zvládání hydrologických extrémů, i když neměli mnohaleté zkušenosti jako povodňové orgány a složky v České republice. Oba dva státy se zaměřují na předpověď přivalových srážek a z nich vzniklých bleskových povodní, což je velice těžkou disciplínou. Měly by se zapojit do evropského projektu s názvem Hydrate, který se touto problematikou zabývá a vyměňovat si získané informace a zkušenosti.

Při zpracování této bakalářské práce jsem se dozvěděl mnoho informací, které bych chtěl využít pro budoucí práci. Například v diplomové práci bych chtěl navázat na související problematiku povodní. Chtěl bych pomocí 1D modelu zjistit, jak bude velká zatopená oblast, která je před městem (proti proudu řeky), za předpokladu, že je město bez protipovodňových bariér. Data posléze porovnat s daty ze shodné oblasti, ve které je město s protipovodňovými bariérami. Do práce bych ještě zahrnul názory místních obyvatel z vybraného území.

## 7. Přehled literatury a použitých zdrojů

BARREDO, J. I. Major flood disasters in Europe: 1950–2005. *Natural Hazards*, 2007, 42.1: 125-148.

BARROS, V. *Globální změna klimatu*. 1. vyd. Praha: Mladá fronta, 2006. Kolumbus.

BLAŽEK, V., CÍLEK, V., EHRLICH, P., FRANK, D., GERGEL, J., HLADNÝ, J., HOFMEISTER, T., JANSKÝ, B., KAKOS, V., KENDER, J., KOPP, J., KRÁL, M., KRÁTKÁ, M., KRÁTKÝ, M., KVÍTEK, T., LÍDLOVÁ, D., LANGHAMMER, J. *Voda v České republice*. 1. vyd. Praha: Pro ministerstvo zemědělství vydal Consult, 2006, 253 s. Kolumbus.

BORGA, M., et al. Flash floods: Observations and analysis of hydro-meteorological controls. *Journal of hydrology*, 2010, 394.1: 1-3.

BRÁZDIL, R., DOBROVOLNÝ, P., ELLEDER, L. KAKOS, V., KOTYZA, O., KVĚTOŇ, V., MACKOVÁ, J., MÜLLER, M., ŠTĚKL, J., TOLASZ, R., VALÁŠEK, H., *Historie počasí a podnebí v Českých zemích*. 1. vyd. Praha: Český hydrometeorologický ústav v Praze, 2005, 369 s. Kolumbus.

ČESKO. Zákon č. 239/2000 Sb., o integrovaném záchranném systému a o změně některých zákonů, v platném znění.

ČESKO. Zákon č. 254/2001Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), v platném znění.

ČESKO. Zákon č. 462/2000 Sb., k provedení § 27 odst. 8 a § 28 odst. 5 zákona č. 240/2000 Sb., o krizovém řízení a o změně některých zákonů (krizový zákon), v platném znění.

DAŇHELKA, J., KREJČÍ, J., ŠÁLEK, M., ŠERCL, P., ZEZULÁK, J. *Posouzení vhodnosti aplikace srážko-odtokových modelů s ohledem na simulaci povodňových stavů pro lokality na území ČR: řešení přirozených a zvláštních povodní*. Vyd. 1. Praha: Český hydrometeorologický ústav, 2003, 100 s.

DIRECTIVE 2007/60/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL: of 23 October 2007 on the assessment and management of flood risks (Text with EEA relevance). In: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32007L0060&qid=1396279499697&from=EN>. 2007 [cit. 28. 2. 2014]. Dostupné z: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32007L0060&qid=1396279499697&from=EN>.

GEOGRAFICKÝ ÚSTAV PŘF, KATEDRA HYDROTECHNIKY FSV, ÚSTAV VODNÍCH STAVEB FAST, VÚV TGM. *Metodika tvorby map povodňového nebezpečí a povodňových rizik* [online]. 2012 [cit. 15. 4. 2014]. Dostupné z: <http://www.povis.cz/html/>.

HYDROLOGIC ENGINEERING CENTER. HEC-RAS. U.S. ARMY CORPS OF ENGINEERS. *Hydrologic Engineering Center* [online]. 2013 [cit. 12. 3. 2014]. Dostupné z: <http://www.hec.usace.army.mil/software/hecras/>.

HYDROSOFT VELESLAVÍN S.R.O. *LABEL - zpracování podkladů pro tvorbu map povodňových rizik a map ohrožení v Královéhradeckém kraji: Nebezpečné ledové situace na Divoké Orlici v zimách 2002/03 - 2004/05* [online]. 2012 [cit. 12. 2. 2014]. Dostupné z: [http://mapy.kr-kralovehradecky.cz/label/html/index.html?nebezpecne\\_ledove\\_situace\\_na\\_d0.htm](http://mapy.kr-kralovehradecky.cz/label/html/index.html?nebezpecne_ledove_situace_na_d0.htm).

JONKMAN, S. N. Global perspectives on loss of human life caused by floods. *Natural hazards*, 2005, 34.2: 151-175.

JURÁŇ, M., MATĚJKA, J. *Mobilní protipovodňové systémy*. Praha: MV-generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, 2010, 151 s.

KLENEROVÁ D., MAGISTRÁT MĚSTA ÚSTÍ NAD LABEM. *Povodňový plán ORP Ústí nad Labem* [online]. Krajský úřad Ústeckého kraje, © 2004 - 2013 [cit. 30. 3. 2014]. Dostupné z: [http://dvt-info.cz/web\\_seso/dvt\\_dpp/pub\\_4214/](http://dvt-info.cz/web_seso/dvt_dpp/pub_4214/).

KOCMAN, T., KUBÁT, J., MUSIL, P. *Lokální výstražné a varovné systémy v ochraně před povodněmi* [online]. Praha: Ministerstvo životního prostředí ČR, 2011. [cit. 5. 3. 2014]. Dostupné z: <http://www.povis.cz/mzp/131/LVVS.pdf>.

KOVÁŘ, M. *Ochrana před povodněmi: řešení přirozených a zvláštních povodní*. Vyd. 1. V Praze: Existencialia, 2004, 100 s.

KRATOCHVÍLOVÁ V. a OŽP MěÚ TÁBOR. *Povodňový plán ORP Tábor. Měrné křivky průtoků* [online]. ORP Tábor, 2011 [cit. 7. 3. 2014]. Dostupné z: [http://verejnydpp.mutabor.cz/pub\\_3112/index.html?mirne\\_kivky\\_prutoku.htm](http://verejnydpp.mutabor.cz/pub_3112/index.html?mirne_kivky_prutoku.htm).

KUBÁT J., ČEKAL R., DAŇHELKA J., MATOUŠEK V. *Odborné pokyny pro provádění hlásné povodňové služby* [online]. Praha: Český hydrometeorologický ústav, 2012 [cit. 3. 3. 2014]. Dostupné z: [http://hydro.chmi.cz/hpps/hpps\\_document.php#](http://hydro.chmi.cz/hpps/hpps_document.php#).

KYSELÝ, J., HUTH, R. KŘÍŽ, B. Úmrtnost spojená se stresem z horka v ČR – první výsledky. In: *XIV. Česko – slovenská bioklimatologická konference, Lednice na Moravě 2. – 4. Zář 2002, sborník referátů* [online]. Lednice na Moravě, 2002, s. 512–524. [cit. 8. 3. 2014]. Dostupné z: <http://chmi.eu/meteo/CBKS/sbornik02/kysely.pdf>.

LANGHAMMER, J. *Údolní niva jako prostor ovlivňující průběh a následky povodní*. Vyd. 1. Praha: Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta, 2008, 276 s.

MATĚJÍČEK, J. a HLADNÝ, J. *Povodňová katastrofa 20. století na území České republiky*. Vyd. 1. Editor Jakub Langhammer . Praha: Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, 1999, 60 p.

MATĚJKA, J., HLADNÝ, J. *Metodická příručka pro stavbu mobilních protipovodňových stěn*. Vyd. 1. Editor Jakub Langhammer. Praha: Ministerstvo vnitra - generální ředitelství Hasičského záchranného sboru ČR, 2003, 137 s.

MATOUŠEK, V. *Vznik a vývoj ledových nápěchů*. Vyd. 1. Editor Jakub Langhammer. Praha: Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, 2000, 276 s.

MKOL. *Dokumentace povodně v srpnu 2002 v povodí Labe*. Mezinárodní komise pro ochranu Labe, Magdeburk, 2004, 207 s.

MUNZAR, J. a. Karlovy Vary 9. Května 1582: nejstarší dokumentovaná blesková povodeň v českých zemích. In: *Sborník příspěvků z workshopu 2002 na téma "Extrémní hydrologické jevy v povodích" konané ve dne 12. listopadu 2002 v Praze*. Praha: České vysoké učení technické v Praze, Fakulta stavební, 2003, 162 s.

MUNZAR, J. Dokumentace sucha v Česku v preinstrumentálním období. In: *Sborník příspěvků z workshopu 2003 na téma "Extrémní hydrologické jevy v povodích" konaného dne 4. listopadu 2003 v Praze*. Praha: Česká vědeckotechnická vodohospodářská společnost, 2003, 303 s.

MUNZAR, J., ONDRÁČEK, S. Povodeň jako jedna z možných přírodních katastrof v České republice. *Inflow: Studie a texty Evangelické teologické fakulty* [online]. 2012, č. 20, s. 3 – 17. Dostupné z: <http://www.etf.cuni.cz/sat/Pdf/SAT%202012-1.pdf#page=15>.

MŽP ČR. Metodika pro tvorbu digitálních povodňových plánů. *Varovné systémy a vyzumívací systémy* [online]. Praha: Ministerstvo životního prostředí ČR, © 2009 [cit. 11. 3. 2014]. Dostupné z: [http://www.povis.cz/met\\_dpp/mdpp\\_varovne\\_systemy.htm](http://www.povis.cz/met_dpp/mdpp_varovne_systemy.htm).

MŽP ČR. *Povodňový plán České republiky* [online]. Praha: Ministerstvo životního prostředí ČR, © 2006 – 2014 [cit. 16. 2. 2014]. Dostupné z: [http://www.dppcr.cz/html\\_pub/](http://www.dppcr.cz/html_pub/).

MŽP ČR. *Věstník Ministerstva životního prostředí* [online]. Praha: Ministerstvo životního prostředí ČR, 2011, r. 21. [cit. 2. 3. 2014]. Dostupné z: [http://hydro.chmi.cz/hpps/doc/pdf/Vestnik\\_12\\_2011%20-%20pokyn%20HPPS.pdf](http://hydro.chmi.cz/hpps/doc/pdf/Vestnik_12_2011%20-%20pokyn%20HPPS.pdf).

MŽP ČR. *Výsledná zpráva o projektu Vyhodnocování katastrofální povodně v srpnu 2002 a návrh úpravy systému prevence před povodněmi* [online]. Praha: Ministerstvo životního prostředí ČR, 2004, 86 s. Dostupné z: [http://www.vuv.cz/fileadmin/user\\_upload/pdf/Povodne/Povoden-2002\\_Zaverecna\\_zprava.pdf](http://www.vuv.cz/fileadmin/user_upload/pdf/Povodne/Povoden-2002_Zaverecna_zprava.pdf).

NOVÁK, P., ROUB, R., HEJDUK, T. Využití hydrologického měření při tvorbě hydrodynamických modelů a dat leteckého laserového skenování. *Vodní hospodářství: Specializovaný vědeckotechnický časopis pro projektování, realizaci a plánování ve vodním hospodářství a souvisejících oborech životního prostředí* [časopis]. Praha: Ústav pro hydrodynamiku AV ČR, 2011, č. 8, s. 297–302.

PARKER, D. J., PRIEST, S. J., MCCARTHY, S. S. Surface water flood warnings requirements and potential in England and Wales. *Applied Geography*, 2011, 31.3: 891-900.

PITT, M. *Learning lessons from the 2007 floods*. London: Cabinet Office, 2008.

PRIEST, S. J. Assessing options for the development of surface water flood warning in England and Wales. *Journal of environmental management*, 2011, 92.12: 3038-3048.

RRAVM. Možnosti řešení protipovodňových situací v Česko-slovenském příhraničí. *Protipovodňová ochrana a povodně* [online]. Zlín: Regionální



rozvojová agentura Východní Moravy, 2012 [cit. 17. 2. 2014]. Dostupné z: <http://www.cs-povodne.eu/Protipovodnova-ochrana-a-povodne/O-povodnich>.

STEWART, B. Implementation of a flash flood guidance system with global coverage. *A joint proposal by WMO Commission for Hydrology and WMO Commission for Basic Systems*, 2007.

StMUGV. *Ochrana před povodněmi v Bavorsku: Strategie a příklady, zjišťování a stanovení zátopových území*. Bavorské státní ministerstvo pro životní prostředí, zdraví a ochranu spotřebitelů. Mnichov, 2005.

ŠEDA, S., VRBOVÁ, J. Jímací řád jako účinný nástroj k řízení odběru vody z významných hydrogeologických struktur v období dlouhodobého útlumu odtokového procesu či v jiných extrémních situacích. *Sucho a jak mu čelit: sborník abstraktů: odborný seminář, dne 15. května 2013, v Klubu techniků, Praha 1*. Praha: Český svaz vědeckotechnických společností, 2013, s. 48 – 53.

ŠENOVSKÝ, M., ADAMEC, V., HANUŠKA Z. *Integrovaný záchranný systém: management záchranných prací*. 1. vyd. Ostrava, 2005, 157 s.

THE CANAL & RIVER TRUST. *History* [online]. 2012 [cit. 25. 3. 2014]. Dostupné z: <http://canalrivertrust.org.uk/history>.

THE ENVIRONMENT AGENCY. *Flood warning codes explained* [online]. UK: The Environment agency, 2013 [cit. 20. 3. 2014]. Dostupné z: <http://www.environment-agency.gov.uk/homeandleisure/floods/151552.aspx>.

THE ENVIRONMENT AGENCY a. *Flood warnings summary* [online]. UK: The Environment agency, 2013 [cit. 20. 3. 2014]. Dostupné z: <http://www.environment-agency.gov.uk/homeandleisure/floods/31618.aspx>.

THE ENVIRONMENT AGENCY b. *Flood warnings summary* [online]. UK: The Environment agency, 2013 [cit. 20. 3. 2014]. Dostupné z: <http://www.environment-agency.gov.uk/research/planning/135518.aspx>.

THE FLOOD FORECASTING CENTRE. *About us* [online]. 2012 [cit. 23. 3. 2014]. Dostupné z: <http://www.ffc-environment-agency.metoffice.gov.uk/about/>.

TRNKA P. *Možné důsledky déletrvajícího sucha v naší krajině a ve světě* [online]. Brno: Ústav aplikované a krajinné ekologie, Mendelova univerzita, 2010 [cit. 4. 2. 2014]. Dostupné z: [http://user.mendelu.cz/xvlcek1/rrc/sucho/TRNKA\\_1.pdf](http://user.mendelu.cz/xvlcek1/rrc/sucho/TRNKA_1.pdf).

THE FLOOD FORECASTING CENTRE a. *Welcome to the Flood Forecasting Centre: What does the FFC provide?* [online]. 2012 [cit. 24. 3. 2014]. Dostupné z: <http://www.ffc-environment-agency.metoffice.gov.uk/>.

THE FLOOD FORECASTING CENTRE b. *Services — Flood Guidance Statement (FGS)* [online]. 2012 [cit. 24. 3. 2014]. Dostupné z: <http://www.ffc-environment-agency.metoffice.gov.uk/services/guidance.html>.

VDPL. *Souhrnná zpráva o povodni v srpnu 2002 za ucelené povodí Labe* [online]. Hradec Králové: Vodohospodářský dispečink povodí Labe s. p., 2003 [cit. 1. 3. 2014]. Dostupné z: [http://www.pla.cz/planet/public/dokumenty/zpravy\\_vhd/zprava8\\_2002/text/Souhrnnazprva\\_cast\\_1.pdf](http://www.pla.cz/planet/public/dokumenty/zpravy_vhd/zprava8_2002/text/Souhrnnazprva_cast_1.pdf).

VÚV TGM. *Problematika povodní Povodně jako přirozený hydrologický jev* [online]. Praha: Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, v.v.i., © 2009–2014 [cit. 16. 2. 2014]. Dostupné z: <http://www.vuv.cz/index.php?id=993&L=0%20%27%20and%20char%28124%29%2Buser%2Bchar%28124%29%3D0%20and%20%27%27%3D%27>.

## 8. Seznam obrázků, grafů a tabulek

### 8.1. Seznam obrázků

VLASTNÍ ARCHIV 1: KOROLOVÁ R., fotografie: *Okresní soud — povodeň*  
15. 8. 2002, Ústí nad Labem, 2002.

VLASTNÍ ARCHIV 2: KOROLOVÁ R., fotografie: *Mariánský most — povodeň*  
15. 8. 2002, Ústí nad Labem, 2002.

URL 5: *Vodočetná lať* [online] [cit. 4. 3. 2014]. Dostupné z:  
[http://hydromap.mutabor.cz/pub\\_3112/vodocet.zoom80.png](http://hydromap.mutabor.cz/pub_3112/vodocet.zoom80.png).

URL 7: *Územní rozčlenění Spojeného království* [online] [cit. 22. 3. 2014].  
Dostupné z: <http://www.environment-agency.gov.uk/research/planning/33586.aspx>.

URL 8: *Značení povodňového nebezpečí* [online] [cit. 22. 3. 2014]. Dostupné z:  
<http://www.environment-agency.gov.uk/homeandleisure/floods/31618.aspx>.

### 8.2. Seznam tabulek

URL 1: *Odborné pokyny pro provádění hlásné povodňové služby. Tab. 1: Stupně očekávaného nebezpečí* [online] [cit. 4. 3. 2014]. Dostupné z:  
[http://hydro.chmi.cz/hpps/hpps\\_document.php#](http://hydro.chmi.cz/hpps/hpps_document.php#).

URL 2: *Odborné pokyny pro provádění hlásné povodňové služby. Tab. 2: Kritéria pro vydání INVJ* [online] [cit. 4. 3. 2014]. Dostupné z:  
[http://hydro.chmi.cz/hpps/hpps\\_document.php#](http://hydro.chmi.cz/hpps/hpps_document.php#).

URL 3: *Odborné pokyny pro provádění hlásné povodňové služby. Tab. 3: Orientační počet hlásných profilů kategorie A* [online] [cit. 3. 3. 2014]. Dostupné z: [http://hydro.chmi.cz/hpps/hpps\\_document.php#](http://hydro.chmi.cz/hpps/hpps_document.php#).

URL 4: *Odborné pokyny pro provádění hlásné povodňové služby. Tab. 4: Orientační počet hlásných profilů kategorie B* [online] [cit. 3. 3. 2014]. Dostupné z: [http://hydro.chmi.cz/hpps/hpps\\_document.php#](http://hydro.chmi.cz/hpps/hpps_document.php#).

URL 6: *Odborné pokyny pro provádění hlásné povodňové služby. Tab. 5: Nebezpečné úhrny srážek* [online] [cit. 3. 3. 2014]. Dostupné z: [http://hydro.chmi.cz/hpps/hpps\\_document.php#](http://hydro.chmi.cz/hpps/hpps_document.php#).