

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

Katedra vodního hospodářství a environmentálního modelování

Sucho a jeho projevy v závislosti na klimatické změně

Drought and Its Impacts in dependence on Climate Change

Bakalářská práce

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Václav Hradilek

Autor bakalářské práce: Martin Kovář

Praha 2014

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE
Katedra vodního hospodářství a environmentálního
modelování
Fakulta životního prostředí
ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Kovář Martin

Územní technická a správní služba

Název práce

Sucho a jeho projevy v závislosti na klimatické změně

Anglický název

Drought and Its Impacts in dependence on the Climate Change

Cíle práce

Popis hydrologických extrémů především však sucha a jeho projevů v souvislosti s klimatickou změnou. Práce se zaměří na porovnání sucha a jeho projevů na území ČR a Evropy.

Metodika

Literární rešerše zabývající se hydrologickými extrémy se zaměřením na sucha a jeho projevy. Popis přístupu ke zmírnění projevu hydrologických extrémů.

Harmonogram zpracování

9.- 2013 - Metodika

9.- 11. 2013 - Průzkum postižených lokalit a popis stávající situace na vybraných územích v ČR.

11.-2. 2014 - Dopracování práce (úvod, závěr, diskuze)

Rozsah textové části

30 - 40 stran

Klíčová slova

Sucho, klimatická změna, vlny veder, hydrologické extrémy.

Doporučené zdroje informací

HANEL, Martin, Ladislav KAŠPÁREK a Magdalena MRKVIČKOVÁ. Odhad dopadů klimatické změny na hydrologickou bilanci v ČR a možná adaptační opatření. Vyd. 1. Praha: Výzkumný ústav vodohospodářský T.G. Masaryka, 2011. ISBN 978-808-7402-221.

Sucho a jak mu čelit: sborník abstraktů : odborný seminář, dne 15. května 2013, v Klubu techniků, Praha 1. [Praha: Český svaz vědeckotechnických společností, 2013, 72 s. ISBN 978-80-02-02465-1.

Meteorologický slovník výkladový a terminologický: s cizojazyčnými názvy hesel ve slovenštině, angličtině, němčině, francouzštině a ruštině. Vyd. 1. Praha: Ministerstvo životního prostředí ČR, 1993.

BLINKA, Petr. Metoda hodnocení sucha. In: XIV. Česko-slovenská bioklimatologická konference „BIOKLIMA-PROSTŘEDÍ-HOSPODÁŘSTVÍ“, Lednice, 2002.

WILHITE, D.A. and M.H. GLANTZ: Understanding the drought phenomenon: The role of definitions, Water International 10, s. 111-120, 1985.

Vedoucí práce

Hradílek Václav, Ing.

Konzultant práce

Štěpán Vizina

Elektronicky schváleno dne 7.4.2014

prof. Ing. Pavel Pech, CSc.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 8.4.2014

prof. Ing. Petr Sklenička, CSc.

Děkan fakulty

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval zcela samostatně pod vedením Ing. Václava Hradilka, a že jsem uvedl všechny literární prameny, ze kterých jsem čerpal.

V Praze dne 1.4.2014

.....

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval vedoucímu bakalářské práce Ing. Václavu Hradilkovi za odborné vedení, konzultace, doporučení zdrojů, nápady a připomínky při vypracování bakalářské práce. Dále bych rád poděkoval Karlu Emingerovi, který mi poskytl informace o postoji Severočeských vodovodů a kanalizací, a. s. k problematice sucha.

V Praze dne 1.4.2014

.....

Abstrakt

Tato bakalářská práce pojednává o suchu a jeho projevech, jako jsou vlny veder, v závislosti na klimatické změně. Jsou v ní uvedeny definice sucha a jeho druhů, indexy pro výpočet sucha a právní nástroje k zvládnutí tohoto hydrologického extrému. Dále jsou v práci popsána povodí České republiky v souvislosti se suchem, kde je práce doplněna i o postoj společnosti Severočeských vodovodů a kanalizací k problémům způsobených vlivem suchých období, a postoj Evropské unie k problematice sucha. Další část této bakalářské práce je zaměřena na definování globální změny klimatu a na popis vln veder. V poslední části je práce zaměřena na suchu v českých povodích v roce 2003 a na vlnu veder v Evropě v témže roce.

Klíčová slova: sucho – klimatická změna – vlny veder – hydrologické extrémy

Abstract

This bachelor thesis deals with the drought and its manifestations, such as heat waves, depending on climatic change. It contains the definitions of drought and species indices for calculating drought and legal tools to manage this hydrological extremes. Furthermore, the work described basin Czech Republic in relation to drought, where the work is complemented with the attitude of society Severočeské vodovody a kanalizace problems caused due to drought, and the Union's position on the issue of drought. Another part of this thesis is focused on defining global climate change and the description of heat waves. In the last part of the thesis focuses on drought in czech river basins in 2003 and the heat wave in Europe in the same year.

Key words: drought - climate change - heat waves - hydrological extremes

Obsah

1. Úvod.....	9
2. Cíle práce	10
3. Literární rešerše	11
4. Hydrologické extrémny	11
4.1 Sucho	11
4.2 Druhy sucha.....	12
4.3 Indikátory sucha	14
4.4 Metody hodnocení sucha.....	15
4.5 SPI (Standard Precipitation Index).....	15
4.6 Palmer Drought Severity Index (PDSI).....	16
4.7 Metoda EP (efektivní srážky).....	16
4.8 Velikost sucha (DMPI).....	17
4.9 Dlouhodobé předpovědi srážek a meteorologického sucha	17
5. Povodí v České republice a sucho	18
5.1.1 Povodí Labe a sucho	18
5.1.2 Povodí Vltavy a sucho	19
5.1.3 Povodí Moravy a sucho	20
5.1.4 Možné nepříznivé vlivy v povodí Moravy v závislosti na klimatické změně.....	20
5.1.5 Povodí Odry a sucho.....	20
5.1.6 Povodí Ohře a sucho	21
5.2 Severočeské vodovody a kanalizace a sucho	21
6. Sucho a legislativa	22
6.1 Právní nástroje k zvládnání sucha	22
6.2 Zmírnění hydrologického sucha.....	23
6.3 EU a sucho.....	24
7. Klimatická změna	26
7.1 Dopady klimatické změny na režim nízkých průtoků.....	28
8. Vlna veder.....	28
9. Sucho v českých povodích v roce 2003.....	30
9.1 Evropské vlny veder v roce 2003	33
10. Diskuse.....	36

11.	Závěr	37
12.	Seznam použité literatury	39
13.	Seznam grafů, obrázků, tabulek a příloh.....	45
14.	Přílohy	46

1. Úvod

Sucha se vyskytují téměř po celém světě a je velmi obtížné se jejich vlivům účinně bránit, jelikož nastupují velmi pomalu a nenápadně. Existuje velmi mnoho definic tohoto hydrologického extrému a tím nastává problém, jak ho zařadit do legislativy, jelikož pro jeho zvládnání je důležitá přesná definice a zajištění toho, aby se výsledné pojmy důsledně používaly. Krizová legislativa v České republice není zatím připravena na řešení déletrvajícího sucha, které by se do budoucna vlivem globální klimatické změny na našem území mohlo vyskytovat častěji společně s vlnami veder. V plánu hlavních povodí České republiky, který byl vypracován v roce 2007, jsou uvedeny adaptační opatření, která by měla zvládat případné sucha a nedostatek vody i v dalších letech, kdy se předpokládá častější výskyt suchých období na našem území. Všechna povodí v České republice se již v minulosti s problémem suchých období potýkala a je pravděpodobné, že se i nadále potýkat budou a to mnohem častěji.

S globální klimatickou změnou, kde jedním z jejích projevů je zvyšování globální teploty, se také předpokládá větší výskyt vln veder, které si ve světě v minulosti vyžádaly mnoho obětí. Vlny veder postihly mnoho zemí a oblastí, např. Francii v roce 1976, Řecko v roce 1987 nebo Chicago v roce 1995, a způsobily smrt stovek lidí. V roce 2003 zasáhla Evropu a zejména Francii vlna veder, která si dle odhadů vyžádala téměř 20 000 obětí, některé odhady hovoří dokonce až o 35 000 obětech. Finanční ztráta způsobená touto vlnou veder dosáhla v lesnictví a zemědělství dle odhadů 13,1 mld. Eur. Vlny veder jsou tedy přírodní katastrofou s velmi vážným smrtelným rizikem.

Nedostatkem vody se od roku 2005 zabývá Rada Evropské unie a snaží se přimět všechny členské státy Evropské unie k vypracování plánů ke snížení zranitelnosti vůči dopadům globální změny klimatu a k prosazování udržitelného užívání vody.

2. Cíle práce

Cílem této práce je popis hydrologických extrémů, zejména sucha, jeho druhů a indexů pro jeho výpočet, a s ním spojených vln veder a zjištění, zda k výskytům sucha a vln veder bude dle dostupné vědecké literatury docházet v budoucnosti častěji v závislosti na globální změně klimatu. Dalším cílem je popis konkrétního suchého období a vlny veder. Jedním ze záměrů této práce je uvedení do problematiky sucha a jeho projevů pro budoucí práci, která by se měla zabývat konkrétní oblastí ohroženou častějším výskytem sucha.

3. Literární rešerše

4. Hydrologické extrémy

Náhlé změny frekvence, intenzity nebo místa extrémních meteorologických jevů, ke kterým patří povodně, bouře, sucha, atd., mají vážné a přímé dopady na společnost a ekosystémy, což se projevuje formou sociálních a ekonomických nákladů a někdy dokonce i ztrátou životů (Meehl, 2000; Parmesan, 2000; Murnane, 2004).

Jak již bylo výše zmíněno, k hydrologickým extrémům řadíme povodně, které jsou definovány jako výrazný dočasný vzestup hladiny toku, který je způsobený zmenšením průtočnosti koryta nebo náhlým zvýšením průtoku, ke kterým dochází na území České republiky vlivem spadlých intenzivních dešťových srážek případně táním sněhové pokrývky. V závislosti na příčinách rozeznáváme povodeň dešťovou, sněhovou a smíšenou (MŽP, 1993). Za další hydrologický extrém je označeno sucho, které je definováno v další kapitole.

4.1 Sucho

Vysvětlení pojmu sucho, i když velmi obecné, je uvedeno v Meteorologickém slovníku výkladovém a terminologickém (1993): „Sucho - velmi neurčitý, avšak v meteorologii často užívaný pojem, znamenající v zásadě nedostatek vody v půdě, rostlinách nebo i v atmosféře“.

Jiné vysvětlení tohoto pojmu podává Petr Blinka (2002), který definuje sucho jako normální projev klimatu související s jeho kolísáním. Nejedná se o žádný vzácný ani náhodný jev. Sucho se může vyskytovat ve všech klimatických zónách, resp. srážkových režimech.

Další definici podávají Brázdil a Kirchner (2007), kteří sucho, jenž ovlivňuje mnoho aktivit lidské společnosti, označují jako součást klimatických podmínek a jedná se o stav, kdy je výdej vody v krajině vyšší než její přívod.

Sucho je zařazeno mezi přírodní rizika odlišující se od ostatních rizik v několika směrech. Hlavní rozdíl od ostatních přírodních rizik je v tom, že sucho

vzniká pomalu a může se vyskytovat v průběhu celých sezón, roků a dekád (Blinka, 2002).

Sucho je průvodním jevem našeho klimatu, se kterým je nutno počítat ve vodním hospodářství, v zemědělské praxi a mnoha dalších odvětvích. Suchá období jsou různá, může se jednat o krátkodobá sucha či dokonce několikaměsíční až roční období, kdy jsou úhrny srážek velmi nízké (Litschmann et al., 2002).

Z odborného hlediska lze tedy sucho definovat jako nejednoznačný výraz, který v podstatě znamená nedostatek vody v rostlinách, půdě, atmosféře, dále také ve vodních nádržích, v korytech řek atd. (Blažek et al., 2006).

Vymezení pojmu sucha je tedy velmi obtížné, jelikož ho ovlivňují velmi rozmanitá hlediska hydrologická, meteorologická, zemědělská, bioklimatologická a pedologická (ČHMÚ, 2014).

Sucha, která jsou v posledních desetiletích silnější, způsobují výrazné ekonomické škody. Tyto škody jsou nejvýraznější v zemědělství. Sucha postihla v letech 2000, 2002, 2003 a 2006 nejen jižní, ale i centrální Evropu, tedy i území České republiky. Dlouhá období se srážkovým deficitem a extrémně vysoké letní teploty vedly v roce 2003 ke vzniku nejvýraznějších such za posledních 20 let (Potop a Türkott, 2007). Vlivem změny globálního klimatu se zvyšuje pravděpodobnost výskytu extrémních such a povodní na regionální úrovni (Watson et al., 1997).

4.2 Druhy sucha

V podstatě neexistuje žádná univerzální definice sucha, ale např. D. A. Wilhite a M. H. Glantz (1985) uvádějí přehled některých definic sucha a zároveň rozlišují tyto čtyři druhy sucha: meteorologické sucho, hydrologické sucho, zemědělské sucho a socio-ekonomické sucho. Meteorologické sucho se obvykle hodnotí na základě odchylky srážek od normálu pro konkrétní časové období. Hydrologické sucho se vyjadřuje pomocí deficitů podpovrchových a povrchových zásob vody. Zemědělské sucho se vztahuje k potřebám půdní vláhy určitých plodin. Definice, která spojuje sucho a ekonomické teorie nabídky a poptávky, je socio-ekonomické sucho.

Jiné rozdělení sucha je uvedeno v Meteorologickém slovníku výkladovém a terminologickém (1993), kde je sucho rozděleno na atmosférické, agronomické, meteorologické, klimatologické, fyziologické, hydrologické a nahodilé.

Agronomické sucho nastává, pokud půda trpí nedostatkem vláhy a tím vzniká suché půdní prostředí, kdy se rostlinám nedostává vyživovacích a růstových podmínek. V důsledku toho je nízká a špatná sklizeň či rostliny zcela usychají (Jůva, 1959). Dle Novického (2011) nastává meteorologické sucho, když je roční úhrn srážek menší než dlouhodobý průměr o více než 1,3 násobek směrodatné odchylky. Dále toto sucho nastává, když srážkový úhrn za posledních 21 dnů nedosáhne jedné třetiny normálu, nebo pokud měsíční úhrn srážek klesne pod hodnotu 60 % hodnoty dlouhodobého normálu nebo je v patnácti po sobě jdoucích dní naměřen denní úhrn větší než 1 mm. Za hydrologické sucho je dle Blinky (2004) označen takový stav, kdy je momentální zásoba vody menší než její minimální potřeba v konkrétní oblasti. Toto sucho vzniká vlivem nepříznivé kombinace meteorologických jevů.

Další možné rozdělení sucha je dělení na sucho půdní, klimatické a hydrologické. Půdní sucho je možné definovat jako nedostatek vody v kořenové vrstvě půdního profilu způsobující poruchy vodního režimu zemědělských i volně rostoucích plodin. Půdní sucho je důsledkem sucha klimatického a jeho účinky se projevují u rostlin různě, jelikož závisí na druhu rostliny, vývojové fázi rostliny, nárocích na vodu, na stáří rostliny atd. Vlivem půdního sucha vzniká sucho zemědělské, což je projev půdního sucha v zemědělské praxi, ale jeho dopady a intenzita jsou ovlivňovány kromě vlastního deficitu vody ještě jinými biologickými faktory, mezi které řadíme např. momentální stav porostů nebo odolnost porostů a rostlin vůči suchu, ekonomickými faktory, jako využití závlah, a technickými faktory, kde se jedná o způsob zpracování půdy a úroveň zemědělských strojů. Klimatické sucho je určeno jako porovnání srážkových poměrů aktuálního období se srážkovými poměry dlouhodobého období, přičemž vzniká srážkový deficit, což je záporný rozdíl mezi množstvím momentálně spadlých srážek a jejich dlouhodobým průměrem. Nedostatkem srážek vzniká sucho hydrologické, kdy nastává nedostatek zdrojů podzemních a povrchových vod. Vznik hydrologického sucha může ovlivnit i člověk využíváním vodních zdrojů (ČHMÚ, 2014).

Sucho lze rozdělit ještě např. do třech skupin – stálé, sezónní a způsobené deficitem srážek, kde sucho stálé je spojené s aridním podnebím a sucho sezónní se vyskytuje v podobě každoročních období suchého počasí (Potop, 2008).

4.3 Indikátory sucha

Vlivem výskytu několika velkých povodní za posledních patnáct let byla pozornost vodohospodářů a správních orgánů věnována především problematice ochrany před povodněmi. Sucho bylo spíše mimo centrum zájmu, přesto že jde o neméně závažný nebezpečný jev s poměrně velkými důsledky. Sucho je v rámci metodiky, která se užívá pro hodnocení přírodních katastrof, zařazeno mezi katastrofy klimatického původu. Extrémní sucho nejvíce postihuje méně rozvinuté země, kde způsobuje obrovské škody na úrodě a vlny hladomoru. S nepříznivými důsledky sucha bojují ale i vyspělé státy, např. v roce 2011 byly zaznamenány značné škody v Mexiku a Spojených státech. Sucho se od ostatních přírodních katastrof liší tím, že nastupuje pozvolna a jeho projevy jsou patrné až svými negativními důsledky. Z toho důvodu je důležité věnovat pozornost stanovení vhodným indikátorům, které by nás včas na nebezpečí sucha upozornili a umožnili by nám provedení účinných opatření. K očekávaným důsledkům změn klimatu patří zvyšování pravděpodobnosti výskytu sucha (Havlíček et al., 2013).

Indikátory sucha jsou nepostradatelné nástroje, které nám pomáhají detekovat, sledovat a hodnotit epizody sucha. Nejčastěji indikátory reprezentují vztah mezi pozorovanými hodnotami sledované veličiny a jejich dlouhodobými normálami (Havlíček et al., 2013). Do výpočtů těchto indikátorů (indexů) sucha vstupuje mnoho faktorů, jako např. srážky, teplota, odtok, evapotranspirace, půdní vláhota, zásoby sněhu a vody v nádržích a řekách atd. (Blinka, 2002). Hlavním účelem indikátorů je zprostředkovat mapování a popis případů sucha. Indikátory musí umožnit přesné stanovení hlavních charakteristik sucha, jako je délka trvání, velikost, intenzita, četnost výskytu a plošný rozsah. Indikátory by měly být srozumitelné, založené na snadno dostupných datech, nezávislé na místě použití a citlivé na širokou škálu podmínek sucha (Havlíček et al., 2013).

Novický (2011) uvádí, že indexy (indikátory) sucha musí při jeho hodnocení používat nejen hydrologické indexy, ale i ostatní indexy z příbuzných oborů, které jsou nějakým způsobem se suchem spojeny. Podle typu použitých dat můžeme indexy rozdělit do čtyř kategorií:

- indexy založené na pozorování srážek, což jsou RAI (Rainfall Anomaly Index), Iar-DM (De Martonne Aridity Index), API

- (Antecedent Precipitation Index), SPI (Standardized Precipitation Index), metoda decilů, metoda součtových řad, EDI (Effective Drought Index), RDI (Reconnaissance Drought Index),
- indexy založené na sledování podzemní vody, ke kterým patří SWI (Standardized Water Level Index, GRI (Groundwater Resource Index),
 - indexy založené na pozorování odtoku, ke kterým řadíme RDI (Regional Streamflow Deficiency Index), SDI (Streamflow Drought Index), index podle odtoku,
 - indexy komplexní, což jsou PDSI (Palmer Drought Severity Index) a od něj odvozené indexy, jako jsou PMDI (Palmer Modified Drought Index), PHDI (Palmer Hydrological Drought Index), ADI (Aggregate Drought Index), CMI (Crop Moisture Index), VegDRI (Vegetation Drought Response Index), RDI (Reclamation Drought Index), SWSI (Surface Water Supply Index).

4.4 Metody hodnocení sucha

Sucho se hodnotí z časového a prostorového hlediska a můžeme u něj také určit jeho sílu (intenzitu). Z prostorového hlediska lze sucho rozdělit do dvou kategorií a to je sucho, které se vyskytuje jen na ploše pár stovek kilometrů čtverečních, což většinou bývá sucho slabší a doba jeho trvání je relativně kratší. Druhá kategorie bývá někdy označována jako sucho kontinentální, neboť zde sucho postihne oblasti s rozlohou stovky tisíc kilometrů čtverečních, někdy dokonce i miliónů km². Suchem může být zasažen i celý kontinent. Z časového hlediska hodnotíme začátek, konec a dobu trvání sucha (Blinka, 2002).

Jůva (1959) uvádí, že při posouzení výskytu, způsobu a stupně sucha se vychází z detailních průzkumů. Tyto průzkumy posuzují především příčiny sucha, jeho vliv na vodní režim půdy a vláhové zásobení rostlin. Různé znaky na porostu a v půdě umožňují posoudit, zda sucho nastalo a v jaké míře.

4.5 SPI (Standard Precipitation Index)

SPI je založený na pozorování srážkových úhrnů (McKee et al., 1993). Výhody a nevýhody použití indexu SPI uvádí Hayes et al. (1999). Mezi výhody řadí jednoduchost, variabilní časové měřítko (interval) a standardizaci (extrémní hodnoty

se vyskytují se stejnou pravděpodobností). K nevýhodám indexu SPI patří předpoklad, že pozorovaná řada srážek může být s dostatečnou přesností modelována teoretickou distribuční funkcí. Další nevýhodou je standardizovaný charakter indexu, protože není možné přesně určit lokalitu, která je k výskytu sucha více náchylná. Poslední nevýhoda se projevuje v oblastech se sezónním výkyvem velmi nízkých srážkových úhrnů při použití krátkého časového intervalu (1 – 3 měsíce). Hodnoty indexu SPI mohou v tomto případě vycházet nereálně vysoké.

V tabulce č. 1 je uveden charakter období, který je určen výslednou hodnotou indexu SPI.

Tabulka č. 1 – Charakter období dle indexu SPI

Zdroj: Mckee et al., (1993)

Hodnota indexu	Charakter období
≥ 2	Extrémně vlhký
od 1,5 do 1,99	Velmi vlhký
od 1 do 1,49	Mírně vlhký
od 0 do 0,99	Slabě vlhký
od 0 do -0,99	Slabě suchý
od -1 do -1,49	Mírně suchý
od -1,5 do -1,99	Silně suchý
≤ -2	Extrémně suchý

V praxi bylo zjištěno, že index SPI detekuje nebezpečí hrozícího sucha mnohem dříve než složitější PDSI (Guttman, 1998).

4.6 Palmer Drought Severity Index (PDSI)

Jedná se o nejrozšířenější a nejpoužívanější meteorologický index sucha, k jehož výpočtu je potřeba znát kromě srážek i odtok, evapotranspiraci, hloubkovou a půdní infiltraci. Pomocí PDSI modelujeme pro danou lokalitu rovnici vodní bilance (Blinka, 2002).

4.7 Metoda EP (efektivní srážky)

Jak uvádějí Byun a Wilhite (1999), tak indexy sucha, které se v současné době používají, mají mnoho slabin, jelikož velké množství používaných indexů nedokáže s úplnou přesností určit začátek a konec sucha. Dále indexy pracují pouze s měsíčními průměry a není v nich zobrazen ani úbytek vodních zásob v čase, jenž je funkcí odtoku a celkového výparu. Jako další slabinu lze uvést to, že mnoho hodnot

potřebných pro výpočet indexů musí být pouze odhadováno, jako např. odtok. Proto Byun a Wilhite navrhli zcela nové indexy sucha, které řeší slabiny současných hodnotících metod. Tento nový index efektivní srážky (EP) se zabývá denním úbytkem vodních zdrojů. K určení EP je potřeba znát pouze denní průměry srážek na stanici. Metoda efektivní srážky je základem pro mnoho dalších indexů určujících např. intenzitu a délku sucha.

Pro výpočet efektivní srážky se používá tento vzorec:

$$EP_i = \sum_{n=1}^i \left(\frac{\sum_{m=1}^n P_m}{n} \right),$$

kde hodnota i znamená dobu sumace a hodnota P_m označuje srážku před m dny.

Pro aktuální srážku se hodnota P_m značí jako P_1 .

4.8 Velikost sucha (DMPI)

Hodnotu DM (Drought Magnitude) je možné obdržet sumací hodnot indexu v období sucha. Nedostatkem této metody je, že není možné určit přesnou frekvenci výskytu DM. Index DMPI představují standardizované hodnoty DM. Rozsah hodnot indexu DMPI odpovídá rozsahu hodnot SPI. Index DMPI představuje relativní velikost sucha (Havlíček et al., 2013).

4.9 Dlouhodobé předpovědi srážek a meteorologického sucha

Nejdelší pravidelně vydávanou předpovědí v České republice je měsíční výhled počasí, který vydává ČHMÚ (Český hydrometeorologický ústav). Tento měsíční výhled počasí vyjadřuje očekávaný trend ve vývoji počasí a celkový charakter předpovědních období z hlediska teploty vzduchu a množství srážek. K nejvíce problematickým prvkům dlouhodobých předpovědí patří srážky, které mají prostorově a časově nespojitý charakter a mají vazbu i na předpověď ostatních prvků, jako je druh a množství oblačnosti nebo vlhkost vzduchu. Problém tedy nastává i u předpovědi meteorologického sucha (Pechková, 2013).

5. Povodí v České republice a sucho

Česká republika se nachází na rozvodnici tří moří – Baltského, Černého a Severního a všechny její významnější toky odvádějí vodu na území sousedních států. Naše vodní zdroje jsou naprosto závislé na atmosférických srážkách. Území České republiky je rozděleno na tři hlavní povodí – Labe, Morava a Odra (MZE, 2006). Mapa těchto povodí je přiložena v příloze č. 1. Ke dni 1. ledna 2001 vznikly v České republice státní podniky Povodí, kterých je celkem pět – Povodí Labe, Povodí Vltavy, Povodí Moravy, Povodí Odry a Povodí Ohře. Tyto státní podniky společně s Lesy ČR, s. p. v působnosti Ministerstva zemědělství a Zemědělskou vodohospodářskou správou zajišťují správu více než 94 % délky všech vodních toků v České republice. Zbýlých 6 % spravují správy Národních parků, úřady vojenských újezdů, obce a ostatní právnické osoby (MZE, 2006). V příloze č. 2 je přiložena mapa, která zobrazuje rozdělení povodí mezi pět státních podniků Povodí.

V období od 16. století do konce 19. století bylo postiženo mimořádným suchem prakticky celé území České republiky celkem pětkrát. Jednalo se o roky 1540, 1590, 1616, 1790 a 1842, kde mezi nejvíce postižené oblasti patřilo Lounsko, Olomoucko, Strážnicko, Mostecko, Litoměřicko a Slaný. V nedávné historii lze roky 1947, 1983, 1994, 2000 a 2003 označit také za tzv. suché roky. Je tedy patrné, že se na našem území vyskytují nepříznivé meteorologické situace, které jsou spojené se suchem. Účinnou ochranu proti suchým obdobím tvoří vodní nádrže, kde jeden z jejich účelů je akumulace vody a nadlepšování minimálních průtoků (MZE, 2004).

V Plánu hlavních povodí České republiky (2007) je uvedeno, že sucho v České republice je normálním, běžným a opakujícím se klimatickým jevem a na zvládnutí potřeb společnosti při výskytu sucha byly navrženy systémy, které obyvatelstvo zásobují vodou za pomoci využití přirozených či umělých zásob vody. Dále je v tomto plánu uvedeno, že se při očekávané změně klimatu budou častěji vyskytovat mimořádně málovodná období, které budou následkem déletrvajícího extrémního sucha.

5.1.1 Povodí Labe a sucho

Toto povodí je spravováno státním podnikem Povodí Labe, kde do jeho působnosti spadá území o rozloze 14 976,1 km² a nachází se zde celkem 2 880 vodních toků, jejichž celková délka činí 9 367,7 km. Z celkového počtu 2 880 toků

se jich 155 řadí k významným vodním tokům a 2 725 k drobným vodním tokům (Povodí Labe, 2013).

V tomto povodí se za posledních třicet let suché epizody projevovaly především na nádržích sloužících jako zdroj pitné vody. Jako příklad lze uvést vodárenskou nádrž Hamry, kde bylo nutné řešit krizovou situaci na podzim roku 1983, neboť provozní akumulace nádrže byla zaplněna vlivem velkého sucha pouze ze 30 % a muselo dokonce dojít k omezení spotřeby vody pro velkoodběratele. Podobná situace nastala v témže roce i na nádrži Seč u Chrudimi, kde byla nádrž zaplněna jen ze 35 %. Jako nejhorší rok z hlediska hydrologického sucha na povodí Labe je označen rok 1947, kdy sucho postihlo celé povodí. Významně suchý byl v celém povodí i rok 2003 (MZE, 2004).

5.1.2 Povodí Vltavy a sucho

Správa tohoto povodí spadá pod státní podnik Povodí Vltavy, který kontroluje území o rozloze 28 708 km², na kterém se nachází více než 23 000 km vodních toků, kde 5 470 km patří k významným vodním tokům, téměř 12 000 km jsou určené drobné vodní toky a téměř 6 500 km jsou vodní toky drobné neurčené. Pod správu Povodí Vltavy dále spadá 116 vodních nádrží, kde 31 jich je významných, 20 plavebních komor, 47 pohyblivých a 292 pevných jezů a 19 malých vodních elektráren (Povodí Vltavy, 2013).

Zprávy o suchu v tomto povodí můžeme najít v mnoha historických kronikách, např. v Kosmově kronice, kde je popsáno sucho v roce 962. Období sucha se dále vyskytla v letech 988, 999, 1099, 1393, 1477, 1538, 1674, 1726 a 1842. V letech 1538 a 1674 se dokonce dala Vltava přejít suchou nohou. Od roku 1851 jsou k dispozici údaje o průtocích Vltavy v Praze, díky kterým přesně víme, kdy dochází k nejmenším průtokům. Jedná se o srpen až září, vlivem suchého léta, nebo o měsíc leden, kdy se zmrzlá voda nedostane do vodních toků. Za posledních 150 let byl nejmenší průtok zaznamenán v srpnu 1904, kdy Vltavou protékalo pouze 8 % průměrného průtoku (11,5 m³.s⁻¹). Podobná situace nastala i v roce 1911 (13 m³.s⁻¹) a v roce 1947 (15 m³.s⁻¹). Léta 1935, 1950 a 1952 a zimy 1871, 1875, 1901 a 1954 řadíme také mezi suchá období v povodí Vltavy, kdy průtoky dosahovaly hodnoty okolo 16 m³.s⁻¹. Významně suché byly i roky 1976, 1990, 1992 a 2003 (MZE, 2004).

5.1.3 Povodí Moravy a sucho

Toto povodí spravuje státní podnik Povodí Moravy, který spravuje území o rozloze 21 137,7 km² a celkové délce vodních toků 10 745 km, kde je 3 768 km vodohospodářsky významných toků a 6 977 km drobných toků. Dále se podnik stará o 30 velkých vodních nádrží, 142 malých vodních nádrží, 183 jezů, 13 plavebních komor, 24 čerpacích stanic, 86 stupňů a více jak 1 000 km ochranných protivodňových hrází (Povodí Moravy, 2013).

V povodí Moravy se suchá období vyskytovala v letech 1901, 1908, 1917, 1921, 1933, 1934, 1943 a 1947, kdy rok 1947 patří k těm nejsušším. V nedávné době se suchá období vyskytla v roce 1983, 1994, 2000 a 2003 (MZE, 2004).

5.1.4 Možné nepříznivé vlivy v povodí Moravy v závislosti na klimatické změně

Na oblasti povodí Moravy a Odry se modelovaný vliv klimatické změny projevuje snížením zabezpečení minimálních zůstatkových průtoků a poklesem nadlepšovacích průtoků u současných vodních nádrží v případě suchých období běžného roku. Předpokládá se, že by vznikly vyšší požadavky na akumulovanou vodu ve stávajících vodních nádržích. Tyto vodní nádrže musí vždy zabezpečit vodu pro povolené odběry vody a také musí zajistit dostatečné průtoky v samotných vodních tocích, aby byly vytvořeny podmínky pro přežití vodních ekosystémů. Vzrostla by i potřeba vody pro zavlažování v zemědělství k udržení produkce potravin (Borák et Foltýn, 2011).

5.1.5 Povodí Odry a sucho

O správu tohoto povodí se stará státní podnik Povodí Odry, který působí na území o rozloze 6 252 km², kde se nachází 1 355 km významných vodních toků a 1 500 km drobných vodních toků. Dále podnik spravuje 8 údolních nádrží, 3 gravitační převody vod a 31 malých vodních nádrží. Státní podnik Povodí Odry ještě spravuje 80 jezů a 9 malých vodních nádrží (Povodí Odry, 2013).

V tomto povodí se období sucha dostavuje většinou od léta do zimy. Nejsušším rokem je rok 1954, kdy bylo suchem zasaženo celé povodí. Další suchá období nastala v letech 1928 až 1930, 1950 až 1952. Díky výstavbě údolních nádrží není zatím toto povodí suchem ohroženo (MZE, 2004).

5.1.6 Povodí Ohře a sucho

Toto povodí spadá pod správu státního podniku Povodí Ohře, který se stará o 6 820,9 km vodních toků. Dále spravuje 7 čerpacích a přečerpacích stanic, 42 jezů, 22 velkých vodních nádrží, kde je jejich celkový objem 527 562 000 m³ a 57 ostatních vodních nádrží (Povodí Ohře, 2013).

Na území, kde se nachází povodí Ohře, leží nejsušší oblasti České republiky, což jsou Žatecko a Lounsko. V těchto oblastech dosahuje dlouhodobá roční průměrná srážka pouze 450 mm a aridní oblasti pokrývají celých 39 % plochy (MZE, 2004). Jako aridní oblast je označeno takové území, kde je výpar neúměrně větší, než jsou spadlé srážky (MŽP, 1993). K hydrologicky suchým obdobím v tomto povodí patří roky 1958, 1961 a 1963 (MZE, 2004).

5.2 Severočeské vodovody a kanalizace a sucho

Dle pana Karla Emingera, manažera útvaru centrálního dispečinku Severočeských vodovodů a kanalizací, region severních Čech (kraj Liberecký a Ústecký) netrpí nedostatkem vody, který by bylo nutné i v dlouhodobějším horizontu řešit. Potřebná voda se z 50 % získá z přehradních nádrží, které jsou v Krušných a Jizerských horách. U těchto nádrží nehrozí deficit vody, neboť jsou vybudovány jako víceleté nádrže s kapacitou pro mnohem větší potřeby vody, než jaká je potřeba vody dnes. Nádrže jsou také propojeny do velkých vodárenských soustav a v mnoha případech jsou zastupitelné. Druhou část vody získávají Severočeské vodovody a kanalizace z podzemních zdrojů. To se týká oblastí v okresech Česká Lípa, Litoměřice, Děčín a částečně také Liberec. Z velké části se zde voda získává pomocí hlubinných vrtů (terciérních a kvartérních), které mají velkou kapacitu. Až na několik málo výjimek není zatím registrován pokles kapacity těchto vrtů. Suchem jsou v severních Čechách potencionálně ohroženy jen malé mělké zdroje, které jsou velmi závislé na momentální hydrologické situaci. Tyto malé mělké zdroje většinou zásobují malé obce s místními vodovody, které nejsou připojeny do větších vodárenských soustav. Případný dočasný nedostatek vody se u těchto zdrojů řeší například zavážením vody do vodojemů, nebo se voda přivede ze soustav, kde je ji dostatek, ale pouze tehdy, pokud je to technicky a především ekonomicky realizovatelné. Přechodný úbytek vody řešily Severočeské vodovody a kanalizace, a. s. v roce 2003, kdy se jednalo o hydrologicky špatný rok. Jednalo se ale pouze o

přechodnou záležitostí a srážkové úhrny v dalších letech situaci opět stabilizovaly. Problém s nedostatkem vody pomáhá oddálit stále klesající spotřeba vody, jejíž pokles se od roku 1990 ještě nezastavil (Karel Eminger, 2014, in litt.).

6. Sucho a legislativa

Sucho patří mezi nejhůře zvladatelnou krizovou situaci, jelikož nastupuje pomalu a nenápadně. Na zvládnání sucha není Česká republika připravena, neboť nemá systém s danými indikátory a nemá ani stanovené orgány, které by měly příslušnou pravomoc a odpovědnost. Pro zvládnutí sucha je důležité přesná definice a zajištění toho, aby se dohodnuté pojmy důsledně používaly a to od legislativy až po odborné publikace. Nejsou ani přesně vytyčené hranice mezi různými druhy sucha, tedy mezi agronomickým, meteorologickým a hydrologickým. Naše krizová legislativa není připravena na řešení déle trvajícího sucha, protože zná jen nouzové zásobování pitnou vodou, což je přiděl 5 – 10 litrů vody na osobu na den, v případě jiných krizových situací (např. povodně, průmyslové havárie apod.). Ve městech a obcích sucho způsobuje problémy se zásobováním obyvatel pitnou vodou a také způsobuje problémy s požární ochranou, neboť požární ochrana je závislá na vodovodu a dostatku vody. Obce nemají žádné plány, které by obsahovaly způsoby zajištění spolehlivých a včasných informací o vývoji sucha (Finfrlová, 2013)

V zákonu č. 274/2001 o vodovodech a kanalizacích se řeší pouze výstavba a provozování infrastruktury, ale neřeší se dostupnost vody ve zdrojích. Suchem se nezabývají ani plány rozvoje vodovodů a kanalizací.

Jelikož je lidská společnost naprosto závislá na elektrické energii, musí být pro případ déletrvajícího sucha přesně stanoveno, kdo kolik vody bude mít k dispozici, jako např. vodárny, elektrárny na chlazení, zemědělci pro závlahy a zvířata, průmysl pro výrobu apod. (Finfrlová, 2013).

6.1 Právní nástroje k zvládnání sucha

Vytvoření podmínek pro snížení nepříznivého účinku sucha stanoví zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů – vodní zákon, ve znění pozdějších předpisů. Ovšem teprve poslední novelou tohoto zákona byl vložen i účel

zákonu přispět k zajištění zásobování obyvatelstva pitnou vodou. Projev tohoto účelu se ale v dalších ustanoveních vodního zákona projevuje jen minimálně.

Osobám nakládajícími s povrchovými nebo podzemními vodami ukládá vodní zákon povinnost dbát o jejich ochranu jen obecně. Zákon dále ukládá povinnost stavebníkovi nebo vlastníkovi zajistit zásobování vodou pro své stavby, dle jejich charakteru a účelu užívání.

V případě mimořádné situace, kdy není možné využít vodu ve vodním zdroji k zásobování nebo je vody přechodný nedostatek a veřejný zájem vyžaduje zajištění zásobování vodou, může vodoprávní úřad svým rozhodnutím nebo případným opatřením obecné povahy na nezbytně potřebnou dobu omezit či zakázat povolení nakládání s vodami.

Pokud by došlo k dlouhodobému nedostatku vody ve větších oblastech, kdy by tento nedostatek vedl k problémům se zajištěním zásobování obyvatel pitnou vodou, nebyly by kompetence vodoprávních úřadů dostatečné. Proto je třeba uvažovat, dle paní Nietzscheové (Povodí Vltavy, a. s., 2013), o novele vodního zákona. Dle této novely by měly být rozšířeny kompetence vodoprávních úřadů o možnost vyhlásit mimořádnou situaci, která by se nazývala sucho, kde by mohly být dále přesně určené omezející podmínky v platných povoleních k odběru podzemní a povrchové vody za účelem zásobování obyvatelstva pitnou vodou. Jednalo by se tedy především o určení podmínek pro minimální zůstatkový průtok, minimální hladiny podzemních vod a další časová omezení z důvodu ochrany přírody. V krizových zákonech by nepochybně mělo být zvaženo i řešení problémů sucha.

6.2 Zmírnění hydrologického sucha

Poznatky vyplývající z výsledků pozorování v povodích, kde bylo prováděno měření Hanelem et al. (2011), a ze statistických analýz výsledků tohoto dlouhodobého pozorování prvků hydrologické bilance je možné předpokládat, že změnami ve využívání pozemků prakticky nelze trvale změnit dlouhodobou průměrnou výšku odtoku v povodí. Jako příklad je možné uvést drastický zásah, při kterém se dočasně odlesnila podstatná část Krušný hor, kde se tento zásah projevil jen mírným zvýšením odtoku. Účinek odlesnění byl pozorován jen v několika málo letech po zásahu. Jakmile zarostla povodí náletovým a travním porostem nebo byly

vysazeny lesní porosty, tak zmiňovaný účinek odlesnění vymizel. Vůbec se neprojevovalo ani zvětšení povodí.

Výsledky získané na experimentálních mikropovodí Ústavu hydrologie SAV výrazně přispěly k poznání hydrologické funkce lesa. Z rozsáhlých poznatků získaných v povodí potoka Moštěník, které je součástí Strážovské vrchoviny, jsou podstatné závěry získané porovnáním tří dílčích povodí, kde první povodí je pokryté listnatým lesem, druhé povodí je pokryté jehličnatým lesem a třetí povodí je využíváno běžným zemědělským způsobem. Z pozorování v letech 1981 – 1990 je patrné, že největší dlouhodobý koeficient odtoku je 31 % u zemědělsky využívaného povodí, poté je to povodí s jehličnatým lesem, kde je dlouhodobý koeficient odtoku 26 % a nejmenší koeficient odtoku vykazuje povodí, které je pokryté listnatým lesem a to 23 %.

Důležité je, že změny ve využívání pozemků vedoucí ke zvětšení retenční schopnosti krajiny – např. zalesnění – jsou vhodné z hlediska zlepšení vodního režimu krajiny i pro zmírnění povodní z krátkodobých přívalových srážek, ale nejsou vhodné na povodích s menšími průměrnými srážkami, neboť se mohou projevit výrazným zmenšením celkového odtoku a zmenšit tím množství vody dostupné pro zásobování nebo pro ekosystémy, které jsou vázané na vodní prostředí (Hanel et al., 2011).

6.3 EU a sucho

Rada Evropské unie se nedostatkem vody zabývá od roku 2005. V roce 2010 Rada přijala závěry pro životní prostředí, které jsou uvedeny v dokumentu 11061/10 ze 14. června 2010. Tyto závěry podporují veškeré aktivity členských států Evropské Unie, které vedou ke snížení zranitelnosti vůči dopadům změny klimatu. Zároveň také tyto závěry vyzývají všechny členské státy k vypracování plánů pro zvládnutí sucha a nedostatku vody a k prosazování udržitelného užívání vody. V klimatických podmínkách České republiky se předpokládá, že se změna klimatu projeví nejvýrazněji v těchto oblastech:

- 1) voda – neočekává se výrazná změna celkové bilance srážek, ale můžeme očekávat změnu jejich časového rozložení, dále pak častější výskyt hydrologických extrémů (sucha a povodní), což ovlivní dostupnost, dostatečnost a jakost vodních zdrojů,
- 2) teplota – očekává se nárůst teplot, zejména v podzimních měsících,

3) extrémny – předpokládá se, že bude docházet k četnějšímu výskytu extrémních projevů počasí, jako jsou povodně, vichřice, sucha, a také k mnohem častějšímu střídání těchto výkyvů.

Vodní zdroje v České republice jsou naprosto závislé na atmosférických srážkách a také na rozkolísanosti srážko-odtokového režimu. Vlivem klimatické změny se do budoucna předpokládá zvýšení této rozkolísanosti, což povede k výraznému poklesu nyníjších zdrojů podzemní i povrchové vody. Dle předpokladů by tento pokles mohl být až o 25 %. Pro hlavní povodí České republiky byl vypracován plán pro zvládání sucha a nedostatku vody, ve kterém jsou uvedeny cíle k přípravě a přizpůsobení se změně klimatu. Rámcových cílů v plánu by se mělo dosáhnout těmito adaptačními opatřeními:

- zaváděním adaptačních opatření, která jsou přesně určená v Národním programu pro zmírnění dopadů změny klimatu v České republice,
- zapojením ostatních sektorů hospodářství a krajů do dlouhodobých prognóz nároků na vodu,
- připravením návrhů legislativních opatření, pomocí kterých by došlo k provázanosti zpracování plánů oblastí povodní s řešením celkových pozemkových úprav,
- v generelech odvodnění urbanizovaných území uplatňovat koncepci nakládání s dešťovými vodami, kde by bylo umožněno jejich zadržování, vsakování i přímé využití,
- uplatněním požadavků pro „dobrý environmentální a zemědělský stav“ a požadavků „kontroly podmíněnosti“ s předpokladem na zvýšení vsakování vody,
- vytvořením vhodných programů výzkumu a vývoje,
- odstraněním sedimentů ze současných vodních nádrží zajistit obnovu jejich funkcí,
- zajištěním ochrany lokalit, které jsou vhodné pro umělou akumulaci povrchových vod.

I bez vazby na zmiňovanou změnu klimatu bude realizace těchto adaptačních opatření velmi přínosná, jelikož i dnešní proměnlivost klimatického systému společně s extrémními projevy počasí způsobuje většinou značné škody. Klíčovou

roli při realizaci těchto adaptačních opatření hraje přirozená schopnost přírodních prvků a přírody zmírnit tyto negativní dopady v co největší ploše. Je tedy vhodné a nutné využívat přirozeného potenciálu krajiny, který dokáže těmto změnám odolávat. Při uplatnění vhodných opatření v krajině se nejen udrží příznivý vodní režim, ale podpoří se i přirozená retenční schopnost krajiny, čímž dojde ke zvýšení její odolnosti vůči klimatické změně, a také dojde k pozitivní změně mikroklimatu, případně místního klimatu (MZE, MŽP, 2011).

7. Klimatická změna

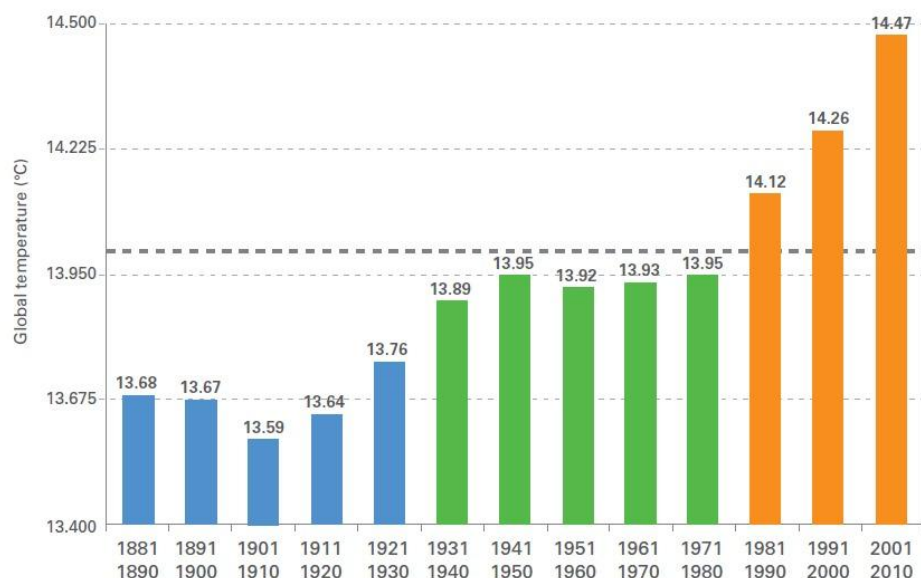
Definice klimatické změny je popsána v Rámcové úmluvě Organizace spojených národů o změně klimatu (1992), kde se změnou klimatu rozumí taková změna, která se váže přímo či nepřímo na lidskou činnost, díky které se mění složení globální atmosféry a je kromě přirozené variability klimatu pozorována za srovnatelný časový úsek.

Milan Smrž (2012) uvádí, že za hlavní příčinu klimatické změny jsou pokládány antropogenní kořeny. Dále uvádí, že neexistuje prakticky žádná pochybnost o tom, že lidmi způsobené emise skleníkových plynů patří k hlavním příčinám iniciace změn teploty Země. Borák a Foltýn (2011) předpokládají, že do budoucna se bude vyskytovat vyšší extremita meteorologických a hydrologických jevů. Tento častější výskyt extrémů může mít nepříznivé dopady do všech oblastí lidské činnosti.

V posledních sto padesáti letech došlo ke zvýšení průměrné globální teploty o 0,6 °C (Barros, 2006). Jak uvádí NOAA (National oceanic and atmospheric administration) - National Weather Service (2007), tak poslední desetiletí 20. století a začátek 21. století bylo nejteplejší období od počátku globálního zaznamenávání teploty, které začalo v polovině 19. století.

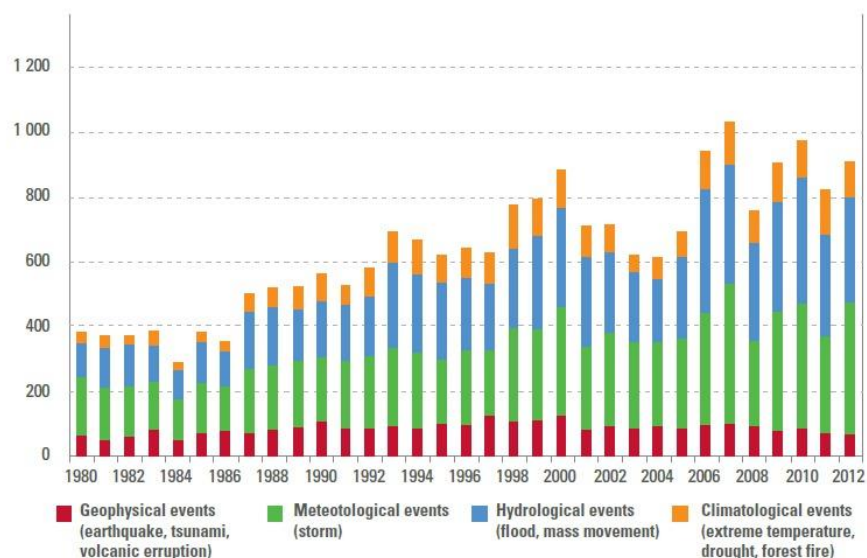
Na grafu č. 1 je zobrazen postupný nárůst globální teploty od roku 1881 do roku 2010. Čárkovaná vodorovná čára označuje dlouhodobou průměrnou hodnotu (14°C), která je určena ze základního období 1961 – 1990.

Graf č. 1 – Nárůst globální teploty
Zdroj: WMO, 2010: The global climate 2001 – 2010



Na grafu č. 2 je zobrazen počet přírodních katastrof z let 1980 – 2010. Z grafu je patrné postupné zvyšování výskytu přírodních katastrof od 80. let 20. století. V grafu jsou zobrazeny geofyzikální jevy (zemětřesení, tsunami, vulkanické erupce), meteorologické jevy (bouře), hydrologické jevy (povodně, sesuvy půdy), klimatologické jevy (extrémní teploty, sucha, lesní požáry).

Graf č. 2 – Počet přírodních katastrof z let 1980 – 2010
Zdroj: MunichRe NatCatSERVICE



7.1 Dopady klimatické změny na režim nízkých průtoků

Od počátků devadesátých let je v České republice věnována pozornost modelování dopadů změn klimatu a v současné době se stále více objevují práce, které se věnují odhadům dopadů na extrémní hydrologické jevy (sucho, povodně) a také návrhům různých adaptačních opatření a adaptačních strategií. Do budoucna se očekává nárůst teploty v celé Evropě a pokles letních, nárůst zimních a stagnace ročních srážek. Na severu Evropy se předpokládá s růstem srážek a na jihu se počítá s poklesem srážek, což přispívá k nejistotě odhadu změn roční bilance srážek pro Českou republiku. Podle klimatických modelů se předpokládá, že v České republice bude od podzimu do začátku léta docházet k mírnému růstu srážek, ale vlivem vyšší teploty se spadlé srážky opět vypaří. V létě dojde k poklesu srážek a v důsledku vyššího úbytku vody nemůže docházet k příliš výraznému zvyšování evapotranspirace. Jedním z faktorů, který ovlivní změny odtoku je posun doby tání vlivem vyšších teplot, kde se tato doba posune z dubna na leden nebo únor (Boháč et al., 2013).

8. Vlna veder

Vlny veder (horké vlny) nemají v odborné literatuře jednotnou definici. Všeobecně je vlna veder definována jako delší období, při kterém dochází k neobvykle silnému a atmosféricky podmíněnému tepelnému stresu. Kvantitativní vymezení vln veder je založené na kritériích dosažení či překročení předem stanovené konkrétní prahové hodnoty maximální denní teploty vzduchu a dobou trvání takových teplot. Tyto hodnoty jsou závislé na geografické oblasti a také na účelu analýzy. Pro střední Evropu se nejčastěji používá hodnota maximální denní teploty vzduchu 30°C (Hošek et al., 2012). Za vlnu veder je tedy označena taková situace, kdy v minimálně třídenním období letních veder dosahují maximální denní teploty 30°C a více (Rožnovský et al., 2010). Za hlavní příčinu vzniku vln veder je označován specifický typ atmosférické cirkulace, který vede k vytvoření blokujících anticyklón, což jsou tlakové výše, ve výškových cirkulačních polích. Tyto tlakové výše zůstávají relativně dlouhou dobu (týden, někdy i několik týdnů) nad danou kontinentální oblastí, kde pak dochází k narušení převládajícího charakteru atmosférického proudění a k omezení výměně vzduchových hmot nad danou

lokalitou. Počasí v oblasti tlakových výší je v letních měsících charakterizováno malou oblačností a vede k intenzivnímu ohřívání zemského povrchu slunečním zářením. Vlivem tohoto ohřívání postupně roste přízemní teplota a dochází k vývoji vln veder. Sucho, které je pro tyto situace typické, napomáhá také vysokým teplotám a vzniku vln veder (Hošek et. al, 2010).

V tabulce číslo 2 jsou zobrazeny historické rekordy maximální teploty vzduchu ve vybraných evropských zemích s přesným určením místa a data výskytu.

Tabulka č. 2 - Historické rekordy maximální teploty vzduchu

Zdroj: WMO – World Meteorological Organization

Země	Tmax [°C]	Oblast	Datum
Itálie	48,5	Catenanuova, Sicílie	10. 8. 1999
Řecko	48,0	Atény	10. 7. 1977
Porugalsko	47,4	Amareleja	1. 8. 2003
Španělsko	47,2	Murcia	4. 7. 1994
Kypr	46,6	Lefkoniko	1. 8. 2010
Bosna a Hercegovina	46,2	Mostar	31. 7. 1900
Makedonie	45,7	Demir Kapija	24. 7. 2007
Rusko	45,4	Utta	12. 7. 2010
Bulharsko	45,2	Sadovo	5. 8. 1916
Srbsko	44,9	Smederevska Palanka	24. 7. 2007
Černá Hora	44,8	Podgorica	16. 8. 2007
Rumunsko	44,5	Ion Sion	10. 8. 1951
Francie	44,1	Conqueyrac	12. 8. 2003
	44,1	Saint-Christol-le`s-Ale`s	12. 8. 2003
Chorvatsko	42,8	Ploče	5. 8. 1998
Ukrajina	42,0	Luhansk	12. 8. 2010
Maďarsko	41,9	Kiskunhalas	8. 7. 2007
Moldávie	41,5	Camenca	21. 7. 2007
Švýcarsko	41,5	Grono	11. 8. 2003
Slovinsko	40,6	Črnomelj	5. 7. 1950
Slovensko	40,3	Hurbanovo	20. 7. 2007
Česká republika	40,2	Praha-Uhřetěves	27. 7. 1983
Německo	40,2	Gärnersdorf bei Amberg	27. 7. 1983
	40,2	Karlsruhe & Freiburg	13. 8. 2003
Polsko	40,2	Prószkow	29. 7. 1921
Rakousko	39,7	Dellach im Drautal	27. 7. 1983
Bělorusko	38,9	Gomel	7. 8. 2010

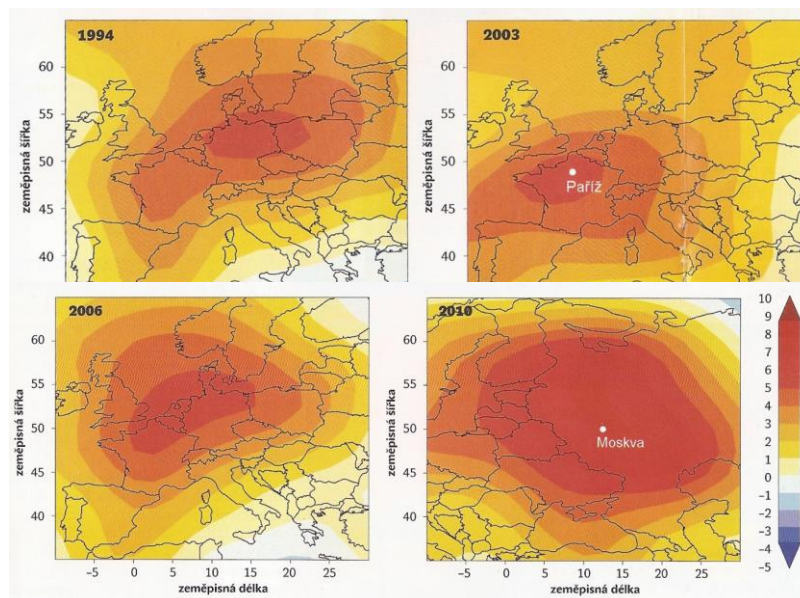
Belgie	38,8	Uccle	27. 6. 1947
Nizozemsko	38,6	Warnsveld	23. 8. 1944
Velká Británie	38,5	Faversham, Kent	10. 8. 2003
Švédsko	38,0	Ultuna	9. 7. 1993
	38,0	Målilla	29. 6. 1947
Litva	37,5	Zarasai	30. 7. 1994
Finsko	37,2	Liperi	29. 7. 2010
Dánsko	36,4	Holstebro	10. 8. 1975
Lotyšsko	36,4	Daugavpils	4. 8. 1943
Estonsko	35,6	Võru	11. 8. 1992
Norsko	35,6	Nesbyen	20. 6. 1970
Irsko	33,3	Kilkenny Castle	26. 6. 1887

Na obrázku č. 1 jsou zobrazeny měsíční odchylky průměrné teploty během vln veder v letech 1994 (11. 7. -10. 8.), 2003 (21. 7. – 20. 8.), 2006 (1. – 31. 7.) a 2010 (1. – 31. 7.). Odchylky jsou porovnávány s normálem za léta 1960 – 1990.

Obrázek č. 1 - Měsíční odchylky průměrné teploty ve spodní troposféře během horkých vln

Zdroj: NCEP/NCAR reanalýza,

<http://www.esrl.noaa.gov/psd/data/reanalysis/reanalysis.shtml>



9. Sucho v českých povodích v roce 2003

Hydrologické sucho v ČR v roce 2003 se začalo projevovat od poloviny května a přetrvávalo několik měsíců. Nejnižší hladiny byly pozorovány na českých

řekách v srpnu a září. Na většině území České republiky spadlo od začátku roku do září méně než 500 mm srážek, což je méně než 80 % dlouhodobého ročního průměru. Na velké části území bylo dokonce zaznamenáno méně než 60 % úhrnu srážek, než je průměr. Průměrná teplota byla v tomto roce o 2°C vyšší než je dlouhodobý průměr téměř pro celou Českou republiku. Prudké poklesy hladin na tocích ve všech hlavních povodích byly zaznamenány od května, kdy se začal nejvíce projevovat nedostatek vody.

Průtoky v tocích, které sleduje Český hydrometeorologický ústav, byly od června do září podprůměrné. Nejnižší hodnoty byly naměřeny v srpnu, kdy např. průtoky v povodí Labe dosahovaly 25 až 40 % dlouhodobého měsíčního průměru. Na nejméně vodných úsecích, jako je dolní Úpa, dolní Orlice, Dědina, Doubrava, Dolní Cidlina a horní Jizera dosahovaly naměřené hodnoty jen 4 až 25 % dlouhodobého měsíčního průměru (Řiřicová et al., 2004).

V příloze je přiložena mapa České republiky, kde je porovnáváno sucho 2003 s historickými minimy (příloha č. 3).

V tabulce č. 3 je uveden výskyt malých průtoků ve vybraných stanicích. Na dvou tocích – Skalice (povodí Labe) a Svatava (povodí Labe) – byl zaznamenán v roce 2003 vůbec nejmenší průtok za celé období měřen. Na vodním toku Labe byl zaznamenán stejně nízký průtok jako v letech 1949 a 2002 a stejně tomu tak je i u vodního toku Odry, kde byl zaznamenán stejně nízký průtok jako v roce 1962.

Tabulka č. 3 - Výskyt malých průtoků ve vybraných stanicích
Zdroj: Hydrologická ročenka České republiky 2003

Povodí	Tok	Stanice	Vyhodnocování průtoků od	Roky s průtoky menšími než v roce 2003
Labe	Labe	Debrné	1949	stejně jako 1949 a 2002
	Úpa	Česká Skalice	1911	1911, 1915, 1921, 1925, 1947, 1994
	Orlice	Tyniště nad Orlicí	1917	1917, 1921, 1922, 1928, 1930, 1935
	Dědina	Mitrov	1960	1972, 1974, 1983, 1990-1994, 1996
	Doubrava	Žleby	1927	1930, 1934, 1935, 1947, 1953, 1990
	Cidlina	Sány	1910	více než 6x
	Jizera	Železný Brod	1911	1929, 1934, 1947, 1976, 1983, 1990

	Jizera	Předměřice	1911	1911, 1921, 1930, 1935, 1992
	Studená Vltava	Černý Kříž	1946	1947, 1950
	Nežárka	Lasenice	1946	1957, 1990, 1992
	Lužnice	Bechyně	1912	1950, 1990
	Otava	Sušice	1930	1947
	Otava	Katovice	1911	1918
	Otava	Písek	1912	1947
	Lomnice	Dolní Ostrovec	1948	1948, 1965, 1970, 1971, 1975
	Skalice	Varvařov	1930	v roce 2003 nejmenší Q za celé období
	Sázava	Nespeky	1912	více než 6x
	Úterská potok	Trpisty	1952	1973, 1998
	Radbuza	Staňkov	1930	více než 6x
	Berounka	Plzeň-Bílá Hora	1912	více než 6x
	Svatava	Svatava	1964	v roce 2003 nejmenší Q za celé období
	Labe	Ústí nad Labem	1941	více než 6x
	Ploučnice	Česká Lípa	1948	více než 6x
Odra	Odra	Odry	1951	stejně jako 1962
	Stěnava	Otovice	1976	1983, 1992, 1993
	Opavice	Krnov	1952	1992, 1993, 1994
Morava	Desná	Šumperk	1925	1930
	Moravská Sázava	Lupené	1926	1930, 1947, 1992, 1999
	Morava	Moravičany	1911	1922, 1963
	Vsetínská Bečva	Vsetín	1941	1947, 1952, 1992
	Rožnovská Bečva	Valašské Meziříčí	1942	1944, 1950, 1951, 1962, 1992
	Bečva	Dluhonice	1920	1928, 1930, 1962, 1992, 1993
	Morava	Kroměříž	1916	1921-1923, 1928, 1930, 1946-1947, 1994

Pro rok 2003 je určena i N-letost ve vybraných stanicích, která je zobrazena v tabulce č. 4. Tato N-letost představuje sucho, které je dosažené či překročené průměrně jednou za N-let (MZE, 2004).

Tabulka č. 4 - Výsledné N-letosti pro sucho 2003 ve vybraných stanicích
Zdroj: Hydrologická ročenka České republiky 2003

Tok	Stanice	Výsledná N-letost [roky]
Orlice	Týniště	25 - 50
Jizera	Železný Brod	2 - 5
Jizera	Předměřice	5 - 10
Lužnice	Bechyně	25
Otava	Sušice	25 - 50
Otava	Písek	25 - 50
Berounka	Bílá Hora	5 - 10
Labe	Ústí nad Labem	5
Ploučnice	Benešov	2 - 5

9.1 Evropské vlny veder v roce 2003

Za vlnu veder je označena taková situace, kdy v minimálně tří denním období letních veder dosahují maximální denní teploty 30°C a více (Rožnovský et al., 2010).

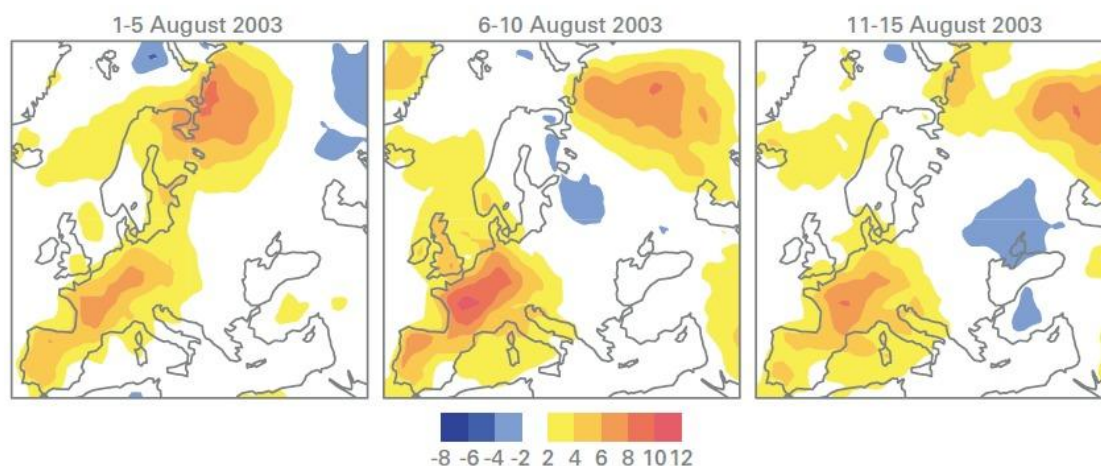
Vedra jsou dobře známým zabijákem v různých částech světa, včetně Evropy. Postihla například Francii (1976), Řecko (1987), Belgie (1994), Wales a Anglii (1995) a způsobila smrt stovek lidí. Letní vlna veder v roce 2003 byla ovšem výjimečná kvůli rozsáhlým ztrátám na životech, kde například ve Francii během 9 dní extrémně vysokých veder bylo zaznamenáno 14 800 obětí. Vysoké ztráty na životech byly zaznamenány i v jiných evropských zemích, konkrétně v Itálii, Španělsku, Portugalsku, Velké Británii, kde vinou veder zahynulo 1000 až 5000 lidí. Počet obětí ve Francii nemá v současné historii obdoby. Pro srovnání často citovanou vlnu veder v roce 1995 v Chicagu přesáhl počet obětí ve Francii přibližně 20x (Bouchama, 2004).

Největší teplotní výkyvy byly pozorovány v červnu a srpnu v oblasti táhnoucí se od jihozápadního Německa přes Švýcarsko až do východní a jižní části Francie. I přesto, že se nejednalo o nejsušší zaznamenané léto ve střední Evropě, byly negativní dopady sucha způsobeného touto vlnou veder velké, což se projevilo zejména na výnosu z plodin, kde došlo k velkým ztrátám, a extrémně nízkou hladinou řek v Evropě (Fink et al., 2004).

Ve většině evropských oblastí, které byly zasaženy vlnou veder, byly minimální teploty v červnu a srpnu o 4°C vyšší oproti průměrným hodnotám. Na několika meteorologických stanicích na jihozápadě Německa byla v srpnu dokonce evidována minimální teplota vyšší o 6°C než je pro tuto oblast obvyklé. Srážky byly v tomto roce podprůměrné, zejména od května do září a nejnižších hodnot dosahovaly právě v červnu a srpnu, kde byl srážkový úhrn mimořádně nízký (Rebetez, 2006).

Na obrázku č. 2 je ve °C zobrazena odchylka od průměrné teploty vzduchu ze srpna 2003 v Evropě. Tato odchylka je zobrazena vždy v pětidenním intervalu.

Obrázek č. 2 – Odchylka od průměrné teploty v srpnu 2003 ve stupních Celsia
Zdroj: The European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF)



Podle EPI (Environmental Performance Index) bude v budoucnu docházet ke stále častějším výkyvům počasí a je tedy nutné snižovat emise CO₂, které přispívají ke změnám klimatu (Rebetez, 2006).

Jak uvádí Marc Podemadèr et al. (2005) bylo léto v roce 2003 nejteplejší v Evropě od roku 1500 a je velmi pravděpodobné, že to bylo částečně způsobeno v důsledku změny klimatu, která je podporována lidskou činností. Vlny veder, které se nejsilněji projeví ve Francii, potvrzují výzkum, ve kterém je prokázáno, že právě ony jsou vážným smrtelným rizikem mezi tzv. přírodními katastrofami v postindustriálních společnostech.

Vlivem sucha a vln veder v létě roku 2003 vzniklo i mnoho drobných lesních požárů v celé střední Evropě a západní části Středozemního moře. Požáry lesů a buší na Pyrenejském poloostrově byly obzvláště ničující, neboť bylo zničeno celkem 390 000 ha lesa v Portugalsku a 125 000 ha lesa ve Španělsku. V mnoha státech Evropy byly výrazně nižší výnosy z plodin a vznikl také nedostatek v dodávkách krmiv pro hospodářská zvířata, což vedlo k jejich zvýšené mortalitě. Odhaduje se, že finanční ztráta v důsledku lesnických a zemědělských škod dosáhla ve Francii, Itálii, Španělsku, Německu, Rakousku, Portugalsku, Maďarsku, Estonsku a Slovensku hodnoty cca 13,1 mld. Eur. V důsledku nízkých hladin řek, především v červnu a srpnu, musela řada elektráren snížit svůj výkon, jelikož nebylo možné z řek získávat potřebné množství vody, které bylo určené k ochlazování, např. německá jaderná elektrárna Isar1 musela snížit svoji výrobu energie o 40 %. Přestože nevznikl žádný nedostatek energie, s výjimkou Itálie, kde v červnu docházelo k regionálním výpadkům elektřiny a částečným omezením, začaly ceny elektrické energie vzrůstat. Vlivem veder začalo v evropských Alpách tání ledovců (Fink et al., 2004). Grazzinni et al. (2003) uvádí, že objem alpských ledovců byl jen v roce 2003 snížen asi o 5 až 10 %.

10. Diskuse

Extrémní sucha se do budoucna budou vyskytovat ve světě stále častěji a je pravděpodobné, že budou stále intenzivnější. Dle mého názoru se tento jejich zvýšený výskyt a intenzita dají přisuzovat postupnému nárůstu globální teploty v důsledku klimatické změny. Je otázkou, do jaké míry je globální změna klimatu ovlivněna člověkem. Dle Milana Smrže (2012) jsou za hlavní příčinu klimatické změny označeny antropogenní činnosti. Jako hlavní příčinu označuje lidmi způsobené emise skleníkových plynů. Pravdou je, že v posledních sto padesáti letech došlo ke zvýšení průměrné globální teploty o 0,6 °C a bude se zvyšovat i nadále. Poslední desetiletí 20. století a začátek 21. století je dokonce nejteplejším obdobím od počátku dokumentace globální teploty, která započala v 19. století. Jistým důkazem by mohly být i velmi silné vlny veder, které v nedávné minulosti zasáhly Evropu a předpokládá se jejich častější výskyt. Tyto vlny veder se nepochybně řadí mezi zabijáky mezi přírodními katastrofami. Do budoucna se předpokládá i s výskytem dalších extrémů, jako jsou povodně, silné bouře, lesní požáry, apod.

Je patrné, že do budoucna je potřeba budovat další malé a velké vodní nádrže a i přesto, že to momentálně není to nejdůležitější, je potřeba počítat již nyní s výběrem vhodných míst, neboť se přehrada či vodní nádrž nedá postavit kdekoli. Taková místa je rozumné najít co nejdříve a přiměřeně je chránit do budoucna. Dalším vhodným řešením by bylo zadržovat maximum spadlé srážkové vody na území, na které spadne, čehož by bylo možné docílit například zasakováním vody ze střech přímo u domů či jímáním. Potřebu vody dobře popisují Martin Borák a Miroslav Foltýn (2011), kteří ji definují jako skutečnou strategickou surovinu, i když si to u nás zatím málokdo uvědomuje, na rozdíl od jiných částí světa. Na vodě totiž také závisí blaho lidské společnosti. Toto tvrzení vhodně doplňuje Janda (2006), podle kterého by se s vodou mělo nakládat co možná nejehospodárněji, protože pokud by tomu tak nebylo, mohlo by v budoucnu docházet ke konfliktům o vodní zdroje.

11. Závěr

Je patrné, že sucho i vlny veder, jsou poměrně těžko přesně definovatelné. Konkrétně sucho má mnoho definic a pro potřeby legislativy bude nutné sjednotit pojmy týkající se sucha, což povede k lepšímu porozumění a to jak v legislativě či krizových plánech, tak i v odborné literatuře. Velmi složité je i rozlišit jednotlivé druhy sucha, neboť spolu úzce souvisí a definovat jejich přesné hranice, tedy kde končí jeden druh sucha a začíná druhý, by bylo také vhodné pro potřeby legislativy.

Sucho je přirozeným klimatickým jevem, který se ale do budoucna dle mnohých vědeckých teorií bude vyskytovat častěji, společně s dalšími jeho projevy, jako jsou vlny veder, které již mnohokrát v historii ukázaly, jak jsou nebezpečné, což potvrzují i výrazné ztráty na životech. Není pochyb o tom, že tento zvýšený výskyt suchých období je důsledkem globální klimatické změny, na které se do jisté míry podílí i člověk.

V České republice se již v minulosti vyskytla řada suchých období na všech povodí a dle odhadů se budou tyto období vyskytovat nadále častěji. Neočekává se však výrazná změna celkové bilance srážek, ale změní se jejich časové rozložení. Dále se také očekává nárůst teploty vzduchu především v podzimních měsících. Vlivem vyšší rozkolísanosti srážko-odtokového režimu se do budoucna očekává pokles podzemní i povrchové vody, což je opět důsledkem probíhající změny klimatu.

Pro povodí Moravy byla vypracována studie Borákem a Foltýnem (2011), která byla zaměřená na klimatickou změnu a její možné negativní vlivy v tomto povodí. Do budoucna bych se chtěl věnovat podobnému výzkumu, např. v diplomové práci, v povodí Ohře, jelikož se toto povodí nachází na nejsušším území České republiky a problém se suchem by mohl představovat velké problémy. Region severních Čech v této době netrpí nedostatkem vody a tento problém pomáhá oddálit i stále klesající spotřeba vody, nicméně např. vlivem hydrologicky špatného roku 2003, jak připouští Karel Eminger ze Severočeských vodovodů a kanalizací, a. s., se musel řešit přechodný úbytek vody i v tomto vodou dobře zásobeném regionu díky vodním nádržím, které jsou propojeny do velkých vodních sítí a v mnoha případech jsou zastupitelné. Při předpokládaném častějším výskytu intenzivnějších

suchých období lze tedy předpokládat, že k podobným situacím může docházet i v budoucnu.

12. Seznam použité literatury

BARROS V., 2006: Globální změna klimatu. Mladá fronta, Praha: 165 s.

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., 2006: Voda v České republice. Pro ministerstvo zemědělství vydal Consult, Praha, 253 s.

BLINKA P., 2002: Metoda hodnocení sucha. In: XIV. Česko–slovenská bioklimatologická konference „BIOKLIMA–PROSTŘEDÍ–HOSPODÁŘSTVÍ“, Lednice.

BLINKA, P., 2004: Klimatologické hodnocení sucha a suchých období na území ČR v letech 1876 - 2003. In: ROŽNOVSKÝ, J., LITSCHMANN, T. (ed): Seminář „Extrémy počasí a podnebí“, Brno, 11. března 2004, 32 stran.

BOHÁČ M., HANEL M., KAŠPÁREK L., KOURKOVÁ H., KUKLA P., KULASOVÁ B., 2013: Možné dopady klimatické změny na režim nízkých průtoků. In: Sucho a jak mu čelit: sborník abstraktů. Praha: 15 – 19.

BORÁK M., FOLTÝN M., 2011: Klimatická změna a její možné nepříznivé vlivy v povodí Moravy. Vodní hospodářství 1/2011: 14 – 17.

BOUCHAMA A., 2004: The 2003 European heat wave. Intensive care medicine 30/1: 1-3.

BRÁZDIL R., BŘEZINA L., DOBROVOLNÝ P., DUBROVSKÝ M., HALÁSOVÁ O., HOSTÝNEK J., CHROMÁ K., JANDERKOVÁ J., KALÁB Z., KEPRTOVÁ K., KIRCHNER K., KOTYZA O., KREJČÍ O., KUNC J., LACINA J., LEPKA Z., LÉTAL A., MACKOVÁ J., MÁČKA Z., MULÍČEK O., ROŠTÍNSKÝ P., ŘEHÁNEK T., SEIDENGLANZ D., SEMERÁDOVÁ D., SOKOL Z., SOUKALOVÁ E., ŠTEKL J., TRNKA M., VALÁŠEK H., VĚŽNÍK A.,

- VOŽENÍLEK V., ŽALUD Z., 2007: Vybrané přírodní extrémny a jejich dopady na Moravě a ve Slezsku. Brno, Praha, Ostrava: Masarykova universita, Český hydrometeorologický ústav, Ústav geoniky Akademie věd ČR: 432 s.
- BYUN H. R., WILHITE D. A., 1999: Objective Quantification of Drought Severity and Duration, *Journal of Climate* 12: 2747-2756.
- ČHMÚ, 2004: Hydrologická ročenka České republiky 2003. Český hydrometeorologický ústav, Praha: 205 s.
- ČHMÚ, 2014: Sucho. Český hydrometeorologický ústav, Praha, online: http://portal.chmi.cz/portal/dt?action=content&provider=JSPTabContainer&menu=JSPTabContainer/P10_0_Aktualni_situace/P10_4_SUCHO&nc=1&portal_lang=cs#PP_SUCHO, cit.: 27.2.2014.
- FINFRLOVÁ P., 2013: Jsme připraveni zvládnout sucho? In: Sucho a jak mu čelit: sborník abstraktů. Praha: 39 – 42.
- FINK A. H., BRÜCHER T., KRÜGER A., LECKEBUSCH G. C., PINTO J. G., ULBRICH U., 2004: The 2003 European summer heatwaves and drought–synoptic diagnosis and impacts. *Weather* 59/8: 209-216.
- GRAZZINI F., FERRANZI, L., LALAURETTE, F., VITART, F., 2003: The exceptional warm anomalies of summer 2003. *ECMWF Newsletter* 99: 2–8.
- GUTTMAN N. B., 1998: Comparing the Palmer Drought Index and the Standardized Precipitation Index. *J. Amer. Water Resources Assoc.* 34/1: 113-121.
- HANEL M., KAŠPÁREK L., MRKVIČKOVÁ M., 2011: Odhad dopadů klimatické změny na hydrologickou bilanci v ČR a možná adaptační opatření. Výzkumný ústav vodohospodářský T.G. Masaryka, Praha.

- HAVLÍČEK V., KAŠPÁREK L., TREML P., VLNAS R., 2013: Návrh systému monitoringu a hodnocení hydrologického sucha. In: Sucho a jak mu čelit: sborník abstraktů. Praha: 10 – 14.
- HAYES M. J., SVOBODA M. D., WILHITE D. A., VANYARKHO O. V., 1999: Monitoring the 1996 drought using the Standardized Precipitation Index (SPI). Bulletin of the American Meteorological Society 80/3: 429-438.
- HOŠEK P., KYSELÝ J., PECHO J., 2012: Horké vlny. Vesmír 91/1: 30 – 34.
- JANDA M., 2006: Najde se čtvrté skupenství vody, online: <http://www.21stoleti.cz/view.php?cisloclanku=2006121933>, cit. 6.3.2014.
- JŮVA, K., 1959: Závlaha půdy. Státní zemědělské nakladatelství, Praha, 597 stran.
- LITSCHMANN T., KLEMENTOVÁ E., ROŽNOVSKÝ J., 2002: Vyhodnocení period sucha v časových řadách pražského Klementina a Hurbanova pomocí PDSI. In: XIV. Česko-slovenská bioklimatologická konference, Lednice na Moravě: 280-289.
- MCKEE T. B., DOESKEN N. J., KLEIST J., 1993: The relationship of drought frequency and duration to time scales. In Proceedings of the 8th Conference of Applied Climatology, 17-22 January, Anaheim, CA. American Meteorological Society, Boston, MA: 179-184.
- MEEHL G. A., KARL T., EASTERLING D. R., CHANGNON S., PIELKE R., CHANGNON D., EVANS J., GROISMAN P. Y., KNUTSON T.R., KUNKEL K. E., MEARNES L. O., PARMESAN C., PULWARTY R., ROOT T., SYLVES R. T., WHETTON P., ZWIERS F., 2000: An introduction to trends in extreme weather and climate events: Observations, socioeconomic impacts, terrestrial ecological impacts, and model projections, Bull. Am. Meteorol.Soc. 81: 413–416.
- MURNANE R. J., 2004: Climate research and reinsurance, Bull. Am. Meteorol. Soc. 85: 697–707.

- MZE, 2004: Voda a katastrofy. Ministerstvo zemědělství ČR, Praha: 64 s.
- MZE, 2006: Voda v ČR do kapsy. Ministerstvo zemědělství ČR, Praha, 99 s.
- MZE, 2007: Plán hlavních povodí České republiky: schválený usnesením vlády ČR ze dne 23. května 2007 č. 562. Ministerstvo zemědělství ČR, Praha, 86 s.
- MZE, MŽP, 2011: Generel území chráněných pro akumulaci povrchových vod a základní zásady využití těchto území. Ministerstvo zemědělství ČR, Praha.
- MŽP, 1993: Meteorologický slovník výkladový a terminologický: s cizojazyčnými názvy hesel ve slovenštině, angličtině, němčině, francouzštině a ruštině. Ministerstvo životního prostředí ČR, Praha.
- NIETSCHEOVÁ J. 2013: PRÁVNÍ NÁSTROJE K ZVLÁDÁNÍ SUCHA. In: SUCHO A JAK MU ČELIT: sborník abstraktů. Praha: 33-34.
- NOAA – National Weather Service, 2007: Climate change. Silver Spring, Maryland.
- NOVICKÝ, O., 2011: Návrh koncepce řešení krizové situace vyvolané výskytem sucha a nedostatkem vody na území ČR. Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, Praha, 84 stran.
- OSN, 1992: Rámcová úmluva Organizace spojených národů o změně klimatu. New York.
- PARMESAN C., ROOT T. L., WILLIG M. R., 2000: Impacts of extreme weather and climate on terrestrial biota, Bull. Am. Meteorol. Soc. 81: 443–450.
- PECHKOVÁ J., 2013: Dlouhodobé předpovědi srážek a meteorologického sucha. In: Sucho a jak mu čelit: sborník abstraktů. Praha: 24 – 26.
- POTOP V., TÜRKOŠ L., 2007: Hodnocení sucha a suchých období v agrometeorologickém roce 2005/2006 v České republice. In: STŘELCOVÁ, K.,

- ŠKVARENINA, J. & Blaženec, M. (eds.): "BIOCLIMATOLOGY AND NATURAL HAZARDS", International Scientific Conference, Poľana nad Detvou, Slovakia, September 17. – 20.
- POTOP, V., 2008: Hodnocení mimořádného sucha v letech 2006-2007 na území ČR. Úroda odborný časopis pro rostlinnou produkci, ročník 2008/10: 5 stran.
- POUMADERE M., MAYS C., LE MER S., BLONG R., 2005: The 2003 heat wave in France: dangerous climate change here and now. Risk Analysis 25/6: 1483-1494.
- POVODÍ LABE, státní podnik, 2013: Výroční zpráva 2012. Garamon, s. r. o., Hradec Králové, 23 s.
- POVODÍ MORAVY, státní podnik, 2013: Výroční zpráva 2012. Brno, 83 s.
- POVODÍ ODRY, státní podnik, 2013: Výroční zpráva 2012. Dativ, Ostrava, 25 s.
- POVODÍ OHŘE, státní podnik, 2013: Výroční zpráva 2012. Chomutov, 40 s.
- POVODÍ VLTAVY, státní podnik, 2013: Výroční zpráva 2012. Akcent, s. r. o., Praha, 63 s.
- RADA EU, 2010: Dokument 11061/10 ze dne 14. června 2010: Nedostatek vody, sucho a přizpůsobení se změně klimatu - závěry Rady, Brusel.
- REBETEZ M., MAYER H., DUPONT O., SCHINDLER D., GARTNER K., KROPP J. P., MENZEL A., 2006: Heat and drought 2003 in Europe: a climate synthesis. Annals of Forest Science 63-6: 569-577.
- ŘIČICOVÁ P., DAŇHELKA J., NÁVOJOVÁ H., KOURKOVÁ H., 2004: Sucho v českých povodích v roce 2003. Vodní hospodářství 2: 25-29.

ROŽNOVSKÝ J., POKLADNÍKOVÁ H., STŘEDA T., 2010: Specifika městského klimatu na příkladu středně velkého města. Český hydrometeorologický ústav, Brno.

SMRŽ M., 2012: Klimatická změna, obnovitelné zdroje energie a občanské aktivity: sborník textů. Ekumenická akademie, Praha.

WATSON R. T., ZINYOWERA M. C., MOSS R. H., 1997: The Regional Impacts of Climate Change: An Assessment of Vulnerability. Cambridge University Press: 150 – 155.

WILHITE D. A., GLANTZ M. H., 1985: Understanding the drought phenomenon: The role of definitions, Water International 10: 111 - 120.

Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů (vodní zákon).

Zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů v platném znění (zákon o vodovodech a kanalizacích).

13. Seznam grafů, obrázků, tabulek a příloh

Seznam grafů:

Graf č. 1 – Nárůst globální teploty

Graf č. 2 – Počet přírodních katastrof z let 1980 - 2010

Seznam obrázků:

Obrázek č. 1 – Měsíční odchylky průměrné teploty ve spodní troposféře během horkých vln

Obrázek č. 2 – Odchylka od průměrné teploty v srpnu 2003 ve stupních Celsia

Seznam tabulek:

Tabulka č. 1 – Charakter období dle indexu SPI

Tabulka č. 2 – Historické rekordy maximální teploty vzduchu

Tabulka č. 3 – Výskyt malých průtoků ve vybraných stanicích

Tabulka č. 4 – Výsledné N-letosti pro sucho 2003 ve vybraných stanicích

Seznam příloh:

Příloha č. 1 – Hlavní povodí České republiky

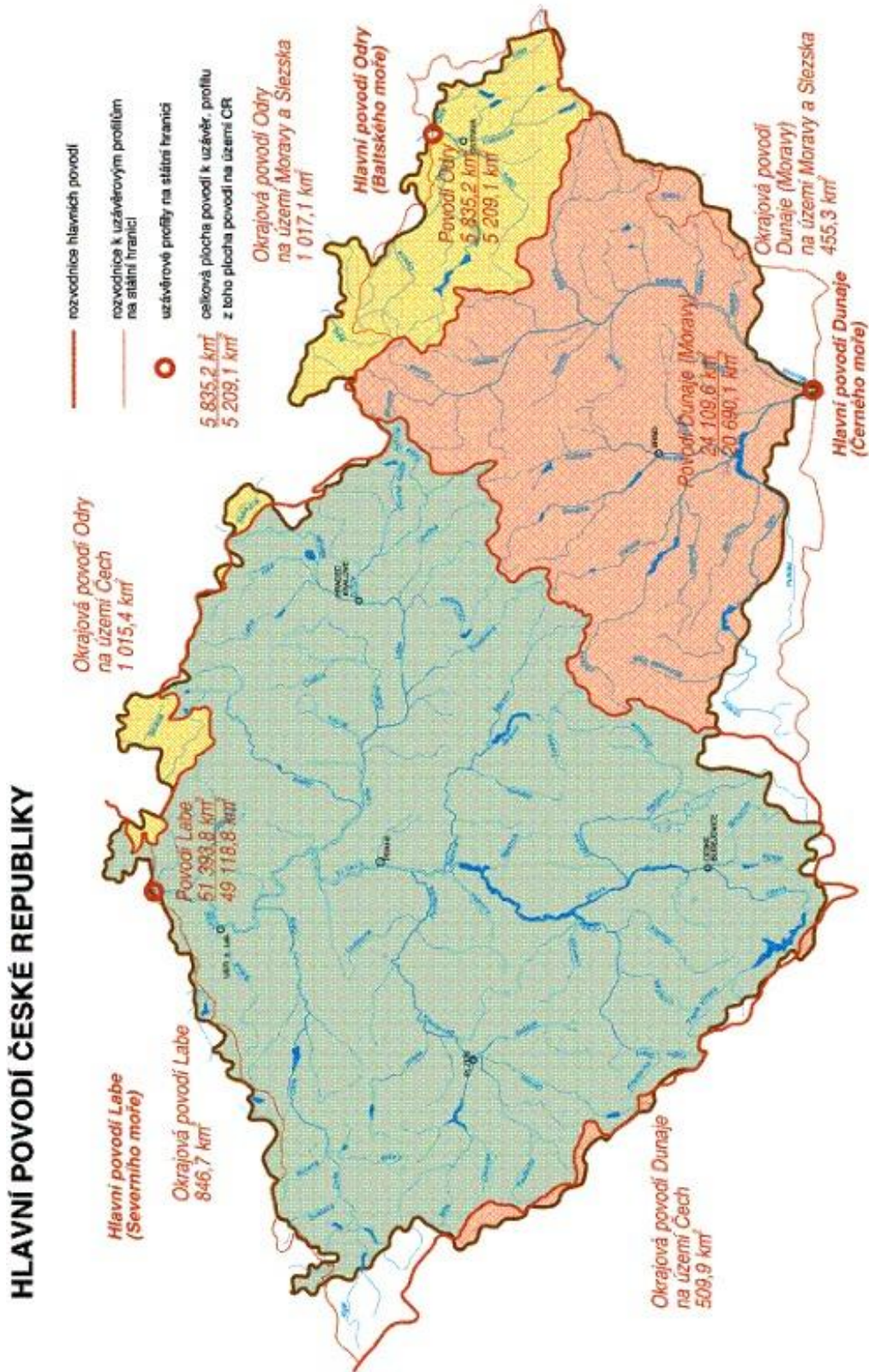
Příloha č. 2 – Rozdělení Povodí v ČR

Příloha č. 3 - Porovnání sucha s historickými minimi

14. Přílohy

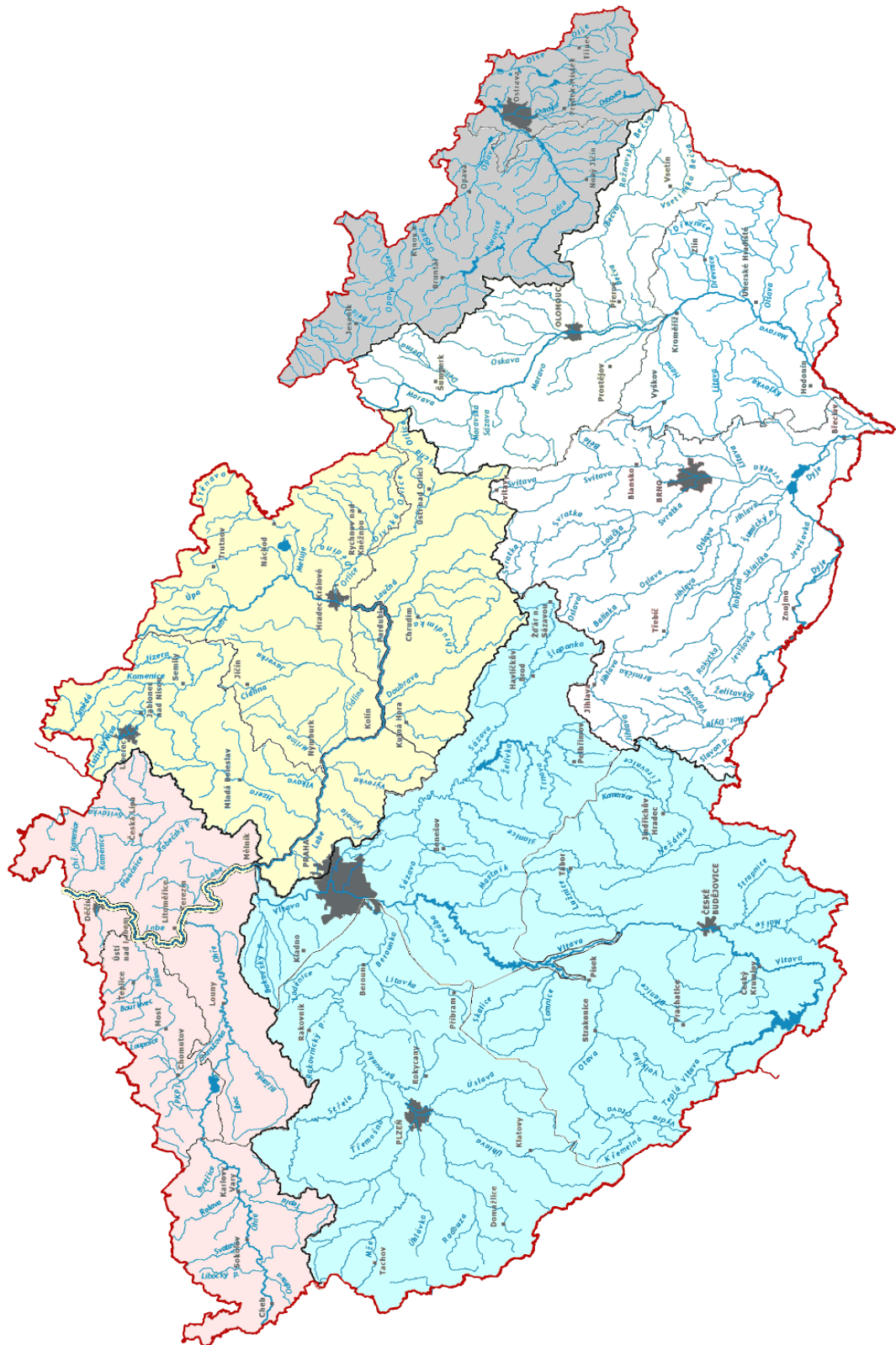
Příloha č. 1 – Hlavní povodí České republiky

Zdroj: <http://www.pmo.cz/images/text/hlpovodi-cr.gif>



Příloha č. 2 – Rozdělení Povodí v ČR

Zdroj: http://www.trasovnik.cz/k_ainfcr/vodopis/erby/spravnipovCR.gif



Příloha č. 3 – Porovnání sucha s historickými minimy
 Zdroj: Hydrologická ročenka České republiky 2003

