

# **Rizika sucha v České republice a návrh jejich mitigace ve vybraném regionu**

Bc. Lukáš Kužela

---

Diplomová práce  
2020



**Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně**  
Fakulta logistiky a krizového řízení

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta logistiky a krizového řízení  
Ústav krizového řízení

Akademický rok: 2019/2020

**ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE**  
(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Bc. Lukáš Kužela**  
Osobní číslo: **L18220**  
Studijní program: **N3953 Bezpečnost společnosti**  
Studijní obor: **Bezpečnost společnosti**  
Forma studia: **Prezenční**  
Téma práce: **Rizika sucha v České Republice a návrh jejich mitigace ve vybraném regionu**

**Zásady pro vypracování**

1. Uvedte jednotlivé dělení druhů sucha.
2. Provedte analýzu dopadů sucha v ČR.
3. Popište vybraný region včetně jeho přírodních podmínek.
4. Analyzujte riziko sucha ve zvoleném regionu, a na této bázi zpracujte bod 5).
5. Navrhněte a zhodnoťte konkrétní možnosti mitigace sucha ve vybraném regionu.

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

1. BRÁZDIL, Rudolf a Miroslav TRNKA. Historie počasí a podnebí v Českých zemích: minulost, současnost, budoucnost. Svazek XI, Sucho v Českých zemích. Brno: Centrum výzkumu globální změny Akademie věd České republiky, 2015. ISBN 978-80-87902-11-0.
2. BARTOŠ, Michael, NĚMEC, Jan a Jan KOPP, ed. Vodstvo a podnebí v České republice v souvislosti se změnou klimatu. Praha: Pro Ministerstvo zemědělství ČR vydal Consult, 2009. ISBN 978-80-903482-7-1.
3. WILHITE, Donald A. a Roger S. PULWARTY. Drought and water crises: integrating science, management, and policy. Second edition. Boca Raton: CRC Press, 2018. ISBN 9781138035645.

Další odborná literatura dle doporučení vedoucího diplomové práce.

Vedoucí diplomové práce:

**RNDr. Milan Čáslavský, Ph.D.**  
Ústav krizového řízení

Datum zadání diplomové práce: 1. listopadu 2019

Termín odevzdání diplomové práce: 15. května 2020

L.S.

---

**doc. Ing. Zuzana Tučková, Ph.D.**  
děkanka

---

**Ing. et Ing. Jiří Konečný, Ph.D.**  
ředitel ústavu

## PROHLÁŠENÍ AUTORA DIPLOMOVÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že:

- diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a dostupná k nahlédnutí;
- na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- podle § 60 odst. 1 autorského zákona má Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- pokud bylo k vypracování diplomové práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové práce využít ke komerčním účelům;
- pokud je výstupem diplomové práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

**Prohlašuji,**

- že jsem diplomové práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou obsahově totožné.

V Uherském Hradišti, dne: 15. 5. 2020

Jméno a příjmení studenta: Bc. Lukáš Kužela

.....  
podpis studenta

## **ABSTRAKT**

Tato diplomová práce řeší fenomén sucha a jeho následky v České republice. Cílem práce je analyzovat současný stav a navrhnout vhodná opatření ke snížení rizik sucha následkem současné aktivace této hrozby. Teoretická část se věnuje rozdělení sucha, příčinám jeho vzniku a následnými dopady na člověka a environment. Dále práce uvádí nástroje k hodnocení sucha a obsahuje rešerši legislativních dokumentů zabývajících se problematikou sucha. Praktická část se věnuje analýze stavu sucha na území města Luhačovice. Tato část se zabývá vyhodnocením základních meteorologických a hydrologických veličin, jakými jsou teplota vzduchu, míra srážkových úhrnů, průtok na Luhačovickém potoce a stav hladiny podzemní vody v rámci zkoumaného území. Poté práce předkládá možné návrhy mitigace.

Klíčová slova:

Sucho, aridizace, srážky, průtok, podzemní vody, vodní zdroje, zásobování vodou, minerální prameny

## **ABSTRACT**

This diploma thesis deals with the phenomenon of drought in the Czech Republic. Objectives of the work are drought's current state analysis and suggestions of suitable precautions of risk mitigation. Theoretical part contains the diversification of drought, cause of origin and impacts on human and environment. Also are in this thesis introduced tools for the rating of drought and research of legislative documents dealing with the issue of drought. Practical part of the thesis is dedicated to the drought state analysis in selected region. This part deals with evaluation of rainfalls, flow rates in selected watercourses and groundwater levels within the surveyed area. At the end of the thesis there are possible suggestions of mitigation, and their assessment.

Keywords:

Drought, aridisation, rainfall, flow rates, groundwater, water resources, water supply, mineral springs

Rád bych poděkoval panu RNDr. Milanovi Čáslavskému, Ph.D., za vedení diplomové práce, odborné rady a pomoc při zpracování a hlavně mé rodině a všem blízkým za jejich velkou podporu a trpělivost při celé době studia.

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské/diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

*Je sucho - vloni bylo taky sucho Bohoušku....*

**OBSAH**

<b>ÚVOD</b> .....	<b>10</b>
<b>TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>12</b>
<b>1 SUCHO</b> .....	<b>13</b>
<b>1.1 ROZDĚLENÍ SUCHA</b> .....	<b>14</b>
1.1.1 METEOROLOGICKÉ SUCHO .....	15
1.1.2 ZEMĚDĚLSKÉ SUCHO .....	15
1.1.3 HYDROLOGICKÉ SUCHO.....	15
1.1.4 SOCIÁLNĚ-EKONOMICKÉ SUCHO.....	16
<b>1.2 HODNOCENÍ SUCHA</b> .....	<b>16</b>
1.2.1 LANGŮV DEŠŤOVÝ FAKTOR .....	16
1.2.2 STANDARDIZOVANÝ SRÁŽKOVÝ INDEX .....	17
1.2.3 PALMERŮV INDEX INTENZITY SUCHA .....	18
1.2.4 Z-INDEX .....	18
<b>2 PŘÍČINY</b> .....	<b>19</b>
<b>2.1 PŘIROZENÉ PŘÍČINY</b> .....	<b>19</b>
2.1.1 VYSOKÉ TEPLoty.....	20
2.1.2 NEDOSTATEK SRÁŽEK .....	21
<b>2.2 ANTROPOGENNÍ PŘÍČINY</b> .....	<b>22</b>
2.2.1 ZEMĚDĚLSKÁ POLITIKA .....	23
2.2.2 KRAJINNÝ POKRYV.....	25
2.2.3 DEFORESTACE .....	28
<b>3 DOPADY SUCHA</b> .....	<b>30</b>
<b>3.1 DOPADY SUCHA NA ENVIRONMENT</b> .....	<b>30</b>
3.1.1 DOPADY SUCHA NA LESY .....	31
3.1.2 DOPADY SUCHA NA PŮDU.....	31
3.1.3 DOPAD NA VODNÍ ZDROJE .....	32
<b>3.2 SOCIÁLNĚ - EKONOMICKÉ DOPADY</b> .....	<b>33</b>
3.2.1 SOCIÁLNÍ NÁSLEDKY (VÁLKA O VODU?) .....	34
3.2.2 NEDOSTATEK PITNÉ VODY.....	35
<b>3.3 SPOTŘEBA VODY</b> .....	<b>36</b>
<b>4 LEGISLATIVNÍ OPATŘENÍ A KONCEPČNÍ DOKUMENTY V PŮSOBNOSTI ČESKÉ REPUBLIKY</b> .....	<b>39</b>
<b>5 MEZINÁRODNÍ PŘÍSTUPY K DANÉMU TÉMATU</b> .....	<b>46</b>

<b>6 ZÁVĚREČNÁ KAPITOLA TEORETICKÉ ČÁSTI .....</b>	<b>48</b>
<b>PRAKTICKÁ ČÁST .....</b>	<b>49</b>
<b>7 POPIS ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ .....</b>	<b>50</b>
<b>7.1 GEOLOGICKÉ POMĚRY .....</b>	<b>51</b>
<b>7.2 GEOMORFOLOGICKÉ POMĚRY .....</b>	<b>51</b>
<b>7.3 HYDROLOGICKÉ POMĚRY .....</b>	<b>52</b>
<b>7.4 HYDROGEOLOGICKÉ POMĚRY .....</b>	<b>54</b>
<b>7.5 KLIMATICKÉ POMĚRY .....</b>	<b>56</b>
<b>7.6 BIOTA .....</b>	<b>57</b>
<b>7.7 HISTORICKÝ VÝVOJ ÚZEMÍ.....</b>	<b>57</b>
<b>8 ANALÝZA RIZIKA SUCHA NA ÚZEMÍ MĚSTA LUHAČOVICE .....</b>	<b>58</b>
<b>8.1 TEPLOTA VZDUCHU.....</b>	<b>58</b>
<b>8.2 SRÁŽKOVÉ ÚHRNY .....</b>	<b>60</b>
<b>8.3 LANGŮV DEŠŤOVÝ FAKTOR .....</b>	<b>61</b>
<b>8.4 PRŮTOKY LUHAČOVICKÉHO POTOKA (ŠŤÁVNICE) .....</b>	<b>62</b>
8.4.1 HLÁSNÝ PROFIL LG POLICHNO .....	62
<b>8.5 VODNÍ DÍLO LUHAČOVICE.....</b>	<b>64</b>
<b>8.6 VODNÍ DÍLO LUDKOVICE.....</b>	<b>67</b>
<b>8.7 STAV PODZEMNÍ VODY.....</b>	<b>71</b>
<b>8.8 STAV MINERÁLNÍCH VOD LUHAČOVICKÉ ZŘÍDELNÍ STRUKTURY .....</b>	<b>73</b>
8.8.1 STAVY HLADINY VE VRTECH LUHAČOVICKÉ ZŘÍDELNÍ STRUKTURY .....	75
<b>8.9 SPOTŘEBA PITNÉ VODY .....</b>	<b>78</b>
<b>8.10 VYUŽITÍ ÚZEMÍ .....</b>	<b>80</b>
<b>8.11 SWOT ANALÝZA VYBRANÉHO REGIONU .....</b>	<b>83</b>
<b>9 NÁVRH MITIGAČNÍCH OPATŘENÍ .....</b>	<b>84</b>
<b>9.1 NÁVRH VHODNÝCH TYPŮ OPATŘENÍ V URBANIZOVANÉ KRAJINĚ .....</b>	<b>86</b>
<b>9.2 NÁVRH VHODNÝCH TYPŮ OPATŘENÍ NA ZEMĚDĚLSKÝCH POZEMCÍCH .....</b>	<b>91</b>
<b>9.3 NÁVRH VHODNÝCH TYPŮ OPATŘENÍ NA LESNÍCH POZEMCÍCH.....</b>	<b>93</b>
<b>9.4 NÁVRH VHODNÝCH TYPŮ OPATŘENÍ NA VODNÍCH TOCÍCH .....</b>	<b>95</b>
<b>9.5 OBNOVA ZANIKLÝCH A REALIZACE NOVÝCH VODNÍCH PRVKŮ V KRAJINĚ .....</b>	<b>97</b>
<b>9.6 VYBUDOVÁNÍ VODNÍ NÁDRŽE NA POTOCE OBORKA.....</b>	<b>98</b>
<b>9.7 VODNÍ DÍLO VLACHOVICE.....</b>	<b>101</b>



---

<b>9.8 VYUŽITÍ ŠEDÝCH A DEŠŤOVÝCH VOD .....</b>	<b>104</b>
<b>10 VÝSLEDKY A DISKUSE .....</b>	<b>106</b>
<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>109</b>
<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>	<b>111</b>
<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....</b>	<b>121</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>122</b>
<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>124</b>
<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>125</b>

## ÚVOD

Vodní komponenta životního prostředí má multifunkční funkce a vlastnosti. Implicitně je v ní zakódován konfliktní potenciál. Vodohospodářské objekty a služby pro zásobování obyvatelstva pitnou vodou podléhají režimu kritické infrastruktury. Voda představuje strategický faktor konkurenceschopnosti, vyžaduje monitoring a rizikovou analýzu. Rozhodovací proces je multidimenzionální a silně kontroverzní. Objektivní hrozbu představuje proměnná klimatické změny a proměna krajiny. Vodu v přírodě, přestože se jedná o věc bez vlastníka (*res nullius*) je možno podle okolností vnímat jako lidské právo i jako obchodní komoditu.

Všude na světě začíná být zřejmé, že nadále nemůžeme považovat zdroje vody, ani její prosté zajištění pro zásobování obyvatelstva za samozřejmost. Oblast kde se nachází Česká republika, byla historicky vždy považována za soběstačnou, pokud jde o vodu – jednak díky zdejším řekám, jednak díky pravidelným dešťovým srážkám. V současné době však roste znepokojení z toho, že stávající přístup k hospodaření s vodou v budoucnosti neobstojí. Toto uvědomění je nezbytnou předehrou ke změnám v zejména v zemědělství, péči o krajinu, recyklaci vody a nakonec i změnám ve správě a řízení celého systému (Siegel, 2018).

Sucho je neodmyslitelnou součástí klimatických změn, které ovlivňovaly a budou ovlivňovat životní prostředí i národní ekonomiky ve všech zemích. Sucho i nedostatek vody mohou způsobit hospodářské ztráty v klíčových odvětvích využívajících vodu a zároveň mohou mít environmentální dopady na biodiverzitu, kvalitu vody, úbytek biotopů, erozi půdy, degradaci a desertifikaci půdy. Některé z těchto dopadů mohou být krátkodobého charakteru a podmínky se zanedlouho obnoví, jiné však mohou být trvalé (MŽP, 2016).

V České republice je voda ve formě atmosférických srážek jediný zdroj poskytující vodu na našem území, protože ČR je vnitrozemský stát a ze zahraničí žádná větší řeka nepřitéká. V současné době je výskyt sucha na území České republiky a sucho obecně velmi probíraným tématem, kterému je třeba věnovat značnou pozornost. Sucho se projevuje pomalým nástupem a obtížně komplexně definovatelným dopadem.

Sucho můžeme zařadit mezi přírodní hrozby stejně jako např. povodně. Zatímco např. povodním a přívalovým dešťům je v naší klimatologické literatuře věnována poměrně velká pozornost, sucho jako opačný extrém stál donedávna v pozadí a zůstává málo probádanou přírodní hrozbou.

## CÍL PRÁCE A POUŽITÉ METODY

V teoretické části se práce věnuje popisu hrozby sucha, jeho rozdělení, příčinám vzniku, hodnocení sucha, možnými dopady a aktuálními legislativními předpisy zabývajícími se touto problematikou.

V praktické části práce je obsažen popis zájmového území, ve kterém byl proveden výzkum. Jedná se o oblast města Luhačovic, která je významná svými minerálními prameny, které jsou ohroženy suchem. Výzkum je zaměřen na vyhodnocení historie teploty vzduchu a srážkových úhrnů z měřících stanic, z těchto dat je následně vypočítán Langův dešťový faktor, index intenzity sucha. Poté jsou v práci hodnoceny průtoky na měrných stanicích v povodí luhačovického potoka jakožto ukazatelem hydrologického sucha. Dále se práce věnuje datům z měření stavu úrovně hladiny podzemní vody ve vrtu Biskupice a ve vrtech přírodních léčivých zdrojů luhačovické zřídelní struktury. Následně se práce zabývá trendem spotřeby pitné vody v Luhačovicích a využitím území z hlediska zranitelnosti území vůči hrozbě sucha s následným výpočtem koeficientu ekologické stability. Nejdůležitější faktory jsou poté shrnuty do grafického vyjádření analýzy SWOT. Na tato zjištění následně navazují předložená jednotlivá konkrétních opatření ke zmírnění negativních dopadů sucha na tuto oblast.

Cílem práce je posoudit zpracované výstupy a definovat územní doporučení tak, aby došlo ke zmírnění následků sucha na krajinu a vodní hospodářství.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## 1 SUCHO

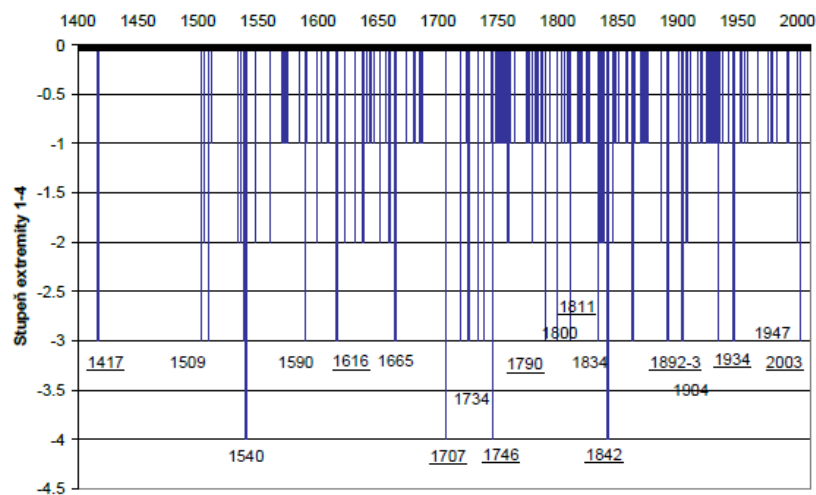
Sucho je přírodní jev, do jisté míry ovlivněný antropogenní činností, způsobený deficitem srážek, který následně vede k poklesu množství vody v různých částech hydrologického cyklu. Sucho můžeme zjednodušeně definovat jako „zápornou odchylku vodní bilance od klimatického normálu.“

Hlavní příčinou sucha je nedostatek srážek za daný časový úsek, či jejich nerovnoměrné rozložení na daném území. Když se k tomuto faktoru přidá ještě vysoká teplota vzduchu zvyšující evapotranspiraci, následky sucha se mnohem více prohlubují. Sucho patří mezi fenomén, u kterého je složité určit jeho začátek a konec. Skončí-li období bez srážek, neznamená to hned, že končí i období sucha a naopak, nastane-li delší období beze srážek, neznamená to, že musí i nastat období sucha. Je totiž zapotřebí vzít úvahu například i faktor zásob vody v půdě. Je-li v půdě dostatek vody, může se krajina vypořádat s nedostatkem srážek bez větších problémů (MZe a MŽP, 2017).

Sucho vede k poklesu množství vody v různých částech hydrologického cyklu. Sucho se projevuje nedostatkem srážkové, povrchové a podzemní vody anebo jejich kombinací. Pokud množství disponibilních vodních zdrojů není dostatečné pro uspokojení požadavků společnosti, hovoříme o nedostatku vody. Sucho může způsobit hospodářské ztráty v klíčových odvětvích využívajících vodu a zároveň může mít environmentální dopady na biologickou diverzitu, jakost vody, zhoršování stavu vodních útvarů, úbytek mokřadů, erozi půdy, degradaci a desertifikaci půdy. Dále jeho důsledkem dochází k odumírání rostlinstva v zasažené oblasti a k úhynu živočichů, či ke zhroucení celého ekosystému (MZe a MŽP, 2017).

Období sucha se vzájemně liší jednou ze tří základních vlastností: intenzitou, trváním a územním rozsahem.

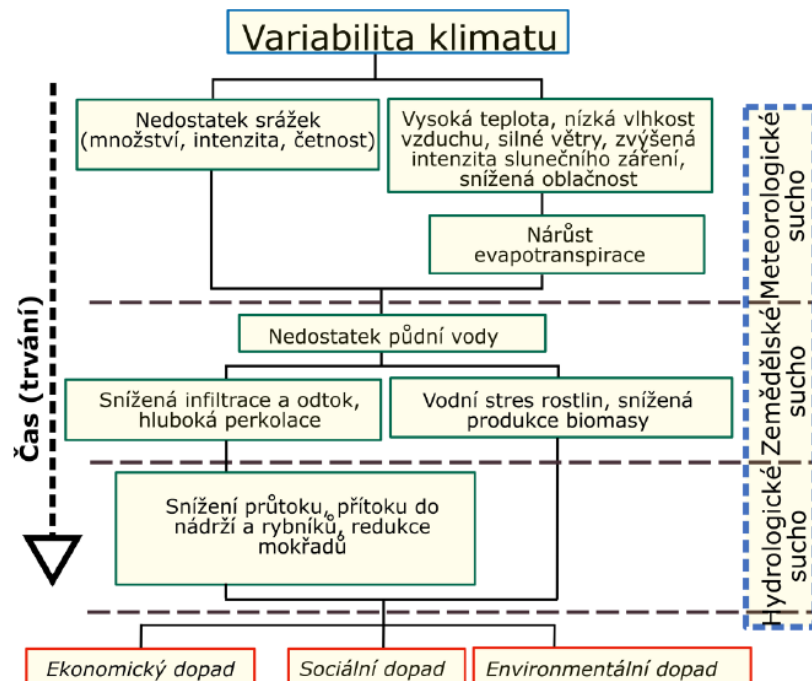
Následující chronologický graf uvádí nejvýznamnější suché epizody v českých zemích dle dochovaných záznamů. Největší sucha se dle kronik vyskytla v letech 1540, 1707, 1746, 1842 a 1947 (Brázdil a Trnka, 2017).



Obr. 1 Chronologie záznamů o suchu ve škále (-1: mírné, -2: významné, -3: velmi významné, -4: katastrofální) (Brázdil a Trnka, 2017)

### 1.1 Rozdělení sucha

Sucho můžeme rozdělit podle převládajícího pojetí do čtyř kategorií - na sucho meteorologické, hydrologické, zemědělské, socioekonomické. Na Obr. 2 je znázorněn proces rozvoje sucha do jednotlivých částí hydrologického cyklu.



Obr. 2 Proces rozvoje sucha (MZe a MŽP, 2017)

S délkou trvání se sucho postupně projevuje v dalších částech hydrologického cyklu. Deficit srážkových úhrnů (**meteorologické sucho**) vede k poklesu půdní vlhkosti (**zemědělské sucho**), ke snížení povrchového a podpovrchového odtoku, k poklesu dotace do zásob podzemní vody a následně ke snížení velikosti průtoků ve vodních tocích (**sucho hydrologické**) (MZe a MŽP, 2017).

### 1.1.1 Meteorologické sucho

Sucho meteorologické se definuje na základě indikátorů, které jsou založeny na meteorologických veličinách, jakými jsou například teplota, srážky, vítr, tlak a vlhkost vzduchu. Meteorologické sucho většinou předchází ostatní formy sucha, jedná se o období s menším počtem srážek, kterých je výrazně méně než obvykle. Deficit srážek provází vysoké teploty, nízká vlhkost vzduchu, malá oblačnost a větší počet hodin slunečního svitu. To způsobuje vyšší výpar z daného území, čímž se dále zvyšuje nedostatek vody. V absolutních hodnotách jsou za suché oblasti v České republice považovány oblasti se srážkami 550 mm a menšími (MZe a MŽP, 2017).

### 1.1.2 Zemědělské sucho

Zemědělské (agronomické) sucho se projevuje nedostatkem vody v půdě pro růst a vývoj vegetace. Má trvání v řádu týdnů až měsíců. Během zemědělského sucha jsou negativně ovlivňovány i lesní porosty. Je ovlivněno předchozím nebo ještě nadále trvajícím výskytem meteorologického sucha. Z dalších vlivů mají značný význam vlastnosti půdy, úroveň zemědělské techniky, která se v dané oblasti používá, a celá řada dalších faktorů (MZe a MŽP, 2017).

### 1.1.3 Hydrologické sucho

Hydrologické sucho charakterizujeme na základě nedostatku vody ve vodních tocích a nádržích. Projevuje se zejména po déletrvajícím obdobím bez atmosférických srážek. Je charakterizováno výskytem relativně velmi nízkých průtoků vzhledem k dlouhodobým normálům. Sucha hydrologické se vyskytuje zpravidla ke konci déle trvajících období sucha, ve kterém nepadaly kapalně ani smíšené srážky. Obdobných kritérií lze použít i pro stavy hladin podzemních vod a vydatnosti pramenů. Sucho hydrologické se často vlivem retardačních účinků vyskytuje i v době, kdy již meteorologické sucho dávno odeznělo a naopak při výskytu meteorologického sucha se ještě vůbec nemusí projevovat sucho

hydrologické (MZe a MŽP, 2017). Přitom vznik hydrologického sucha je ovlivněn i způsobem lidského užívání vody, proto je nutno na hydrologické sucho pohlížet jako na přírodní fenomén, který však může být prohlouben lidským působením (Soukalová a Ježík, 2016).

#### **1.1.4 Sociálně-ekonomické sucho**

Sociálně ekonomické sucho nastává tehdy, když má sucho za následek negativní ovlivnění lidské společnosti. Jedná se o problémy spojené s odvětvími například zásobování obyvatelstva pitnou vodou, nedostatkem vody pro průmysl, výrobu elektrické energie, potravin a dalších sektorech, pro které je voda nepostradatelnou součástí. Problém nastává tehdy, když poptávka po vodě převyšuje nabídku. Poptávka po ekonomických statcích roste v důsledku populačního růstu a zvyšování životní úrovně a dostupné vodní zdroje nestačí pokrývat potřeby populace (Wilhite, 2018).

### **1.2 Hodnocení sucha**

Při hodnocení sucha posuzujeme jeho rozsah, co se plochy týče, intenzitu, a také časové charakteristiky, počátek, konec, trvání. Sucho je velmi komplexním jevem a pro jeho hodnocení je používána celá řada indexů, jenž mají základ v meteorologických (např. srážky, teplota, evapotranspirace) a hydrologických (např. průtoky) veličinách. Nutno však dodat, že žádný z těchto indexů nemá universální platnost. Nejčastěji se používají následující indexy:

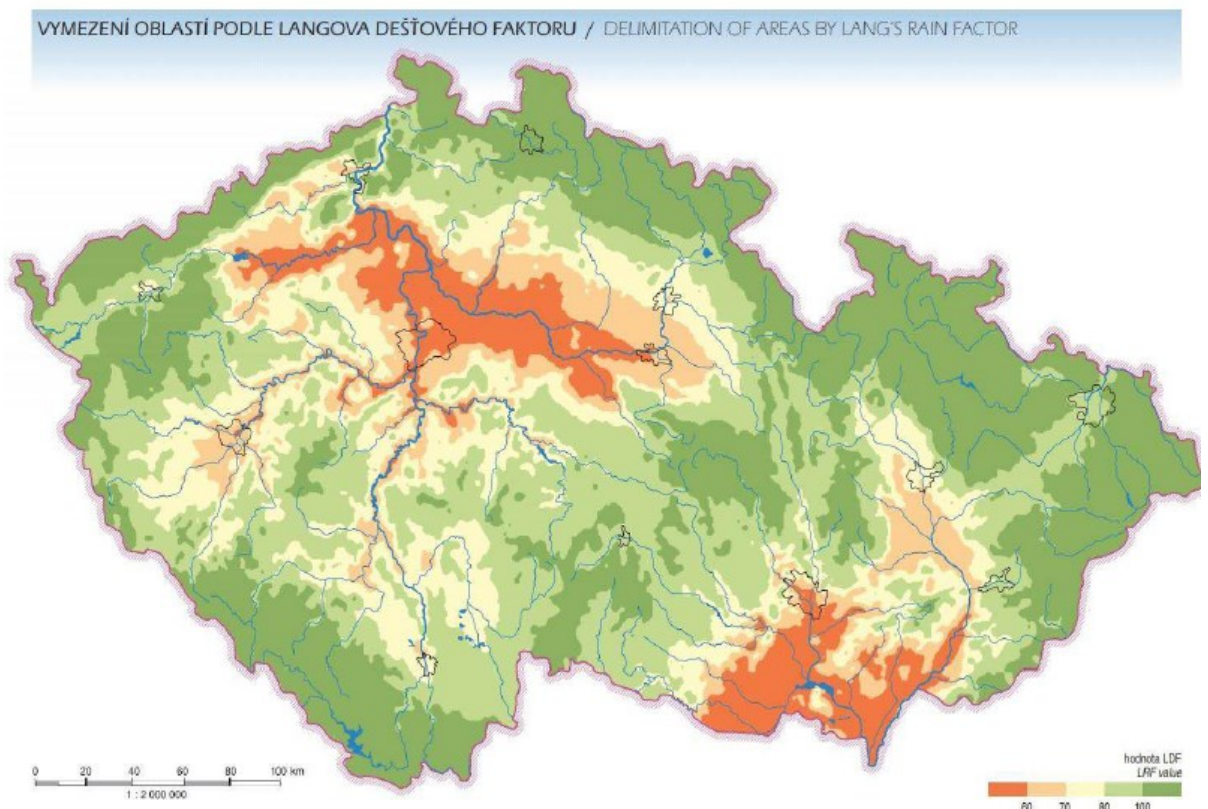
- Langův dešťový faktor
- Standardizovaný srážkový index
- Palmerův index intenzity sucha
- Z - index

#### **1.2.1 Langův dešťový faktor**

Langův dešťový faktor patří k indexům humidity a využívá se k hodnocení sucha. Byl navržen R. Langem v roce 1920 a původní myšlenkou této veličiny bylo vyjádřit podmínky pro tvorbu půdního humusu a později se začala využívat pro klasifikaci klimatu v planetárním měřítku, avšak k tomuto účelu je nevyhovující, protože je vymezena jen pro teplotu větší než 0 °C. V České republice je modifikovaný Langův dešťový faktor vypočtený



z dat za vegetační období používán k charakteristice sucha v jednotlivých letech. Vzorec pro výpočet Langova dešťového faktoru má následující podobu:  $I = R/T$  kdy, R = průměrný roční úhrn srážek v mm, T = průměrná roční teplota vzduchu v °C. Langův dešťový faktor vyjadřuje podmínky přirozeného zavlažení krajiny, a to vztahem mezi atmosférickými srážkami a teplotou vzduchu (Kladňáková, 2007).



Obr. 3 Oblasti dle Langova dešťového faktoru (Atlas podnebí Česka, 2007)

### 1.2.2 Standardizovaný srážkový index

Tento index navrhli McKee a kol (1993) a vyjadřuje odchylku spadlých srážek na určitém území oproti průměrným hodnotám. Může tak zaznamenat, jestli v dané oblasti převažuje nadbytek či nedostatek atmosférických srážek. Velikost hodnoty SPI poté ukazuje, jak velká je odchylka od normálu a do jaké míry tím pádem sužuje sledovanou oblast sucho nebo případně hrozí povodeň. Pokud je hodnota SPI rovna 0, převládá klimatický normál. Při SPI pod -1,5 pak lze hovořit o extrémně suchém období (Mach, 2016).

### 1.2.3 Palmerův index intenzity sucha

PDSI byl navržen W. C. Palmerem (1965) a zkoumá nedostatek atmosférických srážek čili sucho meteorologické, které je podnětem ke vzniku such zemědělských, hydrologických a socioekonomických. Výpočet tohoto indexu bere v úvahu kromě úhrnů srážek také další položky hydrologické bilance, různé druhy půd i stavy z předešlých měsíců. U PDSI se za extrémně suché období považuje hodnota menší než -4 (Mach, 2016).

### 1.2.4 Z-index

Tento index můžeme popsat jako výkyv srážek od dlouhodobého normálu v daném měsíci bez ohledu na stav vodní bilance v předešlém období. Proto je vhodný především k popisu krátkodobého sucha (Mach, 2016).

## 2 PŘÍČINY

Činitelů ovlivňujících vznik suchých období je celá řada, primárním faktorem je vždy **nedostatek atmosférických srážek** spadlých na dané místo za určité časové období, čili meteorologické sucho. Tento jev je způsoben cirkulací a anomáliemi v atmosféře. Který se dále se projevuje nedostatkem vody v krajině a půdě, z čehož vyplývají poklesy hladin povrchových a podzemních vod (ČHMÚ, 2020a).

Dalším faktorem ovlivňujícím sucho je **výpar** neboli evapotranspirace z určitého území. Evapotranspirace se odvíjí od množství spadlých srážek, teploty a vlhkosti vzduchu, vegetaci povrchu, vlastností půdy a délky slunečního svitu. Čím vyšší teploty převládají, tím větší bude výpar z území. Negativní vliv mohou mít rovněž teploty pod bodem mrazu, neboť voda zůstává v pevném skupenství.

Záleží také na **podmínkách v krajině a půdě**. Půdní vlastnosti ovlivňují kolik vody je půda schopna zadržet a kolik vody bude povrchově odtékat. Voda infiltrující se do horninového prostředí doplňuje zásoby podzemních vod a voda odtékající po povrchu bude dále směřovat do nejnižších poloh reliéfu a putovat povodím. Dále pak závisí na podmínkách v krajině, sklonu a délce svahu, vegetaci a tvarech povodí, neboť povodí, ve kterých voda odtéká rychle směrem k mořím, je náchylnější na vznik suchých období ale také povodní. Proto suchu i povodním lépe odolávají ta povodí, ve kterých voda proudí pomaleji a která do větší míry zadržují vodu v jezerech, nádržích, mokřadech atd. (Mach, 2016).

### 2.1 Přirozené příčiny

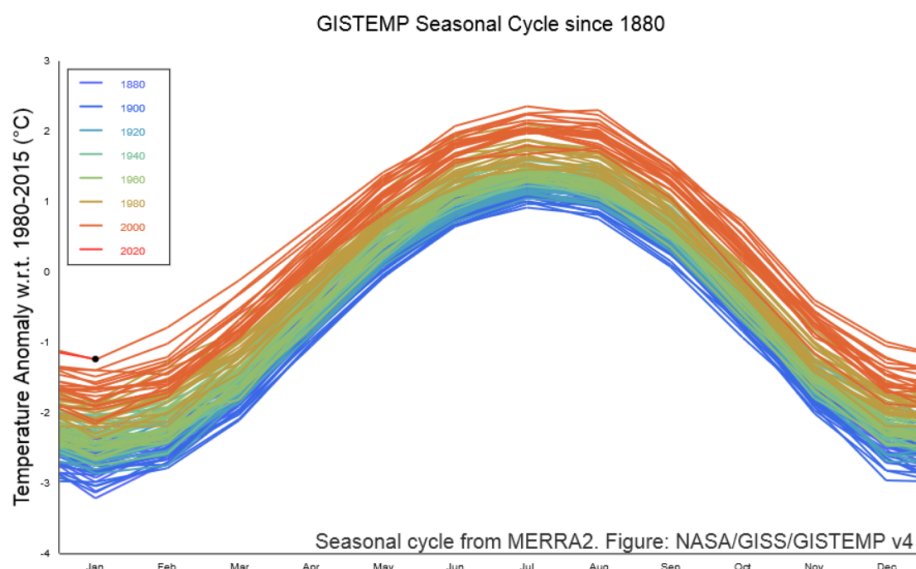
Přirozenou příčinou vzniku sucha jsou meteorologické jevy. Tyto jevy se projevují změnami v úhrnu srážek a jejich rozprostřením v čase a prostoru. Dále mezi přirozené příčiny patří například intenzita sluneční radiace, teploty vzduchu a povrchu nebo atmosférická cirkulace.

Dle koncepce environmentální bezpečnost jsou extrémní meteorologické jevy na našem území hlavní přírodní hrozbou. Společně s charakterem krajiny se podílí na vzniku dlouhodobého sucha, požárech vegetace a půdní erozi. V posledních letech vzrůstá četnost i intenzita extrémních projevů počasí (MŽP, 2016).

Mezi nejzřetelnější pozorované jevy současné klimatické změny lze zařadit zvyšování globální teploty a s tím související stále častější absence sněhové pokrývky v podmínkách České republiky, nárůst tropických dnů a vln veder, změny ve variabilitě srážek a vyšší výskyt zemědělského i hydrologického sucha a obecně vyšší výskyt meteorologických extrémů (www.klimatickazmena.cz, 2020).

### 2.1.1 Vysoké teploty

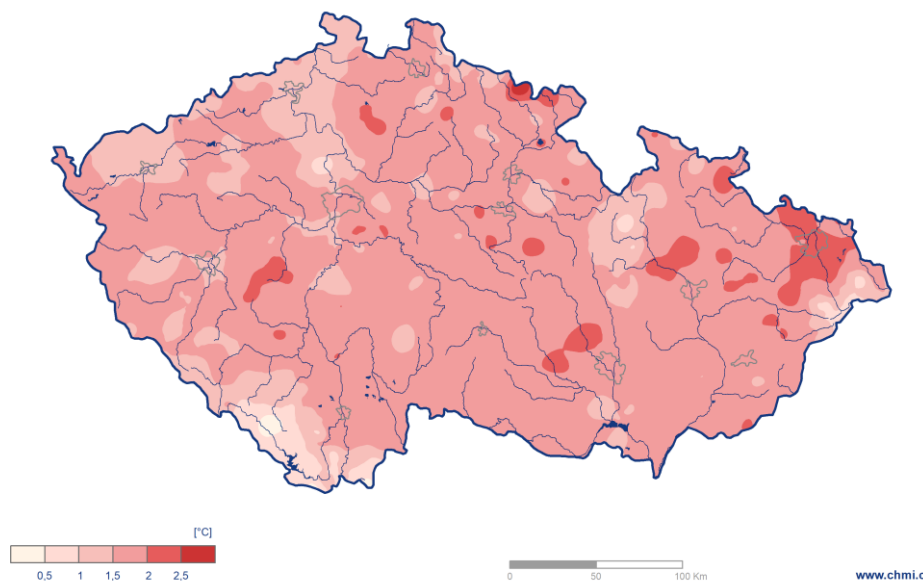
Vysoké teploty mají vliv na výpar vody z krajiny a jsou jednou z hlavních příčin vzniku sucha. Příčina nárůstu globální teploty není úplně jednoznačná, jedná se o přírodní proces (v současné době zřejmě žijeme v období interglaciálu), který je do určité míry ovlivněn činností člověka (emise skleníkových plynů, deforestace). Hlavní příčinou je pravděpodobně nárůst celkového obsahu tepelné energie v klimatickém systému, což je hlavní příčina současných změn klimatu. Za ten totiž pravděpodobně mohou procesy, spojené se změnami radiační bilance (Milankovičovy cykly), skleníkové plyny ( $H_2O$ ,  $CO_2$ ), termohalinní cirkulace, změny vegetačního krytu. Některé fáze meziledových období v historii mohly mít vyšší teploty, než jsou dnes. Je třeba však akceptovat, že klima není a nebylo nikdy neměnné. Dopady vysokých teplot vzduchu se umocňují v případě jejich dlouhotrvajícího, vícedenního výskytu (vlny veder) (Křížová, 2018).



Obr. 4 Graf globálních průměrných měsíčních teplot (1880 – 2020) (NASA, 2020)

Odchylka průměrné roční teploty vzduchu v roce 2019  
od normálu 1981–2010

Český  
hydrometeorologický  
ústav



Obr. 5 Odchylka průměrné roční teploty vzduchu v roce 2019 od normálu 1981 – 2010 v ČR (ČHMÚ, 2020b)

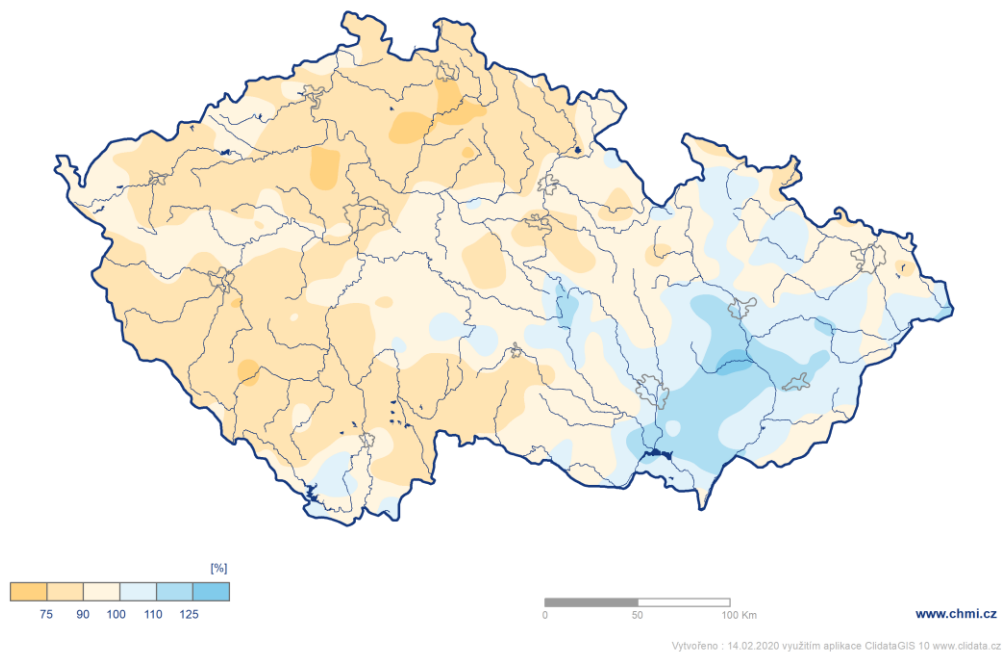
### 2.1.2 Nedostatek srážek

Voda, která se vyskytuje na území našeho státu, pochází téměř všechna z atmosférických srážek. Je nutné s vodou v krajině dobře hospodařit, aby byla dostupná všem potřebným odvětvím a zároveň nebyla ohrožována kvalita životního prostředí (Křížová, 2018).

V posledních desetiletích převládají zvláště v letním období srážky, které jsou krátkodobé, intenzivnější, tím pádem s většími úhrny, ale v ročním úhrnu se to nepozná (ČHMÚ, 2020a).

Na území České republiky je úhrn srážek víceméně stejný, ale mění se rozložení srážek v čase. Dochází k situacím, kdy během krátké doby naprší velké množství vody (přivalové srážky), ale povrch, na který dopadá, není schopen vodu pojmout, a ta odtéká pryč z krajiny a zároveň s sebou odnáší často významné množství půdních částic, čímž způsobuje vodní erozi půdy. Půda je díky nerovnoměrnému úhrnu srážek během roku často dlouhodobě vyprahlá, a když během krátké doby naprší hodně vody, tak krajina není schopna zareagovat. Po zemském povrchu tedy odtéká velké množství vody povodím pryč, a protože průměrný úhrn srážek je na našem území prakticky stejný, tato odtečená voda bude krajině chybět. Druhý problém přivalových srážek je vodní eroze půdy, kterou je podle Ministerstva zemědělství v České republice do určité míry ohroženo 54 % půd (Křížová, 2018).

Úhrn srážek v roce 2019 v procentech normálu 1981–2010

Český  
hydrometeorologický  
ústav

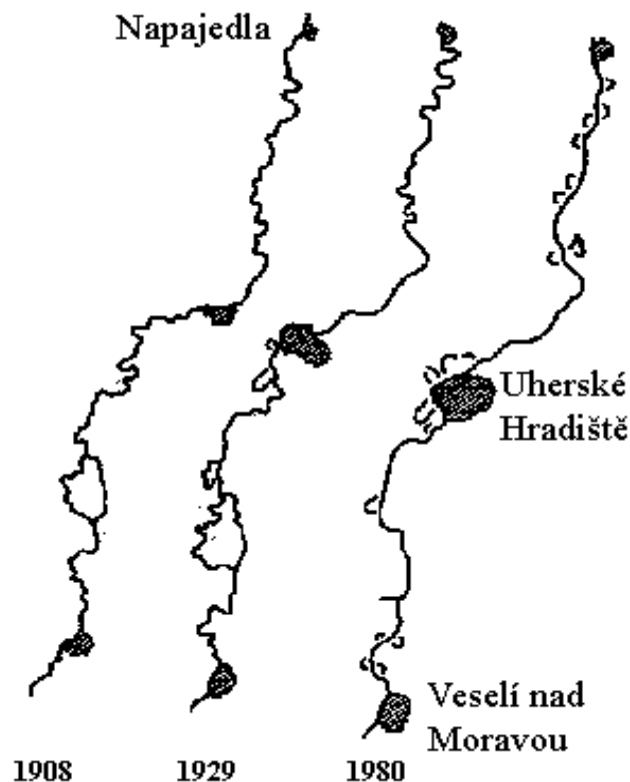
Obr. 6 Úhrn srážek v roce 2019 v procentech normálu 1981 – 2010

(ČHMÚ, 2020b)

## 2.2 Antropogenní příčiny

Určitou roli při vzniku suchých období rovněž zastává činnost člověka. Nevhodné obhospodařování krajiny či nadměrné, trvale neudržitelné, využívání zdrojů. Jednak lidské chování vyžaduje oproti minulosti stále větší nároky na potřebu vody, ať už pro průmysl či zemědělství, ale také vlivem krajinných úprav urychlujících odtok vody z území, jakými jsou například zpevňování ploch, zhutňování zeminy nebo nevhodná regulace vodních toků: např. napřimování toku a betonování koryt (Mach, 2016).

Živelní katastrofy vznikají obvykle mimo lidskou kontrolu, přesto v mnoha případech může člověk ovlivnit jejich průběh, ať už pozitivně dlouhodobou systematickou přípravou a plánováním, nebo naopak jejich podcenění může přispívat k negativním důsledkům (MŽP, 2015a).



Obr. 7 Příklad postupného napřimování a zkracování koryta řeky Moravy mezi Napajedly a Veselím nad Moravou (Čermák et al., 2002)

### 2.2.1 Zemědělská politika

#### Velkoplošné pěstování

Česká republika má jedny z největších půdních bloků v Evropě a velká část z nich je postižena erozí a zhutněním půdy. Velké bloky polí napomáhají erozi. Na velkých plochách se používají velké stroje. Když přejedou přes pole zejména za vlhka, utuží půdu pod povrchem takovým způsobem, že se voda přes ni nemůže vsáknout.

Jedním z negativních vlivů velkých zemědělských bloků je absence mezí, remízků a cest mezi poli a dalších protierozních opatření. Od padesátých let minulého století se v české krajině rozorávaly meze a cesty, vysoušely mokřady, napřimovaly potoky (Víteček, 2019). Z hlediska tehdejší zemědělské produkce, stavu půdy a klimatu to byla změna dočasně úspěšná. Ale my nyní žijeme v době, kdy se výhody velkých půdních celků vyčerpaly a začínají převažovat jejich nevýhody (Žalud, 2018).

Další v řadě omylů zemědělské politiky bylo plošné budování meliorací. Tímto opatřením na zvyšování úrodnosti polí se nekontrolovaně odvádí voda i v době, kdy ji potřebujeme v krajině zadržet, protože systém kanálů funguje stále, bez ohledu na to, co se děje na povrchu.

V současné době je dle Ministerstva zemědělství v ČR odvodněno systematickou drenáží cca 25% zemědělské půdy. Velký podíl těchto nezřídka plošně rozsáhlých systémů je zanedbaný, část byla postavena neopodstatněně a spolu s následnou intenzivní zemědělskou činností vyústilo v destabilizaci agroekosystémů, došlo ke snížení přirozeného krajinného potenciálu. Následkem jsou změny ve vodním režimu celých povodí (MZe, 2018).

### **Kvalita půdy**

Chemizace zemědělství je dalším krokem, který má podíl na stávajícím stavu naší přírody. Současný model syntetických hnojiv a pesticidů má za důsledek to, že se z živé půdy stala hornina bez humusu, žížal, půdních bakterií a ostatního edafonu. Žížaly vytváří systémy kanálků a humus do sebe dokáže vodu sorbovat, to ovlivňuje i kolik srážek se infiltuje do podzemních vod (Víteček, 2019). Čím více je rozložené organické hmoty v půdě, tím více půda dokáže zadržet vodu a současně se postupně dostává do spodních částí půdního profilu. Hnojení organickou hmotou zvyšuje zadržení vody až o 8% vlhkosti půdy. Schopnost organické hmoty zadržovat vodu také pomáhá přežití výsadby zeleně ve městech a volné krajině (Stehlík, 2019).

Jako hnojivo se v současném konvenčním zemědělství používá ledek amonný s vápencem. Obsah vápníku v hnojivu může způsobovat petrifikaci jílových minerálů a tím zvýšení povrchového odtoku nad infiltraci atmosférických srážek do podzemních vod (Šeda, 2019).

### **Typ vegetace**

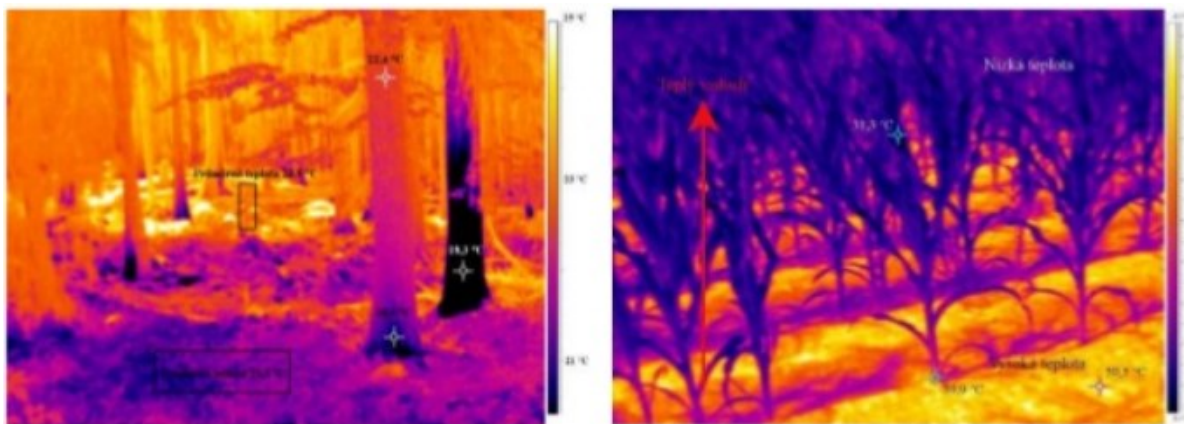
Další aspekt našeho současného zemědělství je velkoplošné pěstování řepky. V našich podmínkách se řepka sklízí v červenci a v srpnu. Na zem v létě dopadá na 1 km<sup>2</sup> energie ze slunečního záření až ve výši 1 000 MW. Vegetace toto záření využívá k evapotranspiraci a fotosyntéze, a naopak voda a holá zem ho pohlcuje (Nakládal, 2019).

Velká pole bez rostoucí vegetace jsou z hlediska vysychání nejhorší. Přehřívají se, a tím horkým vzduchem ztrácíme vodu. Největší sucho je v zemědělských oblastech, kde převažuje orná půda a je málo lesů.



Na obrázku 8 je vyobrazený záběr pořízený termokamerou, tmavá místa mají nižší teplotu než světlé, která jsou teplejší. Teplota v bylinném patře lesa je v průměru 23°C a v korunách je teplota vyšší. Teplota povrchu půdy v kukuřici je až 50°C a povrch porostu je chladnější.

Vysoká teplota povrchu půdy u plodin způsobují ztrátu vody vzestupným prouděním vzduchu. V lesních porostech se díky teplotní inverzi voda dokáže zadržet (Kravčík et al., 2011).



Obr. 8 Záběry z termokamery: les a pole s kukuřicí (Kravčík et al., 2011)

Trvalá vegetace spotřebuje významnou část energie na evapotranspiraci. V krajině je tedy schopna vyrovnávat teplotní rozdíly. Krajina, ve které není většina trvalé vegetace a která je odvodněna, poseta obilninami, pro produkci využije značně menší část sluneční energie než krajina s trvalou vegetací. Za těchto podmínek dochází k přeměně sluneční energie na teplo, čímž se klima stává ještě sušším a teplejším. Zemědělsky intenzivně využívaná krajina reaguje na období sucha více dramaticky (Víteček, 2019).

### 2.2.2 Krajinný pokryv

Sluneční záření, které přichází na zemský povrch, se částečně odráží, částečně ohřívá povrch země a od něj se ohřívá vzduch, který proudí vzhůru (zjevné teplo). Část energie se spotřebuje na výpar vody (latentní teplo) a část přechází do země (tok tepla do podloží). Fotosyntéza a ohřev porostu spotřebovávají velmi nízký podíl sluneční energie ve srovnání s odrazem, výparem vody a zjevným teplem. Voda odráží pouze asi 10 % záření, vegetace přibližně 20 %, zastavěné plochy a betonový povrch 25 až 30 %. Zásadní význam mají dva toky energie, jejichž poměr závisí na množství dostupné vody – zjevné teplo a latentní teplo výparu vody. Suchý povrch se pohlcovanou sluneční energií ohřívá a od ohřátého povrchu se ohřívá vzduch, který stoupá vzhůru (zjevné – citelné teplo). Vlhký povrch, listy rostlin se

ohřívají méně – sluneční energie se spotřebovává na výpar vody (latentní teplo). V krajině zásobené vodou a pokryté vegetací se podstatná část slunečního záření spotřebovává na výpar vody. Rostliny totiž vypařují vodu přes průduchy (transpirace) a voda se vypařuje též přímo z půdy (evaporace). Výpar vody porostem se proto nazývá evapotranspirace. Rostlinami a půdou se z metru čtverečního za den odpaří až několik litrů vody. Sluneční energie vázaná ve vodní páře ve formě skupenského tepla se potom opět uvolní při kondenzaci vodní páry, a to na chladných místech, na kterých se vodní pára sráží. Vázání sluneční energie výparem vody na místech s nadbytkem energie a uvolňování sluneční energie na místech chladných při kondenzaci vody je podstatou přirozené klimatizace realizované vodou a rostlinami (Eiseltová et al., 2012).

Zásadní význam pro udržení vody v krajině má porost. Například v lesích je povrchový odtok relativně malý, zatímco více než polovina spadlých atmosférických srážek míří do vodních toků z nevhodně obdělávaných zemědělských pozemků. A ze zastavěných ploch je voda odváděna přímo do kanalizace (Siegel, 2018).

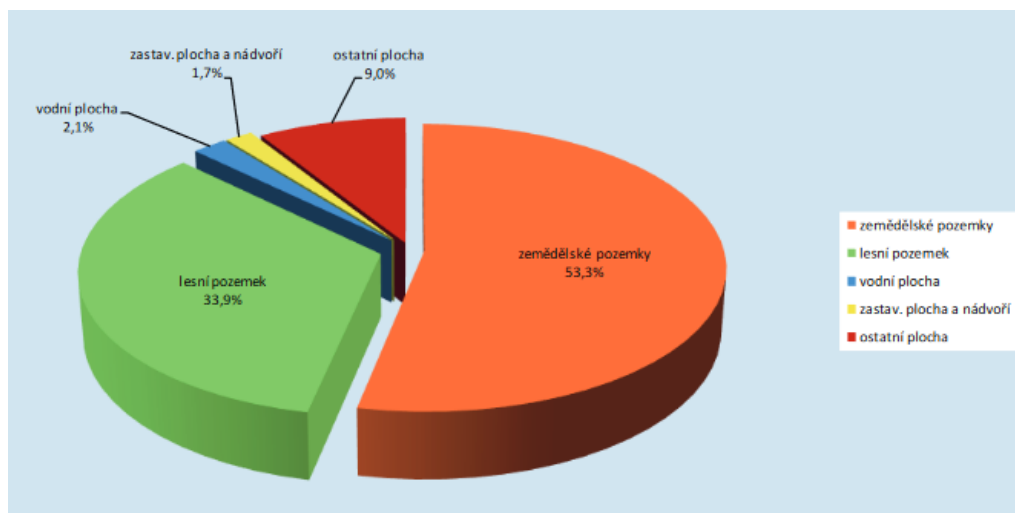
Města se v letních měsících stále více přehřívají. Tato anomálie městského klima se projevuje jak během dne, tak i stále častěji v noci. Za tento trend může nerozvážené znavování měst zeleně a trvale zatravněných ploch. Městská zeleň má klíčovou roli ve vytváření klimatu v zástavbě. Zejména stromy fungují jako přírodní klimatizace. Přibývá beton a stále více měst řeší problém, jak udržet dešťovou vodu v přirozeném oběhu, protože za současného stavu její většina steče do kanalizační sítě (Satelitní monitoring Plzeň 2015 – 2018, 2018).

Pomocí termovizní kamery bylo v rámci studií naměřeno jednoho slunného dne v dubnu: plechová kůlna: 45°C, holá půda: 32°C, louka 19.8°C. Na takto jednoduchém příkladu se dá ukázat, jak my lidé ovlivňujeme teploty, podle toho, co Slunci nabídneme (Kravčík et al., 2011).

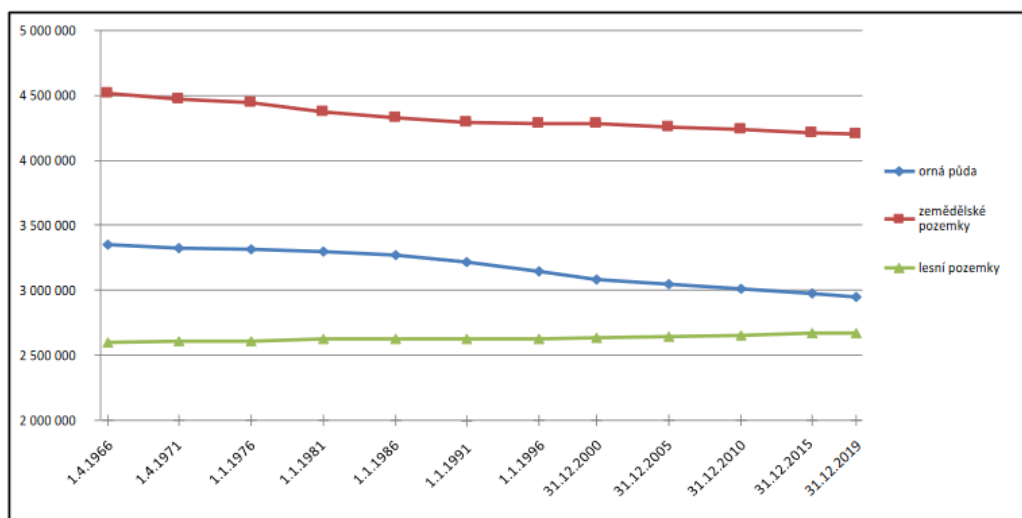
Zvýšenými koncentracemi skleníkových plynů přitom podle Mezivládního panelu pro klimatickou změnu (IPCC) je radiační zesílení v součtu 1-3 W na m<sup>2</sup> následkem zvýšené koncentrace skleníkových plynů mezi rokem 1750 a dneškem. Odvodnění a odstranění vegetace působí změnu v řádu stovek wattů na m<sup>2</sup> (Kravčík et al., 2011).

Výrazně ovlivňujeme teploty a proudění vzduchu a vodní páry hospodařením v krajině.

Je nutné zmínit, že 88 % naší krajiny (10 % jsou zastavěné a ostatní plochy, 2 % jsou vodní plochy) obhospodařují zemědělské (53 %) a lesnické (34 %) společnosti. Právě ty společně se správci vodohospodářské soustavy nesou největší výkonnou odpovědnost za to, jak naše krajina plní své ekosystémové funkce (www.klimatickazmena.cz, 2020).



Obr. 9 Podíl zemědělských pozemků v ČR k 31. 12. 2019 (ČÚZK, 2020)



Obr. 10 Vývoj orné půdy, zemědělských a lesních pozemků v ČR (ha)

(ČÚZK, 2020)

V takřka celoevropském měřítku můžeme vysledovat tři základní trendy ve využití půdy:

- Snižování rozlohy zemědělské půdy.
- Zvyšování rozlohy zalesněných oblastí.
- Zvyšování plochy zástavby (Vacková, 2012).

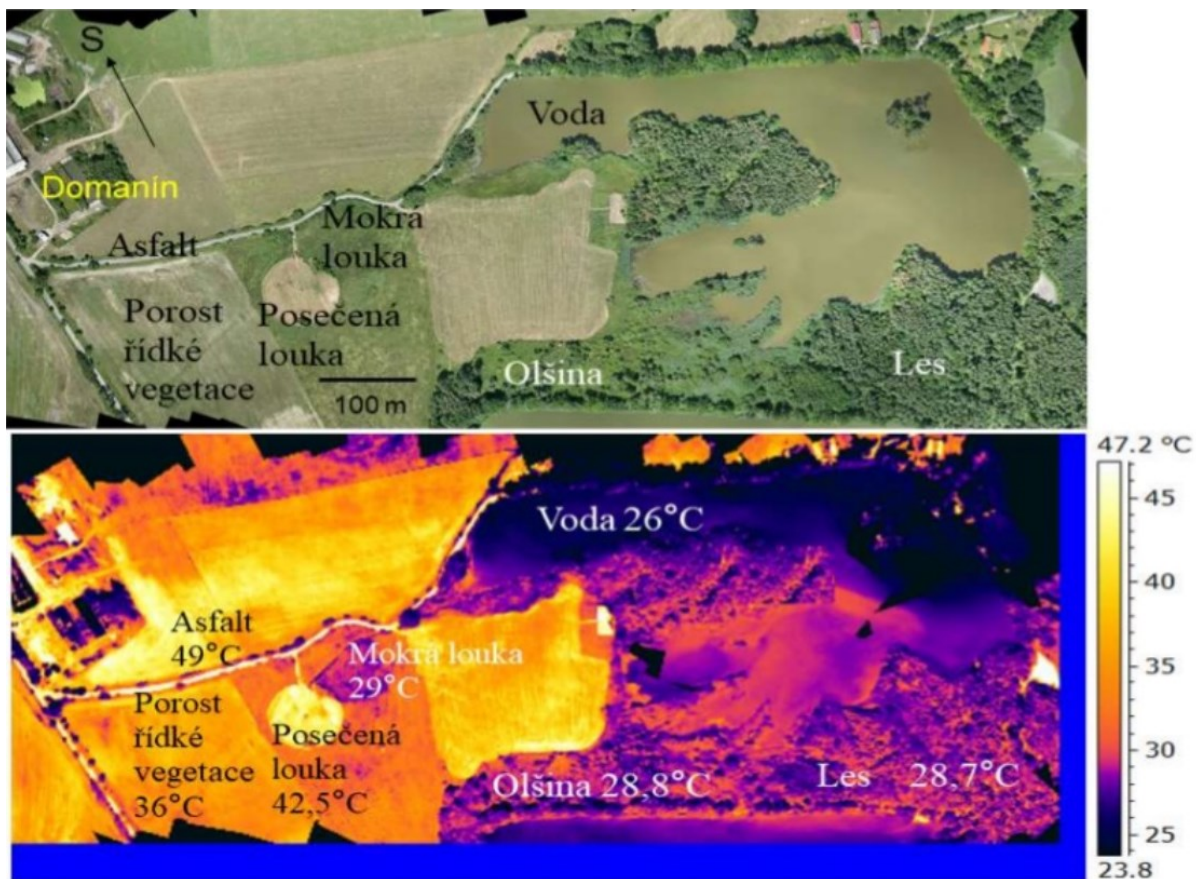
### 2.2.3 Deforestation

Lesní ekosystémy dokáží zachytit 5-9x více vody než bezlesá krajina, což je činí účinnými zásobárnami vody v krajině. V současnosti lesy pokrývají 34 % České republiky. Na druhou stranu využívání krajiny člověkem v podobě intenzivního zemědělství, zástavby a dalších zásahů do krajiny odtok vody urychluje a krajinu vysušuje (Enviweb, 2018).

Zalesněná Šumava v minulosti chladila a hřebeny měly 25 °C, dnes je tam za slunného počasí povrchová teplota 30 až 50 °C, horký vzduch jde nahoru a na jeho místo se nasává vzduch z okolí. Tak se krajina postupně vysušuje. Hory s lesem si můžeme představit jako chladič. Z vnitrozemí, z nížin stoupá vzhůru ohřátý vzduch, který nese vodu. Les se výparem vody chladí. Nad metrem čtverečním máme v lese 400 tisíc jehliček smrku, na jejich hranách se sráží vodní pára ze vzduchu, říká se tomu vyčesávání vody. Na metr čtvereční přichází za slunného počasí tisíc wattů sluneční energie, přičemž třetina až polovina wattů se spotřebovává na výpar vody, kterým se les chladí. Sluneční energie z vodní páry se uvolňuje v noci a tak se vyrovnávají rozdíly teplot ve dne a v noci. Les doslova ve dne pracuje jako chladička a v noci jako ohřev. A to všechno skrze vodu (Pokorný, 2019). Odlesnění vede k postupné ztrátě vody a vysoušení krajiny, to je historická zkušenost. Efekt odlesnění se projevuje změněným odtokem vody, nižším výparem a zvýšenou teplotou. Po odlesnění menších ploch odtéká vyšší podíl srážek do přehradních nádrží. Puhlmann et al. 2007 zdokumentovali v Bavorském národním parku po kůrovcové kalamitě pokles evapotranspirace na 39% a vzestup povrchového odtoku na 162%, mnoho let trvá zrychlený podzemní odtok jako následek odumření kořenové zóny.

Hydrické následky odlesnění jsou: **Ztráta intercepce**, tj. zadržování srážek v korunách stromů a v půdě s živým kořenovým systémem v rozsahu několika desítek mm při jedné dešťové srážce. **Ztráta horizontálních srážek**, tj. vyčesávání vody na povrchu jehlic a listů ze vzduchu v rozsahu stovek mm za rok i 10mm za den. **Ztráta chladičích schopností a postupné vysychání krajiny** proudem vzduchu ohříváním zjevným teplem (Pokorný et al., 2018).

Z odvodněné krajiny s nedostatkem lesů odchází vlhkost z kontinentů do oceánů. Vysvětlení změn proudění vzduchu na úrovni kontinentů vysvětluje teorie biotické pumpy. Trvalá vegetace a voda ochlazují krajinu a přitahují srážky (Makarjeva a Gorshkov, 2010).



Obr. 11 Letecký záběr pořízený termokamerou (Pokorný, 2019)

### 3 DOPADY SUCHA

Sucho má významné důsledky pro mnoho stránek lidské společnosti a ovlivňuje mnohé z jejích důležitých aktivit. V zemědělství přispívá k nižší úrodě zemědělských plodin. Delší sucha vedou k usychání stromů v lesích, které si vynucuje nahodilou těžbu dřeva. Nízké vodní stavy na řekách a snížení zásob podzemní vody způsobuje problémy v hospodaření s vodními zdroji. Sucho nejen že ovlivňuje lidskou společnost, ale vede i ke zhoršování funkcí přírodních ekosystémů (Wilhite, 2018).

#### 3.1 Dopady sucha na environment

V podmínkách ČR přináší aridizace krajiny mnoho problémů. Jedním z hlavních problémů je větší náchylnost půdy k větrné a vodní erozi, nedostatek vláhy pro zemědělské účely, zvyšující se teploty ve městech, změny v úhrnu srážek, častější povodně, celkový nedostatek vody v krajině, změna mnoha stanovišť, změna kvality vody a její množství, jakost vzduchu, častější lesní požáry a snižování biodiverzity. Dochází k celkové degradaci krajiny. V současnosti dochází k povrchovému vysoušení krajiny spojeným s poklesem hladiny podzemní vody a s řadou ekologických a environmentálních důsledků (Trnka, 2008).

Dochází k posunu vegetačních stupňů do vyšších nadmořských výšek a chladnějších oblastí, což přináší řadu změn a komplikací. Vysušování krajiny má vliv na většinu organismů. Méně negativně ovlivněné jsou termofytní rostliny, protože jsou přizpůsobeny teplotním extrémům a nedostatku vláhy. Druhy vyskytující se v podhorských oblastech a pahorkatinách budou mít tendenci přesouvat se do vyšších poloh. Největším problémům budou zřejmě čelit horské ekosystémy, protože druhy těchto ekosystémů nebudou mít možnost přesunout se výše, takže bude přímo ohrožena jejich existence. V zemědělské krajině budou na významu nabývat rozšiřující se druhy termofilních a xerofilních škůdců, které se budou šířit i do vyšších poloh. Psychrofilní a humifilní škůdci budou mít menší význam, protože bude docházet k jim nepříjemnému oteplování a tudíž se budou zmenšovat jimi ohrožená území (Trnka, 2008).

Při delším nedostatku vody dochází ke snižování vitality vegetace. Při trvání tohoto stavu po delší časové období může nastat situace, kdy zaniknou určité druhy rostlin. Při takovémto deficitu vody v krajině hrozí možnost vypuknutí požárů.

Nízký stav vody v krajině ovlivňuje změnu biotopu, mění se zastoupení organismů. Lokálně se ochudí biodiverzita, zůstávají spíše organismy více odolné vyšším teplotám a proti

nedostatku vody, přichází invazivní druhy, kterým sucho tolik nevadí a následuje řetěz událostí, vedoucí k postupné degradaci krajiny (Mach, 2016).

### 3.1.1 Dopady sucha na lesy

Suchá období, stejně jako na ostatní rostliny, působí na lesní vegetaci negativně. Dochází k významnému ovlivňování produkce lesa. Během nedostatku vláhy je zpomalen růst, je omezena tvorba pupenů, ze kterých později vznikají výhony. Sucho je také spouštěčem rozsáhlých epizod odumírání a snižování vitality lesní vegetace. Samotné snižování vitality pak může vést, vyjma přímých hospodářských ztrát, k dalším nepříznivým změnám ekosystémů. Například snižuje-li se listová plocha u stromů, které byly postiženy suchem, zvyšuje se naopak množství slunečního záření dopadajícího na zemský povrch, a tím dochází ke zvyšování výparu z půdního povrchu a prohlubování vodního deficitu (Brázdil a Trnka, 2015).

Dřeviny oslabené suchem následně podléhají houbovým onemocněním, hnilobám a hmyzím škůdcům, při extrémním suchu se objevuje také kombinované napadení kůrovcem a dřevokaznou houbou václavkou. Zbylé stromy, které nezlikvidují sekundární škůdci, jsou náchylnější k poškození větrem a námrazou. V mnoha částech Evropy se dá také kvůli suchu předpokládat nárůst počtu a nebezpečí lesních požárů (Mach, 2016).

Velmi negativně tyto změny působí na smrková společenstva, kterých bylo vysazeno nepřiměřeně velké množství i mimo jeho přirozené stanoviště a jako monokulturní porost (Čermák, 2018).

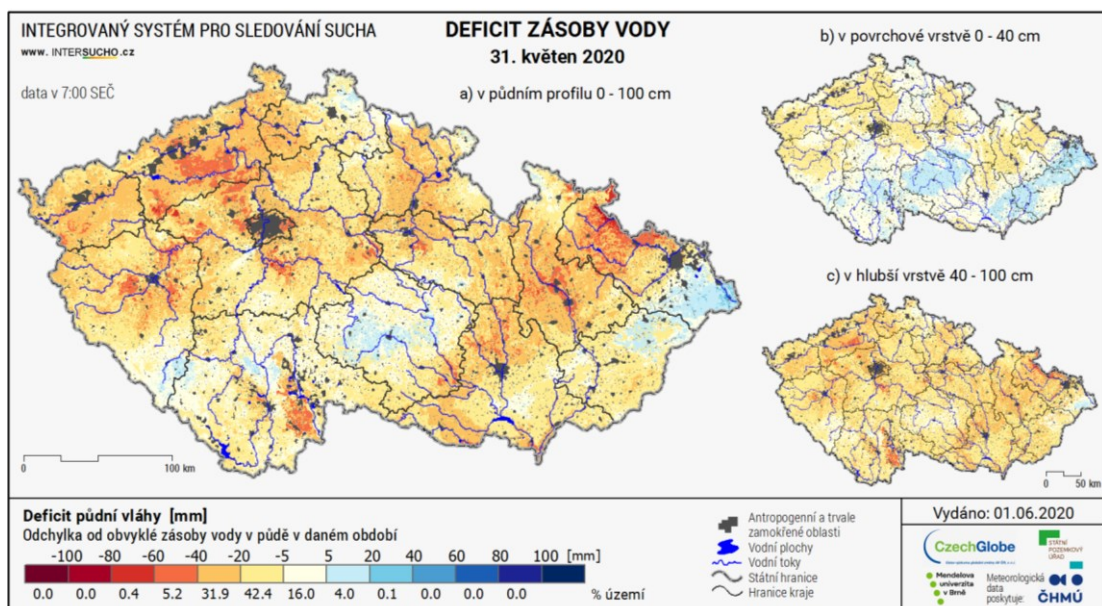
### 3.1.2 Dopady sucha na půdu

Sucho zásadně napomáhá k půdním degradačním procesům. Negativní účinky sucha se jednoznačně projeví na půdě, která následně popraská.



Obr. 12 Popraskaná půda (foto: L. Kužela)

Dojde ke zvýšení náchylnosti půdy k erozi a započne desertifikace krajiny. Z důvodu převládajícího výparu může docházet k zasolování půdy. Vysušená půda znemožňuje kontakt kořenů s půdními agregáty a samy kořeny mají tendenci se částečně smršťovat. Živiny nemají ucelený pohyb ke kořenům difúzí a transpiračním tokem, utlumují se mikrobiální pochody, nastává dehumifikace. Vlivem úbytku humusu dochází ke snížení produkční schopnosti půd. Což má za důsledek pokles úrodnosti do budoucna. Dopady sucha na půdu bývají často umocněny i způsobem obdělávání půdy (Fusková, 2019).



Obr. 13 Výstup z projektu Intersucho (Zdroj: www.intersucho.cz, 2020)

### 3.1.3 Dopad na vodní zdroje

Hydrologické sucho je nezbytné pojímat jako výsledek působení procesů hydrologického cyklu a antropogenního ovlivnění v rámci celého povodí.

#### Povrchové vody

Nastane-li na daném území hydrologické sucho, dochází postupně k poklesům průtoku, v kritických situacích může dojít k úplnému vyschnutí vodního toku. V důsledku poklesu hladiny se tok stává zranitelnějším a může docházet ke znečištění a zhoršování podmínek pro vodní ekosystémy. V extrémních případech může nastat i plošné vymírání jednotlivých druhů rostlin či živočichů. Se snižováním průtoku narůstá koncentrace znečištění vody. Znečištěná voda nemá možnost být dostatečně ředěna čistou vodou. Při suchu navíc často převládají vyšší teploty, které vedou k rozvoji zátěžových biologických procesů a k možnému úhynu vodních organismů (Mach, 2016).



### **Podzemní vody**

Podzemní voda je významnou součástí přírodního prostředí a její zásoby představují složku, která stabilizuje odtok z území. Zejména v delších obdobích bez srážek jsou povrchové toky dotovány primárně z podzemních vod a vzhledem k pozici našeho území jsou podzemní vody významnější pro vyrovnání odtoků, než existující nádrže. Nedostatek srážek se v komponentách podzemní části hydrologického cyklu projevuje s určitým zpožděním (Soukalová a Ježík, 2016).

Vlivem dotování povrchových vod vodami podzemními, dochází ke snižování jejich hladiny. Celkově činí množství odebírané podzemní vody pro zásobování pitnou vodou kolem 49 % z celkového množství odebírané vody pro vodovody. Tudíž snižování hladiny podzemních vod může být pro zásobování obyvatelstva pitnou vodou velkým problémem. Hlavním faktorem doplňování zásob podzemních vod jsou atmosférické srážky, nejlépe v podobě sněhové pokrývky. A v období meteorologického sucha k tomuto doplňování nedochází, což má při dlouhodobém trvání tohoto stavu negativní dopady. Záleží také na tom, v jakou dobu nedostatek atmosférických srážek nastane. Obvykle po zimních měsících bývá hladina podzemní vody na svém maximu, tudíž nedostatek srážek na jaře nemusí mít na stav podzemních vod zásadní vliv. Problém nastává tehdy, je-li deficit srážek spojen i s vysokými teplotami během letních měsíců, kde naopak hladina podzemní vody dosahuje minimálních hodnot (Brázdil a Trnka, 2015; Mach, 2016).

Přirozené režimní kolísání hladiny probíhá v určitých cyklech. Jsou známy cykly sezónní, kdy se vyprazdňují zásoby podzemní vody v období vegetace a doplňují v období nevegetačním. Jsou také na území ČR známé déletrvající cykly kolísání hladiny podzemní vody, například sedmileté či dvacetipětileté (Šeda, 2019).

Aktuální informace o stavu hladin podzemní vody jsou dostupné online na webových stránkách Českého hydrometeorologického ústavu [http://hydro.chmi.cz/hpps/hpps\\_pzv.php](http://hydro.chmi.cz/hpps/hpps_pzv.php).

### **3.2 Sociálně - ekonomické dopady**

Přímo či nepřímo jsou na vodě závislé všechny obory lidské činnosti. Ekonomické dopady sucha je možno rozdělit na přímé a nepřímé. Jako příklad přímého dopadu lze uvést snížení výnosu jako následek sucha. Zemědělci se sníží příjmy, což může mít za následek zadlužení zemědělských organizací nebo následnou likvidaci farmy. Aby se zemědělci vyhnuli výše zmíněným extrémním následkům, tak v případě neúrody a snížení výnosů v důsledku sucha

využívají v podmínkách ČR programy vládní pomoci. Zemědělství ale není jediné odvětví, které bývá v důsledku sucha poškozováno. Velké škody v důsledku sucha zaznamenává i lesnictví, do jisté míry i rybářství. V důsledku zasažení těchto sektorů se mohou ztráty citelně projevit i v energetickém průmyslu, dopravě, cestovním ruchu, bankovníctví atd. V konečném důsledku mohou být tyto ekonomické dopady příčinou zvyšující se nezaměstnanosti (většinou lokálního charakteru) (Trnka, 2008).

Primární funkcí krajiny pro drtivou většinu společnosti je funkce produkční ať již se jedná o rostlinné komodity či dřevo. Důkazem je často až výhradní pěstování tržně zajímavých plodin ať již pšenice, řepky či kukuřice pro bioplynové stanice nebo v lesnictví pěstování a opětovná výsadba komerčně úspěšného smrku. Ani sebevětší společenský či politický tlak nezvrátí ekonomické uvažování vlastníků půdy ([www.klimatickazmena.cz](http://www.klimatickazmena.cz), 2020). Zemědělci dostávají dotace na ztráty způsobené suchem a přitom svými používanými technologiemi sucho podporují (Víteček, 2019).

Hydrologické sucho se dále přímo dotýká i lodní dopravy, jelikož pro tento způsob dopravy jsou daná kritéria ve formě minimálních průtoků. Je-li průtok nižší než stanovené minimum, plavba se nemůže uskutečnit, což může mít za následek finanční ztráty (Kohut, 2017).

Dalším problémem může být nedostatek vody pro chlazení (např. v energetice) a hašení požárů.

Škody způsobené suchem v posledních letech rostly. Odhad skutečné celkové škody následkem sucha v zemědělství a lesním hospodářství byl dle MZe:

- 3 mld. Kč v roce 2015,
- 7,7 mld. Kč v roce 2017,
- 24 mld. Kč v roce 2018 (NKÚ, 2019).

### 3.2.1 Sociální následky (válka o vodu?)

Tyto následky se týkají zejména společnosti a toho, jak se její jednotliví členové dokáží vypořádat s tíživější a nejistou situací. Týkají se zejména řešení otázky zdraví a bezpečnosti obyvatel, konfliktu mezi uživateli vodních zdrojů a rozdělení programů pomoci při katastrofách. Stejně jako u všech přírodních rizik, dopady sucha jsou velmi variabilní mezi hospodářskými odvětvími a v jednotlivých geografických oblastech (Trnka, 2008).

Řešení problému hospodaření s vodou nemůže být globální záležitostí. Voda a její problémy nelze přenášet z jednoho regionu do druhého. Když například prší v Indii, přemíra této vody nijak nepomůže subsaharské Africe, která v tu dobu trpí suchem. Úspora pitné vody v Kanadě nijak neřeší nedostatek pitné vody pro obyvatele Evropy. Každý region má svá specifika, která jsou nepřenositelná, a proto nemůže být ani nijaké globální řešení.

Už dnes je na pováženou nepoměr mezi množstvím pitné vody, která je k dispozici a její spotřebou. V letech 1950 – 1990 se dvakrát rychleji zvýšila spotřeba vody, než byl růst populace, což souvisí i s růstem životní úrovně. Současní Evropané spotřebovávají osmkrát více vody, než kolik muselo stačit našim prarodičům. Objevuje se ještě jeden paradox: skutečně se spotřebovává pouze 55% získané vody, zbývajících 45% jsou její ztráty vzniklé především při dopravě a spotřebě. Čím více roste spotřeba, tím se tyto ztráty navyšují (Syrůček, 2011).

Nedostatek vody má negativní vliv nejen na průmyslovou a zemědělskou produkci, ale i na celkový ekonomický rozvoj. Tím se dále rozevírají nůžky mezi vyspělými a rozvojovými zeměmi, zvyšuje se migrace obyvatel, hrozí sociální bouře. Jsou to zárodky budoucích, možná i ozbrojených konfliktů. Vyspělé země mají nástroje v nových technologiích, jak si pro sebe vyřešit dostatek pitné vody a rozvojové země problém prohlubují přílišným demografickým růstem. Ale problém narůstá z lokálního v globální (Syrůček, 2011).

### **3.2.2 Nedostatek pitné vody**

Obyvatelstvo potřebuje ke svému životu pitnou vodu. V obdobích sucha mohou být však její zásoby omezené, zhoršuje se i její kvalita. Následně se zvyšují ceny vody i potravin. V rozvojových zemích jsou dopady sucha závažnější, neboť v nich není dostatečně rozvinuto vodní hospodářství a jejich obyvatelé pak nemají dostatečné množství vody odpovídající kvality. Tato situace poté způsobuje to, že tito lidé jsou nuceni pít vodu s nedostatečnou kvalitou, což má negativní vliv na jejich zdraví. Lidé, kteří jsou zasaženi nedostatkem vody, pak mohou hledat řešení v migraci do míst, kde je situace lepší, to však může způsobovat vznik vyloučených lokalit, chudinských čtvrtí a slumů. Většinou vznikají konflikty mezi původním obyvatelstvem a přistěhovalci. Ve vyspělých zemích nejsou dopady sucha až tak dramatické a deficit pitné vody nebývá tak velký, aby působil sociální a ekonomické problémy až do tak velké míry jako je to u zemí rozvojových (Mach, 2016; Němec a Kopp, 2009).

V podmínkách ČR jsou dopady sucha a nedostatku vody významně zmírňovány existující vodohospodářskou infrastrukturou, která zásobuje vodou většinu obyvatelstva a výrobních provozů. Voda může mít vlivem sucha natolik špatnou kvalitu, že není využitelná k zásobování obyvatelstva pitnou vodou, vlivem jejího nedostatku dochází také k omezování odběrů pro průmysl, energetiku či zemědělství. V neposlední řadě dochází k omezením, která jsou spojená s využíváním vodních toků pro rekreaci. V situaci nedostatku pitné vody je zapotřebí zajistit dodávku pitné vody jiným způsobem, v krajních případech až použitím cisteren, což je z finančního hlediska poměrně nákladné (Čermák a Říha, 2015; Kohut, 2017).

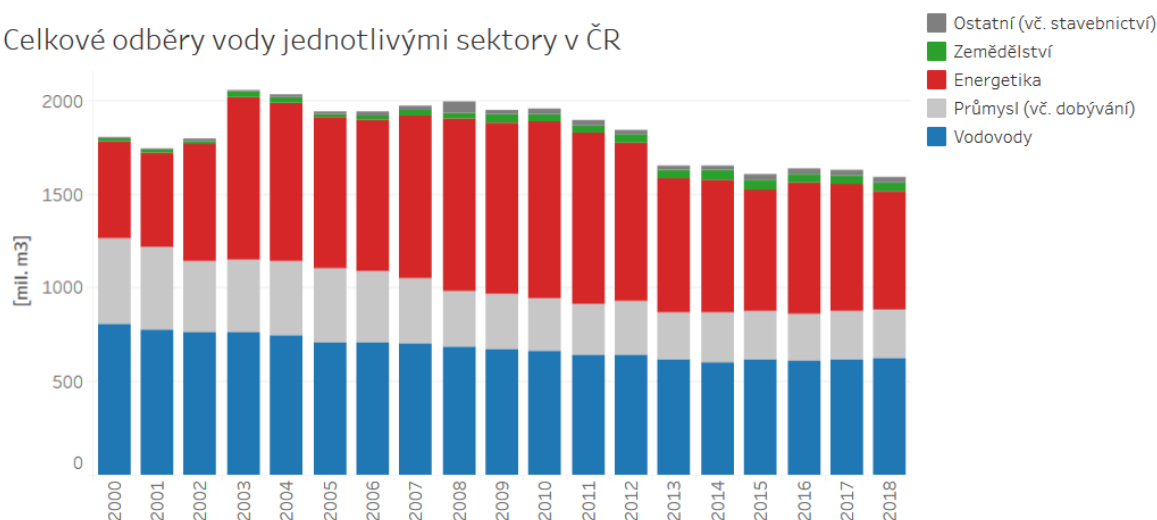
### **Faktory ovlivňující dostatek pitné vody**

K bezprostředně hrozícímu propuknutí krize z nedostatku vody přispívá několik hlavních obecných trendů. Řada z nich se utvářela po dlouhou dobu a nic nenasvědčuje tomu, že by se kterýkoli z nich měl zastavit nebo zpomalit.

- Populační růst
- Nárůst střední třídy
- Klimatické změny
- Kontaminace
- Úniky z vodárenských sítí (Siegel, 2018)

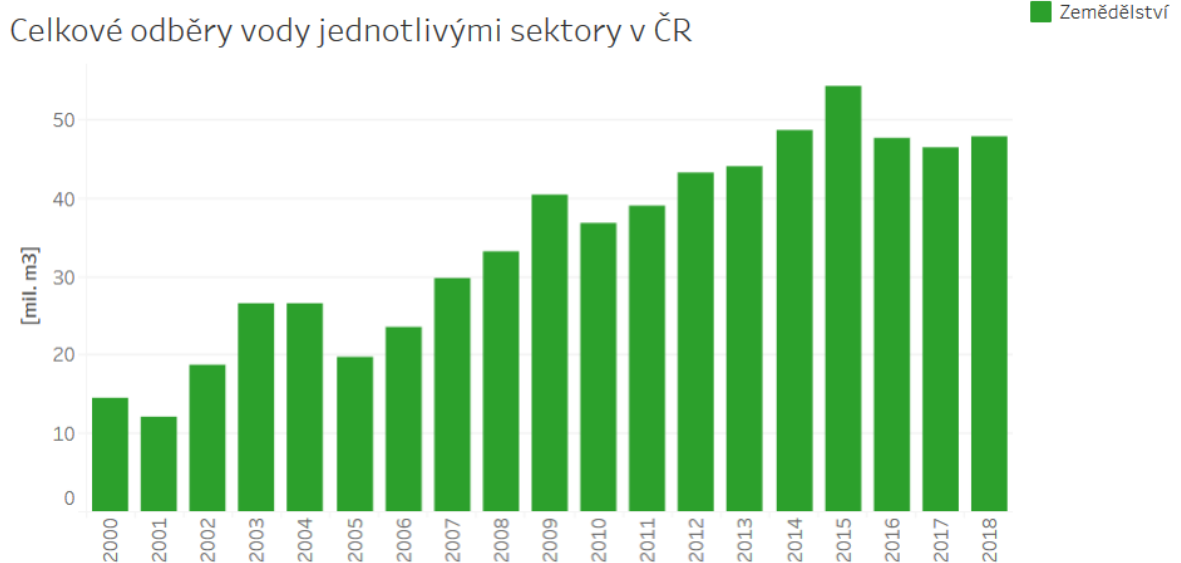
### **3.3 Spotřeba vody**

Celkové odběry vody jednotlivými sektory v ČR



Obr. 14 Celkové odběry vody jednotlivými sektory v ČR

(Zdroj: issar.cenia.cz)



Obr. 15 Celkové odběry vody zemědělského sektoru v ČR

(Zdroj: issar.cenia.cz)

Přestože celková spotřeba vody v České republice v letech 1998–2018 poklesla, zejména z důvodu snížení poptávky pro průmysl a vodovody, což lze hodnotit jako příznivou skutečnost, například z hlediska naplňování cílů Státní politiky životního prostředí, v zemědělském sektoru má spotřeba vody rostoucí tendenci. Do budoucna lze také očekávat další nárůst spotřeby vody v zemědělství, protože bude potřeba více vody na zavlažování. I přes současné, relativně nízké odběry vody v zemědělství (například v porovnání s ostatními odvětvími) může vlivem sucha dojít v budoucnosti ke změně takto příznivého stavu. Kvůli závislosti odběrů na průběhu teplot vzduchu a množství srážek je proto možné, zejména v citlivých oblastech jako je jižní Morava nebo střední Čechy, očekávat v budoucnu další navýšení odběru vody (Brázdil et Trnka 2017).

### Ztráty vody z vodohospodářské infrastruktury

V České republice se průměrná výše ztrát pitné vody z vodohospodářské infrastruktury v roce 2016 pohybovala na úrovni 15,4 %, přičemž řada aglomerací je dnes výrazně pod touto hodnotou. V mnoha případech další výrazný pokles ztrát vody není dosažitelný s ohledem na porovnání míry efektivity takto vynaložených prostředků s možnými dosaženými úsporami. V porovnání s ostatními evropskými zeměmi pak Česká republika patří k lepšímu evropskému průměru, řada ekonomicky silnějších států se potýká s výrazně vyššími ztrátami vody (Wanner, 2018).

Všechny úniky se dají vyjádřit po finanční stránce. Úniky jsou tedy pro provozovatele finanční ztrátou, které se chce vyhnout. Bohužel opravy sítě také nejsou zadarmo, a proto je vždy důležité před započítáním oprav nejprve zvážit jejich výhodnost (Bakota, 2019).

Poznatky o šetření vodou a správném spravování vodní sítě ale platí i na spotřebitele. Případné úniky buď na soukromé vodovodní síti, nebo přímo u spotřebičů bývají velké a poté i finančně náročné. Příklad objemových a finančních ztrát zobrazuje tabulka níže.

Tabulka 1 Vyčíslení ceny případného úniku vody (Moravská vodárenská a.s., 2020)

Důvod úniku	intenzita	litrů za den	m <sup>3</sup> za rok	Kč za rok (2020)
kapající kohoutek	slabě	24	8,8	762
kapající kohoutek	silně	54	19,7	1 705
protékající splachovač na WC	slabě	150 - 1000	55 - 365	4 761 - 31 594
protékající splachovač na WC	silně	1000 - 2000	365 - 730	31 594 - 63 189

## 4 LEGISLATIVNÍ OPATŘENÍ A KONCEPČNÍ DOKUMENTY V PŮSOBNOSTI ČESKÉ REPUBLIKY

Současná legislativa aktuálně efektivně neřeší problematiku dlouhodobého sucha. Řeší pouze problémy, které nastávají v kritických situacích jako například omezení užívání pitné vody z veřejných vodovodů, náhradní zásobování a zajištění přidělu pitné vody.

Je potřeba vytvořit v této oblasti novou legislativu, která vytvoří nástroje a určí pravomoci a odpovědnosti pro dobré zvládnání dlouhodobého nedostatku vody.

Vodní zákon zmiňuje problematiku sucha pouze okrajově. Současná novela již v sobě bude má zakomponovanou problematiku sucha. Tato novela byla schválena vládou 8. 7. 2019, ale zatím nebyla do vodního zákona implementována (Hrnčíř, 2019).

Vláda České republiky chce prosadit, aby zdroje pitné vody byly nejvyšším veřejným zájmem. Pitná voda pro hromadné zásobování má být novým ústavním zákonem nadřazená nad jiné zájmy, například dopravě nebo energetice. Podle ministra životního prostředí Brabce jde o naléhavý problém. „Letošní rok bude podle všeho opět velmi suchý a jen tak se to nezmění. Vždy existují různé veřejné zájmy, které se musí při rozhodování o realizaci toho či onoho buď upřednostnit, nebo upozadit. My chceme, aby zdroje pitné vody pro hromadné zásobování obyvatelstva byly tím nejvíce prioritním veřejným zájmem, nad nímž už jiný není,“ řekl ministr Práva (Brabec, 2020; Žákovská, 2020).

### **Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách**

#### HLAVA V - OCHRANA VODNÍCH POMĚRŮ A VODNÍCH ZDROJŮ

##### § 27 Ochrana vodních poměrů

Vlastníci pozemků jsou povinni, nestanoví-li zvláštní právní předpis jinak, zajistit péči o ně tak, aby nedocházelo ke zhoršování vodních poměrů. Zejména jsou povinni za těchto podmínek zajistit, aby nedocházelo ke zhoršování odtokových poměrů, odnosu půdy erozní činností vody a dbát o zlepšování retenční schopnosti krajiny.

##### Ochrana množství vod

##### § 36 Minimální zůstatkový průtok

(1) Minimálním zůstatkovým průtokem je průtok povrchových vod, který ještě umožňuje obecné nakládání s povrchovými vodami a ekologické funkce vodního toku.

(2) Minimální zůstatkový průtok stanoví vodoprávní úřad v povolení k nakládání s vodami. Vodoprávní úřad přitom přihlédně k podmínkám vodního toku, charakteru nakládání s vodami a vychází z opatření k dosažení cílů ochrany vod přijatých v plánu povodí podle § 26. Dále stanoví místo a způsob měření minimálního zůstatkového průtoku a četnost předkládání výsledků těchto měření vodoprávnímu úřadu.

(3) Způsob a kritéria stanovení minimálního zůstatkového průtoku podle odstavce 2 stanoví vláda nařízením.

### § 37 Minimální hladiny podzemních vod

(1) Minimální hladina podzemních vod je hladina, která ještě umožňuje udržitelné užívání vodních zdrojů a která zajistí dosažení dobrého ekologického stavu souvisejících útvarů povrchových vod a vyloučí významné poškození suchozemských ekosystémů.

(2) Minimální hladinu podzemních vod stanoví vodoprávní úřad v povolení k nakládání s vodami, pokud toto nakládání může mít za následek podstatné snížení hladiny podzemních vod. Vodoprávní úřad přitom vychází z plánů povodí a metodického pokynu vydaného Ministerstvem životního prostředí a přihlédně ke zjištěnému stavu povrchových a podzemních vod, zejména k výsledkům vodní bilance v daném hydrogeologickém rajonu.

(3) Vodoprávní úřad může uložit oprávněnému ve smyslu odstavce 2 povinnost předložit návrh jímacího řádu ke schválení, popřípadě povinnost hladinu podzemních vod pravidelně měřit, dále způsob měření a povinnost podávat příslušnému správci povodí zprávy o výsledcích měření (ČESKO, zákon č. 254/2001 Sb.).

**Novela vodního zákona** - Novela si klade za cíl dlouhodobé zlepšení situace týkající se nedostatku vody. K zajištění tohoto cíle nově obsahuje novou hlavu zákona s názvem „Zvládání sucha a stavu nedostatku vody“, tato část definuje pojmy sucha a stavu nedostatku vody, stanovuje povinnost zpracování plánů pro zvládání sucha a stavu nedostatku vody, stanovuje hierarchii priorit způsobů užití vody pro účely sestavení plánu pro sucho, ustanovuje orgány pro sucho a jejich složení, stanovuje předpovědní službu pro sucho, ustanovuje vyhlášení mimořádného stavu (stav nedostatku vody) a kompetence při něm a v návaznosti na uvedené změny se upravují přestupky, které na novou právní úpravu navazují.

V důsledku novely budou muset být zpracovány **plány pro zvládání dlouhodobého sucha** na úrovni všech krajů, které budou muset zpracovat krajské úřady a na úrovni celé České republiky je zpracuje společně Ministerstvo životního prostředí a Ministerstvo zemědělství.



Jejich základní část bude obsahovat především údaje potřebné pro zvládnání sucha v daném území, charakteristiku území, popis vodních zdrojů včetně záložních a jejich případné zastupitelnosti, popis úpravy, dopravy, převodů vody a zásobování vodou, seznam a popis technických zařízení využitelných k řešení stavu nedostatku vody, seznam uživatelů vody významných pro dané území, seznam povolených nakládání s vodami významněji ovlivňujících množství a jakost vod, popis rizik sucha a místní limity a kritéria pro vyhlášení stavu nedostatku vody. Operativní část plánů bude obsahovat seznam orgánů veřejné moci a osob podílejících se na zvládnání sucha a stavu nedostatku vody, popis činností, které vykonávají, popis přenosu informací, priority zásobování, návrh postupů pro zvládnání sucha a opatření při vyhlášeném stavu nedostatku vody a kompetence při něm. Grafická část plánů pak bude znázorňovat zejména území ohrožená suchem, vodohospodářské a vodárenské soustavy, zdroje a úpravny vody (MŽP, 2019).

Novela byla schválena vládou dne 8. 7. 2019 a ukládá ministerstvům povinnost vypracovat a předložit vládě do 30. 6. 2021 návrh zákona, kterým se mění zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), ve znění pozdějších předpisů (Bílý, 2019).

### **Zákon č. 334/1992 Sb. Zákon České národní rady o ochraně zemědělského půdního fondu**

#### **§ 1 ZEMĚDĚLSKÝ PŮDNÍ FOND**

(1) Zemědělský půdní fond je základním přírodním bohatstvím naší země, nenahraditelným výrobním prostředkem umožňujícím zemědělskou výrobu a je jednou z hlavních složek životního prostředí. Ochrana zemědělského půdního fondu, jeho zvelebování a racionální využívání jsou činnosti, kterými je také zajišťována ochrana a zlepšování životního prostředí.

#### **§ 3 Zásady ochrany zemědělské půdy**

(1) Je zakázáno

d) poškozovat fyzikální, chemické nebo biologické vlastnosti zemědělské půdy jejím zhutňováním, zamokřováním, vysoušením, překrýváním nebo narušováním erozí (ČESKO, Zákon č. 334/1992 Sb.).

### **Koncepce ochrany před následky sucha pro území České republiky**

Tato koncepce byla schválena vládou ČR dne 24. 7. 2017. Východiskem pro zpracování návrhu koncepce byla činnost „Mezirezortní komise VODA-SUCHO“, která vznikla dohodou ministrů zemědělství a životního prostředí v první polovině roku 2014. Členové Komise připravili materiál „Příprava realizace opatření pro zmírnění negativních dopadů sucha a nedostatku vody“. Tento dokument definoval 50 úkolů, jejichž řešením bylo pověřeno několik ministerstev. Tento dokument se stal východiskem pro návrh Koncepce. Zpracování koncepce bylo uloženo ministrům zemědělství a životního prostředí k přípravě realizace opatření pro zmírnění negativních dopadů sucha a nedostatku vody. Koncepce se zaměřuje na strategické cíle vodního hospodářství pro ochranu před suchem a v jednotlivých kapitolách jsou představena opatření, kterými je možné nepříznivé důsledky sucha a nedostatku vody zmírnit nebo dokonce eliminovat. Koncepce je rovněž v souladu se *Strategií přizpůsobení se změně klimatu v podmínkách ČR*. Koncepce doplňuje a rozvádí opatření navržená v *Národním akčním plánu adaptace na změnu klimatu* v oblasti zvládnutí rizika dlouhodobého sucha. Předkládaný dokument je také v souladu s požadavky *Směrnice Evropského parlamentu a rady 2000/60/ES (Rámcová směrnice o vodách)*.

Koncepce se nevztahuje na události, kdy by byl v důsledku sucha a nedostatku vody vyhlášen krizový stav, kdy se postupuje podle zákona č. 240/2000 Sb. o krizovém řízení. Po vyhlášení příslušného krizového stavu by na opatření přijatá v rámci Koncepce mělo navázat opatření podle platné krizové legislativy v souladu s principy Koncepce environmentální bezpečnosti 2016 – 2020 s výhledem do roku 2030 (MZe a MŽP, 2017).

### **Státní politika životního prostředí České republiky 2012 – 2020**

Tento dokument byl vydán Ministerstvem životního prostředí České republiky v roce 2012 a aktualizován v roce 2016. V současné době se připravuje nová Státní politika životního prostředí ČR 2020 - 2030, která bude předložena ke schválení Vládě ČR do konce roku 2020.

V dokumentu Státní politika životního prostředí České republiky 2012 – 2020 je možno nalézt zmínky o ochraně proti suchu, ale spíše se jedná o všeobecná doporučení. K tomu, aby bylo možno se vypořádat s měnícími se podmínkami prostředí, které jsou často náhlé, bude potřeba jiných, výrazně konkrétnějších kroků, které bude zapotřebí učinit (MŽP, 2016).

### **Strategický rámec Česká Republika 2030**

Dokument by vydán v roce 2017 Radou vlády České republiky pro udržitelný rozvoj. V úvodu tohoto dokumentu, konkrétně v části 8, je zmíněno: „*Povědomí o nutnosti předcházet změně klimatu, připravit se na ni a usilovat o identifikaci a řízení s ní spojených rizik roste také v české společnosti – zejména kvůli viditelným negativním dopadům, například přívalem srážek, suchu a dalším extrémním projevům počasí*“ (Úřad vlády České republiky, 2017).

V dokumentu Strategický rámec Česká republika 2030 je sucho zmíněno na několika místech, jsou zde vyjádřeny jisté obavy a varování před měnícím se klimatem, je zde naznačeno jakým směrem by se ochrana proti riziku sucha měla ubírat, ale nejsou zde konkrétně zmíněna žádná legislativní opatření, ani jejich návrh. Není zde zmíněn žádný regulační nástroj, který by mohl celé problematice sucha výrazně prospět (Křížová, 2018; Úřad vlády České republiky, 2017).

### **Strategie přizpůsobení se změně klimatu v podmínkách ČR**

Strategie přizpůsobení se změně klimatu v podmínkách ČR byla v říjnu 2015 schválena vládou ČR. Dokument představuje národní adaptační strategii ČR, která kromě zhodnocení pravděpodobných dopadů změny klimatu obsahuje návrhy konkrétních adaptačních opatření, legislativní a částečnou ekonomickou analýzu, atd. Adaptační strategie ČR je připravena na roky 2015-2020 s výhledem do r. 2030 a bude implementována Národním akčním plánem adaptace na změnu klimatu. Strategii zpracovalo Ministerstvo životního prostředí v meziresortní spolupráci s využitím klimatologických podkladů Českého hydrometeorologického ústavu. Na přípravě materiálu se podílely zejména resorty životního prostředí, zemědělství, průmyslu a obchodu, pro místní rozvoj, zdravotnictví a vnitra. Návrh strategie byl revidován Centrem pro otázky životního prostředí Univerzity Karlovy v Praze a konzultován s Centrem výzkumu globální změny AV ČR, v. v. i. (MŽP, 2015b).

V dokumentu Strategie přizpůsobení se změně klimatu v podmínkách ČR je zmiňována skutečnost, že období dlouhodobějšího sucha je stále běžnější jev, se kterým musíme do budoucna počítat. Napříč touto strategií je možné nalézt jednotlivé zmínky a popis opatření, která je zapotřebí zrealizovat, aby došlo ke zmírnění dopadu sucha na naše životní prostředí a společnost, ale i tento dokument postrádá konkrétní účinné legislativní návrhy, které by rizika dlouhodobého sucha efektivně řešily (Křížová, 2018; MŽP, 2015b).

**Koncepce environmentální bezpečnosti 2016 – 2020**

Koncepce environmentální bezpečnosti 2016 - 2020 s výhledem do roku 2030, vydaném Ministerstvem životního prostředí se věnuje následujícím environmentálním rizikům: extrémní meteorologické jevy, inverzní situace, povodně, svahové nestability, dlouhodobé sucha a přírodní požáry (MŽP, 2015a).

V koncepci je shrnuta problematika sucha v podmínkách ČR. Koncepce se odkazuje na další zde uvedené dokumenty.

Koncepce popisuje podmínky vyhlášení stavů bdělosti a pohotovosti. Případně při další eskalaci situace vyhlášení krizových stavů (nebezpečí, nouzový stav).

Koncepce navrhuje realizaci opatření ke zvládnutí stavů sucha:

- Zpracovat problematiku sucha do příslušných právních předpisů.
- Stanovit kritéria a stanovit postupy pro vyhlášení jednotlivých stupňů sucha. Nastavit jednotný formát postupů pro vyhlášení stavů a stupňů sucha na základě hydrologických dat autorizovaného subjektu (ČHMÚ).
- Zavést pravidelné monitorování sucha, na základě stanovených indikátorů a nastavit adekvátní informační toky a postupy (MŽP, 2015a).

**Koncepce zabezpečení obyvatelstva pitnou vodou za krizových situací**

Koncepce uvádí plánování nouzového zásobování vodou v trvání krizové situace, byla vydána Ministerstvem zemědělství v roce 2003 a obsahuje analýzu stávajícího způsobu zabezpečení obyvatelstva pitnou vodou.

V krizových situacích se zásobování obyvatelstva vodou provádí v závislosti na konkrétním stavu narušení systému zásobování vodou. Zabezpečení pitnou vodou organizují obce a regionální úřady tak, aby bylo přiměřené a svým obsahem a rozsahem odpovídalo účelu a podmínkám konkrétní krizové situace. Po vyhlášení krizového stavu a v důsledku kritického nedostatku pitné vody je aktivován systém nouzového zásobování vodou (MZe, 2003).

### **Plány pro zvládání sucha a stavu nedostatku vody**

Dle novely vodního zákona č. 254/2001 Sb., o vodách budou tyto plány základním operativním dokumentem pro zvládání stavu sucha a nedostatku vody. Plány budou zpracovány na úrovni všech krajů a na úrovni celé České republiky.

*Plánem pro zvládání sucha a stavu nedostatku vody* se rozumí dokument, který je podkladem pro postup vodoprávního úřadu při vyhodnocování hrozby vzniku nedostatku vody a pro rozhodování komise pro zvládání sucha a nedostatku vody o opatřeních při stavu nedostatku vody. Jeho hlavním cílem je návrh opatření k zajištění dostatku vody k pokrytí základních společenských potřeb a minimalizaci negativních dopadů sucha a nedostatku vody na vodní útvary a hospodářskou činnost.

Slouží ke koordinaci činností v daném území při nebezpečí vzniku nedostatku vody, v jeho průběhu a po jeho odeznění. Plán obsahuje souhrn organizačních a technických opatření, potřebných k odvrácení nebo zmírnění škod na majetku občanů a společnosti a na životním prostředí. Plán řeší ochranu určitého území, konkrétně území kraje, nebo území České republiky (Vlnas, 2018; Tejkalová, 2018).

## 5 MEZINÁRODNÍ PŘÍSTUPY K DANÉMU TÉMATU

Tato kapitola uvádí vybrané významné mezinárodní dokumenty zabývající se problematikou sucha. Legislativa EU překládá řešení v podobě Evropské směrnice o vodách. V rámci Společné implementační strategie byla připravena zpráva o plánu pro zvládání sucha. Cílem EU je zajistit aby se jednotlivá opatření realizovala integrovaným a koordinovaným způsobem, který bude brát v úvahu přeshraniční dopady, zaručí vzájemnou solidaritu, zabrání nesprávnému přizpůsobení, umožní zohlednit aspekty adaptace ve společných politikách.

### **Rámcová úmluva OSN o změně klimatu**

Rámcová úmluva byla přijatá na konferenci OSN v Rio de Janeiru v roce 1992 a vstoupila v platnost dne 21. března 1994. V současné době má 197 smluvních stran. Úmluva vznikla z důvodu potřeby řešit změny klimatu, ke kterým antropogenní činnost přispívá. Proto je jedním z hlavních cílů této úmluvy snížení koncentrace skleníkových plynů v atmosféře.

Smluvní strany, které úmluvu ratifikovali, vypracovávají zprávy ve formě tzv. „Národního sdělení“. Pro projednání potřebných záležitostí se smluvní strany scházejí na pravidelných konferencích. Kde se smluvní strany zavazují např. k udržení globálního oteplování pod hranicí 2 °C do konce století (www.mzp.cz, 2020).

### **Evropská směrnice o vodách**

Dne 22. prosince 2000 nabyla účinnosti Směrnice 2000/60/ES Evropského parlamentu a Rady, kterou se stanoví rámec pro činnost Evropského společenství v oblasti vodní politiky (dále jen „Rámcová směrnice o vodách“). Tato směrnice představuje pravděpodobně nejvýznamnější legislativní nástroj v oblasti vodní politiky a je zároveň jednou z nejsložitějších směrnic vytvořených na úrovni Evropské unie.

Za účelem zajištění koordinovaného přístupu při provádění Rámcové směrnice o vodách na úrovni Evropské unie byla uzavřena vzájemná dohoda na společné implementační strategii pro tuto směrnici

Jejím cílem je především zabránit dalšímu zhoršování stavu vod a ochránit a zlepšit stav vodních ekosystémů a vodního prostředí, podpořit udržitelné užívání vod, zajistit snižování znečišťování podzemních vod a přispět ke zmírnění účinku povodní a období sucha (Evropská unie, 2000).

### **Strategie EU pro přizpůsobení se změně klimatu**

Strategie EU pro přizpůsobení se změně klimatu byla vydána v roce 2013 Evropskou komisí. Vznikla pro zvětšení odolnosti EU na dopady změn klimatu. Pro naplnění tohoto cíle je potřeba, aby určitá opatření byla provedena na všech úrovních (místní, regionální, národní). Adaptační strategie EU stanovuje podporu EU vůči členským státům s činnostmi související s přizpůsobením se na změny klimatu. EU bude také usilovat o lepší rozšíření informovanosti o přizpůsobení se změně klimatu a podporovat opatření, které zvýší odolnost v klíčových zranitelných odvětvích (Evropská komise, 2013).

### **Doktrína NATO**

Základní alianční doktrína AJP-01 (E) vysvětluje strategický kontext operací a zaměřuje se na základní filozofii a základy společných operací. Doktrína zmiňuje nedostatek vodních zdrojů jako příčinu lokálních válečných konfliktů.

Doktrína shrnuje hrozby 21. století do strategického kontextu, jehož prostředí se vyvíjí. Za jednu součást tohoto vývoje prostředí považuje doktrína i demografické a environmentální změny. Doktrína uvádí, že demografické rozdíly mezi rozvojovými a vyspělými zeměmi se mohou rozevírat. Kompetice k přístupu ke zdrojům budou pokračovat, globální poptávka po energetických zdrojích se bude zvyšovat, což představuje bezpečnostní výzvu. Hlad a nedostatek vody zůstanou významným problémem v oblastech rozvojového světa. Špatná redistribuce zdrojů a zkorumpovaná vláda v oblastech zasažených demografickými změnami a změnami životního prostředí, mohou zvyšovat napětí. To může zvýšit migrační tlaky a vnitřní nestabilitu (NATO, 2017).

## 6 ZÁVĚREČNÁ KAPITOLA TEORETICKÉ ČÁSTI

Teoretická část poskytla shrnutí dosavadních poznatků o hrozbě sucha. Sucho je velmi složitým jevem, který zasahuje do velkého množství oblastí, takže bylo nutné informace z kapacitních důvodů určitým způsobem usměrnit a selektovat ty nejpodstatnější vzhledem k zaměření práce. Ve své podstatě teoretická část práce přehledným způsobem prezentuje problematiku sucha z pohledu podmínek České republiky.

První kapitola se věnuje jeho definici, rozdělení a hodnocení. V dostupných zdrojích lze najít spoustu dalších možných variant rozdělení sucha, definic i systémů pro jeho hodnocení, ale po zanalyzování těchto zdrojů zde byly začleněny ty nejvíce používané.

Druhá kapitola se věnuje příčinám, kterých existuje v dostupných zdrojích velké množství, a vedou se nad nimi diskuse, pro potřeby práce byly zvoleny ty, podle převládajícího pojetí nejvýznamnější pro vznik sucha. Nelze přesně říci, jaká je příčina sucha, jde o postupný proces, na který má vliv velké množství faktorů. Jedná se o přírodní hrozbu, která je usměrněna lidskou činností. Do jaké míry, je otázkou, ale je třeba uznat, že přírodní děje jsou daleko mocnější než lidská činnost, ale člověk na druhou stranu může svou činností zlepšit stav krajiny ku prospěchu vodní složky životního prostředí, protože voda je jednou z podmínek života, jedná se o klíčový přírodní zdroj.

Třetí kapitola se věnuje dopadům hrozby sucha, tato kapitola je rozdělena na dvě části: první část na dopady na životní prostředí, a druhá část je věnována dopadům sucha na společnost a ekonomiku a s tím související zvyšující se poptávkou po vodě, která zvyšuje zranitelnost společnosti a vytváří tlak na disponibilní vodní zdroje.

Čtvrtá kapitola poskytuje souhrn aktuální platné legislativy, strategií a koncepcí na úrovni České republiky zajišťující politiku státu v této oblasti. Bylo zjištěno, že zatím není vhodně nastavená legislativa, řešící hrozbu sucha, ale vzhledem k narůstající míře rizika sucha se v této oblasti začíná vyvíjet tlak ke změnám. Jako příklad je možné zmínit připravovanou novelu vodního zákona, která má již mít v sobě zakomponovanou problematiku sucha.

Pátá, poslední kapitola se zabývá mezinárodními přístupy k problematice sucha, jelikož je ČR členem Evropské unie, OSN a NATO, tak každá z těchto organizací předkládá určité dokumenty, které se suchem souvisí. Největší vliv na ČR má Evropská směrnice o vodách, pro kterou byla uzavřena vzájemná dohoda států EU na společné implementační strategii pro tuto směrnici. Rámcová úmluva OSN o změně klimatu řeší hlavně problém emisí CO<sub>2</sub>.



## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 7 POPIS ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ

Praktická část práce se zaměřuje na hrozbu sucha v katastrálním území města Luhačovice.

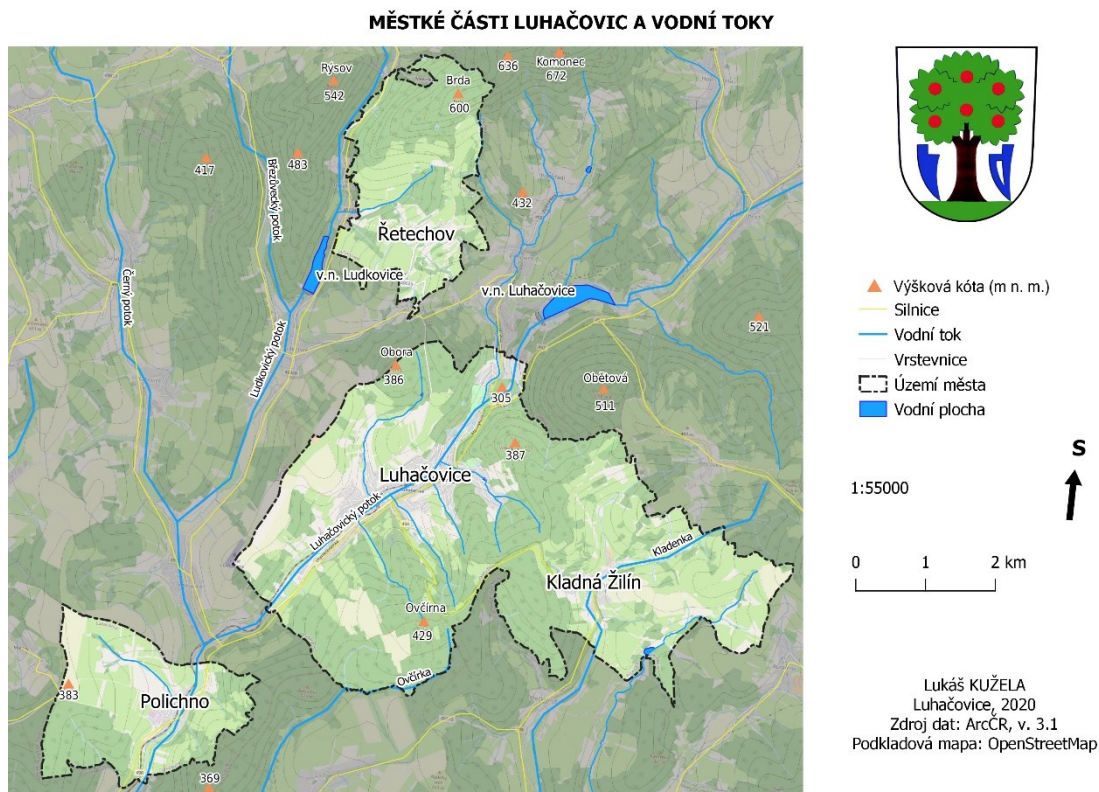
Město Luhačovice se nachází ve Zlínském kraji, okrese Zlín, mikroregionu Luhačovického zálesí. Katastrální území má výměru 33 km<sup>2</sup>. Nachází se zde dle ČSÚ 1 099 domů a žije zde přibližně 5 045 obyvatel. Průměrná nadmořská výška území je 253 m n. m. (ČSÚ, 2019) Zeměpisné souřadnice jsou: 49° 6' 4" s. š., 17° 45' 37" v. d.

Místními částmi spadající pod správu města jsou Kladná Žilín, Polichno a Řetechov.

Území je z velké části součástí CHKO Bílé Karpaty.

Z hlediska orografického se jedná o území ležící na podhůří Bílých Karpat a Vizovických vrchů. Území náleží do hydrogeologického rajonu Tp 101.

Luhačovice jsou největší moravské lázně s významnými minerálními prameny, které mohou být hrozbou sucha ohroženy. V následujících podkapitolách budou charakterizovány přírodní podmínky tohoto území.



Obr. 16 Mapa katastrálního území města s vyznačením vodních toků (vlastní zpracování)

## 7.1 Geologické poměry

Podloží Luhačovické vrchoviny budují převážně flyšové horniny račanské jednotky magurské skupiny příkrovů. Pouze v jižní části části oblasti se v úzkém pruhu přiléhajícím k Bílým Karpatům uplatňují horniny bystrické jednotky magurské skupiny příkrovů.

Ráčanská jednotka je mimo jiné tvořena horninami luhačovických vrstev zlínského souvrství, které dosahuje mocnosti kolem 2000 m. V jeho vrstevní sledu se nepravidelně střídají pískovce a jílovce. Vložky jílovců mají mocnost od 3cm až po 20m. Jílovce jsou tmavošedé, zelenošedé, lupenité a nevápnité. Pískovce se vyskytují v polohách 1cm až 6m silných. Jsou v naprosté většině šedozelené a modravě šedé, jemně až středně zrnité, glaukonitické, vápnité, masivní a poměrně hojně vrstvené. Místy obsahují značné množství zrn živce (Mackovčín et al., 2010).

V území se nachází luhačovická zřídelní struktura, ta je charakteristická existencí antiklinálního pásma luhačovických vrstev směru severovýchod - jihozápad. Osa zmíněné antiklinály probíhá severně od Obětové hory, přes Malou Kamennou do údolí lázeňského prostoru Luhačovic. Nejvýznamnějším zlomem jihovýchodní Moravy je nezdenický zlom, který v období neogénu podmínil výstup andezitů v území Nezdenice-Bánov.

Zřídelní struktura je částí geologické stavby, v které vzniká minerální voda, která dále pak obíhá, akumuluje se a vyvěrá. Zde také získává minerální voda své specifické vlastnosti. Postvulkanickým projevem na radiálním zlomu v oblasti Luhačovic je výstup juvenilního CO<sub>2</sub> (Hruban, 2015).

## 7.2 Geomorfologické poměry

Oblast se nachází v geomorfologickém okrsku Pozlovická brázda, která je součástí podcelku Luhačovické vrchoviny, která se nachází v jihovýchodní části Vizovické vrchoviny. Luhačovice jsou položeny v úzkém údolí mezi Velkou a Malou Kamennou horou.

Geomorfologický podcelek **Luhačovická vrchovina** je členitá vrchovina, rozkládající se na ploše 265 km<sup>2</sup> o střední výšce 411 m n. m. a středním sklonu 5°39', tvořená zvrásněnými flyšovými jílovcí a pískovci magurského příkrovu; erozně denudační reliéf vrchovin, pahorkatin a sníženin, vzniklý v úzké souvislosti na strukturně litologických vlastnostech podkladu, výrazné uplatnění směru SV – JZ, hlavně v údolní síti, velké zbytky zarovnaných

povrchů, četná asymetrická údolí, kryopedimenty, sesuvy; nejv. bod Stráž v Lačnovké vrchovině (Hruban, 2020).

Geomorfologický okrsek **Pozlovická brázda** nacházející se v sz. části Luhačovické vrchoviny je mělká sníženina tvořená převážně synklinálně uloženými flyšovými horninami zlínských vrstev račanské jednotky magurského flyše. Reliéf Pozlovické brázdy tvoří podélná erozně – denudační sníženina budovaná podložím málo odolných hornin. Dno má charakter členité pahorkatiny s celkovým úklonem k JV a je rozčleněno příčnými údolími na směr brázdy v krátké hřbety se zbytky zarovnaného povrchu úpatního typu. Svahy přiléhající ke Komonecké hornatině jsou sráznější. Hlavní podélné údolí Luhačovického potoka leží asymetricky a sleduje jihovýchodní hranici brázdy. Vyskytují se zde sesuvy. Okrsek se nachází ve 3. – 4. vegetačním stupni.

Místo s nejnižší nadmořskou výškou v katastrálním území města Luhačovice (224 m n. m.) je koryto Luhačovického potoka v místní části Polichno. Naopak nejvyšším místem je vrchol Brda (600 m n. m.) nacházející se na hřebeni Rýsovského hřbetu Komonecké hornatiny v severní části území místní části Řetečov.

Průměrná nadmořská výška území je 253 m n.m.

### 7.3 Hydrologické poměry

Luhačovickým údolím protéká Luhačovický potok (taky nazývaný jako Šťávnice). Pramení ve Vizovických vrších u obce Loučka na Zlínsku (570 m n. m.). Na svém toku přibírá některé důležité přítoky:

- Horní Olšava – pravý přítok, vtéká v obci Slopné
- Hájový potok – pravý přítok, vtéká za obcí Slopné
- Olše – pravý přítok, vtéká v obci Dolní Lhota (ČHP: 4-13-01-1020-0-00)
- Petrůvka – levý přítok, těsně před vodní nádrží Luhačovice
- Pozlovický potok – pravý přítok, před Luhačovicemi (ČHP: 4-13-01-1040-0-00)
- Černý/Ludkovický potok – pravý přítok, v Biskupicích (ČHP: 4-13-01-1090-0-00)

Na tomto potoce je nad obcí Luhačovice pod soutokem s potokem Petrůvka vzduť vodní nádrže Luhačovice. Pod přehradou potok protéká lázeňským údolím směrem k Biskupicím, až se stává pravostranným přítokem řeky Olšavy v obci Újezdec (216 m n. m.). Délka toku

je 24 km a povodí má rozlohu 143 km<sup>2</sup>. Dlouhodobý průměrný průtok za období 1981–2010 v závěrovém profilu je 1,07 m<sup>3</sup>/s. Číslo hydrologického pořadí (ČHP) dílčího povodí je 4-13-01-101. Odtokové maximum je zde na jaře a minimum v létě.

Vodní toky v zájmovém území jsou napřímené, regulované a zbývá malý prostor pro jejich revitalizaci. Údolní niva Luhačovického potoka byla významně upravována, doplněna navážkami a zastavěna. V zastavěném území je koryto téměř kanalizováno. Ve volné krajině chybí prostor pro přirozené rozlivy i pro revitalizaci vodního toku (Sweco - Hydroproject a.s., 2013).

Z důvodů hygienických a estetických je Luhačovický potok při průtoku lázeňským územím regulován systémem jezů, které zajišťují trvalé krytí celého řečiště vodou. Na jezích samých pak dochází k provzdušňování vody, což přispívá ke zlepšování biologické kvality vody. Řečiště potoka je zaříznuto do vlastních náplavů na hloubku 1 – 3 m. Hydraulická spojitost mezi vodou v potoce a podzemní vodou je v podélném profilu potoka v Luhačovicích proměnlivá a závisí na tom, zda je řečiště zaříznuto do písčitých štěrků, či do nepropustných jílovitých hlín (Řezníček, 1985).

Průtoky na Luhačovickém potoce jsou ovlivňovány údolní nádrží nad Luhačovicemi, ale celkový ovladatelný objem nádrže neumožňuje dlouhodobou akumulaci velkého množství vody. Značné kolísání průtoku v Luhačovickém potoce v prostoru lázní v průběhu roku se však díky regulaci toku otevíratelnými jezy projevuje jen nepatrnými pohyby hladiny toku, většinou do 5 cm. Lze tedy říci, že těmito opatřeními je udržena úroveň hladiny povrchového toku stabilní z hlediska ovlivňování podzemních vod a tím i vytváření příznivých hydraulických podmínek pro ochranu přírodních minerálních zdrojů (Řezníček, 1985).

Drobné přítoky Luhačovického potoka tekoucí intravilánem města jako je například Oborka nebo bezejmenné potůčky tekoucí ulicemi Solné a Rumunská byly svedeny pod zástavbu do betonových skruží s vyústěním do Luhačovického potoka. Za ČOV na konci města je Luhačovický potok přírodě bližšímu stavu, kde se začíná projevovat jeho meandrování.

Místní část Kladnou Žilín odvodňuje řeka Olšava (ČHP: 4-13-01-114) svými přítoky:

Ovčírka (ČHP: 4-13-01-097) a Kladenka (ČHP: 4-13-01-093), jež odvádí své vody směrem k JZ do řeky Moravy.

Další menší vodní plochy nacházející se na území města jsou:

přehrada u Kladné Žilína (~12 000 m<sup>3</sup> vody),

jezírko Marion v ulici Solné (~1 500 m<sup>3</sup> vody),

jezírko Lásky na potoce Oborka (~1 000 m<sup>3</sup> vody).

## 7.4 Hydrogeologické poměry

V celém pásmu magurského flyše mohou vznikat omezené akumulace podzemních vod pouze tam, kde horniny spodního oddílu paleogénu, vesměs v psamitickém vývoji, vystupují v antiklinálních pásmech na povrch zemský. Jejich plošný rozsah a morfologické a tektonické poměry pak infiltraci vod ovlivňují kvantitativně. Rozpukání skalního masivu, je podmíněno tektonickými procesy při formování karpatské soustavy. Význam mají jak směrné poruchy zejména v antiklinálních pásmech, tak i příčné poruchy, radiální ve smyslu karpatského oblouku. Běžné poruchy, především tam, kde se kříží s podélnými, jsou cestami soustředěného výstupu podzemních vod v povrchu.

Ve flyšovém pásmu Západních Karpat je možné vyčlenit:

- 1) Zónu aktivního oběhu vod
- 2) Zónu ztíženého oběhu vod

Zóna aktivního oběhu vod je charakterizována rychlou výměnou vody v podzemí (nízkým stářím vod) a nízkou celkovou mineralizací vody. Zóna je prakticky vázána na masiv nad úrovní místní erozní základny. V režimu této zóny se odráží roční chod atmosférických srážek a teplot vzduchu.

Typickým prostředím zóny aktivního oběhu je svrchní část luhačovických vrstev, které jsou v antiklinále obnaženy v lázních Luhačovicích. Hlubší zóny tohoto souvrství již nemají volnou komunikaci s povrchem a vody v nich uchované mají charakter zóny ztíženého oběhu podzemních vod (Řezníček, 1985).

### Luhačovická zřídelní struktura

Horninové prostředí, v němž se formují minerální vody Luhačovic je charakteristické střídání psamitických a pelitických, popřípadě psefitických mořských sedimentů. Ve zmíněném prostředí vytvářejí jílovce izolátory a pískovcové polohy omezené kolektory. Právě tady toho střídání obou druhů sedimentů vytvořilo příznivé podmínky

pro zachování reliktních mořských **syngenetických vod**. Pískovce až drobnozrnné slepence tvoří luhačovické vrstvy, které mají současně také velmi dobrou puklinovou propustnost. V případě jílovců jde jen o dílčí izolátory (Hruban, 2015).

Tab. 1 Rozdělení klastických sedimentů (Kukal, 1985)

Velikost zrna v mm	Nezpevněná hornina	Zpevněná hornina	Petrografické označení latinské
nad 2 mm	štěrk	brekcie, konglomerát (slepenec)	psefit
2 - 0,063	písek	pískovec, arkóza, droba	psamit
0,063- 0,004	spraš	prachovec	aleurit
pod 0,004 mm	jíl	jílovec	pelit

Infiltrační schopnost srážkových vod je v celé oblasti zřídelní struktury značně omezená z důvodu jílovitého eluviálního pokryvu a polohám jílovců. Tyto jílovce i zabraňují proniknutí kontaminantů a jiných látek do hloubek. Pohyb vod v luhačovické struktuře je významně ovlivněn tektonickými poruchami, které jsou paralelně souběžné s nezdenickým zlomem. Ke skrytým výstupům uhličitých vod do údolních náplavů dochází tam, kde se kříží tyto paralelní poruchy s dalšími tektonickými poruchami.

Luhačovický potok spolu s jeho přítoky představuje pro tuto strukturu přirozené odvodnění. Jeho údolní niva je rovněž místem, kde přirozeně vyvěraly některé z luhačovických minerálních vod. V současné době vrty čítají 30 až 50 metrů do hloubky. Indikátor minerálních vod – CO<sub>2</sub> byl zjištěn přímo ve Šťávnici, mělkých vrtech a řadě studní (Hruban, 2015).

### **Geneze luhačovických minerálních vod**

Fosilní marinní vody metamorfované na vody naftového typu jsou vynášeny z hloubek k povrchu díky litologicko-tektonickým poměrům. Dochází k výstupu postjuvenilního oxidu uhličitého po puklinách a poruchách tektonického původu až do vyšších vrstev. Během výstupu se oxid uhličitý setkává a mísí v některých polohách s naftovými vodami. Pro ně je charakteristická složka NaCl, malé množství síranů, ale naopak vysoký podíl jodidů, bromidů, amoniaku, kyseliny borité, plynných aromatických uhlovodíků.

Reakcí vody a CO<sub>2</sub> vzniká kyselina uhličitá, která působí na horniny karpatského flyše, a tím také mění složení vody. Účinky kyseliny uhličitě jsou tyto horniny rozpouštěny a uvolňuje z nich zejména sodík a draslík.

Ve finální fázi dochází k ředění s prostou podzemní vodou. Pokud nedochází k ředění s prostou podzemní vodou a dochází pouze k volnému výstupu z hloubek k povrchu, mineralizace kolísá v rozmezí hodnot od 10 - 15 g/l. V opačném případě (ředí se s prostou vodou aluviálních náplavů Št'ávnice) jsou hodnoty mineralizace menší a to v rozmezí hodnot od 2 do 8 g/l (Hruban, 2015).

## 7.5 Klimatické poměry

Dle Quittovi klasifikace klimatu se území řadí do třídy MT9, které se vyznačuje jako mírně teplé s dlouhým, teplým, suchým až mírně suchým létem, přechodné období krátké s mírným až mírně teplým jarem a mírně teplým podzimem, zima krátká, mírná, suchá s krátkým trváním sněhové pokrývky. Ač město leží v nadmořské výšce 250 metrů a vrcholky okolních kopců dosahují nadmořské výšky maximálně 672 metrů (vrchol Komonec), je tu díky svahovitosti a lesnatosti patrný podhorský charakter (Voženílek a Květoň, 2011)

Tab. 2 Charakteristika podoblasti MT9 (Quitt, 1971)

Sledovaný jev	MT9
Počet letních dnů	40 - 50
Počet dnů s prům. tepl. vyšší jak 10°C	140 - 160
Počet dní s mrazem	110 - 130
Počet ledových dní	30 - 40
Počet dnů se sněhovou pokrývkou	60 - 80
Počet dnů jasných	120 - 150
Počet dnů zatažených	40 - 50
Počet dnů se srážkami většími jak 1 mm	100 - 120
Srážkový úhrn ve vegetačním období	400 - 450 mm
Srážkový úhrn v zimním období	250 - 300 mm



Tab. 3 Průměrná teplota vzduchu v podoblasti MT9 (Quitt, 1971)

Průměrná teplota °C			
Leden	Duben	Červenec	Říjen
-3 - -4	6 - 7	17 - 18	7 - 8

Průměrná roční teplota vzduchu za období 1961 – 1990 zde byla 8°C. V roce 2019 již 9,9°C. Z toho vyplývá nárůst průměrné roční teploty téměř o 2°C (ČHMÚ, 2020).

## 7.6 Biota

Luhačovice se nachází ve 3. - 4. vegetačním stupni (dubobukový – bukový). V nižších polohách oblasti s přirozeně se vyskytujícími dubohabřinami, v okolí vodních toků a ve vyvinutých údolních nivách pak s přirozeně se vyskytujícími luhy a olšinami. Výše s výskytem nepůvodních smrkových porostů s příměsí borovice. Místy se vyskytují přirozenější bučiny. V úžlabinách se nacházejí olšiny a javorové jaseniny (CENIA, 2016).

## 7.7 Historický vývoj území

V případě historického vývoje území z hlediska vlivu hydrologického obecně hrály úlohu zejména dva důležité faktory. Prvním bylo rozsáhlé odlesnění krajiny (od dvanáctého století), které mělo za následek zvýšení nestálosti vodních poměrů. Docházelo k výraznějšímu střídání minimálních a maximálních průtoků v povodí a k negativnímu ovlivnění povodňových stavů. S tím souvisí i odnos velkého množství splavenin do vodních toků. S významným odlesněním ploch v oblasti totiž souviselo rozšíření zemědělských ploch. Dalším faktorem byly regulační úpravy na vodních tocích (často oddělující koryta vodních toků od okolního území, zvyšující kapacitu koryt a tím urychlující odtok), rozšiřování zástavby, i do blízkosti vodních toků a v poslední době také rozšiřování zpevněných ploch. Určitým faktorem bylo budování menších, nebo větších nádrží - především VD Luhačovice (rok 1930) pro účely ochrany Luhačovic před povodněmi a VD Ludkovice (rok 1968) jako zdroj pro výrobu pitné vody. Na části zemědělských ploch byla realizována opatření pro snížení hladiny podzemní vody – meliorace (Sweco - Hydroproject a.s., 2013).

## 8 ANALÝZA RIZIKA SUCHA NA ÚZEMÍ MĚSTA LUHAČOVICE

### Hodnocené ukazatele sucha:

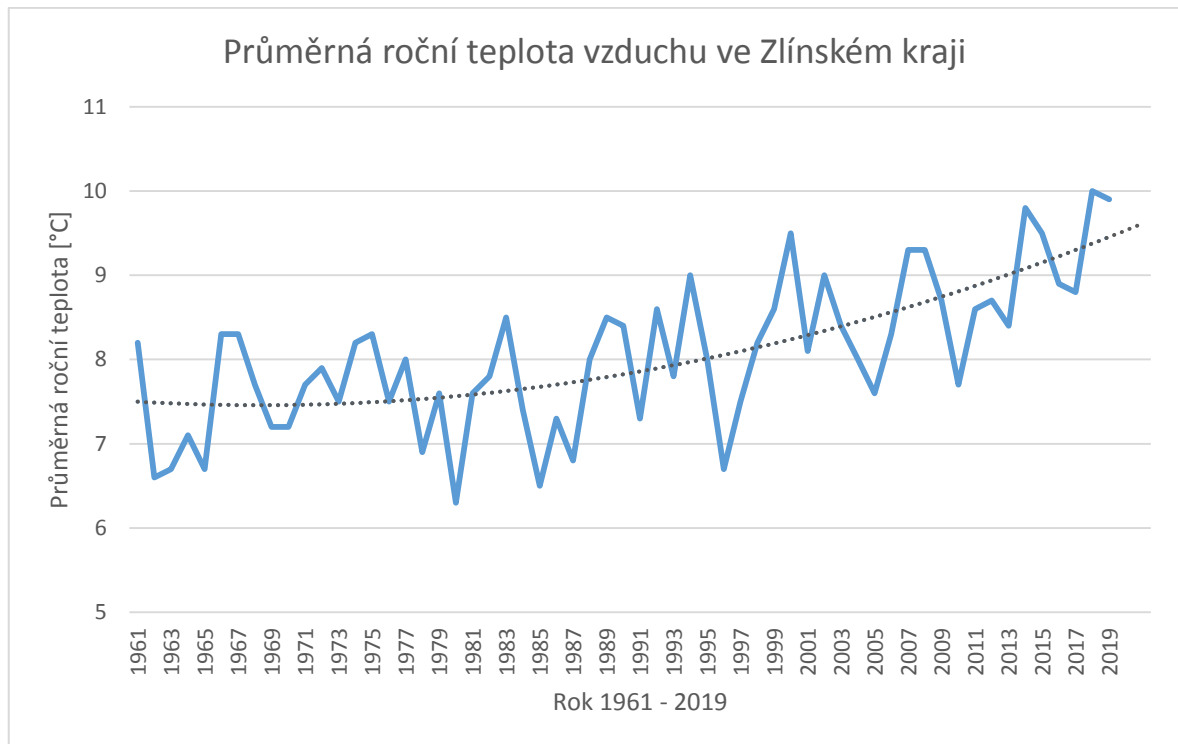
Sucho v oblasti města Luhačovic je v práci zhodnoceno na základě vybraných hydrologických a meteorologických indikátorů, jakými jsou:

- Teplota vzduchu
- Úhrn srážek
- Stav hladiny na Luhačovickém potoce
- Průtok vody na přítoku vodní nádrže Luhačovice
- Průtok vody na přítoku vodní nádrže Ludkovice
- Stav hladiny podzemní vody v měrném vrtu Biskupice
- Stav hladiny ve vrtech přírodních léčivých zdrojů
- Využití krajiny
- Spotřeba pitné vody

### 8.1 Teplota vzduchu

Podstatný vliv na výpar má nárůst teploty, která neustále stoupá již od 1980. K roku 2010 byl její vzestup řádově o jeden stupeň celsia. Tato velikost se zdá malá, zvýšila však velikost územního výparu přibližně o 20%. To se na některých povodích projevilo znatelným zmenšením základního odtoku až kolem 1/3 (Soukalová a Ježík, 2016).

V katastrální území města Luhačovice se nachází jedna meteorologická stanice ČHMÚ. Konkrétně se tato stanice nachází v městské části Kladná-Žilín v nadmořské výšce 329 m. GPS souřadnice stanice jsou:  $49.0831^{\circ} N$ ,  $17.7907^{\circ} E$ . Tato stanice zpracovává data od roku 2010. Proto pro dostatečný časový rozptyl byla použita volně přístupná data ročních průměrných teplot vzduchu a srážkových úhrnů Českého hydrometeorologického ústavu pro celý Zlínský kraj, které zahrnují měření od roku 1961 (ČHMÚ, 2020b).



Obr. 17 Průběh průměrné roční teploty vzduchu ve Zlínském kraji za období

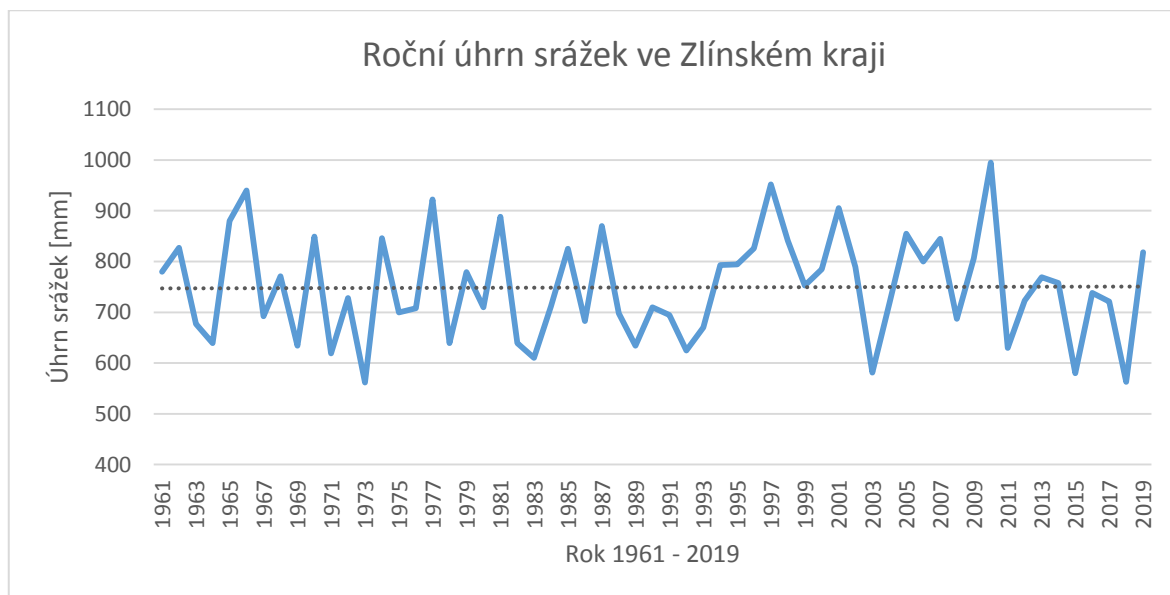
1961 – 2019 (zdroj dat: ČHMÚ)

Roční průměrná teplota z let 1961-2010 je ve Zlínském kraji 8,1 °C. V roce 2019 je už na území Zlínského kraje roční průměrná teplota 9,9 °C. To znamená, že odchylka průměrné roční teploty vzduchu v roce 2019 proti průměru z let 1961-2010 je zde + 1,8°C. Aktuálně se nacházíme v období, kdy se stále otepluje.

Celkově se statisticky průměrná roční teplota zvyšovala o 0,031 °C/rok. Teploty byly do roku 1982 stabilnější, viditelný je znatelný nárůst trendu od roku 1985.

Se zvyšující se teplotou vzduchu se zvyšuje evaporace a evapotranspirace. Současně se mění variabilita srážek a vzrůstá jejich extremita.

## 8.2 Srážkové úhrny



Obr. 18 Průběh ročního úhrnu srážek ve Zlínském kraji za období

1961 – 2019 (zdroj dat: ČHMÚ)

Z grafu je patrná vodorovná lineární spojnice trendu. Průměrný roční úhrn srážek za období 1961 – 1990 je ve Zlínském kraji 786 mm, ale od roku 2011 není zaznamenaný žádný mimořádně vyšší srážkový úhrn, spíše jsou tyto roky srážkově podprůměrné. Navíc se více vyskytly roky s minimálními úhrny. Nejméně srážek (pod 600 mm) spadlo v letech:

1973 – 562 mm; 2003 – 581 mm; 2015 – 580 mm; 2018 – 563 mm.

U srážek je problém spíše v rozložení srážek v průběhu roku. V posledních desetiletích převládají zvláště v letním období srážky, které jsou krátkodobé a intenzivnější, tím pádem s většími úhrny, ale v celkovém ročním úhrnu se to neprojeví (Klimatickazmena.cz, 2020).

### 8.3 Langův dešťový faktor

Langův dešťový faktor je klimatologický index, který vyjadřuje podmínky přirozeného zavlažení krajiny, a to vztahem mezi atmosférickými srážkami a teplotou vzduchu. Výpočet Langova dešťového faktoru vychází z podílu ročního srážkového úhrnu a průměrné teploty. Nevýhodou metody je především, že nezohledňuje rozložení srážek a teplot v průběhu roku (Kladňáková, 2007).

Výpočet Langova dešťového faktoru:

$$f = R/t$$

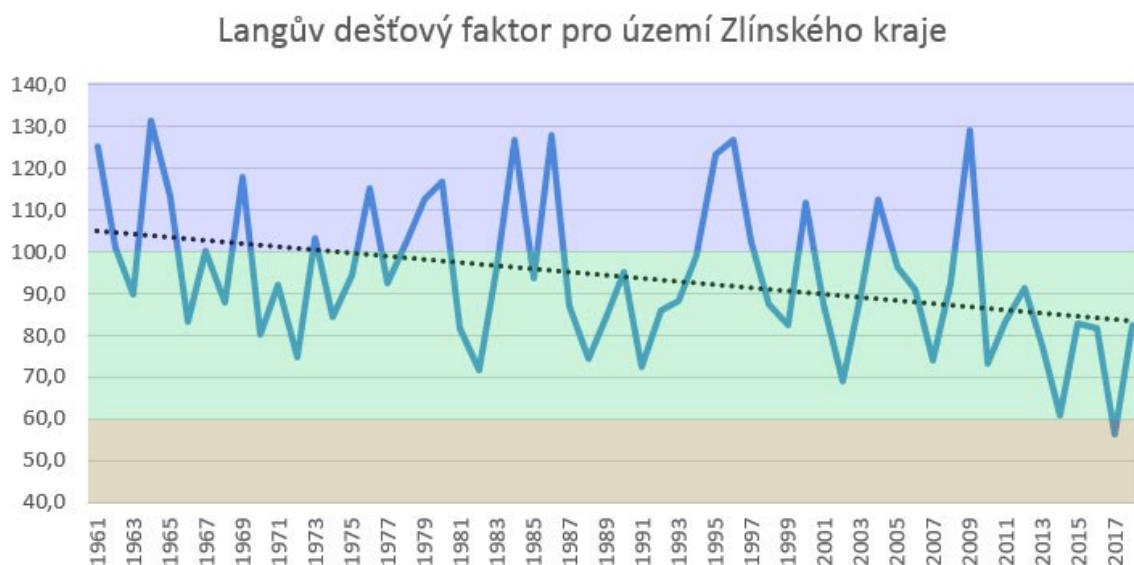
R – průměrný roční úhrn srážek [mm]

t – průměrná roční teplota vzduchu [°C]

Tab. 4 Rozdělení území podle hodnot Langova dešťového faktoru (Quitt, 1971)

Hodnota f	Oblast
< 40	aridní
40 - 60	semiaridní
60 – 100	humidní
> 100	perhumidní

Podle (Svoboda a Žalud, 1997) je pro suchou oblast v ČR stanovena hranice  $f \leq 70$ .



Obr. 19 Průběh Langova dešťového faktoru pro území Zlínského kraje (zdroj dat: ČHMÚ)

Graf ukazuje vývoj Langova dešťového faktoru na území Zlínského kraje v letech 1961 – 2019. Modrá část grafu: perhumidní oblast, zelená: humidní oblast, hnědá: semiaridní oblast.

Spojnice trendu je zde klesající, to znamená, že toto území se posouvá k podmínkám stále sušším. Za klesání srážkového indexu může převážně narůstající průměrná teplota vzduchu.

Nejsuššími roky s výsledkem velmi nízkého indexu vychází roky 2014 (61,1) a 2017 (56,3) což je v případě roku 2017 považováno dle Quitta (1971) za oblast semiaridní. Podle (Svoboda a Žalud, 1997) je možné tyto roky, včetně roku 2002 (69,7) označit jako suché.

Výpočet Langova dešťového faktoru je proveden z volně dostupných dat ČHMÚ uvedených v kapitolách výše.





## 8.4 Průtoky Luhačovického potoka (Šťávnice)

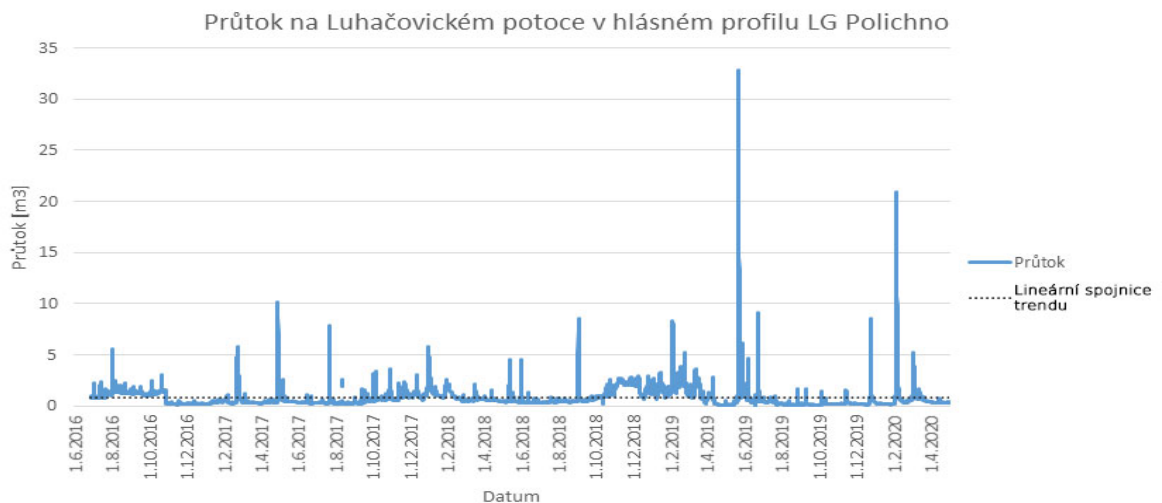
K určení období s minimálními průtoky, a tedy hydrologického sucha, je zapotřebí sledovat průtoky v přírodních vodách a zaznamenávat tato data. V České republice je za limitní hodnotu určující hydrologické sucho považována hodnota průtoku  $Q_{355}$ , tedy průtok dosažený nebo překročený 355 dní v roce (ČHMÚ, 2020a).

### 8.4.1 Hlásný profil LG Polichno

Měřicí stanice Polichno je stanicí poměrně novou, byla uvedena do provozu dne 27. 6. 2016. Data o průtoku a stavu hladiny byli poskytnuty společností Povodí Moravy s. p. Stav sucha ( $Q_{355}$ ) je zde definován průtokem  $0,09 \text{ m}^3/\text{s}$ . Průtoky jsou zde ovlivněny vodohospodářskou činností na VD Luhačovice i VD Ludkovice.

Tab. 5 Charakteristika měrné stanice LG Polichno (zdroj: www.pmo.cz)

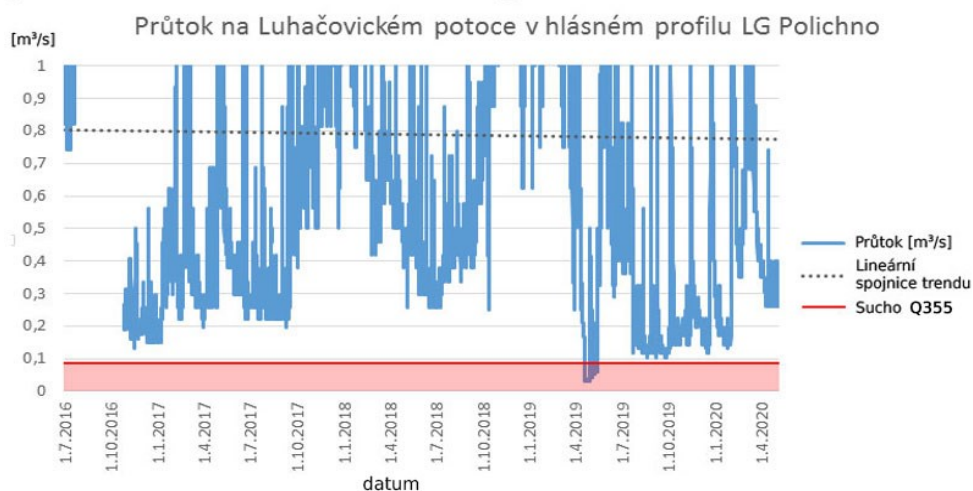
Stanice: LG Polichno		Tok: Luhačovický potok					
<b>Povodně</b>							
	1. stupeň povodňové aktivity:	120 [cm]					
	2. stupeň povodňové aktivity:	160 [cm]					
	3. stupeň povodňové aktivity:	200 [cm]					
	3. stupeň povodňové aktivity (extrémní ohrožení):	- [cm] ( $Q_{50}$ )					
<b>Poznámka:</b>							
<b>Sucho</b>							
	$Q_{355}$ :	0,09 [ $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ]					
<b>N-leté průtoky [<math>\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}</math>]</b>							
	Q1	Q2	Q5	Q10	Q20	Q50	Q100
	21,5	-	35,7	45,6	-	79,7	100



Obr. 20 Průtok na Luhačovickém potoce v hlásném profilu LG Polichno

(zdroj dat: Povodí Moravy s. p.)

Z důvodu krátkého časového horizontu měření (46 měsíců) jsou patrné z výstupu dat hlásného profilu náhlé vysoké průtoky, který byl za dobu měření nejintenzivnější 22. 5. 2019. Toho dne jsou zaznamenány vysoké průtoky i na hlásných profilech přítoku VD Luhačovice i VD Ludkovice. Hladina toho dne dosahovala na hlásném profilu LG Polichno maxima 191 cm, to znamená 2. stupeň povodňové aktivity, téměř 3. stupeň povodňové aktivity (od 200 cm). Jednalo se o bleskovou povodeň, která vznikla přívalovými srážkami toho dne, které tento stav dokázaly vytvořit během pár hodin. Křivka lineárního trendu průtoků je stabilně téměř vodorovná, mírně klesající. Na grafu jsou patrné určité náhlé výkyvy průtoků vyvolané přívalovými dešti.



Obr. 21 Průtok v hlásném profilu LG Polichno – sucho, trend (zdroj dat: Povodí Moravy s. p.)

Stav sucha ( $Q_{355}$ ) se zde za dobu měření vyskytl jednou v období od 1. 5. 2019 po 15. 5. 2019, poté o týden později (22. 5.) nastaly intenzivní přívalové srážky, které vyvolaly stav druhého stupně povodňové aktivity, ale i přesto zde byly průtoky, po stabilizování situace, nadále po zbytek roku velmi nízké, blížíci se stavu sucha až na výjimky v podobě krátkých srážek, které krátkodobě zvýšily průtok, ale poté se stav zase snížil.

## 8.5 Vodní dílo Luhačovice

Nad územím města na Luhačovickém potoce se nachází vodní nádrž Luhačovice. Přehrada byla postavena v roce 1930 a v roce 2013 byla přehrada vyčištěna od sedimentu. Objem nádrže je 2,7 mil. m<sup>3</sup>.

- ČHP: 4-13-01-003-0-00

- plocha povodí: 45,00 km<sup>2</sup>.

- průměrný roční průtok: 0,306 m<sup>3</sup>/s

- průměrná roční výška srážek na povodí: 808 mm

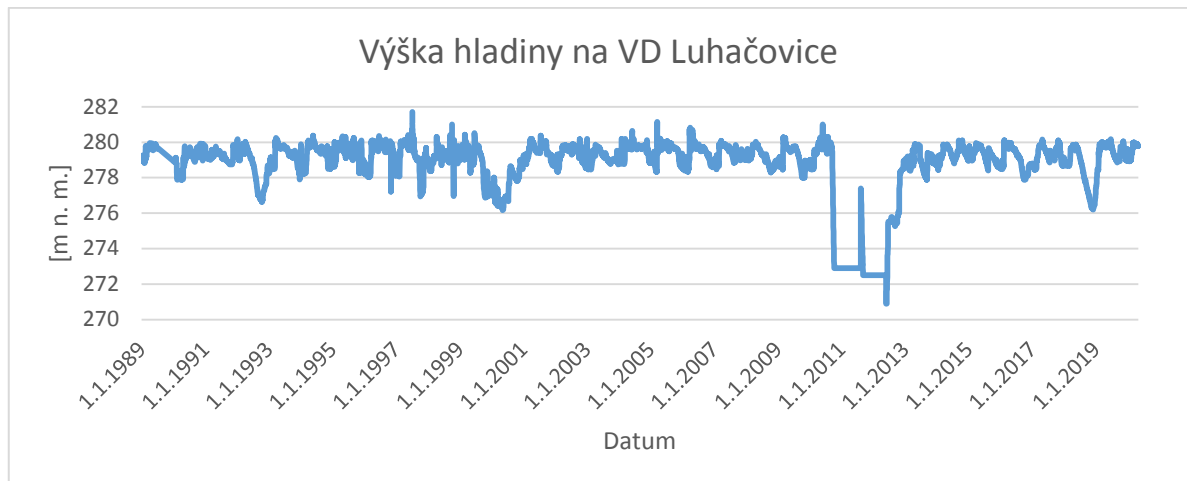
Povodí nad touto nádrží se rozkládá na ploše téměř 45 km<sup>2</sup> a dlouhodobý průměrný průtok dosahuje zhruba 0,3 m<sup>3</sup> za vteřinu. I když je povodí potoka značně zalesněné, vyznačují se místní povodně rychlým odtokem.

Povodí VD Luhačovice je dlouhodobě využíváno k zemědělské velkovýrobě. Území povodí vodního díla se vyznačuje členitým reliéfem, přičemž liniové prvky (vodoteče, svodnice) jsou často trasovány po spádnici. Rovněž obhospodařování se děje převážně po spádnici. V tomto území je nízké zastoupení krajinných prvků umožňujících zpomalení odtoku, popř. retenci vody v krajině (Sweco - Hydroproject a.s., 2013).

Její primární využití je ochrana města Luhačovic a další obcí na dolním toku proti povodním a zachování minimálního průtoku v toku pod hrází, ale i k rybaření a rekreaci. Je zde taky instalována malá vodní elektrárna o výkonu 0,015–0,027 MW. Kvalita vody v přehradě byla dlouhodobě špatná a hygienici zde často zakazovali koupání kvůli vysokému výskytu sinic, proto byla přehrada v letech 2010 - 2012 vypuštěna a vyčištěna od sedimentu. Nádrž neslouží jako zdroj pitné vody (PMOb, 2020).

Data z měření stavu hladiny na vodním díle a průtocích na přítoku a odtoku byly poskytnuty společností Povodí Moravy s. p., která je zároveň i provozovatelem tohoto vodního díla. Měření zahrnuje období od 1. 1. 1989 do 4. 5. 2020.



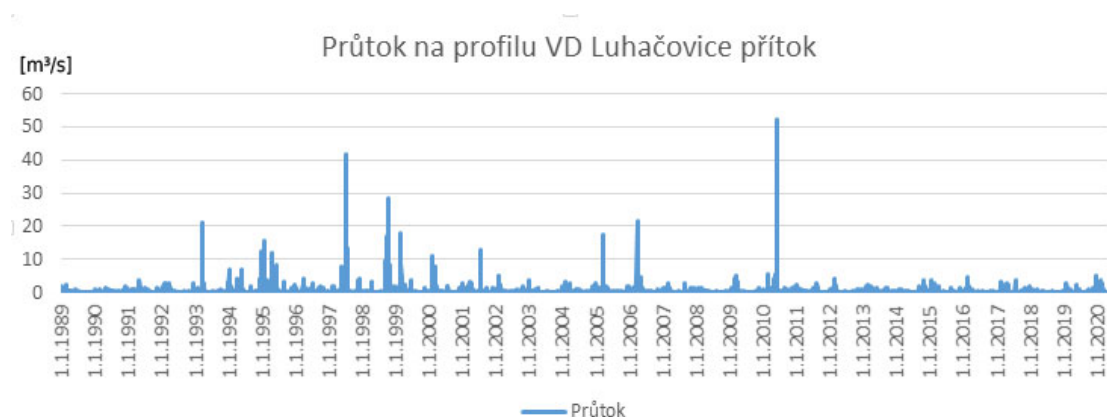


Obr. 22 Výška hladiny na vodním díle Luhačovice (zdroj dat: Povodí Moravy s. p.)  
Z grafu výšky hladiny je patrné období od 1. 9. 2010 do 1. 6. 2012, kdy byla nádrž vypuštěna z důvodu odtěžení sedimentu a jeho odvozu. Na grafu jsou patrné pravidelné roční oscilace stavu hladiny.

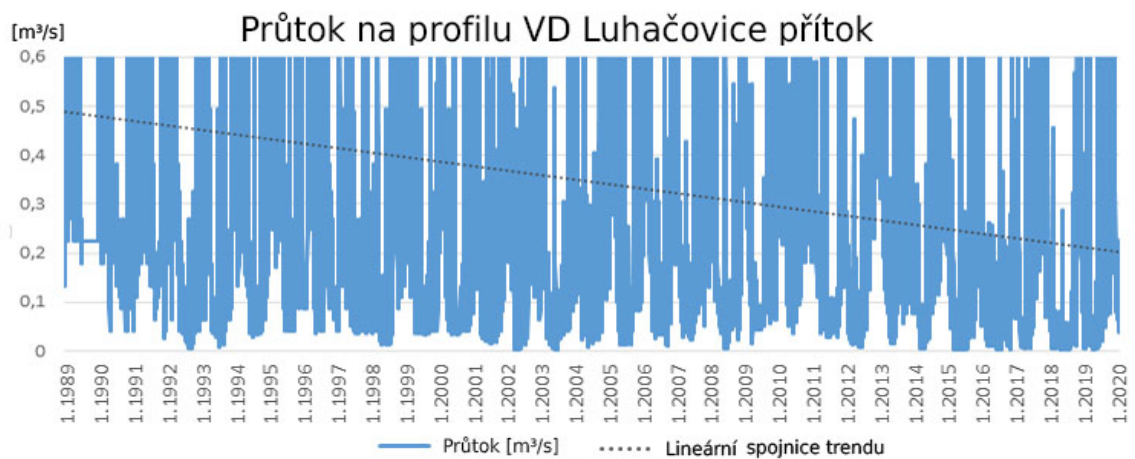
Maximální možná hladina vody v nádrži je 284,7 m n. m. Hladina ovladatelného prostoru je 283,27 m n. m. Hladina zásobního prostoru je 279,75 m n. m. a hladina stálého nadržení 275 m n. m.

### VD Luhačovice – přítok

Stanice se nachází asi 800m proti proudu Luhačovického potoka nad vzdušným vodním nádrží Luhačovice. Tato stanice se nachází před soutokem Luhačovického potoka s potokem Petrůvka. Pro stanici je definován stav sucha průtokem  $Q_{355} 0,01 \text{ m}^3/\text{s}$ .

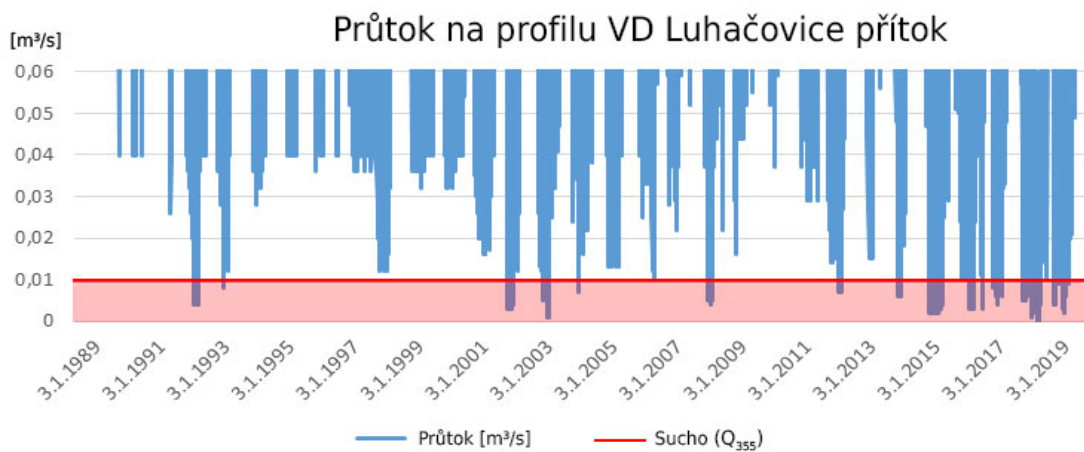


Obr. 23 Průtok na Luhačovickém potoce v hlásném profilu VD Luhačovice přítok  
(zdroj dat: Povodí Moravy s. p.)



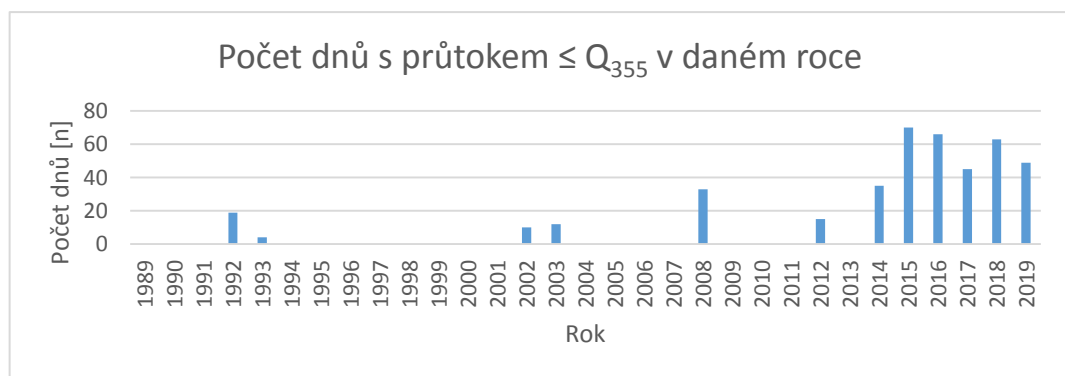
Obr. 24 Průtok v hlásném profilu VD Luhačovice přítok – trend

(zdroj dat: Povodí Moravy s. p.)



Obr. 25 Průtok na Luhačovickém potoce v hlásném profilu VD Luhačovice přítok

– sucho (zdroj dat: Povodí Moravy s. p.)



Obr. 26 Počet dnů s průtokem  $Q_{355}$  a nižším v daném roce v hlásném profilu

VD Luhačovice přítok (zdroj dat: Povodí Moravy s. p.)

Z grafů lze pozorovat průběh průtoku v rámci sledovaného období (1. 1. 1989 do 4. 5. 2020). Posledním vysokým průtokem, a zároveň i nejvyšším za dobu historie měření na tomto hlásném profilu byl zaznamenán 1. 6. 2010 – 52 m<sup>3</sup>/s.

Z těchto dat vyplývá, že k vyšším průtokům docházelo v minulosti téměř každým rokem. Jarní velké průtoky (v březnu) vznikaly kvůli tání sněhu, a letní díky intenzivním srážkám. V současnosti nebyl již od roku 2010 žádný mimořádně vysoký průtok zaznamenán.

Naopak se pravidelně každým rokem na přítoku začal vyskytovat stav sucha od roku 2014. Průtok  $Q_{355}$  a menší se obvykle vyskytuje v období měsíců července, srpna, nebo září. Stav sucha na přítoku ohrožuje kvalitu vody v nádrži v letních měsících. Na měrném profilu má průtok vody významně klesající spojnicí trendu.

Kvalita vody v této nádrži a jejích přítocích byla sledována v profilech Luhačovický potok nad a pod nádrží. Na vlastní nádrži se provádí měření u hráze. Nejhorším ze základních ukazatelů je celkový fosfor, důvodem je velmi nízká vodnost toku a přítomnost odpadních vod s velmi malým poměrem naředění, částečně se podařilo tento stav zlepšit vybudováním ČOV a odkanalizováním aglomerace Dolní Lhota v roce 2010. Nádrž zpravidla odpovídá hypertrofii se zhoršením biologické kvality vody, což se mimo jiné projevovalo intenzivním sinicovým vodním květem. Tato voda následně ovlivňuje kvalitu vody v Luhačovickém potoce, která se dále infiltruje do podzemní vody a ta sekundárně může ovlivňovat kvalitu vody zdrojů minerálních pramenů nacházejících se v údolní nivě (www.pmo.cz, 2020).

## 8.6 Vodní dílo Ludkovice

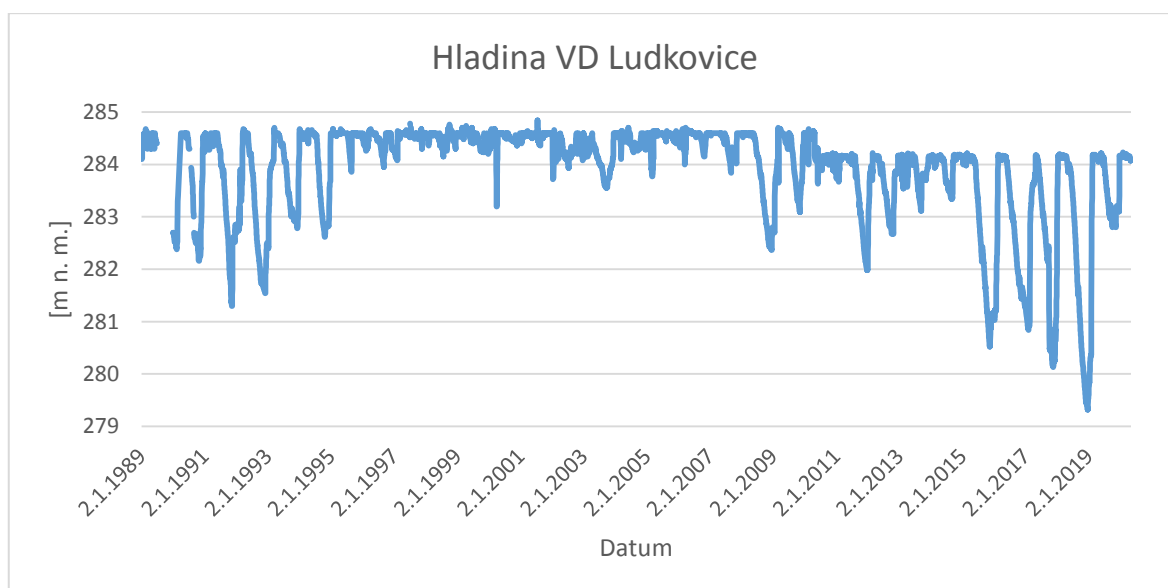
Vodárenská nádrž na Ludkovickém potoce je údolní nádrž III. kategorie dle vyhlášky č. 471/2001 Sb. Nachází se v severní části obce Ludkovice, u silnice vedoucí směrem na obec Provodov. Její účel je akumulace vody pro dodávku surové vody do úpravně vody Ludkovice v maximálním množství 24,5 l/s, zajištění průtoků v Ludkovickém potoce v minimálním množství 5 l/s a dále slouží nádrž pro zajištění dodávky vody pro potřeby požární nádrže a koupaliště pod nádrží (PMo, 2020).

Vodní dílo se nachází v zalesněném kopcovitém terénu Vizovických vrchů. Nádrž byla vybudována v 60. letech minulého století, kdy se hledaly nové zdroje vody pro pokrytí potřeby vody regionu Luhačovic a okolí. Protože nádrž měla sloužit primárně vodárenským účelům, byl pro její výstavbu vybrán potok, jehož povodí je většinou zalesněné a bez soustředěné zástavby (Šerý, 2010).

Provozovatelem nádrže je Povodí Moravy, s.p. a do provozu byla uvedena v roce 1968. Data z měření stavu hladiny na vodním díle a průtocích na přítoku a odtoku byly poskytnuty společností Povodí Moravy s. p., která je zároveň i provozovatelem tohoto vodního díla. Měření zahrnuje období od 1. 1. 1989 do 4. 5. 2020.



Obr. 27 Manipulační objekt VD Ludkovice (foto: L. Kužela)



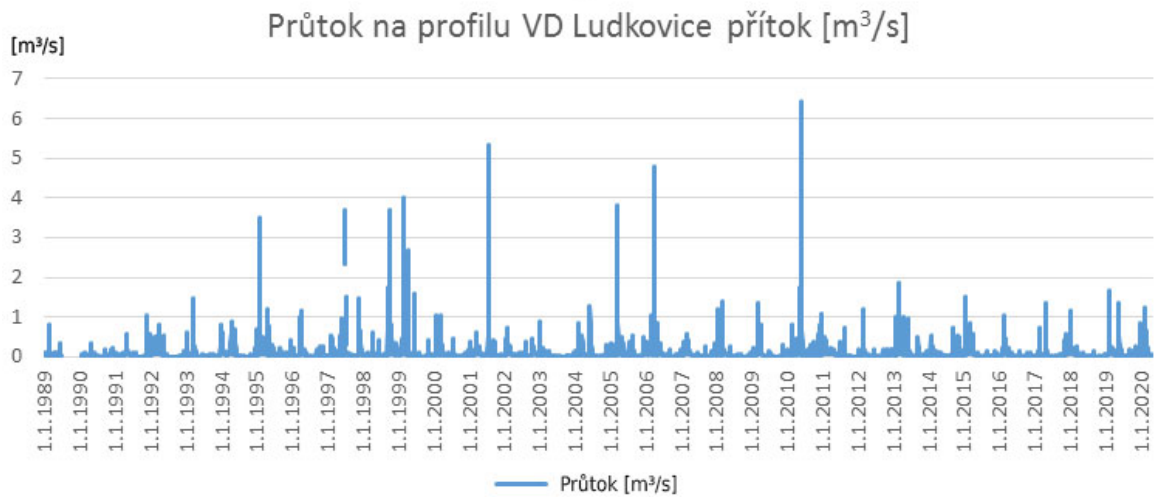
Obr. 28 Výška hladiny na vodním díle Ludkovice (zdroj dat: Povodí Moravy s. p.)

Z grafu výšky hladiny je vidět pravidelné každoroční vyprazdňování objemu nádrže v zimním období. Od roku 1989 byla přehrada nejvíce vypuštěna v zimě roku 2018/2019.

Maximální výška hladiny vody v nádrži je 285,05 m n. m. Hladina ovladatelného prostoru je 284,15 m n. m. Hladina zásobního prostoru je 284,15 m n. m. a hladina stálého nadržení je 277,05 m n. m.

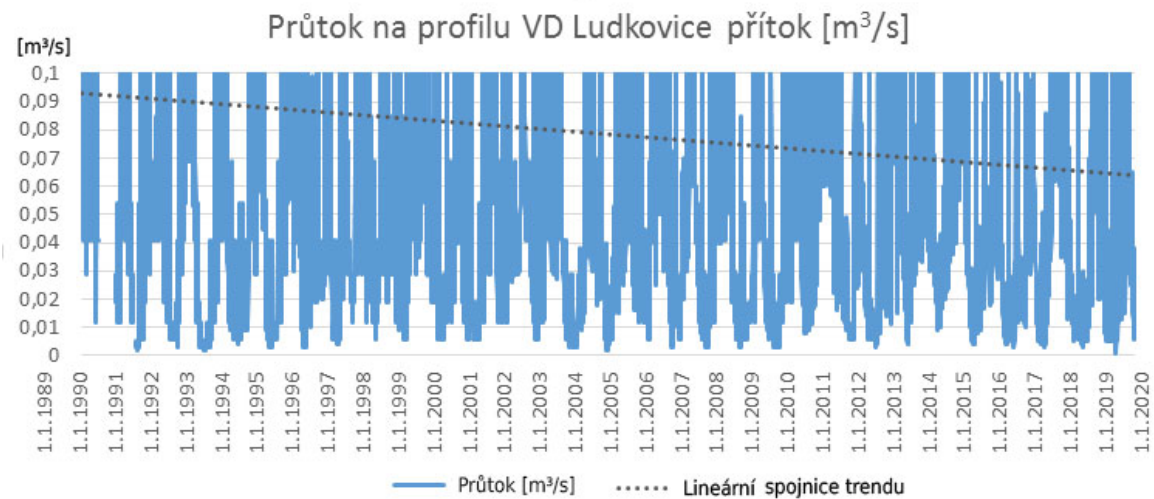
### VD Ludkovice – přítok

Stanice se nachází asi 150 m proti proudu Ludkovického potoka od vzduší vodní nádrže Ludkovice. Pro stanici je definován stav sucha průtokem  $Q_{355} 0,004 \text{ m}^3/\text{s}$ .



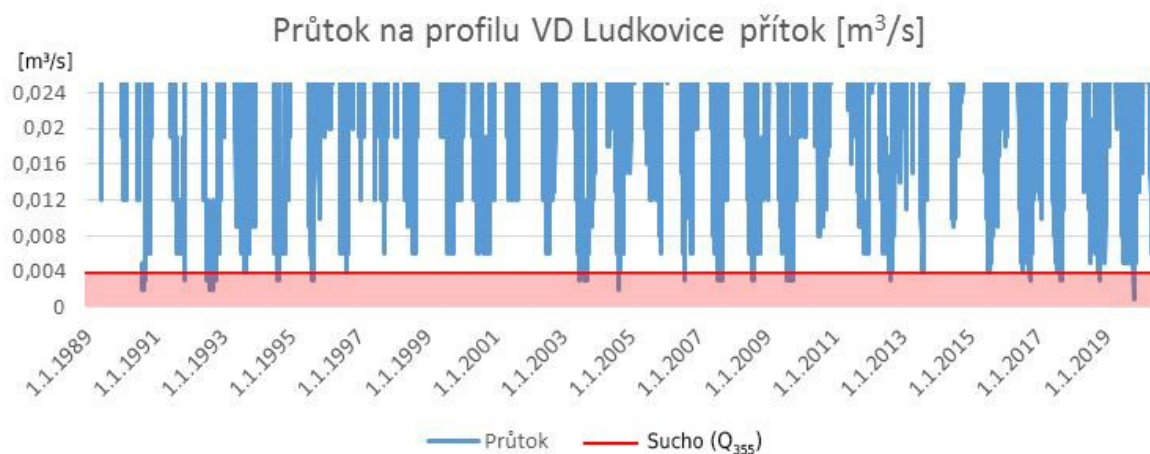
Obr. 29 Průtok na Ludkovickém potoce v hlásném profilu VD Ludkovice přítok

(zdroj dat: Povodí Moravy s. p.)



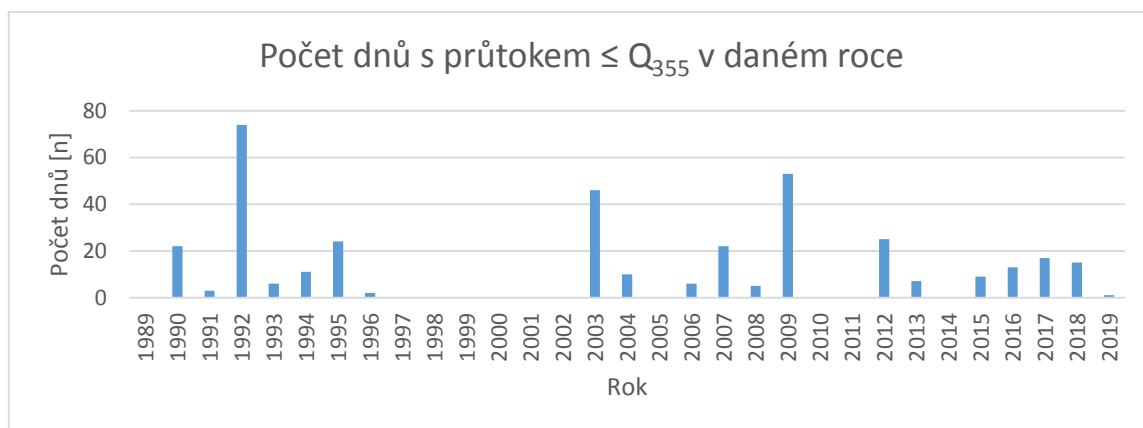
Obr. 30 Průtok na Ludkovickém potoce v hlásném profilu VD Ludkovice přítok

– trend (zdroj dat: Povodí Moravy s. p.)



Obr. 31 Průtok na Ludkovickém potoce v hlásném profilu VD Ludkovice přítok

- sucho (zdroj dat: Povodí Moravy s. p.)



Obr. 32 Počet dnů s průtokem  $Q_{355}$  a nižším v daném roce v hlásném profilu VD Ludkovice přítok (zdroj dat: Povodí Moravy s. p.)

Z grafů dat hlásného profilu je patrný klesající trend průtoku vody. Stav sucha se na přítoku vyskytuje téměř pravidelně po celou dobu měření v období konce letních měsíců – od července do října. Nejdéle trvající sucho bylo od července do října roku 1992 – a to 71 dnů. Druhé nejdelší období sucha nastalo v roce 2009 od 19. srpna do 10. října – 52 dnů.



Obr. 33 Monitorovací stanice VD Ludkovice – přítok (foto: L. Kužela)

## 8.7 Stav podzemní vody

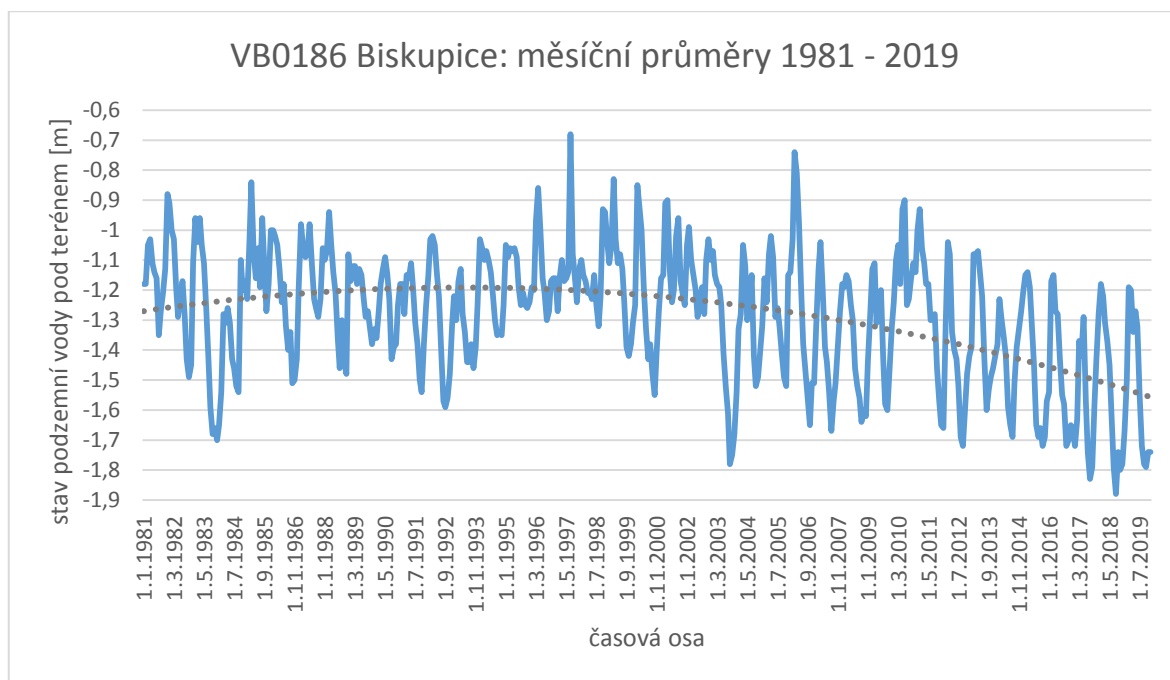
Režim úrovně hladin podzemních vod se na většině území vyznačuje sezonním doplňováním zásob podzemní vody s maximálními úrovněmi hladin a vydatnostmi pramenů v období květen – červenec a minimy v období prosinec – únor (Krásný et al., 2010).

Vodě, která zasakuje do půdy a především do hydrogeologické struktury, trvá určitý čas (měsíce, roky, desetiletí), než začne vytékat do vodních toků. Čím níže je hladina podzemní vody pod terénem, tím méně vody je pak ve vodních tocích, pramenech, ve studních a mokřadech. Čím méně je vody ve vodních tocích, tím větší nastává hydrologické sucho (Kvítek, 2015).

V povodí Luhačovického potoka sleduje ČHMÚ hladiny podzemní vody v objektech VB 0186 Biskupice a VB 0187 Újezdec. Oba objekty jsou sledovány od roku 1962. Vrt VB 0186 je situován JV od Biskupic, při okraji levobřežní údolní nivy Luhačovického potoka. Nadmořská výška terénu je zde 230,70 m n. m. Vrt je hluboký 8,7 m a zastihnul do 5,9 m prachovité, jílovité a písčité hlíny s 0,6 m mocnou organogenní naplaveninou při bázi, do 8,2 m hlinité a písčité šterky a do 8,7 m prachově písčitou zeminu. Podle popisu byl vrt ukončen na tvrdém vápenci. Hladina podzemní vody byla při jeho hloubení zastižena v hloubce 2,7 m pod terénem a ustálená hladina byla 2,0 m pod terénem. Při krátkodobé čerpací zkoušce zde bylo čerpáno 0,12 l/s podzemní vody při snížení 1,47 m. Podzemní voda v obou vrtech byla středně mineralizovaná, typu Ca-HCO<sub>3</sub> (Sweco - Hydroproject a.s., 2013).



Obr. 34 Nadzemní těleso měrného vrtu VB0186 Biskupice (foto: L. Kužela)



Obr. 35 Stav hladiny podzemní vody ve vrtu Biskupice v letech 1981 – 2019

(zdroj: ČHMÚ)

Data o stavech hladiny podzemní vody pro potřeby této práce byla poskytnuta ČHMÚ. Poskytnutá data zahrnují měření od roku 1981 do května roku 2020.

Z grafu je patrné že se stav podzemní vody v tomto vrtu nachází na minimu od roku 1981. Trend je klesající. Zhruba do roku 2010 se projevují pravidelné oscilace desetiletého cyklu kolísání hladiny podzemní vody. V aktuálním roce (2020) se projeví téměř úplná absence sněhové pokrývky v povodí za zimu 2019/2020. Na základě měření hladiny podzemní vody



v dalších vrtech, kde probíhalo měření i v letech 1947 – 1949, víme, že bylo sucho téměř konkurenčně srovnatelné s tím aktuálním, které trvá zhruba od roku 2015. To znamená, že stav hladiny podzemní vody je na nejnižší úrovni za 71 let. Aktuálně se stav hladiny nachází pod hranicí 85% křivky překročení, toto procento definuje nízkou hladinu podzemní vody ve vrtu (ČHMÚ, 2020a).

Sestupné trendy mohou být způsobeny klimatickými změnami, prostorovým rozložením srážek během roku nebo odběrem podzemní vody.

Minimálních hladiny se vyskytují s přibližně 10letou periodou. V povodí Moravy byly dosaženy minimální hladiny převážně v letech 1974, 1993 a 1984.

Výskyt sucha v podzemních vodách, které jsou významnou složkou oběhu vody v přírodě a jsou v interakci s povrchovými vodami a dalšími složkami životního prostředí, může vést ke krizovým situacím, jak ve složkách životního prostředí, tak i v zásobování obyvatelstva pitnou vodou a v zemědělské výrobě. Z toho důvodu je nezbytné zpracovat dlouhodobá opatření pro řešení problematiky sucha, včetně prognóz minimálních hladin a zlepšování retenčních schopností krajiny a efektivnější hospodaření se srážkovými vodami (Soukalová a Ježík, 2016).

## **8.8 Stav minerálních vod Luhačovické zřidelní struktury**

Z hlediska geologie je každé minerální zřídlo považováno za dočasný jev. Předpokládá se jeho vznik, prodělávání určitých změn a po určité době jeho zánik. V jeho režimu pozorujeme jednak změny přírodní, i změny antropogenní (Zádrapa, 2014).

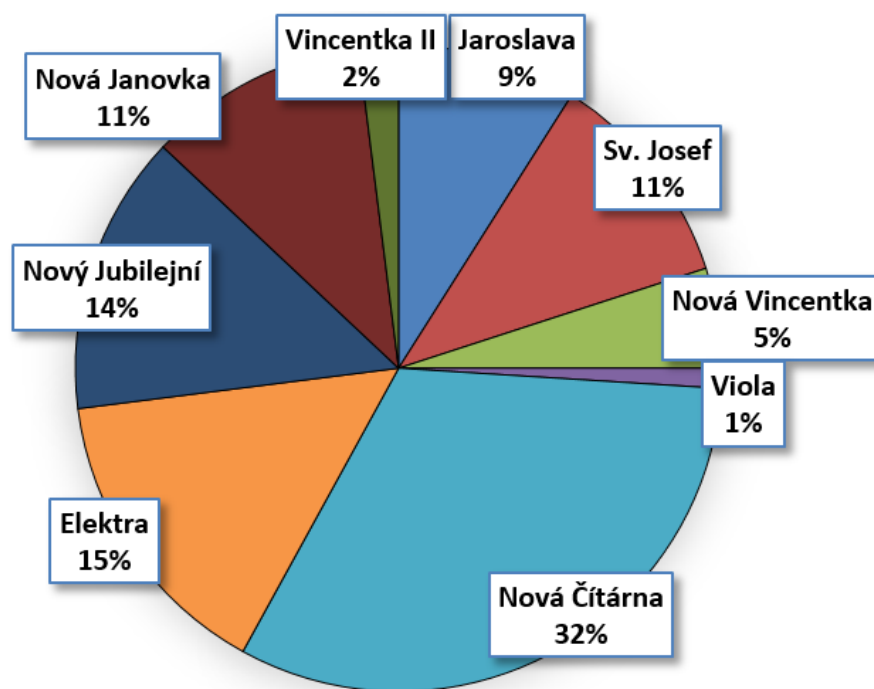
Historicky se zde nejdříve využívalo přírodních přelivů pramenů, které ale přestaly být dostatečně kapacitní a proto se začaly kolem roku 1902 budovat první vrty s cílem zachytit kvalitnější a vydatnější zdroje minerálních vod.

Celková vydatnost všech zdrojů Luhačovických uhličitých vod je asi 300 – 350 l/min, využívána je přibližně ze dvou třetin. Vydatnost jednotlivých pramenů se pohybuje od 0,05 do 0,5 l/s. Největší vydatnost cca 1 l/s měl Sirný pramen.

Stabilita hydraulického režimu zřidelní struktury je dána rovnovážným vztahem mezi přírodním režimem podzemních vod zřidelní struktury a exploatací minerálních vod. Intenzita dotace atmosférických vod do podzemí ovlivňuje pak vyvěrající minerální vody, a to jak po stránce mineralizace vody, tak i vydatnosti zřidel. V důsledku nepravidelného

doplňování vod v zóně aktivního oběhu mění se v průběhu roku i využitelné zdroje minerálních vod. Obecně lze říci, že maximum využitelných zdrojů je k dispozici po zimní a jarní infiltraci srážkových vod, minimum pak v letních a podzimních měsících (Řezníček, 1985).

Stav chemického složení je dán na jedné straně přírodními podmínkami - pozice zdroje ve struktuře, infiltrace srážkových vod, stav hladiny v povrchovém toku a na straně druhé odběrem minerální vody.



Obr. 36 Zastoupení zdrojů na celkovém čerpaném množství v letech 2007 – 2016

(zdroj: Lázně Luhačovice a Kocman envimonitring)

### **Kontaminace pramene Vincentka vlivem sucha v roce 2003**

Ke kontaminaci mikrobiálním znečištěním, došlo v červenci roku 2003 na zdroji Vincentka. Období, které předcházelo kontaminaci zdroje Vincentka, lze z hlediska spadlých atmosférických srážek považovat za mimořádně suché. Nedostatečná dotace podzemních vod výrazně negativně ovlivnila úroveň hladiny podzemní vody. Za dané situace pak byly minerální uhlíkaté vody, jímány zdrojem Vincentka na rozhraní kvartérních uloženin a skalního masivu, vystaveny nebezpečí mikrobiální kontaminace. Teprve až následná infiltrace atmosférických srážek v podzimním a zimním období přispěla k doplnění podzemních vod (Řezníček, 2004).

**Návrh ochrany zřidel minerální vody před suchem:**

Významnou úlohu zde hrají atmosférické srážky na straně jedné a úroveň odvodňování na straně druhé. Pro dotaci podzemních vod ležících v oblasti flyšového pásma, jako je případ Luhačovic, mají pozitivní vliv sněhové srážky, zejména pozvolně odtávající sněhové srážky. Naopak vody letních přivalových dešťů z oblasti rychle odtékají, proto nijak zvlášť neobohacují tyto podzemní vody (Řezníček, 2004).

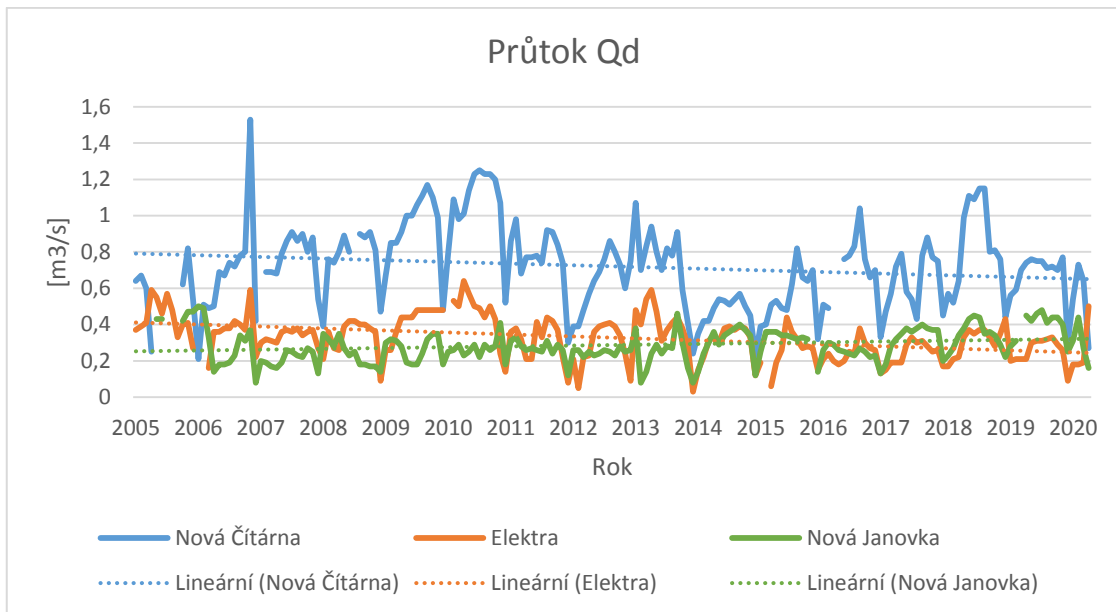
Co se týče zachování kvantity minerálních vod, je nutné dodržovat stanovený roční povolený odběr, který je stanovený pro každý pramen.

Pro zachování přírodního režimu podzemních vod je třeba uchovat přírodní podmínky infiltrace atmosférických vod luhačovických vrstev a uchovat dnešní úroveň hladiny v Luhačovickém potoce, jakožto místní erozní bázi, zejména v kritických stavech (minimální úroveň hladiny podzemních vod, maximální odběry minerálních vod). Důležité je rovněž usměrňovat lesní těžbu tak, aby nedocházelo ke zvyšování povrchového odtoku, a úroveň hladiny povrchového toku je třeba udržovat na maximálním možném vzdušném, což nepřímo podmiňuje zvýšení úrovně hladiny podzemních vod v okolních fluvialních náplavech, v prostředí dotváření minerálních vod (Řezníček, 1985).

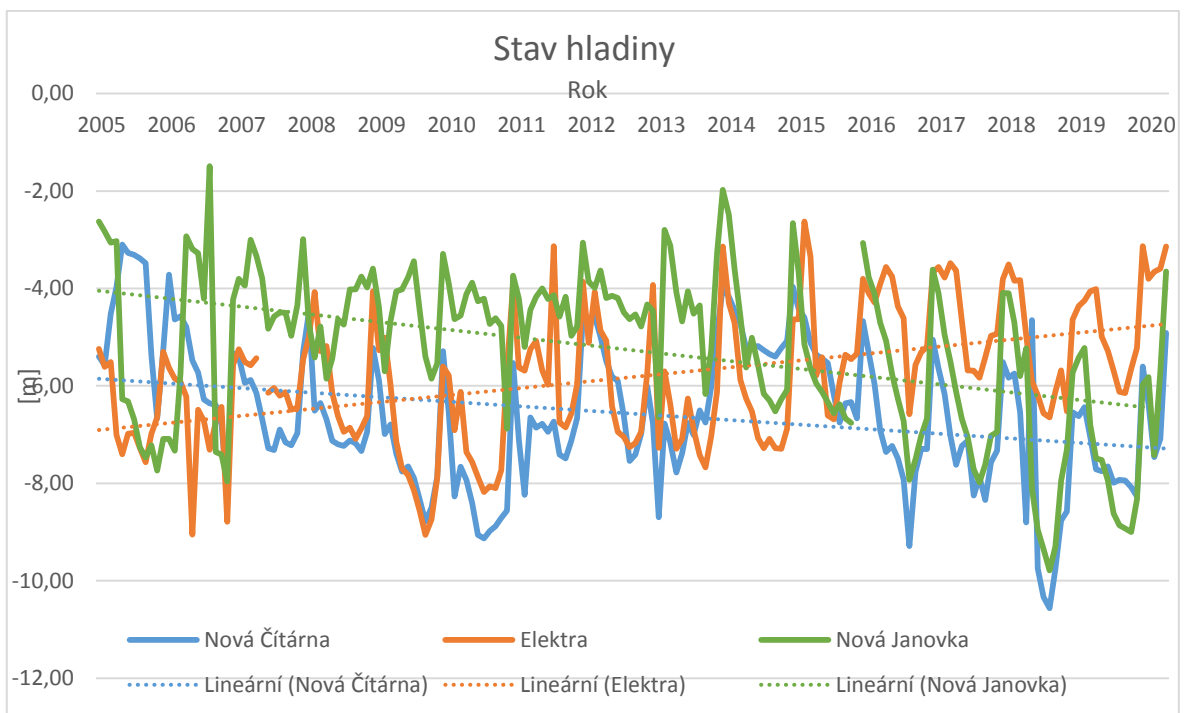
**8.8.1 Stav hladiny ve vrtech Luhačovické zřidelní struktury**

Stav hladiny ve vrtu je odezvou na čerpané množství. Trend čerpaného množství je poměrně stabilní. Na celkovém čerpaném množství ve struktuře se podílí téměř jednou třetinou zdroj Nová Čítárna. Vyhodnocení trendů stavů hladin je obtížné, jelikož hladiny ve vrtech vždy odpovídají čerpanému množství, vrty se mezi sebou mohou ovlivňovat a podstatným faktorem je dotace srážkových vod do zřidelní struktury. Do hodnocení vstupuje průměrné roční čerpané množství a průměrná hladina. Hodnocení je založeno na předpokladu, že pokud je ze zdroje čerpáno menší množství vody, hladina by měla být na vyšší úrovni (Horálek a Kocman, 2017).

Data a další informace o luhačovické zřidelní struktuře byly pro potřeby této práce poskytnuty společností Lázně Luhačovice a.s. Monitoring kvantity vody je prováděn automatickými měřicími systémy. Stav hladiny je měřen od odměrného bodu.



Obr. 37 Průtok na vybraných zdrojích luhačovické zřidelní struktury  
(zdroj dat: Lázně Luhačovice a.s.)



Obr. 38 Stav hladiny na vybraných zdrojích luhačovické zřidelní struktury  
(zdroj dat: Lázně Luhačovice a.s.)

### Nová Čítárna

Jedná se o nejvydatnější zdroj minerální vody ve zřidelní struktuře. Na tomto zdroji je trend úrovně hladiny klesající, přestože se ze zdroje čerpá méně než v roce 2005.

### Nová Janovka

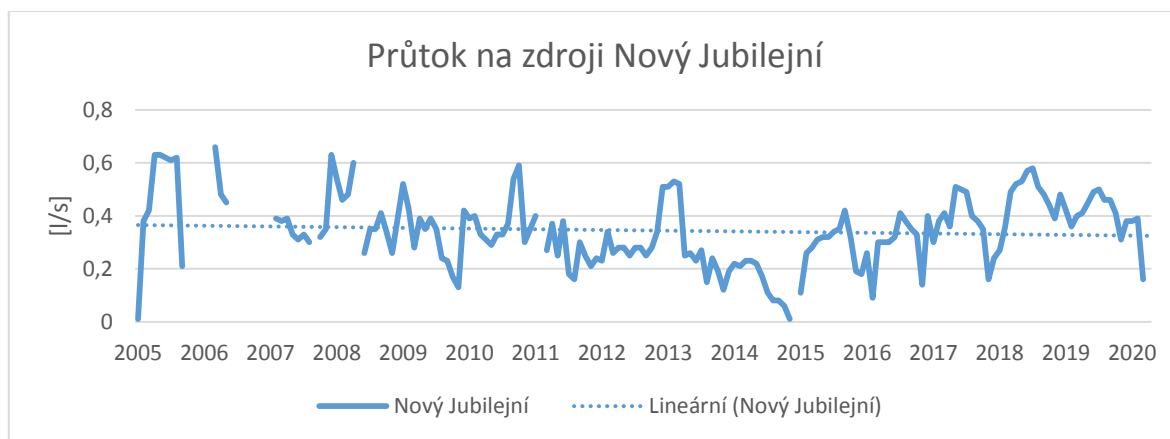
Tento zdroj je čerpán nepatrně více než v roce 2005, a trend snižování hladiny je na tomto zdroji velmi významný.

### Elektra

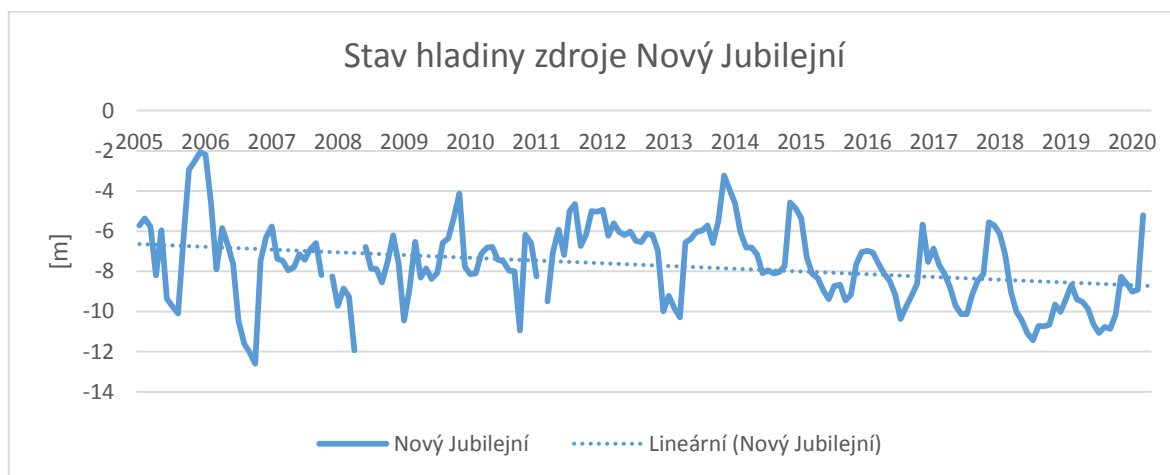
Tento zdroj je čerpán méně s pozitivním dopadem na úroveň hladiny ve zdroji, která je zde téměř průměrně o 2 metry výše než v roce 2005. Tento trend je v pořádku, jelikož bylo vývěrové centrum přetěžováno nadměrným čerpáním.

### Nový Jubilejní

Graf zdroje Nový Jubilejní je uveden zvlášť z důvodu přehlednosti a možnosti komparace s grafem úrovně hladiny ve vrtu Jubilejní.



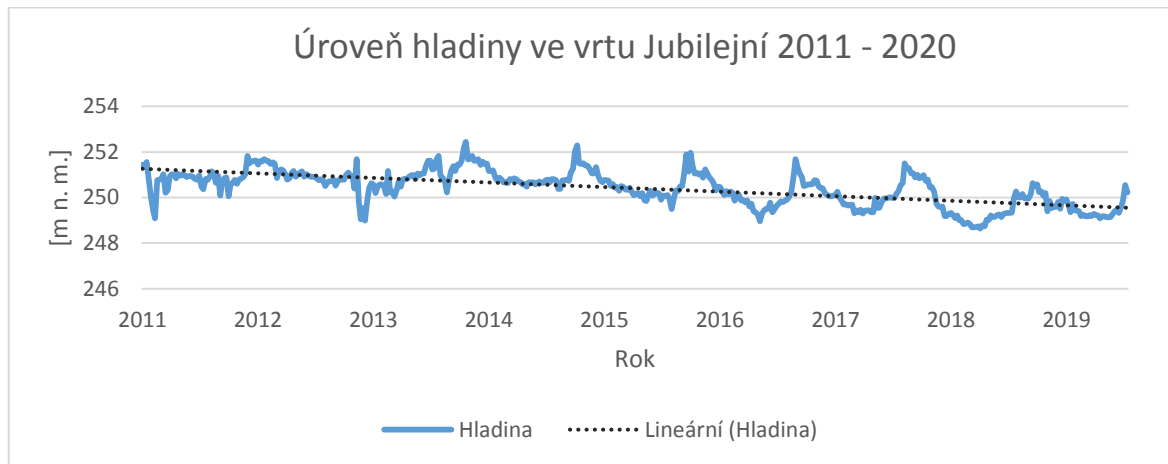
Obr. 39 Průtok na zdroji Nový Jubilejní (zdroj dat: Lázně Luhačovice a.s.)



Obr. 40 Stav hladiny na zdroji Nový Jubilejní (zdroj dat: Lázně Luhačovice a.s.)

Průměrná výška hladiny na tomto zdroji je proti roku 2005 v roce 2020 o 2 m níž, přestože je čerpán menší objem vody ze zdroje, tento pokles odpovídá situaci na ostatních zdrojích.

### Jubilejní



Obr. 41 Úroveň hladiny ve vrtu Jubilejní (zdroj dat: Lázně Luhačovice a.s.)

Vrt Jubilejní není v současné době využíván k odběru vody, je využíván jako pozorovací zdroj, ale je ovlivněn odběrem ze zdroje Nový Jubilejní, který je vzdálen od vrtu přibližně 8 m. Na tomto vrtu je patrný klesající trend úrovně hladiny. Průměrná výška hladiny je nyní oproti roku 2005 o 1,6m níže.

### Shrnutí

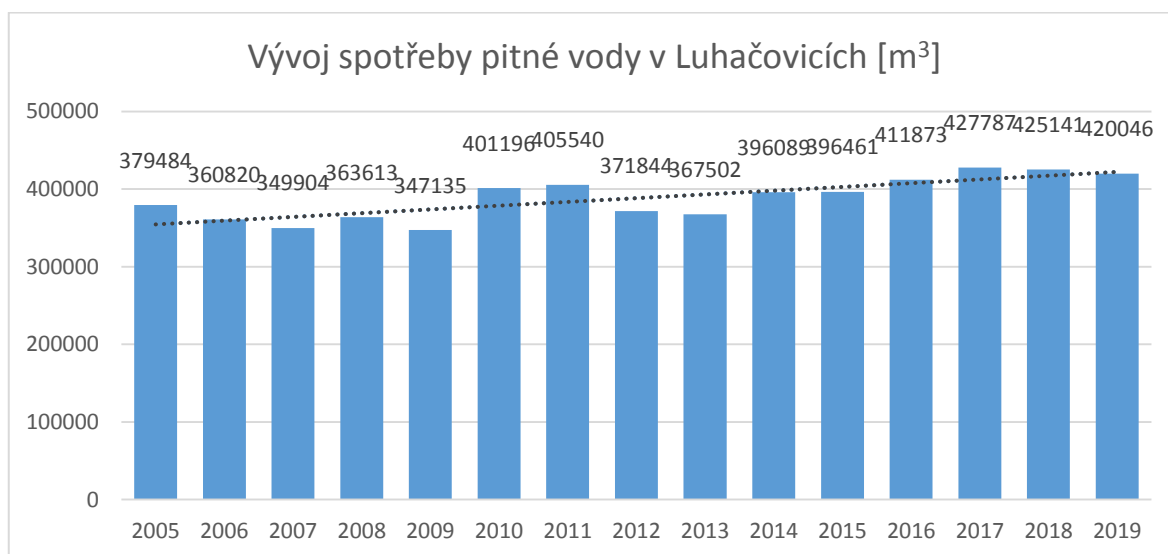
Za období 2005 – 2020 došlo na většině zdrojů v luhačovické zřídelní struktuře k výraznému poklesu úrovní hladin. Významným prvkem, který toto způsobuje je dlouhodobý stav sucha. Intenzivní srážky vyskytující se v posledních letech charakteristické velkou mírou povrchového odtoku, jsou nevýznamné z hlediska doplňování zásob podzemní vody ve zřídelní struktuře. Při pokračování tohoto trendu poklesu úrovní hladiny bude potřeba přijat opatření proti přetěžování zřídelní struktury nadměrným odběrem.

## 8.9 Spotřeba pitné vody

K zásobení lázeňského města Luhačovice pitnou vodou slouží tři vodní zdroje s úpravami pitné vody. Prvním zdrojem je vodárenská nádrž na Ludkovickém potoce. Druhým povrchovým zdrojem vody je vodárenská nádrž Karolinka a třetím zdrojem vody je prameniště Horní Lhota jímající prameny podzemní vody (Šerý, 2010).

V současnosti je zásobování města pitnou vodou pokryté díky mimořádné akumulaci kapacitě zdrojů, ze kterých se odebírá voda k úpravě a propojenou soustavou vodohospodářských řádů. Problém však může mít městská část Řetechov, jelikož není napojená na skupinový vodovod a je závislá na místních podzemních zdrojích. Dle „Plánu rozvoje vodovodů a kanalizací Zlínského kraje“ je plánováno připojení vodovodního systému Řetechova na skupinový vodovod napojením na vodovodní síť Pozlovice, přes čerpací stanici (PRVKZK, 2007).

Vývoj spotřeby pitné vody za posledních 14 let je zobrazen v následujícím grafu.



Obr. 42 Vývoj spotřeby pitné vody v Luhačovicích v letech 2005 – 2019

(zdroj dat: Moravská vodárenská a.s.)

Z hodnot uvedených v grafu je spojnice trendu spotřeby pitné vody na území města vzrůstající. Nárůst spotřeby v roce 2019 oproti roku 2005 je 9,4%. Zvyšující se spotřeba pitné vody má za následek snižování dostatečnosti disponibilních vodních zdrojů.

Současná kapacita zdrojů odpovídá potřebě pouze s minimální rezervou. Důsledky klimatické změny mohou v budoucnu zapříčinit pokles kapacity zdrojů až o 30 %. Celkově tak může nastat deficit zdrojů oproti potřebám až ve výši 30 až 40 % současného stavu. Je evidentní, že v takovém případě bude zapotřebí podstatné rozšíření zdrojů pitné vody, a to teoreticky i ve větší míře, než je schopna poskytnout navrhovaná nádrž Vlachovice (250 až 350 l/s) (PMO, 2020).

## 8.10 Využití území



Obr. 43 Letecký záběr Luhačovic od SZ (zdroj: [www.aeroklubluhacovice.cz](http://www.aeroklubluhacovice.cz))

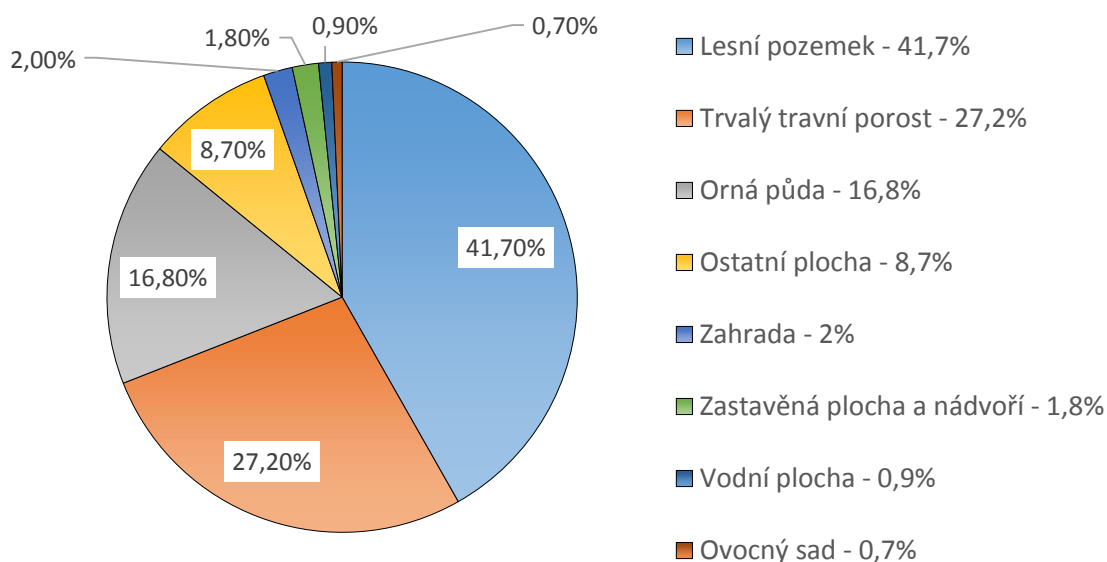
Lázeňské město Luhačovice se nachází v údolí Luhačovického potoka na pomezí Bílých Karpat a Vizovických vrchů. Z hlediska retence území je třeba zmínit, že se v okolí města nachází významný podíl lesů (41,7 %), které ale byly na určitých místech přeměněny ve prospěch smrkových monokultur. Smrkové hospodářské lesy v současné době (2020) intenzivně chřadnou. Přesto se ale na Luhačovicku vyskytuje významný podíl lokalit, kde zůstala zachována přirozená dřevinná skladba – bučiny, dubo-habřiny a další. Nad územím města se nachází mimo lesů trvalé travní porosty jako jsou louky a pastviny. Na území Luhačovic je patrné nízké zastoupení orné půdy (17 %). Samotným údolím protéká Luhačovický potok, kolem kterého se rozprostírá intravilán města. Proti proudu před samotným územím města se na Luhačovickém potoce nachází vodní nádrž Luhačovice.

Zástavba je rozložena především v údolí vodního toku Luhačovického potoka (lázně, centrum, JZ předměstí), Pozlovického potoka (Pražská čtvrť), potoka Oborka (západní předměstí) a podél bezejmenných levostranných přítoků. Převážná část zástavby má charakter rodinných domů se zahradami, jihozápadně od centra města se nachází několik lokalit několikapodlažní panelové zástavby. V centru se nachází objekty lázeňských zařízení a objekty služeb. Průmysl je soustředěn na JZ předměstí. Na JZ okraji intravilánu se nachází areál městské čistírny odpadních vod - ten zajišťuje čištění komunálních vod z Luhačovic a Pozlovic.



Tab. 6 Využití pozemků v obci Luhačovice (zdroj: ČSÚ, 2018)

Druh pozemku	Plocha (ha)	Zastoupení
Nezemědělská půda	1 755,1	53,2%
Zemědělská půda	1 545,8	46,8%
Lesní pozemek	1 378,6	41,8%
Trvalý travní porost	899	27,2%
Orná půda	556	16,8%
Ostatní plocha	283,6	8,7%
Zahrada	67,5	2,0%
Zastavěná plocha a nádvoří	61,3	1,8%
Vodní plocha	30,3	0,9%
Ovocný sad	23,4	0,7%
Celková výměra	3 299,60	



Obr. 44 Využití pozemků v obci Luhačovice (zdroj: ČSÚ, 2018)

Územní plán města Luhačovic uvádí mezi hlavními cíli rozvoje města realizaci značného množství ploch pro příznivé ovlivňování vodního režimu v krajině. A jako hlavní cíle ochrany a rozvoje hodnot uvádí: „Pro ochranu území města před přívalovými vodami jsou navržena protierozní opatření v krajině k ochraně před splachováním ornice z nezastavěného území. Cílem je dlouhodobě zadržet co nejvíce vody v krajině. Je navrženo posilování trvale udržitelného rozvoje území, jsou navrženy plochy pro realizaci chybějících nadregionálních a lokálních prvků ÚSES. Rozvoj města na nových plochách je řešen v souladu s potřebami Luhačovic a s ohledem na životní prostředí a ekologickou únosnost území.“(Luhačovice, 2019).

V územním plánu města je navrženo vybudování retenční nádrže na potoce Oborka v místě výskytu současného trvalého travního porostu na pravém břehu a na levém břehu se vyskytují zahrady se sady. Další nové opatření či stavby pro zvýšení ochrany před povodněmi nejsou v územním plánu Luhačovice navrhovány.

### **Koeficient ekologické stability** (dle Míchal, 1992)

Pro zjištění stavu krajiny z hlediska její vyváženosti a rovnováhy se krajina oceňuje koeficientem ekologické stability. Ekologická stabilita představuje schopnost krajiny samovolnými vnitřními mechanismy vyrovnávat rušivé vlivy vnějších faktorů bez trvalého narušení přírodních mechanismů.

Výsledné určení hodnoty ekologické stability konkrétního území je vyjádřeno koeficientem ekologické stability (KES). Tento ukazatel umožňuje získat základní informaci o stavu krajiny daného území a míře problémů, které se v ní vyskytují.

Koeficient ekologické stability je poměrové číslo a stanovuje poměr ploch tzv. stabilních a nestabilních krajinnotvorných prvků ve zkoumaném území.

$$KES = \frac{\text{plocha ekologicky stabilních ploch}}{\text{plocha ekologicky nestabilních ploch}}$$

Ekologicky stabilní plochy: lesy, louky, pastviny, zahrady, vinice, ovocné sady, rybníky, ostatní vodní plochy, doprovodná a rozptýlená zeleň, přírodní plochy.

Ekologicky nestabilní plochy: orná půda, chmelnice, zastavěné plochy, ostatní plochy.

Koeficient ekologické stability Luhačovic je 2,66. Spadá do krajinného typu B - krajina intermediální.

### **Klasifikace území na základě hodnoty KES** (Míchal, 1992):

Krajinný typ A - krajina zcela přeměněná člověkem (KES 0 – 0,8)

Krajinný typ B - krajina intermediální (KES 0,9 – 2,9)

Jedná se o území mírně stabilní - běžná kulturní krajina, v níž jsou technické objekty v relativním souladu s charakterem relativně přírodních prvků.

Krajinný typ C - krajina relativně přírodní (KES 3 a více).

## 8.11 SWOT Analýza vybraného regionu

V rámci přípravných prací pro zpracování navrhovaných opatření byla zpracována strategická analýza významných oblastí hrozby sucha na území města Luhačovice za využití metody SWOT. Posuzovány byly oblasti zpracované v této kapitole, a to: vývoj teplot, srážkových úhrnů, stavech na vodních tocích, vývoje hladiny podzemní vody, spotřebě pitné vody a využití pozemků. Faktory nejčastěji se vyskytující a s nejvýznamnějším vlivem na vývoj jednotlivých oblastí jsou uvedeny v následujícím grafickém vyjádření.

<p style="text-align: center;"><b>Silné stránky</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Existence vodních nádrží</li> <li>- Vysoká lesnatost území</li> <li>- Technologický pokrok</li> <li>- Menší závislost společnosti na klimatických jevech</li> <li>- Globalizace</li> <li>- Vymezení LAPV</li> <li>- Kvalitní vodohospodářská infrastruktura</li> <li>- Distribuce pitné vody ze 3 zdrojů</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>Slabé stránky</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Velké půdní bloky</li> <li>- Důsledky kolektivizace</li> <li>- Nevhodné meliorační systémy</li> <li>- Napřímené koryta vodních toků</li> <li>- Zastavěné plochy</li> <li>- Závislost luhačovického lázeňství na minerálních pramenech</li> <li>- Geografickou polohou daná závislost na atmosférických srážkách</li> </ul>
<p style="text-align: center;"><b>Příležitosti</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Prosperita teplomilných druhů</li> <li>- Delší vegetační doba</li> <li>- Výstavba nových vodních nádrží</li> <li>- Budování retenčních opatření</li> <li>- Použití nových technologií</li> <li>- Recyklace šedé vody</li> <li>- Dotační programy</li> <li>- Úprava legislativy</li> <li>- Predikční modely</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>Hrozby</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Narůstající teplota vzduchu</li> <li>- Změny ve variabilitě srážek</li> <li>- Úbytek podzemní vody</li> <li>- Nepřípravenost společnosti</li> <li>- Snižování vitality lesních porostů</li> <li>- Šíření suchomilných škůdců</li> <li>- Snížení kvality vody</li> <li>- Ohrožení ekosystémů</li> <li>- Nedostatek pitné vody</li> </ul>

Obr. 45 SWOT analýza oblasti z pohledu sucha (vlastní zpracování)

## 9 NÁVRH MITIGAČNÍCH OPATŘENÍ

Existují tři cesty jak se postavit dopadům změny klimatu. Provádět mitigační opatření, aplikovat adaptační opatření a třetí možností je nedělat nic.

Nejpohodlnější a nejlacinější třetí možnost by v dlouhodobém horizontu vedla k devastaci krajiny, poklesu kvality všech ekosystémových služeb a následně ke snížení ekonomického výkonu napříč jednotlivými sektory.

Trojúhelníkový diagram z IPCC - Čtvrtá hodnotící zpráva popisující vztah mezi mitigací, adaptací a nečinností. Rohy trojúhelníku představují 100% z každé z těchto tří možností. Oblasti, ve středu trojúhelníku představují kombinaci přístupů. Tam jsou rovněž poměrně uvedeny náklady spojené s mitigací a adaptací. Všimněte si však, že varianta nečinnost je spojena s vysokými náklady v souvislosti s dopady změny klimatu (www.klimatickazmena.cz, 2020).

**Mitigace** je míněna jako předcházení ve smyslu zmírnění či zpomalení hrozby.

**Adaptace** slouží k vyrovnání se s dopady hrozby. Za adaptační opatření je možno považovat v podstatě jakoukoliv úpravu, která vede ke snižování zranitelnosti.

Obecně však platí, že ke snížení dopadů hrozby jsou nutné obě cesty.



Obr. 46 Trojúhelníkový diagram (Zdroj: IPCC, přeloženo)

Vhodně navržená ochranná opatření v krajině plní vždy řadu funkcí (protierozní, protipovodňovou, ochranu před suchem, ale i ekologickou) zásadně podporujících ochranu krajinných systémů i obnovu v místech předchozího narušení způsobeného převážně za přispění lidské činnosti. Vhodně navržená protipovodňová a protierozní opatření mají i

velice pozitivní vliv při ochraně před následky sucha, protože celková ochrana povodí sleduje tyto základní cíle:

- co nejvíce podpořit vsakování vody do půdy (ale pouze tam, kde nevzniká hrozba podmáčení objektů, které jsou poblíže),
- omezit možnost, aby se odtok soustřeďoval do stružek, tzn. podpořit jeho rozptýlování,
- zpomalovat a neškodně odvádět povrchový odtok tak, aby nenabyl unášecí síly schopné odnášet zeminu,
- prodloužit dobu retence vody v ploše povodí.

Výzkumným ústavem vodohospodářským T. G. M. byl vypracován Katalog přírodně blízkých opatření pro zadržení vody v krajině. Katalog vymezuje těchto sedm druhů opatření:

- plošná opatření na zemědělské půdě,
- biotechnická opatření,
- malé vodní nádrže,
- opatření v lesích,
- opatření na vodních tocích a nivách,
- agrolesnická opatření,
- hospodaření s dešťovou vodou.

Tyto základní druhy se následně dělí na 26 typů opatření. Zařazeny do katalogu byly taková opatření, které se ukázaly jako vhodné pro zadržení vody v krajině (VÚV, 2018).

Mapu aplikovaných příkladů opatření lze nalézt na stránkách projektu Počítáme s vodou.

<https://www.pocitamesvodou.cz/mapa-prikladu/>

### **Zlepšení retence krajiny**

Teoreticky zmíněno ve strategických koncepcích a dokumentech (např. Strategie přizpůsobení se změně klimatu v podmínkách ČR, Národní akční plán adaptace na změnu klimatu, Koncepce ochrany před následky sucha pro území ČR).

Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách §27 zmiňuje, že vlastníci jsou povinni zajistit, aby nedocházelo ke zhoršování vodních poměrů (odtok, odnos půdy), zlepšení retenční schopnosti krajiny – chybí vymahatelnost.

Zlepšit retenci krajiny je pro lepší hospodaření s vodou nezbytné. Pokud se v krajině zadrží více vody, zemědělství nebude tolik závislé na počasí, bude zdravější půda i voda. Stejně tak pokud bude krajina pestřejší s mokřady, s přírodě blízkými nivami potoků a řek, se sady, či obnovenou výsadbou stromů poskytne živočichům, rostlinám i lidem útočiště v době sucha. Bude to krajina zdravější a obyvatelnější (Trnka a Jablonická, 2019).

Zásadní vliv na prodloužení retence vody v povodí mají malé vodní nádrže s funkcí akumulace vody, retenční nádrže s malým stálým nadržem, suché nádrže a částečně i závlahové a zasakovací prvky. Optimálním řešením pro krajinu jako celek je komplexní přístup k řešení problematiky sucha, tzn. navrhovat kombinaci vhodně se doplňujících všech typů opatření.

## 9.1 Návrh vhodných typů opatření v urbanizované krajině

Jedním z problémů měst je velké množství nepropustných ploch, které znemožňují efektivní hospodaření s dešťovou vodou. V posledním období se města v letních měsících stále více přehřívají. Za tento trend může zbavování měst zeleně a trvale zatravněných ploch. Přibývá beton a stále více měst řeší problém, jak udržet dešťovou vodu v přirozeném oběhu, protože za současného stavu její většina steče do kanalizační sítě. Stává se už skoro pravidlem, že dešťové srážky spadnou ve velkém množství a za krátkou dobu. Srážky se snaží města co nejrychleji odvést do kanalizace či odvodňovacích kanálů. Tím se sice často vyhnou lokálním povodním, jde však o krátkodobé řešení, které není trvale udržitelné. Pokud nastane sucho, voda chybí (Junek, 2019).

Podstatná (a mnohdy určující) u těchto opatření je ekonomická výhodnost. Pokud obec požádá na odpojení srážkových vod z velkých staveb o dotaci, může vedle nesporného environmentálního a adaptačního přínosu také ušetřit významné finanční prostředky, které za odvádění srážkových vod z těchto staveb dnes platí. Dle zákona č. 274/2001 Sb. - o vodovodech a kanalizacích mají povinnost platit za odvod srážkových vod do kanalizace až na pár výjimek všichni majitelé nemovitostí, ve kterých je prováděna podnikatelská činnost. Platba se vypočítává součinem plochy nemovitosti, koeficientu odtokovosti, hodnotou dlouhodobého srážkového úhrnu lokality a cenou stočného. První výhoda je úspora platby za odvádění srážkových vod z veřejných budov do kanalizace, která je počítána z výměry nepropustných ploch a dešťového úhrnu. Například větší areály, úřady či nemocnice platí ročně za odvádění srážkových vod statisíce korun. Návrhovat opatření se může ještě zvýšit,

pokud je zachycená srážková voda využívána k činnostem, kde může zastupovat vodu pitnou. Netýká se to komunikací, protože srážkový odtok z nich do kanalizace není dle současné legislativy zpoplatněn, což znamená, že změnou jejich odvodnění obec neušetří žádné náklady (Stránský, 2019).

Druhou rovinou je hodnota ekosystémových služeb, které se zadržením vody v území úzce souvisí. Pokud například svedeme dešťovou vodu místo do kanalizace ke stromořadí v ulici, bude toto stromořadí lépe zásobeno vodou a bude produkovat větší stín a výpar než doposud, což sníží riziko zdravotních problémů lidí v období veder a tím i náklady na zdravotní péči. Ekosystémové služby se však zatím teprve učíme oceňovat a v současnosti o nich bohužel při posuzování ekonomické výhodnosti zpravidla ani neuvažujeme (Stránský, 2019).

Intravilánová opatření na zadržení vody jsou limitována okolní zástavbou, kterou zadržování vody nesmí ohrozit například jejím podmáčením a dalším znehodnocováním vlhkostí.

**Zadržení srážkových vod v území a jejich propojení se zelení** (pomocí tzv. modrozelené infrastruktury) je jedno z nejdůležitějších adaptačních opatření na projevy změny klimatu. Tím, že propojíme srážkovou vodu s městskou zelení, vytvoříme přirozenou a levnou městskou klimatizaci, sníží se prašnost prostředí, zvýší se vlhkost vzduchu, sníží se objem rychlého odtoku do kanalizace, čímž se sníží riziko jejího přetížení a zaplavení sklepů či městských povrchů. Neměli bychom zapomínat ani na vodní toky, kam jsou srážkové vody nárazově zaústěny z kanalizací, čímž způsobují erozi a ohrožují vodní společenstva. Také z hlediska estetiky jsou v městském prostředí udržované modrozelené prvky výhodou, kterou ocení její obyvatelé (Stránský, 2019). Vodní toky, které jsou svedeny betonovými skružemi je možno využít k vytvoření vodních prvků v parcích či sídlištích, do kterých je možno také napojit srážkovou vodu ze střech ([www.pocitamesvodou.cz](http://www.pocitamesvodou.cz)).

**Kosení městských travních ploch v období sucha**, by mělo být prováděno tak, že se trávník nekosí až k zemi, ale nechá se delší zhruba o deset centimetrů nebo se sekání vynechává úplně v případě, že je venkovní teplota vyšší než 26 stupňů Celsia, protože prudké sluneční světlo by spálilo sekáním oslabenou travu. Vyšší travnatý porost dokáže zadržet o mnoho více dešťové vody a zaručuje pestřejší biodiverzitu (Junek, 2019).

Pokud dojde k významnému zkrácení trávy během dnů intenzivní sluneční aktivity, půda ztrácí ochranu, kterou jí tráva poskytuje. Dochází k rychlejšímu zahřívání půdy, a tím i k výparu vody, protože nízký travní porost neposkytuje dostatečný půdní kryt. To má za následek vysušování půdy a snížení vitality porostu.

### Hospodaření s dešťovými vodami (HDV)

Hospodaření s dešťovými vodami v urbanizované krajině může být realizováno pomocí řady dílčích způsobů, mezi něž patří zejména:

1) sběr a využití srážkové vody za účelem:

- závlahy,
- kropení ulic v obdobích horka; čištění ulic,
- využití v domácnosti či veřejných a administrativních budovách (splachování, úklid, praní, adiabatické klimatizační systémy),
- využití ve výrobě a průmyslu,

2) vrácení srážkové vody do lokálního koloběhu prostřednictvím vsaku či výparu prostřednictvím:

- zachování či obnově propustných povrchů,
- vegetačních střech,
- vsakovacích zařízení povrchových (vsakovací průlehy, nádrže),
- vsakovacích zařízení podzemních (vsakovací rýhy, podzemní tělesa vyplněná štěrkem či voštinovými bloky),

3) zdržení odtoku srážkové vody prostřednictvím:

- mokřadů,
- různých typů retenčních nádrží (bez stálého nadržení či s ním).





Obr. 47 Zasakovací nádrž umístěná pod parkovištěm v Otrokovicích  
([www.pocitamesvodou.cz](http://www.pocitamesvodou.cz)).



Obr. 48 Zasakovací průleh v univerzitním kampusu Brno-Bohunice  
([www.pocitamesvodou.cz](http://www.pocitamesvodou.cz))



Obr. 49 Propustné betonové polovegetační tvárnice ([www.pocitamesvodou.cz](http://www.pocitamesvodou.cz))

Povrchové vsakování je preferováno nejen kvůli bezpečnějšímu odstranění znečištění ve srážkovém odtoku, ale také kvůli podpoře výparu, který je ve městech velmi žádoucí. Dalšího zvýšení výparu se docílí osázením vsakovacích zařízení vegetací nebo jejich kombinací s mokřadem. Podzemní vsakovací zařízení s přímým vsakováním do propustnějších vrstev půdního a horninového prostředí bez průchodu zatravněnou humusovou vrstvou jsou přípustná pouze pro nejméně znečištěné srážkové vody a volí se pouze výjimečně. Dává se přednost podzemnímu vsakování liniovému (vsakovací rýhy) a plošnému (podzemní prostory vyplněné štěrkem nebo bloky) před bodovým (vsakovací šachty). Podzemní vsakovací zařízení musí být chráněna předčisticím zařízením, zejména pro zachycení nerozpuštěných látek, popřípadě i jiných druhů znečištění. V případě nedostatečné vsakovací schopnosti půdního a horninového prostředí prokázané geologickým průzkumem je nutné kombinovat vsakování s regulovaným odtokem do povrchových vod či jednotné kanalizace. Vhodným řešením je např. systém průlehů a rýh. Dalším doporučeným způsobem, jak snížit odtok z území a podporovat jeho vsakování, je v co největší míře zachovat propustné povrchy nebo alespoň aplikovat částečně propustné zpevněné plochy místo nepropustných zpevněných povrchů (Geotest a.s. a Sweco - Hydroproject a.s., 2015).

V praxi se začínají používat speciální plastové boxy umístěné pod zemí a v nich je možné dešťovou vodu buď zadržovat, nebo je možné ji po základním přečištění přes filtrační vrstvy nechat vsáknout do půdy. Tento postup se dá uplatnit například na rozlehlých parkovištích. Někdy ale stačí usměrnit vodu k trávníku, a ne do kanálu. Vsakovací zařízení srážkových vod se navrhuje dle příslušné normy ČSN 75 9010.

### **Zelené střechy**

Další možností je podpořit v městské zástavbě budování zelených střech. Tyto střechy mohou sloužit jako kořenová čistička vody. Kromě toho, že výpary ochlazují okolní klima, přispívají k využití dešťové a šedé odpadní vody. Přečištěnou vodou v domě je možno například splachovat toaletu, nebo používat k zalévání. Vrstva substrátu s rostlinami udržují stabilnější teplotu střechy budovy. Zelená střecha chrání budovu před přehříváním, protože rostliny spotřebují ve vegetační sezóně svými výpary až 69 % energie ze slunečního záření, které by jinak ohřívalo budovu (Junek, 2019).

### Rozšiřování ploch zeleně

Když chybí v krajině voda, nemá se co odpařovat. Sluneční energie, která by se spotřebovala na odpar, se na zemi promění v citelné teplo. Za každým m<sup>3</sup> vody, který je sveden do kanálu, je 700 kWh citelného tepla, které se dostane do atmosféry. Voda, která se vypaří do atmosféry, s sebou nese energii Slunce jako latentní teplo. Díky němu se vytvářejí mraky a přes kondenzaci par do mraků se energie zase uvolňuje. Tím, že je z měst odvedena všechna dešťová voda, se město sluneční energií přehřívá. Vodu, co se vsákne do půdy, vypumpují stromy do atmosféry. Stromy fungují jako ohromné klimatizační jednotky. Dospělý strom dokáže za den odpařit na 400 litrů vody. To je spotřeba sluneční energie 280 kWh, které se díky stromu nepřemění na teplo. Jeden strom tak odpovídá svým výkonem deseti klimatizacím. Dále jde také o fotosyntézu, která na zastavěném území neprobíhá. Tím pádem se žádný uhlík z atmosféry neukládá do rostlin. Fotosyntéza je výsledkem tří složek. Vody, sluneční energie a uhlíku v atmosféře. Když z této rovnice vyjmeme vodu, zůstane uhlík v atmosféře a také se nespotebuje energie Slunce na výpar vody a konzervaci uhlíku do biomasy, ale namísto toho ohřeje místo, kam dopadá (Eiseltová et al., 2011).

## 9.2 Návrh vhodných typů opatření na zemědělských pozemcích

Opatření navržená v této části představují reakci na zhoršující se vláhovou bilanci, klesající retenční a infiltrační schopnosti zemědělské půdy, nepříznivé dopady vodní eroze a znečištění vody látkami na výživu a ochranu rostlin. Cílem navrhovaných opatření je snížení následků sucha v zemědělství, zlepšení fyzikálních vlastností půd, zpomalení odtoku vody z krajiny a ochrana jakosti vody. Změnami ve využití a způsobu obdělávání zemědělských pozemků doplněných biotechnickými prvky lze docílit zmírnění projevů sucha a posílení retence vody v krajině (MZe a MŽP, 2017).

Podstatné pro snížení odparu je také správné využití půdoochranných technologií - mimo jiné to, **aby půda byla po většinu roku pokrytá vegetací nebo rostlinnými zbytky.**

Omezení délky svahu, zkrácení dráhy odtoku, snížení rizika vzniku soustředěného povrchového odtoku a snížení jeho rychlosti i objemu spolu úzce souvisí a jedná se o hlavní funkce zejména liniových biotechnických opatření. Zvýšení vsaku vody do půdy a prodloužení doby infiltrace závisí jak na zpomalení povrchového odtoku, tedy voda má více času se vsáknout, než odeče, tak i na stavu půdy (nakypřená půda vodu lépe vsákne) a krajinném pokryvu. U biotechnických opatření je však podpořen zejména u zasakovacích a

záchytných bezodtokových typů. Narušení a degradace půdy hrozí zejména u půdy nechráněné krajinným pokryvem, řešením proti tomu jsou opatření, jejichž součástí je zatravnění, nebo jiná ochrana půdního povrchu. (VÚV, 2016)

Zvýšení organické hmoty v půdě také napomáhá ke zvýšení retenční kapacity půd. Dle výzkumu United States Department of Agriculture každé zvýšení obsahu organické hmoty v půdě o 1 % zvýší půdní retenci o více než 35 000 l/ha (H. Bhandha et al., 2017).

V zemědělství existují opatření taková, která dokáží eliminovat či zmírnit negativní dopady sucha. Sledují se změny půdních vlastností, které jsou spojeny s úpravou technologie zpracování půd. Mezi další opatření patří i změna osevních postupů, využívání šlechtěných odrůd odolných vůči nepříznivým podmínkám. Tato opatření můžeme dle (VÚV, 2016) rozdělit do kategorií organizační, agrotechnické a biotechnické následovně:

#### 1) Organizační opatření:

- Návrh vhodného tvaru a velikosti pozemku - situování pozemků delší stranou ve směru vrstevnic,
- trvalé zatravnění na mělkých půdách a pozemcích s vysokým sklonem svahu,
- protierozní osevní postupy a protierozní rozmísťování plodin (např. pásové střídání plodin, vyloučení erozně nebezpečných plodin apod.),
- protierozní směr výsadby (setí po vrstevnici).

#### 2) Agrotechnická opatření:

- Technologie ochranného zpracování půdy – mělké kypření půdy, zpracování půdy s ponecháním většího množství posklizňových zbytků, setí do obilných pásů apod.
- Hrázkování/důlkování – založení ochranných hrázek/důlků v meziřadí, čímž se vytvoří řada malých akumulčních příkopů.
- Mulčování – nastlání vrstvy krycího materiálu (slámy) v tloušťce cca 10 až 20 cm na povrch půdy.
- Setí do krycí plodiny.

#### 3) Biotechnická opatření:

Mezi tato opatření patří: průlehy, příkopy, zasakovací pásy, stabilizace drah soustředěného odtoku (zatravnění údolnice), hrázky (záchytné, zasakovací), meze, terasy.

Může se jednat například o travnatý pás s doprovodnou zelení, kterou lze zvýšit jeho ekologickou funkci a může tak být začleněn do prvků ÚSES (biokoridor, biocentrum).

### 9.3 Návrh vhodných typů opatření na lesních pozemcích

Odezva velké části opatření v lesích je patrná v dlouhodobém časovém horizontu. Efektivní zadržení vody v lesích lze docílit pouze „udržením skladby lesa v optimální kondici“ (tzn. v odpovídající dřevinné skladbě v odpovídajících podmínkách, se zdravou lesní půdou a zdravým lesním porostem).

Lesní ekosystém je ve vztahu ke klimatickým změnám značně zranitelný. Jde především o velkou setrvačnost zdánlivě se neprojevuující žádnou nebo málo přesvědčivou reakcí. O to razantnější může být následný kolaps celého systému. Začít cestou uplatnění mitigačních opatření ve smyslu principu předběžné opatrnosti je naprosto prioritní už z podstaty lesního ekosystému, neboť se jedná o běh na dlouhou trať. Z dlouhodobého pohledu by opatření měla směřovat především k postupné revizi systémů lesnické typologie a s nimi souvisejících rámcových směrnic hospodaření alespoň v suchem nejvíce ohrožených lokalitách a lokalitách, které mají vysoký potenciál k zadržování vody. Přestože jsou uvedená opatření v praxi lesního hospodářství relativně známá, k jejich dodržování mnohokrát chybí v praxi motivace. Je zřejmé, že v situaci, kdy stát kontroluje hospodaření v lesích, jakožto složce životního prostředí, prostřednictvím rozsáhlého legislativně-správního aparátu, je to právě stát, kdo by měl být iniciátorem posilování hydrických a vodohospodářských funkcí lesa prostřednictvím nástrojů lesního hospodářství. Vliv lesa a hospodaření v lesích na vodní režim krajiny je v podmínkách ČR natolik zásadní, že hospodaření s vodou v lesích by se do budoucna mělo stát plnohodnotnou součástí lesnických činností (VÚV, 2016).

Potenciál odolnosti lesních porostů proti suchu je podmíněn ekologickými limity lesních dřevin, vlastnostmi půdy a klimatickými podmínkami, především stresovými faktory. Rozhodující je ekologická stabilita lesního ekosystému, tj. schopnost vyrovnat se, se změnou environmentálních podmínek. Podstatnou myšlenkou je zdůraznění neoddelitelné vazby jednotek potenciální přirozené vegetace s charakteristikami klimatu (Tüxen, 1956 a Moravec, 1998).

**Operativní opatření k zadržení vody v lesích:**

Prvořadým úkolem operativních opatření je udržet srážkovou vodu v lesních porostech. Je třeba změnit na mnohých lesních majetcích stále ještě praktikované přístupy k hospodaření s vodou na lesotechnickém inventáři. Od přístupu směřujícímu k rychlému odvedení srážkové vody např. z lesních odvozních cest, skládek dříví a jiných manipulačních ploch mimo lesní porosty, je třeba přejít k přístupu zadržování a postupného využívání veškeré vody přicházející do lesních povodí. Opatření jsou přitom poměrně jednoduchá, od opatření v porostech, kdy např. po těžbách je vhodnější klest vyrovnávat do hromad orientovaných po vrstevnici, na plochách je vhodné ponechávat v rozumné míře přirozené změny mikroreliefu (např. vývratové jámy), po vlastní technická opatření např. zaúst'ování svodných příkopů a rigolů do drenů, revitalizace vodních toků, výstavbu malých vodních nádrží atp. (VÚV, 2016)

Jedná se o souhrn operativních opatření lesního provozu, která mohou výrazně pozitivně ovlivnit zadržení vody v lesích například:

- minimalizace vlivu lesního hospodářství na lesní půdu – pojezdy mechanizace, vyklizování atd.,
- důsledná sanace potěžebních či jiných technologických narušení půdy,
- po těžbách klest vyrovnávat do hromad orientovaných po vrstevnici,
- na těžebních plochách ponechávat v rozumné míře přirozené změny mikroreliefu (např. vývratové jámy),
- minimalizace holosečných těžebních prvků,
- minimalizace uzavřených povrchů na stavbách určených k plnění funkcí lesů: cesty, skládky, manipulační plochy,
- zaúst'ování svodných příkopů a rigolů do drenů (ne do toků), případně jejich řízené rozlivy,
- hrazení strží a bystřin,
- revitalizace vodních toků,
- obnova popř. výstavba malých vodních nádrží (VÚV, 2017).

Lesohospodářské způsoby, které jsou aplikované v zájmovém území, jsou především holosečný a násečný s následnou umělou obnovou lesa, namnoze s celkovou likvidací potěžebních zbytků. To znamená, že většinově je les v území obnovován holými sečemi různých rozměrů a tvarů, zalesňován uměle za pomoci sazenic a na plochách po vytěžených lesních porostech není ponechávána žádná hmota (VÚV, 2018).

Obecně lze konstatovat, že dlouhodobým cílem přírodě blízkých opatření v lesích zájmové oblasti by mělo být především **návrat přirozené dřevinné skladby s převažujícím bukem lesním**, vytvoření optimální prostorové struktury a textury lesů a pro lesotechnické činnosti trvalé používání přírodě blízkých spíše maloplošných postupů a šetrných technologií (VÚV, 2016).

#### 9.4 Návrh vhodných typů opatření na vodních tocích

Návrhy na opatření na vodních tocích jsou v této kapitole rozděleny dle druhu místa jejich aplikace. Řešením opatření je zejména přirozené nebo umělé dočasné zadržetí vody v krajině (v půdě, říční nivě, ve vodních nádržích apod.).

##### **Opatření na tocích v nezastavěných územích**

Cílem opatření je snížit kapacitu koryta, přiblížit hydromorfologii toku místním přírodě blízkým podmínkám, zvýšit retenční kapacitu údolní nivy, iniciovat přirozený splaveninový režim, napomáhat biologické rozmanitosti a příznivému uspořádání vodních poměrů, zejména přirozenější dynamice průtoku během roku. Návrhy zahrnují revitalizace a renaturace nevhodně odvodněných ploch, opatření pro podporu vsakování vody a tvorby zásob podzemní vody. Návrhy jsou zaměřené na retardaci odtoku v povodí vodních toků a hospodaření se srážkovými vodami. Ve výsledku by mělo území plnit funkci biokoridoru s mezofilními, mokřadními a vodními biocenózami (VÚV, 2016).

Mezi konkrétní prvky opatření můžeme zařadit dle katalogu opatření (VÚV, 2018):

Změnu trasy koryta, členitost koryta, stabilizaci koryta, boční a odstavná ramena, tůně a doprovodnou vegetaci.

##### **Opatření na tocích v zastavěných územích**

Cílem opatření je, při zachování požadované průtočné kapacity koryta, napomáhat biologické rozmanitosti a příznivému uspořádání vodních poměrů. Návrhy zahrnují revitalizace a renaturace nevhodně navržených úprav vodních toků, opatření pro podporu

biodiverzity a úkrytů pro vodní živočichy v době minimálních vodních stavů. Mnohá opatření jsou shodná s opatřeními na tocích v nezastavěném území, ale intravilánové revitalizace většinou nemohou usilovat o přírodní či morfologickou autenticitu, protože se musejí podřizovat požadavku průtočné kapacity, dostatečné z hlediska ochrany zástavby. Snahou má být udržovat kapacitní průtočnost s ohledem na nejlepší možný ekologický stav. Obecně platí, že před urbanizovaným územím je voda soustředěna do kapacitního koryta. V zástavbě je požadována určitá průtočná kapacita, stabilita koryta, udržovaný vzhled a ekologická hodnota toku. Cílem městského inženýrství je také efektivní hospodaření se srážkovými vodami v intravilánu a jejich další využití na místo jejich urychleného odvádění kanalizací do toků (VÚV, 2016).

Mezi konkrétní prvky opatření můžeme zařadit dle katalogu opatření shodná opatření jako u opatření v nezastavěných území (VÚV, 2018):

Změnu trasy koryta, členitost koryta, stabilizaci koryta, boční a odstavná ramena, tůň a doprovodnou vegetaci.

### **Opatření v údolní nivě**

Cílem opatření je využít transformačních a akumulčních vlastností niv a lužních lesů podél koryt vodních toků mimo zastavěné území. Opatření má napomáhat biologické rozmanitosti a příznivému uspořádání vodních poměrů. Návrhy dále obvykle zahrnují opatření, která způsobí zaplavování nivy v období zvýšených průtoků, jakými jsou například snížení břehů, odsazení protipovodňových hrází a realizaci doprovodných vodních prvků (tůň, mokřadních ploch, atd.). Návrhy zahrnují revitalizace a renaturace melioračních kanálů, odstavených ramen a tůň, opatření pro podporu biodiverzity a úkrytů pro vodní živočichy v době minimálních vodních stavů. Výše jmenovaná opatření lze realizovat pomocí komplexního systému prvků (VÚV, 2016).

Mezi konkrétní prvky dle katalogu opatření můžeme zařadit (VÚV, 2018):

Umožnění rozlivů, změnu využívání inundace, mokřadní biotopy a biotopy doprovázející vodní toky.





Obr. 50 Vizualizace návrhu přírodě blízkého protipovodňového opatření – revitalizace Moravy u Moravičan (zdroj: Sweco - Hydroproject a.s., 2013)

## 9.5 Obnova zaniklých a realizace nových vodních prvků v krajině

Je třeba identifikovat plochy zaniklých vodních prvků k realizaci nových vodních prvků v krajině. Realizace by měly být součástí komplexních řešení hospodaření s vodou a revitalizací říční sítě v krajinných celcích nebo povodích. Pro podporu retence vody v krajině je klíčová podpora vzniku mokřadů, a to i spontánně se objevujících v krajině v návaznosti na změny vláhových poměrů pozemků (VÚV, 2017).

### Budování mokřadů

Mokřady a břehové zóny podél vodních toků plní tyto hydrologické a ekologické služby a funkce:

- zadržení vody během mokrých období a protipovodňová ochrana,
- rezervoár vody během suchých období,
- zadržení sedimentů a přidružených polutantů (jejich uložení),
- zadržení nutrientů (absorpce, denitrifikace) a polutantů na jejich cestě do říčního systému,
- zajištění přirozeného prostředí pro rybářství,
- zachování biologické diverzity.

Mokřady patří mezi jedny z nejdůležitějších prvků pro obnovu krátkého vodního cyklu v krajině. Živiny a látky unášené vodou se zde využívají a usazují, neodcházejí z povodí, recyklují se. Mají vyrovnávací a filtrační funkci průtoku vody, sedimentů a rozpuštěných

nutrientů a polutantů. Zmírňují dopady povodní, zlepšují kvalitu vody ve vodních tocích, zmírňují dopady sucha a redukuje proces eroze. Historické porozumění vzniku mokřadů a jejich dynamice je základním předpokladem pro efektivní opatření pro jejich management, ochranu a obnovu. Jako podklady pro identifikaci ploch vhodných pro zakládání a obnovu mokřadů mohou sloužit historické mapy. V současnosti končí životnost některých drenážních systémů na zemědělské půdě a taková území se navrací do zamokřeného stavu. Informace o lokalizaci těchto ploch mohou být součástí podkladů pro rozhodování o zachování spontánně vznikajících mokřadů, nebo pro realizaci nových. Klíčovými mokřadními prvky v krajině jsou prameniště a na ně navazující plochy. Tyto mokřady by měly být chráněny, vyjmuty z obhospodařování pozemků a zahrnuty do realizací komplexních opatření. Mokřadní biotopy jsou součástí niv vodních toků a při plánování revitalizačních opatření by měly být jejich součástí. Při návrhu konkrétních mokřadních prvků je třeba vždy zvážit jejich následný vývoj, možnost zanášení, zarůstání a plánovat cílový stav prvků (VÚV, 2017).

## 9.6 Vybudování vodní nádrže na potoce Oborka

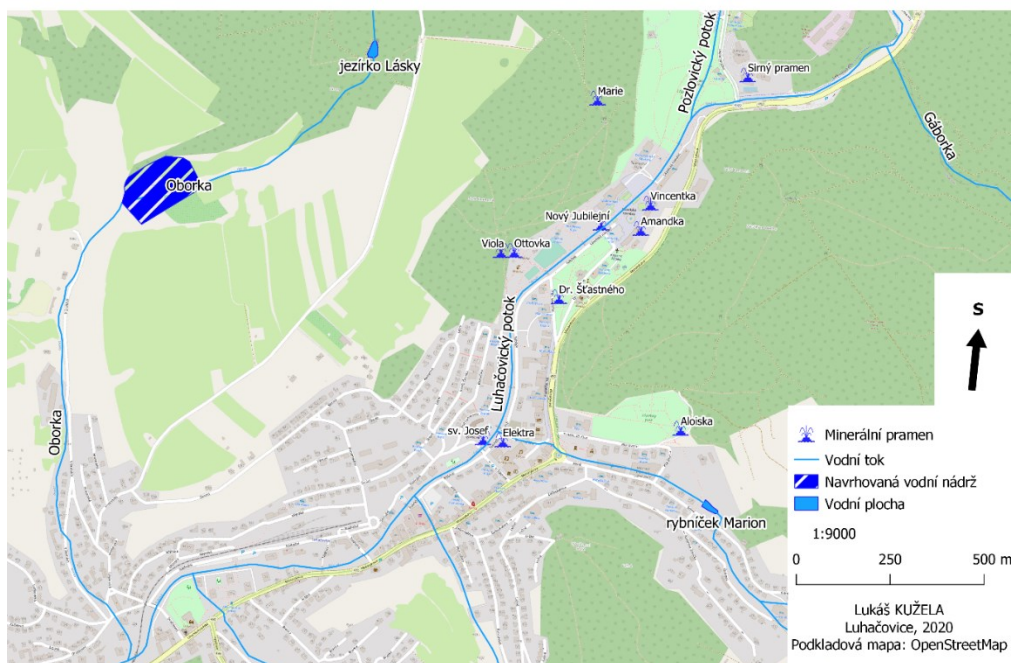
Územní plán města Luhačovice navrhuje na vodním toku Oborka - pravostranném přítoku Luhačovického potoka (Šťávnice) retenční vodní nádrž, která bude sloužit k rekreaci (OS 66) s navazující plochou louky pro slunění. Při vymezení vhodného profilu nádrže byly respektovány vhodné morfologické parametry při stanovení maximální možné retenční kapacity. Vodní nádrž by disponovala zemní hrází výšky okolo 2 – 3 m v nejvyšším místě. Při návrhu je třeba se řídit příslušnou normou dle ČSN 75 2410 - Malé vodní nádrže.

**Retenční nádrž** slouží pro zadržení určitého množství dešťové vody na určitou dobu, před vypuštěním do kanalizace nebo vodního toku. Chrání kanalizační systém nebo vodní tok před zahlcením srážkovou vodou z přívalových dešťů. Retenční nádrž je nejčastěji budována při průmyslových objektech a velkých zpevněných plochách.

Realizací projektu dojde k zadržení vody v krajině, zvýšení její ekologické stability a biodiverzity v území a bude mít pozitivní vliv na možnosti existence a rozmnožování živočichů, vytvoření hnízdních možností ptáků a vytvoření prostředí pro vodní a mokřadní floru se vztahem k okolním prvkům územního systému ekologické stability. Podpora retence a akumulace vody je v daném území v souvislosti se změnou klimatu a bojem se suchem velmi žádoucí. Lokalita je vhodná z důvodu, že se jedná o málo hospodářsky využívané

údolí bez existující zástavby, která by stavbě překážela. Akumulace vody zde, by zlepšila podmínky v jihozápadní části města, kde je soustředěná sídlištní zástavba. Na povodí nad navrhovanou nádrží se nachází plochy, které jsou ve vyšší nadmořské výšce převážně zalesněny, také se na přítoku v lesním území vyskytuje další menší vodní nádrž nazývaná jezírko Lásky. Ostatní svahy v povodí jsou zatravněny a často přerušovány mezemi.

#### UMÍSTĚNÍ NAVRHOVANÉ RETENČNÍ NÁDRŽE NA POTOCE OBORKA



Obr. 51 Mapa umístění navrhované nádrže Oborka (autor: L. Kužela)



Obr. 52 Lokalita pro vybudování vodní nádrže Oborka (autor: L. Kužela)

V současné době se na místě lokality výstavby nádrže nachází na pravé straně koryta trvalý travní porost a na straně levé se nachází obhospodařované zahradní pozemky se sady soukromých majitelů. Samotné koryto je zarostlé vrbami a vzrostlými olšemi.

Dle Sweco - Hydroproject a.s., 2013 je obecně vhodné situovat retenční kapacity na lesní půdní fond (zejména k zachycení vod z rozvíjejících se strží) a také při vstupu extravilánových vod do zástavby, což je například případ této navrhované nádrže. Tato opatření je vhodné řešit v rámci územních plánů a komplexních pozemkových úprav. Na trvalých travních porostech a na orné půdě se doporučuje v přirozených svodnicích realizovat malé retenční prostory charakteru drobných příčných přehrážek. Přehrážky je vhodné doplnit výsadbou skupinové, hluboko kořenící zeleně, která zajistí stabilitu území před případnou aktivizací sesuvu z důvodu občasného podmáčení retenčního prostoru (Sweco - Hydroproject a.s., 2013).

Realizace různých typů opatření za účelem zadržení vody v krajině i zlepšení stavu povrchových vod se v povodích ČR běžně provádí. Zejména malé vodní nádrže jsou poměrně častým typem realizovaného opatření. Běžné ale není monitorování ekologického stavu s cílem posoudit efekt opatření na povrchový tok před vlastním zahájením realizace, po realizaci a dále v určitém časovém odstupu (po 3, 5 a 10 letech).

Výstavba nádrží je zdůvodňována následujícími požadavky, popř. jejich kombinacemi: protipovodňová ochrana, zadržení a vytváření zásob vody v krajině, přírodně-krajinná funkce, rekreační možnosti a rybářství. Hlavní cíle výstavby jsou deklarovány jako podpora biologické rozmanitosti a zadržování vody v krajině, což je jedním z hlavních aspektů a funkcí vodních nádrží realizovaných za účelem vypořádání se s následky problematiky sucha.

Hlavním přínosem malých vodních nádrží pro zvládnání následků sucha a v období sucha je existence disponibilní zásoby (retence) vody v krajině, možnost odebírání vody např. pro závlahy ze zásobních nádrží nebo nadlepšování odtoku v suchých obdobích. Nadlepšování průtoků je významné hlavně v případech regulovaných toků s monotónním korytem.

Při vyšších srážkových úhrnech dochází v nádržích k akumulaci odtoku až do výše možného retenčního prostoru. V suchém období mohou být pak následně naplněné nádrže postupně vypouštěny, čímž dochází k nadlepšování průtoku ve vodních tocích pod nimi. Hlavními technicko-ekonomickými nevýhodami u všech nádrží, jsou jejich ekonomická náročnost při realizaci, nutná údržba hrází a funkčních objektů, manipulace s funkčními objekty, potřeba odstraňovat sediment, periodické odstraňování zachycených nánosů a nutné řešení majetkových vztahů před realizací (VÚV, 2016).

Klady: zajištění dotace vody v období sucha dle typu nádrže, rekreace, podpora diverzity vodních a mokřadních biotopů.

Zápory: přerušení migrace a transportu splavenin, narušení původního ekosystému, velký zásah do území, odpouštěná voda z nádrže má jiné fyzikálně-chemické vlastnosti než je žádoucí pro vodní toky (VÚV, 2016).

## 9.7 Vodní dílo Vlachovice

V rámci boje se suchem a v reakci na klimatickou změnu vláda zařadila mezi priority přípravu výstavby nádrže Vlachovice na Zlínsku. Záměr výstavby VD Vlachovice je historicky veden v Zásadách územního rozvoje Zlínského kraje jako územní rezerva a takto jej přebírají a mají zapracovány územní plány obcí, na jejichž území se nachází.

Generel LAPV stanovil soubor lokalit vhodných pro rozvoj vodních zdrojů; plochy těchto lokalit jsou morfologicky, geologicky a hydrologicky vhodné pro akumulaci povrchových vod a mohou sloužit jako jedno z adaptačních opatření pro případné řešení dopadů klimatické změny v dlouhodobém horizontu (v příštích padesáti až sto letech), především pro zajištění zdrojů pitné vody a snížení nepříznivých účinků povodní.

### Účel vodního díla

Jako součást technické studie byl proveden podrobný průzkum současného stavu zásobování obyvatelstva pitnou vodou v širším zájmovém území. Z provedené analýzy vyplývá, že při naplnění klimatického scénáře bude vodních zdrojů ve Zlínském kraji (a platí to i pro širší okolí) rychle ubývat. Pesimistické varianty uvažují s deficitem zdrojů ve Zlínském kraji již okolo roku 2040, konzervativní střední scénář očekává pravidelný deficit zdrojů okolo roku 2065. (Aquatis a.s., 2015)

Tab. 7 Zdůvodnění potřeby výstavby VD Vlachovice (PRVKZL, 2007)

**Přehled vývoje dostupných zdrojů vody podle vodárenských soustav**

( SV = skupinový vodovod ) :

Název	2002		2010		2015	
	Qp	Qd	Qp	Qd	Qp	Qd
	l/s	l/s	l/s	l/s	l/s	l/s
SV Luhačovice, Stanovnice, Syrákov, UH, UB, atd.	986	978	980	972	1008	1000
SV Babicko	13	13	17	17	17	17
SV Koryčany, Kyjov	5	7	8	11	9	12
SV Kroměříž	378	378	387	387	387	387
SV Polešovice, Tučapy	11	11	11	11	11	11
SV Zlín	670	670	670	670	680	680
<b>Celkem</b>	<b>2 063</b>	<b>2 057</b>	<b>2 073</b>	<b>2 068</b>	<b>2 112</b>	<b>2 107</b>

**Přehled vývoje potřeby vody podle vodárenských soustav**

( SV = skupinový vodovod )

Název	2002		2010		2015	
	Qp	Qd	Qp	Qd	Qp	Qd
	l/s	l/s	l/s	l/s	l/s	l/s
SV Luhačovice, Stanovnice, Syrákov, UH, UB, atd.	559	733	671	887	739	980
SV Babicko	5	6	8	11	10	14
SV Koryčany, Kyjov	5	7	8	11	9	12
SV Kroměříž	232	301	268	351	294	385
SV Polešovice, Tučapy	3	4	5	7	7	9
SV Zlín	374	478	423	542	461	593
<b>Celkem</b>	<b>1 178</b>	<b>1 529</b>	<b>1 383</b>	<b>1 809</b>	<b>1 520</b>	<b>1 993</b>

Ze srovnání uvedených údajů je vidět, že k cílovému roku 2015 původně dosti značný přebytek kapacity zdrojů - cca 25 % klesl na pouhých 5 % - počítáno z denního maxima. Na průměrných odběrech je sice rezerva větší - cca 28 %, ale ta nezajistí bezpečnost odběru v obdobích špičkové potřeby. Vyrovnání ve vodojemech je na denní, nebo maximálně týdenní úrovni. Dá se tedy říci, že v současné době je bilance potřeb a odběrů prakticky vyrovnaná, bez větší rezervy. Soustavy samozřejmě mají i nouzové zdroje, ale ty jsou plánovány pro případy havárií nebo jiných výpadků a nikoli pro každodenní potřebu. Jiná situace by však nastala v případě dopadů klimatické změny, jak je modelována pro období 2071 až 2093. V takovém případě by došlo k poklesu průměrných průtoků ve Vláře na cca 66 % dnešního stavu, a lze celkem jistě předpokládat, že v podobném poměru by došlo k poklesu vydatnosti i na ostatních zdrojích používaných k zásobování vodou - povrchových i podzemních. Současně by v takové situaci velmi pravděpodobně došlo ke skokovému zvýšení nároků na dodávku vody, protože zde působí zrcadlový efekt spočívající v tom, že při poklesu vydatnosti zdrojů současně stoupají požadavky na odběry. Celkově tak může nastat deficit zdrojů oproti potřebám ve výši 40 až 50 % současného stavu, tedy cca 400 až 500 l/s (Aquatis a.s., 2015).

Hlavním účelem vodního díla je zajištění spolehlivého zdroje povrchové vody pro zásobování obyvatel pitnou vodou a pokrytí potřeb vody v území s nedostatkem podzemních zdrojů vody. Propojením úpravny vody Vlachovice na vodárenskou soustavu vznikne možnost distribuce vody do velké části Zlínského kraje. Nádrž bude sloužit obyvatelům žijícím na území Zlínského kraje k zajištění zásobování pitnou vodou. Víceúčelové využití této nádrže bude spočívat také v protipovodňové ochraně sídel ležících podél řeky pod uvažovanou nádrží. Ta se jeví v daném případě obzvláště vhodná, protože přírodní podmínky zde vytvářejí riziko vzniku velmi rychlých a prudkých přívalových povodní, které vážně ohrožují několik sídel ležících na toku Vlárý (www.pmo.cz, 2020).

Dalším zásadním účelem nádrže je nadlepšování nízkých přirozených průtoků pro zajištění nezbytných ekologických funkcí toku Vlárý v období sucha. To má zásadní význam pro udržení vodních a na vodu vázaných ekosystémů a rovněž pro zachování požadovaného ředění odpadních vod vypouštěných do toku nejen z čistíren odpadních vod.

Realizaci vodní nádrže bude předcházet řada revitalizačních opatření, opatření v lesích, výstavba tůní, malých vodních nádrží a soubor protierozních opatření na zemědělské půdě. Cílem je ozdravit krajinu tak, aby nedocházelo ke zrychlenému odtoku vody z povodí Vlárý a k vysoušení krajiny, ale aby tímto naopak došlo ke zlepšení přirozené schopnosti krajiny zadržovat vodu (VÚV, 2018).

Celý záměr je tedy souhrnným souborem staveb vodního díla a opatření v ploše povodí, která společně zajistí předpokládané funkce vodního díla, jeho životnost v koexistenci s existujícími sídly a s územím. Cílem je také vhodně začlenit záměr do krajiny a přírodního prostředí (PMO, 2020a).

## 9.8 Využití šedých a dešťových vod

V současném suchém období nabývá na významu otázka opakovaného využívání dešťových a šedých vod, jako jednoho z možných zdrojů uspokojování potřeb vody pro společnost. Nyní máme k dispozici technologie a materiály, které umožňují efektivní využití těchto vod s dostatečným hygienickým standardem. Využívání těchto vod snižuje poptávku po vodě a zvyšuje efektivitu jejího využití, to může výrazně přispět ke snižování následků sucha a nedostatku vody na společnost, hospodářství a na životní prostředí (MZe a MŽP, 2017).

Šedou vodou nazýváme odpadní vody neobsahující fekálie a moč, takové, které odtékají z umyvadel, van, sprch, dřezů apod. Šedou vodu je možné po úpravě využívat jako vodu provozní (tzv. bílou vodu) pro splachování záchodů, pisoárů a zalévání zahrad. Zajímavé se jeví také znovuvyužití tepelné energie obsažené v šedých vodách.

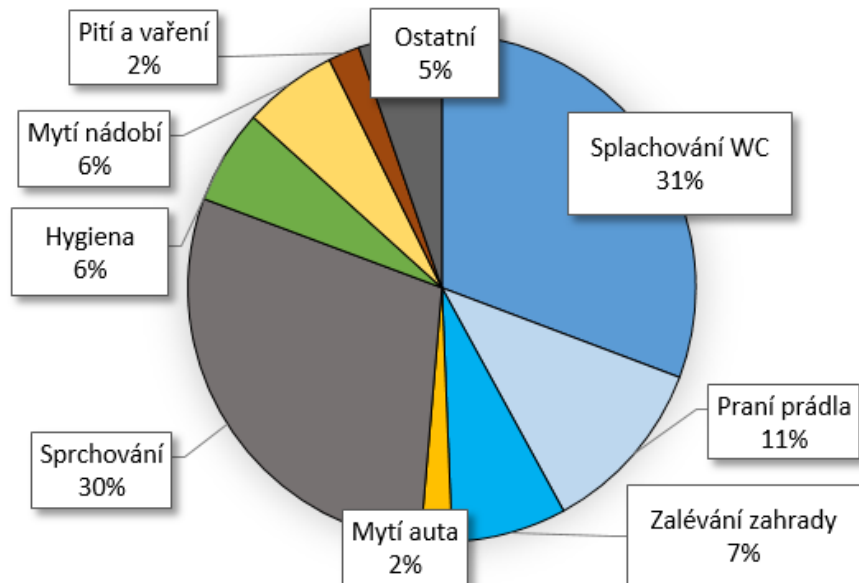
Po použití pitné nebo užitkové vody v domácnosti dojde ke změně jejích fyzikálních a chemických vlastností, čímž se z nich stává voda odpadní. Následně jsou obvykle tyto odpadní vody od místa vzniku prostřednictvím vnitřní kanalizace budovy, svedeny do kanalizační přípojky, domovní čistírny odpadních vod nebo odpadní jímky. Mezi odpadní vody se řadí i dešťové vody.

Tyto odpadní vody lze rozdělit podle místa vzniku do tří skupin:

- černé odpadní vody – pisoáry, toalety,
- šedé vody – sprchy, umyvadla, kuchyňský dřez, pračka,
- dešťové vody – srážková voda ze střech a zpevněných ploch.

Z celkového objemu odpadní vody vypouštěné z domácností tvoří přibližně 50 % šedá voda. A právě tuto vodu s vodou dešťovou je možno zachycovat a znovu využívat. I tímto způsobem je totiž možné snížit spotřebu vody na domácnost. Pokud rozdělíme průměrnou denní potřebu domácnosti podle typů využití, vyjde nám zastoupení šedé vody okolo 50 % (Plotěný a Bartoník, 2012).





Obr. 53 Rozdělení průměrné potřeby vody v domácnosti (Bartoník et al., 2012).

Z grafu je dále patrné, že více jak 50 % potřeby vody v domácnosti (proužky s odstíny modré) lze nahradit přečištěnou dešťovou nebo šedou vodou. Kvalitní pitná voda by měla být používána pouze tam, kde je to nezbytně nutné. Pro splachování toalet, zalévání zahrady je možno použít vodu vyčištěnou. A to zejména tam kde je nízká kapacita dostupného zdroje kvalitní pitné vody (Bartoník et al., 2012).

## 10 VÝSLEDKY A DISKUSE

Práce předkládá ucelené zpracování poznatků o suchu v podmínkách ČR a v praktické části provedení výzkumu sucha zaměřeným na oblast města Luhačovice. Analýza rizika sucha v Luhačovicích byla provedena z průběhu teplot vzduchu a srážkových úhrnů, ze kterých byl následně vypočítán Langův dešťový faktor, jakožto index hodnocení sucha, dále se práce zaměřuje na stavy hladin podzemní vody ve vrtech, průtoce na vodním toku Luhačovický potok a Ludkovickém potoce napájejícím VD Ludkovice, jakožto primárního zdroje pitné vody pro Luhačovice a okolí, následně je v práci zhodnocena spotřeba pitné vody na území města a územní charakteristiky využití pozemků z důvodu zhodnocení retence krajiny. Následně na tuto kapitolu navazuje kapitola věnující se návrhům na opatření k mitigaci hrozby sucha.

Z výsledků analytické části můžeme konstatovat **nárůst teploty vzduchu** na území Zlínského kraje od roku 1961 v průměru trendu o 2°C. Z analýzy dat **srážkových úhrnů** můžeme konstatovat výskyt srážkově podprůměrných až průměrných let na území Zlínského kraje od roku 2011, ale dlouhodobý trend srážkových úhrnů od roku 1961 je konstantní. Změna ve variabilitě srážek není v práci prokázána a měla by se stát předmětem dalšího výzkumu.

Z údajů o teplotě vzduchu a srážkových úhrnů je následně vypočítán **Langův dešťový faktor**, jakožto index hodnocení sucha, který má průkazně klesající trend, na jehož základě můžeme území Zlínského kraje v roce 2017 hodnotit jako oblast semiaridní (Quitt, 1971).

Vyhodnocením **průtoků** na hlásných stanicích je možné konstatovat, že stav sucha ( $Q_{355}$ ) se na hlásném profilu **VD Luhačovice přítok** v rámci období měření (1989 – 2020) vyskytuje častěji než v minulosti, pravidelně již každoročně od roku 2014. Trend průtoku na hlásném profilu je klesající. V hlásném profilu **VD Ludkovice přítok** je trend průtoku také klesající. Na tomto hlásném profilu je průtok  $\leq Q_{355}$  zaznamenáván průběžně za celou dobu měření. Na VD Ludkovice se projevuje v zimním období pokles vodní hladiny v souvislosti s nedostatkem srážek a odběrem pro úpravnu pitné vody.

Z dat hlásného profilu **LG Polichno**, z kterého jsou získána data pouze od roku 2017, je možné konstatovat, že i v rámci pouhých tří let měření je zde trend průtoku vody klesající, jednou se zde vyskytl průtok  $\leq Q_{355}$  v roce 2019 a tento stav trval 14 dnů, poté je na hlásném profilu zaznamenán průtok 2. stupně povodňové aktivity z přívalových srážek v povodí.

Stav hladiny podzemní vody ve **vrtnu Biskupice VB0186** ukazuje průkazný klesající trend úrovně hladiny podzemní vody, přestože se tento vrt nachází v údolní nivě asi 50 m od vodního toku Luhačovického potoka. Stav úrovně hladiny na tomto vrtnu je na nejnižší úrovni v rámci poskytnutých dat z tohoto vrtnu (tzn. od roku 1981), ale dle informací ČHMÚ z dat vrtnů obsahujících starší záznamy, jsou záznamy o suchu z let 1947 - 1949 srovnatelné ze suchem současným. Klesající trend hladiny podzemní vody se projevuje i na **vrtech luhačovické zřídelní struktury**. Tyto vrty jsou ovlivněny čerpáním minerální vody. Za dobu měření (od roku 2005) se míra čerpání snižuje, a přesto se úroveň hladiny snižuje téměř na všech vrtech vyjma pramene Elektra, kde vliv menší míry čerpání má pozitivní efekt na úroveň hladiny podzemní vody, která postupně narůstá.

Další podkapitola se zabývá **spotřebou pitné vody** v Luhačovicích. Z dat poskytnutých společností Moravská vodárenská a.s., která spravuje vodohospodářskou infrastrukturu města, byl vytvořen graf, ze kterého je patrný trend narůstající spotřeby. To vzbuzuje otázku, ohledně zajištění udržitelnosti zdrojů pitné vody do budoucna v prostředí aktuální klimatické změny. Město má výhodu v oblasti zásobování pitnou vodou v kvalitní vodohospodářské infrastruktuře, ve které je přiváděna voda ze třech zdrojů, a to VD Ludkovice, VD Karolinka a třetím zdrojem vody je prameniště Horní Lhota jímající prameny podzemní vody. Dle Plánu rozvoje vodovodů a kanalizací Zlínského kraje jsou současné zdroje na hranici pokrytí spotřeby v odběrových špičkách, z těchto důvodů se v současné době realizuje příprava stavby VD Vlachovice, která má sloužit regionu k zásobování pitnou vodou (Aquatis, 2015).

V předposlední části této kapitoly je věnována pozornost územní charakteristice z hlediska **využití území** a výpočtu **koeficientu ekologické stability**. Dle výpočtu KES se jedná o území mírně stabilní - běžná kulturní krajina, v níž jsou technické objekty v relativním souladu s charakterem relativně přírodních prvků (Míchal, 1992). Území města má výhodu ve velkém množství lesů a relativně malém množství orné půdy, ale v současné době jsou lesy, hlavně smrkové monokultury, ohroženy suchem, které snižuje jejich vitalitu a odolnost vůči škůdcům (například lýkožrout smrkový).

V závěru této kapitoly je na základě těchto zjištění zpracována **SWOT analýza**.

Poslední kapitola poté předkládá **návrh mitigačních opatření**, které jsou rozděleny do čtyř základních kategorií podle typu lokality, pro kterou se navrhují, jsou to opatření pro urbanizovanou krajinu, zemědělskou krajinu, lesní krajinu a opatření na vodních tocích. Dále pak tři samostatné podkapitoly věnované retenční nádrži na potoce Oborka, která je navrhována v územním plánu města Luhačovice, zatím nerealizovaná, vodním díle Vlachovice a podkapitole o využívání šedých a dešťových vod.

Optimálním řešením problematiky sucha na území města je komplexní přístup k řešení, tzn. aplikovat kombinaci vhodně se doplňujících všech typů opatření.

## ZÁVĚR

Na základě provedeného výzkumu všechny indikátory nasvědčují tomu, že se oblast Luhačovic vysušuje, ubývá vody ve vodních tocích a klesá úroveň hladiny podzemní vody, která je v současnosti na svém minimu za dobu poskytnutých dat tj. od roku 1981. Teplota vzduchu narůstá, přibývá zastavěných ploch a spotřeba pitné vody roste.

Luhačovice mají výhodu ve svém krajinném potenciálu s velkým množstvím lesů, které zadržují vodu v krajině, přesto se ani jim nevyhnula „kúrovcová kalamita“ velkoplošného hynutí smrků. Ve značném rozsahu byly zdejší lesy přeměněny ve prospěch smrkových monokultur. Nyní však máme příležitost tyto chyby napravit a obnovit les do původní dřevinné skladby (buk). Vliv lesa a hospodaření v lesích na vodní režim krajiny je v podmínkách ČR natolik zásadní, že hospodaření s vodou v lesích by se do budoucna mělo stát plnohodnotnou součástí lesnických činností.

Další výhoda Luhačovic spočívá v kvalitní vodohospodářské infrastruktuře přivádějící pitnou vodu ze třech zdrojů, jenže tyto zdroje vzhledem ke zvyšující se poptávce pitné vody přestávají být dostatečné, proto se v současné době připravuje výstavba VD Vlachovice, které má posílit zdroje pitné vody v regionu. Bylo by vhodné provést srovnání spotřeby pitné vody v Luhačovicích podle jednotlivých sektorů, aby se podrobněji zjistilo, jaké jsou přesné příčiny zvyšování spotřeby vody.

Z údajů o teplotě vzduchu a srážkových úhrnů byl vypočítán Langův dešťový faktor, jakožto index hodnocení sucha, jehož výpočet má silně klesající trend, zatím ještě stále patříme do oblasti, kterou můžeme dle Quitta, klasifikovat jako oblast humidní, ale pokud vývoj bude stále pokračovat tímto trendem, brzy bude oblast již hodnocena jako semiaridní. Tohoto ohodnocení již Zlínský kraj dosáhl v roce 2017 (Quitt, 1971).

Poslední roky ukazují, že je třeba zvýšit zájem problematiku sucha, jelikož tato hrozba může mít kritické následky. Je potřeba studovat a napravovat chyby, které se staly v minulosti a poučit se z nich, jakými jsou například systematické napřimování koryt vodních toků, odvodňování krajiny, zástavba území podporující rychlý odtok srážkové vody a nevhodné zemědělské techniky zhoršující retenční schopnosti půdy. Je třeba také počítat s existujícími prognózami a dle toho přizpůsobovat své jednání v oblasti hospodaření s vodou v krajině i domácnosti. Měla by být navržena nová legislativa, která více zohlední důležitost vodní složky životního prostředí, zatím však je společnost v tomto směru ještě pozadu. Situaci se již začala zabývat Česká republika a její činné orgány. Připravovaná novela zákona o vodách

by měla přinést potřebné definování problematiky sucha a nedostatku vody, dále by měla provést zavedení legislativních postupů a potřebných nařízení. Z této novely by měla vzejít i povinnost zpracování plánu pro zvládnutí sucha a nedostatku vody.

Vzhledem k aktuálnímu vývoji je nutné provádět mitigační opatření již v této době. Při vytváření nových krajinných úprav či staveb je potřeba vytvářet úpravy takové, které zlepšují zadržování srážkové vody v krajině. Možností, jak se připravit a vyrovnat se suchem je mnoho, jen je třeba je uvážlivě uvádět do praxe.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- AQUATIS a.s., 2015. *Vlára, vodní dílo Vlachovice: Investiční záměr*. Dostupné také z: [https://zakazky.eagri.cz/document\\_86914/245adb125f179e15073b7d5469ee79ae-zpravaiz-pdf](https://zakazky.eagri.cz/document_86914/245adb125f179e15073b7d5469ee79ae-zpravaiz-pdf)
- BAKOTA, Filip, 2019. *Plán pro zvládnání sucha a nedostatku vody*. Brno. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně.
- BARTONÍK, A., M. HOLBA, J. VRÁNA, M. OŠLEJŠKOVÁ a K. PLOTĚNÝ, 2012. Hospodaření s šedou a dešťovou vodou v budovách. *Vodní hospodářství* (2). ISSN 1211- 0760.
- BRABEC, Richard, 2020. *Pitnou vodu má zákon nadřadit všemu* [online]. In: . Právo. [cit. 2020-05-15]. Dostupné z: <https://www.novinky.cz/domaci/clanek/pitnou-vodu-ma-zakon-nadradit-vsemu-40310409>
- BRÁZDIL, Rudolf a Miroslav TRNKA, 2015. *Historie počasí a podnebí v Českých zemích: minulost, současnost, budoucnost*. Brno: Centrum výzkumu globální změny Akademie věd České republiky. ISBN 978-80-87902-11-0.
- CENIA, 2016. *Potenciální přirozená vegetace: Národní geoportál INSPIRE* [online]. Praha. [cit. 2020-05-16]. Dostupné z: <http://portal.chmi.cz/historicka-data/pocasi/mapy-charakteristik-klimatu>
- ČERMÁK, Jan a Josef ŘÍHA, 2015. *Strategie proti suchu v České Republice: Kritická analýza nedostatků*. Asociace pro vodu v krajině ČR.
- ČERMÁK, Petr, 2018. *AGRObase - magazín Agrární komory České republiky: Dopady klimatické změny na zdraví a vitalitu lesa* [online]. 1. [cit. 2019-12-05]. Dostupné z: [http://www.akcr.cz/data\\_ak/18/a/AGRObase1802.pdf](http://www.akcr.cz/data_ak/18/a/AGRObase1802.pdf)
- ČERMÁK, Václav, Kamila FLÓROVÁ, Helena KRÁLOVÁ a Jaroslav UNGERMAN. *Protipovodňová ochrana Moravy a Bečvy: Koncepce ekologické varianty*. Brno: Unie pro řeku Moravu, 2002. Dostupné také z: [http://www.uprm.cz/data/docs/studie/protipovodochrana\\_moravy\\_becvy.pdf](http://www.uprm.cz/data/docs/studie/protipovodochrana_moravy_becvy.pdf)
- Česká meteorologická společnost, 2017 [online]: *Elektronický meteorologický slovník výkladový a terminologický (eMS)* [cit. 16.05.2020]. Dostupné z: <http://slovník.cmes.cz>

- ČESKO. zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon). In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. © AION CS 2010-2019 [cit. 5. 12. 2019]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-254>
- ČESKO. Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon). In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. © AION CS 2010-2020 [cit. 29. 5. 2020]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-254#f2214186>
- ČESKO. Zákon č. 334/1992 Sb., České národní rady o ochraně zemědělského půdního fondu. In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. © AION CS 2010-2020 [cit. 29. 5. 2020]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1992-334#f1430185>
- ČHMÚ, 2020a. *Český hydrometeorologický ústav: Monitoring sucha* [online]. [cit. 2019-12-05]. Dostupné z: <http://portal.chmi.cz/aktualni-situace/sucho#>
- ČHMÚ, 2020b. *Mapy charakteristik klimatu: Historická data* [online]. Brno: Český hydrometeorologický ústav [cit. 2020-05-16]. Dostupné z: <http://portal.chmi.cz/historicka-data/pocasi/mapy-charakteristik-klimatu>
- ČSÚ, 2018. *Územně analytické podklady*. Český statistický úřad. Dostupné také z: [https://www.czso.cz/csu/czso/csu\\_a\\_uzemne\\_analyticke\\_podklady](https://www.czso.cz/csu/czso/csu_a_uzemne_analyticke_podklady)
- EISELTOVÁ, Martina, Jan POKORNÝ, Petra HESSLEROVÁ a Wilhelm RIPL, 2012. *Evapotranspiration – A Driving Force in Landscape Sustainability*. In: IntechOpen. DOI: 10.5772/19441. Dostupné také z: <https://www.intechopen.com/books/evapotranspiration-remote-sensing-and-modeling/evapotranspiration-a-driving-force-in-landscape-sustainability>
- Enviweb.cz*, 2018: *Sucho v ČR - čím je způsobené a co proti němu můžeme dělat?* [online]. [cit. 2019-12-05]. Dostupné z: <http://www.enviweb.cz/111679>
- Evropská komise, 2013. Strategie EU pro přizpůsobení se změně klimatu. In: Brusel: *Ministerstvo životního prostředí* [online]. c2008-2020 [cit. 2020-05-29]. Dostupné z: [https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/zelena\\_kniha\\_problematice/\\$FILE/OEOK-Adaptacni\\_strategie\\_EU-20130806.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/zelena_kniha_problematice/$FILE/OEOK-Adaptacni_strategie_EU-20130806.pdf)



- Evropská unie, 2000. *Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2000/60/ES ze dne 23. října 2000, kterou se stanoví rámec pro činnost Společenství v oblasti vodní politiky*. In: . Brusel: Dostupné také z: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/?uri=LEGISSUM%3A128002b>
- FLEK, Jiří, 2018. *Přístupy k řešení problematiky sucha*. Ostrava. Bakalářská práce. Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava.
- FUSKOVÁ, Zdeňka, 2019. *Půdní sucho a jeho vliv na větrnou erozi půd v oblasti jižní Moravy*. Ostrava. Diplomová práce. VŠB - Technická univerzita Ostrava.
- GEOTEST A.S. a SWECO HYDROPROJECT A.S., 2015. *Možnosti řešení vsaku dešťových vod v urbanizovaných územích v ČR*. Ministerstvo životního prostředí.
- H. BHANDHA, Jehangir, Jay M. CAPASSO, Raju KHATIWADA, Stewart SWANSON a Christopher LABORDE, 2017. *Raising Soil Organic Matter Content to Improve Water Holding Capacity*. The Institute of Food and Agricultural Sciences. University of Florida. Dostupné také z: <https://edis.ifas.ufl.edu/pdf/SS/SS66100.pdf>
- HLADÍK, J, 2016. Půda a voda v zemědělské krajině. Konference Sucho v krajině, Brno. [cit. 2019-12-05]. Dostupné z: <https://slideslive.com/38897004/puda-a-voda-v-zemedelske-krajine>
- HORÁLEK, Vladimír a Tomáš KOČMAN, 2017. *Vyhodnocení exploatace luhačovické zřídelní struktury*. I. Etapa. Lázně Luhačovice a Kocman envimonitoring.
- HRUBAN, Robert, 2015. *Luhačovická zřídelní struktura* [online]. Moravské Karpaty [cit. 2020-05-15]. Dostupné z: <http://moravske-karpaty.cz/prirodni-pomery/geologie/luhacovicka-zridelni-strukura/>
- Intersucho*, 2019. [online]. Akademie Věd České republiky (CzechGlobe), Mendelova univerzita v Brně a Státní pozemkový úřad [cit. 2019-12-05]. Dostupné z: <https://www.intersucho.cz>
- IPCC. Mezivládní panel pro změny klimatu: fig-18-1. *Intergovernmental Panel on Climate Change* [online]. [cit. 2020-06-03]. Dostupné z: <https://www.ipcc.ch/report/ar4/wg2/inter-relationships-between-adaptation-and-mitigation/fig-18-1/>

- JUNEK, Václav, 2019. *Tzbinfo: Téma sucho ve městech se dotýká i facility managementu* [online]. [cit. 2019-12-05]. Dostupné z: [<https://voda.tzb-info.cz/destova-voda/19842-tema-sucho-ve-mestech-se-dotyka-i-facility-managementu>]
- KLADŇÁKOVÁ, Veronika, 2007. *Hodnocení sucha pomocí LDF a PDSI*. Brno. Diplomová práce. Mendelova univerzita v Brně.
- Klimatická změna*, 2020. [online]. Brno: Ústav výzkumu globální změny AV ČR [cit. 2020-05-15]. Dostupné z: [www.klimatickazmena.cz](http://www.klimatickazmena.cz)
- KOHUT, Antonín, 2017. *Analýza rizika sucha a možnosti zmírnění jeho dopadů na krajinu a vodní hospodářství*. Ostrava. Bakalářská práce. VŠB - Technická univerzita Ostrava.
- KRÁSNÝ, Jiří, 2012. *Podzemní vody České republiky: regionální hydrogeologie prostých a minerálních vod*. Praha: Česká geologická služba. ISBN 978-80-7075-797-0.
- KRAVČÍK, Michal, Jan POKORNÝ, Juraj KOHUTIAR, Martin KOVÁČ a Eugen TÓTH, 2011. *Voda pre ozdravenie klímy - nová vodná paradigma*. Žilina: Krupa Print. ISBN 978-80-969766-5-2.
- KŘÍŽOVÁ, Markéta, 2018. *Environmentální rizika v důsledku dlouhodobého sucha*. Brno. Diplomová práce. Mendelova univerzita v Brně.
- KUKAL, Zdeněk, 1985. *Návod k pojmenování a klasifikaci sedimentů. – Metodická příručka 2*. ÚÚG Praha, 80 s.
- KVÍTEK, Tomáš, 2020. Opatření v krajině ke snížení důsledků sucha a povodní, zvýšení hladin podzemní vody a zlepšení jakosti vody. In: *Ekolist.cz* [online]. [cit. 2020-05-22]. Dostupné z: <https://ekolist.cz/cz/publicistika/nazory-a-komentare/tomasnkvitek-opatreni-v-krajine-ke-snizeni-dusledku-sucha-a-povodni-zvyseni-hladin-podzemni-vody-a-zlepseni-jakosti-vody>
- LUHAČOVICE, Město, 2019. *Územní plán*.
- MACH, Jakub, 2016. *Hydrologické sucho*. Ostrava. Bakalářská práce. VŠB - Technická univerzita Ostrava.

- MAKARIEVA, Anastassia a Victor GORSHKOV, 2010. *The Biotic Pump: Condensation, atmospheric dynamics and climate*. Dostupné také z: [https://www.researchgate.net/publication/228528788\\_The\\_Biotic\\_Pump\\_Condensation\\_atmospheric\\_dynamics\\_and\\_climate](https://www.researchgate.net/publication/228528788_The_Biotic_Pump_Condensation_atmospheric_dynamics_and_climate). International Journal of Water.
- MÍCHAL, Igor, 1992. *Ekologická stabilita*. Brno: Veronica pro Ministerstvo životního prostředí České republiky. ISBN 80-85368-22-6.
- Ministerstvo zemědělství, 2007. *Plán rozvoje vodovodů a kanalizací Zlínského kraje*. Dostupné také z: [http://eagri.cz/public/web/file/40167/\\_22886\\_13045\\_CZ072\\_Zlinsky\\_kraj.pdf](http://eagri.cz/public/web/file/40167/_22886_13045_CZ072_Zlinsky_kraj.pdf)
- MORAVSKÁ VODÁRENSKÁ, 2020. [online]. Olomouc. [cit. 2020-05-27]. Dostupné z: <https://www.smv.cz/zakaznici/mereni-spotreby-a-odecty/jak-setrit-vodou2/kolik-stoji-pripadny-unik-vody/>
- MZe a MŽP, 2017. *Koncepce na ochranu před následky sucha pro území České republiky, 2017*. Praha.
- MZe, 2003. *Koncepce zabezpečení obyvatelstva pitnou vodou za krizových situací*. In: . Praha: Ministerstvo zemědělství, 2003. Dostupné také z: <http://eagri.cz/public/web/mze/ministerstvo-zemedelstvi/koncepce-a-strategie/koncepce-zabezpeceni-pitnou-vodou.html>
- MZe, 2012. *Státní politika životního prostředí ČR 2012 - 2020*. In: . Ministerstvo životního prostředí, ročník 2016. Dostupné také z: [https://www.mzp.cz/cz/statni\\_politika\\_zivotniho\\_prostredi](https://www.mzp.cz/cz/statni_politika_zivotniho_prostredi)
- MZe, 2018. *Situační a výhledová zpráva – půda*. Praha: Ministerstvo zemědělství. ISBN 978-80-7434-476-3.
- MZE, 2020. *Průvodce zemědělce Kontrolou podmíněnosti platný pro rok 2020*. In: *Ministerstvo zemědělství* [online]. [cit. 2020-05-15]. Dostupné z: <http://eagri.cz/public/web/mze/dotace/kontroly-podminenosti-cross-compliance/dokumenty-ke-stazeni/rok-2020/>
- MŽP, 2015a. *Koncepce environmentální bezpečnosti 2016-2020 s výhledem do roku 2030*. In: . Ministerstvo životního prostředí: Odbor bezpečnosti a krizového řízení, ročník 2015. Dostupné také z: [https://www.mzp.cz/cz/environmentalni\\_bezpecnost](https://www.mzp.cz/cz/environmentalni_bezpecnost)

- MŽP, 2015b. *Strategie přizpůsobení se změně klimatu v podmínkách ČR*. In: . Praha: Česká republika. Ministerstvo životního prostředí. Dostupné také z: [https://www.mzp.cz/cz/zmena\\_klimatu\\_adaptacni\\_strategie](https://www.mzp.cz/cz/zmena_klimatu_adaptacni_strategie)
- MŽP, 2016. *Státní politika životního prostředí České republiky 2012 – 2020*. Ministerstvo životního prostředí. s. 112.
- MŽP, 2017. *Národní akční plán adaptace na změnu klimatu*. In: Praha. Ministerstvo životního prostředí.
- MŽP, 2019. *Vláda schválila návrh novely vodního zákona* [online]. Praha: Tiskové oddělení MŽP. [cit. 2020-05-29]. Dostupné z: [https://www.mzp.cz/cz/news\\_20190708\\_sucho-vodni-zakon](https://www.mzp.cz/cz/news_20190708_sucho-vodni-zakon)
- MŽP, 2020. *Rámcová úmluva OSN o změně klimatu*. Ministerstvo životního prostředí [online]. c2008-2020 [cit. 2020-05-29]. Dostupné z: [https://www.mzp.cz/cz/ramcova\\_umluva\\_osn\\_zmena\\_klimatu](https://www.mzp.cz/cz/ramcova_umluva_osn_zmena_klimatu)
- NAKLÁDAL, Petr a Svatopluk ŠEDA, 2019. Sucho z pohledu terénního hydrogeologa. In: *TZB-info* [online]. [cit. 2020-05-15]. Dostupné z: <https://voda.tzb-info.cz/vlastnosti-a-zdroje-vody/19043-sucho-z-pohledu-terenniho-hydrogeologa>
- Narřízení vlády č. 48/2017 Sb.: Narřízení vlády o stanovení požadavků podle aktů a standardů dobrého zemědělského a environmentálního stavu pro oblasti pravidel podmíněnosti a důsledků jejich porušení pro poskytování některých zemědělských podpor*. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2017-48> [online]. Ministerstvo zemědělství [cit. 2019-12-05].
- NASA: *GISS Surface Temperature Analysis (v4)* [online]. Goddard Institute for Space Studies, 2020 [cit. 2020-06-01]. Dostupné z: [https://data.giss.nasa.gov/gistemp/graphs\\_v4/](https://data.giss.nasa.gov/gistemp/graphs_v4/)
- NATO, 2017. *Allied Joint Publication-01: Allied Joint Doctrine*. Edition E v. 1. North Atlantic Treaty Organization.
- NĚMEC, Jan a Jan KOPP, 2009. *Vodstvo a podnebí v České republice v souvislosti se změnou klimatu*. Praha. ISBN 9788090348271.
- NKÚ, 2019. *Kontrolní akce č. 18/27: Opatření realizovaná v resortech zemědělství a životního prostředí z důvodu zmírnění dopadů sucha a nedostatku vody*. Nejvyšší

- kontrolní úřad. Dostupné také z: <https://www.nku.cz/assets/konzavery/K18027.pdf>
- OPPELT, Robert. ZAHRADNICKÁ, Eva, 2019. *Zpravodajství idnes.cz: Poráží sucho. U domu založil tůň, louku i les, dotace nepotřeboval* [online]. [cit. 2019-12-05]. Dostupné z: [https://www.idnes.cz/zpravy/domaci/krizek-sucho.A190820\\_102507\\_domaci\\_bur?](https://www.idnes.cz/zpravy/domaci/krizek-sucho.A190820_102507_domaci_bur?)
- PLOTĚNÝ, Karel a Adam BARTONÍK, 2012. ASIO, SPOL. S R.O. *Čištění šedých vod a možnost využití energie z nich* [online]. 2012 [cit. 2020-05-27]. Dostupné z: <https://www.asio.cz/cz/153.cisteni-sedych-vod-a-moznost-vyuziti-energie-z-nich>
- PMO, 2020a. *VD Vlachovice* [online]. Brno: Povodí Moravy s.p., [cit. 2020-05-16]. Dostupné z: <http://vdvlachovice.pmo.cz/cz/stranka/uvodni-stranka/>
- PMO, 2020b. *VD Luhačovice* [online]. Brno: Povodí Moravy s.p., [cit. 2020-05-16]. Dostupné z: <http://www.pmo.cz/cz/o-podniku/vodni-dila/luhacovice/>
- Počítáme s vodou*, 2020. Hospodaření s dešťovými vodami v krajině a zastavěných oblastech: Mapa přírodě blízkých příkladů hospodaření s dešťovou vodou.[online]. [cit. 2020-06-03]. Dostupné z: <https://www.pocitamesvodou.cz/>
- POKORNÝ, Jan a Daniel KAISER, 2019. Už toho šílenství nechte. Blížíme se podmínkám Střední Asie. In: *Echo24.cz* [online]. [cit. 2020-05-15]. Dostupné z: <https://echo24.cz/a/SRcqf/uz-toho-silenstvi-nechte-blizime-se-podminkam-stredni-asie-rika-biolog-jan-pokorny>
- POKORNÝ, Jan, P. HESSLEROVÁ, J. PROCHÁZKA a H. HURYNA, 2018, Funkce vzrostlého lesa v oběhu vody a místním klimatu aneb následky velkoplošného uschnutí lesa na regionální klima. In: *Úloha lesa v koloběhu vody na Zemi: (konference Hnutí Život a Správy NPŠ)*. Modrava, s. 32. Dostupné také z: [http://www.hnutizivot.cz/download1/aktuality\\_sbornik.pdf](http://www.hnutizivot.cz/download1/aktuality_sbornik.pdf)
- PUHLMANN, H., SCHWARZE, R., FEDOROV, S.F., MARUNICH, S.V., 2007. *Forest hydrology – results of research in Germany and Russia*. Koblenz, Germany, 300 s.
- QUITT, Evžen, 1975. *Mapa klimatických oblastí ČSR 1:500 000*. Geografický ústav ČSAV Brno.
- ŘEZNÍČEK, Vladimír, 1985. *Zpráva o regionálním hydrogeologickém průzkumu Luhačovice - ochranná pásma*. Brno: GEOtest.

- ŘEZNÍČEK, Vladimír, 2004. *Luhačovice – Vincentka kontaminace*. Brno: Aqua Minera.
- Satelitní monitoring Plzeň 2015 - 2018: *Shrnutí poznatků*, 2018. [online]. [cit. 2019-12-05].  
Dostupné z: [https://smartcity.plzen.eu/wp-content/uploads/2019/01/Zprava\\_PLZE%C5%87%202015-2018.pdf](https://smartcity.plzen.eu/wp-content/uploads/2019/01/Zprava_PLZE%C5%87%202015-2018.pdf)
- SIEGEL, Seth M., 2018. *Budiž voda: izraelská inspirace pro svět ohrožený nedostatkem vody*. Vydání třetí. Praha: Aligier. ISBN 978-80-906420-5-8.
- SOUKALOVÁ, Eva a Pavel JEŽÍK, 2015. *Dlouhodobá variabilita hladin podzemní vody* [online]. Brno: ČHMI,. Dostupné z: <http://www.vuvh.sk/Zbornik2015/Docs/Z20.pdf> [cit. 2020-05-15].
- STEHLÍK, Martin, 2019. Zlepšení vodního stavu krajiny můžeme dosáhnout velmi rychle. Lékem je prosté zvýšení organické hmoty v půdě. In: *Ekolist.cz* [online]. [cit. 2020-05-15]. Dostupné z: <https://ekolist.cz/cz/publicistika/nazory-a-komentare/martinn-stehlik-zlepseni-vodniho-stavu-krajiny-muzeme-dosahnout-velmi-rychle.lekem-je-proste-zvyseni-organicke-hmoty-v-pude>
- STRÁNSKÝ, David, 2019. Časopis Priorita: Rozhovor. In: *Asociace pro vodu ČR z.s.* [online]. Brno, [cit. 2020-05-16]. Dostupné z: [http://www.czwa.cz/aktuality/2019/Priorita%2003-2019\\_rozhovor.pdf](http://www.czwa.cz/aktuality/2019/Priorita%2003-2019_rozhovor.pdf)
- SVITÁKOVÁ, Tereza, 2011. *Minerální vody na Luhačovicku*. Brno. Bakalářská práce. Masarykova univerzita.
- SVOBODA, J., ŽALUD, Z., 1997. Bioklimatologie, návody do cvičení. *Skriptum MZL* v Brně. 1. vydání, Brno.
- SWECO - HYDROPROJEKT CZ A.S., 2013. *Luhačovický potok - návrat k přírodnímu charakteru toku - studie proveditelnosti: Závěrečný elaborát*. Praha.
- SYRUČEK, Milan, 2011. *Voda, jak ji neznáme*. Praha: Epoque. ISBN 978-80-7425-105-4.
- ŠERÝ, Pavel, 2010. *Vodní zdroje a možnosti zásobování města Luhačovice pitnou vodou*. Olomouc. Bakalářská práce. Moravská vysoká škola.
- TEJKALOVÁ, Jana, 2018. Typový plán pro řešení krizové situace Dlouhodobé sucho. In: *Ministerstvo životního prostředí* [online]. [cit. 2020-05-15]. Dostupné z: [http://www.cvtvhs.cz/files/aktualne/sucho2014-2017/006\\_tejkalova\\_Typovy\\_plan\\_Dlouhodore\\_sucho.pdf](http://www.cvtvhs.cz/files/aktualne/sucho2014-2017/006_tejkalova_Typovy_plan_Dlouhodore_sucho.pdf)

- TRNKA, Miroslav a Kamila JABLONICKÁ, 2019. *Lidovky.cz: Sucho nikam neodejde. Žádná z předchozích generací tak rychlou změnu klimatu nezažila.* [online]. [cit. 2019-12-05]. Dostupné z: [https://www.lidovky.cz/domov/bioklimatolog-zadrzovani-vody-nam-moc-nepomuze-jen-budeme-sucho-lepe-snaset.A190711\\_094153\\_ln\\_domov\\_ele](https://www.lidovky.cz/domov/bioklimatolog-zadrzovani-vody-nam-moc-nepomuze-jen-budeme-sucho-lepe-snaset.A190711_094153_ln_domov_ele)
- TRNKA, Pavel, 2010. *Možné důsledky dešetrvajících sucha v naší krajině a ve světě.* Brno. Dostupné také z: [http://user.mendelu.cz/xvlcek1/rrc/sucho/TRNKA\\_1.pdf](http://user.mendelu.cz/xvlcek1/rrc/sucho/TRNKA_1.pdf). Mendelova univerzita v Brně.
- Úřad vlády České republiky, 2017. *Strategický rámec Česká republika 2030.* Odbor pro udržitelný rozvoj. Praha. ISBN 978-80-7440-181-7. Dostupné také z: <https://www.cr2030.cz/strategie/>
- VACKOVÁ, Lucie, 2012. *Změny land use v ČR a Evropě a důvody těchto změn.* České Budějovice. Dostupné také z: <https://theses.cz/id/39fns8/>. Bakalářská práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích.
- VÍTEČEK, Miroslav, 2019. *Ekolist.cz: Sucho, nebo špatné hospodaření s vodou?* [online]. [cit. 2019-12-05]. Dostupné z: <https://ekolist.cz/cz/publicistika/nazory-a-komentare/miroslav-vitecek-sucho-nebo-spatne-hospodareni-s-vodou#diskuse>
- VLNAS, Radek, 2010. *Časová a plošná variabilita hydrologického sucha v podmínkách klimatické změny na území České republiky.* Praha: Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka. ISBN 978-80-87402-11-5.
- VLNAS, Radek, 2018. Návrh obsahu plánu pro zvládání sucha a nedostatku vody v ČR. *Vodohospodářské technicko-ekonomické informace.* roč. 60, č. 5, str. 40–44. ISSN 0322-8916. Dostupné z: <https://www.vtei.cz/2018/10/navrh-obsahu-planu-pro-zvladani-sucha-a-nedostatku-vody-v-cr-2/>
- VOŽENÍLEK, Vít a Vít KVĚTOŇ, 2011. *Klimatické oblasti Česka: klasifikace podle Quitta za období 1961-2000.* Praha: Český hydrometeorologický ústav. M.A.P.S. (Maps and Atlas Product Series), num. 3. ISBN 9788024428130.
- VÚV, 2006. *Rozbor dosavadních zkušeností ze suchých období: Činnosti k podpoře výkonu státní správy v problematice sucha v roce 2006.* Praha: Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka.

- VÚV, 2014. *Historická sucha: Projekt Návrh koncepce řešení krizové situace vyvolané výskytem sucha a nedostatkem vody na území ČR*. Praha: Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka.
- VÚV, 2015. *Metodika pro sestavení hierarchie opatření pro jednotlivé fáze ohrožení suchem*. Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka.
- VÚV, 2016. *Potenciál aplikace přírodě blízkých opatření pro zadržení vody v krajině a zlepšení ekologického stavu vodních útvarů*. Praha: Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka.
- VÚV, 2017. pob. Brno: Katalog přírodě blízkých opatření. Zpráva k projektu "Činnosti k podpoře výkonu státní správy v problematice sucho". Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka Brno.
- VÚV, 2018. *Návrh přírodě blízkých opatření pro zadržování vody v krajině v povodí Vlárky a LAPV Vlachovice*. Praha: Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka.
- WANNER, Filip, 2018. 10. nejčastějších mýtů o českém vodárenství. In: *Třetíruka.cz* [online]. 2018 [cit. 2020-05-15]. Dostupné z: <https://www.tretiruka.cz/news/a10-nejcastejsich-mytu-o-ceskem-vodarenstvi/>
- WILHITE, Donald A. a Roger S. PULWARTY, 2018. *Drought and water crises: integrating science, management, and policy*. Second edition. Boca Raton: CRC Press. ISBN 9781138035645.
- ZÁDRAPA, Michal, 2014. *Luhačovické minerální prameny*. Ostrava. Bakalářská práce. Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava.
- ŽÁKOVSKÁ, Karolína, 2020. Je ústavní zákon na ochranu vody jen převlečený bagr na budování vodních nádrží? In: *Ekolist.cz* [online]. [cit. 2020-05-15]. Dostupné z: <https://ekolist.cz/cz/publicistika/nazory-a-komentare/karolinan-zakovska-je-ustavni-zakon-na-ochranu-vody-jen-prevlecceny-bagr-na-budovani-vodnich-nadrzi>
- ŽALUD, Zdeněk. 2018. *Otázka zadržení vody v půdě bude do budoucna zásadní*. In: Asociace soukromého zemědělství ČR [online]. Dostupné také z: <https://www.asz.cz/cs/zpravy-z-tisku/ekologie/otazka-zadrzeni-vody-v-pude-bude-do-budoucna-zasadni-upozornuje-bioklimatolog.html>



**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
ČHP	Číslo hydrologického pořadí
ČSÚ	Český statistický úřad
GIS	Geografický informační systém
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
LAPV	Lokalita akumulace povrchových vod
LDF	Langův deštový faktor
MVN	Malá vodní nádrž
MZe	Ministerstvo zemědělství
MŽP	Ministerstvo životního prostředí
O. B.	Odměrný bod
PDSI	Palmer Drought Severity Index
PLZ	Přírodní léčivý zdroj
PMo	Povodí Moravy a.s.
PRVKÚ	Plán rozvoje vodovodů a kanalizací
PRVKZK	Plán rozvoje vodovodů a kanalizací Zlínského kraje
Q <sub>355</sub>	Průtok překročený 355 dní v roce
SPI	Standardized Precipitation Index
TTP	Trvalý travní porost
ÚSES	Územní systém ekologické stability
VD	Vodní dílo
VÚV	Výzkumný ústav vodohospodářský
ZPF	Zemědělský půdní fond

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obr. 1 Chronologie záznamů o suchu ve škále (-1: mírné, -2: významné, -3: velmi významné, -4: katastrofální) (Brázdil a Trnka, 2017).....	14
Obr. 2 Proces rozvoje sucha (MZe a MŽP, 2017).....	14
Obr. 3 Oblasti dle Langova dešťového faktoru (Atlas podnebí Česka, 2007).....	17
Obr. 4 Graf globálních průměrných měsíčních teplot (1880 – 2020) (NASA, 2020)	20
Obr. 5 Odchylna průměrné roční teploty vzduchu v roce 2019 od.....	21
Obr. 6 Úhrn srážek v roce 2019 v procentech normálu 1981 – 2010.....	22
Obr. 7 Příklad postupného napřimování a zkracování koryta řeky Moravy mezi Napajedly a Veselím nad Moravou (Čermák et al., 2002).....	23
Obr. 8 Záběry z termokamery: les a pole s kukuřicí (Kravčík et al., 2011).....	25
Obr. 9 Podíl zemědělských pozemků v ČR k 31. 12. 2019 (ČÚZK, 2020).....	27
Obr. 10 Vývoj orné půdy, zemědělských a lesních pozemků v ČR (ha).....	27
Obr. 11 Letecký záběr pořízený termokamerou (Pokorný, 2019).....	29
Obr. 12 Popraskaná půda.....	31
Obr. 13 Výstup z projektu Intersucho (Zdroj: www.intersucho.cz, 2020).....	32
Obr. 14 Celkové odběry vody jednotlivými sektory v ČR.....	36
Obr. 15 Celkové odběry vody zemědělského sektoru v ČR.....	37
Obr. 16 Mapa katastrálního území města s vyznačením vodních toků (vlastní zpracování).....	50
Obr. 17 Průběh průměrné roční teploty vzduchu ve Zlínském kraji za období.....	59
Obr. 18 Průběh ročního úhrnu srážek ve Zlínském kraji za období.....	60
Obr. 19 Průběh Langova dešťového faktoru pro území Zlínského kraje (zdroj dat: ČHMÚ).....	61
Obr. 20 Průtok na Luhačovickém potoce v hlásném profilu LG Polichno.....	63
Obr. 21 Průtok v hlásném profilu LG Polichno – sucho, trend (zdroj dat: Povodí Moravy s. p.).....	63
Obr. 22 Výška hladiny na vodním díle Luhačovice (zdroj dat: Povodí Moravy s. p.).....	65
Obr. 23 Průtok na Luhačovickém potoce v hlásném profilu VD Luhačovice přítok.....	65
Obr. 24 Průtok v hlásném profilu VD Luhačovice přítok – trend.....	66
Obr. 25 Průtok na Luhačovickém potoce v hlásném profilu VD Luhačovice přítok – sucho (zdroj dat: Povodí Moravy s. p.).....	66

Obr. 26 Počet dnů s průtokem $Q_{355}$ a nižším v daném roce v hlásném profilu .....	66
Obr. 27 Manipulační objekt VD Ludkovice (foto: L. Kužela) .....	68
Obr. 28 Výška hladiny na vodním díle Ludkovice (zdroj dat: Povodí Moravy s. p.)	68
Obr. 29 Průtok na Ludkovickém potoce v hlásném profilu VD Ludkovice přítok ....	69
Obr. 30 Průtok na Ludkovickém potoce v hlásném profilu VD Ludkovice přítok ....	69
Obr. 31 Průtok na Ludkovickém potoce v hlásném profilu VD Ludkovice přítok ....	70
Obr. 32 Počet dnů s průtokem $Q_{355}$ a nižším v daném roce v hlásném profilu .....	70
Obr. 33 Monitorovací stanice VD Ludkovice – přítok (foto: L. Kužela).....	71
Obr. 34 Nadzemní těleso měrného vrtu VB0186 Biskupice (foto: L. Kužela) .....	72
Obr. 35 Stav hladiny podzemní vody ve vrtu Biskupice v letech 1981 – 2019.....	72
Obr. 36 Zastoupení zdrojů na celkovém čerpaném množství v letech 2007 – 2016 ..	74
Obr. 37 Průtok na vybraných zdrojích luhačovické zřidelní struktury.....	76
Obr. 38 Stav hladiny na vybraných zdrojích luhačovické zřidelní struktury .....	76
Obr. 39 Průtok na zdroji Nový Jubilejní (zdroj dat: Lázně Luhačovice a.s.) .....	77
Obr. 40 Stav hladiny na zdroji Nový Jubilejní (zdroj dat: Lázně Luhačovice a.s.)....	77
Obr. 41 Úroveň hladiny ve vrtu Jubilejní (zdroj dat: Lázně Luhačovice a.s.).....	78
Obr. 42 Vývoj spotřeby pitné vody v Luhačovicích v letech 2005 – 2019 .....	79
Obr. 43 Letecký záběr Luhačovic od SZ (zdroj: <a href="http://www.aeroklubluhacovice.cz">www.aeroklubluhacovice.cz</a> ).....	80
Obr. 44 Využití pozemků v obci Luhačovice (zdroj: ČSÚ, 2018) .....	81
Obr. 45 SWOT analýza oblasti z pohledu sucha (vlastní zpracování) .....	83
Obr. 46 Trojúhelníkový diagram (Zdroj: IPCC, přeloženo).....	84
Obr. 47 Zasadovací nádrž umístěná pod parkovištěm v Otrokovicích ( <a href="http://www.pocitamesvodou.cz">www.pocitamesvodou.cz</a> ).....	89
Obr. 48 Zasadovací průleh v univerzitním kampusu Brno-Bohunice ( <a href="http://www.pocitamesvodou.cz">www.pocitamesvodou.cz</a> ).....	89
Obr. 49 Propustné betonové polovegetační tvárnice ( <a href="http://www.pocitamesvodou.cz">www.pocitamesvodou.cz</a> ) .....	89
Obr. 50 Vizualizace návrhu přírodě blízkého protipovodňového opatření – revitalizace Moravy u Moravičan (zdroj: Sweco - Hydroproject a.s., 2013) .....	97
Obr. 51 Mapa umístění navrhované nádrže Oborka (autor: L. Kužela) .....	99
Obr. 52 Lokalita pro vybudování vodní nádrže Oborka (autor: L. Kužela) .....	99
Obr. 53 Rozdělení průměrné potřeby vody v domácnosti (Bartoník et al., 2012)....	105

**SEZNAM TABULEK**

Tab. 1 Rozdělení klastických sedimentů (Kukal, 1985).....	55
Tab. 2 Charakteristika podoblasti MT9 (Quitt, 1971) .....	56
Tab. 3 Průměrná teplota vzduchu v podoblasti MT9 (Quitt, 1971).....	57
Tab. 4 Rozdělení území podle hodnot Langova dešťového faktoru (Quitt, 1971).....	61
Tab. 5 Charakteristika měrné stanice LG Polichno (zdroj: <a href="http://www.pmo.cz">www.pmo.cz</a> ).....	62
Tab. 6 Využití pozemků v obci Luhačovice (zdroj: ČSÚ, 2018) .....	81
Tab. 7 Zdůvodnění potřeby výstavby VD Vlachovice (PRVKZL, 2007) .....	102

## **SEZNAM PŘÍLOH**

**Příloha P I: Přírodní léčebné zdroje Luhačovické zřídelní struktury – základní mapa**

# PŘÍLOHA P I: PŘÍRODNÍ LÉČEBNÉ ZDROJE LUHAČOVICKÉ ZŘÍDELNÍ STRUKTURY – ZÁKLADNÍ MAPA

