

Variabilita bilance srážek a potenciální evapotranspirace v průběhu let 1961–2017

Variability of precipitation and potential evapotranspiration
balance during the years 1961–2017

Rostislav Fiala, Filip Chuchma

Český hydrometeorologický ústav, pobočka Brno

Abstrakt

Článek se zabývá analýzou variability měsíčních hodnot základní vláhové bilance ve vybraných oblastech České republiky za období 1961 až 2017. Podkladem jsou měsíční hodnoty z 90 stanic ČHMÚ, které reprezentují 8 relativně homogenních hospodářských oblastí. K objasnění variability hodnot v čase jsou využity průměrné měsíční hodnoty, variabilita, hodnocení trendu vč. statistické významnosti a směrodatná odchylka a to za celé období, jednotlivé dekády a klimatologická normálová období. Analýza ukázala velkou variabilitu prostorovou i časovou. Nejvyšší deficit srážek panuje na Jižní Moravě a naopak nejnižší na sousední Vysočině, nejvyšší variabilita hodnot vláhové bilance je v letních měsících a nejnižší v zimním období. Vláhová bilance se snižuje v jarních měsících v různé míře ve všech zkoumaných oblastech.

Klíčová slova: základní vláhová bilance, variabilita, trend, sucho

Abstract

The article deals with the analysis of the variability of monthly values of the basic water balance in selected regions of the Czech Republic for the period 1961 to 2017. The basis is the monthly values from 90 meteorological stations representing 8 relatively homogeneous agricultural areas. In order to clarify the variability of values over time, we use the average monthly values, variability, trend evaluation including statistical significance and standard deviation for the whole period, decades and climatological normal periods. The analysis showed spatial and temporal variability. The highest precipitation deficit is in South Moravia and the lowest in neighbouring Vysočina, the highest variability is in the summer months and the lowest in the winter period. Water balance decreases in the spring months to varying degrees in all areas surveyed.

Keywords: basic water balance, variability, trend, drought

Úvod

Základní vláhová bilance jako rozdíl srážek a potenciální evapotranspirace charakterizuje vláhové poměry v krajině za určitý časový interval a je tak využitelná pro hodnocení vlivu počasí a klimatu na vláhové poměry v prostoru a čase. Evapotranspirace ve své potenciální podobě je prakticky shodná s maximálně možnými hodnotami výparu při optimálních vláhových podmínkách. V podstatě tak vyjadřuje pouze vliv klimatických podmínek na výpar při současném potlačení všech ostatních činitelů, které výpar ovlivňují (zejména aktuální půdní vlhkost). Srážky oproti výparu reprezentují pozitivní složku vztahu a jejich působením vláhová bilance roste. Základní (klimatická) vláhová bilance je tak jednou z charakteristik poukazující na pravděpodobnost možného výskytu sucha nebo povodní. Dynamika vývoje vláhových podmínek v průběhu roku je dále důležitá například pro plánování v oblasti rostlinné produkce. Na nedostatek vody rostlina reaguje velmi citlivě ve fázi vzházení, odnožování, sloupkování, diferenciaci pohlavních orgánů a v období, kdy je růst vegetativních orgánů nejintenzivnější (Hnilička a Hniličková, 2012). U obilnin je kritické zejména období kvetení a nalévání zrn, dále i odnožování, které rozhoduje o počtu klasů a založení sekundárních kořenů (Haberle a kol., 2008). Časné sucho snižuje počet odnoží, počet zrn v klasech, zatímco sucho pozdní způsobuje stárnutí listů a negativně ovlivňuje velikost zrn (Lawlor a kol., 1981). Stanovení začátku a konce sucha je velmi obtížné a vyžaduje řadu meteorologických, ale také hydrologických proměnných. Efekty působení sucha mají kumulativní charakter, přičemž velikost intenzity sucha se zvyšuje s každým dalším dnem. Důsledky sucha mohou přetrvat i několik let poté, co je opět dosaženo normálních srážkových poměrů (Blinka, 2004).

Dynamiku výskytu sucha a povodní dokazuje například hydrologická situace jižních Čech v první polovině června roku 2018. Po suchém začátku roku následovala intenzivní srážková činnost, která místy znamenala přechodný vzestup hladin vodních toků na 1. až 3. stupně povodňové aktivity. Několik míst České republiky se také na přelomu května a června potýkalo s lokálními záplavami, zatímco ke konci měsíce dubna trpěly suchem v několika formách. V současné době se setkáváme s čím dál výraznějšími výkyvy chodu meteorologických prvků. Příkladem může být poslední zima a počátek roku, kdy se ve srovnání s normálem 1981–2010 setkáváme s citelnými teplotními i srážkovými extrémy. Těmi byly zejména teplotně nadprůměrný a srážkově podprůměrný prosinec a duben (+1,7 a +4,8 °C), dále mrazivý avšak suchý únor i březen (-2,6 a -2,1 °C, 37 a 64 % srážek) a teplotně nadnormální (+3,8 °C) ale srážkově normální (109 %) leden. Přes normální lednové

úhrny právě vysoká teplota hrála ve vláhové bilanci negativní roli. Variabilita vláhových poměrů je tak značná.

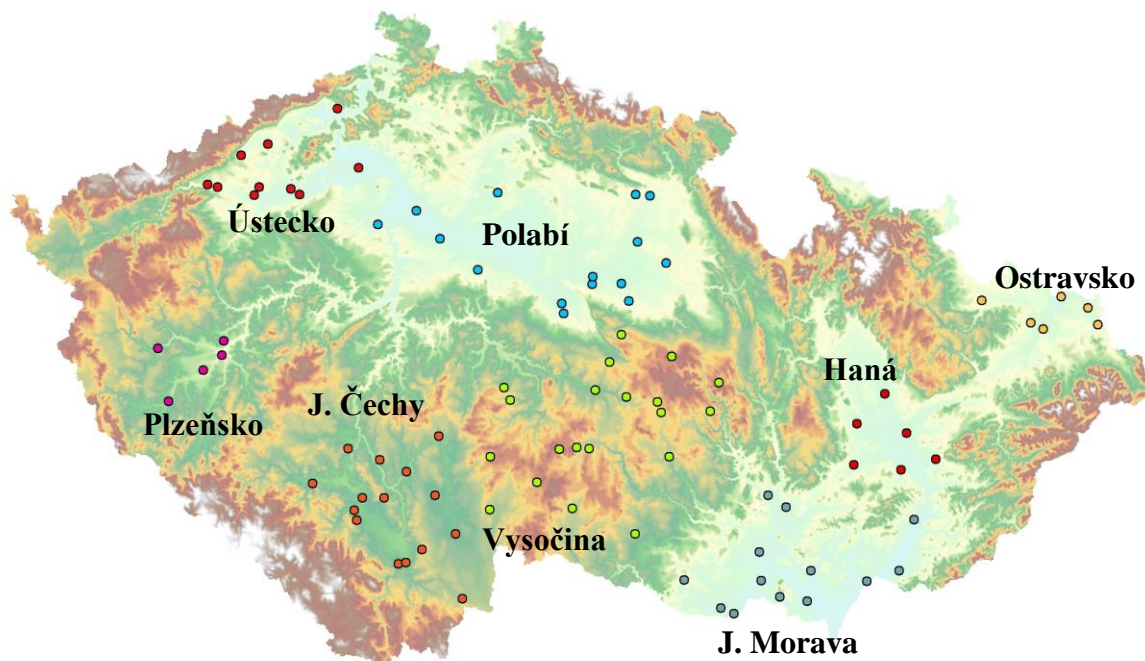
Materiál a metody

Základními podklady pro výpočet základní vláhové bilance jsou data úhrnů srážek a potenciální evapotranspirace travního porostu vypočtena modelem AVISO, obojí v denním kroku pro vybrané klimatologické stanice z uceleného souboru tzv. technických řad. Jedná se o datové řady kontinuálně vytvářené v ročním kroku na ČHMÚ Brno, kdy tyto časové řady prošly kontrolou kvality dat, procesem homogenizace a interpolačními metodami byly doplněny případné chybějící údaje v denním kroku (Štěpánek, 2007). Stanice díky homogenizaci charakterizují širší okolí a jsou pro celé období zpracování (57 let) kompletní. Předkládané vyhodnocení vláhových poměrů se soustředí na 8 relativně homogenních hospodářských oblastí České republiky, bez extrémních partií: Ústecko, Plzeňsko, Polabí, Jižní Čechy, Vysočinu, Jižní Moravu, Hanou a Ostravsko. Dané oblasti jsou zastoupeny vybranými 90 technickými stanicemi, pro něž existují vstupní data pro období 1961 až 2017. Pro zjednodušení zpracování bylo provedeno zprůměrování staničních dat pro jednotlivé oblasti.

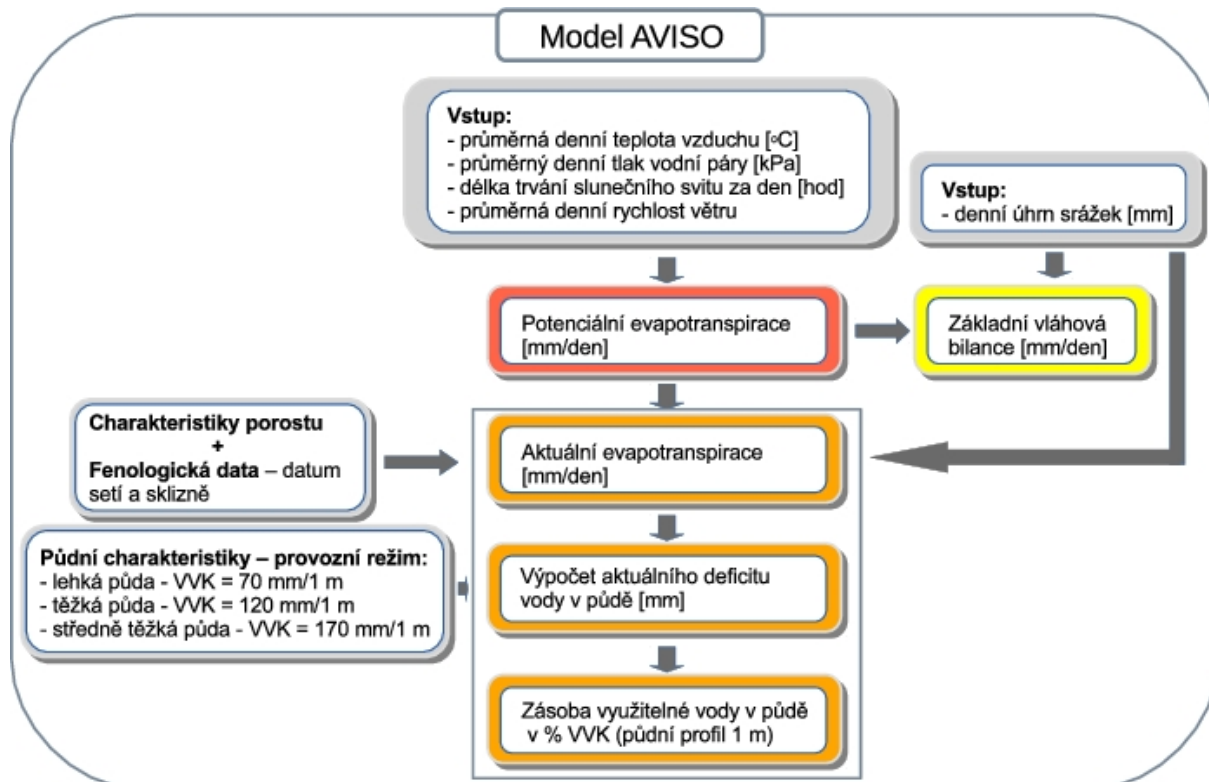
Agrometeorologický model AVISO („Agrometeorologická výpočetní a informační soustava“) vznikl přibližně před 25 lety na brněnské pobočce Českého hydrometeorologického ústavu (Kohut, 2007). Byl vyvinut dle anglického výpočetního modelu MORECS (“The Meteorological Office Rainfall and Evaporation Calculation System“), verze I. a II. (Hough a kol., 1997; Hough a Jones, 1997). Algoritmus modelu AVISO vychází z metodiky Penman-Monteith (výpočet evapotranspirace), navíc ale v sobě zahrnuje i některé prvky či postupy, které nejsou součástí základní a obecně používané rovnice pro výpočet potenciální evapotranspirace standardního travního porostu. Proto je lépe v tomto případě hovořit o evapotranspiraci travního porostu, počítané pomocí modifikované metody Penman-Monteith. Hodnoty evapotranspirace vypočtené modifikovanou metodou se částečně budou blížit hodnotám aktuálním a budou poněkud nižší než hodnoty potenciální. Z toho mimo jiné vyplývá, že např. výsledná základní vláhová bilance (potenciální, klimatická bilance) je poněkud na vyšší úrovni než za předpokladu základní vláhové bilance. Při zpracování dat je však metoda pro všechny stanice a období totožná, tedy výsledky jsou srovnatelné a neztrácí vypovídající hodnoty.

Základem pro zpracování jsou průměrné měsíční hodnoty rozdílu srážek a pot. evapotranspirace pro vybrané oblasti. Pro měsíce, sezóny, roky, desetileté a třicetileté periody byly vypočteny průměrné hodnoty, směrodatné odchylky, koeficient variance a lineární trend čteně statistické významnosti trendu.

Změny a průběhy daných charakteristik jsou zobrazeny tabelárně a v grafech pro vybraná období a území.



Obr. 1: Mapa oblastí a použitých stanic



Obr. 2: Schéma modelu AVISO

Výsledky

Vláhovou bilanci můžeme chápat jako komplexní agroklimatickou charakteristiku, neboť v sobě zahrnuje výpočet potenciální evapotranspirace, kterou porovnává se srážkami. Kombinuje v sobě ve zjednodušené formě jak příjmovou, tak výdejovou složku (bez započítání odtoku) oběhu vody. Intenzita evapotranspirace, tj. rychlost ztráty vody výparem z povrchu a z rostliny v ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$), se stanoví na základě celé řady dalších veličin: průměrná teplota vzduchu ve 2 m, tlak vodní páry (jako charakteristiky vyjadřující vlhkost vzduchu), rychlost větru a trvání slunečního svitu. V podstatě nám vyjadřuje vliv klimatických podmínek na bilanci a taktéž na výpar, při současném potlačení všech ostatních činitelů, které výpar ovlivňují (půdní vlhkost apod.)

Území ČR je z hlediska dlouhodobých hodnot vláhové bilance velmi rozdílné. V rámci vybraných zemědělsky využívaných oblastí lze ovšem najít některé podobné rysy. V tabulce 1 jsou pro hodnocené oblasti uvedeny extrémní a průměrné územní měsíční hodnoty s údajem o období, kdy byly tyto extrémy dosaženy v uplynulých 57 letech.

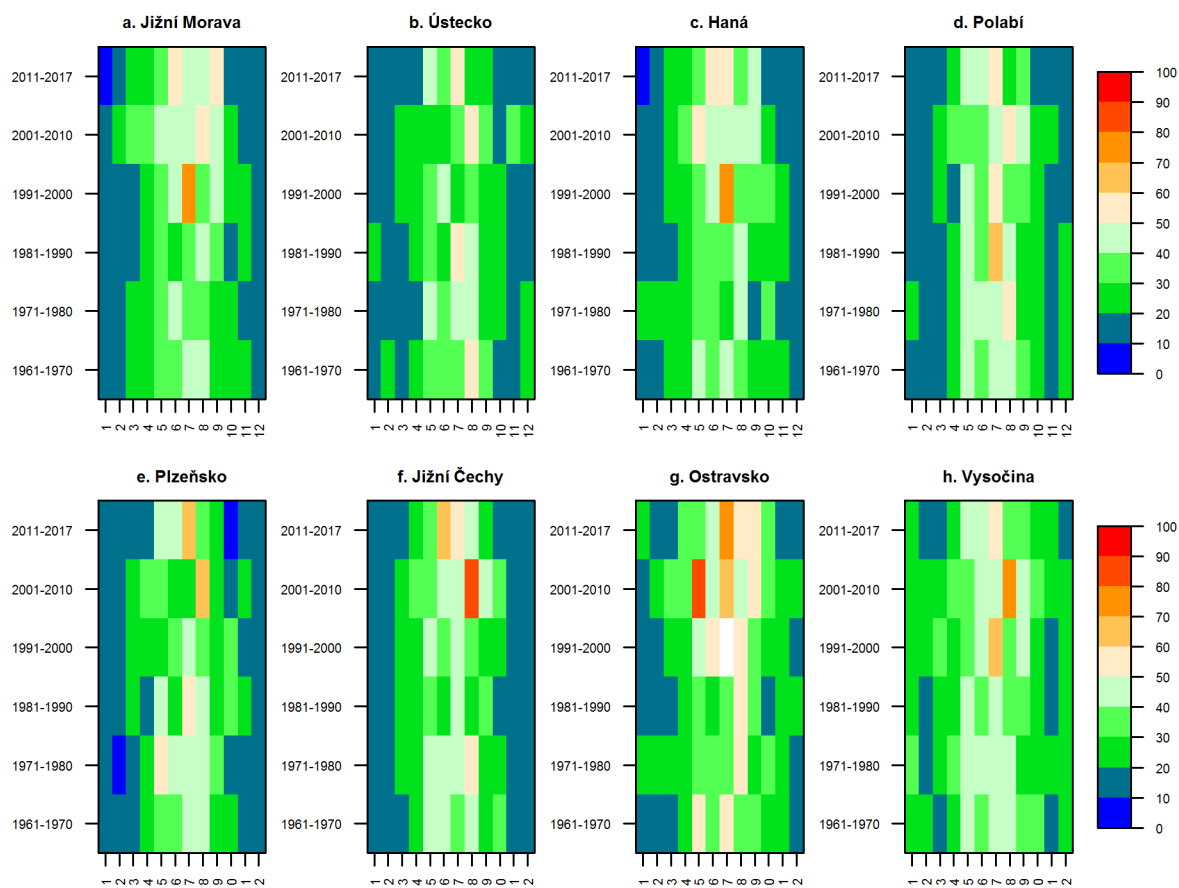
Tabulka 1. Minimální, průměrné a maximální hodnoty měsíční vláhové bilance

Území	Minimum	Průměr	Maximum	Měsíc minima	Měsíc maxima
Jižní Morava	-119,7	-12,1	134,4	7 / 2013	7 / 1997
Ústecko	-103,1	-3,3	139,1	7 / 1971	8 / 1970
Haná	-118,5	-0,4	157,7	7 / 2013	7 / 1997
Polabí	-109,7	2,0	122,2	7 / 2015	7 / 1997
Plzeňsko	-90,7	7,8	167,0	7 / 2015	8 / 2002
Jižní Čechy	-90,7	9,9	220,8	7 / 2015	8 / 2002
Ostravsko	-107,8	11,5	258,0	7 / 2006	7 / 1997
Vysočina	-85,6	13,3	142,5	7 / 1983	7 / 1997

Výskyt nejvyšších měsíčních hodnot koresponduje s ničivými povodněmi na Moravě v roce 1997 a v Čechách v roce 2002. Naopak minimální hodnoty v letech 2013 a 2015 poukazují na opačný extrém výskytu velmi suchých epizod opět v nedávných letech. Výjimku tvoří hodnoty extrémů na Ústecku v po sobě jdoucích letech 1970 a 1971 a minima na Vysočině a Ostravsku v letech 1983 a 2006.

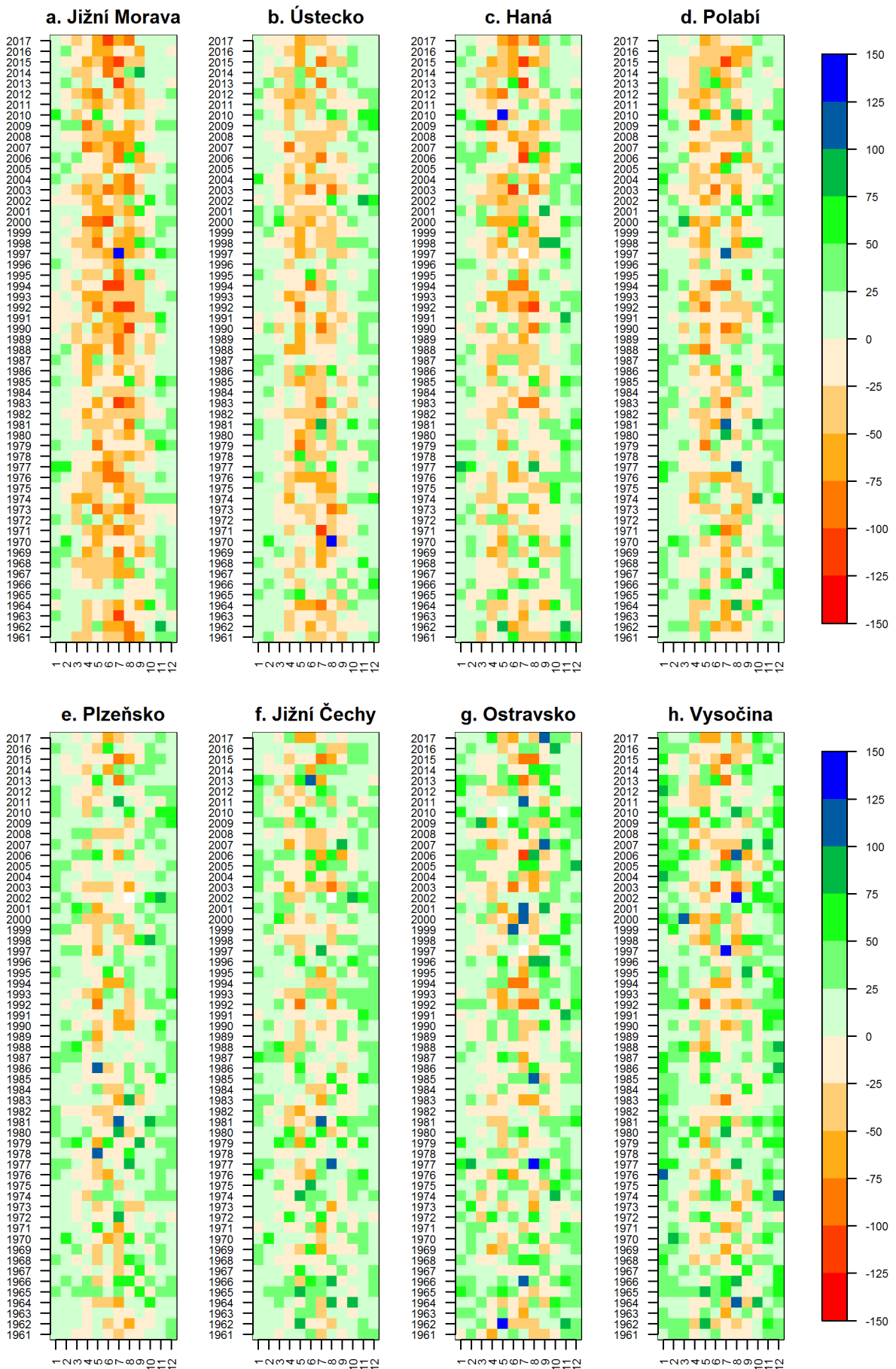
Z obrázku 3 a 4 je patrné, že logicky nejnižší průměrné měsíční hodnoty vláhové bilance jsou v teplých oblastech Jižní Moravy, Hané a v Polabí, ale také na Ústecku. Obrázek 4 vyobrazuje snižování hodnot bilance při srovnání jednotlivých dekád období 1961–2017 směrem k současnosti. Nejvíce patrné je to na Hané, v Polabí, ale také např. zhruba od 90. let na

Vysočině. S tím je nutné zmínit i výrazný nárůst měsíčních hodnot směrodatné odchylky od roku 2000 ve všech hodnocených oblastech, ukazující na rostoucí meziroční variabilitu u měsíčních hodnot a zvyšující se extrémy ve výskytu teplot a srážek (Obr. 3). Nejvíce patrný nárůst je v teplém půlroce na Jižní Moravě, na Hané, na Ostravsku a také na Vysočině. V zimním období pak zůstávají hodnoty směrodatné odchylky v jednotlivých dekádách podobné. Nejvyšší variabilita hodnot vláhové bilance je v letních měsících a nejnižší v zimním období. V zimním období panuje vyšší variabilita oproti ostatním oblastem na Vysočině.



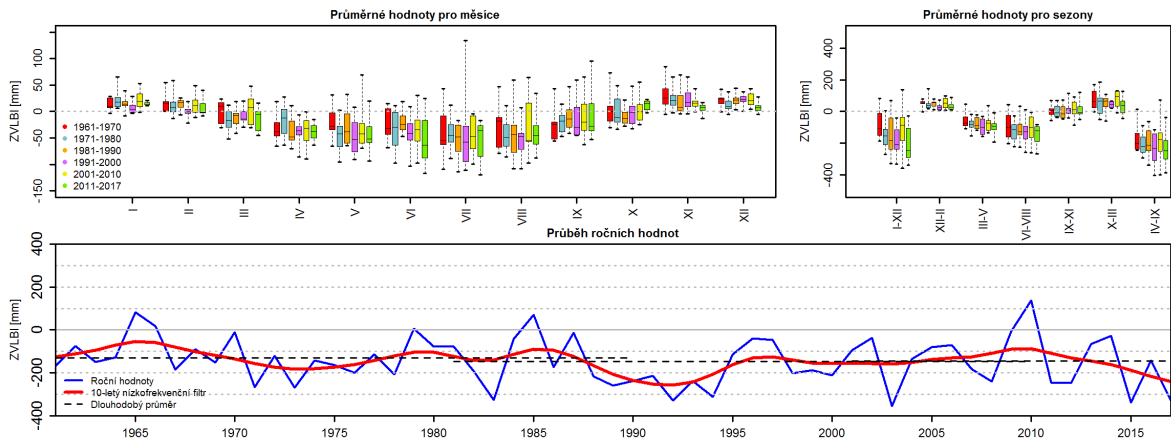
Obr. 3: Měsíční hodnoty směrodatné odchylky základní vláhové bilance pro dekády

Z hodnocení výsledků průměrných měsíčních úhrnů vláhové bilance v jednotlivých letech (Obr. 4) je možno poukázat na zvyšování koncentrace měsíců s nižšími hodnotami směrem k současnosti s častějším výskytem výrazně negativních měsíčních hodnot. Patrný je také dřívější výskyt měsíců s negativními hodnotami vláhové bilance směrem k začátku roku, hlavně v oblasti Jižní Moravy, Polabí a na Ústecku, což potvrzuje zaznamenaný trend vyšších teplot už v období brzkého jara s nedostatkem srážek.

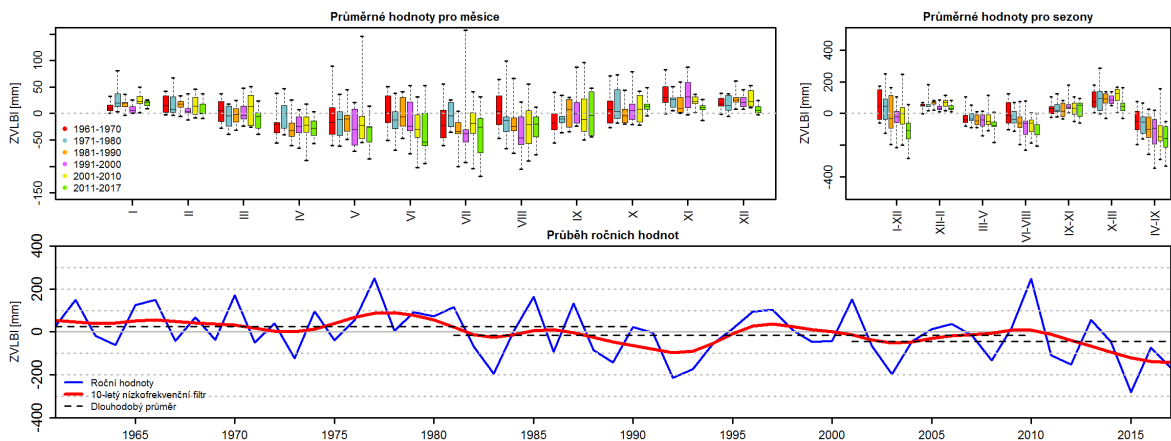


Obr. 4: Měsíční hodnoty základní vláhové bilance pro jednotlivé roky

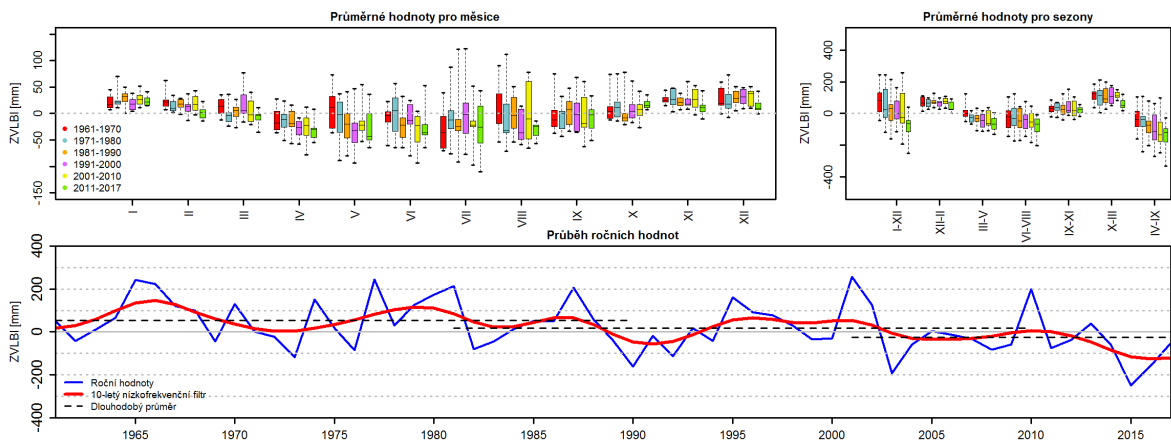
Jižní Morava



Haná



Polabí



Obr. 5: Úhrny základní vláhové bilance na Jižní Moravě, Haná a v Polabí pro období 1961–1970, 1971–1980, 1981–1990, 1991–2000, 2001–2010 a 2011–2017 (nahore) a časový průběh ročních úhrnů základní vláhové bilance za období 1961–2017 (dole)

Z grafů chodu ročních hodnot vláhové bilance (Obr. 5) je patrný kontinuální pokles průměrných dlouhodobých hodnot v období 1961–2017 v oblastech Haná, Polabí a Vysočina. Na Jižní Moravě, v Jižních Čechách a na Ústecku došlo ke snížení dlouhodobé průměrné hodnoty v období 1981–2010, ale v posledních 17 letech už pokles není v grafu patrný. Na Ostravsku a Plzeňsku naopak v období 2001–2017 došlo k mírnému navýšení hodnoty

průměrné roční vláhové bilance. Z hlediska dopadů na krajinu má ovšem větší vliv výskyt negativní vláhové bilance v měsících případně sezónách. Nejvyšší variabilitu mají měsíční hodnoty vláhové bilance logicky v letních měsících, což je důsledek výskytu vysokých srážkových úhrnů během bouřek (Obr. 5). Z hlediska negativního vlivu na zemědělskou výrobu a na sucho v krajině je nutno poukázat na snižující se hodnoty vláhové bilance v jarních měsících a to v různé míře ve všech zkoumaných oblastech. Velmi dobře je to patrné v Jižních Čechách a Polabí. Měsíc květen také vykazuje u všech oblastí vysokou míru variability u všech hodnocených desetiletí. Velmi výrazný je pokles hodnot vláhové bilance v letních měsících na Hané, v Polabí a od roku 2001 i v oblasti Vysočiny. Podobně hovoří výsledky v období od roku 2001–2017 i pro měsíc červen, kde je zaznamenán výrazný pokles hodnot vláhové bilance vyjma oblasti Plzeňska a Ústecka. Výskyt nízkých hodnot vláhové bilance v důsledku nedostatku srážek a nadnormálních teplot počátkem a během vegetačního období sebou mimo jiné nese výrazné negativní dopady na zemědělskou výrobu a zásoby vody v krajině.

Pro lokalizaci a upřesnění případných statisticky významných změn v hodnotách vláhové bilance v období 1961–2017 bylo provedeno vyhodnocení lineárního trendu. Přítomnost statisticky významných hodnot byla zjišťována u všech oblastí jak pro období třicetiletí 1961–1990 a 1981–2010, tak také pro období posledních 17 let a celé hodnocené období 1961–2017 (Tabulka 2.). Nejméně statisticky významných hodnot trendu v časových řadách vláhové bilance bylo identifikováno pro oblasti Plzeňska a Ústecka. Nicméně v obou oblastech byl zaznamenán negativní trend v období 1961–2017 v měsících únor až duben. V posledních 17 letech pak byl na Plzeňsku zaznamenán výrazný trend poklesu ročních hodnot vláhové bilance o 16,23 mm/10 let a také pokles hodnot v chladném půlroce o 7,51 mm/10 let. Na Ústecku je v období 2001–2017 mimo jiné statisticky významný trend nárůstu hodnot v červnu a říjnu a u sezón byl zjištěn negativní trend v chladném půlroce (2,27 mm/10 let). Co se týká zaznamenaných statisticky významných hodnot trendu u sezón na Jižní Moravě za období 1961–2017, zde dochází k snižování hodnot vláhové bilance na jaře a v létě a také v ročních hodnotách. Podobná situace vychází ve výsledcích i v oblasti Vysočiny, Hané a v Jižních Čechách. V Polabí je pak negativní trend přítomen vyjma podzimu u všech hodnocených sezón, kdy hodnota trendu u ročních hodnot je -7,27 mm/10 let. V posledním období 2001–2017 platí pro roční hodnoty vláhové bilance statisticky významný pokles ve všech zkoumaných oblastech mimo oblast Ústecka a Ostravska. Pro Jižní Čechy a Polabí je v tomto období statisticky významný trend poklesu u všech sezón s výjimkou jara a na Hané byl zjištěn statisticky významný trend poklesu u ročních hodnot 13,63 mm/10 let. Na Ústecku, Ostravsku a na Vysočině byl v hodnoceném 57letém období zjištěn statisticky

významný pozitivní trend v podzimních měsících. V období 2001–2017 byl pak u všech oblastí s výjimkou Plzeňska zaznamenán negativní trend v prosinci, kdy konkrétně na Ostravsku se jedná o pokles hodnot o 3,18 mm/10 let.

Tabulka 2. Lineární trendy úhrnů základní vláhové bilance

Jižní Morava																			
období	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	rok	zima	jaro	léto	podzim	X - III	IV - IX
1961 - 2017	0	-0,08	0,03	-0,21	-0,24	-0,28	-0,11	0	0,32	0,09	-0,25	-0,05	-0,78	-0,09	-0,42	-0,39	0,16	-0,19	-0,52
1961 - 1990	0,02	0,05	-0,33	-0,07	-0,71	0,26	-0,36	-0,24	0,56	-0,57	-0,34	-0,03	-1,77	0,15	-1,11	-0,34	-0,36	-1,04	-0,56
1981 - 2010	0,25	0,06	0,5	-0,03	-0,04	-0,22	0,46	0,6	0,06	0,26	0,03	-0,04	1,88	0,32	0,43	0,84	0,34	0,95	0,83
2001 - 2017	-0,08	0,19	-1,16	-0,13	0,52	-1,51	-0,49	-0,51	0,05	0,25	-0,35	-1,19	-4,41	-1,16	-0,77	-2,52	-0,05	-2,48	-2,08
Ústecko																			
období	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	rok	zima	jaro	léto	podzim	X - III	IV - IX
1961 - 2017	-0,02	-0,29	-0,24	-0,39	-0,19	-0,07	0,3	-0,01	0,1	0,23	0,07	0	-0,5	-0,25	-0,82	0,22	0,41	-0,16	-0,26
1961 - 1990	0,1	-0,15	-0,36	-0,21	-0,9	-0,13	0,39	0,45	0,27	-0,07	0,13	-0,09	-0,58	0,05	-1,47	0,71	0,32	-0,24	-0,14
1981 - 2010	-0,08	-0,1	-0,09	-0,63	0,55	-0,07	0,11	-0,22	0,24	0,19	0,49	0,29	0,67	-0,05	-0,17	-0,19	0,92	0,43	-0,03
2001 - 2017	-0,04	-0,89	-0,71	0,42	-1,07	2	-0,77	0,08	0,53	1,42	-1,16	-1,13	-1,33	-1,38	-1,36	1,31	0,78	-2,27	1,19
Haná																			
období	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	rok	zima	jaro	léto	podzim	X - III	IV - IX
1961 - 2017	0,1	-0,18	0	-0,5	-0,69	-1,02	-0,69	-1,01	0,62	0,03	-0,43	-0,1	-3,88	-0,08	-1,2	-2,72	0,22	-0,41	-3,3
1961 - 1990	0,38	0,16	-0,63	-0,43	-1,18	0,1	-1,32	-1,42	1,56	-0,94	-1	0,5	-4,21	1,3	-2,24	-2,64	-0,38	-1	-2,68
1981 - 2010	0,54	0,1	0,83	0,09	0,63	-1,4	1,14	0,03	-0,12	0,39	0,49	-0,43	2,3	0,24	1,55	-0,22	0,76	1,83	0,38
2001 - 2017	-0,45	0,23	-2,34	-0,55	0,38	-1,91	-3,51	-0,75	-0,8	-0,13	-1,03	-2,8	-13,63	-3,06	-2,5	-6,17	-1,95	-7,8	-7,12
Jižní Čechy																			
období	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	rok	zima	jaro	léto	podzim	X - III	IV - IX
1961 - 2017	0,15	-0,16	-0,04	-0,32	-0,26	-0,35	0,08	-0,12	-0,02	0,09	-0,05	-0,04	-1,04	0	-0,62	-0,39	0,01	0,04	-0,99
1961 - 1990	0,23	0,06	0,03	-0,29	-0,91	-0,83	0,39	-0,38	0,23	-0,38	0,06	0,06	-1,74	0,47	-1,17	-0,82	-0,09	0,26	-1,8
1981 - 2010	0,06	-0,04	0,16	-0,21	0,19	0,36	-0,11	0,51	-0,06	0,3	-0,02	-0,15	0,99	-0,11	0,14	0,76	0,22	0,34	0,67
2001 - 2017	0,15	-0,43	-1,15	0,31	0,82	-0,94	-0,07	-2,45	-0,78	-0,01	-0,38	-0,77	-5,69	-0,82	-0,01	-3,46	-1,17	-2,6	-3,11
Polabí																			
období	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	rok	zima	jaro	léto	podzim	X - III	IV - IX
1961 - 2017	0,02	-0,17	-0,1	-0,28	-0,43	-0,31	0,09	-0,35	-0,02	0,02	-0,11	-0,04	-1,69	-0,15	-0,81	-0,57	-0,11	-0,33	-1,29
1961 - 1990	0,18	-0,14	-0,25	0,12	-1,24	-0,37	0,35	-0,17	0,36	-0,34	-0,06	0,14	-1,41	0,31	-1,37	-0,18	-0,04	-0,18	-0,94
1981 - 2010	-0,04	0,06	-0,01	-0,45	0,11	-0,07	-0,11	-0,1	-0,21	0,06	0,07	-0,06	-0,75	-0,05	-0,35	-0,27	-0,09	0	-0,83
2001 - 2017	-0,32	-1,09	-0,45	-0,37	0,05	0,19	-1,36	-1,86	-0,65	0,69	-0,94	-1,15	-7,27	-2,16	-0,78	-3,03	-0,9	-3,05	-4
Ostravsko																			
období	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	rok	zima	jaro	léto	podzim	X - III	IV - IX
1961 - 2017	0,07	-0,26	0,05	-0,13	-0,35	-0,27	0,07	-0,7	1,03	0,37	-0,22	-0,27	-0,61	-0,3	-0,43	-0,9	1,18	-0,05	-0,35
1961 - 1990	-0,44	-1,22	-1,04	0,52	-1,9	0,32	-1,54	0,08	1,06	-1,35	-1,1	-0,06	-6,68	-1,37	-2,41	-1,15	-1,4	-4,35	-1,47
1981 - 2010	0,99	0,56	1,19	-0,31	1,9	-0,23	3,57	-0,41	1,34	1,31	0,99	-0,15	10,75	1,34	2,78	2,93	3,64	4,66	5,86
2001 - 2017	0,54	0,68	-0,93	1,68	3,3	-1,61	-3,73	-1,47	1,9	2,44	-0,3	-3,18	-0,67	-1,36	4,05	-6,82	4,05	-1,2	0,07
Plzeňsko																			
období	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	rok	zima	jaro	léto	podzim	X - III	IV - IX
1961 - 2017	0,08	-0,4	-0,28	-0,41	-0,19	-0,05	0	-0,15	-0,27	0,47	0,18	0,14	-0,88	-0,07	-0,89	-0,2	0,38	0,37	-1,08
1961 - 1990	0,3	0,32	-0,08	-0,35	-0,69	-0,67	0,7	0,76	-0,48	-0,09	0,43	0,27	0,4	1,35	-1,12	0,78	-0,14	1,4	-0,74
1981 - 2010	-0,04	0,01	0,45	0,31	0,89	0,97	0	-0,23	0,87	0,19	0,52	0,21	4,16	0,07	1,66	0,74	1,58	1,13	2,82
2001 - 2017	-1,31	-2,02	-3,11	-1,13	0,32	-0,92	-0,43	-5,11	-1,72	1,64	-1,03	-1,39	-16,23	-3,87	-3,92	-6,47	-1,12	-7,51	-9
Vysočina																			
období	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	rok	zima	jaro	léto	podzim	X - III	IV - IX
1961 - 2017	0,1	-0,06	0,05	-0,15	-0,28	-0,31	0,02	-0,19	0,11	0,09	-0,02	-0,02	-0,67	0,06	-0,37	-0,48	0,18	0,18	-0,8
1961 - 1990	0,23	-0,07	-0,14	0,19	-0,8	-0,33	0,05	-0,35	0,34	-0,29	0,04	0,2	-0,93	0,52	-0,75	-0,64	0,09	0,23	-0,91
1981 - 2010	-0,02	0,2	0,37	-0,34	0,02	-0,07	0,26	0,42	-0,01	0,19	0,2	-0,19	1,03	0	0,05	0,61	0,38	0,82	0,28
2001 - 2017	-0,06	-0,68	-0,45	0,26	-0,06	-0,11	-0,64	-1,77	-0,15	0,54	-0,52	-0,54	-4,18	-1,07	-0,25	-2,52	-0,14	-1,85	-2,48

Pozn: lineární trend: hodnota v mm/10let, údaje za období 1961–1990, 1981–2010, 2001–2017 a 1961–2017, barvou je označena statisticky významná hodnota na hladině 95 %, kladný trend modře, záporný oranžově.

I když u většiny oblastí a hodnocených období byl v měsíčních a sezónních hodnotách základní vláhové bilance prokázán statisticky významný trend, jeho hodnoty jsou ve většině případů nízké.

Diskuze

Hodnoty vláhové bilance v jednotlivých obdobích jsou určeny vztahem mezi srážkovými úhrny a hodnotami evapotranspirace jako výdejové složky bilance. Hodnoty evapotranspirace jsou dominantně ovlivňovány radiačními a teplotními podmínkami v oblastech. Období 1961–2010 bylo z hlediska teplotních poměrů analyzováno např. ve studii Žaluda a kol. (2013), která udává, že 10 z 12 měsíců vykazuje v posledních dvou dekádách vyšší průměrnou teplotu. S tím souvisí i nárůst hodnot evapotranspirace což se ve výsledku projevilo v poklesu hodnot vláhové bilance směrem k současnosti. S ohledem na výraznou variabilitu srážek je pak logické, že roste i variabilita vláhové bilance a to hlavně v teplém půlroce, což se v rámci výsledků ukazuje v nárůstech měsíčních hodnot směrodatné odchylky v jednotlivých desetiletích směrem k současnosti. Výrazně se to projevuje ve výsledcích v oblastech Ostravska a Jižních Čech.

Podle Šišky a Takáče (2008) povede nárůst teplot v podmínkách střední Evropy k prodloužení vegetační doby až o 21 dní do roku 2020 a o více než měsíc do roku 2050. Analýza dat ze Sítě mezinárodních fenologických zahrádek (IPG) za období 1969 – 1998 potvrdila posun průměrného počátku vegetační doby pro Evropu o 8 dnů dopředu. Pozorovaný trend se shoduje se změnami teplot vzduchu a je považován za důsledek globálního růstu teplot. Zvýšení průměrné teploty vzduchu za období od února do dubna o 1 °C způsobuje dřívější nástup vegetačního období o 7 dnů (Chmielewski a Rötzer, 2001). V hodnotách vláhové bilance je patrný projev tohoto jevu, kdy prokazatelně v průměru dochází ke snižování hodnot vláhové bilance již v brzkém jarním období, s tím, že je tento stav podmíněn nízkými úhrny srážek v daném období. Pozorovatelný je tento trend ve většině oblastí.

Výsledky Winklera a kol. (2013) poukazují na statisticky vysoce průkazný vliv srážek na zaplevelení. Nižší srážky zhoršují rozklad posklizňových zbytků a statkových hnojiv, a tím i podmínky pro setí plodin. Mohou však snížit infekční tlak houbových a bakteriálních patogenů. Naopak zpracování nadměrně vlhké půdy je hlavní příčinou jejího utužení.

Na skutečnost, že řadu problémů, souvisejících s různými agrotechnickými operacemi bude přinášet zvýšená variabilita srážek a nemožnost jejich dlouhodobé predikce, poukazují Pretel a kol. (2011). Predikované zvýšené meziroční kolísání srážkových úhrnů i jejich proměnlivost v rámci jednotlivých let i vegetačních období způsobují řadu problémů v plánování, výběru plodin, vhodných systémů zpracování půdy a hnojení, organizaci porostu, aplikaci regulátorů růstu a chemických prostředků a při výběru mechanizace. Z těchto důvodů je velmi důležitý poznatek, že prokazatelně dochází k poklesu hodnot vláhové bilance v jarních měsících. V oblastech s vyššími průměrnými teplotami jako jsou Jižní Morava, Haná, Jižní Čechy a Polabí je prokazatelný pokles hodnot vláhové bilance přítomen i v letním období. Podobný

stav platí v posledních letech i v oblasti Vysočiny, která se potýká s projevy zvyšujícího se působení dlouhodobého sucha a negativní projevy v krajině jako je např. usychání smrkových porostů, je zde dobře patrné.

Při hodnocení trendu je potřeba vzít v úvahu, že hodnoty vláhové bilance jsou počítány na základě srážkových úhrnů, kdy tyto nemají v dlouhodobém hledisku na území ČR statisticky prokazatelný trend. To způsobuje, že měsíční a sezónní hodnoty trendu u vláhové bilance jsou statisticky významné, ale jsou většinou relativně nízké. Vyšší hodnoty trendu je možné vysledovat převážně v posledním období 2001–2017. V tomto období můžeme hovořit celkově o sledování trendu poklesu hodnot vláhové bilance u většiny zemědělsky využívaných oblastí, s tím že je samozřejmě v datech přítomna velmi výrazná meziroční variabilita. Statisticky významný trend poklesu u ročních hodnot vláhové bilance a pak také u hodnot na jaře a v létě je možné sledovat v oblastech Jižní Morava, Haná, Jižní Čechy, Polabí a Vysočina. Zde je zřejmá souvislost s výrazným zvyšováním průměrných teplot vzduchu v tomto období, doprovázené variabilitou srážek s epizodami srážkového deficitu.

Závěr

Míra variability hodnot vláhové bilance je závislá na časovém rozložení evapotranspirace (období vyšších teplot) avšak významnou roli hraje prostorové a časové rozložení srážek. Z hlediska negativního vlivu na zemědělskou výrobu a na sucho v krajině je nutno poukázat na snižující se hodnoty vláhové bilance v jarních měsících a to v různé míře ve všech zkoumaných oblastech. Velmi dobře je to patrné v Jižních Čechách a Polabí. Měsíc květen také vykazuje u všech oblastí vysokou míru variability u všech hodnocených desetiletí. Obecně nejvyšší variabilita hodnot je v letních měsících a nejnižší v zimním období. Velmi výrazný je pokles hodnot vláhové bilance v letních měsících na Hané, v Polabí a od roku 2001 i v oblasti Vysočiny. Podobně hovoří výsledky v období 2001–2017 i pro měsíc červen, kde je zaznamenán výrazný trend v poklesu hodnot vláhové bilance vyjma oblasti Plzeňska a Ústecka.

Literatura

- BLINKA, P. (2004): Klimatologické hodnocení sucha a suchých období na území ČR v letech 1876–2003. In *Extrémy počasí a podnebí*, 11. března 2004, ČHMÚ Brno, 1–32.
- HABERLE, J. a kol (2008): Příčiny nepříznivého působení vlivu sucha a dalších abiotických faktorů na příjem a využití živin obilninami a možnosti jeho omezení. *Metodika pro praxi*. Praha: Výzkumný ústav rostlinné výroby, 28 s.
- HNILÍČKA, F., HNILÍČKOVÁ, H. (2012): Vodní režim polních plodin. In *Úroda*, 60 (8), 36–37.
- HOUGH, M., JONES, R. J. (1997): The United Kingdom Meteorological Office rainfall and evaporation calculation system: MORECS version 2.0 - an overview. *Hydrology and Earth System Sciences*, 1997, 1(2), 227-239 p.
- HOUGH, M. a kol. (1997): The Meteorological Office Rainfall and Evaporation Calculation System: MORECS version 2.0. Meteorological Office Bracknell, Meteorological Office Wolverhampton, Bracknell 1997, 82 p.
- CHMIELEWSKI, F. M., RÖTZER, T. (2001): Response of Tree Phenology to Climate Change Across Europe. In *Agricultural and Forest Meteorology*, 108 (2), 101–112.
- KOHUT, M. (2007): Vláhová bilance zemědělské krajiny. Disertační práce. Mendelova univerzita v Brně, Agronomická fakulta. Brno. 122 s.
- LAWLOR D. W. a kol. (1981): Growth of spring barley under drought: crop development, photosynthesis, dry-matter accumulation and nutrient content. In *The Journal of Agricultural Science*, 96. s. 167–186.
- PRETEL, J. a kol. (2011): Zpřesnění dosavadních odhadů dopadů klimatické změny v sektorech vodního hospodářství, zemědělství a lesnictví a návrhy adaptačních opatření. Technické shrnutí výsledků projektu VaV (MŽP, SP/1a6/108/07, 2007–2011), Praha: ČHMÚ, 67 s.
- ROŽNOVSKÝ, J. a kol. (2012): Sucho na území ČR a jeho dopady. Brno: Český hydrometeorologický ústav [online]. Brno. [cit. 2014-02-11]. Dostupné z: http://www.chmi.cz/files/portal/docs/katastrofy/26zasedani/Roznovsky_sucho_230412.pdf
- ŠTĚPÁNEK, P. (2007): ProClimDB – software for processing climatological datasets. CHMI, Regional office Brno [online]. Brno. [cit. 2009-01-23]. Dostupné z: <http://www.climahom.eu/ProcData.html>
- ŠIŠKA, B., TAKÁČ, J. (2008): Klimatická zmena a poľnohospodárstvo Slovenskej republiky: dosledky, adaptačné opatreni a možné riešenia. 1. vyd. Bratislava: Slovenská bioklimatologická spoločnosť, 66 s.

WINKLER a kol. (2013): Vliv srážek v jarním období na zaplevelení jarního ječmene. In Voda, půda a rostliny. Křtiny, 29.–30.5.2013, 47 s.

ŽALUD, Z. a kol. (2013): Trends in Temperature and Precipitation in the Period of 1961–2010 in Žabčice Locality. In Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 61, 1521–1531.

Poděkování

Príspevek byl vypracován s podporou projektu NAZV registrační číslo QJ1610072 a v rámci výzkumných aktivit dílčí koncepce rozvoje výzkumné organizace ČHMÚ.

Kontakt:

Ing. Rostislav Fiala

Český hydrometeorologický ústav

Kroftova 43

616 67 Brno

tel: 541 421 027

e-mail: rostislav.fiala@chmi.cz