

**ZÁKLADNÍ VLÁHOVÁ BILANCE,
UKAZATEL SUCHA NA ÚZEMÍ ČESKÉ REPUBLIKY**

Jaroslav Rožnovský, Filip Chuchma, Rostislav Fiala

Na brněnském pracovišti Českého hydrometeorologického ústavu v rámci výpočetního modelu AVISO v týdenním kroku vypočítáváme základní vláhovou bilanci pro travní porost, která je dána rozdílem mezi úhrny srážek a potenciální evapotranspirací. Výskyt mimořádného sucha je dán jednak nízkými úhrny srážek a delšími bezesrážkovými obdobími, ale také zvyšující se teplotou vzduchu. Z analýzy vybraných roků s výskytem mimořádného sucha vyplývá, že deficitní hodnoty vláhové bilance se projevují v jednotlivých letech rozdílně. Vliv na sucho v daném roce má negativní vláhová bilance v zimním či podzimním období předcházejícího roku. V průběhu léta mohou dosahovat hodnoty vláhové bilance i méně než minus 300 mm. Koncem vegetačního období dosahuje deficit i více jak minus 200 mm. Stále častější výskyty sucha vyžadují zvýšenou pozornost a hledání možností pro zvýšení retenční kapacity naší krajiny.

KLÍČOVÁ SLOVA: podnebí, půda, srážky, potenciální evapotranspirace

THE BASIC WATER BALANCE, A POINTER TO A DROUGHT ON THE TERRITORY OF THE CZECH.

The Brno branch office of the Czech Hydrometeorological Institute uses the AVISO model to calculate basic water balance in weekly steps for grassland, expressed by the difference between precipitation amount and potential evapotranspiration. The calculation uses daily values of sunshine duration, air temperature and humidity and wind speed. The basic assumption of extraordinary drought is low precipitation amount and longer periods without rain. Occurrence of exceptional drought is due to low rainfall amount as well as longer periods without rain, but also due to higher air temperatures. Analysis of selected years with exceptional drought shows that water balance deficits manifest themselves differently in each year. In the summer, the deficit can reach even less than negative 300 mm. By the end of vegetation period, the deficit can be more than 200 mm. The ever-increasing incidence of drought requires attention and search for ways of increasing the retention capacity of the landscape.

KEY WORDS: climate, soil, precipitation, potential evapotranspiration

Úvod

Zvyšující se dynamika podnebí na území České republiky dokládá jeho typickou proměnlivost. Roste počet extrémních projevů počasí, statisticky prokazatelně se zvyšují teploty vzduchu, ale srážky ne. Projevem změn jsou také výskyty častějších povodní i sucha, které se na našem území projevují nepravidelně. Změnám klimatu je přičítáno, že se vyskytují mimořádně vysoké úhrny srážek, které vyvolávají plošné povodně, jak tomu bylo v letech 1997, 2002 a díky rychlému tání vysoké sněhové pokrývky i v roce 2006. V roce 2010 byly zaznamenány vysoké srážkové úhrny a výskyt mnoha lokálních povodní z příválových dešťů. Ovšem

v posledních dvou desetiletích roste četnost stavů sucha, které jsou vyvolány nízkými úhrny srážek hlavně během teplého půlroku (duben až září) s trváním od několika týdnů až po několik měsíců. Výskyty mimořádného sucha takřka na celém území ČR jsme zaznamenali v letech 2000, 2003, 2012, 2015 a 2017. Na jižní Moravě také v roce 2007. Je nutné připomenout, že výskyty sucha jsou u nás nahodilé, a proto je velmi obtížné jejich výskyt předpovídat. Tímto se stávají o to škodlivější, protože přicházejí neočekávaně v různých ročních obdobích.

Údaje o srážkách jsou zaznamenávány na srážkoměrných stanicích Českého hydrometeorologického ústavu (dále jen ČHMÚ), v posledních letech převážně na auto-

matických stanicích. Průměrné úhrny srážek se z části liší podle období zpracování. V Atlasu podnebí Československa (1958) a Podnebí ČSSR – Tabulky (1960) jsou uvedeny výstupy zpracování za období 1901 až 1950. Mapy klimatických prvků za období 1961 až 2000 uvádí Atlas podnebí Česka (Tolasz et al., 2007). Z analýzy sezónních a ročních úhrnů srážek na území ČR za období 1961 až 2010 (Střešník et al., 2014b) vyplývá, že v dlouhodobém pohledu se průměrné roční úhrny srážek statisticky prokazatelně nemění, ale roste proměnlivost jejich úhrnů v jednotlivých letech a ročních obdobích. K hodnocení srážek za různá období, zvláště za roky s výskyty povodní či sucha, najdeme vysoký počet publikací.

Srážkový deficit ve vegetačním období bývá velmi často doprovázen vysokými teplotami, včetně výskytu tropických dnů (maximální denní teplota vzduchu dosáhne či překročí 30 °C), nižší relativní vlhkosti vzduchu, zmenšenou oblačností a vyšším počtem hodin slunečního svitu. Je známo, že úhrny srážek jsou jediným zdrojem vody pro naši krajinu. Ovšem přesto, že se používá k vyjádření sucha pouze úhrn srážek, není to zcela vhodná charakteristika.

Výskyty sucha jsou dány také hodnotami výparu (Brutsaert, 1982). Jde o složitý fyzikální proces a právě toto je příčinou, proč na rozdíl od mnoha meteorologických prvků je měření výparu náročné (Kříž, 1966). Údaje o výparu, ovšem jen z vodní hladiny, máme ze sítě stanic České hydrometeorologického ústavu. Mimo tuto síť je jen několik stanic, většinou s účelovým zaměřením (Buchtela, 2005). Ze srovnání např. s hodnotami evapotranspirace metodou FAO (Allen a Pruitt, 1991) vyplývá, že vztah není jednoznačný (Knozová et al., 2005). Pravidelné měření výparu z vodní hladiny zařízením GGI-3000 bylo v síti měřicích stanic zahájeno v roce 1968, podobně na Slovensku (Lapin, 1977). V podstatě do roku 2011 byly přístroje GGI-3000 nahrazeny automatickými výparoměry EWM (Kohut, 2016). Z vyhodnocení vyplývá, že úhrny výparu a jejich časová proměnlivost se v jednotlivých lokalitách dost liší, což je dáno proměnlivostí dalších meteorologických prvků (Monteith a Unsworth, 1990). Průměrný denní výpar z celé oblasti České republiky z období 1971 – 2000 činil 2,6 mm a průměrný úhrn za vegetační sezonu V – IX se rovnal 393,7 mm. Průměrný denní výpar z oblasti jižní Moravy z období 1981–2010 činil 3,0 mm a průměrný úhrn za vegetační sezonu V–IX se rovnal 462,3 mm (Kohut, 2013).

Bylo zjištěno, že roční dynamika výparu významně klesá s růstem nadmořské výšky, podobně jako dlouhodobé průměrné úhrny výparu, i když z tohoto pravidla existují výjimky, způsobené dalšími činiteli, jako zeměpisná šířka nebo konkrétní lokální podmínky geografického prostředí. Během třicetiletí 1971 – 2000 pouze na dvou lokalitách sezónní úhrny výparu mají statisticky významné růstové trendy, a to v Kroměříži a v Holovousech. Zvyšování výparu se v těchto lokalitách projevuje v nárůstu 50 až 60 mm za 10 let, což je výrazná změna pro procesy v krajině. Tento poznatek

zcela neodpovídá zjištění, že průměrné teploty vzduchu mají statisticky prokazatelný nárůst (Střešník et al., 2014).

S ohledem na náročnost a nákladnost měření výparu a jeho jednotlivých druhů jsou celosvětově používány výpočty evaporace a evapotranspirace (Allen, 1998). Právě evapotranspirace tím, že blíže vyjadřuje výpar z porostů, lépe vyjadřuje celkový výpar z krajiny (Penman, 1948), ale je také součástí výpočtů závlahových dávek (Bos et al., 1996). Pro určení výskytu či intenzity sucha využíváme zjednodušenou, v podstatě meteorologickou vodní bilanci, vyjádřenou vzájemným rozdílem úhrnů srážek a potenciální evapotranspirace. Označujeme ji jako základní (potenciální) vláhovou bilanci pro travní porost (dále jen ZVLB1-TP), která svými hodnotami umožňuje hodnotit také výskyty sucha v krajině (Rožnovský et al., 2012). Rozdíl mezi potenciální evapotranspirací a srážkami je ukazatelem pro hodnocení podoblastí v rámci agroklimatické rajonizace (Kurpelová et al., 1975).

Je jednoznačné, že vláhová bilance významně ovlivňuje obsah vody v půdě. Množství vody v naší krajině je v prvním kroku dáno průběhem počasí, ale o jejím dalším výskytu významně rozhodují vlastnosti našich půd, zvláště jejich retenční kapacita (Vopravil, 2010).

Materiál a metody

Jedním ze základních výstupů prováděných pomocí agrometeorologického modelu AVISO („Agrometeorologická Výpočetní a Informační Soustava“) na ČHMÚ, pobočce Brno, je ZVLB1-TP. Model je svou podstatou určen pro analýzu případů s převládajícím nedostatkovým množstvím srážek. Neřeší tedy problematiku nadbytku srážek, a s tím spojenou otázku odtoku. Z tohoto pohledu se naskytá jeho uplatnění pro analýzu existujících suchých období, resp. období, kdy se vyskytují minimální úhrny srážek.

Evapotranspirace je modelově počítána v denním kroku modifikovaným postupem podle algoritmů Penmana (1948). Ve své potenciální podobě je prakticky shodná s maximálně možnými hodnotami výparu při optimálních vláhových podmínkách, s nimiž se v přírodním prostředí většinou nesetkáváme ve vegetačním období, resp. v teplém půlroce, ale podstatně častěji v zimě nebo v obdobích přechodných (jaro a podzim). Základem pro výpočet jsou denní hodnoty teploty a vlhkosti vzduchu, rychlosti větru a doby slunečního svitu, naměřených na klimatologických stanicích v síti ČHMÚ.

ZVLB1-TP jednoduchým způsobem vyjadřuje vláhové poměry v krajině za určitý časový interval. Počítá se jako aritmetický rozdíl srážek a evapotranspirace (potenciální, aktuální, referenční) za určité časové období, přičemž obě složky pro lepší vzájemné srovnání se vyjadřují v mm. Pro zjednodušení se neberou v úvahu žádné ze složek odtoku, stejně tak pro výpočet výparu v základní bilanční rovnici uvažujeme výrazné zjednodušení ve formě homogenního vypařujícího povrchu, který je svými fyziologickými vlastnostmi velmi blízký

standardnímu travnímu porostu. Pokud bychom nepřistoupili k těmto zjednodušením, problematika vlahových bilancí, která je v přírodních podmínkách velmi náročná a složitá, by z pohledu krajiny jako celku byla prakticky neřešitelná (Novák, 1995).

Výsledky

Pro hodnocení byly zvoleny roky s výskytem sucha takřka na celém území České republiky, a to roky 2012, 2015 a 2017. Již bylo uvedeno, že v našich podmínkách jde o sucho nahodilé. Je nutné zdůraznit, že výskyt, průběh a intenzita sucha v jednotlivých letech na našem území nejsou stejné. Pokud jde o rok 2012, výrazně negativní potenciální vlahová bilance byla zvláště v měsících vegetačního období roku 2012. Srovnáním s dlouhodobým obdobím let 1961 – 2010 navíc docházíme k závěrům zvýšené negativní potenciální vlahové bilance. Tato skutečnost byla zaznamenána i při hodnocení pomocí kumulovaných úhrnů. Prokazatelné je to hlavně na moravských stanicích (Brno-Tuřany, Kuchařovice) a v Doksanech, kdy proti dlouhodobým měsíčním hodnotám je ZVLB1-TP v počátku vegetačního období o více než 50 mm nižší.

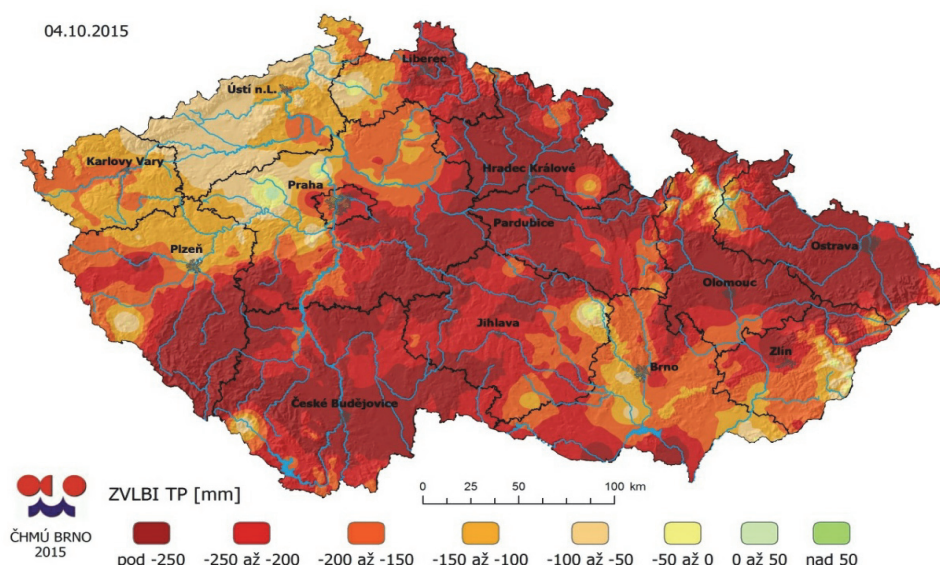
Zvláště pro zemědělské porosty byl průběh ZVLB1-TP negativní. Na přelomu května a června 2012 byl rozdíl oproti dlouhodobé hodnotě -100 mm a nižší na více jak 30 % území ČR. Nejvíce jsou opět postiženy jižní a střední Morava, dále Polabí, část Poohří a také plošně velké oblasti jihozápadních Čech a Šumavy. Vlahovou bilanci pod -100 mm už je možno považovat za mimořádné sucho. Pod -150 mm je na 3,5 % území, nejvíce na jižní Moravě, části Šumavy a na Přerovsku. Plochy oblastí s hodnotami rozdílu od dlouhodobých poměrů -100 až -50 mm zabíraly k tomuto datu už více než 48 % území ČR. Počátkem června docházelo k postupnému mírnému zlepšování vlahové situace, především na území Moravy, ovšem velké rozdíly hodnot potenciální vlahové bilance vzhledem k dlouhodobým poměrům se projevovaly stále na většině území, nedocházelo už ale k výraznému nárůstu ploch s negativní bilancí. Na více než 75 % území ČR byly hodnoty rozdílu vzhledem k dlouhodobé hodnotě potenciální vlahové bilanci pod -50 mm, asi 26 % území mělo pak hodnoty pod -100 mm. Suchem byla nejvíce zasažena jižní a střední Morava a výrazné negativní rozdíly přetrvávaly i v Polabí a na Šumavě. Suchem v roce 2012 byla nejvíce zasažena jižní a střední Morava a výrazné negativní rozdíly přetrvávaly i v Polabí a na Šumavě. Na většině území byla negativní vlahová bilance ještě koncem září a místy překračovala hodnoty -200 mm.

V klimatologii běžný postup vyjadřování hodnot pro jednotlivé měsíce je pro hodnocení sucha jednoznačně nevhodný. Jeho vývoj je ovlivňován i průběhem počasí v zimě. Dokladem je výskyt sucha v roce 2015. Zima 2014/2015 jako celek byla oproti průměru na celém území teplejší, a to o 1,5 až 3,5 °C. Deficit srážek dosahoval až 50 %, na některých částech jižní Moravy a na větší části Čech. Jen na částech severní a východní

Moravy byl o něco vyšší než průměr. V průběhu měsíců dubna až června byly úhrny srážek na většině našeho území podnormální, takže koncem května v pásu od Karlových Varů přes střední Čechy až k Českým Budějovicím se jejich úhrn pohybuje mezi 50 až 75 % průměru. Obdobně je to na jižní a části střední Moravy. Tento stav se v červnu mění tak, že v Podkrusnohoří dochází k dorovnání průměru, naopak na Moravě se zvyšuje plocha území s deficitem srážek mezi 25 až 50 %. Mimořádně nízké úhrny srážek v červenci způsobují, že na většině našeho území byl deficit 25 až 50 %. Na několika místech, hlavně v oblasti jižní Moravy, je srážkový deficit více jak 50 %. Ovšem díky bouřkám jsou na těchto územích lokality, kde deficit srážek poklesl. Prohlubující se deficit v srpnu zastavily až srážky od 16. srpna. Ovšem k vyrovnání deficitu nedošlo, takže na mnoha místech, zvláště v jižních okresech Moravy, ale také v její severní a zčásti střední části byly roční úhrny mezi 50 až 75 %. na většině území ČR potom mezi 75 až 90 %. Díky těmto podmínkám dosahovaly hodnoty základní vlahové bilance v březnu průměrných hodnot, tomuto odpovídala i zásoba využitelné vody v půdním horizontu. Průběh teplot vzduchu v dubnu vyvolával zvýšení hodnot evapotranspirace asi na polovině území Čech o 20, ale místy až o více než 40 %. Koncem května je v podstatě ve všech zemědělských oblastech deficit ZVLB1-TP, na jihu Moravy a několika dalších místech potom deficit činí až 200 mm.

Výskyt tropických veder zvyšuje deficit tak, že ke dni 12. 7. jsou místa, kde základní vlahová bilance má hodnoty pod -150 mm. Tento stav je po celý červenec s tím, že nehomogenitu tohoto pole způsobují lokální bouřky. Ovšem jejich ojedinělý výskyt neovlivňuje celkovou vlahovou bilanci, takže v polovině srpna překračuje na asi čtvrtině našeho území deficit hodnoty -200 mm. Přes výskyt srážek byly projevy zemědělského sucha na převážné části našeho území ještě v říjnu. Hodnoty ZVLB1-TP ke 4. říjnu, tedy v podstatě po závěru vegetačního období (obr. 1.) jsou vysoce deficitní. Nejen severní Morava, ale část území od jižních Čech přes východní část středních Čech až ke Krkonošům vykazuje deficit přes 250 mm.

Jako mimořádně suchý se opět projevil na mnoha místech našeho území i rok 2017. Jak již bylo mnohokrát uvedeno, základem obsahu vody v půdě pro počátek vegetačního období jsou stavy počasí v průběhu zimy. Pokud jde o srážky, byly tyto za měsíce leden až březen na převážné části území Moravy, jižních a východních Čech v rozpětí 50 až 75 % dlouhodobého průměru, tedy podprůměrné. Na převážné části Čech potom činily 75 až 90 %, na některých místech odpovídaly dlouhodobému průměru. Ovšem díky nadprůměrným hodnotám teploty vzduchu, dosahuje potenciální evapotranspirace v březnu na takřka celém území Moravy a Slezska přes 140 % oproti dlouhodobému průměru a v Čechách je to na více jak polovině území, kde převážně o střední a východní část Čech. ZVLB1-TP je za březen takřka na celém území v rozpětí od nuly po mínus 50 mm.



Obr. 1. Základní vláhová bilance travního porostu na území ČR (%), srovnání stavu od 1. 3. do 4. 10. 2015 k dlouhodobému průměru 1961 až 2010 (<http://portal.chmi.cz/aktualni-situace/sucho#>).

Fig. 1. Basic water balance for grassland on the territory of the Czech Republic (%), comparison of the amount from 1st March to 4th October with the long-term average 1961–2010 (<http://portal.chmi.cz/aktualni-situace/sucho#>).

Jestliže bereme duben jako první měsíc vegetačního období, potvrzuje se, že na jižní Moravě je duben často suchý. Plošná rozdílnost projevů počasí se v dubnu potvrdila. Díky nepravidelnému rozložení srážek a místy velmi nízkému, dochází v průběhu května k velkým rozdílům v hodnotách ZVLBI-TP. Je to dáno oproti průměru vyšší potenciální evapotranspirací na převážné části našeho území, místy přesahující 140 % dlouhodobého průměru. Nacházíme místa se srážkami ke 150 % a naopak pouze k 50 % procentům oproti průměru.

Přitom dostatek vody má pro většinu zemědělských plodin rozhodující význam. Jak vidíme na obr. 2, dochází v prvních třech týdnech května 2017 k deficitu ZVLBI-TP až k mínus 100 mm na některých místech jižní a severní Moravy. V Čechách je od Podkrušnohoří přes severní oblasti až po východní Čechy stav mezi průměrem až mínus 50 mm. Naopak od Prahy na jih a na severní Moravě je bilance kladná.

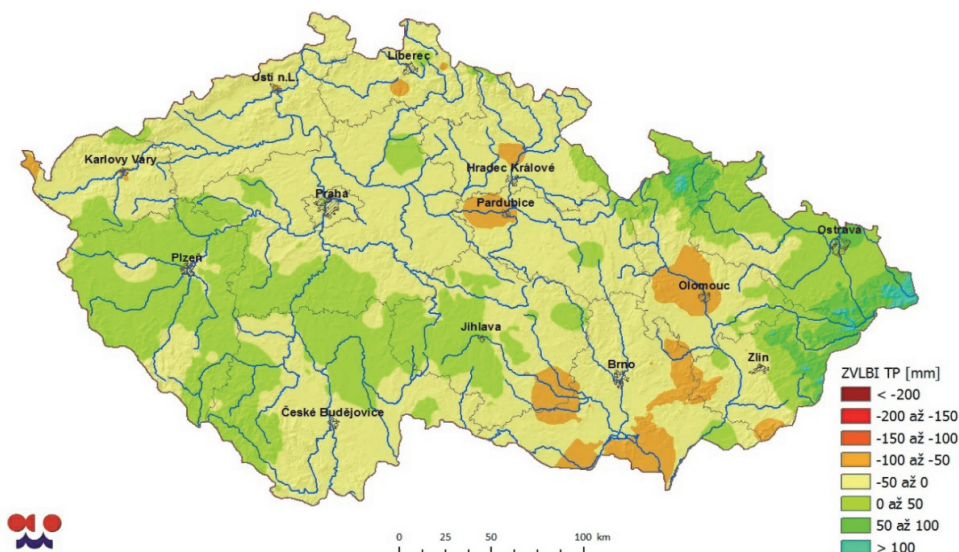
Nadprůměrné teploty v průběhu června a velmi rozdílné, ale převážně podprůměrné úhrny srážek však způsobují, že koncem června jsou místy hodnoty ZVLBI-TP na jihu Moravy, ale i Čech pod mínus 100 mm, lokálně pod mínus 150. Na jižní a části střední Moravy mají hodnoty pod 25 %, podobně jako dílčí území v Podkrušnohoří. Naopak střední Čechy v pásu až ke Krkonošům mají hodnoty průměrné, místy až několik desítek nad dlouhodobým průměrem. V červenci jsou srážky srovnatelné s průměrem na většině území. Teploty vzduchu jsou vyšší od 1 °C až přes 2 °C na jihu Moravy. Tím je

dáno, že na většině území jsou hodnoty ZVLBI-TP pod mínus 100 mm. Na převážné části jižní a střední Moravy a v jižních Čechách jsou nižší jak mínus 150, lokálně na jižní Moravě pod mínus 200 mm. Ovšem v některých oblastech, zvláště na severu Moravy je ZVLBI-TP v hodnotách průměru. Lokálně jsou tyto hodnoty i v Čechách. Srpen má úhrny srážek významně rozdílné v Čechách, kde jsou např. na západě, ale i v jižních Čechách až o 50 % vyšší než průměrné, ovšem na většině území Moravy a Slezska je to jen mezi 50 až 70 %. Ale teploty vzduchu jsou zde vyšší o více než 2 °C nad průměrem, kdežto na západě Čech je to jen do + 1,5 °C. Výsledek je jasný. Hodnoty potenciální evapotranspirace jsou na převážné části republiky nadprůměrné.

Mínusové hodnoty ZVLBI-TP se prohlubují, takže deficit nižší než 200 mm je na větších plochách, mají ho lokality na střední i severní Moravě. Hodnoty pod mínus 150 mm nacházíme v celé jižní části republiky, ale také na Karlovarsku.

Výskyt vydatných srážek v počátku září z části snížil vláhový deficit. Takřka na třetině území Čech byl v polovině září dosažen, případně i překročen dlouhodobý průměr srážkových úhrnů k 1. 10. 2017. Na Moravě pouze v jižní a střední části byly oblasti s úhrny mezi 50 až 75 % průměru. Dochází tak ke zlepšení ZVLBI-TP, když na severní části Čech a Moravy má hodnoty dlouhodobého průměru. Ovšem na jižní a střední Moravě, ale i v jižních Čechách jsou stále katastrofy, kde chybí více jak 200 mm.

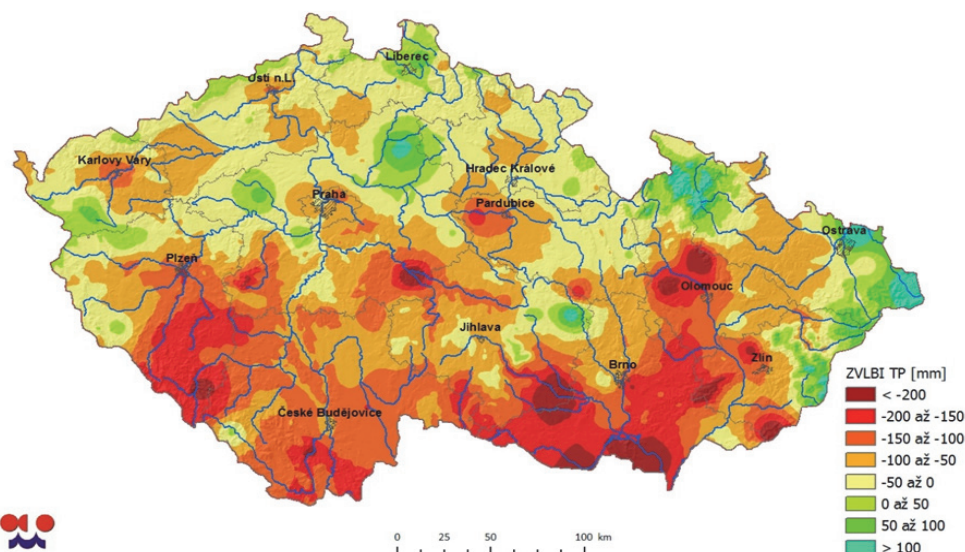
Základní vláhová bilance srážek a potenciální evapotranspirace travního porostu
srovnání úhrnu za období od 1. 3. do 28. 5. 2017 s dlouhodobým průměrem 1961-2010
Basic water balance of precipitation and potential evapotranspiration from grassland
comparison of the amount during the period from 1st March to 28th May 2017 with the long-term average 1961-2010



Obr. 2. Základní vláhová bilance travního porostu na území ČR (%), srovnání stavu od 1. 3. do 28. 5. 2017 k dlouhodobému průměru 1961 až 2010 (<http://portal.chmi.cz/aktualni-situace/sucho#>).

Fig. 2. Basic water balance for grassland on the territory of the Czech Republic (%), comparison of the amount from 1st March to 28th May 2017 with the long-term average 1961–2010 (<http://portal.chmi.cz/aktualni-situace/sucho#>).

Základní vláhová bilance srážek a potenciální evapotranspirace travního porostu
srovnání úhrnu za období od 1. 3. do 1. 10. 2017 s dlouhodobým průměrem 1961-2010
Basic water balance of precipitation and potential evapotranspiration from grassland
comparison of the amount during the period from 1st March to 1st October 2017 with the long-term average 1961-2010



Obr. 3. Základní vláhová bilance území ČR (%), srovnání stavu od 1. 3. do 1. 10. 2017 k dlouhodobému průměru 1961 až 2010 (<http://portal.chmi.cz/aktualni-situace/sucho#>).

Fig. 3. Basic water balance for grassland on the territory of the Czech Republic (%), comparison of the amount from 1st March to 1st October with the long-term average 1961-2010 (<http://portal.chmi.cz/aktualni-situace/sucho#>).

Pokračující výskyty srážek pozvolna vylepšují množství vody v půdě v konci vegetačního období, tedy koncem září. Jen na Moravě se nachází několik míst, kde je výskyt srážek mezi 50 až 75 % průměru. V Čechách je na sever od Prahy výskyt přes 100%, podobně na severovýchodě Moravy. Ovšem ZVLB1-TP se zlepšuje jen nepatrně. Jak vyplývá z územního rozložení ZVLB1-TP (obr. 3), v podstatě celá jižní část našeho území, tedy jižní Morava, jižní a z části západní Čechy vykazuje mezi minus 150 až minus 100 mm. V některých menších oblastech je deficit pod 250 mm. Jen v několika menších regionech je závěr vegetačního období s kladnou ZVLB1-TP.

Závěr

Projevy počasí v posledních dvou desetiletích jsou jednoznačným dokladem změny našeho podnebí. Při hodnocení množství vody v naší krajině, kde významnou roli sehrává vlhkost půdy a její další hydrologické vlastnosti, musíme brát v úvahu, že extrémy ve výskytu srážek jsou základní příčinou výskytů sucha, ale ne jedinou. Prokazatelný je růst teploty vzduchu za období 1961 až 2010, naopak je statisticky potvrzený setrvalý stav ročních úhrnů srážek. Z tohoto vyplývá, že vývoj sucha je ovlivňován rostoucí potenciální evapotranspirací, také díky zvyšování teplot vzduchu. Jako vhodný ukazatel výskytu sucha a jeho intenzity považujeme tzv. základní vláhovou bilanci, která je dána rozdílem mezi úhrny srážek a potenciální evapotranspirací travního porostu. Výpočty jsou prováděny v denním kroku v rámci modelu AVISO na brněnském pracovišti Českého hydrometeorologického ústavu a v týdenním intervalu uváděny na portálu ČHMÚ v rámci monitoringu sucha.

Z hodnocení průběhu hodnot základní vláhové bilance v suchých letech na území ČR, se potvrzuje, že je vhodným ukazatelem určení výskytu sucha a hodnocení jeho intenzity. Získané výsledky potvrdily, že území ČR je z hlediska vláhové bilance velmi rozdílné. Vliv na toto rozložení má proměnlivý výskyt srážek, ale také hodnoty teploty vzduchu, které jsou v suchých letech, hlavně v letním období mimořádně vysoké. Sucho má určitý kumulativní charakter, v nepříznivých podmínkách se jeho intenzita a dopady s každým dnem zvyšují. Následky potom mohou trvat dlouhou dobu po jeho ukončení. V letech s mimořádným suchem představují deficity ZVLB1-TP v závěru vegetačního období více jak 250 mm. To je v těchto oblastech v podstatě kolem poloviny srážkových úhrnů.

Je nutné zdůraznit, že nástupy sucha i místa výskytu na našem území jsou v závislosti na srážkách proměnlivé. Ovšem můžeme uvést, že se sucho nejčastěji vyskytuje v našich nejteplejších oblastech s nejnižšími ročními úhrny srážek. Důležité je, že v hodnocených letech se též prokázalo, že na výskyty sucha v kalendářním roce má vliv jeho výskyt v roce předcházejícím, hlavně závěr vegetačního období a podzim a zima. Je-li sucho ještě

v průběhu podzimu, zimní období nenahradí deficit vody v půdách a sucho se projeví v jarním období. Navíc, jak dokládají poslední studie, i v zimních obdobích se zvyšuje teplota vzduchu a naopak klesá výskyt sněhové pokrývky, což snižuje obsah vody v půdě na počátku jarního období.

Z hlediska udržení srážkové vody v naší krajině jsou důležité vlastnosti našich půd, jak zemědělských tak lesnických, na kterých hlavně probíhá vsakování. Proto je důležité přijetí opatření pro zlepšení infiltrační schopnosti a zvýšení retenční kapacity těchto půd do původního stavu. Souvisí s tím i opatření pro snížení eroze půdy, protože orniční horizont má tuto kapacitu významně vyšší než na erodovaných půdách, kde horní vrstvu tvoří podorniči. Zvýšení rozmanitosti naší krajiny přispěje ke snížení odtoku vody mimo jiné tím, že dojde ke snížení proudění vzduchu a následně snížení evapotranspirace.

Podle výsledků klimatologických modelů by mohlo dojít ke vzrůstu průměrných ročních teplot koncem tohoto století až o více než dva stupně, ale srážkové úhrny budou víceméně shodné se současnými. Z toho plyne jeden významný poznatek, na našem území by se mohly významně snižovat hodnoty vláhové bilance, a to znamená zvyšování jak intenzity, tak četnosti výskytu sucha. Pro snížení negativních dopadů změn klimatu bychom měli konat preventivní kroky, aby se nedostatek voda nestal bezpečnostním rizikem.

Poděkování

Příspěvek byl vypracován s podporou projektu NAZV registrační číslo QK1720285 „Metody korekce vláhových potřeb plodin zohledňující scénáře změn klimatu území ČR pro optimalizaci managementu závlah“ a projektu Technologické agentury ČR „Revitalizace zemědělské půdy v oblastech ČR ohrožených suchem“ (TH02030073).

Literatura

- Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., Smith, M. (1998): Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements. Food and Agriculture Organization, Rome: FAO Irrigation and Drainage Papers No. 56, 1998, pp. 301.
- Allen, R.G., Pruitt, W.O. (1991): FAO-24 reference evapotranspiration coefficients. Journal Irrig. and Drainage Engineering, ASCE 117(5), 1991, pp. 758 – 773.
- Bos, M.G., Vos, J., Feddes, R.A. (1996): CRIWAR 2.0. A simulation model on Crop Irrigation Water Requirements. Wageningen: ILRI publication 46, 1996, pp. 117.
- Brutsaert, W. (1982): Evaporation into the Atmosphere. Dordrecht: D. Reidel Publishing Co., 1982, pp. 299.
- Buchtela, Š. (2005): Výparoměrná stanice Hlasivo. 2005 In: Rožnovský, J., Litschmann, T. Seminář „Evaporace a evapotranspirace“ [online]. [cit. 16. 8. 2011]. Dostupné na WWW: <<http://cbks.cz/sbornik05/prispevky.htm>>

- Knozová, G., Rožnovský, J., Kohut, M. (2005): Srovnání časových řad výparu naměřeného výparoměrem GGI-3000 a vypočítaného podle metodiky FAO, 2005. In: Rožnovský, J., Litschmann, T. (ed): Bioklimatologie současnosti a budoucnosti. Křtiny 12. – 14. 9. 2005. Dostupné na <<http://www.cbks.cz/sbornik05b/KnozovaRoznovskyKohut.pdf>>
- Kohut, M., Rožnovský, J., Knozová, G. (2013): Měření výparu z vodní hladiny výparoměrem GGI-3000 v České republice. Práce a studie 35. Praha: Český hydrometeorologický ústav, 2013, 95 s. ISBN 978-80-87577-16-5, ISSN 1210-7557.
- Kohut, M., J. Rožnovský, G. Knozová a J. Brzezina (2016): Měření výparu z vodní hladiny automatizovaným výparoměrem EWM v České republice, Práce a studie. Praha: 2016.
- Kříž, H. (1966): Výpar v povodí Moravy a horní Odry. In: Sborník prací Hydrometeorologického ústavu Československé socialistické republiky. Praha 1966, HMÚ, sv. 8, s. 34 – 58.
- Kurpelová, M., Coufal, L., Čulík, J. (1975): Agroklimatické podmínky ČSSR. Bratislava: Hydrometeorologický ústav, 270 s.
- Lapin, M. (1977): Zhodnocení výparu GGI – 3000 na Slovensku za období 1969 – 1973. Meteorol.Zpr., 1977, 30., č.6, s.168 – 174.
- Monteith, J.L., Unsworth, M.H. (1990): Principles of Environmental Physics, London: Edward Arnold, 2nd ed., 1990, pp. 291.
- Novák, V. (1995): Vyparovanie vody v prírode a metódy jeho určovania. Bratislava: SAV, 1995, 260 str.
- Penman, H.L. (1948): Natural evaporation from open water, bare soil and grass. Proceedings of the Royal Society of London. 1948. Series A, Vol. 193, No. 1032, pp. 120 – 145.
- Rožnovský et. al. (2012): Agroklimatologická studie o výskytu sucha na území ČR v roce 2012 a za období srpen 2011 až srpen 2012. Zpráva pro Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy. Český hydrometeorologický ústav, pobočka Brno, Brno, 2012, 67 s.
- Štěpánek J., Rožnovský J., Štěpánek P., Zahradníček P. (2014b): Změna ročních a sezonních srážkových úhrnů v České republice v letech 1961 – 2012. In: Extrémy oběhu vody v krajině, Mikulov, 2014b. (CD-ROM).
- Štěpánek J., J. Rožnovský, P. Štěpánek a P. Zahradníček. (2014): Increase of annual and seasonal air temperatures in the Czech Republic during 1961-2010. In: Rožnovský, J., Litschmann, T. eds. Mendel and Bioclimatology. Conference proceedings, Brno, 3rd-5th Sep. 2014 [CD-ROM]. Brno: 2014. ISBN 978-80-210-6983-1.
- Tolasz, R., et al. (2007): Atlas podnebí Česka. Český hydrometeorologický ústav, Univerzita Palackého v Olomouci, 255 s. 2007. ISBN 978-80-86690-26-1 (CHMI), 978-80-244-1626-7 (UP).
- Vopravil, J. et al. (2010): Půda a její hodnocení v ČR. Díl I. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v. v. i., Praha, 2. vydání, 2010. 147 s. ISBN 978-80-87361-05-4.

THE BASIC WATER BALANCE, A POINTER TO A DROUGHT ON THE TERRITORY OF THE CZECH

When analyzing the amount of water in landscape, where a significant role is played by soil moisture and other hydropedologic properties, one must take into account the fact that extremes in precipitation are a major cause of drought, as well as high temperatures especially during summer. This means that the progress of drought is influenced by increasing potential evapotranspiration, partly due to increasing air temperatures. A good indicator of drought occurrence and its intensity is the so-called basic water balance (hereafter referred to as ZVB_TP), which is given by the difference between precipitation amount and potential evapotranspiration from grassland. ZVB_TP calculations are performed by the AVISO model in daily step at the Brno regional office of the Czech Hydrometeorological institute (CHMI). Input data for potential evapotranspiration calculation are air temperature and humidity, wind speed and sunshine duration, observed at climatological stations in the Czech Republic. Map outputs are published weekly at the CHMI website as part of the drought monitoring section. Analysis of selected years with exceptional drought shows that deficient values of water balance are manifested differently in each year.

Drought intensity and progress in a particular year is influenced by negative water balance in winter or autumn of the previous year.

The presented analysis of basic water balance course in even years in the Czech Republic confirms that this parameter is a suitable indicator of drought occurrence and its intensity. It is also clear that the region of the Czech Republic is quite variable in terms of water balance. Such variability is due to variable precipitation amounts, but also air temperatures in the even years analyzed, especially in the summer. Drought has a certain cumulative nature, during unfavorable conditions its intensity and impacts worsen each day. These impacts can then last for very long time even after the drought is over. Years with exceptional drought show a deficit in ZVB_TP of over 250 mm by the end of the vegetation period. This in fact represents approximately one-half of the total annual precipitation.

Randomness of agricultural drought occurrence is proved by irregular onset of drought and its location in the various years. This is due to the variability in precipitation. It is important to note that occurrence of drought is clearly affected by the conditions in the

previous year, especially at the end of vegetation period, or autumn and winter. If there is drought in the autumn of one year and the water deficit is not evened out during winter, this drought will manifest itself in the subsequent spring. In addition, as recent studies have shown, overall air temperature shows an increasing trend and there is on average less snow, which decreases the amount of water available in soil at the beginning of spring.

When looking at the ability to retain precipitation water in landscape, one must take into account the properties of soils in the Czech Republic, both agricultural and forest. These comprise the major retention area for precipitation and are dominant in terms of water absorption. It is therefore important to take measures that will improve the infiltration abilities and increase retention capacity of these soils up to the original level. This is also related to measures taken to reduce soil erosion, because the capacity of soil horizon is much

higher compared to eroded soils, where the upper layer is subsoil. Increasing variability of landscape would contribute to decreased outflow – partly because it would decrease airflow and thus decrease the rate of evapotranspiration.

Results from climatological models confirm that average air temperatures could increase by more than two degrees by the end of this century. With regards to precipitation, the models show that the precipitation amount should remain more or less the same. This would lead to significant decrease of the water balance value and thus increased intensity and frequency of droughts. In order to prevent the negative consequences of climate change, preventive measures should be taken to avoid the risk of water insufficiency. This should take into account findings from not just climatology, but also hydrogeology and changes should be made in various landscape-related processes so that the soil retention ability increases and regains its infiltration abilities.

RNDr. Ing. Jaroslav Rožnovský, CSc.
RNDr. Filip Chuchma, Ph.D.
Ing. Rostislav Fiala
Český hydrometeorologický ústav,
pobočka Brno
Kroftova 43
616 67 Brno
E-mail: roznovsky@chmi.cz

RNDr. Ing. Jaroslav Rožnovský, CSc.
Mendelova univerzita v Brně
Zemědělská 1
613 00 Brno
E-mail: roznov@mendelu.cz
Česká republika