

Česká bioklimatologická společnost

# *Analýza extrémů počasí vzhledem k zemědělským plodinám*

Zpracováno pro Ministerstvo zemědělství,  
Krajskou agenturu pro zemědělství a venkov Brno  
na základě objednávky 4.j.: 197290/2011-MZE-14111

Za zpracovatele předkládá  
RNDr. Ing. Jaroslav Rožnovský, CSc.  
předseda ČBkS

Listopad 2011



EVROPSKÝ ZEMĚDĚLSKÝ FOND PRO ROZVOJ VENKOVA:  
EVROPA INVESTUJE DO VENKOVSKÝCH OBLASTÍ



CELOSTÁTNÍ SÍŤ PRO VENKOV

## Obsah

1. Úvodem .....	3
2. Vliv počasí a podnebí na zemědělství.....	4
2.1. Vzájemná vazba zemědělství a klimatického systému .....	5
2.2. Využití krajiny zemědělstvím.....	5
3. Podnebí České republiky.....	6
4. Retenční schopnosti a vláhové poměry naší krajiny.....	9
5. Výpočty pomocí modelu AVISO na základě půdních rozborů .....	10
6. Sucho – extrémní stav vláhové bilance.....	11
6.1. Monitorování zemědělského sucha (monitoring sucha) .....	12
6.2. Hodnocení suchého období 2003 .....	13
7. Případová studie extrémů počasí v Jihomoravském kraji.....	16
8. Průběh agroklimatologických podmínek v roce 2007 .....	18
8.1. Teplota vzduchu a úhrny srážek za období září 2006 až srpen 2007 .....	18
8.2. Vláhová bilance a výskyt sucha za období září 2006 až srpen 2007.....	21
9. Závěry .....	24
LITERATURA:.....	25
Přílohy: .....	28

## 1. Úvodem

Počasí je nejdynamičtější složkou přírodního prostředí. Jeho dlouhodobý režim, tedy podnebí je v daném místě limitujícím faktorem pro veškeré procesy, jak živé přírody, tedy ekosystémů, tak neživé, tedy jejich ekotopů. V posledním desetiletí jsme zažili několik extrémních stavů výskytu srážek a teplot vzduchu. Došlo k mimořádným výskytům srážek a následně výskytu plošných povodní v letech 1997, 2002 a díky rychlému tání vysoké sněhové pokrývky i v roce 2006. Projevil se ale také stav opačný, a sice velmi nízké úhrny srážek s dlouhými a několik týdnů trvajících obdobími beze srážek. Tím došlo v letech 2000 a 2003 a k výskytu sucha. Poslední roky, tedy 2010 a 2011 jsou dalším příkladem vysoké proměnlivosti počasí na našem území.

Jak již bylo řečeno, průběh počasí je velmi důležitou složkou krajinných procesů, významně ovlivňuje přirozené ekosystémy, ale také zemědělské plodiny, takže počasí je nezastupitelným výnosotvorným prvkem. Jak je běžně uváděno v odborné literatuře, výnosy zemědělských plodin ovlivňuje hlavně výskyt a množství srážek a průběh teploty vzduchu. Z pohledu bioklimatologického či agroklimatologického, tedy z analýz vztahu mezi vláhovými a teplotními podmínkami na straně jedné a růstem a vývojem rostlin na straně druhé, vyplývá, že jde o složitou vazbu, kde hraje významnou roli čas, tj. období s určitými hodnotami bioklimatu (bioklima představuje soubor klimatických prvků a charakteristik, ovlivňujících růst a vývoj organismů). Poslední výzkumy dokládají, že nejde jen o vliv makro či mezoklimatu, ale také mikroklimatu.

Klimatologické hodnocení může mnohdy daným formálním přístupem (např. hodnocení pouze podle kalendářních měsíců nebo podle určitých statistických hodnot apod.) vyjádřit poměry pro organizmy nepřesně, případně až se zavádějícím výsledkem. Klasickým příkladem tohoto hodnocení je analýza srážkových poměrů pouze na základě měsíčních úhrnů srážek. Je nutné zdůraznit, že kalendářní měsíc nepředstavuje v přírodě či při pěstování zemědělských plodin žádné přirozené růstové či vývojové období. Z analýz fenologických projevů zemědělských plodin vyplývá, že část fenofázi je kratší než kalendářní měsíc, jiné jsou delší, přitom jejich nástup v jednotlivých letech je proměnlivý.

Z tohoto pohledu jsou pro hodnocení agroklimatologických podmínek, zvláště v počátcích růstu a vývoje zemědělských plodin, velmi důležité agrotechnické postupy, zvláště pak data výsevů či výsadby a způsoby hospodaření na půdě. Z hlediska hodnocení agroklimatologických podmínek s ohledem na sucha musíme zdůraznit, že přes mnohé poznatky bioklimatologického výzkumu stále není uplatňován jako hlavní pohled hodnocení vláhových podmínek či vláhové bilance, přesněji základní vláhové bilance (v našem obecném pojetí jde o rozdíl mezi úhrny srážek a potenciální evapotranspirací travního porostu, viz metodická část). Jak již bylo uvedeno, vedle nezastupitelnosti množství srážek pro rostliny je mnohdy důležitější jejich rozdělení v časových úsecích, přičemž vždy musíme pamatovat na to, že v závislosti na teplotních podmínkách. Obsah vody v půdě, tedy půdní vláhota, není jen výsledkem dopadajících srážek na půdu jako základní příjmové složky, ale také výdejem vody, tedy evaporací a evapotranspirací. Znamená to, že jsou-li vyšší teploty vzduchu, zákonitě je vyšší výdej, tedy evaporace a evapotranspirace. V tomto pohledu je potom pro agroklimatologická hodnocení důležitější analýza vláhové bilance než jen analýza srážkových poměrů.

Pro potřeby zemědělských plodin má nezastupitelné postavení půda, na které je daná plodina pěstována. Půdní podmínky ovlivňují, jaká bude infiltrace srážek, resp. jaké množství ze srážkového úhrnu vsákne (infiltruje) a kolik z objemu srážek oteče. Není odbočením od tématu, když připomeneme, že část srážek, odtékajících po povrchu (tzv. povrchový odtok) při intenzivnějších deštích vyvolává erozi. Tento problém je dosti opomíjen. Přitom v dlouhodobém procesu se podílí na degradaci půd a v určitém pohledu se paradoxně vyskytuje v suchých obdobích či v jejich závěru. Svou roli budou sehrávat půdní hydrolimity, ale také výška hladiny podzemní vody. Námi uváděné hodnoty základní vláhové bilance (v našem případě se ve všech výpočtech obecně jedná o travní porost bez další specifikace) budou ještě modifikovány půdními vlastnostmi.

Předložená studie je určitým vstupním přehledem k velmi široké problematice vztahu nejen zemědělských plodin, ale celého zemědělství a extrémů počasí a podnebí.

## 2. Vliv počasí a podnebí na zemědělství

V současné době jsou mnohé výzkumy zaměřeny na studie dopadů možné změny klimatu na zemědělství. Jde o využití současných poznatků pro odvození vlivu scénářových odhadů budoucího klimatu. Možnosti potřebné adaptace zemědělství na klimatické změny s sebou přináší mnohé otázky, které souvisejí nejenom se zajištěním potravin a potravinovou bezpečností, ale v rostoucí míře i se zajištěním ekosystémových služeb, které zemědělství společnosti poskytuje. Změny klimatu ovlivní produkci plodin, krmiv a vláken, genetickou rozmanitost v zemědělství, půdní úrodnost a riziko eroze, kvalitní vodu či rekreační potenciál území. Dopady možné změny klimatu mohou zvýšit negativní dopady v současné krajině, jako snížená úrodnost zemědělských půd, snížená ekologická stabilita krajiny, narušená biodiverzita apod.

Ovšem je nutné připomenout, že jsou i pozitivní dopady, např. při zvýšené teplotě vzduchu dojde k prodloužení bezmrazového období asi o 20 – 30 dnů, tím také k posunutí počátku vegetačního období v nejteplejších oblastech na začátek března a konce vegetačního období až do závěru října. Vyšší teploty vzduchu prodloužením vegetačního období ovlivní růst a vývoj plodin tak, že umožní dřívější vzcházení a nástupy dalších fenofází, takže oproti současnému stavu by období zrání mohlo být uspíšeno o 10 – 14 dnů.

Vysoké teploty vzduchu vyvolají nebezpečí teplotního stresu spojené s častějším výskytem extrémně vysokých teplot. Při předpokládaném nárůstu výparu (evapotranspirace) a bez výraznějšího zvýšení úhrnu atmosférických srážek lze očekávat ohrožení suchem v podstatné části střední a jižní Moravy, středních a severozápadních Čech, dolního a středního Polabí a Povltaví, což by se mohlo negativně promítnout na výši výnosů v našich nejproduktivnějších zemědělských oblastech. Na stanovištích, které jsou v současnosti nejteplejší nebo kde jsou extrémně vlhké půdy, lze v budoucnu předpokládat vznik lokalit nevhodných pro zemědělskou produkci. Lze očekávat zvýšení pravděpodobnosti výskytu denních úhrnů srážek nad 10 mm, které mohou být erozně nebezpečné; je třeba s nimi častěji počítat zejména v květnu, červnu a v září. Výměra půdy ohrožené erozí se pravděpodobně zvýší minimálně o 10 %.

Významné oteplení ovlivní podmínky pro rozšíření areálu chorob a škůdců rostlin, doposud typických pro teplejší oblasti. V případě oteplení může docházet ke zvyšování počtu generací škůdců a intenzity výskytu chorob hospodářských plodin. Kromě vyššího výskytu některých chorob houbového a bakteriálního původu je třeba počítat i s vyšším rozšířením virových chorob kvůli rozmnožení jejich hmyzích vektorů. Lze očekávat, že s rostoucí teplotou a prodloužením vegetačního období se bude měnit i přirozený areál rozšíření druhů planě rostoucích rostlin a volně žijících živočichů vázaných na agroekosystémy. Kromě toho může dojít k rozsáhlejšímu zavádění druhů, odrůd, kultivarů a plemen z teplejších oblastí na území ČR. Může se tak změnit i skladba rostlinné a živočišné produkce s dopadem na hospodaření na půdě včetně doprovodné zeleně apod.

Možným kladem je podle několika autorů i zvýšení intenzity fotosyntézy s nárůstem koncentrací oxidu uhličitého a zvýšením využitelnosti vody v půdě. Ovšem zde jsou nutné ještě podrobné studie ekofyziologické. Vyšší tvorba biomasy a s tím související zvýšená spotřeba vody však může v určitých oblastech vést k vyčerpání vodních zásob v půdě ještě před koncem vegetačního období nebo vést k potřebě zavedení závlah. Očekávaný teplotní vzestup by měl vytvořit dostatečné teplotní zajištění pro pěstování teplomilných kultur (např. polorané odrůdy kukuřice na zrna, rané odrůdy vinné révy) i v dosud chladnějších oblastech.

Ovšem již v současné době by mělo být zemědělství vedeno tak, aby bylo zajištěno:

- vhodné prostorové uspořádání zemědělské půdy,
- půdoochranná a protierozní opatření,
- zlepšování půdní struktury,
- zvyšování podílu organické hmoty v půdě.

Stručně řečeno, udržitelné zemědělské hospodaření v naší krajině, protože zemědělství výrazně krajinu ovlivňuje, souvisí s vodním hospodářstvím, s biodiverzitou apod. Zemědělství je závislé na dostatečném množství vody, přičemž nároky na vodu mohou stoupat vzhledem k vyšší frekvenci extrémních událostí jako sucha. Zároveň zemědělská produkce bude častěji ovlivňována povodněmi, přívalovými dešti a dalšími živelnými událostmi. Naopak zemědělské hospodaření spoluurčuje kvalitu vodních toků a nádrží, zejména splachy půdy a živin ze zemědělské půdy, vedoucími k eutrofizaci vodních těles a zanášení nádrží. Zemědělství významně přispívá k zachování agrobiodiverzity původních plemen a odrůd. Zároveň však zemědělská činnost významně ovlivnila populace volně žijících živočichů a rostlin.

## **2.1. Vzájemná vazba zemědělství a klimatického systému**

Rostliny a živočichové jsou ovlivněni počasím a podnebím, ale na druhé straně je též ovlivňují. Jde zejména o ukládání uhlíku do zemědělské půdy a snižování emisí skleníkových plynů ze zemědělství, zejména N<sub>2</sub>O uvolňovaného z půdy a CH<sub>4</sub> z enterické fermentace chovu zvířat. Z tohoto hlediska je významné zejména zvyšování obsahu půdního organického uhlíku, ochranné typy zemědělství či udržitelné obhospodařování travních porostů nebo podpora půdotvorných procesů apod.

## **2.2. Využití krajiny zemědělstvím**

Základním vlivem zemědělství na krajinu a procesy v ní je její využití, rozsah zemědělsky obdělávaných částí. V tomto pohledu jsou pozemkové úpravy procesem, který má potenciál podílet se na plnění klíčových bodů strategie rozhodující měrou. Pozemkovými úpravami jsou vytvářeny podmínky pro racionální hospodaření vlastníků půdy, pozemky se jimi prostorově a funkčně uspořádávají a zabezpečuje se jejich přístupnost. Součástí příprav pozemkových úprav jako opatření přispívajícího k přizpůsobení se klimatické změně a zmírnění jejich dopadů, v tomto smyslu musí spočívat ve vhodném plánování využití území pro zemědělské hospodaření, promyšlené tvorbě krajinné mozaiky s dostatečným zastoupením mokřadů, lesních porostů, a dalších krajinných prvků, jež mají pozitivní vliv na vodní režim krajiny, půdu, biodiverzitu a zlepšení propojenosti přírodních a krajinných struktur. Podmínkou plného využití potenciálu pozemkových úprav pro přizpůsobení se změně klimatu v potřebné míře a s požadovaným efektem je zejména dostatek finančních prostředků a dostatek ploch pro tvorbu kvalitních společných zařízení, zejména pro vytváření polních cest, prvků zeleně, teras atd., propojení pozemkových úprav s protierozními a vodohospodářskými opatřeními, s revitalizací vodních toků či propojení pozemkových úprav s územním systémem ekologické stability a vhodné plánování využití území. Současný způsob vedení pozemkových úprav by měl být zaměřen i na odhad budoucího klimatu.

Významnou roli by měly sehrát standardy Dobrého zemědělského a environmentálního stavu (GAEC), které mají příznivý vliv zejména na ochranu struktury půdy a snížení rizika půdní eroze (vodní eroze na svažitých pozemcích) na zemědělských půdách, zvyšování obsahu organické hmoty v půdě, ochranu krajinných prvků a trvalých travních porostů, přináší částečný přínos v omezování šíření invazních rostlinných druhů a v neposlední řadě přispívají k prosazování opatření proti suchu podporou ustanovení vodního zákona na ochranu a správné využívání vodních zdrojů pro závlahy ze strany zemědělců. Jde o celý proces opatření podporujících šetrnější hospodaření v zemědělství jako celku.

### 3. Podnebí České republiky

Podnebí naší republiky je dáno velmi členitou krajinou, kdy naše území současně leží v oblasti rychlých cirkulačních změn. Po převážnou část roku u nás sice převládá vzduch mírného pásma, ale vliv má také vzduchová hmota tropická, přinášející mimořádně vysoké teploty vzduchu. V krátkých časových úsecích k nám proniká také vzduchová hmota arktická, která způsobuje nejen ochlazení, ale i prudké poklesy teplot vzduchu silně pod bod mrazu. Z geografických faktorů působí na naše podnebí převážně vlivy Atlantského oceánu a v menší míře euroasijský kontinent. Proto jsou v dlouhodobém pohledu v Čechách relativně mírnější zimy a chladnější léta, sluneční svit je nižší a srážky jsou stejnoměrněji rozdělené než na Moravě a ve Slezsku, kde jsou větší teplotní amplitudy. Ovšem při jednotlivých povětrnostních situacích mohou být minimální teploty vzduchu podstatně nižší než na Moravě, jak dokázalo ochlazení v počátku května tohoto roku. Významný vliv na podnebí mají naše hory, které zčásti zabraňují vpádům studeného vzduchu od severu a vzhledem k západnímu proudění vyvolávají v určitých částech území srážkový stín. Obecně můžeme uvést, že naše podnebí závisí hlavně na cyklonální činnosti a podle její aktivity jsou jednotlivé roky velmi proměnlivé.

V rámci stručné charakteristiky našeho podnebí je nutné uvést, že doba slunečního svitu představuje v průměru za rok v jižních oblastech něco přes 1800 hodin a směrem na sever a do vyšších nadmořských výšek klesá až pod 1500 hodin. V oslunění hraje významnou roli reliéf a expozice ke světovým stranám. Energetický příkon slunečního záření na území České republiky se v průměru pohybuje od  $3300 \text{ MJ.m}^{-2}$  do  $4200 \text{ MJ.m}^{-2}$ . V jednotlivých letech však mohou roční sumy v oblastech s nejnižším příkonem (severní Čechy) klesnout i pod  $3000 \text{ MJ.m}^{-2}$  a naopak v radiačně nejbohatších překročit  $4500 \text{ MJ.m}^{-2}$  (jižní Morava).

Nejčastější charakteristikou podnebí i pro zemědělské účely jsou teplotní a srážkové poměry. Pokud jde o průměrnou roční teplotu vzduchu, tak v ročním průměru se pohybuje od  $-1 \text{ }^\circ\text{C}$  (vrcholové polohy) až do  $10 \text{ }^\circ\text{C}$  na jižní Moravě. V ročním chodu je v průměru nejteplejší měsíc červenec a nejchladnější leden. Významnou roli sehrávají extrémní teploty vzduchu, s ohledem na zemědělské plodiny zvláště teploty minimální. Nejvyšší maximum  $40,2 \text{ }^\circ\text{C}$  bylo naměřeno dne 27. 7. 1983 v Praze - Uhřetěvesi. Absolutní minimum teploty vzduchu  $-42,2 \text{ }^\circ\text{C}$  se vyskytlo v Litvínovicích u Českých Budějovic dne 11. února 1929.

Z vyhodnocení teplotní křivky průměrných denních teplot vzduchu vyplývá, že vyvrcholení zimy připadá na druhou dekádu ledna. Potom následuje postupné oteplování, které však v jednotlivých letech může být velmi rozkolísané, až po situace, kdy je leden teplejší než únor. Přitom nastupující ochlazení může v souvislosti s rozpuštěním sněhové pokrývky vyvolat až výskyt holomrazů, jak se stalo v roce 2003. Došlo k tomu, když teplá třetí lednová dekáda způsobila tání sněhové pokrývky až do nadmořské výšky mezi 400 až 500 m. Naopak na počátku poslední únorové dekády vpád arktického vzduchu vyvolal tak silné ochlazení, že při holomrazech klesly noční přízemní teploty vzduchu k  $-20 \text{ }^\circ\text{C}$ , ale přes den při jasné obloze maxima teploty vzduchu překračovala  $15 \text{ }^\circ\text{C}$ . Při amplitudě teplot povrchu listů přezimujících plodin až kolem  $30 \text{ }^\circ\text{C}$ , kdy byly teploty rozloženy takřka rovnoměrně nad a pod nulou, došlo k mimořádným škodám mrazem na porostech přezimujících plodin.

Dalším nebezpečným obdobím pro zemědělské plodiny, zvláště však pro sady a vinice, je květnová singularita, tedy v průměru ochlazení v jeho druhé dekádě. Výskyt tzv. „květnových zmrzlých“ je nepravidelný a vpády studeného vzduchu s přízemními teplotami vzduchu pod  $-5 \text{ }^\circ\text{C}$  se mohou projevit již na počátku května, jak dokládá průběh teplot vzduchu v první květnové pentádě roku 2011.

Nejvyšší průměrné denní teploty vzduchu vykazuje druhá polovina července, od které teploty vzduchu začínají postupně klesat. Zastavení poklesu a jejich mírný vzestup vyvolává nepravidelně se vyskytující oteplení, nejčastěji v druhé polovině září, tzv. „babí léto“. Projevuje se výrazněji na východě našeho území vlivem anticyklony nad střední a jihovýchodní Evropou. Následující pokles teploty vzduchu je v některých letech výraznější na počátku listopadu. Vegetační období zemědělských plodin mimo přezimujících však končí nejčastěji v září, případně v říjnu, kdy se již víceméně pravidelně vyskytují noční mrazy, tedy minimální teploty vzduchu jsou pod nulou. V našich podmínkách je známá tzv. „vánoční obleva“, kdy nejčastěji uprostřed poslední dekády prosince

dochází k oteplení. Její význam z hlediska zemědělského je většinou nevýznamný.

Významnou agroklimatologickou charakteristikou je vymezení tzv. vegetačních období. Velké vegetační období, dané obdobím v roce mezi průměrnými denními teplotami vzduchu 5 °C, nastupuje nejdříve na jižní Moravě, a to kolem 20.3. a končí na počátku druhé dekády listopadu. V těchto částech našeho území činí jeho délka v průměru 230 až 240 dnů. S nadmořskou výškou klesá a ve vrcholových oblastech dosahuje jen kolem 130 dnů, kdy začíná v první dekádě května a končí ve druhé dekádě září. Zkrácení délky představuje na 100 m nadmořské výšky 8 až 10 dnů. Průměrné denní teploty vzduchu 10 °C a více vymezují tzv. hlavní vegetační období, které v nejteplejších oblastech nastupuje v poslední dekádě dubna a končí počátkem druhé dekády října. Proto ho v průměru vyjadřujeme měsíci od dubna do září. Na 100 m nadmořské výšky se zkracuje o 8 až 10 dnů. Nejteplejší část roku, tzv. vegetační léto, vymezená průměrnými denními teplotami vzduchu 15 °C a více, trvá v nejteplejších oblastech až 110 dnů. S nadmořskou výškou klesá v průměru asi o 15 dnů na 100 m.

Základním a primárním zdrojem vody pro zemědělské plodiny jsou srážky. Ty se na našem území vyznačují velkou časovou i místní proměnlivostí, ovlivněnou nadmořskou výškou a expozicí vzhledem k převládajícímu proudění. Dlouhodobé průměry v Čechách mají rozpětí od nejnižších hodnot v okolí Žatce, kde nejnižší průměrný roční úhrn činí 410 mm a je nejsušší oblastí republiky, až po nejvyšší úhrn 1705 mm mimo zemědělské oblasti (Bílý Potok, Jeseníky). Na Moravě připadá minimální roční průměr srážek na oblast jižně od Znojma (Drnholec 495 mm), maximální roční průměr patří Lysé hoře s 1532 mm (Moravskoslezské Beskydy). Podle dlouhodobého průměru jsou tedy na našem území roční srážky v rozpětí od 410 mm do 1705 mm. Podle ročních období má nejvyšší průměrné úhrny srážek léto (kolem 40 %), dále jaro (25 %), podzim (20 %) a zima (15 %). Letní maximum souvisí s výskytem bouřkových lijáků při přílivech relativně studeného vzduchu od západu až severozápadu.

Nejnižší roční úhrn srážek byl naměřen na stanicích Velké Přítočno (r. 1933) a Skryje, Pisky (u Rakovníka) (r. 1950), a to 247 mm, přičemž roční úhrn srážek tam činil 50 %, resp. 47 % průměru. Obě místa jsou na jihovýchod od Rakovníka a patří do nejsušší oblasti republiky. Nejmenší roční úhrn srážek na Moravě, a to 251 mm (48 % průměru), zjistili v r. 1947 na jih od Brna na stanici Sokolnice, opět v suché oblasti Moravy. V průměru činí maximální roční úhrny srážek ve velmi vlhkém roce více než 150 % a minimální roční úhrny ve velmi suchém roce jen okolo 50 % srážek podle dlouhodobého průměru. Měsíční maxima v mimořádně vlhkých měsících mohou překročit i více než 500 % příslušného měsíčního průměru. Denní maxima v jednotlivých měsících překračují měsíční průměr pro dané místo.

Jako srážková charakteristika je uváděn i počet dnů se srážkami. Pokud je srážkový den vymezen úhrnem 1 mm a více, je průměrně za rok těchto dnů v suchých oblastech přes 90, v horských, nejvlhčích oblastech, skoro 190. Výskyt srážek má velmi proměnlivou podobu i z hlediska jejich intenzit. Pro léto je typický výskyt bouřek, které často přinášejí velmi intenzivní srážky, tzv. přívalové deště, které vyvolávají povodně, často jsou jejich výskyty provázeny silnou erozí půdy. Maximum výskytu bouřek je v měsících červnu a červenci. Průměrně je u nás v roce kolem 25 bouřek, přitom nejméně jich je v nížinách a s nadmořskou výškou jejich počet stoupá. Výskyt bouřek z hlediska zemědělského má ještě další negativní projev, kterým je krupobití. Jeho výskyt je velmi nepravidelný a plošně velmi odlišný. Typický je jejich výskyt v pruzích, kdy pozorujeme rozdílný výskyt krup na vzdálenosti jen několika desítek metrů. Krupy však takřka každoročně působí velké škody na úrodě, zvláště na ovoci a zelenině.

Přezimování zemědělských plodin významně ovlivňuje sněhová pokrývka. Její výskyt je hlavně v níže položených zemědělských oblastech velmi nepravidelný. V našich nejteplejších oblastech se v některých letech souvislá sněhová pokrývka takřka nevyskytuje. V průměru se maximální výška sněhové pokrývky pohybuje od 15 cm v nížinách do 200 cm na horách. Její výskyt činí v nížinách průměrně 40 dnů, na horách dosahuje takřka 200 dnů.

Výdej vody z půdy a porostů vyjadřuje evapotranspirace, která významně ovlivňuje růst a vývoj zemědělských plodin. Jedná se o výdejovou složku ve vodní bilanci půdy. Měření evaporace (výparu z povrchu bez rostlin) a evapotranspirace (výpar z povrchu s rostlinami) je velmi složité a provádí se

jen v rámci výzkumných projektů. Proto většinou vycházíme z výpočtů potenciální, případně aktuální evapotranspirace (převážně podle Penmanova vztahu, resp. podle modifikace Penman-Monteith). V nejteplejších oblastech našeho území roční úhrn evapotranspirace jen málo přesahuje 700 mm, v nejméně chladnějších nedosahuje 400 mm, je tedy prokazatelný její pokles s nadmořskou výškou. Aktuální evapotranspirace dosahuje v teplých oblastech 400 až 450 mm, největší je ve středních výškách (málo přes 500 mm), v nejvyšších polohách činí méně než 350 mm. Rozdíl mezi evapotranspirací a srážkami vyjadřuje vláhové poměry daného místa, tedy humiditu (pokud jsou vyšší srážky) či ariditu (pokud je vyšší evapotranspirace). S využitím údajů o evapotranspiraci ( $E_o$ ) a srážkách ( $P$ ) můžeme stanovit různé ukazatele vláhové bilance.

Vývoj a růst zemědělských plodin ovlivňují také větrné poměry, u kterých vyjadřujeme směr a rychlost větru. Směr větru je výrazně ovlivněn reliéfem, takže se uplatňují lokální vlivy. Průměrné roční proudění výrazně neovlivněné terénem má na západní části našeho území směr západní, ve východní části severozápadní směr. Přitom se mezi sebou částečně liší proudění v jednotlivých ročních obdobích. Rychlost větru je zákonitě nejvyšší na horách s častějším výskytem vichřic (průměrná roční rychlost na vrcholech hor přesahuje  $5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ). S klesající nadmořskou výškou rychlost větru klesá, v nížinách je průměrná roční rychlost 3 až  $4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . V ročním chodu se maxima rychlostí vyskytují koncem zimy a začátkem jara, minima na podzim. Maximální nárazy zaznamenané na našem území dosahují až  $50 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ , tj. kolem  $180 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ . Škody na porostech působí vysoká rychlost větru, nejčastěji při bouřkách s výskytem lijáků.



#### 4. Retenční schopnosti a vláhové poměry naší krajiny

Zajištění půdní vláhy je dáno projevem počasí na daných půdách. Charakteristika půdních poměrů je vyjádřena vybranými hydrolimity. V rámci agroklimatologické služby Českého hydrometeorologického ústavu byla zpracována charakteristika půd pro výběr klimatologických stanic, ze kterých jsou pro celé území ČR prováděny výpočty evapotranspirace, vláhové bilance a výskytů sucha. U klimatologických stanic, kde byly provedeny kompletní půdní rozbor, vedle VVK i další hydrolimity, a to pórovitost, retenční vodní kapacita a bod vadnutí, vše v % objemových a ve vrstvách po 10 cm. Příklad vyhodnocení půdního rozboru pro klimatickou stanicí Dyjákovice je uveden v Tab. 1.

Tab. 1 Půdní rozbor, příklad zpracování pro klimatologickou stanicí Dyjákovice

<b>Mendelova zemědělská a lesnická univerzita Brno</b>			
<b>Ústav půdoznalství a mikrobiologie</b>			
Lokalita	DYJÁKOVICE	Datum	
Poloha	rovina	Nadmořská výška (m n.m.)	201
Rostlinný kryt	vinohrad – zahrada		
Matečná hornina	zahliněné štěrkopísky - terasa řeky Dyje		
Označení půdy	černozem typická		

Mocnost (cm) Index genetického horizontu	Barva za sucha/ za vlhka	Půdní druh*	Struktura	Skeletovitost v %	Vlhkost	Jiné znaky
0-40 Amč	černá 10YR 3/4	PH	drobtovitá	příměs oblázků	vlhká	
40-60 A	šedočerná 10YR 3/3	PH	nestrurní	oblázkový štěrk do 5 cm 70%	vlhká	
60-85 A/C	světle hnědá 10YR 5/6	HP	nestrurní	oblázkový štěrk 50%	vlhká	štěrku dospodu ubývá
80-105 C	zelenavě žlutá 10YR 5/8	H	nestrurní	příměs oblázků	vlhká	

Hloubka (cm)	Pórovitost	Retenční vodní kapacita	Bod vadnutí	Využitelná vodní kapacita	*Klasifikace půdního druhu: P - písčítá HP - hlinitopísčítá PH - písčitohlinitá H - hlinitá JH - jílovitohlinitá JV - jílovitá J - jíl
	% obj.			mm	
10	41,05	22,90	10,00	12,90	
20	41,05	22,90	10,00	12,90	
30	38,15	18,70	10,60	8,10	
40	38,15	18,70	10,60	8,10	
50	38,15	18,70	10,60	8,10	
60	34,39	10,90	7,60	3,30	
70	34,39	10,90	7,60	3,30	
80	34,39	10,90	7,60	3,30	
90	37,49	21,20	13,90	7,30	
100	37,49	21,20	13,90	7,30	

## 5. Výpočty pomocí modelu AVISO na základě půdních rozborů

Určení VVK pro všechny klimatologické stanice modelu AVISO je důležitým faktorem zpřesnění dosažených výsledků. V operativním i režimovém zpracování uvedený model doposud pracoval s předem modelově stanovenými hodnotami VVK, a to ve smyslu rozdělení půd na půdy lehké, těžké a středně těžké bez ohledu na konkrétní situaci, zda se taková půda v okolí výpočetního místa (klimatologické stanice) vyskytuje. Dílčí zpřesnění výstupů modelu bude zajištěno právě specifikací VVK pro všechny stanice.

Pokud bychom uvažovali o zkvalitnění výstupů podle skutečných (aktuálních) poměrů na jednotlivých výpočetních místech, je nezbytně nutná znalost vybraných hydrolimitů, a to zvláště retenční vodní kapacity (polní vodní kapacity), vlhkosti bodu vadnutí a využitelné vodní kapacity půdy, kdy tyto hydrolimity jsou typické právě pro širší okolí výpočetního místa. Konkrétní hodnoty využitelné vodní kapacity by tak nahradily její schématické hodnoty 70 mm, 120 mm a 170 mm na 1 m půdního profilu, které jsou v současné době zakomponovány v operativní verzi AVISA.

Model AVISO byl již připraven na upřesnění hydrolimitu VVK a v současné době se provádí testovací výpočty. Pro každou klimatologickou stanici se neuvažuje pouze jediný údaj VVK, ale do výpočtů vstupují též hodnoty VVK, odpovídající 90% a 110 % VVK určené z půdního rozboru. Předpokládáme, že tato zpřesněná varianta modelu bude od příštího roku souběžně se stávajícím modelem v operativním provozu.

## 6. Sucho – extrémní stav vláhové bilance

Sucho je velmi neurčitý, avšak v meteorologii často užívaný pojem, znamenající v zásadě nedostatek vody v půdě, rostlinách nebo i v atmosféře. Jednotná kritéria pro kvantitativní vymezení sucha neexistují, a to zvláště s ohledem na rozmanitá hlediska meteorologická, hydrologická, zemědělská, pedologická, bioklimatologická a celou řadu dalších podmínek i s ohledem na škody v různých oblastech národního hospodářství. Sucho lze vyjadřovat pomocí různých klimatologických indexů.

Sucho je většinou jevem nahodilým. Vyskytuje se nepravidelně v období podnormálních až výrazně podnormálních srážek s trváním od několika dní až po extrémně několik měsíců. Srážkový deficit ve vegetačním období bývá velmi často doprovázen nadnormálními až výrazně nadnormálními teplotami vzduchu, nižší relativní vlhkostí vzduchu, zmenšenou oblačností a větším počtem hodin slunečního svitu. Uvedené meteorologické prvky mají pak za následek vyšší evapotranspiraci, resp. vyšší evaporaci, čímž se dále zvyšuje nedostatek vody a současně se prohlubuje období sucha. Nahodilé sucho je velmi nebezpečné právě svým neočekávaným a nepravidelným výskytem. Ve střední Evropě v našich zeměpisných šířkách vzniká v důsledku nadnormálně četného výskytu anticyklonálních typů synoptických situací, při nichž se nad evropskou pevninou často vytvářejí blokující anticyklóny. V těchto situacích je nižší úhrn srážek vypadávajících při relativně menším počtu přecházejících atmosférických front. Příčiny těchto dlouhodobějších synoptických anomálií nebyly doposud uspokojivě objasněny, a proto je velmi obtížné tato nahodilá sucha předpovídat.

Definice sucha není zdaleka jednotná. Podle příčin jej lze charakterizovat z několika pohledů:

- Sucho meteorologické (nevhodný název sucho atmosférické) lze definovat nejčastěji časovými a prostorovými srážkovými poměry, např. výskytem suchého nebo vyprahlého období. Kromě množství a intenzity spadlých srážek vztažených k dlouhodobým srážkovým normálům pro dané místo a roční dobu stanovili mnozí autoři různé definice, a to v závislosti i na dalších meteorologických prvcích (teplota vzduchu, výpar, rychlost větru, vlhkost vzduchu aj.), pomocí klimatologických indexů.

Model AVISO lze použít pro analýzu případného meteorologického sucha na základě vyhodnocení základní či aktuální vláhové bilance travního porostu (podrobněji viz dále).

- Sucho zemědělské (agronomické) lze definovat jako nedostatek vody v půdě (odtud taktéž sucho půdní), ovlivněný 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. Definice agronomického sucha je velmi obšírně diskutovaným problémem, který předpokládá podrobnější znalosti z hydrologie, rostlinné fyziologie, zemědělské ekonomiky apod.

Model AVISO lze použít pro analýzu případného agronomického (půdního) sucha na základě vyhodnocení zásoby využitelné vody v půdě pod travním porostem (podrobněji viz dále).

- Sucho hydrologické lze definovat pro povrchové toky určitým počtem za sebou jdoucích dní, týdnů, měsíců i roků s výskytem relativně velmi nízkých průtoků vzhledem k dlouhodobým měsíčním či ročním normálům. Vyskytuje se 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. Hydrologické sucho se často vlivem retardačních účinků vyskytuje i v době, kdy již meteorologické sucho dávno odeznělo; naopak při výskytu meteorologického sucha se ještě vůbec nemusí projevit.
- Sucho fyziologické lze definovat jako nedostatek vody z hlediska potřeb jednotlivých druhů rostlin. Některé druhy půd, např. půdy rašelinné, jílovité, dále pak zmrzlá půda aj. jsou někdy fyziologicky suché, i když přitom obsahují dostatečné množství půdní vody.

Model AVISO lze použít pro analýzu případného fyziologického sucha vybraných rostlin na

základě vzájemné bilance kritického a aktuálního vláhového deficitu dané rostliny (podrobněji viz dále).

V další části této kapitoly monografie jsou ve stručnosti popsány vybrané postupy pro analýzu možného sucha na území České republiky, které se používají v operativní službě ČHMÚ.

### 6.1. Monitorování zemědělského sucha (monitoring sucha)

Monitorování zemědělského sucha je pravidelná a operativní služba ČHMÚ (Oddělení biometeorologických aplikací Praha a Oddělení agrometeorologie a fenologie Brno) ve vegetačním období (duben - září), která na webových stránkách ČHMÚ zahrnuje následující informace ([www.chmi.cz](http://www.chmi.cz)):

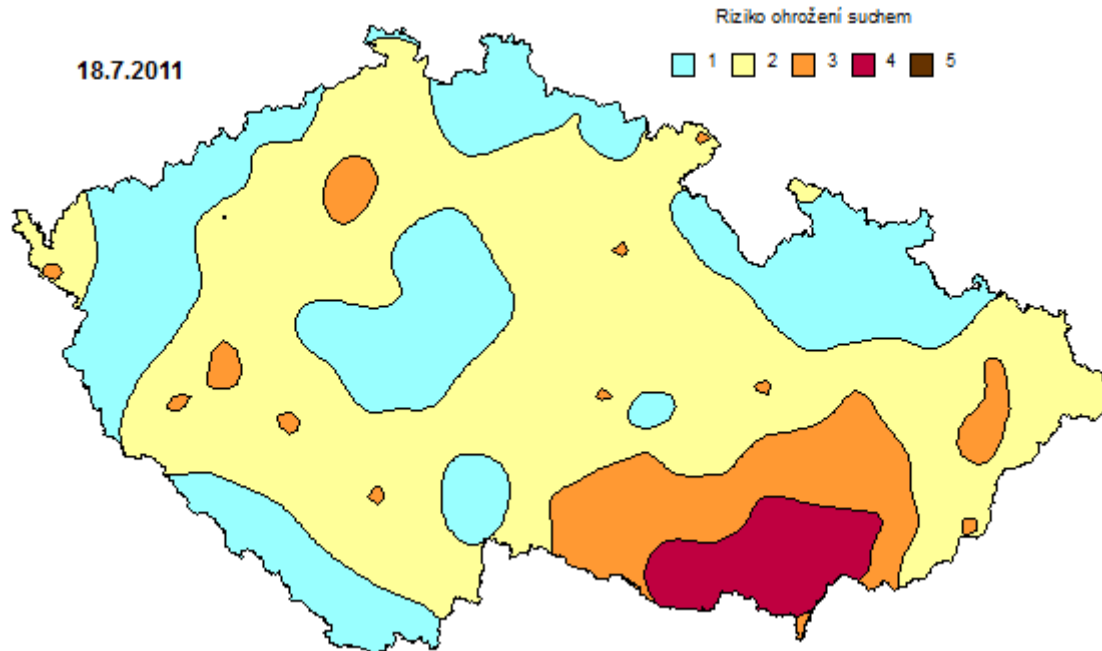
#### Riziko ohrožení zemědělským suchem

Základní mapa představuje riziko ohrožení zemědělským suchem pro území České republiky. Vymezuje pět stupňů ohrožení suchem, a to: 1 - malé, 2 - mírné, 3 - středně velké, 4 - velké, 5 - nejvyšší. Čím je tento stupeň vyšší, tím je vyšší riziko ohrožení zemědělským suchem. Výsledná mapa vzniká kompilací výsledků získaných ze tří metod hodnocení zemědělského sucha:

- měřená vlhkost půdy čidly VIRRIB ve třech rozdílných hloubkách;
- vypočtená vláhová bilance půdy pod travním porostem;
- vypočtená základní vláhová bilance srážek a potenciální evapotranspirace travního porostu.

Aktualizace výsledné mapy se provádí 1x týdně v pondělí nebo v úterý (analyzované údaje jsou vždy z předcházející neděle). Příklad zpracování je k neděli 18. 7. 2011.

**Obr. 1** Riziko ohrožení zemědělským suchem na území ČR, stav k 18. 7. 2011



*Pramen: [www.chmi.cz](http://www.chmi.cz)*

Pro lepší názornost a orientaci jsou na mapách zobrazeny kategorie půdních vlhkostí s vysvětlujícím slovním doprovodem:

- 1 - velmi vysoká vlhkost půdy (>90 % VVK);
- 2 - vysoká vlhkost půdy (70-90 % VVK);
- 3 - dobrá vlhkost půdy z hlediska zemědělského (50-70 % VVK);

- 4 - slabá vlhkost půdy (30-50 % VVK);
- 5 - nízká vlhkost půdy (10-30 % VVK);
- 6 - velmi nízká vlhkost půdy (0-10 % VVK).

Zjednodušeně lze konstatovat, že o suchu lze hovořit při výskytu kategorií 5-6 (0-30 % VVK), normální stav vlhkosti půdy je při výskytu kategorií 2-4 (30-90 % VVK) a nadbytek vody v půdě je při kategorii 1 (>90 % VVK). Na webových stránkách ČHMÚ jsou tyto údaje k dispozici každodenně.

## 6.2. Hodnocení suchého období 2003

Pokles zásob podzemních vod, který se projevil poklesem hladin a zmenšováním vydatností pramenů, započal obecně již v březnu 2003. Jak je zřejmé ze souhrnných grafů, výchozí stav zásob podzemních vod v poríčních zónách byl výrazně vyšší, než v ploše mimo tyto zóny. Hladiny podzemních vod vycházejí v lednu 2003 z kvantilů 22% u MKP a 9% RKP, vydatnosti pramenů přibližně z 37% kvantilů obou užívaných srovnání. Hladiny ve srovnání s DP jsou 0,41 m nad průměrem a 0,37 nad MDP. Vydatnosti v lednu ve stejném porovnání vystoupily nad DP o 30% a 33% nad MDP. Březnové tání sněhu se výrazněji projevilo u vydatností pramenů, než v úrovních hladin podzemních vod. Celkově však celkový trend pouze pozastavilo, ale nezměnilo. Poměrně vysoké květnové srážky se v režimu podzemních vod neprojevily, patrně vzhledem k tomu, že vegetační kryt nepropustil srážky na hladinu podzemních vod. Celkově období od ledna, respektive března 2003 lze charakterizovat nedostatečnou dotací podzemních vod až do srpna 2003. Proto v tomto období docházelo k postupnému zmenšování zásob podzemních vod, které se projevovalo postupným snižováním úrovní hladin podzemních vod a zmenšováním vydatností pramenů. Jak u hladin podzemních vod, tak i vydatností pramenů dosáhl na úroveň kvantilu přibližně 80% RKP a MKP. Tento fakt dokládá, že zásoby podzemních vod v poríčních zónách vyprazdňovaly rychleji, než zásoby mimo tyto zóny tj. v ploše území ČR.

Nedostatečná dotace podzemních vod se v režimu podzemních vod projevila plošně rozdílně. Příčinou byly plošné rozdíly v rozdělení srážek a rozdílné vlastnosti hydrogeologických struktur. Vlastnosti hydrogeologické struktury území se projevily zejména období vyprázdnění zásob. Struktury s většími zásobami podzemních vod nebyly vyprázdňeny tak, jako struktury s mělkými poměrně rychlými puklinovými oběhy a malými zásobami. Obecně lze konstatovat, že v pánevní strukturách jako česká křídlová pánev a jihočeské pánve (třeboňská a budějovická) zásoby poklesly pod dlouhodobé průměry až v červenci nebo srpnu. Poměrně velké zásoby podzemních vod pánevních struktur, které dotace v druhé polovině roku 2002 doplnila zásoby nad dlouhodobé průměry, se vyprazdňovaly pomaleji. Tuto skutečnost dokumentují grafy z oblasti pravostranných přítoků z povodí dolního Labe, které reprezentují severočeskou část české křídlové pánve. Vzhledem k téměř bezsrážkovému průběhu celého období prameny velmi věrohodně reprezentují režim i stav zásob podzemních vod. Z grafů křivek překročení je zřejmé, že až do července byly vydatnosti blízké dlouhodobým průměrům. Následující pokles, který dosáhl ke kvantilu 70% nepředstavuje významnou změnu.

V území s mělkými puklinovými oběhy poklesy hladin i zmenšování vydatností, jako projev vyprazdňování zásob podzemních vod, postupovalo daleko rychleji. Jak hladiny, tak vydatnosti poklesly pod dlouhodobé průměry obvykle v květnu s rozptylem, který je dán jednak výchozím stavem, jednak velikostí dotace z tání sněhu. Rozdíl je rovněž mezi režimem hladin podzemních vod a vydatností pramenů. Jak již bylo zmíněno hladiny podzemních vod měřené ve vrtech státní pozorovací sítě zachycují hlavně poríční zóny, vydatnosti pramenů dobře charakterizují plochu mimo poríční zóny. Celkově zásoby v poríčních zónách byly vyčerpávány rychleji, než v ploše území mimo tyto zóny. Rozdíly v jednotlivých oblastech jsou dány jak výchozím stavem, tak i vlastnostmi hydrogeologické struktury. Např. puklinové systémy v granitoidních horninách mají podstatně větší objemy, než v břidlicích, svorech a podobných horninových prostředích.

Plošně však byly již od počátku roku odlišné jižní a jihozápadní oblasti Čech od SV Čech a severní

Moravy. Jižní a jihozápadní Čechy jsou reprezentovány povodími Vltavy a Berounky, kde poklesová fáze započala již v lednu až únoru a březnové srážky a tání sněhu představují v režimu podzemních vod pouze podružné maximum na rozhraní března a dubna. V povodí Berounky jak vydatnosti pramenů v lednu (přibližně 25% MKP i RKP) tak i hladiny podzemních vod (přibližně 19% MKP a 15% RKP) z poněkud nižších hodnot vzhledem k dlouhodobým průměrům a v září, kdy končí hodnocené období byly vydatnosti pramenů 60% MKP a 63% RKP a hladiny na kvantilech 73% MKP a 78% RKP. V povodí Vltavy je pokles daleko výraznější, a to jak u hladin v poričních zónách, tak i vydatností pramenů. Tento jev vzhledem k záplavám v celém povodí nelze upokojivě vysvětlit. Výchozí stav v lednu 16% MKP a 17% RKP u vydatností pramenů a 12% MKP a 10% RKP u hladin podzemních vod. Konečný stav v září dosáhl přibližně 90% obou uvedených srovnání. Jak v povodí Berounky, tak i Vltavy vyčerpávání zásob v poričních zónách bylo výrazně rychlejší, než v ostatních částech území.

Severovýchodní Čechy a severní Morava, reprezentované povodími horního Labe a Odry, se režimem podzemních vod liší od J a JZ Čech. Jak úroveň hladin podzemních vod, tak i vydatnosti pramenů podkročily pod dlouhodobé průměry v červnu, přičemž se podstatně projevilo jak tání sněhu, tak i květnové srážky. V obou případech došlo k zřetelné dotaci podzemních vod. Tento jev kromě dalších má patrně příčinu v celkově vyšší nadmořské výšce území. V porovnání s křivkami překročení v povodí horního Labe v lednu vydatnosti byly na 30% RKP a 35% MKP a hladiny 18% MKP a 12% RKP. V povodí Odry dosáhly vydatnosti 46% MKP a 53% RKP a hladiny 44% MKP a 42% RKP. V září 2003 vydatnosti dosahovaly 72% MKP a RKP, hladiny 87% MKP a 90% RKP. Z porovnání je zřejmé, že celkové vyprazdňování zásob podzemních vod bylo pomalejší, než v J a JZ Čechách.

Povodí Moravy a povodí Dyje představuje charakterem režimu přechodový typ mezi již popsanými. Vydatnosti pramenů v obou povodích v období leden - květen stagnovaly a mírně klesaly a teprve od června do září postupně zřetelně klesaly. V porovnání s křivkami překročení pokles vydatností v povodí Moravy byl podstatně větší, než v povodí Dyje. Z blízkých hodnot vyjádřených v kvantilech křivek překročení v lednu 41% MKP a 40% RKP v povodí Moravy a v povodí Dyje 51% MKP a 52% RKP vydatnosti v povodí Moravy poklesly na přibližně 95% obou typů křivek překročení zatímco v povodí Dyje byl pokles ukončen přibližně u 70% MKP i RKP. V porovnání s odchylkami vydatností v konci poklesové fáze byly vydatnosti v povodí Moravy o 50% a více pod MDP, v povodí Dyje klesly pod srovnávací hodnoty o 32% MDP a 37% DP.

Hladiny podzemních vod v povodí Moravy i Dyje poklesly v září na přibližně 70 - 80% křivek překročení, ale dynamika poklesu byla v povodí Dyje výrazně větší, protože počáteční hodnoty v lednu byly na úrovni přibližně 12% MKP i RKP, zatímco v povodí Moravy byly na 35% MKP a 32% RKP. Pokles začal v povodí Moravy v dubnu a v povodí Dyje v březnu. V absolutních odchylkách poklesly hladiny v září o 0,3m pod MDP v povodí Moravy a o 0,2m MDP v povodí Dyje.

Analýza sucha za rok 2003 je uzavřena v jednotlivých položkách k 30. září 2003. Takto stanovené období pokrývá celé vegetační období tohoto roku, ale není schopno postihnout a stanovit nutnou dobu, po kterou se bude krajinný systém v oblasti zásob vody v jednotlivých částech systému doplňovat.

Z pohledu klimatologického a agroklimatologického bylo v průměru období od ledna do konce září významně teplejší, odchylka průměrné teploty od dlouhodobého průměru 1961 – 1990 téměř na celém území ČR vykazuje kladnou odchylku do 2 °C. Vyskytl se nedostatek srážek, příznivější vláhová situace byla pouze v okrajových částech ČR, naopak nepříznivá až výrazně nepříznivá byla ve všech zemědělsky produkčních oblastech, a to nejen ke konci září, ale průběžně ve všech letních měsících.

Nižší vlhkost vzduchu s vysokými teplotami vyvolala jeho vysokou "vysoušecí schopnost". Proto byly hodnoty potenciální evapotranspirace v hodnoceném období roku 2003 podstatně vyšší než je jejich dlouhodobý průměr 1992-2002, naopak zákonitě byla vlhkost půdy nižší než zmíněný dlouhodobý průměr. S tím souvisí i vyšší výskyt počtu dní, kdy aktuální deficit dosáhl či překročil hodnotu kritického vláhového deficitu.

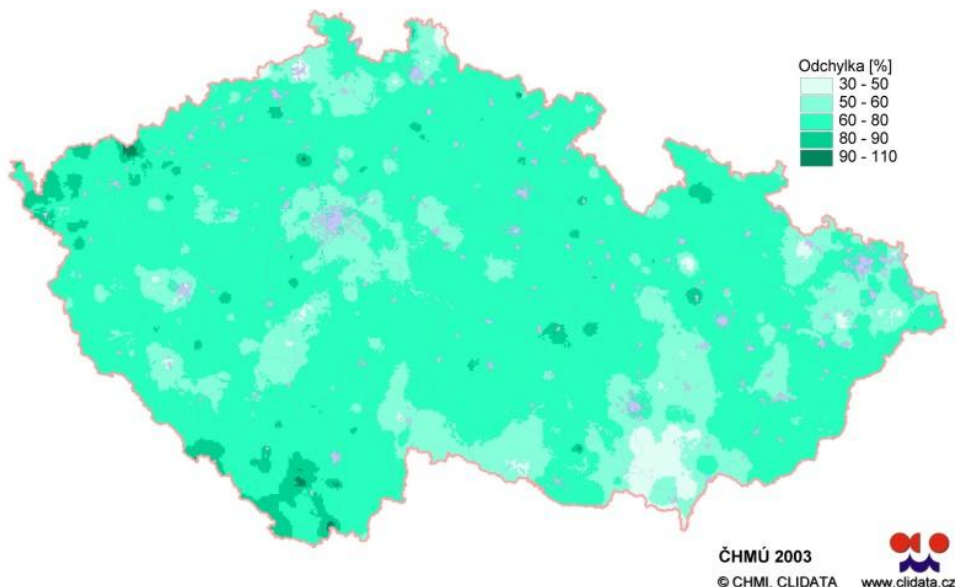
Největší záporné odchylky indexu meteorologického sucha se vyskytovaly na celém území ČR s výjimkou pohraničních hor. Výskyt sucha měl dosud 5 vln, se dvěma výraznými vrcholy. První proběhl v červnu, kdy se kritické sucho vyskytovalo na 47 % území ČR, tj. postihovalo většinu pěstitelsky významných oblastí republiky. Druhý, v podstatě srpnový, se vyskytl na 53 % území a byl rozsáhlejší než červnový.

Z hodnocení hydrologických vyplývá, že z hlediska povrchových vod nelze chápat letošní suché období jako celoplošnou záležitost, přesto extrémně malé průtoky se vyskytovaly místy na tocích v jižních a východních Čechách, dále i na malých tocích na západě území. Postiženy byly i toky na severní Moravě pramenící v oblasti Jeseníků. Je nutné však brát v úvahu, že výsledky jsou závislé na délce pozorování průtoků.

Zmenšování zásob podzemních vod se projevilo dříve v jižních a jihozápadních Čechách, než ve zbývající části území. Za jasný příznak sucha u podzemních vod však považujeme dosažení, nebo podkročení kvantilu 85 % měsíční křivky překročení, který byl dosažen pouze v povodí Moravy a částečně i v povodí Odry. Proto celkově z hlediska podzemních vod suché období roku 2003 nelze považovat za extrémně suché. Významnější projevy nedostatku podzemních vod byly dány převážně lokálními podmínkami.

## Obr. 2

Odchylka úhrnu srážek 1. 1. 2003 - 10. 8. 2003 v procentech dlouhodobého průměru



První příznaky vysýchání půd se v roce 2003 projevily v 18. kalendářním týdnu (28. 4. až 4. 5.) v západních Čechách, tedy jen o něco později než v roce 2000, kdy rozsáhlé vysýchání půd začalo v 17. týdnu (24. až 30. 4. 2000) a vyvrcholilo v 19. týdnu (8. až 14. 5. 2000) poklesem zásob vody využitelné rostlinami až ke kritické hranici bodu trvalého vadnutí na více než 50% našeho území. V letošním roce vrcholil proces vysýchání půd ve 26. kalendářním týdnu (23. až 29. 6.), kdy sucho na hranici 20% rostlinami využitelné vody postihlo kromě Krkonoš, Vizovické vrchoviny a nejvyšších míst Moravskoslezských Beskyd celé území naší republiky. Oproti roku 2000 zaujímal sice oblasti s kritickým suchem cca 10%, avšak oblasti se zásobami vody pod 5% měly zhruba tentýž rozsah jako v roce 2000. Po přechodném zvýšení zásob vody v půdách se projevila letos druhá vlna vysýchání ve 28. týdnu (7. až 13. 7.) a zejména 29. týdnu (14. až 20. 7.) s výrazným projevem sucha na jihozápadě ČR. Od začátku srpna se rychle začaly snižovat zásoby vody v půdách na východě Čech a na jihozápadní Moravě. V této třetí vlně intenzivního vysýchání půd, které trvá dosud, bylo zatím nejvíce postiženo Znojensko. V závislosti na dalším vývoji bude záviset konečný vliv na zemědělskou produkci.

## 7. Případová studie extrémů počasí v Jihomoravském kraji

K objektivnímu hodnocení průběhu počasí, tedy průběhu teploty vzduchu, srážek, potenciální evapotranspirace, základní vláhové bilance a dalších meteorologických prvků musí být tyto srovnány s průměrnými hodnotami za dlouhodobé období. Proto je nutné alespoň ve stručnosti uvést agroklimatické podmínky území JmK.

Území JmK patří podle klimatologických hodnocení k nejteplejší, ale současně k nejsušší části naší republiky. Průměrné roční teploty vzduchu se zde podle Atlasu podnebí Česka pohybují od 6 do 10 °C, průměrné roční srážkové úhrny jsou v rozmezí 450 až 700 mm. Nejrozsáhlejší hodnocení agroklimatických podmínek naší republiky (Agroklimatické podmienky ČSSR, Bratislava 1975) vychází při rajonizaci území ze tří agroklimatických ukazatelů:

**1) agroklimatického ukazatele teploty vzduchu ( $TS_{10}$ )**, kterým je teplotní suma za období s průměrnou denní teplotou vzduchu 10 °C a vyšší. Podle  $TS_{10}$  je na území ČR vymezena:

a) agroklimatická makrooblast teplá s  $TS_{10} = 3100$  až  $2401$  °C. V této makrooblasti jsou vymezeny čtyři agroklimatické oblasti: 1, velmi teplá s  $TS_{10} \geq 3000$  oC, 2, převážně teplá s  $TS_{10} = 3000$  až  $2801$  oC, 3, dostatečně teplá s  $TS_{10} = 2800$  až  $2601$  oC, 4, poměrně teplá s  $TS_{10} = 2600$  až  $2401$  oC.

b) agroklimatická makrooblast mírně teplá s  $TS_{10} = 2400$  až  $2001$  °C. Dělí se na dvě agroklimatické oblasti: 1, poměrně mírně teplou s  $TS_{10} = 2400$  až  $2201$  oC, 2, slabě mírně teplou s  $TS_{10} = 2200$  až  $2001$  oC.

c) agroklimatická makrooblast chladná s  $TS_{10} = 2000$  až  $1600$  °C. Dělí se taktéž na dvě agroklimatické oblasti: 1, mírně chladnou s  $TS_{10} = 2000$  až  $1801$  oC, 2, převážně chladnou s  $TS_{10} = 1800$  až  $1600$  oC.

**2) agroklimatického ukazatele zavlažení ( $K_Z$ )**, vyjádřeného tzv. *klimatickým ukazatelem zavlažení za letní měsíce červen - srpen*. Ukazatel vyjadřuje podmínky zavlažení rozdílem potenciální evapotranspirace ( $E$ ) a srážek ( $Z$ ), kdy  $K_Z = E - Z$  (mm).

Nedostatek vláhy vyjadřují kladné hodnoty  $K_Z$ , záporné hodnoty naopak její nadbytek. Podle  $K_Z$  je vymezeno sedm podoblastí.

a) podoblast velmi suchá,  $K_Z > 150$  mm

b) podoblast převážně suchá,  $K_Z$  v rozmezí 150 až 101 mm

c) podoblast mírně suchá,  $K_Z$  v rozmezí 100 až 51 mm

d) podoblast mírně vlhká,  $K_Z$  v rozmezí 50 až 1 mm

e) podoblast převážně vlhká,  $K_Z$  v rozmezí 0 až -50 mm

f) podoblast vlhká,  $K_Z$  v rozmezí -51 až -100 mm

g) podoblast velmi vlhká,  $K_Z < -100$  mm

**3) agroklimatického ukazatele přezimování ( $T_{min}$ )**, pro který byl použit *průměr ročních absolutních teplotních minim teploty vzduchu*.  $T_{min}$  vystihuje teplotní podmínky během zimy. Podmínky pro přezimování charakterizují agroklimatické okrsky:

1) Agroklimatický okrsek převážně mírné zimy s  $T_{min}$  vyšší než -18 °C.

2) Agroklimatický okrsek poměrně mírné zimy s  $T_{min}$  v rozmezí -18 až -20 °C.

3) Agroklimatický okrsek mírně chladné zimy s  $T_{min}$  v rozmezí -20,1 až -22 °C.

4) Agroklimatický okrsek převážně chladné zimy s  $T_{min}$  v rozmezí -22,1 až -24 °C.

5) Agroklimatický okrsek studené zimy s  $T_{min}$  nižší než -24 °C.



Tab XX Agroklimatická rajonizace okresů Jihomoravského kraje

Okres	Agroklimatická makrooblast	Agroklimatická oblast	Agroklimatická podoblast	Agroklimatický okrsek
Znojmo	Teplá	převážně teplá	převážně suchá	poměrně mírné zimy
		dostatečně teplá	převážně suchá	poměrně mírné zimy
		poměrně teplá	převážně suchá	poměrně mírné zimy
Břeclav	Mírně teplá	poměrně mírně teplá	převážně suchá	poměrně mírné zimy
	Teplá	velmi teplá	převážně suchá	převážně mírné zimy
		převážně teplá	převážně suchá	poměrně mírné zimy
		dostatečně teplá	převážně suchá	poměrně mírné zimy
		poměrně teplá	převážně suchá	poměrně mírné zimy
Hodonín	Teplá	poměrně teplá	mírně suchá	mírně chladné zimy
		převážně teplá	převážně suchá	převážně mírné zimy
		převážně teplá	převážně suchá	poměrně mírné zimy
		dostatečně teplá	převážně suchá	poměrně mírné zimy
	Mírně teplá	poměrně teplá	převážně suchá	poměrně mírné zimy
		poměrně mírně teplá	mírně suchá	poměrně mírné zimy
		poměrně mírně teplá	převážně suchá	mírně chladné zimy
		slabě mírně teplá	mírně suchá	mírně chladné zimy
Brno-venkov	Chladná	mírně chladná	mírně vlhká	poměrně mírné zimy
	Teplá	převážně teplá	převážně suchá	poměrně mírné zimy
dostatečně teplá		převážně suchá	poměrně mírné zimy	
poměrně teplá		převážně suchá	poměrně mírné zimy	
Vyškov	Mírně teplá	poměrně mírně teplá	převážně suchá	poměrně mírné zimy
		slabě mírně teplá	mírně suchá	mírně chladné zimy
		poměrně mírně teplá	mírně suchá	mírně chladné zimy
	Teplá	dostatečně teplá	převážně suchá	poměrně mírné zimy
		dostatečně teplá	převážně suchá	mírně chladné zimy
		poměrně teplá	převážně suchá	poměrně mírné zimy
		poměrně mírně teplá	převážně suchá	mírně chladné zimy
Blansko	Teplá	poměrně mírně teplá	mírně suchá	poměrně mírné zimy
		poměrně mírně teplá	mírně suchá	poměrně mírné zimy
		poměrně mírně teplá	mírně suchá	mírně chladné zimy
	Mírně teplá	slabě mírně teplá	mírně suchá	mírně chladné zimy
		poměrně mírně teplá	mírně suchá	poměrně mírné zimy
		poměrně mírně teplá	mírně suchá	mírně chladné zimy
		slabě mírně teplá	mírně suchá	mírně chladné zimy
Chladná	slabě mírně teplá	mírně suchá	mírně chladné zimy	
	mírně chladná	mírně vlhká	mírně chladné zimy	
		mírně chladná	mírně vlhká	mírně chladné zimy

Jak vyplývá z přehledu území JmK zahrnuje všechny makroblasti, čímž je doloženo výše uvedené konstatování o rozdílných podmínkách v rámci kraje. Z podoblastí jde hlavně o převážně suchou a mírně suchou. Okrsky jsou nejvíce zastoupeny poměrně mírnou zimou. Taktéž okresy nezabírají jednotné území, pouze okres Břeclav má celé území v makroblasti teplé, naopak okresy Hodonín a Blansko mají na svém území všechny tři makroblasti.

## 8. Průběh agroklimatologických podmínek v roce 2007

V bioklimatologii je doporučováno jako vhodnější období pro hodnocení vztahu počasí a zemědělských plodin období od září do srpna následujícího roku, tzv. agronomický rok. Vliv budeme tedy hodnotit tímto postupem, a proto bylo za základ pro studii vzato období září 2006 až srpen 2007, které navíc takřka představuje vegetační období přezimujících zemědělských plodin. Výsledky byly objednatelům požadovány jednak pro celé území JmK a dále pro jednotlivé okresy (pozornost nebyla věnována okresu Brno-město). S ohledem na to, že administrativní vymezení území kraje zahrnuje rozdílné přírodní a tím i podnební podmínky, musela být charakteristika průběhu agroklimatologických podmínek za zvolené období pro jednotlivé okresy uváděna často jako kompromis, který nevyjadřuje zcela rozdílné podmínky v dílčích částech.

### 8.1. Teplota vzduchu a úhrny srážek za období září 2006 až srpen 2007

Hodnocení teploty vzduchu a úhrnů srážek vychází z měření na klimatologických stanicích brněnské pobočky ČHMÚ. Plošné rozložení průměrných měsíčních teplot vzduchu a měsíčních úhrnů srážek je na mapách 4 až 8 - příloha. Na mapách jsou teplotní a srážkové poměry, vyjádřeny podle srovnání s dlouhodobým průměrem 1961-2000 podle následujícího označení:

Označení	Zkratka v mapě	Pravděpodobnost překročení
mimořádně nadnormální	MNN	méně než 0,02
silně nadnormální	SNN	<0,02-0,10)
nadnormální	NN	<0,10-0,25)
normální	NO	<0,25-0,75>
podnormální	PN	(0,75-0,9>
silně podnormální	SPN	(0,9-0,98>
mimořádně podnormální	MPN	více než 0,98

Teplota vzduchu [°C]							
	MPN	SPN	PN	NO	NN	SNN	MNN
I.	méně než -8,5	<-8,5 - -4,5)	<-4,5 - -2,0)	<-2,0 - 2,0>	(2,0 - 3,5>	(3,5 - 5,0>	více než 5,0
II.	méně než -9,5	<-9,5 - -5,5)	<-5,5 - -1,0)	<-1,0 - 2,5>	(2,5 - 3,0>	(3,0 - 4,0>	více než 4,0
III.	méně než -4,0	<-4,0 - -3,5)	<-3,5 - -2,0)	<-2,0 - 2,0>	(2,0 - 3,0>	(3,0 - 4,0>	více než 4,0
IV.	méně než -3,5	<-3,5 - -3,0)	<-3,0 - -1,5)	<-1,5 - 1,5>	(1,5 - 2,5>	(2,5 - 3,5>	více než 3,5
V.	méně než -3,5	<-3,5 - -2,5)	<-2,5 - -1,5)	<-1,5 - 1,5>	(1,5 - 2,5>	(2,5 - 3,5>	více než 3,5
VI.	méně než -2,5	<-2,5 - -2,0)	<-2,0 - -1,0)	<-1,0 - 1,0>	(1,0 - 2,0>	(2,0 - 2,5>	více než 2,5
VII.	méně než -2,5	<-2,5 - -1,5)	<-1,5 - -0,5)	<-0,5 - 1,0>	(1,0 - 1,5>	(1,5 - 2,5>	více než 2,5
VIII.	méně než -3,0	<-3,0 - -1,5)	<-1,5 - -0,5)	<-0,5 - 1,0>	(1,0 - 1,5>	(1,5 - 2,5>	více než 2,5
IX.	méně než -4,0	<-4,0 - -2,5)	<-2,5 - -1,0)	<-1,0 - 1,0>	(1,0 - 2,0>	(2,0 - 3,5>	více než 3,5
X.	méně než -3,0	<-3,0 - -2,5)	<-2,5 - -1,0)	<-1,0 - 1,0>	(1,0 - 2,0>	(2,0 - 2,5>	více než 2,5
XI.	méně než -3,5	<-3,5 - -2,0)	<-2,0 - -1,0)	<-1,0 - 1,0>	(1,0 - 1,5>	(1,5 - 3,0>	více než 3,0
XII.	méně než -5,0	<-5,0 - -4,0)	<-4,0 - -1,5)	<-1,5 - 1,5>	(1,5 - 2,5>	(2,5 - 5,0>	více než 5,0
Úhrny srážek v %							
	MPN	SPN	PN	NO	NN	SNN	MNN
I.	méně než 30	<30 - 50)	<50 - 70)	<70 - 120>	(120 - 160>	(160 - 230>	více než 230
II.	méně než 10	<10 - 30)	<30 - 60)	<60 - 140>	(140 - 180>	(180 - 240>	více než 240
III.	méně než 20	<20 - 30)	<30 - 50)	<50 - 140>	(140 - 220>	(220 - 270>	více než 270
IV.	méně než 20	<20 - 40)	<40 - 60)	<60 - 140>	(140 - 160>	(160 - 260>	více než 260
V.	méně než 20	<20 - 50)	<50 - 60)	<60 - 130>	(130 - 180>	(180 - 230>	více než 230
VI.	méně než 20	<20 - 50)	<50 - 70)	<70 - 120>	(120 - 170>	(170 - 210>	více než 210
VII.	méně než 20	<20 - 40)	<40 - 60)	<60 - 130>	(130 - 170>	(170 - 230>	více než 230
VIII.	méně než 20	<20 - 40)	<40 - 70)	<70 - 130>	(130 - 180>	(180 - 220>	více než 220
IX.	méně než 10	<10 - 30)	<30 - 50)	<50 - 140>	(140 - 210>	(210 - 270>	více než 270
X.	0	<0,1 - 20)	<20 - 40)	<40 - 140>	(140 - 210>	(210 - 280>	více než 280
XI.	méně než 10	<10 - 40)	<40 - 60)	<60 - 130>	(130 - 180>	(180 - 250>	více než 250
XII.	méně než 20	<20 - 40)	<40 - 60)	<60 - 140>	(140 - 180>	(180 - 250>	více než 250

K jednotlivým měsícům je možné uvést, že v září 2006 byly v JmK zaznamenány průměrné měsíční teploty vzduchu 14,6 až 17,5 °C, průměrná odchylka od dlouhodobé hodnoty 1961-2000 byla +2,2 °C. Měsíc lze hodnotit v převážné části kraje jako teplotně silně nadnormální, na jihovýchodě kraje jako nadnormální. Měsíční úhrny srážek se pohybovaly v rozmezí od 2,3 do 43,3 mm, což představuje 5,3 až 98,0 %, průměrně 28,6 % dlouhodobého úhrnu srážek. Měsíc lze hodnotit jako srážkově normální až mimořádně podnormální, nejmenší deficit srážek byl zaznamenán v oblasti Ždánického lesa, nejvyšší v nejsevernější části kraje.

V říjnu 2006 byly zaznamenány průměrné měsíční teploty vzduchu 9,5 až 12,0 °C, průměrná odchylka od dlouhodobé hodnoty 1961-2000 byla +2,1 °C. Měsíc lze hodnotit v převážné části kraje jako teplotně silně nadnormální, na Brněnsku, Vyškovsku a při jihovýchodní hranici kraje jako nadnormální, při západní hranici kraje jako mimořádně nadnormální. Měsíční úhrny srážek se pohybovaly v rozmezí od 6,7 do 43,7 mm, což představuje 25,3 až 101,9 %, průměrně 47,7 % dlouhodobého úhrnu srážek. Měsíc lze hodnotit jako srážkově normální až podnormální, deficit srážek byl zaznamenán v pásu od Znojemska přes Brněnsko po Vyškovsko.

V listopadu 2006 byly zaznamenány průměrné měsíční teploty vzduchu 5,4 až 7,2 °C, průměrná odchylka od dlouhodobé hodnoty 1961-2000 byla +2,9 °C. Měsíc lze hodnotit v převážné části kraje

jako teplotně silně nadnormální, v okrese Znojmo a v oblasti Dražanské vrchoviny jako mimořádně nadnormální. Měsíční úhrny srážek se pohybovaly v rozmezí od 6,3 do 61,3 mm, což představuje 18,6 až 128,5 %, průměrně 53,1 % dlouhodobého úhrnu srážek. Měsíc lze hodnotit jako srážkově normální až silně podnormální, nejvyšší deficit srážek byl zaznamenán v jižní polovině kraje, nejmenší v nejsevernější, nejvýchodnější a nejzápadnější části kraje.

V prosinci 2006 byly zaznamenány průměrné měsíční teploty vzduchu 1,7 až 3,1 °C, průměrná odchylka od dlouhodobé hodnoty 1961-2000 byla +3,0 °C. Měsíc lze hodnotit v celém kraji jako teplotně silně nadnormální. Měsíční úhrny srážek se pohybovaly v rozmezí od 4,6 do 31,3 mm, což představuje 15,8 až 74,1 %, průměrně 50,6 % dlouhodobého úhrnu srážek. Měsíc lze v převážné části kraje hodnotit jako srážkově normální až podnormální, na Znojmsku a části Hodonínska jako silně podnormální a v Podyjí jako mimořádně podnormální.

V lednu 2007 byly zaznamenány průměrné měsíční teploty vzduchu 2,6 až 4,6 °C, průměrná odchylka od dlouhodobé hodnoty 1961-2000 byla +5,7 °C. Měsíc lze hodnotit v celém kraji jako teplotně mimořádně nadnormální. Měsíční úhrny srážek se pohybovaly v rozmezí od 20,7 do 77,2 mm, což představuje 88,2 až 251,4 %, průměrně 155,5 % dlouhodobého úhrnu srážek. Měsíc lze hodnotit v převážné části kraje jako srážkově nadnormální, na Znojmsku a na severovýchodě kraje jako silně nadnormální a na jihu kraje jako normální.

V únoru 2007 byly zaznamenány průměrné měsíční teploty vzduchu 2,7 až 4,8 °C, průměrná odchylka od dlouhodobé hodnoty 1961-2000 byla +3,9 °C. Měsíc lze hodnotit v převážné části kraje jako teplotně silně nadnormální, na jihu jako mimořádně nadnormální. Měsíční úhrny srážek se pohybovaly v rozmezí od 23,1 do 50,7 mm, což představuje 77,5 až 169,4 %, průměrně 116,1 % dlouhodobého úhrnu srážek. Měsíc lze hodnotit jako srážkově normální, pouze v oblasti na jihozápad od Brna jako nadnormální.

V březnu 2007 byly zaznamenány průměrné měsíční teploty vzduchu 5,2 až 7,2 °C, průměrná odchylka od dlouhodobé hodnoty 1961-2000 byla +2,5 °C. Měsíc lze hodnotit na většině území kraje jako teplotně nadnormální, pouze v malé části na severovýchodě kraje jako silně nadnormální. Měsíční úhrny srážek se pohybovaly v rozmezí od 43,6 do 92,6 mm, což představuje 163,8 až 302,3 %, průměrně 230,3 % dlouhodobého úhrnu srážek. Měsíc lze hodnotit v severozápadní polovině kraje jako srážkově nadnormální, v jihovýchodní polovině většinou jako silně nadnormální s menšími oblastmi srážkově mimořádně nadnormálními i jen nadnormálními.

V dubnu 2007 byly zaznamenány průměrné měsíční teploty vzduchu 9,8 až 12,8 °C, průměrná odchylka od dlouhodobé hodnoty 1961-2000 byla +2,6 °C. Měsíc lze hodnotit v převážné části kraje jako teplotně silně nadnormální, na jihovýchodě nadnormální, na východě hodonínského okresu normální a na malých částech území na západě a na severovýchodě kraje jako mimořádně nadnormální. Měsíční úhrny srážek se pohybovaly v rozmezí od 0,0 (zcela beze srážek) do 9,7 mm, což představuje 0,0 až 19,0 %, průměrně však 7,1 % dlouhodobého úhrnu srážek. Měsíc lze hodnotit jako srážkově mimořádně podnormální v celém kraji.

V květnu 2007 byly zaznamenány průměrné měsíční teploty vzduchu 14,6 až 16,9 °C, průměrná odchylka od dlouhodobé hodnoty 1961-2000 byla +2,0 °C. Měsíc lze hodnotit v celém kraji jako teplotně nadnormální. Měsíční úhrny srážek se pohybovaly v rozmezí od 20,3 do 119,8 mm, což představuje 35,7 až 179,6 %, průměrně 78,2 % dlouhodobého úhrnu srážek. Měsíc lze hodnotit v severní polovině kraje jako srážkově normální, v jižní normální, podnormální až silně podnormální a v severovýchodní části vyšovského okresu jako nadnormální.

V červnu 2007 byly zaznamenány průměrné měsíční teploty vzduchu 18,4 až 21,1 °C, průměrná odchylka od dlouhodobé hodnoty 1961-2000 byla +2,7 °C. Měsíc lze hodnotit v převážné části kraje jako teplotně mimořádně nadnormální, v okrese Hodonín jako silně nadnormální a na jeho východě jako normální. Měsíční úhrny srážek se pohybovaly v rozmezí od 31,0 do 146,1 mm, což představuje 43,6 až 188,1 %, průměrně 110,2 % dlouhodobého úhrnu srážek. Měsíc lze hodnotit na většině území jako srážkově normální, v okresech Vyškov a Břeclav nadnormální, místy až silně nadnormální a na

Tišnovsku podnormální, místy až silně podnormální.

V červenci 2007 byly zaznamenány průměrné měsíční teploty vzduchu 19,1 až 21,6 °C, průměrná odchylka od dlouhodobé hodnoty 1961-2000 byla +1,8 °C. Měsíc lze hodnotit v převážné části kraje jako teplotně silně nadnormální, pouze na malých částech území na severu a na východě kraje jako nadnormální. Měsíční úhrny srážek se pohybovaly v rozmezí od 26,4 do 124,6 mm, což představuje 49,9 až 143,1 %, průměrně 79,2 % dlouhodobého úhrnu srážek. Měsíc lze na většině území hodnotit jako srážkově normální, na severu kraje jako nadnormální a na Brněnsku, Vyškovsku a v Podyjí jako podnormální.

V srpnu 2007 byly zaznamenány průměrné měsíční teploty vzduchu 18,5 až 20,9 °C, průměrná odchylka od dlouhodobé hodnoty 1961-2000 byla +1,8 °C. Měsíc lze hodnotit v převážné části kraje jako teplotně silně nadnormální, na severu, východě a na západě kraje jako nadnormální. Měsíční úhrny srážek se pohybovaly v rozmezí od 22,4 do 123,0 mm, což představuje 60,9 až 152,6 %, průměrně 84,3 % dlouhodobého úhrnu srážek. Měsíc lze hodnotit jako srážkově normální až podnormální, pouze ve východní části kraje jako nadnormální až silně nadnormální. K analýze teplot vzduchu je nutné uvést, že období hodnocených dvanácti měsíců je nejteplejší od roku 1961.

## **8.2. Vláhová bilance a výskyt sucha za období září 2006 až srpen 2007**

Teplotní poměry letošní zimy jsou příčinou, že se z krajiny vypařilo více vody, než tomu je v běžných letech. Často je výdej vody z krajiny v zimním období opomíjen, protože je velmi nízký, některými výpočetními postupy ho nelze určit. Výdej vody z povrchů půdy s teplotami vzduchu pod nulou je podstatně nižší až zanedbatelný. V zimě 2006-2007 však byly teploty vzduchu, při kterých dosahovala evapotranspirace vyšších hodnot, než je dlouhodobý průměr, v lednu 2007 šlo o více než dvojnásobek u stanic na jihu a jihozápadě JmK.

Evapotranspirace představuje tzv. celkový výpar, tedy evaporaci, která je výparem z půdy či vody, a transpiraci, což je výpar z rostlin. Představuje výdejovou složku oběhu vody v krajině. Pro naše hodnocení byla zvolena potenciální evapotranspirace, která vyjadřuje maximální množství vody, které se při optimálních vlhkostních podmínkách v půdě může vypařit. Je vyšší než aktuální evapotranspirace, která v obdobích sucha klesá, protože její hodnoty jsou závislé na dostupné vodě pro výpar, jejíž množství však v půdě v období sucha je velmi nízké a může být až zanedbatelné. V naší klimatologické i agrometeorologické síti stanic, tak jako v jiných obdobných staničních sítích ve světě, nemáme přístroje pro měření evapotranspirace, které je prováděno jen na výzkumných observatořích. Hodnoty potenciální evapotranspirace jsou vypočítány z denních hodnot meteorologických prvků. Protože je velmi náročné specifikovat výpočty pro jednotlivé druhy zemědělských plodin, jsou předkládané výsledky potenciální evapotranspirace uvedeny pro travní porost (dále jen ET), který společně s holou půdou a vodní hladinou obecně považujeme za tzv. standardní povrch. V tomto smyslu tedy hovoříme o potenciální evapotranspiraci travního porostu.

Pro zpracování této kapitoly bylo použito vybraných výstupů agrometeorologického modelu AVISO („Agrometeorologická výpočetní a informační soustava“), který je v našich podmínkách modifikací anglického modelu MORECS („The Meteorological Office for Rainfall and Evaporation Calculation System“). Model je provozován na oddělení agrometeorologie a fenologie (OAF) brněnské pobočky ČHMÚ. Výpočty se realizují v denním kroku pomocí modifikovaného způsobu podle metodiky Penman-Monteith, která představuje racionální a fyzikálně podložený způsob výpočtu výdeje vody z rozdílných vypařujících se povrchů verifikovaný pro podmínky našeho podnebí. Pro účely této studie byly jako základní materiál vstupující do výpočtů použity denní údaje vybraných meteorologických prvků (průměrná teplota vzduchu, průměrný tlak vodní páry, trvání slunečního svitu, průměrná rychlost větru a úhrn srážek) z vybraných klimatologických stanic, které leží i mimo území JmK, aby bylo lépe vyjádřeno plošné rozložení.

Úhrny ET na vybraných stanicích za období září 2006 až srpen 2007 jsou vztaženy k průměrným dlouhodobým úhrnům za období 1992-2005. Jejich rozdíl dokládá, že v jižních a středních částech

kraje byla v hodnoceném období ET vyšší až o 151 mm, což vyjádřeno v procentech znamená, že celá část kraje od Brna na jih měla v průměru o 20 % vyšší úhrn ET, než je dlouhodobý průměr. Měsíční úhrny ET má nejvyšší úhrny v měsíci červenci, přitom při srovnání s předcházejícím měsícem vidíme prudký nárůst úhrnů ET v dubnu 2007. Lepší přehled o celkové dynamice ET dává jejich kumulativní úhrn.

Samostatné vyjádření průběhu kumulativních úhrnů ET v roce 2007 na stanicích reprezentujících střední a jižní část kraje, tedy okres Břeclav, převážnou část okresu Znojmo, jihozápad okresu Hodonín a jih okresu Vyškov, lze uvést úhrnem ET hodnot přes 600 mm, na ostatních stanicích a tedy zbývajících částí kraje je to přes 500 mm. Tyto hodnoty přibližně odpovídají dlouhodobému průměru za celý rok.

Jak již bylo uvedeno výše, nejvyšší úhrny jsou zaznamenány u měsíce červenec, který má také na několika stanicích nejvyšší zvýšení úhrnu oproti dlouhodobému průměru. Na několika stanicích je nejvyšší rozdíl v měsíci dubnu. U všech stanic nacházíme vyšší úhrny v převážném počtu z dvanácti měsíců hodnoceného období. Mimořádně teplý leden způsobil, že jeho úhrny ET překročily dlouhodobé průměry u všech stanic velmi výrazně. V části JmK na jih od Brna překročily měsíční úhrny ET 200 % dlouhodobého průměru. Tak vysokého rozdílu nebylo dosaženo v žádném z dalších měsíců. V celkové sumě ET za sledované období sice měsíc leden nehraje významnou roli, ale oproti průměrnému úhrnu ET v jednotkách byla hodnota ET v lednu na mnoha stanicích přes 20 mm. Přes 140 % dosáhly úhrny ET v měsíci dubnu 2007, do 120 %, či několik procent přes 120 % v měsíci červenci. V červnu a srpnu v oblastech jihovýchodu a severu JmK byly měsíční úhrny ET o několik % nižší než dlouhodobý průměr. Totéž hodnocení vychází i pro samostatné posouzení měsíců v roce 2007

Dostupnou vodu pro rostliny představuje rozdíl mezi srážkami a evapotranspirací, který označujeme jako vláhovou bilanci. Pro naši studii uvádíme tzv. základní vláhovou bilanci travního porostu (dále jen ZVB), kterou rozumíme rozdíl mezi srážkovými úhrny a potenciální evapotranspirací travního porostu. Obdobně jako srážky a ET jsou hodnoty ZVB uvedeny v mm. Pokud je výsledná vláhová bilance záporná, jedná se o nedostatek vláhy (ET převažuje nad srážkami), v opačném případě hovoříme o nadbytku vláhy (srážky převažují nad ET).

U všech stanic je ZVB za hodnocené období záporná, i když v dlouhodobém průměru mají místa severního okraje území JmK kladnou ZVB. Hodnoty rozdílů úhrnů hodnoceného období a dlouhodobých průměrů se pohybují od -277,7 mm (stanice Kuchařovice) po +67,8 mm u stanice Strážnice, která je však s kladným rozdílem jediná.

Od září 2006 do listopadu 2006 převažovala záporná ZVB (kladná pouze u stanic Protivanov, Kroměříž a Strážnice v listopadu 2006), naopak od prosince 2006 do března 2007 kladná ZVB (záporná pouze u stanic Kuchařovice a Dyjákovice v prosinci 2006, Brno-Tuřany a Dukovany v březnu 2007). Ovšem hodnoty nepřevyšovaly víceméně 10 mm mimo března, kdy vysoké srážky přispěly na některých stanicích k tomu, že ZVB byla kladná s úhrny přes 20 mm. Ovšem v dubnu byly srážky na území JmK mimořádně podnormální, na mnoha místech takřka žádné. V dubnu v souvislosti se silně nadnormálními teplotami vzduchu v okresech Blansko a Znojmo, převážné části okresů Břeclav a Brno-venkov a severní části okresu Hodonín dochází k výraznému poklesu ZVB na hodnoty až k -100 mm v celé části kraje od Brna na jih. Pro zbývajících částí kraje je charakteristická též záporná ZVB, ovšem jen u některých stanic přesáhne úhrn -70 mm. Od dubna do srpna 2007 se udržuje ZVB záporná. Ovšem rozdílné úhrny srážek místy výrazně snižují nedostatek vody, tedy posunou hodnoty ZVB až do kladných hodnot. Tento stav se projevuje již v květnu, hlavně potom v červnu. V červenci opět ZVB výrazně klesá a v jižních částech kraje překračuje nedostatek vody z dubna. Dokladem je vyjádření ZVB za sledované období formou kumulativních úhrnů,

Průběhy ZVB na jednotlivých stanicích dokládají rozdílný chod v jednotlivých částech kraje, kde hlavně východní část měla ZVB víceméně vyrovnanou, tedy projevy sucha zde byly nevýrazné. Naopak lze pozorovat, že jižní část, představovaná hlavně okresy Znojmo a Břeclav, má vysoce záporné hodnoty ZVB. Oproti dlouhodobému průměru (1992-2005) je ZVB na konci období září 2006 až srpen 2007 v kumulativní podobě významně nižší, v extrémních případech až takřka o 280 mm. Tato hodnota přesahuje polovinu ročního úhrnu srážek v těchto částech JmK. Za období leden až srpen

2007 je ZVB oproti dlouhodobému průměru nižší v extrému až o 150 mm. Zdánlivě menší snížení vláhového deficitu během roku 2007 oproti období září 2006 až srpen 2007 je způsobeno menším počtem měsíců, takže do kumulace deficitu nevstupují hodnoty ZVB z období od září do prosince 2006. Tímto je doloženo mimořádně suché období podzimu 2006.

Velmi názorným dokladem o dynamice ZVB jsou mapy, které od 8.4.2007 v týdenním intervalu až do 2.9.2007 znázorňují hodnoty ZVB (výpočet od počátku roku 2007) na území kraje. K 8.4. je nedostatek srážek (záporná ZVB do -50 mm) pouze v severovýchodní části okresu Znojmo a okrajově zasahuje do sousedních okresů Břeclav a Brno-venkov. Ovšem k 29.4. je území se zápornou ZVB do -50 mm na všech okresech mimo Blansko a východní část okresu Hodonín a severní část okresu Vyškov. Území okresu Znojmo a přilehlé části okresů Břeclav a Brno-venkov mají ZVB mezi -50 až -100 mm. Tento bilančně nepříznivý stav se dále prohlubuje, takže k 27.5. je ZVB podstatné části okresů Znojmo a Břeclav (avšak mimo část jihovýchodního území), dále v jižní polovině okresu Brno-venkov a na severozápadě okresu Hodonín již mezi -100 až -150 mm. Přitom severovýchod okresu Znojmo má ZVB až k -200 mm. K 17.6. se tento nepříznivý stav ještě zhoršuje a prohlubuje, ZVB do -200 mm přechází z okresu Znojmo i do sousedících částí okresů Brno-venkov a Břeclav, území se ZVB do -150 mm se mírně rozšiřuje a zasahuje i již území okresu Vyškov. Během dalšího týdne je stagnace hodnot ZVB, ovšem během července se deficit srážek projevuje rychlými poklesy ZVB k vysokým záporným hodnotám. K 2. září 2007 se záporná ZVB nižší než -300 mm rozšiřuje na většinu území okresu Znojmo. Jeho střední a severovýchodní část, jižní část okresu Brno-venkov a severozápadní část okresu Břeclav mají ZVB dokonce přes -350 mm. Na naprosté většině plochy JmK se tedy projevuje nedostatek srážek v podobě záporné ZVB v rozsahu -150 až -300 mm (zbytek okresu Znojmo, dále většina plochy okresů Brno-venkov, Břeclav, Hodonín, Vyškov a jižní oblasti okresu Blansko). Pouze na severu JmK (severní část okresu Blansko) má ZVB pouze mírně zápornou hodnotu. Malé území východní části okresu Hodonín má mírně kladnou ZVB, a to do +50 mm.

## 9. Závěry

Uvedená studie je pojata jako základní informace o agroklimatických podmínkách České republiky a výskytu extrémů na příkladu výskytu sucha v podrobnějším propracování pro jihomoravskou oblast. Bylo přitom vycházeno z dostupných literárních podkladů a zpracovaných studií a výzkumných projektů. Je obecně připomínáno, že počasí je nejdynamičtější složkou přírodního prostředí. Že v posledním desetiletí jsme zažili několik extrémních stavů výskytu srážek a teplot vzduchu. Co je velmi důležité, že naše podnebí je velmi proměnlivé a v podstatě typické výskytem extrémů.

Z uvedených podkladů lze uvést tyto stručné závěry.

1. Z hodnocení průběhu počasí a jeho vlivu na výnosy zemědělských plodin vyplývá, že jednotlivé roky, zvláště v posledním desetiletí jsou velmi proměnlivé jak z pohledu teplot, tak srážek
2. Pro objektivní posouzení růstových a vývojových podmínek zemědělských plodin je nutné s pomocí výstupu najít vhodnější kritéria hodnocení, ne jen klimatologická, ale hlavně agrometeorologická.
3. V extrémních letech dochází k výskytu mimořádně vysokých teplot v letním období a přitom výskytu holomrazů, viz rok 2003.
4. V podstatě je typické že vyšší teploty vzduchu významně zvyšují hodnoty potenciální evapotranspirace, tedy celkového výparu z porostů zemědělských plodin.
5. Úhrny srážek byly za hodnocené období velmi proměnlivé, hlavně v měsíci dubnu 2007 se místy takřka nevyskytovaly. V letních měsících byl jejich výskyt převážně formou intenzivních až přivalových dešťů, což reálně snížilo množství vody zadržené půdou oproti našim kalkulacím, takže vláhový deficit byl reálně vyšší než uvádíme.
6. Z postupů ČHMÚ jednoznačně vyplývá, že základní vláhová bilance (ZVB) definovaná jako rozdíl srážek (příjmová složka oběhu vody v krajině) a potenciální evapotranspirace travního porostu (výdejová složka oběhu vody v krajině) za analyzované období září 2006 až srpen 2007 byla na území JmK velmi proměnlivá. Při srovnání s dlouhodobým průměrem 1992-2005 v okresech Znojmo, Břeclav a v jižní části okresu Brno-venkov byla nižší až o téměř 280 mm. Naopak ve východních a severních oblastech JmK byla ZVB při porovnání s dlouhodobým průměrem nižší o 100 mm, resp. místy byla kladná.
7. S ohledem na výskyt sucha v letech 2000, 2003 se opět ukazuje nutnost řešit využití závlah formou nových technologií a zabezpečení operativního systému pro stanovení vláhového deficitu v jednotlivých letech. Přitom výskyty sucha mají další doprovodné negativní jevy, a to je při výskytu přivalových dešťů po obdobích sucha vyvolání eroze půdy a následného snižování její úrodnosti. Výskyty eroze půdy byly letos pozorovány na mnoha místech JmK.
8. Opakovaný významný výskyt sucha je důvodem pro zohlednění jeho výskytů v rámci BPEJ – jejich přehodnocení a rebonifikace a nové vymezení oblastí LFA.
9. Výše uvedené skutečnosti je nutné ve výhledu posuzovat s ohledem na problematiku globálního oteplování a doklady o možné změně klimatu. Jak prokázal i letošní rok, zvýšení teplot vzduchu jednoznačně znamená zvýšení evapotranspirace, tedy zvýšení výdeje vody z půdy. Jednou z víceméně potvrzených hypotéz teorie změny klimatu je zvyšování proměnlivosti počasí, a tím i našeho podnebí. Dosavadní studie dopadů změny klimatu na naše zemědělství uvádějí, že největší výskyty sucha budou v našich nejméně úrodných oblastech. Svým způsobem je letošní rok potvrzením těchto předpokladů.



## LITERATURA:

ALLEN, R.G., JENSEN, M.E., WRIGHT, J.L., BURMAN, R.D.: Operational estimates of evapotranspiration. *Agronomy Journal*, 81(4), pp. 650-662, 1989.

ALLEN, R.G., PEREIRA, L.S., RAES, D., SMITH, M.: Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements. Food and Agriculture Organization, FAO Irrigation and Drainage Papers No. 56, pp. 301, Rome 1998.

ALLEN, R.G., PRUITT, W.O.: FAO-24 reference evapotranspiration coefficients. *Journal Irrig. And Drainage Engineering*, ASCE 117(5), pp. 758-773, 1991.

ALLEN, R.G., SMITH, M., PERRIER, A., PEREIRA, L.S.: An update for the definition of reference evapotranspiration. *ICID Bulletin*, 43(2), pp. 1-34, 1994a.

ALLEN, R.G., SMITH, M., PEREIRA, L.S., PERRIER, A.: An update for the calculation of reference evapotranspiration. *ICID Bulletin*, 43(2), pp. 35-92, 1994b.

BOS, M.G., VOS, J., FEDDES, R.A.: CRIWAR 2.0. A simulation model on Crop Irrigation Water Requirements. ILRI publication 46, pp. 117, Wageningen 1996.

BRUTSAERT, W.: Evaporation into the Atmosphere. D.Reidel Publishing Co., pp. 299, Dordrecht 1982.

BURMAN, R., POCHOP, L.O.: Evaporation, Evapotranspiration and Climatic Data. Elsevier Science B.V., pp. 275, Amsterdam 1994.

CAIN, J.D.: Modelling evaporation from plant canopies. Institute of Hydrology Wallingford, Report No. 132, pp. 42, Wallingford 1998.

DOORENBOS, J., PRUITT, W.O.: Guidelines for Predicting Crop Water Requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper 24, 2<sup>nd</sup> ed. FAO, pp. 156, Rome 1977.

FEDDES, R.A., LENSELINK, K.J.: Evapotranspiration. In: *Drainage Principles and Applications*, H.P. Ritzema (ed.), ILRI, pp. 1125, Wageningen 1994.

GARDNER, C.M.K. (ed.): The MORECS Discussion Meeting, April 1981. Institute of Hydrology, Report No. 78, pp. 57, Wallingford 1981.

GARDNER, C.M.K., Field M.: An evaluation of the succes of MORECS, a meteorological model, in estimating soil moisture deficits. *Agricultural Meteorology*, 29, pp. 269-284, Elsevier, Amsterdam 1983.

HOUGH, M.N., JONES, R.J.A.: The United Kingdom Meteorological Office rainfall and evaporation calculation systém: MORECS version 2.0 – an overview. *Hydrology and Earth Systém Sciences*, 1(2), pp. 227-239, 1997.

HOUGH, M., PALMER, S., WEIR, A., LEE, M., BARRIE, I.: The Meteorological Office Rainfall and Evaporation Calculation Ssystem MORECS version 2.0 (1995). An update to Hydrological Memorandum No. 45, pp. 80, Meteorological Office, Bracknell, Meteorological Office, Wolverhampton, 1997.

JENSEN, M.E., BURMAN, R.D., ALLEN, R.G. (eds.): Evapotranspiration and Irrigation Water Requirements. ASCE Manuals and Reports on Engineering Practices No. 70, ASCE, pp. 360, New York 1990.

MONTEITH, J.L., UNSWORTH, M.H.: Principles of Environmental Physics, Edward Arnold, 2<sup>nd</sup> ed., pp. 291, London 1990.

KLEMENTOVÁ, E., LITSCHMANN, T., ROŽNOVSKÝ, J. 2002. Drought assessment in landscape. In: *Participation of women in the fields of meteorology, operational hydrology and related sciences*. Bratislava 16.-17. 5. 2002, s. 143 – 148.

KNOZOVÁ, G., ROŽNOVSKÝ, J., 2003. Srovnání způsobů výpočtu průměrných denních teplot a vlhkosti vzduchu. In: Sborník abstraktů a CD ROM z konference „Mikroklima porostů“, Brno, 26. 3. 2003. Brno: Česká bioklimatologická společnost v nakl. Českého hydrometeorologického ústavu. 29 s.

KNOZOVÁ, G., ROŽNOVSKÝ, J., KOHUT, M., 2005. Srovnání časových řad výparu naměřeného výparoměrem GGI 3000 a vypočítaného podle metodiky FAO. In: Bioklimatologie současnosti a budoucnosti, Křtiny 12.-14. 9. 2005. Praha: Česká bioklimatologická společnost a ČHMÚ, Sborník abstraktů s. 46 (přiložen CD ROM).

KOHUT, M., ROŽNOVSKÝ, J., 2004. Potenciální vláhová bilance v letech 2000 až 2003. In: Sborník abstraktů z mezinárodní vědecké konference „Zmeny podnebia – extrémny počasie – organizmy a ekosystémy“, Viničky 23. – 26. 8. 2004. Nitra: Slovenská poľnohospodárska univerzita, s. 37, 1 CD-ROM.

LITSCHMANN, T., KLEMENTOVÁ, E., ROŽNOVSKÝ, J., 2002. Vyhodnocení period sucha v časových řadách pražského Klementina a Hurbanova pomocí PDSI. In: Rožnovský, J., Litschmann, T. (ed): XIV. Česko-slovenská bioklimatologická konference Bioklima – prostředí – hospodářství, Lednice 2. – 4. 9. 2002. Sborník abstraktů. Lednice na Moravě: Česká bioklimatologická společnost, s. 36 (přiložen CD ROM).

MATEJKA, F., HURTALOVÁ, T., ROŽNOVSKÝ, J., KOHUT, M., 2003. Transpiration from a maize field during a dry year. *Contributions to Geophysics and Geodesy*, Vol. 33, no.3, s. 213-226.

MATEJKA, F., ROŽNOVSKÝ, J., HURTALOVÁ, T., KOHUT, M., 2004. Atmosférické sucho na začiatku tretieho tisícročia. In: Rožnovský, J., Litschmann, T. (ed): „Extrémny počasie a podnebie“. Sborník abstraktů a CD ROM z konference, Brno 11. 3. 2004. Brno: Česká bioklimatologická společnost v nakl. Českého hydrometeorologického ústavu. s. 11.

MATEJKA, F., ROŽNOVSKÝ, J., HURTALOVÁ, T., KOHUT, M., 2004. Vplyv porastov poľných plodín na vlhkosť pôdy v koreňovej zóne. 15. Slovensko-česko-poľský vedecký seminár Fyzika vody v pôde, Michalovce, Ústav hydrologie SAV, (CD ROM).

MATEJKA, F., ROŽNOVSKÝ, J., HURTALOVÁ, T., JANOUŠ, D., 2003. Súčasný stav a perspektívy výskumu mikroklimy rastlinných porastov. In: Sborník abstraktů a CD ROM z konference „Mikroklima porostů“, Brno, 26. 3. 2003. Brno: Česká bioklimatologická společnost v nakl. Českého hydrometeorologického ústavu, s. 29.

MATEJKA, F., ROŽNOVSKÝ, J., HURTALOVÁ, T., KOHUT, M., 2004. Atmosférické sucho na začiatku tretieho tisícročia. In: Rožnovský, J., Litschmann, T. (ed): Sborník abstraktů a CD ROM s články, Mezinárodní seminář „Extrémny počasie a podnebie“, Brno 11. 3. 2004. Brno: Česká bioklimatologická společnost v nakl. Českého hydrometeorologického ústavu, s. 11.

MATEJKA, F., ROŽNOVSKÝ, J., CHALUPNÍKOVÁ, B., HURTALOVÁ, T., 2002. Štruktúra evapotranspirácie porastu kukurice. In: Rožnovský, J., Litschmann, T. (ed): XIV. Česko-slovenská bioklimatologická konference Bioklima – prostředí – hospodářství, Lednice 2. – 4. 9. 2002. Sborník abstraktů. Lednice na Moravě: Česká bioklimatologická společnost, s.38 (přiložen CD ROM).

MATEJKA, F., ROŽNOVSKÝ, J., KOHUT, M., HURTALOVÁ, T., 2004. Evapotranspirácia porastu kukurice pri vysokých evaporačných požiadavkách ovzdušia. In: Sborník abstraktů a CD ROM z mezinárodní vědecké konference „Zmeny podnebia – extrémny počasie – organizmy a ekosystémy“, Viničky 23. – 26. 8. 2004. Nitra: Slovenská poľnohospodárska univerzita, s. 10.

NOVÁK, V.: Vyparovanie vody v prírode a metódy jeho určovania. SAV, Bratislava 1995, 260 str.

PENMAM, H.L.: Natural evaporation from open water, bare soil and grass. *Proc. R. Soc. A*, 193, pp. 120-145, 1948.

POKLADNÍKOVÁ, H., ROŽNOVSKÝ, J., DUFKOVÁ, J., 2005: Hĺbka promrzání půdy na stanici Vizovice. In: XII. Posterový den s mezinárodní účastí „Transport vody, chemikálií a energie v systému půda-rostlina-atmosféra“, Bratislava 10.11.2005. Bratislava: Ústav hydrologie a

Geofyzikální ústav SAV, CD ROM, s. 441 – 447. ISBN 80-85754-13-4.

ROŽNOVSKÝ, J., HORA, P., 2004. Výskyt holomrazů v letech 2000 až 2003. In: Rožnovský, J., Litschmann, T. (ed): Sborník abstraktů a CD ROM s články, Mezinárodní seminář „Extrémy počasí a podnebí“, Brno 11. 3. 2004. Brno: Česká bioklimatologická společnost v nakl. Českého hydrometeorologického ústavu, s. 21.

ROŽNOVSKÝ, J., KLEMENTOVÁ, E., LITSCHMANN, T., 2002. Kritériá hodnotenia klimatických pomerov. In: Zborník príspevkov zo VII. Vedeckej konferencie s medzinárodnou účasťou, Košice 22. - 24. 5. 2002. Košice: Technická univerzita v Košiciach, s. 156–159.

ROŽNOVSKÝ, J., KOMUT, M., 2001. The Course of Potential Evapotranspiration in the Vegetation Season of the Years 2000, 2001. *Contributions to Geophysics and Geodesy*, Vol. 31, č. 2, s. 483-493.

SMITH, M., ALLEN, R.G., MONTEITH, J.L., PERRIER, A., PEREIRA, L.S., SEGEREN, A.: Report of the Expert Consultation on Revision of FAO Methodologies for Crop Water Requirements. Food and Agriculture Organization, FAO Report, pp. 60, Rome 1992.

THOMPSON, N., BARRIE, I.A., AYLES, M.: The Meteorological Office Rainfall and Evaporation Calculation System: MORECS (July 1981). Met 08 (Hydrometeorological Services, Hydrological Memorandum No. 45, pp. 72, Bracknell 1981.

TOLASZ, R., ROŽNOVSKÝ, J., VALTER, J., KOHUT, M., KOTT, I., 2004: Hodnocení sucha roku 2003 na území ČR. In: Rožnovský, J., Litschmann, T. (ed): Sborník abstraktů a CD ROM s články, Mezinárodní seminář „Extrémy počasí a podnebí“, Brno 11. 3. 2004. Brno: Česká bioklimatologická společnost v nakl. Českého hydrometeorologického ústavu, s. 7 (přiložen CD ROM).

VERHOEF, A., FEDDES, R.A.: Preliminary Review of Revised FAO Radiation and Temperature Methods. Food and Agricultural Organization, Land and Water Development Division, pp. 116, Rome 1991.

## **Přílohy:**