

# HODNOCENÍ ARIDITY POMOCÍ AGROKLIMATOLOGICKÝCH CHARAKTERISTIK

Litschmann, T.<sup>1</sup> - Rožnovský, J.<sup>2</sup>

*AMET Velké Bílovice<sup>1</sup>*

*Oddělení bioklimatologie ÚKE, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně<sup>2</sup>*

## ÚVOD

Růst a vývoj zemědělských plodin je významně ovlivňován průběhem počasí, které je proto výrazným výnosotvorným faktorem. Výzkum agroklimatologie je mimo jiné zaměřen na vyjádření vztahu mezi růstem, vývojem a výnosy plodin vzhledem k hodnotám meteorologických prvků v daném ročníku, ale také v dlouhodobém pohledu. Stále se však nedá jednoznačně určit, který z meteorologických či klimatických prvků nebo charakteristik je nejprůkaznější.

K dále uvedenému hodnocení nás inspirovala práce, kterou publikoval KOTT (1992). Základem bilančního výpočtu je jednoduchá úvaha, že voda nahromaděná v uplynulém období ve svrchní vrstvě půdního profilu dané lokality byla zčásti obohacena vodou ze spadlých srážek, zčásti pak odčerpána výparem z půdy a rostlinného pokryvu (evapotranspirace) a povrchovým a podpovrchovým odtokem v období, které je aktuálně sledováno, v našem případě se jedná o denní bilanci. Ve výpočtu jsou uvažovány proti sobě fungující reálně změřené atmosférické srážky oproti potenciální (v dané povětrnostní situaci maximálně možné) evapotranspiraci. Srovnáváním těchto dvou odlišně pojatých veličin sice dochází k nutné chybě, kterou se snažíme v dalším postupu výpočtu eliminovat. Klimatická vodní bilance, která je předmětem našeho hodnocení, sleduje pouze vývoj rozdílů mezi množstvím srážek a potenciální evapotranspirací. Nemají proto prezentované hodnoty žádný vztah k nějaké konkrétní plodině a mají pouze pomoci charakterizovat změny, ke kterým dochází ve vláhovém režimu v posledních letech.

## PŘEHLED LITERATURY

Při hodnocení klimatických poměrů pro zemědělství se jedná hlavně o vyjádření teplotních a vlhkostních podmínek. Růst a vývoj rostlin závisí v našich nejméně příhodných oblastech hlavně na dostatku vody. Jistě, že v průběhu růstu a vývoje dané plodiny významnou roli sehrávají vývojová stadia, tedy fenologické fáze, takže nároky na množství vody a teplotu vzduchu se liší (ROŽNOVSKÝ 19). Ovšem z pohledu rajonizace je pro hodnocení dostatečné, když bereme v úvahu charakteristiky za vegetační období, případně rok (KURPELOVÁ - COUFAL - ČULÍK 1975).

Suchost podnebí - aridita, v pojetí klimatologie vyjadřuje výrazně převažující výpar nad množstvím spadlých srážek. Ze zemědělského pohledu je nutné zdůraznit, že při posouzení suchosti prostředí vycházíme ze vztahu mezi evapotranspirací a úhrnem srážek. Tento postup nacházíme ve známých hodnoceních vláhové bilance (ALLEN - PRUITT 1991, KOTT 1992, MICHALOPOULOU - PAPAIOANNOU 1991 atd.).

Vláhovou bilanci mimo evapotranspirace určují úhrny srážek. V posledních letech je velká pozornost věnována kolísání srážkových úhrnů a jejich trendu, proto najdeme velké množství prací k této problematice z různých oblastí Země (AMANATIDIS - REPAPIS - PALIATSOS - BARTZIS 1993, GROISMAN - EASTERLING 1994, LITSCHMANN - ROŽNOVSKÝ 1993).

V souvislosti s trendy je bohatě studována problematika možné změny klimatu. Jsou posuzovány vlivy možné změny na chod a dynamiku jednotlivých klimatických prvků (PALUTIKOF - GOODESS - GUO 1994, PITTOCK - FOWLER - WHETTON 1991 atd.). Velká pozornost je věnována možným dopadům vlivu změny klimatu na jednotlivé oblasti lidské činnosti, včetně zemědělství (BRÁZDIL - ROŽNOVSKÝ 1995).

### METODIKA:

Ke splnění cílů, definovaných v úvodu, bylo použito meteorologických dat ze stanice Lednice na Moravě za období 1961-1994. Tato stanice, ležící v nadmořské výšce 176 m, reprezentuje poměrně dosti širokou oblast Dyjsko-svrateckého úvalu východně od Pavlovských vrchů, zemědělsky intenzívně využívanou.

Z agroklimatologického pohledu jde o agroklimatologickou makrooblast teplou, oblast velmi teplou, podoblast suchou a okrsek s mírnou zimou (KURPELOVÁ - COUFAL - ČULÍK 1975). Atlas podnebí (1958) uvádí Lednici na Mor. v klimatické oblasti teplé, podoblasti suché, klimatickém okrsku A, který je charakterizován jako teplý, s mírnou zimou a kratším slunečním svitem. Vyhodnocení bylo provedeno za vegetační období (duben až září) pro následující agroklimatologické charakteristiky:

- P2 - průměrná teplota za vegetační období
- P3 - počet dnů s vláhovou bilancí pod 50 % za vegetační období
- P4 - Langův dešťový faktor za vegetační období
- P5 - úhrn srážek za vegetační období
- P6 - hydrotermický koef. podle Seljaninova za veget. období
- P7 - počet dnů s vláhovou bilancí pod 20 % za vegetační období
- P8 - evapotranspirace podle Penmanna za vegetační období

Bilanční výpočet začínal vždy první den roku, kdy se předpokládalo, že půdní profil je nasycen vodou a byla proto tomuto dni přisouzena hodnota vláhové bilance rovna nule. Každý následující den se pak odečetla hodnota potenciální evapotranspirace a připočetl úhrn srážek. V případech, kdy úhrn srážek způsobil, že se hodnota vláhové bilance by se dostala do kladných hodnot, byla opět zvolena nulová hodnota vláhové bilance jako výchozí stav pro další dny. Za této situace jsme předpokládali, že nadbytečná voda otekla povrchovým odtokem. Abychom se vyhnuli další práci přímo s hodnotami vláhové bilance v jednotlivých dnech, které by bylo možno považovat za čísla spekulativního charakteru, sestrojili jsme z hodnot této bilance za vegetační období křivku překročení (použito bylo rozdělení Pearsonovo III. typu) a v dalším zpracování používáme pro jednotlivé roky počty dnů, v nichž vláhová bilance nedosahovala padesátiprocentní hodnotu klimatického zajištění (těchto dnů za celé zpracované období by měla být právě polovina) a počty dnů, které tvoří nejsušších 20 % vegetačních období zpracovaných 34 let. Tyto počty dnů vyjadřují určitý stupeň nedostatku vláhy v půdě a lze je proto použít jako jedno z kritérií k charakterizování stupně aridity v jednotlivých letech.

Jako hlavního nástroje, sloužícího k odhalení tendencí v časových řadách jednotlivých veličin, bylo použito lineárního trendu, proloženého časovou řadou pro každou charakteristiku. Této metody je použito ve většině prací uvedených v citaci literatury, přičemž důležité je, otestovat významnost takto vypočítaného trendu pomocí vhodného testovacího kritéria. V této práci jsme k tomu použili F- testu, v dřívějších pracích jsme používali i t - testu, avšak výsledky byly zcela totožné.

## VÝSLEDKY A DISKUSE

Vybrané agroklimatologické charakteristiky určené podle metodiky byly podrobeny trendové analýze. S její pomocí bylo možno odhalit významné posuny v hodnotách jednotlivých veličin v posledních letech. Vzájemnou korelaci těchto veličin přináší tab. 1, v níž jsou uvedeny korelační koeficienty výše uvedených charakteristik. K výpočtu bylo použito Spearmanova korelačního koeficientu, který nevyžaduje předpoklad normálního rozdělení.

	<b>P2</b>	<b>P3</b>	<b>P4</b>	<b>P5</b>	<b>P6</b>	<b>P7</b>	<b>P8</b>
<b>P2</b>	1,000	0,428**	-0,300	-0,041	-0,384*	0,430**	0,616**
<b>P3</b>		1,000	-0,484**	-0,404*	-0,502**	0,766**	0,284
<b>P4</b>			1,000	0,952**	0,964**	-0,609**	-0,051
<b>P5</b>				1,000	0,885**	-0,527**	0,103
<b>P6</b>					1,000	-0,650*	-0,115
<b>P7</b>						1,000	0,482**

\* - významnost na hladině 0.05

\*\* - významnost na hladině 0.01

Tab. 1

Z této tabulky je zřejmý těsný vztah mezi hydrotermickým koeficientem podle Seljaninova a Langovým dešťovým faktorem, přičemž oba mají těsnou vazbu na úhrn srážek za vegetační období. Souvisí to s jejich výpočtem, neboť změna úhrnu srážek v čitateli použitých vztahů má značný vliv na změnu výsledné hodnoty, přičemž teplotní charakteristika ve jmenovateli se uplatňuje již méně. Z toho lze usuzovat, jak bude ještě dále ukázáno, že tyto charakteristiky nejsou nejvhodnější ke studiu změn vláhových poměrů v určité oblasti. Evapotranspirace podle Penmana ze sledovaných faktorů nejvýznamněji koreluje s teplotou vzduchu, která vstupuje do jejího výpočtu. Naproti tomu počty dnů s vláhovou bilancí pod určitou hranicí významně korelují jak s teplotou vzduchu, tak i se srážkami, což ukazuje na jejich vhodnost ke studiu změn vláhových poměrů.

Charakteristiky trendu a velikost testovacího kritéria F jsou uvedeny v tab. 2.

<b>veličina</b>	<b>trend</b>	<b>F</b>	<b>hladina význ.</b>
<b>P3</b>	1,0474	1,923	0,1752
<b>P4</b>	-0,1161	1,649	0,2083
<b>P5</b>	-1,3667	1,649	0,2083
<b>P6</b>	-0,00628	2,9631	0,0948
<b>P7</b>	1,3927	5,493	0,0261
<b>P8</b>	0,3320	0,1426	0,7082

Tab. 2

Grafické znázornění průběhu jednotlivých charakteristik dává představu o jejich průběhu. Úhrn srážek za vegetační období v jednotlivých letech uvádí obr. 1. Trend vyjadřuje pokles srážkových úhrnů. Hodnoty Langova dešťového faktoru (obr. 2) a hydrotermického koeficientu (obr. 3) dokládají pomocí trendu svůj pokles. Ovšem u sum potenciální evapotranspirace za

vegetační období, zobrazených na obr. 4, je trendová složka v podstatě nulová. Počty dnů s vláhovou bilancí pod 50 % (obr. 5) a pod 20 % (obr. 6) vykazují vzestupný trend.

Z těchto podkladů je zřejmé, že ačkoliv lineární trendy u většiny charakteristik vykazují tendenci potvrzující domněnku o postupné aridizaci našeho území, ukazuje se však, že tyto trendy nejsou na běžně používaných hladinách významnosti signifikantní. Pozornost je však nutno věnovat zvyšujícímu se počtu dnů s vláhovou bilancí pod 20 % (viz obr. 6), kde je lineární trend významný již na hladině 0.026 a jak je z obrázku patrné, podílejí se na tomto vzestupu právě poslední roky, v nichž se pravidelně opakovala období s nízkými hodnotami vláhové bilance, tedy suchá období. Z hlediska vegetace jsou právě tato období rozhodující, neboť dlouhodobější periody sucha mají negativní vliv na tvorbu biomasy a tudíž i na tvorbu úrody. Není přitom ani tak rozhodující velikost srážkového úhrnu za vegetační období, ale spíše intenzita srážek a jejich rozdělení v průběhu vegetačního období. Lze to názorně dokumentovat na obr. 7 a 8, na nichž jsou zachyceny průběhy srážek a vláhové bilance v letech 1972 a 1993. Tyto roky byly vybrány záměrně z toho hlediska, že rok 1993 patřil k rokům s největším počtem dnů s vláhovou bilancí nepřevyšující 20 % jejího klimatického zajištění, zatímco rok 1972, ačkoliv úhrn srážek během vegetačního období byl velmi podobný roku 1993, neměl tento den ani jeden. V roce 1972 však byly srážky poměrně rovnoměrně rozděleny v průběhu celé vegetace, v roce 1993 se vyskytlo několik srážkových period s poměrně vysokými úhrny, které však byly odděleny delšími bezsrážkovými periodami. Tato skutečnost je poměrně v dobrém souladu s modelovými výpočty, které uvádí ve své práci PITTOCK et al. (1991), podle nichž by se i v našich zeměpisných šířkách měl úhrn srážek nepatrně zvyšovat, avšak snižovat by se měl počet dnů se srážkami, z čehož zákonitě vyplývá, že se musí zvyšovat intenzita srážek.

## Z Á V Ě R

Agroklimatologické studie jsou v posledním období zaměřeny na vyjádření vztahu mezi růstem, vývojem a výnosy plodin vzhledem k proměnlivosti klimatu. Jedním ze sledovaných vztahů je zajištění dostatečné vláhovosti pro zemědělské plodiny. Jako hodnotící charakteristiku jsme zvolili vláhovou bilanci za vegetační období pro oblast Lednice na Moravě. Klimaticky pojatá vodní bilance, která je předmětem našeho hodnocení, sleduje vývoj rozdílů mezi množstvím srážek a potenciální evapotranspirací.

Ze statistického vyhodnocení vyplývá, že je těsný vztah mezi hydrotermickým koeficientem podle Seljaninova a Langovým dešťovým faktorem. Oba mají těsnou vazbu na úhrn srážek za vegetační období, kdy teplota vzduchu vykazuje nižší vliv. Proto tyto ukazatele nejsou nejvhodnější ke studiu změn vláhových poměrů v určité oblasti. Naopak evapotranspirace podle Penmana nejvýznamněji koreluje s teplotou vzduchu, která vstupuje do jejího výpočtu. Vhodnost počtu dnů s vláhovou bilancí pod určitou hranici jako ukazatele ke studiu změn vláhových poměrů dokládá významná korelace jak s teplotou vzduchu, tak i se srážkami.

Z trendové analýzy pomocí lineární funkce vychází, že u srážkových úhrnů, Langova dešťového faktoru a Seljaninova hydrotermického koeficientu dochází k poklesu, naopak průměrná teplota vzduchu, počty dnů s vláhovou bilancí pod 50 % a pod 20 % vykazují vzestupný trend. Pro potenciální evapotranspiraci podle Penmana je trendová složka nulová.

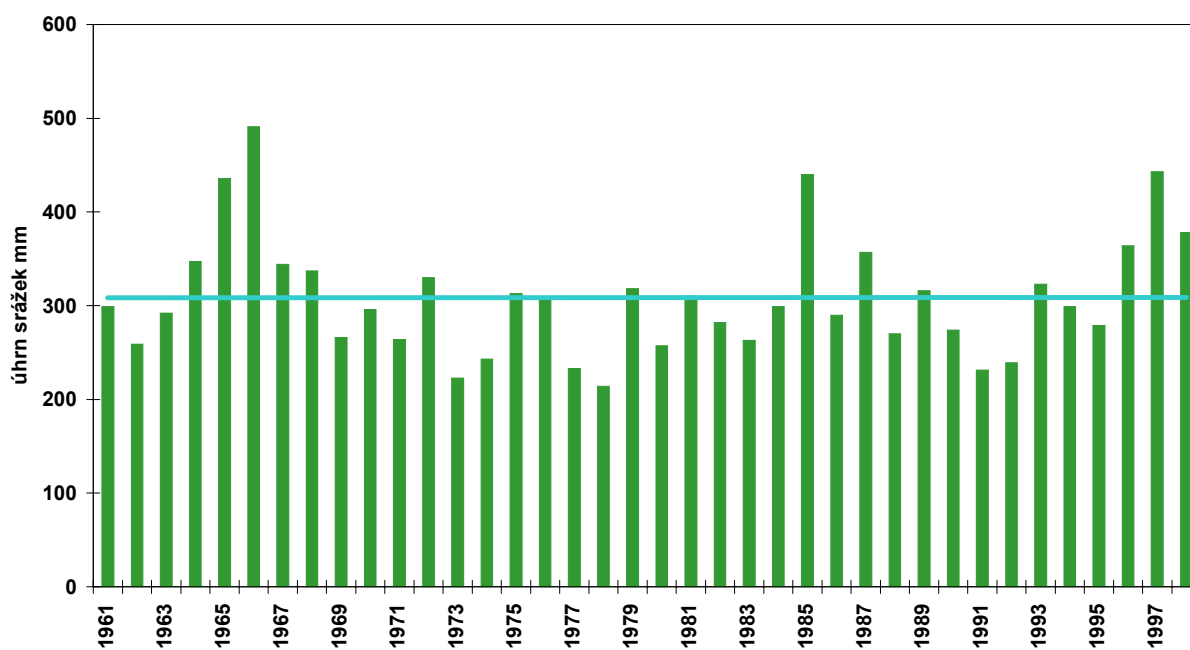
Přesto, že u většiny charakteristik vykazují trendy domněnku o postupné aridizaci našeho území, ukazuje se však, že tyto trendy nejsou na běžně používaných hladinách významnosti signifikantní. Pozornost je však nutno věnovat zvyšujícímu se počtu dnů s vláhovou bilancí pod 20 %, který vyjadřuje vyšší výskyt nízkých hodnot vláhové bilance, tedy suchých období.

Pro zajištění výnosů zemědělských plodin se jeví důležitější než velikost srážkového úhrnu za vegetační období spíše intenzita srážek a jejich rozdělení v průběhu vegetačního období. V tomto pohledu bude důležitý další vývoj klimatu v souvislosti s jeho předpokládanou možnou změnou.

#### LITERATURA:

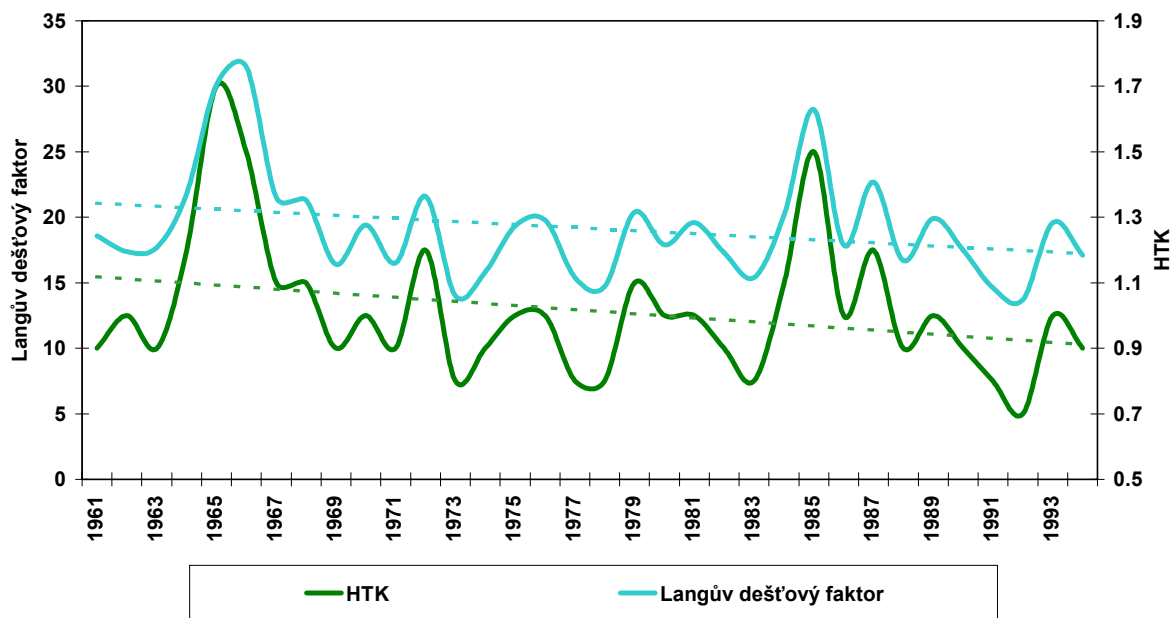
- Allen R.G., Pruitt, W.O. (1991): FAO-24 Reference evapotranspiration factors. *Journal of irrigation and drainage engineering*, vol 117, No 5, s. 758-773.
- Amanatidis G.T., Repapis C.C., Paliatsos, A.G., Bartzis J.G. (1993): Decreasing precipitation trend in the Marathon area, Greece. *Journal of Climatology*, vol. 13, s. 191- 201.
- Groisman, P.Y., Easterling D.R. (1994): Variability and trends of total precipitation and snowfall over the United States and Canada. *Journal of Climate*, vol. 7, s. 184-205.
- Kott, I. (1992) Vláhová bilance na území České republiky v letech 1974-1990. *Sborník prací ČHMÚ*, svazek 42, 125 s.
- Michalopoulou H., Papaioannou, G. (1991): Reference crop evapotranspiration over Greece. *Agricultural water and management*, vol. 20, s. 209-221.
- Palutikof, J.P., Goodess, C.M., Guo, X. (1994): Climate change, potential evapotranspiration and moisture availability in the mediterranean basin. *Journal of Climatology*, vol. 14, s. 853-869.
- Pittock, A.B., Fowler, A.M., Whetton, P.H. (1991): Probable changes in rainfall regimes due to the enhanced greenhouse effect. *International hydrology and water resources symposium*, Perth 2-4 October 1991, s. 182-186.
- Brázdil, R. - Rožnovský, J. a kol.: Dopady možné změny klimatu na zemědělství v České republice. Územní studie změny klimatu pro Českou republiku. Element 2. Národní klimatický program ČR, svazek 18, Praha, Český hydrometeorologický ústav 1995, 140 s.
- Litschmann, T. - Rožnovský, J.: Proměnlivost měsíčních a ročních úhrnů srážek v normálovém období 1961 až 1990. In.: *Klimatické změny a lesní hospodářství*. Brno, Československá bioklimatologická společnost 1993, s. 28-34.
- Rožnovský, J.: Relation of Agrometeorological Indices to Phenophase Lents in Cereal Crops. In: *Crop Farming Research - Traditions, Present Level and Prospects*. Halle n/S., Wissenschaftliche Beiträge 1989/55, s. 88-90.

### Úhrn srážek za vegetační období v Lednici na Moravě



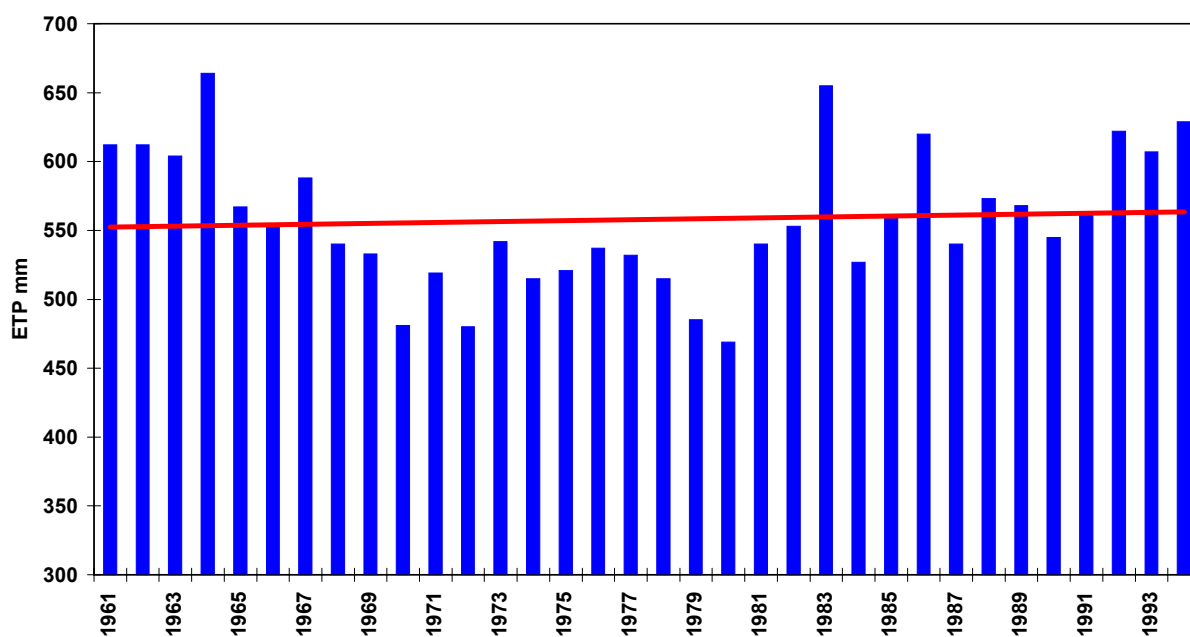
Obr. 1

### Průběh Langova dešťového faktoru a HTK podle Seljaninova

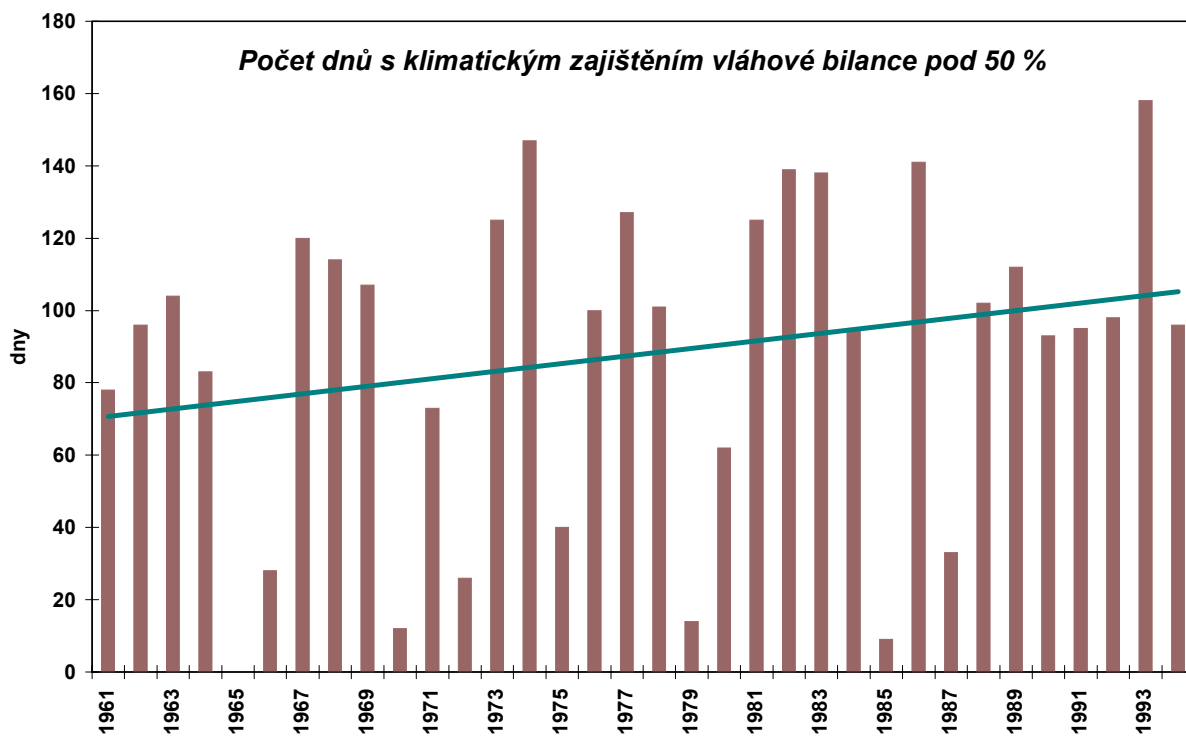


Obr. 2

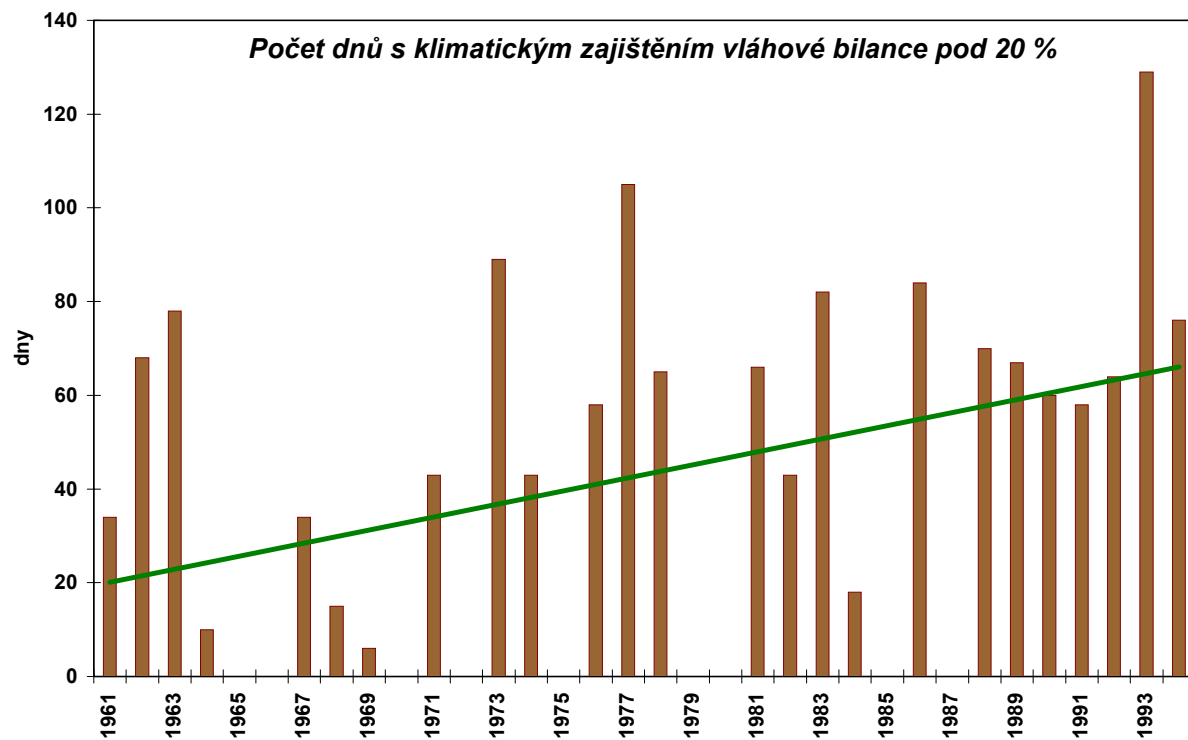
### Průběh potenciální evapotranspirace podle Penmanna



Obr. 3



Obr. 4



Obr. 5