

## **METODA HODNOCENÍ SUCHA**

*Petr Blinka*

### **Abstract**

Drought belongs to natural hazards. It differs from them in several ways. The onset and end of drought is difficult to determine. The effects of drought accumulate slowly over a period of time and losses caused by drought are larger than by other natural hazards.

There are some problems connected with the research of drought, e.g. quantifying drought intensity and duration. Most of the current indexes, which are used by quantification of drought severity and duration, have weak points. They are not precise enough in detecting the onset, end and accumulated stress of drought. They are usually based on a monthly time step. They also don't effectively take into account the diminishing of water resources over time. Many current indexes are calculated from data which are hardly to obtain.

H. R. Byun and D. A. Wilhite proposed new indexes to solve the weaknesses and to improve drought monitoring. Daily depletion of water resources is represented by effective precipitation (EP). We need only daily precipitation to find EP. There are many other indexes calculated from EP. They determine the duration and severity of drought, accumulated precipitation deficit, precipitation for the return to normal condition and a standardized index that can be used to assess drought severity worldwide. It allows comparison between different places.

The weather-station abice was chosen to test this method in years 1961 – 2000.

### **Abstrakt**

Sucho patří mezi přírodní rizika. Liší se však od nich v mnoha směrech. Začátek a konec sucha lze velmi obtížně stanovit. Účinky sucha mají kumulativní charakter, neboť velikost intenzity sucha se zvyšuje s jeho délkou. Ztráty způsobené suchem tak dosahují značných rozměrů.

Problémem při výzkumu sucha zůstávají kvantifikace intenzity a určování jeho délky. Většina současných indexů, které se používají při hodnocení sucha, má řadu slabin. Nedokáží dostatečně přesně určit začátek a konec sucha, protože pracují pouze s měsíčními průměry (nejen meteorologických prvků). Neuvažují rovněž úbytek vodních zásob v čase, který je funkcí odtoku a evapotranspirace. Nevýhodou některých metod zůstává značná náročnost na vstupní údaje.

H. R. Byun a D. A. Wilhite navrhli nové indexy sucha, které řeší nedostatky současných metod hodnocení sucha. Denní úbytek vodních zdrojů reprezentuje efektivní

srážka (EP), k jejíž určení potřebujeme pouze denní průměry srážek na stanici. Z EP pak vychází řada dalších indexů, které dovolují stanovit délku a intenzitu sucha, akumulovaný srážkový deficit (odchylku od normálu), srážku nutnou pro návrat k normálu a standardizovaný index intenzity sucha, který umožňuje srovnání mezi různými místy.

Tato metoda byla testována na datech ze stanice Žabičce v období 1961 – 2000.

## 1. Úvod

Sucho je podle [7] (National Drought Mitigation Center (NDMC) v Lincolnu (Nebraska)) normální, opakující se projev klimatu, který souvisí s jeho kolísáním (fluktuací). Mnoho lidí se však chybně domnívá, že se jedná o vzácný a náhodný jev. Sucho jako přechodná anomálie klimatu se může vyskytovat ve všech klimatických zónách (srážkových režimech) a liší se tak od aridity, kterou považujeme za trvalý znak klimatu.

Neexistuje žádná univerzální a všeobecně uznávaná definice sucha. D. A. Wilhite a M. H. Glantz (1985) uvádějí přehled některých z více než 150 publikovaných definic sucha. Většina autorů rozlišuje definice meteorologického, zemědělského, hydrologického a socioekonomického sucha.

Sucho lze definovat jako deficit srážek vzhledem k očekávané srážce (normálu), který se vyskytuje v průběhu sezóny nebo delší části roku (Wilhite 1991). Normál přibližně znázorňuje dlouhodobou rovnováhu mezi srážkami a evapotranspirací pro určitou lokalitu (meteorologické pojetí sucha). Podle [9] hovoříme o agronomickém suchu, jestliže množství půdní vláhly nevyhovuje potřebám rostlin. Agronomické sucho tak vztahujeme zejména k deficitu vody v půdě. Nastává po meteorologickém suchu, ale před hydrologickým. Zemědělství představuje první sektor hospodářství, který je zasažen suchem.

Sucho řadíme mezi přírodní rizika. Odlišuje se však od ostatních v několika směrech. Většina přírodních rizik vzniká velmi rychle (někdy úplně bez jakéhokoliv varování) a má rychlý průběh. Sucho se vyznačuje pomalým vznikem i rozvojem, který trvá měsíce. Někdy se může vyskytovat v průběhu celé sezóny, roků a dokonce i dekad. Stanovení začátku a konce sucha je velmi obtížné a vyžaduje řadu meteorologických, ale také hydrologických proměnných. Efekty působení sucha mají kumulativní charakter, velikost intenzity sucha se zvyšuje s každým dalším dnem. S dopady po suchu se setkáváme ještě několik let po výskytu normálních dešťů [11].

Dopady sucha jsou méně nápadné, avšak sucho postihuje větší území než jiná přírodní rizika. Také kvantifikace škod způsobených suchem bývá velmi obtížná. Nicméně podle různých studií převyšují odhady ztrát způsobených suchem škody z jiných přírodních neštěstí [5]. NDMC dělí dopady sucha na tři základní kategorie: ekonomické, environmentální a sociální.

## 2. Metody hodnocení sucha

V [2] nacházíme stručný komentář k charakteristikám sucha. Co tedy můžeme u sucha sledovat? Sucho hodnotíme z prostorového a časového hlediska, určujeme také jeho intenzitu (sílu).

První kategorií je plošný rozsah sucha. Sucha se mohou vyskytovat na ploše rozsahu pouze několika stovek km čtverečních. Tato sucha obvykle nejsou silná a délka jejich trvání bývá relativně krátká. Sucho (někdy označované jako kontinentální) se může rozšířit na obrovskou oblast pokrývající stovky tisíc km<sup>2</sup>, nebo v extrémních případech dokonce miliony km<sup>2</sup>. Potenciálně může být i celý kontinent zasažen suchem.

Časovými vlastnosti sucha rozumíme zejména začátek, konec a délku trvání. Kromě času se na charakteru a průběhu sucha podílejí také další faktory jako vysoká teplota a rychlost větru, nízká relativní vlhkost vzduchu a další. Tyto faktory mohou významně zvýšit sílu (intenzitu) sucha.

Naším hlavním úkolem bude vymezení suchých období a stanovení jejich intenzity. Absence univerzální definice sucha vede k mnoha problémům. Obtížné je v některých případech vůbec rozhodnout, zda se sucho vyskytuje či nikoliv.

Pro stanovení začátku, konce a intenzity sucha máme celou řadu objektivních metod. Do výpočtu indexů sucha vstupují různé faktory jako srážky, teplota, evapotranspirace, půdní vláhá, odtok, zásoby sněhu a vody v řekách a nádržích atd. Výsledné indexy sucha poté umožňují vzájemné srovnání suchých období. Nejčastěji používaný a nejrozšířenější je Palmer Drought Severity Index (PDSI), který řadíme mezi meteorologické indexy sucha. K výpočtu indexu potřebujeme vedle srážek rovněž evapotranspiraci, odtok, půdní a hloubkovou infiltraci. PDSI modeluje rovnici vodní bilance pro danou lokalitu.

Současné používané indexy sucha však mají celou řadu slabin, na které upozorňují H. R. Byun a D. A. Wilhite v [1] a [10]. Většina indexů, které se používají při hodnocení sucha, nedokáže dostatečně přesně určit začátek a konec sucha. Obvykle pracují pouze s měsíčními průměry (nejen meteorologických prvků). Neuvažují rovněž úbytek vodních zásob v čase, který je funkcí odtoku a evapotranspirace. Nevýhodou některých metod zůstává značná náročnost na vstupní údaje. Mnoho parametrů při výpočtu indexů musí být odhadováno (např. odtok a evapotranspirace). Dále je také opomíjen fakt, že základem všech odhadovaných parametrů jsou srážky. Někteří autoři se domnívají, že použití pouze srážek pro stanovení meteorologického sucha je lepší než užití složitých indexů. Žádný z indexů také nezohledňuje skutečnost, že dopady sucha se na jednotlivé části krajinné sféry projevují s určitým zpožděním. Velikost půdní vláhly vztahujeme obvykle k aktuálním srážkovým poměrům, vodní zdroje v rezervoárech pak k časově delším součtům srážek.

H. R. Byun a D. A. Wilhite v [1] a [10] navrhli nové indexy sucha, které řeší nedostatky současných metod hodnocení sucha. Denní úbytek vodních zdrojů reprezentuje efektivní srážka (EP), k jejíž určení potřebujeme pouze denní průměry srážek na stanici. Úbytek vodních zásob v čase vyjadřuje časově závislá redukční funkce, z níž odhadujeme aktuální vodní deficit.

Z EP vychází řada dalších indexů, které dovolují stanovit délku a intenzitu sucha, akumulovaný srážkový deficit (odchylku od normálu), srážku nutnou pro návrat k normálu a standardizovaný index intenzity sucha, který umožňuje srovnání mezi různými místy.

## 2.1 Metoda efektivní srážky (EP)

Denní úbytek vodních zdrojů reprezentuje efektivní srážka EP (Effective Precipitation), která je dána rovnicí

$$EP_i = \sum_{n=1}^i \left( \frac{\sum_{m=1}^n P_m}{n} \right),$$

kde  $i$  je doba sumace (DS),  $P_m$  je srážka před  $m$  dny.  $P_1$  značí aktuální srážku.

Složitý matematický zápis můžeme přepsat:

$$EP_i = \sum_{m=1}^i \lambda_m P_m,$$

kde  $\lambda_m$  je váha srážky  $P_m$ .

Položíme-li  $i$  rovno 365, představuje  $EP_{365}$  vodní zdroje nahromaděné za posledních 365 dní. Pro hodnocení deficitu půdní vláhy (vlhkosti) se používá  $EP_{14(15)}$ , jež označuje vodní zdroje akumulované během posledních 14 (resp. 15) dnů. Rovnice EP vychází z úvahy, že srážka před  $m$  dny je přidána k celkovým zásobám vody ve tvaru průměru srážek za  $m$  dnů (např.  $EP_2 = P_1 + \frac{(P_1 + P_2)}{2}$ ). Způsob vážení denních srážek v závislosti na čase, který

uplynul od jejich výskytu (vyjádřen počtem dní, které uplynuly od příslušného dne, jehož úhrn srážek vážíme), popisuje obrázek 1 (příloha). Křivka z obr. 1 znázorňuje rovněž průběh časově závislé redukční funkce. Jak vidíme z obrázku, rovnice EP zaručuje strmější změny vah v prvních dnech.

Jaká úroveň změn vah (úbytku vodních zdrojů v čase) je nejlepší? Vycházíme-li z různých hydrologických srážkovo-odtokových modelů, ukazuje se, že změna poměru odtoku je nejprudší jen po dešti [1]. Koncept EP vyhovuje tomuto tvrzení.

Kromě této uvažované rovnice lze úbytek vodních zdrojů v čase vyjádřit také dalšími rovnicemi. Výběr nejlepší rovnice však nadále zůstává neřešitelným problémem, protože zde vystupuje velmi mnoho parametrů. Jedná se zejména o topografii, vlastnosti půdy, schopnost zadržovat vodu ve vodních nádržích, teplotu a vlhkost vzduchu, rychlost větru a další. Všechny zmiňované faktory ovlivňují úbytek vody v přírodě odtokem a evapotranspirací.

## 3. Aplikace EP

Metodu EP jsme aplikovali na čtyřicetiletou řadu srážek 1961-2000 ze stanice Žabičce, která leží blízko Brna.

Dále pracujeme pouze s  $EP_{365}$ . Rozhodli jsme se pro tuto hodnotu, neboť rok se vyznačuje charakteristickým chodem srážek. Z EP počítáme další indexy, které nám dovolí

vymezit období sucha, zhodnotit jejich intenzitu a rovněž umožní jejich vzájemné srovnání. Společně s přehledem indexů naznačíme postup při aplikaci EP.

Pro každý den se stanoví průměr EP (MEP) za dané období (v našem případě 40 let). MEP má vysokou variabilitu, proto se počítá s 5-denními klouzavými průměry. Hodnota MEP představuje klimatologickou charakteristiku vodních zdrojů.

Ve druhém kroku počítáme pro každý den období DEP (Deviation of EP from MEP) ze vztahu

$$DEP = EP - MEP,$$

kde DEP vyjadřuje nedostatek nebo nadbytek zdrojů k určitému datu a místu.

Standardizací DEP dostáváme index SEP (Standardized value of DEP), který umožňuje srovnání intenzity sucha mezi různými místy:

$$SEP = \frac{DEP}{\sigma(EP)},$$

kde  $\sigma(EP)$  je standardní odchylka pro každou denní řadu EP. Standardní odchylka je spočítána z pětidenních klouzavých průměrů.

Negativní hodnoty DEP a SEP znamenají období vodního deficitu, neboť hodnoty EP jsou pod úrovní normálu. Suché období lze pak definovat jako období po sobě jdoucích dní s negativní hodnotou SEP (DEP). Délku suchého období označujeme CNS (Consecutive days of negative SEP).

**Kvantifikaci intenzity sucha** provedeme pomocí dalších indexů.

ANES (Accumulation of consecutive negative SEP) značí součet všech záporných po sobě jdoucích negativních hodnot SEP. ANES dobře vyjadřuje také délku sucha, protože absolutní hodnota ANES je skoro vždy menší než 2.

Další charakteristikou, která vychází z EP, je PRN (Precipitation needed for a return to normal condition). Z negativní hodnoty DEP lze spočítat denní srážku nutnou pro návrat k normálním podmínkám. PRN vyjadřuje rovnice

$$PRN = \frac{DEP}{\sum_{N=1}^i \frac{1}{N}},$$

kde  $i$  je rovno 365. PRN tak udává rovněž deficit srážek akumulovaný během posledních 365 dní.

Ačkoliv PRN a jiné uvedené indexy poměrně dobře vyjadřují intenzitu sucha, je potřeba konstruovat také index, který by umožňoval stanovit intenzitu sucha a přitom dovolil srovnání mezi různými místy (nezávisle na klimatických charakteristikách místa). EDI (Effective drought index) tyto požadavky splňuje:

$$EDI = \frac{PRN}{\sigma(PRN)} = \frac{DEP}{\sigma(DEP)},$$

kde  $\sigma$  značí standardní odchylku indexu v závorce pro příslušný den.

Standardizací se rozložení EDI blíží normovanému normálnímu rozdělení. Proto se někdy sucho definuje jako období s hodnotami EDI menšími než -1,0. Suchá období mezi jednotlivými suchy jsou zahrnuta, pokud se nevyskytnou kladné hodnoty EDI [1]. Pravděpodobnost, že EDI bude menší než -1,0, je přibližně 15,86 %.

Vedle indexů vztažených k EP, jsme používali charakteristiku APD (Accumulated precipitation deficit):

$$APD_j = \sum_{i=1}^j (P_i - AVG_i),$$

kde  $j$  je délka suchého období (př. sucha),  $P_i$  denní úhrn srážek pro  $i$ -tý den a  $AVG_i$  je dlouhodobý průměr srážek (normál) pro den  $i$ .

#### 4. Aplikace na reálných datech

Metodu EP jsme aplikovali na čtyřicetiletou řadu srážek 1961 - 2000 ze stanice Žabičce (179 metrů nad mořem), která leží blízko Brna. Chybějící údaje (53 denních srážek) byly doplněny z velmi blízko ležících stanic Židlochovice a Pohořelice nad Jihlavou.

Graf 1 prezentuje denní úhrny srážek v období 1961 – 2000. Graf 2 znázorňuje hodnoty  $EP_{365}$  pro jednotlivé dny a začíná 1.1.1962, neboť EP se počítá z 365 po sobě jdoucích dnů (hodnotu  $EP_{365}$  lze spočítat již pro 31.12.1961). Graf 2 doplňuje graf 3 s indexem EDI, který vychází z EP. Všechny zmiňované grafy najdete v příloze. V tabulce 1 uvádíme některé statistické charakteristiky indexů EDI a PRN za celé období 1962 – 2000.

Tabulka 1 Celkové výsledky EDI a PRN

	Suma	%
Celkem dní	14245	100
Dní s EDI<0	7718	54,18
Dní s EDI<-1	2041	14,33
	<b>EDI</b>	<b>PRN</b>
Průměr	-0,00028	0,00274
Med	-0,095	-1,523
Směr. odch.	1,000	17,026
Rozptyl	1,001	289,882
Max	5,261	114,695
Min	-2,309	-39,712

#### 4.1 Vymezování a hodnocení sucha a suchých období

V prvním kroku jsme vymezili suchá období a sucha způsobem, jak jsme jej popsali v metodice EP. Uvažovali jsme pouze období, která jsou tvořena po sobě jdoucími dny s negativní hodnotou SEP (suchá období), resp. s hodnotou EDI menší než -1,0 (sucha). Celkový počet dnů se zápornou hodnotou SEP je 7718, s hodnotu EDI menší -1,0 pak 2041.

##### A) Suchá období

Pokusíme se seřadit vymezená suchá období podle jejich intenzity (v porovnání s normálem). Dále určíme 39 nejhorších, která označíme jako jednoletá a horší suchá období. U suchých období jsme uvažovali následující kritéria:

- délka
- suma EDI
- suma PRN
- průměr EDI na den
- průměr PRN na den.

Pořadí suchých období se liší v závislosti na volbě kritéria. Uvedené tvrzení dokumentuje tabulka 2.

Tabulka 2 Deset nejhorších suchých období dle zvolené charakteristiky

Pořadí	Dle délky	Délka	Dle sumy EDI	Suma EDI	Dle sumy PRN	Suma PRN
1	20.6.71-16.4.72	302	20.6.71-16.4.72	-310,82	20.6.71-16.4.72	-5309,02
2	19.6.94-3.3.95	258	4.7.83-23.2.84	-284,47	4.7.83-23.2.84	-4883,89
3	26.10.73-17.6.74	235	19.6.94-3.3.95	-271,66	19.6.94-3.3.95	-4656,63
4	4.7.83-23.2.84	235	19.8.78-10.3.79	-266,12	19.8.78-10.3.79	-4124,03
5	8.9.88-28.4.89	233	26.10.73-17.6.74	-256,87	26.10.73-17.6.74	-3842,53
6	19.8.78-10.3.79	204	8.9.88-28.4.89	-239,60	8.9.88-28.4.89	-3604,47
7	13.10.72-19.4.73	189	9.8.82-9.2.83	-197,42	9.8.82-9.2.83	-3214,54
8	9.8.82-9.2.83	185	5.9.69-21.2.70	-153,77	12.6.-21.9.76	-2688,10
9	5.9.69-21.2.70	170	30.11.63-11.5.64	-151,84	5.9.69-21.2.70	-2318,38
10	30.11.63-11.5.64	164	13.10.72-19.4.73	-143,16	26.6.-30.10.62	-2172,75
Pořadí	Dle EDI/den	EDI/den	Dle PRN/den	PRN/den		
1	19.8.78-10.3.79	-1,305	12.6.-21.9.76	-26,354		
2	12.6.-21.9.76	-1,235	17.6.-6.9.88	-23,336		
3	4.7.83-23.2.84	-1,211	15.6.-22.8.92	-21,130		
4	19.5.-27.7.00	-1,163	4.7.83-23.2.84	-20,783		
5	26.10.73-17.6.74	-1,093	19.8.78-10.3.79	-20,216		
6	9.8.82-9.2.83	-1,067	19.5.-27.7.00	-19,727		
7	17.6.-6.9.88	-1,059	19.6.-4.9.98	-19,149		
8	19.6.94-3.3.95	-1,053	10.7.-31.8.95	-18,439		
9	23.9.-20.10.76	-1,041	19.6.94-3.3.95	-18,049		
10	20.6.71-16.4.72	-1,029	7.6.-27.8.89	-17,907		

Rozhodli jsme se provést podrobnější hodnocení suchých období podle sumy EDI. Narozdíl od ukazatele PRN je EDI pro jednotlivé dny roku standardizovaný - máme tak

eliminován vliv ročního chodu srážek. Vysoký denní průměr EDI a PRN značí vysokou intenzitu suchého období (př. sucha). Zásoby vody v daném období jsou výrazně podnormální. Nicméně délka bývá mnohem kratší než u období dle sumy EDI a navíc musíme zohlednit skutečnost, že s rostoucí délkou suchého období (sucha) se zároveň zvyšuje intenzita sucha. Charakteristiky průměrného jednoletého a horšího suchého období najdete v tabulce 3.

Tabulka 3 Průměrné jednoleté a horší suché období dle sumy EDI

Délka	117,92
Srážka v mm	100,57
APD	-51,22
ANES	-110,98
Suma PRN	-1822,45
Suma EDI	-109,27
EDI<-1	48,79
Průměr APD/den	-0,43
Průměr SEP/den	-0,94
Průměr PRN/den	-15,45
Průměr EDI/den	-0,93

Graf 4 (příloha) znázorňuje četnostní zastoupení suchých období v jednotlivých dnech roku.

Nejvýznamnější suchá období zasahovala především do zimních měsíců prosinec, leden a únor. Jednotlivé dny zimních měsíců se vyskytují v průměru v každém třetím suchém období. Nadprůměrné jsou také letní měsíce červenec a srpen. Zatímco květnové a červnové dny najdeme v průměru pouze každém čtvrtém až pátém z 39 suchých období.

Nejsušším rokem je rok 1983, kde 354 dnů roku patří do některého z 39 suchých období. Následují roky 1989, 1988, 1973 a 1978, u kterých se četnost pohybuje v rozmezí 254 až 237. Tedy asi 2/3 roku patří do některého z 39 nejvýznamnějších suchých období. Roky 1981, 1985, 1996 a 1997 mají nulové četnostní zastoupení jednoletých a horších suchých období.

## B) Sucha

Stejně jsme postupovali i v případě such, která jsou podle [1] definovaná jako období s hodnotou EDI < -1 u všech svých dnů. Všechny níže zmiňované tabulky a grafy jsou součástí přílohy.

Pořadí deseti nejhorších such závisí na volbě charakteristiky (tabulka 4). Suma EDI (suma PRN) představuje kombinaci délky období a intenzity sucha, kterou vyjadřuje průměr EDI (PRN) na den.

Dále jsme hodnotili 39 nejhorších such podle sumy EDI (stejně jako u suchých období). Charakteristiky průměrného jednoletého a horšího sucha najdete v tabulce 5.

Četnostní zastoupení 39 nejhorších such v jednotlivých dnech roku přináší graf 5.



Protože délka průměrného sucha (34,5) je mnohem kratší než suchého období (117,9), je průměrná četnost jednoletého a horšího sucha připadající na den rovna pouze 3,69. Nadprůměrnou četnost vykazují znovu dny v chladnější části půlroku. Listopadový den je obsažen průměrně v každém šestém suchu. Dubnový a červnový den nalezneme přibližně v každém dvacátém jednoletém a horším suchu.

Nejvyšší četnost jednoletých a horších such má opět rok 1983. Více než třetina roku je postižena některým z 39 nejhorších such. Alespoň 100 dnů v některém z nejhorších such mají také roky 1988 a 1978. Šestnáct roků nezasahuje do žádného z jednoletých a horších such 1962 – 2000.

## 5. Závěr

Na datech stanice Žabičce byla vyzkoušena poměrně nová metoda EP (efektivní srážky). Indexy MEP, DEP a SEP (odvozené z EP) umožňují poměrně přesné vymezení deficitního období z pohledu vodních zásob. Při určování intenzity sucha (resp. suchých období) jsme vycházeli z EDI (příp. PRN). Pomocí sumy EDI jsme stanovili 39 nejhorších suchých období (such), jež lze označit jako jednoletá a horší suchá období (sucha), a provedli hodnocení jejich četnostního zastoupení v jednotlivých dnech roku, měsících a letech 1962 – 2000.

V úvodu článku byly diskutovány výhody této metody v porovnání s běžně používanými indexy sucha. Mezi nesporné přednosti metody EP patří především možnost snadné interpretace výsledků a nenáročnost na vstupní data. Nutno však poznamenat, že vývoj metody EP autorů H. R. Byun a D. A. Wilhite jistě není ukončen. Otevřenou otázkou zůstává zejména volba redukční funkce (vah pro denní srážky) a volba období pro výpočet EP. Porovnáním s některou další objektivní metodou pro hodnocení sucha by bylo vhodné začlenit do redukční funkce přesnější odhad evapotranspirace - zejména v závislosti na teplotě vzduchu. Počet vstupních prvků by se tak rozšířil pouze o teplotu vzduchu. Metoda by se pro svoji jednoduchost a snadnou dosažitelnost vstupních údajů mohla uplatnit při klimatologickém výzkumu sucha velkých územních celků (např. celé ČR).

## 6. Literatura

- [1] Byun, H. R., Wilhite, D. A. (1999): Objective Quantification of Drought Severity and Duration, *Journal of Climate*, 12, s. 2747-2756.
- [2] Technical Note, No. 138 WMO – No. 392, Drought and Agriculture, Geneva, WMO, 1975, 127 s.
- [3] Wilhite, D. A. (1991): Drought. *Encyclopedia of Earth System Science*, Volumes 1-4, W.A. Nierenberg, Academic Press, Inc, s. 81-92.
- [4] Wilhite, D. A. (1993): Understanding the Phenomenon of Drought: Prerequisite to Reducing Vulnerability, *Hydro-Review*, 12, s. 136-148.
- [5] Wilhite, D. A. (2000): Drought as a Natural Hazard: Concepts and Definitions (Chapter 1). In: Wilhite, D. A., *Drought: A Global Assessment*, Natural Hazards and Disasters Series, Routledge Publishers, UK, s. 3-18.

- [6] Wilhite, D. A., Glantz, M. H. (1985): Understanding the drought phenomenon: The role of definitions, Water International, 10, s. 111-120.

### Internet

- [7] <http://enso.unl.edu/ndmc/enigma/def2.htm>  
 [8] <http://enso.unl.edu/ndmc/impacts.htm>  
 [9] <http://enso.unl.edu/ndmc/plan/define.htm>  
 [10] [http://rossby.metr.ou.edu/~spark/AMON/v1\\_n5/Byun/Byun.html](http://rossby.metr.ou.edu/~spark/AMON/v1_n5/Byun/Byun.html)  
 [11] <http://www.ci.houston.tx.us/OEM/disaster.html>

## 7. Příloha

### A) Tabulky

Tabulka 4 Deset nejhorších such dle zvolených charakteristik

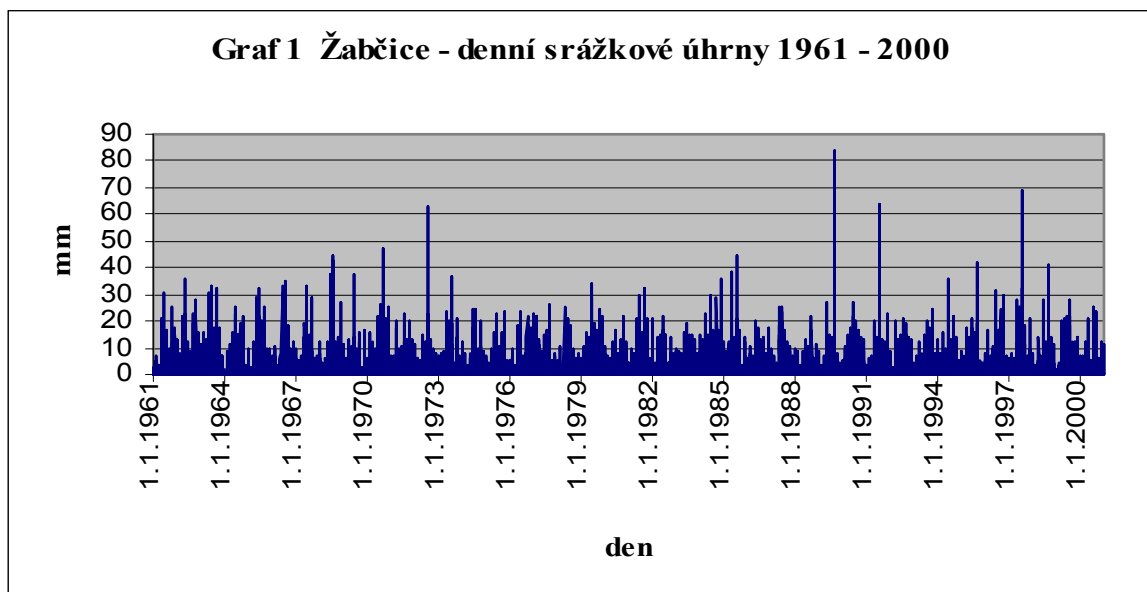
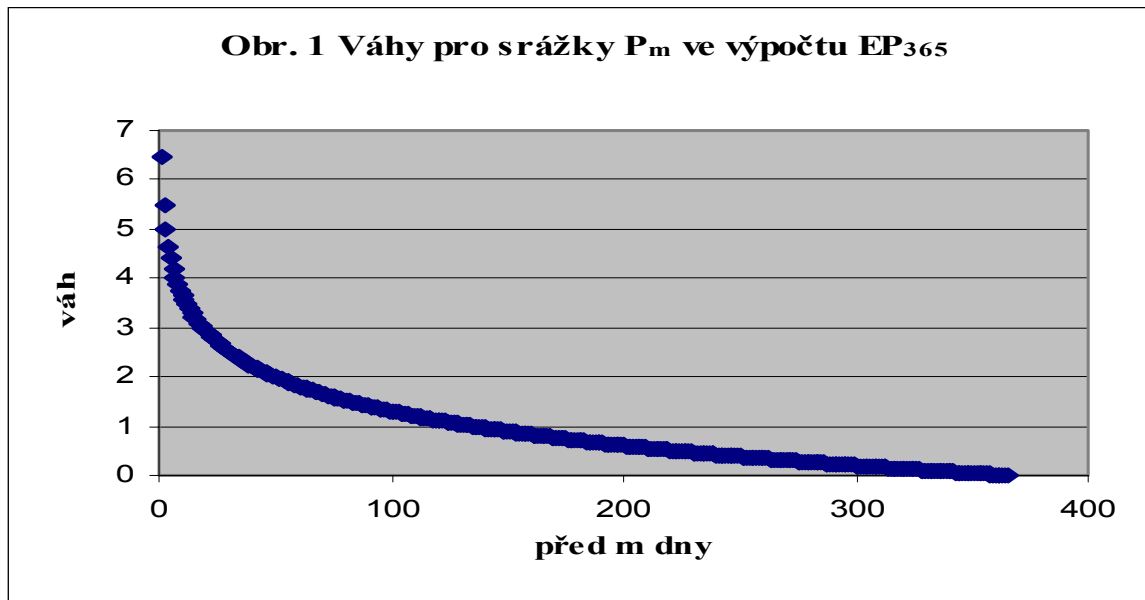
Pořadí	Dle délky	Délka	Dle sumy EDI	Suma EDI	Dle sumy PRN	Suma PRN
1	20.10.78-11.2.79	115	20.10.78-11.2.79	-194,47	20.10.78-11.2.79	-2884,91
2	1.3.-31.5.74	92	1.3.-31.5.74	-153,24	1.3.-31.5.74	-2288,50
3	30.1.-4.4.89	65	19.10.-20.12.83	-105,47	24.6.-20.8.76	-1786,60
4	19.10.-20.12.83	63	16.10.-16.12.82	-92,55	19.10.-20.12.83	-1640,71
5	16.10.-16.12.82	62	24.6.-20.8.76	-81,67	16.10.-16.12.82	-1438,00
6	24.6.-20.8.76	58	30.1.-4.4.89	-80,21	14.7.-20.8.88	-1149,11
7	2.11.-26.12.94	55	7.10.-23.11.69	-73,51	30.1.-4.4.89	-1139,25
8	19.10.-6.12.88	49	2.11.-26.12.94	-70,47	7.10.-23.11.69	-1111,64
9	7.10.-23.11.69	48	19.10.-6.12.88	-67,71	2.11.-26.12.94	-1105,76
10	13.2.-25.3.64	42	13.2.-25.3.64	-60,34	19.10.-6.12.88	-1063,24
Pořadí	Dle EDI/den	EDI/den	Dle PRN/den	PRN/den		
1	8.6.-11.7.00	-1,758	24.6.-20.8.76	-30,803		
2	20.10.78-11.2.79	-1,691	19.-31.7.92	-30,373		
3	19.10.-20.12.83	-1,674	14.7.-20.8.88	-30,240		
4	1.3.-31.5.74	-1,666	24.8.-27.9.71	-29,954		
5	25.5.-11.6.98	-1,533	25.7.-7.8.94	-29,449		
6	27.9.-27.10.62	-1,532	19.8.-16.9.83	-29,142		
7	7.10.-23.11.69	-1,532	23.8.-3.9.80	-29,021		
8	18.9.-11.10.83	-1,495	8.6.-11.7.00	-28,837		
9	16.10.-16.12.82	-1,493	13.7.-1.8.89	-28,639		
10	24.8.-27.9.71	-1,490	9.-22.8.71	-27,845		

Tabulka 5 Průměrné jednoleté a horší sucho dle sumy EDI

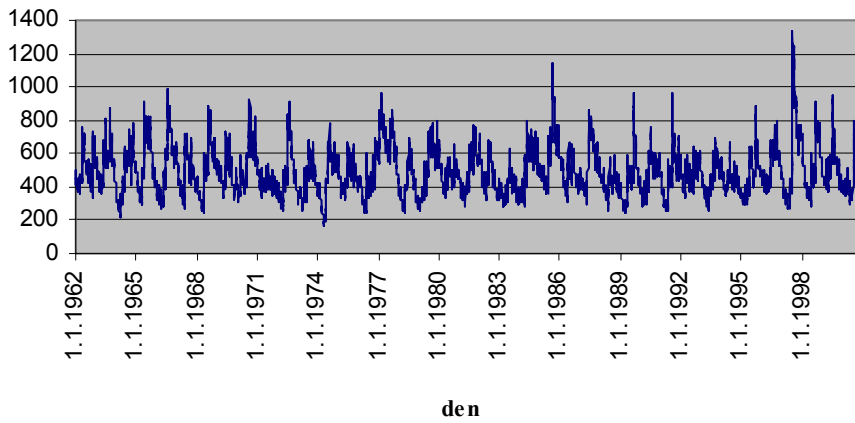
Délka	34,51
Srážka v mm	16,47
APD	-25,69
ANES	-49,71
Suma PRN	-797,90
Suma EDI	-48,98

Průměr P/den	0,48
Průměr APD/den	-0,74
Průměr SEP/den	-1,44
Průměr PRN/den	-23,12
Průměr EDI/den	-1,42

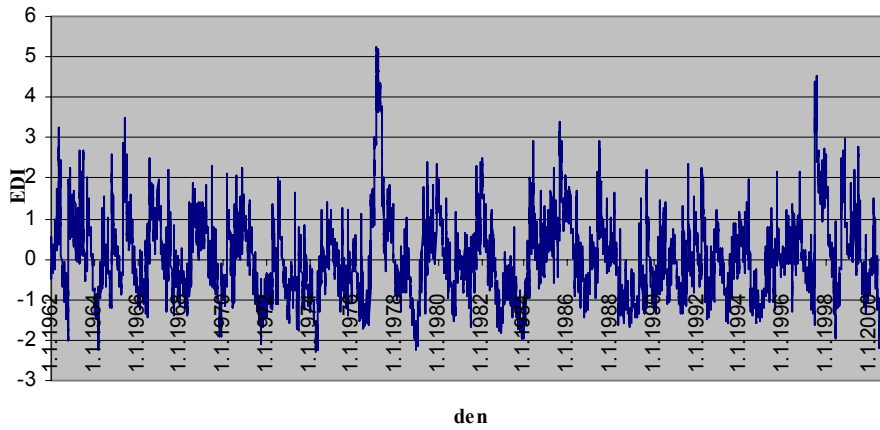
## B) Grafy a obrázky



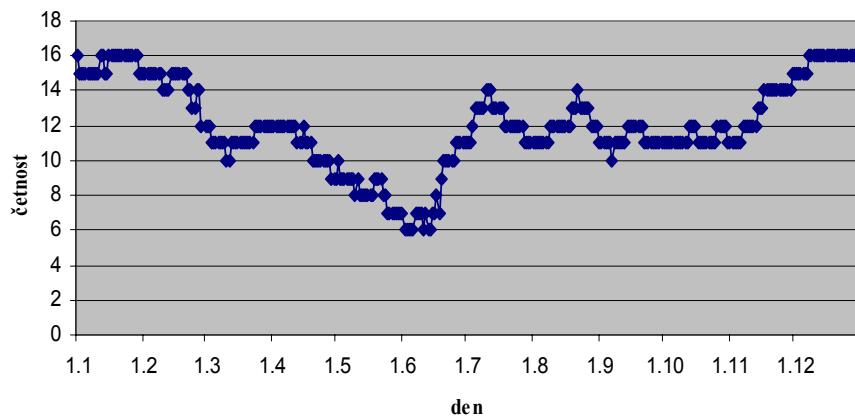
**Graf 2 Hodnoty EP 1962 - 2000**

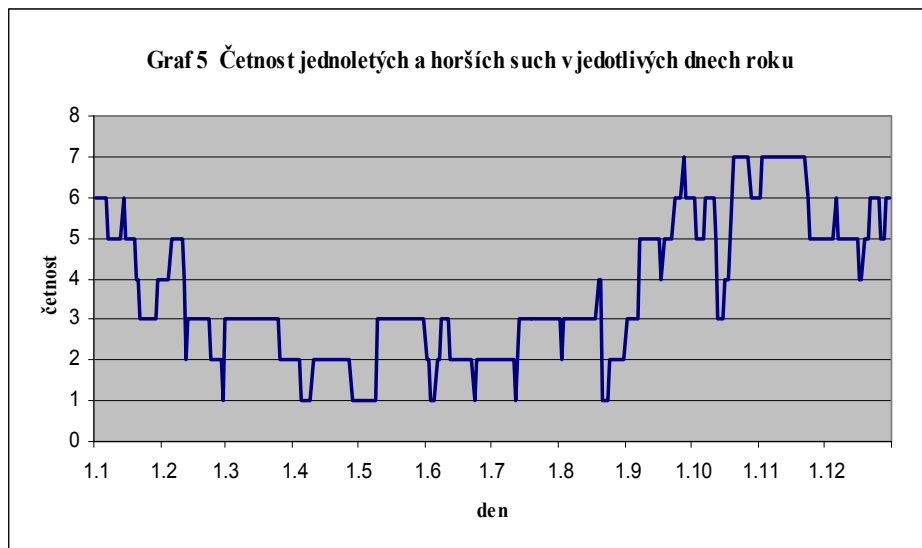


**Graf 3 EDI 1962 - 2000**



**Graf 4 Četnost jednoletých a horších suchých období v jednotlivých dnech roku**





### **Kontakt**

Mgr. Petr Blinka  
 student PGS studijního programu Fyzická geografie PŘF UK  
 e-mail: [Petr\\_Blinka@seznam.cz](mailto:Petr_Blinka@seznam.cz)  
 adresa pracoviště: Albertov 6, 128 43 Praha 2