

**SLOVENSKÁ POĽNOHOSPODÁRSKA UNIVERZITA V NITRE
FAKULTA ZÁHRADNÍCTVA A KRAJINNÉHO INŽINIERSTVA**

1128229

**PERIÓDY SUCHA A ICH ZMENA V PODMIENKACH
MENIACEJ SA KLÍMY NA VYTYPOVANEJ LOKALITE
SLOVENSKA**

2010

Michaela TVRDÁ

**SLOVENSKÁ POĽNOHOSPODÁRSKA UNIVERZITA V NITRE
FAKULTA ZÁHRADNÍCTVA A KRAJINNÉHO INŽINIERSTVA**

**PERIÓDY SUCHA A ICH ZMENA V PODMIENKACH
MENIACEJ SA KLÍMY NA VYTYPOVANEJ LOKALITE
SLOVENSKA**

BAKALÁRSKA PRÁCA

Študijný program:

Krajinné inžinierstvo

Pracovisko (katedra/ústav):

Katedra biometeorológie a hydrológie

Vedúci bakalárskej práce:

Ing. Ján Čimo, PhD.

Konzultant bakalárskej práce:

Ing. Ján Čimo, PhD.

Čestné vyhlásenie

Podpísaná Michaela Tvrdá vyhlasujem, že som záverečnú prácu na tému „Periódny sucha a ich zmena v podmienkach meniacej sa klímy na vytypovanej lokalite Slovenska“ vypracovala samostatne s použitím uvedenej literatúry.

Som si vedomá zákonných dôsledkov v prípade, ak hore uvedené údaje nie sú pravdivé.

V Nitre, 20.mája 2010

.....
Michaela Tvrdá

Pod'akovanie

Touto cestou si dovoľujem poďakovať sa vedúcemu bakalárskej práce Ing. Jánovi Čimovi, PhD. za odbornú pomoc, pripomienky a cenné rady, ktoré mi poskytol pri jej vypracovaní.

Abstract

Sucho v poľnohospodárskej krajine je definované ako deficit vody, ktorá je potrebná pre rast, vývoj a úrodnosť plodín. Je to obdobie chudobné na zrážky, keď obsah vody klesne na takú úroveň, že rastliny trpia jej nedostatkom. Sucho je najčastejšie vyvolané nedostatkom zrážok a to najmä počas vegetačného obdobia.

Do pôdy sa voda dostáva formou zrážok. Môžu to byť zrážky horizontálne aj vertikálne a to najmä dážď, sneh, hmla a rosa. Z hľadiska pestovania poľnohospodárskych plodín má najväčší význam tá časť podpovrchovej vody, ktorá sa nachádza v dosahu koreňovej sústavy pestovaných poľnohospodárskych plodín, a ktorá sa nachádza v kvapalnom skupenstve.

Klimatické zmeny vedú k zmenám vodného režimu. Vplyvom rôznych antropogénnych činností dochádza k produkcii plyných a tekutých látok, ktoré sa dostávajú do atmosféry a v nej sa zvyšuje koncentrácia tzv. skleníkového aktívnych plynov.

V tejto práci sa budeme zaoberať hodnotením vodného režimu formou výskytu a zmien suchých období v konkrétnych agroklimatických podmienkach. A aký je vplyv klimatických zmien na sucho a suché periód.

Kľúčové slová: sucho, suché obdobie, klíma, klimatická zmena, zrážky

Abstract

Drought in agricultural landscape is defined as a deficit of water, which is necessary for growth, development and fertility of crops. It is a period of poor rainfall, when the water content drops to a level that the plants suffer from its shortcomings. Drought is often caused by lack of rainfall, especially during the growing season.

Into the soil are received water through precipitation. They can be both horizontal and vertical precipitation, especially rain, snow, fog and dew. In terms of cultivation of agricultural crops have the greatest importance that part of subsurface water, which is within the reach of root system, which is in liquid form.

Climate changes cause the changes in water regime. Due to various anthropogenic activities there is production of gas and liquid substances that enter into atmosphere and it causes increase the concentration of so-called active greenhouse gases.

In this thesis we will deal with the evaluation of water regime occurrence and changes of dry periods in the specific agro-climatic conditions and the impact of climate changes on drought and dry periods.

Keywords: drought, dry period, climate, climate change, precipitation

Obsah

Úvod	11
1 Prehľad o súčasnom stave	12
1.1 Pôda a pôdna voda – základné potreby pre rastliny	12
1.1.1 Prístupnosť pôdnej vody pre rastliny a ich vzájomné vzťahy	13
1.1.2 Obsah vody a vzduchu v pôde	14
1.1.3 Priepustnosť a vodivosť pôdy	16
1.2 Vplyv infiltračnej schopnosti pôdy na zrážkovú vodu	16
1.3 Pôdne hydrolimity (hranice pôdnej vody).....	17
1.4 Výpar a jeho vplyv na pôdnu vodu	18
1.5 Vodná para a vlhkosť vzduchu	20
1.5.1 Kondenzácia.....	21
1.6 Zrážky ako zdroj pôdnej vody	22
1.6.1 Vertikálne tvary a druhy zrážok.....	22
1.6.2 Horizontálne tvary a druhy zrážok.....	24
1.6.3 Základné charakteristiky zrážok	25
1.6.4 Delenie dažďov	26
1.6.5 Snehová pokrývka.....	27
1.6.6 Prístroje používané na meranie zrážok	28
1.7 Definícia a rozdelenie sucha	28
1.8 Metódy hodnotenia sucha	31
1.8.1 Hodnotenie sucha pomocou Palmerovho Z – indexu	31
1.8.2 Hodnotenie sucha podľa Langovho dažďového faktora	32
1.8.3 Hodnotenie sucha pomocou Končekovho indexu zavlaženia.....	32
1.8.4 Klimatická klasifikácia územia podľa HZ,r.....	34
1.8.5 Klimatický normál zrážok.....	35
1.8.6 Klimatická klasifikácia podľa agroklimatického vlhového ukazovateľa KVI-VIII	35
1.8.7 Hodnotenie sucha pomocou indexu sucha.....	36
1.8.8 Priemerná vlhová istota podľa Mináňa.....	37
1.8.9 Klimatický ukazovateľ zavlaženia.....	38
1.9 Charakteristiky klímy	38
1.9.1 Klimatické zmeny spôsobené skleníkovým efektom.....	39

1.9.2	Hypotézy pre príčiny klimatických zmien.....	39
1.9.3	Príčiny klimatických zmien	40
1.9.4	Zmeny klímy v minulosti.....	41
1.9.5	Dôkazy a dôsledky klimatických zmien	42
1.9.6	Podnebie Slovenska	43
1.9.7	Dohovory a záväzky Slovenska súvisiace so zmenami klímy.....	43
2	Cieľ práce.....	45
3	Metodika práce.....	46
4	Výsledky práce a diskusia	47
5	Záver.....	49
Zoznam použitej literatúry		

Zoznam skratiek a značiek

Označenie	Charakteristika	Jednotka
w	- hmotnostná vlhkosť pôdy	$[M.M^{-1}]$
Θ	- objemová vlhkosť pôdy	$[L^3.L^{-3}]$
s	- stupeň nasýtenia	$[L^3.L^{-3}]$
Pa	- prevzdušnenosť pôdy	
m_w	- hmotnosť kvapalnej fázy pôdy, t.j. pôdnej vody	$[M]$
m_s	- hmotnosť tuhej fázy	$[M]$
V_t	- celkový objem pôdy (pôdnej vzorky)	$[L^3]$
V_w	- objem kvapalnej fázy pôdy	$[L^3]$
V_p	- objem pôdnych pórov	$[L^3]$
V_a	- objem plynnej fázy pôdy	$[L^3]$
Θ_A, W_A	- adsorpčná vodná kapacita	$[M.M^{-1}] [L^3.L^{-3}]$
Θ_{PK}, W_{PK}	- poľná vodná kapacita	$[M.M^{-1}] [L^3.L^{-3}]$
Θ_S, W_S	- plná vodná kapacita	$[M.M^{-1}] [L^3.L^{-3}]$
Θ_{ZD}, W_{ZD}	- bod zníženej dostupnosti	$[M.M^{-1}] [L^3.L^{-3}]$
Θ_v, W_v	- bod vädnutia,	$[M.M^{-1}] [L^3.L^{-3}]$
e	- napätie, tlak vodnej pary	$[hPa]$
$e_{0,1}$	- napätie nasýtenia v hPa pri danej teplote vzduchu	$[hPa]$
k	- konštanta závislá od rýchlosti prúdenia vzduchu	
T	- teplota suchého teplomera/absolútna teplota vzduchu	$[K]$
T_1	- teplota vlhkého teplomera	$[^{\circ}C]$
b	- barometrický tlak v mieste merania	$[hPa]$
r	- relatívna vlhkosť vzduchu	$[\%]$

q	- merná vlhkosť vzduchu	[g.kg ⁻¹]
p	- tlak vzduchu	[hPa]
d	- sýtosťný doplnok/hustota snehu	[hPa]/[
Z	- objem zrážok	[m ³]
H_z	- úhrn zrážok/priemerná výška zrážok	[mm]
t_d	- doba trvania zrážok	[min., hod...]
i_d	- priemerná intenzita dažďa	[mm.h ⁻¹]
$i_{d,o}$	- okamžitá intenzita dažďa	[mm.h ⁻¹]
H_{sn}	- vodná hodnota snehovej pokrývky	[mm]
h_{sn}	- priemerná výška snehovej pokrývky na ploche	[m]
s	- vodná hodnota snehu	[m ³ .m ⁻³]
v	- vodná hodnota snehovej pokrývky	[mm]
h	- výška snehovej vrstvy	[mm]
I_z	- Končekov index zavlaženia	
R	- úhrn zrážok v mm za apríl až september	[mm]
Δr	- kladná odchýlka množstva zrážok troch zimných mesiacov december až február od množstva 105 mm (pričom sa záporné odchýlky neberú do úvahy)	[mm]
T	- priemerná teplota celého vegetačného obdobia	[°C]
D_f	- Langov dažďový faktor	
$H_{z,r}$	- dlhodobý priemerný ročný zrážkový úhrn na záujmovom území	[mm]
t_r	- dlhodobá priemerná ročná teplota vzduchu	[°C]
$K_{VI-VIII}$	- agroklimatický vlhový ukazovateľ	[mm]
$E_{0,VI-VIII}$	- potenciálna evapotranspirácia v mesiacoch jún až august	[mm]

$R_{VI-VIII}$	- zrážky v letných mesiacoch jún až august	[mm]
$W_{u,max}$	- maximálna zásoba prípustnej pôdnej vody	[mm]
h_u	- účinná hĺbka pôdneho profilu, z ktorej čerpá pestovaná plodina podstatný podiel pôdnej vlahy	[m]
W_u	- zásoba prístupnej pôdnej vody	[mm]
Θ	- priemerná vlhkosť pôdy v účinnej hĺbke pôdneho profilu	[L ³ .L ⁻³]
Z	- veľkosť ročného úhrnu zrážok	[m ³]
t	- dlhodobá priemerná teplota vzduchu za hodnotené obdobie	[°C]
α	- Minářov index vlhkovvej istoty	
R	- úhrn zrážok	[mm]
z	- hranica sucha	
t	- teplota	[°C]
S_i	- index sucha - aridity	
Δt_i	- odchýlka priemernej teploty vo vegetačnom období od dlhodobého priemeru teploty vo veget. období	[°C]
σ_t	- smerodajná odchýlka v príslušnom štatistickom období odchýlky priemernej teploty vo vegetačnom období	
Δr_i	- odchýlka priemerného úhrnu zrážok vo vegetačnom období od dlhodobého priemerného zrážkového úhrnu vo vegetačnom období	
σ_r	- smerodajná odchýlka v príslušnom štatistickom období odchýlky priemerného úhrnu zrážok vo vegetačnom období	
K	- klimatický ukazovateľ zavlaženia	
E_0	- potenciálna evapotranspirácia	[mm]
i	- Martonov index sucha	
n	- počet dní so zrážkami v skúmanom období	
h	- priemerné množstvo zrážok	[dm]

Úvod

Sucho patrí k sprievodným javom nášho podnebia a je javom, s ktorým musíme počítať nielen v poľnohospodárskej praxi, vo vodnom, či lesnom hospodárstve, ale aj v ďalších odvetviach. Pre podnebie v našej oblasti je typická variabilita hodnôt meteorologických prvkov, zvlášť teploty vzduchu a zrážok, ale taktiež nepravidelnosť výskytov ich extrémov. Atmosférické zrážky patria medzi základné ukazovatele charakteru podnebia. Keďže zabezpečujú vlahu, sú jednou zo základných podmienok života vôbec. Sucho spôsobovalo a spôsobuje značné škody národnému hospodárstvu. Poznanie zákonitosti tohto fenoménu a jeho parametrov umožňuje pripraviť návrh opatrení na zlepšenie vodohospodárskych bilancií v suchých obdobiach. Vo svete bolo vypracovaných veľa metód na kvantifikáciu sucha, pričom tie jednoduchšie metódy vychádzajú iba z množstva spadnutých zrážok (Koppen - Gregov vzťah, klasifikácia z hľadiska vlhkosti...), alebo zo vzťahu zrážok a teploty vzduchu (dažd'ový faktor podľa Langa, priemerná vlahová istota podľa Minařa, ...).

Atmosférické zrážky sú dôležitým činiteľom ovplyvňujúcim počasie a tiež aj klímu územia a sú jednou zo základných zložiek obehu vody v prírode a vodnej bilancie povodí. Spolu s teplotou a ďalšími meteorologickými prvkami zásadne podmieňujú a ovplyvňujú ráz krajiny, druh vegetačného krytu zemského povrchu, vodohospodárske pomery krajiny a produktivitu jej poľnohospodárskej výroby. Vyznačujú sa premenlivosťou a náhodnosťou či už ide o kvantitu, alebo kvalitu a rozdelenie v priestore a čase.

Čoraz viac sa hovorí na tému suchých období, ktoré sa v súčasnosti vyskytujú na území Slovenska. V prechodnom stredoeurópskom podnebí sa táto problematika dostáva do popredia záujmu odborníkov i verejnosti väčšinou až v čase výskytu sucha a krátko po ňom, približne do prvej povodne. V týchto podmienkach je potrebné sa zaoberať hodnotením závažnosti a výskytu sucha a zdokonaľovať metodiky, ktoré by bolo možné používať na signalizáciu nástupu suchého obdobia a na rýchle stanovenie príslušných opatrení v jednotlivých oblastiach.

1 Prehľad o súčasnom stave

1.1 Pôda a pôdna voda – základné potreby pre rastliny

Každá pôda vytvára živý organizmus, v ktorom existuje život rozličných plesní, baktérií a iných mikroorganizmov. Je to uzatvorený kruh existencie a zániku, tvorby a rozkladu organických látok. Ako každý živý organizmus, aj pôda má jediný cieľ, teda: žiť a rodiť. Na pôdu (pedosféru) veľmi výrazne vplyvajú ostatné geosféry – atmosféra, hydrosféra, litosféra a biosféra. Pôda je teda prírodný útvar, ktorý sa vyvíja v dôsledku zložitého, komplexného pôsobenia vonkajších (exogénnych) činiteľov na materskú horninu a vyznačuje sa úrodnosťou (ZAUJEC, 2002).

Z fyzikálneho hľadiska predstavuje pôda heterogénny, polyfázový, disperzný a pórovitý systém, ktorý v prírodných podmienkach obyčajne obsahuje všetky 3 v prírode sa vyskytujúce fázy (ANTAL, ŠPÁNIK, 2004):

- *Tuhá fáza* (niekedy tiež nazývaná aj pôdny matrix) – obsahuje častice nielen rôzneho chemického a mineralogického zloženia, ale aj častice rôzneho tvaru a veľkosti,
- *Kvapalná fáza* – je tvorená pôdnou vodou, ktorá však vždy obsahuje rozpustené látky a preto sa často nazýva aj pôdny roztok,
- *Plynná fáza* – tvorí ju pôdny vzduch.

Podľa ANTALA (1996) má z hľadiska pestovania poľnohospodárskych plodín najväčší význam tá časť podpovrchovej vody, ktorá sa nachádza v dosahu koreňovej sústavy pestovaných poľnohospodárskych plodín, a ktorá sa nachádza v kvapalnom skupenstve. Táto časť podpovrchovej vody sa označuje termínom pôdna voda.

Hlavným zdrojom pôdnej vody sú podľa SOTÁKOVEJ (1981) atmosférické zrážky, prípadne aj podzemné vody, ktoré môžu byť súčasťou pôdnej vody v prípade nie veľkej hĺbky výskytu. Pôda prijíma vodu z atmosférických zrážok, zadržiava ju, akumuluje ju a postupne prerozdeľuje medzi jednotlivými zložkami prírodného prostredia. Ďalej autorka uvádza nesmierny význam pôdnej vody pre život rastlín a úrodnosť pôd, pretože umožňuje život a reprodukciu všetkých živých organizmov. Voda, ktorú čerpajú rastliny z pôdy pomocou koreňov tvorí podstatnú časť ich tela.

Ako autori ANTAL, ŠPÁNIK (1999) uvádzajú jednou z najdôležitejších charakteristík úrodnej pôdy je jej schopnosť zabezpečiť pestovaným rastlinám dostatok vody, vzduchu a živín počas celého vegetačného obdobia. Aby bola pôda schopná plniť tieto funkcie, musí byť schopná:

- prijať zrážkovú vodu, ktorá predstavuje najdôležitejší zdroj pôdnej vody,
- zabezpečiť prítok vody do koreňovej zóny pôdneho profilu od hladiny podzemnej vody, ktorý predstavuje ďalší významný zdroj vody pre pestované rastliny,
- akumulovať a udržať vodu, ktorá sa dostane do pôdy infiltráciou zrážkovej vody, resp. do koreňovej zóny pôdneho profilu kapilárnym výstupom od hladiny podzemnej vody,
- umožniť pohyb pôdnej vody ku koreňom pestovaných rastlín takou rýchlosťou a v takom množstve, ktoré zodpovedá požiadavkám pestovaných rastlín,
- zabezpečiť, aby sa v koreňovej zóne pestovaných rastlín vždy nachádzalo požadované množstvo pôdneho vzduchu.

1.1.1 Prístupnosť pôdnej vody pre rastliny a ich vzájomné vzťahy

Vo vegetačnom období rastliny dostávajú vodu z časti z atmosférických zrážok a z časti z podzemnej vody. Z atmosférických zrážok má však pre rastliny význam iba tá časť vody, ktorá prenikne do koreňovej zóny pôdy, odkiaľ ju rastliny môžu čerpať pre produkčné procesy, hlavne evapotranspiráciu (ANTAL, ŠPÁNIK, 2004).

Podľa ANTALA, ŠPÁNIKA (1999) existujú dve koncepcie určovania prístupnej pôdnej vody:

- statická koncepcia,
- dynamická koncepcia.

Podľa statickej koncepcie môže pôda obsahovať maximálne také množstvo prístupnej pôdnej vody, ktoré zodpovedá intervalu medzi hydrolimitmi poľná vodná kapacita Θ_{PK} a bod vädnutia Θ_v .

$$W_{u,max} = 1000 \cdot (\Theta_{PK} - \Theta_v) \cdot h_u \quad (1)$$

Kde: $W_{u,max}$ – maximálna zásoba prístupnej pôdnej vody [mm]
 Θ_{PK} – poľná vodná kapacita [$L^3.L^{-3}$]
 Θ_v – bod vädnutia [$L^3.L^{-3}$]
 h_u – účinná hĺbka pôdneho profilu, z ktorej čerpá pestovaná plodina
 podstatný podiel pôdnej vlhky [m]

Zásobu prístupnej využiteľnej pôdnej vody W_u pre konkrétnu vlhkosť pôdy Θ a pre konkrétnu plodinu (v bioklimatológii sa používajú aj termíny produktívna vlaha a užitočná vodná kapacita), vypočítame podľa ŠPÁNIKA A ŠIŠKU (2006) podľa vzorca:

$$W_u = 1000 \cdot (\Theta - \Theta_v) \cdot h_u \quad (2)$$

Kde: W_u – zásoba prístupnej pôdnej vody [mm]
 Θ – priemerná vlhkosť pôdy v účinnej hĺbke pôdneho profilu [$L^3.L^{-3}$]
 Θ_v – bod vädnutia [$L^3.L^{-3}$]

Podľa dynamickej koncepcie prístupnosti pôdnej vody pre rastliny vychádzajúcej z pohybu vody v poradí pôda – rastlina – atmosféra, je prístupnosť pôdnej vody pre rastliny funkciou podľa ANTALA, ŠPÁNIKA (1999):

- pôdnych faktorov (hydraulická vodivosť, retenčné charakteristiky),
- rastlinných faktorov (hustota a dĺžka koreňov, fyziologická schopnosť koreňov regulovať príjem vody)
- mikrometeorologických faktorov (vlhkosť a teplota vzduchu, prúdenie vzduchu, intenzita slnečného žiarenia)

1.1.2 Obsah vody a vzduchu v pôde

Medzi najvýznamnejšie faktory ovplyvňujúce stav a produktivnosť poľnohospodárskych plodín sa zaraďuje pôdna vlhkosť. Pod pojmom vlhkosť pôdy máme na mysli pôdnu vodu (vo všetkých formách) využiteľnú rastlinami, ktorá sa v pôde nachádza v okamžiku merania (PEVNÝ, 1972).

Ako uvádzajú autori ANTAL, ŠPÁNIK (2004) obsah vody v pôde je praktické vyjadriť v relatívnych (pomerných) jednotkách. Relatívny obsah vody a vzduchu v pôde sa najčastejšie vyjadruje ako:

- hmotnostná vlhkosť pôdy w ,
- objemová vlhkosť pôdy Θ ,
- stupeň nasýtenia s ,
- prevzdušnenosť pôdy Pa .

Sú definované následnými vzťahmi :

$$w = \frac{m_w}{m_s} \quad [M.M^{-1}] \quad (3)$$

- Kde: w – hmotnostná vlhkosť pôdy,
 m_w – hmotnosť kvapalnej fázy pôdy,
 m_s – hmotnosť tuhej fázy pôdy.

$$\Theta = \frac{V_w}{V_t} \quad [L^3.L^{-3}] \quad (4)$$

- Kde: Θ – objemová vlhkosť pôdy,
 V_w – objem kvapalnej fázy pôdy,
 V_t – objem tuhej fázy pôdy.

$$s = \frac{V_w}{V_p} \quad [L^3.L^{-3}] \quad (5)$$

- Kde: s – stupeň nasýtenia (saturácie),
 V_w – objem kvapalnej fázy pôdy,
 V_p – objem pórov.

$$Pa = \frac{V_a}{V_t} \quad [L^3.L^{-3}] \quad (6)$$

- Kde: Pa – prevzdušnenosť pôdy,
 V_a – objem plynnej fázy pôdy,
 V_t – celkový objem pôdy (pôdnej vzorky).

1.1.3 Priepustnosť a vodivosť pôdy

Podľa vzťahu pôdy k vode, rozlišujeme podľa autora HAVLÍČKA (1986) tri základné vrstvy pôdy:

- *priepustná vrstva* - najvrchnejšia vrstva, ktorou voda zvolna presakuje, pôdne póry ako filtre zachytia tuhé nečistoty a na povrchu pôdnych zrn zostanú koloidné i mnohé rozpustné látky, ktoré voda ďalej unáša z povrchu so sebou. Súčasne rozpúšťa v sebe prvky a látky, ktoré sú obsiahnuté v pôde, obohacuje sa nimi a celkovo mení svoje pôvodné vlastnosti,
- *vododarná vrstva* – voda sa v nej hromadí a vyplní všetky pôdne póry a keďže ďalšia vrstva jej zabráňuje prenikat' hlbšie, rozlieva sa do strán,
- *vodonosná vrstva* – najhlbšia vrstva, ktorú tvorí nerozrušená materská hornina, pre vodu nepriepustná.

Podľa silových účinkov pôsobiacich na pôdnu vodu sa v pôde rozlišujú tri základné typy vody (ANTAL, ŠPÁNIK, 1999):

- *adsorpčná pôdna voda* – ovplyvňovaná zväčša adsorpčnými silami, ktoré vznikajú na povrchu pôdnych častíc,
- *kapilárna pôdna voda* – ovplyvňovaná prevažne kapilárnymi silami, ktoré vznikajú zakrivením vodnej hladiny v pôdnych póroch,
- *gravitačná pôdna voda* – ovplyvňovaná silou zemskej gravitácie.

1.2 Vplyv infiltračnej schopnosti pôdy na zrážkovú vodu

Infiltrácia je definovaná ako proces prenikania vody do pôdneho prostredia a to cez povrch pôdy. Tento proces má neobyčajne veľký praktický význam, pretože je to práve infiltračná schopnosť pôdy, ktorá najviac ovplyvňuje prerozdelenie zrážok na povrchu pôdy. Hlavne od infiltračnej schopnosti pôdy závisí, aký podiel zrážkovej vody sa premení na povrchový odtok, a aký podiel zrážkovej vody sa infiltruje do pôdy. V našich podmienkach, kde infiltrovaná zrážková voda predstavuje najdôležitejší zdroj pôdnej vody a kde povrchovo odtekajúca voda môže spôsobiť veľké škody na pôde, na vodných zdrojoch, ale aj na pestovaných plodinách a ľudských obydlíach, je poznanie

procesu infiltrácie nevyhnutným predpokladom pre účelné využívanie pôdy a vody v krajine (ANTAL, ŠPÁNIK, 2004).

1.3 Pôdne hydrolimity (hranice pôdnej vody)

Vlhkosť pôdy sa môže v prírodných podmienkach pohybovať vo veľmi veľkom rozpätí, a to od úplne suchej pôdy až po úplne vlhkú pôdu. Medzi týmito dvomi hraničnými hodnotami sa vlhkosť pôdy mení, napr. vplyvom evapotranspirácie, infiltrácie zrážkovej alebo závlahovej vody a pod., pričom dosahuje určité charakteristické hodnoty, tzv. hydrolimity, ktoré podľa pôvodných predstáv o pôdnej vode mali charakterizovať:

- hranice medzi jednotlivými kategóriami pôdnej vody,
- hranice rôznej pohyblivosti pôdnej vody,
- hranice rôznej prístupnosti pôdnej vody pre rastliny.

V pôde, podľa toho, ktoré sily najviac ovplyvňujú správanie sa pôdnej vody, rozoznávajú sa 3 základné kategórie pôdnej vody:

- *adsorbčná pôdna voda* – ovplyvňovaná prevažne adsorbčnými silami, ktoré vznikajú na povrchu pôdnych častíc,
- *kapilárna pôdna voda* – ovplyvňovaná prevažne kapilárnymi silami, ktoré vznikajú zakrivením vodnej hladiny v pôdnych póroch,
- *gravitačná pôdna voda* – ovplyvňovaná prevažne silou zemskej gravitácie (ANTAL, ŠPÁNIK, 2004).

Hranice medzi jednotlivými kategóriami pôdnej vody predstavujú nasledovné vlhkosti pôdy, resp. hydrolimity (ANTAL, ŠPÁNIK, 2004):

1. **Adsorbčná vodná kapacita** (Θ_A, W_A) – hydrolimit charakterizovaný vlhkosťou pôdy na hranici medzi adsorbčnou a kapilárnou pôdnou vodou. Vyjadruje maximálne množstvo vody, ktoré je v pôde viazané adsorbčnými silami. Zodpovedá mu hodnota $pF_A = 4,8 - 5,2$.
2. **Poľná vodná kapacita** (Θ_{PK}, W_{PK}) – hydrolimit, charakterizovaný vlhkosťou pôdy na hranici medzi kapilárnou a gravitačnou vodou. Vyjadruje maximálne množstvo zavesenej vody v skutočne pôdnom profile, odmerané v poľných podmienkach. Zodpovedá mu hodnota $pF_{PK} = 2,0 - 2,9$.

3. **Plná vodná kapacita** (Θ_s, W_s) – hydrolimit, charakterizovaný vlhkosťou pôdy pri úplnom zaplnení pôdnych pórov vodou. Vyjadruje maximálne množstvo vody, ktoré sa môže v pôde nachádzať. Zodpovedá mu hodnota $pF_s = 0$.
4. **Bod zníženej dostupnosti** (Θ_{zd}, W_{zd}) – hydrolimit charakterizovaný vlhkosťou pôdy, pri ktorej sa už podstatne znižuje pohyblivosť pôdnej vody a jej prístupnosť pre rastliny. Zodpovedá mu hodnota $pF_{zd} = 3,1 - 3,5$.
5. **Bod vädnutia** (Θ_v, W_v) – hydrolimit charakterizovaný vlhkosťou pôdy, pri ktorej sú rastliny trvale nedostatočne zásobované pôdnou vodou, pretože intenzita absorpcie vody koreňami rastlín je podstatne nižšia, ako je intenzita transpirácie, v dôsledku čoho rastliny vädnú a hynú.

1.4 Výpar a jeho vplyv na pôdnu vodu

HAVLÍČEK (1986) definuje výpar ako prestup vodnej pary do atmosféry následkom odtrhávania pohybujúcich sa molekúl z povrchu pôdy a vody, z povrchu snehu a ľadu, z rastlinných organizmov a zo všetkých hmôt, ktoré obsahujú vodu alebo ľadové kryštály.

Voda sa v atmosfére nachádza vo všetkých troch skupenstvách a tvorí časť svojho kolobehu v prírode. Do atmosféry sa voda dostáva výparom z povrchu vodných plôch, výparom z pôdy i transpiráciou rastlín. Vodná para je prúdením vzduchu prenášaná do celej troposféry, odkiaľ sa znova po kondenzácii vracia späť na zemský povrch v podobe tekutých alebo tuhých zrážok .

Výpar je teda fyzikálny proces, pri ktorom dochádza k premene vody na vodnú paru z povrchu vlhkého telesa, napr. vodnej hladiny, pôdy, snehu alebo ľadu. Z hľadiska biometeorologického sa rozoznáva (ŠPÁNIK, ŠIŠKA, 2006):

- výpar z vody, pôdy a povrchu vlhkých rastlín – *evaporácia*,
- výpar z rastlín – *transpirácia*,
- výpar z pôdy a rastlín – *evapotranspirácia*.

Molekuly vody sa neustále pohybujú rôznymi smermi a rýchlosťami a niektoré (hlavne pri hladine vody) prekonávajú sily trenia, vzájomnej i zemskej príťažlivosti ako aj silu svojho povrchového napätia a vyletujú do ovzdušia v podobe vodnej pary. Tento proces uvoľňovania častíc sa nazýva evaporácia (ŠPÁNIK, ŠIŠKA, 2004).

Pri transpirácii rastliny čerpajú vodu koreňovým systémom z pôdy a nadzemnými orgánmi ju vyparujú do ovzdušia. Transpirácia sa takto priamo podieľa na produkcii rastlinnej hmoty (ŠPÁNIK, ŠIŠKA, 2006).

Množstvo vody, ktoré je vyparené do ovzdušia z povrchu pôdy a rastlín za určitý čas sa nazýva evapotranspirácia. Vyjadruje sa výškou vodného stĺpca v mm a spolu so zrážkami a odtokom sa podieľa na vodnej bilancii krajiny (ŠPÁNIK, ŠIŠKA, 2006). NOVÁK (2001) považuje proces evapotranspirácie za energeticky najnáročnejší proces prebiehajúci na Zemi.

Autori ŠPÁNIK, ŠIŠKA (2006) rozlišujú tieto typy evapotranspirácie:

- **Potenciálna evapotranspirácia (E_0)** – maximálna možná evapotranspirácia pri daných meteorologických podmienkach z dostatočne vlhkej povrchovej vrstvy pôdy
- **Aktuálna evapotranspirácia (E)** – skutočné množstvo vyparenej vody z pôdy a rastlín pri danej pôdnej vlhkosti povrchovej vrstvy pôdy

V našich najteplejších oblastiach je evapotranspirácia limitovaná zásobami vody v pôde. Rastom úhrnov zrážok, pri dostatočných energetických možnostiach, aktuálna evapotranspirácia (prebiehajúca v reálnych prírodných podmienkach) s nadmorskou výškou sa zväčšuje po určitú hranicu, a potom v dôsledku nedostatku energie (zväčšovanie oblačnosti, počtu dní so snehovou pokrývkou, relatívnej vlhkosti vzduchu a poklesom teploty vzduchu a pôdy) sa evapotranspirácia s výškou znižuje (ŠPÁNIK, ŠIŠKA, 2006).

ŠPÁNIK, ŠIŠKA (2004) uvádzajú rozdiely nameraných hodnôt potenciálnej a aktuálnej evapotranspirácie pre rôzne lokality na Slovensku v rokoch pozorovania 1961 – 1990, ktoré sú spôsobené orografickými a klimatickými podmienkami Slovenska. Najvyšší úhrn $E_0 = 842$ mm bol zaznamenaný v Hurbanove v roku 1983 a najmenší úhrn $E_0 = 326$ mm bol nameraný na stanici Trstená.

Z územia Slovenska sa vyparí priemerne asi 2/3 ročného úhrnu zrážok a tretina vody odtečie. Priemerný ročný úhrn zrážok je 768 mm, vrstva vody, ktorá sa vyparí je 497 mm. Na územie Slovenska spadne asi o tretinu zrážok za rok viac, ako sa z neho

vyparí. Je to spôsobené homogenizáciou rozdelenia zrážok v rámci globálnej cirkulácie atmosféry. Vzhľadom na pestrú morfológickú skladbu nášho územia, je pestré aj rozdelenie evapotranspirácie: z južného Slovenska sa vyparí až 95 % zrážok a z horských oblastí len asi 30 % ročného úhrnu zrážok (NOVÁK, 2001).

1.5 Vodná para a vlhkosť vzduchu

Vlhkosť vzduchu charakterizuje obsah vodnej pary vo vzduchu. Atmosférický vzduch obsahuje vždy určité množstvo vodnej pary, ktoré sa dostáva do atmosféry výparom. Toto množstvo sa môže neustále meniť, ale nemôže sa ľubovoľne zvyšovať nad určitú hranicu. Príčinou sú odlišné vlastnosti plynov tvoriace vzduch a vodnej pary za termodynamických podmienok vo voľnej atmosfére. Plyny, z ktorých sa skladá vzduch, sa môžu miešať v ľubovoľnom pomere, vodná para však môže vo vzduchu zaujať iba určité obmedzené množstvo, ktoré je závislé od teploty. Množstvo vodnej pary vo vzduchu možno vyjadriť týmito veličinami (ŠPÁNIK, ŠIŠKA, 2006):

- a. Napätie (tlak) vodnej pary – je základná a najužívanejšia charakteristika vyjadrujúca okamžitý obsah vodnej pary vo vzduchu, vyjadrený v tlakových jednotkách

$$e = e_{0,1} - k(T-T_1) \frac{b}{10006,4} \quad (7)$$

- b. Absolútna vlhkosť vzduchu – udáva okamžitý obsah (hustotu) vodnej pary vo vzduchu, vyjadrený v hmotnostných jednotkách na jednotku objemu

$$a = 220,0 \frac{e}{Tk} \quad (8)$$

- c. Relatívna vlhkosť vzduchu – je vyjadrená percentuálnym pomerom skutočného napätia vodnej pary k napätiu nasýtenia pri danej teplote

$$r = \frac{e}{e_0} * 100 \quad (9)$$

- d. Merná vlhkosť vzduchu – je pomer hustoty vodnej pary k celkovej hustote vlhkého vzduchu. Možno ju definovať aj ako pomer hmotností vodnej pary k celkovej hmotnosti vlhkého vzduchu v tom istom objeme

$$q = 0,623 \frac{e}{p} \quad (10)$$

- e. Sýtostný doplnok – udáva rozdiel medzi napätím nasýtenia pri danej teplote a skutočným napätím vodnej pary vo vzduchu

$$d = e_0 - e \quad (11)$$

- f. Rosný bod – je teplota, pri ktorej sa vzduch stáva nasýteným vlastnou vodnou parou. Pri tejto teplote je relatívna vlhkosť vzduchu 100% a sýtostný doplnok je 0.

Vlhkosť vzduchu vplýva na vegetáciu tým, že ovplyvňuje intenzitu transpirácie. Transpirácia je tým väčšia, čím je vlhkosť vzduchu nižšia a opačne. Najväčší význam má vlhkosť vzduchu, keď je vyparovanie také intenzívne, že prívod vody z pôdy nestačí kryť spotrebu, a preto rastliny vädnú (ŠPÁNIK, ŠIŠKA, 2006).

1.5.1 Kondenzácia

Podľa autorov ŠPÁNIK, ŠIŠKA (2006) je kondenzácia fyzikálny proces, pri ktorom dochádza k zmene plynného skupenstva na kvapalné. V atmosfére prebieha tento proces v podobe tvorby drobných kvapiek vody z vodnej pary s priemerom niekoľkých mikrometrov. Väčšie kvapky môžu vzniknúť splynutím niekoľkých drobných kvapiek, alebo topením sa ľadových kryštálikov. Aby mohlo dôjsť ku kondenzácii, musia byť splnené dve podmienky:

1. Teplota vzduchu musí poklesnúť pod rosný bod. Pri poklese teploty množstvo vodnej pary pôvodne nepostačujúce na nasýtenie, postupne dosycuje vzduch až dosiahne napätie nasýtenia. Pri ďalšom poklese teploty prebytok vodnej pary prechádza do kvapalného skupenstva. Ak rosný bod leží hlboko pod 0,0°C dochádza k zmene plynného skupenstva priamo na tuhé.
2. V atmosfére musia byť prítomné kondenzačné jadrá. Vodné kvapôčky sa vytvárajú na drobných časticiach tzv. kondenzačných jadrách. Bez kondenzačných jadier by k procesu hromadnej kondenzácie došlo až pri presýtení vzduchu nad 600%. V ovzduší je vždy dostatok kondenzačných jadier rôzneho pôvodu

1.6 Zrážky ako zdroj pôdnej vody

Atmosférické zrážky sú produkty kondenzácie alebo sublimácie vodnej pary, ktoré v kvapalnom alebo tuhom skupenstve padajú z oblakov k zemi ako zrážky vertikálne (padajúce), alebo sa usadzujú na zemskom povrchu a na ňom umiestnených predmetoch ako zrážky horizontálne (usadené) (ANTAL, ŠPÁNIK, 2004).

Atmosférické zrážky sú prakticky najvýznamnejší zdroj vlhkosti pôdy a vodnatosti riek, preto ich nedostatok, ale aj nadbytok a nevhodné časové rozdelenie v priebehu roka sa môže prejavovať veľkými hospodárskymi škodami ako neúroda, nedostatok vody pre priemysel a iné potreby, alebo v opačnom prípade povodňami (DUB, 1973).

Tab. 1 Rozdelenie zrážok podľa tvaru, druhu a skupenstva (ANTAL, ŠPÁNIK, 2004)

Zrážky			
Vertikálne (padajúce)		Horizontálne (usadené)	
Kvapalné	Tuhé	Kvapalné	Tuhé
Dážď	Zmrzlý dážď	Rosa	Srieň
Mrholenie	Sneženie	Ovlhnutie	Námraza
	Snehové krúčky		Inovať
	Snehová krupica		Ľadovica
	Ľadové krúčky		
	Krúpy		
	Ľadové ihličky		

1.6.1 Vertikálne tvary a druhy zrážok

Dážď – tvoria vodné kvapky s priemerom 0,5 – 7,8 mm. Teplota dažďových kvapiek je obyčajne o 3,0 – 5,0°C nižšia ako teplota vzduchu, niekedy majú teplotu nižšiu ako 0°C.

Mrholenie – tvoria veľmi drobné kvapky s priemerom 0,05 až 0,5 mm. Sú to slabé rovnomerne husté zrážky. Zdrojom mrholenia sú nízke oblaky Stratus (PEVNÝ, 1972).

V zime majú často kvapky mrholenie teplotu nižšiu ako 0°C a po kontakte s predmetmi s teplotou nižšou ako 0°C vytvárajú poľadovicu, ľadovku alebo iné námrazové javy.

Zmrzlý dážď – pozostáva zo zmrznutých vodných kvapiek guľového alebo pretiahnutého tvaru, najčastejšie s priemerom 1 až 4 mm. Tvrdé guľôčky sa pri páde na zem počuteľne odrážajú. Sú priesvitné, niekedy s tmavším jadrom, v ktorom je voda.

Sneh – tvoria ľadové kryštáliky vznikajúce pri záporných teplotách sublimáciou vodnej pary na sublimačných jadrách. Snehová hviezdička môže obsahovať 2 – 3 tisíc elementárnych ľadových kryštálikov. Pri teplote vyššej ako $-10,0^{\circ}\text{C}$ sa tvoria vločky s priemerom niekoľko cm a pri teplotách okolo $0,0^{\circ}\text{C}$ padá tzv. mokrý sneh, alebo sneh s dažďom.

Snehové krúpkky – sú opálovo biele, guľovitého tvaru s priemerom 2 až 5 mm. Majú kryštalickú snehovú štruktúru s drsným povrchom a sú krehké, v prstoch stlačiteľné. Vypadávajú z oblakov pri teplotách okolo $0,0^{\circ}$.

Snehová krupica – podobá sa snehovým krúpkom, častice sú však menšie.

Ľadové krúpkky – majú rovnakú veľkosť ako snehové, sú tvrdé a pri náraze na zem sa odrážajú. Padajú z oblakov pri záporných teplotách.

Krúpy – vznikajú pri búrkach v letnom období ako veľké ľadové častice, guľovitého až nepravidelného tvaru s priemerom 5 až 50 mm. Tvoria sa postupným namŕzaním viacerých vrstiev na seba, striedavo priehľadných a nepriehľadných. Krúpy sú tým väčšie, čím väčšiu dráhu prekonali v prechladenom oblaku. Často opakovane vzostupujú a padajú.

Ľadové ihličky – majú tvar lúčových ľadových hranolčekov a doštičiek. Tvoria sa pri silných mrazoch. Sú dobre viditeľné, vo vzduchu sa trblietajú odrazom slnečných lúčov.

Dymno – vzniká kondenzáciou v prízemnej vrstve atmosféry. Predstavuje začiatkové štádium vzniku hmly. Tvoria ho mikroskopické čiastočky vody. Nevyvoláva pocit

vlhka, zoslabuje však farby krajiny a zmenšuje dohľadnosť. Dohľadnosť je vždy väčšia ako 1 km.

Hmla – je zložená z drobných vodných kvapiek, niekedy tiež z drobných ľadových kryštálikov (suchá hmla). Dohľadnosť v nej je menšia ako 1 km. Podľa podmienok vzniku sa delia hmly na:

- hmly z ochladzovania,
- hmly z vyparovania,
- hmly zo zmiešania dvoch vzduchových hmôt.

1.6.2 Horizontálne tvary a druhy zrážok

Rosa – vzniká večer a v noci, najmä v teplom ročnom období. Príčina vzniku rosy spočíva v tom, že povrch predmetov sa nočným vyžarovaním ochladzuje. Ak jeho teplota klesne pod rosný bod, z bezprostredne sa dotýkajúcej vzdušnej vrstvy sa na predmete vykondenzujú drobné kvapôčky rosy. Rosa sa netvorí pod stromami, na spodnej strane listov, pod strechou a pod., pretože je tu vplyvom spätného vyžarovania vyššia teplota vzduchu ako na povrchoch vyžarujúcich teplo do voľnej atmosféry. Význam rosy nespočíva v množstve, ale v tom, že vzniká v suchých obdobiach, v ktorých pomáha rastlinám prekonať kritický nedostatok vody.

Srieň – tvoria ľadové kryštáliky rôzneho tvaru. Vznikajú na tráve, pôde, na povrchu snehovej pokrývky a pod.

Ovlhnutie – tvorí tenký povlak z vodných kvapiek, ktorý vzniká na vertikálnych plochách, napr. múroch, stĺpoch, stromoch a pod., za zamračeného a veterného počasia.

Námraza – najčastejšie má kryštalickú štruktúru, ale môže ju tvoriť aj tenká priesvitná vrstvička ľadu.

Inovat' – vytvára sa pri silných mrazoch a hmle. Prechladené kvapôčky hmly pri dotyku s predmetmi zamrzajú, a tak umožňujú vznik jemných ľadových kryštálikov na

konároch stromov, ihličí a iných tenkých predmetoch. Inovať často vytvára veľmi efektívny dekoratívny ráz krajiny.

Ľadovica (poľadovica) – vzniká pri teplotách od 0,0 do -15,0°C. Pri takýchto teplotách môžu padať zrážky v podobe prechladených vodných kvapiek, ktoré pri dotyku so zemským povrchom, alebo predmetmi na ňom, zamrzávajú a pokrývajú ich priesvitnou, alebo nepriesvitnou ľadovou vrstvou (ANTAL, ŠPÁNIK, 2004).

1.6.3 Základné charakteristiky zrážok

Autori ANTAL, ŠPÁNIK (2004) uvádzajú medzi základné charakteristiky zrážok:

- **Objem zrážok (Z)** je celkový objem vody zo zrážok v m³, ktoré spadnú za uvažované obdobie (hodina, deň, mesiac, rok a i.) na skúmanú plochu,
- **Úhrn zrážok (Hz)** je výška vrstvy vody (vodného stĺpca) zo spadnutých zrážok v mm za uvažované obdobie (hodina, deň, mesiac, rok a i.) na mieste merania (najčastejšie v zrážkomernej stanici),
- **Priemerná výška zrážok (Hz)** je priemerná výška vrstvy vody zo spadnutých zrážok v mm na vyšetrovanom povodí za uvažované obdobie. Najčastejšie sa určuje matematickoštatistickými metódami,
- **Doba trvania zrážok (t_d)** je určená časovým údajom (minúty, hodiny) začiatku a konca padania atmosférických zrážok na povrch pôdy,
- **Intenzita dažďa** je úhrn dažďa v mm za zvolenú časovú jednotku (sekundu, minútu, hodinu).

Rozlišujú sa :

1. Priemerná intenzita dažďa (i_d) vyjadrená vzťahom :

$$i_d = \frac{Hz}{td} \quad (12)$$

2. Okamžitá intenzita dažďa (i_{d,o}) vyjadrená vzťahom :

$$i_d = \frac{dHz}{dtd} \quad (13)$$

- **Vodná hodnota snehu** je objem vody v objemovej jednotke snehu ($\text{m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$). Je definovaná ako pomer objemu vody, ktorý vznikne roztopením snehu, k pôvodnému objemu snehu. Vodná hodnota snehovej pokrývky predstavuje výšku vrstvy vody, ktorá by vznikla roztopením snehovej pokrývky na skúmanej ploche (mm).

$$H_{\text{sn}} = 1000 \cdot h_{\text{sn}} \cdot s \quad (14)$$

Tab. 2 Vodná hodnota rôznych druhov snehu (tuhých zrážok) (ANTAL, ŠPÁNIK,2004).

Druh snehu	s ($\text{m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$)	Druh snehu	s ($\text{m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$)
Prachový sneh- čerstvý	0,05	Pieskový sneh	0,25
Obyčajný sneh- čerstvý	0,10 – 0,15	Hrubý sneh	0,50
		Firnový ľad	0,85
Uľahnutý sneh	0,20	Ľadovec	0,90
Sneh v čase jarného topenia v nížinných oblastiach	0,25	Sneh v čase jarného topenia v podhorských oblastiach	0,35

1.6.4 Delenie dažďov

Delenie dažďov podľa pôvodu

- *Dažde konvektívne* (z tepla). Vznikajú pri termických konvekciách a vyskytujú sa ako prudké lokálne dažde sa malým plošným rozsahom.
- *Dažde orografické*. Dochádza k nim pri výstupe vzduchových mäs do vyšších polôh vplyvom reliéfu.
- *Dažde frontálne*. Vznikajú v cyklónach. Podľa typu frontov, ktoré sa v cyklónach tvoria, prevládajú buď miestne prudké dažde (na studenom fronte) alebo trvalé regionálne dažde (na teplom fronte).

Delenie dažďov podľa trvania a rozlohy

- *Krátkodobé dažde* – sú obyčajne veľmi výdatné, padajú na malých plochách, preto sa tiež označujú aj ako miestne dažde. Zapríčiňujú rozvodnenie malých

tokov a najväčšie zaťaženie kanalizačných sietí. Z vodohospodárskeho hľadiska sú však veľmi dôležité.

- *Dlhodobé - regionálne alebo krajinné dažde* – majú veľkú plošnú rozlohu, ale malú intenzitu. Tieto dažde zapríčiňujú povodne riek a sú smerodajné pre dimenzovanie vodohospodárskych stavieb na väčších tokoch.
- *Búrky* – sú typy počasia, spojené s elektrickými výbojmi v oblakoch, hrmením, zosilnením vetra (húľavou), prehánkami, lejakmi, krupobitím (ŠPÁNIK, ŠIŠKA, 2006).

Tab. 3 Delenie dažďov podľa intenzity v mm. h⁻¹ (ŠPÁNIK, ŠIŠKA, 2006)

Názov dažďa	Množstvo zrážok v mm.h ⁻¹
Dážď slabý	pod 1,1
Dážď mierny	1,1 – 5,0
Dážď silný	5,1 – 10,0
Dážď veľmi silný	10,1 – 15,0
Lejak	15,1 – 23,0
Príval	23,1 – 58,0
Prietrž mračien	nad 58,0

1.6.5 Snehová pokrývka

Napadnutý sneh zostáva pri záporných teplotách ležať na povrchu pôdy ako snehová pokrývka. Charakteristiky snehovej pokrývky:

- a. výška snehovej pokrývky v mm,
- b. vodná hodnota snehovej pokrývky, po roztopení snehu sa vyjadruje v mm,
- c. hustota snehu (d), ktorú možno vyjadriť pomerom vodnej hodnoty snehovej pokrývky (v) v mm a výšky snehovej vrstvy (h) v mm :

$$d = \frac{v}{h} \quad (15)$$

- d. počet dní so snehovou pokrývkou.

Čerstvo napadnutý sneh je kyprý, s veľkým obsahom vzduchu, preto je hustota snehovej pokrývky 5 až 50-násobne menšia ako hustota vody. Kyprá snehová pokrývka

má malú tepelnú vodivosť, preto pôsobí na povrchu pôdy ako silná izolačná vrstva, ktorá ovplyvňuje tepelnú bilanciu vzduchu i pôdy (ŠPÁNIK, ŠIŠKA, 2006).

1.6.6 Prístroje používané na meranie zrážok (ANTAL, ŠPÁNIK, 2004)

Staničný zrážkomer – ombrometer

Patrí medzi najjednoduchšie a najrozšírenejšie meteorologické prístroje. Štandardný zrážkomer tvorí súprava štyroch častí: zrážkomerná nádoba, lievik, kanvica a odmerka. Zrážkomer má dve zrážkomerné nádoby, z ktorých jedna je rezervná. Zrážky sa merajú na klimatických staniách v troch termínoch (07:00; 14:00; 21:00).

Zrážkomerné totalizátory

Sú to tzv. súčtové zrážkomery používané na odľahlých, ťažko prístupných stanovištiach. Aby voda v totalizátoroch nezmrzla, pridávajú sa do neho pred meraním látky zabraňujúce mrznutiu, napr. chlorid vápenatý.

Chionograf

Prístroj na zapisovanie hmotnostného množstva snehu. Zapisuje hmotnosť snehu prepočítanú priamo na mm vodného stĺpca.

Ombrograf

Ombrograf je registračný prístroj, ktorý zaznamenáva množstvo a časové rozdelenie atmosférických zrážok. Nie je ho možné použiť v zime z toho dôvodu, že je konštruovaný iba na kvapalné zrážky.

1.7 Definícia a rozdelenie sucha

Sucho je v prírode opakovaný klimatický jav, ktorého prejavy sa vyskytujú aj v čase aj v priestore. V aridných a semiaridných oblastiach je chronickým problémom, v humídnejších regiónoch môže predstavovať pravidelne sa opakujúci jav. Sucho považujeme za situáciu, kedy suma zrážok za určité obdobie nedosahuje tzv. normálnu (dlhodobou ustálenú) úroveň zrážok pre určité územie (WILHITE, GLANTZ, 1985).

Epizódy sucha sa vyskytovali aj v minulosti našej Zeme, ako aj v historických obdobiach vývoja ľudskej civilizácie. Prinášali so sebou aj nútené presídľovanie, vznik miest, štátov a civilizácií, ale aj ich postupný kolaps spojený so zmenami klímy, silnejúcou aridizáciou, degradáciou pôd a stratou vodných zdrojov (BROOKS, 2004).

V našich klimatických podmienkach sa pojmom sucho označuje určité časové obdobie (týždeň, mesiac, rok), v ktorom spadne menej zrážok ako je príslušný normál. Sucho sa charakterizuje tiež počtom za sebou idúcich dní, v ktorých nebol prekročený určitý vopred stanovený zrážkový limit. Klasifikácia sucha predpokladá vymedzenie pojmu a rozbor prvkov, ktoré na sucho vplyvajú. Je to problém, ktorý sa dá posudzovať podľa rôznych kritérií, kvantifikovať rôznymi údajmi a posudzovať podľa rôznych hľadísk. Suchosť oblasti môže byť spôsobená klimatickým, alebo miestnym suchom. Klimatické sucho súvisí s oblastnými podmienkami, ktoré vyplývajú z meteorologických a klimatických pomerov. Miestne sucho súvisí s orografickými, hydrologickými, hydropedologickými, agrobiologickými alebo hospodárskymi podmienkami (KLEMENTOVÁ, LITSCHMANN, 2001).

Podľa RACKA (1987) obdobie považujeme za suché ak na danej stanici je:

- úhrn zrážok za 15 po sebe nasledujúcich dňoch najviac 0,9 mm,
- úhrn zrážok za 20 po sebe nasledujúcich dňoch najviac 2,4 mm,
- úhrn zrážok za 30 po sebe nasledujúcich dňoch najviac 4,9 mm.

Uvedená definícia sucha je veľmi jednoduchá a nezohľadňuje ročný chod zrážok, teplotu vzduchu ani vlhkosť pôdy. Sucho definujeme iba ako nízky úhrn zrážok za určitý počet dní. Samozrejme sucho sa v zmysle tejto definície prejavuje inak v zime a inak v lete (DRINKA, 2005).

Meteorologické sucho - sucho definované najčastejšie časovými a priestorovými zrážkovými pomermi, napr. výskytom suchého obdobia. Okrem množstva a intenzity spadnutých zrážok vzťahujúcich sa k dlhodobým zrážkovým normálom pre dané miesto a ročnú dobu, stanovili mnohí autori rôzne definície meteorologického sucha v závislosti aj na ďalších meteorologických prvkoch, a to hlavne na výpare, teplote vzduchu, rýchlosti vetra, vlhkosti vzduchu (SOBÍŠEK, 1993).

Hydrologické sucho – sucho definované pre povrchové toky určitým počtom za sebou idúcich dní, týždňov, mesiacov a rokov s výskytom relatívne veľmi nízkych prietokov vzhľadom k dlhodobým mesačným či ročným normálom. Sucho hydrologické sa vyskytuje spravidla ku koncu dlhotrvajúceho obdobia sucha, v ktorom nepadali kvapalnú ani zmiešanú zrážky. Sucho hydrologické sa často vyskytuje i v čase, keď už meteorologické sucho dávno odznelo. Naopak pri výskyte meteorologického sucha sa ešte vôbec nemusí prejavovať sucho hydrologické. (SOBÍŠEK, 1993)

Poľnohospodárske sucho – nedostatok vody v pôde, ovplyvnený predchádzajúcim alebo ešte stále trvajúcim výskytom meteorologického sucha. Z ďalších vplyvov majú značný význam vlastnosti pôdy, úroveň poľnohospodárskej techniky, ktorá sa v danej oblasti používa a celá rada ďalších faktorov (SOBÍŠEK, 1993).

Socio-ekonomické sucho - definícia spájajúca sucho s ekonomickou teóriou ponuky a dopytu.

Z fyziologického hľadiska všeobecne platí, že periódy bez zrážok do 5 dní rastliny väčšinou prežívajú bez negatívnych účinkov. Na postupné predlžovanie obdobia sucha, pri postupnom poklese zásoby využiteľnej pôdnej vody k bodu vädnutia, rastliny reagujú narušovaním pomeru fotosyntézy a respirácie, poklesom tvorby novej organickej hmoty, poklesom turgoru (vnútorného tlaku, napätia tkanív), vädnutím až odumieraním. Negatívne účinky sucha však závisia aj od rastlinného druhu, odrody, stupňa rastu, vývoja a pod. (ANTAL, IGAZ, 2006).

Absencia univerzálnej definície sucha vedie k viacerým problémom. V niektorých prípadoch je obtiažne vôbec rozhodnúť, či sa sucho vyskytuje alebo nie. Pre stanovenie začiatku, konca a intenzity sucha existuje celý rad viac-menej objektívnych metód. Do výpočtu indexu sucha vstupujú rôzne faktory - ako zrážky, teplota, evapotranspirácia, pôdna vlhkosť, odtok, zásoby snehu a vody v tokoch a nádržiach atď. Výsledné indexy sucha umožňujú vzájomné porovnanie suchých období (ANALÝZA ZMIEN N-ROČNÝCH MINIMÁLNYCH PRIETOKOV RIEKY DUNAJ V STANICI BRATISLAVA ZA OBDOBIE 1876/77 – 2005/06).

Sucho sa prejavuje v rôznych lokalitách rôzne, existujú tak oblasti s dlhodobým nedostatkom pôdnej vlhkosti, ako aj oblasti s jej prebytkom. Na určenie, či je daná lokalita suchá, alebo vlhká, existuje viacero charakteristík (DRINKA, 2005).

1.8 Metódy hodnotenia sucha

1.8.1 Hodnotenie sucha pomocou Palmerovho Z – indexu

Palmerov index závažnosti sucha (PDSI) je často používaná metóda hodnotenia sucha. Pri konštrukcii PDSI Palmer stanovil kritérium, podľa ktorého nemá výnimočne vlhký mesiac uprostred suchého obdobia príliš ovplyvňovať hodnotu indexu, rovnako ako ani séria mesiacov s približne normálnymi zrážkami nasledujúcimi po suchom období ešte neznamená, že už sucho skončilo (ALLEY, 1984).

Tab. 4 Miera hodnotenia sucha pomocou PDSI, Palmerova klasifikácia miery sucha (ALLEY, 1984)

Hodnota PDSI	Slovné označenie pre mieru sucha
≥ 4	Extrémne vlhko
3.0 - 3.99	Veľmi vlhko
2.0 - 2.99	Priemerne vlhko
1,0 – 1,99	Mierne vlhko
0.5 - 0.99	Počínajúce vlhko
0.49 až -0.49	Blízko normálu, vlahovo vyrovnané
-0.5 až -0.99	Počínajúce sucho
-1.0 až -1.99	Mierne sucho
-2.0 až -2.99	Sucho
-3.0 až -3.99	Veľmi sucho
-4.0	Extrémne sucho

Palmerov index zohľadňuje ako klimatické charakteristiky danej oblasti, tak i jej základné pedologické hydrolimity. Znamená to teda, že rovnaká hodnota Palmerovho indexu v rôznych oblastiach by v nich mala mať približne aj rovnaké ekonomické

dôsledky. V Tab. 4 je k jednotlivým intervalom hodnôt priradené aj ich slovné vyjadrenie, vystihujúce vlhkosť charakter daného obdobia.

1.8.2 Hodnotenie sucha podľa Langovho dažďového faktora

Langov dažďový faktor patrí medzi komplexnejšie charakteristiky vlhkosť pomerov územia (okrem zrážkových pomerov záujmového územia zohľadňuje aj priemernú ročnú teplotu vzduchu, ako nepriameho ukazovateľa výparu na záujmovom území)(ANTAL, 2005).

$$D_f = \frac{H_{z,r}}{t_r} \quad (17)$$

Kde: D_f – je Langov dažďový faktor,

$H_{z,r}$ – dlhodobý priemerný ročný zrážkový úhrn na záujmovom území v mm,

t_r – dlhodobá priemerná ročná teplota vzduchu na záujmovom území v °C.

Tab. 5 Klimatická klasifikácia územia podľa Langovho dažďového faktora (ANTAL, 2005).

Hodnota D_f	Charakteristika územia	Potrebný zásah
> 40	suché	závlaha nevyhnutná
40 - 60	polosuché	závlaha vhodná
60 -100	polovlhké	žiadny
100 -160	vlhké	odvodnenie vhodné
<160	extrémne vlhké	odvodnenie nevyhnutné

1.8.3 Hodnotenie sucha pomocou Končekovho indexu zavlaženia

Pôvodnou myšlienkou vytvorenia hraníc prirodzených klimatických oblastí bola potreba poľnohospodárskeho rajónovania. Konček vychádzal z Thornthwaiteovho indexu vlhka I_m (pomocou potenciálnej evapotranspirácie a niekoľko empiricky určených vzťahov), pričom tento index porovnával so svojimi troma vybranými veličinami a to: zrážky, teplota a rýchlosť vetra. Získal jednoduchý empirický vzorec, ktorý nazval index zavlaženia. Vzorec pre celé vegetačné obdobie apríl – september má tvar:

$$I_z = \frac{R}{2} + \Delta r - 10T - (30 - v^2) \quad (16)$$

Kde : I_z – Končekov index zavlaženia,

R – úhrn zrážok v mm za apríl až september,

Δr – kladná odchýlka množstva zrážok troch zimných mesiacov december až február od množstva 105 mm (pričom sa záporné odchýlky neberú do úvahy),

T – priemerná teplota celého vegetačného obdobia v °C

v – priemerná rýchlosť vetra o 14.00 h. v m.s⁻¹ v celom vegetačnom období.

Tab. 6 Hodnotenie Končekovho indexu

Hodnotenie indexu	Charakteristika územia
$I_z < -20$	suché
$-20 \leq I_z < 0$	mierne suché
$0 \leq I_z < 60$	mierne vlhké
$60 \leq I_z < 120$	vlhké
$120 \leq I_z$	veľmi vlhké

Tab. 7 Klimatické oblasti vo vzťahu ku Končekovmu indexu zavlaženia (MELO, 2007).

Klimatická oblasť	Končekov index zavlaženia (I_z)
Veľmi vlhká oblasť	120 a viac
Vlhká oblasť	60 – 120
Mierne vlhká oblasť	0 – 60
Mierne suchá oblasť	-20 – 0
Suchá oblasť	-40 – -20
Veľmi suchá oblasť	menej ako -40

Tab. 8 Vzťah medzi klimatickým typom podľa Thornthwaitea a indexom zavlaženia (KONČEK,1955)

Klimatický typ	Končekov index zavlaženia
A perhumídny	300 a viac
B ₄ humídny	240 – 300
B ₃ humídny	180 – 240
B ₂ humídny	120 – 180
B ₁ humídny	60 – 120
C ₂ vlhko -subhumídny	0 – 60
C ₁ sucho- subhumídny	-60 – 0
D semiarídny	-120 – -60
E arídny	-180 – -120

1.8.4 Klimatická klasifikácia územia podľa HZ,r

Najjednoduchším kritérium pre klasifikáciu oblastných príčin zamokrenia a presušania záujmového územia je hodnota dlhodobého priemerného ročného zrážkového úhrnu $H_{Z,r}$ (ANTAL, 2005).

Tab. 9 Klimatická klasifikácia územia podľa $H_{Z,r}$ (ANTAL, 2005).

Charakteristika územia	$H_{Z,r}$
extrémne suché (periardné, púštne)	<200
suché (aridné)	200 – 400
polosuché (semiaridné)	400 – 500
polovlhké (semihumídne)	500 – 600
vlhké (humídne)	600 – 700
extrémne vlhké (perhumídne)	>700

1.8.5 Klimatický normál zrážok

Klimatický normál zrážok predstavuje zrážkový úhrn, ktorým sú jednotlivé mesiace roka na danom stanovišti normálne, resp. priemerne zabezpečené. Kladné odchýlky od normálu predstavujú nadnormálne zrážky a sú kritériom vlhka a záporné odchýlky predstavujú podnormálne zrážky a sú kritériom sucha (ŠPÁNIK, ŠIŠKA, 2004).

Tab. 10 Charakteristiky mesačných úhrnov zrážok podľa odchýlok v % od klimatického normálu (ŠPÁNIK, ŠIŠKA, 2004).

Charakteristika mesiaca	Úhrn zrážok v intervale
normálny	75 – 125 % normálu
vlhký	126 – 150 % normálu
veľmi vlhký	151 – 200 % normálu
mimoriadne vlhký	nad 200 % normálu
suchý	50 – 74 % normálu
veľmi suchý	25 – 49 % normálu
mimoriadne suchý	pod 25 % normálu

1.8.6 Klimatická klasifikácia podľa agroklimatického vlhového ukazovateľa KVI-VIII

$$K_{VI-VIII} = E_{0,VI-VIII} - R_{VI-VIII} \quad (18)$$

- Kde: $K_{VI-VIII}$ – agroklimatický vlhový ukazovateľ,
 $E_{0,VI-VIII}$ – potenciálna evapotranspirácia v mesiacoch jún až august v mm,
 $R_{VI-VIII}$ – zrážky v letných mesiacoch jún až august v mm.

Tab. 11 Klimatická klasifikácia podľa agroklmatického vlahového ukazovateľa (ŠPÁNIK, 2000).

K_{VI-VIII}	Charakteristika roka
≥150	veľmi suchý
150 – 100	prevažne suchý
100 – 50	mierne suchý
50 – 0	mierne vlhký
0 - -50	prevažne vlhký
-50 - -100	vlhký
< -100	veľmi vlhký

1.8.7 Hodnotenie sucha pomocou indexu sucha

Index sucha – aridity pre vegetačné obdobie vyjadrujeme bezrozmerným parametrom (KLEMENTOVÁ, LITSCHMANN, 2001), ktorý v *i*- tom roku stanovíme zo vzťahu:

$$S_i = \frac{\Delta t_i}{\sigma_t} - \frac{\Delta r_i}{\sigma_r} \quad (19)$$

Kde: S_i – index sucha - aridity

Δt_i – odchýlka priemernej teploty vo vegetačnom období od dlhodobého priemeru teploty vo vegetačnom období

σ_t – smerodajná odchýlka v príslušnom štatistickom období odchýlky priemernej teploty vo vegetačnom období

Δr_i – odchýlka priemerného úhrnu zrážok vo vegetačnom období od dlhodobého priemerného zrážkového úhrnu vo vegetačnom období

σ_r – smerodajná odchýlka v príslušnom štatistickom období odchýlky priemerného úhrnu zrážok vo vegetačnom období

Tab. 12 Klimatická klasifikácia podľa indexu sucha (KLEMENTOVÁ, LITSCHMANN, 2001).

Index sucha S_i	Hodnotenie roka
0 – 1	stredne až mierne suchý
1 – 2	suchý
> 2	veľmi suchý až najsuchší

NOSEK (1972) uvádza Martonnov index sucha, ktorý je vo vzťahu:

$$i = \frac{n \cdot h}{t + 10} \quad (20)$$

- Kde: i – Martonnov index sucha,
 n – počet dní so zrážkami v skúmanom období,
 h – priemerné množstvo zrážok,
 t – teplota vzduchu.

1.8.8 Priemerná vlhová istota podľa Mináňa

Jeho hodnotu vyjadruje Köppen – Gregorova rovnica vzťahom:

$$Z = 30 \cdot (t + 7) \quad (21)$$

- Kde: Z – veľkosť ročného úhrnu zrážok v mm
 t – dlhodobá priemerná teplota vzduchu za hodnotené obdobie v °C

DUB (1973) uvádza ďalší spôsob hodnotenia sucha pomocou Mináňovej vlhovej istoty, ktorý určuje ako je zabezpečená vlaha pri daných zrážkach a teplote:

$$\alpha = \frac{R - z}{t} \quad (22)$$

- Kde: α – Mináňov index vlhovej istoty
 R – úhrn zrážok v mm
 z – hranica sucha
 t – teplota v °C

1.8.9 Klimatický ukazovateľ zavlaženia

$$K = E_0 - R \quad (23)$$

Kde: K – klimatický ukazovateľ zavlaženia

E_0 – potenciálna evapotranspirácia

R – úhrn zrážok za uvažované obdobie (mesiac, rok, vegetačné obdobie...)

Tento ukazovateľ svojím znamienkom hovorí o tom , či má daná oblasť dostatok vlhky na výpar, alebo nie. Jeho absolútna hodnota je zase mierou „suchosti“, či „vlhkosti“ danej lokality. Klimatologický ukazovateľ zavlaženia má dobré fyzikálne zdôvodnenie, vyžaduje však zložité modelovanie potenciálnej evapotranspirácie, ktorá závisí od mnohých veličín (DRINKA, 2005).

1.9 Charakteristiky klímy

Klíma je definovaná ako dlhodobý režim počasia podmienený energetickou bilanciou, cirkuláciou atmosféry, charakterom aktívneho povrchu a atropogénnymi (ľudskými) činnosťami. Podnebie danej oblasti sa vyznačuje určitou stálosťou, ktorá spočíva v tom, že štatistické charakteristiky klimatických prvkov, vypočítané za rôzne dlhé časové obdobia (najčastejšie 30 rokov) sa pomerne málo líšia. To však nevyučuje významné zmeny klímy, ku ktorým došlo v priebehu geologických epoch Zeme, ale ani miernejšie výkyvy klímy v priebehu kratších časových etáp. V tejto spojitosti možno rozlišovať dva základné pojmy (ANTAL, ŠPÁNIK, 2004):

- klimatické zmeny, čiže kolísanie a premenlivosť klímy, ktorými sa rozumejú iba zmeny, ktoré majú prirodzený pôvod a existujú nezávisle od aktivít človeka,
- klimatická zmena alebo zmena klímy, ktorou sa rozumie taká zmena klímy, ktorá je zapríčinená antropogénne podmieneným rastom skleníkového efektu atmosféry.

1.9.1 Klimatické zmeny spôsobené skleníkovým efektom

Slnecná energia zohrieva povrch Zeme a ako sa jej teplota zvyšuje, teplo sa vyžaruje naspäť do atmosféry ako infračervené žiarenie. Časť energie sa absorbuje v atmosfére vďaka skleníkovým plynom. Atmosféra sa správa podobne ako steny skleníka, vpúšťa viditeľné svetlo a absorbuje odchádzajúcu infračervenú energiu, a tak udržiava vo vnútri teplo. Tento prírodný proces sa nazýva skleníkový efekt. Bez neho by bola priemerná globálna teplota Zeme $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$, zatiaľ čo teraz je $+15\text{ }^{\circ}\text{C}$. Aktivity človeka však zvyšujú množstvo skleníkových plynov v atmosfére, najmä oxidu uhličitého, metánu a oxidu dusného, ktoré umocňujú prírodný skleníkový efekt a následne spôsobujú oteplenie podnebia (ZMENY PODNEBIA).

1.9.2 Hypotézy pre príčiny klimatických zmien

Príčinami klimatických zmien sa zaoberá veľké množstvo hypotéz, ktoré možno rozdeliť do niekoľkých skupín (ANTAL, ŠPÁNIK, 2004) :

1. Hypotézy opierajúce sa o činitele, ktorých pôsobenie sa predpokladá, ale nedokázalo sa.
 - dlhodobé kolísanie hodnoty solárnej konštanty v dôsledku prechodu slnečnej sústavy v kozmickom priestore cez oblasti s rozdielnym obsahom medzihviezdnej hmoty,
 - kolísanie slnečnej aktivity, t.j. zmena tokov slnečného žiarenia v rôznych častiach spektra,
 - terestrické príčiny – kolísanie priepustnosti atmosféry v dôsledku vulkanickej činnosti, nerovnomernosť zemskej rotácie, tektonické zdvihy zemskej kôry, zmenu prítoku tepla z hlbín Zeme k jej povrchu.
2. Hypotézy založené na analýze reálne existujúcich činiteľov.
 - astronomická hypotéza - zmeny excentricity dráhy Zeme, zmeny sklonu ekliptiky k rovine rovníka, zmeny dĺžky perihélia,
 - orografická hypotéza – zmeny rozmerov a vzájomného polozenia pevnín a oceánov, horotvorné procesy, zmeny systému morských prúdov.

3. Hypotézy založené na štúdiu reálne prebiehajúcich procesov uvažovaním spätných väzieb.

- samovoľné narastanie ľadovcov,
- kolísanie obsahu CO₂ v atmosfére.

1.9.3 Príčiny klimatických zmien

Kolísanie klímy v našom storočí sa vysvetľuje zmenami priepustnosti atmosféry Zeme, a tým i zmenou v príkone energie slnečného žiarenia. Zložitosť klimatického systému Zeme a doteraz neujasnené predstavy o tom, ktoré z klimatotvorných činiteľov sú pre zmenu klimatického systému najpodstatnejšie vedie k záveru, že intenzívne výkyvy klímy sú výsledkom vzájomného pôsobenia viacerých klimatotvorných činiteľov (ANTAL, ŠPÁNIK, 2004).

Najdôležitejšia zmena, ktorú sme v zemskej atmosfére spôsobili a naďalej spôsobujeme je zmena koncentrácie skleníkových plynov. Problém spočíva v tom, že ich stále sa zvyšujúca koncentrácia výrazne prispieva ku skleníkovému javu, k zmenám klímy (BÉDI, 2002).

Ľudskou činnosťou, najmä technologickými procesmi sú do ovzdušia vypúšťané látky ako oxid uhličitý, metán alebo chlor-fluor-uhľovodíky (CFC = freóny), ktoré pohlcujú teplo a sú odpadovými produktmi našej civilizácie. Tieto plyny, rovnako ako v skleníku, prepúšťajú teplo dovnútra, ale zabráňujú mu vrátiť sa späť do vesmíru (PRÍČINY A DÔSLEDKY KLIMATICKÝCH ZMIEN).

Mení sa tak schopnosť atmosféry pohlcovať a odrážať slnečnú radiáciu, dochádza k zmenám dlhovlnných radiačných tokov a k narušeniu ozónosféry (GORE, 2000).

Pre zmeny klímy má najväčší význam zmena koncentrácie oxidu uhličitého, nielen preto, že spoluvytvára skleníkový efekt, t.j. odráža dlhovlnné vyžarovanie Zeme späť na jej povrch, ale hlavne preto, lebo zvyšovanie koncentrácie CO₂ spôsobuje zmeny intenzít fotosyntézy porastov (NOVÁK, 1994).

Oxid uhličitý nie je síce pre organizmus toxický, má však vplyv na zmenu globálnej klímy. Je zodpovedný za viac ako 50% emisií prispievajúcich k tejto zmene. Stabilizácia globálnej teploty Zeme (zastavenie nárastu priemernej teploty) by si

vyžadovalo až 60%-né zníženie celosvetových emisií CO₂ do roku 2050. Aby sme vytvorili podmienky, kedy nedochádza k nárastu koncentrácie CO₂ v atmosfére, museli by sme obmedziť spotrebu palív až o 80%. Medzi skleníkové plyny patrí aj metán. Vzniká napríklad na ryžových poliach a pri chove dobytka. Baktérie, ktoré rozkladajú celulózu v žalúdku dobytka, premieňajú 3 až 10% hmotnosti krmiva na metán, ktorý dobytok vylučuje. Odhaduje sa, že takýmto spôsobom sa do atmosféry dostáva takmer 100 miliónov ton metánu ročne. Ryžové polia sú považované za najdôležitejší zdroj atmosférického metánu. Korene ryže zachytávajú metán z bahna na dne, plyn putuje rastlinou a potom je vypúšťaný do ovzdušia. Týmto spôsobom sa dostáva do ovzdušia 150 miliónov ton metánu ročne. Metán takisto vzniká pôsobením rôznych organizmov, procesmi v mokradiach, vypaľovaním lesov a saván, ale aj procesmi hnitia na vodných plochách a skládkach. Všetky tieto zdroje dávajú dohromady asi 500 miliónov ton metánu ročne a každým rokom o 50 miliónov ton pribúda (PRÍČINY A DÔSLEDKY KLIMATICKÝCH ZMIEN).

1.9.4 Zmeny klímy v minulosti

Klimatický systém Zeme prešiel vo svojej histórii veľkými zmenami, s klimatickými cyklami trvajúcimi státisíce až milióny rokov. Striedali sa teplejšie obdobia s chladnejšími, kontinentálne ľadovce a morské ľady sa rozširovali smerom k nízkym zemepisným šírkam a potom v interglaciáloch ustupovali smerom k polárnym oblastiam. Počas týchto dlhodobých výkyvov klímy sa výrazne menili také činitele, akými sú rozloženie pevnín a oceánov, orografia, smery a intenzita morských prúdov, zloženie atmosféry, kozmické vplyvy na Zem, sopečná činnosť, flóra a fauna (ANTAL, ŠPÁNIK, 2004).

Zmeny klímy prebiehali aj v dávnej minulosti. Boli krátkodobé aj dlhodobé a pravdepodobne mali regionálny aj globálny charakter (PRETEL, 2006). Svedkami klímy dávnej minulosti sú skameneliny organických a neorganických látok v usadených horninách. Charakteristickým pre teplú klímu je veľké množstvo skamenelín rôznych druhov plazov a ich veľké rozmery. Svedkami suchej klímy sú zvyšky suchomilných rastlín a stepných živočíchov, ako aj intenzívne usadzovanie soli. Pre paleoklimatické štúdie majú veľký význam poznatky o usadzovaní vápencov, dolomitov, soli, kaolínu, bauxitu a ďalších hornín, ktoré sú veľkými pomocníkmi pri určovaní polohy dávnych jazier a morí (ANTAL, ŠPÁNIK, 2004). K otepľovaniu planéty dochádzalo takmer

vždy rýchlejšie ako k ochladzovaniu. Základnými príčinami sú zmeny v energetickej bilancii systému, ktoré v dávnej minulosti boli vyvolávané zmenami rotácie Zeme a nakláňania jej osy (PRETEL, 2006).

1.9.5 Dôkazy a dôsledky klimatických zmien

Klimatické zmeny sa už začali. V priebehu posledného storočia sa priemerná teplota vzduchu na povrchu Zeme zvýšila globálne o 0,6 °C a v Európe o 1°C, čo je nezvyčajne rýchle oteplenie. Podľa VIŠVÁDERA (2006) sú ďalšími dôkazmi klimatických zmien nasledovné:

- Polárna ľadová pokrývka sa rozpúšťa. Oblasť mora pokrytá arktickým ľadom na severnom póle sa za posledné desaťročia zmenšila o 10% a hrúbka ľadu nad vodou sa znížila asi o 40%. Ľad v Grónsku sa rozpúšťa a odteká do mora vo zväčšujúcej sa miere. V roku 1996 odtieklo do mora 90 km³, zatiaľ čo v roku 2005 sa množstvo zvýšilo na 220 km³.
- Ľadovce ustupujú. Odhaduje sa, že na celom svete sa rozpúšťa 9 z desiatich ľadovcov. Je pravdepodobné, že 75% ľadovcov vo švajčiarskych Alpách do roku 2050 zmizne.
- Hladina mora sa zvyšuje. V priebehu posledného storočia sa zvýšila hladina mora o 10 – 25 cm a pravdepodobne do roku 2100 sa zvýši o ďalších 88 cm. Morská voda môže preniknúť do poľnohospodárskej pôdy a zdrojov sladkej vody a kontaminovať ich.
- Znižovanie biodiverzity. Mnohé živočíchy a rastliny sa nedokážu vyrovnáť s otepľovaním. Zraniteľné sú najmä druhy ako polárne medvede, tulene, mrože a tučniaky.
- Ohrozená je produkcia potravín. Vegetačné obdobie rastlín sa od roku 1960 predĺžilo o 10 dní a produktivita rastlín sa zvýšila o 12%. Globálne modely odhadujú nárast poľnohospodárskeho výnosu EU len do nárastu teploty do 2°C, potom však budú výnosy klesať.
- Nedostatok vody. Takmer pätina populácie sveta nemá prístup k čistej pitnej vode. Ak sa globálne teploty zvýšia o 2 až 2,5°C nad úroveň spreď priemyselnej revolúcie, môže sa toto číslo zdvojnásobiť.

- Je častejší výskyt extrémneho počasia (búrky, povodne, suchá a tepelné vlny). V poslednom desaťročí bolo vo svete trikrát viac prírodných katastrof súvisiacich s počasím ako v šesťdesiatych rokoch a v roku 2005 bol rekordný počet hurikánov.
- Rozšírenie chorôb. Zmena podnebia zvýši pravdepodobnosť tropických ochorení, ako sú malária a horúčka dengue

1.9.6 Podnebie Slovenska

Územie Slovenska patrí z hľadiska globálnej klimatickej klasifikácie do severného mierneho klimatického pásma s pravidelným striedaním štyroch ročných období a premenlivým počasím s relatívne rovnomerným rozložením zrážok počas roka. Kontinentálny vzduch miernych širok prináša teplé, slnečné a menej vlhké letá a chladné zimy s nízkymi úhrnmi zrážok. Všeobecne platí, že vzduch prichádzajúci k nám od juhu až juhovýchodu je prevažne suchší a teplejší (v lete sa u nás prejavuje suchým a teplým až horúcim počasím) ako ten, ktorý k nám prúdi od juhozápadu a má spravidla vyšší obsah vodnej pary (v lete sa u nás prejavuje vlhkým a teplým počasím). Horské pásma, najmä vysoké, tvoria významné klimatické predely a spolu s členitým terénom podstatne ovplyvňujú jednotlivé klimatické prvky, najmä teplotu vzduchu, atmosférické zrážky, vlhkosť vzduchu, oblačnosť, slnečný svit a veterné pomery a pod. Preto klimaticky odlišný charakter majú nížiny, kotliny, doliny, svahy a hrebene horských masívov(KLÍMA SLOVENSKA).

1.9.7 Dohovory a záväzky Slovenska súvisiace so zmenami klímy

Rámcový dohovor OSN o zmene klímy je hlavným a najdôležitejším opatrením a odozvou v celej histórii ľudstva na zmiernenie a zamedzenie potenciálnej hrozby klimatických zmien v dôsledku rapídneho nárastu antropogénnych emisií skleníkových plynov. Rámcový dohovor OSN o zmene klímy bol prijatý 09.05. 1992 v New Yorku. Dňa 19.05.1993 sa Slovenská republika stala tiež jeho právoplatnou členskou krajinou a svojou ratifikáciou dňa 25.08.1994 sa zaviazala plniť všetky jeho záväzky. Všetky štáty sveta, teda aj Slovenská republika, by mali podľa svojich možností plniť nasledujúce záväzky zahrnuté do Rámcového dohovoru OSN o klimatickej zmene (ŠPÁNIK, 1997):

- robiť inventarizáciu emisie a záchytu skleníkových plynov (CO₂, CH₄, H₂O, N₂O a i.),

- zabráňovať zbytočným únikom skleníkových plynov z rezervárov a kontajnerov,
- redukovať spotrebu skleníkových plynov,
- pripravovať sa na adaptáciu proti dôsledkom očakávanej zmeny klímy v budúcnosti,
- podporovať výskum zameraný na zmiernenie rizika očakávanej zmeny klímy,
- podporovať informovanosť o príčinách možných dôsledkov očakávanej zmeny klímy v najbližších desaťročiach,
- informovať príslušné medzinárodné inštitúcie o realizácii opatrení.

Podľa znenia záverečného protokolu z Kjóta sa krajiny dohodli na znížení výslednej emisie všetkých šiestich skleníkových plynov v priemere o 5,2% z úrovne roka 1990 počas cieľového obdobia rokov 2008-2012. Slovenská republika, rovnako ako EÚ, prijala záväzok na 8% zníženie v porovnaní s úrovňou emisií v základnom roku 1990 (TRETIA NÁRODNÁ SPRÁVA O ZMENE KLÍMY, 2001).

2 Cieľ práce

V poslednom období sa čoraz častejšie vyskytujú suché obdobia hlavne vo vegetačných obdobiach a v letných mesiacoch. Preto vznikla myšlienka posúdiť zmeny vlhových pomerov v posledných desaťročiach vo vytypovanej lokalite SR formou hodnotenia výskytu suchých períód ovplyvňovaných úhrnom zrážok a klimatickou zmenou.

Cieľom bakalárskej práce je:

- priblížiť účinky sucha ako súčasť klimatickej zmeny, jeho prejavy ako aj kritériá umožňujúce jeho hodnotenie,
- poskytnúť prehľad o metodologických postupoch a prehľad o možných metódach hodnotenia sucha.

3 Metodika práce

V nadväznosti na klimatické zmeny, v rámci ktorých dochádza k postupným zmenám energetickej, ale aj vodnej bilancie, má svoje opodstatnenie hodnotenie vodného režimu aj formou zmien a výskytu suchých períód v konkrétnych agroklimatických podmienkach.

Suchou períódou sa rozumie obdobie bez zrážok s trvaním 5 a viac dní, pričom períodu sucha neprerušia dni so zrážkami nižšími ako 1 mm (KOLEKTÍV, 1960).

Suché obdoba sú rozdelené do 3 skupín:

- 5 dní a viac,
- 10 dní a viac,
- 20 dní a viac.

Pracovné postupy a spôsob získavania údajov

- 1. krok:** Oboznámenie sa s témou „periódy sucha v podmienkach meniacej sa klímy na vytypovanej lokalite SR,
- 2. krok:** Naštudovanie informácií z odbornej literatúry dostupnej v knižnici, na internete a v časopisoch,
- 3. krok:** Vyhodnotenie, spracovanie a spísanie získaných informácií, dát a metód hodnotenia do tejto bakalárskej práce.

4 Výsledky práce a diskusia

Medzi najdiskutovanejšie problémy v súčasnej klimatológii patrí otázka klimatickej zmeny na Zemi, ktorá je podľa MELA (2004) spôsobená rastom radiačne aktívnych plynov v atmosfére v dôsledku antropogénnej činnosti. Ako hovorí aj v minulosti sa striedali teplejšie a chladnejšie obdobia, ale od roku 1990 sa podnebie Zeme oteplilo asi o $0,6^{\circ}\text{C}$, čo môže byť podmienené zvýšeným množstvom slnečnej energie dopadajúcej na Zem.

Pre zmeny klímy má najväčší význam zmena koncentrácie oxidu uhličitého, nielen preto, že spoluvytvára skleníkový efekt, teda odráža dlhovlnné žiarenie Zeme späť na jej povrch, ale hlavne preto, lebo zvyšovanie koncentrácie CO_2 spôsobuje zmeny intenzít fotosyntézy porastov (NOVÁK, 1994).

V súvislosti s predpokladanou zmenou klímy je pravdepodobné, že závažné prípady sucha a povodní, vyvolaných bohatým úhrnom zrážok, budú na Slovensku v budúcnosti častejšie. Preto je nutné tieto javy študovať, aby sa minimalizoval ich dopad na životy a majetok obyvateľov. Významnú úlohu má načasovanie výskytu sucha, pretože suché podnebie podporuje tvorbu kvetov, dozrievanie plodov a skracuje potrebnú vegetačnú dobu (DRLIČKA, 2006).

Jednou z hlavnou príčin suchých období na Slovensku je podľa DRINKA (2005) výbežok vyššieho tlaku vzduchu zasahujúci k nám z juhovýchodu, alebo z juhu, ktorý bráni prechodu frontálnych systémov cez strednú Európu. Keďže na tvorbu zrážok je potrebný dostatok vodnej pary v atmosfére a zdroje výparu sú len na zemskom povrchu, tak pri absencii usporiadaných výstupných pohybov v prízemnej vrstve ovzdušia zrážky nevypadávajú. Ak je obdobie s malými úhrnmi zrážok navyše sprevádzané vysokou priemernou dennou teplotou (ako napr. v lete), tak má sucho katastrofálne následky.

V súčasnosti je zrejmé, že globálne otepľovanie je najvýznamnejší environmentálny problém v doterajšej histórii ľudstva, ktorého dôsledky sa v plnej miere prejavujú v 21. storočí (zdvojnásobenie koncentrácie CO_2 v atmosfére sa očakáva okolo r. 2060). Riešenie tohto problému si vyžiada koncentrované úsilie celej ľudskej spoločnosti. Napriek tomu sa objavilo niekoľko odborníkov z rôznych sfér, ktorí pochybujú o významnosti súvisu rastu skleníkového efektu atmosféry a globálneho otepľovania a argumentujú existenciou prirodzených regulačných mechanizmov a spätných väzieb na Zemi, ktoré skôr alebo neskôr budú vplyv rastu skleníkového efektu

atmosféry na zmenu klímy kompenzovať, prípadne argumentujú niektorými pozitívnymi dôsledkami globálneho oteplenia (LAPIN, 2000).

Napriek tomu, že environmentálne aktivity rôznych skupín obyvateľstva existujú už dlhú dobu, iba v posledných dvoch desaťročiach sa začali jednoznačne venovať aj problematike možného negatívneho vývoja klímy na Zemi zapríčineného človekom. Klimatológovia upozorňovali na túto skutočnosť už v minulom storočí a konkretizovali ju v päťdesiatych rokoch, keď sa zistilo výrazné zvýšenie koncentrácie oxidu uhličitého (CO₂) v atmosfére Zeme a potvrdili sa teoretické výpočty o možnom súvisi globálneho otepľovania a rastu skleníkového efektu atmosféry (IPCC, 1995).

Na Slovensku sa očakáva do r. 2075 rast ročných priemerov teploty vzduchu o 2 - 4 °C (pričom väčšie oteplenie sa predpokladá v zime), mierny rast úhrnov atmosférických zrážok v zime a mierny pokles v lete, zmena režimu prietokov riek s významným poklesom aj pokles pôdnej vlhkosti v teplej časti roka a pokles snehovej pokrývky do nadmorskej výšky 1000 m. S tým bude súvisieť aj rad iných zmien a dôsledkov, najmä v prírodných ekosystémoch, v hydrologickom cykle a vo vodnom hospodárstve, v lesnom hospodárstve, v poľnohospodárstve, v energetike, vo výskyte patogénov, chorôb a škodcov (LAPIN, 2000).

5 Záver

Vzhľadom na to, že v súčasnej dobe je riešenie problémov globálneho otepľovania a klimatických zmien, teda aj problematiky týkajúcej sa suchých období a nízkeho úhrnu zrážok najmä počas vegetačných období rastlín dôležitou súčasťou každodenného života, je potrebné poukázať na túto skutočnosť.

Obsah a množstvo pôdnej vody prístupnej rastlinám, ktorej hlavným zdrojom sú atmosférické zrážky je dané rôznymi klimatickými činiteľmi.

Hoci sa stále hovorí o globálnom otepľovaní, klimatológovia si netrúfajú presne určiť, ako sa bude klíma na Zemi vyvíjať. Ako hovorí LAPIN (2004) teplota bude postupne rásť, zrejme nás čakajú suchá na juhu, ale aj zimné povodne. Neexistuje jediná správna predpoveď budúcich klimatických podmienok na Zemi, teda ani na Slovensku. V súlade s odporúčaniami Medzivládneho panelu pre klimatickú zmenu (inštitúcia OSN) sa pripravujú iba alternatívne scenáre najpravdepodobnejšieho vývoja. Tieto scenáre sú založené na možnom vývoji rastu skleníkového efektu atmosféry na celej Zemi. Ten závisí od emisie skleníkových plynov a aerosólov do atmosféry, teda od správania ľudí na celej Zemi. Na Slovensku očakávame rast dlhodobých priemerov ročnej teploty vzduchu o 2 až 4 stupne. Toto otepľovanie však bude oveľa menej pravidelné ako na celej Zemi priemerne. Ešte komplikovanejšie sú scenáre možného vývoja atmosférických zrážok. Predpokladá sa, že bude viac zrážok ako doteraz v zime a o málo menej v porovnaní s minulosťou v lete. Celoročný úhrn zrážok by sa mal mierne zvýšiť na severe a o málo znížiť na juhu Slovenska. Takýto vývoj by znamenal zmenu v hydrologických podmienkach na Slovensku. Keďže trvalejšia snehová pokrývka by sa mala vyskytovať iba v horách nad 800 až 1000 m nad morom, zimné povodne nebudú výnimkou. Jarné prietoky riek by mali byť oveľa menšie a letné suchá na juhu Slovenska oveľa častejšie ako v minulosti.

Európa je geograficky veľmi členitý kontinent, na ktorom prebiehajúce klimatické zmeny zvýrazňujú regionálne rozdiely v zastúpení prírodných zdrojov. V 21. storočí môže Európa očakávať zvýšenú frekvenciu záplav vplyvom silných búrok a stúpania hladiny mora. Horské oblasti budú strácať snehovú pokrývku a ľadovce.

Zoznam použitej literatúry

ALLEY, M.W. 1984. The Palmer Drought Severity Index: Limitations and Assumptions. *Journal of climate and applied meteorology*, Vol. 23, 1984 p. 1100 – 1109. [online]. [cit. 2010-16-04].

Dostupné na internete: <<http://www.amet.cz/vyskytsucha.pdf>>

ANTAL, J. 2005. Protierózna ochrana pôdy. Nitra: SPU, 2005. 79 s. ISBN 80-8069-572-5.

ANTAL, J., IGAZ, D. 2006. Aplikovaná agrohydrologia. 4. rozšírené vyd. Nitra: SPU, 2006. 210 s. ISBN 80-8069-669-1.

ANTAL, J., ŠPÁNIK, F. et. al. 1999. Hydrologia poľnohospodárskej krajiny. 1. vyd. Nitra: SPU, 1999. 250 s. ISBN 80-7137-640-X.

ANTAL, J., ŠPÁNIK, F. 2004. Hydrologia poľnohospodárskej krajiny. 2. vyd. Nitra : SPU, 2004, 250 s. ISBN 80-8069-428-1

BÉDI, E. 2002. Klimatické zmeny. Bratislava: Fond pre alternatívne energie. 2002, 55 s.

BROOKS, N. 2004. Beyond a collapse: the role of climate desiccation in the emergence of complex societies in the middle Holocene. In Leroy S., Casta P., (eds.) : Environmental catastrophes in Mauritania, the desert and the coast. Proceedings, First joint meeting of the ICSU Dark Nature and IGCP. January 2004. Mauritania, 26-30.

DRINKA, R. 2005. Synoptické príčiny suchých a zrážkových období na Slovensku v rokoch 1988 – 2002. Bratislava 2005.

DRLIČKA, R. 2006. Sucha na Moravě a ve Slezsku. Brno, 2004.

DUB, O. 1973. *Základy meteorologie a klimatologie* : Vysokoškolské skriptá. Bratislava: SVŠT v ES, 1973. 102 s.

GORE, A. 2000. *Zemně na míse váh*. Praha: Agro, 2000, 374 s. ISBN 80-7203-310-7

HAVLÍČEK, V., et. al. 1986. *Agrometeorologie*. 1. vyd. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1986. 264 s.

IPCC, 1995: *Climate Change 1995 - The Science of Climate Change: Contribution of Working Group I to the Second Assessment Report of the IPCC*, J. T. Houghton, L. G. Meira Filho, B. A. Callander, N. Harris, A. Kattenberg and K. Maskell (eds), Cambridge University Press, Cambridge, UK, 339 pp.

KLEMENTOVÁ, E., LITSCHMANN, T. 2001. Výsledky hodnotenia sucha v oblasti Hurbanova. In *Sucho, hodnocení a predikce*. Pracovní seminář, Brno 19.11.2001. [online]. [cit. 2010-16-04]. Dostupné na internete: <<http://cbks.cz/sucho01/Klementova.pdf>>

KOLEKTÍV, 1960. *Klimatické pomery Hurbanova*. Praha: HMÚ, 1960.

KONČEK, M. 1955. Index zavlaženia. In: *Meteorologické zprávy*, ročník 8, č. 4, HMÚ, Bratislava, 1955, s. 96 – 99.

LAPIN, M. 2000. Medzinárodné súvislosti problému "zmena klímy". In *Životné prostredie*, ročník 2000, č. 2, Ústav krajinskej ekológie SAV Bratislava, 2000. ISSN 0044 – 4863. [online]. [cit. 2010-15-05]. Dostupné na internete: <<http://www.seps.sk/zp/casopisy/zp/2000/zp2/lapin1.htm>>

LAPIN, M. 2004. Zmena na jednom konci sa odrazí aj na druhom konci Zeme. In *Denník Pravda*, 15.05.2004. [online]. [cit. 2010-15-05]. Dostupné na internete: <http://www.dmc.fmph.uniba.sk/public_html/climate/pravda.sk_2004-05-15.pdf>

MELO, M. 2004. Skleníkový efekt atmosféry a scenáre budúcej klímy. In: *Geografia*, ročník 12, č. 1, Bratislava, 2004, s. 11 – 17

MELO, M., LAPIN, M., et. al. 2007. Končekov index zavlaženia ako možný indikátor aridizačných trendov v krajine. In. Acta Hydrologica Slovaca, ročník 8, č. 2, Bratislava, 2007, s. 224 – 230. [online]. [cit. 2010-16-04]. Dostupné na internete:

<http://fg.univerzita.com/dokumenty/seminar/vedecky_clanok_A.Kruzicova.pdf>

NOSEK, M. 1972. Metody v klimatologii. 1. vydanie. Praha: Academia, 1972. 434 s.

NOVÁK, V. 1994: Môžu očakávané globálne zmeny ovplyvniť poľnohospodárstvo aj pozitívne? In Zb. z konferencie "Klimatická zmena a zemédelství", Brno, VŠZ. 1994.[online]. [cit. 2010-16-04]. Dostupné na internete:

<<http://www.chmi.cz/meteo/CBKS/sbornik94/NovakStekauerova.pdf>>

NOVÁK, V. 2001. Evapotranspiration and its Distribution over Slovakia. Život. Prostr., Vol. 35, NO 3, 133, 2001. [online]. [cit. 2010-07-05]. Dostupné na internete:

<<http://www.seps.sk/zp/casopisy/zp/2001/zp3/novak.htm>>

PEKÁROVÁ, P., HALMOVÁ, D. et. al. 2008. Analýza zmien N-ročných minimálnych prietokov rieky Dunaj v stanici Bratislava za obdobie rokov 1876/77 – 2005/06. In ACTA HYDROLOGICA SLOVACA. 2008, ročník 9, č. 2, s 252 – 261.

PEVNÝ, V. 1972. Základy poľnohospodárskej bioklimatológie. Bratislava: VEDA Bratislava, 1972, 108 s.

PRETEL, J. Klima na Zemi se mění. In Přírodovědecký časopis Vesmír. 2006, roč. 2006/85, č. 7 [cit. 2010-03-15].

Dostupné na internete: < <http://www.vesmir.cz/clanek/klima-na-zemi-se-meni>>

ISSN 1214-4029

RACKO, S. 1987. Periódy sucha v Humennom. In *Meteorologické zprávy*, roč. 40, Praha 1987, č. 6, s.184-191. [online]. [cit. 2010-16-04]. Dostupné na internete:

<http://www.dmc.fmph.uniba.sk/public_html/student/thesis/drinka.pdf>

SOBÍŠEK, B., et. al. Meteorologický slovník výkladový a terminologický. 1. vyd. Praha: Academia. 1993, 594 s. ISBN 80-85368-45-5.

SOTÁKOVÁ, S. 1981. Pôdoznalectvo. 2. vyd. Bratislava: VEDA Bratislava, 1981. 403 s.

ŠPÁNIK, F. 1997. Klimatické zmeny a ich dopad na poľnohospodárstvo. Nitra: SPU, 1997. 154 s. ISBN 80-7134-345-1.

ŠPÁNIK, F. 2000. Aplikovaná agrometeorológia. 3. upravené vyd. Nitra: SPU, 2000. 194 s. ISBN 80-7137-795-3.

ŠPÁNIK, F., ŠIŠKA, B. 2004. Biometeorológia. 1. vyd. Nitra: SPU, 2004. 227 s. ISBN 80-8069-315-3.

ŠPÁNIK, F., ŠIŠKA, B. 2006. *Biometeorológia*. 2. vyd. Nitra: SPU, 2006. 227 s. ISBN 80-8069-794-9.

TRETIA NÁRODNÁ SPRÁVA O ZMENE KLÍMY, 2001. Bratislava: MŽP SR, 2001. 109 s. ISBN 80-89005-03-9.

VIŠVÁDER, P.: Zmena podnebia je v našich rukách. In *21. storočie*, 2006, č. 2, s 11-12, ISSN 1335-874X. [online]. [cit. 2010-16-04].

Dostupné na internete: <http://www.envira.sk/02_06pdf/tomas/0-4.pdf>

ZAUJEC, A. 2002. *Pedológia*. 1.vyd. Nitra: SPU, 2002. 98 s. ISBN 80-8069-090-1.

WILHITE, D.A., GLANTZ, M.H. 1985. Understanding the drought phenomenon: the role of definitions. In: *Water International*, 10: 111-120.

Internetové zdroje:

Zmena podnebia. [online] . [cit. 2010-03-15]. Dostupné na internete:

<http://ec.europa.eu/environment/climat/campaign/what/climatechange_sk.htm>

Príčiny a dôsledky klimatických zmien. 2007. [online] aktualizované 2008. [cit. 2010-03-15]. Dostupné na internete:

<http://www.enviro-edu.sk/?page=environmentalne_problemy/priciny_a_dosledky_klimatickych_zmien>

Klíma Slovenska. [online] . [cit. 2010-03-15]. Dostupné na internete:

<<http://www.shmu.sk/sk/?page=1064>>

Kjótsky protokol k rámcovému dohovoru OSN o zmene klímy. [online] . [cit. 2010-03-15]. Dostupné na internete:

<<http://enviroportal.sk/dohovory/dohovory-detail.php?dokument=2>>