

**SLOVENSKÁ POĽNOHOSPODÁRSKA UNIVERZITA  
V NITRE**

**FAKULTA ZÁHRADNÍCTVA A KRAJINNÉHO INŽINIERSTVA**

**TRENDY PREMŔZANIA PÔDY V PODMIENKACH MENIACEJ  
SA KLÍMY NA VYTYPOVANEJ LOKALITE SLOVENSKA**

**2010**

**Daniel KUBÍČEK**

SLOVENSKÁ POĽNOHOSPODÁRSKA UNIVERZITA  
V NITRE

FAKULTA ZÁHRADNÍCTVA A KRAJINNÉHO INŽINIERSTVA

**TRENDY PREMŔZANIA PÔDY V PODMIENKACH  
MENIACEJ SA KLÍMY NA VYTYPOVANEJ LOKALITE  
SLOVENSKA**

BAKALÁRSKA PRÁCA

Študijný program:

Krajinné inžinierstvo

Pracovisko (katedra/ústav):

Katedra biometeorológie a hydrológie

Vedúci diplomovej práce:

Ing. Ján Čimo, PhD.

Nitra 2010

**Daniel KUBÍČEK**

## **Čestné vyhlásenie**

Podpísaný Daniel Kubíček vyhlasujem, že som záverečnú prácu na tému „Trendy premfzania pôdy v podmienkach meniacej sa klímy na vytypovanej lokalite Slovenska“ vypracoval samostatne s použitím uvedenej literatúry.

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

V Nitre 15. marca 2010

**Daniel Kubíček**

## **Pod'akovanie**

Touto cestou vyslovujem poďakovanie pánovi Ing. Jánovi Čimovi, PhD. za pomoc, odborné vedenie, cenné rady a pripomienky pri vypracovaní mojej bakalárskej práce.

### **Abstrakt v štátnom jazyku**

Cieľom mojej bakalárskej práce je zhodnotiť vplyv, dopady a hrozby antropogénnych činností človeka na klimatický systém Zeme a zároveň poukázať na meniace sa trendy premrzania pôdy vplyvom klimatickej zmeny. V práci sa venujem zloženiu pôdy, významu vody v pôde, spôsobom merania premrzaniu pôdy, historickým a súčasným hodnotám koncentrácií skleníkových plynov, príčinám ich úniku do atmosféry a možným dopadom na klímu Zeme, scenárom klimatických zmien a možnosťami na obmedzenie vypúšťania skleníkových plynov do atmosféry. Výsledky signalizujú, že klimatická zmena vyžaduje zvýšenú pozornosť najmä na medzinárodnej úrovni a taktiež je dôležitá rýchlosť uskutočňovania opatrení v boji s klimatickou zmenou, pretože jej účinky sa prejavujú na globálnej úrovni so stupňujúcou sa intenzitou.

**Kľúčové slová:** skleníkové plyny, klimatická zmena, premrzanie pôdy, skleníkový efekt

### **Abstrakt v cudzom jazyku**

The objective of this thesis is to sum up the human beings' anthropogenic activities and its influence, effects and threats upon the Earth's climate and to point at the reversal of ground freezing as a result of the climatic changes at the same time. In this thesis I focus on composition of ground, importance of water in the ground, ground freezing measurement techniques, historical and up to date greenhouse gases' figures, gas-escape to the atmosphere, its causes and possible effects on the Earth's climate, climatic changes scenarios and on greenhouse gas-escape cutback possibilities. The results show that the climatic changes issue requires more attention, especially on the international level. The speed of implementing the measures to combat the climatic changes is of great importance as the effects make themselves left on the global level with a boosting intensity.

**Key words :** greenhouse gases, climatic change, ground freezing, greenhouse effect

# Obsah

<b>Obsah.....</b>	<b>5</b>
<b>Zoznam skratiek a značiek.....</b>	<b>7</b>
<b>Slovník termínov.....</b>	<b>8</b>
<b>Úvod.....</b>	<b>9</b>
<b>1 Súčasný stav riešenej problematiky doma a v zahraničí.....</b>	<b>11</b>
1.1 Pôda.....	11
1.1.1 Pôdna voda.....	12
1.1.2 Mineralogické a chemické zloženie minerálneho podielu pôdy.....	13
1.1.3 Organický podiel pôdy.....	13
1.1.4 Základné fyzikálne a hydrofyzikálne vlastnosti pôdy.....	14
1.1.5 Zrnitostné zloženie pôdy.....	14
1.2 Teplota pôdy.....	15
1.2.1 Tepelné vlastnosti a tepelný režim pôd.....	15
1.2.2 Energetická bilancia aktívneho povrchu.....	16
1.2.3 Denný a nočný chod teploty pôdy.....	17
1.2.4 Teplota hlbších vrstiev pôdy.....	18
1.2.5 Metódy a prístroje na meranie teploty pôdy.....	19
1.2.6 Fyzikálne jednotky.....	20
1.2.6.1 Objemové merné teplo.....	20
1.2.6.2 Tepelná vodivosť.....	20
1.3 Premrzanie pôdy.....	21
1.3.1 Jarné a jesenné nočné mrazy.....	22
1.3.2 Metódy a prístroje na meranie premrzania pôdy.....	23
1.4 Klimatická zmena.....	25
1.4.1 Skleníkový efekt.....	25
1.4.2 Hlavná príčina zvýšeného obsahu skleníkových plynov v atmosfére.....	26
1.4.3 Hlavné skleníkové plyny a GWP koeficient.....	27
1.4.4 Teplota.....	30

1.4.5	Dopady a scenáre klimatickej zmeny.....	32
1.4.6	Summit v Kodani.....	34
1.4.7	Opatrenia na zníženie vypúšťaných emisií skleníkových plynov.....	36
<b>2</b>	<b>Cieľ práce.....</b>	<b>38</b>
<b>3</b>	<b>Metodika práce a metódy skúmania.....</b>	<b>39</b>
<b>4</b>	<b>Výsledky práce a diskusia.....</b>	<b>40</b>
<b>5</b>	<b>Záver.....</b>	<b>41</b>
	<b>Zoznam použitej literatúry.....</b>	<b>42</b>

## Zoznam skratiek a značiek

m	<b>meter</b> , základná jednotka sústavy SI
cm	<b>centimeter</b> , $1 \times 10^{-2}$ metra
mm	<b>milimeter</b> , $1 \times 10^{-3}$ metra
°C	<b>stupeň Celzia</b> , vedľajšia jednotka sústavy SI
nm	<b>nanometer</b> , $1 \times 10^{-9}$ metra
ppm	<b>part per million</b> , jedna milióntina, koncentrácia
ppb	<b>part per billion</b> , jedna miliardtina, koncentrácia
ppt	<b>parts per trilion</b> , jedna bilióntina, koncentrácia
CO <sub>2</sub>	<b>oxid uhličitéy</b>
NH <sub>4</sub>	<b>metán</b>
N <sub>2</sub> O	<b>oxid dusný</b>
O <sub>3</sub>	<b>ozón</b>
H <sub>2</sub> O	<b>voda</b> , voda v plynnom skupenstve (vodná para)
h	<b>hodina</b> , časová jednotka rovnajúca sa 60 minútam
PVC	<b>polyvinylchlorid</b> , umelo vyrobený plastický polymér
SPU	<b>Slovenská poľnohospodárska univerzita</b>
°	<b>uhol</b> , jeden stupeň je 1/180 priameho uhla
m <sup>2</sup>	<b>štvorcový meter</b> , jednotka odvodenej sústavy SI určujúca veľkosť plochy
IPCC	<b>Intergovernmental Panel on Climate Change</b> , Medzivládny panel o zmene klímy
km <sup>2</sup>	<b>štvorcový kilometer</b> , odvodená jednotka sústavy SI určujúca veľkosť plochy
USD	<b>americký dolár</b>
SO <sub>2</sub>	<b>oxid siričitý</b>
mln.	<b>miliarda</b> , tisíc miliónov, čiže $10^9$
r. n.l.	<b>rok nášho letopočtu</b>
CFC	<b>chlorofluorocarbon</b> , halogénderiváty uhl'ovodíkov
pH	<b>potencia hydrogeni</b> , kyslosť



## Slovník termínov

**Atmosféra** (z gréckeho atmos = para, sphaira = guľa) je plynný obal Zeme. Jej chemické zloženie sa v priebehu geologických období menilo vplyvom ultrafialového slnečného žiarenia.

**Počasie** je stav ovzdušia na určitom mieste a v určitom čase alebo časovom intervale. Dané je súhrnom hodnôt meteorologických prvkov a javov, ako sú teplota, tlak vzduchu, vietor, dážď a pod. ( Špánik, 2006 ).

**Podnebie** alebo tiež **klíma** je dlhodobý režim atmosférických dejov (počasia) určitého miesta alebo územia podmienený slnečným žiarením, povrchom, atmosférickou cirkuláciou, energetickou bilanciou systému Zem - atmosféra a ľudskými zásahmi.

**Klimatická zmena** predstavuje iba tie zmeny v klimatických pomeroch, ktoré súvisia s antropogénne podmieneným rastom skleníkového efektu atmosféry od začiatku priemyselnej revolúcie (asi od 1750 r. n.l.), ak ich vieme odlíšiť od zmien prirodzených.

**Skleníkový efekt** atmosféry je suma dôsledkov radiačne aktívnych plynov v atmosfére, ktoré absorbujú tepelné vyžarovanie Zeme, zohrievajú tú časť atmosféry kde sa nachádzajú a spätným vyžarovaním atmosféry udržujú určitú bilanciu dlhového žiarenia Zeme ( Lapin, 2004 ).

**Pôda** je prírodný útvar, ktorý sa vyvíja v dôsledku zložitého a komplexného pôsobenia vonkajších (exogénnych) činiteľov na materskú horninu (endogénny činiteľ) a vyznačuje sa úrodnosťou. Tvorí jeden z obalov, ktorými je zemeguľa obklopená, alebo pokrytá.

**Teplotný režim pôdy** je určovaný zmenou teploty pôdnej hmoty (zahrievanie a ochladzovanie) za kratšie časové obdobie (deň, sezóna, rok) vo vymedzenom priestore pôdy (Zaujec, 2003).

**Premrzanie pôdy** je tuhnutie pôdneho roztoku pri poklese teploty pod jeho bod tuhnutia (Pokladníková, 2005).

**Teplota** je veličina stavová a určuje ju stredná kinetická energia neusporiadaného pohybu molekúl danej látky.

**Teplota** predstavuje celkovú kinetickú energiu pohybu všetkých molekúl danej látky (Špánik, 2006).

## Úvod

V histórii našej planéty boli globálne zmeny zapríčinené predovšetkým prírodnými faktormi. Človek sa však postupne stal najvýznamnejšou silou v pretváraní Zeme, postupne zmenil geosféru ale i biosféru, čo dosiahlo až globálny rozsah a mohlo by mať katastrofálne následky na Zem, na život na Zemi a tak aj na samotného človeka. V priebehu uplynulých desaťtisíc rokov umožnila relatívna stabilita klímy evolúciu ľudskej spoločnosti a prírodného prostredia. V súčasnosti však ľudská činnosť narušuje túto stabilitu a uvrhne tak ľudskú spoločnosť a prírodné prostredie do veľkého nebezpečenstva. Neobmedzený ekonomický rast a rast populácie spoločne vedú k vytvoreniu rýchlo rastúcej výroby a spotreby. Tým, že ľudstvo stále viac vyrába a spotrebuje, aby naplnilo požiadavky exponenciálne rastúcej populácie, pokračuje vo vyčerpávaní svojich zdrojov a znečisťuje svoje životné prostredie odpadmi a znečisťujúcimi látkami. Následné problémy sa prejavujú ako ekologické katastrofy, zlá kvalita vzduchu a vody, strata druhov, degradáciu pôdy a v neposlednom rade klimatické zmeny ( Demo, 2006).

Do roku 1750 bol v rovnováhe cyklus záchytu a vypúšťaniu emisií CO<sub>2</sub> najmä kvôli viac-menej stabilnému rozsahu biosféry, ukladaniu asi 0,4 miliardy ton uhlíka ročne do fosílií a dopĺňaniu tohto množstva z podzemných zásobníkov (napr. sopečnou aktivitou v priemere asi 0,1 miliardy ton uhlíka ročne). Aj preto sa udržiavala pomerne konštantná koncentrácia CO<sub>2</sub> v atmosfére Zeme (okolo 280 ppm, 280 cm<sup>3</sup> CO<sub>2</sub> na 1 m<sup>3</sup> vzduchu v priemere). Takýto režim pretrváva posledných 10 tisíc rokov, teda od ukončenia poslednej ľadovej doby. Počas ľadových dôb bol odlišný režim, pričom je treba zdôrazniť, že ľadové doby nenastali náhle, ale ich rozvoj do polovice objemu ľadu trval aj viac ako 10 tisíc rokov. V súčasnosti ľudstvo emituje do atmosféry fosílny uhlík, teda taký uhlík, ktorý síce v atmosfére pôvodne bol, ale biosféra ho postupne počas viac ako 200 miliónov rokov z atmosféry zachytila (najmä fotosyntézou), premenila na biomasu a podobne ako dnes po malých množstvách každoročne ukladala do fosílií (dnes poznáme tieto fosílie v premenenom stave ako uhlie, ropu a zemný plyn).

Po roku 1750 začalo rozsiahlejšie využívanie fosílnych palív, predovšetkým na spaľovanie, čím sme do atmosféry pomerne rýchlym tempom vrátili fosílny uhlík z podzemných rezervoárov (hlavne ako CO<sub>2</sub>, menej ako CH<sub>4</sub> a iné plyny). Teraz je to takmer 10 miliárd ton fosílného uhlíka ročne. Biosféra nie je pripravená na takéto zmeny a nevie fosílny uhlík rovnako rýchle vrátiť naspäť do podzemných rezervoárov ako nový fosílny uhlík. Ani svetový oceán nemôže toto množstvo uhlíka odčerpať, pretože je to dané

fyzikálnymi a chemickými procesmi. To je hlavná príčina toho, že koncentrácia CO<sub>2</sub>, ale aj iných plynov rastie v atmosfére v podstate paralelne s objemom spotreby fosílného uhlíka a rôznymi inými ľudskými aktivitami. Na raste koncentrácie CH<sub>4</sub> sa podieľajú navyše aj iné antropogénne aktivity, ako chov dobytka, pestovanie ryže a pod. (Lapin, 2007).

Prevažná väčšina vedcov, uvedomujúc si neistoty, ktoré v tejto oblasti existujú, je presvedčená o tom, že klimatické zmeny už nastali a budúce zmeny klímy sú nevyhnutné. Otázkou v súčasnosti nie je či klimatické zmeny nastanú, ale aké budú veľké, rýchle a kde sa prejavia (Bédi, 2002). Téma klimatická zmena, sa čoraz viac a čoraz častejšie objavuje na rokovaní vlád mnohých štátov. Je to dôsledok stále silnejších a častejších zmien počasia, silnejúcich tornád, búrok, tajfúnov, zemetrasení pri ktorých prichádzajú o životy tisíce ľudí a vznikajú tak škody nielen na majetku obyvateľov postihnutých krajín, ale aj na poľnohospodárskych plodinách ktoré sa v čase klimatických zmien musia vyrovnávať so zmenou pestovateľských podmienok. V pravidelných intervaloch sa dozvedáme, koľko mŕtvych a aké finančné škody spôsobili ďalšie prírodné katastrofy, zosilnené ľudskou činnosťou. Touto cestou by som sa i ja chcel pokúsiť pričiniť o zlepšenie tohto neútešného stavu narušenej rovnováhy klimatického systému Zeme a podporiť boj proti klimatickým zmenám. V našich podmienkach sa klimatická zmena prejavila zvyšujúcou sa priemernou ročnou teplotou, predlžujúcimi sa obdobiami sucha a dažďov, narastaniu počtu letných dní, stenčujúcou sa vrstvou snehovej prikrývky a zmenšeným počtom dní jej výskytu, zvýšila počet a silu extrémnych prejavov počasia. Premŕzanie pôdy je ovplyvňované mnohými faktormi. Závisí najmä na teplote vzduchu, pokrytí pôdy snehovou prikrývkou prípadne vegetáciou, druhu pôdy, vlhkosti pôdy a reliéfom.

Preukázalo sa, že vplyv snehovej prikrývky je výrazne ovplyvnená minimálnymi teplotami vzduchu. Hĺbku premrznutia pôdy výrazne znižuje súvislá vrstva s hrúbkou nad 10 cm (Pokladníková, 2005). Premŕzanie pôdy ovplyvňuje oševné postupy jednotlivých poľnohospodárskych plodín. V našich podnebných podmienkach pôda premŕza iba sezónne v zime. Zmeny nastanú nielen u nás, ale v celej Európe, najmä vo vyšších zemepisných šírkach. Vplyv oteplenia na rastlinstvo v teplých oblastiach bude pomerne slabý, ale v chladných oblastiach rastliny silno reagujú aj na malé zvýšenie teploty. Už dnes sa tam vytvárajú podmienky na život teplomilných druhov. Invázne rastliny, ale aj živočíchy prenikajú do našej oblasti a narušujú rovnováhu v ekosystémoch.

# 1 Súčasný stav riešenej problematiky

## 1.1 Pôda

Pôda sa vyvinula ako výsledok pôsobenia aktívnych environmentálnych faktorov – klímy, vegetácie na minerálny materiál. Vyvíja sa cez jednotlivé fázy od mladých až k zrelým, v dôsledku dosiahnutia stavu relatívne stabilnej rovnováhy s prirodzenou vegetáciou. Organická hmota, ktorou táto vegetácia prispieva do pôdy má vlastnosti, ktoré odzrkadľujú kombinovaný efekt všetkých environmentálnych faktorov ( klímy, vegetácie a materského substrátu) a závisí na sile väzieb s minerálnou hmotou, to determinuje typ pôdotvorného procesu. Počas tohto vývoja, nazývaného ako pedogenéza, pôvodná tenká vrstva pôdy postupne zvyšuje mocnosť jednotlivých vrstiev alebo horizontov. Tým dochádza k diferenciacii vo farbe, textúre a štruktúre a vytvára sa pôdny profil.

Pôdu chápeme ako živý neustále sa vyvíjajúci trojrozmerný prírodno-historický útvar, ktorý vznikol pôsobením a kontaktom atmosféry, biosféry, hydrosféry a litosféry.

Odporúčanie Rady Európy R(92)8 o ochrane pôdy (1992) upozorňuje na nasledovné hlavné funkcie pôdy:

- a) produkcia biomasy ako základná podmienka života človeka a iných organizmov na Zemi,
- b) filtrácia, neutralizácia a premena látok v prírode ako súčasť funkčných a regulačných mechanizmov prírody,
- c) udržiavanie ekologického a genetického potenciálu živých organizmov v prírode (biodiverzita druhov),
- d) priestorová základňa pre ekonomické aktivity človeka (poľnohospodárstvo, lesníctvo, priemysel, doprava, stavebníctvo, turistika, a iné) a sociálne istoty obyvateľstva (zamestnanosť, výživa, príjmy),
- e) zásoba a zdroj surovín (voda, íl, piesok, horniny, minerály),
- f) kultúrne dedičstvo štátov a Zeme, vrátane paleontologických a archeologických artefaktov.

Pôdna hmota, ktorá sa vytvorila v pôdotvornom procese pozostáva z viacerých zložiek. Približne 50 % (objemových) pripadá na póry, v ktorých sa nachádza voda (pôdny roztok) a pôdny vzduch a 50 % na minerálny a organický podiel. Na vytváraní pevnej časti pôdnej hmoty sa minerálny podiel zúčastňuje 95-99 % a organický podiel 1-5 %.

### 1.1.1 Pôdna voda

Pojem „pôdna voda“ vyjadruje súborné označenie vody v kvapalnom, pevnom i plynnom skupenstve, ktorá sa nachádza v pôdnom profile a je zadržovaná adhéznymi alebo kapilárnymi silami. To sa týka i súvislej podzemnej vody, ktorá zasahuje svojou hladinou pôdny profil, alebo keď vztlínaním podzemná voda významnejšie zasahuje do pôdneho profilu sústavnejšie, alebo len sezónne. Pôdna voda nie je čistá, je to roztok obsahujúci rôzne rozpustené a suspendované látky v závislosti od aplikovaných hnojív, pesticídov, kvality závlahovej vody a od zvetrávania primárnych pôdnych častíc. V povrchovej časti pôd sú v pôdnej vode prítomné aj pôdne mikroorganizmy.

Z hľadiska pedogenetického je pôdna voda hybnou silou rôznych fyzikálnych, chemických, fyzikálno-chemických, biochemických a biologických javov, ktoré prebiehajú v povrchovej vrstve litosféry. Bez vody by nebolo ani pôdy, bez života a dynamiky spôsobovanej vodou by sa nemohol rozvíjať ani biologický kolobeh látok, ktorý je podstatný pre vznik a vývoj pedosféry.

Z hľadiska fyziologického pôdna voda má význam v tom, že je nenahraditeľným životným faktorom pre rastliny a pôdny edafón, prostredníctvom nej prijímajú organizmy živiny. Najväčší význam má voda v kvapalnom stave.

Z hľadiska úrodovného pôdna voda má dôležitý význam hlavne pre život rastlín a tvorbu úrod, umožňuje reprodukciu všetkých živých organizmov. Voda, ktorú čerpajú rastliny z pôdy pomocou svojich koreňov, tvorí podstatnú časť ich tela (85-95 %). Pôdna voda rozpúšťa a privádza prístupné živiny a kyslík ku koreňom a rozvádza ich po celom rastlinnom organizme. Voda v pôde pôsobí ako termoregulátor pri výpare a transpirácii. Hlavným zdrojom pôdnej vody sú atmosférické zrážky, ktoré pôda prijíma, zadržáva, akumuluje na určitý čas a taktiež prerozdeľuje medzi jednotlivými zložkami prírodného prostredia. Ďalšími zdrojmi pôdnej vody môžu byť povrchové a vnútorné prítoky a taktiež vztlínanie podzemnej vody. Za málo výdatný zdroj pôdnej vody sa považuje i kondenzácia vodných pár, ktoré sa dostávajú do pôdy z ovzdušia. Umelým zdrojom v pôde je závlahová voda.

Kvapalná fáza pôdy zabezpečuje predovšetkým dynamiku všetkých mechanických, fyzikálnych, fyzikálno-chemických a biologických procesov. O tom, aké množstvo vody sa dostane do pôdy, ako sa dlho v nej zadrží, alebo bude sa v nej pohybovať, rozhoduje viac faktorov ako napríklad stupeň svahovitosti, rastlinný pokryv, zrnitosť, štruktúrnosť, pórovitosť, objemová hmotnosť a ďalšie (Zaujec, 2003).

### 1.1.2 Mineralogické a chemické zloženie minerálneho podielu pôdy

Minerálny podiel pôdy ako polydisperzný systém je rôzneho petrografického, mineralogického a chemického zloženia a skladá sa z veľkého súboru častíc s rôznou veľkosťou. Z hľadiska vzniku a zloženia minerálny podiel pôdy určuje nielen mineralogické, ale i chemické a zrnitostné zloženie pôdy. Petrografické a mineralogické zloženie pôdotvorných materiálov je pestré, čo vyplýva i z toho, že pri zvetrávaní a pôdotvorných procesoch sa mení pôvodné zloženie v prospech väčšieho zastúpenia ťažko zvetrávajúcich minerálov, najmä kremeňa a ílových minerálov na úkor ľahšie zvetrávajúcich minerálov.

Pri hodnotení minerálneho podielu pôd v prvom rade vychádzame z jeho mineralogického a chemického zloženia, ktoré je významne závislé na jeho zrnitosti. Hrubo disperzné častice sú pritom bohaté na kremeň a primárne minerály, ktoré ťažšie zvetrávajú. V jemne disperzných frakciách stúpa obsah sekundárnych minerálov, najmä ílových. Spravidla zvyšovaním stupňa disperznosti minerálneho podielu dochádza k znižovaniu obsahu kremíka a súčasnému narastaniu zastúpenia ďalších prvkov ako sú hliník, železo, vápnik, horčík a draslík.

Chemické zloženie pôdotvorných hornín, substrátov a pôd sa vyznačuje veľkou rôznorodosťou a premenlivosťou. Podstatnú časť tvoria oxidy Si, Al, Fe, Mg, Ca, Na a K, niekedy až 99 % v litosfére, na oxidy ostatných prvkov pripadá len 1 %.

### 1.1.3 Organický podiel pôdy

Organický podiel je dôležitým prvkom pri vzniku a vývoji pôd. Svojim pôsobením na minerálny podiel pôdy sa zúčastňuje pôdotvorných procesov, výsledkom ktorých je vznik pedosféry. Je tvorený živou a neživou zložkou, ktoré sa podmieňujú a zapájajú do tokov energie a živín. V pôde je zastúpený 1-5 %.

Pôda je životným priestorom mnohých rastlinných a živočíšnych spoločenstiev, ktoré sú zastúpené rôznymi veľkostnými kategóriami a ich množstvo a aktivita sú špecifické pre každý pôdny typ. Výskyt jednotlivých druhov je limitovaný biotickými (vzťahy medzi organizmami) a abiotickými (teplota, vlhkosť, prevzdušnenie, pH, textúra, zdroje potravy) faktormi. Pôdne organizmy (edafón) možno rozdeliť podľa pôvodu na fytoedafón a zooedafón. Podľa veľkosti na mikroedafón, mezoedafón a makroedafón (Zaujec, 2003).

#### 1.1.4 Základné fyzikálne a hydrofyzikálne vlastnosti pôdy

Z fyzikálneho hľadiska predstavuje pôda heterogénny, polyfázový, disperzný a pórovitý systém, ktorý v prírodných podmienkach obyčajne obsahuje všetky 3 v prírode sa vyskytujúce fázy, t.j. tuhú, kvapalnú i plynnú fázu.

Tuhá fáza pôdy (niekedy tiež nazývaná pôdny matrix) obsahuje častice nielen rôzneho chemického a mineralogického zloženia, ale aj častice rôzneho tvaru a veľkosti. Okrem minerálnych častíc obsahuje tuhá fáza pôdy časti i amorfné látky, najmä organické, ktoré majú schopnosť viazať minerálne častice do tzv. pôdných agregátov.

Kvapalná fáza pôdy je tvorená pôdnou vodou, ktorá však vždy obsahuje rozpustené látky a preto sa často nazýva aj pôdny roztok. Plynnú fázu pôdy tvorí pôdny vzduch.

Z hľadiska potrieb melioračnej praxe a teórie, je z fyzikálnych charakteristík pôdy potrebné poznať najmä:

- a) objemové a hmotnostné vzťahy medzi jednotlivými fázami v pôde,
- b) spôsoby vyjadrovania obsahu vody v pôde (Antal, Špánik, 2004)

#### 1.1.5 Zrnitostné zloženie pôdy

Pevná fáza pôdy sa skladá z elementárnych častíc (zrn, granúl), rôznej veľkosti (kamene, štrk, piesok, prach, íl a koloidy), ktoré tvoria polydisperzný systém rôzneho mineralogického aj chemického zloženia. Častice blízkych rozmerov nazývame frakciami, alebo kategóriami zrnitostného zloženia. Množstvo častíc v pôde sa nachádza nie voľne od seba oddelených, ale vo forme určitých zhlukov (agregáty, hrudky). Spojovaním elementárnych častíc rôznymi tmeliacimi látkami dochádza k vytváraniu pôdných agregátov.

Polydisperznosť pôdy vyjadrujeme ako zrnitostné, mechanické, granulometrické aj textúrne zloženie pôdy. Zrnitostné zloženie pôdy – pôdnu textúru – charakterizujeme ako zastúpenie (obsah) jednotlivých frakcií (piesku, prachu a ílu) v pôdnej vzorke, vyjadrené v hmotnostných percentách.

Zrnitostná klasifikácia slúži na určenie pôdneho druhu. Pôdny druh je charakteristický určitým zastúpením pôdných častíc podľa veľkosti (Zaujec, 2003).

## 1.2 Teplota pôdy

Teplotou pôdy sa rozumie údaj teplomera, ktorého receptor (teplomerná látka) je v tepelnej rovnováhe s pôdou. Podobne je to aj pri teplote vody a vzduchu. Pre teplotný režim pôdy a prízemnej vrstvy vzduchu je rozhodujúci tzv. aktívny povrch. Je to povrch pôdy, snehovej pokrývky, hornín, porastu alebo ľubovoľného telesa, ktorý pohlcuje, vedie a vyžaruje energiu (Špánik, Šiška, 2006).

### 1.2.1 Tepelné vlastnosti a tepelný režim pôd

Teplota pôd je nevyhnutným činiteľom pre existenciu života rastlín, živočíchov a pôdných mikroorganizmov. Ovplyvňuje výpar, vlhkosť pôdy, pohyb vzduchu a mnohé fyzikálne, chemické a fyzikálno-chemické reakcie. Ovplyvňuje klíčenie semien, vzhádzanie, rast a vývoj plodín.

Hlavným zdrojom tepelnej energie je slnečné žiarenie. Pôdy pôsobia ako transformátory slnečnej energie a zároveň sú aj akumulátormi tejto energie a regulátormi tepelného a teplotného režimu prízemných vrstiev atmosféry. Na stav momentálnej teploty každej pôdy pôsobí hlavne prijaté množstvo slnečnej energie, jej kumulovanie a tepelná vodivosť pôd. Adsorpcia tepla povrchom pôdy, ich zohrievanie a ochladzovanie závisí od výškovej polohy, reliéfu, porastu, štruktúrnosti pôdy, pórovitosti, vlhkosti, výparnosti a tepelných vlastností pôd.

Denné výkyvy teplôt zasahujú v našich zemepisných podmienkach do hĺbky 0,75-1,0 m, mesačné asi do 5 m a ročné do 6-20 m. Pôda v jednotlivých rokoch zamrzá najviac do hĺbky 1,0 m, ohrievanie dosahuje hĺbku až 1,5 m. Na základe týchto poznatkov treba drenážne rúrky pri odvodňovaní kľásť hlbšie ako 1 m, aby sa mrazom nepoškodili rúrky ani vodovodné potrubia a v lete aby nedochádzalo k zahrievaniu vody. Teplotné výkyvy v rôznych hĺbkach pôdy majú vplyv na pohyb vodnej pary a jej kondenzáciu. Vystupujúce vodné pary z teplejších spodných častí pôdneho profilu k chladnejším povrchovým sa kondenzujú a vytvárajú pôdnu rosu. Zostupujúce vodné pary z teplejších povrchových do chladnejších hĺbok profilu môžu po skondenzovaní vytvárať pôdnu vodu (pôdnu vlhkosť).

Pôda ako akumulátor tepla si na jeseň dlhšie zachováva teplotu a je teplejšia než ovzdušie, na jar sa naopak pomalšie zahrieva a je chladnejšia ako ovzdušie nad pôdou. Nahromadené teplo v letnom období pôda na jeseň a v zime postupne uvoľňuje (vyžaruje), čím otepluje prízemné vrstvy atmosféry a podporuje vývoj ozimín. Na jar zasa pôda ochladzuje ovzdušie blízko nad ňou, čím zabraňuje predčasnej vegetácii (Zaujec, 2003).



### 1.2.2 Energetická bilancia aktívneho povrchu

Aktívny povrch pôdy má veľký význam pre teplotný režim priľahlých vrstiev vzduchu, ale aj väčších pôdných hĺbok. Energetickou bilanciou aktívneho povrchu sa rozumie bilancia tokov energie, ktoré prechádzajú týmto povrchom a tvoria nasledovné zložky:

- a) Bilancia žiarenia (B). Priamym zdrojom tepla pre pôdu je globálne slnečné žiarenie a spätné žiarenie atmosféry. Žiarenie pohltené aktívnym povrchom sa mení na teplo a zohrieva ho. Súčasne zemský povrch vyžaruje naspäť do priestoru tepelné dlhovlnné žiarenie. Túto zložku energetickej bilancie vyjadruje rovnica celkovej radiačnej bilancie.
- b) Tepelný tok medzi aktívnym povrchom a atmosférou (H). Medzi aktívnym povrchom a vzduchom sa teplo prenáša molekulovým vedením a turbulenciou, a to smerom k pôde alebo vyššie ležiacim vrstvám vzduchu.
- c) Tepelný tok medzi aktívnym povrchom a hlbšími vrstvami pôdy (Q). Podobne sa vedie teplo aktívneho povrchu smerom do väčších hĺbok pôdy, alebo opačne.
- d) Teplo ( $\lambda E$ ) uvoľňované pri fázových prechodoch vody. Zemský povrch prijíma teplo uvoľnené pri kondenzácii vodnej pary alebo naopak, spotrebuje teplo pri výpare vody.
- e) Teplo spotrebované na asimiláciu, resp. uvoľnené pri dýchaní rastlín (p). Aktívny povrch pôdy takto rôznym spôsobom neustále dostáva alebo stráca teplo. Algebraický súčet všetkých uvedených príjmov a strát tepla za jednotku času sa rovná nule. Toto vyjadruje rovnica energetickej bilancie aktívneho povrchu:

$$B \pm H \pm Q \pm \lambda E \pm p = 0 \quad (1)$$

Ak bilanciu žiarenia (B) rozpíšeme na jej bilančné zložky G, R,  $B_L$ , možno energetickú bilanciu aktívneho povrchu napísať rovnicou:

- vo dne ( $B_1$ ):

$$B_1 = G - R - B_L - H - Q - \lambda E - p \quad (2)$$

- v noci ( $B_2$ ):

$$B_2 = -B_L + H + Q + \lambda E + p \quad (3)$$

kde: G – globálne žiarenie, R – albedo,  $B_L$  - bilancia dlhovlnného žiarenia

Energetická bilancia cez deň je celkovo kladná, a preto dochádza k otepľovaniu zemského povrchu. Energetická bilancia cez noc je záporná, a preto sa zemský povrch ochladzuje.

### 1.2.3 Denný a nočný chod teploty pôdy

Teplota pôdy, hlavne na povrchu, sa v priebehu dňa mení. Po východe Slnka stúpa približne do 13.00 h, potom klesá až do západu Slnka. Pravidelné výkyvy priebehu teploty počas dňa a noci sa označujú pojmom denný chod teploty pôdy. V dennom chode teplota povrchu pôdy dosahuje maximum v popoludňajších hodinách a minimum pred východom Slnka. Rozdiel medzi denným maximom ( $T_{\max}$ ) a nočným minimom teploty ( $T_{\min}$ ) sa nazýva dennou amplitúdou teploty ( $A$ ).

$$A = T_{\max} - T_{\min} \quad (4)$$

Chod teploty pôdy ovplyvňuje rad faktorov, ktoré často pôsobia protichodne. Ich účinok možno charakterizovať veľkosťou amplitúdy. Vyššia amplitúda predstavuje obyčajne extrémnejšie, nižšia vyrovnanejšie teplotné podmienky. Sú to hlavne tieto faktory:

- a) Inklinácia – sklon povrchu voči dopadu slnečných lúčov. Čím je uhol dopadu lúčov väčší, tým väčšie je pohlcovanie žiarenia, tým väčšia je amplitúda. Tým je možné vysvetliť rozdielne otepľovanie svahov a rovín.
- b) Expozícia – orientácia povrchu voči svetovým stranám. Južné svahy majú najväčší príjem žiarenia. Sú teplejšie, ale aj suchšie. Severné svahy sú teplotne vyrovnanejšie, ale aj vlhšie a chladnejšie.
- c) Farba aktívneho povrchu – čím je aktívny povrch tmavší, tým je väčšia amplitúda a opačne.
- d) Porast – znižuje amplitúdu pôdnej teploty tým, že zabraňuje prenikaniu žiarenia k povrchu pôdy, a to tým, čím je porast hustejší a vyšší.
- e) Oblačnosť – znižuje amplitúdu teploty pôdy tým, že znižuje straty tepla z pôdy vyžarovaním. Jej účinok je tým väčší, čím je oblačnosť hustejšia a nižšia.
- f) Snehová pokrývka – znižuje amplitúdu. Sneh má pre značný obsah vzduchu malú tepelnú vodivosť, preto sa vyžarovaním ochladzuje iba v povrchovej časti, pričom jeho spodné vrstvy a povrch pôdy ostávajú teplejšie.

g) Merné teplo pôdy – tepelná kapacita pôdy – udáva množstvo tepla potrebné na ohriatie jednotkovej hmotnosti o jeden stupeň. Pri stálom objeme ( $C_v$ ) a stálom tlaku ( $C_p$ ) má rozmer  $\text{kJ}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ , resp.  $\text{kJ}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{K}^{-1}$ . Čím je merné teplo vyššie, tým je amplitúda menšia a opačne. Látky s vyšším merným teplom napr. voda ( $4,187 \text{ kJ}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{K}^{-1}$ ) potrebujú na zohriatie viac tepla, ako látky s nižším merným teplom, napr. suchý humus ( $0,61 \text{ kJ}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{K}^{-1}$ ), preto sa pomalšie zohrievajú, ale aj pomalšie ochladzujú.

#### 1.2.4 Teplota hlbších vrstiev pôdy

Faktory ovplyvňujúce chod teploty aktívneho povrchu pôdy ovplyvňujú aj vedenie tepla do hĺbky. Všeobecne platí, čím viac tepla pohlcuje povrch pôdy, a čím je pôda vodivejšia, tým rýchlejšie a hlbšie preniká teplo do pôdy. Rovnaký postup a tie isté fyzikálne faktory rozhodujú o opačnom vedení tepla, ktoré smeruje k povrchu pôdy pri jeho ochladzovaní. Zmenu teploty pôdy s hĺbkou možno vyjadriť vertikálnym teplotným gradientom, ktorý udáva zmenu teploty pôdy (v  $^{\circ}\text{C}$ ) na jednotku hĺbky. Určitý podiel na teplotnom režime pôdy má aj vodná para a voda. Pri šírení tepla do hĺbky platia tieto pravidlá:

- Periódá výkyvov teploty (dennej alebo ročnej) je vo všetkých hĺbkach rovnaká.
- V určitej hĺbke sa amplitúda znižuje prakticky na nulu. U nás je to približne v hĺbke 1 m, odkiaľ začína vrstva so stálou dennou teplotou.
- Čas maxima a minima teploty sa s hĺbkou oneskoruje o 2,5 až 3,5 h na 0,10 m, v ročnom chode 20 až 30 dní na 1 m hĺbky.
- Hĺbky stálej dennej a nočnej teploty sú v pomere druhých odmocnín periód denných a ročných výkyvov. Napr. denný chod (1 deň) a ročný chod (365 dní) udáva pomer:  
 $\sqrt{1} : \sqrt{365} = 1 : 19$

Z toho vyplýva, že stála ročná teplota sa u nás vyskytuje v hĺbke 19 m. Hĺbka pôdy, v ktorej je stála ročná teplota sa nazýva izotermná, alebo neutrálna vrstva. Ďalej do hĺbky teplota pôdy stúpa vplyvom vlastného tepla Zeme asi o  $3,3^{\circ}\text{C}$  na 100 m hĺbky. Teplota izotermnej vrstvy sa rovná priemernej ročnej teplote vzduchu na tom istom mieste. Napríklad v Nitre je takáto teplota  $9,5^{\circ}\text{C}$ . Rozloženie teploty pôdy v pôdnom profile sa graficky najčastejšie znázorňuje pôdnymi termoizopleťami (Špánik, Šiška, 2006).

### 1.2.5 Metódy a prístroje na meranie teploty pôdy

Teplota pôdy sa v bežných prevádzkových podmienkach meteorologických staníc najčastejšie meria sklenenými teplomerami vhodne upravenými pre rôzne hĺbky pôdy, ktoré vidíme na Obrázku 1. Na automatických meteorologických staniciach sa zvyčajne meria manometrickými, odporovými, kovovými alebo termistorovými teplomerami. Priemerná denná teplota pôdy ( $t_p$ ) sa vypočíta z termínových meraní podľa vzorca:

$$t_p = 1/3(t_{p7} + t_{p14} + t_{p21}) \quad (5)$$

Pre meranie teploty pôdy boli medzinárodne stanovené 4 hĺbky: 0,10, 0,20, 0,50 a 1 m. U nás sa v sieti meteorologických staníc merajú teploty pôdy v hĺbkach 0,02, 0,05, 0,10, 0,20, 0,50 a 1 m. Sada pôdných teplomerov sa umiestňuje v smere východ – západ na trávniku, alebo ornici. Miesto má byť rovné, bez povrchovej alebo spodnej vody, pôda má byť čo najmenej porušovaná. Priestor pred teplomerami sa má chrániť pred ušľapaním mriežkami, alebo inou vhodnou konštrukciou (Šiška, Špánik, 2008).

Teplota pôdy je v Slovenskej republike meraná na 55 staniciach, klasicky ortuťovými teplomerami na 39 staniciach a odporovými teplomerami na 16 staniciach (SHMÚ, 2010).

Do hĺbky 0,20 m sa používajú pôdne teplomery s predĺženými stopkami, ktoré sú nad pôdou zahnuté pod 45° uhlom. To umožňuje pohodlnejšie odčítavanie teplôt. Stopky sa zasúvajú priamo do pôdy, do otvorov vyhlbených špeciálnym vrtákom, nadzemné časti sa podpierajú odpruženými stojanmi.

Pôdne teplomery pre väčšie hĺbky majú veľkú teplomernú nádobku s veľkou tepelnou kapacitou, takže veľmi pomaly reagujú na zmeny teploty. Vkladajú sa do rúrok z umelej hmoty na spodnom konci uzavretých čiapočkou s funkciou stabilizovať teplotu počas odčítavania. Takto upravené teplomery sa zasúvajú do rúrok z PVC zakopaných priamo do príslušnej hĺbky pôdy. Týmito teplomerami sa meria teplota pôdy obyčajne v hĺbkach 0,50 a 1 m.

## 1.2.6 Fyzikálne jednotky

### 1.2.6.1 Objemové merné teplo

Objemové merné teplo závisí od podielu vody a humusu v pôde. Tento jav je znázornený v Tabuľke 1. Preto sa humóznejšie a suchšie pôdy prehrievajú cez deň rýchlejšie a na vyššie teploty, ako pôdy ílovité a zamokrené. V noci zasa opačne, rýchlejšie sa ochladia ako pôdy ťažšie a vlhké. Povrch pevniny sa tiež rýchlejšie prehrieva ako povrch vodných plôch, rybníkov, jazier a morí. Je to tiež jedna z príčin miestnej i všeobecnej cirkulácie vzduchu.

**Tab. 1 Objemové merné teplo**

Objemové merné teplo	$\text{kJ}\cdot\text{m}^3\cdot\text{K}$
voda	4,187
hlina suchá	1,087
hlina vlhká (50 % plnej vod. kap.)	2,261
humus suchý	0,601
humus vlhký	3,794
piesok suchý	1,271
piesok vlhký	3,013

### 1.2.6.2 Tepelná vodivosť

Tepelná vodivosť – je schopnosť látky viesť teplo. Vyjadruje sa koeficientom molekulárnej tepelnej vodivosti, ktorá je uvedená v Tabuľke 2. Tento udáva množstvo tepla, ktoré prejde za 1 sekundu vrstvou látky o hrúbke 1 m cez plochu  $1 \text{ m}^2$  pri teplotnom rozdieli  $1^\circ\text{C}$ . Vyššia tepelná vodivosť sa znižuje amplitúdou teploty. Látky s vyššou tepelnou vodivosťou rýchlejšie odvádzajú teplo do väčších hĺbok, čo má za následok, že sa povrch pri insolácii príliš neprehrieva. V noci sa teplo vyžarované z aktívneho povrchu nahrádza teplom privádzaných z hlbších vrstiev, čo zabraňuje rýchlemu ochladzovaniu povrchu.

**Tab. 2 Tepelná vodivosť**

Látka	Koeficient molekulárnej tepelnej vodivosti v $J.m^{-1}.s^{-1}.K^{-1}$ :
suchý vzduch	0,021
pôdna voda	0,420
suchý piesok	0,210
vlhká ťažká pôda	2,510

Tepelnú vodivosť pôdy najviac ovplyvňuje vzduch a voda. Minerálna zložka pôdy má tiež dobrú tepelnú vodivosť, humus a rašelina naopak, veľmi zlú. Pomer týchto zložiek možno ovplyvňovať agrotechnickými zásahmi, ako je orba, valcovanie, hnojenie, melioračné zásahy a i., a tým regulovať aj teplotný režim pôdy.

Okrem denného chodu možno pozorovať aj ročný chod teploty povrchu pôdy, s maximom v júli a minimom v januári. V teplom ročnom období sa v pôde akumuluje určité množstvo tepla, ktoré v zimnom období pôda odovzdáva atmosfére radiáciou a molekulárnym vedením (Špánik, Šiška, 2006).

### 1.3 Premrzanie pôdy

V bioklimatológii je potrebné poznať nielen teplotné pomery pôdy, ale tiež hĺbku jej premrznutia. Využitie údajov z teplomerov slúži len k približnému určeniu, lebo pri teplote pôdy  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  pôda vo väčšine prípadov nezamrzá. Je to dané tým, že pôdny roztok obsahuje látky s nižším bodom tuhnutia (Šiška, Špánik, 2008). Premrzanie pôdy je charakteristikou pôdnej mikroklimy, pretože v pôde vyvoláva významné zmeny, dôležité najmä z hľadiska pestovania viacročných poľnohospodárskych plodín (ozimín). Sú to:

- a) Zmena objemu pôdy. Vznikajúci ľad pri zmrznutí zväčšuje svoj objem o 1/11. Dôsledkom toho sa zväčšuje celkový objem pôdy, pôda sa dvíha, pritom vyťahuje z pôdy rastliny, alebo sa pretrhávajú ich korene. Vytiahnuté rastliny na povrch pôdy po obnažení odnožovacieho uzla mrznú, poškodzujú sa a na jar už nie sú schopné regenerácie. Rastliny niekedy vyťahuje aj tenká vrstva ľadu, ktorá sa môže vytvoriť na povrchu pôdy. Táto vrstva primrzá na rastliny a keďže narastá zospodu, dvíha sa aj s rastlinami.

- b) Zmena stavu pôdy. Premŕzanie pôdy sa považuje za osobitný stav pôdy v zimnom období. Podľa Koloskova pri premŕzaní pôdy sa rozlišujú 4 etapy:
1. etapa: ochladzovanie pôdnej vody k bodu tuhnutia
  2. etapa: začiatok vzniku ľadových kryštálikov do začiatku zväčšovania objemu pôdy. Tuhnutie pôdy.
  3. etapa: od začiatku zväčšovania objemu pôdy do úplného zamrznutia všetkej voľnej vody. Pôda dosahuje maximálny objem.
  4. etapa: pri ďalšom znižovaní teploty začína pôda zmešovať svoj objem a deliť sa trhlinami na vertikálne prizmy. Tým plní premŕzanie významnú agrotechnickú úlohu pri tvorbe hrudkovitej štruktúry pôdy.
- c) Hromadenie zásob zimnej vlahy v premrznutej vrstve pôdy na úkor hlbších vrstiev. Na spodnej hladine premrznutej vrstvy pôdy dochádza difúziou vodnej pary z väčších hĺbok k zvlhčovaniu pôdy a narastaniu ľadu. Táto vrstva sa takto obohacuje vodou. Negatívny vplyv premŕzania pôdy sa prejavuje hlavne narušovaním života mikroorganizmov a ostatného edafónu pôdy. Na jar zamrznutá pôda neprepúšťa vodu z topiaceho sa snehu, a tým sa zvyšuje strata vody povrchovým odtokom. Zamrznutá pôda môže spôsobovať aj tzv. biologické sucho pôdy. Toto môže vzniknúť, ak pri zamrznutej pôde začnú rastliny vplyvom slnečných dní transpirovať, ale korene nemôžu nahradiť straty vody traspiráciou. U nás zamŕza pôda iba sezónne – v zimnom období. Hĺbka premrznutia značne závisí od výšky snehovej pokrývky, porastu a povrchovej úpravy pôdy. Pôda pod snehom mrzne priemerne do hĺbky 0,32-0,40 m a pri slabej vrstve snehu alebo bez snehu až do hĺbky 0,80-1,00 m.

Základy dôležitých stavieb, objektov, ako aj vodovodné potrubia sa umiestňujú do tzv. nezamŕzajúcej hĺbky, ktorá je u nás stanovená normou na 1,20 m. V krajinách, kde je priemerná ročná teplota nižšia ako 0,0 °C, vzniká večne zamrznutá pôda. Jej hrúbka je tým väčšia, čím je priemerná ročná teplota nižšie pod 0,0 °C (Špánik, Šiška, 2006).

### **1.3.1 Jarné a jesenné nočné mrazy**

Nočnými mrazmi sa nazývajú poklesy teploty vzduchu v noci na 0,0°C a nižšie v čase keď sa priemerné denné teploty udržiavajú nad nulou.

- a) Mrazy radiačné – Vznikajú radiačným ochladzovaním, pričom teplota povrchu pôdy a priľahlej vrstvy vzduchu pod 0,0°C. Vznik týchto mrazov podporuje jasná

obloha a bezvetrie. Vzniku radiačných mrazov bránia veľká oblačnosť, vyššia vlhkosť vzduchu i pôdy, vietor, hmla a dážď.

- b) Mrazy advektívne – Vznikajú prienikom studených hmôt z arktických oblastí nad určité záujmové územie. Sú silnejšie ako mrazy radiačné.
- c) Mrazy advektívno – radiačné – Vznikajú kombináciou oboch týchto fyzikálnych dejov.

Nočné mrazy sa vyskytujú častejšie v nížinách ako na vyvýšených miestach alebo svahoch, pretože v prehĺbených častiach reliéfu sa vzduch dlhšie udržuje a ochladzuje, kým zo svahov studený vzduch steká do nižších polôh, údolí a kotlín.

Podľa stupňa záporných teplôt sa mrazy delia:

- a) slabé (s teplotou pri zemi do  $-2,0^{\circ}\text{C}$ )
- b) silné (do  $-4^{\circ}\text{C}$ )
- c) veľmi silné (do  $-6^{\circ}\text{C}$ )

### 1.3.2 Metódy a prístroje na meranie premrzania pôdy

Hĺbka premrzutej pôdy sa pôvodne určovala na vykopaných sondách, prípadne pomocou rôznych pôdnych vrtákov a sondírov. Tieto spôsoby určovania hĺbky premrzutej pôdy sú však pracné a preto boli postupne nahrádzané inými ľahšími metódami merania.

#### a) Danilinov kryometer

Tvorí ho gumová hadica s priemerom asi 8 mm naplnená destilovanou vodou na oboch koncoch uzavretá. Je znázornený na Obrázku 2. Vo vnútri hadice je hubovitá hmota, ktorá udržuje stĺpec ľadu v tej polohe, v ktorej vznikol. Na hadici je stupnica vyznačená v centimetroch smerom nadol, nulová hodnota stupnice musí byť v úrovni povrchu pôdy. Hadica sa zasúva do rúrky z umelej hmoty umiestnenej v pôde. Pri odčítavaní sa hadica vytiahne z rúrky, hmatom sa určí poloha ľadového stĺpca a jeho dĺžka sa odčíta na stupnici s presnosťou  $\pm 5$  mm. V jarnom období začína pôda rozmŕzať od povrchu, čo si treba uvedomiť aj pri odčítavaní hĺbky premrznutia.

#### b) Kryometer PM – pôdny monolit

Hĺbka premrznutia pôdy nameraná Danilinovým kryometrom presne nezodpovedá skutočnosti preto, že voda v pôde mrzne pri iných teplotách ako voda destilovaná. Tieto

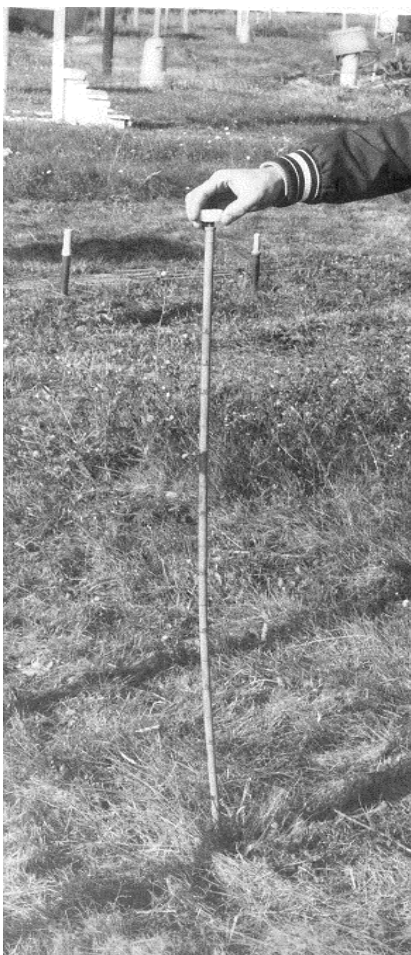


chyby merania sa odstraňujú metódou pôdneho monolitu, vyvinutej na Agrometeorologickej stanici SPU v Nitre. Je to v podstate pôdny monolit s rozmermi 0,10 x 0,15 x 1,00 m uložený v púzdre z PVC. Je znázornený na Obrázku 3. Púzdro má dierkované dno, aby voda mohla voľne presakovať, orná časť je voľná. Jedna stena púzdra sa dá voľne odklopiť. Monolit sa zasúva do ďalšieho o niečo väčšieho púzdra, umiestneného v pôde. Medzera medzi obidvoma púzdrami (asi 1 mm) sa chráni kovovým krytom.

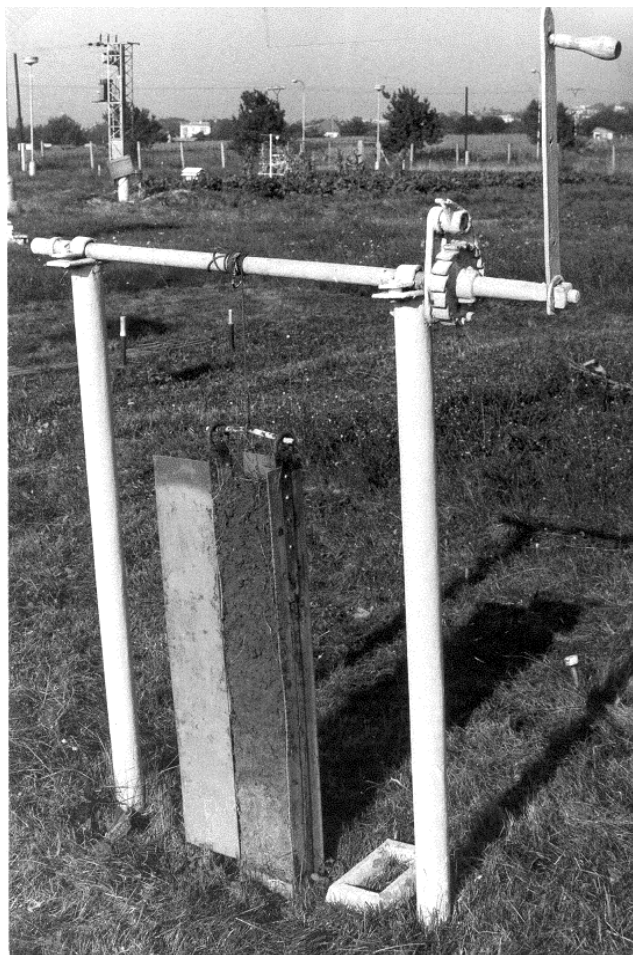
Hĺbka premrznutej pôdy sa odpočítava na vytiahnutom monolite s odklopenou stenou opticky i mechanicky podľa stupnice v mm umiestnenej na jednej zo stien púzdra. Zisťuje sa vrstva úplne premrznutej a vrstva polopremrznutej pôdy, ktorá súčasne obsahuje ľadové kryštály i vodu (Šiška, Špánik, 2008).



**Obr. 1 Pôdne teplomery – hĺbky 2, 5, 10, 20, 50, 100 cm**



Obr. 1 Danilinov kryometer



Obr. 3 Kryometer pôdny - monolit (Galik, 2004)

## 1.4 Klimatická zmena

### 1.4.1 Skleníkový efekt

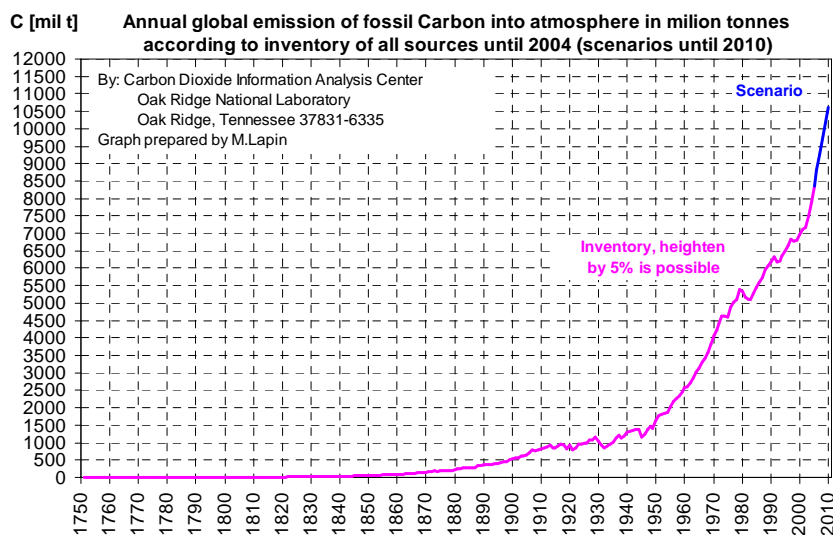
Zmeny atmosférickej koncentrácie skleníkových plynov a aerosólov, typu pôdnej pokrývky a intenzita slnečného žiarenia mení energetickú bilanciu klimatického systému. Majú vplyv na absorpciu a rozptyl žiarenia v atmosfére a na zemskom povrchu. Výsledné pozitívne alebo negatívne zmeny v energetickej bilancii spôsobuje zmenu globálnej klímy (IPCC, 2007).

Otepľovanie atmosféry spôsobuje skleníkový efekt. Krátkovlnné slnečné žiarenie, ktoré cez deň dopadá na hornú hranicu atmosféry je pri ceste k zemskému povrchu iba nepatrne oslabené pohlcovaním a rozptylom. Atmosféra prevažnú časť prepúšťa. Dlhovlnné žiarenie, ktoré vyžaruje pôda už atmosféra neprepúšťa, ale ho pohlcuje a späťne

vyžaruje, čím sa znižujú straty tepla zemského povrchu (dlhovlnné žiarenie má vlnovú dĺžku viac ako 1000nm, pre porovnanie fotosyntetické žiarenie má vlnové dĺžky približne 400 až 700 nm). Analogicky pôsobí napr. sklo skleníkov, ktoré prepúšťa krátkovlnné žiarenie zo slnka a naopak pohlcuje dlhovlnné žiarenie z pôdy. V dôsledku tohto javu sa atmosféra zahrieva. Treba povedať, že je to jav prirodzený, ale v dôsledku narastania obsahu skleníkových plynov v atmosfére, dochádza k zvyšovaniu teploty spodných vrstiev atmosféry. Pri nízkych teplotách sa skleníkový efekt výraznejšie neprejavuje, pretože sa nemôžu vytvárať mohutné oblaky, ktoré výrazne menia radiačné toky v atmosfére. Za takýchto okolností je atmosféra tak ako pre krátkovlnné, ako aj pre dlhovlnné žiarenie priezračná (Špánik, 2006).

#### 1.4.2 Hlavná príčina zvýšeného obsahu skleníkových plynov v atmosfére

Zmeny atmosférickej koncentrácie skleníkových plynov a aerosólov, typu pôdnej pokrývky a intenzita slnečného žiarenia mení energetickú bilanciu klimatického systému. Majú vplyv na absorpciu a rozptyl žiarenia v atmosfére a na zemskom povrchu. Výsledné pozitívne alebo negatívne zmeny v energetickej bilancii spôsobuje zmenu globálnej klímy (IPCC, 2007). Z Obrázku 4 vyplýva, že vplyvom ľudských aktivít sa do atmosféry každý rok dostáva 10 miliárd ton fosílného uhlíka.



**Obr. 4 Množstvo vypúšťaných emisií fosílného uhlíka od roku 1750 dodnes**

V porovnaní s prirodzenou ročnou výmenou 210 miliárd ton uhlíka medzi atmosférou a povrchom Zeme (120 mld. ton kontinenty a 90 mld. ton oceány) pomerne málo. Táto prirodzená výmena je ale pomerne stabilná a ukázalo sa, že jej dlhodobá bilancia je takmer nulová, pretože závisí predovšetkým od biosféry, ktorej objem sa medziročne v priemere nezvyšuje. Ide teda o akúsi recykláciu vytvorenej biomasy s malým množstvom atmosférického uhlíka (do 0,5 miliardy ton). Toto množstvo sa môže nahradiť v atmosfére aj prirodzenou cestou, ako napríklad zo sopečných erupcií. Tých 10 miliárd ton antropogénne podmienenej emisie uhlíka sa však každoročne navyšuje a je predpoklad, že do roku 2050 prekročí hranicu 15 miliárd ton ročne. Ide o fosílny uhlík pôvodne uložený pod zemským povrchom a na morskom dne pred mnohými miliónmi rokov. Z neho zostane v atmosfére najmenej 40 %, čo už zvýšilo koncentráciu oxidu uhličitého v atmosfére o 35 % a metánu o 170 % (Lapin, 2007). Zvyšovanie koncentrácie CO<sub>2</sub> sa podieľa asi 55% na zosilňovaní skleníkového efektu atmosféry, zvyšok pripadá na ostatné skleníkové plyny (metán, oxid dusný, prízemný ozón, freóny...), ktoré sú taktiež produktom ľudskej činnosti a sú oveľa účinnejšie skleníkové plyny v porovnaní s CO<sub>2</sub> pri rovnakej koncentrácii (Lapin, 2008).

Nedá sa predpokladať, že do roku 2200 sa tento režim nejako zvráti, pretože za takú krátku dobu sa nemôžu vyvinúť v oceánoch a na kontinentoch také biosférické procesy, ktoré by prebytočný uhlík z atmosféry odčerpali. Priemerne zotrvanie CO<sub>2</sub> v atmosfére je pritom až okolo 120 rokov. Je to čas kým sa atmosférický uhlík v priemere definitívne uloží do fosílií prostredníctvom biosféry. Z toho vyplýva poučenie, že nestačí iba rozšíriť lesy, treba aj zabezpečiť, aby sa vytvorená biomasa vrátila čo najrýchlejšie do podzemných rezervoárov a nie do atmosféry (IPCC, 2007).

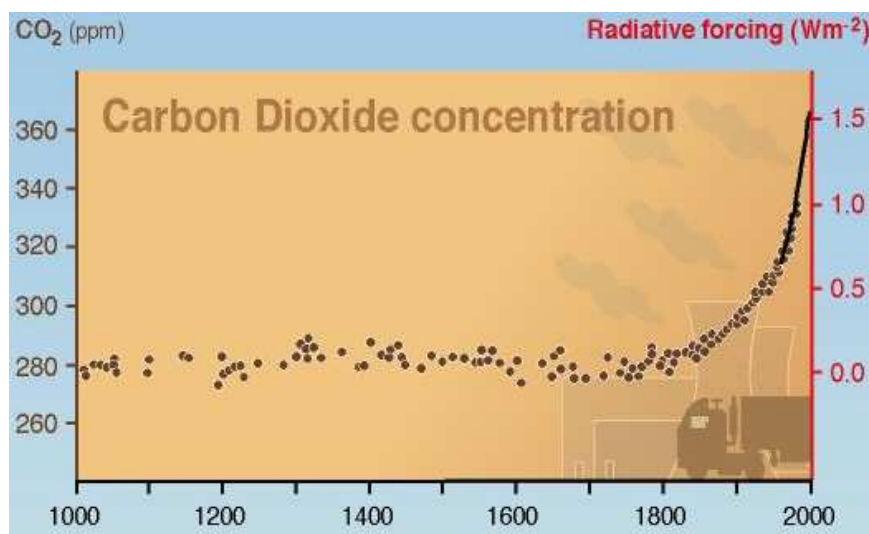
### **1.4.3 Hlavné skleníkové plyny a GWP koeficient**

Znečistenie ovzdušia a emisia skleníkových plynov – ide o pomerne často zamieňané pojmy dvoch podstatne odlišných problémov. Medzi skleníkové plyny zaradíme podľa celkového významu: vodnú paru (H<sub>2</sub>O), CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, O<sub>3</sub>, tzv. halokarbóny (freóny a halóny) a niekoľko menej významných plynov. Z uvedených plynov iba O<sub>3</sub> môžeme považovať za znečistenie dolnej troposféry (prízemnej atmosféry do výšky 5 km), ostatné plyny sú pri existujúcej reálnej koncentrácii pre človeka a iné biologické organizmy priamo úplne neškodné. S výnimkou halokarbónov sú všetky skleníkové plyny prirodzenou súčasťou atmosféry. To sú dôvody prečo neboli skleníkové plyny zaradené medzi

znečisťujúce alebo škodlivé látky (výnimku tvorí iba spomínaný troposférický O<sub>3</sub>, ktorý medzi znečisťujúcimi látkami patrí). Väčšina znečisťujúcich látok totiž pôsobí opačne, teda prispieva k ochladzovaniu atmosféry (týka sa to predovšetkým SO<sub>2</sub>, síranov a väčšiny antropogénne podmienených aerosólov) (Lapin, 2008).

Ľudské aktivity vedú k zvýšeniu emisií štyroch základných skleníkových plynov: CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O a halogénových uhľovodíkov (skupina plynov obsahujúcich fluór, chlór alebo bróm). Atmosférické koncentrácie emisií skleníkových plynov rastú, pretože sú väčšie ako procesy prirodzeného odstraňovania (IPCC, 2007).

Koncentrácia CO<sub>2</sub> sa neúnosne zvyšuje. Tento jav je znázornený na Obrázku 5. Na vodorovnej osi je čas a na vertikálnej je množstvo CO<sub>2</sub> v ppm. Zvyšovanie skleníkových plynov pomaly ale isto dosiahne tzv. kritický bod. Ide o bod kedy už nebudeme môcť zabrániť ničivým následkom. Teploty sa začnú prudko a nezadržateľne zvyšovať. Tento bod sa odhaduje na úrovni CO<sub>2</sub> 440 ppm a z nižšie uvedeného obrázku je vidieť, ako veľmi sme sa k tomuto bodu priblížili.



**Obr. 5 Vývoj množstva oxidu uhličitého za 1000 rokov**

Globálne atmosférické koncentrácie CO<sub>2</sub> vzrástla od roku 1750 približne z 280 ppm až na 379 ppm v roku 2005. Najväčšie tempo rastu koncentrácie CO<sub>2</sub> bolo v rokoch 1995-2005 priemerne o 1.9 ppm za rok, na rozdiel od obdobia rokov 1960-2005, kedy rast koncentrácie CO<sub>2</sub> priemerne dosahoval 1.4ppm ročne. Globálne zvýšenie koncentrácie CO<sub>2</sub>

bolo v prvom rade spôsobené využívaním fosílnych palív, v menšej miere zmenou vo využívaní pôdy (IPCC, 2007).

Ďalším dôležitým ľudským vplyvom na klímu sú emisie aerosólov. Tieto oblaky mikroskopických častíc nie sú skleníkovými plynmi. Popri rôznych prírodných procesoch sú vytvárané z oxidu siričitého vypúšťaného hlavne elektrárnami a dymom z odlesňovania. Aerosóly “vypadávajú” z atmosféry po niekoľkých dňoch, avšak tým že sú produkované v obrovských množstvách je ich vplyv na klímu významný. Aerosóly ochladzujú klímu miestne, tým že odrážajú slnečné žiarenie späť do vesmíru. Aerosóly sú navyše zárodkom oblačnosti, ktorá má taktiež ochladzovací efekt. Nad veľmi priemyselne rozvinutými oblasťami môžu aerosóly eliminovať otepľovanie spôsobené nárastom koncentrácie skleníkových plynov.

Metán je ďalším veľmi významným skleníkovým plynom, ktorého atmosférická koncentrácia sa vďaka ľudskej činnosti zdvojnásobila. Hlavným ľudským zdrojom metánu je poľnohospodárstvo, kde najvýznamnejšiu úlohu hrá pestovanie ryže a chov dobytka. Ďalšími zdrojmi emisií sú skládky odpadov, uhoľné baníctvo a ťažba zemného plynu. Hlavnými záchytnými sú chemické reakcie v atmosfére, ktoré je však veľmi zložitá modelovať a predpovedať. Emisie metánu z minulosti dnes prispievajú 15-20 % k zosilnenému skleníkovému javu. Rýchly nárast koncentrácií metánu sa v porovnaní s oxidom uhličitým prejavil len nedávno, avšak jeho príspevok začína byť významný. Výhodou je, že doba životnosti metánu v atmosfére je len 12 rokov, kým oxid uhličitý v nej zostáva oveľa dlhšie.

Oxidy dusíka, freóny (CFC) a ozón prispievajú 20 % ku zosilnenému skleníkovému javu. Koncentrácie oxidov dusíka sa zvýšili o 15 % hlavne v dôsledku intenzívneho poľnohospodárstva. Emisie freónov rástli až do 90-tych rokov. Potom ich koncentrácie boli, vďaka uplatňovaniu prísnejších pravidiel na ochranu stratosférického ozónu (Montrealský protokol), stabilizované. Koncentrácie ozónu v prízemných vrstvách atmosféry v niektorých regiónoch rastú hlavne v dôsledku znečistenia ovzdušia (doprava), hoci v stratosfére tieto koncentrácie klesajú (Bédi, 2002).

Treba však spomenúť, že hlavným skleníkovým aktívnym plynom v atmosfére je vodná para. Na vodnú paru pripadajú až dve tretiny skleníkového efektu (Kalúz, 2005). Jej množstvo je riadené teplotou atmosféry, oceánov a zemského povrchu. Pri raste teploty o 1°C sa zvyšuje množstvo vodnej pary v atmosfére o 6% a tak zosilňuje skleníkový efekt atmosféry ako rýchla kladná spätná väzba globálneho otepľovania (Lapin, 2009).

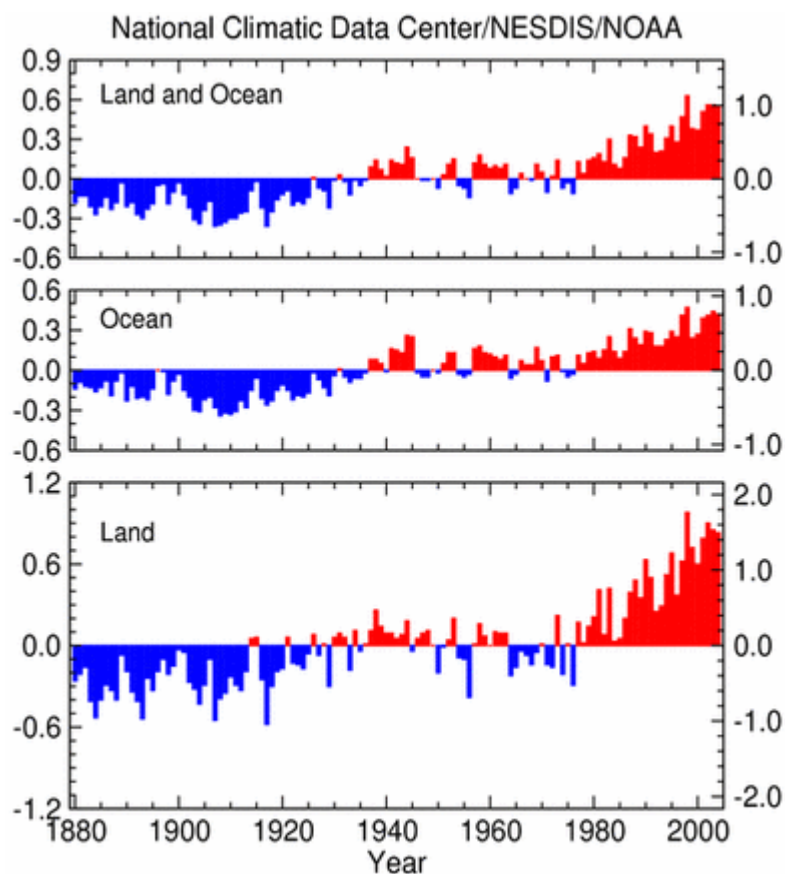
Vplyv najmä skleníkových plynov na globálne otepľovanie, závisí nielen na jeho koncentrácií, ale aj na tom, ako efektívne sa môže zachytiť infračervené žiarenie. Pojem potenciál globálneho otepľovania (GWP) bol vyvinutý na porovnanie schopnosti jednotlivých skleníkových plynov zachytávať teplo v atmosfére vo vzťahu k iným plynom. Tabuľka 3 znázorňuje niektoré z najvýznamnejších skleníkových plynov, ich koncentráciu v roku 1750 (pred industriálna doba), v roku 2005, ich životnosť v atmosfére (LT v rokoch) a potenciál globálneho otepľovania (GWP), ktorý ukazuje, ako účinná je každý druh skleníkových plynov (Uherek, 2003).

**Tab.3 Hlavné skleníkové plyny**

Skleníkový plyn	hojnosť 1750	hojnosť 2005	LT	GWP
oxid uhličitý CO <sub>2</sub>	280 ppm	379 ppm	50-200	1
metán CH <sub>4</sub>	700 ppb	1774 ppb	12	25
oxid dusný N <sub>2</sub> O	270 ppb	319 ppb	114	298
Freóny CFC	0	251 ppt	45	4750

#### 1.4.4 Teplota

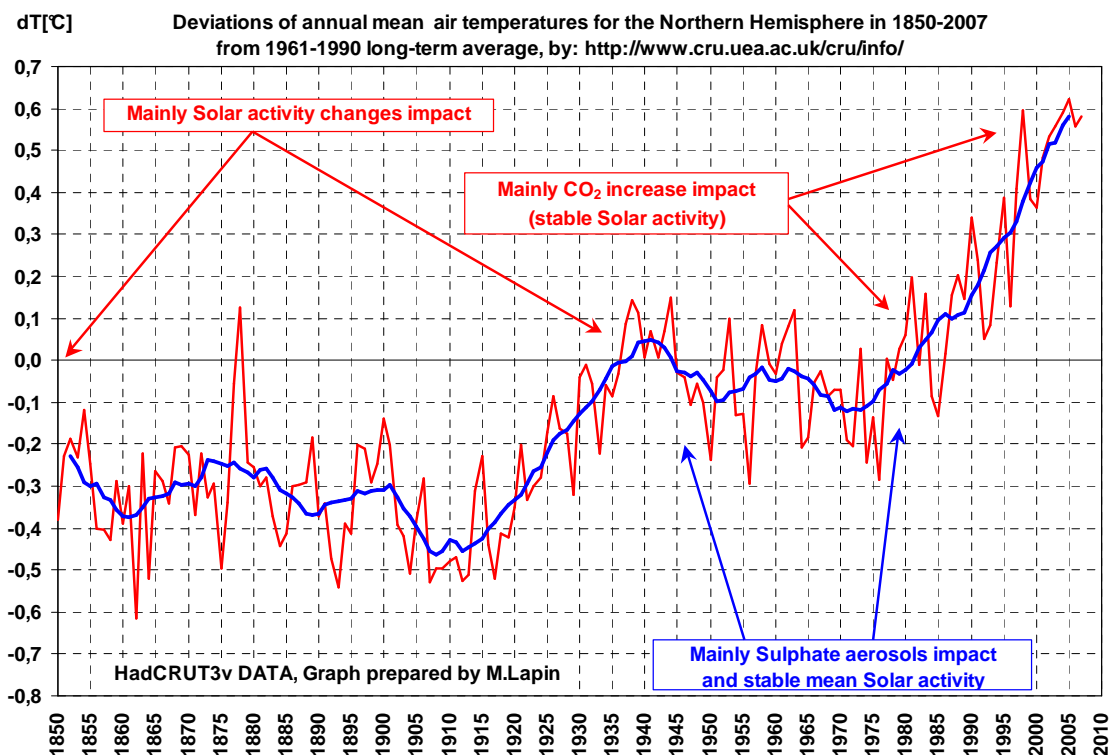
Klíma na zemi sa v určitých nepravidelných intervaloch neustále zvyšuje a znižuje. Zem má za sebou niekoľko ľadových dôb, tá posledná pred 11 500 rokmi sa skončila náhlým oteplením. Toto teplé obdobie, nazývané holocén, trvá až do dnes. Teplota sa však zvyšuje vždy o trochu viac a o trochu menej klesá. Podľa IPCC sa priemerná teplota v 20.storočí zvýšila o 0.6°C. Pre lepšiu prehľadnosť pridávam Obrázok 6, kde sú znázornené zmeny priemerných teplôt od roku 1880 do roku 2005. Ide o priemernú teplotu, lebo niektoré miesta sa otepľujú rýchlejšie a aj niektoré roky sú teplejšie a iné chladnejšie. Medzi najrýchlejšie sa otepľujúce miesta patrí Sibír a Aljaška, kde sa za 40 rokov zvýšila teplota o 3 – 4 °C. Ide o topenie večne zmrznutej pôdy- permafrostu. Otepľovania klímy môžeme dokázať aj doteraz najteplejšími zaznamenanými rokmi. Sú to roky 1998, 2002, 2003, 2001 a 1995 (Lapin, 2008).



**Obr. 6 Vývoj zmien priemernej teploty vzduchu od roku 1880 až do roku 2005**

Vývoj priemernej teploty vzduchu na severnej pologuli bolo vypracované na základe asi 2000 kvalitných meteorologických staníc od r. 1950 a pomaly zmenšujúceho sa počtu pred r. 1950. Vyjadrené sú tu odchýlky od dlhodobého priemeru z obdobia 1960-1990, ktoré majú po r. 1950 presnosť lepšiu ako 0,05 °C. Pre južnú pologuľu nie je možný taký presný výpočet kvôli malému počtu staníc (satelitné merania sú len od r. 1980). Je vidieť, že teplota vzduchu reaguje aj na severnej pologuli na kolísanie slnečného žiarenia, väčšie sú odchýlky spôsobené javom ElNiño/LaNiña s periódou 2-7 rokov. Uhladená teplotná krivka dobre korešponduje s vývojom slnečného žiarenia do r. 1945, potom sa začal prejavovať vplyv stabilizujúceho slnečného žiarenia a ochladzujúci vplyv sírnatých aerosólov zo spaľovania nekvalitného uhlia. Po širokom uplatnení odsírených fosílnych palív (kyslé dažde) sa od r. 1985 tento vplyv silne eliminoval a na teplotnej krivke sa výraznejšie prejavila rýchle rastúca emisia fosílného uhlíka (koncentrácia CO<sub>2</sub> v atmosfére Zeme rastie ročne asi o 0,6%). Modrou čiarou je znázornený vývoj podľa 11-ročných klízavých priemerov. Táto situácia je znázornená na Obrázku 7.





**Obr. 7 Odchýlky ročných priemerov teploty vzduchu na severnej pologuli od priemeru z obdobia 1961-1990**

#### 1.4.5 Dopady a scenáre klimatickej zmeny

Zmeny klímy sú citeľné. Zimy sú miernejšie a často prerušované výraznými otepleniami, letá teplejšie a suchšie s občasnými výdatnými lejakmi. Samozrejme, najviac sa to prejavuje v ekosystémoch, lebo tie sú dosť tesne zviazané s klimatickými podmienkami. Teraz sme svedkami dosť nezvyčajnej zmeny klímy, lebo posledné 20-ročné obdobie bolo u nás až o 1 °C teplejšie v porovnaní s obdobiem 1961 – 1990. Na severe Ázie a Ameriky bolo aj o viac ako 2 °C teplejšie. Na zmeny klímy pôsobí veľa prirodzených faktorov, ale aj niekoľko takých, ktoré zapríčinil človek. Popri tom budú pôsobiť aj zmeny slnečného žiarenia, sopečné erupcie a iné. Aj keby sa zopakovalo výrazné zoslabenie slnečného žiarenia ako počas Maunderovho minima v 17. storočí, aj tak by sa rast teploty do roku 2100 zmiernil iba o 0,5 °C, no a všetky sopečné erupcie na Zemi dostanú do atmosféry iba jedno percento z emisie CO<sub>2</sub> zapríčinenej človekom. Dokonca aj supervulkán Tambora spôsobil v roku 1815 iba niekoľkoročné globálne ochladenie asi o 0,5 °C (Lapin, 2009).

Klimatické zmeny budú mať pravdepodobne značný dopad na celosvetové životné prostredie. Z počítačového modelovania budúcich klimatických zmien vyplýva, že celosvetová teplota vzrastie do roku 2100 o 1,4 až 5,8°C (Bédi, 2002). Antropogénne otepľovanie a nárast morskej hladiny bude pokračovať celé 21. storočie aj keby sme stabilizovali emisie skleníkových plynov už teraz. Experimenty ukazujú, že otepľovanie by pokračovalo aj od roku 2100 do 2200. Priemerná globálna teplota by sa zvýšila 0,5°C (IPCC,2007).

Do roku 2100 sa tiež predpokladá nárast výšky hladiny morí o 15-95 cm. Globálna hladina morí vzrástla o 10 až 25 cm počas uplynulých 100 rokov. Je pravdepodobné, že väčšina z tohto nárastu súvisí so zaznamenaným nárastom priemernej celosvetovej teploty o 0,4 až 0,8 st. C v prízemnej vrstve atmosféry od roku 1860. Predpokladá sa, že otepľovanie atmosféry môže spôsobiť nárast hladiny morí o 18 cm do roku 2030, pričom rýchlosť tohto nárastu predstavuje 3 až 10 mm za rok. Tento nárast bude spôsobený expanziou vody oceánov a prílevom sladkej vody z topiacich sa ľadovcov. Rýchlosť a veľkosť nárastu morskej hladiny sa bude meniť lokálne a regionálne v závislosti na charaktere pobrežia, zmenách oceánskych prúdov, rozdieloch hustoty morskej vody a pohyboch pevniny. Situácia je o to závažnejšia, že aj keby došlo k stabilizácii koncentrácie skleníkových plynov v atmosfére, vzhľadom na veľkú zotrvačnosť celého klimatického systému, hladina morí bude naďalej stúpať ešte niekoľko desaťročí. Vo všeobecnosti platí, že čím rýchlejšia je zmena v prírode, tým väčšie je riziko škôd. Uvedené zmeny budú mať za následok zatopenie nízko ležiacich pobrežných území a iné škody.

Hranice klimatických zón (a tým aj ekosystémy a poľnohospodárske zóny) sa môžu v regiónoch ako je napr. Európa, posunúť smerom na sever o 150 až 550 km. Lesy, púšte, pastviny a iné neupravované ekosystémy budú vystavené väčšiemu klimatickému stresu. Výsledkom bude pokles alebo úplné vymiznutie niektorých živočíšnych resp. rastlinných druhov. Očakáva sa, že vyššie teploty v budúcnosti spôsobia zvýšenie vyparovania vody z rastlín, pôdy, morí a oceánov, čo nevyhnutne povedie k zvýšenej zrážkovej činnosti. IPCC predpokladá, že priemerné globálne zrážky vzrastú počas 21. storočia o 5 až 20 %. Vo všeobecnosti toto zosilnenie hydrologického cyklu povedie k vlhšej klíme. Otázkou zostáva koľko tejto vlhkosti skončí tam, kde je potrebná. Klimatické modely dnes ešte nie sú schopné vytvoriť presné regionálne predpovede. Navyše hydrologický cyklus je mimoriadne zložitý – zmena zrážok môže ovplyvniť povrchovú vlhkosť a vegetáciu, ktoré majú vplyv na cyklus odparovania vody a tvorbu oblakov, čo zas ovplyvňuje zrážkovú

činnosť. Hydrologický cyklus tiež reaguje na iné ľudské činnosti ako je napr. odlesňovanie, urbanizácia a vyššie využívanie vodných zdrojov. (Bédi, 2002).

Globálne otepľovanie sa na Zemi prejavuje rozdielne. V Antarktíde pribúdajú ľadovce, lebo teplejší vzduch obsahuje viac vodnej pary, a preto tam viac sneží. V Arktíde sa, naopak, roztápa morský ľad, v septembri 2007 ho bolo o 3 milióny km<sup>2</sup> menej ako zvyčajne. V Európe sa celkové oteplenie atmosféry prejavuje najmä v zmene atmosférického prúdenia, čo mení režim zrážok v lete aj v zime. V lete sú dlhšie obdobia sucha a kratšie obdobia s výdatnými zrážkami, v zime síce padá viac zrážok, no pretože je teplejšie, tak väčšinou ako dážď. Tento trend by mal pokračovať a pri otepľovaní o 0,3 °C za desaťročie by sa pravidelná snehová pokrývka mohla okolo roku 2075 vyskytovať už iba nad 900 m – pred 50 rokmi to bolo nad 300 m. Počet letných dní (s najvyššou teplotou 25 °C a viac) sa zvyšuje už 30 rokov a do roku 2075 by ich mohlo byť na juhu Slovenska okolo 120 za rok (v minulosti okolo 70), v Liptove a na Spiši okolo 80 (v minulosti okolo 30). Vývoj globálneho otepľovania však nebude rovnomerný. Tak ako doteraz sa budú striedať chladnejšie a teplejšie obdobia. Treba si však zvykať na to, že všetky výkyvy počasia budú výraznejšie ako doteraz (Lapin, 2009).

Podľa IPCC by sa v dôsledku nastupujúcich klimatických zmien mohla zvýšiť frekvencia a rozsah extrémnych prejavov počasia ako sú silné búrky, horúčavy, suchá, požiare alebo záplavy. Podľa viacerých klimatických modelov, by mal súčasný vývoj, ktorý je poznamenaný narastajúcou frekvenciou a dopadom týchto javov vo svete, naďalej pretrvávať. Hoci by sa ich výskyt mohol v niektorých regiónoch zvýšiť, nie je veľmi jasné či bude dochádzať aj k častejším výskytom extrémov počasia ako sú tropické búrky, cyklóny alebo tornáda. Avšak aj keby nedošlo k ich častejšiemu výskytu a zvýšenej intenzite, môže prísť k ich zemepisnému posunutiu do iných miest, ktoré môžu na ne byť menej pripravené a viac zraniteľné (Bédi, 2002).

#### **1.4.6 Summit v Kodani**

V Kodani sa v 19.12.2009 skončilo rokovanie delegátov svetového summitu o klimatickej zmene. Hlavným cieľom mala byť príprava podkladov pre dokument, ktorý by nahradil Kjótsky protokol. Kjótsky protokol bol dohodnutý v roku 1997 a mal zabezpečiť zníženie emisie skleníkových plynov do atmosféry o 5,2% v porovnaní s rokom 1990 v 60 rozvinutých krajinách do roku 2012 (presnejšie v priemere v rokoch 2008-2012). Ako je známe, ciele Kjótskeho protokolu sa už nemôžu splniť, pretože vo väčšine

z uvedených krajín emisia skleníkových plynov vzrástla, výnimkou sú najmä tzv. postsocialistické krajiny (s ekonomikou v transformácii), kde emisia poklesla asi o 30% predovšetkým kvôli recesii ekonomiky. V priemere vzrastie emisia skleníkových plynov v týchto 60 rozvinutých krajinách do roku 2012 asi o 10% v porovnaní s rokom 1990. Výrazne ale vzrástla emisia v krajinách, na ktoré sa nevzťahuje Kjótsky protokol (do roku 2008 asi o 45% v porovnaní s rokom 1990). V roku 2006 v týchto krajinách už prekročila emisia skleníkových plynov sumu emisie v spomínaných 60 rozvinutých krajinách.

V Kodani sa riešili predovšetkým odlišné názory rozvinutých a rozvojových krajín na riešenie problému klimatickej zmeny (redukcia emisie skleníkových plynov, adaptačné opatrenia na zmiernenie možných negatívnych dôsledkov, podiel zodpovednosti jednotlivých krajín...). Je všeobecne známe, že hlavnými producentmi skleníkových plynov sú dlhodobo rozvinuté krajiny s vysokým podielom spotreby fosílnych palív (uhlie, ropa, zemný plyn). V týchto krajinách predstavuje emisia fosílného uhlíka do atmosféry na jedného obyvateľa viac ako 2,5 tony ročne, v USA teraz až 5,2 tony ročne (v minulosti až takmer 6 ton ročne). Na druhej strane, väčšina rozvojových krajín má emisiu fosílného uhlíka do atmosféry nižšiu ako 0,5 tony ročne na obyvateľa (Čína teraz asi 1,3 tony). Fosílny uhlík sa dostáva do atmosféry procesom spaľovania, teda ako oxid uhličitý s dobou zotrvania v atmosfére od 50 do 200 rokov. Aj preto je teraz v atmosfére o 38% viac CO<sub>2</sub> ako bolo po dlhé stáročia pred rokom 1750. Na uvedených 38% zvýšeného CO<sub>2</sub> v atmosfére majú podiel terajšie rozvinuté krajiny asi 80%, rozvojové len 20%.

Od začiatku konferencie bolo jasné, že rozvinuté krajiny si uvedomujú a priznávajú svoj hlavný podiel na zosilňovaní skleníkového efektu atmosféry. Tiež bolo ale zrejmé aj to, že využijú všetky prostriedky na to, aby nemuseli príliš rýchlo znižovať emisiu skleníkových plynov. Všetky tiež deklarovali to, že sú ochotné poskytnúť nemalé finančné prostriedky rozvojovým krajinám na to, aby sa tam spomalil rast emisie skleníkových plynov. Dôvod je ľahko pochopiteľný – redukcia emisie skleníkových plynov o 50% je v rozvinutých krajinách možná, no zasiahlo by to jednak vplyvné koncerny, ktoré majú svoje aktivity založené na využívaní lacných zdrojov fosílnych palív, tiež by sa to dotklo významnej časti obyvateľov, ktorí by boli nútení zmeniť svoj doterajší nákladný konzumný životný štýl. Politici týchto krajín nechceli zbytočne riskovať možný neúspech v nasledujúcich voľbách v prípade príliš nepopulárnych opatrení na redukciiu emisie skleníkových plynov. Zdá sa, že poskytnutie finančných prostriedkov v objeme 100 miliárd USD ročne rozvojovým krajinám je pre bohaté krajiny lepším riešením.

V skromnej záverečnej „Dohode z Kodane“ nie sú vôbec žiadne záväzné ciele a povinnosti zúčastnených krajín. Jediným konkrétnym údajom je prísľub, že sa zúčastnené krajiny vynasnažia prijať opatrenia, aby globálne otepľovanie neprekročilo 2 °C v priemere na celej Zemi. Koncom roka 2010 by sa mohol prijať v Mexiku protokol, ktorý by nahradil neúspešný Kjótsky protokol. Je treba priznať, že rokovanie politikov o probléme klimatickej zmeny s možnými negatívnymi dôsledkami v časovom horizonte 20 až 100 rokov nemôže objektívne viesť k úspechu. Väčšina politikov sleduje iba krátkodobé ciele, často aj osobný prospech. Isté je iba to, že keď sa dôsledky klimatickej zmeny prejavia viditeľne negatívne na prevažnej časti našej Zeme, bude už na prijímanie opatrení neskoro. Využitie obdobia rýchleho rozvoja ekonomiky s nízkymi vstupnými nákladmi a prijateľnou legislatívou je pre väčšinu koncernov prvoradou prioritou. Na druhej strane je potrebné zdôrazniť, že popredné svetové koncerny intenzívne pripravujú aj stratégie na obdobie nedostatku ropy a drahej energie v časovom horizonte nad 20 rokov (Lapin, 2009).

#### **1.4.7 Opatrenia na zníženie vypúšťaných emisií skleníkových plynov**

V súčasnosti existuje zhoda v tom, že máme dostatok technických aj ekonomických možností vedúcich k potrebnému zníženiu emisií skleníkových plynov. Tieto však nie sú dnes adekvátne podporované politickými opatreniami, bez ktorých nie je možné uskutočniť potrebné zmeny. Opatrenia vedúce k znižovaniu emisií zahŕňujú:

- a) Podporu obnoviteľným zdrojom a úsporám energií (zvyšovanie účinnosti využívania energie).
- b) Odstraňovanie inštitucionálnych bariér (presadzovať aj financovať veľké centralizované zdroje na báze fosílnych palív je dnes stále jednoduchšie ako decentralizované zdroje využívajúce obnoviteľné energie).
- c) Odstránenie opatrení, ktoré podporujú zvýšené emisie skleníkových plynov ako sú dotácie pri využívaní fosílnych palív (nižšie ceny energií pre odberateľov s vysokou spotrebou) alebo nezahŕňanie externých nákladov do ceny energie.
- d) Zavádzanie medzinárodne koordinovaných opatrení ako je napr. uhlíkovo-energetická daň pri využívaní energie.
- e) Zastavenie likvidácie tropických pralesov.
- f) Podpora vzdelávacej a osvetovej činnosti a tiež informovanie verejnosti o možnostiach znižovania emisií.

- g) Podporovanie prechodu na palivá s nižšími emisiami uhlíka (napr. nahradzovanie uhlia zemným plynom).
- h) Podporovanie výskumu nových technológií vedúcich k zníženiu emisií skleníkových plynov.
- i) Podpora zvyšovania záchytovej kapacity uhlíka napr. cestou zalesňovania (Bédi, 2002).

## **2 Cieľ práce**

Cieľom tejto práce je oboznámenie sa s trendami premŕzania pôdy v podmienkach meniacej sa klímy vo vytypovanej lokalite. Cieľom práce je vypracovanie monotematickej rešerše na danú problematiku.

### **3 Metodika práce a metody skúmania**

#### **Analýza, spracovanie a triedenie dát, ktoré sú nosným podkladom pre diplomovú prácu**

Pri získavaní kvalitných dát som postupoval nasledovne:

Krok 1: Zhromaždenie kvalitných knižných a internetových publikácií

Krok 2: Preštudovanie získaných informácií a ich vzájomné porovnanie

Krok 3: Vytriedenie informácií podľa obsahu a témy

#### **Postup hodnotenia výsledkov, ktoré budú použité v diplomovej práci**

Krok 1: Analyzovanie a kontrola vstupných údajov

Krok 2: Vytriedenie vstupných údajov pre zvolenú tému

Krok 3: Vyhodnotenie údajov zvolenou metódou



## 4 Výsledky práce a diskusia

Vzhľadom na to, že v súčasnosti je riešenie klimatických problémov v nedohľadne a za predpokladu, že aj pri okamžitom riešení klimatickej zmeny by otepľovanie atmosféry podľa experimentov pokračovalo až do roku 2200, môžeme počítať čím ďalej tým s väčšími zmenami podnebia a náhlymi zmenami a extrémami počasia. Táto skutočnosť bude mať priamy vplyv na obsah vody v pôde, chemické, biologické a fyzikálne vlastnosti pôdy s ktorými úzko súvisí premrzanie pôdy. A tieto zmenené prírodné podmienky zase ovplyvnia možnosti pestovania a skladbu poľnohospodárskych plodín pestovaných v jednotlivých pestovateľských oblastiach a prienik invázných druhov rastlín a živočíchov do severnejších oblastí, čo ovplyvní pôvodné ekosystémy. Presúvanie nepôvodných rastlín na sever považujem ako za nesporný dôkaz klimatickej zmeny, pretože výskyt týchto rastlín je podmienený klimatickými podmienkami a keďže svoje oblasti výskytu rozširujú práve teplomilné rastliny k pólom, je to dôkaz zvyšujúcej sa priemernej teploty Zeme. Ďalším dôkazom klimatickej zmeny na Slovenku je zväčšovanie teplej agroklimatickej makrooblasti, v dôsledku zvyšovania sumy priemerných denných teplôt vzduchu za obdobie s priemernou dennou teplotou väčšou alebo rovnou 10,0°C. Rozširujú sa tak oblasti pre pestovanie teplomilnejších plodín ako kukurica na zrno, cukrová repa marhule a iné. Tieto plodiny budú stále častejšie vystavované mnohým klimatickým extrémom, ako napríklad v tomto roku historicky veľkému množstvu zrážok v zimnom a jarnom období, ktoré spôsobujú straty na úrodách vplyvom zatopenia terénnych depresíí a tvorbe vodnej erózie na poľnohospodársky využívaných územiach.

U nás pôda zamrzá iba sezónne a to v zime. Hĺbka premrznutia pôdy závisí najmä od výšky snehovej pokrývky, porastu a povrchovej úprave pôdy. Pôda pod snehom premrzá priemerne do hĺbky 0,32-0,40 m, pri slabej vrstve snehu alebo bez snehu, až do hĺbky 0,80-1,00 m. Najmä vďaka otepľovaniu atmosféry sa na Slovensku hrúbka a dĺžka výskytu snehovej pokrývky hlavne na našich najviac poľnohospodársky využívaných územiach znižuje, čo bude mať na trendy premrzania pôdy azda najväčší vplyv.

## 5 Záver

V dvadsiatom a dvadsiatom prvom storočí boli zaznamenané citelné zmeny v klimatickom systéme Zeme, ako následok nekontrolovateľného vypúšťania emisií skleníkových plynov do atmosféry. To má za následok zvyšovanie priemernej ročnej teploty Zeme, zmenu rozloženia zrážok v čase a priestore, veľké amplitúdy teplôt v krátkom časovom intervale a s tým súvisí premrzanie pôdy v zimnom období a jeho negatívne účinky na pôdu a vegetáciu. Tým, že sa zvyšuje priemerná ročná teplota Zeme, dochádza k skracovaniu períód premrznutia a zmenšovaniu samotnej hĺbky premrznutia pôdy. Z biologického hľadiska je súčasťou vegetačného pokoja, ale môže mať negatívne dopady na prezimujúce rastliny, hlavne na poľnohospodárske plodiny. Pri veľkom poklese teploty dochádza k poškodeniu, alebo k úplnému zničeniu rastlinných orgánov, teda k vymrzaniu. Pri striedaní teplôt nad a pod nulou, dochádza k potrhaniu koreňovej sústavy rastlín. Hĺbka premrzania pôdy je daná dobou trvania mrazov, intenzitou mrazov, pokrytím pôdy snehovou prikrývkou, vegetáciou a pod. a povrchovým spracovaním pôdy. Na ochranu rastlín proti negatívnym účinkom mrazov môžeme použiť niekoľko účinných metód: prikrývanie rastlín, zavlažovanie postrekom, agrotechnické a biologické spôsoby ochrany (najmä hnojenie maštalným hnojom, šľachtiteľstvo) a klimatické meliorácie ktorými regulujeme prúdenie prízemnej vrstvy vzduchu vysadením ochranných lesných pásov pozdĺž hornej hranice ohrozených porastov. Tieto ochranné lesné pásy zadržiavajú studený vzduch mimo záujmového územia a pritom pôsobia esteticky, zvyšujú biodiverzitu a stabilitu územia a majú protierózne účinky.

## Zoznam použitej literatúry

- ANTAL, Jaroslav - ŠPÁNIK, František a i. 2004. *Hydrológia poľnohospodárskej krajiny*. 2.vyd. Nitra : SPU v Nitre, 2004. 250 s. ISBN 80-8069-428-1.
- BÉDI, Emil. 2002. Klimatické zmeny [online]. 2002, [cit. 2010-02-09]. Dostupné na internete:  
<[http://www.google.sk/imgres?imgurl=http://www.seps.sk/zp/fond/klima02/image4.gif&imgrefurl=http://www.seps.sk/zp/fond/klima02/klima.htm&usg=\\_\\_FvJo7QaKRCnRbWGcehJ5OMLOons=&h=240&w=591&sz=5&hl=sk&start=15&itbs=1&tbnid=-RakCtjoApiGbM:&tbnh=55&tbnw=135&prev=/images%3Fq%3Dmodel%2Bklimatickej%2Bzmeny%26hl%3Dsk%26gbv%3D2%26tbs%3Disch:1](http://www.google.sk/imgres?imgurl=http://www.seps.sk/zp/fond/klima02/image4.gif&imgrefurl=http://www.seps.sk/zp/fond/klima02/klima.htm&usg=__FvJo7QaKRCnRbWGcehJ5OMLOons=&h=240&w=591&sz=5&hl=sk&start=15&itbs=1&tbnid=-RakCtjoApiGbM:&tbnh=55&tbnw=135&prev=/images%3Fq%3Dmodel%2Bklimatickej%2Bzmeny%26hl%3Dsk%26gbv%3D2%26tbs%3Disch:1)>.
- DEMO, Milan - HRONEC, Ondrej – TÓTHOVÁ, Monika a i. 2006. *Udržateľný rozvoj Život v medziach únosnej kapacity biosféry*. Nitra : SPU v Nitre, 2006. 440 s. ISBN 978-80-8069-826-3.
- GÁLIK, Martin. 2004. Meteorologické pozorovania. In *Biometeorológia* [online]. 2004, [cit. 2010-02-21]. Dostupné na internete: <[www.galik.sk/garden/images/protokol1.ppt](http://www.galik.sk/garden/images/protokol1.ppt)>.
- HORÁK, Ján – ŠIŠKA, Bernard. Znečistenie atmosféry N<sub>2</sub>O a vplyv poľnohospodárskych zdrojov Podunajskej nížiny na ich emisie: Citlivostná analýza modelu DNDC. 2008. In *Znečištění ovzduší – Metody měření a hodnocení vlivu* [online]. 2008, [cit. 2010/02/10] s. 1. Dostupné na internete: <[http://www.cbks.cz/sbornik08a/Horak\\_Siska.pdf](http://www.cbks.cz/sbornik08a/Horak_Siska.pdf)>. ISBN 978-80-86690-49-0>.
- IPCC, 2007. Changes beyond the 21st century. In *IPCC Fourth Assessment Report: Climate Change 2007* [online]. 2007, [cit 2010-01-03]. Dostupné na internete: <[http://www.ipcc.ch/publications\\_and\\_data/ar4/syr/en/mains3-2-3.html](http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/syr/en/mains3-2-3.html)>.
- KALÚZ, Karol a i. 2005. *Kvalita ovzdušia*. Nitra : SPU v Nitre, 2005. 88 s. ISBN 80-8069-532-6.
- LAPIN, Milan. 2007. Globálne otepľovanie, klimatické zmeny a sporné argumenty. In *Enviromagazín* [online]. roč. 11, 2007 , č. 2, s. 20-21 [cit. 2010-01-03]. Dostupné na internete:  
<<http://www.sazp.sk/slovak/periodika/enviromagazin/enviro2007/enviro2/11.pdf>>.
- LAPIN, Milan. 2008. Climate change, Renewable energy, Pollution, Greenhouse gases [online]. 2008, [cit. 2010-01-03]. Dostupné na internete:  
<[www.dmc.fmph.uniba.sk/public\\_html/climate/20\\_20\\_20.doc](http://www.dmc.fmph.uniba.sk/public_html/climate/20_20_20.doc)>.

- LAPIN, Milan. 2009. Niekoľko poznámok k summitu v Kodani. In *Zmeny a zmena klímy, scenáre klimatickej zmeny* [online]. 2009, [cit. 2010-02-21]. Dostupné na: <[http://www.dmc.fmph.uniba.sk/public\\_html/climate/climate.html](http://www.dmc.fmph.uniba.sk/public_html/climate/climate.html)>.
- LAPIN, Milan. 2009. Klíma a počasie: Extrémnych výkyvov bude čoraz viac. In *Pravda* [online]. roč. 12, 2009, č. 135, s. 17 [cit. 2010-03-01]. Dostupné na: <<http://pravda.newtonit.sk/default.asp?cache=721050>>.
- POKLADNÍKOVÁ, Hana – ROŽNOVSKÝ, Jaroslav – DUFKOVA, Jana. 2005. Promrzání půdy na stanici Bystřice nad Pernštejnem. In *Bioklimatologie současnosti a budoucnosti* [online]. 2005, s. 1-2 [cit. 2010-05-05]. Dostupné na: <<http://www.cbks.cz/sbornik05b/Pokladnikova.pdf>>.
- SHMÚ. 2010. Monitorovacia sieť, merané a pozorované veličiny a metódy monitorovania. In *Monitorovacia sieť, merané veličiny a metódy monitorov* [online]. 2010, [cit. 2010-03-03]. Dostupné na internete: <<http://www.shmu.sk/sk/?page=360>>.
- ŠIŠKA, Bernard a i. 2008. *Praktická biometeorológia*. 5.vyd. Nitra : SPU v Nitre, 2008. 144 s. ISBN 978-80-552-0152-8.
- ŠPÁNIK, František a i. 2003. *Biometeorológia*. 2.vyd. Nitra : SPU v Nitre, 2003. 227 s. ISBN 80-8069-794-9.
- UHEREK, Elmar. 2003. The Greenhouse gases - carbon dioxide and methane. In *Atmosphere* [online]. 2003, [cit. 2010-02-10]. Dostupné na internete: <<http://www.atmosphere.mpg.de/enid/253.html>>.
- ZAUJEC, Anton a i. 2003. *Pedológia*. 2.vyd. Nitra : SPU v Nitre, 2003. 98 s. ISBN 80-8069-090-1.