

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

1132137

**PRÍČINY A DÔSLEDKY KLIMATICKEJ ZMENY
V POĽNOHOSPODÁRSTVE**

2011

Lenka Szomorová

SLOVENSKÁ POĽNOHOSPODÁRSKA UNIVERZITA
V NITRE
FAKULTA ZÁHRADNÍCTVA A KRAJINNÉHO
INŽINIERSTVA

PRÍČINY A DÔSLEDKY KLIMATICKEJ ZMENY
V POĽNOHOSPODÁRSTVE

Bakalárska práca

Študijný program:	Krajinné inžinierstvo
Študijný odbor:	Krajinárstvo
Školiace pracovisko:	Katedra biometeorológie a hydrológie
Školiteľ:	Ing. Ján Čimo, PhD

Nitra 2011

Lenka Szomorová

Čestné vyhlásenie

Podpísaná Lenka Szomorová týmto vyhlasujem, že som záverečnú prácu „Príčiny a dôsledky klimatickej zmeny v poľnohospodárstve“ vypracovala samostatne s použitím uvedenej literatúry.

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

V Nitre 5. mája 2011

.....

Pod'akovanie

Týmto spôsobom by som chcela poďakovať vedúcemu práce Ing. Jánovi Čimovi, PhD. Za ochotu pri poskytovaní cenných rád a informácií, za odborné vedenie a pripomienky, ktorými mi pomáhal úspešne vypracovať predkladanú prácu.

Abstrakt

Klíma sa v minulosti vždy menila, prirodzené zmeny podnebia prebiehajú aj dnes a naďalej aj prebiehať budú. V tejto práci sa zameriavam na klimatickú zmenu aj jej dôsledky v poľnohospodárstve. V nadväznosti na klimatickú zmenu, v rámci ktorej dochádza k postupným zmenám energetickej, ale aj vodnej bilancie globálne, ale zvlášť lokálne, má svoje opodstatnenie hodnotenie vodného režimu aj formou matematicko-statistickej analýzy výpočtu variability atmosférických zrážok letného polroka (IV. – IX. mesiac). Na základe použitej metodiky stanovenia variability Pearsonovou frekvenčnou krivkou III. typu bolo hodnotené obdobie rokov 1961-2010 pre lokalitu Nitra. Porovnaním výsledkov hodnotenia nevidno výrazné zmeny v úhrnoch zrážok za sledované obdobie posledných 50-tich rokov v letnom polroku. Na záver možno konštatovať, že oveľa väčším problémom predovšetkým pre poľnohospodárov sa stáva nerovnomerná distribúcia zrážok, čo má za následok vznik sucha a naopak záplav.

Kľúčové slová: poľnohospodárstvo, klimatická zmena, pearsonova frekvenčná krivka, zrážky

Abstract

The climate has been always changing in the past, natural climate changes are taking place also today and will henceforth continue to run. In this paper, we focus on climate change and its impacts in agriculture. In response to climate change, in which there occur globally, but especially locally, changes of energy and water balance, the evaluation of water regime has its substantiation also in the form of mathematical and statistical analysis of precipitation variability calculation of the summer half (IV. - IX. month). Based on the methodology of variability determination by the Pearson type III distribution curve, there was assessed the period of 1961-2010 for the Nitra site. Comparing the evaluation results, there are not any visible major changes in precipitation amount for the studied period of the last 50 years in the summer half. Lastly, it can be concluded that a much greater problem, in particular for farmers, becomes uneven distribution of rainfall, what gives rise to droughts and floods on the contrary.

Key words: agriculture, climate change, Pearson distribution curve, rainfall

Obsah

Obsah.....	5
Zoznam skratiek a značiek.....	7
Úvod	8
1 Súčasný stav riešenej problematiky	10
1.1 História podnebia a zmeny podnebia Zeme.....	10
1.1.1 Zmeny klímy v geologickej dobe.....	10
1.1.2 Zmeny klímy za obdobie posledného milióna rokov	12
1.1.3 Zmeny klímy v historickej dobe a v 20. storočí.....	12
1.2 Skleníkový efekt a skleníkové plyny	13
1.2.1 Skleníkový efekt.....	13
1.2.2 Skleníkové plyny	14
1.2.3 Chov hospodárskych zvierat a ich dopad na emisie.....	16
1.2.4 Bilancia emisií skleníkových plynov v lesnom hospodárstve.....	16
1.2.5 Zdroje emisií skleníkových plynov v poľnohospodárstve	17
1.2.6 Opatrenia na zníženie skleníkových plynov v poľnohospodárstve.....	17
1.3 Zmeny podnebia a jeho príčiny.....	18
1.3.1 Prírodné príčiny klimatických zmien.....	18
1.3.2 Antropogénne príčiny klimatických zmien	19
1.4 Národné a medzinárodné dohody proti klimatickým zmenám	19
1.4.1 Rámcový dohovor OSN o klimatickej zmene (UN FCCC)	19
1.4.2 Kjótsky protokol	20
1.4.3 Opatrenia EÚ na zmiernenie klímy	21
1.4.4 IPCC	22
1.4.4.1 Štvrtá hodnotiacia správa - AR4.....	22
1.4.4.2 Piata hodnotiacia správa - AR5.....	23
1.5 Scenáre a modely vývoja klímy	24
1.5.1 Klimatické modely	24
1.5.2 Klimatické scenáre	26
1.6 Zmeny podnebia a jeho dôsledky	26
1.6.1 Zmeny podnebia a jeho dôsledky vo svete.....	27

1.6.2 Klimatické podmienky na Slovensku.....	28
1.6.3 Dôsledky klimatickej zmeny na Slovensku v oblasti poľnohospodárstva	29
1.7 Zmeny podnebia a jeho dôsledky v poľnohospodárstve.....	29
1.7.1 Zmena fenologických pomerov.....	30
1.7.2 Zmena agroklimatických pomerov na Slovensku	31
1.7.3 Zmena evapotranspirácie.....	32
1.7.4 Zmeny podmienok prezimovania.....	32
1.7.5 Zmeny agroklimatického produkčného potenciálu	33
1.7.6 Dôsledky klimatickej zmeny na podmienky rastlinnej výroby na Slovensku.....	34
1.7.6.1 Trvanie vegetačného obdobia.....	34
1.7.6.2 Zmeny teplotných pomerov vo VVO.....	34
1.7.7 Zmeny vo výskyte chorôb, škodcov a burín	35
1.7.8 Dôsledky klimatickej zmeny na podmienky živočíšnej výroby na Slovensku.....	35
2 Cieľ práce	37
3 Metodika práce	38
3.1 Materiál	38
3.2 Analýza, spracovanie a triedenie dát	38
3.3 Hodnotenie výsledkov	39
3.4 Metodika výpočtu variability atmosférických zrážok letného polroka (IV. – IX mesiace) za roky 1961-2010.	39
4 Výsledky práce	41
5 Záver.....	48
Zoznam literatúry	49

Zoznam skratiek a značiek (pre technické a prírodné vedy)

CO ₂	oxid uhličitý
CH ₄	metán
N ₂ O	oxid dusný
H ₂ O	voda
O ₃	ozón
NH ₃	amoniak
SO ₂	oxid siričitý
CFC _s	plne halogenované uhlovodíky
PFC _s	plne fluorované uhlovodíky
GCMs	modely všeobecnej cirkulácie atmosféry
CCCM	kanadský klimatický model
GISS	klimatický model Goddardovho inštitútu pre priestorové štúdie
GFD3	model geofyzikálneho laboratória (US)
VVO	veľké vegetačné obdobie, priemerná teplota je za obdobie teplejšia ako 5°C
HVO	hlavné vegetačné obdobie, priemerná teplota je za obdobie teplejšia ako 10°C
OECD	organizácia pre hospodársku spoluprácu a rozvoj
OSN	organizácia spojených národov
FAO	organizácia pre výživu a poľnohospodárstvo
IPCC	medzivládny panel pre klimatické zmeny
SR	Slovenská republika
EÚ	Európska únia

Úvod

Od vzniku Zeme do začiatku devätnásteho storočia sa klíma vyvíjala, menila a klimatický systém fungoval bez zásahov človeka, teda viac-menej na základe prirodzených klimatotvorných procesov. V posledných dvoch desaťročiach sa začalo svetové spoločenstvo významnejšie venovať aj problematike možného negatívneho vývoja klímy na Zemi. Klimatológovia upozorňovali na túto skutočnosť už v päťdesiatych rokoch, keď sa zistilo v atmosfére Zeme závažné zvýšenie koncentrácie oxidu uhličitého a ostatných skleníkových plynov. Potvrdili sa teoretické predpoklady možného súvisu „globálneho otepľovania“ a rastu „skleníkového efektu atmosféry“ (Lapin, Závodský 2000). Dôsledky klimatickej zmeny pociťujeme aj na Slovensku. V Hurbanove, kde máme najdlhší rad sústavných meteorologických pozorovaní, bola priemerná ročná teplota za obdobie rokov 1991-2000 v priemere o 1°C vyššia, než za obdobie rokov 1871-1990. Rok 2000 bol s priemernou ročnou teplotou 12,1°C najteplejší od začiatku pozorovaní. Na porovnanie – takáto priemerná ročná teplota býva obvyklá v oblasti Turína v severnom Taliansku.

Zmena globálnej klímy, spôsobená rastúcou antropogénnou emisiou skleníkových plynov (CO₂, CH₄, N₂O, freóny a iné) je najvýznamnejší globálny environmentálny problém v doterajšej histórii ľudstva. Celosvetovo sa do roku 2100 predpokladá dramatický rast koncentrácie hlavných skleníkových plynov v atmosfére, pri CO₂ dôjde zrejme k 100 % zvýšeniu už okolo roku 2060, hoci existujú aj mierne odlišné (reálne) scenáre. Za najzávažnejší dôsledok tohto vývoja sa popri globálnom oteplení o 2,0 až 2,5°C do roku 2100 považuje zmena všeobecnej cirkulácie atmosféry s posunom frontálnych zón a klimatických pásiem na jednej strane a veľká rýchlosť klimatickej zmeny prevyšujúca všetky doterajšie zmeny klímy na strane druhej. Extrémny scenár predstavuje oteplenie až 5,8°C oproti prirodzenému globálnemu priemeru teploty vzduchu v prízemnej vrstve atmosféry. Mohol by sa stať reálnym po nekontrolovanom raste spotreby fosílnych palív na celej Zemi, za predpokladu rýchleho ekonomického rastu iba na báze energie z fosílnych palív a rýchleho rastu populácie až na 15,1 miliárd do roku 2100.

Na konferencii OSN o životnom prostredí a rozvoji (Rio de Janeiro, 1992) bol prijatý Rámcový dohovor o klimatickej zmene – základný medzinárodný právny nástroj na ochranu globálnej klímy. Konečným cieľom Dohovoru je dosiahnuť stabilizáciu koncentrácií skleníkových plynov v atmosfére na úrovni, ktorá ešte nevyvolá

nebezpečné antropogénne interferencie s klimatickým systémom. Táto úroveň by mala dosiahnuť v časovom rámci, ktorý umožní prirodzenú adaptáciu ekosystémov, neohrozí produkciu potravín a umožní pokračovanie ekonomického rozvoja trvalo udržateľným spôsobom.

Dohovor v Slovenskej republike vstúpil do platnosti 23. novembra 1994. Slovensko akceptovalo všetky záväzky Dohovoru vrátane zníženia emisií skleníkových plynov do roku 2000 na úroveň roku 1990. Ďalej si Slovensko ako vnútorný cieľ stanovilo dosiahnuť "Torontský cieľ", t.j. 20% zníženie emisií CO₂ do roku 2005 oproti roku 1988.

1 Súčasný stav riešenej problematiky

1.1 História podnebia a zmeny podnebia Zeme

Klíma sa v minulosti vždy menila, prirodzené zmeny podnebia prebiehajú aj dnes a naďalej aj prebiehať budú. Rekonštrukciou podnebia pred érou prístrojových meraní a pozorovaní sa zaoberá historická klimatológia a **paleoklimatológia**. Prispieva k poznaniu stavu a chovania klimatického systému v dobách, kedy jednoznačne prevažoval vplyv prírodných faktorov: zmeny orbitálnej dráhy Zeme, slnečnej aktivity, rozloženia pevnín a oceánov, či vegetácie a sopečnej činnosti.

(http://www.shmu.sk/sk/?page=1&id=klimat_zmena_history, 2011)

1.1.1 Zmeny klímy v geologickej dobe

V **najstarších geologických dobách** boli klimatické podmienky na Zemi relatívne stabilné, až na obdobia globálnych ľadových dôb, ktorých počiatok možno vsadiť do obdobia okolo 2,3 mld. rokov. Teplota vzduchu ako aj iné klimatické prvky podliehali dlhodobým cyklom zmien, ktoré boli ovplyvnené najmä chemickým zložením zemskej atmosféry, predovšetkým oxidu uhličitého, ktorého úroveň závisela nielen od geofyzikálnej aktivity Zeme alebo aj od rozsahu a charakteru biosféry v oceánoch (neskôr aj na pevninách). Geologické informácie a proxy údaje v podobe sedimentárnych hornín, skamenelín a pod. sú jediným známym zdrojom údajov pre paleoklimatickú rekonštrukciu tohto obdobia. V **prekambrickom období** sa geologické informácie viažu prevažne do období ľadových dôb - prvá z nich pravdepodobne nastala pred 2.9 mld. rokmi, avšak o prvej tzv. globálnej dobe ľadovej možno hovoriť až medzi obdobím od 2.5 do 2.3 mld. rokov. Ďalšie chladné obdobie dejín Zeme zrejme nastalo pred 1.9 mld. rokmi - je však možné, že obe doby ľadové predstavujú vlastne jedno a to isté obdobie - teda dobu ľadovú trvajúcu približne 600 mil. rokov. Posledná globálna doba ľadová skončila približne pred 600 mil. rokmi a trvala približne 300 mil. rokov.

Začiatok prvohôr (Paleozoikum) sa niesol v znamení vysokých globálnych teplôt vzduchu. Prevládalo tropické podnebie - tento fakt bol odvodený predovšetkým z vysokých úrovní chemického zvetrávania hornín, ktoré v tomto období prevládalo. Vysoké globálne teploty vzduchu boli spôsobené najmä vysokými koncentraciami CO₂

v zemskej atmosfére. Z obdobia **ordoviku** je známa ďalšia ľadová doba (450-430 mil. rokov). Toto ochladenie pravdepodobne postihlo väčšiu časť vtedajšieho tropického pásma v rámci superkontinentu Gondwana (južný kontinent). Ďalšie obdobie ochladenia nasledovalo na rozhraní geologických období Karbónu a Permu (známe ako Permo-karbónske zaľadnenie) pred 300 mil. rokmi.

Klíma **druhoohôr** sa vyznačovala prevažne teplým charakterom. Spôsobovala to predovšetkým rýchla výmena oceánskych vôd medzi rovníkom a oboma pólmi (vhodná konfigurácia kontinentov v južno-severnom, poludníkovom smere - nevznikli cirkumpolárne morské prúdy). Obdobie Kriedy bolo pravdepodobne jedno najteplejších a najsuchších období od konca Prekambria. Veľmi teplá a navyše aj veľmi vlhká klíma panovala na začiatku **tret'ohôr** v období Paleocénu. Avšak pred 55 mil. rokmi, v období **Eocénu** sa globálne začalo postupne ochladzovať a asi pred 35 mil. rokmi dochádza k prvému významnejšiemu zaľadneniu Antarktídy (v tomto období došlo k výraznému zníženiu povrchovej teploty vody v oblasti Antarktídy). K ďalšiemu ochladeniu došlo v priebehu **Oligocénu**, kedy sa začal okolo Antarktídy formovať tzv. cirkumpolárny studený morský prúd (po oddelení Austrálie od Antarktídy pred približne 30 mil. rokmi). Je potvrdené, že už v období pred 25 mil. rokmi bola celá Antarktída pokrytá mohutnou vrstvou ľadu. V **Miocéne** panovalo v nízkych a stredných zemepisných šírkach veľmi teplé tropické alebo subtropické podnebie (výnimkou bola iba Antarktída). Počas stredného **Miocénu** (okolo 15 až 10 mil. rokov) sa však začína ochladzovať aj na severnej pologuli, formujú sa prvé zaľadnenia okolo severného pólu a Grónska. V období **Pliocénu**, pred približne 5 mil. rokmi, dochádza na južnej pologuli k ďalšiemu postupnému ochladzovaniu. Objem antarktického polárneho zaľadnenia je už identický s jeho súčasným rozsahom. V približne rovnakom období dochádza k zaľadneniu horských oblastí novo vyzdvihnutých alpínskych pohorí (Himaláje, Alpy, Kaukaz, Altaj, Pamír,...). Pred asi 3 mil. rokmi dochádza k trvalému zaľadneniu Grónska.

Počas obdobia zatiaľ poslednej geologickej doby - **štvrtohôr (Pleistocén a Holocén)** - došlo predovšetkým na severnej pologuli k cyklickému striedaniu chladnejších (glaciály) a teplejších (interglaciály) období. Podľa niektorých vedcov je možné, že sa za obdobie posledných 2 mil. rokov vystriedalo až okolo 20 ľadových dôb. Isté je však to, že aspoň sedem ich bolo potvrdených. Každý interglaciál, trvajúci približne 10 000 rokov \pm 2 000 rokov, strieda chladnejšiu dobu ľadovú v intervale približne 100-120 tis. rokov. Zatiaľ posledným interglaciálom, ak nerátame Holocén,

bolo obdobie približne pred 125 tis. rokmi, zemský interglaciál. (http://www.shmu.sk/sk/?page=1&id=klimat_zmena_history)

1.1.2 Zmeny klímy za obdobie posledného milióna rokov

S vysokom mierou istoty môžeme povedať, že za posledných približne 700 000 rokov bolo globálne na Zemi rovnako teplo alebo ešte teplejšie ako dnes len v priebehu 8 % uvedeného časového intervalu. Zvyšujúca sa istota paleoklimatickej rekonštrukcie je výsledkom využívania väčšieho množstva dostupných metodík.

Posledná doba ľadová (koniec **Pleistocénu**) dosiahla svoj vrchol v období medzi 22 000 - 14 000 rokmi. V tomto období sa na severnej pologuli rozprestierali dva rozsiahle pevninské ľadovce - tzv. Laurentský a Škandinávsky. Počas vrcholenie tejto chladnej etapy **Pleistocénu** sa pohybovali priemerné ročné teploty v stredných šírkach okolo hodnoty 0°C (teda boli až o 10°C nižšie ako v súčasnosti, v oblasti Karibiku to bolo asi o 3°C menej ako dnes). Hladina svetového oceánu bola približne o 85 m nižšie ako dnes. V období pred 14 000 rokmi došlo k náhlemu otepleniu a masívnemu ústupu ľadovcov na severnej pologuli. Najskôr ustúpil ľadovec v oblasti dnešných Rocky Mountains a Aljašky (pred asi 10 000 rokmi), ľadovce v Škandinávii ustúpili len o niekoľko storočí neskôr, zatiaľ čo zaľadnenie v Kanade a v priestore medzi Severnou Amerikou a Grónskom definitívne zmizlo asi pred 8 000 rokmi. V strednej Európe sme mali už okolo roku 8 500 klimatické podmienky podobné tým súčasným, v Severnej Amerike to bolo asi o 1 500 rokov neskôr. Jedno z najznámejších post-glaciálnych chladných období bol **Mladší Dryas** (pred 10 800 - 10 100 rokmi). **Post-glaciálne klimatické optimum** nastalo približne pred 7 000 až 5 000 rokmi, kedy sa priemerné letné teploty v strednej Európe pohybovali na úrovni okolo 12-13°C (dnes 10°C). (http://www.shmu.sk/sk/?page=1&id=klimat_zmena_history)

1.1.3 Zmeny klímy v historickej dobe a v 20. storočí

Doba železná (900 až 300 p.n.l.) bola všeobecne dosť vlhká a vo svojej druhej polovici aj dosť chladná (500 až 300 p.n.l.). V Európe došlo napríklad k zväčšeniu rozlohy močiarov. Obdobie od roku približne 1000 až do 1200 n.l. sa označuje ako **stredoveké teplé obdobie** alebo **druhé klimatické optimum Holocénu** (jeho presné vymedzenie je však aj dnes značne neisté). Priemerné teploty v tomto období boli o niečo vyššie než v ďalších storočiach, ale nie o viac ako 1-2 °C, a v mierke pologulí

neboli vyššie ako v druhej polovici 20. storočia. Okrem toho najnovšie výskumy naznačujú, že toto teplé obdobie nezasiahlo celú planétu súčasne, skôr išlo o sériu lokálnych a regionálnych oteplení, ktoré prichádzali do rôznych oblastí v rôznom čase. Napríklad v období rokov 900 až 1100 n.l. panovali v priestore severného Atlantiku pomerne priaznivé klimatické podmienky, ktoré umožnili Vikingom osídlenie Islandu, juhozápadného Grónska, Labradoru a Newfoundlandu. Medzi obdobím rokov 1430 až 1850 došlo k všeobecnému ochladeniu, a to predovšetkým v druhej polovici 15. a 17. storočia. V Európe, Severnej Amerike a Ázii došlo k rozšíreniu horského zaľadnenia, v Anglicku sa prestala pestovať vinná réva a skončilo sa osídlenie Grónska. V období rokov 1780 až 1820 boli teploty v priestore Atlantického oceánu, na sever od 50. rovnobežky, približne o 1 až 3°C nižšie ako dnes. Od polovice 19. storočia sa na severnej pologuli postupne otepľovalo, najmä v období rokov 1880 až 1940. Južná pologuľa sa naopak ochladzovala. Od štyridsiatych rokov 20. storočia do polovice 60. rokov sa naopak na prevažne časti severnej pologule (najmä v polárnych regiónoch) mierne ochladilo. Od 70. rokov sa opätovne otepľuje, po roku 1980 veľmi výrazne. (http://www.shmu.sk/sk/?page=1&id=klimat_zmena_history)

1.2 Skleníkový efekt a skleníkové plyny

1.2.1 Skleníkový efekt

Skleníkový efekt je podobný jav ako pozorujeme v záhradných skleníkoch, len funkciu skla preberajú v atmosfére “skleníkové plyny“ (medzinárodná skratka GHG – H₂O, CO₂, CH₄, N₂O, O₃, freóny a perfluórkarbóny) . Skleníkové plyny prepúšťajú krátkovlnné slnečné žiarenie, to dopadá na zemský povrch a zohrieva ho. Dlhovlnné (infračervené) žiarenie, ktoré vyžaruje zemský povrch je z väčšej časti týmito plynmi zachytené a čiastočne spätne vyžiarené smerom k povrchu. Priemerná teplota prízemnej atmosféry je v dôsledku tohto procesu o 33°C vyššia, ako by bola pri absencii skleníkových plynov, čo vlastne umožňuje život na našej planéte (U.S. Country Studies Program, 1997). Bez skleníkového efektu by Zem bola akási zmrznutá guľa. Skleníkový efekt teda nieje žiadny strašiak. Práve naopak. Spôsobuje to, že Zem je pre nás obývateľná. Teplota Zeme bez skleníkového efektu by bola -18 °C (Kutílek, 2008).

1.2.2 Skleníkové plyny

Najvýznamnejšími skleníkovými plynmi sú oxid uhličitý (CO_2), za ním nasledujú chlórfluórokarbóny (CFC_s – freóny), metán (CH_4) a oxid dusný (N_2O). Atmosférické koncentrácie CO_2 sa za posledné dve storočia zvýšili asi o 25 % , z asi 18 ppmv okolo roku 1850 na 353 ppmv (1989), najmä v dôsledku spaľovania fosílnych palív, ale tiež vyrubovania lesov pre poľnohospodárstvo. Podľa odhadov doba, kedy sa dosiahne zdvojnásobenie ekvivalentu CO_2 na predindustriálnu úroveň (t.j. 560 ppmv), je okolo rokov 2025 až 2070. V súčasnosti sa koncentrácie CO_2 zvyšujú rýchlosťou asi 0,5 % ročne a pripadá na ne 57 % radiačnej energie. Metán, na ktorý pripadá asi 14 % radiačnej energie, sa v atmosfére od predindustriálneho obdobia zdvojnásobil, predovšetkým v dôsledku rozšírenia ryžových polí a počtu prežúvavého dobytku (metán vzniká anaeróbnym rozkladom organických látok z ryžových polí a v žalúdkoch hovädzieho dobytku a oviec). Oxid dusný, ktorý sa podieľa asi 5 % na radiačnej energii, sa zvýšil z 288 ppbv na 310 ppbv v priebehu posledných 250 rokov, a ročne sa jeho atmosférické koncentrácie zvyšujú asi o 33 % , najmä v dôsledku zvýšeného používania dusíkatých hnojív. Koncentrácie CFCs (freóny), aj keď sú extrémne malé, predstavujú veľmi silné skleníkové plyny a podieľajú sa 20 % na najnovších zmenách radiačnej energie. Až do podpísania Montrealského protokolu (1989) o ich kontrole sa atmosférické koncentrácie CFCs ročne zvyšovali o 4 % , najmä v dôsledku rozšíreného používania propelentov, riedidiel a rozstrekujúcich činidiel pri sprejových baleniach (Šamaj, 2001).

Je zrejmé, že skleníkový efekt zohráva významnú úlohu v dôležitých klimatických posunoch. Obsah skleníkových plynov v atmosfére má na rovnovážnu povrchovú teplotu Zeme veľký vplyv. Jednotlivé plyny sa v atmosfére skleníkovým efektom uplatňujú rôznou mierou nielen podľa svojich koncentrácií, ale aj podľa svojich absorpčných vlastností v infračervenej oblasti. Vlastnosť prispievať k skleníkovému efektu sa charakterizuje tzv. potenciálom skleníkového otepľovania (greenhouse warming potential, GWP), ktorý sa obyčajne vzťahuje k oxidu uhličitému ako referenčnému plynu, u ktorého sa pokladá za jednotkový. (<http://www.fpv.umb.sk/kat/kch/projekty/tempus/SKLENIK/sklenik.htm>)

Hodnoty týchto potenciálov z ďalšími informáciami o najdôležitejších skleníkových plynov sú zahrnuté v tab. č.1.

Tab. 1

Základné charakteristiky skleníkových plynov

Plyn	Súč. rast konc. (%/rok)	Doba života (roky)	GWP (CO₂=1)
Oxid uhličitý	0,5	7	1
Metán	1,0	10	11
Oxid dusný	0,25	160	170
Ozón	1	-	-
Trichlorofluorometán	3	50	3 400
Dichlorodifluorometán	3,4	110	7 100

(<http://www.fpv.umb.sk/kat/kch/projekty/tempus/SKLENIK/sklenik.htm>)

Najväčším zdrojom emisií na Slovensku sú :

- Výroba elektriny a tepla,
- Poľnohospodárstvo (chov dobytka, hnojenie),
- Doprava (cestná, železničná, vodná, letecká),
- Priemysel (výroba cementu a vápna, metalurgický priemysel, výroba koksu, výroba kyseliny dusičnej...),
- Rozvod a transport zemného plynu,
- Manipulácie s odpadmi (skládky, odpadové vody, spaľovne).

(U.S. Country Studies Program, 1997)

Svetová živočíšna výroba je hlavným zdrojom emisií skleníkových plynov a môže byť považovaná za väčšieho prispievateľa globálneho otepľovania ako doprava.

Predpoklad, že živočíšna výroba je hlavným zdrojom emisií skleníkových plynov je založený hlavne na dvoch správach medzinárodných organizácií: Organizácie Spojených národov pre výživu a poľnohospodárstvo (FAO) z roku 2006 a Washington Worldwatch Institute.

(http://www.agroporadenstvo.sk/zv/ostatne/zv_globoteplovanie.pdf)

1.2.3 Chov hospodárskych zvierat a ich dopad na emisie

V maštalnom ovzduší, pri intenzívnom chove hospodárskych zvierat, je NH_3 považovaný za hlavný škodlivý plyn. V uvedenej súvislosti, definovania vplyvu amoniaku na hospodárske zvieratá, stojí za zmienku súhrnné zhodnotenie v práci Hartunga (1990). Hodnotenie celkovej bilančnej produkcie za rok poukazuje nato, že v prepočte na dobyčiu jednotku "najväčším producentom" je hydina, potom ošípané a hovädzí dobytok, ktorý produkuje relatívne najmenej amoniaku. (<http://old.chmi.cz/meteo/CBKS/sbornik94/Sottnik.pdf>) Autor uvádza nasledovné hodnoty produkcie NH_3 v tab. 2 :

Tab. 2

Produkcia NH_3

Druh zvierat	Na ustaj. miesto	Na DJ
Hovädzí dobytok	4,6 kg/rok	4,6 kg/rok
Ošípané	1,4 kg/rok	9,2 kg/rok
Hydina	0,13 kg/rok	37,0 kg/rok

(<http://old.chmi.cz/meteo/CBKS/sbornik94/Sottnik.pdf>, 2011)

1.2.4 Bilancia emisií skleníkových plynov v lesnom hospodárstve

Pri spracovaní bilancie uhlíka v sektore lesného hospodárstva sa vychádzalo z revidovanej metodiky IPCC (1996) , ktorá sa aplikovala pre naše podmienky, najmä vo vzťahu k jednotlivým bilančným kategóriám. Oproti predchádzajúcej metodike IPCC došlo k zmene najmä vo vzťahu k bilancovaniu pôdneho uhlíka, ktorý tvorí v tejto metodike samostatnú bilančnú kategóriu. Celková bilancia skleníkových plynov v sektore lesného hospodárstva a využívania krajiny vyznieva pozitívne, nakoľko najmä vo vzťahu k emisii CO_2 dochádza k vyšším záchytom v biomase a pôde oproti emisiám s bilančným prebytkom na úrovni 1,7 až 4,2 Tg CO_2 . Rozhodujúcou mierou sa na tomto bilančnom prebytku podieľa záchyt oxidu uhličitého v biomase lesných drevín. Emisie ostatných skleníkových plynov sú prakticky zanedbateľné (Rehák et.al., 2002).

1.2.5 Zdroje emisií skleníkových plynov v poľnohospodárstve

Priemerná ročná emisia skleníkových plynov na obyvateľa je v Slovenskej republike nižšia ako je priemer krajín OECD, napriek tomu však patrí medzi 20 krajín s najvyššou emisiou na obyvateľa. Najvyššia úroveň znečistenia ovzdušia bola v Slovenskej republike zaznamenaná koncom 80-tych rokov, v 90-tych rokoch v dôsledku poklesu ekonomiky došlo k významnému zníženiu emisií. Zdrojom emisií na Slovensku je aj poľnohospodárska výroba. Z hľadiska celkových emisií CO₂ je poľnohospodárstvo menej významným znečisťovateľom. Počas vegetačného obdobia je z pôdneho krytu emitovaných asi 10 000 tisíc ton CO₂, pričom menej úrodné pôdy uvoľňujú viac CO₂ ako vysoko úrodné pôdy. Z poľnohospodárskych pôd sa ročne emituje asi 4.3 Gg N₂O, čo predstavuje viac ako polovicu celkových emisií N₂O v Slovenskej republike. Príčinou emisií N₂O sú prebytky minerálneho dusíka v pôde a nepriaznivý vzdušný režim pôd. Z hľadiska emisií CH₄ patrí poľnohospodárstvo medzi hlavné zdroje. CH₄ vzniká ako priamy produkt látkovej výmeny a ako priamy produkt odbúravania živočíšnych exkrementov. Celkové agregované emisie z poľnohospodárstva vyjadrené ako ekvivalent CO₂ predstavujú v Slovenskej republike asi 4 700 Gg CO₂, čo predstavuje 10 % celkových agregovaných emisií v SR (Rehák et.al., 2002).

1.2.6 Opatrenia na zníženie skleníkových plynov v poľnohospodárstve

Opatrenia na znižovanie emisií CO₂ z energetických zdrojov prevádzkovaných v sektore poľnohospodárstva boli vypracované v rámci prierezových opatrení, je však veľmi zložitá disagregovať ich celkový účinok. Z opatrení na obmedzenie emisií N₂O sú všeobecne najvýznamnejšími zníženie spotreby hnojív (v prípade, ak by došlo k opätovnému nárastu ich aplikácie, čo sa v súčasnej dobe javí ako nepravdepodobné) a zlepšenie spôsobu ich využívania. Opatrenia na zníženie tvorby emisií CH₄ je možné realizovať pri spôsobe ustajnenia, skladovania, odstraňovania a aplikácie exkrementov ako organického hnojiva.

1.3 Zmeny podnebia a jeho príčiny

1.3.1 Prírodné príčiny klimatických zmien

Základným „hnacím motorom“, ktorý rozhoduje o klíme je **Slnko a jeho žiarenie**. Za dobu existencie sa množstvo žiarenia dopadajúceho na povrch Zeme zvýšilo asi o 25-30 % to však znamená zmenu o necelých 10 % za jednu miliardu rokov. Pre obdobie niekoľko desiatok tisíc rokov je to zmena nevýznamná a navyše rovnomerná (Nátr, 2006).

Mimoriadne významný je vplyv **oceánov**, ich hladiny pokrývajú 70 % povrchu Zeme (Cazenave et. al., 2003).

1. Oceány sú hlavným zdrojom vodnej pary v atmosfére.
2. Oceány majú veľkú tepelnú kapacitu. To znamená, že i k malej zmene teploty ich vôd je treba dodať veľké množstvo tepla. Pokiaľ sa zvyšuje teplota atmosféry zvyšuje sa i teplota oceánov, ale pomalšie.
3. Cirkuláciou a prúdením v oceánoch dochádza k redistribúcii tepla na veľké vzdialenosti. Oceány prenášajú ohromné množstvo tepla z oblastí rovníkových do polárnych. Pripomeňme napríklad význam Gofského prúdu pre klímu na západnom pobreží Anglicka.

Vodná para v atmosfére pôsobí rovnako niekoľkými spôsobmi.

1. Pri zrážaní vodnej pary (tvorba kvapôk vody alebo kryštálikov ľadu) sa uvoľňuje veľa tepla, ktoré zahrieva atmosféru.
2. Vodná para je veľmi účinný skleníkový plyn.
3. Zvýšením obsahu vodnej pary môže zvýšiť oblačnosť a tým i odraz slnečného žiarenia späť do vesmíru.

Ľadovce a sneh veľmi účinne odrážajú slnečné žiarenie a znižujú tepelné dôsledky skleníkového efektu. Ovšem pôda odkrytá topiacim sa ľadovcom alebo snehom pohlcuje omnoho viacej slnečného žiarenia a tak skleníkový efekt zosilňuje (Nátr, 2006).

Poučný je v tejto súvislosti fenomén El Niño je to jav vyvolaný interakciou medzi atmosférou a Tichým oceánom. Prejavuje sa prechodným zánikom studeného Peruánskeho morského prúdu pozdĺž pobrežia Južnej Ameriky a jeho nahradením teplým prúdom z rovníkovej oblasti Tichého oceánu (Šamaj, 2001).

Sopečné výbuchy uvoľňujú do atmosféry veľké množstvo plynov a prachu. Plynný SO₂ prechádza na kyselinu sírovú a potom na pevné sírany zostávajúce niekoľko rokov v stratosfére. Tieto pevné častice pohlcujú časť slnečného žiarenia a tým pôsobia ako negatívna spätná väzba na skleníkový efekt (Nátr, 2006).

1.3.2 Antropogénne príčiny klimatických zmien

Okrem týchto prírodných zmien prebiehajú v posledných storočiach na Zemi veľmi podstatné zmeny uskutočňované človekom, zmeny antropogénne. Človek si v minulom storočí osvojil sily, ktoré môžu podstatným spôsobom pretvárať túto planétu. Ukazuje sa však, že v súčasnom storočí ľudia odkrývajú ďalšie sily a prostriedky, ktorými budú schopní ešte podstatnejšie a rýchlejšie meniť podmienky na Zemi. Boli uvoľnené ohromné energetické zdroje, ktoré môžu pomôcť utvárať podmienky na Zemi priaznivé pre rozvoj a koexistenciu nielen človeka, ale väčšiny živočíšnych a rastlinných druhov. Na druhej strane pri nevhodnom použití týchto síl a prostriedkov môže človek túto planétu zdevastovať alebo dokonca priviesť na pokraj apokalypsy, napríklad uvoľnením ohromnej energie nahromadenej v arzenáloch jadrových zbraní (Kadrnožka, 2008).

1.4 Národné a medzinárodné dohody proti klimatickým zmenám

1.4.1 Rámcový dohovor OSN o klimatickej zmene (UN FCCC)

Na konferencii OSN o životnom prostredí a udržateľnom rozvoji (Rio de Janeiro, 1992) bol prijatý Rámcový dohovor o klimatickej zmene (UN FCCC – Konvencia OSN – Dohovor) – základný medzinárodný právny nástroj na ochranu globálnej klímy. Konečným cieľom Dohovoru je dosiahnuť stabilizáciu koncentrácií skleníkových plynov v atmosfére na úrovni, ktorá ešte nevyvolá nebezpečné interferencie s klimatickým systémom. Dohovor v Slovenskej republike vstúpil do platnosti 23.11. 1994 a bol v parlamente ratifikovaný v auguste 1995. Slovensko akceptovalo všetky záväzky Dohovoru, vrátane zníženia emisií skleníkových plynov do roku 2000 na úroveň roku 1990. Ďalej si Slovenská republika stanovila národný cieľ – 20 % zníženie emisií CO₂ do roku 2005 oproti roku 1988 (Torontský cieľ).

Inventarizácia emisií skleníkových plynov za rok 1990 je jednou z povinností, vyplývajúcou z Dohovoru (Marečková, Lapin 1996).

1.4.2 Kjótsky protokol

Vrcholným orgánom Rámcového dohovoru je „Konferencia zmluvných strán“, ktorá na svojom 3. zasadnutí v Kjotó roku 1997 prijala k Rámcovej dohode OSN o zmene klímy tzv. „Kjótsky vykonávací protokol“. Tento dokument predstavuje významný medzník v riešení tejto pre ľudstvo mimoriadne dôležitej problematiky. Jeho text možno považovať za mimoriadny prínos pre ďalší vývoj Zeme. Z diplomatického hľadiska je rokovanie o tomto Protokole považované za druhé najzložitejšie medzinárodné rokovanie od konca II. Svetovej vojny (po rokovaní o odzbrojení). Čo je obsahom tohto „Protokolu“. Jeho text je zameraný na stanovenie kvantitatívnych redukčných emisných cieľov zmluvných štátov a na spôsoby ich dosiahnutia. Ukladá jednotlivým štátom, aby približne do roku 2010 v priemere znížili emisie skleníkových plynov najmenej o 5,2 % v porovnaní so stavom v roku 1990. Redukcia sa týka bilancie emisií oxidu uhličitého CO₂, metánu CH₄, oxidu dusného N₂O, hydrogenovaných fluorovodíkov (HFCs), poly fluorovodíkov (PFCs) a fluoridu sírového (SH₆), vyjadrených vo forme agregovaných emisií CO₂ (Šamaj, 2001).

Jednotlivým štátom „Protokol“ stanovuje redukčné ciele uvedené v tab. 3:

Tab. 3

Redukčné ciele jednotlivých štátov podľa „Protokolu“

Hodnota emisnej redukcie v %	Štáty
8	Všetky štáty Európskej únie, časť postkomunistických krajín ,vrátane Slovenska
7	USA
6	Japonsko, Kanada, Maďarsko, Poľsko
5	Chorvátsko
0	Nový Zéland
-1	Nórsko
-8	Austrália
-10	Island

Poznámka : Záporné hodnoty redukcie znamenajú povolený emisný nárast. V prípade Slovenskej republiky ide o zníženie emisií o 8% t.j. o rovnakú hodnotu, ako bola stanovená pre všetky členské štáty Európskej únie (Šamaj, 2001).

1.4.3 Opatrenia EÚ na zmiernenie klímy

V decembri 2008 prijala EÚ jednotnú politiku v oblasti energetiky a zmeny klímy, súčasťou ktorej sú ambiciózne ciele pre rok 2020:

- znížiť emisie skleníkových plynov o 20 % (30 % v prípade dosiahnutia medzinárodnej dohody),
- znížiť spotrebu energií o 20 % prostredníctvom zvýšenia energetickej účinnosti,
- zabezpečiť 20 % energií z obnoviteľných zdrojov,
- Vďaka tomuto dokumentu by sa Európa mala vydať na správnu cestu – smerom k trvalo udržateľnej budúcnosti s nízkymi emisiami CO₂ a energeticky účinným hospodárstvom.

Príčinou celosvetového otepľovania je veľké množstvo energie, ktorú produkujú a využívajú ľudia. S narastajúcim dopytom po energiách súčasne rastie naša závislosť na fosílnych palivách (ropa, zemný plyn a uhlie). Tieto palivá, ktoré sú príčinou veľkého množstva emisií CO₂, v súčasnosti predstavujú zhruba 80 % spotreby energie EÚ.

Na to, aby EÚ dosiahla svoje ciele v boji proti zmenám klímy, je potrebný významný zlom v spôsobe využitia a výroby energie. Opatrenia EÚ sú preto zamerané na kľúčové oblasti, ako sú trhy s elektrinou a plynom, zdroje energie, správanie spotrebiteľov a užšia medzinárodná spolupráca.

EÚ mala hlavné slovo pri vytváraní dvoch medzinárodných zmlúv, ktoré sa sústredili na problematiku zmeny klímy. Jednou z nich bol Rámcový dohovor Organizácie Spojených národov o zmene klímy z roku 1992 a tou druhou Kjotský protokol z roku 1997. Sú to síce dôležité výsledky, ale nedávne vedecké štúdie dokázali, že len vďaka ambicióznym globálnym opatreniam je možné predísť tomu, aby zmeny klímy dosiahli nebezpečnú úroveň. V decembri 2009 počas konferencie OSN o zmene klímy EÚ podporila Kodanskú dohodu, považujúc ju za prvý krok smerom k právne záväznej celosvetovej dohode, ktorá nahradí Kjótsky protokol v roku 2013. Európa sa prostredníctvom záväzných právnych predpisov bezpodmienečne zaviazala, že do roku 2020 zníži emisie skleníkových plynov o 20 % v porovnaní s hodnotami z roku 1990. Na Kodanskej konferencii EÚ viackrát zdôraznila, že je pripravená posunúť úroveň až na 30 % za predpokladu, že sa aj ostatné priemyselne vyspelé krajiny zaviazajú k tomuto cieľu a rozvojové krajiny budú primerane prispievať k celkovému úsiliu. Európa

prisľúbila rozvojovým krajinám finančnú pomoc vo výške 7,2 miliardy EUR na obdobie 2010 – 2012, aby im tak na začiatku pomohla v boji proti zmenám klímy (http://ec.europa.eu/climateaction/eu_action/index_sk.htm).

1.4.4 IPCC

IPCC vznikol v roku 1988 a v jeho rámci sa približne 2500 popredných odborníkov a vedcov z celého sveta podieľa na výmene vzájomných poznatkov. IPCC má veľký vplyv najmä vďaka svojmu striktnému vedeckému prístupu k problematike. Autori správy sú nezávislí od svojich vlád a za roky svojej vedeckej činnosti nepoberajú žiadnu finančnú odmenu.

1.4.4.1 Štvrtá hodnotiacia správa - AR4

Aký je teda odkaz Sumárnej správy IPCC? Potvrďuje, že klimatické zmeny sa stali realitou. Napríklad:

- Jedenásť z posledných dvanástich rokov bolo najteplejších v histórii,
- Miera stúpania hladiny morí sa takmer zdvojnásobila z 18 cm za sto rokov v období 1961-2003 na 31 cm za sto rokov v období 1993-2003. Zrýchlenie bolo zapríčinené topením ľadovcov a polárneho snehu,
- Údaje získané satelitom ukazujú, že rozloha arktického ľadu sa od roku 1978 scvrkáva o 2,7 % za desať rokov,
- Studené noci a teploty bod bodom mrazu sú čoraz zriedkavejšie, teplé vlny častejšie,
- Za posledných sto rokov stúpol úhrn zrážok v severských krajinách a klesol v oblastiach Stredomoria, Afriky a južnej Ázie, čím sa postupne rozširujú oblasti sucha.

Teploty stúpajú čoraz rýchlejšie. Za uplynulých sto rokov sa priemerná teplota vo svete zvýšila o 0.74 °C. Ak celosvetové emisie skleníkových plynov porastú rovnakým tempom ako dnes, bude naša planéta na konci tohto storočia s najväčšou pravdepodobnosťou teplejšia o 1.8 °C až 4.0°C – v tom najhoršom prípade to bude až o 6.4 °C viac. Aj pri tej najnižšej z uvedených možností, by zmeny boli ďalekosiahle a mnoho rastlinných a živočíšnych druhov, ako aj celých ekosystémov by si s nimi len ťažko poradilo.

Medzivládny panel sa nesnaží zveličovať svoje závery, a preto pracuje len s presne stanovenými a potvrdenými údajmi. Ak sa teda v správe objavilo jednoznačne uvedené konštatovanie, že otepľovanie je zapríčinené ľudskou činnosťou, z vedeckého hľadiska ide o pravdepodobnosť hraničiacu s istotou. Celosvetové množstvo emisií z ľuďmi produkovaných skleníkových plynov stúplo od roku 1970 o hrozivých 70%, čo zapríčinilo, že koncentrácia oxidu uhličitého (CO₂) a metánu (CH₄) značne presahuje prirodzenú hladinu v atmosfére za posledných 650 000 rokov (http://ec.europa.eu/clima/sites/campaign/news/news08_sk.htm).

1.4.4.2 Piata hodnotiaca správa -AR5

Rozhodnutie o príprave piatej hodnotiacej správy (AR5) IPCC bolo na svojom 28. zasadnutí v apríli 2008. V porovnaní s predchádzajúcimi správami, bude AR5 klásť väčší dôraz na hodnotenie sociálno-ekonomických aspektov zmeny klímy a dôsledky pre trvalo udržateľný rozvoj. Jeho cieľom bude poskytnúť podrobnejšie informácie o regiónoch, najmä na klimatické javy, ako sú monzúny a El Nino. Pre zvýšenie celkovej integrácii niektorých aspektov, vrátane vody a systému Zeme, kolobeh uhlíka, ľadových príkrovov a morskej hladiny. Pozornosť bude venovaná taktiež na dôsledné vyhodnotenie neistôt a rizík, nákladov a ekonomických analýz a spracovania scenára. Na príprave piatej hodnotiacej správy sa podieľajú tri pracovné skupiny. Dokončenie správy pracovnej skupiny jedna je naplánované na september 2013. Pracovná skupina dva má naplánované ukončenie v marci 2014 a plán ukončenia správy pracovnej skupiny tri je v apríli 2014. Súhrnná správa bude dokončená v septembri 2014.

Dve osobitné správy budú vydané v roku 2011:

- osobitná správa o „Obnoviteľné zdroje energie a ochrana klímy“,
- osobitná správa o „Riadenie rizika extrémnych udalostí a katastrof na Advance prispôbením sa klimatickým zmenám“.

1.5 Scenáre a modely vývoja klímy

1.5.1 Klimatické modely

Väčšina našich vedomostí o budúcnosti klimatických zmien vychádza z klimatických modelov. Klimatické modely sú komplex troj-dimenzionálnych matematických reprezentácií z procesov zodpovedných za klímu. Tieto procesy zahŕňajú komplex interakcií medzi atmosférou, pevninou, oceánmi a morským ľadovcom. Klimatické modely simulujú globálnych distribútorov z variácií ako sú teplota, veternosť, oblačnosť a zrážky (Hodges, 2000).

Klimatické modely sú veľmi zložité, na globálnej úrovni sa počítajú pre niekoľko miliónov tzv. gridových bodov, preto je potrebné pre ich efektívny chod používať veľmi výkonné počítače. Klimatický systém samozrejme neobsahuje len atmosféru. Tvoria ho aj oceány, biosféra alebo snehový a ľadový povrch, a rovnako aj litosféra. Dobrý klimatický model preto okrem modelu atmosféry musí obsahovať aj model pre oceány, biosféru, kryosféru (sneh a ľad), pričom veľmi dôležité sú najmä fyzikálne väzby medzi jednotlivými modelmi. (http://www.shmu.sk/sk/?page=1&id=klimat_zmena_scenare)

O prognózu vývoja klímy na Zemi aspoň na jedno storočie dopredu sa pokúšajú rôzne klimatické modely. Tieto klimatické modely využívajú najnovšie a najkomplexnejšie modely pre dlhodobé predpovede počasia, ktoré však ďalej rozvíjajú a obohacujú. Popis klímy v určitom období zahrňuje priemerné hodnoty veličín, ktoré charakterizujú počasie, napríklad teploty a atmosférické zrážky v tomto období a tiež ďalšie štatistické charakteristiky, vyjadrujúce premenlivosť jednotlivých veličín. Do týchto modelov je treba zapracovať i vplyv a vývoj ľudských aktivít, napríklad časový vývoj emisií skleníkových plynov. Klímu sa nedá popisovať iba pomocou procesov v atmosfére. Atmosférické procesy sú do značnej miery spojené s procesmi v oceánoch a závisia na interakcii atmosféry so zemským povrchom. To sa prejavuje jednak vzájomným pôsobením atmosféry a zaľadnením častí zemského povrchu (kryosféry), jednak interakciami medzi pevninským a oceánskym ekosystémom (biosférou). Klimatický systém preto vytvára päť zložiek: atmosféra, oceán, pevnina, ľad a biosféra.

Do klimatického modelu je treba spracovať aspoň najdôležitejšie spätné väzby:

- a) vodná para predstavuje najdôležitejšiu spätnú väzbu, lebo v teplejšej atmosfére dochádza k intenzívnejšiemu vyparovaniu z oceánu a z vlhkého povrchu pevniny,
- b) ovplyvnenie radiácie oblačnosťou je rovnako významné, pretože radiačný transport tepla sa mení podstatným spôsobom v závislosti od oblačnosti,
- c) cirkulácia v oceánoch má tiež ma tiež podstatný vplyv na zemskú klímu,
- d) albédo ľadu vyjadruje podiel odrazeného slnečného žiarenia k dopadajúcemu slnečnému žiareniu (Kadrnožka, 2008).

Komplikovaná sieť kladných a záporných spätných väzieb spája všetky klimatotvorné prvky a súčasné modely postihujú naozaj len tie najmarkantnejšie. Pri prognózovaní vývoja klímy sa využíva výpočtová technika, ktorá má horizontálne rozlíšenie približne 500 km s 15 výškovými hladinami. Takto zostrojená sieť nad celou planétou obsahuje približne 10 000 bodov. Ak chceme pri časovom kroku jedna hodina v každom bode siete stanoviť aspoň päť klimatických prvkov, tak pri simulácii vývoja klímy na 50 rokov dopredu je potrebné vyčísliť 250 miliárd údajov, čo je veľké sústo aj pre súčasné super rýchle počítače. A to sme ešte nespomenuli simulovanie oceánskych prúdov, ktoré sú pre klímu práve také dôležité ako prúdenie v atmosfére. Navyše klimatotvorné procesy, ktoré prebiehajú v oceánoch, v porovnaní s atmosférickými procesmi trvajú až tisícnásobne dlhšie. Skĺbenie všetkých komponentov do komplexného modelu klimatického systému ostáva v súčasnosti stále veľkým problémom (Šamaj, 2001).

Tab. 4

Vývoj odhadov klimatickej citlivosti

Spracovateľ odhadu, rok publikácie	Globálna klimatická citlivosť
IPCC , 1990, 1992, 2001	2,5 (1,5 až 4,5)
Centrum výskumu klímy, USA, 2001	1,7 až 4,9
MetOffice, Veľká Británia, 2003	2,0 až 4,5
Oxfordská univerzita, Veľká Británia, 2005	3,4 až 3,5 (1,9 až 11,5)
Inštitút Maxa Plancka, Nemecko, 2005	2,5 až 4,5
Centrum výskumu klímy, USA, 2006	0,6 až 4,0
Európska štúdia, 2006	6,6 až 7,7
Americká štúdia, 2006	1,8 až 8,0
IPCC, 2007	3,0 (2,0 až 4,5)

(Kadrnožka, 2008)

V tab. 4 je vidieť zatiaľ značná neurčitosť odhadov klimatickej citlivosti danej šírkou minimálnej a maximálnej hodnoty odhadu klimatickej citlivosti, ale tiež značné rozdiely sú v odhadoch podľa rôznych spracovateľov (Kadrnožka, 2008).

1.5.2 Klimatické scenáre

Výsledkom modelovania sú scenáre klimatickej zmeny, ako vedecky zdôvodniteľné predpoklady (alternatívy) zmien atmosférického prostredia, pričom pod týmito predpokladmi sa nerozumie predpoveď, ktorá sa v určitom časovom horizonte musí naplniť. Scenáre sa však neustále vyvíjajú a spresňujú. (<http://www.galik.sk/garden/images/diskusia.pdf>)

Vždy sa pripravujú najmenej dva alternatívne scenáre podľa rôznych GCMs alebo metód. Regionálnu interpretáciu scenárov zmeny klímy môžeme robiť na základe troch primárnych metód:

1. Z výstupov modelov všeobecnej cirkulácie atmosféry (GCMs);
2. Metódou založenou na analýze analógov v historických radoch meteorologických pozorovaní;
3. Metódou tzv. prírastkových (inkrementálnych) scenárov.

Možná je tiež kombinácia všetkých troch primárnych metód. Dôležitým predpokladom je fyzikálna korektnosť (plausibility) metód prípravy scenárov klimatickej zmeny. Musíme predpokladať, že aj v budúcnosti sa klimatické pomery každého regiónu Zeme budú riadiť tými istými fyzikálnymi vzťahmi a zákonmi platnými pre meteorologické a iné procesy ovplyvňujúce klimatický systém tak, ako v súčasnosti (Lapin a Melo, 1999).

1.6 Zmeny podnebia a jeho dôsledky

Globálne zmeny klímy majú pozorovateľné účinky na životnom prostredí. Vedci veria, že globálne teploty budú naďalej stúpať po celé desaťročia a to predovšetkým kvôli produkcii skleníkových plynov ľudskou činnosťou. Medzivládny panel pre zmenu klímy (IPCC), ktorá zahŕňa viac ako 1300 vedcov zo Spojených štátov a ďalších krajín, odhaduje nárast teploty o 2,5 až 10 stupňov Celzia v priebehu budúceho storočia. IPCC predpovedá, že nárast globálnej priemernej teploty bude o 1,8 až 5,4 stupňov Fahrenheita (1 až 3 stupne Celzia) nad úroveň roku 1990. Pre niektoré

regióny to má blahodarný vplyv a v niektorých regiónoch škodlivý (<http://climate.nasa.gov/effects/>).

Pokiaľ si budeme ďalej počínať ako doteraz, stúpne do roku 2100 priemerná teplota na povrchu Zeme o tri stupne Celzia, v najhoršom prípade dokonca o šesť stupňov. Dlho predtým, než bude táto teplota dosiahnutá, zmiznú zo všetkých oblastí planéty ľadovce. V dôsledku toho nastanú extrémne výkyvy počasia – na jednej strane intenzívne dažde a záplavy, na druhej strane vražedné suchá. Dažd'ové pralesy sa zmenia na savany, pobrežné mestá zmiznú pod hladinou oceánov. Začnú sa šíriť choroby ako malária alebo cholera. Horské ľadovce, ktoré dnes poskytujú miliónom ľudí pitnú vodu, bez stopy zmiznú. Hrozí super teplá klíma, ktorá zásadným spôsobom zmení všetky formy života, pokiaľ nezačneme hneď teraz jednať (Staud, Reimer, 2007).

1.6.1 Zmeny podnebia a jeho dôsledky vo svete

Regionálne dopady globálnej zmeny podnebia, ktoré predpovedá IPCC:

Severná Amerika:

- znižovanie snehovej pokrývky v západných horách,
- 5-20 percentný nárast úhrnu dažďa v niektorých oblastiach,
- zvýšenie frekvencie, intenzity a trvania vln horúčav v mestách, ktoré v súčasnosti prežívajú.

Latinská Amerika:

- postupné nahrádzanie tropického lesa savanami vo východnej Amazónii,
- riziko významnej straty biodiverzity prostredníctvom vymierania druhov v mnohých tropických oblastiach,
- významné zmeny v dostupnosti vody pre ľudskú spotrebu, poľnohospodárstvo a výrobu energie.

Európa:

- zvýšené riziko vnútrozemských náhlych povodní;
- častejšie záplavy a zvýšenie erózie z búrok a zvyšovanie hladiny oceánov,
- ústup horských ľadovcov v horských oblastiach,
- zníženie snehovej pokrývky a následne zimnej turistiky,

-
- rozsiahle druhy strát, znížená produktivita plodín v južnej Európe.

Afrika:

- do roku 2020 je 75 až 250 miliónov ľudí medzi predpokladanými byť vystavených zvýšenej povodňovej aktivite,
- v niektorých regiónoch môžu byť do roku 2020 výnosy z poľnohospodárskej výroby znížené až o 50 percent,
- poľnohospodárska produkcia, vrátane dostupnosti potravín, môže byť vážne ohrozená.

Ázia:

- do roku 2050 sa predpokladá pokles dostupnosti pitnej vody v strednej, južnej, východnej a juhovýchodnej Ázii,
- pobrežné oblasti budú ohrozené v dôsledku častejších záplav, v niektorých regiónoch sa očakáva nárast úmrtnosti na choroby ,ktoré sú spôsobené striedaním povodní a sucha

(<http://climate.nasa.gov/effects/>).

1.6.2 Klimatické podmienky na Slovensku

Klimatické pomery Slovenska sú ovplyvnené predovšetkým polohou v strednej Európe, orografiou západných Karpát a Álp, ale tiež prevládajúcim západným atmosférickým prúdením (najmenšia vzdialenosť od Atlantického oceánu je asi 1400 km). Juhozápadná tretina Slovenska patrí podľa svetovej klimatickej klasifikácie do mierneho klimatického pásma s miernou zimou (január má teplotu vyššiu ako -3 °C), a zvyšok Slovenska do mierneho klimatického pásma s chladnejšou zimou. Ročný chod atmosférických zrážok je vcelku vyrovnaný s maximom väčšinou v júni alebo júli a s minimom väčšinou v marci alebo vo februári. Ročné obdobie od polovice júla do polovice októbra je pomerne suché, najmä v južnej polovici Slovenska. Pre južnú a východnú polovicu Slovenska je charakteristické, že vyššie úhrny zrážok alebo výdatnejšie sneženie sa tam vyskytuje iba v niektorých rokoch pri južných a juhozápadných cyklonálnych situáciách, hlavne od októbra po december a v mesiacoch máj a jún. Na druhej strane, západné a severozápadné prúdenie prináša bohatšie zrážky predovšetkým v horských oblastiach na západe a severe Slovenska.

Akékoľvek zmeny klímy, ktoré majú za následok zmeny doterajšieho charakteru atmosférického prúdenia môžu radikálne ovplyvniť uvedenú stručnú schému klimatických pomerov na celom Slovensku (Národný klimatický program, 2/1995).

1.6.3 Dôsledky klimatickej zmeny na Slovensku v oblasti poľnohospodárstva

V prípade poľnohospodárstva, vodného a lesného hospodárstva predpokladáme v najbližších sto rokoch na Slovensku predovšetkým tieto dôsledky klimatickej zmeny: vplyv suchých a relatívne teplých období, zníženie disponibilných zásob vody v prostredí vplyvom zvýšeného potenciálneho výparu a iba malého zvýšenia úhrnov zrážok, vplyv v krátkodobých a viacdenných intenzívnych zrážok (až 30 % rast), vplyv zmeny ročného režimu hydrologického cyklu (rast odtoku v zime a pokles na jar a v lete), vplyv posunu geobotanických a fenologických hraníc o 200 až 600 m nadmorskej výšky smerom nahor, skrátenie období medzi fenologickými fázami, posun fenologických fáz smerom k včasnej jari, zmeny podmienok prezimovania, zvýšenie rizika jarných mrazov, introdukcia nových rastlinných a živočíšnych druhov z teplejších oblastí (vrátane chorôb, škodcov a burín), riziko kombinovaného účinku neobvyklého počasia (vysoká teplota vzduchu, vysoká alebo nízka vlhkosť vzduchu, intenzívne búrky a víchrice, silná námraza) atď. Je preto nevyhnutné dlhodobo pripravovať odborníkov, ktorí sú schopní komunikovať v danej problematike so zahraničnými partnermi, prenášať skúsenosti zo zahraničia do domácej sféry a najmä pripravovať originálne riešenia efektívne použiteľné v slovenských podmienkach (Bárek, 2006).

1.7 Zmeny podnebia a jeho dôsledky v poľnohospodárstve

Slovensko je hornatá krajina, len 39,7 % jeho plochy sa nachádza nižšie ako 300 n.m., 53,3 % môžeme považovať za horské a 8,5 % za vysokohorské oblasti. Podiel ornej je 34,4 %, lúk a pasienkov 17,0 %, záhrad (vrátane vinohradov) 2,4 % z celkovej rozlohy. Obilniny, kukurica, zemiaky a cukrová repa sú hlavné poľnohospodárske plodiny. Klimatické podmienky ovplyvňujú rastlinnú poľnohospodársku výrobu najmä prostredníctvom radiačného, vlhkového a tepelného zabezpečenia. Niektoré plodiny sú viac ovplyvnené premenlivosťou klímy a výnimočnými meteorologickými javmi (jarné a silné zimné mrazy, vysoké teploty pri nízkej relatívnej vlhkosti, krupobitie, silný vietor, intenzívne zrážky ap.). Veľké vegetačné obdobie charakterizujeme na Slovensku

priemernými dennými teplotami $T \geq 5,0^{\circ}\text{C}$ a hlavné vegetačné obdobie $T \geq 10^{\circ}\text{C}$ (Prvá národná správa, 1995).

Jednoduché modelové výpočty, využívajú predbežné scenáre klimatických zmien, naznačujú, že očakávané oteplenie o $1-2^{\circ}\text{C}$ okolo roku 2025 a malé zmeny zrážok (rast o 10 % v zime a pokles o 10-20 % v širšom vegetačnom období) môže spôsobiť rast tepelného zabezpečenia o 7-11 % a radiačného zabezpečenia o 2-23 % . Horšie podmienky sa očakávajú v dôsledku rastu evapotranspirčného deficitu $E_o - E$ o 13-26 % (E_o je potenciálna a E aktuálna evapotranspirácia) a v dôsledku poklesu výskytu a výšky snehovej pokrývky. Očakáva sa predĺženie vegetačného obdobia o 6-8 %. Využitelná vlhkosť pôdy pravdepodobne poklesne až o 20 % v hlavných poľnohospodárskych oblastiach na juhu Slovenska (tento pokles je najdôležitejší v jarných mesiacoch od marca po máj), (Prvá národná správa, 1995).

Klimatické zmeny môžu viesť k selečnému tlaku podobne ako v iných krajinách strednej Európy. Výsledok takéhoto tlaku, ktorého funkčnosť v rámci adaptačného procesu je v dôsledku existencie mnohých interakcií komplikovaná, nie je predpovedateľný. Jedno je však isté počas adaptačného procesu môže byť stabilita ekosystémov negatívne ovplyvnená (napríklad objavením sa nového súperenia druhov, novými chorobami a škodcami, novými patogénnymi látkami, rastom nebezpečenstva požiarov a erózie pôdy). V dôsledku rastu teploty vzduchu môže dôjsť k rozšíreniu prirodzeného výskytu tropických chorôb a patogénov severným smerom. Výnimočnú dôležitosť majú (medzi priamymi dôsledkami) zmeny chemizmu atmosféry aj efekty spojené s rastom CO_2 a zmenami koncentrácie oxidantov. Všetky efekty spojené s týmito procesmi sú platné tak pre prírodné efekty, ako aj človekom ovplyvnené ekosystémy, a tak pre poľnohospodárske, ako aj pre lesné ekosystémy. Zraniteľnosť lesov je pravdepodobne oveľa vyššia, vďaka dlhšiemu životnému cyklu stromov. Na druhej strane, ekosystémy poľnohospodárskych polí sú viac poškodené ľudskou činnosťou (Prvá národná správa, 1995).

1.7.1 Zmena fenologických pomerov

Zmeny teploty, úhrnov zrážok, ale aj iných faktorov prostredia menia časový priebeh životných prejavov rastlín, t.j. nástupy fenofáz, a tým aj dĺžky fenofázových intervalov a celých vegetačných období jednotlivých plodín. Predpokladom pre tento scenár sú predikované základné ukazovatele agroklimatických pomerov veľkého

vegetačného obdobia ako vzrast sumy denných teplôt (o 32 až 55 %), zvýšenie sumy fotosynteticky aktívneho žiarenia o 10 až 25 %, vzrast výparu na severe Slovenska až o 20 %. Pre vegetačné obdobia ohraničené fyziologicky významnými teplotami k časovému horizontu roka 2075 platí uskorenie nástupu a oneskorenie ukončenia fenofáz. K roku 2075 sa predpokladá vzrast produkčného potenciálu biomasy na južnom Slovensku o 10 % , na severe Slovenska o 25 %. Predpokladá sa posun plne rentabilného pestovania kukurice do n.v. 500 m a rentabilného pestovania kukurice do n.v. 800 m (ŠIŠKA a kol. 2002). Zmeny fenologických pomerov v lokalite Hurbanovo udáva tab. 5.

Tab. 5
Zmeny fenologických pomerov v lokalite Hurbanovo

Scenár	Časový horizont	VVO			VO		
		Z	K	Trvanie	Z	K	Trvanie
	1951-1980	15.3.	15.11.	264	13.4.	15.10.	184
CCCM	2010	6.3.	22.11.	262	6.4.	22.10.	198
GISS		5.3.	26.11.	267	5.4.	23.10.	198
GFD3		6.3.	24.11.	264	4.4.	24.10.	200
dT1		10.3.	21.11.	256	9.4.	20.10.	191
dT2		4.3.	28.11.	269	5.4.	24.10.	192
CCCM	2030	28.2.	25.11.	270	2.4.	26.10.	197
GISS		25.2.	4.12.	282	30.3.	30.10.	215
GFD3		28.2.	30.11.	275	29.3.	30.10.	216
wdT1		6.3.	25.11.	265	6.4.	22.10.	189
dT2		24.2.	7.12.	286	30.3.	30.10.	215
CCCM	2075	13.2.	5.12.	295	20.3.	3.11.	228
GISS		28.1.	1.1.	339	15.3.	13.11.	243
GFD3		16.2.	13.2.	300	15.3.	10.11.	240
dT1		25.2.	5.12.	283	31.3.	29.11.	213
dT2		19.1.	12.1.	360	15.3.	16.11.	246

Dátum nástupu (Z) a ukončenia (K) veľkého a hlavného vegetačného obdobia a ich trvanie v dňoch v Hurbanove (NKP, 4/1996).

1.7.2 Zmena agroklimatických pomerov na Slovensku

K časovému horizontu roka 2075 sa očakávala v južných najnižšie položených častiach Slovenska zvýšenie sumy denných priemerov teploty vzduchu za veľké vegetačné obdobie o 32 % a v severných častiach Slovenska až o 55 %. V južných , najnižších polohách Slovenska zvýšenie Q_{FAR} za HVO o $72 \text{ kWh}\cdot\text{m}^{-2}$,t.j. o 17 % , v severných polohách o $115 \text{ kWh}\cdot\text{m}^{-2}$, t.j. o 58 % . Vzrast úhrnov zrážok v HVO na

južnom Slovensku o 27 mm, a na severe Slovenska o 202 mm. Úhrny evapotranspirácie sa k časovému horizontu roka 2075 budú zrejme na nížinách meniť iba nepatrne alebo vôbec. Na južnom Slovensku vzrastie evapotranspirácia do roku 2075 pravdepodobne o 6 % , na severnom Slovensku až o 20 % (Sobocká a kol. 2005).

1.7.3 Zmena evapotranspirácie

K najdôležitejším charakteristikám patrí evapotranspiračný deficit vyjadrený rozdielom potenciálnej a aktuálnej evapotranspirácie ($dE = E_o - E$ v mm). K roku 2075 sa predpokladá zvyšovanie dE za veľké vegetačné obdobie ($T \geq 5^\circ\text{C}$) na južnom Slovensku

o 126 mm na severe Slovenska až o 7 - násobok súčasného stavu. Z hľadiska ekosystémov v klimatických podmienkach Slovenska je táto skutočnosť závažná, pretože vysušanie prostredia nastane pravdepodobne v skorších mesiacoch roka, nakoľko zrážkové scenáre predpokladajú v druhej polovici vegetačného obdobia zrážkové úhrny nižšie ako tomu bolo v minulosti. To na väčšine území Slovenska v nadmorskej výške do 400 m n. m. spôsobí nedostatok vody v pôdnom profile pôd s nízkou hladinou podzemných vôd a teda silne závislých od atmosférických zrážok (Štvrtá národná správa o zmene klímy SR, 2005).

1.7.4 Zmeny podmienok prezimovania

Zima je obdobie, v ktorom na rastliny pôsobí komplex faktorov počasia. Agroklimatické analýzy ukázali, že podmienky prezimovania interakčne ovplyvňujú extrémne minimálne teploty, výška a trvanie snehovej pokrývky a hĺbka premrzania pôdy. Pri analýze možných dôsledkov očakávanej zmeny klímy je potrebné uvažovať s fyzikálnymi mechanizmami, ktoré môžu viesť k postupným zmenám zložiek rovnice vodnej bilancie. Je to hlavne znižovanie zásob snehu, ktoré tvoria časť úhrnov zimných zrážok, skorší nástup kladných teplôt na jar, čo zapríčiní intenzívnejšie topenie snehovej pokrývky a rastúci trend úhrnov evapotranspirácie v zimných mesiacoch. Podľa scenárov modelu CCCM sa očakáva, že na Podunajskej a Záhorskej nížine budú priemerné mesačné teploty vzduchu kladné počas celého roka už od časového horizontu 2030. Na južnom a východnom Slovensku takéto teplotné pomery očakávame až k roku 2075. Kotlinové polohy stredného a severného Slovenska sa budú vyznačovať zápornými januárovými teplotami až k roku 2075. V polohách nad 800 m očakávame

záporné mesačné teploty od decembra do februára aj k roku 2075 (Štvrtá národná správa o zmene klímy SR, 2005).

1.7.5 Zmeny agroklimatického produkčného potenciálu

Potenciálnou úrodou plodiny sa chápe úroda zodpovedajúca maximálnemu využitiu faktorov vonkajšieho prostredia alebo úroda dosiahnutá pri maximálnej rýchlosti fotosyntézy. K rozhodujúcim faktorom vonkajšieho prostredia patrí príkon fotosynteticky aktívneho žiarenia do biologickej sústavy. Podľa jeho časovo priestorových zmien sa menia aj potenciálne úrody plodín.(tab. 6) (NKP, 4/1996).

Tab. 6

Potenciál tvorby biomasy podľa príkonu radiačnej energie za veľké (VVO) a hlavné (HVO) vegetačné obdobie a odchýlky v porovnaní s referenčným časovým radom podľa scenárov klimatickej zmeny do roku 2075 v Hurbanove

Scenár	Časový horizont	VVO		HVO	
		U_{pQ} [kg.m ⁻²]	%	U_{pQ} [kg.m ⁻²]	%
1951-1980		4,37	-	3,74	-
CCCM	2010	4,71	7,79	4,10	9,68
GISS		4,74	8,50	4,13	10,45
GFD3		4,72	8,00	4,16	11,22
dT1dR1		4,66	6,55	4,03	7,65
dT1dR2		4,66	6,55	4,03	7,65
dT1dR3		4,66	6,55	4,03	7,65
dT2dR1		4,76	9,00	4,14	10,71
dT2R2		4,76	9,00	4,14	10,71
dT2R3		4,76	9,00	4,14	10,71
CCCM	2030	5,21	19,17	4,58	22,49
GISS		5,28	20,74	4,67	24,90
GFD3		5,23	19,75	4,68	25,26
dT1dR1		5,13	17,44	4,46	19,15
dT1dR2		5,13	17,44	4,46	19,15
dT1dR3		5,13	17,44	4,46	19,15
dT2dR1		5,30	21,17	4,67	24,90
dT2R2		5,30	21,17	4,67	24,90
dT2R3		5,30	21,17	4,67	24,90
CCCM	2075	6,42	46,90	5,77	54,31
GISS		6,67	52,67	5,91	58,14
GFD3		6,43	47,03	5,90	57,64
dT1dR1		6,31	44,29	5,55	48,39
dT1dR2		6,31	44,29	5,55	48,39
dT1dR3		6,31	44,29	5,55	48,39
dT2dR1		6,78	55,12	5,93	58,64
dT2R2		6,78	55,12	5,93	58,64
dT2R3		6,78	55,12	5,93	58,64

(NKP, 4/1996)

1.7.6 Dôsledky klimatickej zmeny na podmienky rastlinnej výroby na Slovensku

V rámci impaktových štúdií vplyvu zmien klímy na rastlinnú produkciu sa rozoznáva tzv. priamy, nepriamy a kombinovaný vplyv zvýšenej koncentrácie CO₂ na tvorbu fytomasy rastlín. Priamy vplyv, často označovaný ako CO₂ – fertilizačný efekt (Dhakwa et al. 1997) sa vzťahuje k zvýšenej intenzite fotosynézy a následné zvýšenej využiteľnosti vody rastlinou. Experimentálne bolo dokázané, že na dvojnásobné zvýšenie koncentrácie CO₂ rastliny reagujú zvýšením rýchlosti fotosyntézy v rozpätí 30-50 % (Woodward et al., 1991, IDSO, IDSO, 1994), pričom stimulačný efekt nie je viazaný len na prostredie radiačne nasýtené (Long, Drake, 1991). Zvýšenie rýchlosti fotosyntézy sa potom prejavuje I v náraste fytomasy.

Za nepriamy vplyv sa považuje vplyv zmeny meteorologických prvkov (klimatického systému), vyvolaných skleníkovým efektom CO₂ – klimatickej zmeny (Mearns et al., 1997). Najvhodnejším prostriedkom na štúdium klimatického systému a jeho zmien sú klimatické modely všeobecnej cirkulácie atmosféry (General Circulation Models – GCMs). Regionálne výstupy GCMs neumožňujú tvorbu podrobných scenárov zmeny klímy v lokálnom meradle a preto na regionálnej úrovni sú dopĺňané scenármi získanými štatistickými metódami (Melo, 2004).

1.7.6.1 Trvanie vegetačného obdobia

Na základe analýzy jednotlivých rokov vyplýva, že ku koncu hodnoteného obdobia môže v podmienkach Podunajskej nížiny veľké vegetačné obdobie pretrvávať aj počas celej zimy. Táto skutočnosť môže nepriaznivo ovplyvniť prezimovanie niektorých ovocných drevín. Smerom na sever, hlavne vplyvom vzostupu nadmorskej výšky, sa nástup VVO postupne urýchľuje, ukončenie oneskoruje a trvanie výrazne mení (NKP, 12/2008).

1.7.6.2 Zmeny teplotných pomerov vo VVO

Predpokladané otepľovanie výrazne ovplyvní aj súčasnú regionalizáciu poľnohospodárskej výroby a pásmovitosť rozmiestnenia poľných i záhradníckych plodín. V južných, najnižšie položených častiach Slovenska, sa TS5 zvýši v

podmienkach klímy 2xCO₂ (stanica Hurbanovo) o 22 %, smerom k vyššie položeným oblastiam Slovenska však relatívne zabezpečenie VVO teplotnými sumami rastie a dosahuje zvýšenie až o 45 % . Z priestorových zmien rozloženia TS5 na Slovensku pre podmienky klímy 1xCO₂ a 2xCO₂ vyplýva, že v podmienkach klímy 1xCO₂ TS5>3200 °C bola dosahovaná na ploche 12 880 km² (27 %) . V podmienkach klímy 2x CO₂ tieto parametre bude spĺňať viac ako 35 000 km² územia SR, čo predstavuje viac ako 80 % hodnoteného územia. To umožní posun pestovania teplotne náročnejších plodín z dnešných podmienok Podunajskej a Východoslovenskej nížiny až do polôh kotlín Liptova a Turca (posun z 200 m na 650 m) (NKP, 12/ 2008).

1.7.7 Zmeny vo výskyte chorôb, škodcov a burín

Teplota patrí k najdôležitejším faktorom prostredia, ovplyvňujúcim biologické systémy patogénov a živočíšnych škodcov rastlín. Je regulátorom intenzity ich reprodukčných procesov a tým aj ich výskytu a stupňa škodlivosti. Pri vyšších teplotách v budúcnosti sa predpokladá vyšší výskyt hniloby jadrového ovocia, spôsobený hubou *Monilia fructigena*, múčnatky viniča, múčnatky jablonovej, vyšší výskyt vírusových ochorení. Pre výskyt škodcov majú význam teplotné extrémny zimy. Nízke teploty v zime znižujú napr. výskyt vrtivky čerešňovej, ale aj iných škodcov. Vysoká vlhkosť vzduchu pôdy môže podporovať výskyt vošiek ako prenášačov šarky sliviek. Otepľovanie spôsobí zvýšenie vzhádzania semien a plodov z hlbších vrstiev pôdy, zvýši sa podiel teplomilných druhov burín, predpokladá sa zmena účinnosti herbicídov (Štvrtá národná správa o zmene klímy SR, 2005).

1.7.8 Dôsledky klimatickej zmeny na podmienky živočíšnej výroby na Slovensku

Živočíšna výroba a produktivita pasienkov bude tiež ovplyvnená. Ak zmeny v poľnohospodárskej produkcii povedú k vyšším cenám obilia chovanie dobytky bude drahšie. Globálne oteplenie by nemalo mať vplyv na lov rýb, hlavne na mori. Dopady by sa mohli prejaviť na národnej resp. lokálnej úrovni, kde by sa mohlo zmeniť zloženie druhov rýb. Takéto lokálne javy by mohli prehĺbiť problémy v krajinách závislých na miestnom rybárstve. Vo všeobecnosti platí, že pozitívnym javom by mala byť dlhšia reprodukčná sezóna, nižšia úmrtnosť počas zimných mesiacov a rýchlejší rast rýb vo vyšších zemepisných polohách. Negatívnym javom by malo byť ovplyvnenie

reprodukčnej schopnosti, migračných ciest a vzťahov ekosystému
(<http://www.seps.sk/zp/fond/klima02/klima.htm>).

2 Cieľ práce

Cieľom tejto bakalárskej práce bolo získať potrebné informácie o príčinách a dôsledkoch klimatickej zmeny v poľnohospodárstve a následne posúdiť zmeny zrážkových pomerov v rokoch 1961 – 2010 v lokalite Nitra, formou matematicko-štatistickej analýzy výpočtu variability atmosférických zrážok letného polroka (IV. – IX mesiac).

3 Metodika práce

V nadväznosti na klimatickú zmenu, v rámci ktorej dochádza k postupným zmenám energetickej, ale aj vodnej bilancie globálne, ale zvlášť lokálne, má svoje opodstatnenie hodnotenie vodného režimu aj formou matematicko-štatistickej analýzy výpočtu variability atmosférických zrážok letného polroka (IV. – IX. mesiac). Variabilita je schopnosť premenlivosti. Platí to pre procesy biologické, fyzikálne, klimatické, hydrologické ale aj iné. V klimatológii a hydroológii je zvlášť dôležité stanovenie častosti výskytu určitého javu. Ide o zistenie, či napr. určité množstvo zrážok, alebo nahromadenej slnečnej energie je v danej oblasti normálnym javom, alebo je ovplyvnený určitými mimoriadnymi vplyvmi (Špánik a kol., 2008).

Pre tento druh matematicko-štatistických analýz Paerson odvodil celý systém kriviek rozdelenia častosti. Klimatickým a hydrologickým javom zvlášť vyhovuje krivka častosti III. typu.

3.1 Materiál

K spracovaniu témy boli použité klimatické dáta z Agrometeorologickej stanice Nitra ($\gamma = 48^{\circ} 19'$, $\lambda = 18^{\circ} 07'$, 172,6 m n.m.) za roky 1961 – 2010, ktorá leží v povodí rieky Nitra, s nadmorskou výškou od 138 m n.m., a preto reprezentuje pomerne širokú oblasť Podunajskej nížiny, Veľkého žitného ostrova, ktorá je prevažne poľnohospodársky využívaná. Zo SSZ povodie vymedzuje Nitrianska pahorkatina, zo S pohorie Trábeč, SSV Pohronský Inovec a zo SV a V Pohronská pahorkatina.

3.2 Analýza, spracovanie a triedenie dát

Pri získavaní kvalitných dát sme postupovali nasledovne:

Krok 1: Úprava nameraných dát a transformácia do digitálnej formy,

Krok 2: Vytriedenie potrebných vstupných údajov zrážkových úhrnov pre hodnotenie letného polroka (IV. – IX mesiac),

Krok 3: Kompletizácia a zoskupenie meteorologických dát z rokov 1961-2010 do vstupných súborov.

3.3 Hodnotenie výsledkov

Pri riešení danej témy sa postupovalo podľa nasledovného postupu:

Krok 1: Analyzovanie a kontrola vstupných údajov,

Krok 2: Vytriedenie vstupných údajov pre zvolenú matematicko-štatistickú metódu,

Krok 3: Spracovanie dát pomocou matematicko-štatistickej metódy,

Krok 4: Porovnanie a vyhodnotenie výsledkov formou grafov.

3.4 Metodika výpočtu variability atmosférických zrážok letného polroka (IV. – IX mesiace) za roky 1961-2010.

Pre výpočet variability sa použila metodika podľa Šiška, Špánik a kol. 2005:

- Stanovenie parametrov variability k úhrnom zrážok v Nitre za roky 1961 – 2010 (IV. – IX mesiace): - priemer Z , K , $K-1$, $(K-1)^2$ a $(K-1)^3$,
- Výpočet súčiniteľa asymetrie C_s :

$$C_s = \frac{\sum (K-1)^3}{C_v^3 \cdot (N-1)} \quad (1)$$

Kde:

K – je pomer úhrnu zrážok i -tého člena (Z_i) a priemerného úhrnu zrážok celého súboru (Z)

N – je počet členov súboru (rokov)

- Výpočet súčiniteľa variácie C_v :

$$C_v = \sqrt{\frac{(K-1)^2}{N-1}} \quad (2)$$

- Stanovenie parametra θ podľa tabuľky B.I. Serpíkovej k vypočítanému C_s pri príslušnom stupni zabezpečenia jave (p v % od 0,1 do 99,9),
- Výpočet parametra K_p podľa vzorca:

$$K_p = \theta \cdot C_v + 1 \quad (3)$$

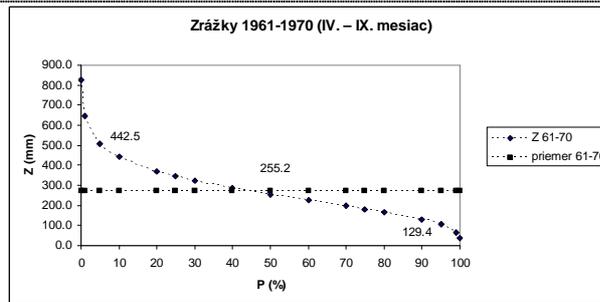
-
- Výpočet parametra μ pre zostavenie Pearsonovej krivky III. typu:

$$\mu = Z.K_p \quad (4)$$

4 Výsledky práce

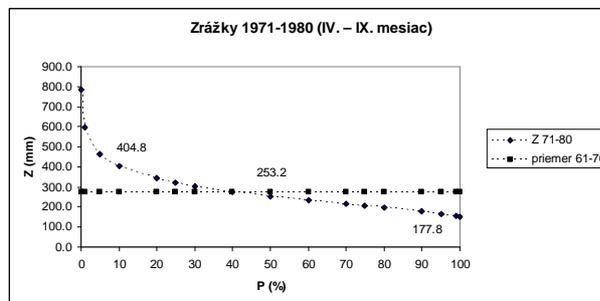
Na základe použitej metodiky stanovenia variability Pearsonovou frekvenčnou krivkou III. typu bolo hodnotené obdobie rokov 1961-2010 pre lokalitu Nitra. 50 ročný rad nepretržitých pozorovaní úhrnov zrážok v spomínanom hodnotenom období bol analyzovaný matematicko-štatistickým výpočtom. Vypočítané hodnoty boli následne spracované a výstupy sú vo forme grafického znázornenia (obr. 1, obr. 2, obr. 3, obr. 4, obr. 5, obr. 6).

Pre sledované obdobie rokov 1961–1970 z obrázku 1 vyplýva, že pri 10% zabezpečení je suma zrážok za obdobie IV. – IX. mesiaca 442.5 mm, pri 50% zabezpečení je suma zrážok za dané obdobie 255.2 mm a pri 90% zabezpečení je suma zrážok za sledované obdobie mesiacov 129,4 mm. Z obrázku 2 vyplýva, že pri 10% zabezpečení je suma zrážok za obdobie IV. – IX. mesiaca 404.8 mm, pri 50% zabezpečení je suma zrážok za dané obdobie 253.2 mm a pri 90% zabezpečení je suma zrážok za sledované obdobie mesiacov 177,8 mm. Ako môžeme nižšie vidieť pre obdobie rokov 1981–1990 z obrázku 3 vyplýva, že pri 10% zabezpečení je suma zrážok za obdobie IV. – IX. mesiaca 342.5 mm, pri 50% zabezpečení je suma zrážok za dané obdobie 257.6 mm a pri 90% zabezpečení je suma zrážok za sledované obdobie mesiacov 179,1 mm. Z nasledovného obrázku 4 vyplýva, že pri 10% zabezpečení je suma zrážok za obdobie IV. – IX. mesiaca 379.2 mm, pri 50% zabezpečení je suma zrážok za dané obdobie 252.6 mm a pri 90% zabezpečení je suma zrážok za sledované obdobie mesiacov 146,8 mm. Posledné sledované obdobie bolo pre roky 2000–2010, kde z obrázku 5 vyplýva, že pri 10% zabezpečení je suma zrážok za obdobie IV. – IX. mesiaca 428.8 mm, pri 50% zabezpečení je suma zrážok za dané obdobie 253.7 mm a pri 90% zabezpečení je suma zrážok za sledované obdobie mesiacov 176,6 mm.



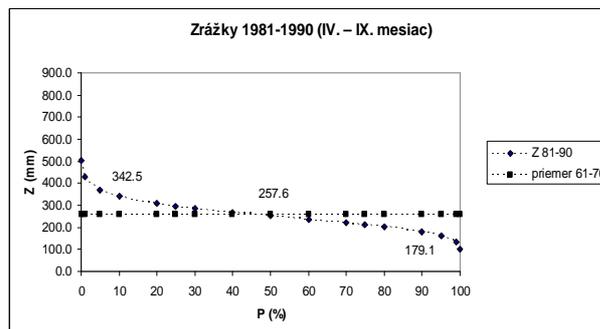
Obr. 1

Variabilita atmosférických zrážok v Nitre za roky 1961-1970 (mesiace IV. – IX.)
podľa Parsonovej frekvenčnej krivky III. typu



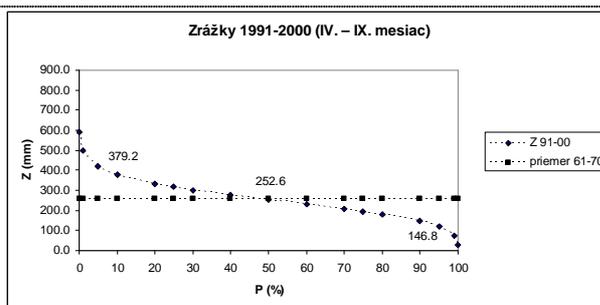
Obr. 2

Variabilita atmosférických zrážok v Nitre za roky 1971-1980 (mesiace IV. – IX.)
podľa Parsonovej frekvenčnej krivky III. typu.



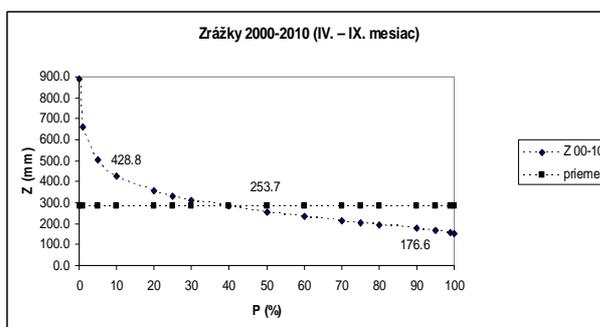
Obr. 3

Variabilita atmosférických zrážok v Nitre za roky 1981-1991 (mesiace IV. – IX.)
podľa Parsonovej frekvenčnej krivky III. typu.



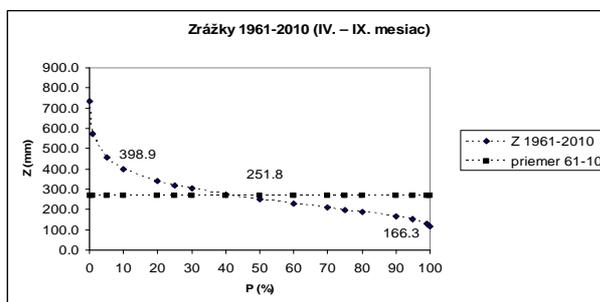
Obr. 4

Variabilita atmosférických zrážok v Nitre za roky 1991-2000 (mesiace IV. – IX.) podľa Parsonovej frekvenčnej krivky III. typu.



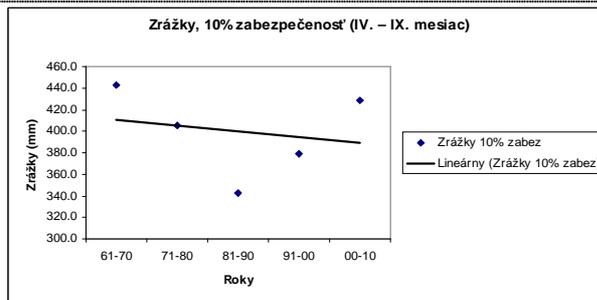
Obr. 5

Variabilita atmosférických zrážok v Nitre za roky 2000-2010 (mesiace IV. – IX.) podľa Parsonovej frekvenčnej krivky III. typu.



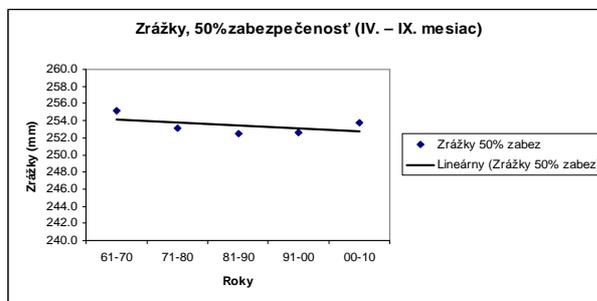
Obr. 6

Variabilita atmosférických zrážok v Nitre za roky 1961-2010 (mesiace IV. – IX.) podľa Parsonovej frekvenčnej krivky III. typu.



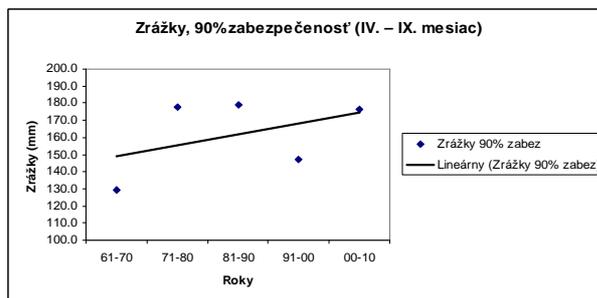
Obr. 7

**Variabilita atmosférických zrážok v Nitre po desaťročiach za roky 1961-2000
(mesiace IV. – IX.) pri 10% zabezpečení**



Obr. 8

**Variabilita atmosférických zrážok v Nitre po desaťročiach za roky 1961-2000
(mesiace IV. – IX.) pri 50% zabezpečení**



Obr. 9

**Variabilita atmosférických zrážok v Nitre po desaťročiach za roky 1961-2000
(mesiace IV. – IX.) pri 90% zabezpečení**

Podľa zvolenej metodiky boli pre nás zaujímavé 3 stavy zabezpečenia zrážkami a to:

- 10% zabezpečenia javu,
- 50% zabezpečenia javu,
- 90% zabezpečenia javu.

Na základe zvolenej metodiky boli vybrané úhrny zrážok po jednotlivých desaťročiach k 10%, 50% a 90%-ám zabezpečenia (Tab. 7).

Tab. 7

Tabuľka úhrnov zrážok k jednotlivým desaťročiam (obdobie rokov 1961-2010) k 10%, 50% a 90%-ám zabezpečenia

p (%)	Z.K _p (mm)				
	1961-70	1971-80	1981-90	1991-00	2001-10
0.1	824.7	786.3	502.7	592.6	889.1
1	646.2	598.0	430.0	496.9	662.3
5	507.9	465.7	371.5	418.5	501.5
10	442.5	404.8	342.5	379.3	428.8
20	370.8	343.0	309.7	333.7	356.1
25	345.7	321.8	297.5	316.4	331.9
30	324.3	305.3	287.2	301.8	312.1
40	287.9	276.4	268.6	276.3	286.8
50	255.2	253.2	252.5	252.6	253.7
60	226.2	232.9	236.4	230.7	231.7
70	197.3	214.5	220.3	207.0	213.0
75	182.2	205.9	212.0	194.2	204.2
80	167.1	197.2	202.9	181.5	194.3
90	129.4	177.8	179.1	146.8	176.6
95	104.3	167.2	161.8	120.4	166.7
99	65.3	154.7	131.5	73.9	157.9
99.9	35.1	149.8	103.2	27.4	154.6

Následne z vyššie uvedených hodnôt v tab.7 boli zostrojené grafy (obr. 7, 8, 9). Z obr. 7 vidno, že pri 10%-tnej zabezpečení vysoké zrážkové úhrny majú klesajúci trend. Tento trend bol ovplyvnený predovšetkým vysokými nadpriemernými úhrnmi zrážok, ktoré sa vyskytli za sledované obdobia (IV. – IX.) v rokoch 1965 (485,6 mm zrážok), 1966 (495,1 mm zrážok), 1972 (499,8 mm zrážok), 1996 (424,9 mm zrážok) a v 2010 (565,9 mm zrážok). Tieto spadnuté úhrny zrážok si v porovnaní s dlhodobým priemerom (IV. – IX) pre lokalitu Nitra 316 mm vysoko nad normál.

Pri 50%-tnej zabezpečení vysoké zrážkové úhrny majú len mierne klesajúci trend o čom pojednáva obrázok 8. Z obrázku 9 možno vidno, že pri 90%-tnej zabezpečení nízke zrážkové úhrny majú rastúci trend. Tento trend bol ovplyvnený výskytom nízkych zrážkových úhrnov posledných 2 desaťročiach sledované obdobia 1961 – 2010 (letný polrok IV. – IX.).

Porovnaním výsledkov hodnotenia nevidno výrazné zmeny v úhrnoch zrážok za sledované obdobie posledných 50-tich rokov v letnom polroku (IV. – IX.). Ale možno si však všimnúť zvyšovanie sa období s veľmi nízkymi zrážkami a naopak s veľmi vysokými zrážkami t.j. nerovnomernou distribúciou zrážok (tab. 8).

Tab. 8

Úhrny atmosférických zrážok v mm v Nitre za roky 1961-2010 a parametre variability

n	Rok	Z (mm)						K=Zj/Z	K-1	(K-1) ²	(K-1) ³	
	Počet dasatinných miest											
		IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	1	4	4	5	5
1	1961	39.8	70.3	48.0	40.5	14.0	4.5	212.6	0.7872	-0.2128	0.0453	-0.0096
2	1962	30.1	63.3	10.0	23.8	8.6	22.3	135.8	0.5028	-0.4972	0.2472	-0.1229
3	1963	8.8	48.0	139.8	20.8	115.6	82.3	333.0	1.2329	0.2329	0.0543	0.0126
4	1964	26.6	74.5	79.0	49.6	28.2	26.5	257.9	0.9549	-0.0451	0.0020	-0.0001
5	1965	76.6	127.9	119.7	111.7	49.7	47.2	485.6	1.7980	0.7980	0.6367	0.5081
6	1966	63.4	117.2	77.2	118.9	118.4	8.5	495.1	1.8331	0.8331	0.6941	0.5783
7	1967	36.1	28.7	65.3	32.3	10.5	51.5	172.9	0.6402	-0.3598	0.1295	-0.0466
8	1968	16.8	19.9	35.9	36.8	82.2	48.8	191.6	0.7094	-0.2906	0.0844	-0.0245
9	1969	13.4	29.7	10.8	45.7	108.9	19.4	208.5	0.7720	-0.2280	0.0520	-0.0119
10	1970	43.2	32.1	46.6	34.3	91.0	17.7	247.2	0.9153	-0.0847	0.0072	-0.0006
11	1971	29.8	80.0	59.8	48.0	47.8	38.4	265.4	0.9827	-0.0173	0.0003	0.0000
12	1972	102.7	149.2	64.5	147.4	36.0	35.6	499.8	1.8505	0.8505	0.7234	0.6153
13	1973	67.1	5.9	96.5	40.9	36.5	82.8	246.9	0.9142	-0.0858	0.0074	-0.0006
14	1974	31.5	61.5	43.4	26.7	89.6	38.5	252.7	0.9356	-0.0644	0.0041	-0.0003
15	1975	23.3	41.0	94.5	47.6	56.3	29.5	262.7	0.9727	-0.0273	0.0007	0.0000
16	1976	28.9	25.7	21.9	43.6	62.8	79.3	182.9	0.6772	-0.3228	0.1042	-0.0336
17	1977	40.0	33.4	14.3	50.1	68.4	56.7	206.2	0.7635	-0.2365	0.0559	-0.0132
18	1978	46.2	38.8	31.2	43.5	20.5	22.5	180.2	0.6672	-0.3328	0.1108	-0.0369
19	1979	95.7	27.7	114.9	82.6	50.5	36.8	371.4	1.3751	0.3751	0.1407	0.0528
20	1980	64.7	44.7	74.9	74.9	36.2	26.9	295.4	1.0937	0.0937	0.0088	0.0008
21	1981	18.9	37.5	71.9	45.2	52.3	88.6	225.8	0.8360	-0.1640	0.0269	-0.0044
22	1982	3.2	42.3	39.5	88.0	51.5	49.8	224.5	0.8312	-0.1688	0.0285	-0.0048
23	1983	19.4	79.9	82.9	16.0	67.8	19.4	266.0	0.9849	-0.0151	0.0002	0.0000
24	1984	18.4	24.7	57.7	31.6	36.9	104.4	169.3	0.6268	-0.3732	0.1392	-0.0520
25	1985	21.7	117.3	80.7	82.1	84.6	11.9	386.4	1.4307	0.4307	0.1855	0.0799
26	1986	21.1	21.7	92.6	25.6	64.7	11.6	225.7	0.8357	-0.1643	0.0270	-0.0044
27	1987	52.6	106.5	71.8	18.9	44.8	29.0	294.6	1.0908	0.0908	0.0082	0.0007

28	1988	9.1	114.0	30.1	10.7	112.8	48.6	276.7	1.0245	0.0245	0.0006	0.0000
29	1989	38.7	33.2	92.4	75.9	76.3	15.9	316.5	1.1719	0.1719	0.0295	0.0051
30	1990	66.0	34.5	53.1	29.7	7.5	48.3	190.8	0.7064	-0.2936	0.0862	-0.0253
31	1991	34.9	48.7	38.7	59.8	13.3	30.4	195.4	0.7235	-0.2765	0.0765	-0.0211
32	1992	31.6	19.9	43.9	60.5	1.4	40.0	157.3	0.5824	-0.4176	0.1744	-0.0728
33	1993	17.8	19.4	72.9	75.8	44.5	34.5	230.4	0.8531	-0.1469	0.0216	-0.0032
34	1994	93.7	109.9	29.4	32.9	59.8	110.0	325.7	1.2059	0.2059	0.0424	0.0087
35	1995	73.5	63.0	88.5	0.1	62.2	83.5	287.3	1.0637	0.0637	0.0041	0.0003
36	1996	103.3	143.0	49.8	69.4	59.4	78.1	424.9	1.5732	0.5732	0.3286	0.1883
37	1997	30.1	43.5	61.3	117.2	13.4	27.9	265.5	0.9830	-0.0170	0.0003	0.0000
38	1998	46.7	33.1	28.8	61.4	31.2	149.6	201.2	0.7450	-0.2550	0.0650	-0.0166
39	1999	59.6	30.0	131.5	90.6	47.1	7.1	358.8	1.3285	0.3285	0.1079	0.0354
40	2000	26.8	27.6	6.2	60.9	21.5	52.3	143.0	0.5295	-0.4705	0.2214	-0.1042
41	2001	20.0	49.1	18.0	72.0	23.8	101.5	182.9	0.6772	-0.3228	0.1042	-0.0336
42	2002	44.5	62.3	68.5	50.9	0.0	62.1	226.2	0.8375	-0.1625	0.0264	-0.0043
43	2003	27.0	44.5	6.5	92.0	23.8	15.5	193.8	0.7176	-0.2824	0.0798	-0.0225
44	2004	36.3	36.9	93.8	33.8	19.4	36.7	220.2	0.8153	-0.1847	0.0341	-0.0063
45	2005	78.7	60.9	31.5	59.0	94.5	47.1	324.6	1.2018	0.2018	0.0407	0.0082
46	2006	48.1	95.6	63.9	21.7	84.0	12.7	313.3	1.1600	0.1600	0.0256	0.0041
47	2007	0.0	106.7	36.0	35.6	78.9	91.2	257.2	0.9523	-0.0477	0.0023	-0.0001
48	2008	35.2	52.3	101.0	96.8	6.0	97.2	291.3	1.0786	0.0786	0.0062	0.0005
49	2009	20.0	37.9	81.1	94.1	26.1	47.2	259.2	0.9597	-0.0403	0.0016	-0.0001
50	2010	95.3	157.1	158.3	51.9	103.3	76.7	565.9	2.0953	1.0953	1.1996	1.3139
Suma								13504.2	50.0000	0.0000	6.2036	2.7365
Priemer								270.1	1.0000			

 obdobie s veľmi nízkym úhrnom zrážok pod 10 mm

5 Záver

„Ako to teda je?“ názory a pohľady na klimatickú zmenu sa rôznia, aj medzi samotnými vedcami. Na jednej strane je skupina, ktorá sa označuje za alarmistickú – sú to ľudia, ktorí publikujú a šíria informácie o tom aké je globálne otepľovanie nebezpečné a aký je to závažný problém pre celú planétu a ľudstvo. Toralf Staud a Nick Reimer vo svojej publikácii „Zachráňme klímu ešte nie je neskoro“ vydanéj v roku 2007 prezentujú závažnosti klimatickej zmeny a popisujú ako predísť klimatickej zmene podľa mňa extrémnou formou pre väčšinu z nás.

Na druhej strane sú vedci, ktorí popierajú klimatickú zmenu alebo minimálne vyvracajú tvrdenie alarmistov. Ako napríklad pohľad Miroslava Kutílka, prezentovaný v jeho knihe Racionálne o globálnom otepľovaní.

Porovnaním výsledkov hodnotenia nevidno výrazné zmeny v úhrnoch zrážok za sledované obdobie posledných 50-tich rokov v letnom polroku (IV. – IX.). Ale možno si však všimnúť zvyšovanie sa období s veľmi nízkymi zrážkami a naopak s veľmi vysokými zrážkami t.j. nerovnomernou distribúciou.

Na záver možno konštatovať, že oveľa väčším problémom predovšetkým pre poľnohospodárov sa stáva nerovnomerná distribúcia zrážok, čo má za následok vznik sucha a naopak záplav.

Zoznam literatúry

1. BÁREK, Viliam. 2006. *Klimatická zmena a závlahy*. Zvolen : Technická univerzita vo Zvolene, 2006. s. 8-9. ISBN 80-228-1717-2
2. Dôsledky klimatickej zmeny na podmienky živočíšnej výroby na Slovensku [cit. 2011-04-15] dostupné na internete
<<http://www.seps.sk/zp/fond/klima02/klima.htm>>.
3. *Druhá národná správa o zmene klímy*, Bratislava : Ministerstvo životného prostredia SR, 1997
4. História podnebia a zmeny podnebia Zeme [cit. 2011-4-10] dostupné na internete <http://www.shmu.sk/sk/?page=1&id=klimat_zmena_history>.
5. HODGES, H.F. – REDDY, K.R. 2000. *Climate Change and Global Crop Productivity*. UK : Biddles Ltd, Guilford and King's Lynn, 2000. s. 12. ISBN 0-85199-439-3
6. Chov hospodárskych zvierat a ich dopad na emisie [cit. 2011-04-12] dostupné na internete <<http://old.chmi.cz/meteo/CBKS/sbornik94/Sottnik.pdf>>.
7. IPCC, Štvrtá hodnotiacia správa IPCC, 2005
8. IPCC, Tretia hodnotiacia správa IPCC, 2001
9. KADRNOŽKA, Jaroslav. 2008. *Globalní oteplování Zeme*. Brno : Vutium, 2008. s. 15-100. ISBN 978-80-214-3498-1
10. Klimatické modely [cit. 2011-04-13] dostupné na internete
<http://www.shmu.sk/sk/?page=1&id=klimat_zmena_scenare>.
11. Klimatické scenáre [cit. 2011-04-13] dostupné na internete
<<http://www.galik.sk/garden/images/diskusie.pdf>>.
12. KUTÍLEK, Miroslav. 2008. *Racionálně o globálním oteplování*. Praha : Dokořán, 2008. s.62. ISBN 978-80-7363-183-3
13. LAPIN, M. - MELO, M. 1999. Climatic Changes and Climate Change Scenarios in Slovakia. In *Meteorologický časopis*, 2, č. 4, Bratislava : SHMÚ, 1999. s. 5-15
14. MAREČKOVÁ, K. 1996. *Národný klimatický program 5/96*. Bratislava : SHMÚ, 1996

-
15. Najväčší zdroj emisií na Slovensku [cit. 2011-04-12] dostupné na internete
<http://www.agroporadenstvo.sk/zv/ostatne/zv_globoteplovanie.pdf>.
 16. *Národný klimatický program 2/95*. 1995. Bratislava : SHMÚ, 1995
 17. NÁTR, Lubomír. 2006. *Země jako skleník, Proč se bát CO₂ ?* Praha : Academia, 2006. s. 64-65. ISBN 80-200-1362-8
 18. Opatrenia EÚ na zmiernenie klímy [cit. 2011-04-12] dostupné na internete
<http://ec.europa.eu/climateaction/eu_action/index_sk.htm>.
 19. *Prvá národná správa o zmene klímy*, Bratislava : Ministerstvo životného prostredia SR, 1995
 20. REHÁK et.al., 2002. *Návrh dlhodobých opatrení zohľadňujúcich adaptáciu SR na klimatickú zmenu*. Bratislava : VÚMKI, 2002
 21. Skleníkové plyny [cit. 2011-04-12] dostupné na internete
<<http://www.fpv.umb.sk/kat/kch/projekty/tempus/SKLENIK/sklenik.htm>>.
 22. SOBOCKÁ, J. et.al. 2005. *Klimatická zmena a jej možné dopady na pôdny fond Slovenska*. Bratislava : Edičné stredisko Výskumného ústavu pôdoznanectva a ochrany pôdy, 2005. ISBN 80-89128-15-7
 23. STAUD, Toralf – REIMER, Nick. 2007. *Zachraňme klima, Ještě není pozdě*. Praha : Euromedia Group, 2008. s. 17. ISBN 978-80-242-2119-9
 24. ŠAMAJ, Ferdinand. 2001. *Meteorológia včera a dnes*. Bratislava : VEDA, 2001. s. 73-87. ISBN 80-224-0673-2
 25. ŠIŠKA, B. 2008. Dôsledky klimatickej zmeny na podmienky rastlinnej výroby na Slovensku. In *Národný klimatický program 12/08*. Bratislava : Ministerstvo životného prostredia SR, 2008. s. 103-105
 26. ŠIŠKA, B. et. al. 2002. *Dôsledky klimatickej zmeny na rastlinnú produkciu*. Záv. Správa ŠVP, š.p., Bratislava : závod Hydromeliorácie, 2002. s.64
 27. ŠPÁNIK, F. – ŠIŠKA, B. 2008. *Agroklimatické hodnotenie krajiny a základy agroklimatickej rajonizácie*. Nitra : Slovenská poľnohospodárska univerzita, 2008. ISBN 978-80-552-0017-0
 28. ŠPÁNIK, F. – ŠIŠKA, B. – REPA, Š. 1996. Dôsledky klimatických zmien na poľnohospodárstvo a adaptačné opatrenia. In *Národný klimatický program 4/96*. Bratislava : Ministerstvo životného prostredia SR, 1996. s. 93-100
-

-
29. Štvrtá národná správa o zmene klímy a správa o dosiahnutom pokroku pri plnení Kjótskeho protokolu, Bratislava : Ministerstvo životného prostredia SR, 2005
 30. Štvrtá hodnotiaci správa AR-4 [cit. 2011-04-13] dostupné na internete <http://ec.europa.eu/clima/sites/campaign/news/news08_sk.htm>.
 31. Územná štúdiá SR o zmene klímy – záverečná správa. 1997. In *U.S. Country studies Program*. Bratislava : SHMÚ, 1997
 32. Zmeny podnebia a jeho dôsledky [cit. 2011-04-15] dostupné na internete <<http://climate.nasa.gov/effects/>>.