

METEOROLÓGIA

Stanislav Kaniansky
Tomáš Dobrovodský



PROGRAM
CEZHRANIČNEJ
SPOLUPRÁCE
SLOVENSKÁ REPUBLIKA
ČESKÁ REPUBLIKA



EURÓPSKA ÚNIA
EURÓPSKY FOND
REGIONÁLNEHO ROZVOJA
SPOLOČNE BEZ HRANÍC



1. METEOROLÓGIA A KLIMATOLÓGIA

1.1 ATMOSFÉRA

Atmosféra (z gréckeho atmos=para, sphaira=gula) je plynný obal Zeme. Okrem zmesi plynov a vodnej pary obsahuje tiež rozličné pevné a kvapalné častice. Chemické zloženie atmosféry sa v priebehu geologických období postupne menilo.



Percentuálne zastúpenie plynov sa do výšky asi 100 km nemení. Výnimku tvoria oxid uhličitý, ktorého množstvo sa mení v súvislosti s časom a priestorom a ozón, množstvo ktorého sa mení v závislosti na výške (max. koncentráciu dosahuje vo výške 22 km). Významnú úlohu má atmosférická voda, vyskytujúca sa v troposfére.

Kvapalné a pevné častice v atmosfére sú organického alebo anorganického pôvodu. Pevné častice majú rôzny pôvod, patria sem:

kozmetický prach – častice sa dostávajú do atmosféry z vesmíru,

prach pozemského pôvodu - dostáva sa do ovzdušia účinkom prúdenia vzduchu priamo z povrchu Zeme, pri sopečných výbuchoch, ako dym z požiarov, priemyselných alebo sídelných miest,

kryštáliky ľadu - vznikajú kondenzáciou a sublimáciou pár v atmosfére,

mikroorganizmy - spóry húb, rastlinný peľ, rôzne častice organického zloženia.

Rozmery pevných častíc sú rozličné, vplyvom gravitácie sú v blízkosti povrchu väčšie, vyššie menšie. Do výšky 3 až 4 km, sa dostávajú turbulentným prúdením vzduchu.

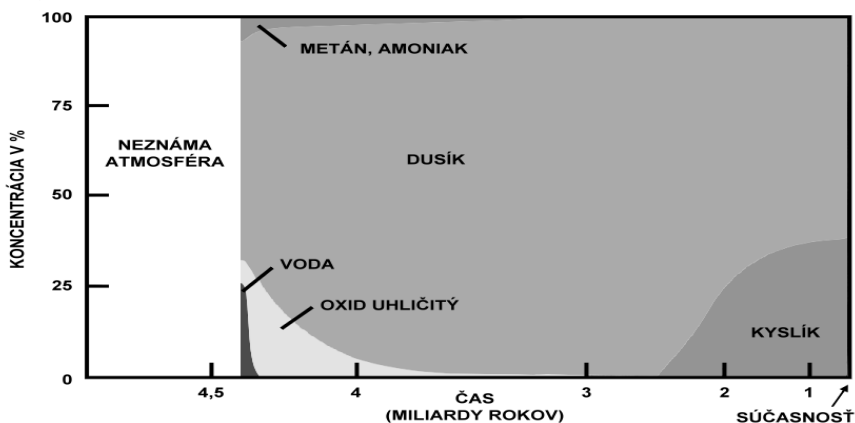
Voda, nachádzajúca sa v atmosfére ako súčasť hydrologického cyklu, zaberá objem $13\,100\text{ km}^3$, čo je 0,001% objemu všetkej vody na Zemi a 1,3% objemu v atmosfére.

1.2 VZNIK ATMOSFÉRY

V priebehu geologickej histórie prekonala atmosféra Zeme značnú evolúciu. Vývoj úzko súvisí s geologickými a geochemickými procesmi ako aj s činnosťou živých organizmov. Spätná väzba – pôsobenie atmosféry na zemský povrch, sa uplatňovala pri evolúcii litosféry (spolupôsobenie pri vzniku hornín, eróžno-denudačné procesy).

Atmosféra existuje vďaka pomerne veľkej hmotnosti Zeme. Pri menšej hmotnosti našej planéty by atmosféra bola primerane redšia a vznik života by bol zrejme otáznym.

Praatmosféra sa skladala z pôvodnej plynnej zložky prahmloviny – vodíka, ktorý však postupne unikal do kozmického priestoru. O prvotnú atmosféru Zeme sa prevažne postaral vulkanizmus. Nastupujúca sopečná činnosť bola hlavným producentom látok tvoriacich prvotnú atmosféru, zloženú z CO_2 , N_2 , H_2O , v menších množstvách CO , H_2S , HF , H_2SO_4 , H_2CO_3 a CH_4 . Na jej stavbe sa podieľali aj dopadajúce kométy. Keďže voľný kyslík sa v atmosfére ešte nevyskytoval (bol viazaný v zlúčeninách – oxidoch, kremičitanoch, vode), povrch bol vystavený intenzívnemu ultrafialovému žiareniu. Život preto mohol vzniknúť len v oceáne, kde bol chránený pred ničivými ultrafialovými lúčmi (prvé organizmy nepotrebovali k životu kyslík).



Ultrafialové žiarenie však rozkladá atmosférickú vodu na vodík a kyslík. Podiel takto vytvoreného kyslíka predstavoval len niekoľko percent z dnešného množstva. Zaslúžil sa však o vytvorenie ozónovej vrstvy. O ďalšiu produkciu kyslíka sa postarali živé organizmy, a to priamo (fotosyntéza začiatkom paleozoika) alebo nepriamo. Vývoj atmosféry bol ovplyvnený vznikom života a naopak, život závisel na atmosfére.

Atmosférický oxid uhličitý bol základným prvkom pre stavbu zložitejších organických molekúl. Atmosféra obohatená o kyslík mohla lepšie chrániť život pred kozmickým žiarením a udržiavať tak priaznivé klimatické podmienky.

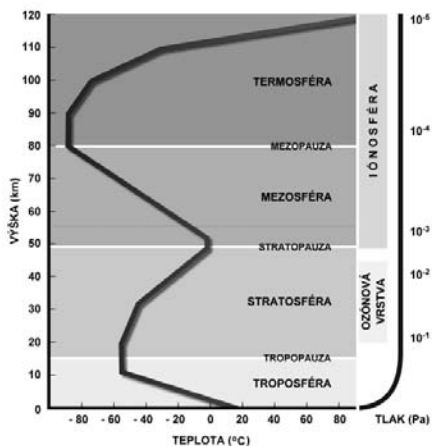
1.3 PERCENTUÁLNE ZLOŽENIE ATMOSFÉRY

Dusík (N ₂)	78,084 %
Kyslík (O ₂)	20,946 %
Argón (Ar)	0,934 %
Oxid uhličitý (CO ₂)	0,036 %
Neón (Ne)	0,00182 %
Hélium (He)	0,00052 %
Metán (CH ₄)	0,00015 %
Kryptón (Kr)	0,00011 %

1.4 FYZIKÁLNE VLASTNOSTI ATMOSFÉRY

Spodná vrstva atmosféry (**troposféra**) obsahuje 80% jej všetkej hmoty. Tu dochádza k najväčším zmenám jednotlivých fyzikálnych veličín v čase, zodpovedným za všetky dynamické deje.

Teplota atmosféry je ovplyvňovaná dvomi zdrojmi. Je to predovšetkým slnečné (infračervené) žiarenie a geotermálna energia, majúca svoj pôvod v rádioaktivite prvkov.



V troposfére teplota klesá s rastúcou výškou asi o 6°C na každý km. Na hornej hranici dosahuje okolo -55°C. Nad ňou je niekoľko km hrubá vrstva vzduchu stálej teploty - tropopauza. Vzduch sa v troposfére zohrieva vplyvom tepla vyžarovaného povrchom Zeme. Ohriaty vzduch nižšej hustoty vytvára stúpajúce konvektívne prúdy, vynášajúce vodnú paru, ktorá vo výškach kondenzuje na pevných časticiach a vytvára oblačnosť. Konvekciou do

vyšších vrstiev troposféry sa dostávajú aj škodlivé exhaláty, kde sa vplyvom horizontálneho prúdenia rozptyľujú.

Za určitých meteorologických podmienok sa vyskytujú inverzné javy, kedy teplota s výškou klesá nepravidelne - v určitej výške sa ustáli alebo stúpa.

V **stratosfére** smerom nahor do výšky 50 km sa zvyšuje teplota až k 0°C . Stratosféra je teda oblasť so stálou inverziou teploty. Vzrast teploty je z dôvodu vysokej koncentrácie ozónu.

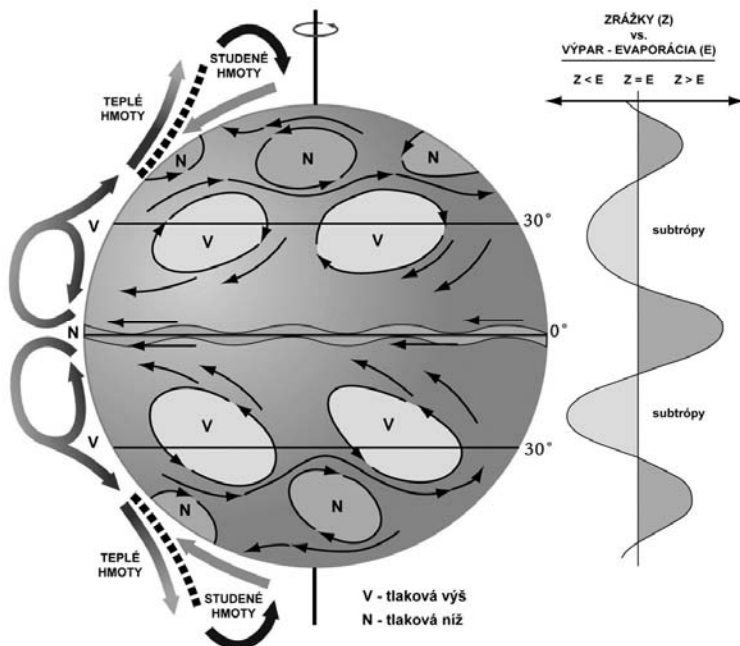
Ozónová vrstva pôsobí ako ochranný filter – chráni zemský povrch pred pôsobením ultrafialového žiarenia s vlnovými dĺžkami kratšími než 300 nm, ktoré je schopné usmrcovať mikroorganizmy a poškadzovať bunky v živočíšnom a rastlinnom tkanive.

Tlak zemskej atmosféry v stredných zemepisných šírkach pri hladine mora je asi 10^5 Pa a s nadmorskou výškou postupne klesá. Vo výške 5500 m je atmosférický tlak polovičný. So znižujúcim sa tlakom klesá obsah kyslíka vo vzduchu - obmedzuje sa biologická oxidácia v mozgovom tkanive.

Hustota vzduchu v porovnaní s vodou je nepatrná. Priemerná molekulová hmotnosť vzduchu je $1,2 \text{ kg/m}^3$.

1.5 VŠEOBECNÁ CIRKULÁCIA ATMOSFÉRY

je systém atmosférických prúdení v planetárnom resp. kontinentálnom rozsahu, prejavujúci sa meridiálnou, zonálnou a vertikálnou výmenou



vzduchu, spojenou s prenosom energie a hybnosti. Vzniká v dôsledku

rotácie Zeme, rozdielnej bilancie slnečného žiarenia v rôznych zemepisných šírkach, nerovnomerného rozloženia oceánov a pevnín či členitosti terénu. Úzko súvisí s globálnou cirkuláciou vody v oceánoch (morskými prúdmi).

Platia v nej princípy:

- horizontálny pohyb vzduchu je rýchlejší ako vertikálny,
- zonálne prúdenie prevláda nad meridionálnym,
- je charakteristická vírivým pohybom, nie stacionárnym,
- sezónne zmeny smeru a rýchlosti prúdenia.

1.6 KLIMATOLÓGIA

je veda o klíme (podnebí) na Zemi, o podmienkach a príčinách jej utvárania a aj o pôsobení klímy na objekty činnosti človeka, na samotného človeka i na rôzne prírodné deje a naopak.

Podnebie, klíma, je všeobecný charakter denného, sezónneho alebo ročného priebehu atmosférických javov na určitom mieste alebo území chápaný ako dlhoročný režim počasí.

Úlohy klimatológie:

- štúdium vytvárania podnebia na Zemi ako planéte a v jej jednotlivých častiach, čiže štúdium klimatogenetických procesov,
- popis a objasnenie podnebných zvláštností Zeme,
- klasifikácia podnebia, vymedzovanie klimatických oblastí (pásiem),
- štúdium kolísania podnebia a klimatických zmien v historických a geologických dobách Zeme (paleoklimatológia),
- predpoveď zmien podnebia.

Z rôznych hľadísk sa člení na klimatológiu všeobecnú, regionálnu, teoretickú a aplikovanú, podľa veľkosti záujmu na makro-, mezo-, topo- a mikroklimatológiu, podľa prístupu na klasickú, dynamickú, synoptickú a komplexnú. Popisom podnebia sa zaoberá klimatografia.

Klimatológia ako vedný odbor sa postupne osamostatňuje od meteorológie.

1.7 PALEOKLIMATOLÓGIA

je náuka o paleoklíme. Paleoklíma označujeme podnebie minulých geologických období. Historické klimatické pomery sú rekonštruované na základe geologických (litologických), paleontologických a zo štvrtohôr aj

archeologických výskumov. Vo všetkých geologických dobách bola hlavným rysom rozloženia podnebia na Zemi jeho zonalita (pásmovitosť), i keď sa veľkosť a poloha klimatických pásiem v priebehu času menila.

Zvláštnym odvetvím klimatológie je dendroklimatológia, skúmajúca vzťahy medzi vývojom drevín a klimatickými pomermi. Na základe štúdia prírastkových kruhov (letokruhov) prispieva k poznaniu klimatických zmien a kolísania podnebia a zisťovaniu klimatických cyklov.

1.8 METEOROLÓGIA

(z gréckeho meteora = vzdušné veci, logos = veda) je veda o zemskej atmosfére, jej zložení, stavbe, vlastnostiach, dejoch a javoch v nej prebiehajúcich.

V súčasnosti sa väčšinou stotožňuje s fyzikou atmosféry. Jej počiatky siahajú až do staroveku, keď meteorológia existovala len ako okrajový odbor vtedajšej astronómie (a astrológie), asi do 6. storočia pred n.l. Boli to práve hvezdári, ktorí hľadali na oblohu najčastejšie a všimli si tiež počasie. Dlhé storočia sa prisudzoval vplyv nebeských telies na počasie a až vynálezy prvých meteorologických prístrojov, ktoré umožnili exaktný popis a štúdium počasia, prekonalí túto dogmu. Prvé pokusy o pravidelné pozorovanie vetra a zrážok sa uskutočňovali v starovekom Grécku, Číne

a Indii. Prvé vedecké dielo zaoberajúce sa atmosférou Zeme bola Aristotelova „Meteorologica“ (334 p.n.l.). Najväčšiu vtedajšiu zbierku poveternostných pravidiel zostavil Aristotelov žiak Theofrastos v diele „Kniha znamení“. Prvá doložená zmienka o počasi v Čechách je v kronike z roku 1098. Accademia del Cimento, založená vo Florencii (1657) dala popud na prvé



systematické meteorologické pozorovania v Taliansku.

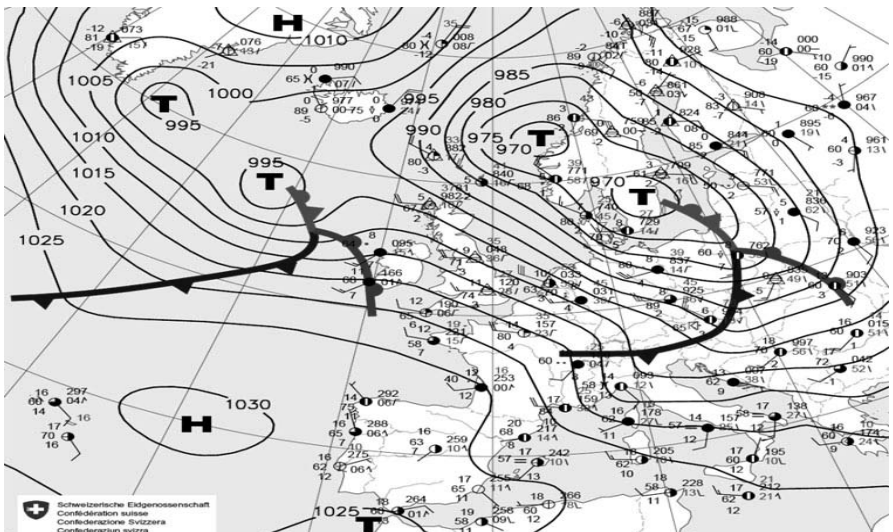
Začiatkom 19. storočia boli založené prvé meteorologické ústavy s aktivitami aj v klimatológii. Od r. 1856 začala fungovať prvá pravidelná meteorologická služba vo Francúzsku. V r. 1873 bola založená

Medzinárodná meteorologická organizácia (IMO - neskôr premenovaná na WMO - 1947) a konal sa prvý medzinárodný meteorologický kongres. Kozmická éra znamenala výrazný skok pre štúdium atmosféry.

1.9 SYNOPTICKÁ METEOROLÓGIA

študuje atmosférické procesy a deje na rozsiahlych územiach. Je to súhrn činností, metód, postupov a organizačných opatrení, prakticky umožňujúcich modernú vedeckú predpoveď počasia. Názov pochádza z gréckeho slova synoptikos, čo znamená súčasne pozorujúci.

Vznik tohto odboru súvisí s využitím telegrafu pre rýchlu výmenu správ o počasí v polovici 19. storočia, kedy sa začali zostavovať prvé poveternostné mapy rozsiahlejších území. Hlavným cieľom je analýza a predpoveď počasia. Proces vedúci k predpovedi počasia začína získaním prvotných údajov (meteorologických prvkov) zo siete meteorologických staníc. Tieto údaje sú priebežne vyhodnocované a slúžia ako podklad pre vypracovanie mapy poveternostnej situácie, známej ako synoptická mapa.



Ďalej nasleduje analýza - lokalizujú sa hlavné objekty ako tlakové útvary, atmosférické fronty a zrážkové oblasti. Spojením s družicovými a radarovými dátami sú podrobené numerickým analýzám v superpočítačoch. Výsledky výpočtov sú k dispozícii spravidla vo forme máp či počítačových simulácií, na základe ktorých sa vytvorí predpoveď počasia, či už krátkodobá alebo dlhodobá.

1.10 DYNAMICKÁ METEOROLÓGIA

Jej cieľom je objektívna, fyzikálne podložená predpoveď počasia. Zaoberá sa formulovaním a matematickým riešením vzťahov a rovníc popisujúcich statiku, dynamiku a termodynamiku atmosféry.

1.11 FYZIKÁLNA METEOROLÓGIA

je súborné označenie pre fyziku zrážok a oblakov (kondenzačné procesy, termodynamické podmienky vzniku oblakov), náuku o žiarení v atmosfére a optických, elektrických a akustických javoch v atmosfére.

1.12 TECHNICKÁ METEOROLÓGIA

sa zaoberá technikou prenosu, spracovaním a archiváciou meteorologických dát. Patrí sem aj zdokonaľovanie resp. vývoj meracích prístrojov, meteorologických družíc a algoritmov spracovania dát.

1.13 BIOMETEOROLÓGIA

je odbor meteorológie študujúci vplyv počasia resp. vplyv jednotlivých meteorologických prvkov na živé organizmy. Často je spájaná s lekárskou meteorológiou.

1.14 BIOKLIMATOLÓGIA

je odbor klimatológie zaoberajúci sa bioklírou.

Bioklíma je posudzovanie podnebia vo vzťahu k živým organizmom alebo podnebia spoluvytváraného živými organizmami, čiže:

- súbor klimatických podmienok existencie živých organizmov
- klimatické (spravidla mikroklimatické) pomery prostredia modifikované výskytom a životnými prejavmi organizmov (napr. bioklíma miest, lesa)

1.15 AGROMETEOROLÓGIA, AGROKLIMATOLÓGIA

je veda o meteorologických a klimatických podmienkach poľnohospodárskej výroby a jej organizácie. Skúma jednostranné a vzájomné vzťahy a vplyvy počasia a klímy na objekty poľnohospodárskej výroby a možnosti využitia týchto poznatkov v jej riadení a plánovaní.

Svoju pozornosť sústreď predovšetkým na zrážky, režim podpovrchových a podzemných vôd, pôdnu vodu, bilanciú vody v rastlinách a na systém prenosu vody medzi biosférou a atmosférou.

1.16 FENOLÓGIA

sa zaoberá časovým priebehom pravidelne sa opakujúcich životných prejavov (fenologických fáz) rastlín alebo živočíchov v závislosti od komplexu podmienok vonkajšieho prostredia, predovšetkým počasia a podnebia.

Z fenologických záznamov je možné spätne odvodiť, vzhľadom na miesto a čas, charakter podnebia a teda aj potenciálne klimatické zmeny. Fenológia je dôležitou zložkou klimatológie s priamym využitím v poľnohospodárstve a lesníctve.

Z dlhodobých fenologických záznamov možno stanoviť vhodnosť pestovania rôznych odrôd poľnohospodárskych plodín, ovocných drevín či viniča. Významná je aj pre včelárstvo, lekárnictvo, ochranu rastlín proti chorobám a škodcom.

1.17 RÁDIOLOKAČNÁ (RADAROVÁ) METEOROLÓGIA

využíva zákony šírenia, rozptylu a spätného odrazu elektromagnetického žiarenia v atmosfére - závislosť šírenia rádiových vln od stavu troposféry.

Zisťuje výskyt a lokalizáciu meteorologických cieľov a javov k určovaniu smeru a rýchlosti ich pohybu, prípadne vývoja.

Ako rádiolokačné prostriedky slúžia predovšetkým meteorologické rádiolokátory.

1.18 LETECKÁ METEOROLÓGIA

je doplnkovou službou pozemných meteorologických staníc pre zabezpečenie leteckej prevádzky. V špecifických prípadoch slúži na aktuálny rýchly zber atmosférických dát a ich vyhodnotenie. Využíva sa aj na výskum hurikánov či tornád a neobvyklých atmosférických podmienok.

1.19 NÁMORNÁ METEOROLÓGIA

sa zaoberá interakciami medzi morami (oceánmi) a atmosférou a ich vplyvom na atmosférické procesy v lokálnom i globálnom meradle.

Slúži aj na zabezpečenie námornej dopravy.

Pozorovanie na meteorologických lodiach sa rozvinulo po druhej svetovej vojne hlavne v oblasti severného Atlantiku pod názvom North Atlantic Ocean Stations (NAOS).

1.20 DRUŽICOVÁ METEOROLÓGIA

je súčasťou tzv. diaľkového prieskumu Zeme. V rámci tohto prieskumu stovky satelitov skúmajú atmosféru, oceány, povrch i podpovrchové oblasti Zeme a napomáhajú nám tak porozumieť procesom, ktoré sa nás dotýkajú.

Meteorologické satelity (v súčasnosti takmer 100 satelitov) obiehajú Zem buď po polárnej dráhe alebo sú umiestnené na geostacionárnej dráhe. Získané meteorologické údaje prenášajú do riadiacich stredísk, kde sa vyhodnocujú a sprístupňujú pre ďalšie použitie.

Špeciálnou časťou je kozmická meteorológia, zaoberajúca sa javmi v horných častiach atmosféry a na hraniciach atmosféry s kozmickým priestorom.



2. POČASIE

Počasie je stav atmosféry, charakterizovaný hodnotami všetkých meteorologických prvkov a atmosférických javov v určitom mieste a čase v troposfére, čiže okamžitý stav atmosféry.

Pre počasie je charakteristická veľká časová a priestorová premenlivosť. Každé počasie je neopakovateľné, rôzne počasía však môžu byť podobné a preto sa dajú zlučovať do typov počasia.

Pod pojmom **typ počasia** rozumieme komplexný klimatologický súbor meteorologických prvkov a javov daného sledovaného intervalu, spravidla jedného dňa - napr. mierne mrazivé počasie, bezveterné počasie, upršané počasie a pod. Každé podnebie má počas roka svoje charakteristické počasie (napr. monzúnové obdobie, obdobie sucha a pod.)

Stav počasia je charakteristika význačných atmosférických javov na danom pozorovanom mieste.

Priebeh počasia určuje zmena jeho charakteristík v priebehu posledných šiestich hodín.

Premenlivosť počasia sú zmeny meteorologických prvkov (teploty a tlaku vzduchu, oblačnosti a pod) v sledovanom intervale.

Zmena počasia je charakterizovaná väčšou zmenou jedného alebo viacerých meteorologických prvkov resp. začiatok alebo koniec určitých meteorologických javov (napr. koniec búrky). Zmena môže trvať od niekoľkých minút po niekoľko dní (viď atmosférické fronty). S týmito pojmami úzko súvisia pojmy zhoršenie či zlepšenie počasia.

2.1 PREDPOVEĎ POČASIA

je meteorologická predpoveď, vyjadrujúca budúci stav poveternostných podmienok. V minulosti predpoveď vychádzala z podrobných analýz vývoja danej poveternostnej situácie, pričom dôležitú úlohu zohrávali práve subjektívne skúsenosti meteorológa. V súčasnej dobe predpovede vychádzajú prevažne z modelovaných predpovedí, kde do modelu je zadávaný skutočný priebeh počasia a pomocou zložitých numerických metód je model schopný simulovať pravdepodobne očakávanú poveternostnú situáciu pre dané obdobie. Nakoľko deje v atmosfére sú veľmi dynamické a podliehajú takmer nekonečným variáciám, je predpoveď vždy len približná a je náchylná na odchýlky tým viac, čím sa časovo vzdďaľuje od reálneho stavu.

Správne aplikovaná a v dostatočnom predstihu vydaná predpoveď počasia umožňuje užívateľovi prijať patričné opatrenia v rôznych oboroch ľudskej činnosti (poľnohospodárstvo, energetika, samospráva a pod.).

Krátkodobá predpoveď počasia je predpoveď budúceho stavu počasia na jeden až tri dni. **Strednodobá predpoveď počasia** je predpoveď na obdobie štyroch až desiatich dní.

Dlhodobá predpoveď počasia je obvykle predpoveď na obdobie dlhšie než desať dní - spravidla na mesiac či sezónu. Predpovede tohto typu využívajú predovšetkým štatistické metódy zmien meteorologických prvkov v danom období.

2.2 ATMOSFÉRICKE FRONTY

Vyvolávajú prudké zmeny meteorologických prvkov (zrážky, teplota, tlak, oblačnosť a pod.). Zmenu týchto prvkov vnímame ako zmenu počasia. K zmene môže dôjsť v priebehu niekoľkých hodín ale i minút. Zmena teploty v extrémnych prípadoch môže byť 15 až 20 °C. Intenzita frontálnych zrážok závisí na vlhkosti vzduchu a veľkosti vertikálnych pohybov.

Vznik frontov je spojený s cirkuláciou vzduchových hmôt. Vzduchová hmota, ležiaca nad určitou oblasťou, má svoje fyzikálne vlastnosti (teplotu, tlak, vlhkosť a pod.). Nad iným územím vznikne vzduchová hmota iných fyzikálnych vlastností. Rozdielne vzduchové hmoty sa zmiešavajú na dotykovej ploche o hrúbke niekoľko sto metrov ale dlhšej niekoľko sto kilometrov. Toto rozhranie, oddeľujúce dve vzduchové hmoty rôznych vlastností sa nazýva **frontálna plocha**. Je sklonená pod ostrým uhlom k zemskému povrchu na stranu studeného vzduchu. Priesečník frontálnej plochy so zemským povrchom sa nazýva front. Atmosférické fronty sa vyskytujú prevažne v troposfére. Smer postupu frontov závisí od polohy tlakovej níže. Na prednej strane níže je **teplý front**, na jej zadnej strane **front studený**. Taký komplex frontov voláme **frontálny systém**.

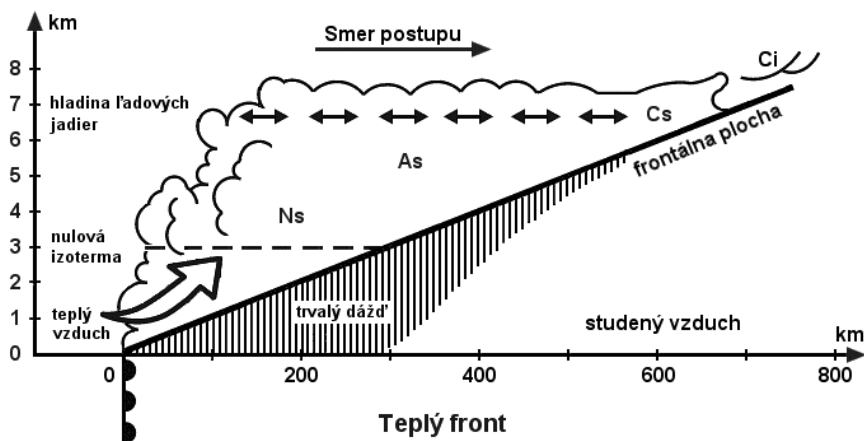
2.3 FRONTÁLNE POČASIE

Cez našu oblasť postupujú atmosférické fronty najčastejšie od západu a za nimi preniká na naše územie vlhký oceánsky vzduch. Tento smer postupu frontov súvisí s prevládajúcou dráhou tlakových níží, vznikajúcich nad Atlantickým oceánom a postupujúcich do Európy. Tlaková níž za určitých podmienok môže vzniknúť aj inde.

2.4 TEPLÝ FRONT

Ak postupuje teplý vzduch rýchlejšie ako studený vzduch pred ním, kľže po kline studeného vzduchu hore. Styčnej ploche hovoríme teplý front. Pri výstupe sa teplý vzduch rozpína, ochladzuje a po nasýtení vodnými parami dochádza ku kondenzácii a vytvára sa mohutný systém slohovitej oblačnosti, siahajúci niekoľko sto kilometrov pred frontom. Dôsledkom sú dlhotrvajúce zrážky.

Oblačnosť postupuje na teplom fronte v poradí: cirrus, potom cirrostratus, altostratus a zrážky vypadávajú predovšetkým z mohutných oblakov nimbostratus. Spoľahlivou predzvesťou frontu je trvalý pokles tlaku vzduchu a oblačnosť typu cirrus, cirrostratus vo vzdialenosti 600 – 1 000 km pred frontom. Doba prechodu frontu a dĺžka trvania zrážok závisí na rýchlosti jej pohybu. Šírka zrážkového pásma je asi 300 km, pri snežení 400 km a leží spravidla pred čiarou frontu.

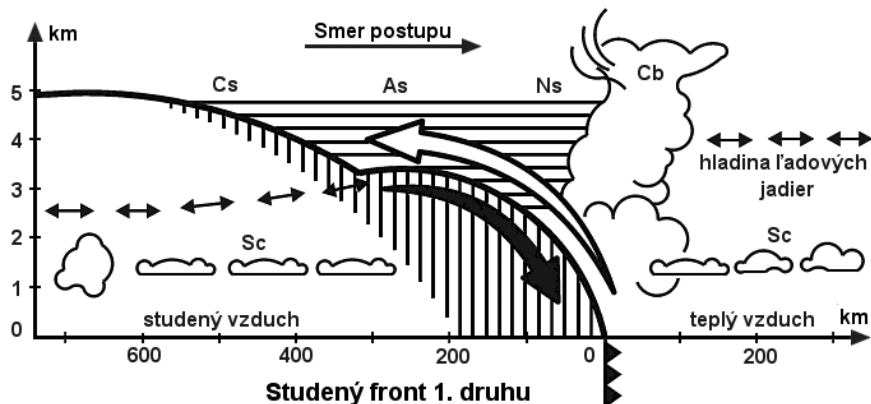


Vietor pred teplým frontom býva juhovýchodný až južný, po prechode frontu sa obvykle otáča na juhozápad. Tlak vzduchu pred teplým frontom silne klesá, po prechode frontu zostáva rovnaký, poprípade mierne klesá. Teplý front je v lete menej výrazný vplyvom malých rozdielov teplôt pred a za frontom. Výraznejšie sa prejavuje na jeseň a v zime. V zime prináša oteplenie a trvalé sneženie, v lete dážď a ochladenie. Po prechode frontu zrážky prestávajú, oblačnosť sa trhá a väčšinou otepluje. Teplý front ľahko prekonáva kopce a pohoria.

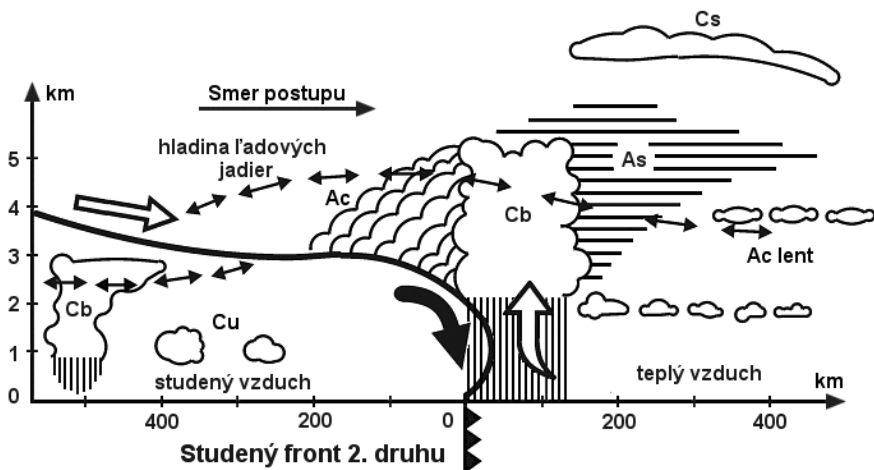
2.5 STUDENÝ FRONT

V prípade, že studený vzduch postupuje rýchlejšie ako teplý vzduch, vplyvom väčšej hustoty sa podsúva pod teplý vzduch a vytláča ho hore. Styčnej ploche hovoríme studený front. Výstupné pohyby sú väčšieho rozsahu ako pri teplom fronte. Blížiaci sa studený front sa prejavuje vertikálne mohutnou kopovitou oblačnosťou, náhlou zmenou počasia a poklesom teploty. Pri prenikaní studeného vzduchu sa rýchlo vytvárajú na prednej strane klinu studeného vzduchu búrkové oblaky cumulonimbus, ktorých vertikálny rozmer presahuje 12 km. V lete spôsobuje prudké prehánky a búrky s veľmi premenlivou intenzitou. Druh oblačnosti vo vyšších hladinách je určený charakterom prúdenia teplého a studeného vzduchu.

Studený front 1. druhu je pomaly postupujúci studený front, pri ktorom prúdi teplý vzduch vo vyšších hladinách pomalšie ako klin studeného vzduchu pri zemi. Vyskytuje sa predovšetkým v zime. Výstupné pohyby vzduchu sú po celej dĺžke frontálnej plochy. Zrážky blízko frontu majú charakter prehánok, za frontom sa menia na trvalý dážď s podobným charakterom ako u teplého frontu. Šírka zrážkového pásma je 200 až 300 km za frontom.



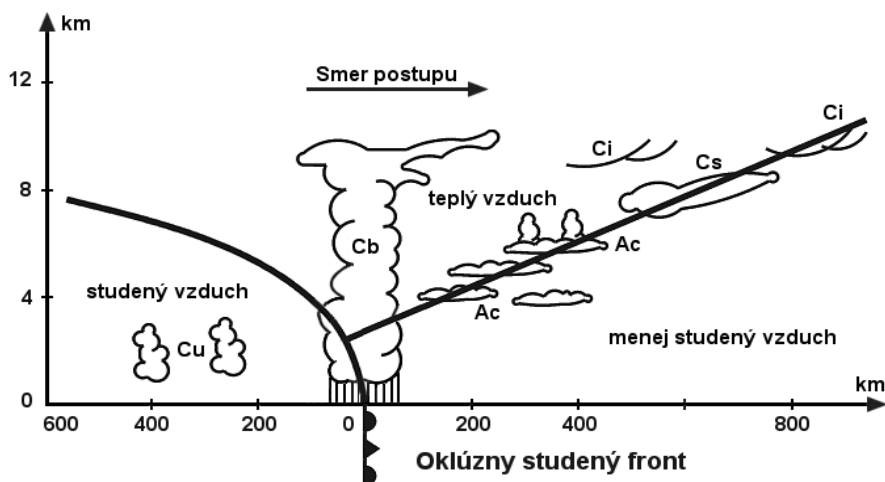
Studený front 2. druhu sa vyskytuje sa častejšie a je výrazne aktívnejší než studený front 1. druhu. Je to rýchlo postupujúci studený front, pri ktorom prúdi teplý vzduch vo vyšších hladinách rýchlejšie ako klin studeného vzduchu pri zemi. Vo vyšších vrstvách atmosféry sa preto vyskytujú zostupné prúdy pozdĺž frontálnej plochy, ktoré bránia vzniku rozsiahlejšej oblačnosti. Tvorí sa len pomerne úzky pás búrkových oblakov cumulonimbus na čele frontu.



Šírka zrážkového pásma je len niekoľko desiatok kilometrov. Zrážky obvykle trvajú krátko. V lete sa môžu vyskytnúť prudké lejaky aj s krúpami a s prudkým nárazovým vetrom (výchrice). Tlak vzduchu pred frontom klesá, za frontom často strmo stúpa. Studený front obteká pohoria a nastáva jeho deformácia.

2.6 OKLÚZNY FRONT

Keď vplyvom silnej vertikálnej výmeny a výrazného prúdenia vo výške studený front dostihne teplý front, spojí sa pri zemskom povrchu studený vzduch za studeným frontom so studeným vzduchom pred teplým



frontom, teplý vzduch je vytlačený hore a stratí kontakt so zemou. Proces

uzatvorenia teplého sektoru tlakovej níže sa nazýva **oklúzia** a oblasť styku pred tým teplého a studeného frontu sa nazýva **oklúzny front**. Ak front oddeľuje vzduchové hmoty s malým rozdielom teplôt, frontálne rozhranie je menej výrazné a nakoniec sa rozpadne. To je spojené aj s vyplňovaním a postupným rozpadom cyklóny. Zánik frontálneho systému môže trvať niekoľko dní. Pri väčšom rozdieli teplôt sa oklúzny front pretransformuje na nový teplý ale častejšie studený front.

2.7 ZVLNENÝ FRONT

Vzniká na dlhých, hlavne studených, zriedka na teplých frontoch. Na krátkych úsekoch sa mení charakter frontu na opačný (studený na teplý a naopak). Vyskytuje sa tu vertikálne mohutná oblačnosť s nízkou základňou v lete sprevádzaná búrkami. Množstvo zrážok je väčšie a trvajú dlhšie ako na obyčajnom fronte. Na vzniku vln sa výrazne podieľajú **orografické vplyvy**.

2.8 VÝŠKOVÝ FRONT

Je rozhranie dvoch vzduchových hmôt, ktoré nedosahuje až na zemský povrch. Toto rozhranie býva obyčajne v stredných a horných vrstvách troposféry. Väčšinou je to normálny front, ktorý sa premiestňuje nad tenkou vrstvou prízemného, silne podchladeného vzduchu. Výškový front môže mať charakter studeného, alebo aj teplého frontu. Ak je výškový front vzdialený od zemského povrchu viac než 3 km, tak už obvykle z frontálnej oblačnosti zrážky nevypadávajú a front sa prejavuje len zväčšenou oblačnosťou.

2.9 VETRY A POVETERNOSTNÉ SYSTÉMY

Vietor vzniká pohybom vzdušných hmôt - prúdením vzduchu z miest s vyšším tlakom do miest s tlakom nižším. Tento pohyb ovplyvňuje utváranie počasia (a zároveň i podnebia). Vertikálny pohyb vzniká z dôvodu slnečného a radiačného ohrevu, na horizontálny pohyb **vplývajú tlakové rozdiely, Coriolisova sila a trenie**.

Rozdiely v tlaku spôsobuje nerovnaké ohrievanie atmosféry Slnkom. Teplý rovníkový vzduch je ľahší, preto má menší tlak ako hustý studený polárny vzduch. Čím je väčší rozdiel medzi oblasťami vysokého a nízkeho tlaku, tým je rýchlejšie jeho prúdenie.

Coriolisova sila odchyľuje smer pohybujúcej sa vzdušnej hmoty, čo je zapríčinené samotnou rotáciou Zeme. Systémy hmôt odchyľuje na severnej pologuli vpravo, na južnej vľavo.

Cyklóna (tlaková níz) je oblasť nízkeho tlaku vzduchu. V jej strede je tlak vzduchu nižší ako na jej okrajoch. Vzduch preto prúdi z okrajov do stredu, z vyššieho tlaku smerom k nižšiemu (dostredivé vetry). V oblastiach s tlakovou nížou prevláda oblačné počasie často sprevádzané zrážkami, čo je výsledkom výstupných pohybov vzduchu, predovšetkým na poveternostných frontoch, s ktorými bývajú cyklóny spojené. Predná strana býva charakterizovaná prílevom teplejšieho vzduchu a prináša trvalejšie a rozsiahlejšie zrážky. Na zadnej strane panuje prehánkové počasie a z vyšších zemepisných širok sem preniká chladnejší vzduch.

Anticyklóna (tlaková výš) je oblasť vysokého tlaku vzduchu. Najväčší tlak vzduchu je v strede tlakovej výše, preto vzduch pri povrchu prúdi zo stredu do strán smerom k oblasti s nižším tlakom vzduchu (odstredivé vetry). Na miesto vzduchu, ktorý prúdi von, klesá z väčších výšok studený vzduch. Ten sa stláčaním ohrieva približne o 1°C na každých 100 metrov. Jeho relatívna vlhkosť sa znižuje a oblaky sa strácajú. Preto býva v stredoch tlakovej výše väčšinou pekné, jasné alebo len málo oblačné počasie. V jesennom a zimnom období sa zvykne v oblasti vysokého tlaku vzduchu vytvárať hmla alebo nízka oblačnosť najmä v nižších polohách. Na horách panuje v tomto období pekné počasie.

2.10 VETRY

Vietor je pohybujúci sa vzdušný prúd, vznikajúci v dôsledku vyrovnávania tlaku medzi oblasťami s rôznym atmosférickým tlakom. Je to prízemný horizontálny prúd vzduchu prúdiaci z tlakovej výše do tlakovej níše. Pri popise vetra sa uvádza jeho smer a rýchlosť, prípadne ochladzovací účinok (tzv. chill effect).

Rýchlosť (sila) vetra sa klasifikuje buď presným určením jeho rýchlosti (kilometre za hodinu, metre za sekundu), alebo odhadom v stupňoch podľa Beaufortovej stupnice. Rýchlosť vetra sa v čase výrazne mení, preto sa často udáva priemerná rýchlosť vetra za určité časové obdobie (obvykle 1 alebo 5 minút) a nárazová rýchlosť vetra (maximálna rýchlosť pri jednorazovom nápore).

Smer vetra sa udáva podľa smeru odkiaľ vietor fúka - buď presnejšie pomocou azimutu (0 až 360°), alebo pomocou svetových strán (spravidla s presnosťou na 22,5°). Rýchlosť i smer vetra sa meria anemometrom.

Vietor je odpradáva ničiacim živlom i pomocníkom človeka. Víchrice spolu s povodňami sú najväčším zdrojom škôd v podmienkach strednej Európy. Vietor je jedným z hlavných činiteľov spôsobujúcich eróziu a zvetrávanie hornín.

Miestne vetry sú charakteristické pre určitú oblasť. Sú prejavom miestnych cirkulačných systémov, nezávislých od všeobecnej cirkulácie atmosféry. Do značnej miery určujú režim vetra najmä v horských oblastiach a oblastiach s rozdielnymi teplotnými, radiačnými a energetickými podmienkami.

Miestna termická cirkulácia má často veľký význam pri prenose úletov, pri koncentrácii a spáde škodlivín v okolí továrenských objektov, budovaných v orograficky členitom území, prípadne v rovinatom priestore ústí dolín.

Horské a údolné vetry vznikajú vplyvom zahrievania (vo dne) a ochladzovania (v noci) horských svahov. Teplejší vzduch začne vystupovať do výšky (obdoba termickej konvekcie). V noci sa svahy vyžarovaním intenzívne ochladzujú, od nich sa ochladzujú i priľahlé vrstvy vzduchu, ktoré potom ako ťažšie stekajú po svahoch nadol. Tieto prúdenia sa označujú aj ako svahové vetry. Údolný vietor vzniká len za pekného počasia. Naopak, v noci skoro za každej poveternostnej situácie vane z chladného údolia na rovinu horský vietor. Denné prúdenie býva silnejšie ako nočné.

Föhn je teplý nárazový vietor na záveternej strane horských hrebeňov. Pri prekonávaní vysokých horských prekážok je vzduch nútený vystupovať po náveternom svahu. Výstupom sa vzduch adiabaticky ochladzuje najskôr o 1,0 °C na 100 m a po dosiahnutí kondenzačnej hladiny (nasýtenia) o 0,2—1,0 °C na 100 m až po vrchol prekážky. Na záveternej strane zostupuje vzduch podobne ako padavý vietor a otepľuje sa po celej dĺžke svahu o 1 °C na 100 m a vane ako teplý a suchý vietor. Relatívna vlhkosť tohto vzduchu sa silne zmenší v dôsledku poklesu absolútnej vlhkosti (vypadaním zrážok) na náveternej strane a zvýšenia teploty na záveternej strane. Pri föhne sa môže v údolí zvýšiť teplota vzduchu za niekoľko hodín aj o 10 až 15 °C pri súčasnom rýchlom znížení relatívnej vlhkosti. Föhnové vetry sa môžu ničivo prejavíť na rastlinstve, vyvolať prudké topenie i výpar snehu na horách, snehové lavíny i záplavy.

Bóra je nárazový, väčšinou studený vietor, vanúci rýchlosťou víchrice. Vzniká na náveternej strane hôr tak, že postupujúca studená vzduchová hmota sa pred horskou prekážkou zastaví a keď dosiahne úroveň priesmyku alebo hrebeňa, padá veľkou rýchlosťou na záveternú stranu hôr

(padavý vietor), ale nie je teplý a suchý. Nahromadením chladného vzduchu na náveternej strane nižších pohorí vzniká aj prepadavý vietor, ktorý prudko klesá do krajiny a na otvorených stenách lesných porastov spôsobuje polomy. „Hrebeňový“ vietor prúdi nad vrcholmi hôr, z ich hrebeňov klesá do údolí len spodnou časťou, a tam sa často prispôbuje tvaru terénu, mení smer a zasahuje i do bočných údolí. Škody na lesných porastoch spôsobené týmito vetrami závisia od topografie oblasti a od zloženia porastov.

Húľavy sú náhle, krátkodobé zosilnené prúdenia vzduchu s jednotlivými nárazmi 20 m/s ba i viac, prevažne s katastrofálnymi následkami. Vyskytujú sa v búrkových oblastiach. V prednej časti búrkového oblaku vzniká silný výstupný pohyb vzduchu, v centrálnej a zadnej časti zasa zostupný. Medzi týmito prúdeniami vzniká vzduchový vír s horizontálnou osou. Húľavy sú sprevádzané prehánkami a búrkou, niekedy i ľadovcom. Príbuzné sú snehové húľavy.

Veterné smršte (tromby) sú vzduchové víry s vertikálnou osou. Majú malé horizontálne rozmery, ale obrovskú silu. Vír vzniká spravidla v prednej časti búrkového mraku (Cb) a siaha až po zemský povrch. Najprv sa objaví



v spodnej časti oblaku výbežok v tvare lievika, ktorý sa postupne predlžuje nadol. Uprostred víru sa silne zmenší tlak a víriaca nálevka má sacie účinky. Vietor presahuje rýchlosť 50 m/s. Smršte spôsobujú veľké škody. Sú sprevádzané búrkami, lejakmi a krúpami. V Európe sa ničivé smršte vyskytujú zriedka.

2.11 METEOROLOGICKÉ A KLIMATOLOGICKÉ MERANIA

zisťujú hodnoty meteorologických prvkov pomocou vhodnej meracej techniky. Výsledkom meraní sú priame fyzikálne veličiny (charakteristiky), prípadne relatívne meracie podiely. Kvalita výsledkov je daná presnosťou a citlivosťou použitej meracej techniky a metodiky merania.

Merania pre synoptické situácie prebiehajú každú hodinu, pričom jednotlivé termíny sa od seba odlišujú rozsahom sledovaných meteorologických prvkov, platné pre všetky stanice na Zemi. Pre koordináciu týchto činností sa používa svetový čas (UTC). Klimatologické merania sú založené na skutočnosti, že počas dňa v závislosti od slnečného žiarenia sa mení väčšina meteorologických prvkov. Merania sú preto prevádzané o 7., 14. a 21. hodine miestneho stredného slnečného času.

2.12 METEOROLOGICKÉ STANICE

Analýza a predpoveď počasia si vyžaduje pravidelné, súčasné a štandardizované pozorovanie v celej sieti meteorologických staníc. Stanica môže zaznamenávať základné alebo rozšírené prvky počasia.



Základom stanice je **meteorologická búdka**. V strednej Európe sa používa tzv. žalúziová meteorologická búdka (Stevensonov prístrešok). Predstavuje ju drevená skrinka s lamelami, ktorá slúži na ochranu prístrojov v nej umiestnených pred rušivými účinkami žiarenia a hydrometeormi. Spravidla sa umiestňuje vo výške 200 cm nad povrchom zeme. Prístroje zaznamenávajú

predovšetkým teplotu (ortuťový alebo liehový teplomer - maximové a minimové teplomery), vlhkosť (hygrometer) a tlak vzduchu (barometer). V rámci stanice sú umiestňované ďalšie prístroje na meranie smeru a rýchlosti vetra (anemometra), zrážok (zrážkomer), slnečného svitu a oblačnosti (heliograf) či teploty pôdy v rôznych hĺbkach (minimové

teplomery) a viditeľnosti (transmissometer). Posúdenie ostatných meteorologických prvkov (rosa, ovlhnutie, inováť, krúpy, námraza) ostáva na samotnom meteorológovi.

2.13 SVETOVÁ METEOROLOGICKÁ ORGANIZÁCIA (WMO)

je špecializovanou agentúrou Organizácie Spojených národov, zaoberajúca sa stavom a správaním zemskej atmosféry, jej interakcie s oceánmi a dopadom na klímu.

Medzinárodná meteorologická organizácia (IMO) bola založená v roku 1873 vo Viedni, dvadsať rokov po prvej medzinárodnej meteorologickej konferencii. Premenovaním na WMO v roku 1950 sa stala agentúrou OSN pre meteorológiu a príbuzné geofyzikálne vedy. WMO má v súčasnosti 189 členov spomedzi štátov sveta.

Zaoberá sa spoluprácou v oblasti siete meteorologických a hydrologických staníc, meteorologických pozorovaní a pre rýchlu výmenu informácií.

2.14 REKORDY KONTINENTOV

NAJVYŠŠIA NAMERANÁ TEPLOTA

Miesto	Kontinent	Teplota (°C)
Seville, Španielsko	Európa	50
El Azizia, Líbya	Afrika	57,8
Death Valley, USA	Severná Amerika	56,7
Rivadavia, Argentína	Južná Amerika	48,9
Tirat Tsvi, Izrael	Ázia	53,9
Tuguegarao, Filipíny	Oceánia	42,2
Cloncurry, Queensland	Austrália	53,3
Vanda Station	Antarktída	15

NAJNIŽŠIA NAMERANÁ TEPLOTA

Miesto	Kontinent	Teplota (°C)
Ust' Ščugor, Rusko	Európa	-55
Ifrane, Maroko	Afrika	-23,9
Nortice, Grónsko	Severná Amerika	-66,1
Sarmiento, Argentína	Južná Amerika	-32,8
Ojmjakon, Rusko	Ázia	-71,2
Haleakala Peak, Havaj	Oceánia	-10
Charlotte Pass, NSW	Austrália	-23
Vostok Station	Antarktída	-89,2

NAJVYŠŠIE NAMERANÉ ZRÁŽKY

Miesto	Kontinent	Zrážky (mm)
Crkvica, Bosna	Európa	4648
Debundscha, Kamerun	Afrika	10287
Henderson Lake, Kanada	Severná Amerika	6500
Quibdo, Kolumbia	Južná Amerika	8992
Cherrapunji, India	Ázia	12268
Mt. Waialeale, Havaj	Oceánia	11684
Bellenden Ker, Queensland	Austrália	8636

NAJNIŽŠIE NAMERANÉ ZRÁŽKY

Miesto	Kontinent	Zrážky (mm)
Astrachán, Rusko	Európa	162,6
Wadi Hailfa, Sudán	Afrika	2,5
Batagues, Mexiko	Severná Amerika	30,5
Quillagua, Čile	Južná Amerika	0,5
Aden, Jemen	Ázia	45,7
Puako, Havaj	Oceánia	226
Mulka	Austrália	102,8
Amundsen-Scott Station	Antarktída	20,3

3. OBLAKY A OPTICKÉ JAVY

Slnečné žiarenie a jeho interakcia s atmosférou a zemským povrchom spôsobuje mimo iného i tvorbu oblakov a rôznych optických javov v atmosfére.

Oblaky (ľudovo aj mraky, mračná), sú viditeľné zhľuky drobných vodných kvapôčok alebo ľadových kryštálikov, tvorených vystupujúcim nasýteným teplým a klesajúcim studeným vzduchom. Formovanie trvá od pár minút až po niekoľko hodín. Oblaky môžeme triediť podľa vzniku a vývoja, podľa výšky, zloženia či tvaru. Keďže ich vzhľad vykazuje nekonečnú rozmanitosť, ich klasifikácia je pomerne obtiažna.

Prvú klasifikáciu oblakov zaviedol Luke Howard v 19. storočí, ktorý použil latinské pomenovanie, charakterizujúce formy oblakov: cirrus (riasa), cumulus (kopa), stratus (sloha, vrstva), nimbus (daždivý). V zmysle tohto delenia bol vypracovaný **Medzinárodný atlas oblakov** (1956), ktorý ich delí do desiatich hlavných skupín (druhov). Rozdielnosti vo vnútornej štruktúre a vzhľade delia ďalej oblaky na tvary. Špecifické rysy jednotlivých oblakov môžu určovať ich odrodu. V miernych zemepisných šírkach sa oblaky vyskytujú zhruba do výšky 13 km. Z hľadiska mikroštruktúrneho zloženia delíme oblaky na **vodné** (vytvorené len z vodných kvapôčok), oblaky **zmiešané** (podchladené kvapôčky vody premiešané s ľadovými časticami)



a oblaky **řadové**. Podľa intervalu výšky najčastejšieho výskytu sú oblaky delené na tri vertikálne skupiny.

3.1 VYSOKÉ OBLAKY (6-12 KM)

řiasa - cirrus

jednotlivé, navzájom oddelené obláčiky v podobe jemných chumáčov, vejárikov alebo pruhov s vláknitou štruktúrou, nezoslabujú slnečné ani mesačné svetlo

háčiková řiasa - cirrus uncinus

vláknitá štruktúra zakončená háčikovým tvarom

cirrus tractus

obláčiky sledujú samostatnú, spojitú resp. rozpadajúcu sa dráhu (po prelete lietadiel)

řiasová sloha - cirrostratus

priesvitný oblačný závoj vláknitého vzhľadu, čiastočne alebo úplne zakrýva oblohu, obrysy Slnka a Mesiaca ostávajú zachované (môžu vznikať halové javy)

řiasová kopa – cirrocumulus

tenké, menšie alebo väčšie skupiny oblakov alebo vrstvy bielych oblakov bez tieňa, zložené z malých oblačných častí v podobe zŕn alebo vlniek - „malé baránky“

3.2 STREDNÉ OBLAKY (2-7 KM)

vyvýšená kopa – altocumulus

biele až šedé, menšie či väčšie skupiny alebo vrstvy oblakov majúce vlastné tieň, tvoria oblačné časti podobné vlnám či valúnom ("veľké baránky"), Slnko a Mesiak môžu vytvárať úzky, dúhovo alebo bielo sfarbený kruh - "studničku"

altocumulus castellanus

oblaky tvoria vežičkovitú štruktúru

altocumulus lenticularis

samostatný oblak šošovkovitého tvaru

altocumulus undulatus

oblak so štruktúrou pripomínajúcu potrhané vlnky

vysoká sloha – altostratus

šedá až šedomodrá oblačná plocha (vrstva) bez zjavnej štruktúry, prípadne s vláknitou alebo rebrovanou štruktúrou, Slnko je možné občas sledovať akoby za matným sklom

3.3 NÍZKE OBLAKY (0-3 KM)

sloha – stratus

šedá oblačná vrstva s jednotvárnou základňou, často zakrývajúca vrcholy kopcov alebo vysokých stavieb, možný sprievodný jav - mrholenie

stratus fractus

oblačnosť má podobu roztrhaných nepravidelných chuchvalcov

slohová kopa - stratocumulus

šedé až belavé, menšie či väčšie skupiny (vrstvy) oblakov majúcich tmavé miesta zložené z častí podobných dlažbe alebo valúnom, s nevláknitou štruktúrou

stratocumulus orographicus

prelievanie studenej oblačnosti cez hrebeň pohoria, oblak sa rozplýva na záveternej strane klesaním a otepľovaním

stratus nebulosus

nepriesvitná oblačná vrstva jednotvárneho vzhľadu, neprepúšťajúca slnečné lúče; vyplňa údolia a kotliny

stratocumulus perlucidus opacus

nepriesvitné hustejšie oblaky, medzi ktorými sú zreteľné medzery

3.4 OBLAKY S VERTIKÁLNYM VÝVOJOM

dažďová sloha – nimbostratus

šedá, často tmavá jednotvárná oblačná vrstva matného vzhľadu, je zdrojom trvalých zrážok, sprievodný jav - hmly, stratus fractus

kopa - cumulus

samostatný, prevažne hustý oblak s ostrým ohraničením, v podobe bielych kôp s evidentnou tmavšou, takmer vodorovnou základňou

cumulus humilis

skupina kôp zväčša rovnomerne rozdelených na oblohe sledujúcich jeden smer

cumulus mediocris

kopa s väčším vertikálnym vývojom

cumulus congestus

kopa so silným vertikálnym vývojom

cumulus virga

cumulus s väčším vertikálnym vývojom a zrážkovými pruhmi, z ktorých vypadávajú zrážky avšak nemusia dosahovať na povrch zeme

búrková kopa - cumulonimbus

mohutný a hustý oblak značného vertikálneho rozsahu v podobe hôr alebo kopovitých veží s tmavou základňou, vrcholky až žiarivo biele a hladké, prípadne s vláknitou alebo rebrovanou štruktúrou; zosilňuje nárazový vietor, vyvoláva krátkodobé intenzívne zrážky sprevádzané búrkovou činnosťou



cumulonimbus incus

vrchol je sploštený v tvare nákovy

cumulonimbus calvus

vrchol vytvára podobu vejára, širokého chochola alebo tvar karfiolu

cumulonimbus mammatus

základňa má bublinový charakter

tornádo

lievikovité predĺženie základne búrkového oblaku

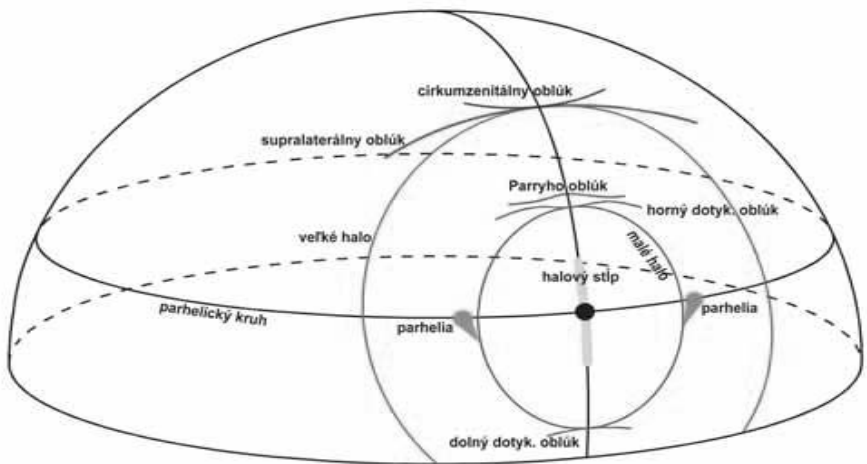
3.5 UMELE OBLAKY

pyrocumulus

- z pozemných požiarov
- zo sopiek
- z umelých výbuchov
- z fabrických komínov
- z lietadiel (contrails)
- komínov oceánskych lodí

3.6 OPTICKÉ JAVY

Optické, elektrické ale i akustické javy v atmosfére sú nápadné a v mnohých prípadoch pomerne časté úkazy, pozorované človekom už od pradávna. **Atmosférická optika** je súhrnný názov pre všetko, čo má do



činenia so svetlom a farbou v atmosfére. Je to v skutočnosti rozptyl svetla, kde rozptyľujúcou látkou je atmosféra a zdrojom svetla Slnko či Mesiac. Farebnosť oblohy a javov je teda dôsledkom rôzneho rozptylu dopadajúceho slnečného svetla, čiže prechodu slnečných lúčov rôzne hustými vrstvami atmosféry alebo ich lomu v kryštálikoch či kvapôčkach vody. Elektrické javy zase spôsobuje statická elektrina .

perleťové oblaky

dúhovo sfarbené oblaky jemnej až závojovej štruktúry vo výške 15-25 km

súmrakové lúče

prienik slnečných lúčov cez oblaky pri východe (západe) Slnka

horské tiene

tiene štítov na pozadí atmosféry počas východov (západov) Slnka

irizácia (iridiscencia)

dúhové alebo perleťové sfarbenie okrajov oblakov prevažne typu cirrus, vzniká ohybom a interferenciou slnečných lúčov na kryštálikoch ľadu

dúha

farebný oblúk na oblohe (často dvojoblúk), vznikajúci lomom a odrazom slnečných lúčov na vodných kvapkách so stredom v protislnačnom bode pod obzorom, výška Slnka nad obzorom musí byť menšia než 42 stupňov

glória

dúhové halo okolo objektu

refrakcia

sploštenie zapadajúceho Slnka

halové javy

belavo až dúhovo sfarbené jednoduché či zložené oblúky resp. kruhy okolo Slnka a Mesiaca

blesk

silný prírodný elektrostatický výboj, produkovaný najčastejšie počas búrky, sprevádzaný obvykle zvukovým efektom

guľový blesk

pomerne malá, jasno žiariaca ohnivá guľa bielej až žltočervenej farby obvykle s modrastým okrajom, prevažne pomaly sa pohybujúca so slabým bzukotom alebo bez neho, mení smer pohybu veľmi podivne - nechá sa unášať vetrom ale dokáže sa pohybovať aj v bezvetří či proti vetru

3.7 POLÁRNA ŽIARA

Polárnou žiarou (aurorou) nazývame svetelný úkaz, odohrávajúci sa vo vysokej atmosfére Zeme alebo aj v atmosfére iných planét Slnačnej sústavy. Vzniká vtedy, keď elektricky nabité častice slnečného vetra (hlavne elektróny, protóny, alfa-častice a niektoré ťažké ióny) dopadajú na vrchnú vrstvu atmosféry. Náraz častice spôsobí v atóme molekuly vzduchu zmenu v elektrónovej konfigurácii. Vybudený elektrón vystúpi na vyššiu energetickú hladinu. Po krátkom čase sa opäť vráti na pôvodnú hladinu a pri tom je vylúčený fotón. Tomuto javu sa hovorí fluorescencia. Vysoká

atmosféra sa vo výškach od 80 kilometrov vyššie rozžiari a na oblohe môžeme sledovať bizarné divadlo svetla a farieb rôznych odtieňov.

Polárna žiara sa na Zemi vyskytuje predovšetkým v polárnych oblastiach, pretože častice slnečného vetra sú vychýlené magnetickým poľom Zeme pozdĺž jeho línií. Tie v blízkosti pólů pretínajú zemský povrch. Oblasť jej najčastejšieho výskytu pripomína pri pohľade z vesmíru akýsi prstenec okolo pólu, nazývaný tiež **aurorálny ovál**.

Tvary a farby polárnych žiar sú rozmanité. Spektrum farieb závisí od množstva atómov dvoch najdôležitejších prvků v atmosfére - kyslíka a dusíka. Typické zafarbenie je červené v najvrchnejších vrstvách, čo spôsobujú atómy kyslíka. V stredných vrstvách potom prechádza farba do intenzívnej zelenej. Za modrú farbu, prechádzajúcu až do karmínovej, sú zodpovedné v nižších výškach hlavne molekuly dusíka.

Početnosť a jasnosť polárnych žiar závisí od aktivity Slnka a intenzity slnečného vetra. Frekvencia výskytu tohto úkazu dobre korešponduje s 11-ročným slnečným cyklom. Výnimočne sa žiara objavuje aj v nižších zemepisných šírkach, môže byť pozorovateľná dokonca aj na rovníku. Slnečný vietor zaplavuje rovnomerne náveternú stranu **magnetosféry**, preto sa tento úkaz vyskytuje naraz na severnom aj južnom póle. Polárna žiara v blízkosti severného pólu sa nazýva **Aurora borealis**, v blízkosti južného pólu **Aurora australis**.

3.8 METEORY

Meteor je jav vo vysokej atmosfére, trvajúci zlomok sekundy alebo aj niekoľko sekúnd. Je prejavom zrážky **meteoroidu** so Zemou. Na nočnej oblohe sa prejavuje ako rýchly prelet svietiaceho objektu, ľudovo nazývaného aj "padajúca hviezda". Meteoroidy sú relatívne malé fragmenty úlomkov v slnečnej sústave (od veľkosti zrnka piesku až po balvany), ktoré pri strete so Zemou vlietajú vysokými rýchlosťami (11 - 72 km/s) do zemskej atmosféry. Vo výškach okolo 80 - 120 km nad zemským povrchom sa pôsobením hustoty a tlaku atmosféry toto teleso rozžeraví a taví. Pri tomto procese dochádza k ionizácii vzduchu. Pozorovateľ ho vidí na oblohe ako letiaci záblesk svetla. Jasnosť meteorov závisí od mnohých faktorov, z ktorých najdôležitejšia je pochopiteľne veľkosť telesa. Najjasnejším meteorom, ktoré svojou jasnosťou predstihnú zdanlivú jasnosť Venuše na pozemskej oblohe, hovoríme **bolidy**. Časť telesa, ktorá sa vďaka vysokej teplote nevyparí v atmosfére ale dopadne na zemský povrch, voláme **meteorit**.

Počas bezmesačnej noci sa dá na oblohe pozorovať približne 5 - 10 meteorov za hodinu. Tieto nazývame tzv. **sporadické meteory**. Okrem nich poznáme aj **meteory rojové**. **Meteorické roje** sa vyskytujú pravidelne v priebehu roka. Svoj pôvod majú v spoločnom telese, ktoré v minulosti križovalo dráhu Zeme. Tá pri svojom obehu okolo Slnka prechádza touto oblasťou. Prejavuje sa to pravidelným zvýšeným výskytom meteorov na oblohe. Z povrchu Zeme sa nám zdá, že vylietajú z jedného smeru a bodu, nazývaného **radiant roja**. Pri mimoriadne zvýšenej intenzite rojových meteorov niekedy nastáva tzv. **meteorický dážď**.

Meteory pozorujeme vizuálne, pomocou siete celooblohových fotografických kamier, alebo aj cez deň vďaka meteorickým radarom.

3.9 NOČNÉ SVETIELKUJÚCE OBLAKY (NOCTILUTENT CLOUDS)

Sú striebřisté, pomerne úzke, veľmi vysoké oblaky závojovitej alebo pásovitej štruktúry, nápadné striebrošedým svetielkovaním (i s nádychom iných farieb). Sú vzácné pozorovateľné okolo letného slnovratu (máj - júl) vo výške okolo 80 km, v čase, keď je Slnko pod horizontom 6 až 16 stupňov.

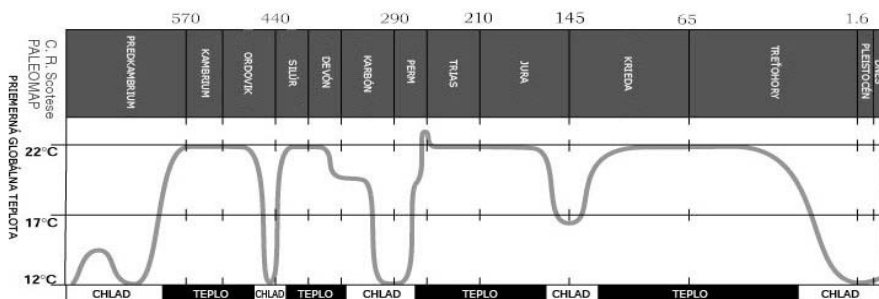
4. KLIMATICKÉ ZMENY

sú zmeny v zemskej klíme, prebiehajúce počas desiatok alebo aj tisícok rokov, z pohľadu priemerných teplôt. Môžu byť spôsobené prírodnými vplyvmi alebo ľudskou činnosťou. Naša planéta prešla vo svojej histórii množstvom klimatických zmien a aj v súčasnosti jednu z nich zažívame. Nazývame ju **Globálne otepľovanie**.

Pod týmto pojmom rozumieme celosvetové zvyšovanie sa priemerných teplôt oceánov a atmosféry. Pravidelné záznamy teplôt evidujeme však len z posledných približne 150 rokov. V tomto období pozorujeme ich dlhodobý vzostup. Z pomerne nedávnej minulosti vieme, že Zem aj v posledných stovkách rokov prechádzala teplejšími alebo chladnejšími obdobiami. Záznamy oveľa staršie, uložené napríklad hlboko v antarktickom ľade, vydávajú svedectvo o viac-menej pravidelnom striedaní sa teplých a ľadových dôb na Zemi.

Pozorované cykly majú opakujúcu sa formu, pričom približne 100 000 rokov ľadovej (**glaciálnej**) doby je vystriedaných približne 10 000 až 20 000 rokmi teplej (**interglaciálnej**) doby. Už približne 10 000 rokov sa nachádzame v teplej dobe, ale táto, bez zmien vyvolaných ľudskou

aktivitou, by mala trvať ešte niekoľko tisíc rokov. Vedci sa domnievajú, že dlhodobé zmeny v minulosti boli spôsobené hlavne nasledovnými prírodnými mechanizmami: **1. Pohybom kontinentov** **2. Milankovičovými cyklami** **3. Slnčnou aktivitou** **4. Južnou osciláciou**



Počas posledných 1000 – 2000 rokov pred rokom 1850 bola globálna teplota relatívne stabilná s rôznymi (zrejme lokálnymi) výkyvmi, **ako Stredoveké teplé obdobie** (cca od roku 1000 do roku 1250) alebo **Malá doba ľadová** (cca od roku 1350 do roku 1850). V priebehu posledných niečo vyše 100 rokov došlo k výraznému zvýšeniu globálnej teploty, takže vývoj klimatického zemského systému sa stal nelineárnym a nestabilným. Priemerné ročné teploty sa od konca 19. storočia zvýšili o $0,6 \pm 0,2$ °C. Otázkou zostáva, akou mierou sa na tom podieľa človek.

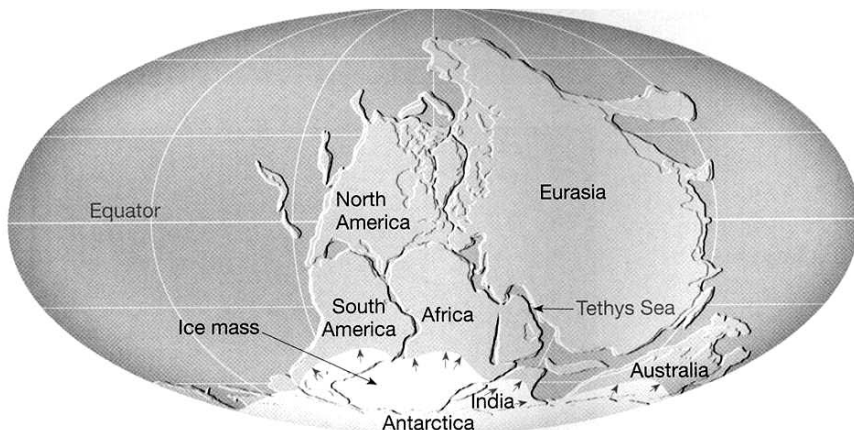
Problematikou sa zaoberá aj spoločný projekt Medzinárodnej meteorologickej organizácie a Environmentálneho programu OSN pod názvom IPCC - Medzivládny panel pre klimatické zmeny. Jeho cieľom je dôkladné, objektívne a transparentné zhodnotenie problematiky na základe dostupných relevantných vedeckých, technických a socioekonomických informácií z celého sveta. Výsledky reprezentujú prácu expertov zo všetkých regiónov sveta.

Na základe rapídneho zvýšenia tzv. skleníkových plynov v atmosfére IPCC zahŕňa ako dôvod zvyšovania sa teploty ľudský faktor. Jeho klimatický model predpokladá ďalšie zvyšovanie priemernej teploty na Zemi medzi rokmi 1990 až 2100 o 1,4 - 5,8 °C.

4.1 POHYB KONTINENTOV

Jedným z prvých, kto začal uvažovať o možnosti, že Afrika a Južná Amerika boli spojené, bol Sir Francis Bacon v 17. storočí. Začiatkom 20. storočia Alfréda Wegenera upútalo, že tvary kontinentov na oboch stranách

Atlantiku do seba zapadajú (napr. Afrika a Južná Amerika). Táto skutočnosť však bola pozorovaná už predtým. Podobnosť niektorých skamenelín a geologických formácií viedla k návrhu, že kontinenty boli kedysi spojené do jedného celku nazvaného **Pangea**. Pohyb kontinentov sa stal súčasťou **teórie platňovej tektoniky**.



Dôkazy pohybu kontinentov sú dnes rozsiahle. Zhoda živočíšnych a rastlinných skamenelín, nájdených na oboch brehoch kontinentov svedčí o tom, že dané kontinenty boli kedysi spojené. Svojim pohybom kontinenty menia prúdenie morskej vody. Z hľadiska zmeny klímy je dôležitý hlavne tzv. **termo-halinný výmenník**.

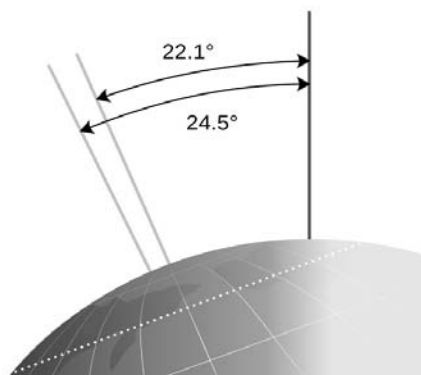
Termo-halinný výmenník je akýsi oceánsky výmenník tepla fungujúci pomocou systému hlbokomorských prúdov. Termín pochádza zo slov thermo (teplo) a halinný (slaný). Teplota a slanosť (salinita) určujú hustotu vody. Termo-halinný výmenník vytvára najhlbšiu z troch úrovní morských prúdov. Jeho srdcom je **antarktická cirkulácia**, ktorá vzniká vďaka systému **riftových chrbtov** stáčajúcich prúdenie do veľkého oválu obopínajúceho celú Antarktídu. Odtiaľto sa oddeľujú dve vetvy, ktoré bývajú označené ako **Atlantický výmenník** a **Pacifický protivýmenník**. Systém má niekoľko centier, kde dochádza k premiešavaniu vody z rôznych hĺbok, rôznej teploty a slanosťi a vďaka nim ovplyvňuje klímu jednotlivých kontinentov.

4.2 MILANKOVIČOVE CYKLY

opisujú javy, ktoré v dôsledku premien výstredností, zmenou sklonu osi rotácie a zmeny precesie vysvetľujú zmenu postavenia Zeme k Slnku. Od

toho je závislá aj variácia príkonu slnečnej energie v dlhodobých cykloch a s tým súvisiaci nástup a ústup ľadových dôb.

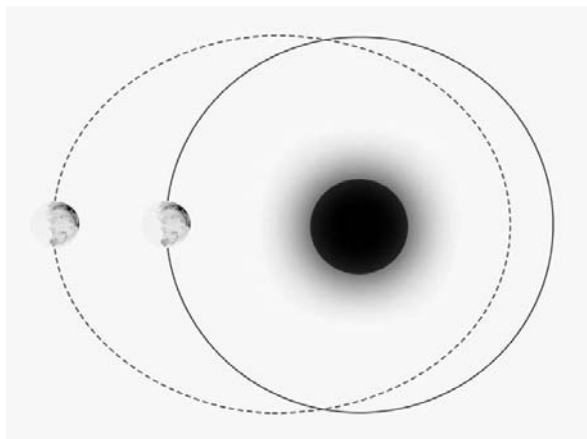
Zmena náklonu osi



V krátkodobom i dlhodobom meradle množstvo slnečnej energie, ktoré dopadá na zemský povrch, kolíše. Rôzne zemepisné šírky, a teda premenlivé časti mora a pevniny získavajú rôzne množstvá tepla. Prejavuje sa to zmenami prúdenia v atmosfére a oceánoch. V ročnom meradle hovoríme o striedaní ročných období, ale z dlhodobého pohľadu je obraz podstatne zložitejší:

1. Sklon zemskej osi sa mení v perióde približne 40 tisíc rokov v rozmedzí 22,1 – 24,5° a znižuje sa o polovicu uhlovej sekundy (0,00013°) za rok. Maximum bolo dosiahnuté pred 10 tisíc rokmi. Dnes je jeho hodnota 23,44°. Má vplyv na pozíciu polárnych kruhov a tropických obratníkov. Cyklus 40 tisíc rokov je charakteristický pre teplé a chladné oscilácie od začiatku **pleistocénu** v období pred 2,5 miliónmi rokov až po súčasnosť.

2. Zem obieha okolo Slnka po eliptickej dráhe, ktorej excentricita sa mení od nuly (kruhová dráha) do 0,06 v cykle necelých 100 tisíc rokov.

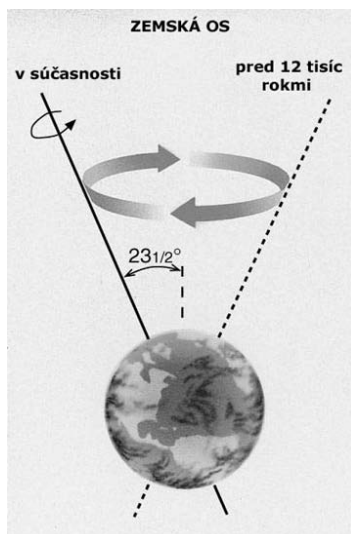


Počas posledných 100 tisíc rokov mala excentricita hodnotu 0,02 alebo menej. Súčasná hodnota je 0,0167 a posledné maximum 0,019 dosiahnuté pred 10 tisíc rokmi bolo veľmi nízke. Podstatnejšie maximá sa odohrávali pred 110, 200, 300, 600,

700 a 960 tisícmi rokmi. Menšie potom pred 400, 500, 800 a 880 tisíc rokmi. Stotisícový klimatický cyklus dominuje v klíme za posledný milión rokov. Počas vysokej excentricity je sezónny rozdiel v množstve

slnecnej energie medzi perihéliom a aféliom až 30 %, v súčasnej dobe dosahuje asi 7 %. Pri kruhovej dráhe je samozrejme nulový.

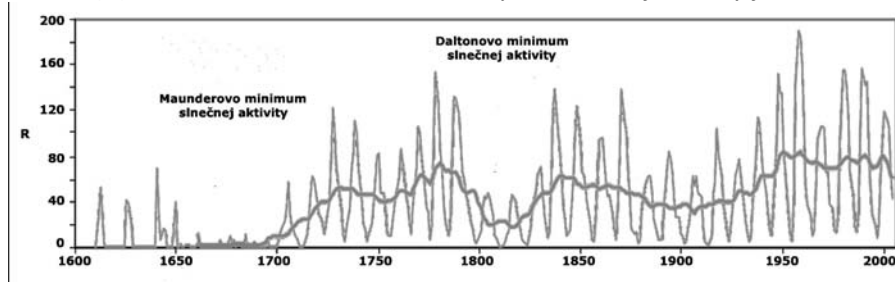
3. precesia – sa odohráva v približne 26 tisíc ročnom cykle. Pôsobením gravitačnej sily Slnka, Mesiaca a planét vykonáva v rámci neho zemská os akýsi krúživý pohyb. Zemská os pretína zdanlivú nebeskú sféru v bodoch nazývaných svetové póly a ten severný sa nachádza v blízkosti jasnej hviezdy Polárka. Práve v dôsledku precesie sa však medzi hviezdami pohybuje a počas cyklu opíše medzi hviezdami kružnicu. Pred zhruba 13 tisíc rokmi tak bola polárnou hviezdou iná hviezda - Vega.



Vplyv uvedených orbitálnych parametrov na zaľadnenie Zeme sformuloval srbský geofyzik Milutin Milankovič v roku 1941 a dá sa vystopovať až do paleozoika. Ich vplyv na zmenu klímy je zrejme dominantný.

4.3 SLNEČNÁ AKTIVITA

Slnčný povrch pozorujeme vďaka vynálezu ďalekohľadu už viac ako 400 rokov. Počet slnečných škvŕn na ňom je závislý od aktivity slnečného magnetického poľa. Ich množstvo vyjadrujeme tzv. **Wolfovým relatívnym číslom (R)**. Priemerná dĺžka základného cyklu slnečnej aktivity je 11,1 roka.



Graf zobrazuje počet slnečných škvŕn vyjadrený číslom “R” v posledných štyroch storočiach. Dobré je na ňom identifikovateľné obdobie malej slnečnej aktivity spojené s výrazným tzv. **Maunderovým minimom** v rokoch 1645-1715, kedy viac ako na polstoročie prakticky zmizli pozorovateľné slnečné škvŕny. Výrazné maximá slnečnej činnosti v súčasnosti trvajúce zhruba od roku 1950 do roku 2004 sa dobre kryjú

s hlavným obdobím nárastu priemerných teplôt. V poslednom období však aktivita slnečnej činnosti značne klesla, čo je nápadné predovšetkým od konca roku 2008. Priemerné teploty v roku 2009 prinajmenšom spomalili svoj rast, podľa niektorých zdrojov stagnujú, či dokonca klesajú. Práve slnečná aktivita je dôležitým argumentom časti vedcov proti antropogénnemu vplyvu na súčasné klimatické zmeny. Tí hovoria, že je malý alebo dokonca zanedbateľný a hlavným motorom klimatickej zmeny je práve premenlivá činnosť Slnka.

4.4 CYKLUS JUŽNEJ OSCILÁCIE

V dvadsiatych a tridsiatych rokoch 20. storočia Sir G. T. Walker a E. W. Bliss chceli vypracovať predpoveď príchodu monzúnov v Indii. Podrobným štúdiom objavili závislosť medzi kolísaním tlaku v Pacifiku a Indickom oceáne. Na južnej pologuli sa prejavuje tento jav výraznejšie, odtiaľ je odvodený aj názov „**južná oscilácia**“. Princíp je nasledovný:

Ak tlak vzduchu v južnom Pacifiku rastie, potom tlak vzduchu v Indickom oceáne klesá. V prevažujúcich (normálnych) rokoch je v západnej časti Tichého oceánu (pri brehoch Indonézie) teplota okolo 28 °C, na rozdiel od pobrežia Južnej Ameriky, kde je v priemere 24 °C. V dôsledku pasátových vetrov dochádza pri pobreží Južnej Ameriky ku vztlaku hĺbkových chladných vôd. **Humboldtovým prúdom** sa táto voda bohatá na planktón a potravu pre ryby dostáva na sever a stáča sa v smere rovníka na západ. Pri tejto ceste sa ohrieva. Vysoká teplota v západnej časti Pacifiku vedie k nahromadeniu vlhkého vzduchu. Teplý vzduch stúpa v oblasti nízkeho tlaku smerom hore a vytvára oblaky, z ktorých skoro denne prší. Stúpajúci vzduch sa dostáva ako na sever a na juh (**Hadleyho cirkulácia**), tak pozdĺž rovníka (**Walkerova cirkulácia**). V oblastiach vysokého tlaku vo východnom Pacifiku klesá vzduch dolu a oblaky sa rozpúšťajú. V týchto oblastiach preto prší málo. Vzduch tak prúdi ďalej k indonézkym nízkotlakým oblastiam ako už spomínaný pasát.

El Niño je jav, pri ktorom dochádza k narušeniu normálneho stavu južnej oscilácie. Dochádza k nemu vtedy, keď slabnúci pasát umožní teplejším vodám v západnom Pacifiku (pri brehoch Indonézie) prúdiť na východ (k brehom Južnej Ameriky). Ochabnutie pasátových vetrov musí ale trvať niekoľko mesiacov.

Predzvesťou javu El Niño v Južnej Amerike sú tzv. **Kelvinove vlny**. Sú to teplé gule vody v Pacifiku. Vytvárajú sa pri Indonézii a cestujú až k brehom Ameriky. Na severnej pologuli sa každú zimu objaví aspoň jedna.

Oblasť tvorby vln pri Indonézii je najväčšou zásobou teplej vody na svete. Typická Kelvinova vlna je 5-10 cm vysoká, široká je stovky kilometrov a je o niekoľko stupňov teplejšia ako okolité vody. Najteplejšia časť vlny sa nachádza 100 až 150 metrov pod hladinou. Keď narazí na pobrežie, v oblasti o niečo viac prší a je teplejšie. Tiež sa vyrovnajú morské hladiny, pretože v dôsledku pasátu je morská hladina pri Indonézii normálne o 45 cm vyššie ako v Ekvádore. Je ale signálom, že za ňou môže prísť El Niño.

A to už býva horšie. Vyskytuje sa raz za 2 až 7 rokov, v priemere každý 3. - 4. rok. Objavuje sa okolo Vianoc pri pobreží Peru (od toho názov El Niño - chlapec). Trvá 12 – 18 mesiacov. Ak El Niño dorazí, vytvorí sa teplá povrchová vrstva, ktorá oteplí východný Pacifik. Táto ohriata voda má vplyv na počasie celej planéty. Studené a teplé vrstvy pri pobreží Južnej Ameriky sa prestanú miešať. Po spotrebovaní živín vo vrchnej vrstve sa narušia potravinové reťazce a ryby hynú.

Oteplený východný oceán tiež ovplyvňuje atmosféru a dochádza k tropickým búrkam. V dôsledku zmeny cirkulácie nastávajú suchá v Indonézii a privaly dažďa v inak suchej západnej časti Južnej Ameriky. Javu sa niekedy hovorí aj ako teplá fáza južnej oscilácie. Po ňom obvykle nasleduje fáza studená, teda jav opačný - La Niña.

La Niña je vyvolaná rozdielmi tlaku vzduchu nad Indonéziou (nízky tlak oproti normálu) a Južnou Amerikou (naopak vysoký tlak oproti normálnemu stavu). V dôsledku tohto pasátu prúdi ešte silnejšie a dlho. Pri pobreží Peru stúpa z hĺbky oceánu studená voda. Vzduch je tu suchý a dažď skoro nepadá. O to výdatnejšie sú zrážky v západnom Pacifiku.

4.5 ANTROPOGÉNNY VPLYV

Približne 75 % ľudských emisií oxidu uhličitého v atmosfére počas posledných 20 rokov pochádza zo spaľovania fosílnych palív pri výrobných procesoch. Tie prispievajú ročne do atmosféry 22 miliardami ton oxidu uhličitého, ako aj inými skleníkovými plynmi. Asi polovica ľudských emisií zostáva v atmosfére.

Atmosférická koncentrácia oxidu uhličitého sa zvýšila o 31 % oproti obdobiu pred priemyselnou revolúciou (1750). Podľa hlbinných vrtov v polárnych oblastiach je to výrazne viac ako kedykoľvek za posledných 420 000 rokov.

Vďaka aj iným geologickým dôkazom vedci predpokladajú, že takéto hodnoty boli naposledy dosahované pred 40 miliónmi rokov.

Najdlhšie kontinuálne prístrojové meranie hodnôt oxidu uhličitého začalo až v roku 1958. Odvtedy sa priemerné ročné hodnoty monotónne zvyšovali z 315 ppm na 376 ppm v roku 2003. V dôsledku hromadenia sa skleníkových plynov v atmosfére vzniká tzv. **skleníkový efekt**.

Je to zachytávanie časti dlhovlnného (tepelného, infračerveného) vyžarovania povrchu Zeme skleníkovými plynmi, najmä vodnou parou, v menšej miere ozónom, oxidom dusným, metánom, oxidom uhličitým a antropogénnymi freónmi.

Tieto plyny prepúšťajú dobre krátkovlnné a viditeľné žiarenie Slnka (okrem ozónu, ktorý zachytáva aj ultrafialové žiarenie) a spätne zachytávajú časť dlhovlnného tepelného vyžarovania povrchu Zeme. 35 % slnečnej energie sa odráža od atmosféry a zemského povrchu, zvyšok je absorbovaný vzduchom, oceánmi a povrchom, a transformovaný na teplo.

Zohriata Zem vyžaruje žiarenie, ktorého časť je zachytená skleníkovými plynmi - to ohrieva atmosféru a vysiela časť energie naspäť k povrchu Zeme.

Skleníkový efekt je inak prirodzený jav a odhaduje sa, že bez neho by bola priemerná zemská teplota o 14 až 36 °C chladnejšia. Ak sa zvyšuje množstvo molekúl skleníkových plynov, zväčšuje sa aj skleníkový efekt, výsledkom čoho je väčšie množstvo tepelnej energie, prejavujúcej sa mnohými formami.

Zvyšovanie koncentrácie atmosférického oxidu uhličitého je čiastočne vyvažované oceánmi a vegetáciou pri fotosyntéze rastlín. Preto k zvyšovaniu obsahu oxidu uhličitého v atmosfére prispieva aj zmena využitia zemského povrchu, najmä jeho plošné odlesňovanie.

4.6 DÔSLEDKY GLOBÁLNEHO OTEPLŔOVANIA

Celosvetová debata o možnom vplyve **globálneho otepľovania** na nárast intenzity a počtu tropických búrok sa začala najmä po katastrofálnej hurikánovej sezóne v roku 2005. Počas nej dosiahlo sedem tropických búrok v Atlantiku kategóriu tzv. silných hurikánov, a štyri z nich, Emily, Katrina, Rita a Wilma dokonca až stupeň piaty, najvyššej intenzity.

Spomenúť tu musíme aj cyklón Nargis, ktorý udel v inej časti planéty na prelome apríla a mája 2008. V oblasti Bengálskeho zálivu a hlavne v Barme, zanechal spúšť nepredstaviteľných rozmerov. Odhaduje sa, že zahynulo asi 146 tisíc ľudí, ďalšie tisíce zostali nezvestné a o strechu nad hlavou prišli v lepšom prípade stotiséce.

Hurikán Katrina bol jeden z najničivejších tropických cyklónov v histórii USA. 29. augusta 2005 spôsobil enormné škody na juhovýchode USA, a to tak priamo, ako aj prelomením hrádzí pri meste New Orleans, ktoré spôsobilo zaplavenie takmer celého územia mesta.

Vznikol 24. augusta nad Bahamami. Spočiatku sa presúval na severozápad, potom sa mimo bežných očakávaní stočil na juhozápad. 27. augusta prešiel ponad južný cíp Floridy a ocitol sa nad otvorenými vodami Mexického zálivu.

Hurikán rýchlo nabral na sile a postupne dosiahol až najvyšší, 5. stupeň škály intenzity. Nárazy vetra vo vnútri hurikánu dosahovali rýchlosť vyše 400 km/h. Najviac postihnuté boli štáty Florida, Louisiana, Mississippi, Alabama a Georgia. Počet obetí sa už začiatkom septembra odhadoval na tisícky. Ďalšie státisíce sa stali bezdomovcami. Celkové škody sa odhadujú na 26 mld. dolárov. Neskôr nad pevninou zoslabol na tropickú búrku, pokračoval na sever a 31. augusta dosiahol až hranice štátu New York.

Ani v súčasnosti však v tejto oblasti (globálne otepľovanie) nepanuje zatiaľ jednoznačná zhoda. Vedci sú vo svojich vyjadreniach opatrní a to aj napriek tomu, že v prípade atlantických hurikánov bola objavená významná spojitosť medzi nárastom ich deštruktívnej sily (pomocou tzv. **PDI indexu**) a vyššou povrchovou teplotou oceánu. Je ale vysoko pravdepodobné, že pokračujúce otepľovanie planéty povedie k vzniku silnejších cyklón. Väčšie neistoty však panujú v otázke frekvencie ich výskytu. Prognózy naznačujú mierny nárast počtu silných búrok, pričom však ich celkový počet bude skôr bez významnejších zmien.

Ďalším dôsledkom otepľovania je pozoruhodne **rýchle roztápanie sa morských, ale aj pevninských ľadovcov**. Od polovice 19. storočia do roku 1975 sa ľadovce v Alpách zmenšili o jednu tretinu. Od roku 1975 do dnešných dní stratili ďalších 20 až 30 percent zo svojej veľkosti. Vedci na základe klimatických modelov predpovedajú, že tri štvrtiny alpských ľadovcov zmiznú do roku 2050. Znepokojivé je však aj dianie v Grónsku, Himalájach, Arktíde, Antarktíde...

Okrem týchto dvoch zatiaľ najmarkantnejších prejavov, varuje vedecká komunita rovnako aj pred: **následným vzostupom morskej hladiny** v dôsledku topenia sa ľadu, **roztopením sa permafrostu** (obrovských plôch zamrznutej pôdy na Sibíri a v Kanade), **zmenami pravidelnosti indického a afrického monzúnu** alebo **kolapsom potravinového reťazca v oceánoch**.

4.7 SCENÁRE BUDÚCEHO VÝVOJA

Podľa analýz IPCC je vysoko pravdepodobné, že zosilňujúci skleníkový efekt atmosféry bude viesť ku globálnemu otepleniu a k zmene ďalších charakteristík klímy na Zemi, teda k „zmene klímy“. Za najzávažnejší dôsledok tohto vývoja sa považuje zmena všeobecnej cirkulácie atmosféry a oceánov s posunom frontálnych zón a klimatických pásiem na jednej strane a veľká rýchlosť klimatickej zmeny na strane druhej. Keďže sú stále ešte závažné neistoty v uvedených zmenách, nie sme schopní pripraviť prognózu budúceho vývoja klímy, ale iba viac-menej pravdepodobný vývoj v tvare alternatívnych scenárov.

Alternatívne (krajné hodnoty najpravdepodobnejších prípadov) scenáre sa pripravujú aj preto, lebo nevieme s dostatočnou presnosťou predpovedať ani počet obyvateľov na Zemi a ani budúcu spotrebu fosílnych palív a emisiu skleníkových plynov do atmosféry. Konvenčne zostavované klimatické scenáre nepredpokladajú náhlu zmenu globálnej ani regionálnej klímy na Zemi do roku 2100.

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. Do roku 2100 sa tiež očakáva nárast výšky hladiny morí o 15 - 95 cm.

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.

Aby sa neprekročila hodnota zvýšenia priemernej teploty o 2 °C, bude potrebné do roku 2050 znížiť globálne emisie v porovnaní s úrovňami roku 1990 minimálne o 50 %. Rozvinuté krajiny musia prevziať vedúcu úlohu, lebo zodpovedajú za väčšinu doterajších emisií. Preto EÚ navrhuje, aby rozvinuté krajiny do roku 2020 spoločne znížili svoje emisie o 30 % a do roku 2050 o 60 – 80 %. EÚ je pripravená dosiahnuť zníženie o 30 %, ak

sa ďalšie rozvinuté krajiny v novej zmluve zaviazu, že splnia porovnateľné ciele.

5. KOZMICKÉ POČASIE

Pod týmto, možno trochu záhadným názvom, sa neskrýva stav vesmíru, ale len stav bezprostredného okolia Zeme. Kozmické počasie zahŕňa momentálny stav a zmeny žiarivého poľa fotónov vo všetkých vlnových dĺžkach, slnečného vetra i kozmického žiarenia.

Momentálny stav kozmického počasia je podmienený hlavne situáciou v Slnovej atmosfére. Slnko je pomerne hmotná **hviezda hlavnej postupnosti** s povrchovou teplotou asi 5500 °C, nachádzajúca sa zhruba v tretine svojho života. Slnko je aj výnimočne kľudná hviezda a v porovnaní s inými hviezdami podobného typu má mimoriadne nízku aktivitu. Tá sa obmedzuje len na aktívne oblasti so zvýšeným lokálnym magnetickým poľom.

Z pozorovaní vieme, že Slnko nám ukazuje svoju horšiu stránku pred koncom svojej aktívnej časti cyklu. Obdobie solárneho minima a maxima sa mení v zhruba jedenástročnom cykle. V jeho priebehu sa mení polarita hlavného magnetického poľa Slnka a severný pól si vymení miesto

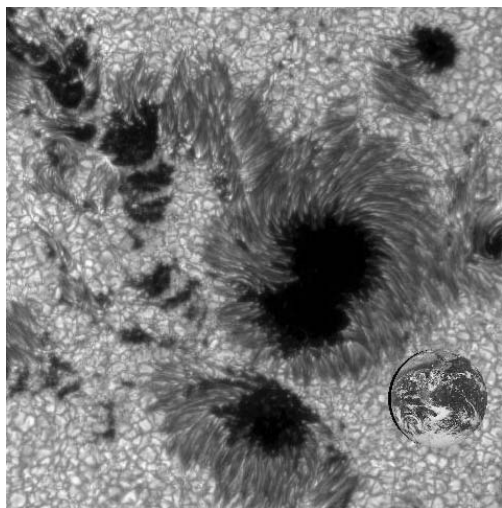
s južným. Slnčné škvrny nám ukazujú miesta s extrémne silným magnetickým poľom.

Pri monitorovaní kozmického počasia je nutné sledovať exotické fotóny v rozsahu RTG žiarenia, spršky nabitých častíc a časovo kolísavý tok kozmického žiarenia.

Predpovedanie kozmického počasia si vynútila ľudská prax.

Keď sa Slnko rozbúri, dokáže prerušiť telefónne linky a televízne vysielanie. Vo

vážnejších prípadoch vyraduje z prevádzky elektrárne a ničí satelity na obežnej dráhe. V týchto prípadoch býva ohrozené aj zdravie kozmonautov a nastávajú komplikácie s technikou na obežnej dráhe. V ohrození sú aj posádky a cestujúci v dopravných lietadlách, hlavne pri polárnych letoch.



Pri zmenách magnetického poľa, ku ktorým pri kontakte **magnetosféry** so **slnčným vetrom** dochádza, sa v rozvodných sústavách, podmorských kábloch a telefónnych či televíznych sieťach vytvárajú silné elektrické prúdy. V kovových plášťoch podmorských káblov sa generuje napätie až niekoľko sto voltov. Známy je prípad **geomagnetickej búrky** z marca 1989, kedy silný **koronálny výron hmoty (CME)** vyradil z prevádzky energetickú sieť firmy HydroQuebec. V Kanade tak bez elektriny zostalo viac než 7 miliónov ľudí. Na mori sa odchyľovali streľky kompasov lodí a polárnu žiaru pozorovali aj v Stredomorí. Poruchy v ionosfére rušili rádiové a televízne vysielanie a dokonca musela byť o jeden deň skrátená misia raketoplánu Discovery.

Bezprostredné ohrozenie života na povrchu Zeme však nehrozí. Žijeme totiž pod spoľahlivými a dobrými štítmí zemskej atmosféry a magnetosféry, ktoré dokážu zastaviť väčšinu častíc v bezpečnej vzdialenosti. Magnetosféra dovolí nabitým časticiam vniknúť hlbšie do atmosféry len v okolí magnetických pólů, pričom vznikajú neškodné polárne žiare.

Rozsiahle škody však spôsobujú slnečné búrky na satelitoch okolo Zeme. Nabité častice slnečného vetra znižujú účinnosť solárnych panelů a ničia ich elektroniku. V dobe, keď na bezdrôtovom spojení a satelitnej komunikácii stojí prakticky celá ekonomika, je teda sledovanie a predpovedanie kozmického počasia nanajvyš dôležitou a neodmysliteľnou súčasťou vedeckého skúmania.

5.1 VÝSKUM KOZMICKÉHO POČASIA

Z radu automatických zariadení, sledujúcich a vyhodnocujúcich kozmické počasia, spomeňme dve najdôležitejšie, skúmajúce Slnko.

Najznámejšou je kozmická sonda **SOHO (Solar and Heliospheric Observatory)**. Bola vypustená 2. decembra 1995. Jej hlavnou úlohou je pozorovanie a štúdium Slnka. Je to spoločný projekt Európskej vesmírnej agentúry (ESA) a NASA. Toto slnečné observatórium pracuje už takmer 15 rokov a okrem jeho vedeckej misie je hlavným zdrojom dát o Slnku pre potreby predpovede vesmírneho počasia. Samotné telo sondy má rozmery $4,3 \times 2,7 \times 3,7$ m a rozpätie rozťahnutých slnečných panelů je 9,5 m. Hmotnosť sondy je asi 600 kg.

SOHO sa pomocou celého spektra prístrojů na svojej palube zameriava hlavne na výskum vonkajšieho okraja Slnka, skúmanie slnečného vetra

v okolí libračného bodu L1 a **helioseizmologický výskum** podpovrchových štruktúr na Slnku. Okolo Slnka obieha po kruhovej dráhe. Nenachádza sa však na obežnej dráhe okolo Zeme, ale v blízkosti bodu, kde sa pôsobenie slnečnej gravitácie vyrovnáva pôsobeniu gravitácie zemskej. Tieto miesta nazývame libračnými bodmi.

Prenos dát a komunikácia s pozemským riadiacim strediskom prebieha pomocou siete Deep Space Network. Okrem údajov o aktuálnom stave Slnka, jeho atmosféry a slnečného vetra sa dáta používajú aj pri zostavovaní predpovedí slnečných erupcií a pod.

Pomocou širokohlého a spektrometrického **koronografu LASCO (Large Angle and Spectrometric Coronagraph)** sleduje sonda neustále bezprostredné okolie Slnka. Prístroj, ako už jeho názov napovedá, je určený na výskum slnečnej koróny. Stáva sa z neho však aj účinná zbraň lovcov komét. Aj keď sa s tým vopred nepočítalo, na jeho záberoch sa podarilo objaviť už viac než 1500 týchto nebeských pútnikov. Sú to telesá, ktoré sa na svojich dráhach priblížili k Slnku natoľko, že už ich nie je možné detegovať pomocou pozemských ďalekohľadov.

Celková činnosť a výsledky sondy predčili aj najsmelšie očakávania. Napriek tomu, že v roku 2003 sa vyskytol problém s hlavnou anténou a následným prenosom dát, ktorý sa podarilo technikom vyriešiť, sonda pracuje spoľahlivo a je dnes už neodmysliteľným zdrojom informácií v našom výskume Slnka.

Na obežnej dráhe okolo Zeme sa nachádza aj sonda **TRACE (Transition Region And Coronal Explorer)**. Od roku 1998 skúma trojrozmerné usporiadanie magnetických polí v atmosfére Slnka, slnečnú korónu a riedku vrstvu pod ňou, ktorú voláme prechodová oblasť. Hlavným cieľom je objasniť vzťahy medzi magnetickým poľom a zahrievaním koróny.

5.2 SLNKO A JEHO AKTIVITA

Slnečná aktivita je komplex dynamických javov, ktoré sa v obmedzenom čase a priestore vyskytujú na slnečnom povrchu alebo tesne pod ním. Prejavuje sa vo forme zmien magnetického poľa v atmosfére Slnka, s čím súvisia aj rozdielne množstvá vyvrhovaných častíc do okolitého priestoru. Slnečná aktivita pravidelne kolíše s periódou okolo 11 rokov. Toto obdobie nazývame **slnečný cyklus**. Každých 11 rokov sa zmení polarita magnetického poľa Slnka a v jeho atmosfére pozorujeme najväčší počet javov, súvisiacich so slnečnou aktivitou. Dĺžka tohto cyklu nie je fixná, môže sa meniť od 8 do 15 rokov.

Najviditeľnejším prejavom slnečnej aktivity sú slnečné škvrny, vznikajúce v dôsledku zmien magnetického poľa. ŠkvRNA vznikne na mieste, kde sa na povrch vynárajú siločiar magnetického poľa. Magnetické pole tu potláča tepelné prúdenie (konvekciu) zvnútra Slnka a izoluje ju aj od okolia. Dané miesto je preto v porovnaní s okolitým prostredím chladnejšie a tmavšie. V čase slnečného minima sa škvrny na Slnku takmer nevyskytujú, v maxime je ich zase veľké množstvo.

Na začiatku cyklu sa objavujú jednotlivé skupiny slnečných škvŕn vo vysokých heliografických šírkach (nad 30°). Neskôr, ako cyklus pokračuje, množstvo skupín škvŕn stúpa a zostupujú bližšie k rovníku. Po dosiahnutí maxima počet škvŕn pozvoľna klesá. Časovo - šírkové rozdelenie výskytu škvŕn v cykle slnečnej aktivity si všimol už v roku 1859 anglický astronóm R. C. Carrington, po ňom sa problematike detailne venoval Gustav Spörer.

V čase minima a malého výskytu slnečných škvŕn ale Slnko nie je úplne pokojné. Chýbajú na ňom síce rozsiahle oblasti koncentrácie magnetického toku, ale na povrchu pokojného Slnka sa však stále dá **pozorovať granulácia, spikuly, a tiež veľkoškálové štruktúry** vo forme **supergranulácie** alebo **chromosférickej siete**. V období zvýšenej slnečnej aktivity sa na Slnku vytvárajú aktívne oblasti, v ktorých prebiehajú javy typické pre slnečnú aktivitu, ako sú rôzne **výtrysky, vzplanutia v RTG oblasti, vzplanutia v rádiovej oblasti, erupcie a protuberancie**. Veľké aktívne oblasti pretrvávajú aj niekoľko mesiacov, menšie miznú už po pár dňoch.

S aktívnymi oblasťami na Slnku súvisia aj gigantické uvoľnenia obrovského množstva energie do okolia. Voláme ich **slnečné erupcie**. Vznikajú ako reakcia slnečnej atmosféry na náhly a rýchly proces uvoľnenia magnetickej energie. Často bývajú tieto udalosti spojené aj s **výronmi koronálnej hmoty (CME)**, pri ktorých dochádza k uvoľneniu veľkého množstva materiálu zo slnečnej koróny do okolitého priestoru. Vyvrhnutá hmota sa ako plazma, pozostávajúca hlavne z protónov a neutrónov, stáva zvýšeným tokom slnečného vetra. V medziplanetárnom priestore pokračuje ako medziplanetárna rázová vlna a pokiaľ zasiahne Zem, väčšinu zachytí zemská magnetosféra. Práve vtedy, keď je magnetické pole Zeme narušené, hovoríme o **geomagnetickej búrke**.

5.3 SLNEČNÝ VIETOR

Eugene Parker v roku 1958 objavil, že od Slnka prúdi neustále silný prúd častíc, ktorý vyplňa lokálny medziplanetárny priestor ionizovaným plynom

(plazmou). Rozvoj satelitnej techniky v 60-tych rokoch 20. storočia túto hypotézu potvrdil. Objav dramaticky zmenil náš pohľad na bezprostredné okolie Zeme a pomohol vysvetliť niektoré pozorované javy.

Slnčný vietor je zložený väčšinou z vysokoenergetických elektrónov a protónov (asi 500 keV), ktoré unikajú slnečnej gravitácii rýchlosťami obvykle 300 - 700 km/s. Vzdialenosť Slnko - Zem je približne 150 miliónov km. Vyvrhnutá látka zo Slnka potrebuje asi 2 až 4 dni na prekonanie tejto vzdialenosti. V blízkosti Zeme sa priemerná rýchlosť slnečného vetra pohybuje okolo 450 km/s.

Hustota častíc slnečného vetra kolíše v blízkosti Zeme bežne medzi 3 - 15 častíc v jednom kubickom centimetri. Pri slnečných erupciách sa ich rýchlosť a hustota zväčšujú.

Slnčným vetrom možno vysvetliť mnoho javov, ako sú už spomínané geomagnetické búrky, polárna žiara alebo chvosty komét v Slnečnej sústave mieriace vždy smerom od Slnka.

Naša najbližšia hviezda stráca v dôsledku slnečného vetra viac ako 1 milión ton hmoty za sekundu. Pri hmotnosti a veľkosti Slnka je to však zanedbateľné množstvo. V prípade opisu toku častíc pri iných hviezdach ako Slnko používame termín hviezdny vietor.

V miestach stretu slnečného vetra s magnetosférou Zeme vzniká rázová vlna, tzv. **“bow shock”**. Slnčný vietor neustále deformuje zemskú magnetosféru. Kolísanie hustoty a rýchlosti slnečného vetra má za následok meniaci sa tlak na jej “náveternú” stranu a teda aj zmenu jej tvaru. Magnetosféra častice zachytáva v tzv. van Allenových radiačných pásoch. V polárnych oblastiach môžu pozdĺž magnetických siločiar častice preniknúť až do vysokej atmosféry a spôsobovať polárnu žiaru.

Slnčný vietor vydáva aj akúsi „bublinu“ v medzihviezdnej látke, pozostávajúcej zo zriedených plynov vodíka a hélia. Oblasť, v ktorej sa dynamický tlak slnečného vetra rovná dynamickému tlaku medzihviezdneho prostredia, sa nazýva **heliopauza** a leží ďaleko za dráhou Neptúna. Vzdialenosť k heliopauze presne nepoznáme, mení sa totiž podľa aktuálnej rýchlosti slnečného vetra a lokálnej hustoty medzihviezdnej látky.

5.4 KOZMICKÉ ŽIARENIE

Prúd vysokoenergetických častíc s veľmi malou vlnovou dĺžkou, ktoré vnikajú do zemskej atmosféry z kozmického priestoru, voláme kozmické žiarenie. Patria sem jadrá všetkých prvkov, elektróny a žiarenie gama.

O primárnom kozmickom žiarení hovoríme pred jeho stretom so zemskou atmosférou v priestore, kde sa častice pohybujú rýchlosťami blízky rýchlosti svetla a majú vysokú kinetickú energiu. Žiarenie je tvorené úplne ionizovanými atómami. 90 %-ný podiel v ňom majú jadrá vodíka (protóny), približne 9 % tvoria jadrá hélia (α častice) a zostatok sú ťažšie jadrá alebo vysokoenergetické voľné elektróny.

Žiarenie neprenikne do atmosféry hlbšie ako do výšok zhruba 12 - 15 km nad povrchom. Častice primárneho kozmického žiarenia interagujú v atmosfére s jadrami dusíka a kyslíka, následkom čoho vznikajú častice sekundárneho kozmického žiarenia.

Hustota toku kozmického žiarenia je veľmi nízka. Najvyššiu majú častice nižších energií prichádzajúce zo Slnka. Sú produktom slnečných erupcií. Podstatná časť kozmického žiarenia prichádza však z galaktických oblastí, jeho pôvodcami sú **supernovy** a ich relikt. Zdrojom najenergetickejších častíc sú mimogalaktické oblasti. Pochádzajú z **kvazarov** a **aktívnych jadier galaxií**. S veľkou pravdepodobnosťou sú zdrojom kozmického žiarenia aj mimogalaktické gama záblesky - najenergetickejšie procesy pozorované vôbec vo vesmíre.

Štúdiom kozmického žiarenia sa zaoberá fyzika vysokých energií. Detegujeme ho pomocou dômyselných, plošne rozsiahlych pozemských detektorov, výškových balónov, družíc na obežnej dráhe Zeme a sond v medziplanetárnom priestore.

5.5 VESMÍRNY ODPAD

Za vesmírny odpad označujeme na obežnej dráhe Zeme tisíce väčších či menších úlomkov, častí starých nefunkčných družíc, kozmických lodí a ďalších telies vyrobených človekom. Za viac ako polovicu storočia letov do vesmíru sa človeku podarilo nielen natrvalo umiestniť ľudskú posádku na orbitu Zeme, sústrediť tu dôležité a život uľahčujúce zariadenia, ale na nej zhromaždiť aj veľké množstvo nepotrebného materiálu, doslova odpadu. Podľa odhadov sa okolo Zeme pohybuje viac ako 110 000 malých (od 1 cm) či väčších objektov. Pri podrobnom pohľade by sme tu objavili telá nefunkčných družíc, vyhoreté stupne kozmických rakiet, rôzne pozostatky po experimentoch kozmonautov (utrnuté fixačné laná, náradie a pod.). Celkový úhrn ich hmotnosti je odhadovaný na cca 3000 ton.

Tieto telesá predstavujú veľké nebezpečenstvo pre drahé zariadenia, pracujúce na obežnej dráhe a ohrozenie aj pre pilotované lety. V neposlednom rade sú nebezpečnými aj ich samotné zrážky, pri ktorých vznikajú nové a nové úlomky. Na základe týchto skutočností prikročili svetové kozmické mocnosti k podrobnému sledovaniu potenciálne nebezpečných objektov a ich dráh. Vznikla medzinárodná **organizácia IADC (Inter-Agency Space Debris Coordination Committee)**, zaoberajúca sa problematikou vesmírneho odpadu, členmi ktorej sú všetci významní hráči na poli kozmických letov. Dôležité sledovacie zariadenia sú potom združené v agentúre **ISON (International Space Observation Network)**. V rámci nej si americké, ruské, čínske, ale aj observatóriá z iných krajín vymieňajú dôležité údaje o tisíckach potenciálne nebezpečných objektov na obežnej dráhe.

OBSAH

1. METEOROLÓGIA A KLIMATOLÓGIA	1
1.1 ATMOSFÉRA.....	1
1.2 VZNIK ATMOSFÉRY	2
1.3 PERCENTUÁLNE ZLOŽENIE ATMOSFÉRY	3
1.4 FYZIKÁLNE VLASTNOSTI ATMOSFÉRY	3
1.5 VŠEOBECNÁ CIRKULÁCIA ATMOSFÉRY	4
1.6 KLIMATOLÓGIA.....	5
1.7 PALEOKLIMATOLÓGIA	5
1.8 METEOROLÓGIA	6
1.9 SYNOPTICKÁ METEOROLÓGIA.....	7
1.10 DYNAMICKÁ METEOROLÓGIA	8
1.11 FYZIKÁLNA METEOROLÓGIA.....	8
1.12 TECHNICKÁ METEOROLÓGIA.....	8
1.13 BIOMETEOROLÓGIA	8
1.14 BIOKLIMATOLÓGIA	8
1.15 AGROMETEOROLÓGIA, AGROKLIMATOLÓGIA	8
1.16 FENOLÓGIA.....	9
1.17 RÁDIOLOKAČNÁ (RADAROVÁ) METEOROLÓGIA	9
1.18 LETECKÁ METEOROLÓGIA	9
1.19 NÁMORNÁ METEOROLÓGIA	9
1.20 DRUŽICOVÁ METEOROLÓGIA	10
2. POČASIE	11
2.1 PREDPOVEĎ POČASIA.....	11
2.2 ATMOSFÉRICKÉ FRONTY.....	12
2.3 FRONTÁLNE POČASIE.....	12
2.4 TEPLÝ FRONT	13
2.5 STUDENÝ FRONT.....	14
2.6 OKLÚZNY FRONT.....	15
2.7 ZVLNENÝ FRONT	16
2.8 VÝŠKOVÝ FRONT	16
2.9 VETRY A POVETERNOSTNÉ SYSTÉMY	16
2.10 VETRY.....	17
2.11 METEOROLOGICKÉ A KLIMATOLOGICKÉ MERANIA.....	20
2.12 METEOROLOGICKÉ STANICE.....	20
2.13 SVETOVÁ METEOROLOGICKÁ ORGANIZÁCIA (WMO)	21
2.14 REKORDY KONTINENTOV.....	22

3.	OBLAKY A OPTICKÉ JAVY	23
3.1	VYSOKÉ OBLAKY (6-12 KM)	24
3.2	STREDNÉ OBLAKY (2-7 KM)	24
3.3	NÍZKE OBLAKY (0-3 KM)	25
3.4	OBLAKY S VERTIKÁLNYM VÝVOJOM	25
3.5	UMELÉ OBLAKY	27
3.6	OPTICKÉ JAVY	27
3.7	POLÁRNA ŽIARA	28
3.8	METEORY	29
3.9	NOČNÉ SVETIELKUJÚCE OBLAKY (NOCTILUTENT CLOUDS)	30
4.	KLIMATICKÉ ZMENY	30
4.1	POHYB KONTINENTOV	31
4.2	MILANKOVIČOVE CYKLY	32
4.3	SLNEČNÁ AKTIVITA	34
4.4	CYKLUS JUŽNEJ OSCILÁCIE	35
4.5	ANTROPOGÉNNY VPLYV	36
4.6	DÔSLEDKY GLOBÁLNEHO OTEPLOVANIA	37
4.7	SCENÁRE BUDÚCEHO VÝVOJA	39
5.	KOZMICKÉ POČASIE	40
5.1	VÝSKUM KOZMICKÉHO POČASIA	41
5.2	SLNKO A JEHO AKTIVITA	42
5.3	SLNEČNÝ VIETOR	43
5.4	KOZMICKÉ ŽIARENIE	44
5.5	VESMÍRNY ODPAD	45

**TENTO MIKROPROJEKT JE SPOLUFINANCOVANÝ EURÓPSKOU ÚNIOU,
Z PROSTRIEDKOV FONDU MIKROPROJEKTOV
SPRAVOVANÉHO TRENČIANSKYM SAMOSPRÁVNYM KRAJOM**

Publikácia bola vydaná ako metodický a študijný materiál v rámci aktivít projektu
„ Výstavou k spolupráci a poznaniu“, kód projektu SK/FMP/02/027

Partnerom projektu je Hvězdárna Valašské Meziříčí,
príspevková organizácia Zlínskeho kraja

Autor: Mgr. Stanislav Kaniansky, Bc. Tomáš Dobrovodský

Zdpovedný redaktor: RNDr. Ján Mäsiar

Sadzba, obálka: RNDr. Ján Mäsiar

© 2011 Kysucká hvězdáreň v Kysuckom Novom Meste



VÝSTAVOU K SPOLUPRÁCI



...A POZNANÍM



ŽILINSKÝ
samosprávny kraj