

OTÁZNIKY OKOLO KLIMATICKEJ ZMENY

QUESTIONS OF THE CLIMATE CHANGE

Peter ANDRÁŠ

Abstract

The process of the global warming as a consequence of the greenhouse effect is usually generally accepted as a fact although some results of the scientific observation are not unambiguous. The climate development of the Earth represent the continuous range of changes. They are caused by global substantial reasons and create a very complicated and complex system. From the geological history of the Earth we can demonstrate that in more cases the increase of carbon dioxide content represented the consequence of the warming and not vice versa. At the beginning of the third millenium there were published a set of articles which present results of various research observations and investigations that could well be described as the beginning of the end for the theory of carbon dioxide - induced global warming. Several present studies mention as a main cause of the global climate changes the temporary abandoned theory about the fluctuation of the sun radiation intensity. One another global phenomena is the polycyclically reiterating phenomenon of glacial ages. It is more then probable that the present global warming, caused by greenhouse gases as CO₂, will be not able anul this base cycle and will cause only its deformation. In spite of this assumption the consequences of the global warming could cause from the short-term point of view of the human civilization inconceivable problems.

Key words: climate, changes, role of CO₂, snečný cyklus, doby ľadové

Abstrakt

Jedným zo základných problémov chápania globálnych zmien sa zdá byť skutočnosť, že ľudstvo nevníma Zem ako živú planétu, podliehajúcu neustálym zmenám. Početné javy naznačujú, že naša Zem pravdepodobne prekonáva štádium globálnych klimatických zmien. Bez podceňovania alarmujúcich faktorov, ktoré poukazujú na znepokojujúci stav podnebia a trestuhodné znečisťovanie ovzdušia si treba uvedomiť, že klimatické zmeny nie sú vo vývoji Zeme ničím výnimočným. Paleoklimatické údaje naznačujú, že v geologickej minulosti nebol proces ochladzovania a otepľovania zemského ovzdušia riadený výlučne premenlivým obsahom oxidu uhličitého a ďalších skleníkových plynov v atmosfére, čo nás pri našich prognózach nabáda k zvýšenej opatrnosti a k potrebe zohľadňovať omnoho viac faktorov než sa dosiaľ považovalo za dostačujúce. Bol prepojený s globálnou cirkuláciou morskej vody, obsahom pevných disperzných častíc v atmosfére, biologickými aktivitami flóry a fauny a početnými ďalšími faktormi. Aj mechanizmus, ktorý spôsobuje periodické opakovanie sa ľadových dôb, disponuje pravdepodobne omnoho závažnejšími faktormi ako je antropické znečistenie atmosféry. Podľa najnovších zistení zohrávajú významnú, ba pravdepodobne kľúčovú, úlohu predovšetkým zmeny v intenzite slnečného a kozmického žiarenia. Alarmujúcim výsledkom paleoklimatických výskumov je zistenie, že ku klimatickým zmenám dochádza spravidla náhle. Takéto zmeny potom mávajú katastrofálne dôsledky na živé organizmy, teda aj na civilizáciu. Podmienenosť pozorovaných súčasných zmien antropickou činnosťou je otázna. Ľudstvo by malo akceptovať existenciu klimatických zmien ako nevyhnutnosť. Zníženie emisií CO₂ nemusí viesť k želanému výsledku.

Kľúčové slová: klíma, zmeny, úloha CO₂, sun cycle, ice ages

ÚVOD

V ostatnom desaťročí patrí otázka takzvaného „globálneho oteplenía“ medzi najdiskutovanejšie témy. Väčšina verejnosti pozná výzvu, publikovanú roku 1992 v záverečných dokumentoch na konferencii Summit Zeme v Rio de Janeiro, ktorá vyzýva vlády sveta k zníženiu emisií oxidu uhličitého, pretože tieto sú príčinou toho, že klíma našej planéty sa výrazne otepľuje, čo môže privodiť katastrofálnu klimatickú zmenu. Ďalším známym dokumentom tejto agendy je Kjotský protokol z roku 1997, ktorý je vlastne doplnkom Rámcového dohovoru OSN o zmene klímy (UN Framework Convention on Climate Change – UNFCCC) a zaväzuje krajiny, ktoré ho podpísali a ratifikovali k znížovaniu emisií oxidu uhličitého a piatich ďalších skleníkových plynov.

Roku 2001 podpísali poprední klimatológovia sveta prehlásenie o tom, že „globálne oteplenie“ je pravdepodobne spôsobené človekom. Naostatok, medzivládny panel pre klimatické zmeny IPCC, združujúci 2500 vedcov, vydal v noci z 1. na 2. februára 2007 prehlásenie, v ktorom deklaruje, že klimatické zmeny na Zemi sú s veľkou pravdepodobnosťou spôsobené človekom.

Zdalo by sa, že v tejto otázke panuje medzi vedcami konsenzus. Máločo je tak blízke pravde ako táto predstava. Na rozdiel od vyššie uvedených dokumentov, verejnosť prakticky nepozná rovnako dôležité vedecké prehlásenia, vyzývajúce k opatrnosti pri akceptovaní záverov, ktoré prezentujú pracovníci, združení okolo „agendy CO₂“. Verejnosti nie je veľmi známe, že v prípade IPCC ide skôr o politický ako vedecký orgán, ktorý združuje okolo 2100 členov. Väčšina z nich nie sú klimatológovia ale sociálni vedci, ekonómovia, politickí experti, vládni funkcionári a iní špecialisti. Vedeckú časť správ

zostavuje tím ani nie 80 autorov, pričom 40 % z nich so závermi IPCC nesúhlasí a 20 % ich dokonca označuje za „zavádzajúce“ údaje.

Už roku 1992 pred podpísaním deklarácie zo *Summitu Zeme* iniciovalo 425 vedcov takzvanú Heidlberskú výzvu „Protest proti pseudovedeckému strašeniu globálnym oteplením,“ ktorú dodnes podpísalo viac ako 4000 vedcov, medzi nimi 72 nositeľov Nobelovej ceny. Vo výzve sa okrem iného uvádza: „Varujeme autority, ktoré sú zodpovedné za osud planéty, pred rozhodnutiami, ktoré sú podporené pseudovedeckými argumentmi či falošnými a nerelevantnými údajmi.“

Roku 1997 pred konferenciou v Kyote vznikla Lipská deklarácia 1500 vedcov, ktorá prezentuje nasledujúci názor: „Veríme, že Kjotský protokol, obmedzujúci emisie CO₂ je nebezpečne zjednodušujúci, celkom neefektívny a ekonomicky deštruktívny. Navyše považujeme vedecký základ zmluvy za chybný a jeho ciele za nerealistické.“

Oregonská petícia z roku 1998, ktorú podpísalo viac než 30 000 vedcov, deklaruje: „Neexistuje vedecký dôkaz, že ľudmi spôsobené uvoľňovanie oxidu uhličitého, metánu či iných skleníkových plynov spôsobuje, alebo spôsobí katastrofálne oteplenie a narušenie zemskej klímy.“ Fyzik Fred Singer, profesor environmentálnych vied na University of Virginia na svojej prednáške na Univerzite Komenského v Bratislave roku 2006 upozornil, že „všetky takzvané dôkazy o tom, že globálne otepľovanie, ktoré pozorujeme už tridsať rokov, sú založené len na zhode okolností.“ Na inom mieste zdôraznil: „Tak často spomínané miznutie snehu a ľadu z vrcholu Kilimandžára je pravdepodobne tiež skôr spôsobené odlesňovaním ako zvyšovaním obsahu CO₂.“

Značná časť vedeckej komunity spochybňuje tvrdenie, že súčasná klimatická zmena je sprevádzaná extrémnymi poveternostnými javmi. Napríklad John Christy a Roy Spencer z Alabamskej univerzity vypracovali štatistiku hurikánov, búrok, krupobití a tornád. Zistili, že žiadne zvýšenie počtu týchto katastrofických úkazov sa neprejavilo (ako príklad možno uviesť štatistiku hurikánov v severnom Atlantiku, ktoré dosiahli 5. stupeň intenzity: 1960 až 1964 - 4; 1965 až 1969 - 2; 1970 až 1974 - 1; 1975 až 1979 - 2; 1980 až 1984 - 1; 1985 až 1989 - 2; 1990 až 1994 - 1; 1995 až 1999 - 1; 2000 až 2004 - 2). Podobne aj najvyšší počet tornád je opísaný z dávnejšej doby: 3. apríla 1947 bolo na území USA zaznamenaných 148 tornád. Odvtedy žiadny rok počet týchto veterných smrští ani zďaleka nedosiahol toto číslo.

Aj Christopher Landes, popredný americký odborník na problematiku hurikánov, prehlásil na zasadnutí medzivládneho panelu pre klimatické zmeny IPCC roku 2007: „Výsledky, ku ktorým sa malo dospieť, boli vopred pripravené a konkrétne pôsobenie hurikánov sa bez presvedčivých dôkazov zvaluje na globálne oteplenie.“ Jürgen Willebrandt, vedúci nemeckého vedeckého tímu dokonca zasadnutie opustil s odôvodnením: „Médiami prezentované zhrnutie je prácou vlád a nie vedy.“

Výsledky vedcov zo švédskej štátnej geologickej služby v Uppsale, ktorí skúmali výskyt hurikánov od roku 1730 ukázali, že do roka je priemer hurikánov 3,5, vždy sa však opakujú aj pokojnejšie obdobia s jedným až dvomi hurikánmi ročne. Neobvykle dlhá prestávka medzi rokmi 1971 až 1994 – a tak ich terajší vyšší počet (roku 2005 to bolo 7 hurikánov 5. stupňa intenzity) je len návratom k normálu, nie reakcia na klimatické zmeny (Nyberg et al., 2008).

Veľká časť vedcov odmieta predstavu, že medzi obsahom oxidu uhličitého (CO₂) v ovzduší Zeme a klimatickými zmenami existuje priamočiara závislosť a predovšetkým odmieta akceptovať predstavu, že tieto zmeny sú významným dielom spôsobené aktivitami človeka: „Je vysoko pravdepodobné, že globálna teplota bude stúpať a klesať bez ohľadu na to, čo budeme robiť.“ komentuje problematiku klimatickej zmeny Petr Chylek profesor fyziky na Dalhousie University.

Český klimatológ Jiří Svoboda (Svoboda, 2002) píše: „Termín „globálne oteplenie“ je z pohľadu fyziky absolútnym nezmyslom, pretože nie je možné, aby všetky termálne deje prebiehali v unifikovanej podobe, jednosmerne. Preto považujem toľkokrát opakovaný termín „globálne oteplenie“ za novinárske nepochopenie uvedeného fyzikálneho procesu a zámerné zjednodušovanie celého problému. Parížska konferencia celú problematiku nazvala úplne správne a z pohľadu laika i pochopiteľne: „globálna klimatická zmena.“ Obsahový význam uvedeného termínu pripúšťa klimatickú zmenu, a to ako smerom k otepleniu, tak i k ochladeniu. To je základný rozdiel medzi tým, čo je u nás dnes a denne v tlači deklarované a s oficiálnym výkladom. Je preto načase, aby si mediálni komentátori otázku konečne ujasnili. Tvrdenie, že nás čaká také oteplenie, ktoré tu ešte nikdy nebolo, je však hlúposť.“

V záujme environmentalistiky a osudov ľudstva je potrebné k problému pristupovať bez vášní, s rozvahou, kriticky a predovšetkým odmietnuť všetky politické aspekty problému. (Sám John Houghton, vedúci medzivládneho panelu pre klimatické zmeny IPCC pri OSN nazval problematiku klimatickej zmeny nie vedeckým problémom ale „morálnou záležitosťou.“ Podobne aj kanadská ministerka životného prostredia vyhlásila, že „bez ohľadu na to, či vysvitne, že údaje o globálnom oteplení sú podfukom, zmena klímy poskytuje najväčšiu možnosť priniesť na svet spravodlivosť a rovnosť.“) Takýto politicky motivovaný a nie práve vedecký prístup k problému môže spôsobiť v budúcnosti environmentalistike značné problémy.

Hrozí, že pokiaľ by sme bezvýhradne akceptovali model, ktorý zjednodušene prezentuje závislosť medzi klimatickými zmenami na našej planéte a obsahom CO₂ v atmosfére, mohlo by to z dlhodobého hľadiska 1. spochybniť hodnovernosť environmentalistiky ako serióznej vednej disciplíny a viesť k znechuteniu širokej verejnosti, 2. spôsobiť veľké ekonomické škody a 3. predstavou, že zníženie emisií CO₂ zabráni klimatickým zmenám by mohlo znemožniť účinné opatrenia, ktoré je treba vykonať, aby ľudstvo bolo schopné prekonať (nepochybne sa dostaviace) klimatické zmeny.

Vznik skleníkového efektu

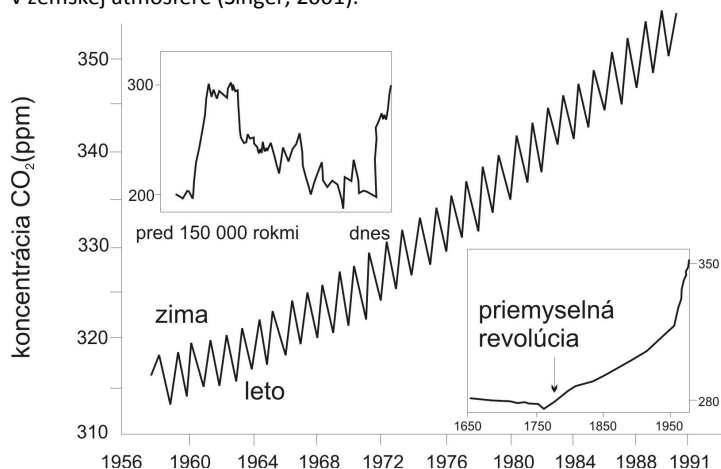
Proces klimatickej zmeny sa verejnosťou akceptuje ako nespochybniteľná skutočnosť. Často sa možno dočítať, že 19 z 20 najteplejších liet od roku 1860 zažila severná hemisféra po roku 1980 a 12 najteplejších liet dokonca v krátkom

časovom intervale od roku 1990. Podobne je často zdôrazňované, že rok 1998 bol asi najteplejším rokom minulého tisícročia, rok 2002 druhým a rok 2003 tretím najteplejším rokom za obdobie ostatných tisíc rokov. Podľa niektorých paleoklimatológov bolo ostatných 50 rokov dokonca najteplejších za obdobie šiestich tisícročí. Názory na tieto údaje sa síce rôznia, nástup výrazného oteplenia však nemožno ľahkovážne odmietnuť ako neopodstatnenú teóriu. Oveľa problematickejšim je presvedčenie, že za toto diskutované oteplenie možno viniť najmä človeka.

Často publikovaný údaj o globálnom raste teploty za obdobie 20. storočia je 0,7 °C. Oceanografické pozorovania (Van de Plassche et al., 1988) poukazujú na vzrastanie hladiny svetového oceánu, trvajúce už bezmála tristo rokov. Za obdobie ostatných 100 rokov hladina oceánov stúpa v priemere ročne o 1 mm (v súčasnosti sa tento proces ešte urýchľuje a niektoré merania udávajú hodnotu 2-3 mm/rok). Podľa údajov z Kalifornského zálivu i iných miest sa zvyrazňuje vrstvité usporiadanie odlišne teplých a teda aj rôzne hustých vodných mäs, brániacich výstupu chladných vôd, ktoré obsahujú rozpustné živiny, k hladine (Wienheimer et al., 1999). Dôsledkom je znižovanie množstva organizmov žijúcich v teplej povrchovej vrstve vody pri hladine (Herguera a Berger, 1991). Sledovanie izotopov uhlíka indikuje, že morská voda je stále viac saturovaná oxidom uhličitým (obr. 6) uvoľňovaným z priemyselných exhalátov (Beveridge a Shackleton, 1994).

Napriek tomu, že Arktída sa už 90 rokov otepluje, voda oceánov sa ochladzuje. Dlhodobé geologické pozorovania poukazujú na postupnú zmenu Nórskeho mora a Dánskeho prielivu smerom ku glaciálnemu režimu a na postup (narastanie) nunavutských ľadovcov v Kanade (England et al., 2000) a v Antarktíde v priebehu ostatných tisícročí. Baroni a Orbelli (1994) opísali z Antarktídy vytlačanie kolónií tučňákov hrubnúcim ľadom. Aj analýza izotopov kyslíka zo severných polárnych morí potvrdzuje, že boli pred niekoľkými tisícročiami o 6 °C teplejšie ako dnes a navyše sa postupne ochladzujú ďalej (Koç a Jansen, 1994). Na druhej strane nemožno zamlčať, že hrubnutie ľadu v Antarktíde je treba pripísať predovšetkým vzrastajúcej záťažovej činnosti a nie ochladeniu.

Klimatické podmienky Zeme podliehajú neustálym zmenám, ktoré sú dôsledkom mohutných prírodných síl. Klimatické podmienky planét sú v rozhodujúcej miere ovplyvnené ich vzdialenosťou od Slnka a zložením ich atmosféry. Mars je veľmi malý, aby si udržal dostatočne hrubú atmosféru, takže napriek tomu, že ju tvorí prevažne oxid uhličitý, priemerná teplota na planéte kolíše okolo -50 °C a väčšina CO₂ sa nachádza vo forme ľadu. Atmosféra Venuše je omnoho masívnejšia ako atmosféra Marsu i ako atmosféra Zeme. Priemerná teplota na Venuši sa blíži 450 °C. Zemská atmosféra je tvorená prevažne dusíkom (78 %), kyslíkom (21 %), oxidom uhličitým (0,03 %), vodnou parou (0-4 %) a inými plynmi. „Globálne otepľovanie“ Zeme sa považuje za dôsledok zvyrazňujúceho sa skleníkového efektu (*greenhouse effect*) ktorého príčinu vidia mnohí klimatológovia predovšetkým vo zvyšovaní obsahu technogénne emitovaného oxidu uhličitého v zemskej atmosfére (Singer, 2001).



Obr. 6 Nárast obsahu CO₂ v atmosfére za ostatných 150 tisíc rokov. Pílovitý charakter krivky je spôsobený variáciami, ktoré odrážajú letné a zimné fotosyntetické reakcie na severnej pologuli (Čílek, 1992)

Skleníkový efekt vzniká ako dôsledok porušenia rovnováhy medzi množstvom Slnkom vyžarovanej energie absorbovanej povrchom Zeme a energiou emitovanou späť do vesmíru. Povrchová teplota Slnka (cca 6000 °K) spôsobuje, že slnečná energia tvorená predovšetkým kratšími vlnovými dĺžkami elektromagnetického spektra s maximom v jeho viditeľnej oblasti. Časť celkovej slnečnej energie (342 W/m².rok⁻¹) je odrazená späť do atmosféry mrakmi, atmosférickým prachom, ako aj povrchom Zeme (103 W/m².rok⁻¹). Zvyšok (239 W/m².rok⁻¹) zahrieva zemský povrch. Zem je teplejšia ako okolitý vesmír (povrchová teplota okolo 288 K), v dôsledku čoho vyžaruje energiu späť, avšak s väčšou vlnovou dĺžkou, ako je dopadajúce žiarenie, čiže v oblasti infračerveného spektra. Rovnováha medzi absorbovanou a späť vyžarovanou energiou udržiava konštantnú teplotu zemského povrchu, vhodnú pre existenciu života. Inak by na Zemi panovali priemerné ročné teploty hlboko pod teplotou mrazu (Lancsos et al., 1989).

Zatiaľ čo plyny v atmosfére len nepodstatne znižujú množstvo dopadajúcej energie s kratšou vlnovou dĺžkou, majú schopnosť pohlcovať značné množstvá odrazenej energie s väčšou vlnovou dĺžkou. Je to spôsobené tým, že vlnové dĺžky v infračervenej oblasti spektra elektromagnetického žiarenia odpovedajú rezonančnej energii spojené s vibráciami

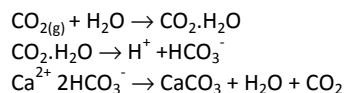
chemických väzieb. Energia absorbovaná molekulami plynu je opäť vyžiarená rovnako všetkými smermi, čiže polovica tejto energie ($48 \text{ W/m}^2 \cdot \text{rok}^{-1}$) dopadá znovu na zemský povrch (Global environment Outlook, 2000; Lánczos et al., 1998).

Tento mechanizmus zapríčiňuje, že nárast obsahu atmosferického CO_2 spôsobuje zachytenie väčšieho množstva energie, v dôsledku čoho môže dôjsť k prehriatiu atmosféry a následne ku klimatickým zmenám a „*globálnemu otepleniu*.“ Správnejšie ako o „*globálnom oteplení*“ je hovoriť o expanzii alebo zužovaní klimatických pásiem, pretože izotopové údaje $\delta^{16}\text{O}$ $\delta^{18}\text{C}$ získané z kalcitových a aragonitových schránok fosílií tropických morí poukazujú podľa Veizera (2000) za ostatných 550 miliónov rokov síce na veľkú osciláciu výšky morskej hladiny ale zároveň na viac-menej konštantnú teplotu tropických morí.

Uhlíkový cyklus

Svetová atmosféra obsahuje 730 až 760 miliárd ton uhlíka, povrchová vrstva oceánu 600 miliárd ton a hlbokomorské vrstvy vôd 36 tisíc miliárd ton uhlíka. V horninách je 94 tisíc miliárd ton uhlíka. Množstvo oxidu uhličitého v atmosfére tvorí len malú časť voľne viazaného a dobre migrujúceho CO_2 . Najdôležitejším faktorom, ovplyvňujúcim geochemický uhlíkový cyklus je kolobeh oxidu uhličitého v prírode, nazývaný aj „*pumpa CO}_2*.“

Pri subdukcii dosiek zemskej kôry dochádza v hĺbke k roztaveniu subdukovanej platne a z jej hornín sa opätovne uvoľňuje CO_2 , ktorý si následne hľadá cestu na zemský povrch v podobe vulkanických plynov. Neprerývaným hlavným dodávateľom CO_2 je najmä erózia vápencov. Ich chemický rozklad mení CO_2 na bikarbonát, ktorý dažďe a rieky splachujú do oceánov. Tam bikarbonát reaguje s iónmi vápnika a horčíka, je organizmami využívaný k tvorbe organických tiel, hlavne uhličitanových schránok, ktoré klesajú na morské dno a hromadia sa v podobe vápenca (Beveridge a Shackleton, 1994; Priem, 2000), alebo sa priamo zráža za vzniku na uhlík bohatých sedimentov (Boyle, 1990):



V súčasnosti k oxidu uhličitému, uvoľňovanému prírodnými procesmi, pribúda aj značné množstvo antropogénneho CO_2 (tento možno od prírodného CO_2 odlíšiť izotopickým štúdiom). Skleníkový efekt je riadený v značnej miere prostredníctvom CO_2 a to reakciou medzi morom a atmosférou, ktorej napomáhajú fotosyntetizujúce mikroorganizmy, predovšetkým zo skupiny jednobunkových rias. Dominantné postavenie má medzi nimi *Emiliania huxleyi* (Cílek, 1992). Teplota povrchu mora je vo vrstve niekoľkých desiatin milimetra výrazne ochladená voči povrchovým vrstvám vodnej masy a to až o 0,1 až 0,2 °C. Keďže CO_2 sa lepšie rozpúšťa v chladnej vode, je táto tenká hraničná vrstvička medzi hydrosférou a atmosférou mimoriadne dôležitá pre reguláciu jeho obsahu v morskej vode i v ovzduší.

Uhlíkový cyklus predstavuje mimoriadne zložitý mechanizmus. Tak napríklad rastliny dokážu viazať uhlík z ovzdušia len pri dostatočnom množstve vody, ktorá je hlavným „*motorom*“ tohto kolobehu. Na jednu molekulu oxidu uhličitého potrebujú tisíc molekúl vody, inak povedané, z ovzdušia môžu odňať len toľko oxidu uhličitého, koľko majú k dispozícii vody na vyparovanie.

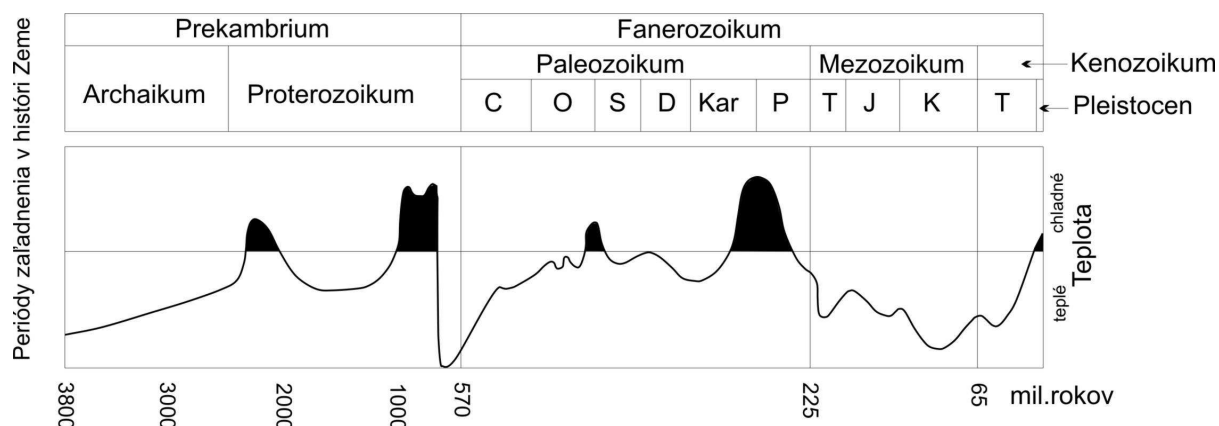
Označovanie emisií CO_2 ako „*znečistenie ovzdušia*“ je nesprávne. CO_2 tvorí prirodzenú súčasť atmosféry a jeho obsah v geologickej i historickej minulosti Zeme enormne kolísal. Nemožno stanoviť žiadne „*normálne*“ rozpätie hodnôt CO_2 . Oxid uhčitý tvorí v sume skleníkových plynov menej ako 3 %.

Úloha oxidu uhličitého v klimatickom vývoji Zeme

Predpoklad, že zvyšovanie obsahu CO_2 v ovzduší spôsobuje zvyšovanie teploty, čo zase vedie ku klimatickým zmenám, formuloval už roku 1859 John Tyndall a neskôr v rokoch 1896 a 1903 vyslovil švédsky chemik a nositeľ Nobelovej ceny Svante August Arrhenius názor, že teplota povrchu Zeme by sa následkom zdvojnásobenia koncentrácie skleníkových plynov (najmä CO_2) mohla zvýšiť až o 3,4 °C (Cílek, 2006). Aj v správach IPCC sa opakovane objavuje varovanie pred zvýšením globálnej teploty o 2,5 – 6,5 °C v 21. storočí.

Významný vplyv na skleníkový efekt majú aj koncentrácie ďalších plynov, predovšetkým metánu, halogénových uhľovodíkov, oxidu dusného, ozónu a freónov. Najvýznamnejším faktorom však nie je ani obsah CO_2 , (tvorí len necelé 3 % objemu skleníkových plynov), ani koncentrácia ostatných vyššie uvedených plynov, ale koncentrácia vodnej pary (predstavuje asi 96 % skleníkových plynov), ktorá je zas závislá od klimatických podmienok. Žiaľ, žiadny model, ktorý vyhodnocuje vplyv oxidu uhličitého na klímu, nezohľadňuje adekvátne práve úlohu tohto hlavného skleníkového plynu. Práve preto nie sú „ CO_2 -modely“ dostatočne presvedčivé.

Dnešný stav podnebia na Zemi je iba nepatrným zlomkom miliardy rokov trvajúcej evolúcie. Pre poznanie trendov je preto potrebné študovať dlhodobý rytmus klimatických zmien a ich zložitú príčinnú súvislosť. Kippenhahn (1993) a Karner (1999) upozorňujú, že klimatické anomálie v histórii vývoja zemskej klímy sú javmi opakujúcimi sa v cykloch (obr. 7). Najstaršie hodnoverné informácie o klimatických podmienkach na Zemi máme k dispozícii z obdobia karbónu pred 3,2 mld. rokov (Eriksson a Simpson, 2000). V tomto období bola koncentrácia oxidu uhličitého v atmosfére 22-krát vyššia, pred 2,6 mld. rokmi 12 – 22 násobne vyššia ako v súčasnosti. Koncom proterozoika (pred 800 miliónmi rokov) bol obsah CO_2 v ovzduší stále 10 až 20 násobne vyšší než dnes (Karhu a Holland, 1996).



Obr. 7 Klimatické zmeny v histórii Zeme: C-kambrium, O-ordovik, S-silúr, D-devón, Kar-karbón, P-perm, T-trias, J-jura, K-krieda (Priem, 2000)

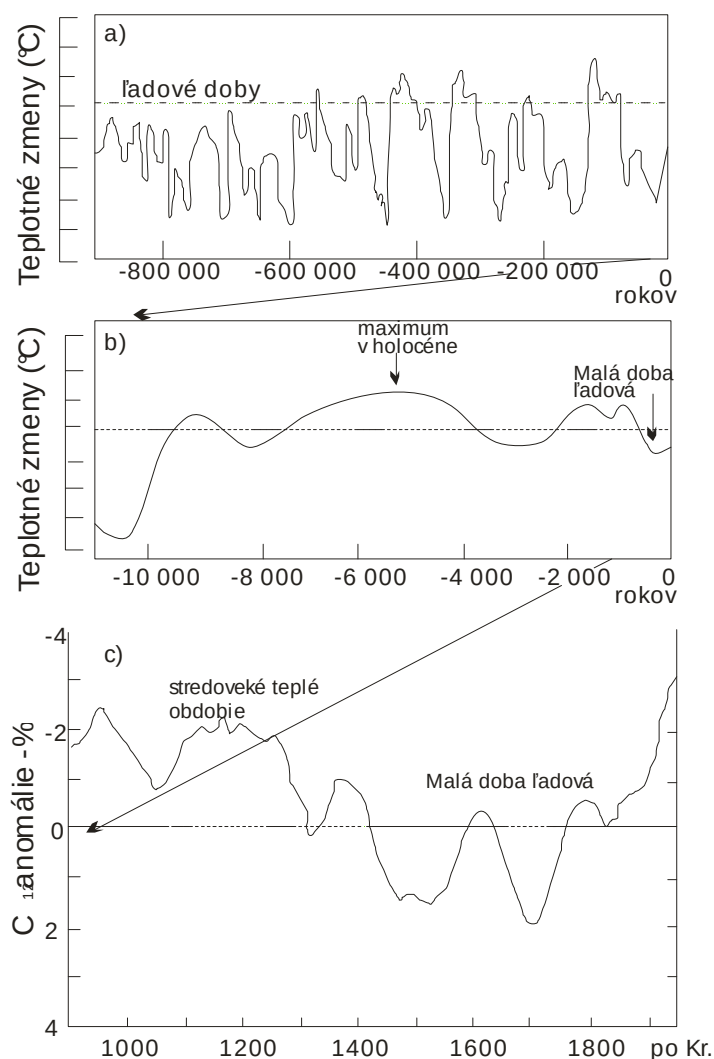
Pred 770 miliónmi rokov sa kontinenty v dôsledku kontinentálneho driftu rozptýlili okolo rovníka. Na všetkých začalo prevažovať oceánske podnebie: privaly dažďa strhli z atmosféry CO_2 , ktorý vytváral skleníkový efekt a vyvolávali gigantickú eróziu. Bez tepelného štítu CO_2 začala Zem chladnúť, od pólů sa začali plaziť k rovníku gigantické ľadovce. Ochladenie prinieslo so sebou narastanie objemov snehu a ľadu. Tým sa zvýšil efekt albeda. **Albedo** predstavuje pomer medzi slnečným žiarením, ktoré dopadá na povrch Zeme a žiarením, ktoré sa od neho odráža. Vyjadruje sa v percentách. Tak napríklad les má albedo 5 – 10 % a púšť približne 25 %. Naproti tomu ľad a sneh odrážajú 50 – 90 % žiarenia a tak prispievajú efektom albeda k ďalšiemu ochladzovaniu. Albedo spôsobilo ešte rýchlejšie ochladzovanie. Dôsledkom bol nezastaviteľný proces zaľadňovania. V priebehu jediného tisícročia pokryl ľad celú planétu - *snowball Earth event*! (Hoffman a Schrag, 2000) – toto obdobie (pred 850 – 620 mil rokmi, obr. 7) sa nazýva kryogén.

Priemerná teplota klesla na -50°C . Oceány zamrzli do hĺbky 1 km; tekutá voda v podloží sa udržala iba vďaka vyhrievaniu z vnútra planéty. Väčšina morských mikroorganizmov vyhynula, uchovali sa však početné oázy okolo horúcich, suboceánskych výverov. V chladnom, suchom vzduchu ľadovce nemohli ďalej mohutnieť, pretože bez vyparovania ani nepršalo, ani nesnežilo. Začali sa tvoriť púšte, plné obrovských, premiestňujúcich sa dún. V atmosfére sa opäť začal hromadiť CO_2 zo sopiek, pretože očistné dažde celkom ustali. Tak sa postupne znovu vytvoril skleníkový efekt. Koncentrácia oxidu uhličitého sa v priebehu 10 miliónov rokov trvajúcej vulkanickej aktivity stisíc násobila. Na rovníku stúpala teplota tesne nad teplotu mrazu. S postupným otepľovaním planéty vlhkosť z roztápajúceho sa morského ľadu sublimovala vo väčších výškach a intenzívne sneženie okolo rovníka vytvorilo mohutné pevninské ľadovce. Rozmrznutý oceán absorboval viac slnečnej energie a urýchlil otepľovanie. V priebehu niekoľkých storočí vystriedala kruté mrazy brutálne horúca, vlhká klíma - od pólů až po rovník (Kopp et al., 2005).

Za obdobie ostatných 500 miliónov rokov bol obsah oxidu uhličitého v 16 časových intervaloch podstatne vyšší ako v súčasnosti. Ako upozorňuje Michalík (2002), napriek tomu, že ešte aj pred 480 – 450 miliónmi rokov predstavovalo jeho množstvo až 16 násobok dnešného obsahu, Zem prekonávala jednu spomedzi najvýraznejších ľadových dôb a subkontinent Gondwana bol značne zaľadnený (Kump et al., 1999; Patterson, 2004). Vysoký obsah CO_2 nedokázal zastaviť ani následný nástup milión rokov trvajúceho chladného obdobia, ktoré zmenilo teplý režim svetového oceánu na glaciálny a spôsobilo pokles morskej hladiny o 45-60 metrov (Bratton, 1999).

Podnebie pred 310 miliónmi rokov bolo relatívne chladné a humídne, citlivé na zmeny slnečnej aktivity. Gondwanu postihlo opäť niekoľko zaľadnení (Michalík, 2002a). Oteplenie pred 250 miliónmi rokov sa vysvetľuje obnažením a eróziou uhoľných paniev, ktoré spôsobilo rýchle zvyšovanie obsahu CO_2 v atmosfére (Stephens a Carroll, 1999).

Pred 230 - 190 miliónmi rokov v období triasu boli na Zemi extrémne klimatické podmienky, pravdepodobne najsuchšie v histórii Zeme. Ako uvádza Mii et al. (1997), bolo dôsledkom klimatickej zmeny, ku ktorej došlo na konci permu pred 250 miliónmi rokov v dôsledku erózie uhoľných paniev a značného prísunu oxidu uhličitého do atmosféry. Pred viac než miliónom rokov došlo k sfornovaniu panamskej šije, ktorá uzavrela medzeru medzi Amerikami, čím narušila prísun teplých morských prúdov z Tichého do Atlantického oceánu. V dôsledku tejto prevratnej zmeny došlo ku generálnemu zvratu, nastoľujúcemu v klimatických pomeroch Zeme podnebné podmienky glaciálneho typu. Geológia rozlišuje 29 glaciálnych intervalov (obr. 8a).



Obr. 8 a), b) - variácie teplôt v rôznych časových intervaloch a c) kolísania obsahu izotopu C¹⁴ v priebehu ostatných dvoch tisícročí (Priem, 2000)

Pred 55 miliónmi rokov došlo na Zemi k náhlemu záhadnému otepleniu o 5 až 10 °C, ku ktorému došlo pravdepodobne v priebehu niekoľkých jednotiek až desiatok rokov. Pri porovnaní vrstiev starších ako 5 miliónov rokov s vrstvami nasledujúcimi tesne po tejto časovej hranici vidieť, že v mori došlo k masívnemu vymieraniu života. Vrstva, v ktorej vedci túto anomáliu dešifrovali, leží nad vrstvou, ktorá nesie stopy výraznej acidifikácie, čo možno považovať za neklamný dôkaz okyslenia oceánu. Takýto jav je obvykle dôsledkom absorpcie veľkého množstva CO₂ morskou vodou. Pri štúdiu terigénnych geologických vrstiev (vrstiev, ktoré vznikli na súši) sa potvrdil jednak nárast zrážkovej aktivity a jednak sa ukázalo, že do ovzdušia sa pri tejto geologickej udalosti dostalo náhle 1500 – 3000 Gt (gigaton) uhlíka. Obsah CO₂ vzrástol z 500 ppm (približne dvojnásobok obsahu CO₂ v ovzduší za obdobie ostatných 10 000 rokov) na 2000 ppm.

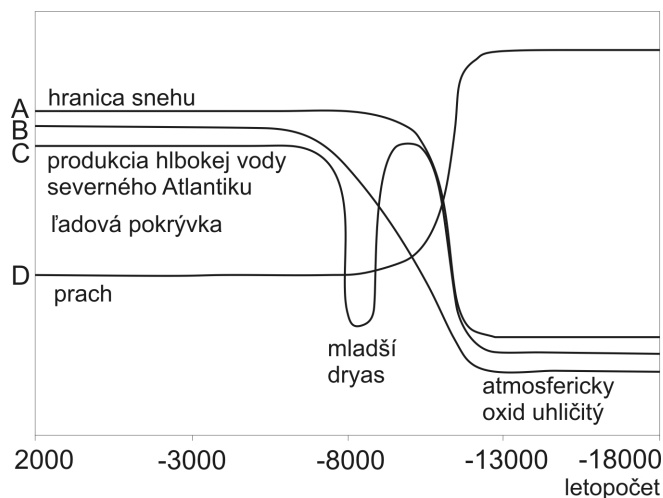
Geofyzikálne merania realizované blízko nórskeho pobrežia poukázali na existenciu zvláštnych kráterov o priemere až 100 km vo vrstvách spred 55 miliónmi rokov. V ich okolí sa našli žily vulkanických hornín (Flannery, 2007). Túto anamálnu zmenu klímy asi spôsobil obrovský výron zemného plynu, ktorý sa pravdepodobne vznietil v dôsledku zahriatia vulkanickou činnosťou. Väčšina metánu pravdepodobne zreagovala s kyslíkom z morskej vody, takže do ovzdušia sa dostalo prevažne len CO₂. Voda bola zbavená veľkej časti kyslíka a značná časť morských organizmov vyhynula.

Uvoľnenie obrovskej masy CO₂ do ovzdušia spôsobilo oteplenie, ktoré viedlo k uvoľneniu metánu z klatrátov, čo viedlo k termickej katastrofe. Zemi potom trvalo ďalších 20 000 rokov, kým sa planktón rozšíril do tej miery, že znovu absorboval veľkú časť skleníkového plynu - CO₂ (Flannery, 2007).

Pred 2,5 miliónmi rokov sa klíma ochladila, veľká časť vody bola viazaná v ľadovcoch, znížil sa počet zrážok. Koncom treťohôr sa v približne 41 000 ročných cykloch vystriedalo niekoľko chladných období. Pred 900 tisíc rokmi nastúpilo obdobie periodicky sa opakujúcich ľadových dôb.

Pred 485-445 tisíc rokmi poklesla morská hladina v dôsledku zaľadnenia voči súčasnému stavu o 140 metrov a ľadovce plávali v oceánoch až do oblasti Mexického zálivu. Počas najteplejšieho interglaciálu za posledných pol milióna

rokov (trval od 423 tisíc do 360 tisíc rokov) ležala morská hladina 20 m nad dnešnou úrovňou a zaťaženie polárnych oblastí nedosahovalo dnešný rozsah. V dnešnom miernom pásme vládli subtropické a tropické klimatické pomery (Reháková a Michalík, 1999; Davis, 2001; Michalík, 2002a).



Obr. 9 A - zmeny hranice snehu, B - zmeny koncentrácie CO₂ v ovzduší, C - zastavenie „hlbokého slaného prúdu,” počas dryasu a prudké ochladenie (návrat klimatických podmienok do doby ľadovej), D - zmeny prachnosti ovzdušia za obdobie ostatných 18 tisíc rokov (Cílek, 1992).

Paleoklimatické štúdie, ktoré uskutočnil celý rad vedcov (Priem, 2000; Veizer, 2000; Kürschner, 2001; Monnin, 2001; Reasoner, 2000; Reasoner et al., 2000 a ďalší), ukázali, že obsah CO₂ v atmosfére sa aj pri prechode z teplého obdobia do poslednej ľadovej doby prvých niekoľko tisíc rokov podstatne nezmenil. Často možno dokonca sledovať opačný trend: zvyšovanie jeho obsahu v chladných periódach. Tak napríklad, aj v období prudkého ochladenia v mladšom dryase pred asi 8 000 rokmi (obr. 9) obsah oxidu uhličitého v atmosfére plynule stúpal. V dryase došlo pravdepodobne k pretrhnutiu niekoľkých ľadovcami zahradených jazier v oblasti Veľkých jazier na dnešnej hranici USA a Kanady. Voda z nich vytiekla do oceánu a utvorila na jeho hladine povrchovú vrstvu sladkej vody. Keďže vetry nemali dosť intenzity, aby túto vrstvu rozohnali, teplé morské prúdy nedosiahli hladinu a teplý prúd na niekoľko storočí zoslabol. Došlo k prudkému ochladeniu (v rozmedzí desiatok rokov), ktoré potom pretrvávalo asi tisícročie. Ako upozorňuje Bardet et al. (1994), v dôsledku zaťaženia nedochádzalo k intenzívnej výmene vody medzi morskou hladinou a hlbokými oceánskymi panvami. Pomalé uvoľňovanie hydrátov metánu, ktoré sa hromadili v sedimentoch hlbokých morí, pomáhalo odčerpávať z okolia teplo a udržiavať chladné klimatické pomery.

Dlhé horúce obdobie v 4. až 1. tisícročí pr. Kr. bez výrazných klimatických výkyvov možno považovať za vyvrcholenie súčasnej medziľadovej doby. Postupné otepľovanie vyvrcholilo v období 4. až 1. tisícročia pr. Kr. (Davis, 2001). V Európe a na celom svete bolo teplejšie ako hocikedy predtým (obr. 8b) či potom v priebehu ostatných 12 tisíc rokov. Vinič sa pestoval aj ďaleko na severe (napríklad v Nórsku). Škandináviu pokrývali rozsiahle listnaté lesy a ľadovce sa udržali iba na najvyššom severe. Ipewerov papyrus z čias vlády Ramesse III. rozpráva o tom, že svet vyschol a more vzrástlo natoľko, že pohltilo pobrežné mestá, v dôsledku čoho došlo k veľkej migrácii obyvateľstva. Horúčavy vyvrcholili v 13. storočí pr. Kr. Sahara vyschla, zanikli kvitnúce púštne mestá ako Gílf Kebir, Yam, Kerma, Kom Aushim, ktoré prosperovali v období ľadovej doby. Vyschli Rýn, Dunaj, Pád, Rhôna, ale aj Níl, Eufrat, Don a Ganga. Savany v Líbyi sa zmenili v púšť. Klimatická katastrofa podmienila masívny príliv „Morských národov” do krajiny (Herm, 1975; Bouzek, 1982).

Po roku 1200 pr. Kr. nasledovalo obdobie daždivých liet a studených zím. Ľadovce sa zväčšili, morská hladina klesla, vinič sa zo Škandinávie stiahol, „prežiarená bronzová doba” sa skončila. Severne od Álp už teploty nedosiahli úroveň spredu roku 1200 pr. Kr. (Sachermeyer in Montgomery, 1997).

V rannom a pozdnom eneolite, v strednej dobe bronzovej - v 7. stor. pr. Kr. a v 1. až 2. stor. po Kr. prevládalo v Európe „atlantické” počasie s vyššími zrážkami a menšími teplotnými rozdielmi medzi letom a zimou (Bouzek, 1982). V polovici prvého tisícročia (okolo roku 541) po Kr. nastalo nové markantné ochladzovanie. Ľadovce postúpili na juh a hladina morí poklesla. Pobrežné vody Čierneho mora a Jadranu v zime zamrzali. Podobne zamrzali aj rieky Temža a Rýn. Studená, drsná klíma vyhnala celé národy z ázijských stepí a iniciovala ich pochod do európskych nížin - známe sťahovanie národov, ktoré prispelo k rozvráteniu Západorímskej ríše. Aj príchod Slovanov do strednej Európy súvisel s nástupom drsnej kontinentálnej klímy. Stredoeurópsky priestor sa v tom čase čiastočne uprázdňoval, pretože germánsky spôsob hospodárenia, ktorý uprednostňoval chov dobytka, nútili Germánov sťahovať sa bližšie k Atlantickému oceánu do miernejších klimatických podmienok, ktoré umožňovali lepšie prezimovanie stád. Suché a teplé leto, naopak, viac vyhovovalo poľnohospodárstvu Slovanov (Bouzek, 1982).

Zima 993/994 po Kr. trvala od 14. októbra do 13. mája a bola taká chladná, že na dobu 4 týždňov zamrzla v Londýne Temža a dokonca v Bospore a na Nile sa objavil ľad (Svoboda, 1994). V 11. až 13. storočí bolo v Európe mimoriadne teplo. Klíma sa vyznačovala dlhými a horúcimi letami, kým zimy boli mierne, teplé a krátke. Grónsko a Island

boli zelené a dnes tak drsné, veterné a chladné východné pobrežie Newfoundlandu nazvali Vikingovia Vinlandom – krajinou vína. V čase teplotného optima v rokoch 950 – 1200 bola priemerná teplota v Grónsku o 1,5 – 2 °C a na Aljaške o 2 °C vyššia ako v súčasnosti. Globálna teplota Zeme bola vyššia približne o 2,5 – 3 °C (Soon a Baliunas, 2003). V Skalistých horách v severnej Amerike bola hranica snehu posunutá voči dnešnej hranici o 300 m vyššie. Ľadovce ustúpili a hladina oceánov stúpila o pol metra.

Z kroník poznáme aj v našom regióne extrémne výkyvy z roka na rok. Tak napríklad z roku 1290 pochádza nasledujúci záznam českého kronikára: „*Táto zima bola neslýchane mierna, len zima 1185 – 1186 jej bola podobná, na Vianoce kvitli stromy, dievčatá prinášali čerstvé kvety z kvitnúcich čerešní a chlapci sa brodili v riekach. 6. januára prileteli vtáci a 14. januára sa už nachádzali jahody a vinič už začal kvitnúť.*“ Hneď nasledujúceho roku si však ten istý kronikár zapísal: „*Po príjemnom januári prišiel veľmi drsný mráz, všetky rieky po celom Nemecku a rovnako aj prieliv Kattegat zamrzli tak pevne, že po nich mohli chodiť ťažké nákladné vozy*“ (Svoboda, 2002). Keby sa čosi také stalo dva roky po sebe teraz, ako by to asi interpretovali mnohí klimatológovia a médiá?

Roku 1306 prišla prvá krutá zima po 300 rokoch. Nastalo obdobie chladu a dažďov. Letá boli chladné, sychravé a krátke (sneh odchádzal z polí neraz až koncom mája a koncom septembra znovu pokrýval celú krajinu), obilie nedozrelo a zhnilo na koreni. Mimoriadne studené zimy vyvrcholili v období rokov 1310 – 1319. V kronikách sa hovorí o dobách „*veľkých povodní a o čase besnenia počasia*“. Nepriaznivé obdobie v rokoch 1310 – 1350 vyvrcholilo v Európe rozšírením moru. Hladom a chorobami oslabená populácia ľahko podľahla „*čiernej smrti*.“ S morom súviseli aj tzv. „*židovské pogromy*.“ Židia boli obvinení, že otrávil vzduch a studne.

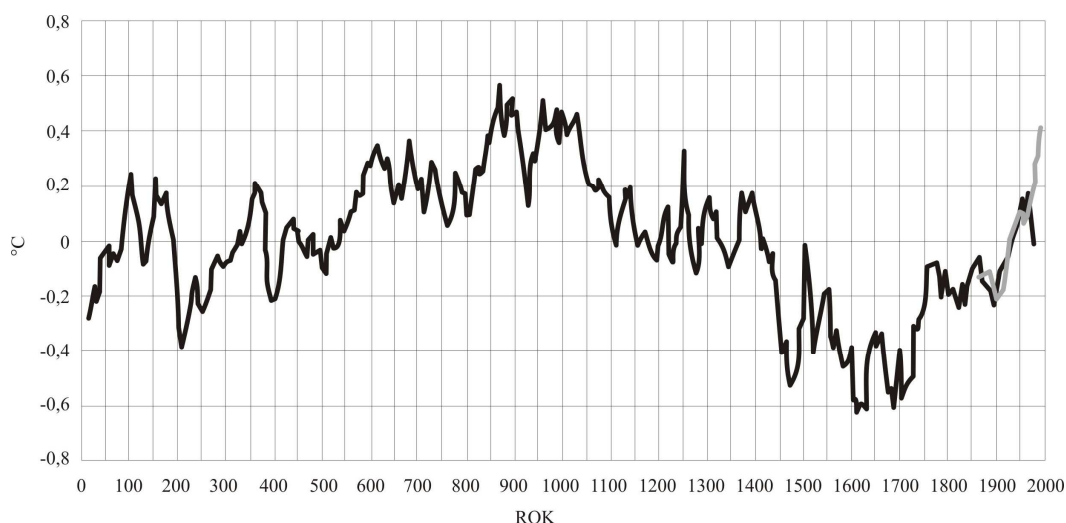
Do tohto obdobia spadá i tzv. Wolfovo minimum slnečnej aktivity a výraznejšie Spöhrerovo minimum (1400 – 1510). Na počiatku tejto chladnej éry klesla hladina moru a oceánov a ľadovce sa začali rozširovať. Grónske kolónie Vikingov v zhoršujúcich sa podmienkach zanikli. Európa v tomto období stratila tretinu až polovicu obyvateľstva.

Po roku 1465 sa dočasne oteplilo. Ďalšie zhoršenie počasia nastalo v rokoch 1560 – 1600. Európu postihla vlna povodní v rokoch 1565, 1566, 1569, 1570, 1582, 1595 a 1598. Najhoršie následky mala neúroda, spôsobená extrémne daždivým počasím v rokoch 1569 – 1573. Hlavne v nemeckých zemiach (na daždivom severe) došlo k veľkým honom na čarodejnice.

17. storočie sa označuje aj ako „*malá doba ľadová*.“ Okolo roku 1619 došlo k výraznému ochladeniu a nastúpila „*malá doba ľadová*.“ Mala globálny charakter. Najhoršie postihla severské krajiny. V dôsledku zhoršených klimatických podmienok došlo k veľkej migrácii Nórov, Švédov a Fínov do Ameriky. Island stratil približne polovicu obyvateľstva. Neúroda a chlad vyhnali za more aj tisíce Írov. V celej Európe došlo k poklesu výmery vinohradov.

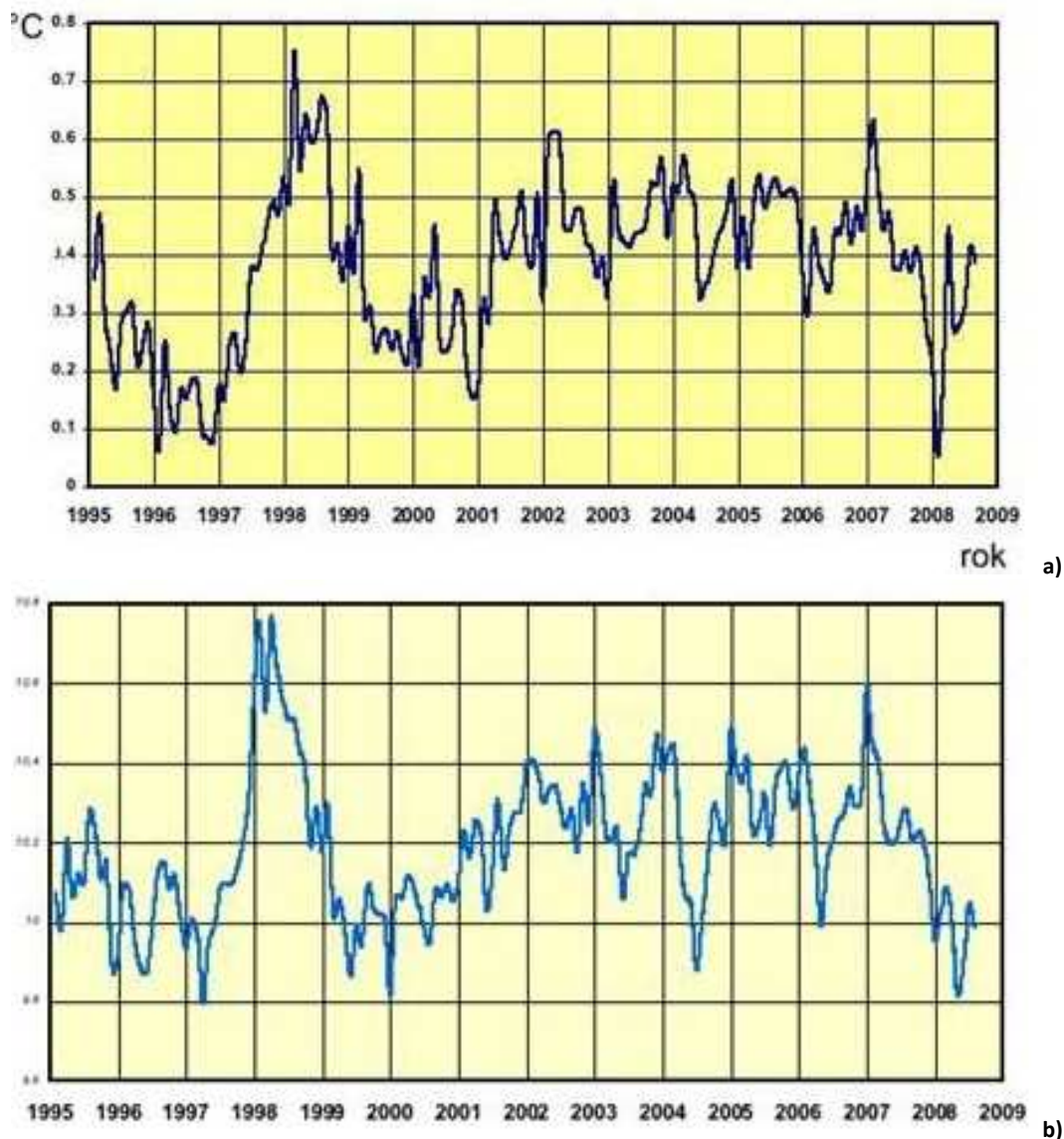
Najviac historicky doložených správ máme o daždivom období v rokoch 1763 – 1804. Zlé boli predovšetkým roky 1771, 1784 a 1799. V rokoch 1770 – 1772 vypukol hlavne v českých zemiach krutý hladomor, svojim negatívnym dopadom na populáciu porovnateľný s najtragickejšími epidémiami stredovekého moru. Kritickú situáciu vyhrótila týfusová epidémia.

Po „*malej dobe ľadovej*“ nastúpilo v 17. storočí (po roku 1875) nové otepľovanie, ktoré pretrváva dodnes (Bouzek 1982). Celkovo bolo 19. storočie chladnejšie ako v 20. storočí. Rozširovali sa ľadovce v Grónsku, na Islande, v Škandinávii a v Alpách. Letá v Európe i v severnej Amerike boli mimoriadne studené a mokré, takže poľnohospodárska činnosť sa zmenila tak, aby dokázala v drsných podmienkach dopestovať dosť plodín na obživu obyvateľstva. Napriek tomu prepukli početné hladomory. Aj v Číne sa v provincii Kan upustilo od pestovania teplomilných plodín, ako sú pomaranče.



Obr. 15 Rekonštrukcia teplotných pomerov (Loehle, 2004). Z grafu vyplýva, že súčasná teplota nedosahuje teplotu v období stredovekej teplej periódy.

Loehleho (2004) rekonštrukcia teplotných pomerov v 1. a 2. tisícročí ukazuje, že priemerná teplota v období stredoveku bola voči súčasnosti o 0,3 °C vyššia (obr. 10). Toto zvýšenie teploty značne spochybňuje tvrdenie, že súčasný neobvyklý nárast (?) teplôt možno odôvodnene pripísať antropickému vplyvu saturácie ovzdušia CO₂.



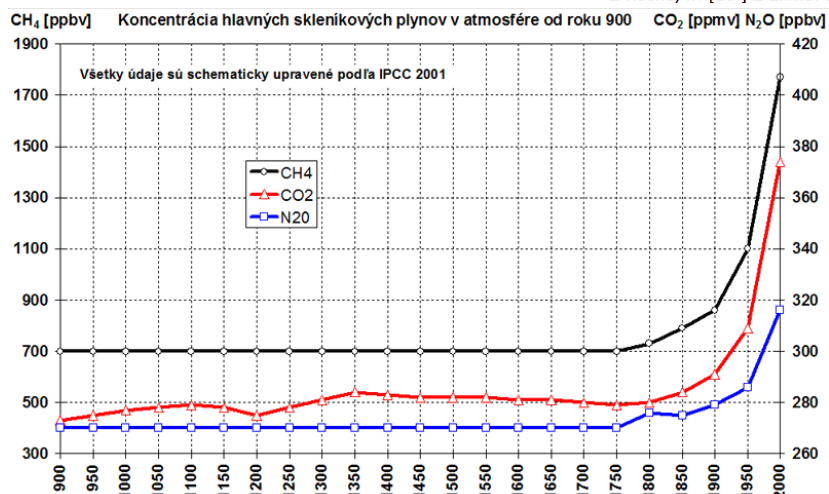
Obr. 11 Údaje NASA o teplote a) povrchu zeme, b) troposféry v rozmedzí rokov 1995 – 2009 nepoukazujú po maxime v roku 1998 na ďalšie vzrastanie teploty

Svoboda (1994) štúdiom historických správ zistil, že priemerná dĺžka obdobia ochlazovania, tj. nástup drsných a studených zím sa pohybuje medzi 35 - 50 rokmi (tieto cykly majú v priemere 43.1 rokov). Na druhej strane priemerná dĺžka období otepľovania, kedy silné a dlhé zimy zreteľne ustupujú predstavuje tiež približne 40 ročné úseky (v priemere 44,5 rokov). Celý tento cyklus teda predstavuje 80 – 90 rokov. Ide o presne identickú dĺžku „sekulárneho“ slnečného cyklu, ktorá kolíše medzi 80 - 90 rokmi.

„Malá doba ľadová“ skončila v Európe okolo roku 1897. V súčasnosti žijeme v takzvanom „klimatickom optime,“ ktoré však začalo chladnejším obdobím (do roku 1942), na ktoré nadviazalo teplé obdobie s miernymi zimami, ktoré trvá dodnes. Celosvetovo ustupujú ľadovce a hladiny svetových oceánov mierne stúpajú. Napriek všeobecne prijímanej teórii o „globálnom otepľovaní“ údaje NASA (obr. 11) ukazujú, že nárast teplôt sa zastavil (pozastavil?) a v ostatných rokoch nebol zaznamenaný ich merateľný vzostup.

CO₂ - determinujúci faktor klimatickej zmeny?

Do zemskej atmosféry unikajú 3 miliardy ton uhlíka v podobe oxidu uhličitého ročne (Global change..., 1991; Global environmental outlook, 2000). Pochádza hlavne zo spaľovania fosílnych palív a porušuje tak čiastočne rovnováhu uhlíkového cyklu (obr. 12). Početní výskumníci vyslovili obavy, že môže spôsobiť výrazné oteplenie planéty a mať negatívny dopad na zmeny v zložení atmosféry, na jej cirkuláciu, lesy, rastlinný kryt planéty, zásoby pitnej vody, poľnohospodársku produkciu, zdravie ľudí, biodiverzitu flóry a fauny a na výšku hladiny oceánov.

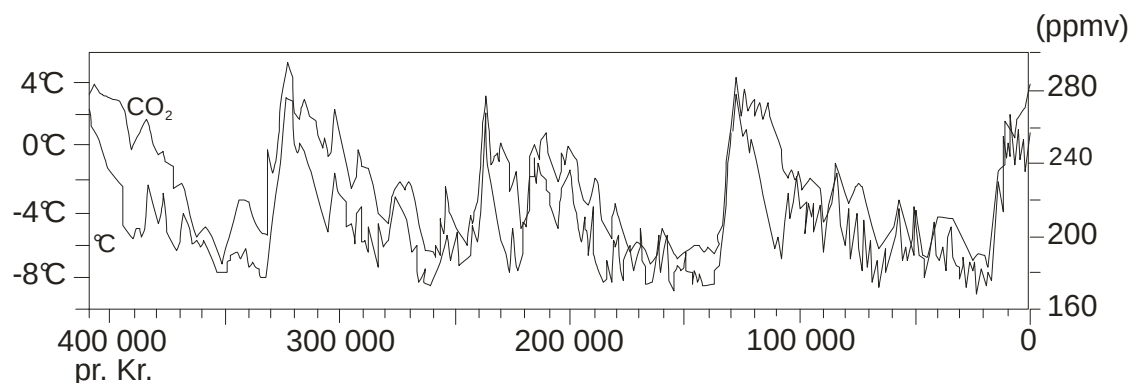


Obr. 12 Koncentrácia skleníkových plynov v ovzduší od roku 900 (Lapin 2003)

Koncentrácie CO_2 v atmosfére pred priemyselnou revolúciou sa odhadujú približne na 290 ppm (0,029 %) a pred neolitom, kedy došlo k prvému závažnejšiemu zásahu človeka do rovnováhy uhlíkového cyklu v prírode, pravdepodobne nepresiahla 260 ppm. V súčasnosti obsahuje atmosféra 390 ppm CO_2 a jeho ročný prírastok predstavuje 1-5 ppm, z čoho asi 80 % pochádza zo spaľovania fosílnych palív (obr. 12). Antropogénny príspevok však predstavuje len 3 % celkového cyklu CO_2 . Polovicu produkcie CO_2 absorbujú vody oceánu (Killops a Killops, 1993).

Nemožno jednoznačne odhadnúť všetky prejavy skleníkového efektu. Podľa všeobecne akceptovaného predpokladu by mal viesť k výraznému „globálnemu otepleniu.“ Vznik glaciálnych podmienok v ordoviku napriek mimoriadne vysokému obsahu CO_2 v ovzduší však ukazuje, že mechanizmus regulácie teplotného režimu atmosféry Zeme je mimoriadne zložitý.

Už samotný tento údaj by stačil na to, aby vyvrátil predstavu o priamočiarej súvislosti medzi obsahom CO_2 v ovzduší a teplotou. Štúdium paleoklimatických pomerov Zeme za obdobie ostatného pol milióna rokov síce potvrdilo, že zvyšujúci sa obsah CO_2 v atmosfére výrazne koreluje so zvýšenou globálnou teplotou Zeme (obr. 13), avšak neskorší detailný výskum (Veizer, 2000; Patterson, 2004), ukázal, že často najprv dochádzalo k zvyšovaniu globálnej teploty a až následne s asi 800 až 2 000 ročným oneskorením začal stúpať obsah oxidu uhličitého (napríklad pred 17 – 19 tisíc rokmi vzrástla teplota hlbokomorskej vody o 2 °C asi 1000 rokov pred nárastom obsahu atmosferického CO_2). Zvyšovanie koncentrácie CO_2 v ovzduší mohlo teda byť v geologickej minulosti dôsledkom zvyšovania teploty, a nie naopak. Essenhig (2001, 2003) hovorí o obrátenej kauzalite: prirodzené zvyšovanie teploty vyvoláva uvoľňovanie CO_2 rozpusteného v oceáne.



Obr. 13 Korelácia medzi kolísaním koncentrácie CO_2 v zemskej atmosfére a teplotou za obdobie ostatných 400 000 rokov

Lapin (2003) a Lapin et al. (2003) vidí príčiny otepľovania ovzdušia v antropickej činnosti. Podľa neho je nepochybné, že rastúca koncentrácia CO_2 v atmosfére bude spôsobovať narastanie teploty ovzdušia a to bude klástť zvýšené požiadavky na objem vody v dôsledku zvýšeného vyparovania (toto tvrdenie sa nezdá byť dosť presné, pretože zvýšené vyparovanie má za dôsledok zvýšenie objemu zrážok).

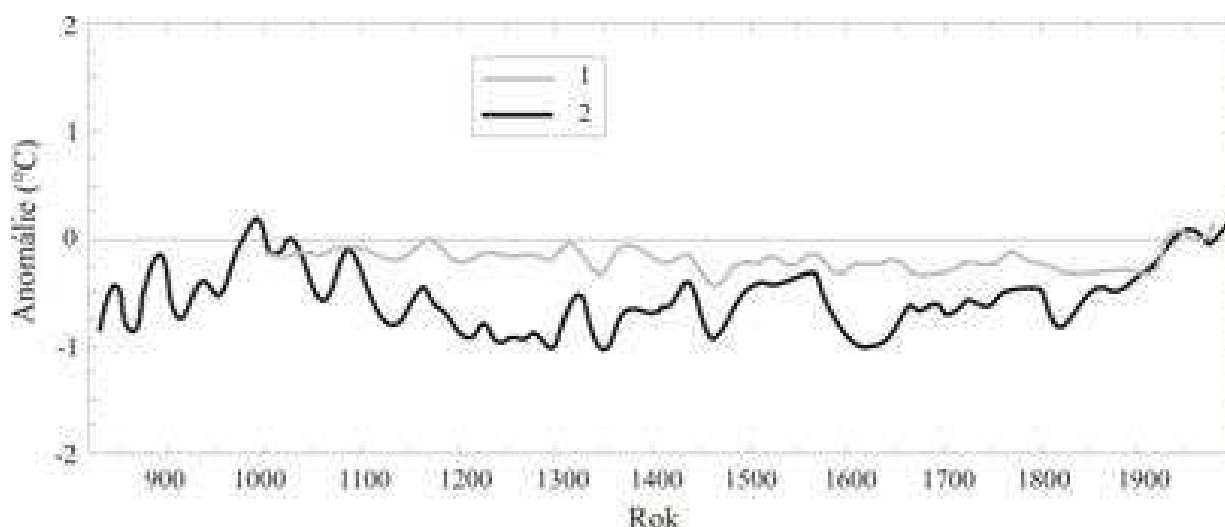
Ak je vplyv človeka na klimatické pomery taký silný, je ťažké vysvetliť prečo od polovice 20. storočia až do roku 1975 globálne teploty napriek nárastu emisií CO_2 klesali. Patterson (2004) upozorňuje, že je ťažké vysvetliť rast globálnej teploty pred rokom 1940 ako dôsledok pôsobenia skleníkového efektu oxidu uhličitého, pretože 80 % antropickej produkcie

CO₂ sa viaže až na časový interval po druhej svetovej vojne a rovnako problematické je aj interpretovať 30 rokov trvajúce „ochladenie“ v tomto povojnovom období, počas ktorého dochádzalo k dramatickému narastaniu obsahov CO₂ v atmosfére.

Lapin (2003) to pripisuje vplyvu aerosólov z priemyselných exhalácií a zo spaľovania menej kvalitného uhlia, ktoré sa rozptýlili do ovzdušia a negatívne ovplyvnili prísun slnečnej energie (autor považuje za veľmi nepravdepodobné, že v minulosti bolo spaľované uhlie nižšej kvality, pretože každá spoločnosť najprv ťaží a spotrebúva kvalitnejšie suroviny a až po ich vyčerpaní siaha po menej kvalitných surovinách). Aj panel IPCC (Panel OSN o klimatickej zmene) priznáva, o úlohe aerosólov je známe len veľmi málo. Používané modely sú teda prispôsobivé: ak vznikne problém, riešením sú aerosóly. Vedúci Národnej rady pre výskum životného prostredia (NERC – *National Environment Research Council*) vyjadril tento postoj nasledovne: „Klimatickú zmenu musel spôsobiť človek, pretože si nevieme predstaviť nič iné.“

Je súčasný nárast globálnej teploty bezprecedentný? Ak si uvedomíme, že napríklad pred približne 12 tisíc rokmi bol zistený v rozmedzí jediného desaťročia nárast globálnej teploty o 8 °C, súčasne zaznamenané oteplenie o 0,7 °C v priebehu minulého storočia sa nezdá byť nijako výnimočným (deMenocal et al., 2000; Daly, 1999).

Mann et al. (1998, 1999) publikoval svoju známu modelovú teplotnú krivku nárastu globálnej teploty v priebehu 20. storočia a odhadu jej nárastu v blízkej budúcnosti (obr. 14). Podľa tohto typu modelov by sa mala atmosféra Zeme do roku 2100 oteplíť o 1,4 až 5,8 °C. Pokiaľ porovnáme teplotnú krivku, získanú na základe aplikovania týchto modelov do minulosti, zistíme, že neodrážajú reálnu osciláciu teplôt v histórii Zeme (obr. 14, 15). Ak však nepatria do minulosti, je viac než nepravdepodobné, že dokážu predpovedať budúci vývoj (McIntyre a McKittrick, 2003; Von Storch, 2004).



Obr. 14 Podľa Manna et al. (1998, 1999) boli klimatické pomery stabilné, reálne paleoklimatické hodnoty ukazujú odlišný obraz vývoja klímy (1 – reálny vývoj, 2 podľa Manovho (1998, 1999) modelu)

Ani topenie polárnych ľadovcov a tým spôsobené stúpanie morskej hladiny nie je ničím neobvyklým. Výška hladiny morí sa neustále mení. V histórii Zeme boli obdobia, kedy bola o 200 m nižšie i o 60 m vyššie ako dnes (Davis et al., 2005). Za ostatných 18 000 rokov od poslednej doby ľadovej morská hladina plynule stúpa a celkovo sa zdvihla o 120 metrov, približne o 18 cm za storočie (deMenocal et al., 2000; Reasoner, 2000).

Úloha organizmov a rastlín v procese klimatických zmien

Ak chceme komplexne zvážiť vplyv CO₂ na klimatické zmeny, je potrebné zastaviť sa aj pri úlohe organizmov a rastlín, pretože rastlínstvo významným spôsobom zasahuje do cyklu CO₂. Napríklad jednobunkové riasy odbúravadajú zvýšené množstvá oxidu uhličitého z atmosféry, z ktorej spoiatku čerpajú ľahký a reaktívnejší biogénny izotop uhlíka ¹²C a po vyčerpaní tohto zdroja začínajú spotrebúvať aj ťažší izotop uhlíka ¹³C. Rastliny zas viažu CO₂ z ovzdušia, aby získali uhlík, potrebný k stavbe svojich pletív.

Na jednu molekulu oxidu uhličitého je potrebných tisíc molekúl vody, takže rastlina je schopná absorbovať z ovzdušia len také množstvo CO₂, koľko má k dispozícii vody na vyparovanie. Ak sa pokles obsahu oxidu uhličitého v atmosfére skombinuje s rýchlym rozvojom rastlínstva a so znížením prísunu slnečnej energie v rámci Milankovičovych orbitálnych cyklov precesie zemskej osi, môže dôjsť k značnému poklesu teploty zemského povrchu a v sedimentoch hlbokomorských paniev ku vzniku hydrátov metánu, ktoré sú schopné na seba naviazať zbytky CO₂ z atmosféry a tak ešte prehĺbiť proces ochladzovania.

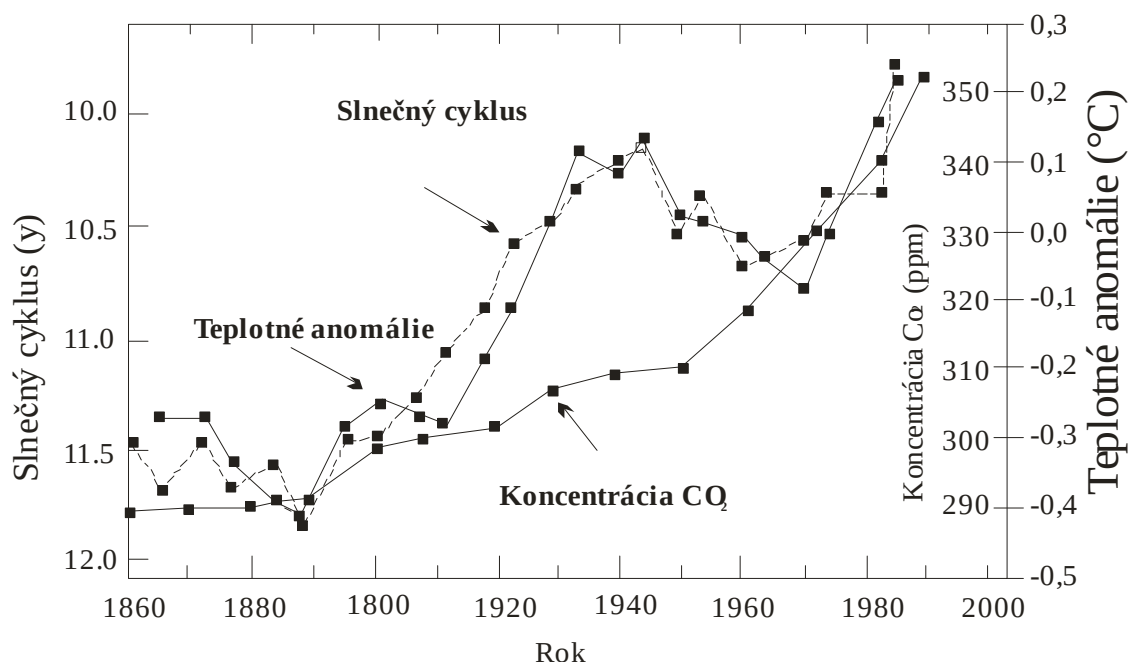
Najväčší dopad na charakter zloženia ovzdušia mali bochníkovité kolónie cyanobaktérií - siníc, žijúcich na morskom pobreží. Predpokladá sa, že prvé baktérie sa podobali dnešným archeobaktériám, ktoré dokážu prežiť aj v extrémnych podmienkach. Pre svoj metabolismmus spotrebúvali CO₂, H₂ a H₂S a produkovali CH₄. Za najstaršie horniny, v ktorých sa našli štruktúry pripomínajúce bunky, sa považujú nálezy stromatolitov zo severozápadného Grónska z ostrova Akilia, ktoré opísal Moyzsis et al. (1996) a Myers a Crowley (2000). Sú staré 3,85 mld. rokov. Všeobecne akceptované, hodnoverné dôkazy

existencie živých organizmov však opísané až Schopf (1993) v horninách starých 3,465 mld. rokov, nájdených v rohovcoch formácie Apex v západnej Austrálii. Už pred 3,5 mld. rokov začali pomocou fotosyntézy od základu meniť archaickú atmosféru – vyprodukovali voľný kyslík.

Oteplenie v Slnčnej sústave

Nejvýraznejším prejavom zmien (zvyšovania) slnečnej aktivity sú slnečné škvrny, ktoré sú prejavom magnetických tokov na povrchu Slnka. Početnosť týchto škvŕn a tým aj aktivita Slnka sa pohybujú v jedenásťročnom cykle. Na začiatku tridsiatych rokov 20. storočia už bol dostatočný počet spoľahlivých pozorovaní a porovnaní. Ukázalo sa, že intenzita slnečného žiarenia sa prejavuje napríklad u stromových porastov na šírke letokruhov.

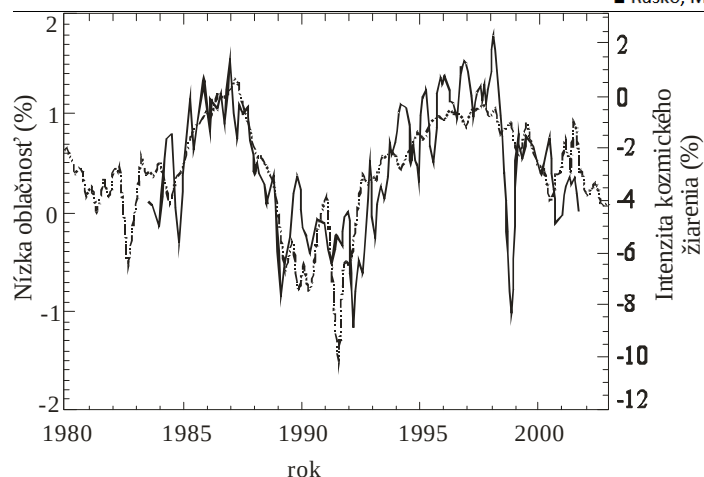
Odraz slnečného cyklu sa potvrdil napríklad u dlhovekých sekvojí a u kanadských borovíc. Ich letokruhy sú tým širšie, čím sú vhodnejšie klimatické podmienky. Douglas se ale podivil, keď pre roky 1645 – 1710 nenašiel žiadne periodické zmeny. Záhada bola čoskoro objasnená – šlo o roky kedy sa slnečný cyklus maxima zrejme nedostavil. Toto obdobie sa nazýva *Maunderovým minimom*. Slnečné škvrny boli v tomto období výnimočne vzácne a slnečný cyklus bol v tomto časovom horizonte z neznámych príčin potlačený. *Maunderovo minimum* odpovedá tzv. „malej dobe ľadovej“. Aj po slnečnom minime roku 2006 očakávali vedci obvyklé vzrastanie slnečnej aktivity, až do roku 2010 sa však škvrny, ktoré by ju indikovali, neobjavili. Až v máji roku 2010 sa objavilo niekoľko drobných, nevýrazných škvŕn. Aký to bude mať vplyv na vývoj klimatických pomerov, možno nateraz len hádať.



Obr. 15 Teplotné anomálie korelujú výraznejšie s parametrami slnečného cyklu ako s obsahom CO₂ v ovzduší (Patterson, 2005).

Shaviv a Veizer (2003) opísali vplyv slnečného žiarenia a kozmickej radiácie na klimatické zmeny. Kozmická radiácia predstavuje prúd neutrónov a protónov, ktoré periodicky vznikajú pri výbuchoch supernov a bombardujú solárny systém. Zistili existenciu pozitívnej korelácie medzi slnečným cyklom a teplotou (obr. 15). Významná korelácia sa potvrdila aj medzi kozmickou radiáciou, ktorá funguje ako „zosilňovač“, nízkou oblačnosťou a teplotnými klimatickými zmenami (obr. 16). Táto korelácia je oveľa zrejmejšia ako korelácia medzi obsahom CO₂ a teplotou (obr. 15).

Veizer (2000) a Patterson (2004) zistili, že chladné éry v histórii Zeme zodpovedajú obdobiam, počas ktorých Zem prechádza špirálovitými ramenami galaxie. Keďže väčšina supernov vybuchuje práve v ramenách galaxie, práve tu je najintenzívnejšie kozmické žiarenie, ktoré ovplyvňuje aj klimatické pomery Zeme (obr. 16).



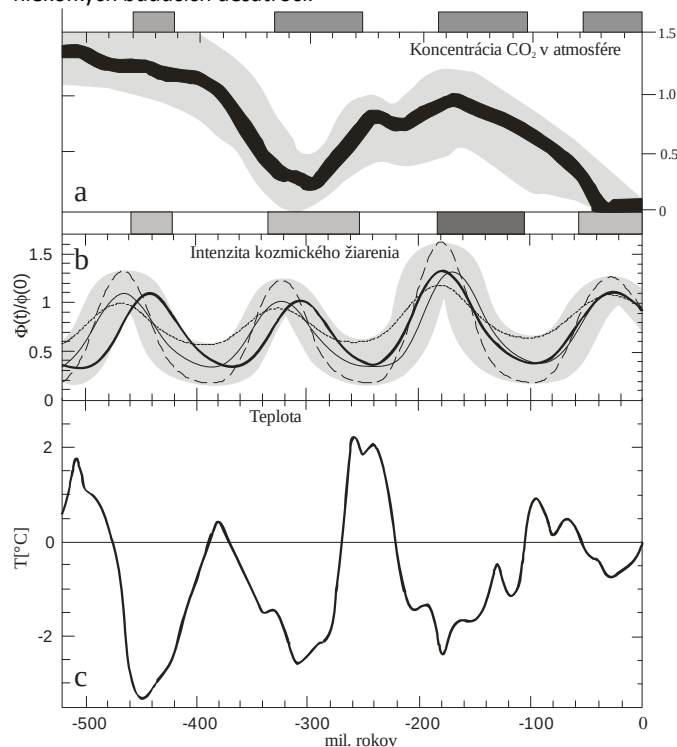
intenzita kozmického žiarenia —————
nízka oblačnosť rok - - - - -

Obr. 16 Zmeny v intenzite slnečného žiarenia a kozmickej radiácie výrazne kopírujú trend nízkej oblačnosti (Veizer et al., 2000; Patterson, 2004).

Kozmické žiarenie predstavuje prúd urýchlených častíc neznámeho pôvodu. 88 % žiarenia tvoria protóny, 10 % jadrá hélia (α žiarenie), 1 % elektróny a pozitrony a 1 % ťažké prvky. Pri ich interakcii s atmosférou vzniká prúd miliónov až miliárd častíc o energii až 10^{20} eV. Pri ich nárazoch na zemskú atmosféru ionizujú jej molekuly, s ktorými sa zrážajú a podnecujú tak formovanie nízkej oblačnosti. Výsledkom je intenzívne ochladenie. Obr. 17 ukazuje, že medzi obsahom oxidu uhličitého a teplotou v priebehu ostatných 500 mil. rokov nie je žiadna výraznejšia korelácia.

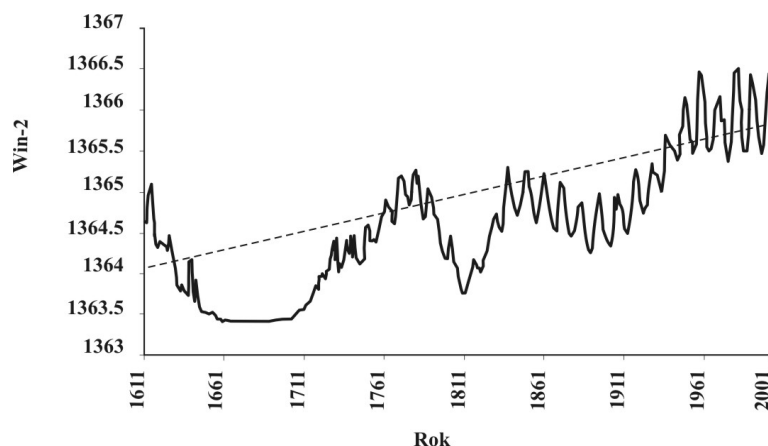
Usoskin et al. (2003), Solanki et al. (2004) a Muscheler et al. (2005) publikovali kľúčovú prácu o výrazne zvýšenej aktivite slnečného žiarenia, najvyššiu za obdobie ostatných 8 000 rokov. Vzrastanie intenzity slnečného žiarenia za obdobie ostatných 400 rokov je zobrazené na obr. 18.

Vo fosílnom zázname z obdobia holocénu (pred 11 500 až 11 800 rokov) možno identifikovať 31 období slnečného oteplenia, tj. období, keď desaťročný priemer počtu slnečných škvrín (a teda epizód oteplenia) prekročil 50 (v súčasnosti prevyšuje 70). Súčasnú dobu zvýšenej slnečnej aktivity je nielen neobvykle intenzívne ale aj nezvykle dlhé. Ako uvádza Čílek (2006), podľa odhadu vedcov by malo skončiť v priebehu niekoľkých rokov, ale najneskoršie v priebehu prvých niekoľkých budúcich desaťročí.



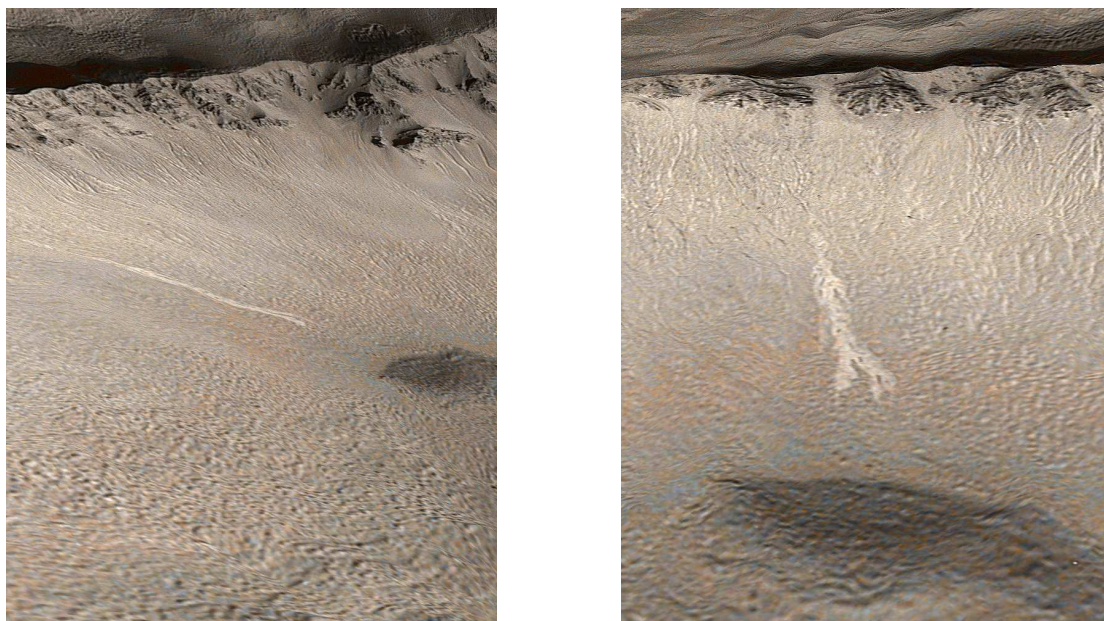
Obr. 17 Korelácia intenzity žiarenia a teploty pri prechode Zeme ramenami galaktickej špirály každých cca 147 mil. rokov (Shaviv a Veizer, 2003)

Halber (2002) uvádza, že povrch planéty Pluto sa za ostatných 14 rokov ohrial o 2 °C. Podobnú udalosť zaznamenali na Jupiteri aj Ren a Lin (2001). Informovali o vzniku troch nových búrok v blízkosti veľkej červenej škvrny na Jupiteri, čo možno vysvetliť len prísunom slnečnej energie (Elliot et. al., 1998; Marcus, 2004).



Obr. 18 Narastanie intenzity slnečného žiarenia za obdobie 1611 – 2001 (Usoskin et al., 2003)

Najzaujímavejšie sú pravdepodobne výsledky pracovníkov NASA, ktoré získali v rokoch 2000 až 2006 v rámci projektu *Mars Exploration Program*. Výsledky práce zverejnili Malin a Edget (2000) a celý rad ďalších vedeckých pracovníkov, napríklad Costard et al. (2002), Taylor (2005) a iní. Zaznamenali výrazné prejavy „globálneho oteplenia“ aj na Marse. Na stenách impaktných kráterov objavili početné vodné kanály a nakoniec, v oblasti Terra Sirenum a Centauri Montes na južnej pologuli Marsu aj vodu v kvapalnom stave (obr. 19).



Obr. 19 V jednom z kráterov na južnej pologuli Marsu sa v ostatných rokoch objavila voda v tekutom stave.

Zdá sa teda, že známky „globálneho oteplenia“, ktoré sú dôsledkom zvýšenej slnečnej aktivity, možno rozpoznať v celej Slnečnej sústave. Podľa odhadu vedcov môže tento fenomén predstavovať až 30 – 40 % dôvodov v súčasnosti diskutovaného otepľovania Zeme.

Periodicita ľadových dôb

Pravidelne sa striedajúce ľadové doby a interglaciály oprávňujú k zamysleniu aj nad mechanizmom, ktorý toto striedanie klimatických pomerov spôsobuje. Mohla by práve očakávaná klimatická zmena túto milión rokov sa prejavujúcu periodickú závislosť zvrátiť?

K tomu aby sme pochopili príčiny týchto zmien významnou mierou prispel aj srbský vedec Milutin Milankovič, ktorý začiatkom 20. storočia venoval 30 rokov štúdiu zmien, ku ktorým dochádza v dôsledku zmeny sklonu zemskej osi. Prvý z parametrov známych Milankovičovych cyklov je zmena excentricity zemskej dráhy, tj. vzdialenosti ohniska od stredu eliptickej dráhy. Dochádza k nej približne každých 100 000 rokov. Druhým parametrom je sklon zemskej osi. Odklon od kolmice k rovine ekliptiky sa pohybuje medzi 21,8 a 24,5 stupňami. Uhol zviera rovina ekliptiky s rovinou rovníka. Doba tohto cyklu je približne 41 000 rokov. Tretím faktorom je precesia zemskej osi. Doba tohto cyklu odpovedá 19 000 – 23 000 rokom a približne odpovedá jednému interglaciálnemu cyklu (medziľadovej dobe).

Spočiatku bola doba trvania ľadových dôb (glaciálov) rádovo približne 40 tisíc rokov. Asi pred miliónom rokov sa presadil 100 tisíc rokov trvajúci cyklus zaľadnenia striedaný približne 20 tisíc rokov trvajúcimi interglaciálmi. Medzi najpravdepodobnejšie teórie, ktoré sa toto striedanie pokúšajú vysvetliť, patrí pravdepodobne predstava, že za kolísaním klimatických pomerov pravdepodobne stoja zmeny vzájomnej polohy Slnka a Zeme. Ak sme od Slnka ďalej alebo inak natočení, dostáva celá Zem alebo jej časť iné kvantá tepelnej energie. Tieto odchýlky sú malé (1-3 %), sú však schopné vplývať na zmeny smeru vetrov aj oceánskeho prúdenia. Spočiatku sa teda uplatňoval silnejší, ale kratší parameter obežnej dráhy Zeme trvajúci asi 40 tisíc rokov, ale medzitým narástli ľadovcové čiapočky do takej veľkosti, že počas krátkeho teplejšieho obdobia nestačili ustúpiť. Teplotná zotrvačnosť spôsobila, že sa zvýšenou mierou začal uplatňovať slabší, ale dlhší parameter obežnej dráhy, ktorý trvá sto tisíc rokov.

Podľa úvah viacerých iných paleoklimatológov (Broecker et al., 1990; Michalík, 2001 b, 2002; Cílek, 1992 a iní) by „globálne oteplenie“ v dôsledku skleníkového efektu mohlo eliminovať potrebné teplotné a hustotné gradienty oceánskej vody, spôsobujúce jej prúdenie. Rozdiel medzi priemernou teplotou na rovníku a na póloch prispieva ku vzniku silného atmosférického i oceánskeho prúdenia. Vody Golfského prúdu sa v okolí ostrova Islandu ochladzujú z 12 – 13 °C na 2 – 3 °C, ich hustota sa zvyšuje a klesajú do väčších hĺbok. K zvyšovaniu hustoty a salinity vody Golfského prúdu prispieva aj intenzívnejšie vyparovanie tohto teplého prúdu. V hĺbke sa prúd vody stáča opačným smerom – na juh, čo spolu so zmenami salinity pôsobí ako motor systému morských prúdov (Reháková a Michalík, 1999; Michalík, 2001 a).

Keby teda v dôsledku skleníkového efektu a klimatickej zmeny došlo k roztápaniu grónskych ľadovcov, ľadovcová voda by zriedila hustú vodu Golfského prúdu a ten by prestal ohrievať klímu britských ostrovov, západnej Európy a východnej Kanady. Degradácia Golfského prúdu by potom mohla spôsobiť zaľadnenie severného Atlantiku a vznik novej doby ľadovej. V dôsledku ochladenia by sa po nejakom čase roztápanie ľadovcov zastavilo a prúd by sa postupne vrátil ku svojmu súčasnému režimu. Tento proces bol podľa Broeckera et al. (1990) najpravdepodobnejším dôvodom striedania glaciálov a interglaciálov.

Ešte väčší význam má pre teplotnú reguláciu Zeme *Hlboký slaný prúd*, ktorý predstavuje najväčší systém globálnej cirkulácie. Jeho oslabenie by malo mimoriadne dôsledky pre klímu celej planéty. V rovníkovej oblasti kumuluje teplotu i salinitu a keď v severnej časti Atlantického oceánu medzi Hebridami a Islandom vystupuje z hĺbky 800 m, má stále teplotu 10° C. Rýchle sa ochladzuje na 2° C a stáča sa na juhozápad k Labradorskému polostrovu. Tam sa opäť ponára, tečie na juh, pod Mysom Dobrej Nádeje sa stáča k východu, obteká z juhu Austráliu a odtiaľ postupuje k západnému pobrežiu Mexika. Zdá sa, že *hlboký slaný prúd* počas ľadových dôb zaniká, nezahrieva severnú Európu, v ktorej dochádza k hromadeniu snehu a rastu kontinentálnych ľadovcov. Práve „*hlboký slaný prúd*“, je podľa Bolyeho (1990) pravdepodobne najzraniteľnejším článkom reťaze globálnych zmien.

Súčasná merania britských oceánológov z National Oceanographic Centre v Southamptone (Bryden et al., 2005) ukázali, že v rozmedzí rokov 1957 až 2004 poklesla výkonnosť systému o približne 30 %. Pohyb vodných mäs sa podstatne spomalil. Tým sa výrazne oslabuje účinok severoatlantického výmenníka a v priebehu niekoľkých desaťročí môže byť dôsledkom pokles teploty regionálne až o 10°C (Piotrowski et al., 2005). Toto zistenie spochybňuje úvahy o posune zemskej klímy ku „*globálnemu otepleniu*“, pretože takéto výrazné spomalenie prúdenia vôd v Atlantiku by mohlo naštartovať novú dobu ľadovú.

Niet dôvodu si myslieť, že čas periodicky sa vracajúcich ľadových dôb sa skončil. Je riskantné tvrdiť, že súčasné klimatické zmeny spôsobuje moderná civilizácia, keď nemôžeme vylúčiť neantropické vplyvy, ktoré viedli ku gigantickým a prekvapivo prudkým klimatickým zmenám. Toto je zrejme aj dôvod, prečo sa Panel IPCC vyhýba upozorňovať na problematiku vzniku ľadových dôb.

Na základe extrapolácie zákonitostí geologického vývoja možno podľa Campbella et al. (1998) predpokladať, že bez vplyvu človeka by prirodzené otepľovanie mohlo pokračovať do roku 2400 a potom možno očakávať náhle ochladenie.

Možno klimatické zmeny predvídať?

Názor, že sa súčasné ľudstvo sa nachádza v období mimoriadnych, v histórii Zeme a ľudstva výnimočných klimatických zmien, neodpovedá skutočnosti. Zem a dokonca aj ľudstvo bolo vo svojej histórii viackrát vystavené výrazným klimatickým zmenám, ktoré svojou rýchlosťou i výraznosťou ďaleko prevyšujú hrozby, ktoré vyplývajú z odhadov tých vedcov, ktorí na základe rôznych modelov modelujú možné dopady „*globálneho oteplenia*.“

Napriek tomu, že význam CO₂ ako skleníkového plynu nemožno spochybniť, najnovšie výskumy významnej skupiny vedcov v oblasti paleoklimatológie čiastočne prehodnotili priamočiaru závislosť medzi jeho obsahom v atmosfére a globálnym otepľovaním. Veria, že koncentrácia atmosférického CO₂ poukazuje skôr na príznaky ako príčiny zmeny klímy.

Zvýšenie globálnej teploty o 0,7 °C bolo zistené pomocou merania teploty v meteorologických zariadeniach, ktoré sú na zemskom povrchu veľmi nerovnomerne rozložené a väčšinou sa nachádzajú v blízkosti veľkých mestských aglomerácií, ktoré samotné môžu byť zdrojom otepľovania. Stačí si uvedomiť, že len pokrytie veľkých plôch asfaltom môže

viesť k značnému nárastu teplôt v okolí takýchto lokalít. Merania teploty ovzdušia (troposféry) pomocou meteorologických balónov a družíc žiadny významnejší nárast teploty ovzdušia nezaznamenali (preukázalo sa oteplenie o 0,12 – 0,17 °C; Christy a Spencer, 1990; Santer, 2003). Počítačové modely, ktoré používajú zástancovia „agendy CO₂“ však naznačujú, že k rapidnému otepľovaniu by malo dochádzať práve vo vyšších vrstvách atmosféry. Výsledky súčasných pozorovaní tomu odporujú (Christy a Spencer, 1990). Zistilo sa len oteplenie o 0,029 °C (Lomborg, 2006).

Ani satelitné merania teploty ovzdušia Zeme, ktoré NASA vykonáva od roku 1979 nevykázali žiadne relevantné zvýšenie teploty. Tam, kde počítačové modely predpokladali oteplenie o 0,224 °C za desaťročie, bolo v skutočnosti namerané len oteplenie o 0,034 °C, tj. oteplenie, ktoré neodpovedá ani šestine očakávanej hodnoty (Lomborg, 2006).

Akceptovanie hypotézy o CO₂ by predpokladalo zanedbať faktory, ktoré síce presne nepoznáme ale vieme, že sú dosť silné, pretože v geologickej i historickej minulosti spôsobili radikálne klimatické zmeny, z ktorých nemožno viniť človeka.

Medzi príčinami globálnych klimatických zmien sa uvádzajú aj zmeny v intenzite slnečného žiarenia. Hoci ešte v nedávnej minulosti väčšina vedcov predpokladala, že výkyvy v solárnej emisivite nemohli byť natoľko podstatné, aby sa stali dôvodom pre zaľadnenie planéty, dnes sa mnohí z nich (napr. Lean, 2001; Shaviv a Veizer, 2003 a iní) prikláňajú k názoru, že väčšinu teplotných zmien na Zemi je potrebné pripisovať kolísaniu intenzity slnečného a kozmického žiarenia, ktoré pôsobi ako iniciátor mechanizmov, vedúcich ku klimatickým zmenám (Scafetta a Bruce, 2005).

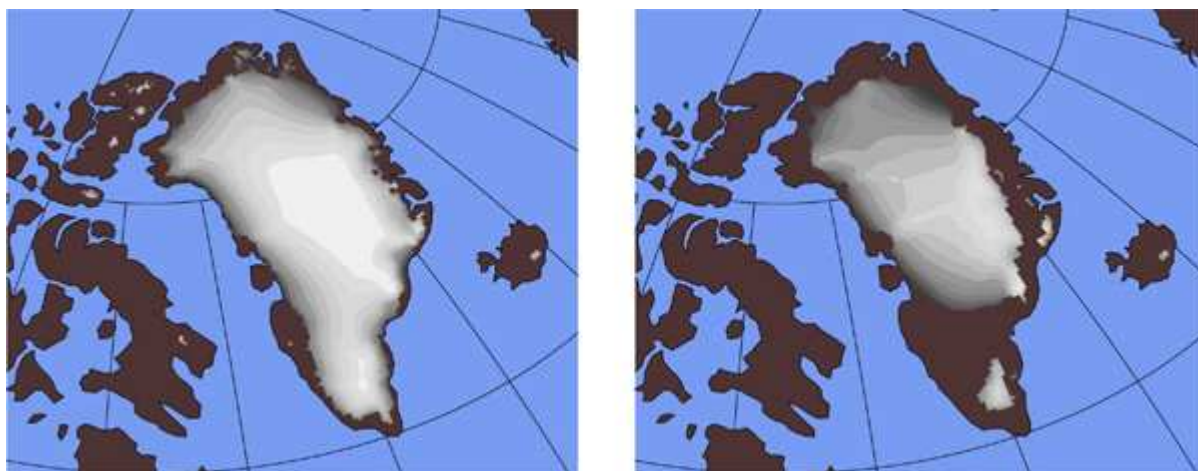
Keďže, ako sa zdá, k otepľovaniu dochádza aj na Marse, Plute a ďalších planétach Slna sústavy, je málo pravdepodobné, že by hlavným činiteľom tohto procesu mohli byť antropické aktivity.

Vývoj klimatických pomerov je bezpochyby intímne prepojený nielen s Milankovičovými cyklami ale aj s globálnou cirkuláciou morskej vody. Dôsledkom radikálneho otepľovania by polárna voda v subpolárnej oblasti Atlantiku mohla byť v dôsledku zvyšovania zrážkovej činnosti a roztápania ľadovcov v Grónsku stále viac saturovaná sladkou vodou. Tým by sa menila jej hustota, čo by malo výrazný negatívny vplyv na dynamiku oceánskeho prúdenia a v konečnom dôsledku by viedlo k ochladeniu.

Nemožno podceňovať ani fenomén periodicky sa opakujúcich chladných a teplých klimatických období vo vývoji Zeme. Mechanizmus, ktorý ich spôsobuje, disponuje pravdepodobne omnoho závažnejšími faktormi ako je antropická saturácia atmosféry oxidom uhličitým a inými plynmi. Keby sa to potvrdilo, potom ani zníženie emisií oxidu uhličitého nemusí viesť k želanému výsledku a ľudstvo bude azda čoskoro musieť čeliť globálnym klimatickým zmenám závažného charakteru.

V Arktíde a vo vysokohorských ľadovcových poliach Európy ľad ubúda avšak v Antarktíde v ostatných desaťročiach objem ľadu narastal. Je pravdou, že keby sa tento ľadovec rozpustil, hladina mora by stúpala o niekoľko sto metrov. Len rozpustenie ľadovca vo východnej Antarktíde by zdvihlo úroveň morskej hladiny o 80 m. Treba si však uvedomiť, že priemerné ročné teploty v Antarktíde sú hlboko pod teplotou mrazu. Priemerná ročná teplota je -20 °C a priemerná letná teplota -8 °C (Cílek, 2006). Väčšina tohto ľadovca však neleží na pevnine ale presahuje cez jej okraj a pláva na morskej hladine. Spodná časť tohto ľadu sa síce pomerne intenzívne rozpúšťa, celkove však pozorujeme v dôsledku zvýšenej zrážkovej činnosti väčšie akumulácie snehu a ľadu ako v minulosti. Celkove možno konštatovať, že k deštrukcii ľadovca by nedošlo ani v prípade, keby táto teplota vzrástla o 10 °C. Pokiaľ by hypoteticky došlo k takému nárastu teploty, že jej priemerná hodnota by v lete stúpala na hodnotu + 2 až 3 °C, rozpúšťanie ľadovcov v Antarktíde by trvalo 2000 až 3000 rokov (Fred Singer: prednáška na Univerzite Komenského v Bratislave roku 2007).

V tejto súvislosti je vhodné uviesť, že ľadovce ustupujú počas každej medziľadovej doby. Súčasný ústup ľadovcov preto nie je ničím neobvyklým. Aj počas poslednej interglaciálnej epochy bol ústup ľadovcov v oblasti severnej pologule omnoho výraznejší ako dnes (obr. 20).



Obr. 20 Stav ľadovcovej pokrývky Grónska dnes (vľavo) a počas posledného interglaciálu (vpravo)

Aj IPCC panel viackrát zmenil svoje odhady možného nárastu hladiny mora. Pôvodne predpokladal nárast o 38 – 55 cm, neskôr už len o 31 – 49 cm (Lomborg, 2006).

„Dobre vieme, že Čína ani India neprestanú zvyšovať emisie CO₂. V priebehu uplynulých šiestich rokov sa v Číne takmer zdvojnásobila spotreba uhlia a množstvo emisií CO₂. To je každoročné navýšenie o 12 %, takže nie je nijaká nádej, že hladina CO₂ prestane rásť – bez ohľadu na to, čo budete robiť vy v Európe či my v Spojených štátoch. Je to nezmyselné. Jediné, čo sa stane, bude, že všetky priemyselné odvetvia sa premiestnia do Číny či Indie. A už sa to aj deje,“ (Fred Singer: prednáška na Univerzite Komenského v Bratislave roku 2007).

Zaujímavé sú aj údaje o oscilácii hladiny Indického oceánu v oblasti súostrovia Maledívy, ktoré by vzhľadom na svoju priemernú nadmorskú výšku 1.5 m mali byť údajne vzrastajúcou hladinou celosvetového oceánu ohrozené ako prvé. Presné merania, ktoré realizoval tím profesora Nielsa Axela Mörnera (Mörner et al., 2004) zo štokholmskej univerzity dokázali, že v 19. a začiatkom 20. storočia tu bola hladina mora vyššia a od roku 1917 už nestúpila, ale naopak, klesla o 30-40 cm.

Niektoré javy naznačujú, že naša Zem pravdepodobne prekonáva štádium globálnych klimatických zmien. Bez podceňovania alarmujúcich faktorov, ktoré poukazujú na znepokojujúci stav podnebia a trestuhodné znečisťovanie ovzdušia si treba uvedomiť, že klimatické zmeny nie sú vo vývoji Zeme ničím výnimočným. Paleoklimatické údaje naznačujú, že v geologickej minulosti nebol proces ochladzovania a otepľovania zemského ovzdušia riadený výlučne premenlivým obsahom oxidu uhličitého a ďalších skleníkových plynov v atmosfére, čo nás pri našich prognózach nabáda k zvýšenej opatrnosti a k potrebe zohľadňovať omnoho viac faktorov, než sme dosiaľ považovali za dostačujúce.

Ako hovorí Čilek (2006), naše súčasné znalosti nedovoľujú položiť si otázku, kto je za klimatické zmeny zodpovedný. Takéto diskusie sa vždy končia hlbokými názorovými spormi skôr, než sa im podarí definovať samotné fakty, ktoré sa snažia interpretovať.

Poučenie z histórie naznačuje, že vo všeobecnosti je chladnejšia klíma pre ľudstvo veľmi zlá. Ľudstvo disponuje skúsenosťami, s chladnou klímou z obdobia 14. storočia a „malej doby ľadovej.“ V tomto období došlo k zabrzdeniu rozvoja, ľudia hladovali a umierali na rôzne choroby (pravdepodobne aj ničivosť morovej epidémie v 14. storočí bola podporená zlými klimatickými podmienkami a v dôsledku hladu, nedostatkom slnka a chladom spôsobeným oslabením imunity). Priemerná dĺžka ľudského života bola veľmi nízka. Život bol veľmi ťažký. V skutočnosti je teplejšia klíma pre ľudstvo lepšia ako studená. Stačí si porovnať veľký rozvoj spoločnosti v teplom období antiky, v čase stredovekého oteplenia či v 20. storočí.

Otázka klimatickej zmeny - záverečná úvaha

Jedným zo základných problémov chápania globálnych zmien sa zdá byť skutočnosť, že ľudstvo nevníma Zem ako živú planétu, podliehajúcu neustálym zmenám. Zem je živá planéta. Nemožno jednoznačne vylúčiť, že prekonáva štádium globálnych klimatických zmien. Takéto zmeny však boli v geologickej minulosti neustálym prirodzeným fenoménom. Nespôsobili ich len zmeny koncentrácií CO₂ a ďalších skleníkových plynov v atmosfére. Boli prepojené s globálnou cirkuláciou morskej vody, obsahom pevných disperzných častíc v atmosfére, biologickými aktivitami flóry a fauny a početnými ďalšími faktormi. Aj mechanizmus, ktorý spôsobuje periodické opakovanie sa ľadových dôb, riadia pravdepodobne omnoho závažnejšie determinanty ako je antropické znečistenie atmosféry. Podľa najnovších zistení zohrávajú významnú, ba pravdepodobne kľúčovú, úlohu predovšetkým zmeny v intenzite slnečného a kozmického žiarenia. Alarmujúcim výsledkom paleoklimatických výskumov je zistenie, že ku klimatickým zmenám dochádza spravidla náhle. Takéto zmeny potom mávajú katastrofálne dôsledky na živé organizmy, teda aj na civilizáciu.

V tejto súvislosti je potrebné si uvedomiť, že to, čo spôsobuje klimatické katastrofy a zánik veľkých civilizácií, nie je nárast teploty ale sucho. Práve prehliadanie tejto skutočnosti vedie k mnohým omylom v súčasnosti tak populárnej agendy CO₂. Pokiaľ našu európsku civilizáciu niečo reálne ohrozuje, je to predovšetkým vysušenie stepných oblastí Kazachstanu a Kyrgystanu a zmeny distribúcie zrážok v stredomorskej oblasti (Čilek, 2006).

Podmienkou pozorovaných súčasných zmien antropickou činnosťou je otázka. Ľudstvo by malo akceptovať existenciu klimatických zmien ako nevyhnutnosť. Zníženie emisií CO₂ nemusí viesť k želanému výsledku.

♦♦ PodĎakovanie: Práca vznikla v rámci riešenia grantu APVV-0663-10.

ZOZNAM BIBLIOGRAFICKÝCH ODKAZOV

- [1] Agnew, N., 1990: The Getty Adobe Research project at Fort Selden. 1. Experimental design for the rest wall project. In 6th Int. Conf. On the Conservation of Eastern Architecture. Adobe 90 preprints. Las Cruces (N. Mex.) The Getty Conservation Institute, 243-249
- [2] Alloway, B. J., 1990: Heavy metals in soils. Blackie and Son Ltd. Glasgow, 339 p.
- [3] Alloway, B. J., Ayres, D. C., 1993: Chemical principles of environmental pollution. Blackie academic and professional. London 290 p.
- [4] Andráš, P., Križáni, I., Kušnierová, M., 1994: Možnosti využitia bakteriálneho lúhovania zlata z Fe-sulfidických rúd na ložiskách Západných Karpát. *Uhlí - Rudy*, 12, 1, 465-470
- [5] Andráš P., Križáni I., 1997: Účinok vitriolovej vody na vybrané rudné minerály. *Uhlí - Rudy - Geologický průzkum*, 4, 1, 26-31
- [6] Andráš, P., 2007: Ľadový dopad. *Quark*, 6, p. 8
- [7] Andráš, P., Jeleň, S., Križáni, I., 2007: Cementačný účinok drenážnej vody z haldového poľa Ľubietová-Podlipa, *Mineralia Slovaca*, 39, 4, 334-341

- [8] Andreae, M. O., 1986: The ocean as a source of atmospheric sulfur compounds. In: Buat-Ménard, P. ed.: *The role of air-sea exchange in geochemical cycling*. Dordrecht, Reidel, 331-362
- [9] Andreae, M. O., Crutzen, P. J., 1997: Atmospheric aerosols: Biochemical sources and role in atmospheric chemistry. *Science*, 276, 1052-1058
- [10] Annamalai, V., Murr, L., 1978: Effects of the source of chloride ion and surface corrosion patterns on the kinetics of the copper-aluminum cementation system. *Hydrometallurgy* 3, 163-180.
- [11] Arendt, A., 2002: Glaciers of Alaska. *Science*. 19th July 2002, p. 14-19
- [12] Arrhenius, S. A., 1903: Lehrbuch der Kosmischen Physik Vol I and II, Verlag S. Hirschel Leipzig, 1026 p
- [13] Avila, A., Queralt-Mitjans, J., Alarcón, M., 1997: Mineralogical composition of African dust delivered by red rains over northeastern Spain. *J. Geophys. Res.* 102, 21 977-21 996
- [14] Ayres, D. Jr., 1990: Ohio Valley of tears is facing more. *Science*, April 1st. 22-28
- [15] Bailey, E. A., Gray, J. E., Hines, M. E., 2001: Mercury transformations in soils near mercury mines in Alaska, USA. *RMZ-Materials and geoenvironment*. Vol. 48, No. 1, Ljubljana, 212-218
- [16] Barceló J., Poschenrieder, Ch., Andreu I., Gunse B., 1986: Cadmium-induced decrease of water stress resistance in bush bean plants (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Contender) I. Effects of Cd on water potential, relative water content and cell wall elasticity. *J. plant Physiol.* 125, 17-25
- [17] Bard, E., Arnold, M., Mangerud, M., Paterne, M., Lebeyre, L., Duprat, J., Melieres, M: A., Sonstegaard, E., Duplessy, J. C., 1994: The North Atlanticatmosphere – sea surface ¹⁴C gradient during the younger dryas climatic event. *Earth. Planet. Sci. Lett.*, 126, 275-287
- [18] Baroni, C., Orombelli, G., 1994: Abandoned penguin colonies and climate change in the Antarctic peninsula. London, 354 p.
- [19] Beck, R. A., Burbank, D. W., Sercombe, W. J., Olson, T. L., Khan, A. M., 1995: Organic carbon exhumation and global warming during the early Himalayan collision. *Geology*, 23, 5, 387-390
- [20] Begányi, M., 2006: Znečistenie morí ropou. *Acta Mointanistica Slovaca* 11, 1, 16-19
- [21] Bencko, V., Cikrt M., Lener J., 1984: Toxické kovy v pracovním a životním prostředí. člověka, Avicenum, Grada, Praha. 254 p.
- [22] Beneš, S., Pabianová, J., 1987: Přírozené obsahy distribuce prvků v půdách. VŠZ Praha, 123-149
- [23] Benbrahim-Tallaa, L., Waalkes, M. P., 2008: Inorganic arsenic and human prostate cancer. *Environmental Health Perspectives*, 116, 2, 158-163
- [24] Bendhun, F., Renard, Ph., 2004: Indirect estimation of groundwater inflows into the Arall sea via a coupled water and salt mass balance model. *Journale of Marine Systems*, 47, 35-50
- [25] Beseda, J., Pajčík, J., Shoko, J., Cejpek, K., Gáper, J., Ďurišová, B., 1999: Toxikológia. T. U. Zvolen, 179 p.
- [26] Bestvina, D., Lacko, A., Večeřová, L., 1995: Přírodní jadrový reaktor, MaT 4, Beveridge N. A. S., Shackleton, N. J., 1994: Carbon isotopes in recent planktonic foraminifera. A record of atmospheric CO₂ invasion of the surface ocean. *Earth planet, Sci. Lett*, 126 p. 259-273
- [27] Beveridge N. A. S., Shackleton, N. J., 1994: Carbon isotopes in recent planktonic foraminifera. A record of atmospheric CO₂ invasion of the surface ocean. *Earth planet, Sci. Lett*, 126 p. 259-273
- [28] Blake, D. F., Kato, K. 1995: Latitudinal distribution of black carbon soot in the upper troposphere and lower stratosphere. *J. Geophys. Res.* 100, 7195-7202
- [29] Bouška, V., Jakeš, P., Pačes, T., Pokorný, J., 1980: Geochemie. Akademia, Praha, 555 p.
- [30] Bouzek, J., 1982: Klimatické změny dřívě a dnes. *Vesmír*, 71, 5, 255-256
- [31] Bowen, H. J. M., 1979: Hodnocení těžkých kovů v odpadech a průmyslově vyráběných kompostech. Konference ČSVTS „Kompostování odpadů a životné prostředí.“ Praha, 83-94
- [32] Boyle, E., 1990: The problem of the atmospheric CO₂ invasion of the surface sea-level. *Scientific American* 43, January 1990, 44-49
- [33] Brady, N. C., 1974: The nature and Properties of soils. 8th edn. Macmillan, New York, 639 p.
- [34] Brasseur G. P., Orlando, J. J., Tyndall, G. S., 1999: Atmospheric chemistry and global change. Oxford: Oxford Univ. Press., 342 p.
- [35] Bratton, J. F., 1999: Clathrate eustasy. Mechanic hydrate melting as a mechanism for geologically rapid sea-level fall. *Geology*, 27, 10, 915-918
- [36] Broecker, W. S., Peng, T. H., Jouzel, J., Russell, G., 1990: The magnitude of global fresh- water transports of importance to ocean circulation. *Climate Dynamics* 4, 73-79
- [37] Bruno, A., Chiari, G., Tossarelli, C., Bultinck, G., 1968: Contribution to the study of the preservation of mad-brick structures. *Mesopotamia*. 3-4, 443-479
- [38] Bryden, H. L., Longworth, H. R., Cunningham, S. A., 2005: Slowing of the Atlantic meridional overturning circulation at 25° N. *Nature* 438, 655–657
- [39] Butcher, S. S., Charlson, R. J., 1972: An introduction to air chemistry. Academic press, New York & London, 241 p.
- [40] Campbell, I. D., Campbell, C., Apps, M. J., Rutter, N. W., Bush, A. B. G., 1998: Late Holocene 1500 yr climatic periodocites and their implications. *Geology* 26, 5, 471-473
- [41] Campbel, I. D., McDonald, K., Flannigan, M. D., Kringayark, J., 1999: Long-distance transport of pollen into the Arctic. *Nature*, 399, 29-30
- [42] Cannon, H. L. 1960: Botanical prospecting for ore deposits. *Science* 132 (3427), 591-598

- [43] Carver, G., Teyssèdre, H., Morgenstern, O., 2002: The ozone hole tour. University of Cambridge I – IV, 223, 189, 324, 111 p.
- [44] Cejpek a kol., 2000: Chémia bežného života a životné prostredie. Metodické centrum Banská Bystrica, ISBN 80-8041-307X, 117 p.
- [45] Cibulka J. a kol., 1991: Pohyb olova, kadmia a rtuti v biosfére. Academia, Praha 427 p.
- [46] Čilek, V., 1992: Oceán a oxid uhličitý v atmosfére. *Vesmír*, 71, 9, 485-490
- [47] Čilek, V., 2006: Tsunami je stále s nami. Alfa Publishing, Praha, 343 p.
- [48] Cipriani, C., Franchi, L., 1979: Sullapresenza de whewellite fra lecroste di alterazione di monumenti Romani. *Boll. Serv. Geol. Ital.* 88, 555-564
- [49] Clarke, F. W., 1924: The data of geochemistry. *U. S. Geol. Survey Bull.* 770, Washington, 839 p.
- [50] Clarke, A. D., Ablquist, N. C., Covert, D. S., 1987: The Pacific marinae aerosol: Evidence for natural acid sulfates. *J. Geophys. Res.* 92, 4179-4190
- [51] Costard, F. Forget, F., Mangold, N., J. P. Peulvast, 2002: Formation of Recent Martian Debris Flows by Melting of Near-Surface Ground Ice at High Obliquity. *Science* 295, 110-113
- [52] Covert, D. S., Wiedensohler, A., Aalio, P., Heityenberg, J., McMurry, P. H., Leck, C., 1996: Aerosol number size distributions from 3 to 500 nm diameter in the Arctic marine boundary layer during summer and autumn. *Tellus*, 48B, 197/212
- [53] Crutzen, P. J., Andreae, M. O. 1990: Biomass burning in the tropics: Impact on atmospheric chemistry and biochemical cycles. *Science* 250, 1669-1678
- [54] Čurlík, J., 1988: Geochémia geologických procesov–hypergénné procesy. Skriptá, Prif UK Bratislava, 287 p.
- [55] Čurlík, J., 2003: Pôdna reakcia a jej úprava. Jaroslav Suchoň Publ., Bratislava, 249 p.
- [56] Daly, J. L., 1999: The Isle of the Dead-Zero point of the Sea? Part 2: Discussion of the Evidence. *The New Australian*. 136, 4, 10, 44-48
- [57] Davies, G., 2001: Dynamic Earth: Plates, plumes and mantle convection. Cambridge Press 458 p.
- [58] Davis, E., 2001: Range shift and adoptive responses to Quarternary climate change. *Science*, 292, 673
- [59] Davis, C. H., Li, Y., McConnell, J. R., Frey, M. M., Hanna, E., 2005: Snowfall-Driven Growth in East Antarctic Ice Sheet Mitigates Recent Sea-Level Rise. *Science*, 308, 5730, 1898-1901.
- [60] deMenocal, P. B., Ortiz, J., Guilderson, T., Sarnthein, M., 2000: Coherent High- and low-latitude climate variability during the Holocene warm period. *Science*, 288, 2198-2202
- [61] Dentener, F. J., Carmichael, G. R., Zhang, Y., Lelieveld, J., Crutzen, P. J., 1996: Role of mineral aerosol as a reactive surface in the global troposphere. *J. Geophys. Res.* 101, 22 869-22 889
- [62] Dick, W., 1973: An ionization chamber for continuous monitoring of atmospheric radon – 222 levels in Ottawa and Gatineau Hills; Canada. *Geol. Survey Can. Paper* 73, 28, 11 p.
- [63] Domsch, K. H., Gams, W., Anderson, T. H., 1980: Compendium of soil fungi. Academic-Press, London, 859 p.
- [64] Drímal, M., Koppová, K., 2003: Hodnotenie zdravotného rizika súvisiaceho s príjmom pitnej vody so zvýšenou koncentráciou niektorých chemických ukazovateľov – aplikácia metodiky v podmienkach Slovenskej republiky. *Zborník odborných prác z konferencie s medzinárodnou účasťou Pitná voda*. Trenčianske Teplice, 198-199
- [65] Drímal, M., Fabiánová, E., Rosival, L., 2004: Health risk assessment of arsenic in site-specific conditions. *Central and Eastern European Environmental Health Conference*. Conference Proceeding, Praha, 14-18
- [66] Drímal, M., Slotová, K., Bartová, P., Závodský, D., Hlôšková, K., 2006: Životné prostredie a zdravie I. O vzduchu a klíma. FPV UMB Banská Bystrica, ISBN80-8083-330, p. 56
- [67] Duce, R. A., 1995: Sources, distribution and fluxes of mineral aerosols and their relationship to climate. In: Charlson, R. J. & Heitzenberg, J. eds: *Aerosol forcing of climate*. New York, Wiley, 43-72
- [68] Ďurža, O., Khun, M., 2001: Environmentálna geochémia niektorých ťažkých kovov. Vysokoškolské skriptá. Prírodovedecká fakulta Univerzity Komenského, Bratislava, 133 p.
- [69] Dvořák L., Gao, Y., Arimoto, R., Zhou, M. Y., Merrill, J. T., Duce, R. A., 1987: Relationship between the dust concentrations over Eastern Asia and the remote North Pacific. *J. Geophys. Res.* 97, 9867-9872
- [70] Elliot J. L., Hammel, H. B., Wasserman, L. H., Frany, O. G., McDonald, S. W., Person, M. J., Olkin, C. B., Dunham, E. W., Spencer, J. R., Stansberry, J. A., Buie, M. W., Pasachoff, J. M., Babcock, B. A., McConnochie, T. H., 1998. Global warming on Triton, *Nature* 393, 765-767
- [71] England J., Smith, R. J., Evans, D. J. A., 2000: The last glaciation of east-central Ellesmere Island Nunavut. Ice dynamics, deglacial chronology and sea level change. *Canad J. Earth Sci.* 37, 1355-1371
- [72] Entry, J. A., Rygielwicz, P. T., Emmingham, W. H., 1996: 90-Sr uptake by Pinus ponderosa and Pinus radiata seedlings inoculated with ectomycorrhizal fungi. *Environ. Pollut.* 86, 201-206
- [73] Eriksson, K. A., Simpson, E. L., 2000: Quantifying the oldest tidal record. The 3.2 Ga Moodies Group. Barberton Greenstone Belt, South Africa. *Geology* 28, 9, 831-834
- [74] Fairbridge, R. W. ed. 1967 Encyclopedia of Atmospheric Sciences and Astrogeology 67, Reinhold, New York, 438 p.
- [75] Fergusson, J. E., 1990: The heavy metals, chemistry. Environmental impact and health effect. Pergamon Press, New Zealand, 614 p.
- [76] Ferrara, R., Maserti, B. E., Ceccarini, C., Lanzillotta, E., 2001: Atmospheric mercury concentrations and emissions in mining regions. *RMZ-Materials and geoenvironment*. Vol. 48, No. 1, Ljubljana, 18-22

- [77] Ferroni, E., Magaluzzi-Valeri, V., Rovida, G., 1969: Utilisation de techniques diffractométriques dans l'étude de la conservation des fresques. In *8ème Colloque sur l'analyse de la matière*. Florence 15/19, Septembre 1969, 4 p.
- [78] Fisher, W. W., 1986: Copper Cementation in a Revolving-Drum Reactor, *A Kinetic Study*. *Hydrometallurgy* 16, 55-67
- [79] Freeze, R. A., Cherry J. A., 1979: Groundwater, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 604 p.
- [80] Fuhrer, J. 1982. Early Effects of Excess Cadmium Uptake in *Phaseolus vulgaris*. *Plant Cell Environ.* 5, 263-270
- [81] Gadd, G. M., 1996: Influence of microorganisms on the environmental fate of radionuclides. *Endeavour* 20, 150-156
- [82] Gao, Y, Arimoto, R., Zhou, M. Y., Merrill, J. T., Duce, R. A., 1992: Relationship between the dust concentrations over Eastern Asia and the remote North Pacific. *J. Geophys. Res.* 97, 9867-9872
- [83] Gibon, S., 2003 Micronutrient intakes, micronutrient status and lipid profiles among young people consuming different amounts of breakfast cereals: further analysis of data from the National Diet and Nutrition Survey of Young People aged 4 to 18 years Cambridge University Press, 6, 815-820
- [84] Glick, B. R., 2003: Phytoremediation: synergistic use of plants and bacteria to clean up the environment. *Biotechnol. Adv.* 21, 399-406
- [85] Global Environment Outlook 2000, UNEP Earthscan, London, 398 p.
- [86] Global change newsletter, 1991: New York, 7, 78-79
- [87] Goldich, S. S., 1938: A study in rock weathering. *J. Geol.* 46, 17-58
- [88] Golytsin, G., Gillette, D. A. 1993: A joint Soviet-American experiment for the study of Asian desert dust and its impact on local meteorological conditions and climate. *Atmos. Environ.* 27, 2467-2470
- [89] Gould, S., J., 1988: Pandin Palec, Praha, 200 p.
- [90] Gray, J. E., 2001: An overview of mercury transport, cycling, and environmental effects of mercury mining. *RMZ-Materials and geoenvironment*. Vol. 48, No. 1, Ljubljana, 2-7
- [91] Greenwood, N. N., Earnshaw, A., 1990: Chemie der Elemente. Würzburg, 1707 p.
- [92] Greger, M., Lindberg, S. 1986: Effects of Cd²⁺ and EDTA on young sugar beets (*Beta vulgaris*) I. Cd²⁺ uptake and sugar accumulations. *Physiol. Plant.* 66, 69-74
- [93] Gregerová A. 2002: Mikroskopie horninotvorných a technických mineralu. Vydala Prír. fak. MU Brno a Zemské museum Brno, 178 p.
- [94] Grgic, I., Hudník, V., Bizjak, M., 1993: Aqueous S (IV) oxidation – III. Catalytic effect of soot particles. *Atmos. Environ.* 27A, 1409-1416
- [95] Haghiri, F., 1973: Cd uptake by plants. *J. Environm. Qual.*, 2, 93-96
- [96] Halber, D., 2002: Pluto is undergoing global warming, researchers find. MIT News, Oct. 9. 2002, 11-12
- [97] Hanzlíček, T., Straka, P., 2003: Technologie sumerských staveb. *Vesmír*, 4, 217-222
- [98] Herguera, J. C., Berger, W. H., 1991: Paleoproductivity from benthic foraminifera abundance: Glacial to post-glacial change in the west-equatorial Pacific. *Geology* 19, 12, 1173-1176
- [99] Hering, S., Eldering, A., Seinfeld, J. H. 1997: Bimodal character of accumulation mode aerosol mass distribution in southern California. *Atmos. Environ.*, 31, 1-11
- [100] Herm, G., 1975: Die Kelten. *Econ Verl.*, Düsseldorf, 294 p.
- [101] Heusser, L. E., Sirocko, F., 1997: Millenian pulsing of environmental change in northern Californiy from the past 24 k. a.: A record of indo-Pacific ENSO events? *Geology*, 25, 3, 243-246
- [102] Hobbs, P. V. ed., 1993: Aerosol-cloud-climate interactions. S. Diego. Academic Press, 438 p.
- [103] Hoffman, P. E., Scharg, D., P. 2000: La tierra, una bola de nieve. *Investigación y ciencia* No. 282, 38-45.
- [104] Holdgate, M. W., 1979: A perspective of Environmental Pollution. Cambridge University Press. Cambridge. *Science*, 2222-2310
- [105] Hong, S., Candelone, J. P., Patterson, C. C., Bourton, C. F., 1994: Greenland ice evidence of hemispheric lead pollution two millenia ago by Greek and Roman civilization. *Science*, 265, 1841-1843
- [106] Hovmand, M. F., Tjell, J. C., Mosbaek, H., 1983: Plant uptake of airborne cadmium. *Environm. Pollut.*, 30, 27-38
- [107] Hronec, O. 1996. Ťažké kovy a ich pohyb v pôdach a rastlinách. Ťažké kovy v ekosystéme. *BIJO Slovensko, sro.*, Košice, 41-49
- [108] Husar, R. B., Whitby, K. T., 1973: Growth mechanism and size spectra of photochemical aerosols. *Environ. Sci. Technol.* 7, 241-247
- [109] Charlson, R. J., Schwartz, S. E., Hales, J. M., Cess, R. D., Coakley, J. A. Jr., Hansen, J. E., Hofmann, D. J., 1992: Climate forcing by anthropogenic aerosols. *Science* 255, 423-430
- [110] Cherian, M. G., Vostal, J. J., 1977: Toxicol Environm. *Health* 2, 945 p.
- [111] Chrapan, J., Květenký, J., 2002: Možnosti nukleárneho terorizmu. Myšlienky a fakty. Aperiodikum slovenských prírodovedcov a technikov (ISK, Senec) 7, 32-34, 50-32
- [112] Chiari, G., 1990: Chemical surface treatment and capping techniques of earthen structures a long-term evaluation. In *6th Int. Conf. On the Conservation of Eathern Architecture*. Adobe 90 preprints. Las Cruces (N. Mex.) The Getty Conservation Institute, 267-273
- [113] Christy, J. R., Spencer, R., 2006: In: Earths temperature up or down or both?. *Research and climate cycles*, 14, 2, 12-18

- [114] Christy, J. R., Spencer, Roy W., 1990: Precise Monitoring of Global Temperature trends from satellites., *Science*, 247 (4950): 1558-1562
- [115] Imai I., Siegel, S. M., 1973: A specific response to toxic cadmium levels in red kidney bean embryos. *Physical Plant*. 29, 118-120
- [116] Janouch, F., 2002: Jadrový terorizmus – aké má možnosti? SNUS bulletin 2, 6
- [117] Jenny, H., 1941: Factors of soil formation. McGraw-Hill, New York, 281 p.
- [118] Joffe, J. S., 1949: Petrology. 2nd edn. Rutgers University Press, New Brunswick, New Jersey, 662 p.
- [119] Junge, C. E., 1963: Air chemistry and radioactivity. New York, Academic Press, 432 p.
- [120] Kabata-Pendias, A. 1993: Behavioural properties of trace metals in soil. *Applied Geochemistry. Suppl. Issue No. 2*. Pergamon Press. Oxford, 3-9
- [121] Kabata-Pendias A., Pendias H., 2000: Trace Elements in Soils and Plants. CRC Press. Boca Ratón, Florida, EEUU. 432 p.
- [122] Kafka, Z., Punčochárová, J., 2002: Ťžké kovy v prírode a jejich toxicita. *Chemické listy* 96, 611-617
- [123] Kaneko, J. J., Ralston, N. V. C., 2007: Selenium and mercury in pelagic fish in the central north pacific near Hawaii, *Biol. Trace Elements Res.*, 119, 242-254
- [124] Karavasteva, M., 1996: The effect of certain surfactants on the cementation of copper by suspended zinc particles. *Hydrometallurgy* 43, 379-385
- [125] Karhu, J. A., Holland, H. D., 1996: Carbon isotopes and the rise of atmospheric oxygen. *Geology* 24, 10, 867-870
- [126] Karner, Z., 1999: Paleoclimate: A causality problem for Milankovitch. *Science*, 288, 2143
- [127] Kepler, D. A., McCleary, E. C., 1994. Successive Alkalinity-Producing Systems (SAPS) for the Treatment of Acidic Mine Drainage. p. 195-204. In *Proceedings of the International Land Reclamation and Mine Drainage Conference*, Pittsburgh, PA. April 24-29, 1994.
- [128] Kepler, H., 1999: Experimental evidence for the source of excess sulfur in explosive volcanic eruptions. *Science*, 284, 1652-1654
- [129] Khun, M., Ďurža, O., 2000: Environmentálna geochémia na prahu 21. storočia. *Mineralia Slovaca* 31, 1, 5-7
- [130] Killops, S. D., Killops, V. J., 1993: An introduction to organic geochemistry. Longman Group UK Ltd., 265 p.
- [131] Kippenhahn, R., 1993: Der Stern von dem wir leben. Dtsch. Verlangeranstalt (Stuttgart) 275 p.
- [132] Koç N., Jansen, E., 1994: Response of the high-latitude Northern Hemisphere to orbital climate forcing: Evidence from the Nordic seas. *Geology* 22, 6, 523-526
- [133] Kolář, L., 1988: Cesty k omezení vstupu těžkých kovů do zemědělské produkce. Seminař CSVTS „Cizorodé látky v půdě a v rostlině.“ Tábor, 44-49
- [134] Koeberl, C., 2000 Geowissenschaftliche Untersuchungen an Impaktkratern. PANGEO-AUSTRIA, Universität Salzburg, 94-95
- [135] Koeberl, C., 2002: Geowissenschaftliche Untersuchungen an Impaktkratern. PANGEO Austria Salzburg, June 2002, 94-95
- [136] Kola superdeep, 1998. Scientific results and research experience. Moscow, 255 p.
- [137] Kopp, R. E., Kirschvink, J. L., Hilburn, A. I., Nash, C. Z., 2005: The Paleoproterozoic snowball Earth: A climate disaster triggered by the evolution of oxygenic photosynthesis. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 102, 32, 11131-11136
- [138] Kozáč, J., 1996: Nerastné suroviny ako sorbenty kationov ťažkých a toxických kovov a základná zložka čistiacech prostriedkov. *Mineralia Slovaca, Geovestník*, 28, 6, 5-7
- [139] Kozáková, L., Škvareková, E., 2004: Likvidácia ropného znečistenia horninových štruktúr pomocou metódy sanácie enzymatickým preparátom. *Acta Montanistica Slovaca*, 9, 3, 224-228
- [140] Križani, I., Kušnierová, M., Andráš, P., Jeleň, S., 1994: Šobov Dump-Spontaneous geological-biological reactor. *Hydrometallurgy III. - Abstracts* (Košice) 50-55
- [141] Križani, I., Andráš, P., 2006. Ťažké kovy z depónií odpadov po ťažbe a úprave polymetalických rúd v prostredí neovulkanitov Štiavnických vrchov – procesy a produkty zvetrávania. *Mineralia Slovaca*, 38, 4, 283-302
- [142] Križani, I., 2007: Význam geológie v geografickom informačnom systéme. Geologický ústav Slovenskej akadémie vied, Banská Bystrica, Manuscript, 12 p.
- [143] Kump, L. R., Arthur, M. A., Paizkowsky, M. E., Gibbs, M. T., Pinkus, D. S., Sheehan, P. M., 1999: A weathering hypothesis for glaciation at high atmospheric pCO₂ during the late Ordovician. *Paleogeogr. Paleoclimatol. Paleocol.* 152, 152-187
- [144] Kušnierová M., Andráš P., Križani I., 1994: The influence of the chemical composition and the crystal structure of arsenopyrite and pyrite on the process of bacterial oxidation. *Mineralia Slovaca*, 26, 4, 272 – 276
- [145] Kušnierová, M., Fečko, P., 2001: Minerálne biotechnológie v ťažbe a úprave sulfidických ložísk. Ostrava, 120
- [146] Kürschner, N. 2001: Leaf sensor for CO₂ in deep time: How long have CO₂ and climate been linked. *Nature*, 410, 247
- [147] Kutílek, M., 1966: vodohospodářská pedologie. SNTL, Praha, 275 p.
- [148] Laciš, A. A., Mishchenko, M. I., 1995: Climate forcing, climate sensitivity, and climate response: A radiative modeling perspective on atmospheric aerosols. In: Charlson, R. J. & Heintzenberg, J. eds: *Aerosol forcing of climate*. New York, Wiley, 11-42
- [149] Ladomerský, J., Chrapan, J., 2000: Odpadové hospodárstvo – nová vodná disciplína (ISK, Senec). p. 44

- [150] Lagerwerff, J. V., 1971: Uptake of Cd, Pb and Zn by radish from soil and air. *Soil Sci.* 111, 2, 129-133
- [151] Lahaye, J., 1992: Particulate carbon from the gas phase. *Carbon* 30, 309-314
- [152] Lane, S. D., Martin, E. S., 1977: A biochemical investigation of lead uptake in *Raphanus salines*. *New Phytol.* 79, 281-286
- [153] Lánczos, T., Mejeed, S. Y., Milička, J., 1998: Environmentálna geochémia. PríF Univ. Komenského Bratislava, vysokoškolské skriptá, 120 p.
- [154] Lapin, M., 2003: Naša budúca klíma podľa scenárov klimatickej zmeny. Biometeorológia v systéme pôdohospodárskych vied, Publikácia z odborného seminára k svetovému meteorologickému dňu (23. III.) a životnému jubileu Prof. Ing. Františka Špánika, CSc. Štúdia XX, 16, 14-26
- [155] Lapin, M., Damborská, I., Gaál, L., Melo, M., 2003: Possible Precipitation Regime Change in Slovakia due to Air Pressure and Circulation Changes in the Euro-Atlantic Area until 2100, *Contributions to Geophysics and Geodesy*, 33, 3, 2003, 161-190.
- [156] Lean, F., 2001: Perspectives: Sun-climate connections: Earth's response to a variable sun. *Science*, 292, 234
- [157] Levine, J. S., 1999: The 1997 fires in Kalimantan and Sumatra, Indonesia. Gaseous and particulate emissions. *Geophys. Res. Lett.* 26, 815-818
- [158] Levy A. H., Lisensky, J. C., 1978: Crystal structure of sodium sulphatedecahydrate (Glauber's salt) and sodium tetraborate decahydrate (borax). Redetermination by neutron diffraction. *Acta Crystallogr.* B34, 3502-3510
- [159] Lichner M. a kol., 1994: Prenos rozpustených látok v pôde. Veda, Bratislava, 19 p.
- [160] Lin, Z., Puls, R. V., 2000: Adsorption, desorption and oxidation of arsenic affected by clay minerals and aging process. *Environ. Geology*, 39, 7, 753-759
- [161] Loehle, C. 2004. Climate change: detection and attribution of trends from long-term geologic data. *Ecological Modelling* 171, 433-450
- [162] Lowe, D. R., Tice, M. M., 2004: Geologic evidence for evolution of the Archean atmosphere. Goldschmidt Conference – Geochemica et Cosmochimica Acta, Copenhagen, 5. – 11. June 2004. A779
- [163] Malin, M., Edget, K. S., 2000: Evidence for Recent Groundwater Seepage and Surface Runoff on Mars. *Nature*, 288, 5475, 2330-2335
- [164] Mann, M. E., Bradley, R. S., Hughes, M. K., 1998. Global-scale temperature patterns and climate forcing over the past six centuries. *Nature*, 392, 779-787
- [165] Mann, M. E., Bradley, R. S., Hughes, M. K., 1999. Northern Hemisphere temperatures during the past millennium: inferences, uncertainties, and limitations. *Geophysical Research Letters*, 26, 759-762
- [166] Marcus, P. S., 2004: Prediction of a global climate change on Jupiter. *Nature*, 6985, 828-830
- [167] Maršák, J., 2007. Povinnosť provozovateľů těžebných činností vyplývající z Registru úniku a přenosu znečišťujících látek. Mineralní suroviny – Surovce mineralne, 3, *Metsominerals*, sro. Brno, 24-35
- [168] Masters, G. M. 1991: Introduction to Environmental Engineering and Science. Prentice Hall. Englewood Cliffs, NJ. Str.
- [169] Mason, B., 1966: Principles of geochemistry. Wiley and Son., New York, 276 p.
- [170] Maštenová, K., 1999: Padajúce hviezdy, *Quark*, aug. 1999, 16-17
- [171] Matos, J. X., Petersen, E. U., Chávez, W. X., 2003. Environmental geochemistry field course – Iberian Pyrite Belt. SEG – *Environmental Geochemistry Field Course, Iberian Pyrite Belt* 3-11 May 2003, 1-18
- [172] Matschulat, J., 2000: Arsenic in the geosphere. *Sci Total Environ.* 249, 297-312
- [173] McIntyre, S., McKittrick, R., 2003. Corrections to the Mann et. al. (1998) Proxy database and Northern Hemispheric average temperature series. *Energy & Environment*, 14, 751-771
- [174] Melicherčík, M., Melicherčíková, D., 1997: Bioorganická chémia – Chemické prvky a ľudský organizmus. Príroda, Bratislava, 188 p.
- [175] Mench, M., Tancogne, J., Gomez, A., Juste C., 1989: Cadmium bioavailability to *Nicotiana tabacum* L., *Nicotiana rustica* L. and *Zea mays* L. grown in soil amended or not amended with cadmium nitrate. *Biol. Fert. Soils.* 8, 48-53
- [176] Mészáros, E., 1999: Fundamentals of atmospheric aerosol chemistry. Budapest. Akadémiai kiadó. 276 p.
- [177] Michalík, J., 2001: Zem sa zrazila s asteroidom dvakrát. *Lidové noviny*, 24. 2. 2001, s. 8
- [178] Michalík, J., 2001a: Aj geológovia reagujú na vývoj podnebia. *Hospodársky denník*, 11.9.2001, 12
- [179] Michalík, J., 2002: Čo vieme o vývoji podnebia na Zemi? Projekt Visegrádskeho fondu Warning against abrupt climate (greenhouse) changes as followed from geological knowledge of the Earth. *Mineralia Slovaca*, 34, 2, 135-142
- [180] Michalík, J. 2002a: Pred nami je ľadová doba. *Quark*, 7, 1, 6-7
- [181] Michalsky, J. J., Pearson, E. W., LeBaron, B. A., 1990: An assessment of the impact of volcanic eruptions on the Northern Hemispheres aerosol burden during the last decade. *J. Geophys. Res.* 95, 5677-5688
- [182] Mii, H. S., Grossman, E. L. Patterson, T., Yancey, T., 1997: Stable carbon and oxygen isotope shifts in Permian seas of West Spitsbergen. Global change or diagenetic artifact? *Geology*, 25, 3, 227-230
- [183] Mojzsis, S., Arrhenius, G., McKeegan, K. D., Harrison, T. M., Nutmann, A. P., Friend, C. R., 1996: Evidence for life on Earth before 3.850 million years ago. *Nature*, Nov. 7, 384, 55-59
- [184] Moldán, B. 1977: Geochemie atmosféry. Academia, Praha, 160 p.
- [185] Molnár, Á., Mészáros, E., Bozó, L., Borbély-Kiss, I., Koltay, E., Szabó, G., 1993: Elemental composition of atmospheric aerosol particles under different conditions in Hungary. *Atmos. Environ.*, 27A, 2457-2461

- [186] Monnin, F., 2001: Atmospheric CO₂-concentrations over the last glacial termination. *Science*, 291, 112
- [187] Montgomery, C. W., 1997: Fundamentals of geology. Wm. C. Brown Publ., Illinois, 412 p.
- [188] Möller, D. 1995: Sulphate aerosols and their atmospheric precursors. In: Charlson, R. J. & Heintzberg, J., eds: *Aerosol forcing of climate*. New York, Wiley, 73-90
- [189] Mörner, N. A., Tooley M., Possnert, G., 2004: New perspectives for the future of the Maldives. *Global and Planetary Change*, 40, 1-2, 177-182
- [190] Muller, R. A., MacDonald, G. J., 1997: Simultaneous presence of orbital inclination and eccentricity in proxy climate record from Ocean Drilling Program Site 806. *Geology* 25, 1, 3-6
- [191] Mullis, G. L., Sommers, L. E., 1986: Characterization cadmium and zinc in four soils treated with sewage sludge. *J. Environm. Qual.* 15, 4, 382-387
- [192] Muscheler, R., Joos, F., Müller, S.A., Snowball, I., 2005. Climate: How unusual is today's solar activity? *Nature* 436, E3-E4.
- [193] Myers, J. S., Crowley, J. L., 2000: Vestiges of life in the oldest Greenland rocks? A review of early Archean geology in the Godthabsfjord region, and reappraisal of field evidence for: 3850 Ma life on Akilia. *Precambrian Res.* 103, 3-4, 101-24
- [194] Navrátilová, Z., Najgebauerová, A., Veselá-Samková, K., 2007. Právní rozbor pojem hlušina a jeho právní postavení. *Mineralní suroviny – Surovce Mineralne*, 3, *Metsominerals*, sro. Brno, 22-23
- [195] Novák, M., 1979: Novinky z prekambria. *Vesmír*, 72, 5, ISSN 0042-4544, 245-249
- [196] Novakov, T. 1984: The role of soot and primary oxidants in atmospheric chemistry. *Sci. Total. Environ.* 36, 1-10
- [197] Nyberg, J., Malmgren, B. A., Winter, A., Jury, M. R., Kilbourne, K. H., Quinn, T. M., 2008: Low Atlantic hurricane activity in the 1970s and 1980s compared to the past 270 years. *Nature* 447, 698-701
- [198] O'Dowd, C. D., Smith, M. H., Consterdine, J. E., Lowe, J. A., 1997: Marine aerosol, sea- salt, and the marine sulphur cycle. *Atmos. Environ.*, 31, 73-80
- [199] Odzuck, W., 1982: Umweltbelastungen: *Belastete Ökosysteme*. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, 226 p.
- [200] Pačes, T., Moldan, B., 1979: Geochemie současných přírodních procesů. *Seminář 60. výročí ÚÚG Praha*, 78 p.
- [201] Page, A. L., Bingham, F. T., Nelson, C., 1972: Cadmium absorption and growth of various plant species as influenced by solution cadmium concentration. *J. Environm. Qual.* 1, 288-291
- [202] Parrington, J. R., Zoller, W. H., Arras, N. K., 1983: Asian dust: Seasonal transport to the Hawaiian Islands. *Science*, 220, 195-197
- [203] Patterson, T., 2004: The global record and climate change. *Regulation and Reality Conference*. Toronto. 48-59
- [204] Pekárek, M. a kol., 1994: Péče o životní prostředí. MU Brno, 192 p.
- [205] Pietrzyński, A. Ed. 2006. Monografia KGHM Polska Miedź SA Wrocław: CBPN Cuprum 1195
- [206] Piotrowski, A. M., Goldstein, S. L., Hemming, S. R., Fairbanks, R. G., 2005: Temporal Relationships of Carbon Cycling and Ocean Circulation at Glacial Boundaries. *Science*, 307, 5717, 1933 - 1938
- [207] Pipiška, M., Augustín, J., 2005: Možnosti a obmedzenia využitia biologických systémov pre remediáciu pôdy kontaminovanej rádionuklidmi. *Revue Nova Biotechnologica*, 3, 2/02, 18-31
- [208] Pitter, P., 1990 Hydrochemie. STNL, Praha, 211 p.
- [209] Polański, A., Smulikowski, K., 1978: Geochémia. Slovenské pedagogické nakladateľstvo, Bratislava, 607 p.
- [210] Pósfai, M., Anderson, J. R., Buseck, P. R., Sievering, H., 1999: Soot and sulfate aerosol particles in the remote marine troposphere. *J. Geophys. Res.* 104, 21 685-21 693
- [211] Pósfai, M. & Molnár, A. 2000: Aerosol particles in the troposphere: A mineralogical introduction. In: Vaughan, D. J. & Wogelius R. A. Ed. 2000: *Environmental mineralogy*. Budapest. Eötvös L. University, Vol. 2, 197-252
- [212] Priem, H. N. A., 2000: Climate change: the human influence analysed. European Council of Skeptical Organizations (ESCO) on the occasion of the inauguration of the European Centre for Inquiry. Rossdorf, 1-9
- [213] Privetz, B. E., 2001: Phytoremediation of contaminated soil and ground water at hazardous waste sites. EPA/540/S-01/500
- [214] Prospero, J. M. 1999: Long-range transport of mineral dust in the global atmosphere: Impact of African dust on the environment of the southeastern United States. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 96, 3396-3403
- [215] Purves, D., 1979: Trace element contamination of soils from sewage sludge applications. En *Internat. Conf. Heavy Metals in the Environment. Londres*, Reino Unido, 485-488
- [216] Rajlich, P. 1991: Slabá místa deskové tektoniky. *Vesmír*, 70, 11, 610-615
- [217] Rajlich, P., 2004: Geologie mezi rozpínáním Zeměkoule a Čechami. LK TISK v.o.s. Milevsko, 356 p.
- [218] Rao P. V. V. P., Jordan, S. A., Bhatnagar, M. K., 1989: Combined nephrotoxicity of methylmercury, lead and cadmium in pekin ducks: Metallothionein, metal interaction, and histopathology. *J. Toxicol. Environm. Hlth.*, 26, 327-348
- [219] Rapp, G., 2002: Archeomineralogy, Springer Berlin, 326 p.
- [220] Rasmussen, S. E., Jørgensen, J. E., Lundtoft, B., 1996: Structure and phasetransition of Na₂SO₄. *J. Appl.* 10, 365-371
- [221] Reasoner, F., 2000: Rapid response of alpine timberline vegetation to the Younger Dryas climate oscillation in the Colorado Rocky Mountains, USA, *Geology*, 8, 51
- [222] Reasoner, M. A., Jodry, M. A., 2000: Rapid response of alpine timberline vegetation to the Younger Dryas climate oscillation in the Colorado Rocky Mountains, U.S.A. *Geology*, 28: 51-54

- [223] Reasoner, F., 2000: Rapid response of alpine tundra vegetation to the Younger Dryas climate oscillation in the Colorado Rocky Mountains, USA, *Geology*, 8, 51
- [224] Reháková, D., Michalík, J. 1999: Zafadenie severnej plogule koncom kenozoika – záhadná klimatická zmena. *Mineralia Slovaca* 5-6, 31, Geovestník 1-5
- [225] Reiche, P., 1950: A survey of weathering process and products. Univ. New Mexico Pub. In *Geology* No. 3, 95 p.
- [226] Ren, Z., Lin, Y., 2001: Global warming and its astro-causes. *Kybernetes*. 30, 4, 411-433
- [227] Ringwood, A. E., 1979: Origin of the Earth and Moon, Springer, New York, 443p.
- [228] Rose, A. W., Hawkes, H. E., Webb, J. S., 1979: Geochemistry in mineral exploration Academic press. London-New York-Toronto-Sydney-San Francisco. 657 p.
- [229] Ross, S. M., 1993: Applied environmental geochemistry. Academic Press, London, 501 p.
- [230] Ross, S. M., 1994: Retention, transformation and mobility of toxic metals in soils. In: S.M. Ross, Editor, *Toxic metals in soil-plant systems*, John Wiley and Sons, Chichester, 63–152.
- [231] Rundle, H. J., Holt, C. 1983: Heavy metals in the environment. Proceedings of an International Conference, Haidlberg, BD 1, CEP Consultants, Edinburgh, 353-357
- [232] Rusková, J., 2002: Vplyv baníckej činnosti na zdravie obyvateľov v modelovom území Špania Dolina. In: Ďurža, O., Rapant, S. Eds. *Geochémia 2002*, GÚDŠ Bratislava, s. 90
- [233] Rusková, J., 2003: Vplyv baníckej činnosti na zdravie obyvateľov v obci Špania Dolina. In: *Acta Universitatis Matthiae Belii, Séria environmentálna ekológia*, IV./V., 1, Univerzita Mateja Bela v Banskej Bystrici, Fakulta prírodných vied, s. 22
- [234] Santer, B., 2003. Influence of Satellite Data Uncertainties on the Detection of Externally-Forced Climate Change. *ScienceExpress* 10.1126/Science.1082393
- [235] Scafetta, N., Bruce J. W., 2005: Estimated solar contribution to the global surface warming using the ACRIM TSI satellite composite. *Geophysical Research Letters*, 32(L18713): 1-4
- [236] Seinfeld, J. H., Pandis, S. N., 1998: Atmospheric chemistry and physics. New York, Wiley, 238 p
- [237] Selhub, J, Morris, M. S., Jacques, P. F., 2007: Vitamin B12 deficiency, higher serum folate is associated with increased total homocysteine and methylmalonic acid concentrations. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104.
- [238] Shaviv, N. J., Veizer, J., 2003: Celestial driver of Phanerozoic climate? *Science*, VII, 1-9
- [239] Shuey, R. T., 1975: Semiconducting ore minerals. Elsevier (Amsterdam – Oxford – New York), 415 p.
- [240] Schenkel, H., Krehl, B., 1983: The concentration of some trace elements in bile of farm animals. *Analyt. Chem. Med. Biol.* 2, 263-270
- [241] Schopf, J. W., 1993: Microfossils of the Early Archean Apex chert: new evidence of the antiquity of life. *Science*, Apr. 30, 260, 640-64
- [242] Schütz L., Seibert, M. 1987: Mineral aerosols and source identification. *J. Aerosol Sci.* 18, 1-10
- [243] Singer, S. F., 2001: Letters: Global warning: An insignificant trend? *Science*, 292, 1063
- [244] Skousen, J., 2001: Passive Treatment of Acid-Mine Drainage with Vertical-Flow. Virginia cooperative extension. *Knowledge of the Common Wealth*. 2, 460-133
- [245] Sloan, I. C., 1994: Equable climates during the early Eocene: Significance of regional paleogeography for northern American climate. *Geology*, 22, 8, 881-884
- [246] Snow, T. P. 1988: The dynamic universe. West Publishing Company, St. Paul-New York-San Francisco-Los Angeles, 658 p.
- [247] Snider, J. R., Vali, G. 1994: Sulfur dioxide oxidation in winter orographic clouds. *J. Geophys. Res.* 99, 18, 713-18, 733
- [248] Solanki, S. K., Usoskin, I. G., Kromer, B., Schüssler M., Beer J., 2004: Unusual activity of the Sun during recent decades compared to the previous 11,000 years. *Nature*, 431, 1084-1087
- [249] Soon, W., Baliunas, S., 2003: Proxy climatic and environmental changes of the past 1000 years. *Climate Research* 23: 89-110
- [250] Stefanowicz, T., Osinska, M., Napieralska-Zagodzka, S., 1997: Copper recovery by the cementation method. *Hydrometallurgy* 47, 69-90
- [251] Stephens, N. P., Carroll, A. R., 1999: Salinity stratification in the Permian Phosphoria Sea. A proposed paleoceanographic model. *Geology* 27, 10, 899-902
- [252] Stewart, S., Allen, P. 2002: New impact crater near English coast. *Nature*, 1st August 2002, 5-6
- [253] Suk, M., 1999: Geologické faktory v ochrane životného prostredia. Moravské zemské muzeum, Brno, 166
- [254] Svoboda, J. 1994: Klima v Čechách v „malé době ledové.“ In: Člověk ve svém pozemském a kosmickém prostředí, 3, Hvězdárna Úpice, 150-163
- [255] Svoboda, J., 2002: Utajené dějiny podnebí. Ivo Železný, Praha 202 p.
- [256] Šottník, P. 2006: Podporné materiály pre projektové vyučovanie. Pasívne čistenie kyslých banských vôd. Zvyšovanie kvality odbornej prípravy v oblasti environmentálneho rizika odpadov ťažobného priemyslu. Európsky sociálny fond. Bratislava, 13 p.
- [257] Talmage, S. S., Walton, B. T., 1991: Small mammals as monitors of environmental contaminants. Reviews of Env. Contamination and Toxicology. Vol. 119, Springer Verl. (New York Inc.), 48-99

- [258] Taylor, J. M., 2005: Mars Is Warming, NASA Scientists Report, Environment and Climate News: Heartland Institute, 11, 14-18
- [259] Tegen, I., Lacis, A. A., Fung, I., 1996: The influence on climate forcing of mineral aerosols from disturbed soils. *Nature*, 380, 419-422
- [260] Thornton, I., 1989: The role of soil ingestion in the transfer of trace metal contaminants and essential trace elements to grazing livestock. 5. *Spurenelement-symposium "New Trace Element"*, Jena 216-222
- [261] Tölgyessy, J. a kol., 1989: Chémia, biológia a toxikológia vody a ovzdušia. SAV, Bratislava, 532 p.
- [262] Turn, S. Q., Jenkins, B. M., Chow, J. C., Pritchett, L. C., Campbell, D., Cahill, T., Whalen, S. A., 1997: Environmental characterization of particulate matter emitted from biomass burning. Wind tunnel derived source profiles for herbaceous and wood fuels. *J. Geophys. Res.*, 102, 3683-3699
- [263] Uematsu, M., Duce, R. A., Prospero, J. M., Chen, L., Merrill, J. T., McDonald, R. L., 1983: Transport of mineral aerosol from Asia over the North Pacific Ocean. *J. Geophys. Res.*, 102, 3683-3699
- [264] Uher, P., 2000: Hrozba z vesmíru. *Quark*, 6, 64-66
- [265] Usoskin, I. G., Solanki, S. K., Schüssler, M., Mursula, K., Alanko, K., 2003: A Millennium scale sunspot number reconstruction: Evidence for an unusually active sun since the 1940s. *Phys. Rev. Letters* 1, 21, 1-4
- [266] Uthe, J. F., Proctor, B. G., Chou, C. L., 1979: The distribution of cadmium chloride in pigs dosed intramuscularly for twelve weeks. *Journal of Environmental Science Health*. A14, 2, 111-115
- [267] Valenta, V., 1980: Toxické kovy a my - Cd. *Uhlíe-Rudy*, 4, 168-169
- [268] Van de Plassche, O., Van der Borg, K., de Jong, A. F. M., 1988: Sea level-climate correlation during the past 1400 years. *Geology*, 26, 4, 319-322
- [269] Vaughan, D. J., Wogelius R. A., 2000: Environmental mineralogy. Budapest. Eötvös L. University, Vol. 2, 434 p.
- [270] Veizer J., Godderis Y., Francois L. M., 2000: Evidence for decoupling of atmospheric CO₂ and global climate during the Phanerozoic eon. *Nature*. 2000 Dec 7;408(6813):698-701
- [271] Virčíková, E., Pálffy, P., 1997: Prehľad technológií zneškodňovania nebezpečných odpadov s obsahom arzénu, kadmia a ortuti. Aktuálne ekologické otázky E 97, *Nebezpečné odpady*. BIJO Slovensko, Košice 25. 3. 1997. 87-103
- [272] Volbel, M. A., 1993: Temperature dependance of silicate weathering in nature: How strong a negative feedback on long-term accumulation of atmospheric CO₂ and global greenhouse warming? *Geology*, 21, 10, 1059-1062
- [273] Von Storch, H., 2004: Reconstructing past climate from noisy data. *Science*, 306, 679-682
- [274] Wagoner, R. V., 1973: Big-bang nucleosynthesis revisited. *Atmosphys. Journale*, 179, Chicago, 343-360
- [275] Wallschläger, D., Stadey, C. J., 2004: Arsenic geochemistry in reducing environments – influence of arsenic-sulphide interaction on mobility. Fate of arsenic, antimony and similar elements in the environment. *Goldschmidt 2004*, Copenhagen. A513
- [276] Ward, N. I., Brooks, R. R., Roberts E., 1977: Heavy-metal pollution from automotive emissions and its effect on roadside soils and pasture species in New Zealand. *Environment. Sci. Technol.* 11, 917-920
- [277] Warneck, P. 1988: Chemistry of the natural atmosphere. San Diego. Academic Press, 332-351
- [278] Weigel, H. J., Jäger, H. J., 1980: Subcellular distribution and chemical form of Cd in bean plants. *Plant Physiol.* 119, 179-189
- [279] Whitby, K. T., 1978: The physical characteristics of sulfur aerosols. *Atmos. Environ.*, 12, 135-159
- [280] Wieder, R. K., Lang, G. E., 1982: Modification of Acid Mine Drainage in a Freshwater Wetland. pp. 43-53. *Proceedings of the Symposium on Wetlands of the Unglaciated Appalachian Region*. Morgantown, WV, 78-83
- [281] Wienheimer A. L., Kennet J. P., Cayan, D. R., 1999: Recent increase in surface – water stability during warming of California as recorded in marine sediments. *Geology*, 27, 11, 1019-1022
- [282] Wild, A., 1993: Soil and the environment. Cambridge University Press, Cambridge, 287 p
- [283] Williams, T. M., Kastelein, R. A., Davis, R. W., Thomas, J. A., 1988: The effects of oil contamination and cleaning on sea otters (*Enhydra lutris*). I. Thermoregulatory implications based on pelt studies. *Canadian Journal of Zoology*, 66, 2776-2781

ADRESA AUTORA

Peter ANDRÁŠ, prof. RNDr., CSc.

♦ Geologický ústav Slovenskej akadémie vied, Ďumbierska 1, 974 01 Banská Bystrica, Slovenská republika; andras@savbb.sk
♦ Fakulta prírodných vied, Univerzita Mateja Bela, Tajovského 40, 974 01 Banská Bystrica, Slovenská republika

RECENZENT

Vojtech KOLLÁR, prof. Ing., PhD.

Vysoká škola ekonómie a manažmentu verejnej správy v Bratislave, Ústav verejnej správy, Katedra bezpečnostného manažmentu, Furdekova 16, 851 04 Bratislava 5, Slovenská republika