

**KOMISE PRO ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ
AKADEMIE VĚD ČR
Kancelář Akademie věd ČR, Národní 3, 110 00 Praha 1**

Stanovisko Komise pro životní prostředí Akademie věd ČR k diskusi o klimatických změnách

Dokument byl vytvořen na základě prezentací v rámci semináře Komise „Globální změna klimatu: vědecké poznatky“, který se konal 16. 4.2007, zprávy IPCC a s využitím materiálu Fakta o globální změně klimatu na internetových stránkách ČHMÚ.

1. Úvod

- 1.1. Vydání Čtvrté hodnotící zprávy Mezivládního panelu pro změny klimatu a tzv. Sternovy zprávy i další okolnosti vyvolaly rozsáhlou diskusi o vlivu klimatických změn na rozvoj lidské společnosti. Diskuse neprobíhá jen v odborných časopisech, ale i na stranách deníků a v televizních pořadech. Bohužel, řada příspěvků trpí značnou neinformovaností. Četná jsou základní neporozumění, dílčí omyly, a dokonce dezinterpretace zjištěných fakt. Proto jsme se rozhodli v tomto stanovisku shrnout základní znalosti tak, jak vyplývají z práce českých klimatologů i tisíců našich kolegů v zahraničí.
- 1.2. Na přípravě předkládaného stanoviska se podíleli odborníci z univerzit, Akademie věd ČR a Českého hydrometeorologického ústavu. Základem k jeho formulaci byly přednášky a diskuse vedené na semináři *Globální změna klimatu: vědecké poznatky*, který v dubnu 2007 uspořádala Komise pro životní prostředí AV ČR. Bohatě jsme také využili podrobné *Čtvrté hodnotící zprávy Mezivládního panelu pro změny klimatu*, která sumarizuje výsledky klimatologické vědy za posledních šest let.

2. Klima

- 2.1. Klima a jeho stabilita dlouhodobě ovlivňují náš život a ekonomiku. Extrémní klimatické události, například povodně, mají velké hospodářské důsledky.
- 2.2. Klima (podnebí) není počasí. Počasí je okamžitý stav atmosféry nad daným místem. Mění se z hodiny na hodinu, ze dne na den, sezonu od sezony, rok od roku. Klima je dlouhodobý charakteristický režim počasí podmíněný bilancí energie, atmosférickou a oceánskou cirkulací, vlastnostmi zemského povrchu, činností člověka. Na vytváření zemského klimatu se tedy nepodílí pouze atmosféra, ale i procesy v oceánech, na pevninách, v ledovcích a v biosféře. Zjednodušeně lze říci, že klima je „průměrné počasí“ za několik desetiletí.

3. Základní fakta

- 3.1. Klimatický systém se skládá z atmosféry, oceánů, ledovců, litosféry a biosféry. Je velmi složitý, nelineární a chaotický. Probíhá v něm obrovské množství fyzikálních i chemických procesů, které jsou propojeny kladnými i zápornými zpětnými vazbami. V

důsledku kladných zpětných vazeb vzrůstá nestabilita klimatického systému, záporné zpětné vazby stabilitu naopak zvyšují. I nepatrný zásah do systému může proto vyvolat řetězovou reakci a přerůst do daleko větších rozměrů.

- 3.2. Klima se přirozeně měnilo, mění a měnit bude. Základní důvody těchto změn jsou většinou známy. Ovlivňují je astronomické i další přírodní faktory, například změny dráhy, po které Země obíhá kolem Slunce, nebo výkyvy sluneční aktivity. Proto se střídají doby ledové a meziledové, proto během nich dochází k menším změnám.
- 3.3. Mezi faktory, které klima ovlivňují, patří také tzv. skleníkové plyny (viz 3.4) v atmosféře. Mají schopnost zadržovat teplo a vyzařovat je zpět k zemskému povrchu. Obecně platí, že vyšší koncentrace skleníkových plynů zvyšuje průměrnou globální teplotu. Vyplyvá to z jejich fyzikálních vlastností, které jsou dobře známy a prozkoumány od poloviny devatenáctého století.

Skleníkových plynů je celá řada. Mezi nejdůležitější patří vodní pára, oxid uhličitý (CO_2), metan (CH_4), oxid dusný (N_2O). Tyto plyny se vyskytují v atmosféře přirozeně, ale jejich koncentrace může vzrůstat i následkem lidské činnosti. Kromě toho se do ovzduší dostávají i plyny uměle syntetizované – připravené člověkem. Patří sem např. tzv. freony (chlorované a fluorované uhlovodíky a některé další, například SF_6).

4. Koncentrace skleníkových plynů

- 4.1. K produkci skleníkových plynů přirozeně dochází při různých biologických a geologických procesech (například dýchání rostlin a živočichů, vulkanická činnost, odpařování vody). Takové jevy jsou součástí přírodního koloběhu uhlíku, vody aj. Oxid uhličitý nebo vodní pára jsou do vzduchu vypouštěny a opět z něj odstraňovány.
- 4.2. Koncentrace některých skleníkových plynů v atmosféře se vlivem lidské činnosti zvyšuje a způsobuje zvyšování globální teploty. Některé další lidské vlivy mají ale opačný účinek. Patří sem především průmyslové emise aerosolů.
- 4.3. Nejdůležitějším z přibývajících skleníkových plynů je oxid uhličitý. Hlavním zdrojem je spalování fosilních paliv, například výroba elektrické a tepelné energie nebo doprava. Dále k přibývání skleníkových plynů ve vzduchu přispívá výroba vápna, některé průmyslové technologie, spalování nebo skládkování odpadů, trávicí procesy hospodářského skotu, pěstování rýže, vypalování lesů aj.
- 4.4. Koncentrace CO_2 , CH_4 a N_2O v předindustriální době vykazovala jen malé změny. Asi od roku 1750 výrazně roste v důsledku činnosti člověka a dnes výrazně převyšuje předindustriální hodnoty.
- 4.5. Problém související s růstem globální teploty vzniká tedy až při narušení přirozených koloběhů člověkem. Lidská činnost ročně přidává do atmosféry asi 5,4 miliardy tun uhlíku, který byl doposud uložen v geologických vrstvách (fosilní paliva, vápenec) a nebyl tedy součástí přírodního koloběhu, a 1,7 miliardy tun vlivem změny využití půdy (například úbytek lesů v důsledku vypalování). Antropogenní příspěvek CO_2 celkově rychle stoupá, pro rok 2006 je vypočten už na 8 miliard tun. Část z toho je pohlcena do

půdy a oceánů. Čistý přírůstek atmosférického uhlíku činí přibližně 3,3 miliardy tun ročně.

- 4.6. **Koncentrace CO₂ a CH₄ v atmosféře výrazně převyšují přirozené hladiny za posledních cca 650 000 let.**
- 4.7. **Mezi faktory, které klima ovlivňují, patří také koncentrace skleníkových plynů (viz 3.4) v atmosféře. Obecně platí, že vyšší koncentrace skleníkových plynů zvyšuje průměrnou globální teplotu. Vyplývá to z jejich fyzikálních vlastností, které jsou dobře známy a prozkoumány od poloviny devatenáctého století.**

5. Modely změn klimatu

- 5.1. **Změny klimatu, ke kterým dojde vlivem určitého zvýšení koncentrace skleníkových plynů (na pozadí přirozené variability), lze do určité míry předpovídat.**
- 5.2. **K predikcím slouží tzv. globální klimatické modely (GCM). V mnoha ohledech jsou analogií numerických modelů používaných v předpovědi počasí. Počítačový GCM je vlastně matematickým popisem dějů, které v klimatickém systému probíhají. Zahrnuje nejružnější fenomény ovlivňující klima, chemické a fyzikální procesy, které probíhají v atmosféře, oceánech a kryosféře (ledovcích).**
- 5.3. **Modely se řeší na síti uzlových bodů, u současných modelů jejich vzdálenost představuje asi 200–300 kilometrů horizontálně, zatímco vertikálně dělí atmosféru obvykle do 30 rovin. Model tak rozlišuje pevniny a oceány i charakter zemského povrchu. Menší detaily jsou pod jeho rozlišovací schopností. Proto jsou modely schopny zachytit základní rysy klimatu na velkých územích. V současné době vznikají také regionální klimatické modely.**
- 5.4. **Modely se přirozeně verifikují. Ověřování využívá běhu modelů s historickými daty a srovnání závěrů se skutečnými výsledky měření.**
- 5.5. **Nejistota projekcí budoucích změn klimatu vyplývá především z neznalosti budoucího vývoje emisí skleníkových plynů (a aerosolů, které klima naopak ochlazuje). Proto modelové projekce pracují s vybranými scénáři emisí se širokým rozpětím: nízké nebo vysoké emise. U každého modelu se výpočty provedou s více scénáři. K odhadu neurčitostí spojených s přirozenou variabilitou klimatického systému se používá řada opakovaných simulací vycházejících z různých počátečních podmínek.**
- 5.6. **Nejistoty v odezvě klimatického systému na předpokládanou poruchu (například dané množství emisí) se dále posuzují pomocí rozptylu modelových projekcí. Pro jeden vybraný scénář se projekce spočte více klimatickými modely.**
- 5.7. **Výsledkem modelu je projekce budoucího klimatu: odezva klimatického systému na určitý objem emisí počítaná klimatickým modelem. Z ní lze odvodit scénář změny klimatu, například průměrný rozdíl mezi historickými výsledky modelu pro období 1961–1990 a budoucím modelovým klimatem v období 2061–2090.**

5.8. Scénáře nejsou předpovědí klimatu. Klima nelze s jistotou předvídat, protože závisí na faktorech, které nemůžeme předem znát, především na velikosti emisí (a také na přirozené variabilitě). Scénáře proto popisují očekávatelné stavy klimatu v budoucnosti, které za daných okolností (například při dané velikosti emisí) pravděpodobně nastanou.

6. Projekce změn klimatu

6.1. Důležitou hodnotou je velikost tzv. klimatické senzitivity, tj. změna teploty, ke které dojde při zvýšení koncentrace oxidu uhličitého z hodnoty 280 ppm (stav v předindustriálním období) na hodnotu 560 ppm (dvojnásobek). Při současných trendech emisí na takovou hodnotu stoupne během druhé poloviny 21. století.

6.2. Podle IPCC modely ukazují, že za takových okolností by s větší než dvoutřetinovou pravděpodobností došlo ke zvýšení teploty v intervalu 2–4,5 °C (nejpravděpodobnější výsledek je asi 3 °C). S devadesátiprocentní pravděpodobností je výsledek vyšší než 1,5 °C.

6.3. Modelové projekce ukazují, že klimatické změny mohou být v budoucnu velmi výrazné. Jejich charakter a síla přitom budou záležet na budoucím vývoji emisí a koncentrací skleníkových plynů a aerosolů v atmosféře.

6.4. Pro scénář s vysokými emisemi (scénář A1F1) se podle projekcí zvýšení teploty do konce 21. století (oproti stavu z let 1980–1999) bude s větší než dvoutřetinovou pravděpodobností nacházet v intervalu 2,4–6,4 °C. Nejpravděpodobnější výsledek činí 4 °C.

6.5. Naproti tomu scénář s aktivním, energickým postupem snižování emisí (scénář B1) by limitoval růst teplot tak, že zvýšení se s větší než dvoutřetinovou pravděpodobností bude nacházet v intervalu 1,1–2,9 °C (nejpravděpodobněji 1,8 °C). Rozdíl mezi scénáři (nebo modely) nastává v dlouhodobějších projekcích, tedy významný vliv velikosti emisí se projeví až za několik desetiletí.

6.6. Největší oteplení podle modelů nastane nad pevninou a v nejvyšších zeměpisných šířkách severní polokoule (tj. vysoko na severu). Nejmenší oteplení by nastalo v okolí Antarktidy a v části severního Atlantiku.

6.7. Zvýšení o několik stupňů Celsia je poměrně významné. Výrazně převyšuje výkyvy teplot, ke kterým docházelo minimálně v posledním tisíciletí.

7. Dopady projektovaných změn klimatu

7.1. Zvýšení teplot se projeví i dalšími změnami. Velmi pravděpodobné je zvýšení srážek ve vysokých zeměpisných šířkách. Pravděpodobný je pokles srážek v subtropických oblastech nad pevninou.

7.2. Je velmi pravděpodobné, že se zvýší frekvence extrémně vysokých teplot a vln horka. Extrémní srážkové jevy budou čtenější a silnější.

7.3. Pravděpodobně budou intenzivnější (silnější) tropické cyklony (tedy hurikány a tajfuny).

- 7.4. Pro scénář s vysokými emisemi projekce očekávají zvýšení mořské hladiny během 21. století o několik desítek centimetrů. V rozporu s populárními představami bude hlavní příčinou tohoto jevu tepelná roztažnost vody, tání polárních ledovců nicméně k tomuto vývoji podstatně přispěje.
- 7.5. Přetrvávající teploty vyšší než v předindustriálním období mohou v dalších staletích vést k významnému odtávání Grónského ledovce. To by mělo za následek růst hladiny až o sedm metrů.
- 7.6. Zvyšující se hladinou moří budou kvůli hustému osídlení na pobřežích ohroženy stovky milionů lidí. Další jevy, jako jsou tropické bouře, ještě zvyšují riziko.
- 7.7. Suchem ohrožené oblasti se zvětší. Množství vody se zmenší především ve středních zeměpisných šířkách a suchých tropech. Naopak přibude ve vyšších šířkách a některých tropických oblastech. Množství vody v horských ledovcích se zmenší, což bude mít za následek redukcí říčních toků v oblastech, které zásobuje odtok z horských ledovců, v letním a podzimním období.
- 7.8. **Zemědělský výnos ve vyšších zeměpisných šířkách se při zvýšení průměrné globální teploty o 1–3 °C zvětší, po překročení třístupňové hranice začne klesat i tam. V suchých tropech začnou výnosy klesat už při menším zvýšení teploty. Zemědělskou produkci sníží také čtenější záplavy a suchá období.**
- 7.9. Projektované změny ovlivní zdravotní stav milionů lidí, zejména s malou adaptační schopností. Lze očekávat rozšíření infekčních nemocí vázaných na tropické oblasti. Díky častějším extrémním jevům (horké vlny, záplavy, sucha) dojde ke zvýšení nemocnosti z vody. Jen někde dojde k menší úmrtnosti s ohledem na menší riziko podchlazení.
- 7.10. **Při zvýšení průměrné globální teploty o 1,5–2,5 °C ohrožuje nevratné vymření zhruba 20–30 % druhů rostlin a živočichů.**
- 7.11. Podle některých projekcí by mohlo na konci 21. století docházet koncem léta prakticky ke kompletnímu odtávání arktického mořského ledu.

8. Historický vývoj klimatu a paleoklimatický pohled

- 8.1. Projekce klimatických změn jsou založeny na fyzikálních vlastnostech skleníkových plynů. Nevycházejí tedy z pozorování dosavadního vývoje klimatu. Ovšem dosavadní trend je podporuje.
- 8.2. Zvyšování střední hodnoty klimatického systému je nepochybné. Je to zřejmé z pozorovaného růstu globálních průměrných teplot a teploty povrchu oceánu, z výrazného odtávání sněhové a ledové pokrývky a z rostoucí úrovně hladiny oceánu.
- 8.3. Globální průměrná teplota vzduchu se zvyšuje. Nejteplejších 12 let od začátku měření jsou roky: 1990, 1995, 1997, 1998, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006.
- 8.4. Byly pozorovány změny výskytu extrémních teplot a jsou častější teplé vlny.

- 8.5. **Průměrná plocha arktického mořského ledu v letním období klesá o 7 % za desetiletí, roční průměrná plocha asi o 3 % za desetiletí.**
- 8.6. Významný je růst srážek ve východní části Severní a Jižní Ameriky, v severní Evropě a severní a střední Asii. Vysychají oblasti Sahelu, pásma kolem Středozemního moře, rozsáhlé části jižní Afriky a některé oblasti jižní Asie. Pokles srážek v tropech a subtropích je zesilován zvýšením teploty. Období sucha mají větší intenzitu a jsou delší, což platí hlavně o tropech a subtropích. Zvýšila se četnost výskytu intenzivních srážek nad většinou pevninských oblastí.
- 8.7. Od roku cca 1970 jsou doklady o větší aktivitě tropických cyklonů (hurikánů) v severním Atlantiku. Zřetelný nárůst je zaznamenán po roce 1994. Trend koreluje s růstem teploty povrchu oceánů.
- 8.8. U některých charakteristik klimatu, jako jsou tornáda, prachové bouře, kroupy, bleskové výboje a antarktická ledová pokrývka nebyly pozorovány změny.
- 8.9. Paleoklimatologické informace potvrzují, že oteplení v posledních 50 letech je neobvyklé v rámci nejméně posledních 1300 let. Polární oblasti byly dlouhodobě zřetelně teplejší než dnes, naposledy před 125 000 lety. Redukce objemu polárního ledu způsobila zvýšení hladiny oceánů asi o 4 až 6 metrů oproti dnešnímu stavu.
- 8.10. Pozorované oteplení je krajně nepravděpodobné bez změny vnějších podmínek klimatu (tzn. do klimatu muselo zasáhnout něco vně systému). **Je velmi nepravděpodobné, že jde jen o důsledek přirozených procesů. Pozorované změny jsou ve významném statistickém souladu s očekávanou reakcí na změny vnějších podmínek, ke kterým doposud došlo, včetně vyšší koncentrace skleníkových plynů. Naproti tomu poznatky nepotvrzují shodu s vývojem hodnot u faktorů, které by se nabízely jako alternativní příčiny (výkyvy slunečního záření, sopečná aktivita).**
- 8.11. Podle IPCC většina pozorovaného zvýšení globálních průměrných teplot od poloviny 20. století je velmi pravděpodobně (s pravděpodobností vyšší než 90 %) důsledkem nárůstu koncentrací skleníkových plynů. Jinými slovy, emise jsou velmi pravděpodobně hlavní příčinou dosavadního oteplování. Lidské vlivy jsou rozpoznatelné i u dalších aspektů klimatu, včetně ohřevu oceánů, průměrných teplot nad kontinenty, teplotních extrémů a pole větru.
- 8.12. Pozorované trendy oteplování spadají do intervalu dřívějších projekcí IPCC.
9. Reakce na problém
- 9.1. Změnám klimatu způsobeným zvyšováním koncentrací skleníkových plynů lze nepochybně do velké míry předejít snížením emisí. Lze toho dosáhnout změnou zdrojů energie, snížením energetické náročnosti (vyšší efektivností) a pomocí dalších opatření v průmyslu, dopravě, zemědělství a jiných odvětvích. IPCC (Pracovní skupina 3) ve své zprávě podrobně dokumentuje možná opatření a velikost snížení emisí, kterých lze jimi dosáhnout do roku 2030.
- 9.2. V kumulativních emisích CO₂ z energetiky za roky 1950–2000 je ČR na jednadvacátém místě na světě. Relativní emise (na jednoho obyvatele nebo na jednotku HDP) jsou zde

poměrně vysoké. V emisích CO₂ na jednoho obyvatele zaujímá ČR patnácté místo na světě.

- 9.3. **Emise skleníkových plynů v České republice významně (asi o čtvrtinu) klesly v první polovině 90. let. Od té doby jsou prakticky stabilní.**
- 9.4. **Ani energické snižování emisí nezabrání změnám klimatu úplně. Vždy bude existovat přirozená variabilita klimatického systému, se kterou lidstvo musí počítat. Některým změnám klimatu se už nelze vyhnout, protože k významnému zvýšení koncentrace skleníkových plynů už došlo (viz 6.5).**
- 9.5. **Velmi důležitou součástí reakce musejí být aktivní adaptační opatření. Pomohou vyrovnat se s těmi změnami klimatu, kterým nelze předejít. Někdy také mohou být levnější než snižování emisí. Patří mezi ně například změny v zaměření zemědělské produkce na plodiny lépe odolávající suchu a teplu, přizpůsobení se častějším povodním, zejména omezení výstavby a zemědělské produkce v záplavových zónách či vytváření mokřadů a přirozeného prostoru pro rozlivy v říčních nivách a na pobřežích. Významné jsou rovněž investice do výstražných a záchranných systémů.**
- 9.6. **Na mnohé důsledky změn klimatu ovšem nebude možné se plně adaptovat. Obecně platí, že možnosti adaptace jsou větší v zemích s relativně menšími dopady změn klimatu, s menší rolí zemědělství v ekonomice a zemích bohatších. Česká republika odpovídá všem třem kritériím. Naproti tomu možnosti adaptace jsou velmi omezené v zemích chudých, zemědělských a více zasažených klimatickými změnami (například Sahel a Afrika obecně nebo Indie). Tyto země budou při nepříznivém vývoji situace potřebovat pomoc rozvinutých zemí, které se na dosavadních trendech růstu koncentrace skleníkových plynů podílely zatím největší měrou.**
- 9.7. **Klimatologická věda může dodat odborné podklady pro rozhodování. Není ovšem oprávněna rozhodnout, co udělat a co je přijatelné. Tato odpovědnost leží na společnosti, její politické reprezentaci a státním aparátu. Nejsme také kompetentní posuzovat, jaké technologie jsou vhodné nebo jaká opatření se vyplatí. V této věci spoléháme na expertní posouzení specialistů v technických a ekonomických oborech.**