

Vývoj klimatu na Zemi z pohledu klimatologa

Doc. RNDr. Jaroslava Kalvová, CSc.

Klima na naší planetě se během její dlouhé historie měnilo, dlouhá teplá období, kdy pravděpodobně neexistovaly polární ledové čepice, byla čas od času střídána studenými obdobími s mohutnými pevninskými zaledněními. Nejpodrobnější informace máme pochopitelně o zaledněních odehrávajících se během posledních 2 mil let, kdy se vystřídalo více než 50 dob ledových, zejména pak o poslední době ledové. Na jejím vrcholu mořský led zasahoval v zimě hluboko do mírných zeměpisných šířek a např. Kanadu, sever USA, severní Evropu a části Euroasie pokrývaly ledové štíty o mocnosti více než 2 km. Informace z ledovcových vrtů prováděných v Grónsku a Antarktidě poskytují varování, že klima na naší planetě se může měnit relativně rychle, např. oteplení o 5-10 °C se mohlo odehrát během několika desítek let. I přechod k teplejšímu klimatu holocénu probíhal dramaticky, po náhlých otepleních následoval několikrát opět návrat k podmínkám ledovým. Klima posledních 10 tisíc let je z pohledu předchozích tisíciletí velmi klidné.

V minulosti Země se změny klimatu odehrávaly na planetě s velmi proměnlivým povrchem, kontinenty se spojovaly a opět rozpadaly, měnila se jejich poloha vzhledem ke světovým pólům, složení atmosféry bylo značně odlišné od současného, Země procházela etapami horotvorné činnosti i bouřlivé vulkanické činnosti. Změny charakteru zemského povrchu, složení atmosféry, stavu světového oceánu, probíhající v současnosti často v důsledku lidské činnosti, nejsou tak drastické. To svádí k domněnkám, že tyto zásahy člověka do klimatického systému se nemohou na klimatu projevit.

Chceme-li pochopit procesy, které spolupůsobí při vytváření klimatu, musíme studovat nejen atmosféru, ale i děje odehrávající se ve světovém oceánu, kryosféře, na pevném zemském povrchu i v biosféře. Pro souhrn těchto složek se vžil název klimatický systém. V klimatickém systému probíhá mnoho fyzikálních a chemických procesů různých prostorových, časových a energetických měřítek, od atmosférické cirkulace zasahující tisíce km (pasáty, monzuny) po mikrofyzikální děje jako je vznik, narůstání a vypadávání oblačných kapiček. Řada procesů je spolu vzájemně propojena, často komplexními zpětnými vazbami. V důsledku kladných zpětných vazeb se pak výchyly (anomálie) způsobené určitou počáteční poruchou zesilují (roste nestabilita systému), záporné zpětné vazby výchyly zeslabují (stabilita se zvyšuje). Odezva na stejné působení (forcing) může tak probíhat různě, může být zesílena, zeslabena, systém nemusí určitou dobu reagovat a pak může náhle přeskóčit do jiného klimatického stavu. Klimatický systém je nelineární a proto výsledné působení různých faktorů nelze získat jako prostou superpozici dílčích reakcí klimatického systému.

Změna klimatu může být vyvolána řadou faktorů, působících na klimatický systém z okolního prostoru i velkým množstvím činitelů působících uvnitř samotného klimatického systému, včetně vlivu lidské činnosti. Mezi tzv. vnější příčiny patří především změny množství energie, kterou Slunce vyzařuje, změny parametrů oběžné dráhy Země kolem Slunce, dopady meteoritů a úlomků komet. Uvnitř klimatického systému může jít o jakoukoliv změnu v jeho složkách, která bude dostatečně výrazná nebo zpětnými vazbami dostatečně zesílená. Jak rozhodnout, zda určitý zásah do klimatického systému může vyvolat vážnou odezvu?

Ke studiu klimatického systému a antropogenních vlivů na klima se v současné době používají především třírozměrné globální klimatické modely (GCM), což je, stručně řečeno, matematická reprezentace fyzikálních a chemických dějů probíhajících v klimatickém systému Země, počítaná pro celou planetu. Globální klimatické modely byly odvozeny od numerických předpovědních modelů používaných k předpovědi počasí. Stejně jako ony vycházejí ze základních zákonů zachování hmoty, energie a hybnosti - rovnice popisující tyto zákony tvoří tzv. dynamické jádro modelů. Vedle dynamického jádra obsahují GCM celou řadu „bloků“, které reprezentují fyzikální a chemické procesy malých měřítek, v atmosféře např. procesy rozptylu, pohlcení a transmise slunečního a dlouhovlnného záření zemského povrchu a atmosféry, vznik oblačnosti a vypadávání srážek, šíření tepla do půdy,

hydrologický cyklus, výměnu hybnosti a energie mezi atmosférou a povrchem oceánů, šíření tepla do hlubin oceánů a další. Řešení modelové soustavy rovnic je numerické, výstupy se udávají v síti uzlových bodů vzdálených u GCM až několik stovek km. V posledních deseti letech se značně rozvinulo regionální modelování, kdy se do globálních klimatických modelů vnořují na vymezené menší oblasti (např. střední Evropy) regionální modely (RCM) s horizontálním rozlišením 25 až 10 km, které mohou postihovat daleko větší detaily zemského povrchu (orografie, pokrytí vegetací, půdní vlhkost aj.) i atmosféry (např. podrobnější reprezentace lokální cirkulace).

Pro odhady vlivu lidské činnosti na klima máme dnes k dispozici celou škálu GCM i RCM. Při jejich interpretaci musíme vzít v úvahu několik skutečností. Modelové simulace s rostoucí koncentrací skleníkových plynů a aerosolů neposkytují předpověď budoucího vývoje, ale tzv. scénář. Ukazují přijatelné alternativní stavy klimatu v budoucnosti, které mohou za předpokládaných okolností nastat. Jedná se tedy o odpověď na otázku, co se může stát, když na systém budou působit určitým „tlakem“. Časový faktor je dán časovým vývojem emisí skleníkových plynů a aerosolů, což v sobě nese představy o budoucím vývoji ekonomiky, růstu počtu obyvatel, struktury využívaných zdrojů energie, atd. S výstupy klimatických modelů je spojena celá řada neurčitostí, souvisejících zejména se scénáři budoucího vývoje emisí skleníkových plynů a aerosolů, se strukturou klimatických modelů (např. použité numerické metody, fyzikální parametrizace), s počátečními a okrajovými podmínkami. Scénáře se tedy odvozují na základě výstupů celé množiny klimatických modelů.

Na základě současného stavu klimatického modelování nelze hypotézu, že skleníkové plyny uvolňované člověkem do atmosféry mohou mít za následek změnu klimatu, zamítnout. Výstupy modelů ukazují na riziko zásahů do klimatického systému, podobně jako např. lékařské výzkumy upozorňují na riziko kouření na zdraví obyvatel.