

# Současná realita globální změny klimatu

RNDr. Jan Pretel, CSc.,  
vedoucí oddělení klimatické změny,  
Český hydrometeorologický ústav

**Z**dá se, že změny již nejsou spjaty pouze s vnějšími vlivy, které se uplatňovaly v minulosti. Přispívá k nim i rychlý technologický rozvoj, na kterém se podílí člověk. Dochází k nárůstu spotřeby energie, ke změnám způsobů využívání krajiny a rychlý populační nárůst potřeby dalšího rozvoje a energetické nároky jenom zvyšuje. Celosvětová spotřeba primárních energetických zdrojů se za posledních 30 let zvýšila o více než 80 % a z 80 % se na ní stále podílí fosilní uhlíkatá paliva (ropa, uhlí, zemní plyn). Narůstající emise oxidu uhličitého do atmosféry jsou příčinně spojovány s celkovým oteplováním planety a se změnami globálního zemského klimatu. Podívejme se proto, jak to vlastně ve skutečnosti je, jaká jsou pravděpodobná rizika a jak je jim možno předcházet nebo je alespoň zmírňovat.

## KLIMATICKÝ SYSTÉM

Klimatický systém je složitý nelineární systém, ve kterém jsou probíhající procesy vzájemně propojeny spletitými vazbami. Skládá se totiž nejenom z atmosféry, ale i z oceánů, litosféry, kryosféry a biosféry a navíc si se svým kosmickým okolím vzájemně vyměňují energii a hmotu. Jakýkoliv, byť i nepatrný zásah do systému může proto vyvolat řetězovou reakci a přerůst do velkých rozměrů.

Zjednodušeně si lze tento systém představit jako obrovský „tepelný motor“, řízený působením krátkovlnného slunečního záření. Aby nedocházelo k narušení energetické rovnováhy systému, musí být celkové množství energie přicházejícího záření vykompenzováno energií vyzářenou dlouhovlnným zářením zpět do vnějšího prostoru. Stav rovnováhy by odpovídala teplota zemského povrchu přibližně o 33 °C nižší, než ve skutečnosti je. Tento rozdíl je vyrovnáván skleníkovým efektem atmosféry, což je zároveň důkazem, že atmosféra přirozené množství skleníkových plynů, včetně vodní páry, skutečně obsahuje. Výsledná energie formuje atmosférické a oceánické proudění a následně ovlivňuje výpar a srážkové procesy. Logické tedy je, že základní příčinou změn počasí a následně klimatu

**Atmosféra obklopující naši planetu je prostředím, ve kterém se odehrává veškerý život. První satelitní snímky z konce šedesátých let minulého století začaly ale naznačovat, že planeta jako celek prochází jistými změnami. Ty však v současnosti již velmi pravděpodobně překonávají změny, které probíhaly doposud a pokračování tohoto trendu nelze vyloučit ani do budoucna.**

jsou právě změny energetické bilance systému, tedy množství dopadajícího krátkovlnného a odcházejícího dlouhovlnného záření.

## KLIMA V MINULOSTI

Ke změnám energetické bilance klimatického systému docházelo i v minulosti. Byť máme k dispozici nepřímé důkazy (proxy data), víme, že změny byly krátkodobé i dlouhodobé, regionální i globální. Teplota obvykle kolísala s periodou přibližně 120 až 140 tisíc let. Nejnížší teploty se vázaly k dobám ledovým (byly pravděpodobně o 8 až 10 °C nižší než dnes), nejvyšší k dobám meziledovým (ještě o 3 až 4 °C vyšší než hodnoty současné). Víme také, že se planeta oteplovala téměř vždy výrazně rychleji, než se následně ochlazovala. Většina hypotéz se shoduje na tom, že jejich prvotní příčinou byly změny orbitálních charakteristik planety, které mohly energetickou bilanci systému výrazně ovlivnit, stejně jako změny v rozložení pevnin a oceánů.

V posledním tisíciletí docházelo pouze k drobným výkyvům teploty – Ve 14. století se objevily první příznaky ochlazení a v 15. až 17. století se ochladilo na celá desetiletí. Nejchladnější období tzv. malé doby ledové bylo na přelomu 18. a 19. století. Ledem bylo pokryto celé Grónsko, rozšířily se alpské ledovce, téměř na celé severní polokouli panovaly tuhé zimy a léta byla chladná a krátká. Oteplování se začalo projevovat v závěru 19. století a s výjimkou krátkého období ochlazení ve čtyřicátých až šedesátých letech pokračovalo i ve 20. století. Nárůst teploty však pokračuje stále a vše nasvědčuje tomu, že současná teplota je zřejmě již nejvyšší za poslední tisíciletí, byť je stále ještě o 1 až 2 °C nižší, než byla v posledním interglaciálu.

## ZESILOVÁNÍ SKLENÍKOVÉHO EFEKTU

Při analýzách vzorků arktického i antarktického ledu byly hodnoceny i tehdejší koncentrace oxidu uhličitého (CO<sub>2</sub>) a metanu (CH<sub>4</sub>) a ukázalo se, že jejich trendy vždy velmi úzce souvisely s trendy teploty. V dávné minulosti se koncentrace CO<sub>2</sub> pohybovaly v rozpětí hodnot 180 až 280 ppmv a velmi pravděpodobně

nebyly nikdy překročeny. Problémem současnosti ale je, že hodnoty nyní rychle narůstají a blíží se již k 380 ppmv. Podobně narostly i koncentrace CH<sub>4</sub> z původních hodnot 700 ppbv na současných 1775 ppbv, stejně jako oxidu dusného (N<sub>2</sub>O) z 270 ppbv na 320 ppbv. Jako zcela nové skleníkové plyny se v posledních letech vyskytují částečně a zcela halogenované fluorovodíky a fluorid sírový. Všechny tyto plyny přispívají ke skleníkovému efektu atmosféry obdobným způsobem jako CO<sub>2</sub>, pouze jejich radiační účinnost je výrazně vyšší. Na jeho zesilování se podílí i troposférický ozón, jehož koncentrace rovněž narůstají.

Převážná část jejich produkce souvisí s lidskou činností. CO<sub>2</sub> vzniká zejména při spalování fosilních paliv, na emisích CH<sub>4</sub> se výrazně podílí těžba a zpracování ropy či zemního plynu, ale i zemědělská výroba a odpadové hospodářství, N<sub>2</sub>O uniká při řadě zemědělských procesů a emise halogenovaných fluorovodíků souvisí s rozvojem chladírenské a klimatizační techniky. Přeměna lesů na zemědělskou půdu či sídelní území mění energetickou bilanci systému a snižuje přirozené pohlcování CO<sub>2</sub> vegetací. Činností člověka jsou do atmosféry uvolňovány i pevné aerosoly, které však působí proti zesilování skleníkového efektu.

Hlavním skleníkovým plynem je ale vodní pára, která je součástí hydrologického cyklu jako uzavřeného systému oběhu vody a odpovídá přibližně za dvě třetiny přirozeného skleníkového efektu. Jelikož je jí na Zemi ale konečné množství, činnost člověka se na jejím nárůstu v atmosféře projevuje pouze zcela zanedbatelným způsobem. Rostoucí teploty však zvyšují výpar, a proto vodní pára může skleníkový efekt atmosféry dále zesilovat.

## MOŽNOSTI ODHADU DALŠÍHO VÝVOJE

Složitost všech procesů a jejich vzájemné propojení nedovoluje, abychom budoucí změny simulovali laboratorně. Znalost historických trendů může být pro odhady dalšího vývoje užitečná, nicméně jejich přesnost není příliš vysoká a řada fyzikálních aspektů se v nich

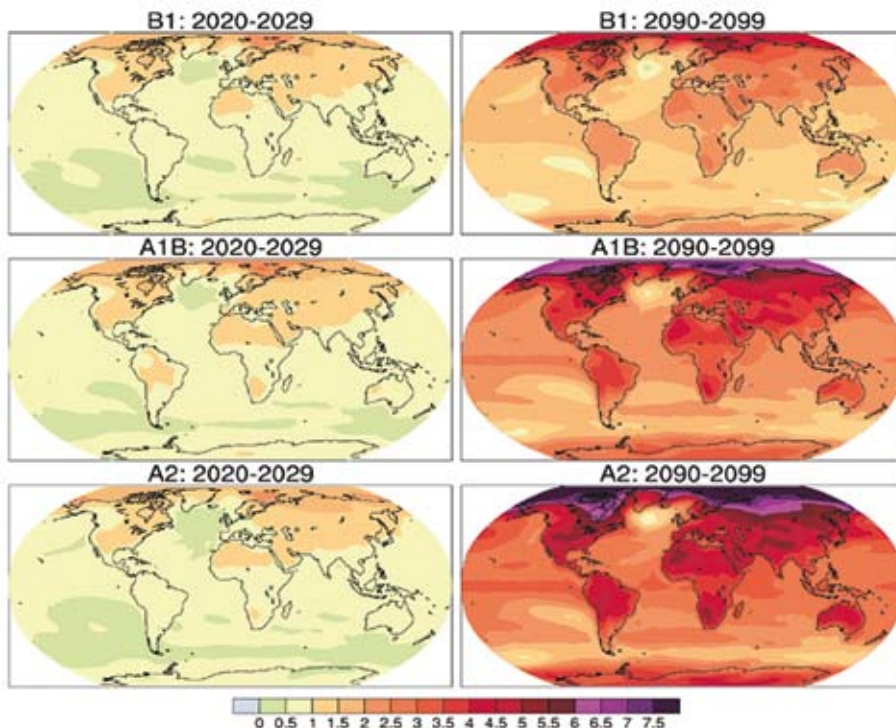
ztrácí. Nelze použít ani jednoduché extrapolace trendů či relativně krátkodobých pozorovaných změn, neboť v budoucnu může docházet ke změnám, které doposud nebyly pozorovány, případně se nikdy ani nevyskytovaly.

Schůdná cesta vede přes matematický popis obecně platných fyzikálních zákonitostí. Jejich numerická řešení mohou dát alespoň základní představu o tom, jakou odezvu lze od složek systému očekávat. Numerické simulace změn klimatu pomocí globálních klimatických modelů (GCM) jsou v posledních letech rozvíjeny ve snaze daleko přesněji než dosud popsat co nejvíce zatím známých vlivů člověka. Stále však ještě podléhají řadě omezení, která zatím nedovolují všechny procesy dostatečně podrobně popsat a navíc řada z nich ještě není v plném rozsahu ani známá. Proto je nutné stále používat různá zjednodušení či pracovat s předpoklady o rozdílnostech v důležitosti jednotlivých vlivů. Přestože některé z modelů jsou dnes již velmi propracované a zahrnují složité dynamické vnitřní i vnější časoprostorové vztahy v celém klimatickém systému, stále jej ještě popisují pouze přibližně.

Modelová řešení se však netýkají pouze klimatického systému. K odhadům změn je třeba ještě zohlednit i pravděpodobný výhled socio-ekonomického stavu světa do konce hodnoceného období (dnes obvykle konec 21. století). To je již ale úloha zejména pro ekonomy, kteří musí variantně reagovat na předpokládaný nárůst populace, technologický rozvoj, stav energetických zásob, využívání nových zdrojů energie, diskontní sazby, apod. O tom, jsou-li dnes větší neurčitosti na straně GCM či na straně socio-ekonomické nadstavby, lze jen spekulovat. Vlastní výstupy simulací proto nelze považovat za předpovědi, ale pouze za odhady či vývojové projekce. S ještě většími problémy se setkáváme při snahách o zaměření výstupů modelů na regionální či subregionální měřítko.

### JAKÉ ZMĚNY MŮŽEME OČEKÁVAT?

K odhadu budoucího klimatu je dnes používán víceméně „standardizovaný“ soubor scénářů IPCC SRES (*Emissions Scenarios 2000*, <http://www.ipcc.ch/pub/sres-e.pdf> - (viz tab. č. 1), který po zahrnutí do GCM umožňuje specifikovat rozpětí teplotního



Obrázek 1: Změny globální teploty pro tři různé scénáře a dvě dekády 21. století

Zdroj IPCC

intervalu, ve kterém by se mohla průměrná globální teplota zemského povrchu na konci 21. století pohybovat.

Do roku 2030 by výsledky neměly na použitím scénáři významně záviset a globální teplota by měla růst o asi 0,2 °C za deset let. Další vývoj již bude výrazně záviset na použitím scénáři a odhad nárůstu teploty se bude pohybovat v intervalu hodnot od 1,1 (scénář B1) do 6,4 °C (scénář A2). Konzervativní odhady naznačují, že je již asi téměř vyloučené, aby během tohoto století globální teplota vzrostla o méně než 1 °C, ale na druhé straně není příliš pravděpodobné, aby nárůst přesáhl hodnotu 6 °C. Rozložení změny globální teploty pro různé scénáře a dvě části 21. století je patrné z obrázku č. 1.

Změny teploty klimatického systému nebudou na Zemi probíhat homogenně. Nárůst bude zřetelnější nad pevninami a ve vyšších zeměpisných šířkách, méně zřetelný nad oceánem a v nižších zeměpisných šířkách. Extrémně vysoké teploty budou výrazně častější než teploty extrémně nízké. Obtížnější je podrobná projekce vývoje srážkového režimu.

Ten je ovlivňován přesunem tlakových útvarů a souvisejících frontálních systémů a tyto cirkulační mechanismy modely ještě nedokáží s dostatečnou přesností simulovat. Lze ale vymezit oblasti předpokládaného úbytku nebo naopak nárůstu vlhkosti a tedy oblastí snížených či zvýšených srážkových úhrnů. S vyšší mírou nejistot jsou spojeny odhady podrobnějšího vývoje proměnlivosti klimatu a pravděpodobnosti výskytu extrémních počasových jevů. Ukazuje se však, že zejména ve středních zeměpisných šířkách severní polokoule lze očekávat zvýšenou cyklonální aktivitu a následně i výraznější kolísání počasí. Ke shodě však již nedochází, pokud jde o odhady vývoje jednotlivých charakteristik klimatu a zejména jejich regionálního či subregionálního rozložení.

### ZMĚN NEBUDE UŠETŘENA ANI EVROPA

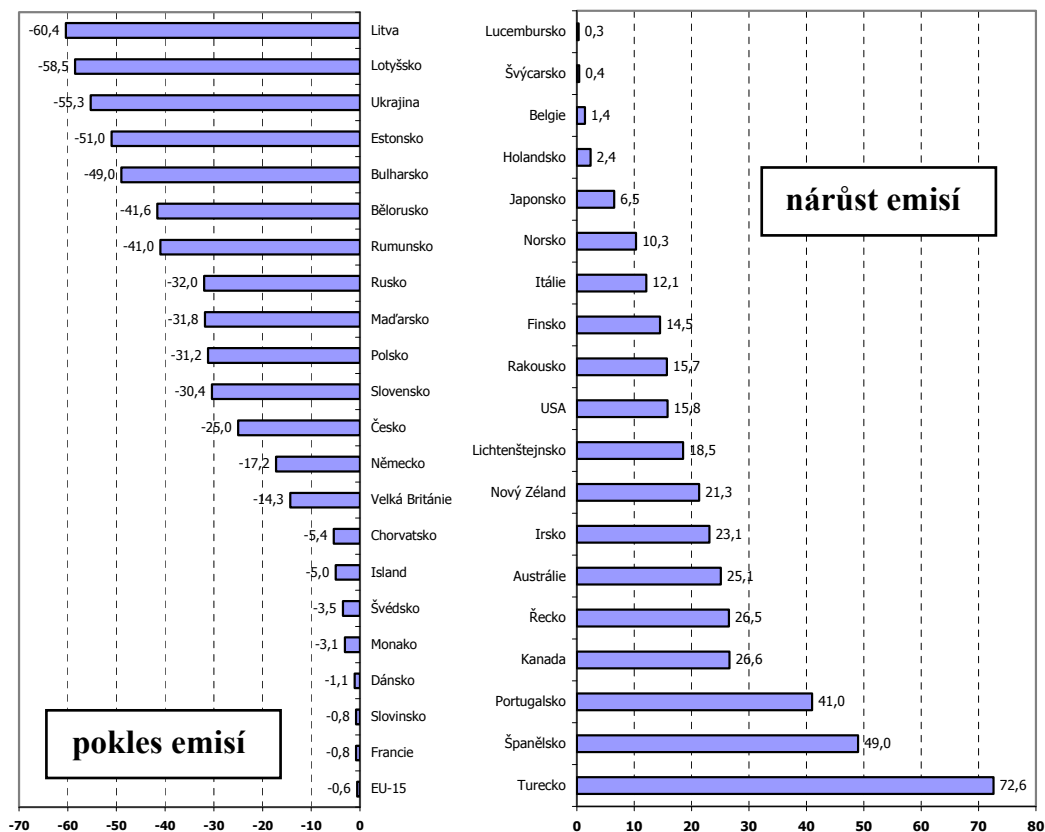
Dnes již můžeme pozorovat důsledky měnícího se klimatu téměř ve všech částech Evropy a mnohým hospodářským sektorům

|             |   |
|-------------|---|
| <b>A1</b>   | <b>rychlý růst ekonomiky a vývoj nových technologií</b>   |
| <b>A1FI</b> | <b>intenzivní využívání fosilních paliv</b>   |
| <b>A1T</b>  | <b>bez fosilních paliv</b>  |
| <b>A1B</b>  | <b>vyvážené využívání všech zdrojů energie</b>  |
| <b>A2</b>   | <b>heterogenní svět, silný populační nárůst, přetrvávající regionální ekonomické rozdíly</b>                |
| <b>B1</b>   | <b>postupující globalizace, rychlý rozvoj informačních technologií, služeb, zavádění nových technologií</b> |
| <b>B2</b>   | <b>důraz na udržitelný rozvoj, podpora regionálních ekonomik, různorodost technologických změn</b>          |

Tabulka 1: Charakteristika vývojových emisních scénářů IPCC SRES

to začíná přinášet obtíže. Zvyšují se rizika náhlých povodní ve vnitrozemí a častějších záplav na pobřeží, zvyšuje se erozní činnost. Horské oblasti se potýkají s ústupem ledovců, úbytkem sněhové pokrývky, v jižní Evropě narůstají letní teploty a klesá srážková činnost. Zhoršuje se dostupnost vody, jsou omezeny možnosti výroby elektřiny z vodních zdrojů a nedostatek vláhy má vliv na zemědělskou produkci. Zvýšená četnost výskytu vln extrémně vysokých teplot stupňuje zdravotní rizika i rizika vzniku rozsáhlých požárů. Ve střední a východní Evropě zřetelně klesají letní srážkové úhrny a klesají zásoby podzemních i povrchových vod. Podobně jako v jižní Evropě, i zde se výskyt letních extrémně vysokých teplot stává stále častější. V severní Evropě zatím změny klimatu přinášejí spíše smíšené dopady, případně se projevují se i některá pozitiva (např. snížené požadavky na vytápění, vyšší výnosy sklizní, rychlejší růst lesních porostů). Nicméně s pokračujícími změnami je dost pravděpodobné, že v budoucnu budou pozitiva převážena spíše negativy (častější zimní záplavy, ohrožení ekosystémů, rostoucí půdní nestabilita).

Výhledově nejzranitelnějšími oblastmi budou jižní a jihovýchodní Evropa a celé Středomoří (extrémní teploty, nedostatek vody), horské oblasti a zejména Alpy (zvýšené tání sněhu a ledu) a pobřežní zóny (rostoucí hladiny moře, zvýšená rizika bouří) a polární oblasti, kde budou změny teploty nejvyšší. Na klimatických podmínkách silně závisí řada hospodářských odvětví a důsledky změny klimatu tak přímo pocítí na svých aktivitách i obchodních činnostech (např. zemědělství, lesnictví, rybolov, přímořský a horský cestovní ruch, zdravotnictví, finanční služ-



Obrazek 2: Změny v emisích skleníkových plynů států Dodatku I v období 1990 – 2004 (v %)

by, pojišťovnictví). Mění se klima ovlivní i energetiku a bude třeba přepracovat stávající modely spotřeby a distribuce energie. V oblastech poklesu srážkových úhrnů a tam, kde lze očekávat častější výskyt suchých letních období, se sníží průtoky vody potřebné na chlazení tepelných a jaderných elektráren, příp. na výrobu energie z vody. Současně se zvýšením teploty vody se sníží i její chladicí kapacita. Změny srážkových a odtokových režimů se mohou projevit i na změnách říčních toků, zvýšená půdní eroze může přispívat k zanášení vodních nádrží a přehrad. Klesne poptávka po dodávkách tepla, zvýší se zájem o klimatizační zařízení a tím i po elektřině. Energetickou infrastrukturu může ohrozit zvýšené riziko výskytu bouřek, záplav a povodní, a tak nelze v budoucnu vyloučit častější výpadky dodávek elektřiny.

směry, z nichž tím prvním je snaha o snižování antropogenních emisí skleníkových plynů, a tím druhým cesta postupného přizpůsobování se důsledkům změn, neboli příprava účinných adaptačních opatření. Je totiž stále více zřejmé, že se klimatickou změnu zcela zastavit nepodaří a pouhé, byť třeba i drastické snižování emisí skleníkových plynů, to samo o sobě zajistit nemůže.

### KJÓTSKÝ PROTOKOL DNES

Kjótský protokol je bezesporu hlavním představitelem současných snah o snižování emisí skleníkových plynů. Jedním z hlavních témat probíhajících mezinárodních jednání jsou diskuse o tom, kam se bude proces ubírat po roce 2012, až skončí jeho první kontrolní období. Připomeňme pouze, že protokol ukládá rozvinutým či ekonomicky vyspělým státům (tzv. státy Dodatku I) snížit do období 2008-2012, emise skleníkových plynů v průměru o 5,2 % v porovnání se stavem v roce 1990.

V současné době je k dispozici téměř ucelená řada emisních hodnot za období 1990 až 2004 ([http://unfccc.int/ghg\\_emissions\\_data/items/3800.php](http://unfccc.int/ghg_emissions_data/items/3800.php)). Jak ukazuje obrázek č. 2, výsledky nejsou příliš optimistické, neboť 19 z celkových 41 států svoje emise naopak zvýšilo. V souhrnu došlo sice k poklesu o 3,3 %, ale stalo se tak zejména díky výraznému poklesu emisí v nových členských státech EU (EU-10) a ve východní Evropě po roce 1990

|                          |    |
|--------------------------|----|
| EU - staré členské státy | 23 |
| EU - nové členské státy  | 5  |
| východoevropské státy    | 14 |
| USA                      | 40 |
| Kanada                   | 4  |
| Japonsko                 | 8  |
| ostatní státy            | 6  |

Tabulka 2: Podíl na celkových emisích států Dodatku I (v %)

### LZE KLIMATICKÉ ZMĚNĚ ZABRÁNIT?

Celý problém „globálního oteplování“ nespočívá zdaleka pouze v tom, že se teplota Země zvyšuje. Podstatnější je, že se mění celkové chování klimatického systému a charakter jeho odezvy, z nichž převažují spíše ty negativní. Obecně platí, že ekonomicky méně vyspělé regiony budou změnami zranitelnější, zatímco ekonomicky silnější se budou s potížemi snaže vyrovnávat.

Při hledání řešení se nabízí dva základní



|                |       |           |      |             |     |
|----------------|-------|-----------|------|-------------|-----|
| Lucembursko    | -28   | Belgie    | -7,5 | Švédsko     | +4  |
| Dánsko         | -21   | Itálie    | -6,5 | Irsko       | +13 |
| Německo        | -21   | Holandsko | -6   | Španělsko   | +15 |
| Rakousko       | -13   | Finsko    | 0    | Řecko       | +25 |
| Velká Británie | -12,5 | Francie   | 0    | Portugalsko | +27 |

**Tabulka 3: Individuální redukční cíle států EU-15 (v %)**

– v průměru o 37 %. Tyto státy se ale na souhrnné bilanci rozvinutých států podílejí pouze 5 % (nové členské státy), resp. 14 % (východoevropské státy). Ve všech ostatních státech, které pokrývají zbylých 80 % emisí, vzrostly emise o 11 % (viz tab. 2)

V posledních pěti letech (2000 – 2004) se emise rozvinutých států navýšily o 2,3 %. V nových členských a i východoevropských státech se po hospodářském propadu na počátku devadesátých let začíná projevat opět ekonomický vzrůst. Ten je doprovázený zvýšenou spotřebou energie, a proto se emise zvýšily v průměru o 4 %. Ve starých členských státech došlo k nárůstu o 2,4 %, v Kanadě o 4,6 %, v USA o 1,3 %, atd. Česko je tak spolu s Lotyšskem vlastně jediné, které může v posledních pěti letech vykázat pokles, který pokračoval i v roce 2005 (snížení od roku 2000 o 2,4 %).

Jedním ze smluvních států protokolu je

s redukčním dílem 8 % i evropská patnáctka (EU-15), přičemž jednotlivé členské státy EU-15 mají navíc ještě svoje individuální cíle, které byly dohodnuty ještě před zahájením ratifikace protokolu (viz tab. č. 3). Aktuální situaci v EU podrobně hodnotí zpráva *Annual European Community Greenhouse Gas Inventory 1990-2005 and Inventory Report 2007* ([http://reports.eea.europa.eu/technical\\_report\\_2007\\_7/en/](http://reports.eea.europa.eu/technical_report_2007_7/en/)), ve které jsou uvedeny již i hodnoty za rok 2005. Ze zprávy je zřejmé, že do roku 2005 se EU-15 podařilo ze svého Kjótského cíle zatím „ukrojit“ pouze 1,5 %, a to v roce 2005 vykázala EU-15 poprvé po šesti letech meziroční snížení. Poslední dostupné projekce dalšího vývoje (*Greenhouse Gas Emission Trends and Projections in Europe 2006*, [http://reports.eea.europa.eu/eea\\_report\\_2006\\_9/en/](http://reports.eea.europa.eu/eea_report_2006_9/en/)) ukazují, že při stávajícím trendu lze v roce 2010 očekávat emise pouze 0,6 % pod úroveň roku 1990, neboť

se počítá s dalším nárůstem spotřeby energie. Bilanční odhady uvedené v citovaném dokumentu ale předpokládají přínos zatím blíže nespécifikovaných tzv. „dodatečných opatření“ (4,6 %), použití Kjótských mechanismů (2,6 %) a použití „mechanismu pohlcování uhlíku v lesnictví“ dle článků 3.3 a 3.4 protokolu (0,8 %), což (sice poněkud překvapivě) dává přesně hodnotu Kjótského cíle! Ze států EU-15 jsou na dobré cestě ke splnění individuálních cílů pouze Velká Británie a Švédsko, zatímco Belgie, Dánsko, Irsko, Španělsko, Rakousko, Itálie a Portugalsko naději na jejich splnění již prakticky ztratily. Zbývajících šest států naději stále ještě má, ale do jaké míry je optimismus Evropské komise namístě, to se ukáže již za pár let!

## PŘEDSTAVA EVROPSKÉ UNIE DO BUDOUČNA

Na počátku tohoto roku vydala Evropská komise dokument „*European Council Statement*“ ([http://www.consilium.europa.eu/ueDocs/cms\\_Data/docs/pressData/en/ec/93135.pdf](http://www.consilium.europa.eu/ueDocs/cms_Data/docs/pressData/en/ec/93135.pdf)), který vymezuje další kroky EU k omezení změny klimatu na „zvládnutelnou úroveň“. Deklaruje, že „...EU musí na svém území přijmout nezbytná opatření a ujmout se vedení na světové scéně a zajistit, že celosvětová průměrná teplota nevzroste o více než 2 °C nad úroveň před industrializací...“. V této souvislosti navrhuje, aby v rámci mezinárodních jednání sledovala cíl, podle něhož rozvinuté státy sníží do roku 2020 emise o 30 % (oproti roku 1990). Do té doby, než bude uzavřena mezinárodní dohoda o řešení situace po roce 2012 a nezávisle na dalších aktérech procesu se EU zavázala, že do roku 2020 dosáhne prostřednictvím systému obchodování s emisními povolenkami (EU ETS), dalších „dodatečných opatření“, včetně opatření v rámci energetické politiky, snížení emisí minimálně o 20 % oproti roku 1990.

Jelikož po roce 2020 budou rozvojové státy produkovat výrazně více emisí než rozvinutý svět, mělo by se tempo růstu jejich emisí začít zvolňovat a po roce 2020 by mělo dojít k celkovému absolutnímu snížení. Kromě těchto krátkodobých cílů uvádí dokument i cíl dlouhodobý, podle něhož je třeba celosvětové emise snížit do roku 2050 až na 50 % úrovně z roku 1990. To by v rozvinutých zemích znamenalo snížení o 60 až 80 % a odpovídající snížení by mělo přijít i v řadě rozvojových zemí.

### Pro členské státy EU by to mělo znamenat:

- zlepšit energetickou účinnost do roku 2020 o 20 %,
- zvýšit podíl obnovitelné energie do roku 2020 na 20 %,
- realizovat zachycování a geologické ukládání uhlíku (CCS) do roku 2015,



- pokračovat v systému EU ETS a přidělovat povolenky na víc než pět let, aby bylo možné předvídat dlouhodobá investiční rozhodnutí, rozšířit systém i na další plyny a odvětví, zahrnout do systému i zachycování a geologické ukládání uhlíku a leteckou dopravu,
- dosáhnout do roku 2012 cíle 120 g CO<sub>2</sub>/km pro emise z osobní motorové dopravy,
- přijmout opatření pro snížení jiných skleníkových plynů než CO<sub>2</sub> posílením opatření v rámci společné zemědělské politiky a akčního plánu pro lesnictví, stanovením emisních limitů pro CH<sub>4</sub> z plynových motorů a z těžby uhlí, ropy a zemního plynu, příp. tyto emise zařadit do systému EU ETS a omezit nebo zakázat použití halogenovaných fluorovodíků.

Deklarované cíle a opatření jsou určitě ambiciózní a problému globální změny klimatu určitě mohou pomoci. Lze ale pochybovat, jestli ho mohou beze zbytku vyřešit. Změny v klimatickém systému jsou totiž procesem víceméně spojitym a neustále probíhajícím a také není zcela jasné, podaří-li se ambiciózní záměry během následujících 12 let uskutečnit. Dokument je totiž spíše deklarativní než technický. Otázkou je rovněž, za jakou cenu lze stanovené cíle dosáhnout - o odhadech nákladů totiž dokument příliš nehovoří!

Velmi podstatné bude, jak se členské státy EU dokáží domluvit na vzájemném rozložení takto stanovených „redukčních povinností“. Již dnes je totiž zřejmé, že nepůjde o snížení plošné. Na podzim tohoto roku začnou zřejmě velmi složitá jednání, na která je třeba se právě s ohledem na ekonomickou stránku problému velmi pečlivě připravit. Vzhledem k problémům, které staré členské státy mají s plněním stávajícího redukčního cíle protokolu, lze očekávat, že Komise vyvine velký tlak na přenesení významné části odpovědnosti právě na nové členské státy. V nich totiž spatřuje hlavní zdroj „emisních rezerv“, se kterými by se nově deklarovanému cíli dalo přiblížit. Určitě totiž nebude k jednáním při-

stupovat tak, jako při „dělení odpovědnosti“ pro období 2008 až 2012, kdy ekonomicky méně vyspělým členským státům (Portugalsko, Řecko, Španělsko, Irsko) povolila dosti výrazný emisní nárůst (viz tab. č. 3). A právě v tom lze pro Českou republiku spatřovat potenciální nebezpečí!

Dosti podstatný bude i další vývoj systému EU ETS v letech 2008 – 2012, jehož příprava se v současné době dokončuje. Systém lze považovat za jeden z možných ekonomických nástrojů na snižování emisí, ale musí být dobře (a hlavně spravedlivě) nastaven. To, že ceny emisních povolenek během několika měsíců poklesly z několika desítek euro na několik eurocentů, totiž o kvalitě současného nastavení dost „vypovídá“...! Rovněž záměr na jeho rozšíření na další plyny či odvětví, může celý systém technicky i administrativně značně zkomplikovat a tím jej ekonomicky znevýhodnit či z hlediska původně zamýšleného přínosu učinit málo efektivním.

Záměry EU, bohužel, neberou příliš v úvahu některé poslední výsledky IPCC (třetí část Čtvrté hodnotící zprávy IPCC, [http://www.mnp.nl/ipcc/pages\\_media/AR4-chapters.html](http://www.mnp.nl/ipcc/pages_media/AR4-chapters.html)), které globální potenciál snížení emisí do roku 2030 odhadují na 7,4 Gt CO<sub>2</sub>, což je přibližně 15 % současného stavu. Obrázek č. 3 uvádí pro skupiny rozvojových a rozvinutých zemí odhad technického potenciálu úspor emisí rozložený na různé primární zdroje energie, resp. možnosti CCS. V rozvinutých státech připadá největší potenciál úspor na využívání jaderné energie (37 %) a dále 14 % na moderní technologie na spalování fosilních paliv (zvyšování účinnosti, změna paliv). V rozvojových státech lze nalézt největší potenciál ve využívání biomasy (23 %). CCS je v rozvinutých zemích z hlediska redukčního potenciálu přibližně na úrovni modernizace stávajících technologií a je perspektivnější, pokud by byl uhlík ukládán do vytěžených uhelných slojí než do prostor po těžbě zemního plynu. Orientační představu o ekonomické náročnosti emisních úspor v rozvinutých státech dává

|         | do 20 USD | 20-50 USD | 50-100 USD |
|---------|-----------|-----------|------------|
| uhlí    | 12        | 2         | 0          |
| plyn    | 24        | 9         | 6          |
| jádro   | 28        | 28        | 22         |
| voda    | 17        | 17        | 15         |
| biomasa | 4         | 7         | 7          |
| OZE     | 15        | 20        | 22         |
| CCS     | 0         | 17        | 28         |

Tabulka 4: Redukční potenciál (v %) v závislosti na výši nákladů na tunu CO<sub>2</sub> v rozvinutých státech

tab. č. 4. Vyplývá z ní, že při nákladech do 20 USD/t CO<sub>2</sub> se vyplatí investovat do jádra, plynu a vody a nelze vůbec počítat se zaváděním CCS. Připustíme-li výrazně vyšší náklady, potom lze uvažovat o CCS, jádru i obnovitelných zdrojích energie (OZE).

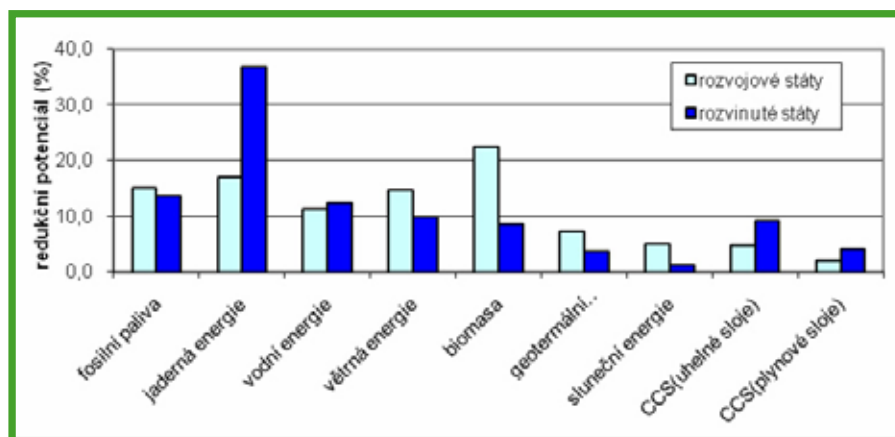
## ADAPTAČNÍ OPATŘENÍ

Příprava účinných adaptačních opatření je druhou možností, jak sice nezabránit změnám klimatu, ale jak minimalizovat jejich důsledky. Základním smyslem je snaha vyrovnat se s měnícím se klimatem prostřednictvím snižování rizik a škod, které současné i budoucí změny přinášejí a přinesou a současně zachovat účelnost vynakládaných prostředků. Adaptační opatření mohou být buď předběžná, nebo následná a mohou se týkat přírodních i lidských systémů. S odkazem na tzv. Sternovu zprávu (*Stern Review on the Economics of Climate Change* [http://www.hm-treasury.gov.uk/independent\\_reviews/stern\\_review\\_economics\\_climate\\_change/stern\\_review\\_report.cfm](http://www.hm-treasury.gov.uk/independent_reviews/stern_review_economics_climate_change/stern_review_report.cfm)) je zřejmé, že

(a) adaptační opatření jsou jednou z cest, jak dopady klimatické změny za cenu přijatelných ekonomických nákladů zmírnit a

(b) adaptační opatření přijímaná s předstihem jsou v naprosté většině případů daleko funkčnější a ekonomicky přijatelnější než opatření, která by byla přijímána až po vzniku případného problému.

Jako příklad lze uvést třeba efektivnější využívání zdrojů vody, budování protipovodňových zábran a protizáplavových bariér, zvyšování úrovně hrází proti stoupající hladině moří, výzkum a vývoj zemědělských plodin odolnějších vůči suchu, volbu vhodnějších druhů vegetace či změny pěstebních postupů v zemědělské a lesnické činnosti. Součástí adaptačních opatření mohou být i změny v územním plánování, budování pozemních koridorů napomáhajících migraci druhů, přizpůsobení stavebních předpisů budoucím klimatickým podmínkám a extrémním výkyvům počasí apod.



Obrázek 3: Odhad technického potenciálu úspor (v %) rozložený na různé primární zdroje energie

Na jejich přípravě se může podílet jak soukromý sektor, podniky, průmyslová odvětví, sektor služeb, tak i jednotliví občané. Konkrétní opatření se mohou značně lišit a mohou spočívat jak v drobných a relativně nenákladných opatřeních (např. ochrana vody, agrotechnické změny a využívání odrůd odolných proti suchu, veřejné plánování a zvyšování informovanosti), tak i v nákladnějších ochranných či relokalizačních opatřeních (např. zvýšení hrází, přemístění části infrastruktury, průmyslu, příp. obcí z nízko položených záplavových oblastí, výstavba retenčních nádrží apod.). Přestože problém změn vlastností klimatického systému je problémem globálním, vlastní důsledky těchto změn mají dost výrazně regionální charakter. Právě proto je třeba, aby návrhy adaptačních opatření vycházely z pozorovaných změn a odhadů jejich dopadů v jednotlivých regionech.

## ZÁVĚR

Snahou tohoto příspěvku bylo ukázat, že změna globálního klimatu je problémem současnosti a že je třeba se mu odpovídajícím způsobem věnovat. Problémy, které nám měnící se klima přináší nelze nevidět,

ale nemá smysl je ani zveličovat a volit řešení, která vlastní problém mnohdy ani vyřešit nemohou. Důsledky změn jsou dosti široké a v mnoha ohledech již i zdokumentované. Uvádí je třeba druhá část Čtvrté hodnotící zprávy IPCC (bude publikováno na <http://www.ipcc.ch/>) a upozorňuje i na budoucí rizika. Za řadu z nich určitě může člověk svým nešetrným přístupem k přírodě, může za ně i tím, že přispívá ke zvyšování koncentrací emisí skleníkových plynů v atmosféře. Otázkou však je, nakolik jsou právě tyto emise tou hlavní příčinou pozorovaných změn a nakolik může nárůst teploty o více než 2 °C nad úroveň před industrializací vyvolat v klimatickém systému skutečně již „nevratné změny“. Pokud se někdo domnívá, že antropogenní emise za změny mohou „z devadesáti procent“ – mýlí se, a pokud někdo jejich vliv bagatelizuje – mýlí se také! Nejistoty o číselné hodnotě vlivu člověka budou ještě hodně dlouho přetrvávat.

Asi nemá smysl se v tuto chvíli příliš soustředovat na řešení problému „viny“. Mnohem účelnější bude, když se kromě oprávněných snah o snižování emisí skleníkových plynů vydáme i cestou zpřesňování odhadů trendů změn, zkvalitňování předpovědi extrémních počasových jevů a hledání

vhodných a účinných adaptačních přístupů k omezení jejich dopadů. Na této cestě bychom neměli opomenout investovat do vědy a výzkumu a jako klimatolog nemám na mysli pouze výzkum zaměřený na zdokonalení znalostí o změně klimatu a jejích dopadech, ale i výzkum v oblasti životního prostředí, energetiky a dopravy a zejména ve prospěch rozvoje čisté energie a čistých dopravních technologií, který by mohl být co nejdříve využíván a zaváděn do praxe.

## O AUTOROVÍ

**RNDr. Jan Pretel, CSc.** ukončil v roce 1966 studium na Matematicko-fyzikální fakultě UK, obor meteorologie a klimatologie. V letech 1966-1991 pracoval v Ústavu fyziky atmosféry ČSAV, v letech 1991-1993 na Ministerstvu životního prostředí a od roku 1993 v Českém hydrometeorologickém ústavu na pozici vedoucího oddělení klimatické změny. V letech 1995-2004 byl členem delegací ČR na jednáních k Rámcové úmluvě a Kjótskému protokolu, v letech 1997-2002 byl členem výboru IPCC.

**Kontakt na autora: pretel@chmi.cz**