

# Globální oteplení a my

(scénář představení)

Premiéra: čtvrtek 11. března 1999

## Obsah

1	Úvod . . . . .	3
2	Záření . . . . .	3
3	Venuše . . . . .	6
4	Skleníkové plyny . . . . .	7
5	Srovnání planet . . . . .	9
6	Měníci se ovzduší . . . . .	11
	6.1 Zesilování skleníkového jevu . . . . .	11
	6.2 Oteplování pólů . . . . .	13
7	Nové počasí . . . . .	14
8	Tropy a my . . . . .	17
9	Co dělat? . . . . .	18
10	diskuse . . . . .	23
	Zdroje obrázků . . . . .	24
	O představení . . . . .	31
	Zdroje informací použité v pořadu . . . . .	32

## 1 Úvod

Vážení návštěvníci, vítám vás v našem planetáriu. Dnes se zaměříme především na to, jak my lidé ovlivňujeme teplotu zemského povrchu.

[1] Teplota povrchu Země byla kdysi problémem pouze astronomickým. Hvězdáře zajímalo, proč se od sebe jednotlivé planety liší, a přemítali také o příčinách ledových dob na Zemi. Časy se ale změnily a tak je dnes podnebí tématem, které zajímá vlády všech států. Ukazuje se totiž, že lidstvo svou činností teplotu Země neustále zvyšuje. Spaluje ohromné množství uhlí, ropy a zemního plynu, uvolňuje do ovzduší oxid uhličitý. Množství oxidu uhličitého v atmosféře tudíž neustále a pořád rychleji stoupá, a to právě vede k zahřívání Země. O tom všem se dozvíte během našeho pořadu.

[1] Titul: Globální oteplení a my

## 2 Záření

Představme si, že je konec školního roku, brzo ráno. Slunce je nízko nad obzorem a je ještě slabé. [2] Téměř nás nehřeje. [3] Vzduch totiž není úplně průhledný. Sluneční světlo v této době prochází ovzduším dlouhou cestu a skoro všechno se v atmosféře rozptýlí.

[2] Slunce se skvrnami

[3] slunce přes kruhový otvor v desce jen málo osvětluje zem

Jak stoupá, cesta atmosférou se zkracuje a tak více přímého světla dospěje až na zem. [4] Svítí také strměji dolů a lépe tak osvětluje

[4] slunce přes kruhový otvor osvětluje zem vydatněji

vodorovný povrch.

Od osluněné země se ohřívá vzduch. Za jasného rána leží vystydlý v údolích, [5] ale brzy po východu Slunce se začne promíchávat.

[5] pohled z horského vrcholu na hory v dálce, vzduch pod horami kalný

[6] Ohřátý proudí vzhůru, ochlazený naopak klesá dolů.

[6] kumuly nad kalnou vrstvou

Někdy odpoledne začíná povrch opět stydnout [7] — přítok energie je totiž menší, než její odvod.

[7] vysoké kumuly

K večeru promíchávání vzduchu opět ustává, mraky se roztahují do vrstvy a [8] stydnutí pokračuje. Nyní se zemský povrch ochlazuje jen proto, že vyzařuje vzhůru.

[8] vrstva stratokumulů

Kolem osmé hodiny večerní Slunce zapadne. Stále méně osvětluje vzduch nad námi, a proto se stmívá.

Abychom nočnímu ochlazování porozuměli, povězte si nejdříve něco o tom, jak se přenáší energie zářením. [9] Vzpomeňme si, co se stane, když vejde do stínu. Pak nás přestane hřát záření, které přicházelo rovnou ze Slunce. [10]

[9] člověk na slunci

[10] — vešel do stínu

O jaké záření se jedná? Hlavně o to, které vidíme, tedy světlo. Kromě něj se ale uplatňuje i záření, jež nevidíme. Zkusme si malý experiment a rozložme si sluneční záření pomocí optického disku, čili CD. Disk pro tento účel musíme trochu prohnout. [11]

[11] několik snímků s výsledkem: 2 teploměry ve spektru slunce, 1 ve stínu

Dostali jsme tak sluneční spektrum. Teploměr umístěný do jeho zelené oblasti se zahřál. Podobně se ale zahřál teploměr umístěný za červeným okrajem spektra, kam už žádné světlo nedopadá. Ve

skutečnosti ale i na něj nějaké sluneční záření dopadá. A dokonce hřeje skoro stejně jako světlo.

**12** Tomuto záření se říká infračervené. Nevidíme je, ale vhodná fotografická emulze je může zachytit podobně jako červené světlo.

Určitě jste někdy slyšeli o elektromagnetických vlnách. O jaké vlny jde, lze vyjádřit pomocí vlnové délky. **13** **14** Vlnová délka světla je asi půl mikrometru, tedy půl tisíciný milimetru. Jako infračervené označujeme záření, jehož vlnová délka přesahuje třičtvrtě mikrometru a je kratší než jeden milimetr. Ultrafialové záření sousedí s viditelným světlem na druhé straně. Jeho vlnová délka je kratší než čtyři desetiny mikrometru.

Předměty, které jsou horké, vyzařují hlavně krátkovlnné infračervené záření. Když jsou hodně horké, mohou také trochu svítit. **15** Třeba plotna kamen nebo rozzhavený pohrabáč. **16** U vlákna žárovky, které má teplotu asi dva a půl tisíce stupňů, se jako světlo projeví asi dvacetina vyzařované energie.

**17** Ale i předměty, které nejsou horké, září, a to tím více, čím je větší jejich teplota. **18** Když přistoupíme k výrazně chladnějšímu předmětu, třeba v zimě k oknu, ucítíme na tváři chlad. Chladná okenní tabule na nás totiž září méně, než teplejší zdi místnosti. **19** Při pohledu zvenku jsou naopak teplejší okna, jak ukáže kamera zachycující dlouhovlnné záření.

Podívejme se nyní, jak svět během noci chladne. Půda vyzařuje

**12** serie o pozorování a fotografování slunečního spektra, na konci detailní foto spektra i s blízkým infračerveným zářením, s vyznačením infračervené části

**13** Postupně se vykreslující a popisující schéma: sinusovky pro oranž. světlo, všechno světlo, infračervené a UV záření s vyznačenými úsečkami jedné vlnové délky, dole od nich stupnice vlnových délek.

**14** Pohled na skupinu osob a jejich teplotní snímek

**15** spirála infrazářiče

**16** foto vlákna žárovky

**17** graf: Planckova křivka pro Slunce, žárovku a člověka

**18** Pohled zevnitř na okno, venku jíní

**19** Dům v mraze, infrakamerou zvenku

vzhůru, zato shora na ni dopadá leda záření z mraků. Ty jsou chladnější než půda, a tak je tok energie směrem dolů na zem menší. Půda se tak ochlazuje.

Jsou-li mraky v poměrně teplém vzduchu nízko nad zemí, půda chladne pomalu. A když je jasno? Ve skutečnosti ani čirý vzduch není pro dlouhovlnné záření docela průhledný. Proto zemská atmosféra nepropustí většinu dlouhovlnného záření rovnou do vesmíru. Vzduch záření pohlcuje, a také sám vyzařuje — nahoru do vesmíru, ale hlavně zpět, dolů na zem.

### 3 Venuše

Podívejme se nyní na první hvězdu, která letos na jaře začne být patrná za soumraku. To proto, že je daleko nejjasnější. Myslím tím samozřejmě Večernici, aneb planetu Venuši.

Venuše má úplně jinou atmosféru než Země. Kdybyste stáli na jejím povrchu, neviděli byste v noci hvězdy. Je tam totiž stále zataženo. <sup>[20]</sup> Ani Slunce neprosvítá. Hustá oblačná vrstva způsobuje, že je Venuše zvenčí téměř sněhobílá. Díky tomu ji vidíme tak jasnou. <sup>[21]</sup> Na sám povrch Venuše se přes mraky prodere jen asi čtvrtina slunečního záření.

<sup>[20]</sup> okolí Vener

<sup>[21]</sup> celá Země (místy zatažená) a Venuše, obě ne zcela v úplňku

Člověk by si řekl, že zde musí být chladno. Ve skutečnosti je to ale právě naopak. Na Venuši se totiž jen těžko přenáší energie dlouhovlnným infračerveným zářením, které způsobuje noční stydnutí

Země.

Atmosféra Venuše je pro toto záření stejně neprostupná, jako třeba mlha pro světlo. Povrch planety sice září směrem vzhůru, ale shora na něj dopadá záření hned z přízemní vrstvy atmosféry, téměř stejně horké, jako je pevný povrch. Množství infračerveného záření z atmosféry na povrch je na Venuši asi *dvacetkrát větší* než záření slunečního dopadajícího zvenčí na oblačnou vrstvu.

Jinak řečeno, povrch Venuše je atmosférou dokonale tepelně izolovaný od studeného vesmíru. I menší příkon ze Slunce stačí pak k tomu, aby se teplota na povrchu blížila *pěti stům stupňů*. To je tak mnoho, že povrch Venuše i ovzduší nad ním slabě svítí!

Jak je možné, že Venuše je tak úplně jiná než Země? Rozdíl je ve složení atmosféry. Naše atmosféra se skládá hlavně z dusíku, kyslíku a argonu, které infračervené záření téměř vůbec nepohlcují. Atmosféra Venuše je naopak hlavně z oxidu uhličitého, který je pro takové záření velmi neprostupný.

#### 4 Skleníkové plyny

Vraťme se zase k zemské atmosféře. Za to, že pohlcuje a zase vyzařuje infračervené záření o vlnových délkách pět až dvacet mikrometrů, mohou stopové příměsi ovzduší. Nejvíce se projevuje *vodní pára*, a dále *oxid uhličitý*. Neprůhlednost atmosféry pro dlouhovlnné záření, kterou tyto příměsi způsobují, se projevuje

tzv. skleníkovým jevem.

[22] Ve skleníku, i když se v něm netopí, bývá tepleji než venku. [22] skleník  
Zasklení totiž brání nejen úniku teplého vzduchu, ale je překážkou i pro záření. Zpět dolů na půdu ve skleníku září poměrně teplé sklo, místo mnohem chladnějšího ovzduší vysoko nad zemí. Sklo je totiž průhledné pro sluneční záření, ale vůči *dlouhovlnnému* infračervenému záření se chová stejně jako temně šedý papír.

[23] Příměsím zemského ovzduší, které účinně pohlcují a vyzařují infračervené záření, se dohromady říká *skleníkové plyny*. Jsou to všechno plyny, jejichž molekuly se skládají alespoň ze tří atomů. [23] dusík, kyslík, argon a přírodní skleníkové plyny (schémata molekul)

Hlavního z nich, vodní páry, může být ve vzduchu velmi různé množství. [24] V mrazivém vzduchu může být vodní páry jen velmi málo, stěží pár gramů v krychlovém metru vzduchu. [24] mrazivé velehory  
[25] V teplém [25] tropy  
vzduchu jí může být hodně — to je případ vlhkých tropů, kde teplota v noci klesá jen málo. [26] Naopak na pouštích, kde je [26] horká poušť  
vzduch velmi suchý, teplota klesá v noci *velmi rychle*. Odpoledne může být třeba čtyřicet stupňů, ale ráno klidně mráz. [27] Podobné [27] důkladně oblečený člověk na poušti, nejlépe na témže místě  
je to i ve velehorách.

Obsah dalších skleníkových plynů je ale všude stejný, a tak jsou ve skutečnosti i pouště či polární oblasti s velmi suchým vzduchem dost důkladně chráněny proti úniku energie rovnou do vesmíru.



## 5 Srovnání planet

[28] Připomeňme si, že v atmosféře Venuše, která se skládá téměř jen z oxidu uhličitého, je skleníkový jev mnohem silnější — teplotu jejího povrchu zvyšuje *o pět set stupňů*.

[29] Měsíc nemá žádnou atmosféru a Slunce tak jeho povrch rozpaluje bez překážek. Přesto je jeho průměrná teplota velmi nízká, asi *mínus patnáct stupňů*.

[30] Atmosféra Země sice pustí až na povrch jen asi tři čtvrtiny slunečního záření (takže Slunce hřeje Zemi méně než Měsíc), ale také brání úniku infračerveného záření z povrchu rovnou do vesmíru. Přitom se uplatňují jen příměsi, skleníkové plyny. Nebýt jich, byla by průměrná teplota na Zemi asi  $-19$  stupňů. Díky stálým skleníkovým plynům a vodní páře je průměrná teplota o 34 stupňů vyšší, tedy *patnáct stupňů nad nulou*. K tomuto zvýšení přispívají [31] i řídké *oblaky* vysoko v ovzduší, které propouštějí téměř všechno světlo, ale vůči záření z povrchu Země se chovají jako temná vrstva.

Podívejme se nyní na Zemi trochu jinak. [32] Nebudou nás zajímat podrobnosti povrchu nebo oblaka, ale spektrum naší planety v oblasti vlnových délek od čtyř do třiceti mikrometrů, jak by je bylo možné změřit z vesmíru. Obrázek ukazuje, jak by vypadalo spektrum záření z nějakého místa v tropech, kde je zrovna bezoblačné počasí. Kdyby nad oním místem nebyla atmosféra,

[28] obrázky Venuše a pak postupně dalších planet (s fázemi lehce odlišnými od úplíků; zůstávají až do obr. ledových dob)

[29] Luna

[30] Země

[31] cirry

[32] Spektrum Země

spektrum by vypadalo jako horní hladká křivka — bylo by to zkrátka spektrum tělesa o teplotě asi dvacet stupňů. Skutečné spektrum je velmi odlišné. Například v oblasti kolem 15 mikrometrů velmi pohlcuje oxid uhličitý, a z vesmíru lze dohlédnout jen na nejchladnější vrstvy ovzduší, jejichž teplota je nižší než padesát stupňů pod nulou. V jiných vlnových délkách zase pohlcuje ozón, oxid dusný a metan a nejvíce pak vodní pára. Jen ve dvou oblastech, kolem 9 a kolem 11 mikrometrů, lze zachytit záření rovnou ze zemského povrchu — mluví se o spektrálních oknech. Většinou lze pozorovat jen chladný vzduch v různých výškách nad zemí. Dohromady proto i teplé tropy vyzařují do vesmíru tak málo, jako kdyby byla jejich teplota jen asi mínus deset stupňů.

Jak je vidět, teplotu povrchu jednotlivých planet určuje především složení jejich atmosfér. <sup>[33]</sup> Například na Marsu bývala v minulosti atmosféra hustší a obsahovala i vodní páru. Silnější skleníkový jev tehdy umožňoval, že i na Marsu bývala tekoucí voda. I když je současná řídká atmosféra Marsu složená z oxidu uhličitého, který zvyšuje teplotu povrchu až o deset stupňů, přesto je dnes Mars zmrzlý více než Antarktida.

<sup>[33]</sup> Mars

<sup>[34]</sup> Také na Zemi se složení atmosféry, pokud jde o skleníkové plyny, hodně měnilo. Dost přesné informace máme o posledním statisíci let, <sup>[35]</sup> hlavně z bublinek ve vzorcích ledu z hloubi antarktického ledovce. Díky nim máme důkaz, že ochlazení vedoucí k ledové době, stejně jako oteplení na jejím konci, bylo doprovázeno a umožněno právě změnami obsahu oxidu uhličitého a metanu

<sup>[34]</sup> graf: teplota, koncentrace metanu a oxidu uhličitého za 160 tisíc let  
— zůstává do konce kapitoly

<sup>[35]</sup> bublinky v ledu

v ovzduší.

Jak vidíte, koncentrace metanu se měnila rychleji. Nástup a náhlý konec poslední ledové doby byl možný právě díky rychlé změně obsahu metanu v ovzduší. Pozvolný pokles koncentrace oxidu uhličitého během ledové doby pak vedl k tomu, že se průměrná teplota na Zemi postupně snížila asi o šest stupňů.

Obrázky, jako je tento, byly poprvé získány v osmdesátých letech. Velmi pravděpodobnou domněnku, že velikost skleníkového jevu rozhoduje o teplotě na Zemi, proměnily v naprostou jistotu. O skleníkovém jevu na Zemi proto bude náš další příběh.

## 6 Měnící se ovzduší

### 6.1 Zesilování skleníkového jevu

[36] Jak se před dvěma staletími začalo stále více spalovat uhlí, začala růst i koncentrace skleníkových plynů. [37] K uhlí se pak připojila ropa, [38] a nakonec i zemní plyn.

[36] důl a továrna s komíny, zůstává dále

[37] graf růstu koncentrace oxidu uhličitého

[38] ropné pole, rafinerie, zůstávají dále

Užívání těchto paliv znamená vlastně *oxidaci uhlíku* uloženého po desítky či stovky miliónů let hluboko v zemi. [39] Konečným výsledkem spalování je oxid uhličitý a voda. Vodní páry vzniká v případě uhlí menšina, ale v případě ropy je jí více než oxidu uhličitého a v případě zemního plynu dokonce dvakrát více. Voda v ovzduší pobude jen pár dní, ale oxid uhličitý tam zůstává dlouho.

[39] oxidace metanu (obrázek molekul)

[40] Ročně je dnes do ovzduší uvolněno na *osm miliard tun* oxidovaného uhlíku. Část se rozpustí v oceánech, ale téměř pět miliard tun přibude v atmosféře na dlouhá staletí.

[40] Emise a růst obsahu uhlíku v ovzduší; další obr. se přidávají až do růstu teplot

[41] Také samotný zemní plyn, čili metan, se projevuje jako velmi účinný skleníkový plyn. Infračervené záření pohlcuje asi *padesátkrát více* než oxid uhličitý.

[41] schéma: účinnosti skleníkových plynů

V polovině dvacátého století se také objevily plyny nové, které v přírodě neexistovaly. [42] Jedná se o takzvané freony a halony, čili sloučeniny uhlíku a halových prvků.

[42] schémata molekul freonů

Jsou to plyny s velmi pevnými molekulami, které se během let dostanou až do stratosféry. Když je tam pak ultrafialové záření rozloží, uvolněný chlór a bróm snižují koncentraci ozónu. Díky úspěšné celosvětové snaze o ochranu ozónové vrstvy se už našťestí plně halogenované uhlovodíky přestávají používat, ale i jejich náhražky [43] jsou nesmírně účinné skleníkové plyny. Skutečně ekologickou náhradou freonů jsou jen plyny bez halových prvků.

[43] i účinnosti freonů

[44] Nikoho tedy asi nepřekvapí, že roste teplota zemského povrchu. Zatím to ještě není nápadné, pokud by však množství vypouštěných skleníkových plynů rostlo nadále tak, jako doposud, jsou předpovědi teplot v příštím století velmi varující.

[44] růst teploty v uplynulých 600 letech

[45] Oteplování Země bude alespoň desetkrát rychlejší než kdykoliv v minulosti. V obrázku, který znázorňuje výkyvy teploty na severní polokouli v posledních třiceti tisících letech, je to růst tak

[45] teploty za 30000 let

rychlý, že se vejde do tloušťky čáry na pravém okraji grafu.

## 6.2 Oteplování pólů

Řekli bychom, že se vlastně nic neděje. Alespoň bude možné žít i v krajích, které doposud byly příliš chladné. 46 Obě polární oblasti, Arktida a Antarktida, nám asi připadají velmi vzdálené a bez života, ale pobřeží Antarktidy je velmi nápadně obydleno tučňáky a v Arktidě žijí i lidé. 46 67, 2–4, 7–8

47 Tradiční život v chladných oblastech je ale ohrožován. Nejen jako v minulých desetiletích průmyslovým lovem velryb místo lovu pro místní potřebu, ale rychle se měnícím podnebím — změny jsou výrazné právě v okolí severního pólu. Vůbec nejrychlejší oteplování je zaznamenáno na Antarktickém poloostrově. 47 10–13, 22, 25

48 Nápadné jsou také stále hojnější požáry severských jehličnatých lesů v suchých letních obdobích. Například ty, které zachvátily v roce 1995 okolí soutoku řek Velká medvědí a Mackenzie. Požáry jsou sice přirozenou součástí ekosystému severských lesů, ale tak velké v minulosti nebývaly. 48 41–51

49 Dále k severu se oteplování projevuje například vysycháním jezer v arktické tundře. Ubývá i led, na který je vázán život mnoha polárních zvířat. V Antarktidě se rozpadají a mizí celé pobřežní ledovce, jak v roce 1997 ukázala výprava Greenpeace. 49 38–39, 52–56, 5

50 Obec Tuk už postihuje zvýšení mořské hladiny i úbytek ledu 50 60–62

v Beaufortově moři. Na volné hladině vznikají silnější bouře a silnější příboj. Ten rychle ubírá arktické pobřeží — v obci ustoupil plochý břeh až o sto metrů, a zmizel tak například sportovní stadion. [51] Jinde k destrukci pobřeží přispívají sesuvy půdy, která nyní rozmrzá. [51] 63

[52] V severním Atlantiku i Pacifiku naopak klesá teplota vody a také její slanost. Je to velmi nebezpečný jev, protože může úplně změnit proudění v oceánech, na které jsme zvyklí. [53] Modely proudění v atmosféře a oceánech totiž ukazují, že zvýšené množství skleníkových plynů dost možná povede k potlačení mohutného severoatlantického vytápění — na přechodnou dobu, nebo, pokud se složení atmosféry změní ještě více, i na řadu staletí. Grónsko, Island a celá Evropa by se tak možná i ochladily, a o to více by se oteplil ostatní svět. [52] 68, „Velký ohříváč“ [53] 70

## 7 Nové počasí

Dívali jsme se na obrázky ze vzdálených krajin a viděli jsme, že už dnes je měnící se podnebí v takových oblastech vážným problémem. Jak je to ale u nás?

[54] Určitě si ještě pamatujete události z července 1997. Tedy záplavy v povodí Odry, Moravy a Orlice. Co se tehdy vlastně stalo? Nic zvláštního — sice dost přšelo, ale nijak výjimečně. Potíž byla jen v tom, že se srážková oblast neposouvala rychle k východu, jak je to obvyklé. Místo toho se zastavila právě u nás a ve Slezsku. [54] série obrázků povodně 1997

A tak *na témže místě* vydatně přelo ne několik hodin, ale *několik dní*.

Mohli bychom říci, že to byla prostě smůla, jaká se zkrátka jednou za několik set let přihodí. Ale nedůvěřujme tomu, že bude zase alespoň sto let pokoj. Dnešní měnící se složení ovzduší vede právě k častějšímu výskytu velkých výkyvů počasí.

[55] Čím je to způsobeno? Tím, že se zvýšily toky energie v přírodě. Výkon Slunce se mění jen nepatrně, ani ne o jedno promile, a i sluneční příkon až na povrch Země zůstává skoro stejný. Atmosféra se ale stala méně prostupná pro dlouhovlnné infračervené záření. Do vesmíru odchází nyní asi o čtyři wattly na metr čtvereční méně záření než dříve. To není malý rozdíl, jsou to skoro dvě procenta původní hodnoty. Ta bývala v devatenáctém století stejná, jako příkon ze Slunce, tedy 240 wattů na čtvereční metr.

[55] schéma zářivých toků; zůstává až do obr. snímků z družic

Dnešní výdej energie je už menší než příjem a teplota Země proto roste. Za poslední století vzrostla asi o půl stupně. Zvýšilo se tak vyzařování směrem vzhůru, ale více přibylo infračerveného záření z atmosféry dolů — rozdíl je opět ony čtyři wattly na metr čtvereční. Zatímco z metru čtverečního odchází vzhůru asi 504 wattů, dolů dopadá celkem 508 wattů. Všimněme si, že na dlouhovlnné infračervené záření z toho připadá asi dvakrát více než na záření sluneční.

Jak skleníkových plynů přibývá, ohřívání se zrychluje. I kdyby se už v polovině příštího století složení atmosféry přestalo měnit, což

se asi stěží podaří, nové rovnováhy se nedočkáme dříve než za dvě stě let. To bude ale už přinejmenším o tři stupně tepleji než na začátku dvacátého století.

[56] Podívejme se ještě podrobněji, jak mnoho se různé plyny na ohřívání podílejí. Stálé skleníkové plyny vedou k ohřívání povrchu Země příkonem asi dva a půl wattu na metr čtvereční. Mírně přispívá i jedovatý přízemní ozón, naopak možná tak jeden watt na metr čtvereční v průměru ubírají prachové a kapalné nečistoty v ovzduší. Odhaduje se ale, že asi stejně mnoho jako stálé skleníkové plyny přispívá k neprostupnosti atmosféry její zvýšená vlhkost, a tak se dostáváme k přebytku zhruba čtyř wattů na čtvereční metr, o němž jsme už mluvili.

[57] Větší příkon na povrch Země vede už dnes k silnějším dějům v atmosféře. Rozhraní mezi oblastmi různě proudícího vzduchu se silněji vlní a vznikající víry, tedy tlakové níže a výše, se jen neochotně podřizují obvyklému proudění od západu na východ.

Počasí a podnebí v budoucnosti je sice nejisté, ale určitě bude o dost jiné. [58] Jeho zkoumáním se zabývají *tisíce vědců* ve všech státech světa. Jejich varování si už zkušeni politikové všech demokratických zemí dobře uvědomují a pomalu se snaží vypouštění skleníkových plynů omezovat. Bohužel, zatím příliš pomalu.

[56] Přídavný příkon působený složkami atmosféry kromě vody — přidat k předch. obrázku

[57] série snímků z meteorologické družice

[58] publikace IPCC (světové a národní)



## 8 Tropy a my

[59] Nejnápadnějším projevem zesílených atmosférických procesů jsou určitě tropické cyklóny. Při pohledu ze družice vypadá cyklón uhlazeně, ale na moři či na pevnině je tomu jinak. Cyklón Ofa zasáhl v roce 1990 jednoho únorového rána pobřeží Západní Samoje. Během dvou dní většina rodin ztratila všechno: domy, nábytek a úrodu.

[59] 1,3, fotka, kde Západní Samoa leží.

[60] Cyklón Ofa byl do té doby nejsilnějším zaznamenaným v Tichomoří. Ale už za necelý rok udeřil ve stejné oblasti cyklón Val, ještě silnější.

[60] 4,6

[61] Zesílené vichřice se vyskytují i dále od rovníku, například takto nabrala na rychlosti eroze pobřeží v britském Norfolku. Pojišťovny vyplatily v posledních letech tak ohromné sumy, že musely velmi zdražit pojistné a v některých oblastech se už proti živlům nelze pojistit vůbec.

[61] 7+22

[62] Mění se klima vede také k častějším a výraznějším výkyvům proudění v Pacifiku a ovzduší nad ním. Takový nežádoucí stav je znám pod názvem El Niño, čili Jezulátko. Zvláště silné období El Niño probíhalo právě v uplynulých letech. V tropických pralesích Indonésie, zvyklých na hojnost deště, tehdy nastávají sucha a při nich požáry. V roce 1997 při nich na Borneu vinou dýmu v ovzduší

[62] 35–36, a ještě pokud možno nějaké další požáry

[63] havarovalo i několik letadel.

[63] havarované letadlo

[64] Zatímco v Tichomoří jsou důsledkem sucha v normálně dešti-

[64] 40–41, 42–43

vých oblastech a naopak povodně v pouštích Peru a Chile, v suché oblasti Afriky a Asie se nedostatek vláhy ještě zvýrazňuje. Klesají tak už beztak nedostatečné výnosy obilí a rozšiřuje se hladomor. Odhaduje se, že vyšší teploty sníží v budoucnu produkci pšenice ve Spojených státech. Americká pšenice ale tvoří valnou většinu světových rezerv, které se používají, když je někde neúroda.

65 Největší ohrožení cítí národy, jejichž území leží z velké části méně než jeden metr nad mořskou hladinou. Jde o celé korálové ostrovy a některá plochá pobřeží Asie. Ještě stále jsou některé z nich pozemským rájem. Ale při vichřici trvající několik dní voda pronikne daleko do vnitrozemí. Kam ze zničeného ráje jeho obyvatelé odejdou? A i když se jich do Evropy, Spojených států a Austrálie vejdou desítky miliónů, jak se budou cítit? 65 45–47

66 I bohaté oblasti mírného pásma však budou mít své problémy. Nejvážnější ohrožení asi představují teplejší zimy i léta, umožňující přežití a rozmnožování nepříjemných živočichů. V Anglii například sledují rostoucí množství krys, které by v budoucnu mohlo vést k nové morové epidemii. V každém případě se počítá s rozšířením tropických chorob na okraj dosavadního mírného pásma — například kožních chorob, malárie nebo žluté zimnice. 66 50–53, 55

## 9 Co dělat?

Pokud vám už připadá globální oteplení jako skutečné nebezpečí, ptáte se asi, jak mu můžeme čelit. Docela účinně, budeme-li

všichni chtít.

[67] Zvlášť u nás je to důležité, protože na jednoho obyvatele připadají u nás největší emise uhlíku mezi státy Evropské unie a zájemců o členství v ní. Více plýtvá jen málo zemí. V těch bohatých a rozlehlých, například ve Spojených státech, je to hlavně [68] vinou automobilové dopravy. Tam totiž připadá téměř jedno auto na obyvatele.

[69] Představte si, co by se stalo, kdyby do stejného stavu dospěla Čína. Dnes tam připadá jedno auto na několik set obyvatel. Její hospodářství se ale prudce rozvíjí a automobilový průmysl především.

Podívejme se blíže na to, kolik uhlíku uvolňují různé státy do ovzduší. U nás je to asi *tři tuny na hlavu a rok*. Větší emise na jednoho obyvatele mají kromě Spojených států nebo Austrálie také některé země těžící ropu, které přebytečný zemní plyn prostě spalují bez užitku, ale i Severní Korea, která zřejmě socialistické plýtvání dovedla ještě dále než naše země. Mnohem bohatší evropské státy se chovají *daleko úsporněji*. Německo se nám blíží vinou své východní části, ale třeba Rakousko, patřící k několika zemím s nejvyšší životní úrovní na světě, spálilo v roce 1995 jen dvě tuny fosilního uhlíku na obyvatele a toto množství dále snižuje. Máme se od tohoto našeho souseda opravdu čemu učit.

Rekordní české emise oxidu uhličitého má zčásti na svědomí zastaralý průmysl. Ale nejen ten. Celá *polovina* oxidu uhličitého u nás

[67] graf: tuny CO2 na hlavu a rok v různých zemích

[68] 67-uzel ve městě, 13-čtyřfronta aut (z diafonu Tropy a my)

[69] počty aut na obyvatele v USA, Evropě a Číně

vzniká kvůli *topení v chladném období roku*. Topení je přitom docela zvláštní věc.

[70] Když jdeme ven do mrazu, tak se teple oblékneme. Nenapadne nás vzít si tenký oblek, pod který navíc fouká, [71] a ozbrojit se termofórem.

[70] člověk v teplém oblečení

[71] člověk zasouvající pod plášť termofór

Běžné domy ale jsou jako *lehké letní oblečení*. Když v nich chceme mít příjemnou teplotu i za mrazu, užíváme místo malého termofóru pořádně velkou soustavu topení, kterou protéká horká voda.

Přitom lze dát každému domu skutečné dobré zimní oblečení. Nejjednodušší je *utěsnit ho*, aby do něj nefoukalo a netáhlo jak komínem. [72] Stačí na to většinou takoveto samolepicí *proužky přenového polyetylénu*, které se umístí na zárubně oken a dveří. [73] Jiné spáry lze *zatmelit*. [74] Komíny, které nejsou zrovna v provozu, je pak nutné uzavřít *těsnými klapkami*. Odměnou je nejen menší účet za topení, [75] ale i konec suchého vzduchu v mrazivých dnech.

[72] těsnění do oken

[73] lepení těsnění

[74] tmelení

[75] vlhkoměr

Takový údaj vlhkoměru, jako 37 %, byste pak už neměli vídat — je-li doma nebo ve škole vlhkost nižší než čtyřicet pět procent, je to nepříjemné a nezdravé. Zvlhčovat vzduch pomocí nějakých dodatečných zařízení je jako vybírat vodu z děravé lodi: sice to pomáhá, ale mnohem rozumnější je loď (stejně jako dům) pořádně utěsnit. I pak lze loď podle potřeby umýt a dům běžně větrat, aby vlhkost v zimě nepřesahovala řekněme šedesát procent.

Jinou úpravou je zlepšení oken. [76] Lze k nim přidat další skleněnou tabuli s nanosenou neviditelnou vrstvou, která je ale *zrcadlem pro infračervené záření*. Nebo doplnit izolační okenici. Protože ale každá další vrstva přeruší zářivý přenos a proudění vzduchu, pomůže i opatření, které zvládne každý sám: [77] nalepit na rám okna průhlednou fólii za tři koruny, a běžné okno hned izoluje alespoň o třetinu lépe. Pokud můžeme užít fólie dvě, propustnost běžného okna se zmenší na polovinu. [76] schémata oken s uvedenými propustnostmi [77] lepení fólie

To je jen jeden příklad, kdy záleží na nás samých. [78] Jiný vidíte na obrázcích — ano, i soustavy na sluneční ohřev vody si montují lidé sami nebo s pomocí přátel. Celou instalaci zvládnou tři lidé za dva dny. Takovou svépomocnou stavbu solárních systémů propaguje u nás Ekologický institut Veronica. Je to projekt, který se slibně rozbíhá, a zúčastnit se jej může i někdo z vás. [78] série dia z montáže solárního systému

V případě slunečních kolektorů nejde o to, jak omezit plýtvání, ale jak využít toků energie v přírodě. Nejdostupnější možností takového druhu je ovšem používat k topení dříví, které by jinak zetlelo v lese. Stačí je přitáhnout a usušit. Znáte jistě rčení o nošení dříví do lesa. Označuje se jím zbytečná práce. Bohužel, dnes je docela běžné, že ve vsi obklopené lesy se topí uhlím. Úsloví, že někdo *vozí uhlí do lesa*, ale naše předky ani nemohlo napadnout. Tak by si přece mohl počínat jen šílenec.

[79] Namítnete asi, že tolik dřeva, kolik byste na zimu potřebovali, nemáte kam dát. V takovém případě je na místě pustit se [79] pohled na dobrou budovu

do nákladnějších opatření. Taková opatření by měla být samozřejmě u nových budov i při opravách starých. [80] Budova by měla obsahovat *dobrou izolační vrstvu*, oddělující teplé prostory od chladného okolí. Náš obrázek záměrně ukazuje izolační vrstvu jako tlustší než nosnou zeď. Tak by to totiž mělo být — přidávání tenkých izolačních vrstev, které je dnes běžné např. při opravách panelových domů, je plýtváním penězi. Až izolace tlustá nejméně patnáct centimetrů, lépe čtvrt metru, přináší skutečně novou kvalitu — a nestojí o moc více.

[80] řez stěnou, kde většinu tloušťky tvoří izolace

[81] Nová okna by měla být vždy *ze tří vrstev*, které by měly být upraveny tak, aby se uvnitř okna téměř vyloučil přenos energie dlouhovlnným infračerveným zářením. Prostřední vrstva nemusí být skleněná — dokonalejší řešení je užít fólii, která je na obou stranách opatřena neviditelnou odraznou vrstvičkou. Vnitřek okna má být naplněn netečným argonem nebo ještě lépe kryptonem a okno pak izoluje šestkrát lépe, než je dnes obvyklé.

[81] superokno

Dobře postavené nebo opravené budovy potřebují na vytápění jen asi desetinu toho množství energie, které je běžné dnes. Vrátili-li se ke dříví, stačí pak na jeden byt asi dva krychlové metry ročně — v takovém případě bychom na topení a ohřev vody opravdu nepotřebovali žádná fosilní paliva.

V dobře izolovaných, těsných a optimálně větraných domech se kromě toho daleko příjemněji bydlí. Jak takových budov bude přibývat, emise oxidu uhličitého mohou klesat.

Možností, jak neplýtvat energií a tím omezovat emise skleníkových plynů, je daleko více. <sup>[82]</sup> Skoro ve všech případech lze stejných výsledků docílit se čtvrtinovou spotřebou energie. Právě o tom se píše ve slavné knize *Faktor 4*, která ukazuje spoustu inspirujících příkladů z praxe. V Evropské unii se dnes mluví stále více o faktoru 10, a i takových příkladů přibývá. Jde jen o to, dále se v tomto ohledu *vzdělávat*. A samozřejmě pak podle toho *jednat*.

<sup>[82]</sup> kniha Faktor 4

Na nás záleží, jaká bude budoucnost. Na mě a na vás. <sup>[83]</sup> <sup>[84]</sup>

<sup>[83]</sup> kniha Global Warming  
<sup>[84]</sup> titulky

.....

## 10 diskuse

Jsem rád(a), že vás náš úvod zaujal. O trochu více informací je k dispozici v brožuře, kterou mají k dispozici vaši učitelé, a kterou si můžete koupit i vy. Jsou tam i odkazy na další literaturu. Pokud vás ale už během představení napadly nějaké otázky, můžete mi je hned položit. Rád(a) vám zkusím odpovědět.

... Nashledanou.

## Zdroje obrázků

Hlavní předlohy obrázků:

- Zkratka *GB1* znamená anglické vydání první zprávy německého parlamentu („German Bundestag“).
- Zkratka *GW* kniku Global Warming. Uvedeno je pak číslo strany.
- *Joos* je jméno autora článku v *Europhysics News* 6/96, pp. 213–218. Uvedeno je číslo obrázku. Obrázky ale jsou k dispozici ve zdrojovém PostScriptovém tvaru na autorově počítači na University of Bern.
- Nejvíce obrázků bude ale převzato bez úpravy ze dvou diafonů Greenpeace

Obrázek pro počítačovou expozici diapozitivu v pražském planetáriu má mít udán rozměr  $7.33 \times 11$  palců a počet bodů ve vodorovném směru má být asi 2000. Takto by měly být připraveny všechny obrázky, které vyžadují počítačové úpravy, nebo budou počítačově vytvořeny.

## Seznam obrázků

1 Titul: Globální oteplení a my



- 2 Slunce se skvrnami
- 3 slunce přes kruhový otvor v desce jen málo osvětluje zem
- 4 slunce přes kruhový otvor osvětluje zem vydatněji
- 5 pohled z horského vrcholu na hory v dálce, vzduch pod horami kalný
- 6 kumuly nad kalnou vrstvou
- 7 vysoké kumuly
- 8 vrstva stratokumulů
- 9 člověk na slunci
- 10 — vešel do stínu
- 11 několik snímků s výsledkem: 2 teploměry ve spektru slunce, 1 ve stínu
- 12 serie o pozorování a fotografování slunečního spektra, na konci detailní foto spektra i s blízkým infračerveným zářením, s vyznačením infračervené části
- 13 Postupně se vykreslující a popisující schéma: sinusovky pro oranž. světlo, všechno světlo, infračervené a UV záření s vyznačenými úsečkami jedné vlnové délky, dole od nich stupnice vlnových

délek.

14 Pohled na skupinu osob a jejich teplotní snímek

15 spirála infrazářiče

16 foto vlákna žárovky

17 graf: Planckova křivka pro Slunce, žárovku a člověka

18 Pohled zevnitř na okno, venku jíní

19 Dům v mraze, infrakamerou zvenku

20 okolí Vener

21 celá Země (místy zatažená) a Venuše, obě ne zcela v úplňku

22 skleník

23 dusík, kyslík, argon a přírodní skleníkové plyny (schémata molekul)

24 mrazivé velehory

25 tropy

26 horká poušť

27 důkladně oblečený člověk na poušti, nejlépe na témže místě

28 obrázky Venuše a pak postupně dalších planet (s fázemi lehce odlišnými od úplňků; zůstávají až do obr. ledových dob)

29 Luna

30 Země

31 cirry

32 Spektrum Země

33 Mars

34 graf: teplota, koncentrace metanu a oxidu uhličitého za 160 tisíc let — zůstává do konce kapitoly

35 bublinky v ledu

36 důl a továrna s komíny, zůstává dále

37 graf růstu koncentrace oxidu uhličitého

38 ropné pole, rafinerie, zůstávají dále

39 oxidace metanu (obrázek molekul)

40 Emise a růst obsahu uhlíku v ovzduší; další obr. se přidávají až do růstu teplot

41 schéma: účinnosti skleníkových plynů

- 42 schémata molekul freonů
- 43 i účinnosti freonů
- 44 růst teploty v uplynulých 600 letech
- 45 teploty za 30000 let
- 46 67, 2–4, 7–8
- 47 10–13, 22, 25
- 48 41–51
- 49 38–39, 52–56, 5
- 50 60–62
- 51 63
- 52 68, „Velký ohřívač“
- 53 70
- 54 série obrázků povodně 1997
- 55 schéma zářivých toků; zůstává až do obr. snímků z družic
- 56 Přídavný příkon působený složkami atmosféry kromě vody —  
přidat k předch. obrázku

- 57 série snímků z meteorologické družice
- 58 publikace IPCC (světové a národní)
- 59 1,3, fotka, kde Západní Samoa leží.
- 60 4,6
- 61 7+22
- 62 35–36, a ještě pokud možno nějaké další požáry
- 63 havarované letadlo
- 64 40–41, 42–43
- 65 45–47
- 66 50–53, 55
- 67 graf: tuny CO<sub>2</sub> na hlavu a rok v různých zemích
- 68 67-uzel ve městě, 13-čtyřfronta aut (z diafonu Tropy a my)
- 69 počty aut na obyvatele v USA, Evropě a Číně
- 70 člověk v teplém oblečení
- 71 člověk zasouvající pod plášť termofór
- 72 těsnění do oken

73 lepení těsnění

74 tmelení

75 vlhkoměr

76 schémata oken s uvedenými propustnostmi

77 lepení fólie

78 série dia z montáže solárního systému

79 pohled na dobrou budovu

80 řez stěnou, kde většinu tloušťky tvoří izolace

81 superokno

82 kniha Faktor 4

83 kniha Global Warming

84 titulky

## O představení

### **Globální oteplení a my**

je název pořadu, který připravila Hvězdárna a planetárium Mikuláše Koperníka v Brně  
ve spolupráci se Společností pro trvale udržitelný život.

V planetáriu si při něm uvědomíte, že teplota povrchu Země i jiných planet závisí především na síle tzv. **skleníkového jevu**. Dozvíte se, jak měníme složení ovzduší, a pochopíte, že podnebí se bude čím dál výrazněji měnit a že už dnes je jiné než před deseti lety.

Bude-li vám pak připadat, že na tak závažnou věc je nutné důrazně reagovat, nabídneme vám možnosti právě pro vás: **co můžete sami dělat, abyste svůj vlastní podíl na oteplování Země hned a podstatně začali snižovat.**

Představení trvá padesát minut. Zájemci si pak mohou vzít leták, shrnující podstatné informace, případně si koupit podrobnější brožurku zahrnující i scénář pořadu (pro učitele je zdarma). Další informace jsou dostupné elektronicky na

<http://amper.ped.muni.cz/gw>

Pořad, kterým provází autor scénáře Jan Hollan, vznikl za finanční podpory **Ministerstva životního prostředí** České republiky a **Nadace Partnerství** a s využitím podkladů poskytnutých **Greenpeace** Česká republika.

## Zdroje informací použité v pořadu:

Několik diagramů je převzato od Fortunata Joose  
z Univerzity v Bernu  
(<http://www.climate.unibe.ch/~joos/publications.html>),  
další jsou z dat, která programem GENLN2 spočítala Helen Brindley  
z Hadleyova centra Britské meteorologické služby  
(<http://www.meto.govt.uk/sec5/sec5pg1.html>)  
a z dat dostupných na  
<http://www.ngdc.noaa.gov/paleo/pubs/mann1998/frames.htm>  
<ftp://ftp.ngdc.noaa.gov/paleo/icecore/antarctica/vostok/>  
<ftp://medias.meteo.fr/paleo/icecore/greenland/summit/grip>

Schéma oceánských proudů je z knihy **John Houghton: Globální oteplování**

(překlad Květa Jeníková a prof Ing. Jan Jeník, CSc.,  
vydala Academia, Praha 1998,  
originální vydání **Global Warming: The Complete Briefing**  
Lion Publishing, Oxford 1995 )

Dále byla rozsáhle využita první a třetí zpráva  
**Enquetekommission Vorsorge zur Schutz der Erdatmosphäre**  
Spolkového sněmu Spolkové republiky Německo

a zpráva Mezivládního panelu pro změnu klimatu **Climate Change 1995**

(viz též <http://www.ipcc.ch>)

Elektronické informace o pořadu,  
o globálním oteplování



a o tom,  
jak může každý omezovat svůj podíl  
na růstu skleníkového jevu  
jsou dostupné na  
<http://amper.ped.muni.cz/gw>  
a  
<http://www.veronica.cz>