

Vzdělávání pro udržitelný rozvoj pro jihomoravská centra EVVO

reg. č. CZ.1.07/3.2.04/05.0084

Vzdělávací modul:
Ochrana klimatu

Vzdělávací materiál pro účastnice a účastníky



Připravil:
ZO ČSOP Veronica

ZO ČSOP Veronica
Brno 2015



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Vzdělávací modul: Ochrana klimatu

Vzdělávací materiál pro účastnice a účastníky

Připravila: ZO ČSOP Veronica (Ekologický institut Veronica)
Panská 9, 602 00 Brno,
www.veronica.cz

Dokument je elektronicky dostupný na adrese www.veronica.cz/klima, kde je i doplňující metodický materiál pro lektorky a lektory.

Materiál vznikl v rámci projektu „Vzdělávání pro udržitelný rozvoj pro jihomoravská centra EVVO“, reg. č. CZ.1.07/3.2.04/05.0084. Projekt je spolufinancován z Evropského sociálního fondu a státního rozpočtu České republiky.

Neprošlo jazykovou korekturou

Obsah

1 Úvod.....	5
2 Skleníkový jev.....	6
2.1 Sálání.....	6
2.2 Sálání atmosféry na zem.....	7
2.3 Sálání Země do vesmíru.....	9
2.4 Kdyby nebylo skleníkových plynů... ..	9
2.5 Dávné změny skleníkového jevu – rozhodoval oxid uhličitý.....	9
2.6 Střídání ledových a meziledových dob.....	10
2.7 Co se stalo se složením ovzduší za poslední staletí?.....	11
2.8 Jaký má změněné složení atmosféry vliv na tepelné toky.....	15
3 Globální oteplování a klimatická změna.....	20
3.1 Oteplování není rovnoměrné, na ovzduší z něj připadá nejméně.....	21
3.2 Klimatická změna.....	25
3.3 Extrémně horká léta a sucho.....	26
3.4 Přívaly vod, ba i sněhu.....	28
3.5 Led a moře.....	29
4 Další dopady klimatické změny.....	33
4.1 Stoupání mořské hladiny úhrnné.....	33
4.2 Hurikány a vzestup hladiny působený větrem.....	36
4.3 Extrémně velké srážky.....	36
4.4 Sucho.....	36
4.5 Nebývalá proměnlivost stavů počasí.....	37
4.6 Migrace z nejvíce postižených chudých zemí.....	37
5 Jak se na klimatickou změnu adaptovat.....	38
5.1 Co si počít se zhoršenou dostupností vody.....	39
5.2 Záchody, které neškodí.....	40
5.3 Kde brát vodu.....	41
5.4 Jak vodu přežít.....	42
5.5 Jak čelit horku.....	42

5.6	Kroupy, holomrazy.....	43
6	Hlavně ale: jak je zbrzdit či se jim vyhnout: mitigace.....	44
6.1	Zdroje přidaného oxidu uhličitého.....	44
6.2	Metan, oxid dusný, halogenované uhlovodíky, saze.....	46
6.3	Co je to mitigace a co IPCC.....	47
6.4	Dohody o ochraně klimatu.....	48
6.5	Vize razantní ochrany klimatu, „bezuhlíkové společnosti“	50
7	Co má dělat každý z nás.....	51
7.1	Hospodaření s vodou.....	51
7.2	Přirozené hospodaření s teplem a chladem.....	52
7.3	Clonění oken.....	53
7.4	Stavět a opravovat pořádně: pasivně.....	53
7.5	Necestovat neudržitelně.....	55
7.6	Jezme jako před sto lety.....	56
8	Závěr.....	57
9	Informace o lektorech.....	58
10	Odkazy.....	58
10.1	Doporučené internetové stránky.....	58
10.2	Vědecké odkazy z textu.....	59

1 Úvod

Cílem vzdělávacího modulu *Ochrana klimatu* je seznámit účastníky s tématem, které je zcela zásadní pro to, aby se vývoj u nás i a v celém světě dostal co nejdříve na trajektorii, která by mohla být udržitelná, a umožnit budoucím generacím život srovnatelně kvalitní, jako je ten náš. Úkolem kurzu je získání základních znalostí, informací a kompetencí v oblasti ochrany klimatu. A také, snad především, získání velké a trvalé motivace se jí po zbytek života věnovat. Jak svým vlastním, patřičně upraveným způsobem života, tak i působením na své posluchače, přátele, obec.

Téma kurzu je ohromně široké. Nicméně jeho podstatnou část lze vystihnout slovy: *jednoduchá fyzika v běžném životě*. Bohužel, takovou jednoduchou fyziku, která pomáhá pochopit jevy, které se kolem nás stále dějí a na nichž jsme závislí, ve školách stěží probírají.

Modul proto vysvětluje: Co to je skleníkový jev, jak je veliký (ohromně...) a čím je působený. Jak se zesílil a jak roste. K čemu jeho nárůst vede: k *oteplování Země*. Proč skleníkový jev sílí a ještě sílit bude: vinou spotřeby fosilních paliv. Objasňuje, že oteplování globální a regionální jsou hlavní příčiny komplexu, který označujeme slovy *klimatická změna*. Další faktory působící na tuto změnu: aerosoly ze spalování (velký vliv), změna využití krajiny (malý vliv). Jaké jsou přírodní vlivy na stav klimatického systému. Jak se jeho stav mění a bude měnit, jaké jsou dopady těchto změn. Čemu se již nelze vyhnout (a máme se na to adaptovat). Jaké jsou cesty k tomu, aby emise skleníkových plynů přestaly růst a pak klesaly k nule. Co se označuje jako mitigace. Jak moc to spěchá. Probírá vizi zerocarbonbritain.org – společnosti, která skleníkový jev už nezesiluje. Koncept udržitelného rozvoje, neudržitelnost dnešní spotřeby. Co může dělat každý, aby svůj příspěvek k oteplování minimalizoval. Co může a má dělat obec, firma, stát, EU, OSN. Ukazuje dobré a špatné příklady. Kde jak plýtváme, jak s tím přestat.

Porozumět fyzikálním základům a aspektům klimatické změny a fyzikálním možnostem jejího úmyslného, významného zpomalení (k zastavení už dojít nemůže), to má být pak oporou pro diskusi o morálních aspektech ochrany klimatu. Ty má mít na vědomí každý a řídit se podle toho. Kurs má vést k tomu, že je budeme brát velmi vážně a že se toho nebudeme bát: radikálně snížit spotřebu fosilních paliv a produkci látek působících oteplování totiž lze. Aniž bychom upadli do bída. Vyžaduje to ale celospolečenské odhodlání a zodpovědné lídry. Bohaté národy už srovnatelnou krizi řešily, když se začaly bránit německému a japonskému útoku za 2. světové války. Změnily tehdy rychle své továrny, snížily osobní spotřebu, zásobovaly i Rudou armádu. A válku vyhrály. Teď je úkol těžší, spolupracovat musí všechny státy, a to ne jen několik let, ale celé století. Jen tak mohou zachránit civilizaci.

Česká úloha přitom není menší než třeba anglická nebo portugalská. I když nemáme historickou vinu za rozvrat afrických zemí a ztrátu původních kultur Číny a Indie. Nebohatlí jsme díky koloniím, ale jen díky obrovské spotřebě fosilních paliv. Až v posledních desetiletích naše spotřeba roste i dovozem sóji pro dobytek a levných výrobků z Asie.

Nicméně je naším úkolem dát nový, dobrý příklad zemím rozvojovým: spotřebu lze hodně snížit a přitom žít lépe, zdravěji, veseleji. Samozřejmě s použitím technologií, které dříve nebyly k dispozici a které by měly být dostupné všem. Ale dost možná i s přijetím toho, že česká krajina bude opět intenzivně využívána skoro celá, do značné míry ručně a obyvatelstvem, které k nám přijde ze zemí, kde už přestalo být možné žít...

(Ještě poznámku k tomu, odkud tento text čerpá některé obrázky a popisky, aniž by to vždy výslovně říkal: jde o nedávno vydanou knížku Tomáše Milěře a Jana Hollana, *Klima a koloběhy látek*; v ní jsou uvedeny podrobněji i zdroje dat obrázků atd. Knižka je dostupná na adrese <http://amper.ped.muni.cz/gw/aktivity>. Níže uvedené kapitoly se snaží témata stejná či navazující vysvětlit jednodušeji, i pro čtenáře bez větších znalostí přírodních věd.)

2 Skleníkový jev

Proč se v posledním půl století rychle mění klima? Protože zesílil skleníkový jev. Jak moc zesílil? A jak je vlastně silný?

Zde je kámen úrazu. Málokde se dočtete nebo doslechnete, co to vlastně ten skleníkový jev je. Natož jak je veliký. Přitom to ale není tak složité... Onen jev spočívá v tom, **že dolů na zem sálá nejen Slunce, ale také sama zemská atmosféra.**

2.1 Sálání

Sálá... co to je? **Sálání, to je pěkné české slovo pro děj, kdy látka vydává elektromagnetické záření vlivem toho, že má nenulovou teplotu. Rozuměj absolutní teplotu**, měřenou v kelvinech, které jsou totožné se stupni Celsia. Rozdíl absolutní a Celsiovy teploty je jen v tom, odkud se počítá. Celsiova od bodu mrazu, absolutní teplota od hodnoty $-273,15\text{ }^{\circ}\text{C}$. Sálání s teplotou¹ silně roste, je úměrné její čtvrté mocnině. Kachle s teplotou 300 K čili $17\text{ }^{\circ}\text{C}$ sálá $1,3^4$ × méně než kachle s teplotou 390 K, to je skoro 3× méně.²

Ne všechny látky ale významně sálat dokáží. Kdyby byl vzduch složen jen z dusíku a kyslíku, tak by při teplotě 200 K ani 300 K nic nevyzařoval.³ Za to, že naše atmosféra dokáže sálat, vděčíme jen jejím některým příměsím, konkrétně molekulám o větším počtu

1 Použití zkratky jednotky kelvin, K pro teplotu, neudáme-li nic dalšího, znamená, že jde o absolutní teplotu. Absolutní proto, že nic nemá teplotu nižší než 0 K. Značku K je ale vhodné užívat také pro rozdíl teplot, je to jednoznačné a krátké. Nemůže dojít ke zmatení, o jaké „stupně“ jde; v Evropě pochopitelně slovo Celsia běžně vynecháváme, neb ty druhé stupně, Fahrenheita, neužíváme. Američan ale pod slovem *degrees*, týká-li se teploty (a ne úhlu) rozumí právě ty. $1\text{ }^{\circ}\text{F} = 5/9\text{ K}$.

2 Ta vrstva sluneční atmosféry, z níž k nám přichází naprostá většina sálání slunečního (polovina tohoto sálání spadá do oblasti viditelného záření), má absolutní teplotu skoro 6000 K. Z metru čtverečního oné vrstvy, fotosféry odchází tedy asi $160\,000$ × více záření (jde o poměr 20^4) než ze zdi teplé 300 K. Kromě toho je to hlavně záření 20× kratších vlnových délek, kromě světla a ultrafialového záření je to záření krátkovlnné infračervené. **Záření předmětů kolem nás i našeho ovzduší je tzv. dlouhovlnné infračervené.** Dělitko mezi krátkovlnnou a dlouhovlnnou oblastí je vlnová délka 3 μm . Pod ní převažuje sluneční sálání, nad ní sálání pozemské.

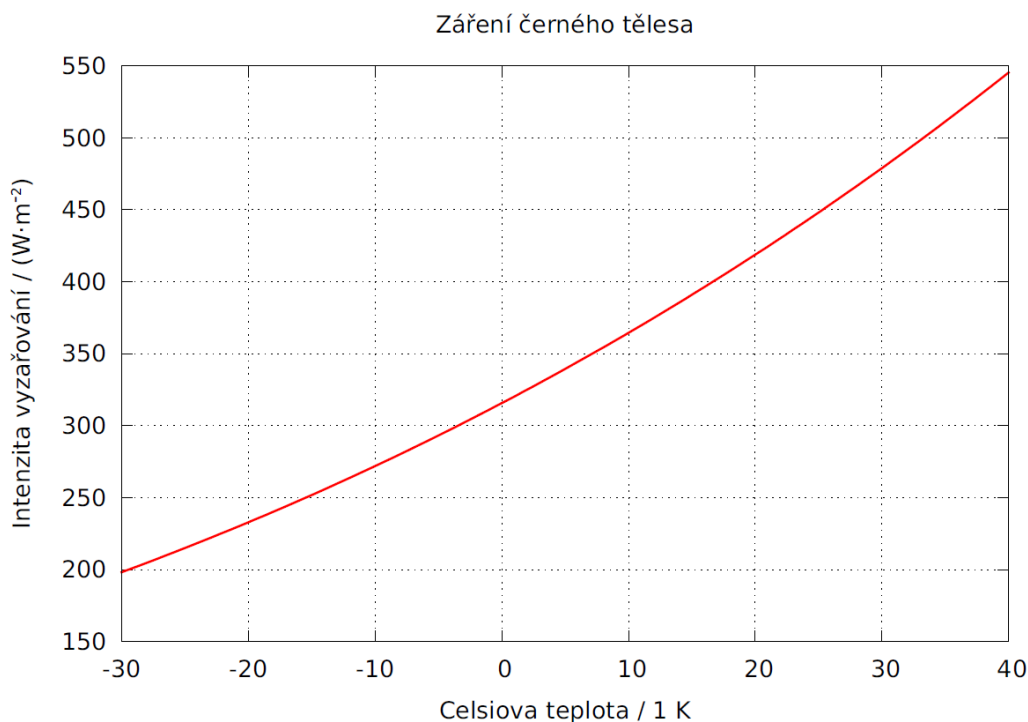
3 Podobně se chová extrémně řídký ionizovaný vodík ve vesmíru, pokud má teplotu milión kelvinů – zůstává pořád horký, protože se prakticky neumí ochlazovat vyzařováním. Neprobíhají v něm takové pochody, které by mohly vyslat foton a snížit kinetickou energii komponent vodíku, totiž protonů a elektronů. Chovala by se tak i řídká oblaka velmi chladného vodíku neutrálního, nebýt příměsí prachu a molekul obsahujících i jiné atomy než vodík.

atomů než 2. Jde o především o vodní páru, **oxid uhličitý, metan, oxid dusný a ozón. Molekuly, které dokáží sálat, označujeme jako skleníkové plyny.**

Jejich koncentrace v ovzduší je ale malá, a tak sálání ovzduší dolů na zem nepochází většinou z nejnižších desítek a stovek metrů, ale až z vrstvy vzduchu o tloušťce několika kilometrů. S výškou ovšem teplota ovzduší obvykle klesá, průměrně je to o 6 K na kilometr výšky, takže většina atmosférického sálání na zem pochází ze vzduchu o dost chladnějšího, než je zemský povrch.

2.2 Sálání atmosféry na zem

Kvantitativně lze atmosférické sálání na zem popsat s využitím pojmu efektivní teplota. **Atmosférické sálání na zem činí, v globálním průměru, třetinu kilowattu na metr čtvereční.** Tak by sálalo tzv. absolutně černé těleso s teplotou 4 °C, čili 277 K, viz obrázek.



Obrázek 2.1: Intenzita vyzařování (angl. radiant exitance) „černého tělesa“ v závislosti na jeho Celsiově teplotě. Dle [Stefanova-Boltzmannova zákona](#) činí $5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \text{ K}^{-4} T^4$, kde T je absolutní teplota, tedy Celsiova teplota + 273,15 K. ([zdrojový skript](#))

Oněch 333 W/m², to je velikost skleníkového jevu vztaženého na metr čtvereční. Zemský povrch sálá ovšem více, protože je teplejší, v průměru vyzařuje téměř 400 W/m², což odpovídá teplotě 16 °C. Většina tohoto sálání směrem vzhůru je ovzduším pohlcena, jen pět procent (kolem 22 W/m²) odejde rovnou do vesmíru. Další teplo se z povrchu Země, především z oceánů, dostává ve formě vodní páry (ta pak v ovzduší z kondenzuje, čímž jej ohřeje, a jako déšť a sníh se vrací na povrch) a za slunných dní také formou stoupajícího ohřátého vzduchu, zejména nad kontinenty. Bilance takových tepelných toků, probíhajících jinak než zářením, činí téměř sto wattů na metr čtvereční směrem z povrchu vzhůru.

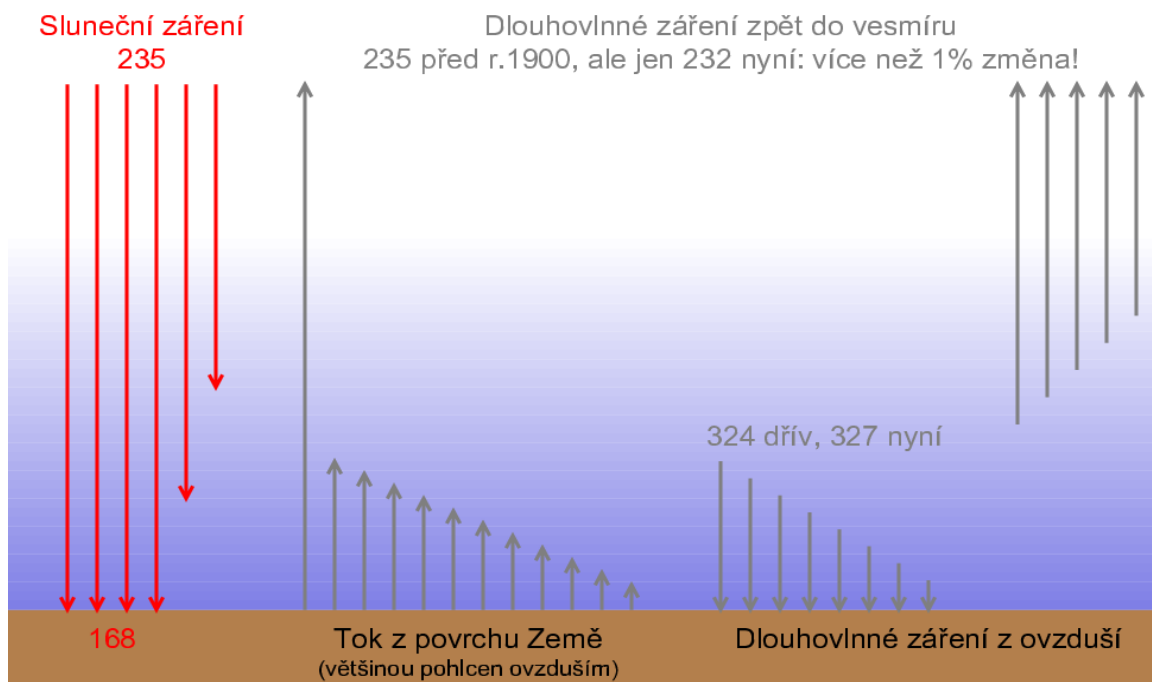
Vidíme tak, že směrem vzhůru odchází více tepla, než poskytuje skleníkový jev. Je snadné přijít na to, odkud je odcházející teplo doplňováno: je to **slunečním zářením**. Toho pohlcuje zemský povrch na **sto šedesát wattů na metr čtvereční**.

Zdá se to málo... vždyť **plné slunce poskytuje celý jeden kilowatt na metr čtvereční**. Jenže ono není pořád rovnou nad hlavou, ani není pořád jasno. Země vystavuje Slunci jen „kotouč“, zatímco má tvar koule. Obsah, čili velikost povrchu koule je čtyřnásobkem obsahu kruhu, kotouče. Kromě toho třicet procent slunečního záření Země vrací do vesmíru, hlavně vlivem mraků, zasněžených oblastí a pouští.

Nyní už můžeme říci, ***jak je skleníkový jev silný v porovnání se slunečním ohřevem zemského povrchu: je dvakrát silnější! Je to tedy jev mohutný, zcela zásadní***, ne jen drobný příspěvek k tepelným tokům určujícím teplotu zemského povrchu.

Schéma, v němž každá šipka znamená 40 W/m^2 a které ilustruje skleníkový jev, je na následujícím obrázku.

Skleníkový jev: tepelný tok / W/m^2 , 1 šipka = 40



Obrázek 2.2: Schéma nynějšího skleníkového jevu daného působením skleníkových plynů s dlouhou životností v ovzduší. Úhrn záření s vlnovými délkami nad $3 \mu\text{m}$, vydávaného ovzduším a dopadajícího na zem je dvakrát větší než úhrn oslunění povrchu Země; díky tomu je průměrná teplota povrchu kolem $16 \text{ }^\circ\text{C}$. Do vesmíru sálají až vysoké vrstvy ovzduší, které jsou velmi chladné. (Texty v obrázku uvádějící nevyváženost toků velkou 3 W/m^2 popisují radiální působení změněné koncentrace skleníkových plynů; atmosféra se ale již významně ohřála, takže sálá více a antropogenní aerosoly mají naopak úhrnný účinek ochlazující, nevyváženost je proto „jen“ jeden watt na metr čtvereční, viz níže v pasáži 2.8.

Jak je patrné, skleníkové plyny mají také tu vlastnost, že sluneční záření (téměř) nepohlcují, zato dlouhovlnné infračervené záření ano. **Skleníkový jev tak můžeme charakterizovat**

také tím, že se ovzduší chová velice různě k různým vlnovým délkám: sluneční záření jím z valné většiny projde až na zem, zatímco dlouhovlnné záření zemského povrchu je téměř všechno pohlceno.

2.3 Sálání Země do vesmíru

Jiný pohled na skleníkový jev lze mít z vesmíru. Odtud jej můžeme popsat tak, že do vesmíru sálají převážně až vysoké vrstvy ovzduší, které jsou velmi chladné. Úhrn sálání Země do vesmíru se pak jeví tak, jako kdyby Země měla teplotu $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$. Úhrn vyzařování do vesmíru není proto větší než úhrn pohlceného slunečního záření. Taková teplota hluboko pod nulou panuje v průměru ve výšce zhruba 5,5 km. A jak už jsme uvedli, o každý kilometr níže je vzduch asi o 6 K teplejší. Na zemském povrchu je proto asi o $5,5 \times 6 = 33$ kelvinů více...

2.4 Kdyby nebylo skleníkových plynů...

Je tedy na povrchu Země o 33 K tepleji, než kdyby skleníkový jev neexistoval? Často se to tak uvádí – že skleníkovému jevu vděčíme za to, že je průměrná přízemní teplota téměř $+16\text{ }^{\circ}\text{C}$ místo $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$. To by ovšem platilo jen za předpokladu, že by celá Země zůstala stejně světlá – nezměnila by se nejen oblačnost, ale ani by nezesvětľal její povrch. Jen by ony tříatomové a větší molekuly ztratily schopnost pohlcovat a vydávat infračervené záření. Nebo by nějak zázrakem zmizely – ovšem až na vodní páru, ta zmizet nemůže, dokud na povrchu planety existuje voda a led.

Pokud by z ovzduší rázem zmizel oxid uhličitý, metan, oxid dusný a ozón, Země by rychle chladla a ubývalo by proto vodní páry v ovzduší. Relativní vlhkost vzduchu by sice zůstávala zhruba stejná, ale s poklesem teploty by klesala vlhkost absolutní, vyjádřená např. jako počet gramů H_2O v kilogramu vzduchu. Tím by skleníkový jev dále slábl. Tempo chladnutí by bylo limitováno jen tím, že oceány představují gigantický tepelný rezervoár.

Kromě toho by se ovšem dělo ještě něco dalšího: dešťové srážky by se měnily na sněhové, zamrzal by i oceán, Země by rychle běhala. Ve výsledku by byla bílou sněhovou koulí. Odrážela by valnou většinu slunečního záření. Čili, **bez skleníkových plynů by se Země ochladila** ne „jen“ o nějakých 33 K, ale ochladila by se třikrát více, o **celou stovku kelvinů** (podrobněji viz závěr textu <http://amper.ped.muni.cz/gw/jev/porovnaní/>).

2.5 Dávné změny skleníkového jevu – rozhodoval oxid uhličitý

Jen jeden plyn je v svém množství obsaženým v ovzduší a oceánech tak vytrvalý, že nakonec určuje, jak silný onen skleníkový jev je – a v důsledku tedy i to, jaká bude teplota povrchu Země. Je to oxid uhličitý. Nerozkládá se slunečním zářením, je to stabilní molekula. Ze systému oceán-ovzduší je trvale odebírán téměř jen zvětváním minerálů⁴, hlavně živců, které se reakcí s dešťovou vodou, v níž je oxid uhličitý rozpuštěný, mění na karbonáty – hlavně na uhličitán vápenatý. Ten se pak ukládá na dno oceánů.

Opačným procesem, kterým je oxid uhličitý do klimatického systému přidáván, je vulkanismus. V posledních miliónech let byly oba procesy téměř stejně vydatné, na dno

⁴ Téměř... malinkatá část uhlíku se v geologickém cyklu ukládá na mořské dno ne ve formě karbonátů, ale jako nezoxidovaný uhlík, přeměněné někdejší živé tkáně různých organismů.

oceánů se ukládala asi desetina gigatuny uhlíku ročně, vulkanismem se desetina gigatuny ročně vracela.⁵

Přesněji vzato, v posledních padesáti miliónech let mírně převažuje odebírání CO₂ zvětráváním, hlavně vlivem vyvrásnění Himalájí srážkou indického subkontinentu s Eurasíí. Koncentrace CO₂ klesaly a Země se ochlazovala. Ochlazování bylo ale zpomalováno tím, že pomalinku rostl výkon Slunce (ten roste už miliardy let a poroste dál).

Na rozdíl od běžného zvětrávání velehor může vulkanismus řádově vzrůst během tisíců let, po dobu statisíců let. Právě to se stalo na konci prvohor i druhohor.⁶ Důsledkem bylo vymírání působené rychlou a obrovskou změnou prostředí (emisemi SO₂, CO₂, kyselými dešti, okyselením oceánu, prudkým oteplováním a změnou klimatu, vzrůstem eroze krajiny bez vegetace a odnosu živin do oceánů, bezkyslíkatými oblastmi v nich), viz více články na skepticalscience.com (Mason 2015a, 2015b).⁷

Koncentrace oxidu uhličitého je tím jediným činitelem, který dlouhodobě určuje teplotu Země. Vzroste-li jeho koncentrace, vzroste i teplota. Obsah metanu a oxidu dusného záleží na jejich produkci v biosféře, která s teplotou roste; v ovzduší se časem rozkládají. Obsah vodní páry se s teplotou ovzduší mění rychle a zcela samozřejmě, neb „do teplejšího vzduchu se jí vejde více“. Jinými slovy, ostatní skleníkové plyny představují vlastně zesilující zpětné vazby. Další zesilující zpětnou vazbou je změna albeda Země: oteplení vede k úbytku sněhu a ledu a ke ztmavnutí tundry, jak se mění v tajgu s tmavými jehličnany.

Naštěstí je to tak, že i když oxidu uhličitého v ovzduší rychle přibude a oteplí se, nevydrží tam všechen věčně. Většina se jej během desetiletí a staletí rozpustí v oceánech. Během desetitisíců a statisíců let pak reaguje se sedimenty na oceánském dně, čímž jej může ubýt, pokud jej do ovzduší nepřibylo příliš, až na někdejší úroveň. A ve škále miliónů let hraje pak roli i to, že zvýšená koncentrace CO₂ znamená i jeho rychlejší odebírání z ovzduší zvětráváním běžných hornin. Klimatický systém Země je tak co možná stabilizován.

2.6 Střídání ledových a meziledových dob

Čtvrtohory, čili epocha posledních 2,5 miliónu let, se vyznačovaly střídáním delších chladných a kratších teplých období. Zprvu v cyklu asi čtyřiceti tisíc let, pak v cyklu zhruba stotisíciletém. Popudu k ochlazování a oteplování dnes zcela rozumíme: šlo o snížené či naopak zvýšené oslunění severních šířek během léta, dané precesí zemské osy a měnicími se odchylkami zemské orbity kolem Slunce od kružnice. Čili tím, zdali je Země během severního léta ve výrazném odsluní nebo naopak přísluní. Je-li tehdy vzdálenost od Slunce

5 Proč „vracela“? Protože v mnoha oblastech světa, kde se mořské dno zasouvá pod jiné litosférické desky (kontinenty či oceánské desky), se karbonáty recyklují, uhlík v nich obsažený se odděluje jako plyn, který pak spolu s vodou pohání explozivní vulkanické děje.

6 Dopad planetky na poloostrov Yucatán ke konci druhohor, to byla zřejmě jen náhoda, která vymírání nezpůsobila, jen mohla podpořit probíhající globální oteplování a vulkanismus. Skutečnou příčinou vymírání na konci křídly byl vulkanismus v oblasti Indie, který vytvořil tzv. [Dekánské trapy](#). Následně se začátkem paleocénu řádově zrychlilo i odčerpávání CO₂ z ovzduší a zásobování oceánu živinami, když obrovská čerstvá čedičová lávová pole v horkém klimatu velice rychle zvětrávala. Viz rozsáhlý přehledový článek o dnešním stavu poznání (Keller 2014).

7 Emise CO₂ z oblastí pod zemskou kůrou Sibíře na konci prvohor byly asi doprovázeny emisemi z ložisek uhlí, které bylo oním vulkanismem zahřáto.

zvláště malá, více sněhu a ledu roztaje než jej přes rok přibude, což vede ke ztmavnutí oblastí kolem polárního kruhu a tedy k jejich oteplení. Na konci poslední doby ledové to vedlo komplikovaným způsobem i k oteplení oceánu kolem Antarktidy a emisím CO₂ z oné oblasti (rozpuštěnost oxidu uhličitého je vyšší ve vodě studené, pokud se oteplí, plyn z vody uniká, jak známe z teplajících sodovek či piv). Tím se zesílil skleníkový jev po celé planetě a ta se oteplila o čtyři či pět kelvinů. Podstatnou roli v tom hrály i již probírané zpětné vazby zesilující oteplující účinek zvýšené koncentrace oxidu uhličitého.

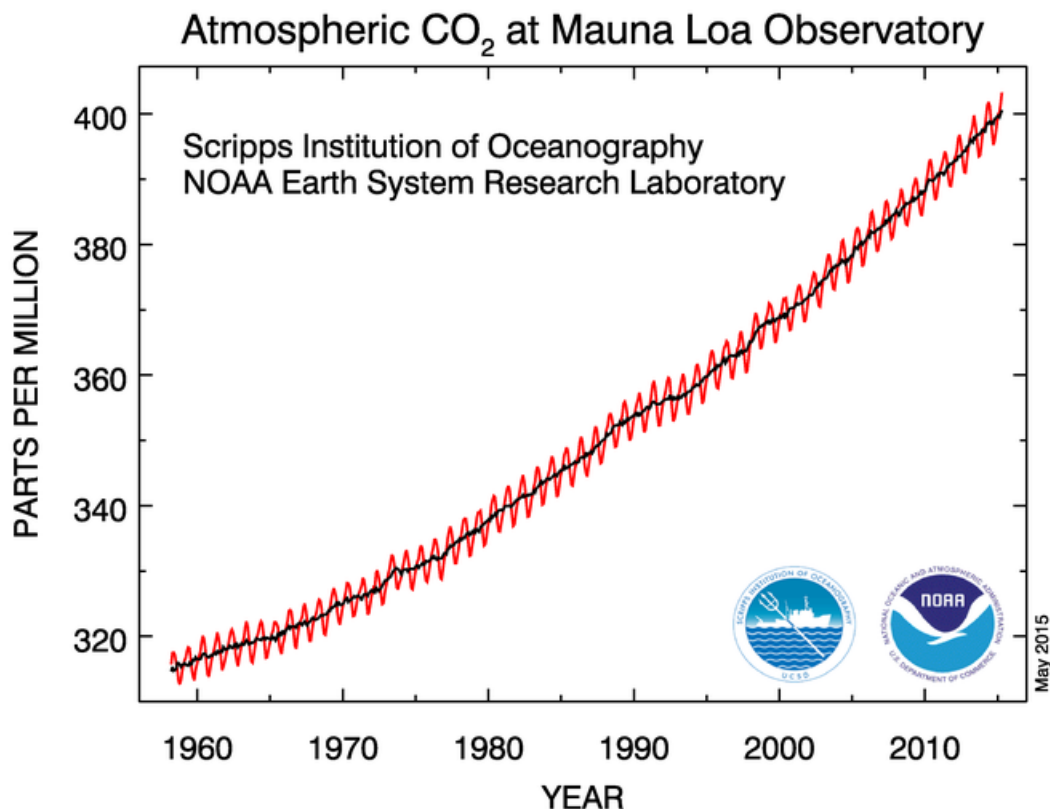
Oteplení z poslední doby ledové do doby poledové nazývané holocén mělo tedy astronomickou příčinu, která vedla ke vzrůstu obsahu CO₂ v ovzduší. Ochlazení na konci minulé meziledové doby mělo obdobnou astronomickou příčinu: přibývání sněhu a ledu ve vysokých severních šířkách, pokles teplot tam, rozpouštění oxidu uhličitého v chladnějším oceánu a následné celoplanetární ochlazování. Momentální *globální* teplotní odchylka byla přitom vždy těsně a příčinně svázána s momentální koncentrací CO₂.

2.7 Co se stalo se složením ovzduší za poslední staletí?

Skleníkových plynů v něm hodně přibylo. A to především proto, že jsme začali užívat fosilní paliva a těžili a spalovali jich stále více, což pokračuje. Neoxidovaný uhlík uložený pod povrchem kontinentů (či v případě ropy a zemního plynu i pod dnem moří) nyní přeměňujeme na oxid uhličitý. Zatímco v geologickém cyklu zmíněném výše je vulkanismem ročně do ovzduší přibude asi 0,1 Gt a sedimentací na dno oceánů ubude rovněž 0,1 Gt, užíváním fosilních paliv jej ročně přidáme 10 Gt. Je to zřejmě tempo podobné, jako to na konci prvohor, které vedlo k vymření naprosté většiny druhů. Rozdíl je ale v tom, že tehdejší koncentrace oxidu uhličitého byly vyšší. Tempo oteplování přitom není dáno absolutním přírůstkem množství skleníkových plynů, ale přírůstkem relativním, např. o kolik procent za desetiletí.

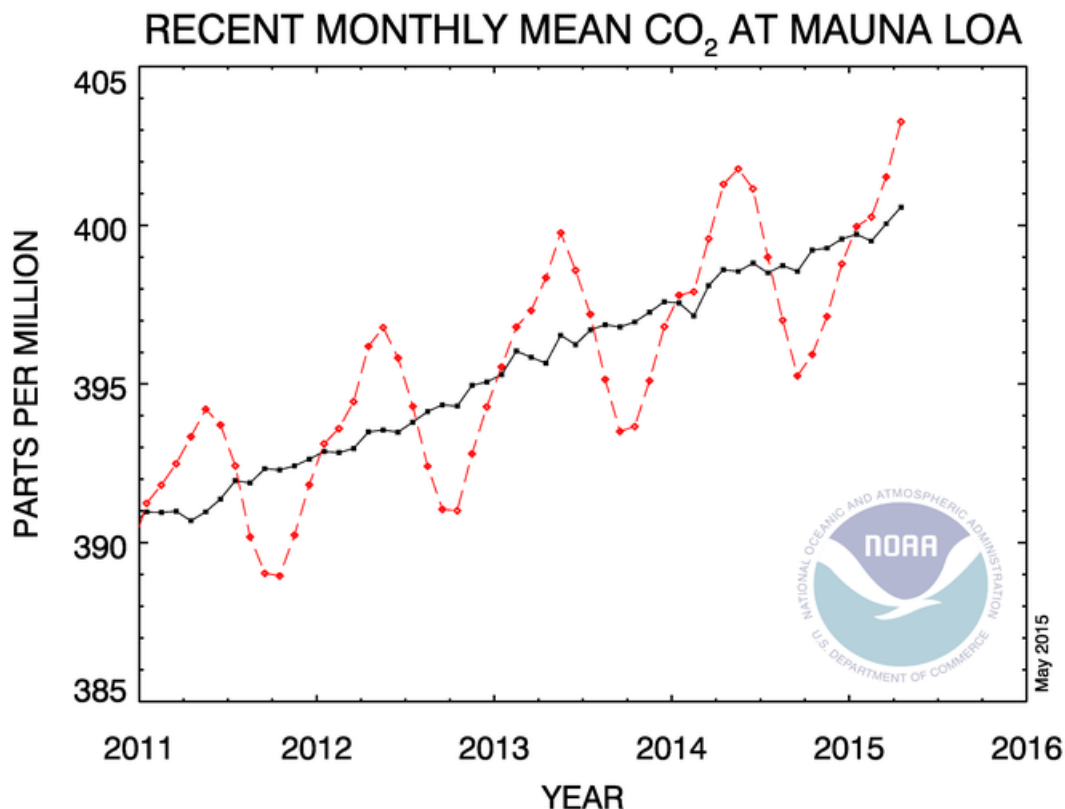
Koncentrace CO₂ ve vzduchu nad oceány v roce 1994 byla, globálně průměrovaná, 357 ppm, v roce 2004 377 ppm, v roce 2014 už 397 ppm.⁸ Růst tedy činí 5 % za desetiletí. Nejreprezentativnější měřicí stanicí, fungující už od roku 1956, je observatoř na hoře Mauna Loa na Havaji, „uprostřed Pacifiku“. Ježto je na severní polokouli, odkud pochází valná většina emisí, jsou její údaje trošku vyšší než je globální průměr, jako by byly „o rok napřed“. Vlnovka zobrazující měření z Havaje se nazývá Keelingova křivka (graf pak Keelingův graf), podle vědce, který přesné měření vyvinul a pak desetiletí vedl, Charlese Davida Keelinga.

⁸ **ppm** je značka pro jednu milióntinu. Je to obdoba značky promile, ‰, označující jednu tisícinu (a ovšem značka ‰). 1000 ppm = 1 ‰. Pro udávání koncentrace metanu a oxidu dusného se užívá další značka, ppb, která má ovšem nevýhodu své závislosti na jazyku – je to jedna miliardtina; Američané ovšem miliardě říkají bilión. V češtině je lepší se slovu bilión, které u nás označuje ne 10⁹, ale 10¹², vyhnout, a říkat místo něj *tisíc miliard*. Vidíte-li či slyšíte-li kdykoliv bilión nebo trilión, neopakujte to bez rozmyslu, zvažte, o jaký desítkový řád skutečně nejspíš jde.



Obrázek 2.3: Koncentrace oxidu uhličitého ve výšce 3,4 km nad Pacifikem, na Havaji. Vyjadřuje se v počtu molekul v miliónu molekul vzduchu. Převzato ze stránky <http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/mlo.html>, kde vždy najdete aktualizovaný graf.

Tomu, proč Keelingova křivka stoupá, jistě rozumíme. Ale proč jde o vlnovku? Je to proto, že na severní polokouli je hodně pevnin, jejichž vegetace na jaře a v létě narůstá. Po celý rok ale probíhá dýchání všech organismů, zahrnující i rozklad odumřelé biomasy. To většinu měsíců převažuje, jen během tří letních měsíců je akumulace uhlíku do biomasy rychlejší než jeho oxidace. Sezónní maximum koncentrace nastává v květnu, minimum v září či v říjnu.

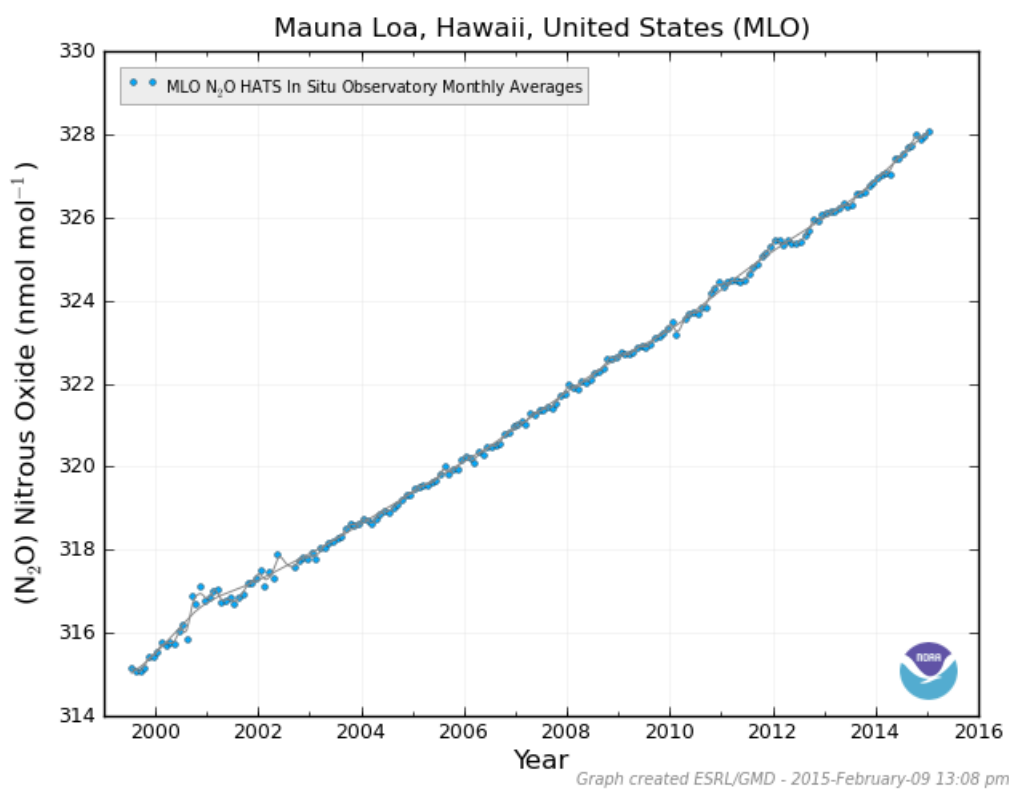
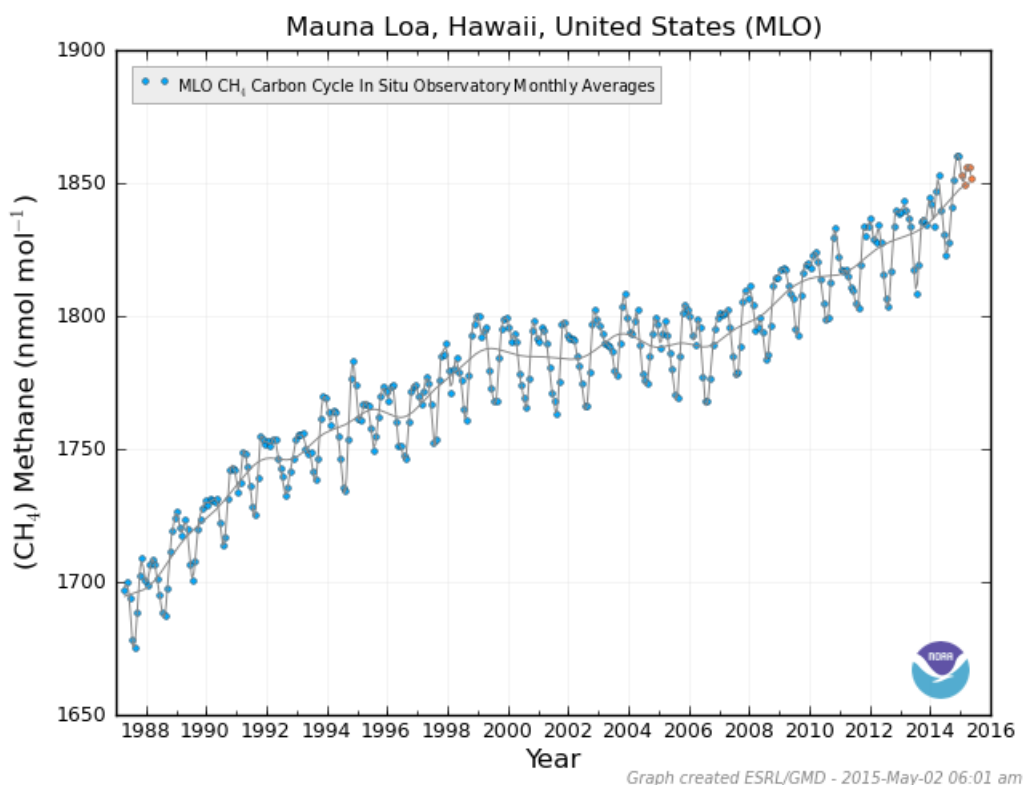


Obrázek 2.4: Průměrné koncentrace oxidu uhličitého nad Havají pro jednotlivé měsíce, graf končí dubnem 2014. Opět převzato ze stránky www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/mlo.html.

Dalšími důležitými skleníkovými plyny, které byly v přírodě vždy, ale nyní jich přibylo, jsou metan a oxid dusný. Koncentrace metanu má též sezónní cyklus. Pokles během léta je dán tím, že větší oslunění severní polokoule vede k větší koncentraci radikálu OH, který zajišťuje většinu oxidace metanu na CO₂ a H₂O. Nebýt antropogenní produkce, vrátily by se koncentrace metanu z nynější téměř 1,9 ppm během desítek let zpět na přírodní úroveň činící asi 0,7 ppm. Porozumění koncentracím metanu je menší než v případě oxidu uhličitého. V letech 1999 až 2007 prakticky nerostly. Mohlo to být dáno tím, že ubylo případů, kdy je při těžbě ropy metan (zemní plyn) vypouštěn bez spálení do ovzduší a naopak přibylo případů, kdy se jímá a využívá. Nyní produkce metanu opět roste, a tím i jeho koncentrace. Je to hlavně vinou těžby paliv, chovu přežvýkavců a pěstování rýže v umělých mokřadech. Může to být i oteplováním přírodních mokřadů – produkce metanu v nich s teplotou stoupá.

Oxid dusný sezónní cyklus nevykazuje, odbouráván je hlavně ve stratosféře rozkladem na dusík a kyslík působením UV záření. Poločas rozkladu N₂O je delší než sto let. Hlavním antropogenním zdrojem, který zatím stále sílí, je užívání dusíkatých hnojiv (oxid dusný se pak uvolňuje z půd). Přírodní koncentrace N₂O v holocénu byla 0,27 ppm, nyní se blíží 0,33 ppm.

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

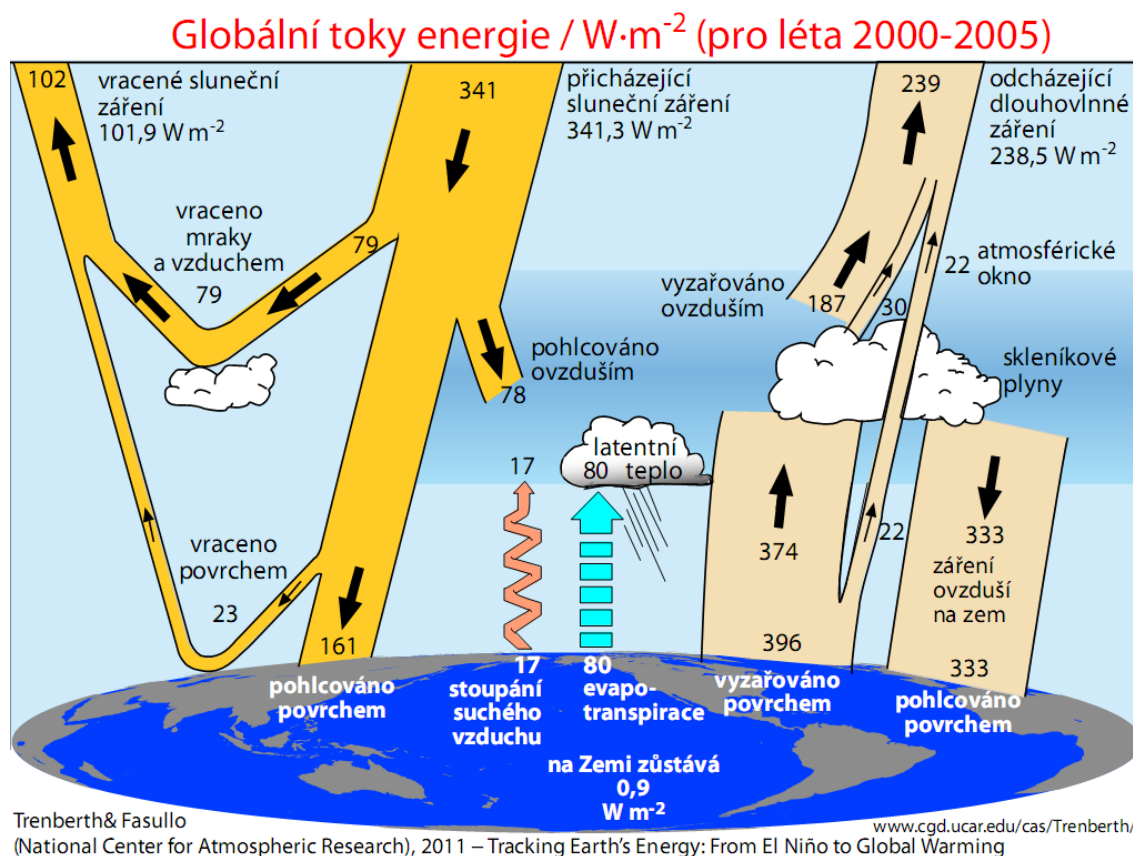


Obrázek 2.5: Koncentrace metanu má též sezónní cyklus, koncentrace oxidu dusného ne.

Jak porozumět tomu, že větší koncentrace skleníkových plynů vede k ohřívání Země? Vlivem zvýšené koncentrace skleníkových plynů se nyní do vesmíru dostává až záření z ještě vyšších vrstev než dříve, protože prostupnost ovzduší pro ono záření se snížila. Vyšší vrstvy jsou ale vrstvy ještě chladnější, čili sálají méně. Oteplování Země skončí, až i ony dosáhnou takové teploty, aby sálání do vesmíru bylo opět stejně velké jako příkon pohlcovaného slunečního záření.

Dobrá, víme proč se ze Země do vesmíru dostává méně záření než dříve. Ale jakým mechanismem roste teplota samotného zemského povrchu? Opět jde o posun oblasti, z níž záření na zem přichází. Posunula se dolů, a je tedy nutně teplejší, sálá dolů více.

Samozřejmě, ve skutečnosti se Země za poslední století notně ohřála a v důsledku toho přibylo vodní páry v ovzduší (to je zpětná vazba zesilující skleníkový jev) a ztmavly oblasti kdysi zasněžené. To jsou vlivy oteplování. Ale tím, že teplota Země vzrostla, její sálání do vesmíru není zmenšené tak moc, jako by odpovídalo samotnému radiačnímu působení. Úhrnná bilance je taková, že si Země ze slunečního příkonu ponechává necelý jeden watt na metr čtvereční. Složitý obrázek všech tepelných toků ovzduším začátkem tisíciletí, vztažených na metr čtvereční zemského povrchu, je tento:



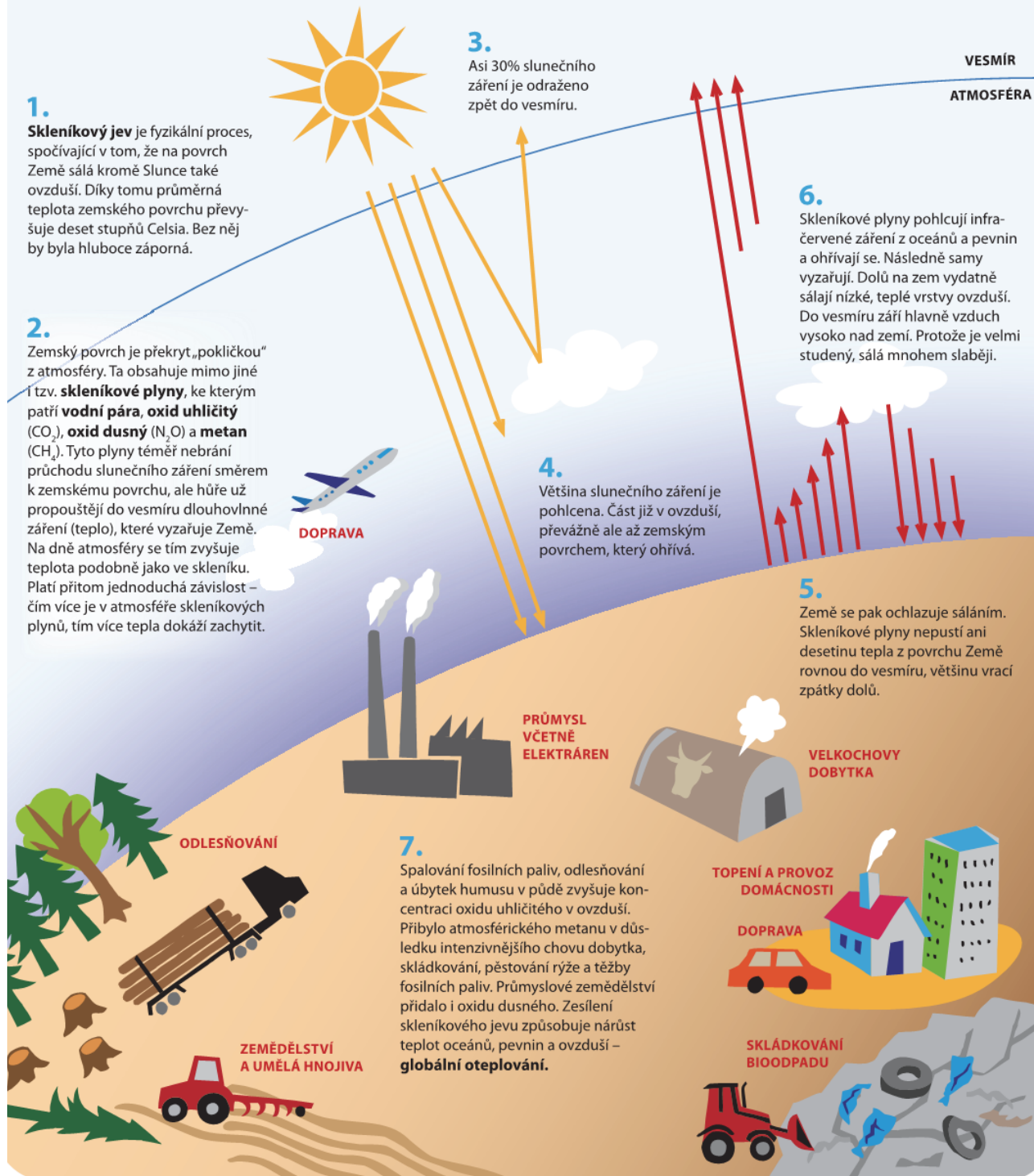
Obrázek 2.7: Toky energie ovzduším Země, bráno globálně (Trenberth a Fasullo 2011).



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Skleníkový jev, jak už jsme probrali, je opravdu velice silný. A proto i jeho malá změna, kterou lidstvo způsobilo, vede k oteplování tempem, které velmi pravděpodobně nemá v geologické minulosti Země obdoby. Posuzováno z tohoto hlediska, ona změna – konkrétně zesílení – skleníkového jevu není zas tak malá. Je bezprecedentní. Viz i následující plakáty.

Schéma skleníkového efektu a zdroje skleníkových plynů z lidské činnosti





Obrázky 2.8: 1) Schéma skleníkového jevu 2) Geologický koloběh uhlíku tvoří vulkanické emise oxidu uhličitého, zvětrávání živců na karbonáty, subdukce mořského dna a následná sopečná činnost podporovaná obsahem CO_2 a H_2O v magmatu. Tok uhlíku ze zemské kůry do ovzduší, vody a pod zemskou kůru v tomto velmi pomalém cyklu činí kolem desetiny gigatuny ročně. Množství uhlíku uvolňované ze zemské kůry lidskou činností je stokrát vyšší, roční úhrn dosáhl již deseti gigatun. Aby obsah uhlíku v ovzduší a v oceánech přestal růst a začal naopak klesat, musí skončit užívání fosilních paliv. Ta mohou být nahrazena teplem a elektřinou z jiných zdrojů, které svým provozem škodí mnohem méně nebo dokonce vůbec ne. Zdroj obrázků: Ekologický institut Veronica, 2012. Text Jan Hollan a Yvonna Gaillyová, grafika Olga Pluháčková. Verze pro tisk: <http://amper.ped.muni.cz/gw/jev/dobre/> .

3 Globální oteplování a klimatická změna

To, že se zesílil skleníkový jev vinou přidávání oxidu uhličitého z fosilních paliv do ovzduší (a z menší části i vinou zvýšených emisí metanu, oxidu dusného a halogenovaných uhlovodíků, jako jsou freony), má globální dopad. Ony skleníkové plyny jsou totiž v ovzduší velmi dobře rozmíchané, jejich koncentrace vyjádřené v milióntinách či miliardtinách počtu molekul vzduchu se pro různé zeměpisné polohy a výšky liší jen málo. Celá zemská atmosféra tak tepelně izoluje více než před desítkami a stovkami let. Země jako celek se proto musí oteplovat a skutečně se bezprecedentní rychlostí otepluje.

Že spalování fosilních paliv k oteplování povede, bylo některým vzdělavcům, kteří rozuměli elektromagnetickému záření vydávanému z důvodu nenulové teploty předmětů či plynů a tomu, jak jej ovlivňuje ovzduší, známo již před sto lety. Stačilo, aby se seznámili s pracemi Svante Arrhenia (mj. zakladatele fyzikální chemie, za což coby fyzik dostal Nobelovu cenu za chemii), který vliv CO_2 na teplotu Země propočítal již koncem 19. století, a udělal to pozoruhodně správně. Jeho motivací bylo porozumět tomu, jak mohly teploty tak radikálně růst od ledových dob do teplých období mezi nimi a naopak klesat zpět. A zjistil, že mohly, pokud se obsah oxidu uhličitého v ovzduší měnil téměř v poměru 1:2. Dnes víme, že nárůst teploty, bráno globálně, z doby ledové do doby poledové činil alespoň 4 K. A že byl umožněn právě vzrůstem koncentrace skleníkových plynů.

Velmi složitý obrázek uvedený níže zobrazuje jak teplotu, tak koncentrace CO_2 a k tomu i naznačuje astronomické popudy k oteplování či ochlazování, totiž příkon slunečního záření na atmosféru v oblasti severního polárního kruhu.

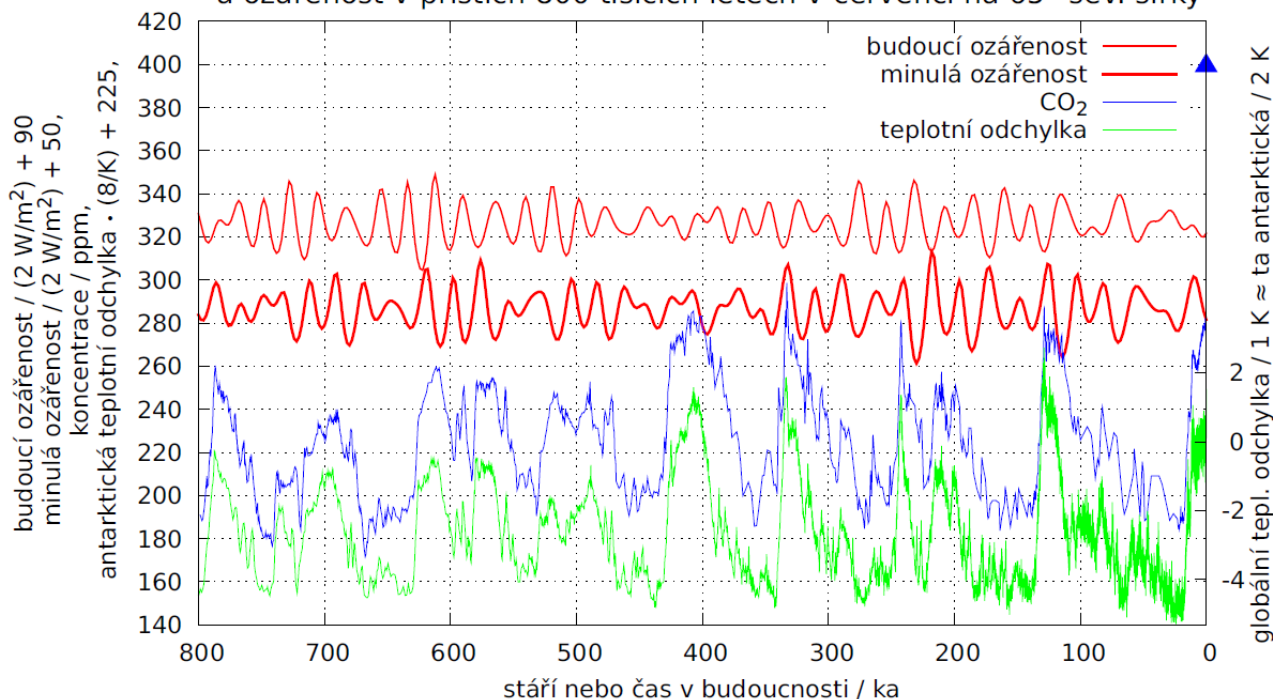
Zvláštní pozornost v něm zasluhuje trojúhelníková značka na pravé svislé ose grafu. Ta, která uvádí koncentraci 400 ppm, jaké v globálním průměru zemské ovzduší dosáhne v roce 2015.

Co myslíte, bylo by nějak možno spoléhat na to, že teplota radikálně nevzroste vysoko nad hodnoty v posledních statisících letech, když koncentrace oxidu uhličitého, který koneckonců teplotu Země určuje, je tak ohromně vysoko nad někdejšími úrovněmi? Mohla by teplota přestat růst, kdyby oxidu uhličitého hodně neubýlo?

Samozřejmě, než by se Země, tj. hlavně její oceány s průměrnou hloubkou 4 km, ohřála tak mnoho, aby i při dnešním složení ovzduší, pokud jde o skleníkové plyny mimo vodní páry, opět vracela do vesmíru všechno sluneční teplo, z něhož si nyní téměř jeden watt na metr čtvereční ponechává, trvalo by dlouho. Celá staletí.

Zachování dnešního složení ovzduší je ale nereálné. Nyní „stálých“ skleníkových plynů přibývá a není v dohledu naděje, že by to skončilo. Všechny státy nicméně souhlasí s tím, že by to skončit mělo a že je časem potřeba emise snížit natolik, aby oněch stálých skleníkových plynů v atmosféře proti dnešku o dost ubylo. Tomu se budeme věnovat později, nyní probereme, co nevyrovnaná bilance pohlceného slunečního a vyzářeného zemského záření způsobuje, kromě růstu průměrné teploty Země.

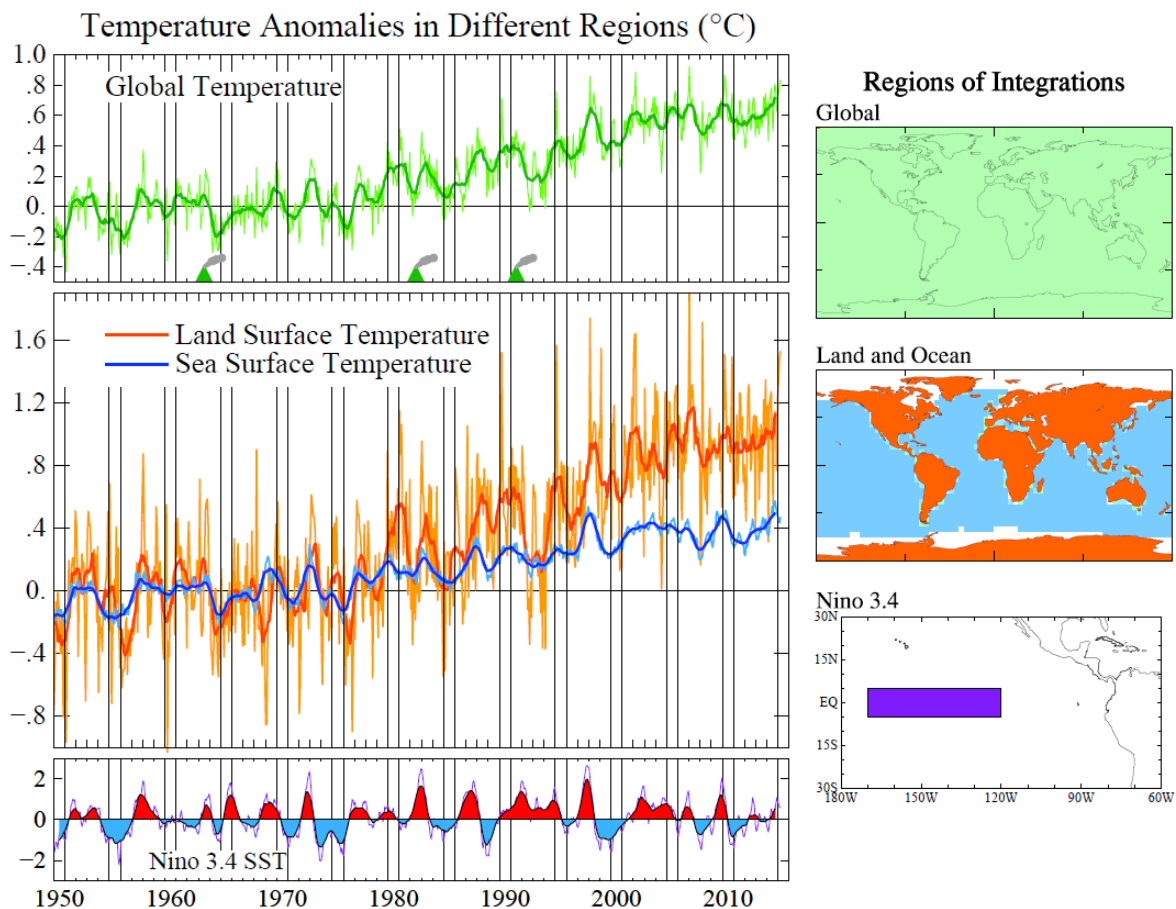
Ozářenost atmosféry, CO₂, teplotní odchylka během minulých 800 tisíc let a ozáření v příštích 800 tisících letech v červenci na 65° sev. šířky



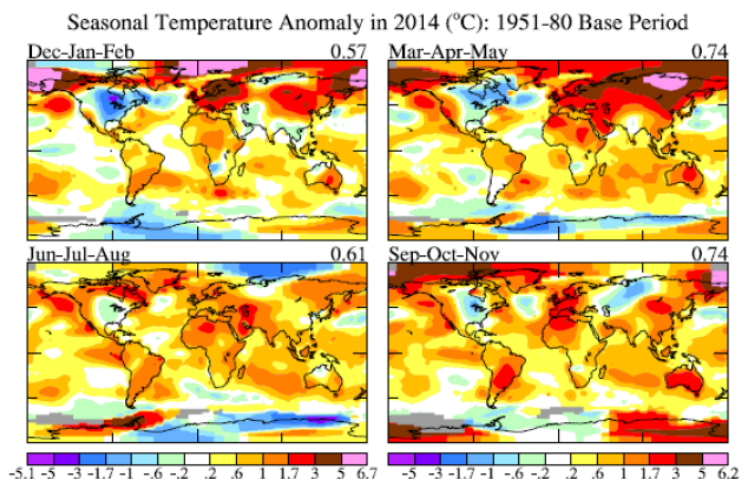
Obrázek 3.1: Červené křivky udávají proměny intenzity ozáření (aneb ozáření) vodorovné plochy ovzduší poblíž polárního kruhu v červenci. Tlustě jsou vyznačeny hodnoty minulé, tenče budoucí. Koncentrace oxidu uhličitého i teplotní anomálie jsou zjištěné z ledových vrtných jader v Antarktidě; antarktické teplotní odchylky jsou zhruba dvojnásobkem anomálií globálních. (Laskar et al. 2004) (Jouzel et al. 2007) (Lüthi et al. 2008). Koncentrace CO₂ v r. 2015, 400 ppm, je vyznačena modrým trojúhelníkem. (K popiskům: „ka“ je tisíc let, „a“ je značka pro rok z latinského *annus*; změnil-li se antarktická teplota o dva kelviny, globální se změní jen o jeden kelvin)

3.1 Oteplování není rovnoměrné, na ovzduší z něj připadá nejméně

Nejběžnější veličinou, pomocí které charakterizujeme oteplování Země, je tzv. globální teplotní anomálie. Počítá se z odchylek teplot na mnoha stanicích a mnoha místech v oceánech (tam se neměří teplota vzduchu, ale vody u hladiny) oproti teplotám, které tam panovaly v minulosti, např. v období 1951-1980. Velikost oné anomálie kolísá měsíc od měsíce a rok od roku zejména v závislosti na proudění v oceánech a s ním souvisejícími proměnami oblačnosti. Výpočet provádí několik výzkumných institucí (dvě americké, jedna britská a jedna japonská) a další výzkumné kolektivy, které užívají různé množiny stanic i různé způsoby doplnění údajů z míst, kde spolehlivá měření nejsou. Výsledky různých týmů se ale liší jen málo, v posledním desetiletí jde hlavně o to, jak se vypořádávají s chybějícími měřeními v Arktidě.



Obrázek 3.2: Horní graf ukazuje globální teplotní anomálie přizemní teploty ovzduší nad pevninami či ledem a teploty vody u povrchu oceánů, vč. interpolace přes oceány vysokých zeměpisných šířek. Dole jsou v něm vyznačeny největší výbuchy sopek, které vedou k ochlazení vlivem síranových aerosolů ve stratosféře. Další graf rozlišuje skutečně měřené teploty nad pevninami a vody na hladině oceánů – je zřejmé, že pevniny se oteplují více než dvakrát rychleji. Index Nino zobrazený v dalším grafu je založen na detrendované teplotě v oblasti Niño 3.4 ve východním tropickém Pacifiku (Philander 2006). Je patrné, že záporné hodnoty indexu Niño mají za následek roky, které jsou globálně chladnější, kladné hodnoty indexu vedou naopak k rokům teplejším. Obrázek je převzat ze <http://www.columbia.edu/~mhs119/UpdatedFigures/>, tam jsou uvedeny i zdroje dat. (Index Niño 3.4 je teplotní odchylka / 1 K ve středním až východním rovníkovém Pacifiku, viz [odkaz](#).)



Čtveřice map ukazuje, jak velmi různé byly teplotní anomálie v roce 2014, který byl před r. 2015 tím nejteplejším. Jako vždy platilo, že **nejvyšší oteplení vykazuje Arktida** mimo letní období. USA zaznamenaly neobvykle nízké teploty na východě (Hansen et al. 2015).

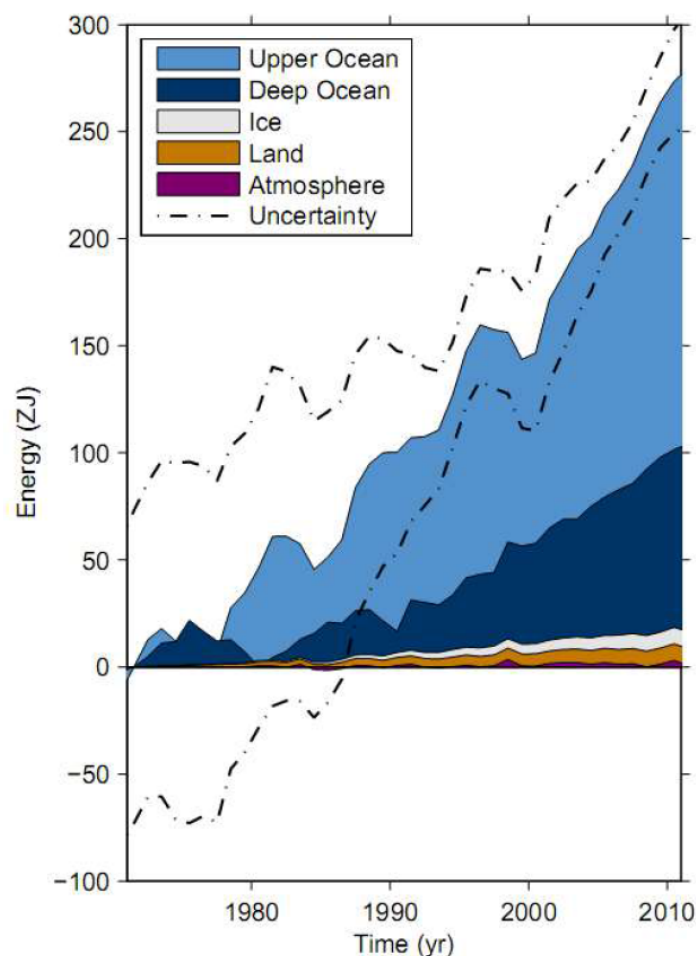
Geografická nerovnoměrnost oteplování a v jejím důsledku též snížený teplotní rozdíl mezi Arktidou a našimi zeměpisnými šířkami je pravděpodobnou příčinou, proč se naše klima stává jaksí „divočejší“. Arktida byla dříve od nás značně izolovaná, nyní se ale častěji stává, že k nám přichází velmi chladný vzduch ze severu nebo naopak před nás prochází velmi teplý vzduch z jihu na sever, přičemž taková situace trvá příliš dlouho. Totéž se může týkat vzduchu velmi vlhkého s hojností srážek a naopak vzduchu horkého suchého. Jiným důsledkem nerovnoměrného oteplování je zvětšený teplotní kontrast mezi kontinenty a oceánem, který vede k větším bouřím.

To, že se oceány oteplují pomaleji než pevnina, je samozřejmé. Mají obrovskou tepelnou setrvačnost. Růst teploty se může velmi zpomalit tím, když se oceán promíchává do hloubky. To se někdy děje i v tropech a bylo to zřejmě příčinou pomalejšího růstu teplot povrchových v uplynulých patnácti letech. Celkové množství tepla, které si Země ponechávala, ale nekleslo. Jen se tolik neprojevalo na povrchu, nýbrž ohřálo oceán v hloubkách pod 700 m. To, co nás zajímá nejvíce, totiž růst přízemních teplot ovzduší, je dáno jen drobtý tepelného přebytku, někdy i zápornými. Přes devadesát procent jde získaného tepla jde do oceánů, zbytek připadá na tání ledu a pomalé prohřívání pevnin do hloubek. Na oteplení ovzduší (či samé hladiny oceánů, jejíž teplotu měří lodě místo teploty vzduchu) připadá v průměru jen jedno procento tepla nevráceného do vesmíru. Pokud se ovšem povrch tropického Pacifiku ochladí promícháváním do hloubky, takže se jeho povrch ochladí, pak globální teplotní anomálie téměř stagnuje, ač roste teplota pevnin, jako tomu bylo v tomto tisíciletí.

Nárůst entalpie Země, pomíneme-li hloubky větší než 2000 m

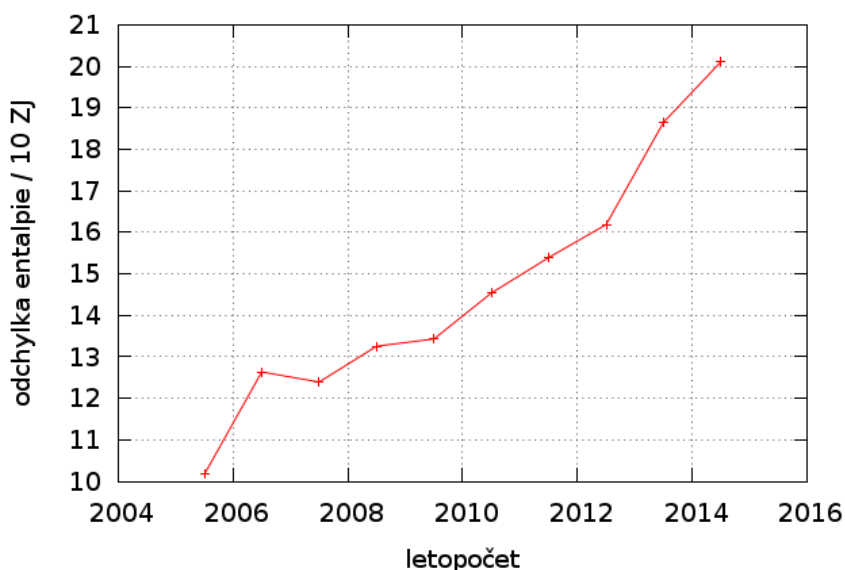
(v zetajoulech,
1 ZJ = 1000 EJ = 10^{21} J)

zdroj:
IPCC, AR5, první díl – The
Physical Science Basis;
Box 3.1, Figure 1



Teplu uložené do svrchních 2000 m oceánu od 80. let

Obrázek 3.3: Oceán se už otepluje trvale, ovzduší se některé roky i ochladí... (ochlazení svrchních 700 m oceánu koncem 90. let bylo způsobeno rekordně silným El Niño, kdy teplejší povrch a ovzduší více sálaly do vesmíru). Novější data pro oceán ukazuje graf vpravo. V letech 2013 a 2014 si Země ponechala více slunečního tepla než v letech 2007 až 2012. Standardní nejistoty pro jednotlivé roky činí asi 5 ZJ. Skript pro graf je ([url](#)), data vzata z



https://www.nodc.noaa.gov/OC5/3M_HEAT_CONTENT/basin_data.html, aktuální grafy a odkazy viz https://www.nodc.noaa.gov/OC5/3M_HEAT_CONTENT/index1.html.

3.2 Klimatická změna

To, že si Země ponechává téměř jeden watt na metr čtvereční svého povrchu, vede k rychlému oteplování. Důsledků tohoto děje je mnoho. Označujeme je souslovím *climate change*, což lze přeložit souslovím změna klimatu, ale výstižnější je sousloví klimatická změna.

Za prvé, většina lidí asi pojem klima chápe jen jako „statistiku počasí“, ne-li pouze jako nějakou sadu průměrných hodnot. V širším významu ale slovo klima znamená stav a povahu tzv. klimatického systému. Citujme z glosáře ze Čtvrté hodnotící zprávy IPCC, http://amper.ped.muni.cz/gw/ipcc_cz/gloss_en_cz.html: „**Klimatický systém je vysoce složitý systém sestávající z pěti hlavních složek: atmosféry, hydrosféry, kryosféry,⁹ povrchu země a biosféry, a vzájemných vztahů mezi nimi.**“ Klimatická změna tedy označuje změnu všeho kolem nás. Někdy se chápe jako změna působená všemi činiteli, přírodními i antropogenními, někdy jen jako změna působená lidstvem skrze umělou změnu složení ovzduší.

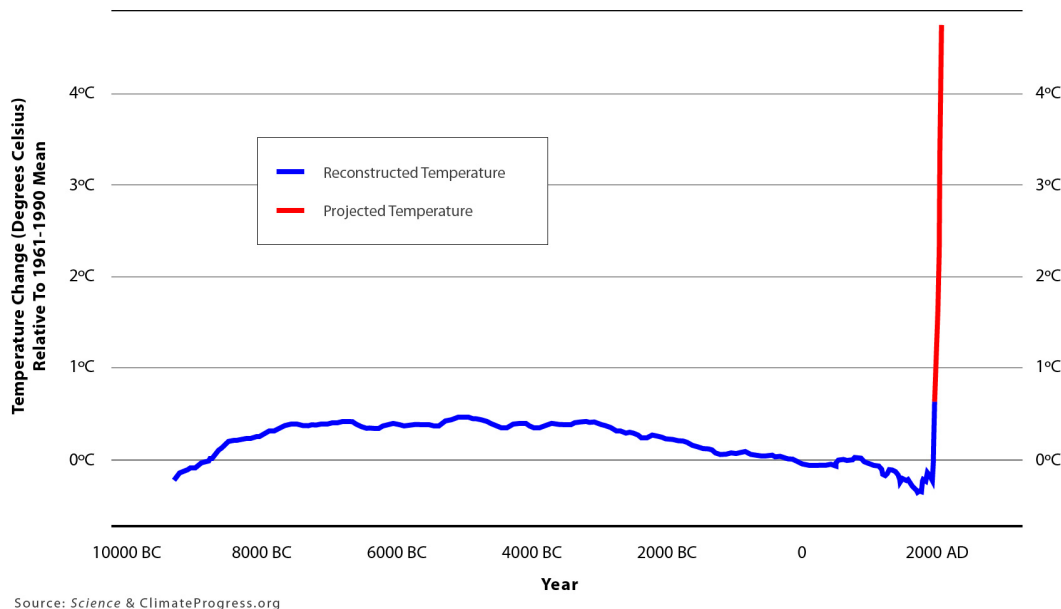
Za druhé, do pojmu *klimatická změna* můžeme zahrnout i změny ve společnosti způsobené např. ztrátou úrodnosti nějakého území vinou sucha. V historii i prehistorii lidstva takové změny klimatu (tehdy jen přírodního původu) vedly ke stěhování národů i zániku celých civilizací. Byly to tehdy ale změny spíše regionální, i když globální komponenta se projevovala rovněž: šlo o postupné ochlazování planety ve druhé polovině holocénu, doprovázené např. rozšiřováním pouštního pásu v Africe na jih dnešní Saharou. Chladnější Země se totiž vyznačuje užším tropickým pásem, čili posunem suchých subtropů k rovníku. Nynější proces je opačný, subtropy se odsunují od rovníku dále. Suchem tak je nyní postiženo, a do budoucna velmi ohroženo celé Středomoří. Naopak by se mohly zlepšit poměry v Sahelu, čili jižně od dnešní Sahary – na rozdíl od dávné minulosti je to ale komplikované přelidněním a s ním spojenými neudržitelně vysokými stavy dobytka v oné oblasti i mýcením veškerého dřeva pro oheň na přípravu pokrmů.

Globální ochlazování v posledních pěti tisíciletích bylo přitom pozvolné. Nynější oteplování je zhruba padesátkrát rychlejší a je teprve na začátku. Dosáhne přinejmenším dvojnásobku dosavadního nárůstu. Tak „málo“ by to mohlo být, kdyby se spotřeba fosilních paliv začala brzy snižovat a pak téměř skončila. Pokud by rostla jako doposud ještě desítky let, pak oteplení velmi vybočí z rozmezí posledních miliónů let, a to i svou velikostí, natož svým tempem.

Nárůst průměrné teploty přitom nebývá, až na oblasti někdejšího věčného ledu, to, co představuje hlavní ohrožení. Největší dopady mají nebývalé extrémní teploty, a spolu s nimi také extrémní bilance vody. Jak srážek, tak i výparu, stavu půd, vodních toků a podzemní vody.

⁹ Glosář je hypertextový, uvedené pojmy jsou vysvětlené v něm.

Carbon Pollution Set To End Era Of Stable Climate



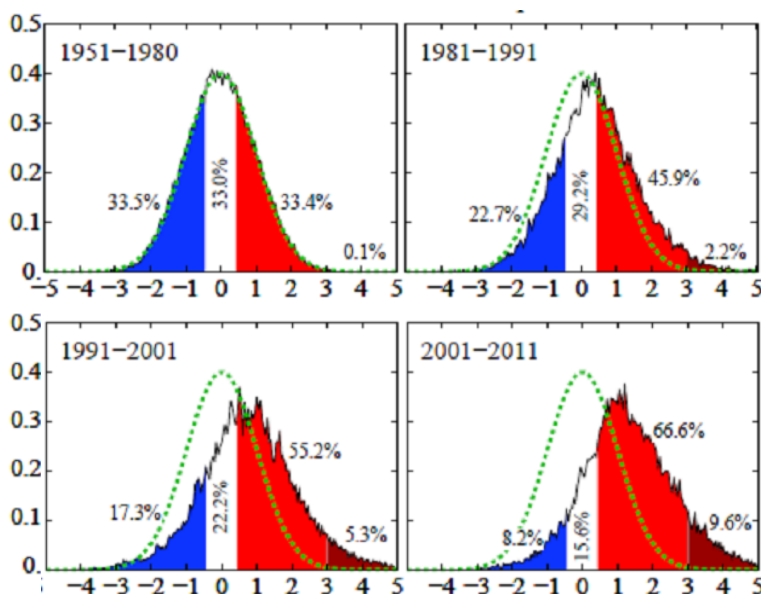
Obrázek 3.4: Rekonstrukce globální teplotní odchylky během holocénu a antropocénu. I pro hodnoty za poslední století jsou použity nepřímé (proxy) ukazatele, které se ale dobře shodují s měřenými teplotami. Zvýšené a dále rostoucí koncentrace skleníkových plynů povedou nutně k dalšímu oteplení; současný vývoj emisí směřuje zatím k oteplení až o čtyři stupně během tohoto století. Tomu odpovídá nadpis obrázku, který lze přeložit např. *Uhlíkové znečištění znamená konec období stabilního klimatu*. Graf (Romm 2013) užívá rekonstrukci teplot popsanou v práci v časopise Science (Marcott et al. 2013).

Málo proměnné rozmezí teplot, tak jak se pohybovalo během ročních období, spolu s víceméně spolehlivým chodem srážek, bylo totiž podmínkou rozvoje osídlení a vzniku civilizací. Holocén, čili doba poledová, bylo období klimatu neobyčejně stabilního, stálejšího, mnohem pomaleji se měnícího než v minulých statisících let. Heslem k zapamatování může být *Stabilní klima, nejvýznamnější přírodní zdroj* (taková myšlenka se objevila ve článku z r. 2010, http://amper.ped.muni.cz/gw/clanky/nejv_zdroj.pdf).

3.3 Extrémně horká léta a sucho

Výskyt neobyčejně, extrémně teplých letních období není záležitostí nějaké vzdálené budoucnosti, ale realita, která je už velice nápadná. Na pozadí takových horkých lét, zasahujících už více než desetinu rozlohy pevnin severní polokoule, se samozřejmě odehrávají kratší epizody teplot ještě vyšších, čili nebezpečné vlny veder, jako ty, co r. 2003 zasáhly západ Evropy (a okrajově i Česko) a r. 2010. východ Evropy a zabily desítky tisíc lidí.

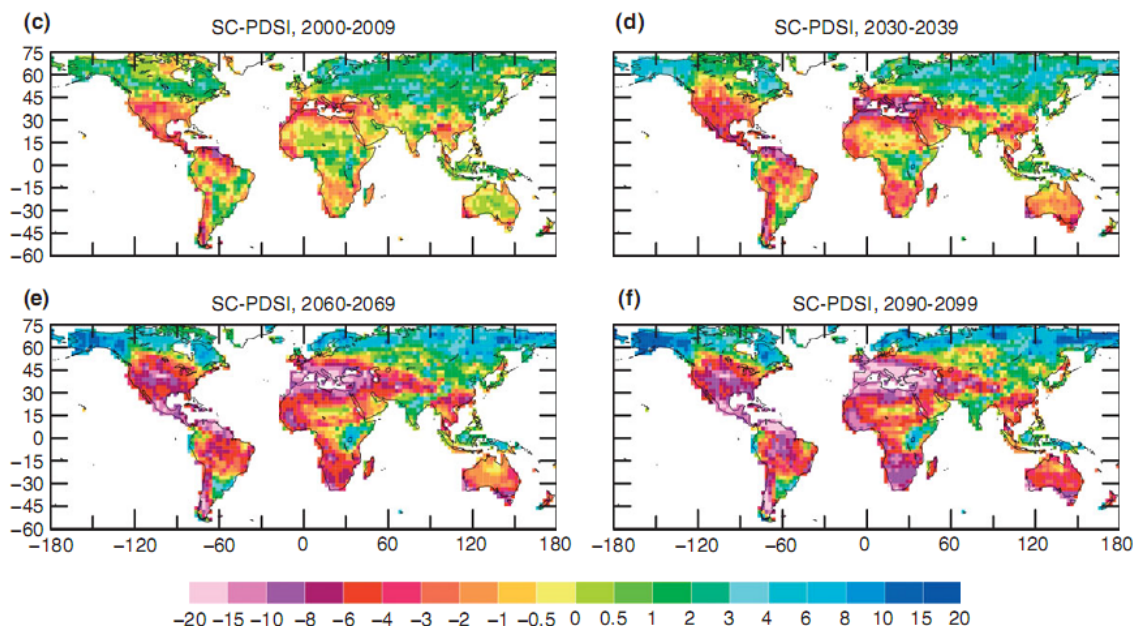
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



Obrázek 3.5: Četnost výskytů různých průměrů letních teplot (tj. průměru za měsíce červen až srpen) na šesti tisících stanicích severní polokoule. Vodorovná osa představuje odchylku od dlouhodobého průměru za léta 1951 až 1980, a to v jednotkách „směrodatná odchylka“ platných pro danou stanic. V onom prvním období, které bereme jako vztažné, měly letní anomálie teploty *normální rozložení*; barevně jsou vyznačena léta chladná, normální a teplá, tehdy činící zhruba třetinu případů. Léta s teplotou převyšující průměr o tři směrodatné odchylky se vyskytovala, ve shodě s průběhem normálního rozložení, v jednom promile případů. V následujících dekádách teplých let přibývalo a chladných ubývalo. V tomto tisíciletí dosáhl počet případů, kdy letní teplota přesáhla průměr ze vztažného období o „3 sigma“, čili tři směrodatné odchylky tehdejšího rozdělení četností, již téměř deset procent. Jinými slovy, extrémně horká trojice letních měsíců, která se dříve vyskytla jen na desetině procenta rozlohy pevnin severní polokoule, se nyní vyskytují na rozloze stonásobné (Hansen, Sato, a Ruedy 2013). Viz i text z r. 2012 v <http://amper.ped.muni.cz/gw/hansen>.

Je-li léto neobyčejně teplé, nemusí to v zásadě vadit, pokud během něj je dostatek mírných srážek, vhodně rozdělených během týdnů. Musí jich být více než v létech chladných, protože s teplotou stoupá i výpar z půd a z vegetace (tzv. evapotranspirace – rostliny nutně přes den uvolňují vodní páru, jak otevřenými průduchy listů jímají CO₂ z ovzduší pro fotosyntézu, kromě toho se odpařováním ochlazují na prudkém slunci). Bohužel, v mnoha případech srážky buď nevzrostou nebo se odehrávají nevhodně – ne jako pěkné hojné „zahradnické“ dešťíky, ale jako průtrže mračen vedoucí k povodním, erozi půd atd., nikoliv ke vsaku do půd a podzemních vod.

Novodobé sucho se tak už vážně projevilo v prvním desetiletí tohoto století ve Středomoří i v obilných oblastech Spojených států, Mexika a Číny. Výhled do budoucna je bohužel velmi špatný. Ve Středomoří postihne kolébku naší civilizace. Sýrii už několikaleté extrémní sucho postihlo a vedlo k útěku půldruhého miliónu hladových lidí z venkova do měst... Ten se stal rozbuškou povstání, které přerostlo v trvalou občanskou válku bez vyhlídky na její konec.



Obrázek 3.6: Index vážnosti sucha. Vypočteno na základě přízemních teplot, srážek, relativní vlhkosti, úhrnu záření a větru, jako průměr ze 22 modelů při vývoji dle SRES A1B. Sucho znamená odchylku oproti někdejšímu poměru v dané oblasti, index -4 (červená barva) a nižší značí extrémní sucho. (Dai 2010)

3.4 Přívaly vod, ba i sněhu

Teplejší vzduch dokáže pojmout více vodní páry – to je i příčina vyššího výparu při vyšších teplotách. Ovšem je to i příčina toho, že při vyšších teplotách mohou být srážky vydatnější. Ve škole jsme se učili, že v tropech bývají extrémně velké bouřky, průtrže mračen, činící třeba i 200 mm za den – čili pětinu metru. Nyní se začínají objevovat i v našich, kdysi nazývaných mírných šířkách. Jejich důsledkem jsou tzv. bouřkové povodně. Je to fenomén, s nímž je potřeba počítat už nyní, natož v budoucnosti, všude mimo vysoké zeměpisné šířky.

Přichází-li vlhký vzduch a teploty jsou jen těsně pod nulou, pak obvykle nejde o přehánky či déšť, ale o sníh. Na východním pobřeží Spojených států s ním mívají v posledních letech nemalé problémy, něco podobného se týká i Británie, nezvyklé přívaly sněhu se na podzim i na jaře vyskytly i v Česku.

Nemusí jít jen o jednodenní jevy. Vlivem teplejší Arktidy se vyskytuje častěji stav, že výškové proudění mezi vzduchem arktickým a tím, který se vyskytuje po většinu času u nás, se více zahýbá na sever a na jih, místo aby probíhalo podél rovnoběžky. A ony záhyby, zvané Rossbyho vlny, se neposouvají bystře k východu, jak tomu bylo dříve, ale dlouho zůstávají na jednom místě. Nejzápadnější je to v Severní Americe, kde již dlouhodobě panuje situace nebývale velkých, hlavně zimních srážek na východě a bezprecedentní sucha a horko na západě. V Evropě takový extrémní stav nemáme, nicméně zimní období od roku 2013 do roku 2015 jsou jeho mírnou nápodobou. Koncem roku 2013 a začátkem 2014 chodily přes Británii tlakové níže přinášející velké vlnobití a úhrny srážek, které neměly historické obdoby. Táž zima byla v Česku extrémně suchá i teplá. O rok později byla jen

teplá... Nicméně, zvýšené teploty nemusejí panovat celou zimu. O pár let dříve jsme zaznamenali střídání teplot nebývale vysokých a holomrazů – ty jsou škodlivé pro všechnu vegetaci.

Ještě větší úhrny srážek bývají v kontinentální Evropě v teplém období roku. V minulých letech postihovaly zejména okolí Jaderského moře, v roce 1997 a 2002 na velkých plochách také Česko, v jiných letech jen na plochách menších, eventuálně střídavě s nebývalým suchem.

Klimatická změna je tedy u nás charakterizována, stručně řečeno, divokým průběhem počasí.

3.5 Led a moře

Oteplení vede po celém světě k rychlejšímu úbytku ledu. Leckde je to tím, že když povrch ledu začne tát, tj. dosáhne nuly Celsia, tak na jeho úbytek stačí šestina tepla oproti stavu, kdy jen za mrazu na slunci sublimuje. To se týká velehor i Grónska. V obou případech se k tomu pojí fakt, že na povrchu odtávajícího sněhu a ledu zůstávají tmavé saze, produkované naftovými motory, požáry a v tropech i spalováním biomasy, čímž se pohlcování slunečního záření výrazně zvyšuje.

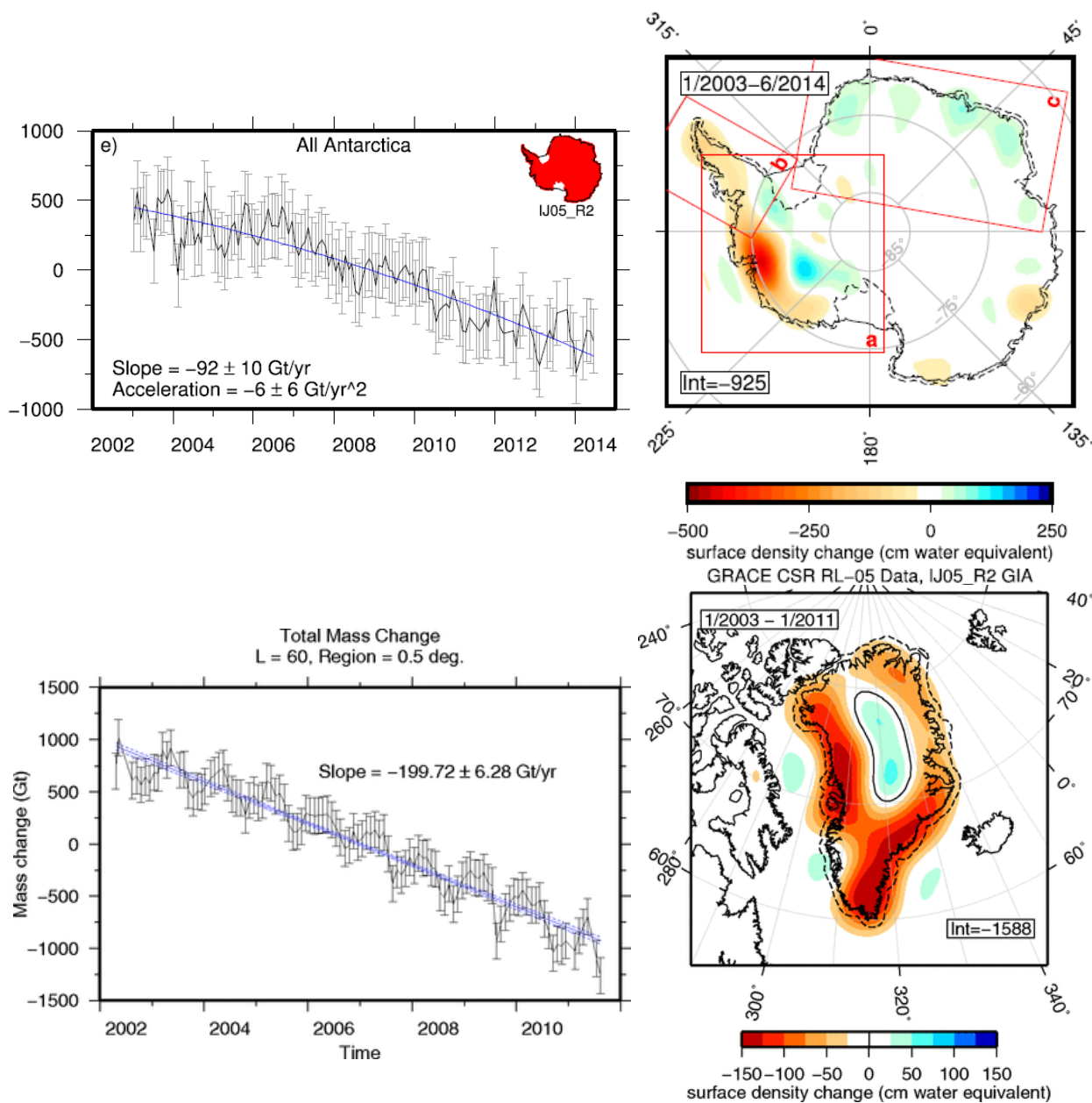
Ledové příkrovy Grónska a Antarktidy ale svými výběžky, ledovci i ledovými proudy, zasahují až do oceánu. Jde o ledotoky tloušťky stovek metrů. Ty jsou zespondu ohřívány oceánem, který se v posledních desetiletích výrazně oteplil. A tak ony vrstvy ledu plovoucí na moři zespondu ubývají. Linie, kde ledotok začíná plavat, čili přestává být opřen o podloží, se posouvá dále do vnitrozemí, čímž klesá odpor proti posouvání ledu z nitra oněch pevnin dolů do moře. Kromě toho se ztenčené plovoucí konce sunoucího se ledotoku snáze odlamují a jejich čelo se rovněž posouvá do vnitrozemí. Klesá tak tření o horniny na bocích ledovce. Pokud dříve ledové proudy ústily do rozlehlé ledové desky označované jako ledový šelf, která byla zapřená o ostrovy, pak rozpad šelfu vede ke ztrátě oné opory. I snížená výška ponořené části svislého čela ledových mas, na něž moře působí hydrostatickým tlakem, znamená snížení síly, která zpomaluje pohyb ledu z pevniny. A tak se pohyb ledu dolů zrychluje. Při současné teplotě oceánů v oněch zeměpisných šířkách se nevyhnutelně bude zrychlovat dál.

Situace je o to horší, že podloží pod mnohými ledovci vytékajícími z obou ledových příkrovů se směrem do vnitrozemí nezvedá, ale naopak do velkých dálek klesá, takže odtávání jejich základů vlivem teplého oceánu nemůže skončit.

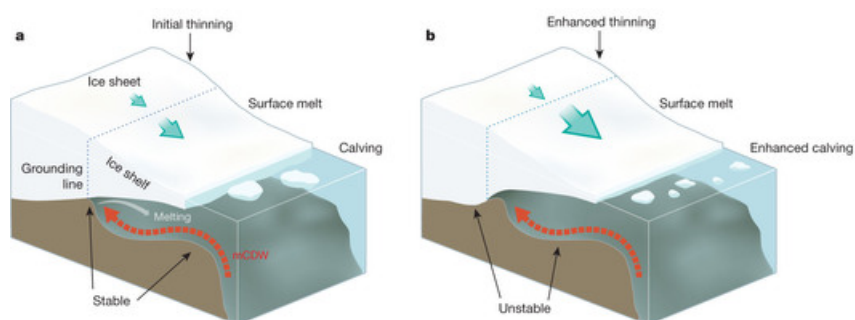
Ledu v Grónsku i Západní Antarktidě je hodně. V minulém teplém období, před sto třiceti tisíci let, byly v Západní Antarktidě i v Grónsku jen zbytky ledu, a hladina oceánů byla asi o osm metrů vyšší. Dnešní globální teplotní odchylka se už tehdejší blíží, koncentrace skleníkových plynů jsou ovšem mnohem vyšší. Pokud by takové zůstaly, ledu z Grónska i Antarktidy by ubylo ještě více. Je pravděpodobné, že zvýšení hladiny o několik metrů se již nevyhneme. Pro mnoho států v Pacifiku to znamená zánik, pro mnoho pobřežních

oblastí a přístavů osídlených stamilióny obyvatel rovněž. Ovlivnit můžeme už jen tempo, jakým k tomu dojde.

Oteplování ovzduší zastavit v tomto století ještě lze. Stoupání hladiny moře ale ne, to bude probíhat ještě další staletí, ne-li tisíciletí. Je ale šance, že pokud docílíme v příštím století ochlazení ovzduší a horních stovek metrů oceánů kolem Grónska a Antarktidy oproti dnešku, rozpad obou menších ledových příkrovů se zastaví a hladina nevzroste o mnoho metrů. Hmotnost ledového příkrovu Východní Antarktidy by pak snad mohla zůstat zhruba stejná, jako je dosud (jeho zánikem by hladina stoupla o více než 50 m) – zatím platí, že jeho hmotnost neklesá, ale díky vydatnějším sněhovým srážkám mírně stoupá (Harig a Simons 2015). Nárůst je ale o řád menší, než činí úhrn úbytku z Antarktidy západní a Grónska. A kromě toho, i ledovce, jimiž odtéká led z nitra Východní Antarktidy, se mohou stát nestabilní, pokud jejich podloží také do nitra kontinentů do daleka klesá, místo aby stoupalo – jako to bylo už zjištěno pro největší z nich, Tottenův (Greenbaum et al. 2015; van Ommen 2015); ztráta ledu, jehož základna je níže než současná hladina moře, by jen z této oblasti způsobila vzestup hladiny více než o 3 m.



Obrázek 3.7: Kumulativní změna hmotnosti ledu ležícího na Antarktidě a na Grónsku. Grafy ukazují celkovou změnu hmotnosti v gigatunách (1 Gt odpovídá zhruba 1 km³ ledu). Mapy pak zobrazují změnu v centimetrech vodního sloupce od ledna 2003, pro Grónsko do ledna 2011 a pro Antarktidu do června 2014. Úsečky v grafech jsou měsíční průměry dle měření sond GRACE, jejich délka odpovídá „dvěma sigma“, čili skutečná hodnota v nich leží s pravděpodobností 95 %. Modrá křivka v grafu pro Antarktidu je kvadratický polynom, pro Grónsko je v grafu užitá přímka (naznačen je opět interval spolehlivosti 95 %); alternativní kvadratické proložení vede k údaji o zrychlování tempa úbytku na úrovni 8 Gt/a². Převzato z prací Harig a Simons (2015, 2012), podrobnosti k obrázkům viz tam. Jiní badatelé docházejí k mírně odlišným výsledkům, např. většímu zrychlení tempa úbytku grónského ledu, viz např. http://www.arctic.noaa.gov/reportcard/greenland_ice_sheet.html.



Obrázek 3.8: Když podloží ledové masy směrem do vnitrozemí přestane stoupat a začne klesat, a když se čára, kde se led od podloží odpoutává, dostane vinou odtávání ledu odspodu až do takové oblasti, pak se ledová masa stává nestabilní a její pohyb do moře se zrychluje. Ztenčením ledového šelfu také klesá tlaková síla vody na jeho čelo. Tenčí šelf se samozřejmě také snáze telí. Obrázek převzat z časopisu Nature (Hanna et al. 2013).

Led, který se sesouvá z pevniny do moře, má ohromnou tloušťku. Do moře se z něj odlamují **eisbergy**, čili ledové hory, které poté putují oceánem celá léta. Může jít o „tabulové hory“ rozlehlé desítky kilometrů, i o tenké úštěpy, které se po odlomení (označovaném jako *telení*) položí. V každém případě ale vyčnívají vysoko nad hladinu. Kolem nich může být ledová tříšť rovněž z pevniny, ale mnohem rozsáhlejší plochy jsou pokryty ledem, který na moři v mrazivé polovině roku „vyrostl“, čili zmrzlou mořskou vodou.

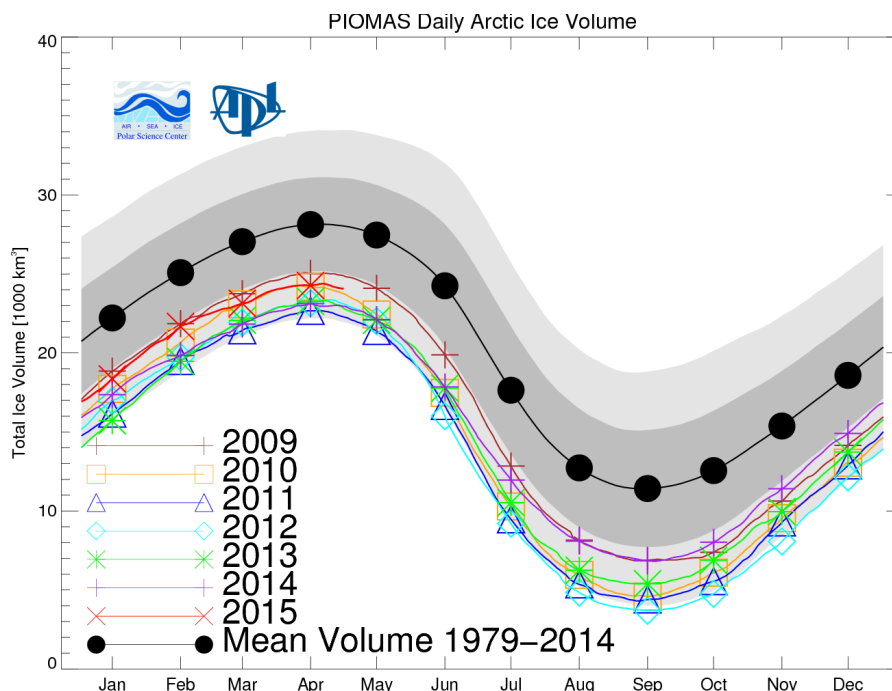
Tu nazýváme **mořský led**. Nový mořský led má vždy tloušťku menší než dva metry. Na takový dobře pochůzný a pojízdný led jsou odkázáni nejen lední medvědi, ale i Inuité při lovu své základní potravy, totiž tuleňů. Přes léto jej hodně roztaje, může se ale místo toho v některých místech působením větru a mořských proudů nakupit do mocností až pěti metrů (po takovém ledu se dá putovat jen velice obtížně a pomalu). V Arktidě bývalo takového mnohaletého mořského ledu mnoho, dnes už jej jsou jen zbytky. Většina povrch Severního ledového oceánu sice přes zimu zamrzne, ale jednorocní led se pak snadno proděraví táním odspodu i v loužích na svém povrchu. Tam, kde je ve styku s volným mořem, jej rozlamují vlny.

Rozloha i objem mořského ledu v Arktidě stále rychleji ubývá, čímž se Arktida stává tmavší a volná mořská hladina je velkým zdrojem tepla a páry. Jak už jsme uvedli, mění se tím zásadně chování ovzduší nejen tam, ale i v našich zeměpisných šířkách.

Mořského ledu kolem Antarktidy také místy ubývá, jeho úhrn ale v protikladu k Arktidě mírně roste. Vysvětluje se to jednak zesíleným větrem kolem kontinentu, který může led dopravit dále od pólu, a jednak tím, že voda na povrchu Jižního oceánu těsně kolem Antarktidy je méně slaná než dříve, vlivem roztátého ledu z pevniny.

Úbytek ledu v arktickém létě má za následek možnost plavby z Atlantiku do Pacifiku skrze souostroví na severu Kanady i kolem Sibíře, což se stále více využívá. V delším horizontu pak hrozí, že se v Severním ledovém oceánu začne těžit ropa, pokud těžební plošiny přestanou být ohroženy mořským ledem. Přehled stavu onoho ledu viz

http://www.arctic.noaa.gov/reportcard/sea_ice.html. Změny objemu ledu během roku a jeho úbytek v posledním desetiletí viz obrázek níže.



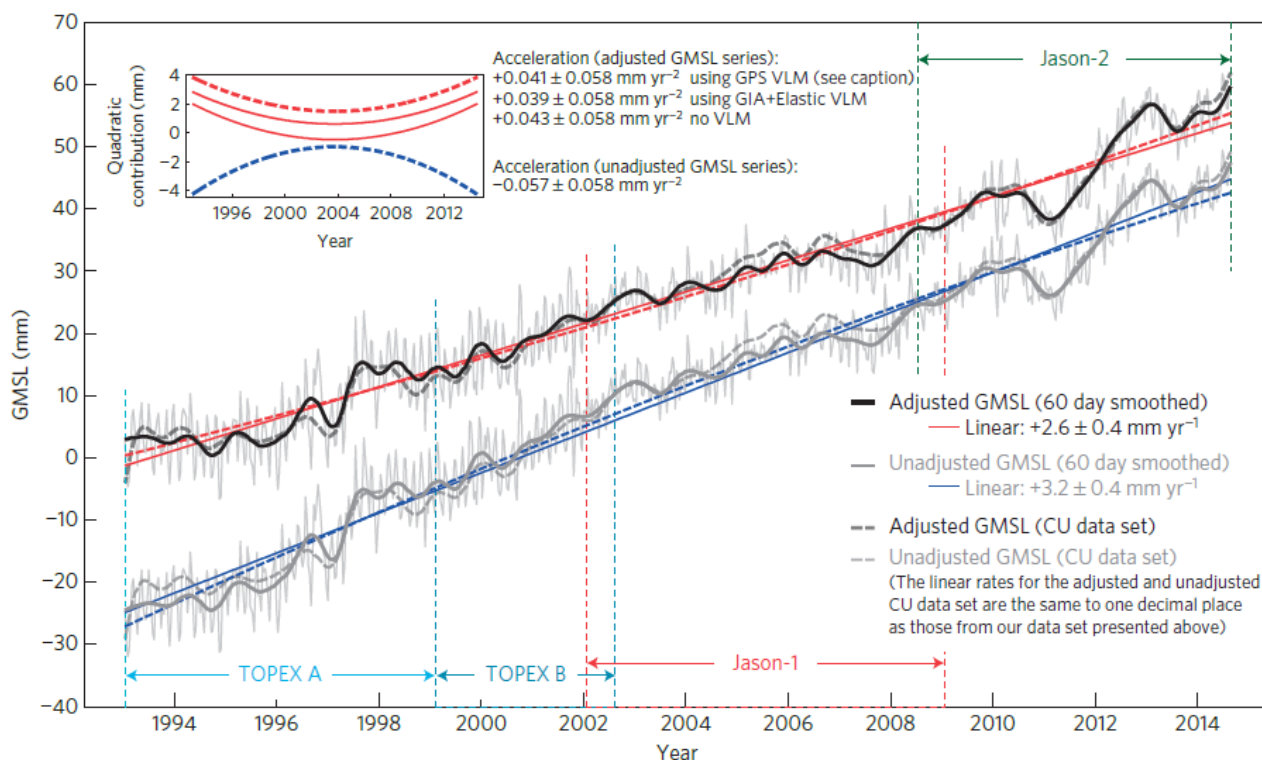
Obrázek 3.9: Objem mořského ledu v Arktidě v posledních 35 letech a v jednotlivých minulých letech až do dubna 2015. Šedé oblasti kolem průměru z 35 let označují pásma jedné směrodatné odchylky a dvou směrodatných odchylek (to už zahrnuje 95 % hodnot). Převzato z <http://psc.apl.uw.edu/research/projects/arctic-sea-ice-volume-anomaly/>, kde jsou vždy aktuální grafy a popisy k nim.

4 Další dopady klimatické změny

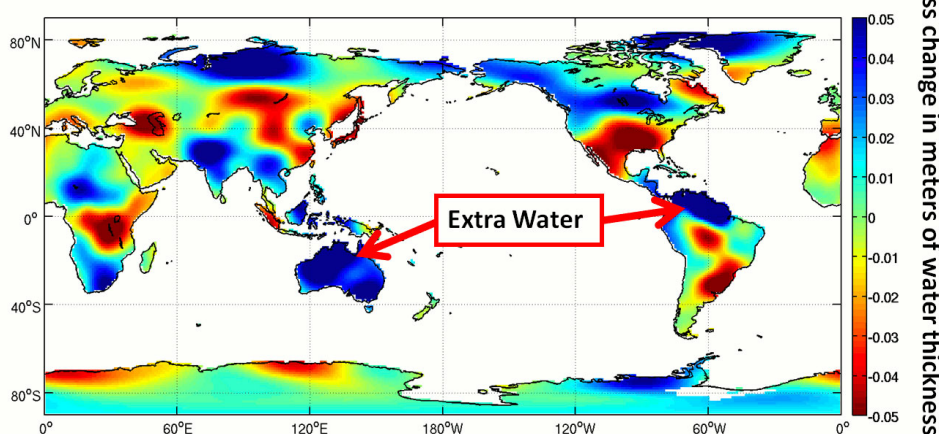
4.1 Stoupání mořské hladiny úhrnné

Zvyšování hladiny oceánů má tři hlavní příčiny: teplotní roztažnost vody, úbytek ledu na pevninách a také úbytek podzemních vod (viz https://podaac.jpl.nasa.gov/OceanEvents/2015_03_25_GroundwaterChanges).

Nejvýraznějším současným a budoucím příspěvkem je právě úbytek ledu; polovina z něj připadá na oba menší ledové štíty, polovina na ostatní masy ledu.



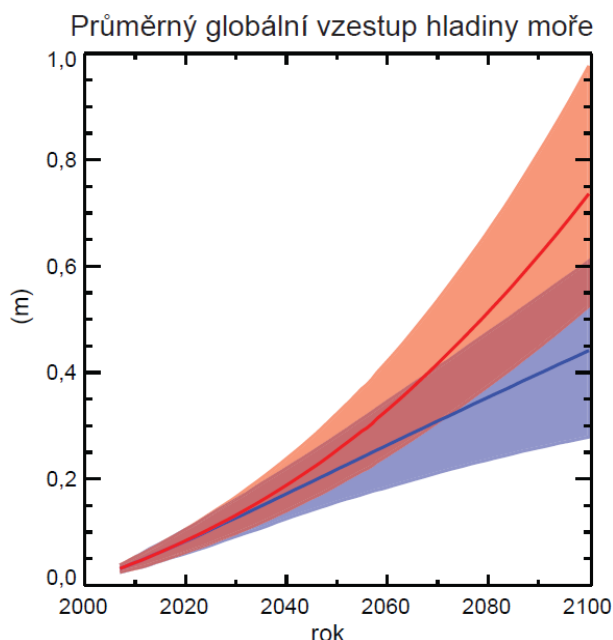
GRACE Shows Change in Water from March 2010 to March 2011



Obrázek 4.1: Detailní a průběžný přehled o změnách výšky hladiny oceánů poskytují měření ze satelitů. Nicméně pokud jde o přesnou velikost změny za desetiletí, čili tempa vzestupu hladiny, je potřeba satelitní měření, obsahující časem rostoucí systematickou chybu, navázat na ta pozemská, zahrnující i užití GPS. Takové navázání představuje horní graf, proložený i červenou čerchovanou čarou, kvadratickým polynomem. Ta naznačuje, že se tempo stoupání hladiny zvyšuje, nicméně je o něco menší, než by vyplývalo z nekalibrovaných dat (Watson et al. 2015) (a <https://theconversation.com/sea-level-is-rising-fast-and-it-seems-to-be-speeding-up-39253>). Zajímavý je pokles hladiny mezi jarem 2010 a 2011 – ten vznikl velkými srážkami a záplavami hlavně v Austrálii a severu Jižní Ameriky, takže se hodně vody dočasně přesunulo z moře na pevninu (viz článek z října 2012 na <https://podaac.jpl.nasa.gov/OceanEvents>).

Vzestup hladiny oceánu není všude stejný, vyšší je tam, kde teplota vody stoupá rychleji. Jde i o relativní vzestup vůči pevnině, která někde klesá. To se týká např. východního pobřeží USA. Vzestup vůči pevnině tam za poslední století přispěl k tomu, že příliv podporovaný výjimečně silným větrem extrémně hlubokých a rozsáhlých tlakových níží může překonat hráze, jako se to stalo v New Yorku při bouři Sandy.

Smutnou skutečností je, že vzestup hladiny světového oceánu bude pokračovat přinejmenším stejným tempem i dále. Pravděpodobně ale rychleji, neboť rychlý pokles emisí skleníkových plynů není na dohled, a také proto, že se asi zrychlí úbytek ledu z obou menších ledových štítů. Optimistický odhad poskytuje obrázek níže – nicméně říká jasně, že stoupání hladiny hned tak neskončí.



Obrázek 4.2: Projekce stoupání hladiny oceánu v tomto století, převzatá ze *Shrnutí pro politické představitele* prvního dílu Páté hodnotící zprávy IPCC; vzato z adresy http://amper.ped.muni.cz/gw/ipcc_cz/ar5/Fyzikalni_zaklady/figures_cz/. Modrá křivka je projekcí pro emisní scénář RCP2.6, červená pro RCP8.5 – čísla u těchto názvů udávají velikost radiačního působení na konci století. Barevné pásy kolem křivek udávají rozmezí vyplývající z různých modelů.

Je zjevné, že velmi plochá pobřeží budou už během tohoto století, natož ve staletích příštích, velmi ovlivněna. To se týká např. Belgie a Nizozemí, Floridy, Indie a Bangladěše, Šanghaje atd. Mnohé tichomořské atoly přestanou být normálně obyvatelné nejen vinou toho, že je moře bude při přílivu stále více zaplavovat, ale též vinou skutečnosti, že na nich přestane existovat zásoba sladké vody. Ta tam totiž existuje v podobě čočky sladké vody z deště ležící na vodě slané, a to v porézním vápenci vzniklém z korálů. I nevelký vzestup průměrné výšky mořské hladiny vede k velkému zmenšení oné čočky vody sladké, která má jen o něco nižší hustotu. Chybí pak nejen voda pitná, ale i voda k zavlažování a vlaha pro kokosové a jiné palmy. A na korálových atolech není dost místa pro solární elektrárny ani

stálý vítr pro turbíny, aby bylo možné získat dostatek sladké vody odsolováním vody mořské. V takových poréznicích oblastech hráze můžou pomoci proti extrémním přílivům, ale ne proti trvale zvýšené hladině moře.

4.2 Hurikány a vzestup hladiny působený větrem

Teplejší oceán prohrátý do hloubky až stovek metrů dokáže uvolnit více tepla, hlavně ve formě vodní páry, která pak kondenzuje v oblacích a pohání tropické tlakové níže. Ty pak mohou častěji dorůst do extrémních rozměrů a mohutností, čili do hurikánů (v Pacifiku zvaných tajfuny) síly 4 či 5. Právě takové nejsilnější hurikány působí katastrofy v oblastech, které jsou jinak na slabší hurikány poměrně zvyklé. Jedním z ničivých faktorů je proces, kdy voda hnaná zhruba stálým směrem po dráze tisíce kilometrů může na pobřeží vystoupat do výše několika metrů. Zvláště tam, kde je mělké dno a velká zátoka, do jejíhož konce je voda nahnána. To byl případ města Tacloban na Filipínách, zničeného na podzim 2013. Tajfun Haiyan, který to způsobil, byl dosud nejmohutnější, který kdy zasáhl pevninu, viz http://en.wikipedia.org/wiki/Typhoon_Haiyan. Hladinu zvedl o 4 až 5 m, k čemuž se přidaly vlny také takové výšky.

Vzestup hladiny vlivem rozsáhlých tlakových níží doprovázený obrovskými vlnami se týká i Evropy. Týž podzim 2013 a navazující zimu tento fenomén sužoval Anglii a Wales, hráze ochránily Hamburg, ale ne s velkou rezervou. Vzestup hladiny vlivem bouře je rizikem hlavně tehdy, když se časově shodne s přílivem, a to zejména s přílivem tzv. skočným, kolem úplňku či novoluní. Je to faktor spolupůsobící se zvyšováním hladiny vlivem globálního oteplování. Ochranné stavby jsou velmi drahé a je dnes těžké říci, jak se mají plánovat, aby svou funkci plnily alespoň sto let.

4.3 Extrémně velké srážky

Mohutné tlakové níže v tropech i v našich šířkách přinášejí nejen silný vítr, ale také silné srážky. Jde pak o to, jak rychle či pomalu putují. Pokud se cyklóna v našich šířkách rychle sune k východu, pak se srážky rozloží na velké území a nedělají problém. Pokud se ale cyklóna zdržuje na zhruba téže místě dlouho, vede to k nebývale silnému vzestupu hladin a vlnobití na pobřeží, ale také ke srážkám působícím záplavy (v oblastech plochých) a povodně (na územích svažitéch). I to byl případ Anglie, Walesu a Skotska v zimě 2013/2014. Záplavy mohou být zhoršeny zpomaleným odtokem do vzedmutého moře.

Česko je od moří dál než většina zemí, ale i u nás se stagnující tlakové níže s hojností silných srážek vyskytují a k povodním a záplavám vedou. Od roku 1997 jich nastalo nebývale mnoho, na některých místech opakovaně. Je to fenomén, který se do budoucna bude velmi pravděpodobně zvyrazňovat. Nelze počítat s tím, že jde o jevy vzácné, vyskytující se v daném místě stěží jednou za sto let. Místo sta let je potřeba počítat s výskytem pětkrát, desetkrát hojnějším. To už je taková zátěž, že v dosavadním způsobu využívání ohroženého území není rozumné pokračovat.

4.4 Sucho

Opačným, ale souvisejícím jevem je nedostatek srážek, případně ještě kombinovaný s vyššími teplotami vedoucími k vyššímu výparu vody z krajiny. Zíma 2013/2014 je toho

v Evropě příkladem – v Británii měli vody násobně více než by bylo vhodné, u nás byla zima nebývale suchá. Zimní sucho sice většinou neohrožuje přímo vegetaci, ale zvyšuje riziko holomrazů. A v místech s nouzí o vláhu znamená, že nejsou doplněny zásoby podzemní vody. To pak způsobuje komplikace i na suchých místech Česka, jako na jižní Moravě, ale i jinde.

Mnohem horší to bylo v letech 2007-2010 v Sýrii, kde čtveřice suchých zimních půlroků (v letních půlrocích tam takřka neprší) přinutila půldruhého miliónu lidí odejít z venkova, neboť ztratili obživu a uchýlili se před hladem do městských periferií (Zastrow 2015). Režim tomu neuměl předejít ani na to reagovat, a důsledkem je dlouholetá a horšící se občanská válka s milióny uprchlíků ze Sýrie. Povstání mělo samozřejmě i další příčiny, nicméně klimatická změna, konkrétně již mnoho let probíhající aridizace Blízkého východu a Středomoří, hrála velkou roli. Pravděpodobnost, že se vyskytne takové víceleté velké sucho, zvýšila alespoň dvakrát až třikrát (Kelley et al. 2015).

Sucha doprovázená nebývale vysokými teplotami nejen přímo snižují výnosy, ale také zvyšují četnost a sílu požárů. Stromy trpící nedostatkem vláhy, zejména smrkové monokultury, se kromě toho nedokáží bránit kůrovci.

4.5 Nebývalá proměnlivost stavů počasí

Jak jsme již uvedli, klima bylo v poledové době neobyčejně stabilní. Rozsah typů počasí během ročních dob, ale i změny počasí ze dne na den či z týdne na týden, se pohybovaly v rozmezí, které ekosystémy i lidské společnosti snášely. Jistě, ne vždy a všude, proto také některé místní civilizace v uplynulých tisíciletích zanikly.

S klimatickou změnou se rozmezí, v němž se průběh počasí odehrává, rozšiřuje. Rychlé a velké změny teplot škodí v zimě vegetaci, zejména pokud není chráněna tlustou vrstvou sněhu. Střídání sucha a prudkých srážek zvyšuje erozi a snižuje vsakování vody do půd a spodních vod. Klima v naší zemi jsme byli zvyklí označovat jako mírné, ale ono takovou povahu stále více ztrácí a bude ztrácet.

4.6 Migrace z nejvíce postižených chudých zemí

Na příkladu Sýrie vidíme, že migrace začíná vždy uvnitř dané země, lidé se snaží najít lepší živobytí (či alespoň přežití) co nejbližší. Často to nejde, a tak se vlna uprchlíků přelévá do okolních států; samozřejmě tím spíše, když se v jejich původní vlasti bojuje. Okolní státy ale nemají kapacitu, aby se tam mohli všichni uprchlíci usídlit a opět se normálně živit, najít tam novou vlast. A tak se širší rodiny skládají na to, aby ty nejsilnější, nejodolnější a nejšikovnější své členy, většinou mladé muže, poslaly dál, do zemí bohatých a svobodných. Tedy do Evropské unie, USA, Kanady, Austrálie. Pokud tam doputují a najdou práci, jsou pak schopni své rodiny alespoň finančně podporovat; takové peněžní toky v rámci rodin stabilitu chudých zemí značně zvyšují. Mohou také dalším rodinným příslušníkům připravit zázemí, aby se jich mohlo do bezpečí přestěhovat více.

Bohaté země se ale přílivu uprchlíků brání. A ti se proto obracejí na podsvětí, aby je tam nějak propašovalo. Platí za to hodně peněz a podstupují obrovské riziko. Kdo z nás by se vydal přes moře, když ví, že s pravděpodobností deseti procent přitom zahyne? Něco

takového lidé dělají jen v situaci naprostého zoufalství, když jinou naději nemají. Nejdou za blahobytem, snaží se přežít a pomoci svým blízkým.

Z Evropy lidé po staletí také migrovali, hlavně do obou Amerik. Do bývalých koloniálních mocností Evropy ale už řadu desetiletí migrují lidé z bývalých kolonií. Do Německa a Rakouska pak zejména Turci, ale i lidé z mnoha dalších, ještě chudších zemí. Jsou pro ně hospodářským přínosem.

Problémem je, když se příliv migrantů zrychlí, přesáhne potřeby bohatých zemí. A právě to se nyní děje, v roce 2015 velice dramaticky. Není ospravedlnitelné, aby se jim Evropa bránila, nechala je mřít či strádat na březích Středomořího moře, kam dorazili po dlouhém putování. A není ospravedlnitelné, aby je přijímaly jen Itálie a Řecko, které mají dost vlastních problémů.

Z dnešního Česka zmizelo za války a po ní na dva milióny obyvatel, vyvražděním i vyhnáním; další pak uprchli po r. 1948 a 1968 – ti byli za hranicemi velmi slušně přijati a našli tam své místo, případně bez problémů pokračovali do dalších zemí. Měli bychom se tedy zamyslet: není na čase, aby Česko slušně přijalo taky až třeba ty dva milióny nových obyvatel – jistě ne naráz, ale řekněme během třiceti let? Nemůže to být nemožné, máme mnohem lepší technologie než před válkou... kdy Jan Antonín Bařa napsal knížku [Budujme stát pro 40 000 000 lidí](#) – pravda, měl tehdy na mysli celé Československo vč. Podkarpatské Rusi.

5 Jak se na klimatickou změnu adaptovat

Adaptace, čili přizpůsobení se klimatu stále odlišnějšímu od minulých dob, má mnoho podob. Extrémní podobou adaptace lidských i přírodních společenství je, že z dané oblasti zčásti či úplně vymizí. Je-li to možné, určitě migrací do oblastí příznivějších, kde mohou splynout s populací místní, takže přestanou být zřetelní a nechtění, či naopak postupně začít dominovat, nebo využít niky, které předtím byly neobydlené, ale žít tam nějak lze. Ale také vymíráním a ztenčením zbylé setrvávající populace na počet, který tam ještě může přežít v koexistenci s ostatními populacemi či jako jejich nezřetelná příměs. „Ztenčení“ může být způsobeno nejen migrací, hladomorem, nemocemi atd., ale i vyvražďováním a asimilací novými obyvateli. To se zajisté týká lidí v podmínkách nouze.

Bráno v měřítku globálním, taková adaptace probíhá a bohaté země jí jsou a budou stále více dotčeny jako cílové země migrace i země, které se budou snažit, aby odliv obyvatelstva ze zemí s horšícím se klimatem zbrzdily. Především tím, že podpoří místní státní struktury, a pokud ty budou dostatečně fungovat a nebudou tam probíhat násilné konflikty, pak i přímou pomocí obcím, živnostníkům, rolníkům, atd. Bohužel, zdaleka ne všude se to podaří.

Dále se ale budeme zabývat adaptací nemigrační, čili snahám o zachování obyvatelnosti a úživnosti cizích i našich krajin.

5.1 Co si počít se zhoršenou dostupností vody

Nejčastější příčinou rozpadu civilizací je nedostatek vody v podobách, které dříve byly běžné. Naše nynější výhoda je, že trend vysušování krajiny, čili aridizaci, podrobně pozorujeme a víme, že (a jak silně) bude pokračovat alespoň v nejbližších desetiletích (dále pak záleží na tom, bude-li skleníkový jev dále sílit stejným tempem, nebo růst přestane atd.). Další výhodou je, že známe všechny možné technologie, jak vystačit s málem vody – téměř stačí je přebírat z Izraele.

Jsou samozřejmě oblasti, kde žádné trvale udržitelné vodní hospodářství možné nebude: to je v případě, že spotřeba vody při sebevětší šetrnosti nemůže být pokryta vodou srážkovou, povrchovou a mělkou podzemní, dotovanou současnými srážkami. Tam se nyní čerpá **voda z velkých hloubek, z rezervoárů (zvodní, aquiferů) obsahujících vodu z dob před tisíci lety**. Ty se postupně vyčerpávají, nijak se neobnovují. Mohou pomoci, aby společnost nezkolabovala a z daného území nekonfliktně ustoupila dříve, než takové zdroje dojdou. Bohužel, jedno takové území s neudržitelným čerpáním hlubokých zvodní, totiž část Sýrie, a Iráku, a také Turecka a Íránu (Voss et al. 2013; „NASA - NASA Satellites Find Freshwater Losses in Middle East" 2013), je dnes z velké části ovládáno ISIS, bez naděje na konec válčení.

Přímořské oblasti z toho mohou do nějaké míry vyvážnout **odsolováním mořské vody**. To je sice energeticky velmi náročné, ale může být pokryto solární elektřinou či destilací solárním teplem. Jen to bude vyžadovat gigantické investice, čili takto získaná sladká voda nebude natolik levná, že by mohla umožnit rentabilní pěstování obilí. A samozřejmě to zase vyžaduje stabilní, silné a bohaté státy – nebo když ne bohaté, tak alespoň takové, jimž nebude riskantní poskytovat mocnou finanční podporu. Šance na zachování alespoň omezené obyvatelnosti a obživy má např. jižní Španělsko, kde se již nyní voda odsoluje.

Pro Česko jsou to záležitosti vzdálené a neaplikovatelné. Ohrožení suchem zde není a nebude celoplošné a ochromující. Jen musíme počítat s tím, že nejproduktivnější zemědělské oblasti, čili jižní Morava a Polabí, budou mít v některých letech vinou sucha podstatně sníženou úrodu dosavadních plodin. Bude-li to příliš často, možnou obranou je přejít na méně výnosné, nicméně odolnější odrůdy a plodiny. Horší situace je v lesnictví - nelze počítat s tím, že by se dnes vysázené smrkové monokultury dožily řádného mýtního věku. Adaptační opatření je nasnadě: měnit dlouhověkové lesy tak, aby jejich skladba odpovídala výrazně teplejšímu klimatu s běžnými epizodami letního sucha a horka. Nebo se zaměřit na plantáže rychle rostoucích dřevin neurčených na řezivo, ale jen na produkci štěpky. Pokud přestanou prosperovat, lze takové porosty přeměnit na jiné. Pro vinaře je adaptací, pokud přecházejí na odrůdy náročnější na teplo, či osazují méně osluněné polohy – to se samozřejmě už děje (kvalita úrody u nás, na rozdíl od Španělska, nebývá ohrožena přímo suchem, ale nebývá vysokými teplotami – zatím to ale není vážné).

Mnohé druhy zemědělství mohou dále spolehlivě fungovat užíváním extrémně šetrných způsobů zavlažování, jako je kapénkové, v Izraeli běžné. Je to ovšem investičně nákladné.

Jiný problém je, když se v létě velmi **sníží průtoky v potocích a řekách**. Opatřením, které pomůže, aby snížené průtoky tolik nevadily, je **zabránit znečištění vod. Čili ubrat toku**

živin do nich – z polí i z kanalizací, i toku všech dalších polutantů. Dokud jsou průtoky velké, znečištění se naředí, když je průtok maličký, tak koncentrace rapidně vzroste.

Jak ubrat fosforu a dusíku, který do řek přichází? Odpověď hledejme v tom, jak se hospodařilo před staletími: **všechno, co se v krajině vyprodukovalo, se opět nakonec vrátilo do půd**, a to ve formě, která podporovala jejich úrodnost a bránila vyplavování do spodních vod a vodotečí. Fosforečná hnojiva se nedovážela, dusíkatá nevyráběla uměle.

5.2 Záchody, které neškodí

Bez umělých a dovážených hnojiv dokáže fungovat biozemědělství. Aby mohlo fungovat celoplošně, na to je potřeba postupně eliminovat systém, kdy se živiny z potravin, které lidé snědí, „zahazují“ v čistírnách (dusík, ev. zčásti i fosfor) odpadních vod, či pouštějí dále do řek (většina fosforu). Čili **přejít na nesplachovací záchody**. Nemá přitom jít o kadibudky nad hnojišti, ale o **separační toalety, kde se moč jímá zvlášť** a po naředění se s ní zalévá (je v ní většina dusíku a polovina fosforu) a výkaly se kompostují, s příměsí suchého materiálu bohatého na uhlík (typicky jsou to piliny; kompostování vyžaduje správný poměr dusíku a uhlíku, pak kompost nepáchne a zatepla rychle zraje). To může být přímo pod záchodem (hlavně na venkově, není-li příliš vytížen), ale také centrálně, s odvážením víceméně suchých fekálií do kompostáren. Finálním stabilizovaným produktem ale nemusí a nemá být jen kompost, ale biouhel. Nesplachovací separační záchody jsou na trhu již dostupné.

Udržitelné separační toalety mohou být i **splachovací, pro svou fekální část, pokud se „černá voda“ (to je vskutku terminus technicus) z nich vyváží z jímky do bioplynové stanice**. Energetický obsah fekálií se využije tvorbou metanu, zfermentované kaly se mají vysušit a nejlépe také přeměnit na biouhel.¹⁰ Samozřejmě musí být doplněny systémem využití moče (ta je sterilní, lze ji skladovat na vegetační sezónu).

Na venkově je ještě jedna možnost, jak mít obyčejné splachovací záchody, které neškodí. Spočívá v **domovních čistírnách, jejichž výstup se používá opět na splachování**.

A přebytky z toho výstupu (vznikající z koupelen a praček) se užívají na zavlažování. Sice se tím ztratí do ovzduší velká část užitečného dusíku, nicméně fosfor zůstane všechn, stejně jako draslík, síra atd. Takové systémy domácího čištění jsou investičně levnější než systémy centralizované, a při správném užívání zajišťují dobrou recyklaci živin bez znečišťování vod.

To že dnešní splachovací záchody „spotřebují“ velkou část vody z obecních vodovodů, všichni vědí a berou to jako problém. Přitom o tu vodu vlastně nejde, ta se neztratí, závažné je jen to naprosto zavržením hodné zacházení s živinami. Jsou místa, která o čistou vodu nemají nouzi, a ani mít nebudou. Přesto by i tam měl dnešní sanitační systém postupně být vystřídán moudřejším.

¹⁰ Praxe, že se do bioplynové stanice vyváží obsah žump z obyčejných splachovacích záchodů, sice existuje, ale pro generování metanu už není přínosná, jen na ohřev té spousty vody je potřeba příliš mnoho tepla – taková bioplynka musí být dotovaná odpady či materiály energeticky nesrovnatelně bohatšími. Nicméně i takový sanitační systém bez obecní kanalizace je mnohem správnější než kombinace kanálů a čistírny odpadních vod.

Poznamenejme ještě, že systém separovaného zacházení s fekáliemi zvládne i všechny nesněžené potraviny, které nelze dát prasatům či drůbeži.

5.3 Kde brát vodu

Zdaleka ne všechna voda, co užíváme, musí být pitná. Jistě ne ta na splachování. Pochází-li ta pitná z vodovodů a studní, které jí v některých ročních obdobích nedají hojnost a je riziko (nebo i zkušenost), že prostě nepoteče, je nasnadě ji pro záchody, sprchy, pračky i zalévání zahrad nahradit vodou jinou. Nabízejí se místní studně, využívané případně jen občas. Znamená to mít v budovách další rozvod, nejdoucí do umývadel sloužících k odběru vody pitné. V době plastů je vybudování takového dalšího rozvodu snadnější, než když se užívaly jen pozinkované trubky a fitinky. Představa, že někde v domě či na zahradě teče nepitná voda není z říše hrůzy – vždyť v mnoha zemích, kam od nás jezdí lidé na prázdniny, vůbec žádná pitná voda ve vodovodech není, je nutno ji kupovat v PET demižonech či lahvích, a ono to ani moc nevadí. Až do letoška byla voda od začátku bakteriálně znečištěná a nepitná i v novém kampusu Masarykovy university v Brně v Bohunicích... Tedy: nebojme se, obnovme staré studny, i v centrech měst, dělejme nové.

Leckde ale ve studnách voda nebývá nebo je příliš tvrdá, nevhodná přinejmenším pro praní a zalévání pokojových květin. Pak se lze inspirovat ve Středomoří, v libovolném krasovém území. Tedy v oblastech, kde voda z deště uteče vápencovými horninami až do moře, aniž by vyvěrala v pramenech nebo vytvářela hladinu nehluboké spodní vody. Po tisíciletí tam lidé neměli jinou vodu než dešťovou a mořskou. Ze střech i takových prostranství u budov, po nichž se běžně nechodilo, jímali vodu a skladovali ji v podzemních jímkách, cisternách. Ty mohly být jak vyrubané v nerozpukaném vápenci, tak vyzděné. Na dalmatských ostrovech jiná sladká voda leckde nebývala ještě před nějakými čtyřiceti lety.

My to máme jednodušší, na vytvoření cisterny nepotřebujeme nepropustnou horninu ani pečlivé vodotěsné zdění či betonování. Máme totiž plastové fólie, ty tu nepropustnost zajistí. Při stavbě nových budov je snadné docílit, aby pod nimi či vedle nich byla cisterna dostatečné kapacity, u starých bytových domů lze cisterny vytvořit přehrazením sklepů, které dnes už lidé beztak moc nevyužívají a nechtějí za ně platit nájem. Má-li nevelký dům střechu o půdorysu např. sto metrů čtverečních a za rok na něj napadne půl metru vody, jde o padesát krychlových metrů. Už cisterna o objemu deseti metrů krychlových zajistí, že bude možné využít většinu srážek, místo aby voda z nich zmizela bez místního užitku. A přebytky, které plná cisterna už nepojme, se mohou a mají zasakovat, případně s užitím prohlubně už netěsné, odkryté, s vegetací, naplňované vodou jen občas. Lze tím dotovat místní studně, čili zásoby vody ne cisternové, ale obyčejné spodní.

Proč mají cisterny přednost před studnami? Jejich voda totiž v zásadě, ve smyslu absence relevantního bakteriálního znečištění, pitná je. O tom svědčí ona tisíciletá středomořská praxe od mykénské kultury až doposud. Jen je bez minerálů, čili pro pití ji je vhodné doplňovat něčím, co je poskytne – nejen vínem jako v antice, ale i ovocnými šťávami nebo vším, co se dává do polévky. Naopak je ideální pro praní, zalévání a mytí bez mýdla

a šamponů. Jen pro případné vyhovění přeopatrným českým předpisům je možné ji ještě dodatečně sterilizovat UV lampou.

5.4 Jak vodu přežít

Sucho je věc plíživá, nepřichází ze dne na den, jediné, v co může náhle vyústit či co může podpořit, je nečekaně velký a rychle se šířící požár (zvláště za přispění větru). Překvapivě bývají naopak přívaly vod z nebývale mohutných srážek, pokud se neposouvají rychle pryč, ale setrvávají v témže povodí.

Povodně (tekoucí voda) a záplavy (takřka stojatá voda) nejsou ničím novým, reakcí na ně může být do jisté míry jen obnova a údržba někdejších hrází. Problémem je, když někdejší záplavové oblasti a místa, kudy se voda mohla hnát beze škod, jsou zastavěné. Nejlepší adaptací na nové, divočejší počasí, je zástavbu zbourat a takové oblasti navrátit občasně vodě. Tím spíše, že lze očekávat větší povodně a záplavy než v uplynulém tisíciletí. Jinou adaptací, u mohutných starých budov, které už mnoho takových událostí přežily, je nemít v nich věci, které by mohly utrpět, v přízemí, natož ve sklepích.

Existuje ale i bezpečný způsob výstavby v zaplavovaných oblastech: přízemí se ponechá průtočné, tvořené jen betonovými (či jako v pradávných dobách dřevěnými) sloupy, a co nemůže být v patře, odveze se včas na hráze či jiné zvýšené terény, které zůstanou nad vodou. Příkladem je rakouské sídliště Jungledorf, část obce Sankt Andrä – Wördern.

Kromě staveb dopadají povodně i na zemědělské plochy, pokud působí odnos půd. To jsou naprosto nevratné škody, mnohem horší než to, že se odnesená ornice ocitne na návsi či ve sklepích.

Jak se takovým škodám bránit? To všichni vědí: neorat po spádnicí ale po vrstevnici, obnovit meze nebo je alespoň nahradit „průlehy“ s travou a keři a příp. sníženinami, které mohou vést do suchých polderů různé velikosti. Nemít rozlehlé svažité plochy porostlé jen kukuřicí. Pokud takovému moudrému hospodaření brání nevhodná držba pozemků, snažit se ji pozemkovými úpravami změnit tak, aby důležité pozemky patřily obci – např. kolem potoků, aby mohly opět meandrovat a rozlévat se, čímž se zpomalí odtok, zvětší vsakování, eliminuje se souběh povodňových vln z několika potoků současně.

V urbanizovaných územích, jak už jsme uvedli, k tomu patří také systémy jímání a vsakování dešťových vod namísto jejich rychlého odvedení do kanalizace.

5.5 Jak čelit horku

V jižních zemích, zejména dále od moře, jsou zvyklí na ohromná odpolední vedra. Jsou tehdy schovaní doma, mají zavřená okna a okenice. Horko pokud možno prospí, ven jdou opět až večer. Naše zvyky jsou ale jiné, v úřadech nebývá zvykem odpolední letní siesta. Ale moudří-moudré šéfové různých českých institucí prostě sdělí lidem, že mají za nebývalých veder už v poledne jít pryč a nesedět v horkých kancelářích.

Instituce mívají bohužel předpisy, že se po pracovní době vše zavře a teplo nashromážděné přes den se tam schová. Správně mají být ale **se západem slunce všechna okna a všechny dveře dokořán a zůstat tak až do rána**. Je-li v budově vrátňý či hlídač, který ví, že

nepřijde bouřka (nebo se dívá na internet a včas vše pozavírá), je to bezpečný a dokonalý způsob, jak udržet budovu po celé horké léto příjemnou, aniž by vyžadovala umělé elektrické chlazení. Noční větrání průvanem, pokud možno i přes patra, je samozřejmě bezproblémové v rodinných domech, jde jen o věc zvyku.

Ve dne se za horka nemá větrat okny, ale jen mechanickým větracím systémem, v němž se teploty vzduchu, který jde dovnitř a který jde ven, vymění (tedy ne zcela, ale alespoň z 90 %, mluví se o rekuperaci). Ještě lépe je, když se vzduch jdoucí dovnitř nejprve ochladí průchodem podzemním potrubím nebo v registru, který je protékáný chladnou vodou z takového podzemního potrubí (stejného, jako se užívá pro vytápění tepelnými čerpadly). Pokud takové chladicí větrání není k dispozici, hodí se velké, pomalu se otáčející stropní ventilátory, opět něco, co je v horkých zemích běžné. Díky tomu, že u nás ve vedrech nebývá vzduch extrémně vlhký jako v tropech, nás proudění vzduchu pěkně ochlazuje, v kombinaci s pocením a vydatným příjmem tekutin.

Jiný úkol je snižovat horko venku. Na to je jen jediný účinný a samočinný způsob, totiž mít nad ulicemi mohutné koruny listnatých stromů, které mají pod sebou dostatek vláhy v půdě.¹¹ Jen doplňkem může být mlžení vzduchu rozstřikovači a kropení ulic – pokud je k dispozici tolik (raději dešťové, nezanechává úsady) vody. Kde takové stromy zatím nejsou, pomůže hodně světlá dlažba (rozhodně ne tmavý asfalt, když tak pokrytý bílými kamínky) a pro posezení alespoň veliké slunečníky.

Komplikací horka je skutečnost, že za vysokých teplot a prudkého slunce se mnohem účinněji tvoří přízemní ozón z výfukových zplodin aut. Je adekvátní vjezd aut do města a jejich provoz za takového počasí radikálně omezit. To se týká hlavně hustě zastavěných městských center bez hojnosti vysoké stromové zeleně.

Pokud jde o zeleň, nepomohou nízko sečené trávníky, ale jen vzrostlá tráva. Na ní se za jasných nocí sráží hojnost rosy, která se přes den odpařuje a ochlazuje vzduch. Pokud je takové počasí, že tráva uschne, slouží i přesto: je totiž velice světlá, na rozdíl od hlíny pod sebou. A nejmá teplo, takže večer rychle vystydne vyzařováním a ochlazuje vzduch.

5.6 Kroupy, holomrazy...

Divočejší počasí s sebou přináší i příležitostné jevy, jako je krupobití či střídání teplých a velmi chladných dní v zimě. Dopadům obého se lze v principu bránit. U holomrazů zesílených nočním ochlazováním terénu za jasné oblohy existovala tradiční obrana kouřem: celé údolí se zakouřilo z připravených hromad větví, nedobrého sena apod., čímž se noční vyzařování potlačilo. Dnešní obrana může být taková, že se v sadu rozprašuje jemná vodní tříšť. Její skupenské teplo, jak mrzne, udržuje teplotu na bodu mrazu místo hluboko pod ním. Proti kroupám se rakouští sadaři a vinaři, ale už i čeští, brání sítěmi napnutými nad vegetací. Obě technologie jsou zcela dostupné, ale vůbec ne levné.

¹¹ Alternativou stromů ve staletých a tisíciletých městských centrech byly úzké uličky a vysoké domy, takže dolů slunce téměř neproniklo – tak se ale dnes už nestaví. Ve vápencových oblastech se kromě toho na dláždění i stavění užíval bílý kámen, který sluneční záření vrací pokud možno zpět a nerozpálí se.

6 Hlavně ale: jak je zbrzdit či se jim vyhnout: mitigace

Oteplování a klimatickou změnu nemůžeme v horizontu desetiletí zastavit. Můžeme ale velmi ovlivnit, jak budou pokračovat poté. Dokonce to udělat musíme, jak říká Rámcová úmluva OSN o změně klimatu, UNFCCC, viz http://amper.ped.muni.cz/gw/unfccc_cz/. V roce 1992 se v ní signatáři (prakticky) všech zemí shodli, dle jejího článku 2, že

„Konečným cílem této úmluvy a jakýchkoli souvisejících právních dokumentů, které konference smluvních stran případně přijme, je dosáhnout, v souladu s odpovídajícími opatřeními úmluvy, stabilizace koncentrací skleníkových plynů v atmosféře na úrovni, která by předešla nebezpečnému narušení klimatického systému vlivem lidské činnosti. Této úrovni by mělo být dosaženo v takové lhůtě, která dovolí ekosystémům, aby se přirozenou cestou přizpůsobily změně klimatu, která zajistí, že nebude ohrožena produkce potravin, a která umožní, aby hospodářský rozvoj mohl pokračovat udržitelným způsobem.“

Dnes víme s jistotou, že se to již nepovede. Nebezpečné narušení klimatického systému vlivem emisí skleníkových plynů a sazí již nastalo a bude se zhoršovat. Zbývá jen předejít ještě většímu zhoršení. V roce 2009 při konferenci stran Úmluvy (tzv. COP, v pořadí 15.) v Kodani se vynořila shoda, že je určitě potřeba předejít alespoň oteplení většímu než o dva kelviny (jeden z toho jsme už prakticky vyčerpali). O této laťce se od té doby mluví stále častěji a je klíčovým tématem pro COP 21 v Paříži. Ne že by oteplení o dva kelviny (čili stupně Celsia) oproti době před průmyslovou revolucí bylo neškodné, ono přinese nesmírné problémy a nutnost opustit mnoho dnes obydlených oblastí, ale budou to problémy menší než při oteplení o tři, čtyři nebo více kelvinů. A je šance, že se ještě nerozběhnou zesilující zpětné vazby představované hlavně uhlíkem a metanem uloženým v půdách Arktidy a v tamním mělkém mořském dně – tj. že obou skleníkových plynů nezačne rychle přibývat i bez emisí antropogenních. Že jich takovým mechanismem přibývat může, to víme z období konců ledových dob.

Bohužel, oteplení o dva kelviny, pokud by vydrželo staletí, by nepochybně vedlo k rozpadu většiny grónského ledu a velké části ledu antarktického, čili i k rychlému a staletému růstu mořské hladiny. Proto většina zemí Úmluvy, kterým stoupající hladina oceánů hrozí nebo které jsou již dnes postiženy novým, nebývalým klimatem, požaduje nepřekročit laťku 1,5 K. Velké a bohaté země, které jsou původcem oteplování, se k nim ovšem dosud nepřidaly. On totiž i cíl nepřekročit 2 K se zdá být na samé hranici možností světa a jeho splnění bude vyžadovat nesmírné odhodlání, úsilí a změnu mnoha dosavadních zvyklostí bohaté většiny lidstva. A z oněch 2 K bude nutné se vrátit zpět, na hodnoty oteplení kolem 1 K, jakého už jsme téměř dosáhli – to je ale úkol řekněme až pro konec 21. století.

6.1 Zdroje přidaného oxidu uhličitého

Zopakujme, že zcela dominantním oteplujícím vlivem jsou zvýšené a dále **rostoucí koncentrace oxidu uhličitého** v ovzduší. A že **dominantní emise tohoto plynu pocházejí ze spalování fosilních paliv**. Jde o 10 Gt uhlíku ročně, což po jeho zoxidování odpovídá 3,67× větší hmotnosti CO₂ (atomová hmotnost uhlíku je 12, kyslíku 16, molekulová

hmotnost CO₂ je tedy 44 a $44/12=3,666\dots$). Antropogenní emise oxidu uhličitého se tedy blíží 40 Gt/a, čtyřiceti miliardám tun za rok.

Leckdy se lze setkat s námitkou, že přece i veškeré využití biomasy, až na případ, že je zabudována do staveb a suchem chráněná před rozkladem, vede nakonec k její oxidaci, čili tvorbě CO₂ a H₂O z organických látek vytvořených díky fotosyntéze. Jenže spalováním ani jinou konzumací biomasy (potraviny, krmiva pro zvířata) žádný nový uhlík do klimatického systému nepřidáváme. **Kdybychom rostlinou biomasu, která naroste, nevyužili, stejně by se časem rozložila.** Do sedimentů se jí v nezoxidované formě dostává jen nesmírně málo, pravděpodobně mnohem méně než před stamilióny let – na vině může být vznik bakterií, které jsou schopny rozkládat i lignin. V době tvorby mocných uhelných slojí nejspíš ještě neexistovaly.

Energetické i potravní využití biomasy jen mírně snižuje úhrn uhlíku uloženého v biomase oproti stavu, kdyby lidstvo neexistovalo – vytěžení a spálení dřeva znamená, že v lesích leží méně odumřelých stromů. Někdy může pěstování biomasy k její sklizni úhrn uhlíku i zvyšovat, to je v případě zalesnění ploch, které předtím nadzemní i podzemní biomasy obsahovaly jen málo. Podzemní biomasa vč. humusu (čili organických látek, které už nejsou součástí organismů) je přitom velmi podstatná. Například v lesích i loukách našeho pásma a lesích severnějších může být větší než biomasa nadzemní. Bohužel velmi klesá v případě těžby holosečemi (půda vyschne a ohřeje se, organické látky v ní se rychle oxidují), ty by měly být v zájmu ochrany klimatu zakázány.

Podružným, ale rozhodně ne zanedbatelným zdrojem CO₂ je **úbytek uhlíku v půdách** vůbec, typický pro celé průmyslové zemědělství, které zatím převládá a expanduje na stále další území. Ten škodí i jinak než svým příspěvkem k oteplování. Takové půdy hůře jímají vodu a více podléhají erozi. Snižuje se tím potenciální a budoucí produkce potravin, krmiv i vláken. Udržitelnou a hojnou produkci spojenou se **zlepšováním půd naopak poskytuje biozemědělství.** Jeho rozšíření na většinu obdělávaných ploch je velmi žádoucí; dalším benefitem takové změny by bylo vytvoření (či obnovení) mnoha pracovních míst, která se ze zemědělství za poslední století vytratila.

Další nefosilním zdrojem uhlíku mobilizovaného do ovzduší je **odlesňování.** To neprobíhá v EU, naopak, ale je zcela běžné ve všech zemích tropického pásu. Z menší části je to způsobeno růstem populace, která tak získává dříví na vaření a také půdu pro pěstování pro vlastní spotřebu, z větší části bohužel přeměnou původních pralesů na plantáže olejových palem, sóji a cukrové třtiny pro vývoz do bohatých zemí. Olejem z palem i lihem z fermentace třtiny sice lze nahrazovat ropu, ale bilance přeměny pralesa na takovou produkci je v řádu desítek let až století záporná. A to jak vinou spálení nadzemní biomasy pralesa, tak někde i vysušením mokřadních lesních oblastí, kde bylo původně mnoho nerozložené organické hmoty ve zvodněné vrstvě, podobně jako v našich rašeliništích.

Úhrn úbytku uhlíku z půd a lesů přímou činností lidstva se odhaduje na 1 Gt ročně. Spolu s tokem z fosilních paliv (a výroby cementu) to shrnuje druhý plakát z Obrázky 2.8. Ten také porovnává umělé emise zoxidovaného uhlíku s přírodními geologickými, které jsou stokrát menší.

Kromě toho ukazuje také významné nové toky uhlíku z atmosféry pryč – odborně se takové toky označují jako propady. Vyšší obsah CO₂ v ovzduší totiž vede k tomu, že se část toho přebytku rozpouští v oceánech, v ovzduší je jej oproti oceánu přetlak. A rychleji a do větších rozměrů dorůstají lesy jak v tropech, tak i v severských oblastech, do jejich rostoucí biomasy se ukládá další část onoho přebytku.¹² **V ovzduší tak zůstává necelá polovina emisí.** Toky do oceánů (rozpouštění) a do zvýšené hmotnosti světové biomasy (přeměna zpět na nezoxidovaný uhlík) jsou zhruba stejně velké. Růst hmotnosti biomasy je ale omezený, nebude pokračovat trvale. Ve druhé polovině 21. století lze očekávat dokonce její úbytek vinou sucha, napadení lesů kůrovci a požárů. Jen na rozpouštění v oceánech bude pokračovat „navěky“, totiž tisíce a desetitisíce let, pokud obsah CO₂ v ovzduší uměle nesnížíme tak moc, aby přetlak oproti oceánu skončil.

6.2 Metan, oxid dusný, halogenované uhlovodíky, saze

Další velké příspěvky k oteplování jsou tvořeny zvýšeným množstvím metanu a sazí, viz Obrázek 2.6. Růst koncentrací metanu je způsoben hlavně rostoucím efektivním stavem přežvýkavců, hlavně hovězího dobytka. Jak tím, že dobytka je více, tak tím, že je mohutnější a tedy konzumuje více krmiv. Celulóza z krmiv se v trávicím traktu přežvýkavců mění z nějaké části na metan. Dalším zdrojem je těžba fosilních paliv; metan uniká z uhelných dolů i z ropných vrtů, a také z netěsností vrtů jímajících přímo metan (zemní plyn) a z následných rozvodů až ke spotřebičům zemního plynu. Jakýkoliv rozvoj infrastruktury pro zemní plyn znamená zpravidla nárůst úniků. Ale už takový únik, který by činí jediné procento toho, co se nakonec (užitečně) spálí, je významný. **Molekula metanu má totiž řádově větší oteplovací účinek než molekula oxidu uhličitého.** Reálné úniky bývají spíše několik procent, čímž může být nakonec metan, pokud jde o získanou energii, dokonce horší než uhlí, poměřováno příspěvkem k oteplování.

U sazí jde o jejich jádro, totiž **černý uhlík** (black carbon) struktury blízké grafitu, označovaný též jako elementární uhlík (aneb látku tvořenou jen samotným uhlíkem).¹³ Takové částice dokonale pohlcují sluneční záření. Přímou tím přispívají k ohřevu ovzduší, ještě závažnější je pak jejich vliv na albedo oblastí pokrytých sněhem a ledem. To jsou oblastí původně velmi světlé, odrážející většinu slunečního záření zpět vzhůru. I malá příměs černého uhlíku ve sněhové vrstvě vede poté, co sníh začne tát či ztrácí se sublimací, ke ztmavnutí povrchu. Tání se tak zrychluje.

Oxid dusný přibývá vinou intenzifikace průmyslového zemědělství, ba i chovu dobytka. A halogenované uhlovodíky unikají do ovzduší z různých chladicích systémů, v nichž se používají coby pracovní tekutina.

12 Příčiny, proč lesy rostou bujněji, jsou tři, jen jedna z nich, asi podružná, je jejich vyšší „hnojení“ samotným oxidem uhličitým. Důležitější může být zvýšené hnojení oxidy dusíku a amoniakem z ovzduší, vlivem průmyslové výroby dusíkatých hnojiv a úniku částí takových plynů z půd a vodstev do vzduchu. A u severských lesů také vyšší sumy ročních teplot, čili delší vegetační období a v případě dostatku vláhy i bujnější růst za vyšších teplot, nejsou-li vysoké příliš.

13 Kolem jádra částic sazí bývá obal z různých uhlovodíků, pak se jeví jako mastné. Bez takového obalu bývají nanočástice z motorů se vstřikováním paliva, na ty se ale přichycují různé další polutanty, zpravidla velmi jedovaté.

6.3 Co je to mitigace a co IPCC

V češtině se toto slovo používá téměř výhradně ve významu týkajícím se klimatické změny, jeho překlad zní **zmírňování**. Rozumí se zmírňování tempa globálního oteplování, a to tím způsobem, že **se emise výše uvedených látek, které k oteplování přispívají, cíleně snižují oproti vývoji, kdy by se o ně nikdo nestaral**, čili vývoji „business as usual“. Může jít o dobrovolná opatření, kdy se původci emisí rozhodnou je snížit právě kvůli ochraně klimatu, kdy snížení není jen milý doprovodný jev např. změny technologií motivované snahou o vyšší zisk. A může jít o opatření regulační, kdy stát emise zpoplatní za účelem jejich snížení oproti samovolnému vývoji, či kdy pro ně stanoví nějaké stropy.

Potřebnost mitigace (dlouhý terminus technicus je v češtině „zmírňování změny klimatu“) je osvíceným vědcům i státníkům známa již déle než třicet let. Aby věděli, jak moc a jak rychle je potřeba zvrátit dosavadní trend, kdy emise rostou, byl již v 1988 založen **Mezivládní panel pro klimatickou změnu**, Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC: <http://ipcc.ch/organization/organization.shtml>. Jeho úkolem je shrnout vědecké poznání toho, co se v klimatickém systému děje, může či bude dít, jaké to má dopady, kdo je jimi ohrožen, jak se na ně adaptovat i jakými způsoby klimatickou změnu brzdit – to je právě ona mitigace. V letech 2013 a 2014 vydal již pátou tzv. Hodnotící zprávu, což je soubor tří tlustých knih a jedné tenké, která syntetizuje ty tři tlusté. Pátá hodnotící zpráva (assessment report), zkracovaná jako AR5, je samozřejmě plně dostupná elektronicky, a dostupné jsou i informace o její přípravě a o připomínkách, které k jejím vývojovým verzím byly podány. Viz <http://ipcc.ch/>. Zpráva uvádí prakticky vše, co k celému rozsáhlému komplexu klimatické změny bylo známo zhruba k roku 2012, s mnoha tisíci odkazů na publikace, které takové informace obsahují. Je to dílo, které nemá v jiném oboru lidské činnosti obdobu. Jedinou analogií by snad mohly být staré naučné slovníky (u nás ten Ottův), které též měly za cíl shrnout a přehledně podat celé lidské poznání.

Pokud se ale o AR5 i předchozích Hodnotících zprávách mluví, zpravidla se jedná jen o jejich kratička, velice hutná shrnutí pro Policymakers, čili řekněme veřejné činitele nebo politické představitele. Ta jsou slovo od slova odsouhlasena zástupci všech vlád, a proto se drží velmi při zemi – problémy rozhodně nevyhrocojí, konstatují jen to, proti čemu prostě už nemůže nikdo nic fakticky namítat. Taková shrnutí z minulé AR4 (a různé novější dokumenty IPCC, vč. obrázků ze shrnutí prvního dílu AR5) jsou v češtině dostupná na adrese http://amper.ped.muni.cz/gw/ipcc_cz/. Chce-li někdo doopravdy porozumět tomu, co o daném problému bylo před dokončením dané Hodnotící zprávy vskutku známo a naopak neznámo, musí si pročíst příslušnou kapitolu plného znění Zprávy.

Zásadním sdělením, které Pátá zpráva poskytla, byl „uhlíkový rozpočet“ světa: kolik uhlíku už lidstvo ze zemských sedimentů zoxidovalo a kolik ještě zoxidovat smí, aby byla slušná naděje, že oteplení nepřesáhne úroveň 2 K. Graficky to ukazuje následující obrázek s koláčovými grafy.



IPCC AR5 Synthesis Report

ipcc
INTERGOVERNMENTAL PANEL ON climate change

WHO UNEP

Obrázek 6.1: Uhlíkový rozpočet k začátku roku 2012. K začátku roku 2015 do segmentu uhlíku již spotřebovaného přibylo dalších 30 Gt, zbývalo nám tedy jen asi 245 Gt. Jde samozřejmě o čísla přibližná, zejména pokud jde o množství, které ještě smíme vytěžit, aby oteplení dost pravděpodobně nepřesáhlo dva kelviny. Ale toto zbývající množství je jistě podstatně menší než množství již vytěžené.

6.4 Dohody o ochraně klimatu

Jak jsme již uvedli, strany Rámcové úmluvy se opakovaně scházejí na summitu Conference of Parties, COP. Již na těch minulých vznikla dohoda, že bohaté země mají dávat ročně sto miliard dolarů na adaptaci a mitigaci v zemích chudých – ne místo jiných podpor, ale navíc k nim. Zatím se podařilo dosáhnout desetiný oné částky.

Jedinou dohodou, která reálně snižovala emise, tedy měla mitigační účinek, byl Kjótský protokol, viz https://cs.wikipedia.org/wiki/Kjótský_protokol a http://europa.eu/legislation_summaries/environment/tackling_climate_change/128060_cs.htm. Ten nikdy neratifikovaly USA, vystoupila z něj Kanada, nicméně měl pozitivní vliv na Evropskou unii, v níž vznikl systém obchodování s tzv. povolenkami na vypouštění oxidu uhličitého z velkých průmyslových provozů, ETS. Do systému se zapojilo i Japonsko (a díky prodeji nevyužitých povolenek z Česka tam vznikl péčí MŽP program Zelená úsporám). Kjótský protokol se původně týkal období do r. 2012, jeho prodloužení platí až

do roku 2020. EU parametry protokolu dobře plní, emise z jejího území skutečně klesají (jiná věc jsou ale emise připadající na evropskou spotřebu, např. dovozem z Číny).

EU ale přijala i své vlastní závazky, nejznámější je balíček 20-20-20, viz <http://ec.europa.eu/clima/policies/package/>. Šlo o snížení emisí skleníkových plynů o 20 % oproti roku 1990, o zvýšení podílu obnovitelných zdrojů energie na 20 % a o zvýšení účinnosti využívání energie o 20 %, to vše do r. 2020. Ten poslední cíl se vztahuje na snížení dodávek energie oproti stavu, který by v r. 2020 nastal při trajektorii business-as-usual, viz <http://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-efficiency>. K jeho naplnění slouží čtyři direktivy uvedené na konci této webové stránky (o energetické účinnosti, o energetických vlastnostech budov, o štítkování a o ekodesignu). V roce 2014 se představitelé EU dohodli na dalším cíli, pro rok 2030, přičemž hlavním parametrem tohoto cíle je snížení emisí o 40 % oproti r. 1990, viz <http://ec.europa.eu/clima/policies/2030/>. Existuje i představa o cíli pro rok 2050, kdy by emise oproti r. 1990 měly klesnout o 80 %, viz <http://ec.europa.eu/clima/policies/roadmap/>.

Plnění takových závazků a dalších cílů nicméně závisí na angažmá na nižších úrovních. Hlavním nástrojem, jak je docílit, je Úmluva starostů a primátorů, viz <http://amper.ped.muni.cz/gw/umluvaSP/> či aktuálně www.eumayors.eu. Signatáři, kterých je přes šest tisíc (z Česka jen 5 – Jeseník, Hlinsko, Ostrava a obce Lkáň a Mezilesí), se zavázali ke splnění přinejmenším onoho EU cíle snížení emisí o 20 % v r. 2020 s tím, že výchozí rok mohou stanovit i jiný než 1990 – takový, k němuž mají dostatek dat. Počet obyvatel ve městech a vesnicích, které k Úmluvě přistoupily, je dvě stě milionů.

Pro Česko může být inspirací německá Energiewende, týkající se ale jen elektřiny a motivovaná hlavně snahou přestat užívat atomové elektrárny (místo snahou přestat užívat elektrárny uhelné...), viz http://www.bundesregierung.de/Webs/Breg/DE/Themen/Energiewende/_node.html. I přes takovou neklimatickou motivaci je to přerod, který se daří – vede k masivnímu budování větrných a solárních elektráren, které jsou pro budoucnost nezbytné, a vede i ke zlepšování světového trhu s takovými technologiemi.

Velká Británie přijala v r. 2008 Zákon o klimatické změně, The Climate Change Act, viz <http://www.theccc.org.uk/tackling-climate-change/the-legal-landscape/global-action-on-climate-change/>. Ten kromě orientačního cíle snížit emise o 80 % k roku 2050 zahrnuje i cíle závazné, postupné:

Budget	Carbon budget level	% reduction below base year
1st Carbon budget (2008-12)	3 018 Mt CO ₂ e	23%
2nd Carbon budget (2013-17)	2 782 Mt CO ₂ e	29%
3rd Carbon budget (2018-22)	2 544 Mt CO ₂ e	35% by 2020
4th Carbon budget (2023-27)	1 950 Mt CO ₂ e	50% by 2025

(převzato z <http://www.theccc.org.uk/tackling-climate-change/reducing-carbon-emissions/carbon-budgets-and-targets/>, kde jsou k tomu další informace). První závazný cíl

splněn byl, druhý se asi též podaří naplnit. Symbol CO_{2e} v tabulce je značka pro ekvivalent oxidu uhličitého (metan se konvenčně přepočítává faktorem 21, ve významu že 1 g emitovaného CH₄ má v horizontu jednoho sta let takový oteplovací účinek, jako 21 g emitovaného CO₂).

Dosažení klíčové mezinárodní, či spíše světové dohody se očekává na summitu COP21 v Paříži, viz <http://www.cop21.gouv.fr/en>.

6.5 Vize razantní ochrany klimatu, „bezuhlíkové společnosti“

Politické, natož právní závazky ke snížení emisí je těžké probojovat, a navíc nebývají dostatečně ambiciózní. Dostatečně ve smyslu zastavení oteplování pod hladinou raději 1,5 K místo 2,0 K. Překážkou pro přijetí dostatečně silných cílů jsou hlavně zájmy těch států (a mocných finančních a těžebních skupin v nich), které oplývají uhlím či ropou a zemním plynem. Rády by všechny své zásoby vytěžily a prodaly za co nejvyšší ceny. To je ale naprosto neslučitelné i s cílem 2 K.

Šance, že se vývoj změní, spočívá jen v tom, že veřejné mínění se postaví proti nim. Aby to nastalo, musí mít veřejnost představu, jak reálně spotřebu fosilních paliv zásadně a rychle snížit.

Nejpropracovanější vizí, která to popisuje, je <http://zerocarbonbritain.org/>. Zpracovalo ji Centrum pro alternativní technologie v roce 2013. Obdobná vize by samozřejmě měla vzniknout pro celou EU plus státy spolupracující (tedy Evropu mimo Rusko). Klíčem pro dosažení nulové bilance emisí skleníkových plynů z britského území je snížení spotřeby na polovinu, a to bez zhoršení kvality života. Zbylou spotřebu je možné udržet díky masivnímu rozvoji elektroenergetiky založené hlavně na větrných turbínách. A kde se vezme elektřina, když dost nefouká? Důležitým prvkem vize je výroba vodíku elektrolýzou v dobách přebytku elektřiny, následovaná výrobou jak metanu, tak i kapalných uhlovodíků opírající se o dřevní biomasu a právě vodík z elektrolýzy. Kapalných uhlovodíků jsou potřeba pro pohon těžkých mobilních strojů, které nelze dobře pohánět elektřinou, metan se uloží v někdejších ložiscích zemního plynu a použije se v tepelných elektrárnách ve chvílích, když je o elektřinu nouze. Aby biomasy pro takové použití byl dostatek, je nutno velmi snížit rozlohu pastvin a luk, a tedy i stavů hovězího dobytka a produkci mléka – samozřejmě tedy i konzumaci potravin na nich založených. Je to v plné shodě s doporučeními lékařů ohledně zdravého stravování. Podrobněji viz <http://amper.ped.muni.cz/gw/zcb/>.

V Česku existuje iniciativa Velká výzva, volající po zákonu, který by snižování emisí vyžadoval alespoň obdobně, jako to činí britský Climate Change Act a zákony v dalších zemích. Nejde o ambiciózní plán, ale o skromný první krůček, na víc v současnosti, vzhledem k zaostalému veřejnému mínění, lze v Česku stěží pomýšlet. O výzvě viz web <http://www.velkavyzva.cz/>.

V roce 2008 vyšla vědecká práce (Hansen et al. 2008), která poprvé uvedla, **jaká koncentrace oxidu uhličitého v ovzduší by už nemusela být nebezpečná**, tedy byla by v souladu s Rámcovou úmluvou z r. 1992. Je to bohužel koncentrace nižší než ta současná... a dále rostoucí. **Jde o 350 ppm**. O tento poznatek se opírá iniciativa <http://350.org/>.

Méně konkrétní, zato podstatně širší apel zahrnující celou společnost a životní prostředí Země, formulovala papežská encyklika **Laudato si'**, dostupná od 18. června 2015 ve všech jazycích OSN (a časem jistě i česky). Je to dokument zásadní důležitosti nejen pro všechny katolíky už proto, že Svatý otec František je uznávanou a nikým nezpochybnovanou světovou morální autoritou. V jazycích OSN viz stránku http://w2.vatican.va/content/francesco/en/encyclicals/documents/papa-francesco_20150524_enciclica-laudato-si.html, první komentáře k ní z hlediska ochrany klimatu, která je jejím klíčovým tématem, viz např. Vaughan (2015). Video z konference, která encykliku ve Vatikánu představila, je <https://www.youtube.com/watch?v=bYibHoWrKXo>.

7 Co má dělat každý z nás

Klimatický systém se již hodně proměnil a rychle se bude měnit i další desítky let. Reagovat na to musí lidé všude po světě, leckde už reagují jak se patří. Třeba tím, že se z Tuvalu, souostroví, které stále více podléhá mořské vodě, přestává na něm být dostupná voda sladká a odvěká produkce kokosových palm, stěhují na Nový Zéland, ač tím budou už natrvalo vykořeněni ze své kultury.

Adaptace v českých poměrech často znamená, že máme podstatně snížit svou spotřebu – jde pak ruku v ruce s mitigací. Začneme ale jednou strategií, která mitigační není, ale mluví se o ní už desítky let.

7.1 Hospodaření s vodou

Je škoda vody na splachování? Přijde na to. Ve většině Česka není zatím taková nouze o vodu, že by bylo zavrženíhodné ji odněkud vzít a pak nějakým systémem poslat „vyčištěnou“ do řek. Nečerpáme vodu z hlubokých prastarých podzemních zvodní, kde se v horizontu let a desetiletí neobnovuje. Voda je u nás skutečně obnovitelný (vlastně obnovující se) zdroj. Přesto jsou oblasti, kde jí ubývá a bude jí nedostatek, někde už je, alespoň sezónně. Tam je jistě nutné dělat vše pro to, aby spotřeba vody klesla, zejména spotřeba, která má alternativu.

Jak jsme ale probrali, i tam kde nejde o vodu, jde o plýtvání opravdu neobnovitelným zdrojem, totiž fosforem těženým kdesi v zemích, které jsou tím společensky devastovány, jako v Západní Saharě. I o plýtvání dusíkem vázaným do použitelné formy pomocí spousty zemního plynu. A také o znečišťování vod jak dusíkem (ač ten se dá v čistírnách odpadních vod z valné části „odstranit“, rozuměj zahodit z formy užitečné do formy N₂ jdoucí zpět do ovzduší), tak fosforem (který z většiny i po „vyčištění“ ve vodě zůstává). Co proti tomu dělat? **Snažit se o náhradu „moderního“ sanitačního systému systémem nesplachovacím, kdy se živiny z potravin, které sníme a vypijeme, vrátí v užitečné podobě do našich půd.** Náměty k tomu viz kapitolu 5.2. Proč je to úkol pro každého? Protože i ten, kdo to sám na svých nemovitostech nemůže realizovat, o tom může alespoň vzdělávat jiné, vč. hygieniků, stavebních úřadu atd.

Ostatně náhrada umělých hnojiv živinami, které nezhodíme, ale zachytíme je a užijeme v optimální formě, je také mitigační opatření, a to nejen kvůli spotřebě fosilních paliv při jejich výrobě, ale i kvůli emisím oxidu dusného z průmyslově hnojených půd.

Jiným, nemitigačním, jen adaptačním opatřením je **využívat co nejvíce dešťové vody**. V první řadě ji zachytávat, využít na co nejvíce účelů, a jen přebytek zasakovat. Pokud by nádrž pro dešťovou vodu měla hrdlo spolehlivě nad hladinou eventuální zátopy, bude ve chvílích nouze i zcela **bezpečným zdrojem vody pro pití** a vaření – a nejspíš bude po extrémních srážkách plná, takže vystačí nadlouho.

7.2 Přírozené hospodaření s teplem a chladem

Hlavní adaptačně-mitigační opatření, která jsou úkolem pro opravdu každého, se ale týkají hospodaření s teplem a chladem. Prvním krokem k udržitelnému hospodaření s nimi je **zvyknout si na proměnlivou, v rámci dne i roku, teplotu interiérů**. Idea celoročně stálé pokojové teploty je hloupá (Gaillyová a Hollan 2014). Takové konstantní poměry škodí zdraví a jsou ve skutečnosti nekomfortní. Snaha o jejich udržení vede k plýtvání slunečním teplem, které do budov přichází skrze okna. A k nevyužívání chlazení interiéru pouhým vydatným větráním v noci či naopak vyhřívání budovy průvanem za teplých odpolední. Nikdy v historii nebyly, až do rozmachu ústředního či dálkového vytápění (ba i lokálního topení zemním plynem), celé interiéry za mrazů vyhřátý na dvacet stupňů, natož 24 °C, jak je v Česku nyní běžné, na rozdíl od celé západní Evropy. V bohaté Anglii má v zimě málokdo doma přes 18 °C. A v dobách, když byla chudší (v padesátých letech) bylo běžné vytápět jen na 14 °C. Dnešní doporučení vize Zero Carbon Britain je, **aby průměr za zimu nepřesáhl 16 °C**. To umožňuje občas některou místnost vytopit třeba i na 20, ale ve zbytku budovy mít většinou těch 14. Žije tak princ Charles, není to nic nekomfortního. Jen musí být člověk za takového počasí i doma hodně vydatně oblečen. A samozřejmě, mít teplou peřinu. Opře-li se do velkých oken slunce, interiér se sám vyhřeje o několik stupňů, což je příjemná změna. Topení vypneme nebo ubereme, dokud zase dům nevychladne.

Je-li snadné si na takové teplotní poměry zvyknout doma (my lektori jsme si na ně už plně zvykli), o to snazší je praktikovat je ve veřejných budovách, obchodech atd. Lidé tam v zimě přicházejí důkladně oblečení a úplně stačí, když se nebudou hned vysvlékat. Těžké tuhé kabáty dnes nosí málokdo, v bundách se dá snadno sedět i pracovat. A ten, kdo důstojný kabát nosí a musí si jej odložit, pod ním skoro jistě má další teplé, důstojné oblečení. Samozřejmě, předpokládá to, že lidé, co v takové veřejně přístupné budově po celý den pracují, netrvají na tom, aby tam mohli sedět v lehoučkých letních šatech.

Jak se mění teploty interiéru z léta do zimy, člověk se na ně přirozeně adaptuje. Jako to dělal celé statisíce let, jako to dělají všechna zvířata. Zrychlí se jeho metabolismus, nevadí mu chlad ani venku. Zima se stane příjemným ročním obdobím. A jak teploty ze zimy do léta rostou, zvykne si i na ty. Letní chlazení interiérů na nepřirozené, nepříjemně nízké teploty, to je další zlozvyk, naštěstí u nás ještě zdaleka ne tak rozšířený jako v USA. Zlozvyk velice nezdravý a velice náročný na elektřinu. Aby v létě bylo lidem v budovách příjemně, stačí, když je tam o pár stupňů chladněji než venku. A když nejsou oblečení stejně vydatně jako v zimě – tj. nemají sako a uzavřenou obuv s ponožkami. Vyžadovat od obchodníků,

úředníků a politiků celoročně stejný „dress code“ je pitomé. Ti, kdo v letním parnu trpí v obleku a nóbl botách, nevyžaduje-li to zrovna jejich role na scéně divadla, tím nedávají najevo svou nadřazenost, ale nesamostatnost a podřízenost. Nenapodobujme je, smějme se jim. Postavil se proti nim i pákistánský prezident, který za letních veder zakázal státním zaměstnancům alespoň nosit ponožky... ve snaze, aby se nezhroutila elektrická síť vinou naplno puštěných klimatizací.

7.3 Clonění oken

Vrátit se k praxi minulých staletí, pokud jde o interiérové teploty a větrání dle zdravého rozumu, ale nestačí. Dnešní okna bývají mnohem větší než v polovině 19. století, a také bývá o dost tepleji. Je zcela nezbytné je za horkého počasí clonit před sluncem, a to zvenčí. Na jihu stačí vysouvací markýza nad oknem, na východě a západě je nutné se proti slunci nízko na nebi chránit vnější žaluzií nebo roletou. Tím spíše nad střešními okny. **Pozor ale, aby takové clony nebyly zataženy trvale, i když slunce nepálí, a vevnitř bylo přes den zapnuté umělé osvětlení.** Bohužel, právě taková praxe je k vidění prakticky všude. Mimo jiné proto, že clony nejsou ovládány elektricky, automaticky, ale prostě se ručně pozatahují a tak už zůstanou. Okna pak působí velké zimní úniky tepla ven, aniž by přispívala k vytápění, když svítí slunce.

Trvalé clonění leckdy ani není proti vedru, ale jen proto, že světlo zvenčí oslňuje lidi pracující u monitoru, a ovšem ruší při promítání. **Alternativou zaclonění celých oken jsou mobilní clony uvnitř místnosti, postavené na stolech či zavěšené na stropě.** Místnost může zůstat pěkně prosvětlená přírodním světlem, aniž by komu vadilo. V chladných dnech ji může vyhřívat slunce.

Zlovykem převzatým z venkovských přízemních okýnek obrácených do ulice (za nimiž zvědavě hledí skrytá stařenka, kdože to venku chodí a s kým) **je užívání záclon** i všude jinde. Ve dne do interiéru zdálky není vidět už proto, že tam je oproti exteriéru velká tma. Skrze záclony ale není vidět pořádně ven, ubírají slunečního tepla, případně také brání teplu z radiátorů jít do místnosti. V noci bílé záclony pohledům zvenčí nic moc nezakryjí, pokud je venku tma a vevnitř světlo. Však si toho všimněte!

Mnohem více o oknech a jejich funkcích a úpravách viz knížku Co s okny (Hollan 2013).

7.4 Stavět a opravovat pořádně: pasivně

Dnešní domy se často moc neliší od těch, co se stavěly v 19. století, pokud jde o jejich tepelnou izolaci a těsnost. Jen se, na rozdíl od těch dob, vytápějí celičké a na výrazně vyšší teploty. Jsou tak ohromným konzumentem fosilních paliv. Je to naprosto neudržitelné.

Přitom existuje tisíckrát ověřená praxe, podle níž se domy vybavují tlustou, výbornou tepelnou izolací, vynikajícími okny a dveřmi, a jsou velice vzduchotěsné, až na soustavu mechanického větrání (německy přiléhavě zvaného Komfortlüftung, větrání pro komfort) užívanou kdykoliv jsou venkovní podmínky nepříznivé. Jde o jediný skutečný stavební standard: **pasivní**. Na tak skvělý, pohodlný a přitom velice úsporný standard lze přivést i všechny velké staré bytové domy, přiblížit se mu lze i u regenerací domů malých,

rodinných. Viz o tom podrobně elektronickou knihu *Nové standardy pro staré domy* (Haselsteiner et al. 2012).

O pasivních domech slyšel snad už každý, ale bohužel existuje spousta „odborníků“ – architektů, stavařů, topenářů, auditorů, kteří jsou v tomto oboru naprosto nevzdělaní a soudí, že tak, jak to dělali doposud, to bylo dobře a nějaké novoty jsou nežádoucí. Typickým argumentem bývá „v pasivních domech se nedají/nesmějí otvírat okna“. Samozřejmě dají (i když často ne všechna – proč by taky, vzpomeňte, která okna doma, v práci atd. otvíráte doopravdy a která nikdy), ale **okna se nemusejí otvírat, pokud jde o pouhé větrání**. Když je ale venku pěkně (není tam hluk, prach, pyl dráždící alergiky, horko, zima nebo víchr), tak samozřejmě bývají dokořán a mechanické větrání je vypnuté.

Označení „pasivní“ vystihuje dobře, jak takové domy fungují – v maximální míře samy od sebe. Nepouštějí dovnitř horko, nebo v zimě teplo ven, jsou tak dobře izolované, že pro jejich mírné zimní dotápění musí stačit přihřívat vzduch, kterým se tak jako tak větrají, aby uvnitř nebyl zápach. Vzduch jdoucí tehdy dovnitř převezme pasivně teplo od vzduchu, který jde ven, a to přes systém membrán, které oba proudy vzduchu mechanicky oddělují (to se nazývá rekuperace).

High-tech zasklení, poskytující skvělou tepelně izolační funkci, před třiceti lety neexistovalo. To byl asi důvod, proč se neaplikovaly tlusté izolační vrstvy materiálů, které už tehdy byly běžné – říkalo se, stejně by teplo uteklo okny. To už neplatí. Ta nejlepší okna dokáží v zimě dodat často i více užitečného tepla, než jimi uteče. A tak se nemá izolovat vrstvami tenčími než čtvrtmetrovými. Užít pro to lze slámu, ale i skutečně nové izolační pěny, jako je lehký šedý polystyrén (šetří se v něm na polymerním materiálu, ale tepelný tok je účinně potlačen nanočásticemi grafitu) nebo nanoporézní fenolovou pěnu (ta je ale velmi zranitelná, musí být rychle a promyšleně zabudována do budovy). Nebo, v místech, kde izolace nemůže být tlustá, lze užít panely s evakuovanou nanovláknitou kyselinou křemičitou. Jsou drahé, ale místy se vyplatí. Daleko nejvíce by se vyplatily v chladničkách a mrazicích boxech, tam je ale výrobci z podezřelých důvodů nedávají...

Jakákoliv regenerace budovy, byť i jen velmi částečná, by měla být provedena v téže kvalitě, jako u nového pasivního domu. Jinak se na další desítky let „zabetonuje“ dosavadní mizerná kvalita budovy a její neudržitelně vysoká potřeba vytápění nebo i umělého elektrického chlazení.

Evropské nařízení o budovách, EPBD – Energy Performance of Buildings Directive požaduje, aby od r. 2020 byly všechny budovy stavěny jen takové, jejichž úhrnná roční potřeba umělých dodávek energie zdáli je blízka nule. Pro budovy, na jejichž stavbě se podílejí veřejné prostředky, to platí už od r. 2018. Nutným stavebním opatřením, aby toho bylo možné dosáhnout, je splnění pasivního standardu. Potom už může stačit doplnit budovu fotovoltaickým pláštěm na osluněných plochách, příp. stříškami a jinými panely nad okny a střechami nebo na pozemku u budovy, a roční bilance tak může vyjít. Směrnici viz např. na <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/HTML/?uri=CELEX:32010L0031&from=EN>.

Ale už dnes lze kategoricky požadovat alespoň to, že když úředníci či jiní zaměstnanci atp. trvají na instalaci klimatizace, rozuměj elektrického chlazení vzduchu, tak že bude instalováno výhradně tehdy, když fotovoltaika na budově pokryje celý jeho provoz. Však když nesvítl slunce, chladit se zrovna nemusí, že.

Pro chlazení budovy, nestačí-li noční větrání průvanem, je ideální mít ve stropě systém plastových trubiček, které strop vychlazují vodou. Ta tudy může téct z jedné studny do druhé, ale může být také ochlazována tepelným čerpadlem, které přitom např. také ohřívá vodu na sprchování. A do mechanického větrání může být doplněn registr, který pasivně předchlazený venkovní vzduch dále trochu ochladí – protékat jím může např. voda ze systému plastových trubek umístěných kolem budovy metr dva pod zemí. Ze systému stejného, jaký se běžně užívá pro vytápění tepelným čerpadlem.

V mnoha budovách je dnes **extrémně silné umělé osvětlení**, používané navíc i po setmění. Znamená velkou spotřebu elektřiny, ale také zhoubné důsledky zdravotní. Lidé, stejně jako celá příroda, totiž potřebují normální přírodní noc. I když u lidí jsme si jistí, že skromné svícení pomocí plamenů, jaké užívali statisíce let, jejich zdraví neškodí. Nezpůsobuje, neznemožňuje nástup noční fáze cirkadiálního rytmu, a to přestože umožňuje nutnou práci či jinou žádoucí činnost. Je totiž slabé a žluté, s minimalizovanou modrou složkou světla. No, a právě tak má vypadat **večerní pracovní osvětlení moderní, pomocí žlutých LED, či v nouzi pomocí teple bílých diod s užitím žlutého filtru**. Pro bezpečný pohyb v době, když už ostatní spí, pak stačí jedna slabounká dioda mířící do stropu... aby člověk, plně adaptovaný na tmu, trefil na (stejně slabě osvětlený) záchod a zpět. Kromě silného bílého osvětlení, které nám ve dne nahrazuje či za zimních temných dní doplňuje denní světlo, je tak v budovách potřeba mít slabé žluté světlo na dobu před spánkem, nejlépe spojitě tlumitelné od maximálního napětí 12 V, a pak slabounké (klidně i bílé) už jen na případný pohyb budovou. Viz o tom i knížku *Venkovní osvětlení v obcích* (Hollan 2011) a starší statě speciálně o interiérech (Hollan 2007; Hollan 2009).

Více o pasivních domech a regeneracích až k jejich úrovni již citovanou knížku Haselsteiner et al., dostupnou též na stránce <http://www.veronica.cz/?id=128&i=97> a odkazy z ní. O pasivních domech obecně pak např. Hollan (2008) a web Centra pasivního domu, <http://www.pasivnidomy.cz/>.

7.5 Necestovat neudržitelně

Létání letadly ve velkých výškách nejenže spotřebuje na osobu a kilometr tolik paliva, jako cesta autem na tutéž vzdálenost (jedou-li v něm jen dva lidé), ale přidá na rozhraní troposféry a stratosféry nežádoucí vodní páru a nebe většinou počmárá cirry, které sice ve dne odrážejí část slunečního záření zpět do vesmíru, ale ve dne v noci zesilují skleníkový jev. Pokud cirry vzniknou a rozšíří se, pak je cesta letadlem až čtyřikrát škodlivější, než by vyplývalo jen ze samotné tvorby oxidu uhličitého z paliva. **Nelétejme, není-li to nezbytně nutné!** A jde-li o služební cestu, trvejme na tom, že bude proplacen vlak, byť by byl několikrát dražší. Cestovat vlakem je pohodlné, nemusí to být ztráta času.

O tom, že místo autem má jet člověk veřejnou dopravou, na kole nebo jít pěšky, ví každý. Jen aby to bral vážně a řídil se dle toho. Pokud by pravidelná cesta na obyčejném kole byla

moc namáhavá či pomalá, je řešení snadné: užívejte **elektrokolo**, které k vašemu vlastnímu pedálovému výkonu přidá jednou nebo i několikrát tolik! To je i řešení pro trvale aktivní život všech lidí nad osmdesát, devadesát let, jezdí-li daleko nebo do kopce.

Na venkově se leckdy bez auta obejít nedá, a pokud jezdíte pravidelně, správným řešením je elektroauto. Ve městech by mělo být ne vaše vlastní, ale jen jedno z mnoha v systému car sharing. Pak si můžete vzít vždycky tak velké, jaké potřebujete. V budoucnosti ne tak vzdálené, doufejme, to už bude auto bez řidiče. Místo města plného parkujících aut či aut popojíždějících v dopravním zácpách v něm budou autonomní auta vozit ty, pro něž to bude nejlepší způsob dopravy sebe a věcí. Skutečně *osobní* auta okupující veřejný prostor a špinící vzduch jsou nemravná a budovat pro ně další a další facility je slepá ulička. Města hledící kupředu se vyznačují tím, že parkovacích míst ubírají!

7.6 Jezme jako před sto lety

Současná konzumace masa, mléka atd. vede k pozoruhodně vysokým emisím skleníkových plynů. Jeden způsob je nasnadě: fermentace bylin v žaludcích přežvýkavců je doprovázená velkou tvorbou metanu. Skladbou krmiv ji lze drobně snížit, ale nijak zásadně. Zásadní snížení je možné jen tím, že prostě přežvýkavců, hlavně těch velkých, hodně ubude. Přesně vzato, musí ubýt jejich hmotnosti, musejí toho mnohem méně sníst. Dnes v Česku nemáme více hovězího dobytka než před sto lety, ale je mohutnější, poskytuje více masa a mléka.

Kromě produkce metanu z dobytka hraje velkou roli i jeho krmivo produkované pomocí umělých hnojiv (a tedy i emisí oxidu dusného a spotřeby metanu) a na plochách ve vzdálených zemích, které kvůli tomu byly odlesněny. V úhrnu lze říci, že produkce potravy, jakou nyní vyžadujeme, je odpovědná až za čtvrtinu emisí skleníkových plynů v přepočtu na ekvivalent oxidu uhličitého. Je to příliš mnoho.

Konzumace masa je kromě toho přílišná i z hlediska lidského zdraví, naopak konzumace zeleniny a ovoce je nedostatečná. Před sto lety lidé jedli především potraviny z místní produkce, hodně v závislosti na ročním období. Neměli k dispozici libovolné maso v libovolnou dobu. Jejich skladba potravy, zejména na venkově, kde měli zeleninu i ovoce vlastní, byla přitom dobrá. Chlebem, kašemi a plackami se málokdo přejídá. Zeleniny lze sníst opravdu hodně, aniž by člověk ztloustl. Masa a mléka a produktů z nich, ani libových, určitě ne. Ale když ono je to tak dobré...

Má-li se stravování vrátit do udržitelných mezí, musí se produkce i konzumace závislá na dobytku několikrát snížit. Táž výměra půdy uživí několikanásobně více lidí, pokud jedí to, co na ní vyrostě, místo aby stáli o potravní stupeň výš a jedli zvířata, která se z vypěstovaných rostlinami živí. Že to jde, je zřejmé na příkladech vegetariánů, natož veganů vyhýbajících se i vejším a mléku. Není ale vůbec potřeba, aby se tak chovali všichni, stačí, když svou skladbu potravy těmito dvěma modelům co možná přiblíží. Sníst jednou týdně pěkný kousek hovězího nebo jehněčího z bioprodukce je zcela v pořádku, a udržovat nějaké stavy pasoucího se dobytka je žádoucí i pro uchování a obnovu naší kulturní krajiny. Chovat prasata všude tam, kde jsou k dispozici zbytky, co lidé nesnědí, je rovněž moudré. Totéž platí pro drobné zvířectvo, drůbež a králíky, kdysi na venkově všude samozřejmé a i na městských periferiích běžné. Tam, kde roste tráva, mají být i její konzumenti. Ne všechnu je

vhodné použít jako materiál do bioplynových stanic (a následnou výrobu biouhlu). A je hloupé ji jen kompostovat. Jde o zcela obnovitelný přírodní zdroj, který lidé používali celá staletí prakticky kompletně. Jak říkala moudrá babička jednoho z našich kolegů: ještě není žádná krize – nejsou vysekané meze...

Druhou důležitou změnou musí být, že se s potravinami přestane plýtvat. Nemají se zahazovat ani cestou od vypěstování atp. ke konzumentům, tak ani poté, co si je lidé či restaurace atp. koupí. Statistiky bohužel říkají, že se jich v bohatých zemích takto zahodí třetina až polovina... Je to hrůza. Co se vypěstuje, má se užitečně spotřebovat.

8 Závěr

Země je schopna slušně uživit snad i těch současných sedm miliard lidí, ale tato její kapacita vinou lidmi způsobeného oteplování klesá, místy už téměř zanikla. Je na bohaté části lidstva, k níž patří i mnozí lidé v zemích v průměru ještě chudých, aby svou spotřebu všeho druhu velmi snížili a příjmy, které mají, přeměřovali na aktivity vedoucí ke snížení emisí a adaptaci jak ve svých zemích, tak i všude tam, kde na to místní zdroje finanční, lidské ani materiální nestačí. Ostatně k takovému životu je odedávna nabádají všechna světová náboženství. Ale až teď se ukazuje, že je to i nezbytnost pro přežití civilizace. Že současná spotřeba dávno překročila únosnost naší planety.

Jen když bohatí lidé budou žít mnohem skromněji, je šance, že se na jejich dnešní úroveň nebudou snažit dostat i všichni ostatní. Že přestane být módní jezdit těžkými terénními vozy po městě na nákupy a do kaváren. Létat po celém světě na dovolené. Stavět si veliké domy daleko od míst, kde člověk přes den pobývá.

Zkušenosti ze začátku 40. let ukazují, že se chování společnosti může rychle změnit, aby dosáhla toho, co považuje za nezbytné. V Británii šlo o reakci na začátek druhé světové války, kdy král (viz film *Králova řeč*) vyzval všechny k tomu, aby se plnou silou postavili Hitlerovi na odpor. Během týdnů a měsíců se továrny v zemi proměnily na takové, které místo spotřebního zboží vyráběly zbraně a zásobovaly armádu, a na vší půdě vč. městských parků se začaly pěstovat potraviny. Winston Churchill slíbil obyvatelstvu jen krev, pot a slzy, a lidé to přijali. Nejen v Británii, ale v celém britském impériu, tedy např. vč. Kanady. A poté, co Japonsko zbombardovalo loď v Pearl Harbour, vyzval Američany k radikální změně Franklin Delano Roosevelt. Spojené státy nejenže také obratem proměnily všechny svůj průmysl, aby vyráběl masivně i válečné a dopravní lodě, ale také, ostatně stejně jako Britové, změnili své stravování tak, aby mohli zásobovat svou i evropské armády, včetně té Rudé.¹⁴ Po nezměrném celonárodním úsilí trvajícím několik let byli Hitler i Japonsko poraženi.

Pokud se všechny země, lidé po celém světě stanou tak odhodlaní a pustí se do úkolu dnešní doby tak razantně, jako to ve svobodných zemích udělali za druhé světové války, tak mohou opět vyhrát. I když to potrvá ne pět, ale padesát let.

¹⁴ Chudší strava, čili brambory a zelenina místo masa atd., vedla k tomu, že lidé, kteří tím v Británii i USA v mládí prošli, byli zdravější než generace před nimi a po nich. Měli a mají např. méně cévních chorob i mozkových příhod.

Těžko ale můžeme čekat, že se objeví nový Churchill či Roosevelt, přesvědčivý státník který má i velkou vlastní výkonnou moc. Veřejnost k tomu musí dospět do značné míry sama, ač třeba inspirovaná apelem papeže Františka. Opřít se může o literaturu psanou lidmi, kteří se ochraně klimatu věnují už léta. Za jiné jmenujme jednu dostupnou i česky: Zeemě (McKibben 2013), viz též http://amper.ped.muni.cz/gw/aktivity/dale_ctete/, kde jsou poznámky k její úvodní, fyzikální kapitole. Vynikající přehled energetických technologií (všechny už máme, zásadně nové nepřijdou, spotřebu musíme snížit) dává knížka Davida MacKaye, ve slovenské verzi zvaná *Obnovitelné zdroje energie - s chladnou hlavou*; odkaz na ni je rovněž v adresáři výše.

A na úplný závěr dovoluje osobní názor: veškerá **spotřeba, je-li založená na fosilních palivech a není nezbytná, je mírně řečeno nemravná, silněji řečeno zločinná.**

9 Informace o lektorech

RNDr. Jan Hollan, Ph.D. již od roku 1990 přednáší a píše o globálním oteplování, jeho příčinách a důsledcích. Zabývá se také technologiemi snižujícími spotřebu, zejména pasivními domy. Věnuje se i osvětě o obnovitelných zdrojích energie, dusíku a fosforu. Je světovým odborníkem ohledně světelného znečištění. Ke všem těmto oblastem publikoval řadu vlastních prací a překladů, které jsou vesměs volně dostupné na internetu.

RNDr. Yvonna Gaillyová, CSc. založila ekologické poradenství v Československu a vede Ekologický institut Veronica, jehož působiště je i Centrum Veronica v Hostětíně, poskytující praktické ukázky udržitelných technologií.

Kontakt: hollan.jan@brno.cz, 606 072 563

10 Odkazy

10.1 Doporučené internetové stránky

Proti dezinformační kampani fosilního komplexu (a nesmyslům šířením i neplacenými jedinci) je vhodné nahlížet do následujících zdrojů, některé i důkladně prostudovat. Jsou věrohodné a aktuální:

<http://zmenaklimatu.cz>, stránka Klimatické koalice.

www.veronica.cz/klima, publikace a přednášky Ekologického institutu Veronica; též www.veronica.cz/resilience.

<http://amper.ped.muni.cz/gw>, elektronická knihovna překladů zásadních dokumentů, též původní články a přednášky J. Hollana od r. 2005; v úvodu je doporučen skvělý animovaný film **Wake Up Freak Out** z r. 2008, opatřený i českými titulky.

http://amper.ped.muni.cz/gw/aktivity/dale_ctete/, o knížce Bill McKibben, 2013: *Zeemě. Jak přežít na naší nové nehostinné planetě*, s poznámkami k její první kapitole.

<http://amper.ped.muni.cz/pasiv/MacKay/>, David J. C. MacKay: *Obnovitelné zdroje energie – s chladnou hlavou* (Sustainable Energy – without the hot air).

<http://amper.ped.muni.cz/gw/aktivity/klima.pdf>, Tomáš Milěř a Jan Hollan, 2015: *Klima a koloběhy látek: jak funguje klimatický systém Země, proč a jak se klima mění*. Obdoba textu pro vzdělávací modul Ochrana klimatu, soustředěná na přírodovědné základní poznatky, pozorování a pokusy, určená hlavně učitelům a studentům.

<http://ac.blog.sme.sk>, blog Dr. Alexandra Ače, věnovaný i ekonomickým tématům.

<http://climatemap.blogspot.cz/>, blog Dr. Ače a Mgr. Jozefa Pecha s tématy klimatické vědy.

www.milanlapin.estranky.sk/, klimatologické informace prof. Milana Lapina, nejen o Slovensku.

www.eea.europa.eu/soer-2015/synthesis/evropske-zivotni-prostredi-2013-stav, dokument Evropské environmentální agentury (EEA), věnovaný zčásti i klimatické změně.

www.paktstarostuaprimatoru.eu/index_cs.html, Úmluva starostů a primátorů (o snižování emisí svých měst i menších obcí).

www.skepticalscience.com/, anglicky psaný portál věnovaný zprvu vyvracení argumentů, lží a polopravd popíračů, nyní se záběrem na všechno zásadní dění ohledně informací a dezinformací o klimatické změně; mnoho rozborů argumentů je přeloženo i do češtiny a slovenštiny.

<http://realclimate.org/>, anglický blog o nových poznacích klimatické vědy, psaný nejpřednějšími vědci tohoto oboru; jeho archiv obsahuje vysvětlení prakticky všech obtížně pochopitelných částí této vědy; některé starší články jsou přeložené i do jiných jazyků.

www.ipcc.ch, Mezivládní panel pro klimatickou změnu

www.eea.europa.eu/signals, *Signals 2015 – living in a changing climate*, přehledný dokument Evropské agentury pro životní prostředí (EEA) ukazující, že úhrn závazků členských států, pokud jde o emise, je zcela nepostačující.

<http://w2.vatican.va/content/francesco/en/encyclicals/index.html>, encyklika Laudato Si (Pochválen buď) papeže Františka v řadě jazyků; o první kapitole slovensky viz <http://ac.blog.sme.sk/c/383324/papezova-encyklika-nastal-cas-na-hlboku-zmenu-spolocnosti-a-celeho-sveta.html>.

10.2 Vědecké odkazy z textu

Abecedně uvedená vědecká literatura, použit byl formát Chicago Manual of Style a bibliografický nástroj Zotero.

Dai, Aiguo. 2010. „Drought under global warming: a review“. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, n/a. <http://dx.doi.org/10.1002/wcc.81>.

- Gaillyová, Yvonna, a Jan Hollan. 2014. „Stálá pokojová teplota?". *Veronica*.
http://amper.ped.muni.cz/pasiv/standardy/pok_teplota.html.
- Greenbaum, J. S., D. D. Blankenship, D. A. Young, T. G. Richter, J. L. Roberts, A. R. A. Aitken, B. Legresy, et al. 2015. „Ocean Access to a Cavity beneath Totten Glacier in East Antarctica". *Nature Geoscience* 8 (4): 294–98. doi:10.1038/ngeo2388.
- Hanna, Edward, Francisco J. Navarro, Frank Pattyn, Catia M. Domingues, Xavier Fettweis, Erik R. Ivins, Robert J. Nicholls, et al. 2013. „Ice-Sheet Mass Balance and Climate Change". *Nature* 498 (7452): 51–59. doi:10.1038/nature12238.
- Hansen, James, Makiko Sato, Pushker Kharecha, David Beerling, Robert Berner, Valerie Masson-Delmotte, Mark Pagani, Maureen Raymo, Dana L. Royer, a James C. Zachos. 2008. „Target atmospheric CO₂: Where should humanity aim?". *Open Atmos. Sci. J.* 2: 217–31. doi:10.2174/1874282300802010217.
- Hansen, James, Makiko Sato, a Reto Ruedy. 2013. „Global Temperature Update Through 2012". leden 15.
http://www.columbia.edu/~mhs119/Temperature/Temperature_2013.01.15.pdf.
- Hansen, James, Makiko Sato, Reto Ruedy, Gavin A. Schmidt, a Lo Ken. 2015. „Global Temperature in 2014 and 2015".
http://www.columbia.edu/~jeh1/mailings/2015/20150116_Temperature2014.pdf.
- Harig, Christopher, a Frederik J. Simons. 2012. „Mapping Greenland's Mass Loss in Space and Time". *Proceedings of the National Academy of Sciences* 109 (49): 19934–37. doi:10.1073/pnas.1206785109.
- . 2015. „Accelerated West Antarctic ice mass loss continues to outpace East Antarctic gains". *Earth and Planetary Science Letters* 415 (duben): 134–41. doi:10.1016/j.epsl.2015.01.029.
- Haselsteiner, E., K. Guschlbauer-Hronek, M. Havel, a Jan Hollan. 2012. *Nové standardy pro staré domy. Příručka pro regeneraci rodinných domů ve 21. století*. Brno: AEE NÖ-Wien; ZO ČSOP Veronica - Ekologický institut.
<http://amper.ped.muni.cz/pasiv/regenerace/>.
- Hollan, Jan. 2007. „Zásady osvětlování ve veřejných institucích". In *Zelené úřadování - vybraná témata*. Brno: STEP (www.ekoporadna.cz).
<http://zeleneuradovani.cz/content/File/svetlo.pdf>.
- . , ed. 2008. *Pasivní dům II*. Brno: ZO ČSOP Veronica.
http://www.veronica.cz/dokumenty/pasivni_dum_2008.pdf.
- . 2009. „Nové paradigma osvětlení v budovách, nová řešení". In , 75. Brno: VUT v Brně, FAST. http://amper.ped.muni.cz/light/texty_pdf/paradigma.pdf.
- . 2011. *Venkovní osvětlení v obcích*. ZO ČSOP Veronica. <http://www.veronica.cz/?id=128&i=92>.
- . 2013. *Co s okny / Upravená stará okna lepší než nová*. Brno: Ekologický institut Veronica. <http://www.veronica.cz/okna>.
- Keller, Gerta. 2014. „Deccan Volcanism, the Chicxulub Impact, and the End-Cretaceous Mass Extinction: Coincidence? Cause and Effect?". *Geological Society of America Special Papers* 505 (září): 57–89. doi:10.1130/2014.2505(03).

- Kelley, Colin P., Shahrzad Mohtadi, Mark A. Cane, Richard Seager, a Yochanan Kushnir. 2015. „Climate Change in the Fertile Crescent and Implications of the Recent Syrian Drought". *Proceedings of the National Academy of Sciences* 112 (11): 3241–46. doi:10.1073/pnas.1421533112.
- Laskar, J., P. Robutel, F. Joutel, M. Gastineau, A. C. M. Correia, a B. Levrard. 2004. „A long-term numerical solution for the insolation quantities of the Earth". *Astronomy and Astrophysics* 428 (1): 261–85. doi:10.1051/0004-6361:20041335.
- Marcott, Shaun A., Jeremy D. Shakun, Peter U. Clark, a Alan C. Mix. 2013. „A Reconstruction of Regional and Global Temperature for the Past 11,300 Years". *Science* 339 (6124): 1198–1201. doi:10.1126/science.1228026.
- Mason, John. 2015a. „The cause of the greatest mass-extinctions of all? Pollution (Part 1)". *Skeptical Science*. březen 19. <http://www.skepticalscience.com/pollution-part-1.html>.
- . 2015b. „The cause of the greatest mass-extinctions of all? Pollution (Part 2)". *Skeptical Science*. březen 19. <http://www.skepticalscience.com/pollution-part-2.html>.
- McKibben, Bill. 2013. *Zeemě. Jak přežít na naší nové nehostinné planetě*. Praha: Paseka. <http://www.paseka.cz/mckibben-bill-zeeme-jak-prezit-na-nasi-nove-nehostinne-planete/produkt-3745/>.
- „NASA - NASA Satellites Find Freshwater Losses in Middle East". 2013. Feature. únor 13. http://www.nasa.gov/mission_pages/Grace/news/grace20130212.html.
- Philander, George S. 2006. *Our Affair with El Niño: How We Transformed an Enchanting Peruvian Current into a Global Climate Hazard*. <http://press.princeton.edu/titles/7707.html>.
- Romm, Joseph. 2013. „Must-Have High-Resolution Charts: ‘Carbon Pollution Set To End Era Of Stable Climate’". Viděno březen 19. <http://thinkprogress.org/climate/2013/03/18/1722601/must-have-high-resolution-charts-carbon-pollution-set-to-end-era-of-stable-climate/>.
- Trenberth, Kevin E., a John T. Fasullo. 2011. „Tracking Earth’s Energy: From El Niño to Global Warming". *Surveys in Geophysics*, říjen. doi:10.1007/s10712-011-9150-2.
- Van Ommen, T. D. 2015. „Melting moments: a look under East Antarctica’s biggest glacier". *The Conversation*. Viděno červen 4. <http://theconversation.com/melting-moments-a-look-under-east-antarcticas-biggest-glacier-40960>.
- Vaughan, Adam. 2015. „Eight things we learned from the Pope’s climate change encyclical". *the Guardian*. Viděno červen 20. <http://www.theguardian.com/environment/2015/jun/18/eight-things-we-learned-from-the-popes-climate-change-encyclical>.
- Voss, Katalyn A., James S. Famiglietti, MinHui Lo, Caroline de Linage, Matthew Rodell, a Sean C. Swenson. 2013. „Groundwater Depletion in the Middle East from GRACE with Implications for Transboundary Water Management in the Tigris-Euphrates-Western Iran Region". *Water Resources Research* 49 (2): 904–14. doi:10.1002/wrcr.20078.
- Watson, Christopher S., Neil J. White, John A. Church, Matt A. King, Reed J. Burgette, a Benoit Legresy. 2015. „Unabated Global Mean Sea-Level Rise over the Satellite



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Altimeter Era". *Nature Climate Change* advance online publication (květen).
doi:10.1038/nclimate2635.

Zastrow, Mark. 2015. „Climate change implicated in current Syrian conflict". *Nature*,
březen. doi:10.1038/nature.2015.17027.