

The New Climate Dice – Klima podle nové kostky: Vnímání změny klimatu veřejností

James Hansen, Makiko Sato, Reto Ruedy — červenec 2012

(Stručné autorské shrnutí vědeckého článku Hansen, J., M. Sato, R. Ruedy, Perception of climate change, PNAS Plus, August 6, 2012, doi:10.1073/pnas.1205276109. Z originálu

http://www.giss.nasa.gov/research/briefs/hansen_17/ či

http://www.columbia.edu/~jeh1/mailings/2012/20120803_DicePopSci.pdf přeložil Jiří Došek, upravil Jan Hollan, překlad je dostupný v adresáři <http://amper.ped.muni.cz/gw/hansen/>)

Největší překážkou toho, aby veřejnost rozpoznala lidmi způsobené změny klimatu, je pravděpodobně přirozená proměnlivost místního klimatu. Jak může člověk, když se místní počasí a klima tak velice mění ze dne na den a z roku na rok, rozeznat dlouhodobou změnu klimatu?



Obrázek 1. Hasiči bojují s plameny v Taylor Creek, s jedním z několika požárů, kterým v létě 2012 padlo za oběť přes 30 000 hektarů v jihovýchodní Montaně. Obrázek: USFWS/Gerald Vickers skrze InciWeb.org.

Tato otázka je důležitá proto, že akce na zastavení emisí plynů, které způsobují globální oteplování, nejsou pravděpodobné, dokud si veřejnost neuvědomí význam globálního oteplování a nepochopí, že bude mít nepříjemné následky. Pokud nám tedy příroda poskytuje o klimatické změně doklady, má je objektivně zkoumat jak veřejnost, tak i vědci.

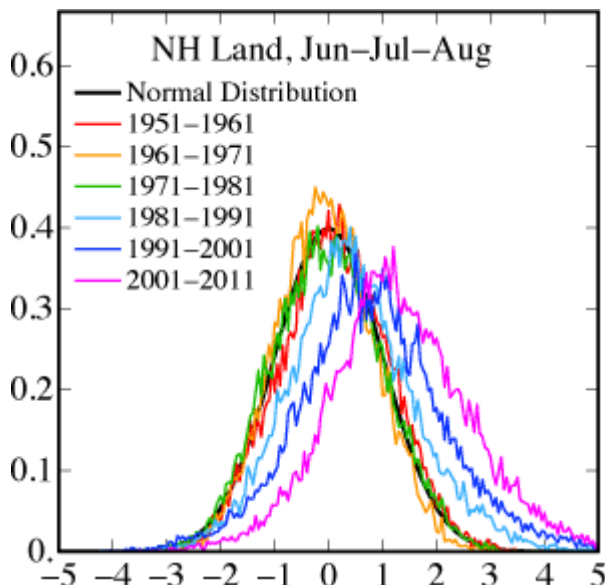
Bylo proto zklamáním, že většina prvních zpráv médií o vlně veder, rozsáhlém suchu a intenzivních lesních požárech ve Spojených státech roku 2012 nezmínila nebo nezkoumala možnou souvislost mezi těmito klimatickými jevy a globálním oteplováním. Je tato mlčenlivost oprávněná?

V novém článku (Hansen et al., 2012a) docházíme k závěru, že takováto mlčenlivost oprávněná není. Ten článek je pokusem ilustrovat data způsobem, který korektně bere v úvahu proměnlivost klimatu a zároveň je srozumitelný veřejnosti.

Ukážeme, jak se mění pravděpodobnost neobvykle teplých sezón, s důrazem na léto, kdy mají tyto změny velký praktický dopad. Počítáme sezónní průměry teplotních odchylek vůči průměrné teplotě ve vztažném období let 1951-1980. To je vhodné vztažné období proto, že globální teplota byla relativně stabilní a ještě spadala do rozpětí holocénu, kterému jsou lidstvo a ostatní život na planetě přizpůsobeni

(viz Poznámka).

Názorně ukazujeme proměnlivost sezónní teploty v jednotkách směrodatné odchylky (standardní deviace, σ) včetně porovnání s normálním rozdělením („zvonovitou křivkou“), které by běžná veřejnost měla pochopit. Rozdělení pravděpodobnosti (četností výskytu) místních anomálií letní průměrné teploty bylo v 50., 60. a 70. letech 20. století na obou polokoulích blízké normálnímu rozdělení (Obr. 2). V každém následujícím desetiletí se ale toto rozdělení posunulo dále směrem ke kladným anomáliím, nejvíce se změnil kladný chvost (vysoké teplé hodnoty) rozdělení.



Obrázek 2. Rozdělení teplotních anomálií: Četnost výskytu (svislá osa) místních teplotních letních anomálií (vůči průměru let 1951-1980) v jednotkách místní směrodatné odchylky (vodorovná osa). Plocha pod každou z křivek je jednotková. Zdroj: NASA/GISS.

Důležitou změnou je objevení se podmnžiny teplé kategorie, extrémně teplých letních sezón, definované jako anomálie přesahující $+3\sigma$. Četnost těchto extrémních odchylek je podle normálního rozdělení asi 0,13 %, v typickém létě vztažného období bylo tedy těmito horkými extrémy pokryto pouze 0,1-0,2 % zemského povrchu. My však ukazujeme, že během posledních několika let dosahovala globálně plocha pevniny pokrytá letními odchylkami teploty přesahujícími $+3\sigma$ průměrně okolo 10 %, což je nárůst více než o řád oproti vztažnému období. Mezi příklady letních teplotních odchylek přesahujících $+3\sigma$ z poslední doby patří horká vlna a sucho v Oklahomě, Texasu a Mexiku v roce 2011 a velká oblast zahrnující většinu Blízkého východu, západní Asie a východní Evropy včetně Moskvy v roce 2011.

Na otázku, zda jsou tyto extrémně teplé odchylky důsledkem globálního oteplování, se často odpovídá záporně a nabízí se alternativa založená na meteorologickém vysvětlení. Například v roce 2010 v moskevské oblasti neobvyklá atmosférická „blokuující“ situace vyústila v dlouhotrvající anomálii vysokého tlaku a v roce 2011 mohla silná La Niña přispět situaci horka a sucha na jihu Spojených států a v Mexiku. Tyto vzorce počasí ale nejsou nové, a tedy jako „vysvětlení“ nedokážou zdůvodnit ten obrovský nárůst plochy pokryté extrémně kladnými odchylkami teploty. Konkrétní vzorce počasí pomáhají vysvětlit, kde se oblasti vysokého tlaku, které podporují vysoké teploty a sucho, vyskytnou v daném létě, avšak tak neobvykle vysoké teplotní extrémy a velká plocha těmito odchylkami pokrytá jsou důsledkem globálního oteplování, které způsobuje, že se zvonovitá křivka posouvá doprava (Obr. 2).

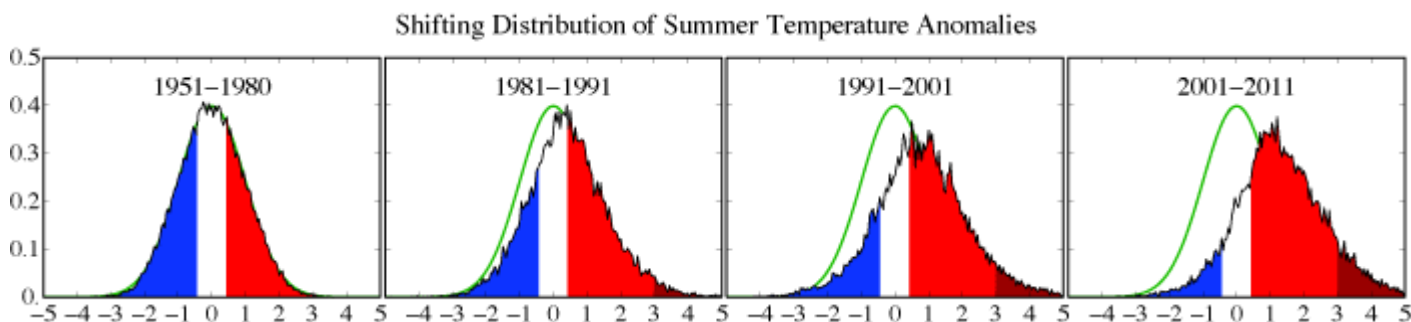
Rozdělení sezónních teplotních odchylek (Obr. 2) však také odhaluje, že značná část (zhruba 15 %) odchylek je stále záporných, což znamená průměrné letní teploty nižší než klimatický průměr let 1951-1980. Lidé by tedy neměli být překvapeni občasným výskytem neobvykle chladné sezóny. Chladné odchylky velikosti až -2σ se stále objevují, protože rozdělení odchylek se nejen posunulo doprava, ale také rozšířilo. Jinými slovy naše klima v současnosti zahrnuje větší extrémy.

Naše analýza je empirický přístup, který se vyhýbá využití klimatických modelů, používá naopak pouze reálně naměřená data. Teorie příčin pozorované globální změny teploty jsou tak dány stranou jako nezávislý problém. Je nicméně zajímavé porovnat data s výsledky klimatických modelů, které se používají k simulaci očekávaného globálního oteplování působeného nárůstem lidmi produkovaných skleníkových plynů.

V 80. letech byl navržen koncept klima-kostky v souvislosti s klimatickými simulacemi tehdy prováděnými (Hansen et al., 1988) jako způsob, jak popsat stochastickou proměnlivost místní teploty. Veřejnost by měla rozpoznat existenci globálního oteplování tehdy, až se kostka stane dostatečně falešnou. 10 nejteplejších letních sezón (červen-červenec-srpen na severní polokouli) za 30leté období (1951-1980) bylo použito k definování „teplé“ kategorie léta, 10 nejstudenějších pro „chladnou“ kategorii a prostředních 10 pro „průměrné“ léto. To sil ze představit tak, že vždy dvě stěny šestistěnné hrací kostky mají barvu červenou, modrou a bílou, a že každá barva zastupuje jednu teplotní kategorii. Hranice mezi „teplou“ a „průměrnou“ a mezi „průměrnou“ a „chladnou“ jsou pro normální rozdělení na $+0,43\sigma$ a $-0,43\sigma$.

Teploty simulované globálním klimatickým modelem (Hansen et al., 1988) dosáhly takových hodnot, že by ne dvě, ale čtyři ze šesti stěn klimatické kostky měly být v první dekádě 21. století červené, při vývoji emisí skleníkových plynů podle scénáře B, který se ukázal být přesnou aproximací skutečného nárůstu skleníkových plynů (Hansen a Sato 2004; aktualizace jsou dostupné na webové stránce Columbia University). Pozorované letní odchylky teploty nad pevninou jsou během minulé dekády v průměru z asi 75 % v „teplé“ kategorii; to by odpovídalo dvěma kostkám, z nichž jedna by měla čtyři, druhá pět stran červených. Pozorování je v rozumné shodě s očekáváními.

Souvislost mezi zvonovitou křivkou a klimatickou kostkou ilustruje Obrázek 3. Extrémně vysoké teplotní odchylky se již nyní vyskytují častěji než neobvykle chladné sezóny. Pokud bude posun zvonovité křivky doprava pokračovat dále stejným tempem, za několik desetiletí se přestanou vyskytovat i sezóny, které byly dříve považovány za průměrné.

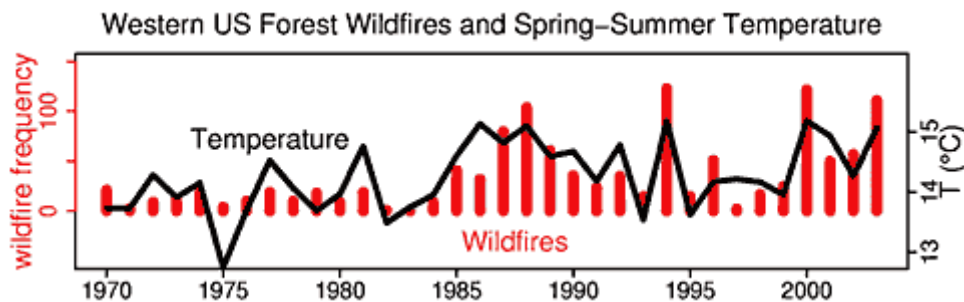


Obrázek 3. Četnost výskytu (svislá osa) místních teplotních anomálií pro červen-červenec-srpen (vůči průměru let 1951-1980) pro pevninu severní polokoule v jednotkách místní směrodatné odchylky platné pro vztahné období (vodorovná osa). Odchylky teploty v období let 1951-1980 se těsně shodují s normálním rozdělením („zvonovitá křivka“, vyznačena zeleně), které je použito k definování chladné (modře), typické (bíle) a teplé (modře) sezóny, každé s pravděpodobností 33,3 %. Rozdělení odchylek se posunulo doprava v důsledku globálního oteplování uplynulých tří desítek let natolik, že chladná léta nyní zabírají jakoby jen polovinu jedné stěny šestistěnné hrací kostky, bílá pokrývá jednu stěnu, červená čtyři a extrémně teplá (červenohnědá) anomálie zabírá zbylou polovinu stěny.

Ukázali jsme, že zvýšená četnost „teplých“ sezón je důsledek globálního oteplování. Příčina globálního oteplování je odlišná věc, ale pozorované globální oteplování je v současnosti s velkou mírou jistoty přisuzováno nárůstu skleníkových plynů (IPCC 2007a).

Obě přísouzení jsou důležitá. Dohromady nám umožňují vyvodit, že plocha pokrytá extrémně teplými odchylkami bude v následujících desetiletích dále narůstat a že se vyskytnou ještě extrémnější hodnoty. Skutečně usuzujeme, že posun rozdělení odchylek teploty doprava s každou dekádu (Obr. 2) bude pokračovat, protože Země v současnosti není v energetické rovnováze, pohlcuje více sluneční energie,

než je úhrn tepla vyzařovaného do vesmíru (Hansen et al., 2011); právě tato nerovnováha vede planetu k vyšším teplotám. Dokonce i přehnaně optimistický scénář snižování emisí z fosilních paliv, o 6 % za rok počínaje rokem 2013, vede k nárůstu globální teploty o skoro 1,2 °C vzhledem k období let 1880-1920, z toho jsme zatím dosáhli asi 0,8 °C (Hansen et al., 2012b).



Obrázek 4. Četnost požárů a teplota pro jaro-léto na západě Spojených států. Zdroj: Westerling et al. (2006).

Stále falešnější hrací klimakostka se prakticky projevuje hlavně prostřednictvím extrémů vodního cyklu Země. Rozšiřování „zvonovité křivky“ teplotních odchylek má vztah k interakcím oteplování s vodním cyklem. K teplým letním odchylkám dochází tehdy a tam, kde vzorce počasí zajistí dlouhotrvající období vysokého tlaku vzduchu. Vliv takové meteorologické situace dále je zesílen globálním oteplováním a zvýšenou tepelnou izolací povrchu vlivem zvýšeného obsahu skleníkových plynů, což zvyšuje šance na extrémní anomálie. Globální oteplování ale rovněž zvyšuje celkové množství vodní páry v atmosféře a způsobuje, jindy nebo jinde, extrémnější srážky a záplavy, v souladu s dokumentovanými změnami na pevnině severní polokoule i v tropech (IPCC 2007b).

Léto 2012 (na severní polokouli) nyní v červenci stále probíhá. Globální mapa rozdělení odchylek bude k dispozici na webové stránce Columbia University, až budou data kompletní; dosavadní data naznačují, že části Spojených států a Asie budou pravděpodobně v extrémní (+3σ) kategorii. Jedním z důsledků extrémních letních odchylek teploty je nárůst plochy a intenzity požárů, jak ukazuje Obr. 4. Aktualizace těchto dat i jiných klimatických projevů potom, co budou data za rok 2012 kompletní, bude užitečná pro hodnocení dopadů pokračujícího globálního oteplování.

Poznámka

Usuzujeme naopak, že současná globální teplota je nad rozpětím holocénu, což dokazuje skutečnost, že ledové příkrovy na obou polokoulích nyní prudce ztrácejí hmotu (Rignot et al., 2011) a hladina moře stoupá (Nerem et al., 2006) rychlostí (více než 3 mm/rok nebo 3 m/tisíciletí), která je mnohem vyšší než rychlost změny výšky hladiny moře v posledních několika tisíciletích.

Související články

NASA News: [How Warm was Summer 2010?](#)

NASA Earth Observatory: [Image of the Day, Aug. 9, 2010: Heatwave in Russia](#)

NASA Earth Observatory: [Image of the Day, June 29, 2012: Heat Wave Fuels Wildfires in the Rockies](#)

NASA Earth Observatory: [Image of the Day, July 17, 2012: Drought Grips the United States](#)

Odkazy

Hansen, J., I. Fung, A. Lacis, D. Rind, Lebedeff, R. Ruedy, G. Russell, and P. Stone, 1988: [Global](#)

- [climate changes as forecast by Goddard Institute for Space Studies three-dimensional model](#). *J. Geophys. Res.*, **93**, 9341-9364, doi:10.1029/JD093iD08p09341.
- Hansen, J., and Mki. Sato, 2004: [Greenhouse gas growth rates](#). *Proc. Natl. Acad. Sci.*, **101**, 16109-16114, doi:10.1073/pnas.0406982101.
- Hansen, J., Mki. Sato, P. Kharecha, and K. von Schuckmann, 2011: [Earth's energy imbalance and implications](#). *Atmos. Chem. Phys.*, **11**, 13421-13449, doi:10.5194/acp-11-13421-2011.
- Hansen, J., Mki. Sato, and R. Ruedy, 2012a: [Perception of climate change](#). *Proc. Natl. Acad. Sci.*, **109**, 14726-14727, E2415-E2423, doi:10.1073/pnas.1205276109. Early draft posted as "Public perception of climate change and the new climate dice", arXiv.org:1204.1286.
- Hansen, J., P. Kharecha, Mki. Sato, F. Ackerman, P.J. Hearty, O. Hoegh-Guldberg, S.-L. Hsu, F. Krueger, C. Parmesan, S. Rahmstorf, J. Rockstrom, E.J. Rohling, J. Sachs, P. Smith, K. Steffen, L. Van Susteren, K. von Schuckmann, and J.C. Zachos, 2012b: [Scientific case for avoiding dangerous climate change to protect young people and nature](#). *Proc. Natl. Acad. Sci.*, submitted.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2007a: [Climate Change 2007: The Physical Science Basis](#). Solomon, S., et al. eds., Cambridge University Press, 996 pp.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2007b: [Climate Change 2007, Impacts, Adaptation and Vulnerability](#). Parry, M.L., Canziani, O.F., Palutikof, J.P., Van Der Linden, P.J., and Hanson, C.E. eds., Cambridge Univ Press, 996 pp.
- Nerem, R.S., Leuliette, E., and Cazenave, A., 2006: [Present-day sea-level change: A review](#). *C. R. Geosci.*, **338**, 1077-1083, doi:10.1016/j.crte.2006.09.001.
- Rignot, E., Velicogna, I., van den Broeke, M.R., Monaghan, A., and Lenaerts, J., 2011: [Acceleration of the contribution of the Greenland and Antarctic ice sheets to sea level rise](#). *Geophys. Res. Lett.*, **38**, L05503, doi:10.1029/2011GL046583.
- Westerling, A.L., Hidalgo, H.G., Cayan, D.R., Swetnam, T.W., 2006: [Warming and earlier spring increase western U.S. forest wildfire activity](#). *Science*, **313**, 940-943, doi:10.1126/science.1128834.