

PRIESTOROVÉ CHARAKTERISTIKY TEPLOTY VZDUCHU A ÚHRNOV ZRÁŽOK V MENIACEJ SA KLÍME

M. LAPIN,

Fakulta matematiky, fyziky a informatiky UK,

lapin@fmph.uniba.sk , www.dmc.fmph.uniba.sk,

www.milanlapin.estranky.sk

Použité boli údaje SHMÚ a iných meteorologických služieb

ÚVODOM

- Meteorológovia a klimatológovia sa snažili na celom svete už od prvého medzinárodného podujatia v roku 1781 – Manheim, „Societas Meteorologica Palatina“ predovšetkým o 2 hlavné ciele:
- 1: Robiť meteorologické merania čo najspoľahlivejšie a s dlhodobou stabilitou metodických postupov
- 2: Poskytovať verejnosti overené a reprezentatívne informácie o skutočnom stave režimu počasia v dlhodobom časovom kontexte
- Pozn: Už v roku 1654 bolo zriadených 11 staníc v Európe (CET nezávisle v 1659)
- Na splnenie prvej úlohy bolo potrebné zriadiť kvalitnú sieť meteorologických staníc s jednotnou metodikou pozorovania a na splnenie druhej úlohy pripraviť jednotnú a vedecky korektnú metodiku štatistického spracovania meraných údajov a interpretácie získaných výsledkov
- Kvalitné pozorovania boli zriadené na 39 staniciach, väčšinou na univerzitách, od r. 1850 vznikali štátne meteorologické služby s rýchle rastúcim počtom kompletných staníc (klimatologických) a staníc s obmedzeným programom (zrážkomerných a doplnkových)
- Od roku 1880 už bola sieť pozorovacích staníc skoro na celej Zemi

METROLÓGIA A METADATA

- Popri jednotnej a dlhodobo stabilnej metodike pozorovaní bolo potrebné splniť aj ďalšie predpoklady
- Výrobcovia meteorologických prístrojov už v 19. storočí garantovali vysokú kvalitu a presnosť meraní
- Okrem toho mala mať každá meteorologická služba zriadené akreditované laboratóriá na overovanie a kalibrovanie prístrojov a zariadení
- V roku 1873 bola založená Medzinárodná meteorologická organizácia, ktorá jednotne usmerňovala systém pozorovaní a spracovania údajov na celom svete
- Popri archivovaných napozorovaných údajoch sa zo všetkých staníc mali povinne uchovávať aj tzv. METADATA – údaje o staniciach a zmenách v pozorovaní

PRÍKLADY Z DOKUMENTÁCIE O METEOROLOGICKÝCH STANICIACH

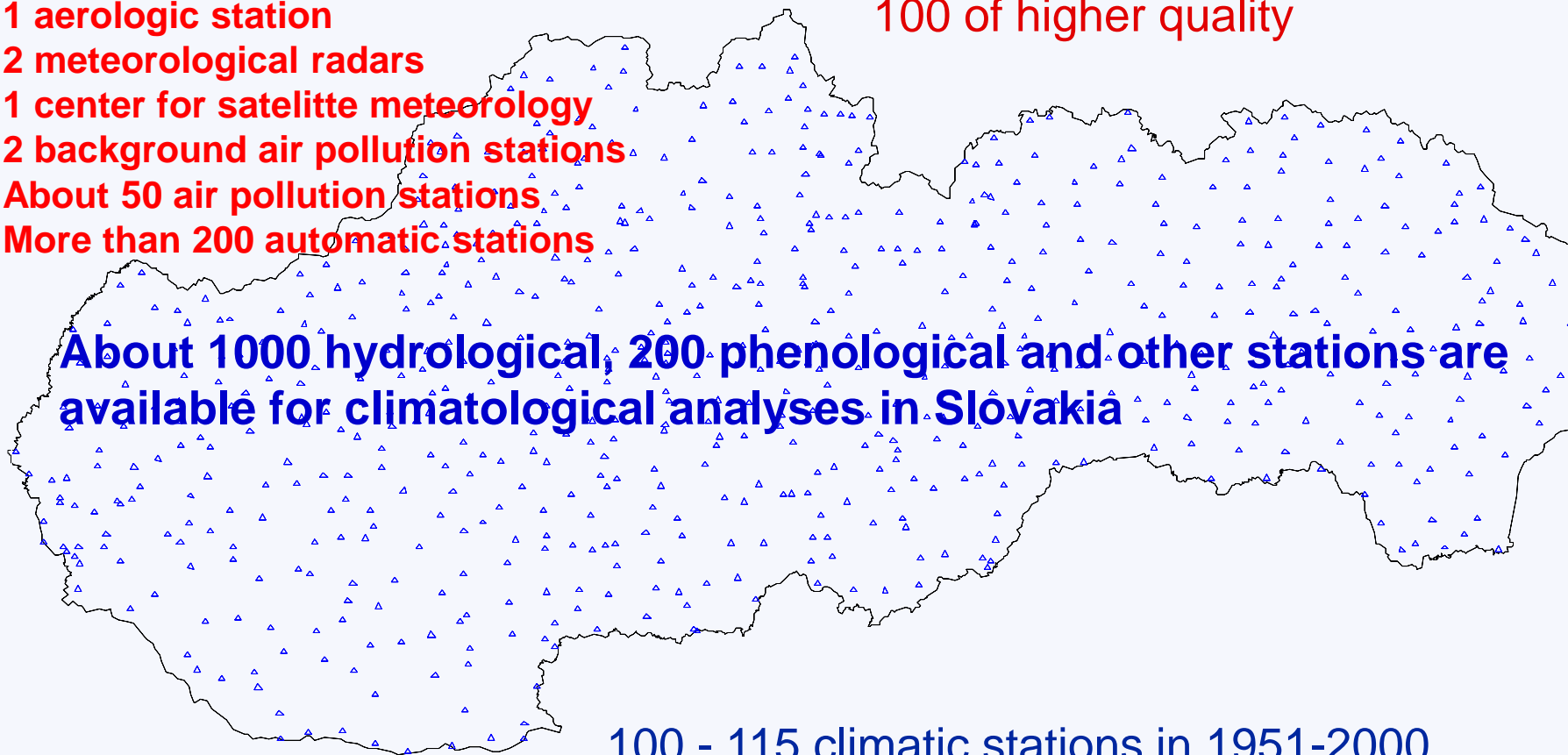
- V databáze METADAT sú údaje o zradení stanice, náčrt a popis všetkých prístrojov, zariadení a okolitých objektov, ktoré môžu akýmkoľvek spôsobom ovplyvňovať pozorovania, podrobná mapka a fotodokumentácia
- METADATA sa postupne dopĺňajú údajmi o všetkých zmenách o polohe stanice, prístrojoch, zariadeniach, pozorovateľoch a o okolitých objektoch, zmeny sú podľa možnosti dokladované aj fotodokumentáciou a náčrtmi
- Je len samozrejmé, že v METADATACH by mali byť uvedené aj také udalosti a zmeny, ktoré dočasne alebo trvalo ovplyvňujú niektorý z meraných alebo pozorovaných prvkoch
- **V roku 1969 sa v SHMÚ zničila časť historických METADAT**

PRECIPITATION STATIONS NETWORK IN SLOVAKIA

Figure 3 - National Observing System
Part D of the Surface Sub-system

24 professional meteorological stations
1 meteorological mast (203 m)
1 aerologic station
2 meteorological radars
1 center for satellite meteorology
2 background air pollution stations
About 50 air pollution stations
More than 200 automatic stations

607 stations in 1951-2000,
557 of higher quality
203 in 1901-2000,
100 of higher quality



100 - 115 climatic stations in 1951-2000
35 complete stations in 1961-2000
3 complete in 1881-2000

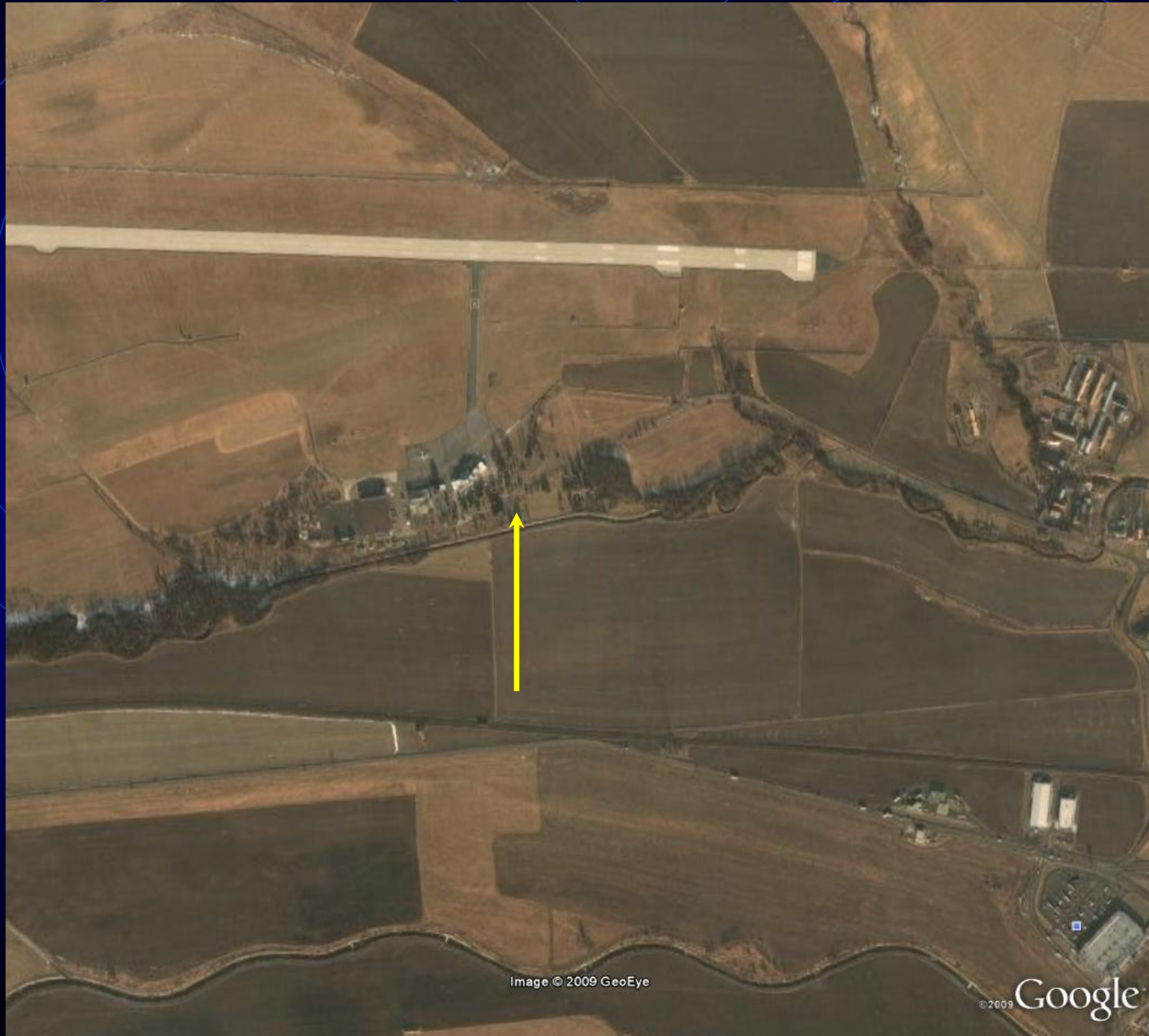
Slovak Hydrometeorological Institute

**D: Partial Observing System for Climatology -
only stations with the Rainfall Programme (655)**

Meteo-Stanica Liptovský Hrádok, 640 m n.m.



Meteo-Stanica Poprad, 695 m n.m.



Meteo-Stanica Telgárt, 903 m n.m.



Meteo-Stanica Sliáč, 309 m n.m.



Image © 2009 DigitalGlobe

©2009 Google

Meteo-Observatórium Hurbanovo, 115 m n.m.

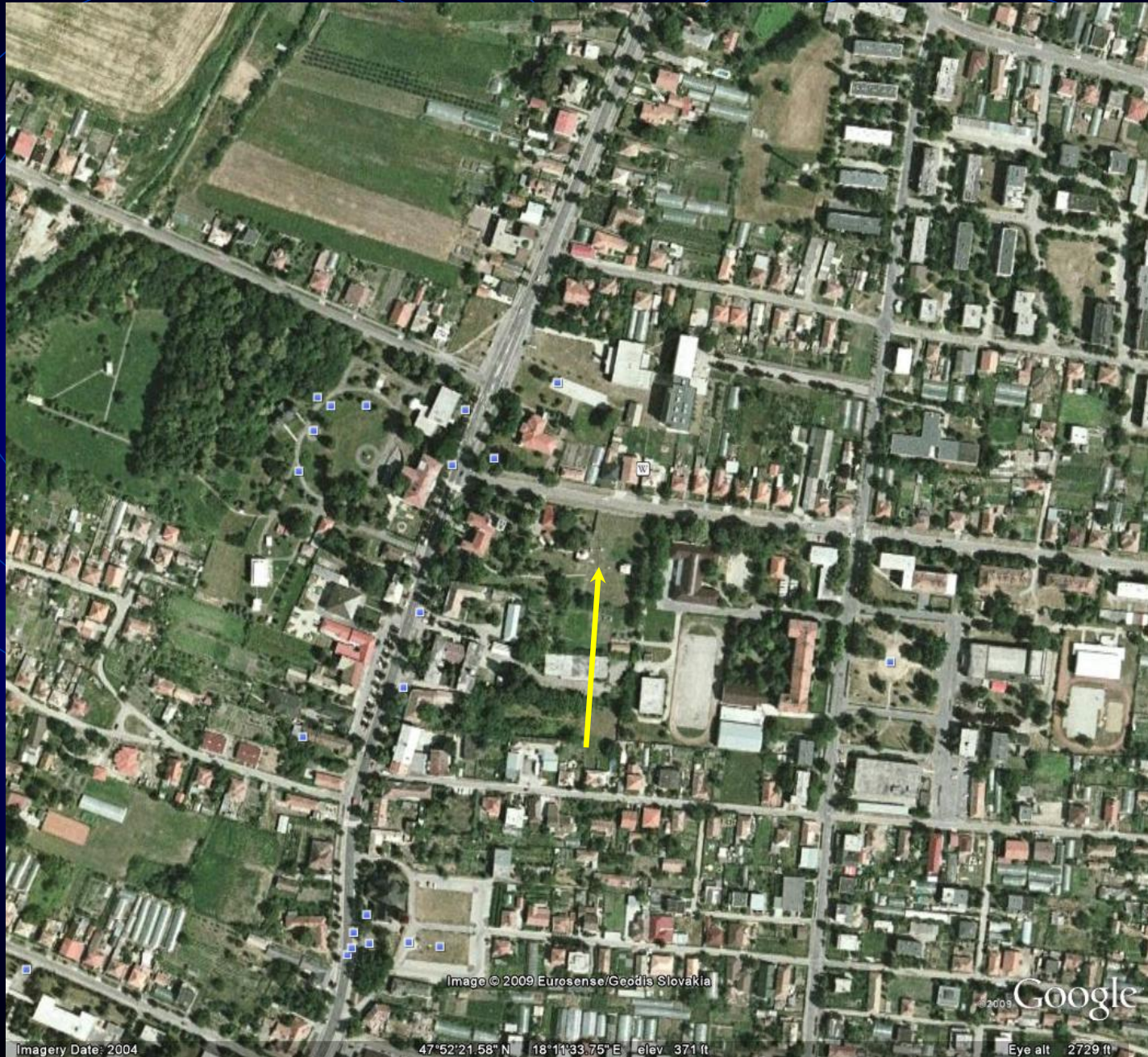


Image © 2009 Eurosense/Geodis Slovakia

©2005 Google

Imagery Date: 2004

47°52'21.58" N 18°11'33.75" E elev. 371 ft

Eye alt 2729 ft

PREČO TAKÝ DLHÝ ÚVOD DO PROBLEMATIKY GLOBÁLNYCH PRIEMEROV TEPLoty

- Meteorológovia a klimatológovia, ale aj záujemci z iných vedných odborov, by mali v prípade využívania meteorologických údajov vedieť najmä: čo daný údaj reprezentuje, akú má spoľahlivosť (prípustnú chybu) a v prípade použitia časových radov údajov – či je daný rad časovo homogénny (či nie sú tam systematické chyby)
- Jednou z aplikácií je výpočet územných (priestorových) priemerov meteorologických a klimatologických prvkov
- Ďalšou z aplikácií je výpočet odchýlok (%) od dlhodobých priemerov (štandardných normálov)
- **Metodiku výpočtu štandardných normálov stanovuje WMO (predtým IMO), teraz je v platnosti obdobie 1961-1990**

ČO JE TO ÚZEMNÝ PRIEMER A ČO ODCHÝLKA OD NORMÁLU - 1

- Na výpočet územných priemerov klimatických prvkov existuje niekoľko odporúčaných metód, teraz sa venujme len dvojitému váženému priemeru pri úhrnoch zrážok a priemeru v definovaných štvorcoch (na definovanom území) pri všetkých prvkoch
- Niektoré prvky majú jednoznačnú závislosť od nadmorskej výšky, pri nich je možné použiť akékoľvek geoštatistické metódy výpočtu územných priemerov, vrátane priemerov v definovaných štvorcoch
- Úhrny zrážok sú ovplyvnené náveternými a zúveternými efektmi, dvojitý vážený priemer v rozdelení podľa výškových stupňov presnosť zlepšuje, pri výpočtoch v GIS-e je potrebné pridať do hôr fiktívne stanice s vypočítanými mesačnými úhrnmi regresiou
- **Odchýlky od dlhodobých priemerov (DP) a % DP majú spravidla o rád menší horizontálny gradient, preto sa hodia lepšie na klimatologické geoštatistické analýzy, podmienkou je dostatočne hustá sieť pozorujúcich staníc rovnomerne rozložená na celom území**

ČO JE TO ÚZEMNÝ PRIEMER A ČO ODCHÝLKA OD NORMÁLU - 2

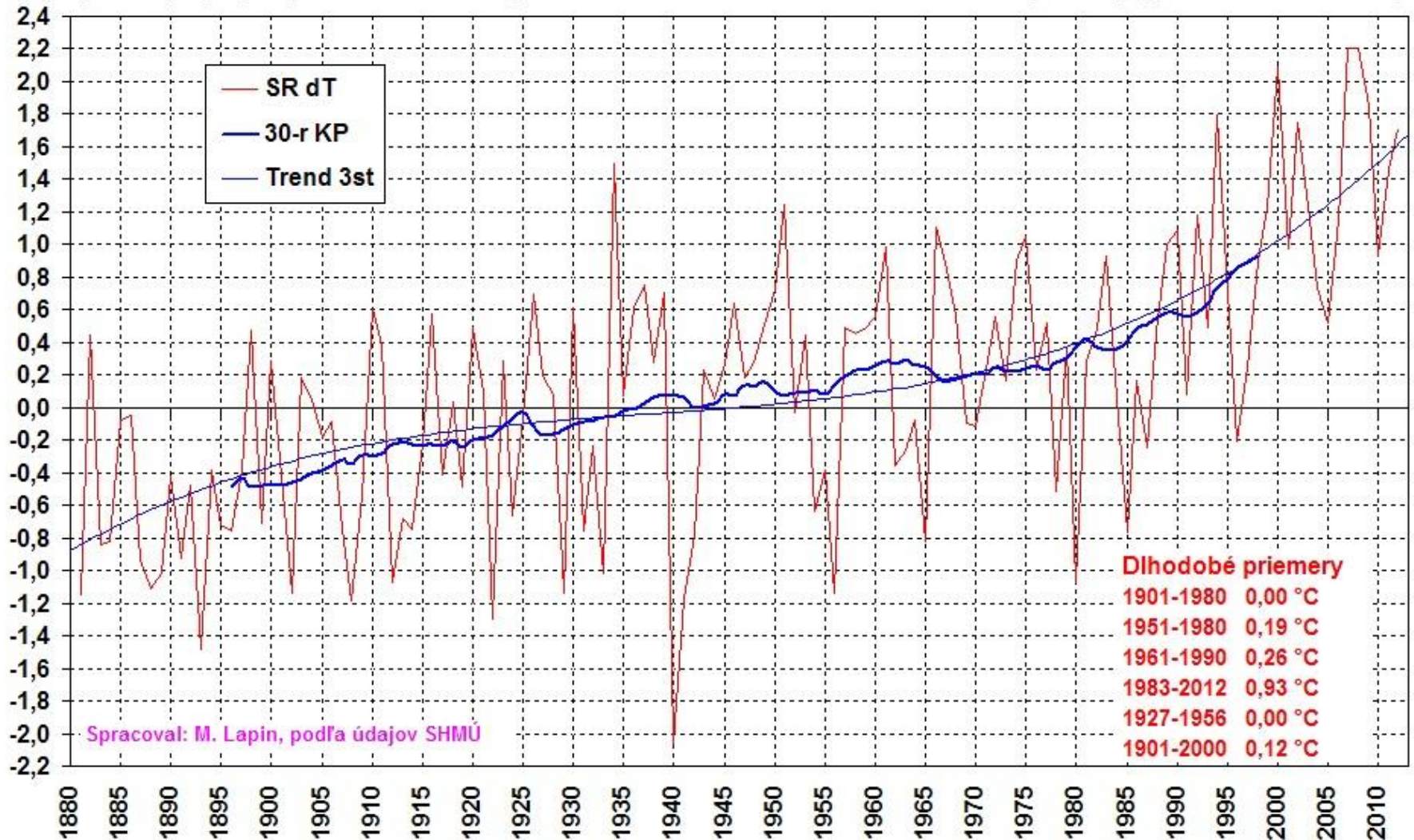
- Ak sa robia podobné výpočty na veľkom území s premenlivou hustotou pozorujúcich staníc, musia sa urobiť ďalšie úpravy metodiky výpočtu územných priemerov a odchýlok od normálu
- Takáto situácia sa vyskytuje najmä pri výpočte globálnych priemerov teploty vzduchu a úhrnov zrážok – v minulosti sa predpokladalo, že použitie veľkého počtu staníc postačuje, v súčasnosti je snaha o pokrytie celej plochy Zeme štvorcami $5 \times 5^\circ$
- Problémom je najmä to, že vplyvom nepravidelných oscilácií v oceánoch a atmosfére a aj vplyvom klimatickej zmeny sa vyskytujú prechodné pásmové anomálie vo vývoji klimatických prvkov
- **Po skvalitnení pokrytia zemského povrchu satelitnými meraniami sa zlepšili aj výpočty a odhady územných priemerov teploty vzduchu v takých regiónoch ako Arktída a Pacifik**
- **V roku 2012 sa preto priblížili výsledky výpočtov globálnej a hemisférickej teploty v celosvetovo významných strediskách**

VÝPOČET ŠTANDARDNÝCH A INÝCH KLIMATICKÝCH NORMÁLOV

- Svetová meteorologická organizácia (WMO) odporúča celosvetovo používať rovnaké štandardné klimatické normály z takého obdobia, ktoré je reprezentatívne pre minulé klimatické pomery za celé obdobie dôležité pre adaptáciu ekosystémov a socio-ekonomických systémov (musí mať najmenej 30 rokov, teraz je to 1961-1990)
- Štandardný normál je možné vypočítať z meraní akejkoľvek meteorologickej stanice, ak dodržiava platnú metodiku pozorovaní a časový rad daného prvku je homogénny, prípadne sa dá homogenizovať podľa okolitých staníc schválenou metodikou
- Z takej definície vyplýva, že štandardné normály sa dajú vypočítať aj zo staníc v urbanizovaných a iných špecifických polohách
- Odchýlky (%) od štandardných normálov majú interpretačný význam len vtedy, ak sa podmienky na danej stanici nemenia tak, že vznikajú prechodné a meniace sa systematické chyby meraní
- Iné ako štandardné normály sa používajú iba výnimočne

Ktorý klimatický normál je z odborného pohľadu najvýstižnejší ? Príklad pre Slovensko

dT[°C] Odchýlky teploty vzduchu v SR od priemeru za obdobie 1901-1980 a 30-r kízavé priemery (podľa 3 staníc SHMÚ)

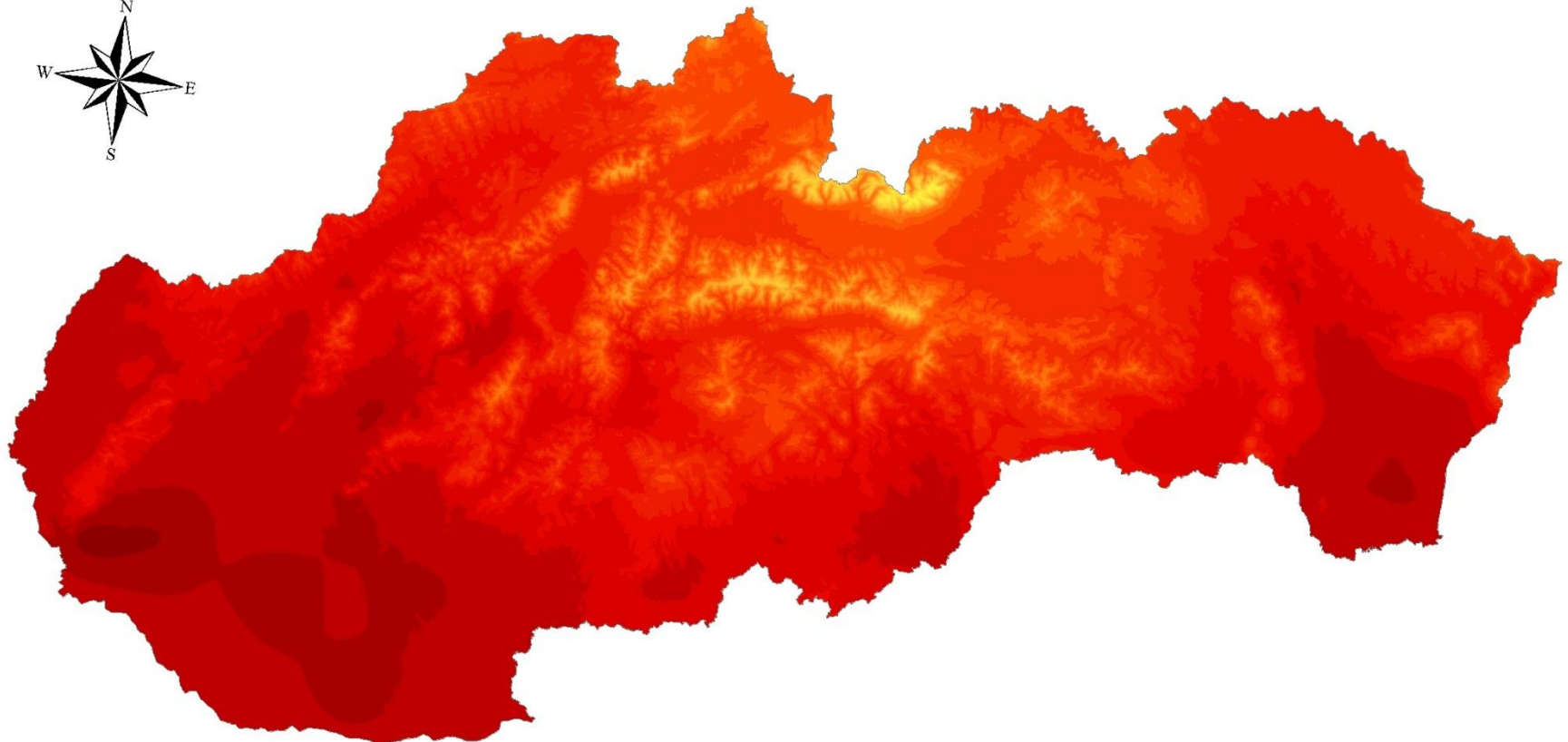
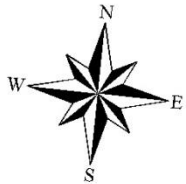


ZOBRAZOVANIE ODCHÝLOK OD KLIMATICKÝCH NORMÁLOV - 1

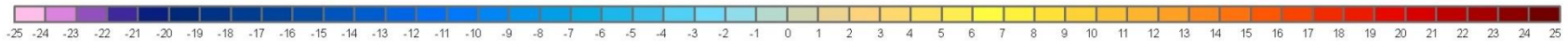
- Aj v SHMÚ máme už dlhú tradíciu v tejto činnosti, populárne sú najmä odchýlky mesačných a sezónnych priemerov teploty vzduchu a % úhrnov zrážok v porovnaní s normálmi v mapovom vyjadrení pre celé Slovensko (máme ich od roku 1881)
- Ukazuje sa, že tieto charakteristiky sú ovplyvnené iba nehomogenitou v časových radoch pozorovaní, nemajú na ne prakticky žiaden vplyv polohy staníc v mestách
- **V podstate rovnaký postup sa volil aj pri výpočte globálnych, hemisférických a pásmových odchýlok teploty na celej Zemi v známych strediskách CRU, NCDC a GISS**
- **Z národných meteorologických služieb získali rady mesačných priemerov teploty vzduchu od začiatku pozorovaní, odporúčanými metódami homogenizácie pripravili pre čo najväčší počet staníc časové rady až od rokov 1850 alebo 1880 a vypočítali normály z dohodnutých období (1961-1990, 1951-1980, 1901-2000 a i.)**
- **Čím novšie obdobie, tým viac staníc má normály**

Júl 2013 na Slovensku (odchýlky T od 1961-1990)

Priemerná mesačná teplota vzduchu na Slovensku za mesiac Júl 2013
Monthly mean air temperature in Slovakia in July 2013



T /°C/



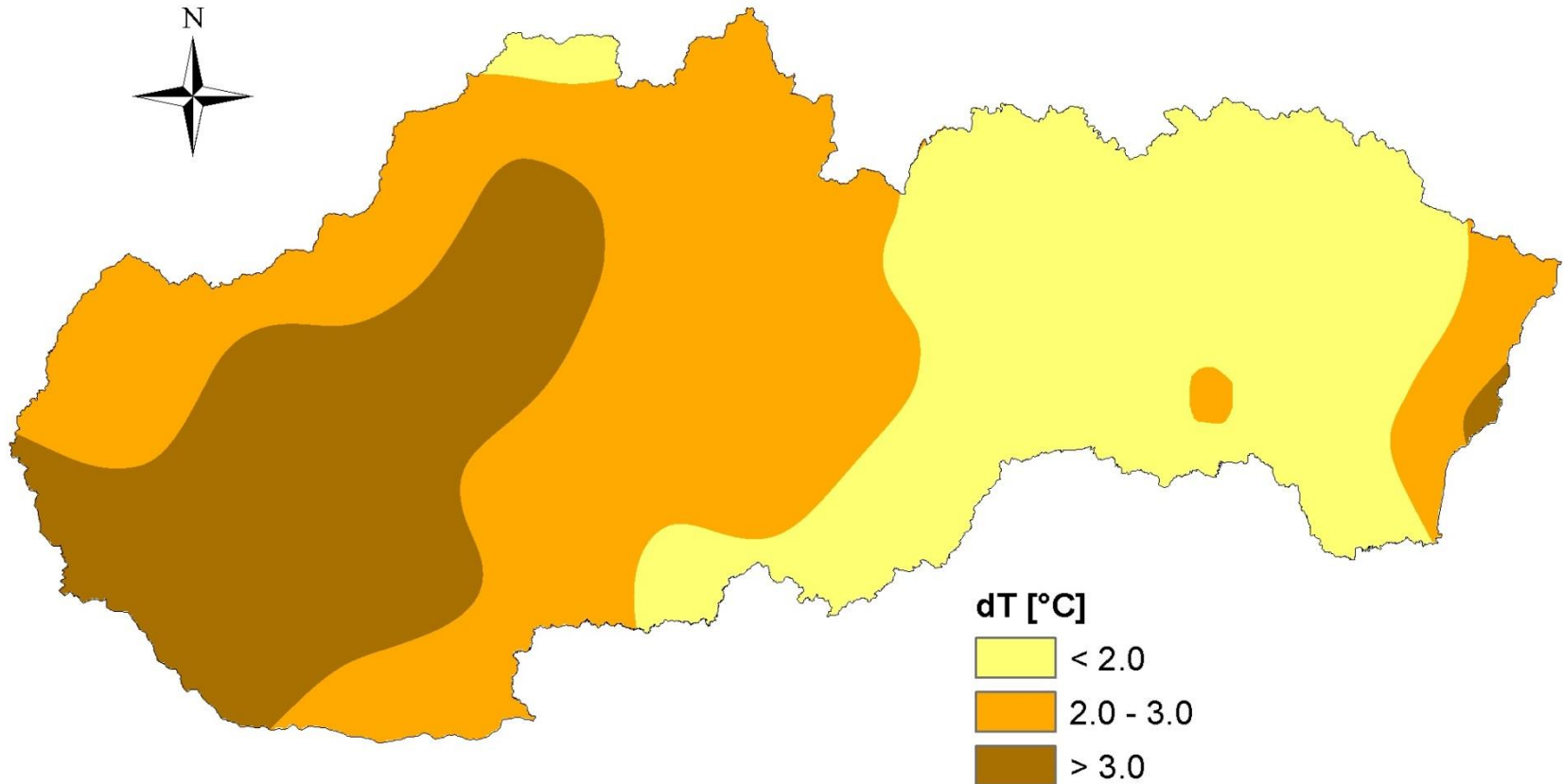
© Slovenský hydrometeorologický ústav, Odbor Klimatologická služba, 2013

© Slovak hydrometeorological institute, Climatological service, 2013



Júl 2013 na Slovensku (odchýlky T od 1961-1990)

Odchýlky 7/2013 priemernej mesačnej teploty vzduchu od normálu 1961 - 1990 na Slovensku
Deviations from July 2013 monthly mean air temperature from normal 1961-1990 in Slovakia



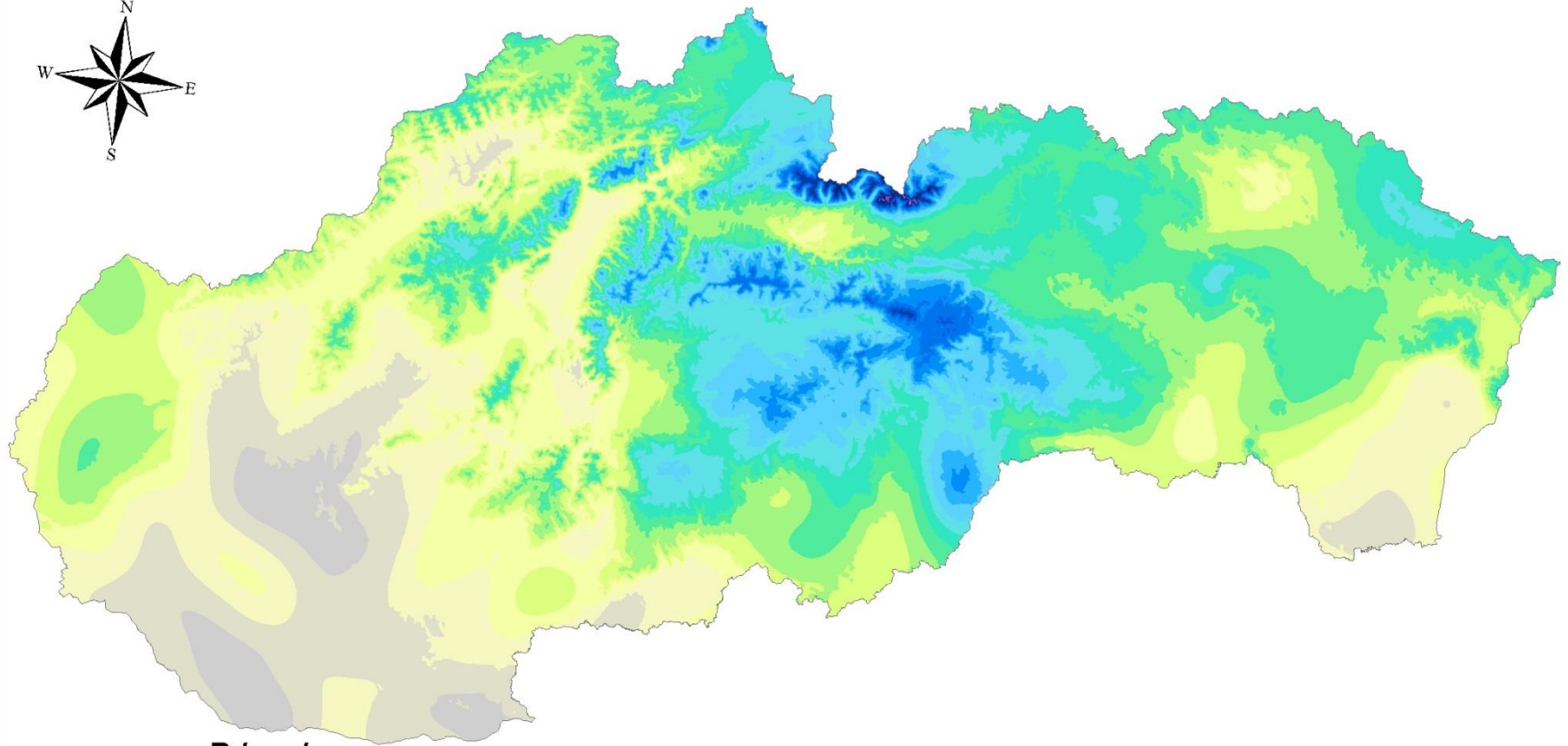
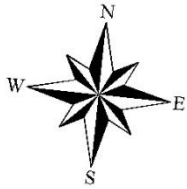
0 15 30 60 90 120 km

© Slovenský hydrometeorologický ústav, Odbor Klimatologická služba, 2013
© Slovak Hydrometeorological Institute, Climatological Service, 2013

Priemerná odchýlka teploty vzduchu dT
na území Slovenska/ Deviation from monthly
mean air temperature in Slovakia: 2.3 °C

Jún 2013 na Slovensku (% R z 1961-1990)

Mesačný úhrn atmosférických zrážok na Slovensku za mesiac Jún 2013
Monthly precipitation total in Slovakia in June 2013

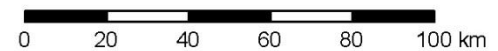


R /mm/



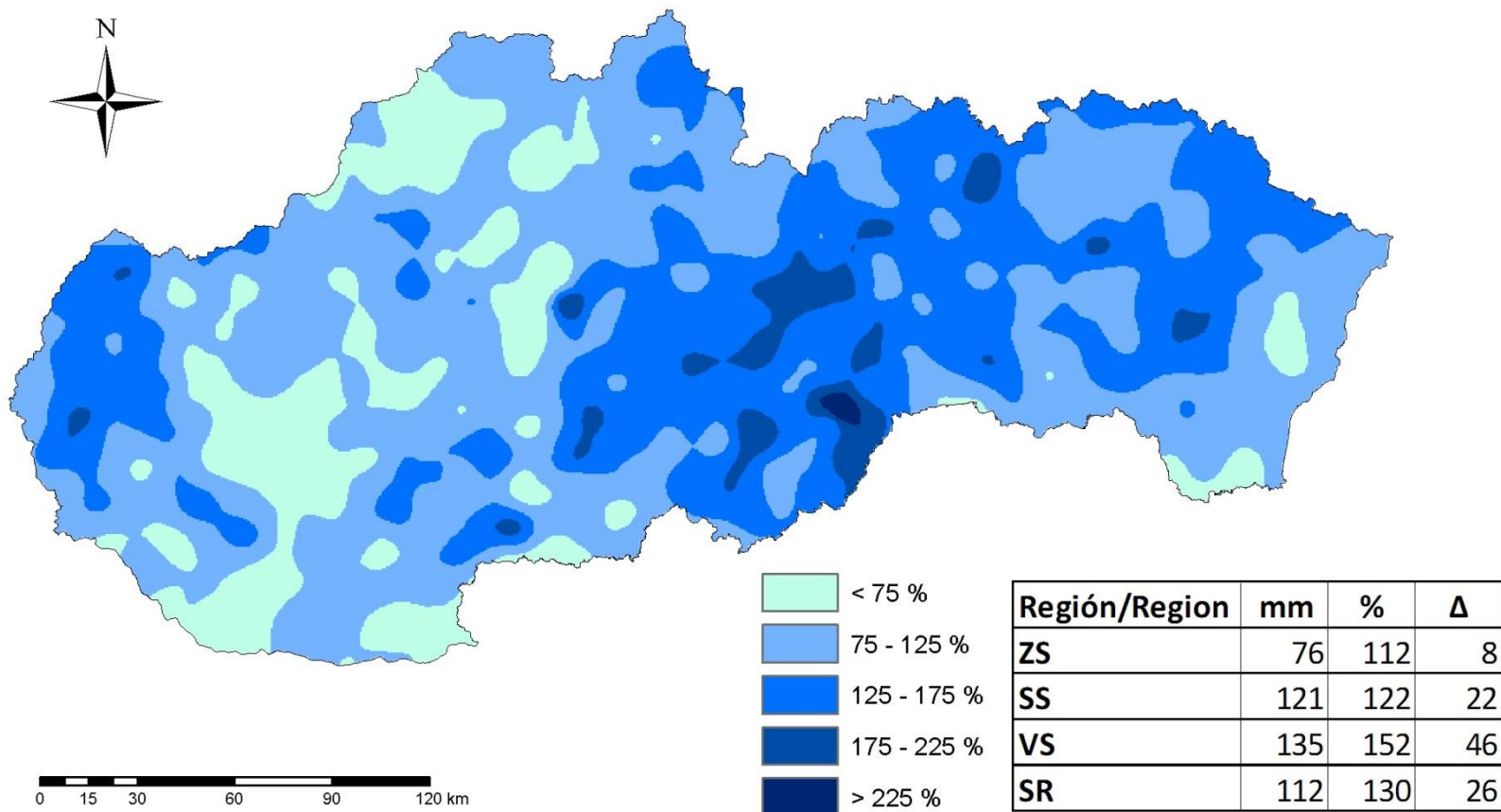
© Slovenský hydrometeorologický ústav, Odbor Klimatologická služba, 2013

© Slovak hydrometeorological institute, Climatological service, 2013



Jún 2013 na Slovensku (% R z 1961-1990)

Úhrny atmosférických zrážok na Slovensku 6/2013 v % normálu 1961 - 1990
Precipitation totals in Slovakia for June 2013 in % of 1961-1990 normal

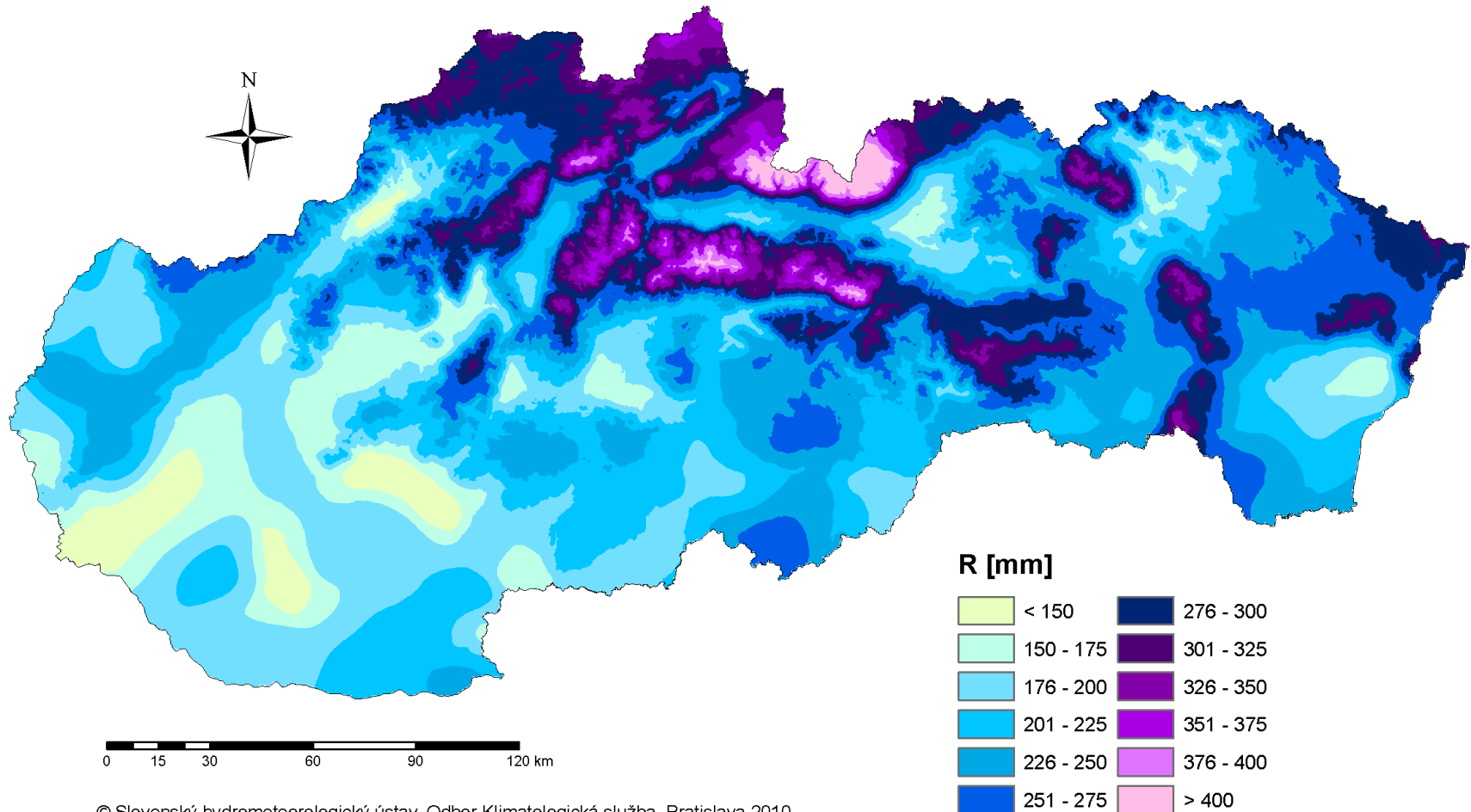


© Slovenský hydrometeorologický ústav, Odbor Klimatologická služba, 2013
© Slovak Hydrometeorological Institute, Climatological service, 2013

Pozn.: V tabuľke sú porovnávané údaje s dlhodobými hodnotami za obdobie 1901-2000

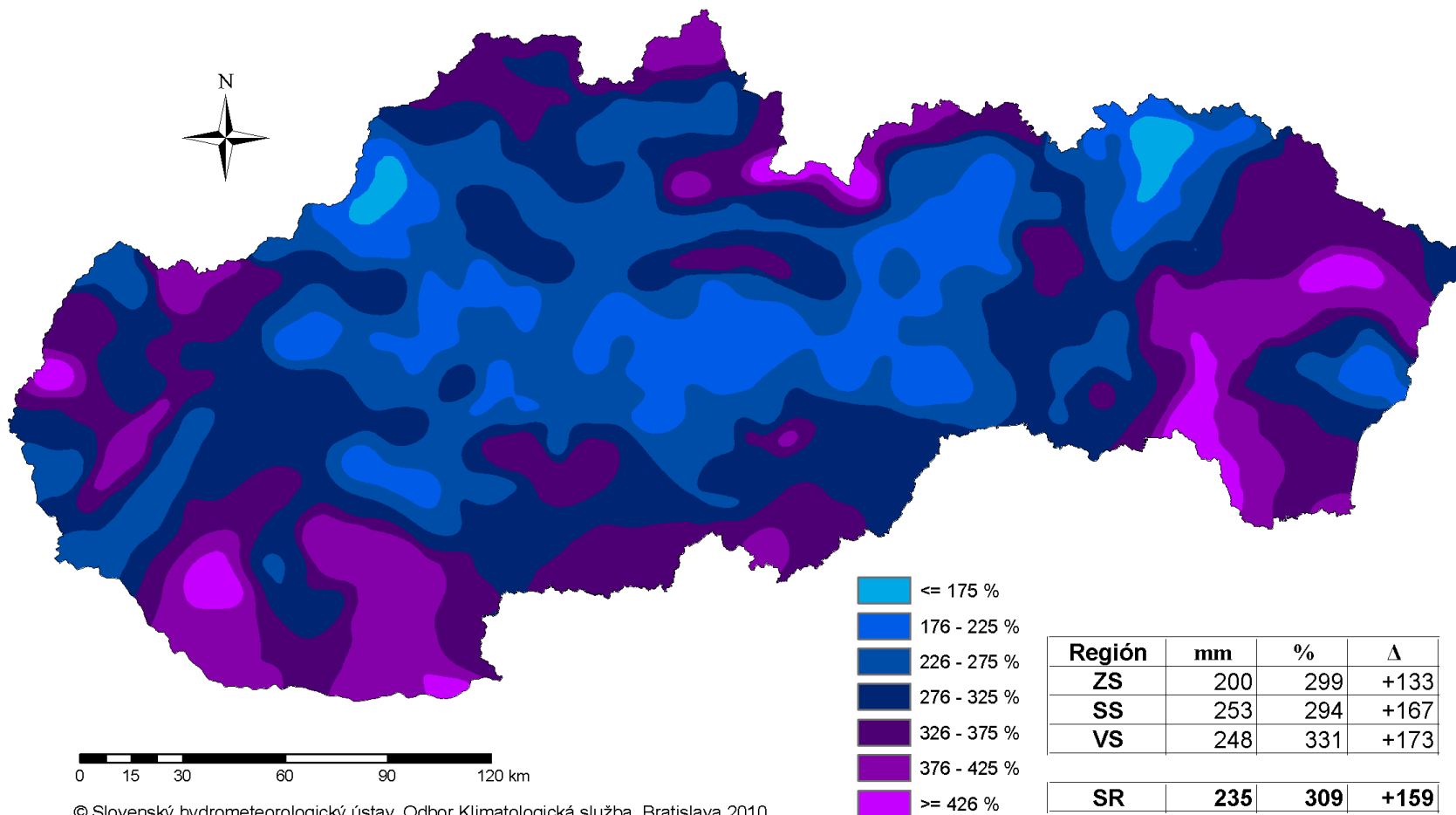
PRÍKLAD MIMORIADNE VYSOKÝCH ÚHRNOV ZRÁŽOK NA SLOVENSKU, V.2010

Mesačný úhrn atmosférických zrážok v mm za mesiac MÁJ 2010



PRÍKLAD MIMORIADNE VYSOKÝCH ÚHRNOV ZRÁŽOK NA SLOVENSKU, V.2010

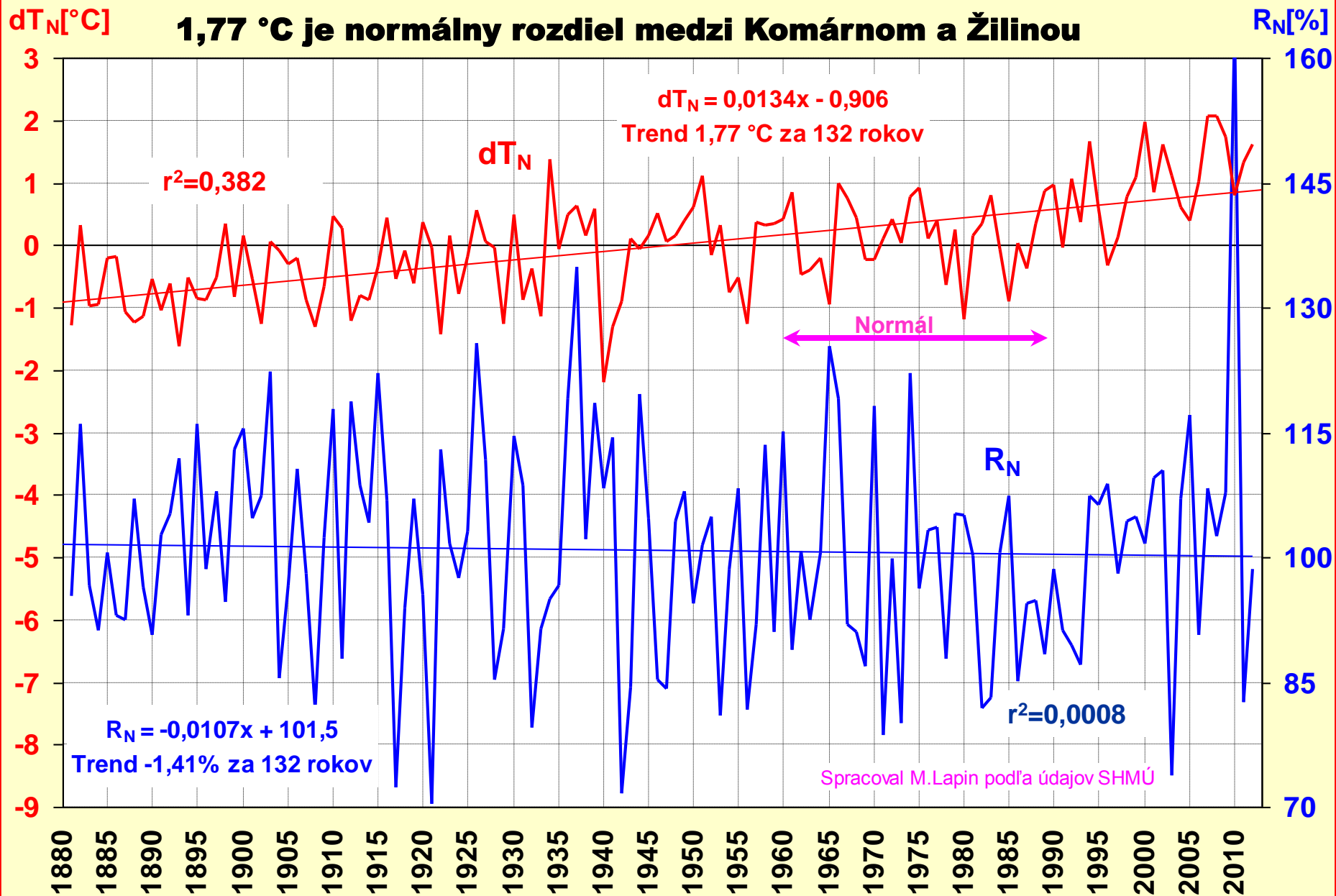
Mesačný úhrn atmosférických zrážok v % normálu za mesiac MÁJ 2010



0 15 30 60 90 120 km

© Slovenský hydrometeorologický ústav, Odbor Klimatologická služba, Bratislava 2010

ROČNÉ PRIEMERY TEPLoty (T) V SR A ÚHRNY ZRÁŽOK (R) V SR



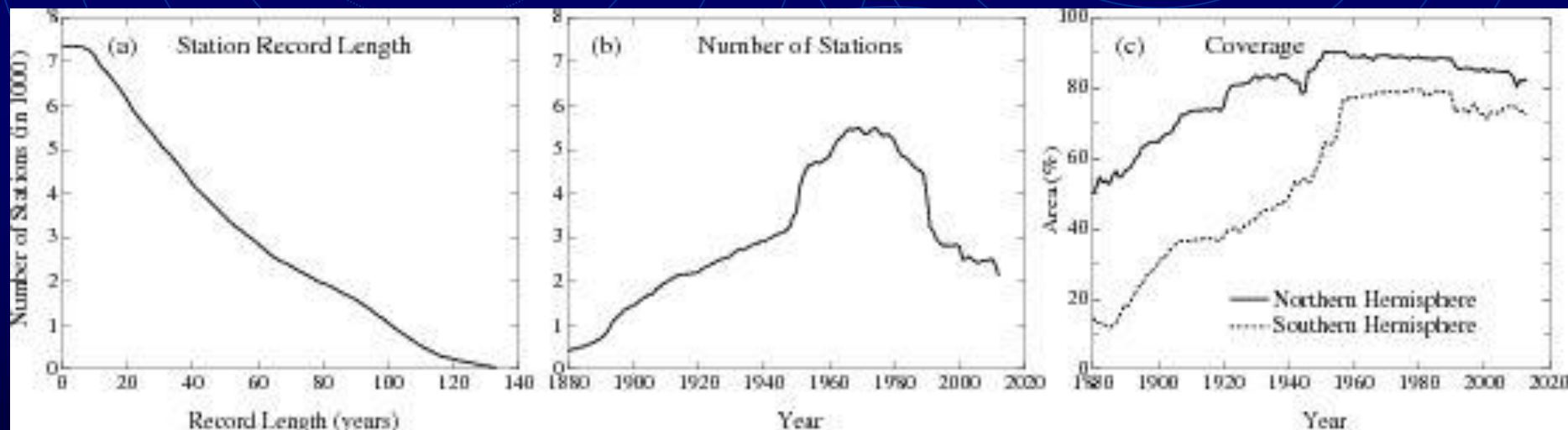
ZOBRAZOVANIE ODCHÝLOK OD KLIMATICKÝCH NORMÁLOV - 2

- V minulosti bola taká predstava, že stačí aritmetický priemer z existujúcich staníc, neskôr sa zistilo, že klíma sa mení regionálne nepravidelne a je potrebný vážený priemer z čo najmenších štvorcov, kde sa predpokladá kvázikonštantný režim zmien klímy, aj tak vznikli rozdiely medzi jednotlivými strediskami
- Od roku 1979 existuje pomerne spoľahlivé meranie teploty povrchu oceánov s výnimkou polárnych oblastí, problémom je iba stanovenie klimatických normálov pre satelitné merania (NCDC to rieši tak, že používa aj normály 1981-2010). Tam je možné použiť aj veľmi malé štvorce na zobrazenie odchýlok a aj satelitné údaje.
- Iná je situácia nad kontinentmi, tam nie je možné spoľahlivo použiť satelitné meranie teploty zemského povrchu, meria sa len vrstvová teplota atmosféry, najnižšia tlť je zhruba pre spodné 4 km, preto sa nad kontinentmi udržujú štvorce do 5x5° a staničné údaje
- **Zhruba 3000 vybraných normálových staníc po roku 1951 v kombinácii so satelitnými meraniami postačuje na tento účel**

PROBLÉMY A NEPRESNOSTI - 1

- Napriek dobre premyslenej metodike výpočtu priestorových priemerov existuje rad problémov s presnosťou výsledných hodnôt
- CRU, NCDC a GISS získavajú mesačné údaje od meteorologických služieb postupne aj v priebehu celého nasledujúceho roka, preto sa výsledky každý mesiac prepočítavajú, čím vznikajú odchýlky na úrovni okolo $0,02\text{ °C}$ pre globálne a hemisférické priemery
- Niektoré štvorce ($1 \times 1^\circ$ až $5 \times 5^\circ$) je nutné úplne vynechať aj niekoľko mesiacov, lebo neobsahujú ani jeden údaj (centrálna Afrika, časť Antarktídy a Arktídy)
- **Jednotlivé strediská riešia tento problém rozdielne, preto aj vznikajú rozdiely v hemisférických a globálnych priemeroch, ktoré sa v nasledujúcich mesiacoch zmenšujú**
- **Údaje z pred roku 1951 sa môžu spresňovať po získaní nových podkladov a poznatkov, niektoré stanice národné meteorologické služby prehodnocujú a upravujú časové rady, čím vznikajú doplnkové rozdiely na úrovni okolo $0,02\text{ °C}$**

Počít použiteľných meteorologických staníc na spracovanie teplotných priemerov a odchýlok v stredisku GISS, vľavo – počet staníc podľa dĺžky pozorovania, v strede – podľa rokov a vpravo – pokrytie územia na severnej a južnej pologuli, všetko 1880-2012 v tisíckach staníc (vpravo pokrytie severnej a južnej pologule od 1880)



PROBLÉMY A NEPRESNOSTI - 2

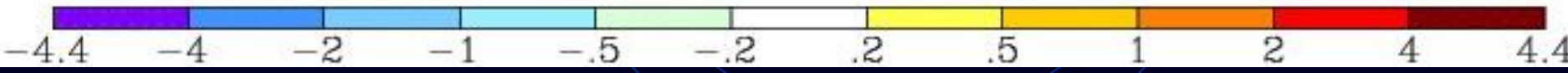
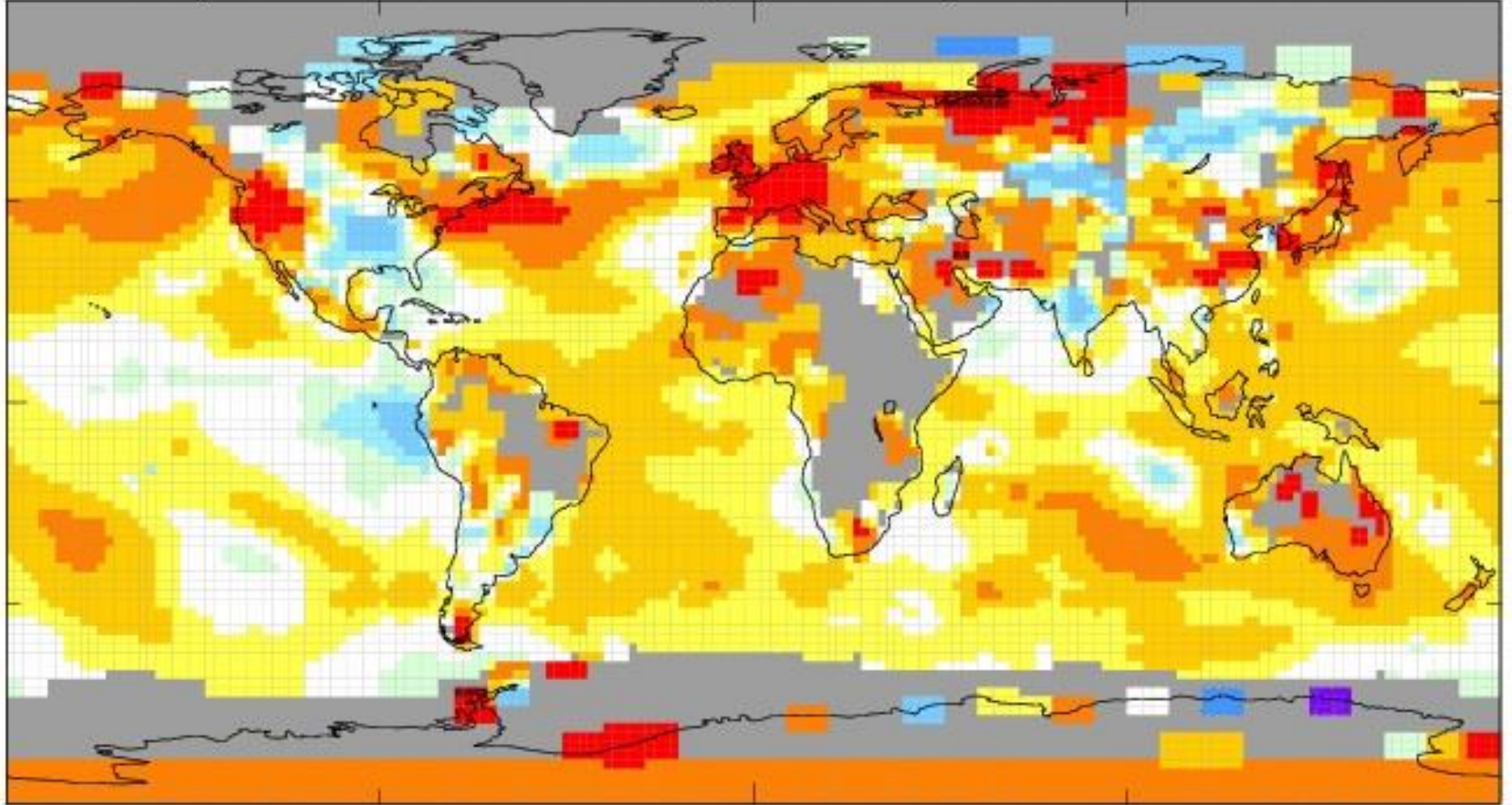
- Existuje rad významných osobností, ktoré pochybujú o spoľahlivosti meteorologických údajov (známa aféra s ukradnutými mailami zo strediska CRU), dôkladné prehodnotenie metodiky a všetkých použitých údajov potvrdilo, že žiadne chyby sa nenašli
- CRU, NCDC a GISS otvorili so súhlasom národných meteorologických služieb svoje databázy, dokázali tak, že s údajmi nemanipulujú nad rámec schválenej metodiky (homogenizácia)
- Satelitné metódy výpočtu priemerov a odchýlok od priemerov majú tiež viaceré úskalia, prehodnotila sa spoľahlivosť snímačov a opravili sa staršie merané údaje, teraz sú už v súlade s klasickými meraniami pozemnými
- **Úhrny zrážok sa merajú na väčšom počte staníc ako pri teplote, napriek tomu sú pri výpočte priemerov a % normálov ešte závažnejšie problémy (s výnimkou Európy, časti USA, Japonska a niektorých menších oblastí)**
- **Náhodné vynechanie 5% údajov neovplyvňuje presnosť globálnych odchýlok a % z normálov (dlhodobých priemerov)**

Júl 2013 podľa GISS (odchýlky od 1951-1980, pre štvorce 250x250 km, asi 2x2°)

July 2013

L-OTI(°C) Anomaly vs 1951-1980

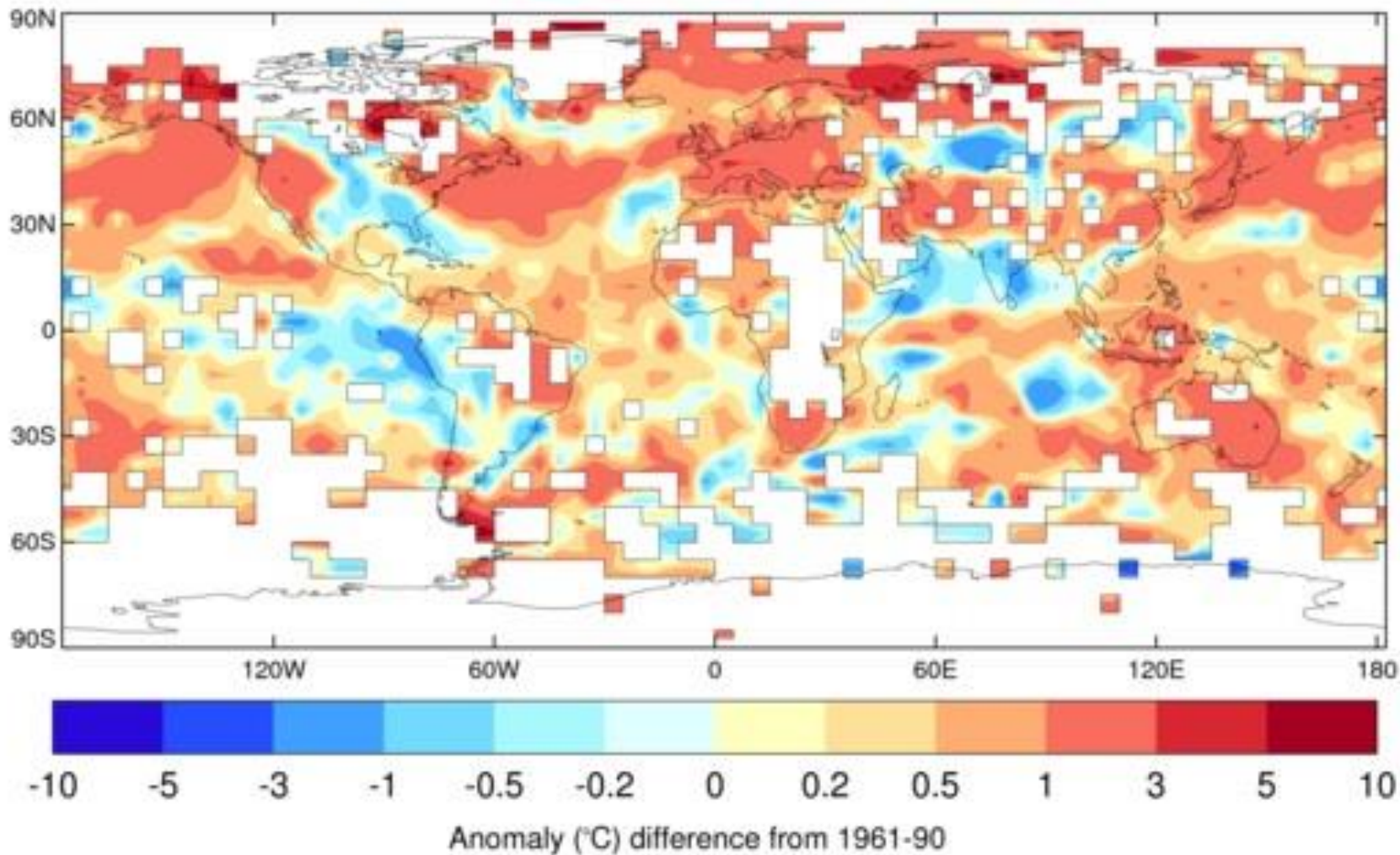
0.53



Júl 2013 podľa CRU (odchýlky od 1961-1990)



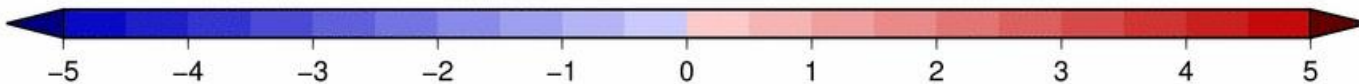
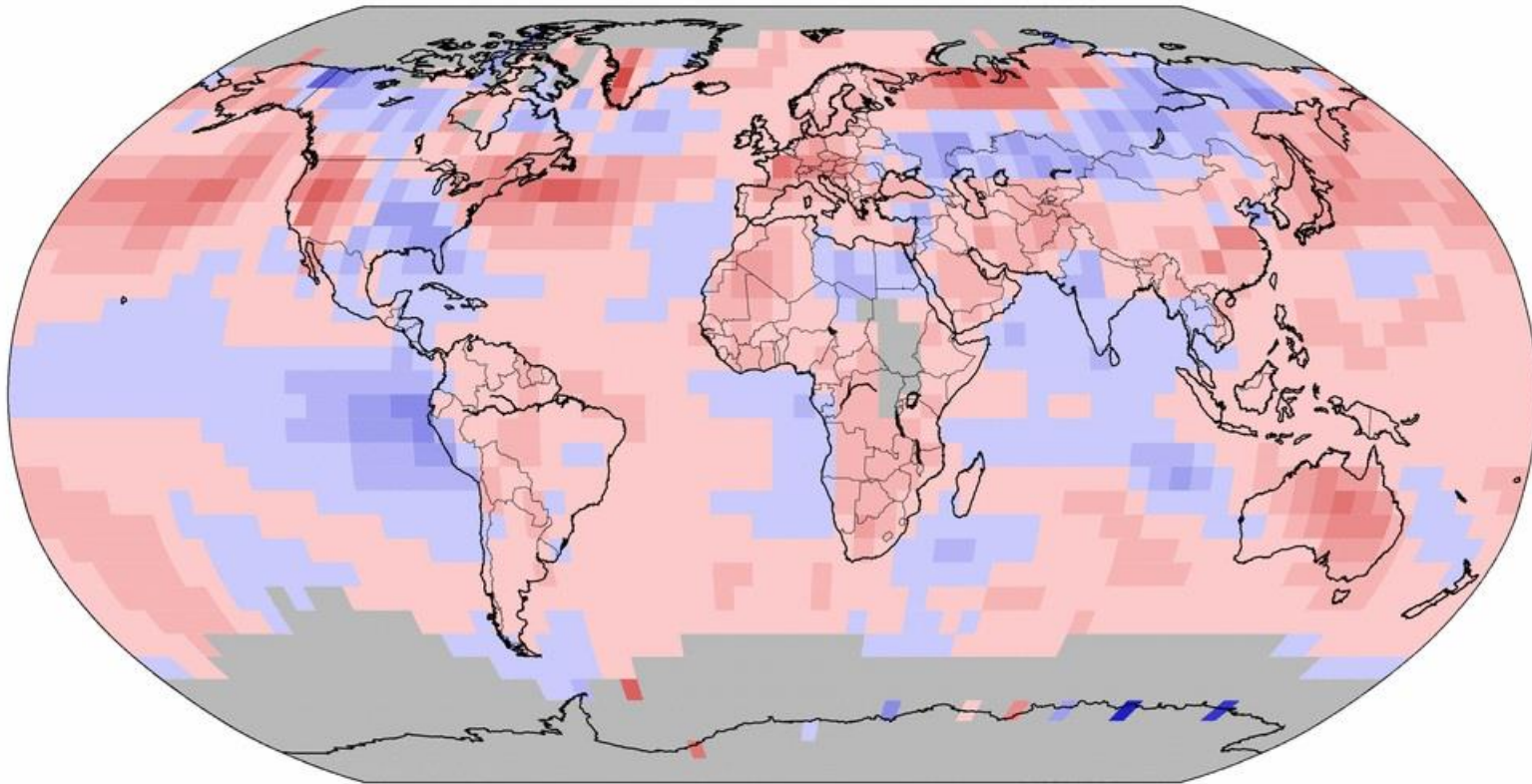
Surface Temperature Anomalies (°C, w.r.t. 1961-90)
2013 July



Júl 2013 podľa NCDC (odchýlky od 1981-2010)

Land & Ocean Temperature Anomalies Jul 2013 (with respect to a 1981–2010 base period)

Data Source: MLOST version 3.5.4



NOAA's National Climatic Data Center
Wed Aug 14 08:06:31 EDT 2013

Degrees Celsius

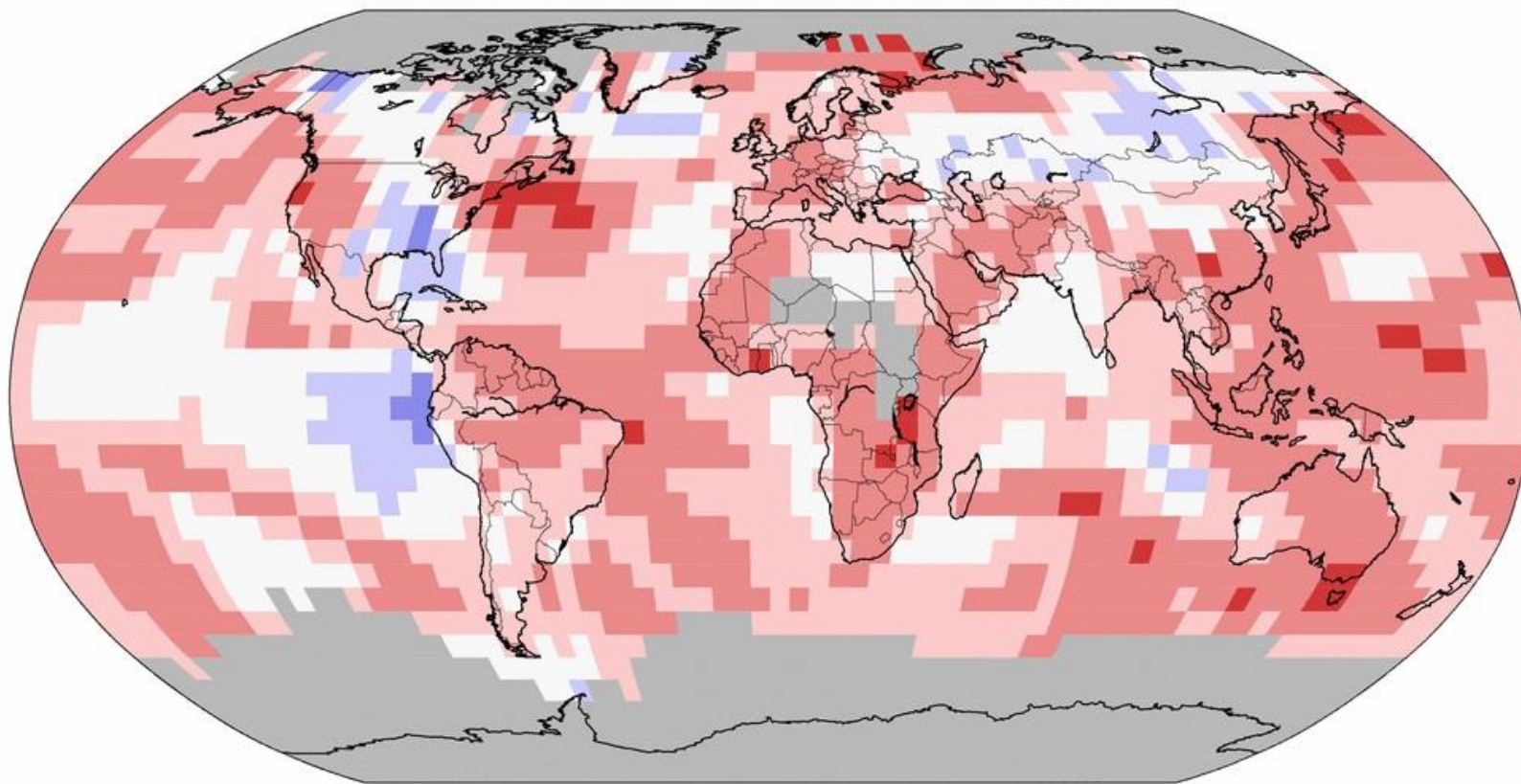
Please Note: Gray areas represent missing data
Map Projection: Robinson

Júl 2013 podl'a NCDC (percentily z 1901-2000)

Land & Ocean Temperature Percentiles Jul 2013

NOAA's National Climatic Data Center

Data Source: MLOST version 3.5.4




Record
Coldest


Much
Cooler than
Average


Cooler than
Average


Near
Average


Warmer than
Average


Much
Warmer than
Average

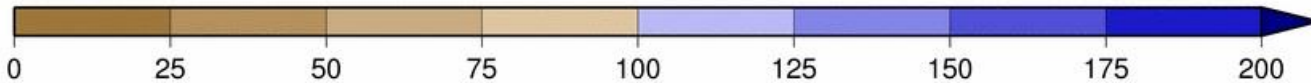
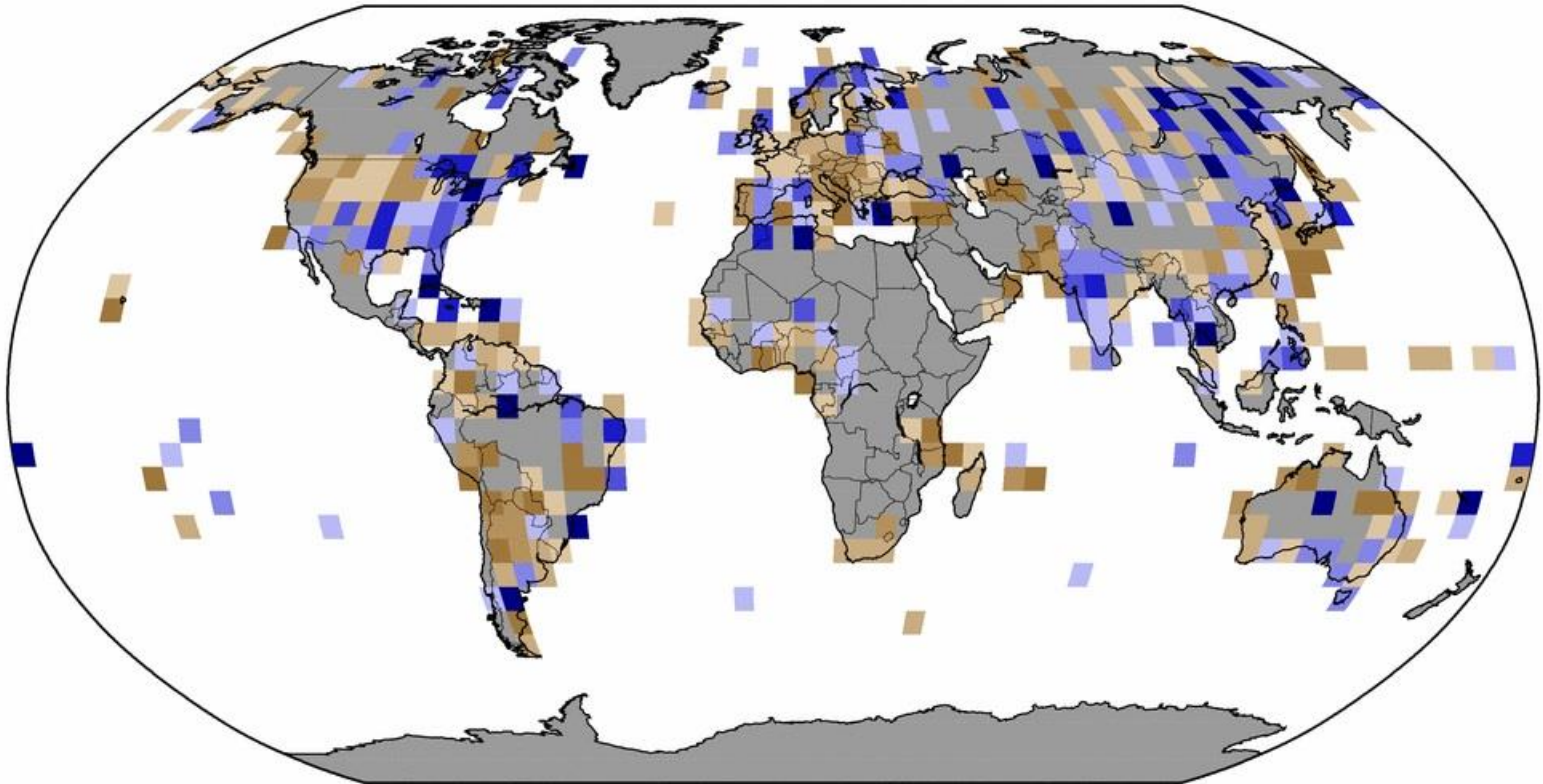

Record
Warmest



R - Júl 2013 podľa NCDC (odchýlky od 1961-1990)

Land-Only Precipitation Percent of Normal Jul 2013
(with respect to a 1961-1990 base period)

Data Source: GHCN-M version 2

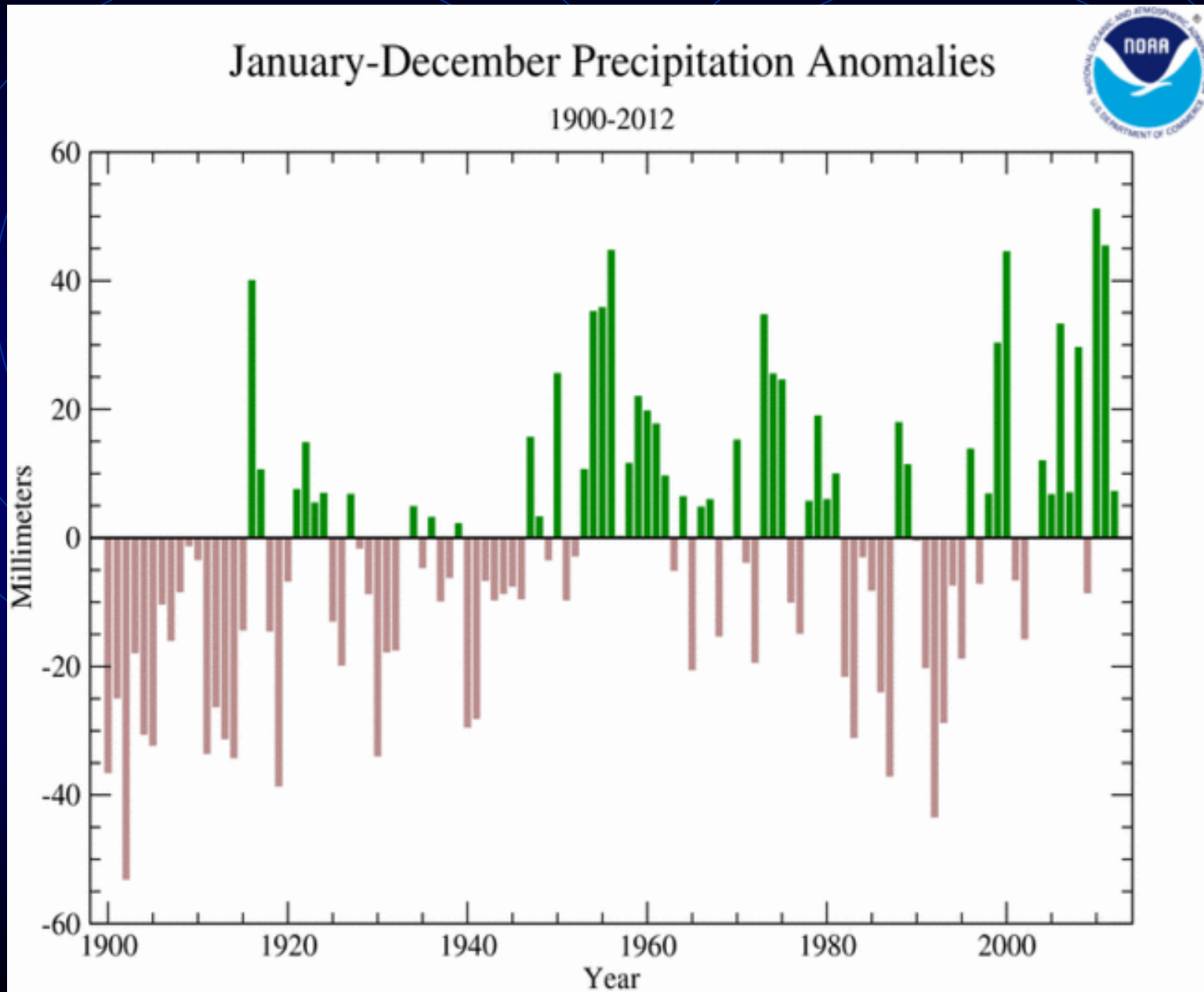


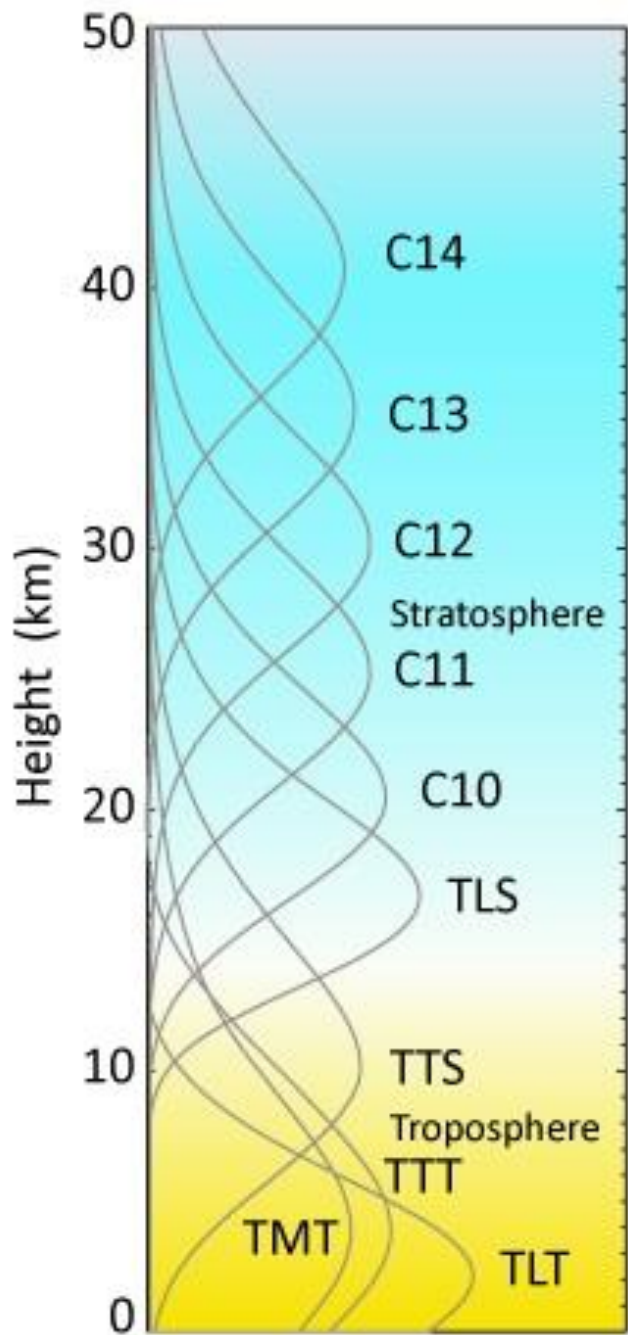
NOAA's National Climatic Data Center
Wed Aug 14 07:45:15 EDT 2013

Percent

Please Note: Gray areas represent missing data
Map Projection: Robinson

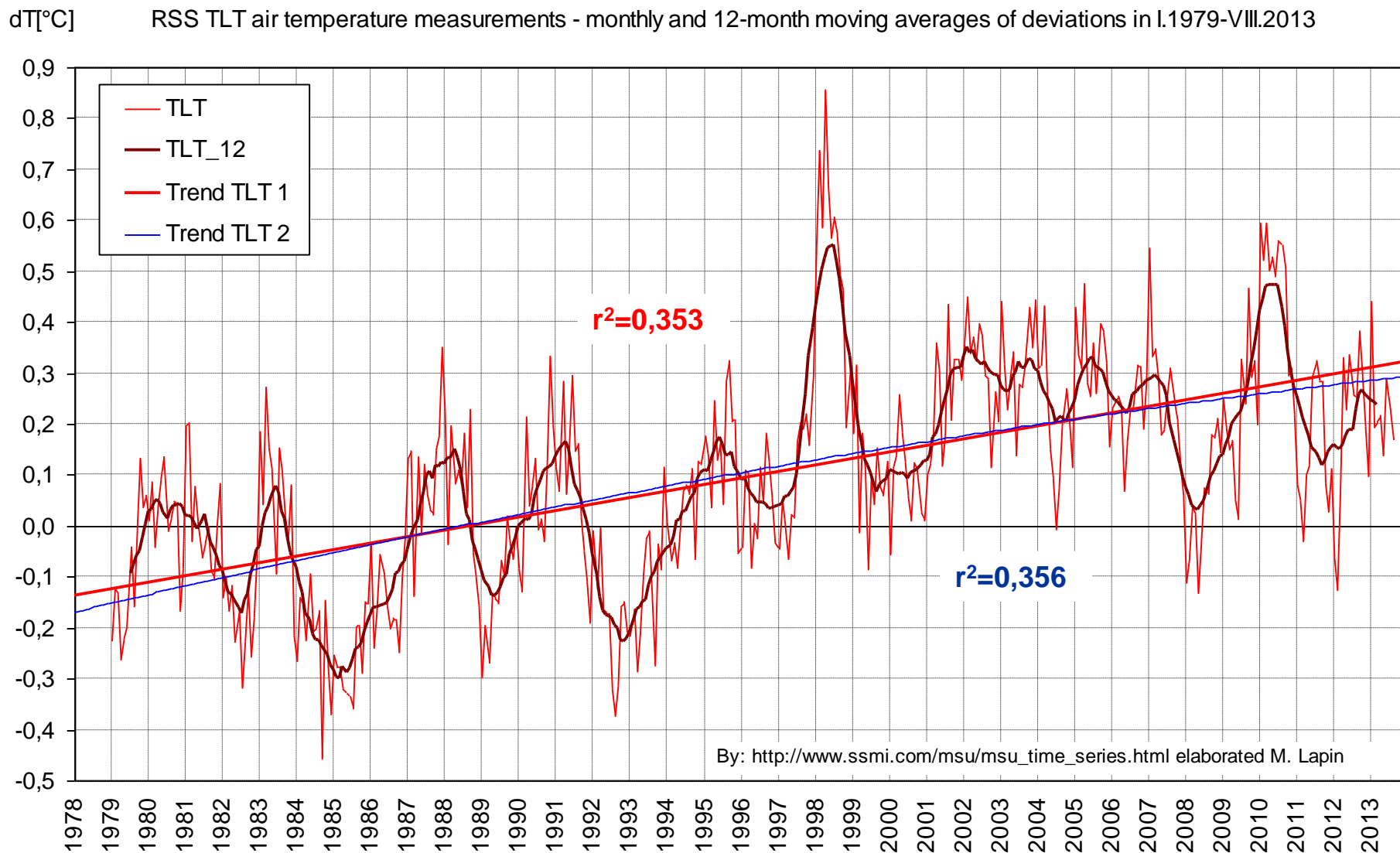
ZMENY ROČNÝCH ÚHRNOV ZRÁŽOK NA ZEMI, 1900-2012



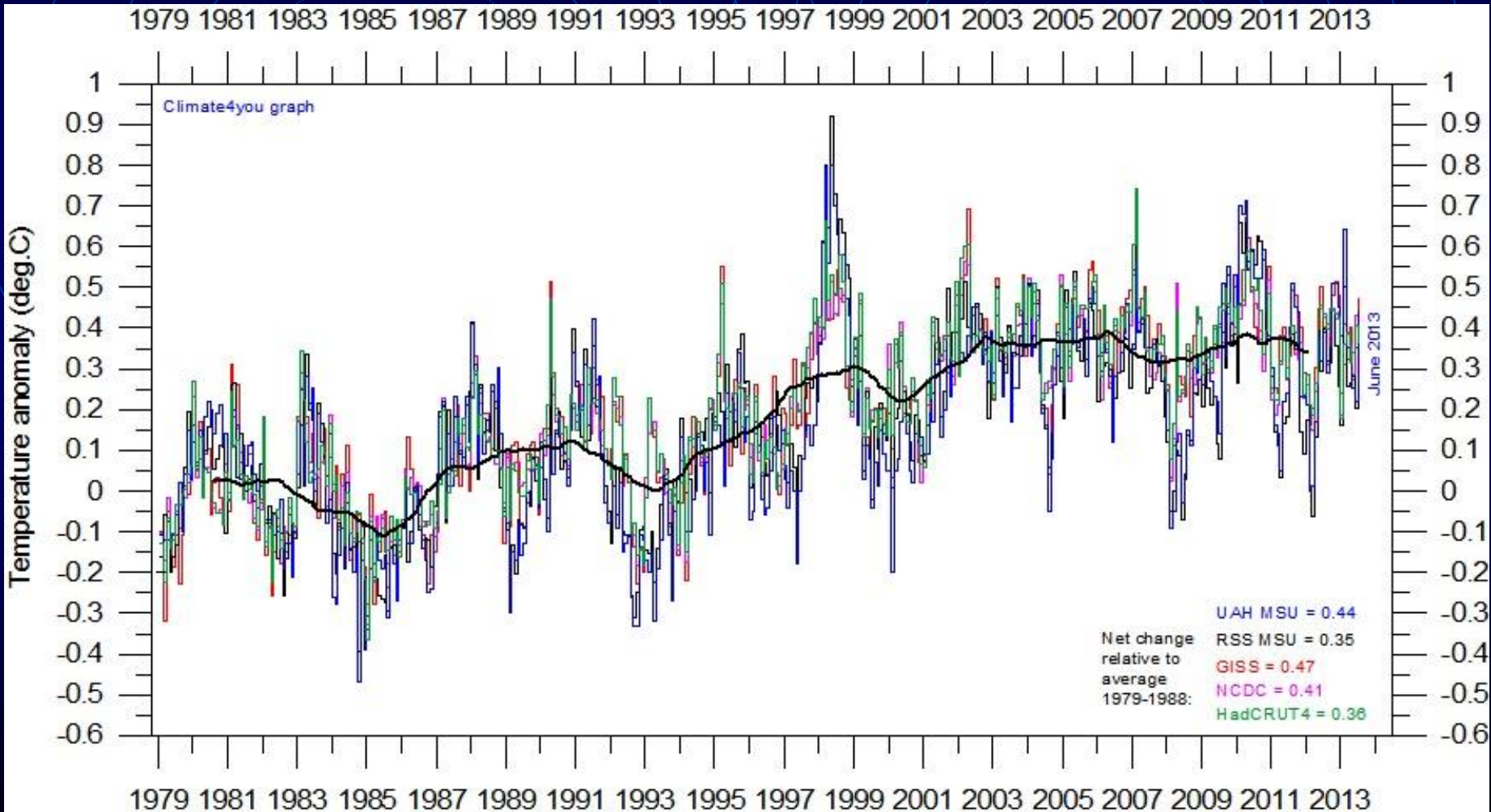


Vrstvy atmosféry (v km výšky nad zemským povrchom), pre ktoré je možné celkom spoľahlivo určiť satelitnými meraniami priemery teploty vzduchu a aj iných veličín atmosféry. Po získaní 30-ročných radov pozorovaní je teda možné konštruovať aj klimatologicky korektné odchýlky od dlhodobého priemeru rovnomerne pre celú Zem. Merania teploty povrchu oceánov a snehovej pokrývky sú pomerne spoľahlivé, preto sa spresnili pozemné merania teploty vzduchu nad oceánmi a polárnymi oblasťami.

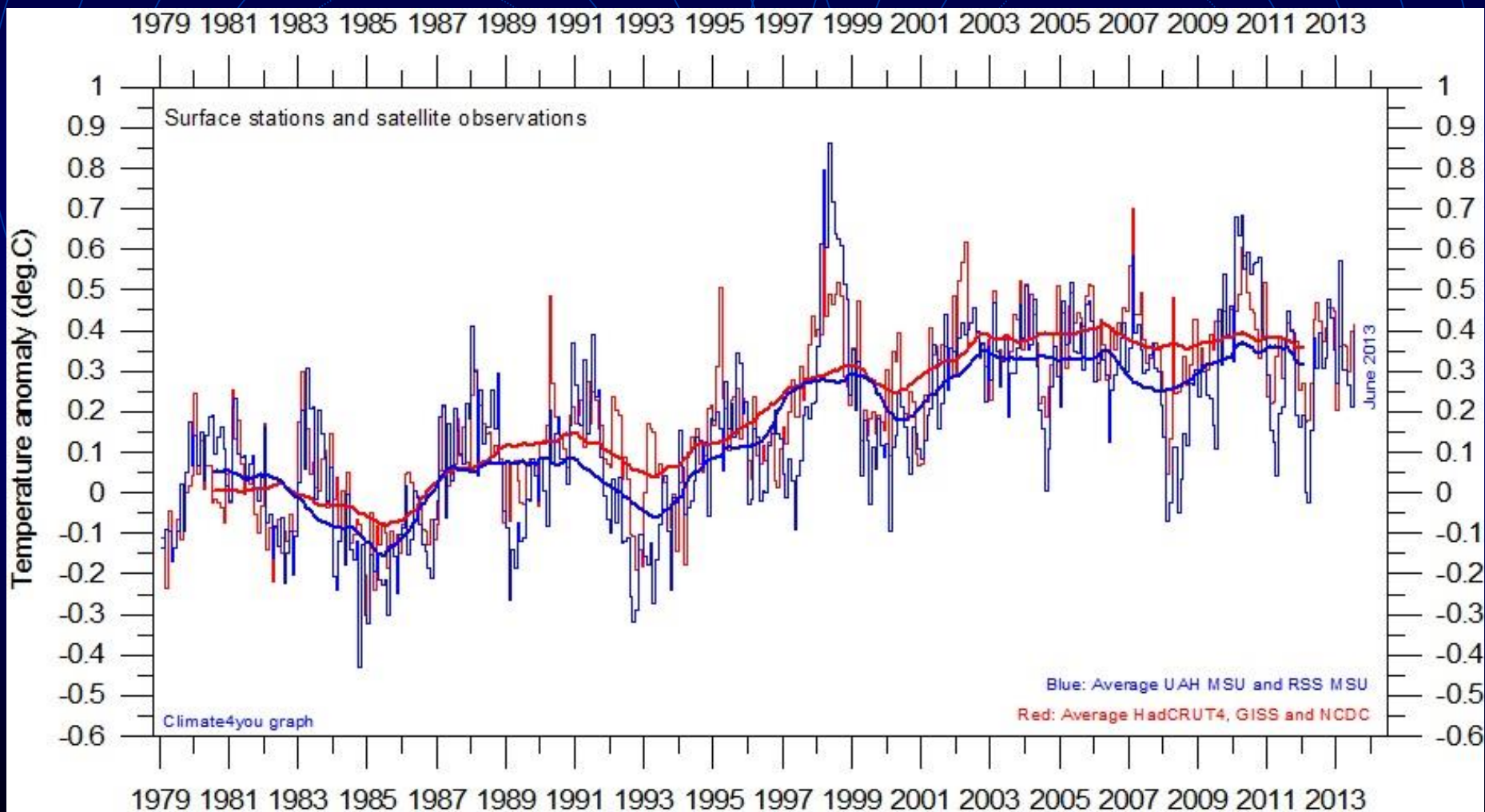
Odchýlky ročných priemerov teploty vzduchu od dlhodobého priemeru podľa satelitných meraní (verzia RSS MSU, TLT, 1979-2013)



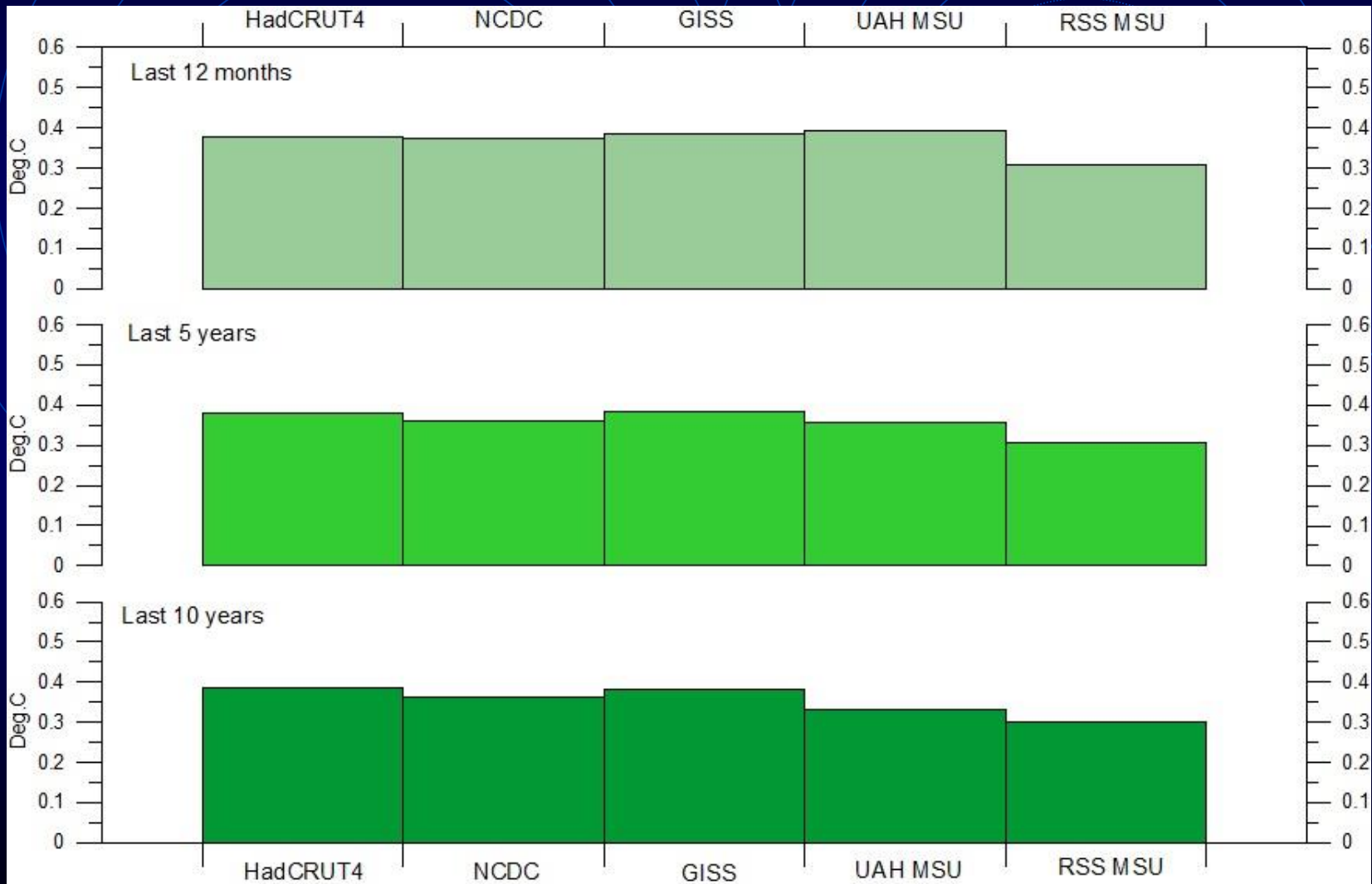
Odchýlky ročných priemerov teploty vzduchu podľa satelitných a pozemných meraní (všetky významnejšie strediská, odchýlky od 1979-1988)



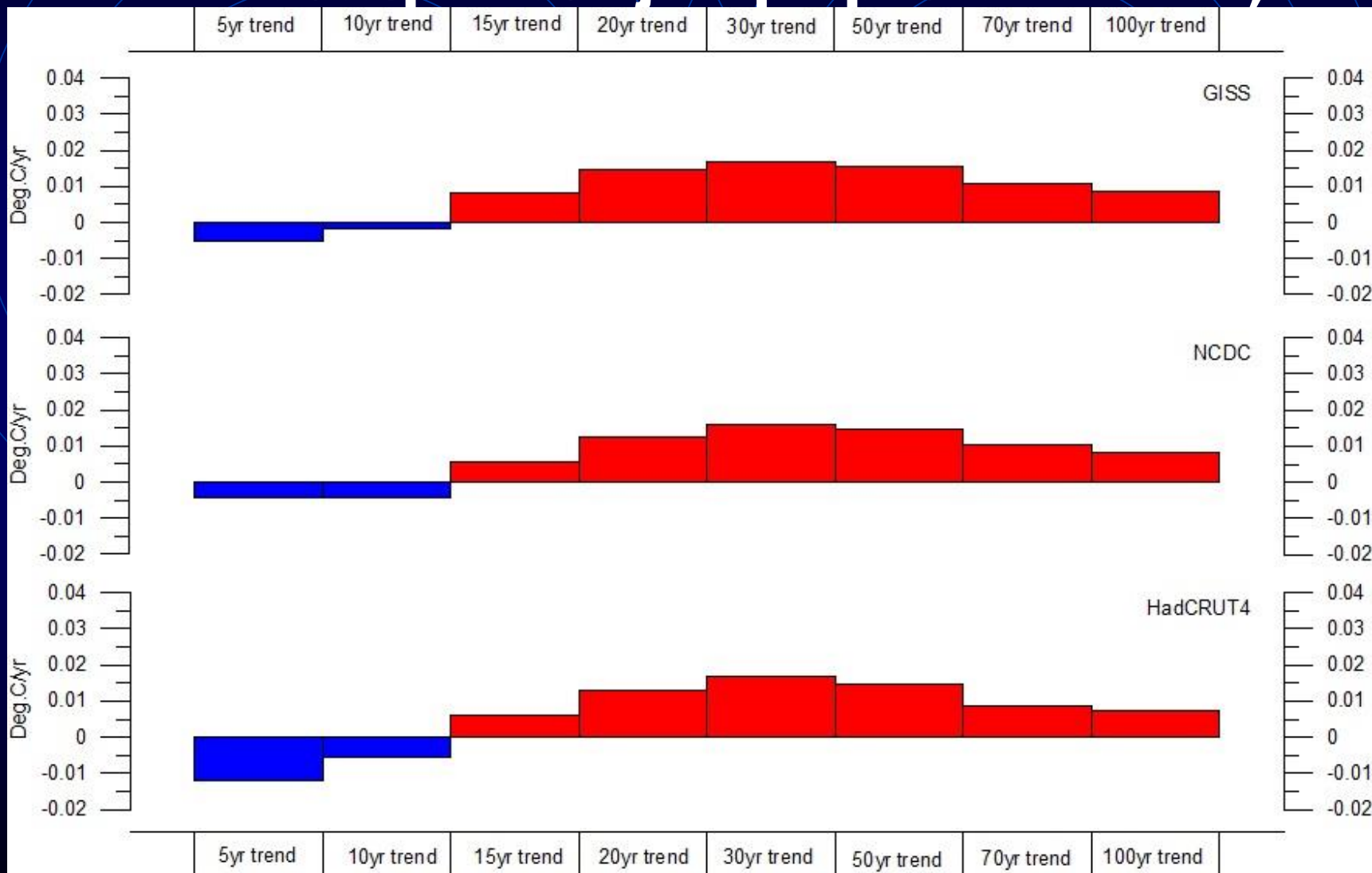
Odchýlky ročných priemerov teploty vzduchu podľa satelitných a pozemných meraní (strediská UAH a priemer z CRU, GISS a NCDC, odchýlky od 1979-1988)



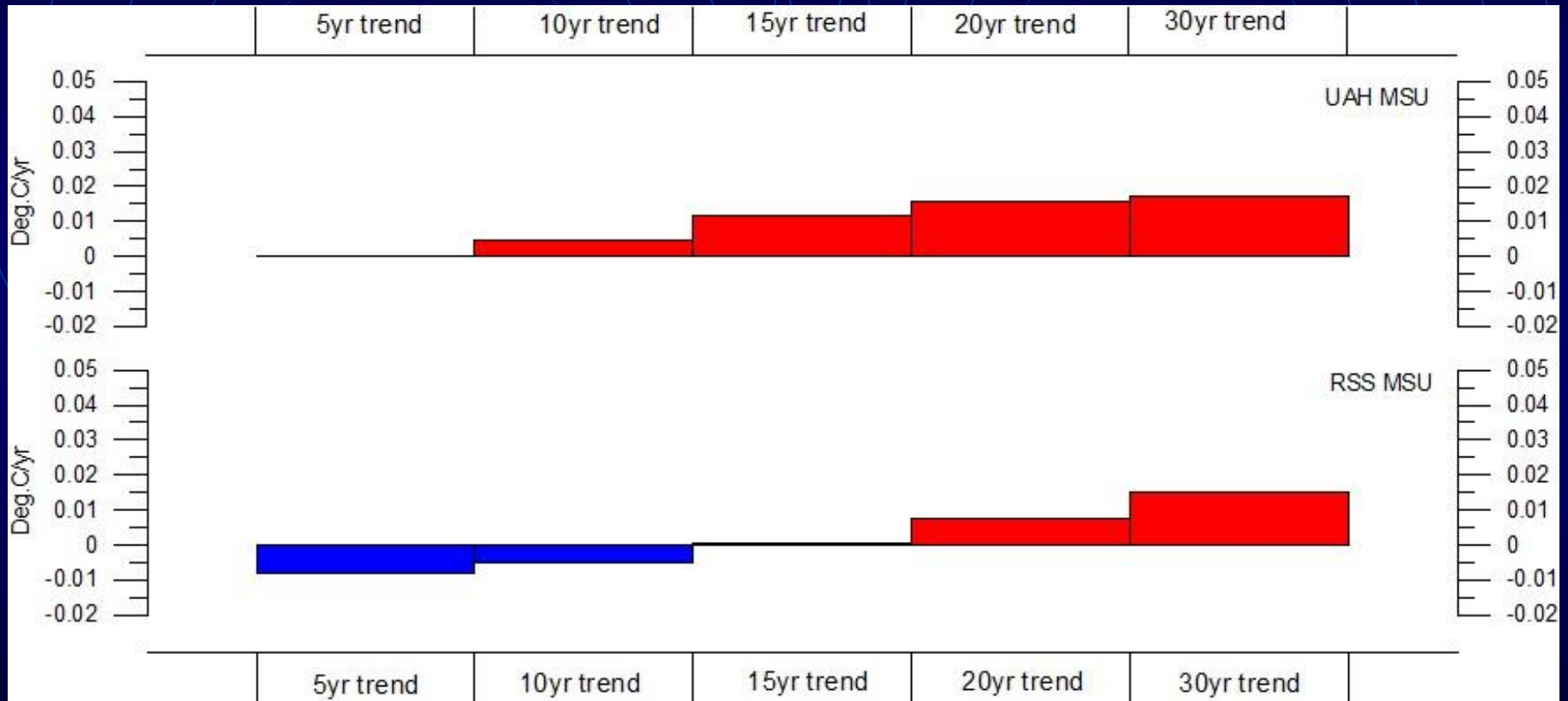
Odchýlky ročných priemerov teploty vzduchu podľa satelitných a pozemných meraní (všetky významnejšie strediská, odchýlky od 1979-1988)



Trend ročných priemerov teploty vzduchu podľa pozemných meraní (GISS, NCDC a HadCRUT4, trend rastu/poklesu je v prepočte na 1 rok)



Trend ročných priemerov teploty vzduchu podľa satelitných meraní (UAH MSU a RSS MSU, trend rastu/poklesu je v prepočte na 1 rok)



VÝZNAMNOSŤ TRENDU

Pri výpočte lineárneho (aj iného) trendu je dôležitá chyba aproximácie, napríklad podľa \pm smerodajná odchýlka ale tiež aj koeficient determinácie R^2 . Ak si zoberieme bežne dostupné časové rady globálnej teploty podľa HadCRUT4 a GISS, tak nám vyjde nasledujúci časový trend rastu priemernej globálnej teploty v prepočítaní za 10 rokov (prvý je HAD CRUT4 a druhý GISS)

od 1998 +0,04 °C \pm 0,14 °C, +0,07 °C \pm 0,14 °C

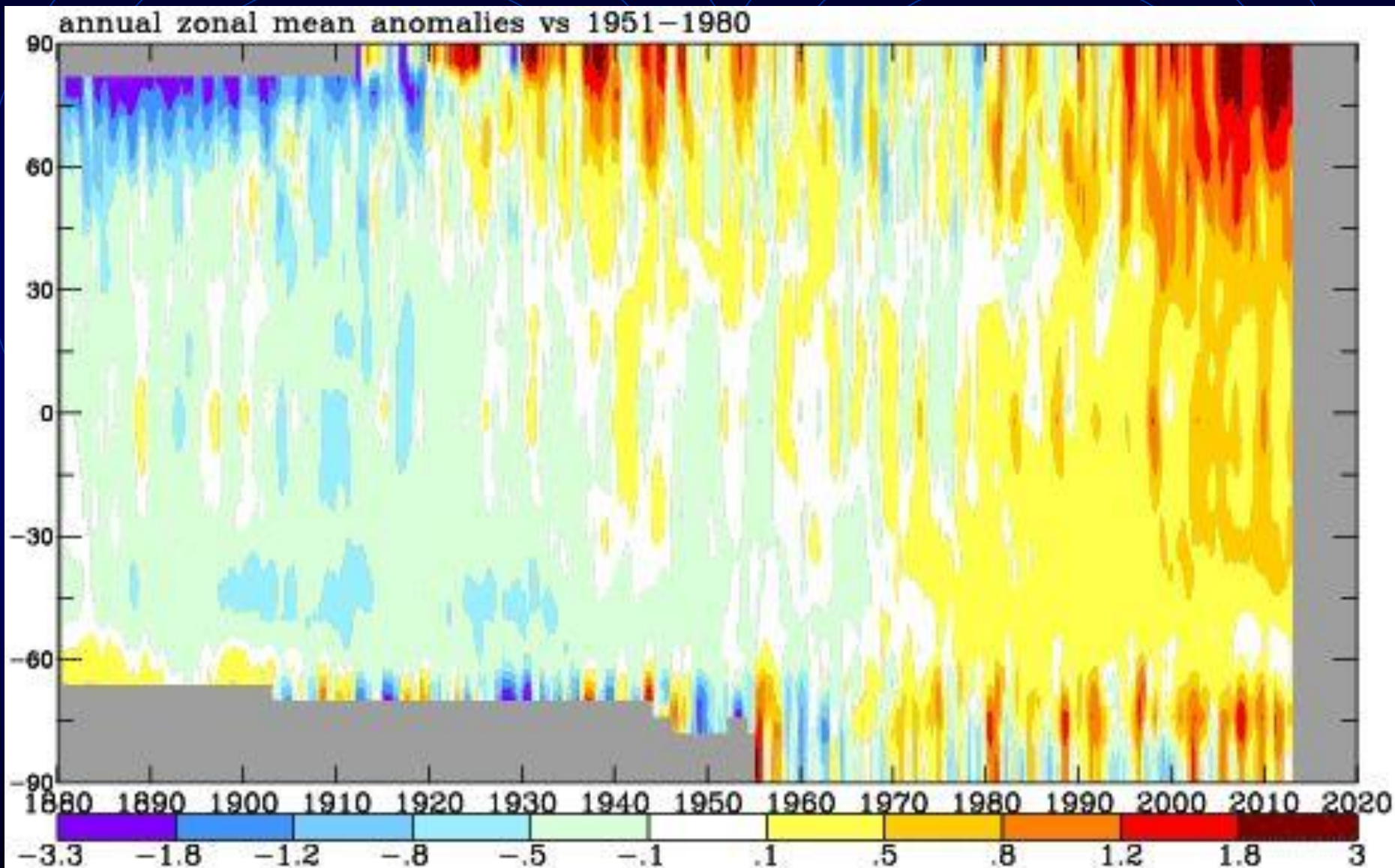
od 1991 +0,16 °C \pm 0,09 °C, +0,17 °C \pm 0,09 °C

od 1981 +0,16 °C \pm 0,05 °C, +0,16 °C \pm 0,05 °C

od 1971 +0,16 °C \pm 0,05 °C, +0,17 °C \pm 0,03 °C

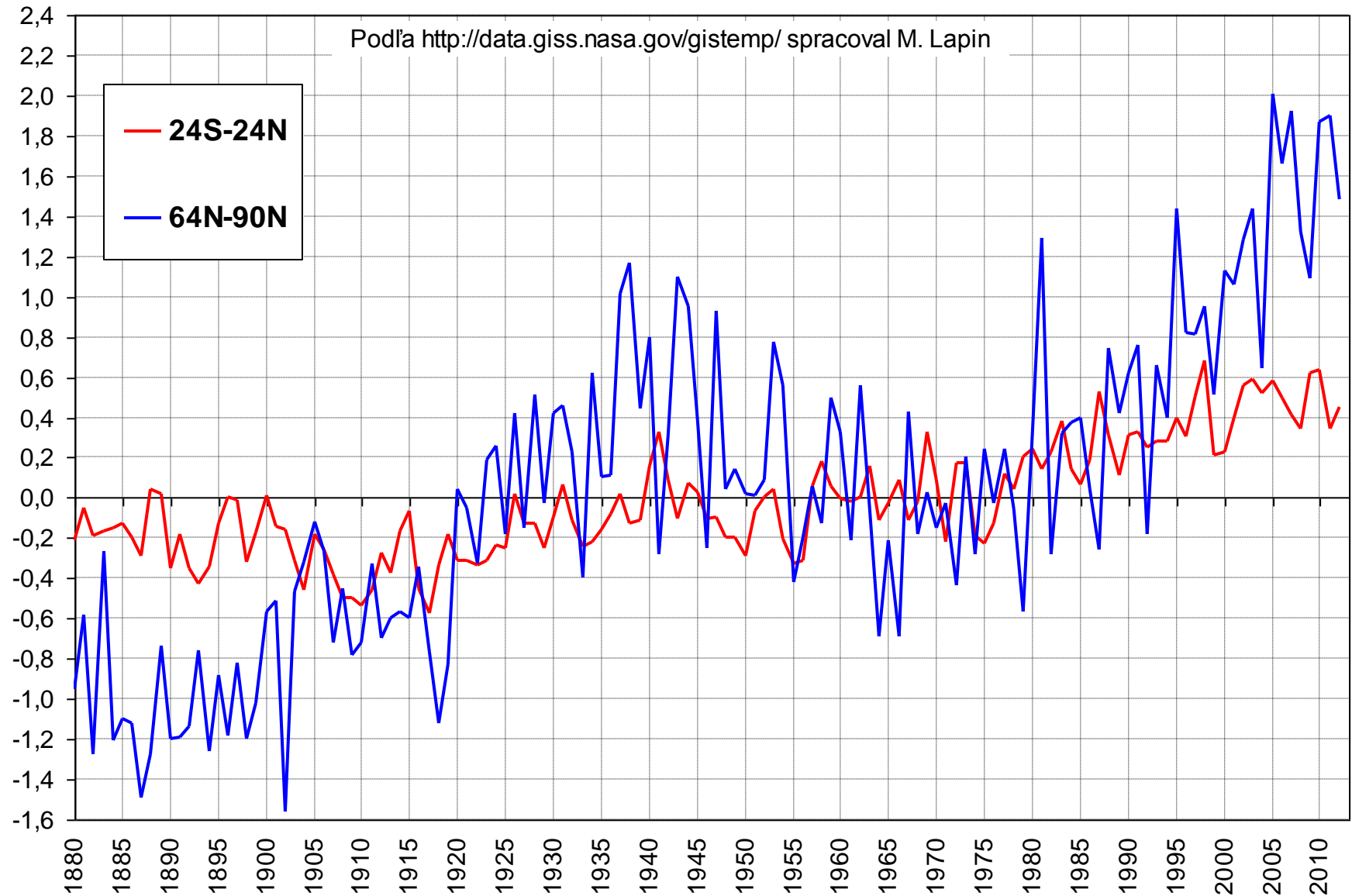
od 1961 +0,13 °C \pm 0,02 °C, +0,15 °C \pm 0,02 °C

Trend ročných priemerov teploty vzduchu podľa GISS, v rozdelení podľa zemepisnej šírky Zeme 1880-2012

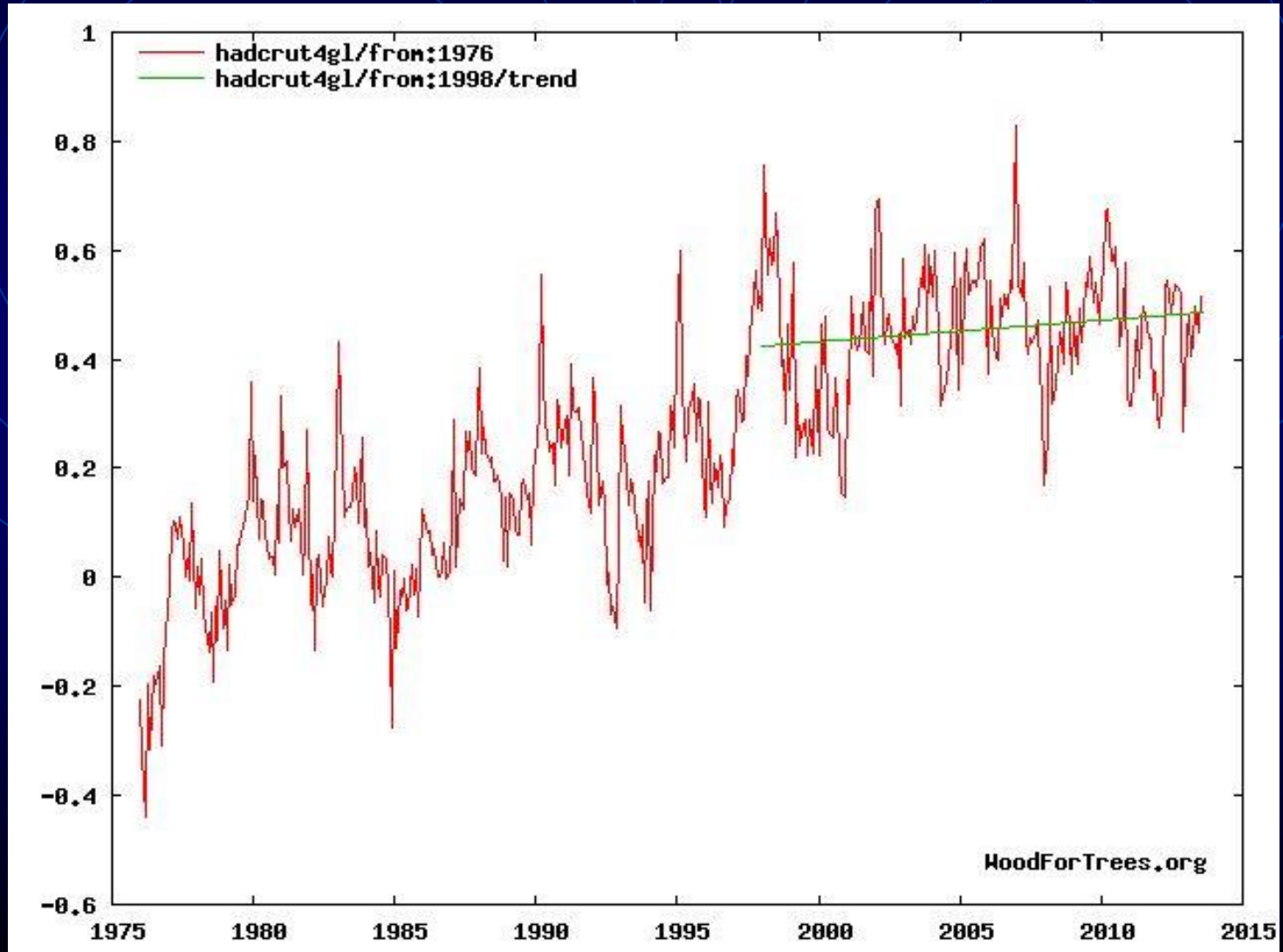


Trend ročných priemerov teploty vzduchu podľa GISS, v Arktíde a tropickom pásme Zeme 1880-2012

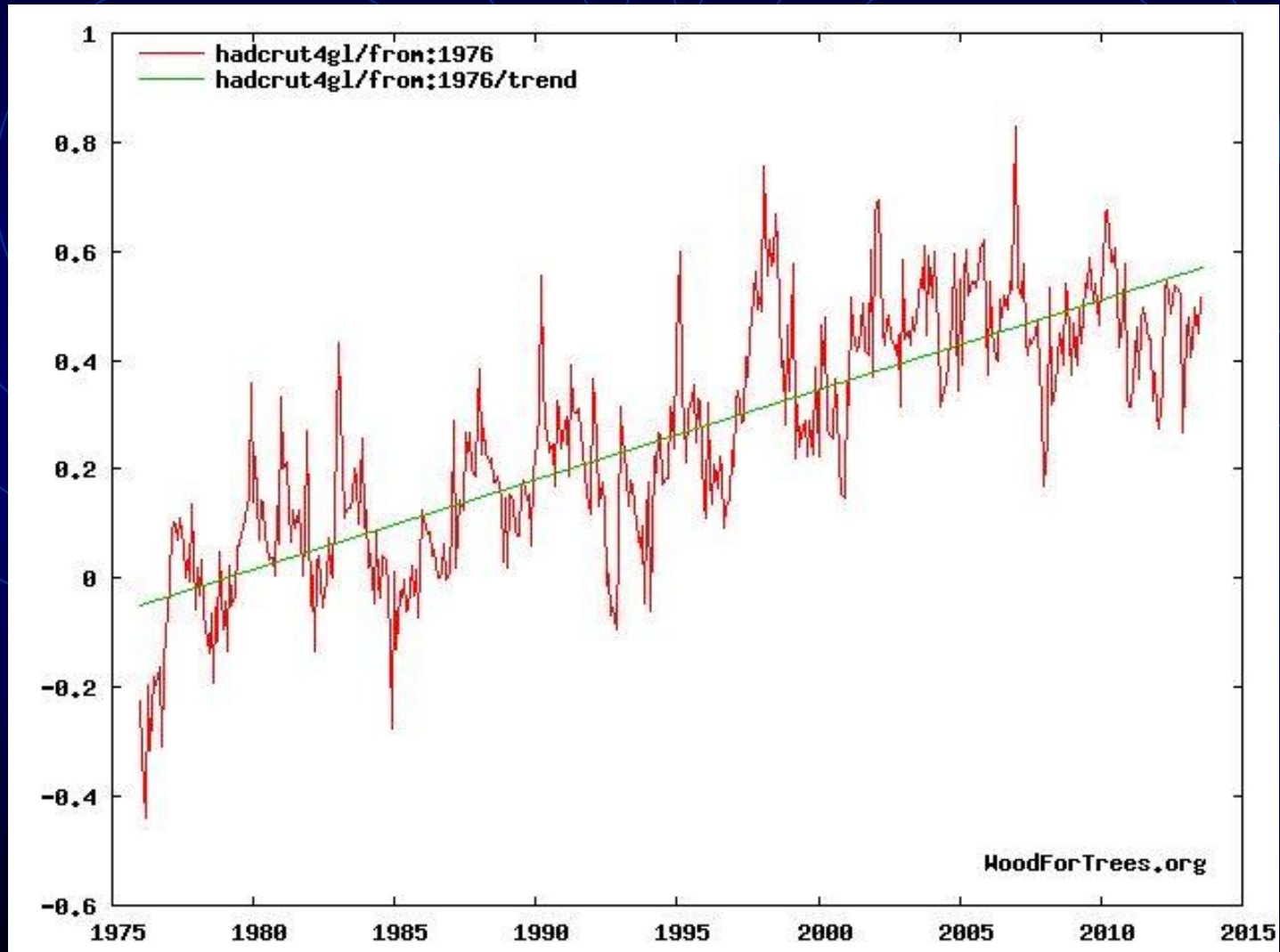
dT[°C] Odchýlky ročných priemerov teploty vzduchu v Arktíde (modré) a v trópoch (červené) 1951-1980 podľa GISS



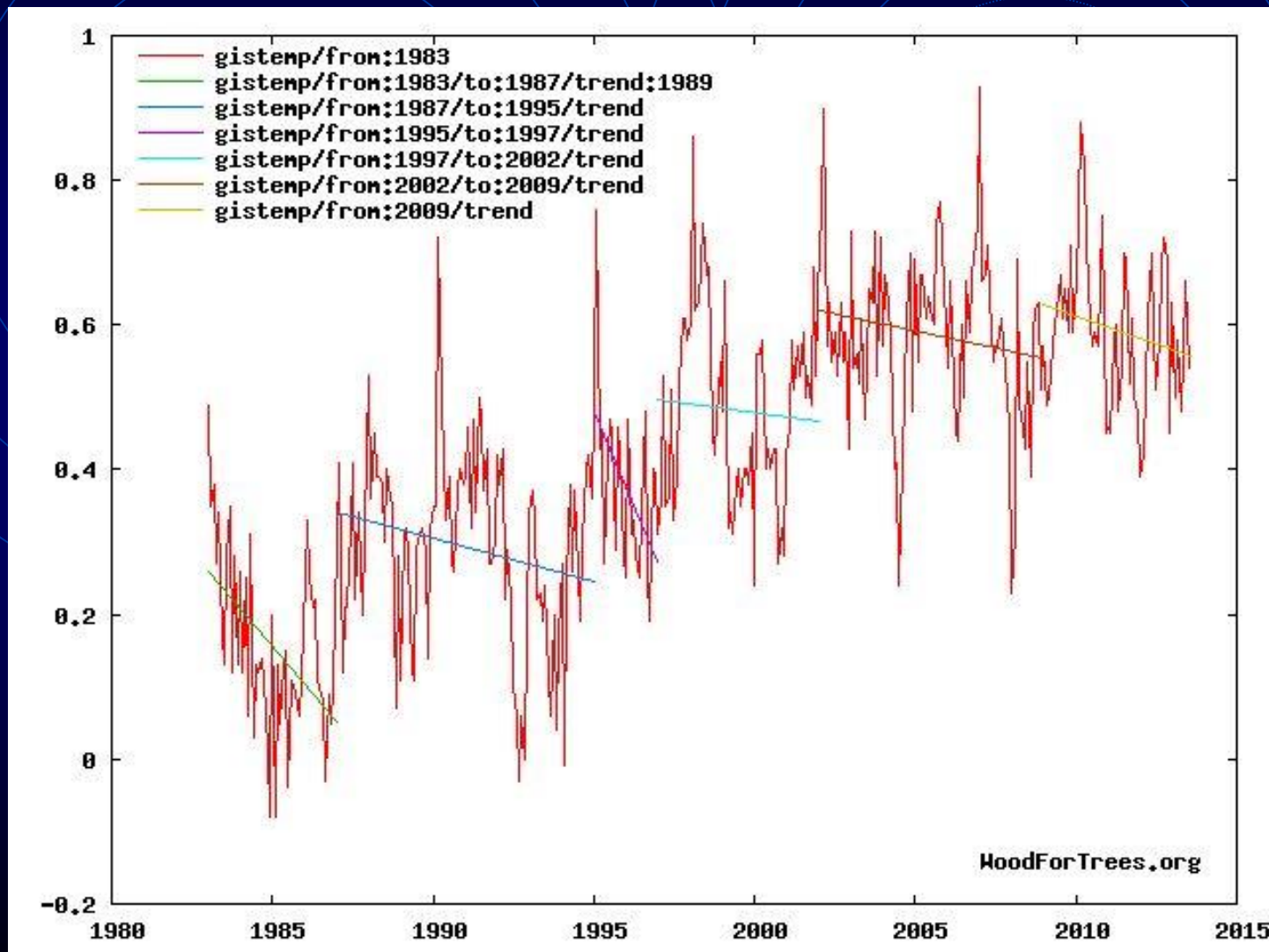
Trend ročných priemerov teploty vzduchu podľa CRU, no iba od 1998 (v súčasnosti sa s obľubou hľadá možný trend poklesu/stagnácie)



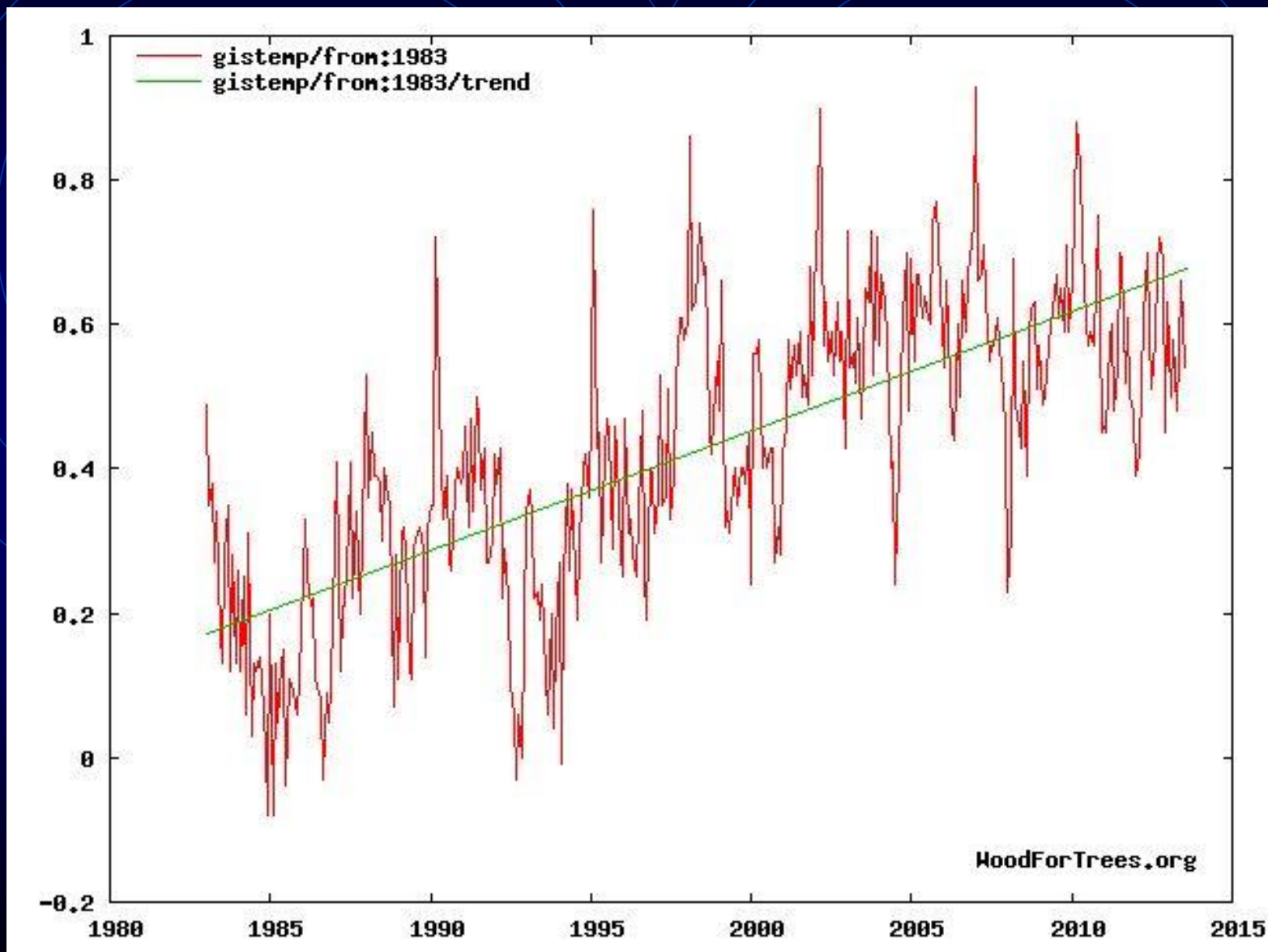
Trend ročných priemerov teploty vzduchu podľa CRU, no iba od 1998 (v súčasnosti sa s obľubou hľadá možný trend poklesu/stagnácie)



Trendy ročných priemerov teploty vzduchu podľa GISS, iba od 1983 (v každom časovom rade ročných priemerov môžeme nájsť prechodné kratšie obdobia s klesajúcim trendom)

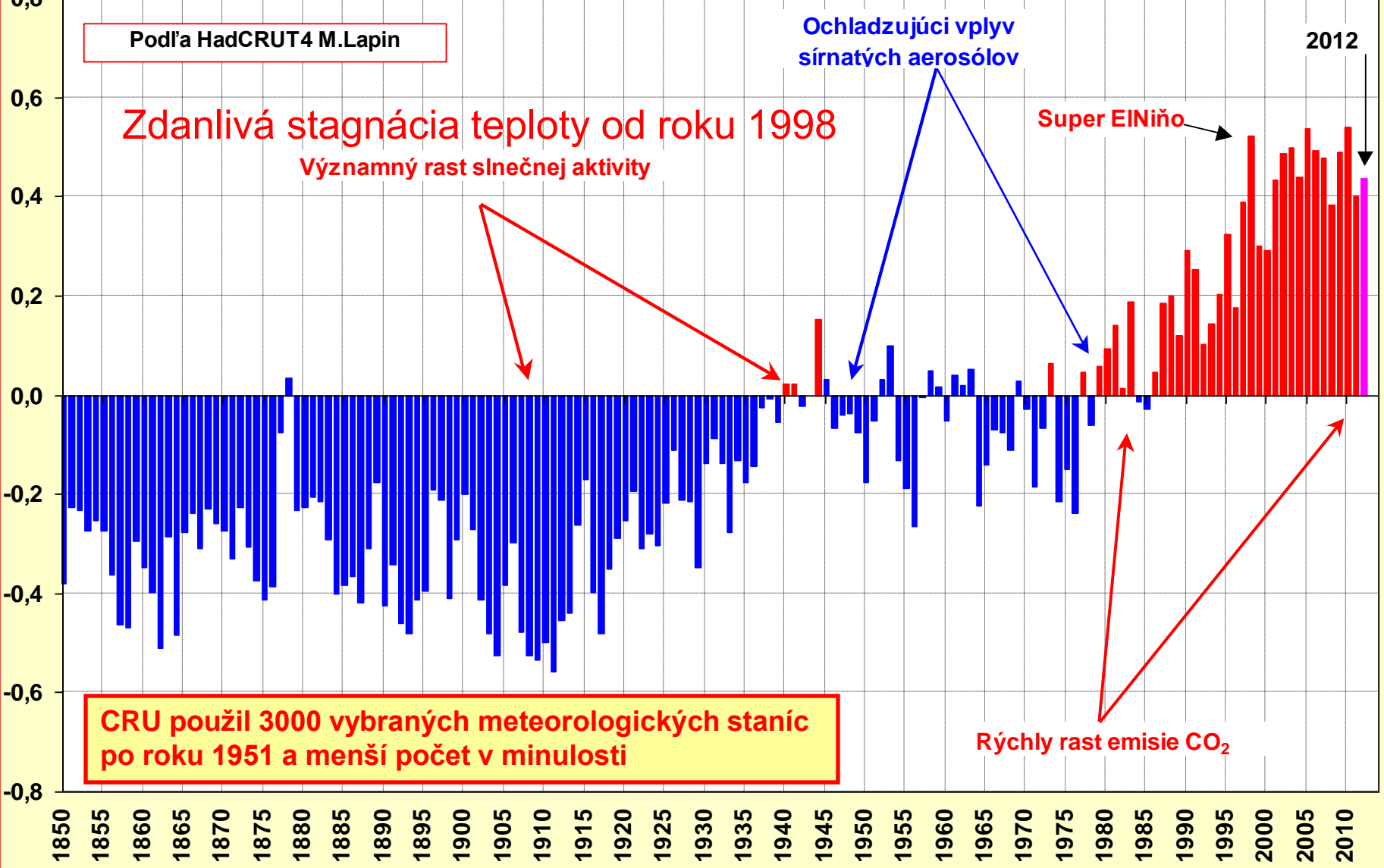


Trend ročných priemerov teploty vzduchu podľa GISS, iba od 1983 (spolu za celé obdobie od roku 1983)



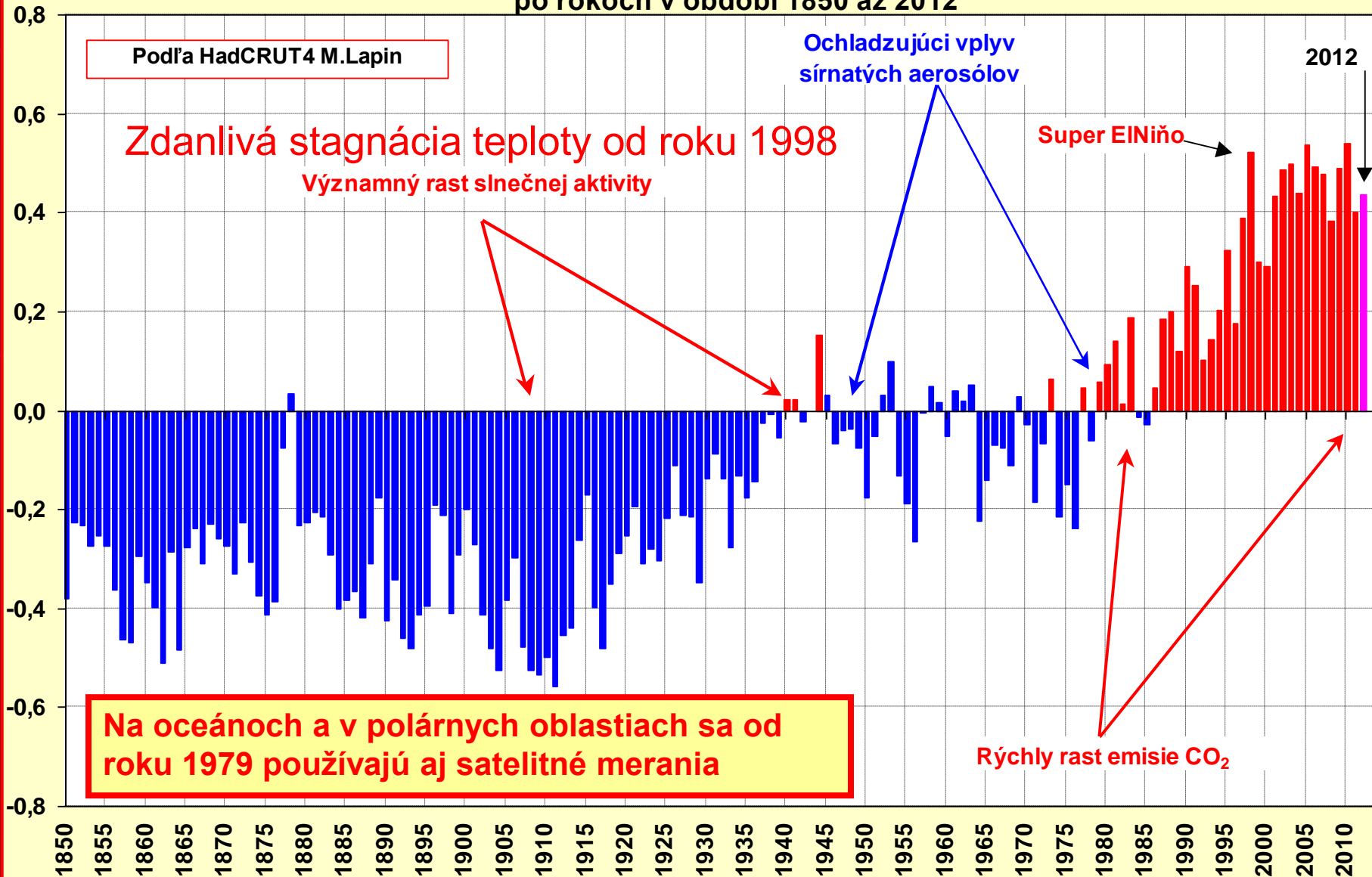
ODCHÝLKY ROČNÝCH PRIEMEROV TEPLoty VZDUCHU NA ZEMI

dT[°C] Odchýlky priemerov teploty vzduchu na celej Zemi od normálu z obdobia 1961-1990 po rokoch v období 1850 až 2012

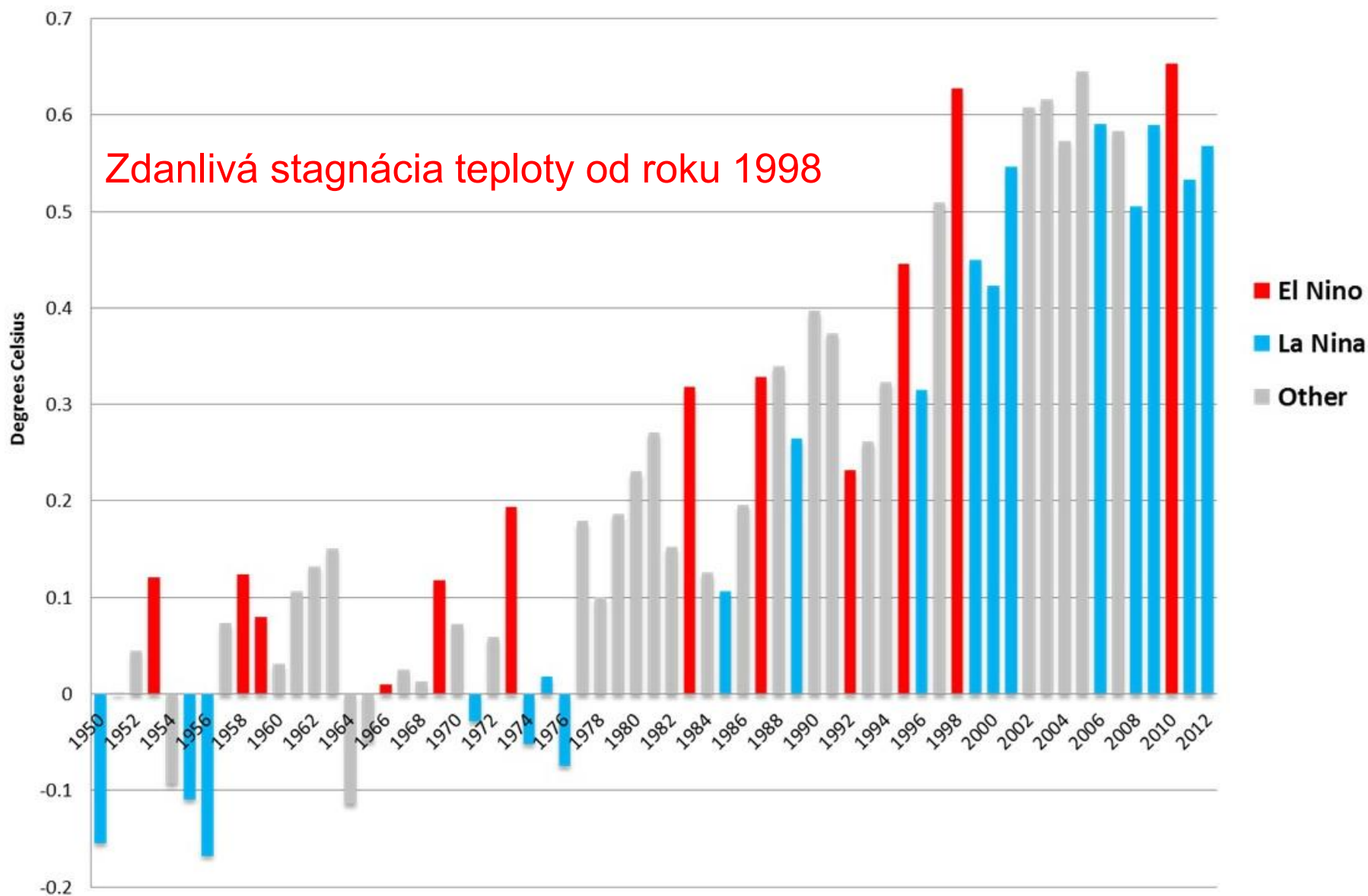


ODCHÝLKY ROČNÝCH PRIEMEROV TEPLoty VZDUCHU NA ZEMI

dT[°C] Odchýlky priemerov teploty vzduchu na celej Zemi od normálu z obdobia 1961-1990 po rokoch v období 1850 až 2012

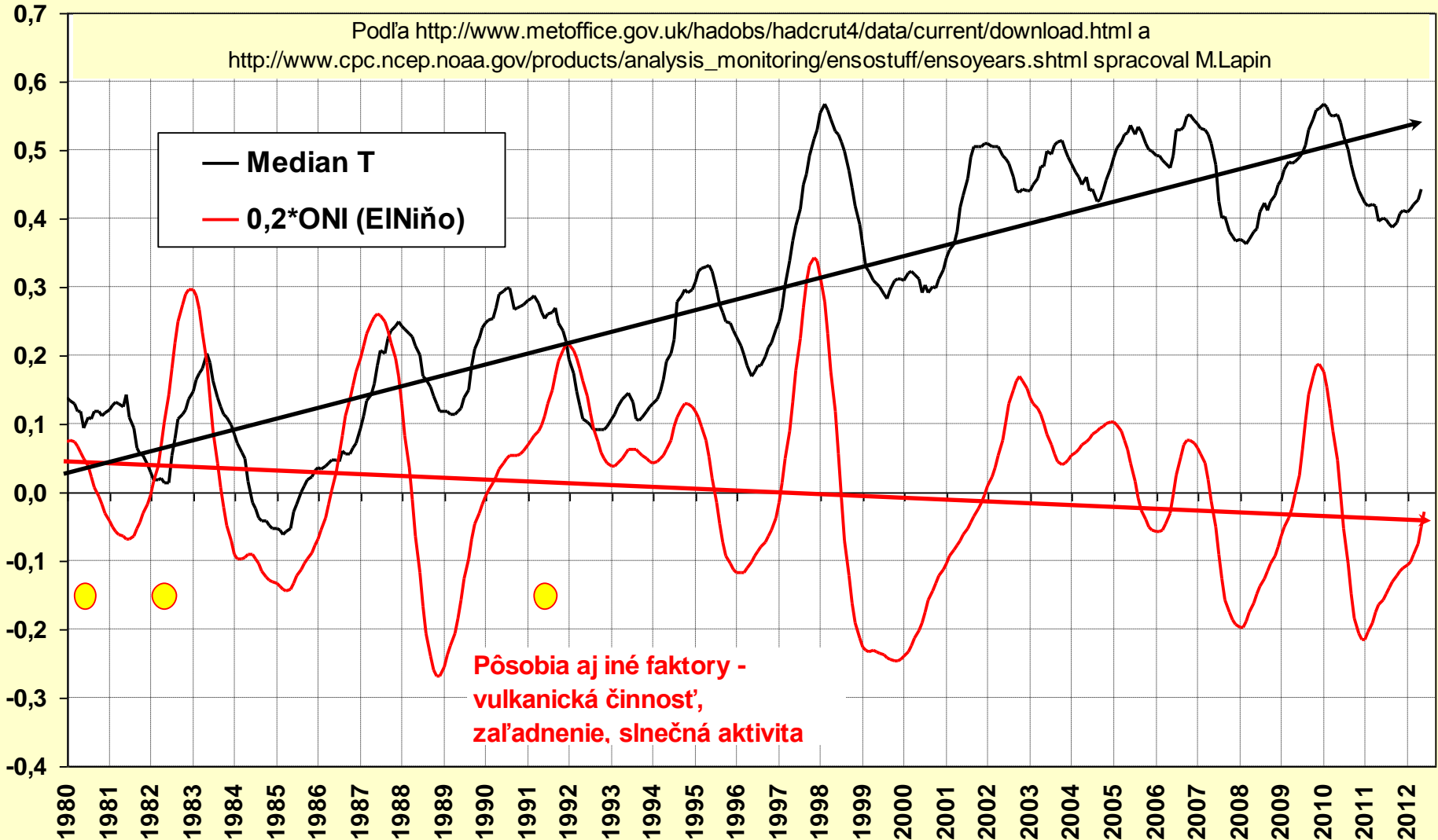


Annual Global Temperature Anomalies 1950 - 2012



PRÍKLAD FAKTOROV OVPLYVŇUJÚCICH GLOBÁLNU TEPLOTU – EINIÑO a vulkány

dT[°C] 12-mesačné kízavé odchýlky globálneho priemeru teploty vzduchu a indexy ONI (EINIÑO) podľa HadCRUT4 a NOAA



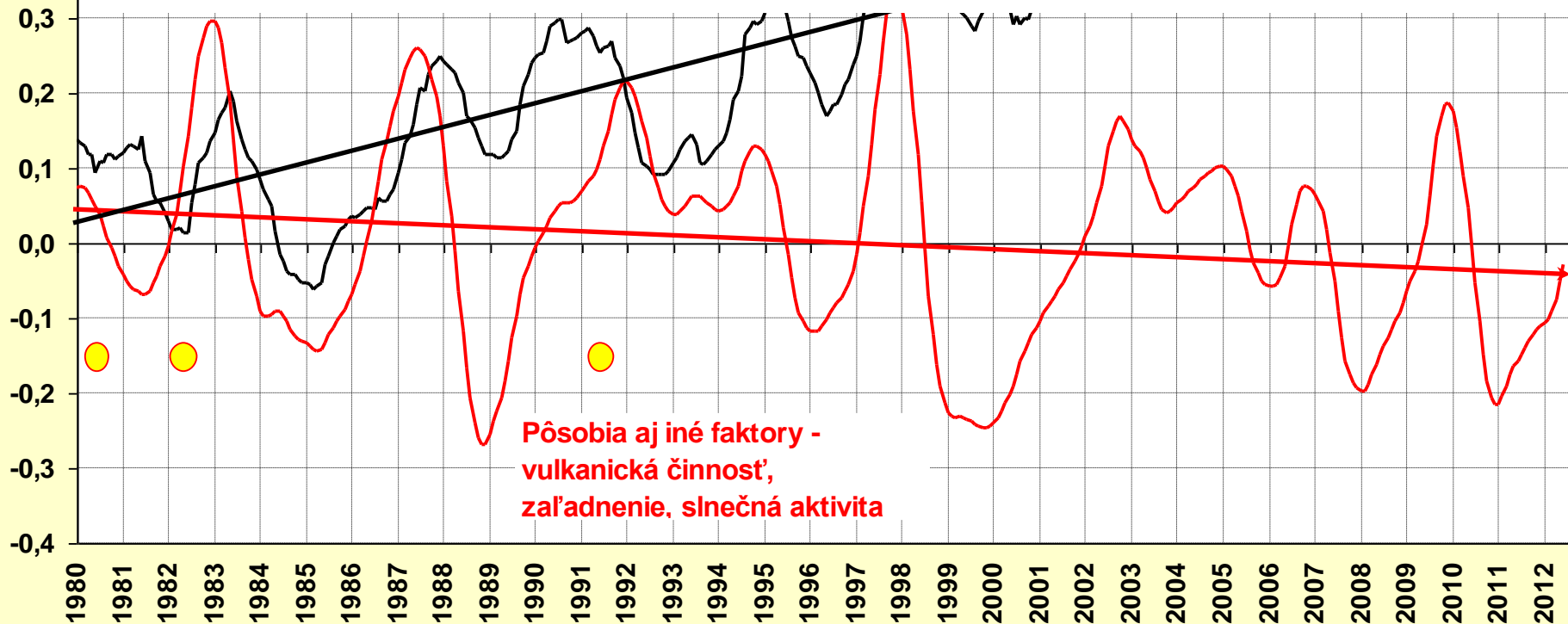
PRÍKLAD FAKTOROV OVPLYVŇUJÚCICH GLOBÁLNU TEPLOTU – ElNiño a vulkány

dT[°C] 12-mesačné kízavé odchýlky globálneho priemeru teploty vzduchu a indexy ONI (ElNiño) podľa HadCRUT4 a NOAA

Podľa <http://www.metoffice.gov.uk/hadobs/hadcrut4/data/current/download.html> a

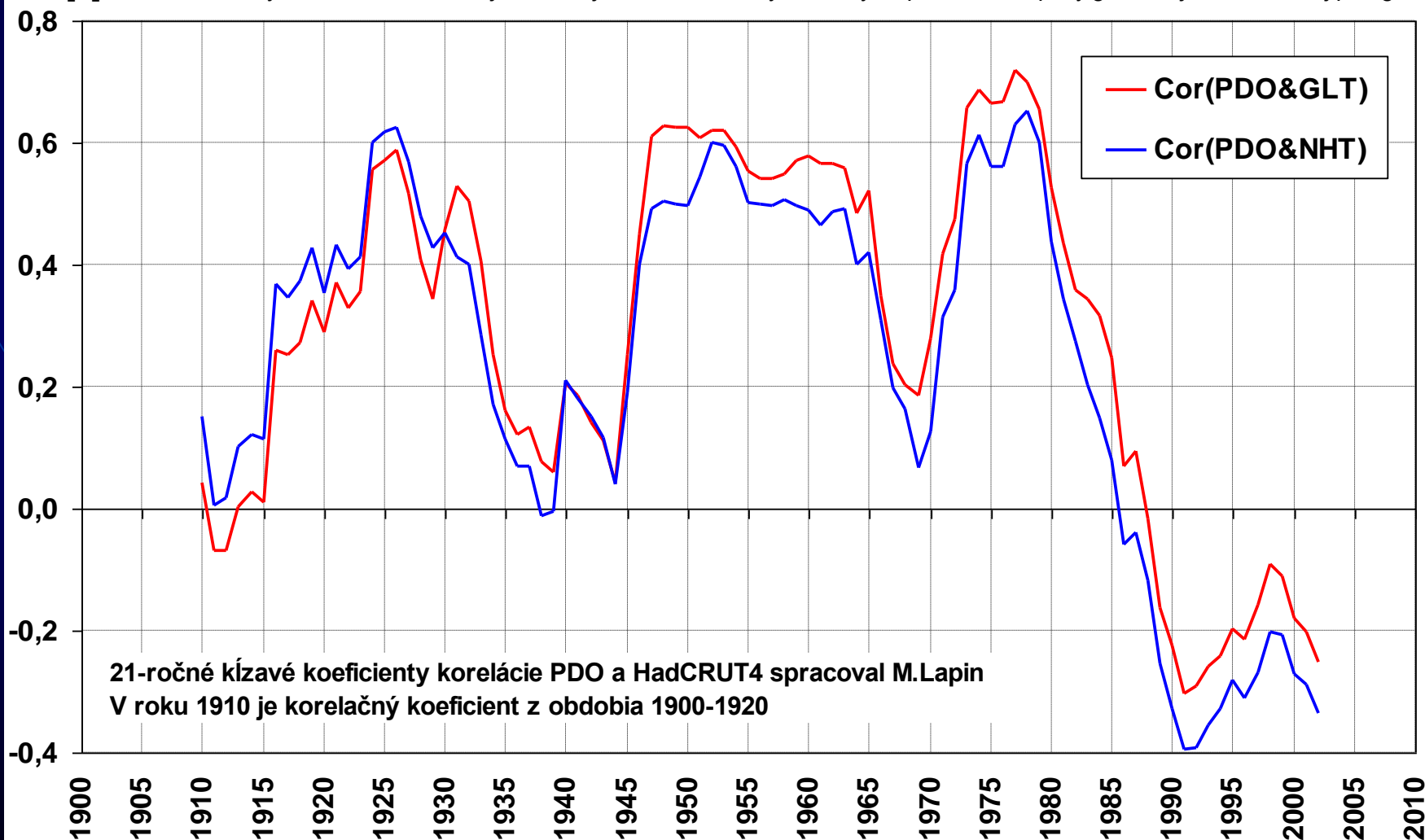
http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ensoyears.shtml spracoval M.Lapin

Podobne môžeme analyzovať vplyv AO (Arktická oscilácia), NAO (Severoatlantická oscilácia), PDO (Pacifická dekádna oscilácia) atď.



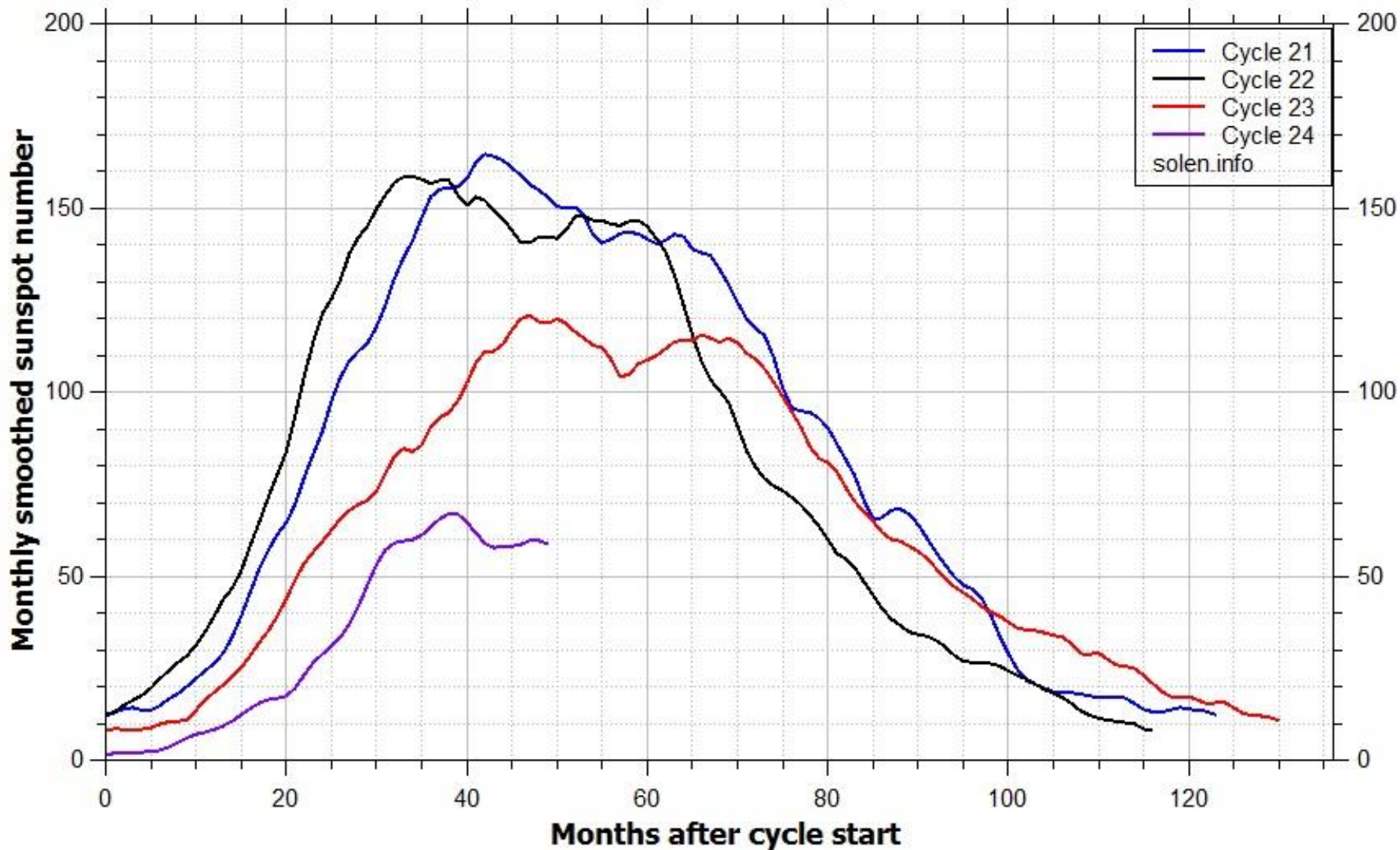
PRÍKLAD FAKTOROV OVPLYVNŤUJÚCICH GLOBÁLNU TEPLOTU (GLT) – PDO (Pacific Decadal Oscillation) NHT – je priemer teploty na severnej pologuli

Cor[0] Korelácia ročných indexov Pacifckej dekádnej oscilácie a ročných odchýlok priemerov teploty globálnej a na severnej pologuli

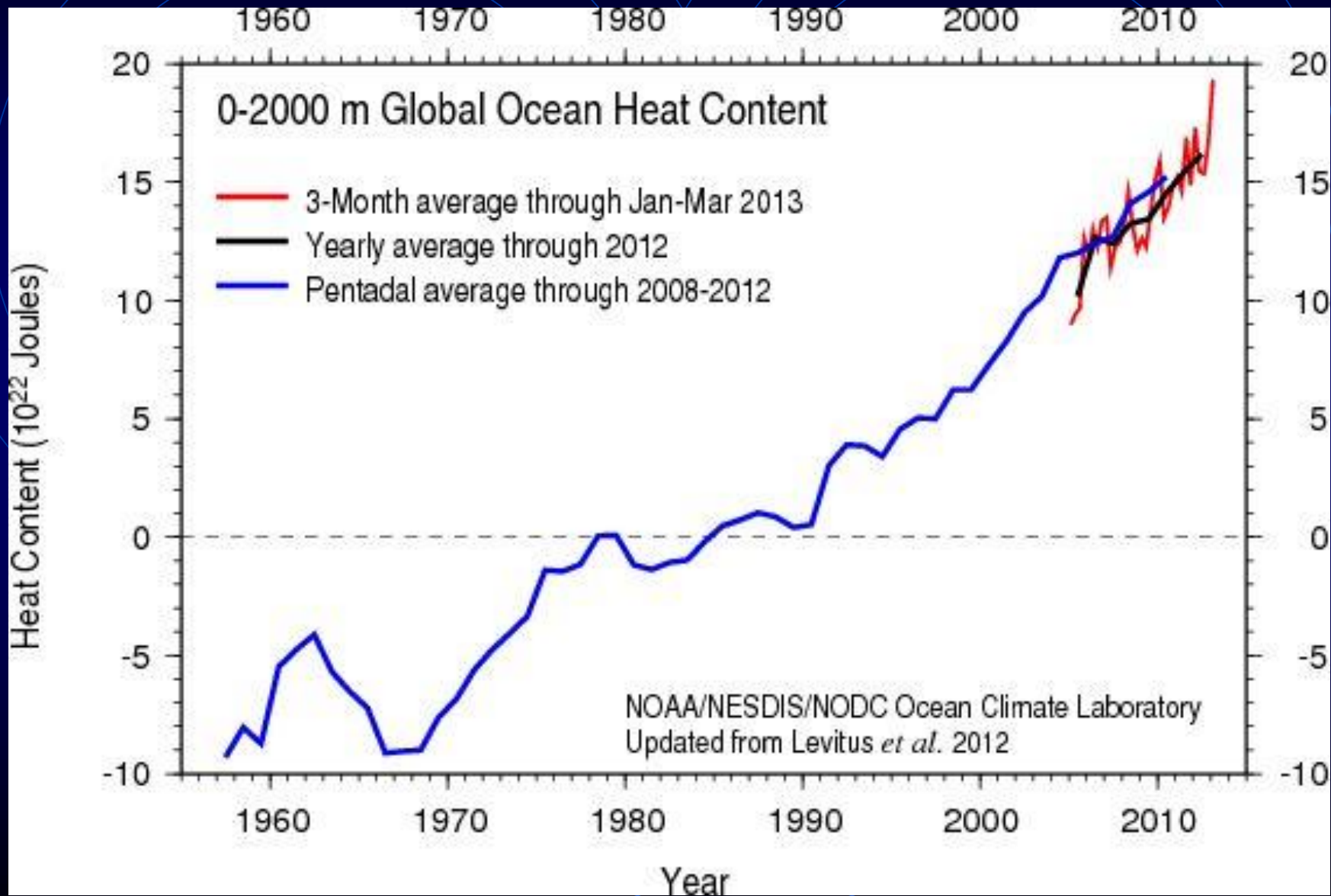


PRIRODZENÉ RADIÁČNÉ ZOSILNENIE ZMENAMI SLNEČNEJ AKTIVITY

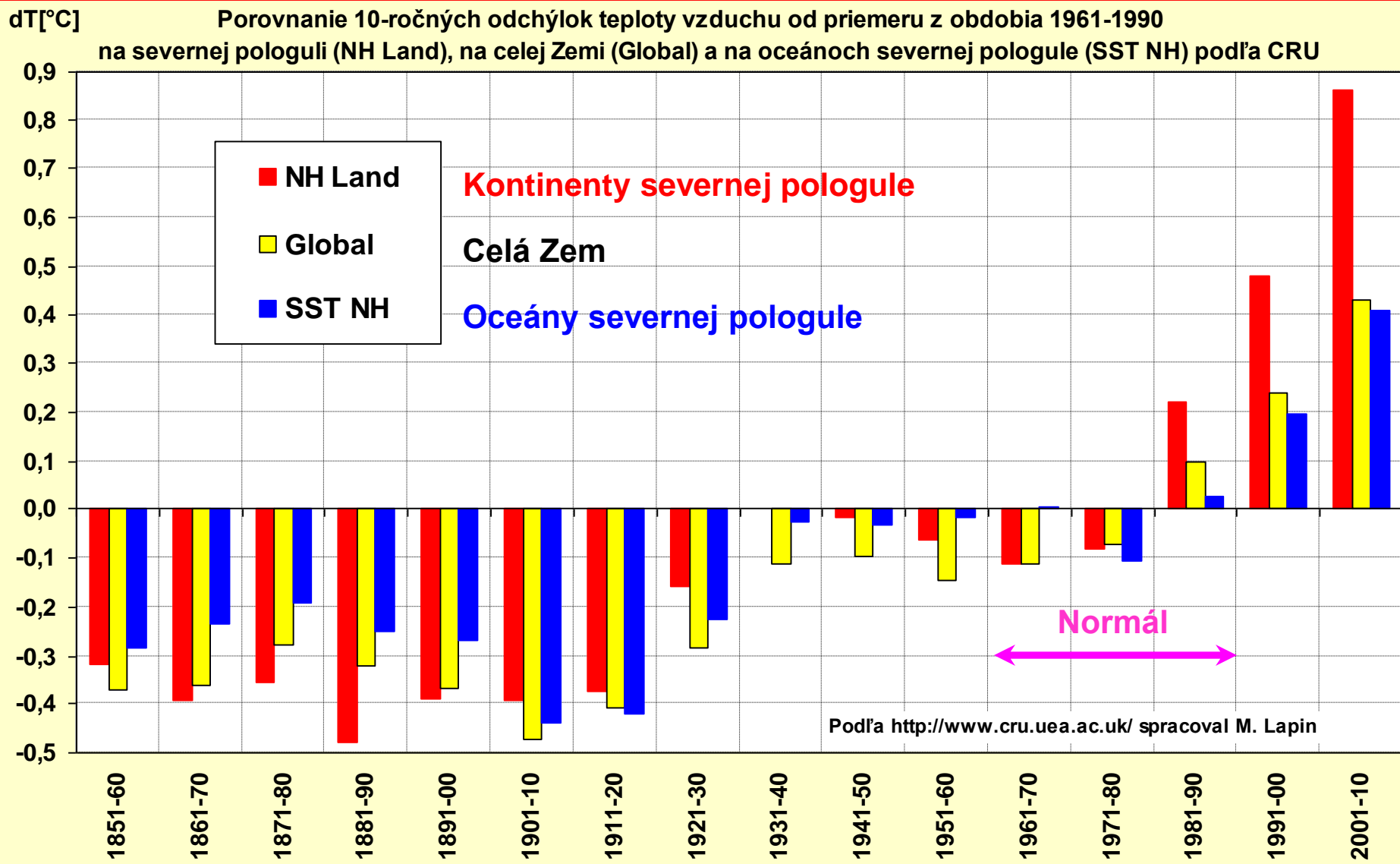
Last solar cycles comparison



PRÍKLAD FAKTOROV OVPLYVNÚJÚCICH GLOBÁLNU TEPLOTU (zmena tepelného obsahu oceánu)



ODCHÝLKY 10-ROČNÝCH PRIEMEROV TEPLoty VZDUCHU NA ZEMI A NA SEVERNEJ POLOGULI OD NORMÁLU 1961-1990



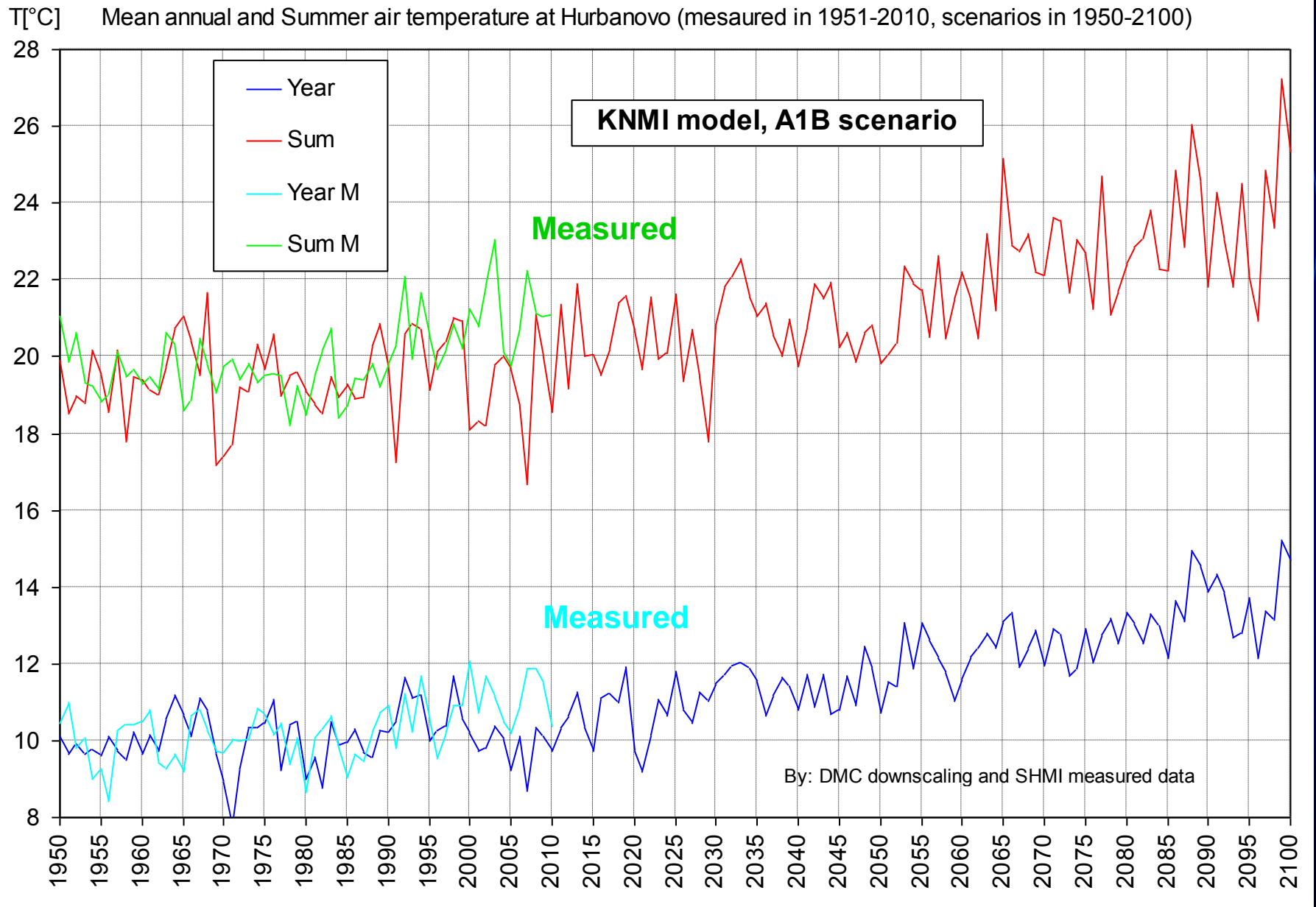
AKÝ TO MÁ VÝZNAM ?

- Zmena a zmeny klímy (ZK) sa prejavujú nielen zmenou dlhodobých priemerov ale aj **zmenou distribučných kriviek** klimatických prvkov, teda aj výskytu extrémnejších (škodlivých) prípadov počasia už v najbližších obdobiach
- Zmenšenie šírkového gradientu teploty vzduchu môže významne ovplyvniť všeobecnú atmosférickú cirkuláciu (až zoslabenie zonálneho/západného prúdenia v miernych šírkach)
- **To bude mať nepochybne veľký vplyv na možnosti adaptácie ekosystémov, sociálnych a ekonomických aktivít človeka – stále platí pravidlo, že rýchlosť klimatickej zmeny je dôležitejšia ako jej veľkosť**
- Korektné vyhodnocovanie globálnych, pásmových a regionálnych zmien klimatických prvkov má preto veľký celospoločenský význam
- Najdôležitejšie je ale vedecké skúmanie (fyzikálnej) podstaty prirodzených zmien klímy v globálnom rozmere a ich spoľahlivé odlíšenie od zmien podmienených ľudskými aktivitami – teda od **klimatickej zmeny**

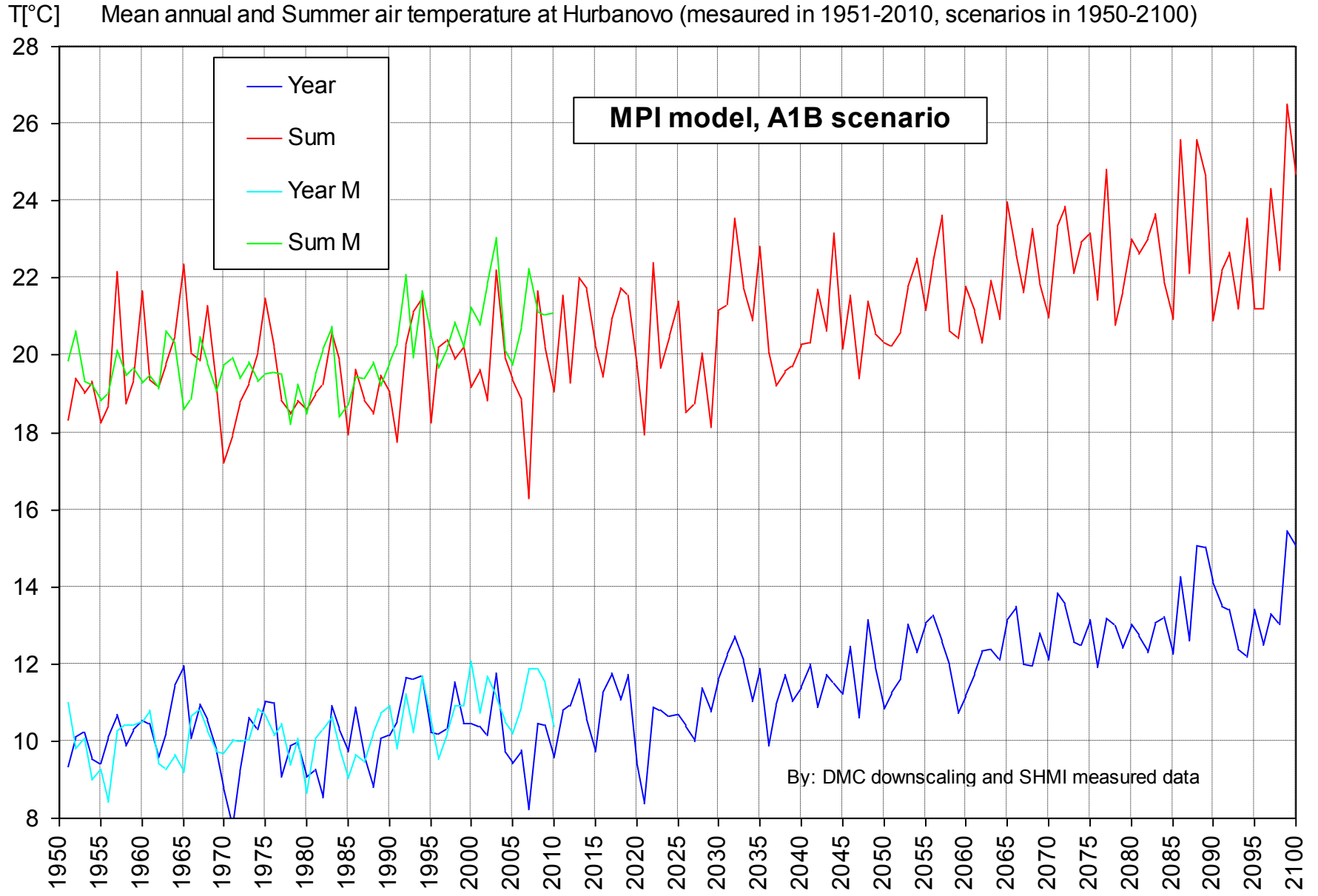
AKÉ SCENÁRE KLIMATICKEJ ZMENY EXISTUJÚ ?

- Scenáre založené na výstupoch fyzikálnych Modelov všeobecnej cirkulácie atmosféry - GCMs
- Scenáre analógové – historické údaje paleoklimatologické alebo prístrojové
- Scenáre inkrementálne – vopred zvolené prírastky jednotlivých prvkov – kombinácie prírastkov (rast T o 1, 2, 3, 4 °C, zmeny R o 5, 10, 15, 20%) – iba na testovanie modelov
- Scenáre ako výstup stochastického generátora počasia
- **Scenáre kombinované** – zvolíme si GCMs scenáre **T, R, s, GR** a podľa nich vypočítame analógy priemerov a extrémov zrážok, výparu, snehovej pokrývky.... **Uprednostňujeme v SR**
- Pre časové horizonty, časové rady alebo extrémne situácie
- Na túto tému som tu už mal prednášku, preto nebudem zachádzať do podrobností

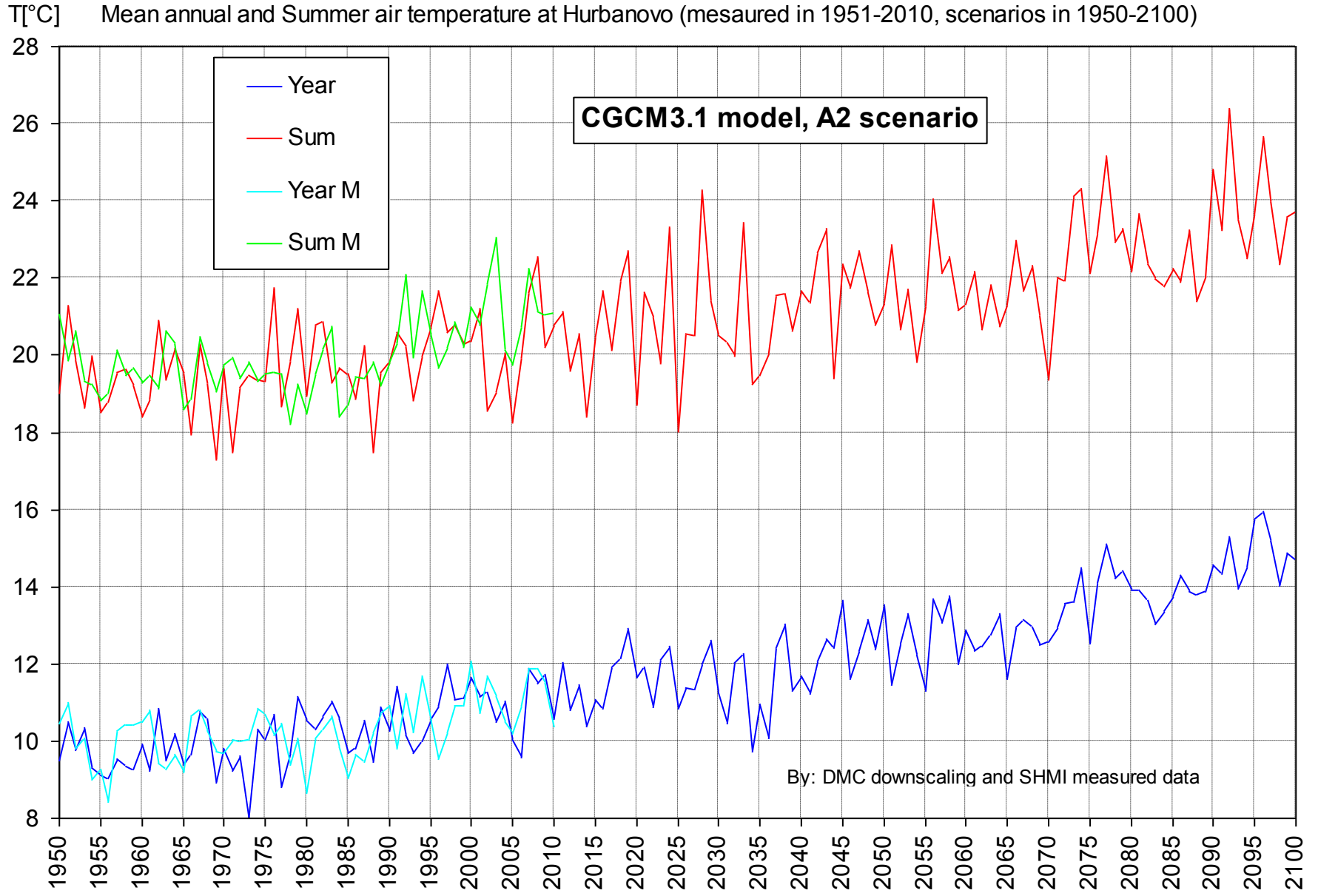
AIR TEMPERATURE SCENARIOS FOR HURBANOVO, ANNUAL AND SUMMER



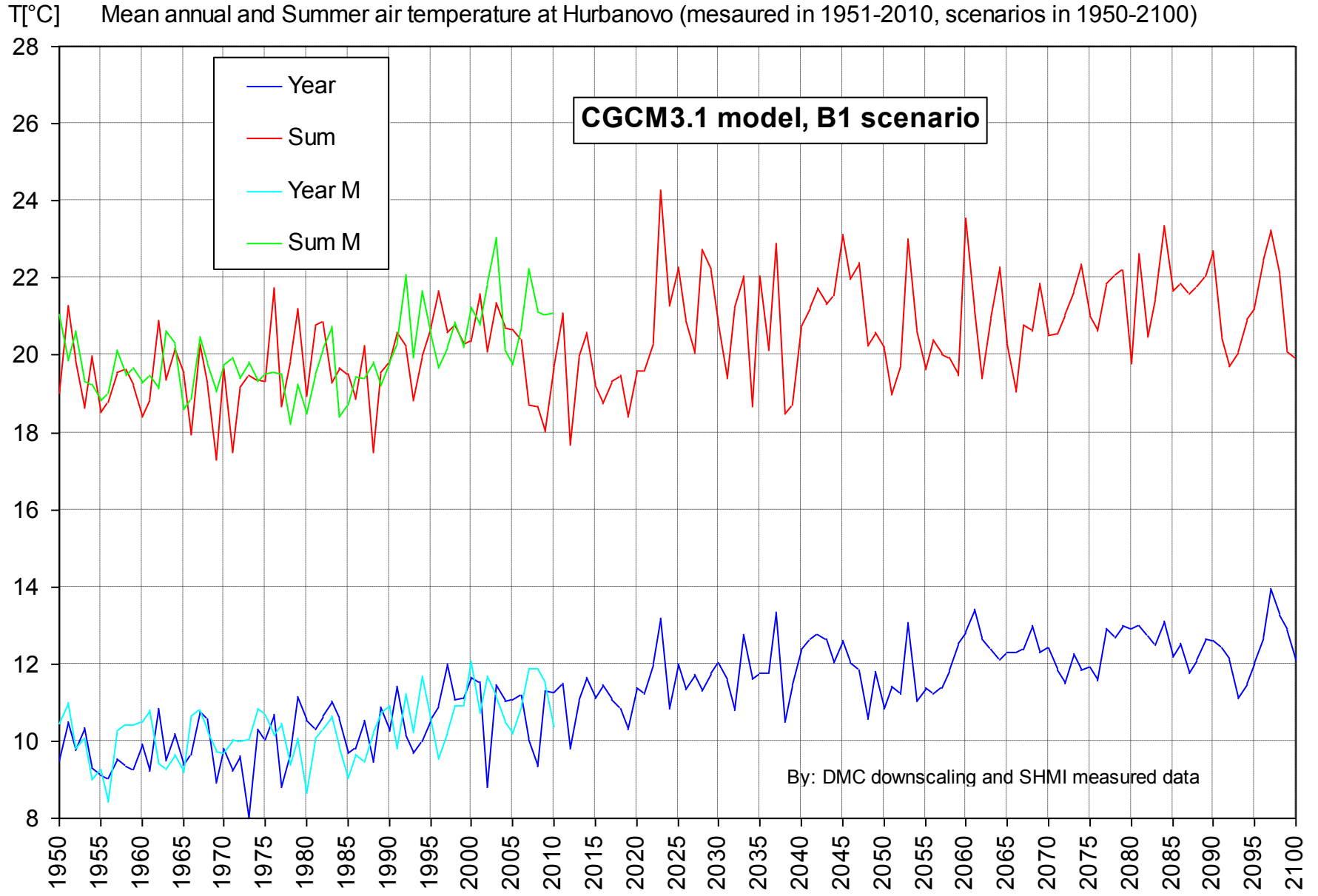
AIR TEMPERATURE SCENARIOS FOR HURBANOVO, ANNUAL AND SUMMER



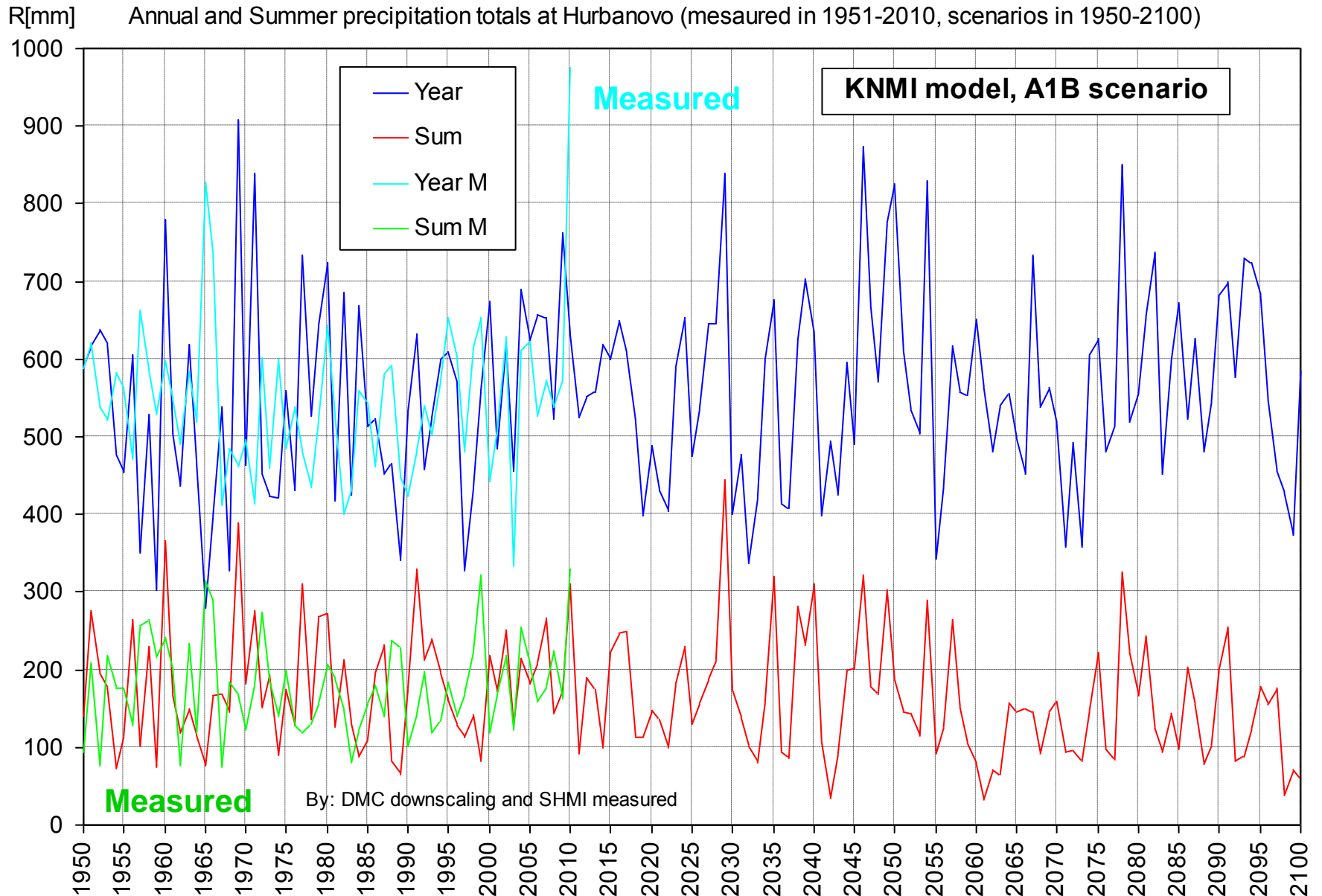
AIR TEMPERATURE SCENARIOS FOR HURBANOVO, ANNUAL AND SUMMER



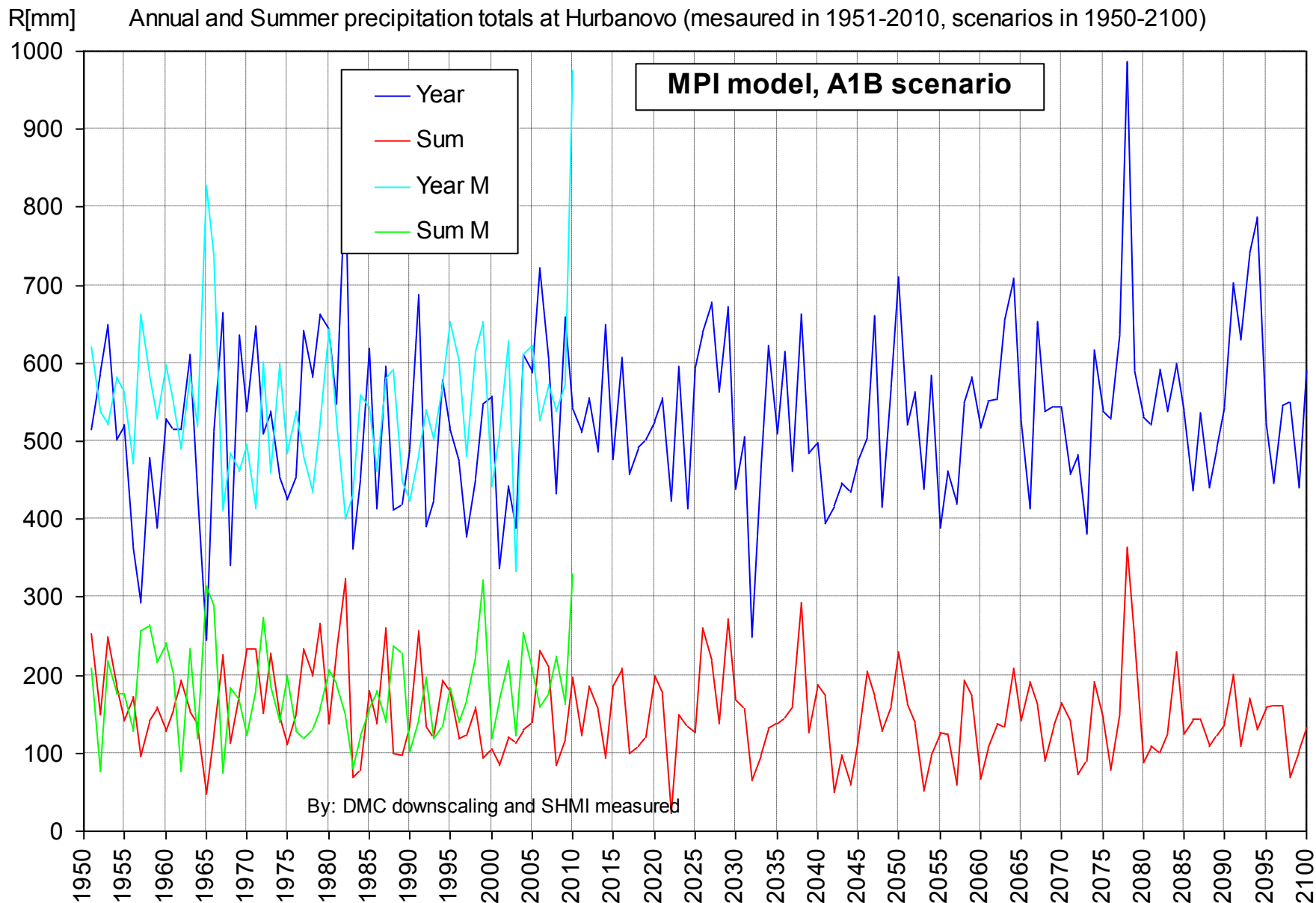
AIR TEMPERATURE SCENARIOS FOR HURBANOVO, ANNUAL AND SUMMER



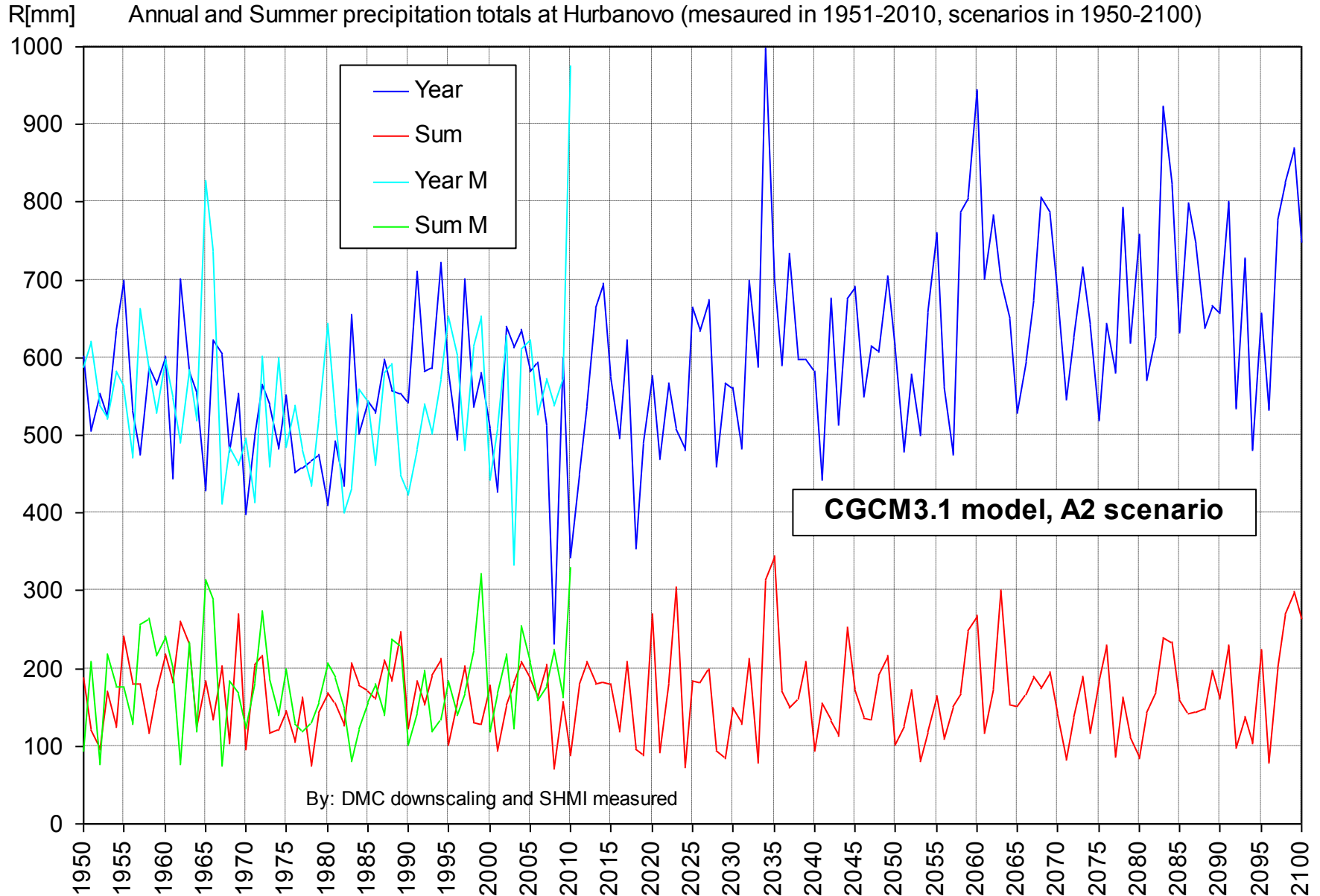
PRECIPITATION SCENARIOS FOR HURBANOVO, ANNUAL AND SUMMER



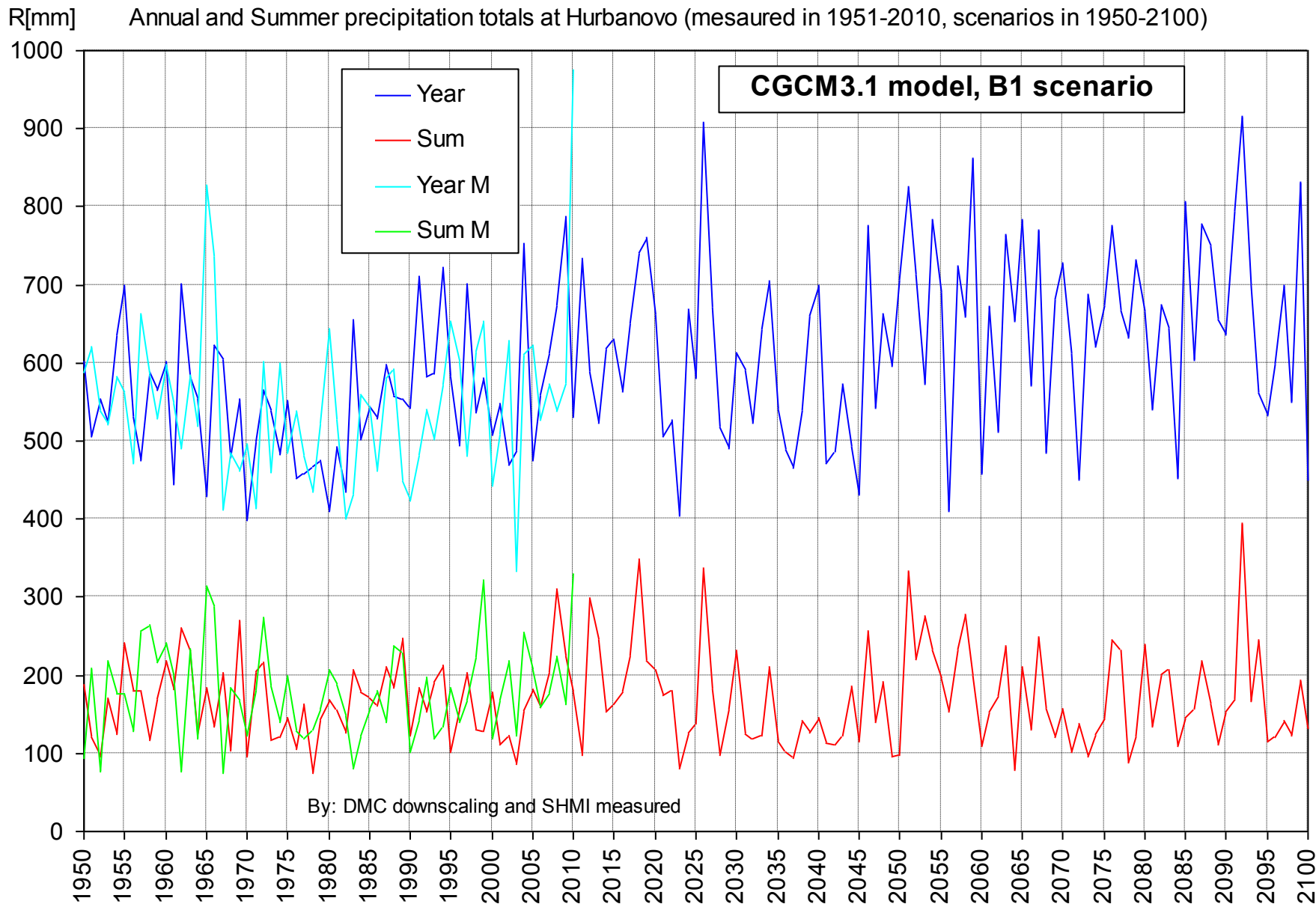
PRECIPITATION SCENARIOS FOR HURBANOVO, ANNUAL AND SUMMER



PRECIPITATION SCENARIOS FOR HURBANOVO, ANNUAL AND SUMMER



PRECIPITATION SCENARIOS FOR HURBANOVO, ANNUAL AND SUMMER



ADAPTÁCIA NA MIMORIADNE POČASIE

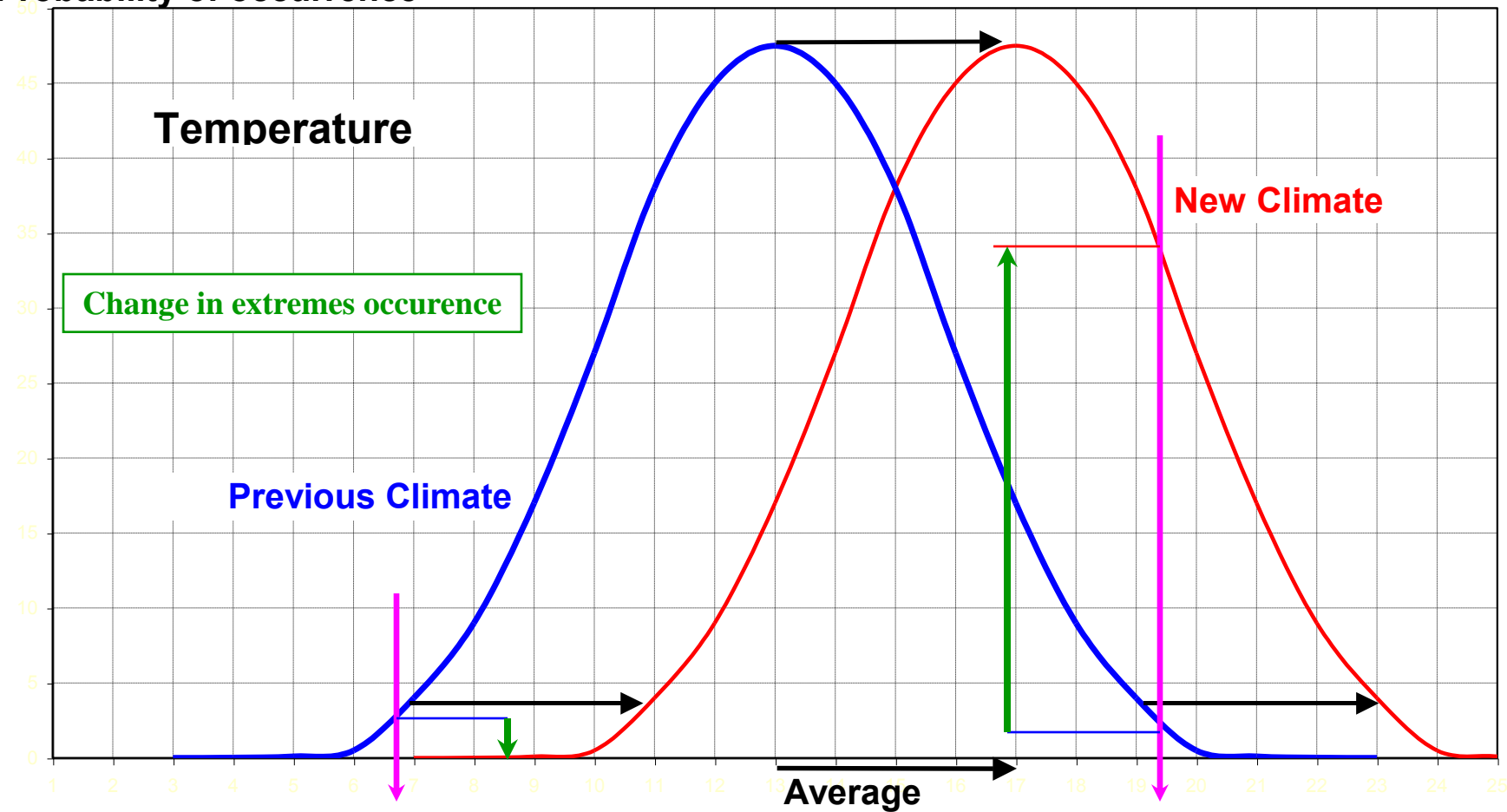
- Mimoriadne prípady počasia sú také hodnoty, ktoré mali v nejakom minulom normálovom období pravdepodobnosť prekročenia raz za 50 rokov
- Najzaujímavejšie pre verejnosť sú mimoriadne prípady maxím a miním teploty vzduchu a maxím úhrnov zrážok za rôzne obdobia (deň, mesiac, sezóna ...), **tiež suché obdobia**
- Mimoriadne prípady počasia sú aj z pohľadu odporúčaní EK (EÚ) také, ktoré už môžu predstavovať poistnú udalosť (na menšie extrémny počasia by sme mali byť pripravení (adaptovaní))
- **Adaptácia na budúcu klímu sa teda dotýka hlavne prípadov počasia medzi $p = 2\%$ a 98% (normálne, až silne nad- a podnormálne), adaptácia na mimoriadne počasia je veľmi nákladná, má význam iba v prípade veľmi dôležitých objektov a činností**
- Aj adaptácia a aj mitigácia sa má realizovať tak, aby bol zabezpečený udržateľný rozvoj a potravinová bezpečnosť

MOŽNOSTI ZMENY KLÍMY – extrémny

2% pravdepodobnosti prekročenia

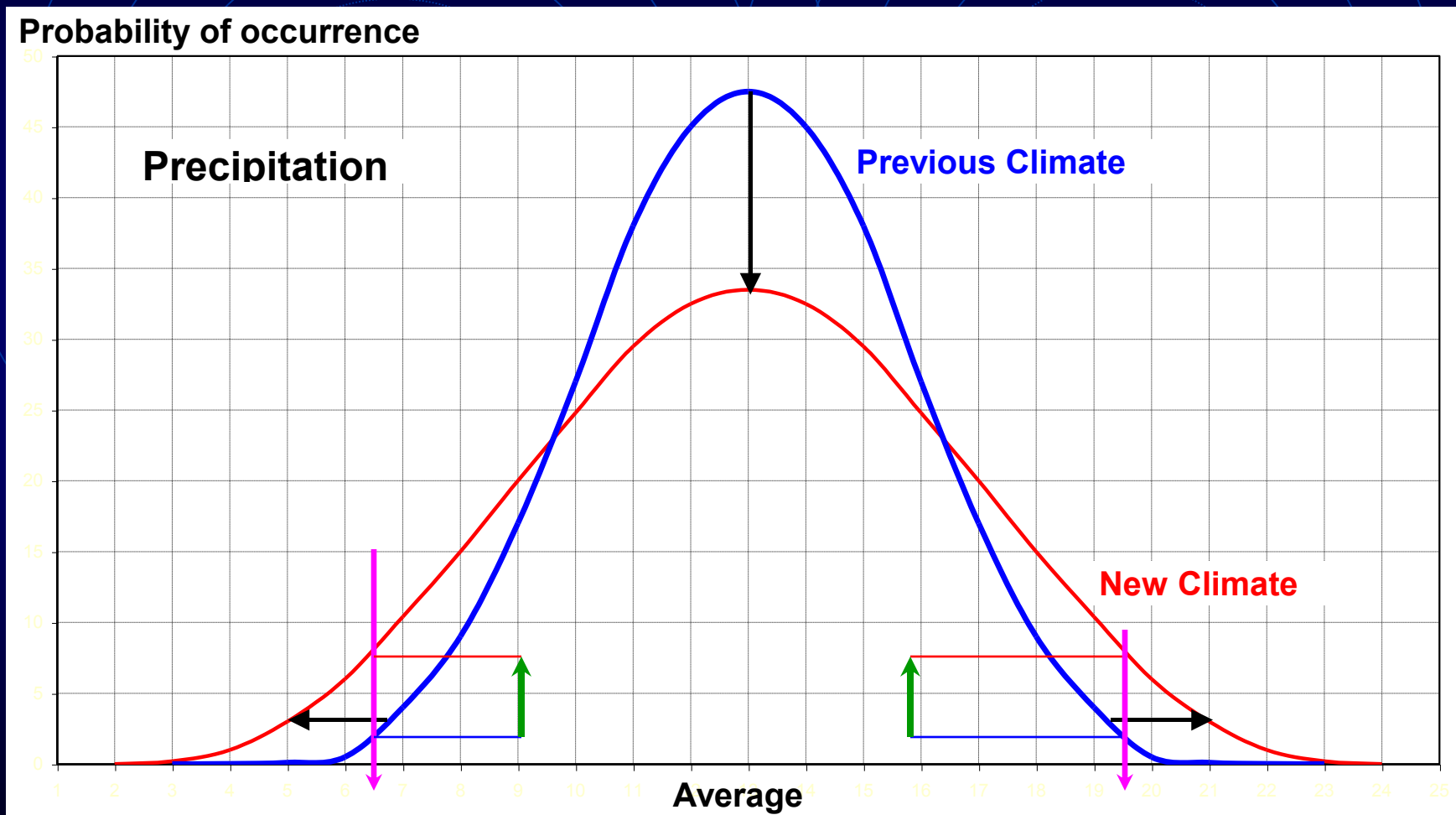
(Teplota vzduchu, podľa IPCC, 2001)

Probability of occurrence



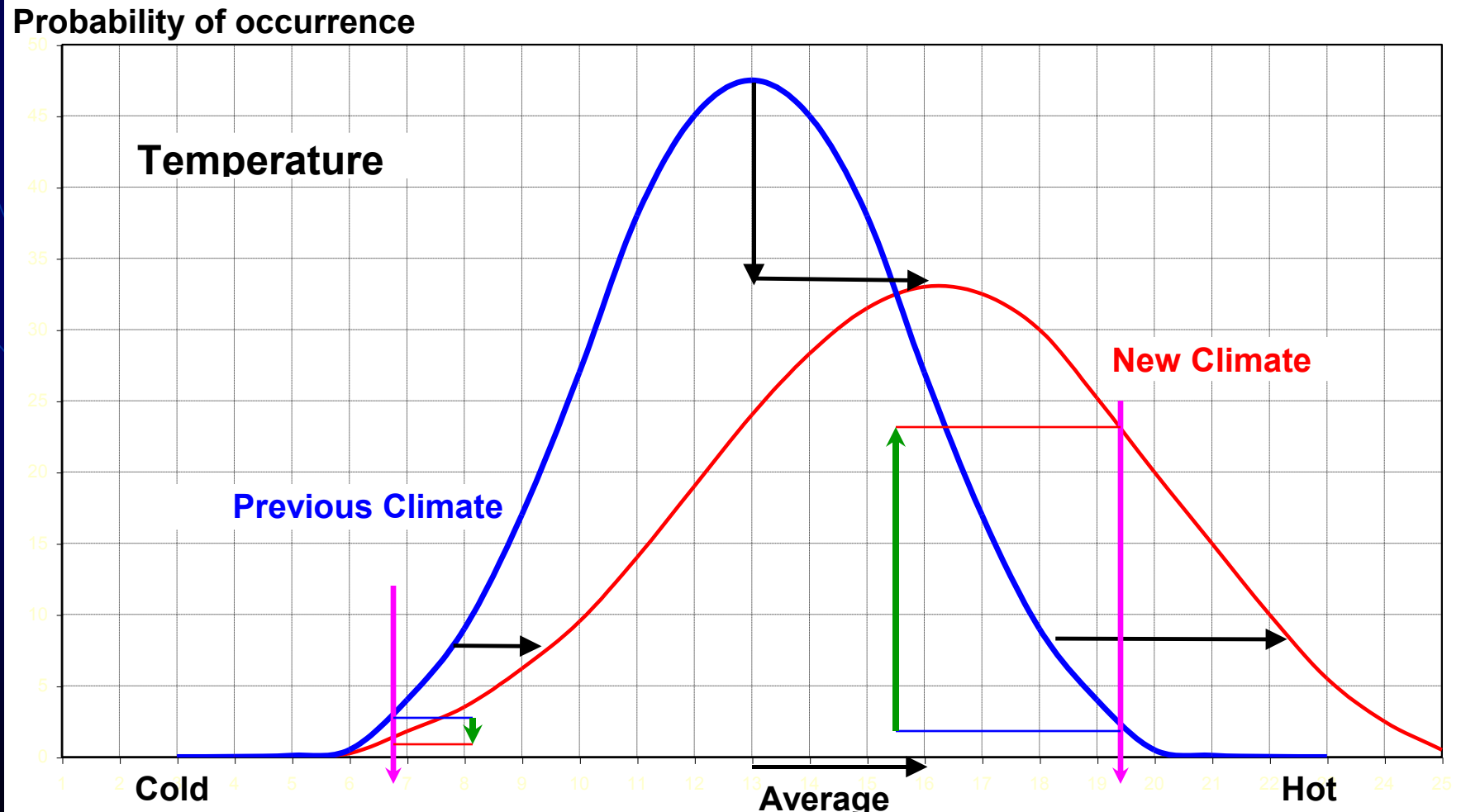
MOŽNOSTI ZMENY KLÍMY - extrémny

(Úhrny zrážok, podľa IPCC, 2001)



MOŽNOSTI ZMENY KLÍMY - extrémny

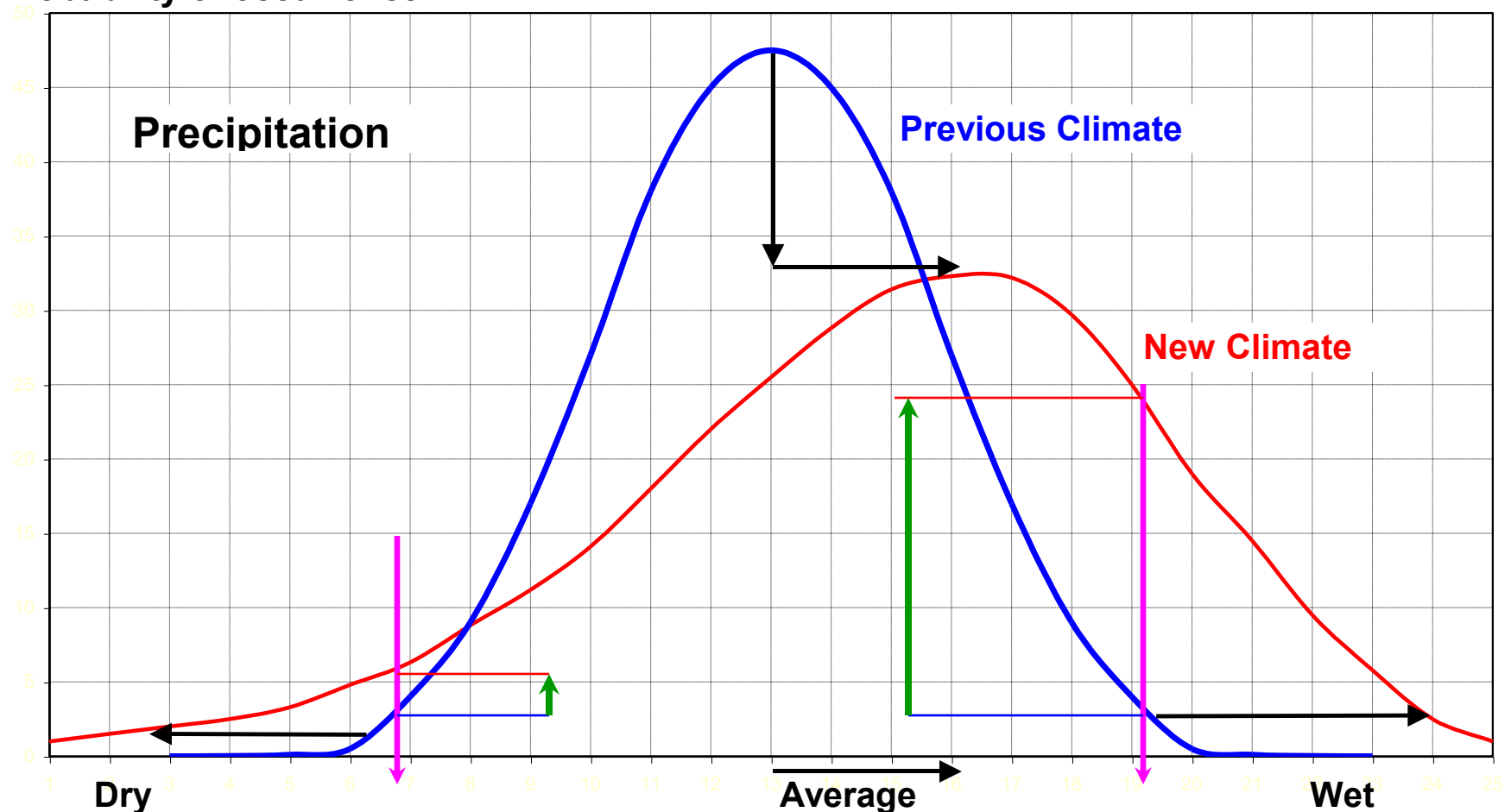
(Teplota vzduchu, podľa IPCC, 2001)



MOŽNOSTI ZMENY KLÍMY - extrémny

(Úhrny zrážok, podľa IPCC, 2001)

Probability of occurrence



ZÁVERY

- Aj na základe tejto prezentácie je možné vidieť, že pri vyhodnocovaní globálnych a regionálnych priemerov teploty vzduchu a úhrnov zrážok je ešte rad problémov
- Základom je dlhodobá kvalita meteorologických pozorovaní, čo sa nedarí dodržať už ani v pomerne vyspelých krajinách Európy a severnej Ameriky
- S metodikou vyhodnocovania a interpretácie sú už menšie problémy, veľkým prínosom sú satelitné merania
- Jedným z interpretačných výstupov je časový trend klimatických prvkov (aj priestorových priemerov)
- Aj tu sa vyskytujú určité problémy, lebo nie každý dokáže pochopiť, že je nutné rešpektovať metódy štatistiky
- **Rovnaké metódy je potrebné použiť aj pri scenároch do r. 2100**
- Vždy sa ale nájdú „odborníci“, ktorí všetko vidia inak

ĎAKUJEM ZA POZORNOST

Ďalšie informácie o týchto problémoch nájdete na stránkach WMO, IPCC, NCDC, CRU, GISS a aj na našich stránkach:

www.dmc.fmph.uniba.sk ,
www.milanlapin.estranky.sk
a www.shmu.sk

E-mail: lapin@fmph.uniba.sk