

## **Vliv silných geomagnetických bouří na atmosférickou cirkulaci v zimní severní hemisféře**

*J. Bochníček<sup>1)</sup>, H. Davídková<sup>1)</sup> P. Hejda<sup>1)</sup> a R. Huth<sup>2)</sup>*

*1) Geofyzikální ústav AV ČR v.v.i., Boční II/ 1401, 141 31 Praha 4*

*2) Ústav fyziky atmosféry AV ČR v.v.i., Boční II/ 1401, 141 31 Praha 4*

Cílem předložené práce je vyšetřit vliv izolovaných silných geomagnetických bouří ( $A_p \geq 60$ ) na atmosférickou cirkulaci v zimní severní hemisféře. Za tímto účelem byla analyzována tlaková pole v rozmezí SLP až 20 hPa v zimních měsících (prosinec-březen) let 1955-2003. Získané výsledky naznačují, že dopad geomagnetických bouří na procesy v dolní atmosféře je modulován sluneční aktivitou, fází kvazibienální oscilace (QBO) a vnitřními atmosférickými procesy, jakými například jsou stratosférická oteplení (stratospheric warmings), nebo výskyt blokujícího útvaru nad britskými ostrovy.

### **The Effect of Severe Geomagnetic Storms on the Atmospheric Circulation in the Winter Northern Hemisphere**

The aim of this paper is to investigate the effects of isolated strong geomagnetic storms ( $A_p \geq 60$ ) on the atmospheric circulation in the winter Northern Hemisphere. For this purpose pressure fields between the SLP and 20 hPa level were analyzed in winter months (December-March) of 1955-2003. The obtained results indicate that the impact of geomagnetic storms is modulated by solar activity, phase of quasibiennial oscillation (QBO) and by some inherent atmospheric processes such as the appearance of blocks over British Isles.

#### **ÚVOD**

Statistické analýzy ukázaly, že zimní období s vysokou průměrnou geomagnetickou aktivitou bývají spojena s prohloubením Islandské tlakové níže a zesílením zonálního proudění nad Atlantikem a západní Evropu (Bochníček et al., 1999 a, b; Bochníček, Hejda 2002, 2005; Boberg, Lundstedt 2002, 2003; Thejll et al., 2003; Palamara Bryant 2004; Lu et al., 2007, 2008). Cílem předložené práce bylo zjistit, zda v atmosféře může docházet k obdobným procesům i v případě, kdy geomagnetické aktivita je vysoká pouze po dobu několika málo dní.

#### **DATA A JEJICH ZPRACOVÁNÍ**

Údaje týkající se atmosférického tlaku byly čerpány z datového souboru NCEP/NCAR Reanalysis Data, Boulder USA. Denní tlakové anomálie byly vypočítávány jako rozdíly mezi denními hodnotami a denními dlouhodobými průměry za období let 1970-2003. Geomagnetické indexy  $A_p$  a Wolfovo číslo  $R$  byly převzaty z NOAA Geophysical Data Center, Boulder USA, indexy severoatlantické oscilace (NAO) z Climatic Research Unit, Norwich UK a údaje o fázích kvazibienální oscilace (QBO) z Berlin Stratospheric Data Series, Meteorological Institute, Free University Berlin, Germany.

#### **VÝSLEDKY**

Existence poklesu tlaku v polární a subpolární oblasti dolní atmosféry (dále jen stratosférického, či troposférického signálu v tabulce č. 1), detekovaného v souvislosti s výskytem 55 silných, izolovaných geomagnetických bouří ( $A_p \geq 60$ ), ke kterému došlo v zimních měsících let 1956-2003, nasvědčuje tomu, že i krátkodobá, silná geomagnetická porucha může být příčinou tlakových změn v dolní atmosféře. Z tabulky č. 1 je zřejmé, že k takovýmto změnám dochází především při vysoké sluneční aktivitě, kdy bývá stratosféra s

troposférou propojena (Kodera 2003). Příklad takovéto vazby (STC- Stratosphere Troposphere Coupling) je ukázán v obrázku č. 1. Výrazný pokles tlaku, ke kterému došlo v polární dolní stratosféře (20 hPa) 5. – 8. den po počátku geomagnetické bouře, nezůstal omezen jen na tuto oblast. Z časové sekvence vertikálních profilů tlakových anomálií, realizovaných v segmentu vymezeném dvěma různoběžkami, je totiž zřejmé, že se tento pokles tlaku rozšířil hluboko do troposféry. Vzestup hodnoty indexu severoatlantické oscilace (NAO), zaznamenaný od 4. do 8. dne po počátku geomagnetické bouře, pak vypovídá o zintenzivnění zonálního proudění nad Atlantikem a západní Evropou.

Při nízké sluneční aktivitě dochází k poklesu tlaku po silné geomagnetické bouři pouze ve stratosféře. Troposféra nebývá stratosférou propojena. Procesy v troposféře bývají tudíž pouze autonomního charakteru. Časový průběh hodnot indexu NAO proto není geomagnetickou bouří ovlivněn. Příklad takovéto situace je ukázán na obr. č. 2.

V případě, že v době geomagnetické bouře dojde ve stratosféře k tzv. stratosférickému oteplení, geomagnetický signál, kterým rozumíme pokles tlaku vyskytnuvší se v polárních šířkách několik dní po bouři, je tímto oteplením zcela překryt. Příklad takovéto situace je v obr. č. 3.

Vyskytne-li se geomagnetická bouře v době, kdy se nad britskými ostrovy nachází tlaková výše, tedy blokující útvar, přičemž sluneční aktivita je nízká až střední, geomagnetická bouře troposféru nad Atlantikem a západní Evropou zpravidla neovlivní. Příklad takovéto situace lze nalézt v obr. č. 4. Je-li však sluneční aktivita vysoká ( $R \geq 100$ ), blokující útvar bývá po několika dnech potlačen, viz obr. č. 5.

## DISKUSE

Z tabulky č. 1 je patrné, že při vysoké sluneční aktivitě byla troposféra ovlivněna geomagnetickou bouří více při východní fázi QBO, zatímco při nízké sluneční aktivitě při fázi západní. Vysvětlení této skutečnosti je třeba hledat v četnosti výskytu stratosférických oteplení, která, jak ukázala Labitzke (1992) – obr. č. 6, je funkcí fáze QBO a sluneční aktivity. Závěrem je třeba poznamenat, že poklesy tlaku, ke kterým došlo ve stratosféře v souvislosti s geomagnetickou bouří, lze s jistotou rezervou brát jako experimentální potvrzení výsledků počítačového modelu Arnolda a Robinsona (2001).

## ZÁVĚR

Míra ovlivnění dolní atmosféry silnou geomagnetickou bouří závisí na:

1. Úrovní sluneční aktivity
2. Fázi QBO
3. Přítomnosti stratosférického oteplení
4. Uspořádání tlakových polí v troposféře

## Literatura:

Arnold, N.F., Robinson, T.R., 2001. Solar magnetic flux influences on the dynamics of the winter middle atmosphere. *Geophysical Research Letters* 28, 2381-2384.

Boberg, F., Lundstedt, H., 2002. Solar wind variations related to fluctuations of the North Atlantic Oscillation. *Geophysical Research Letters* 29, 1718 doi: 10.1029/2002GL014903.

Boberg, F., Lundstedt, H., 2003. Solar wind electric field modulation of the NAO: A correlation analysis in the lower atmosphere. *Geophysical Research Letters* 30, 1825 doi: 10.1029/2003GL017360.

Bochníček, J., Hejda, P., Bucha, V., Pýcha, J., 1999 a. Possible geomagnetic activity effects on weather. *Annales Geophysicae-Atmospheres Hydrospheres and Space Science* 17, 925-932.

Bochníček, J., Hejda, P., Pýcha, J., 1999 b. The effect of geomagnetic and solar activity on the distribution of controlling pressure formations in the Northern Hemisphere in winter. *Studia Geophysica et Geodetica* 43, 390-398.

Bochníček, J., Hejda, P., 2002. Association between extraterrestrial phenomena and weather changes in the Northern Hemisphere in winter. *Surveys in Geophysics* 23, 303-333.

Bochníček, J., Hejda, P., 2005. The winter NAO pattern changes in association with solar and geomagnetic activity. *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics* 67, 17-32.

Kodera, K., 2003. Solar influence on the spatial structure of the North Atlantic Oscillation during the winter 1900-1999. *Geophysical Research Letters* 30, 1175, doi: 10.1029/2002GL016584.

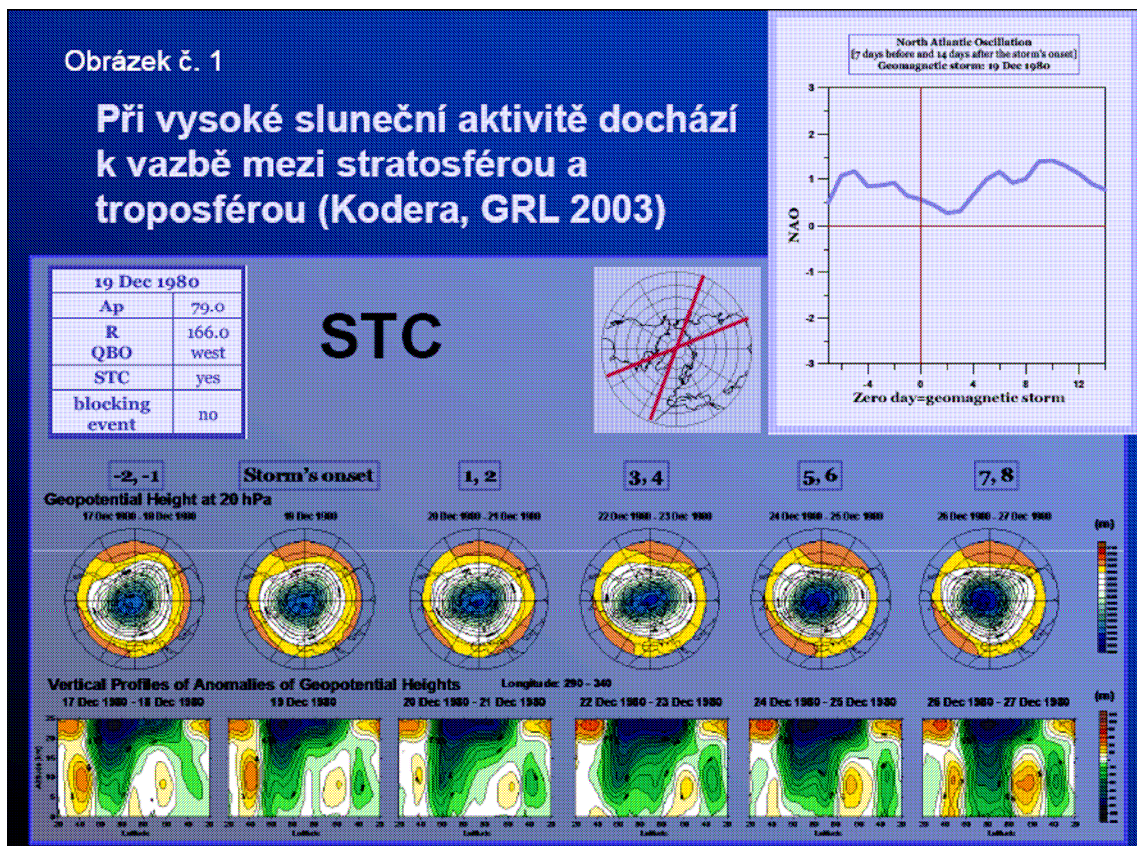
Labitzke, K., 1992. Project 5.1 (DECADAL) Forecasts condition of stratospheric polar vortex during next Northern winters. *STEP International* 2, No. 9, 14-15.

Lu, H., Jarvis, M.J., Graf, H.-F., Young, P.C., Horne, R.B., 2007. Atmospheric temperature response to solar irradiance and geomagnetic activity. *Journal of Geophysical Research* 112, D11109, doi: 10.1029/2006JD007864.

Lu, H., Clilverd, M.A., Seppälä, A., Hood, L.L., 2008. Geomagnetic perturbations on stratospheric circulation in late winter and spring. *Journal of Geophysical Research* 113, D16106, doi: 10.1029/2007JD008915.

Palamara, D.R., Bryant, E.A., 2004. Geomagnetic activity forcing of the Northern Annular Mode via the stratosphere. *Annales Geophysicae* 22, 725-731.

Thejll, P., Christiansen, B., Gleisner, H., 2003. On correlations between the North Atlantic Oscillation, geopotential heights, and geomagnetic activity. *Geophysical Research Letters* 30, Article Number: 1347.



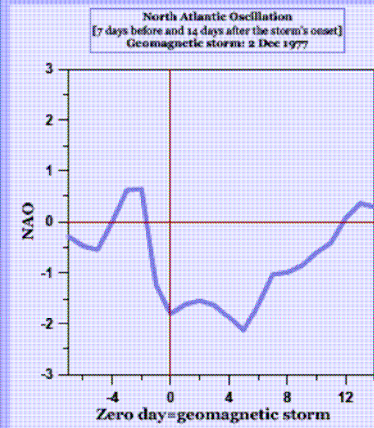
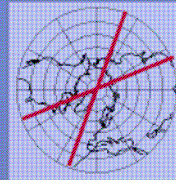


Obrázek č. 2

Při nízké sluneční aktivitě nedochází k vazbě mezi stratosférou a troposférou (Kodera, GRL 2003)

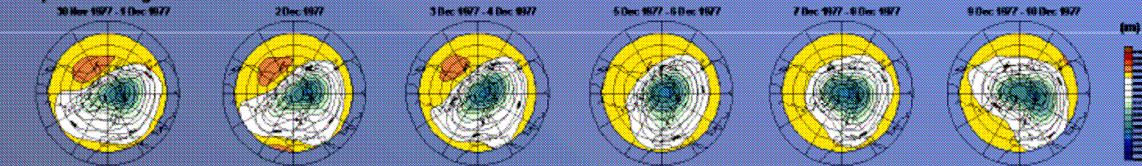
2 Dec 1977	
Ap	69.0
R	20.0
QBO	west
STC	no
blocking event	no

No STC

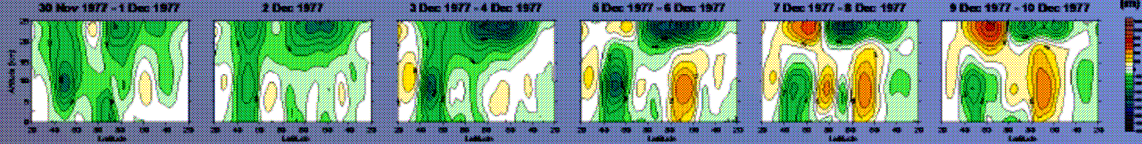


-2, -1      Storm's onset      1, 2      3, 4      5, 6      7, 8

Geopotential Height at 20 hPa



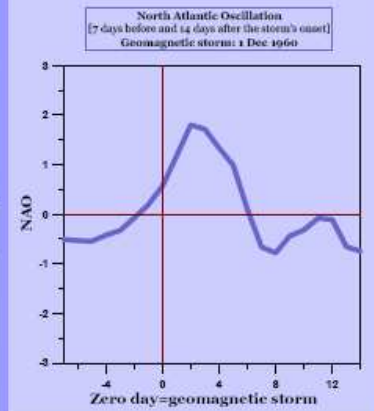
Vertical Profiles of Anomalies of Geopotential Heights Longitude: 290 - 340



Obrázek č. 3

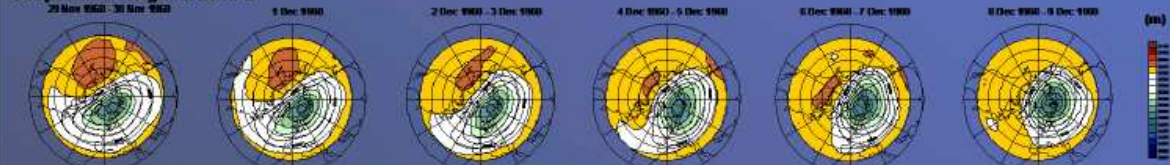
Stratosférický ohřev překrývá geomagnetický signál

1 Dec 1960	
Ap	93.0
R	74.0
QBO	east
STC	no
blocking event	no

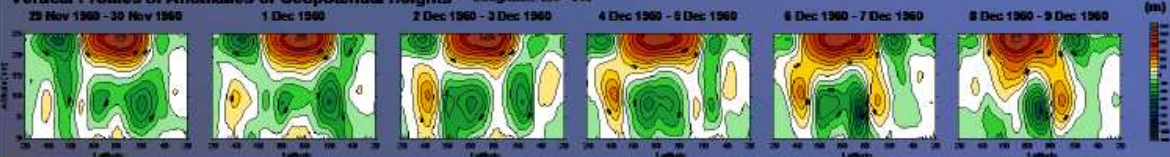


-2, -1      Storm's onset      1, 2      3, 4      5, 6      7, 8

Geopotential Height at 20 hPa



Vertical Profiles of Anomalies of Geopotential Heights Longitude: 290 - 340

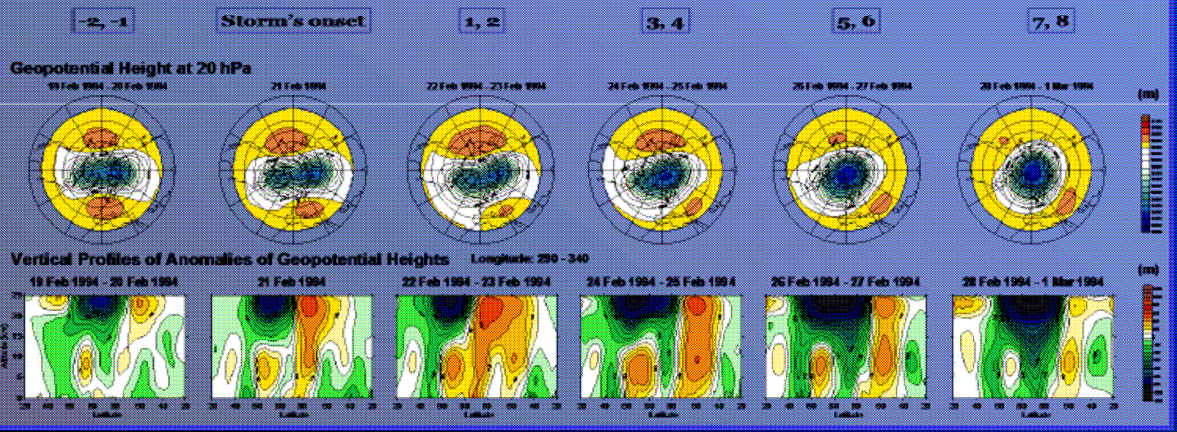
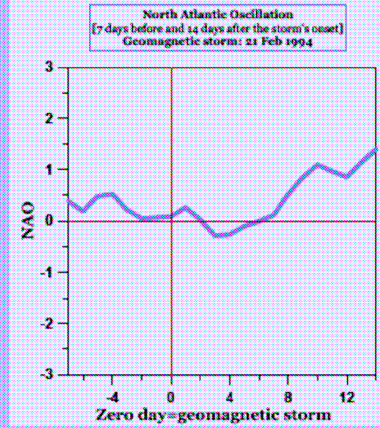
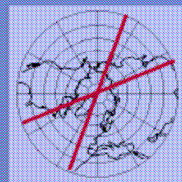
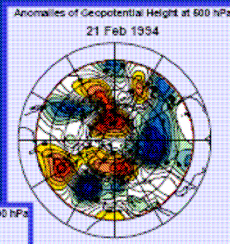
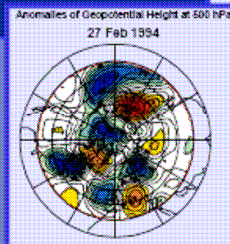




Obrázek č. 4

## Uspořádání tlakových útvarů v troposféře-blok

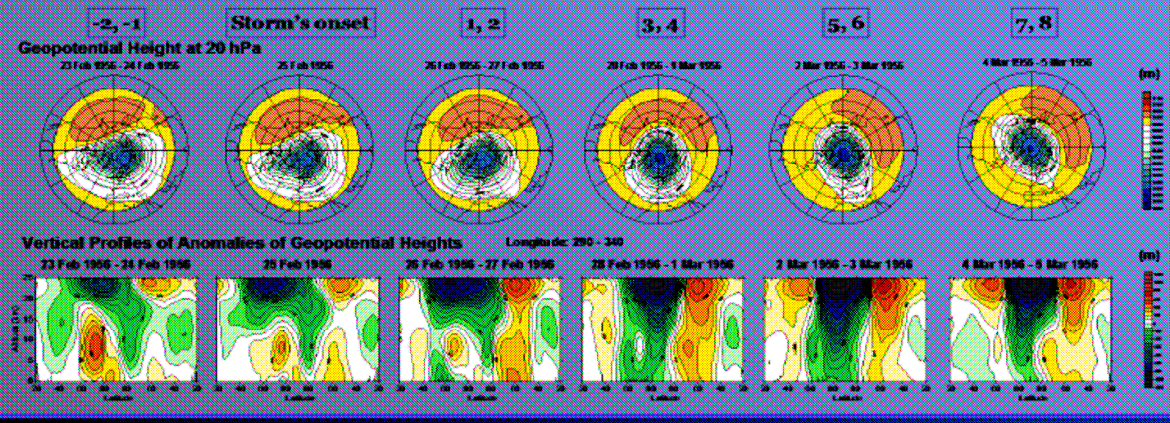
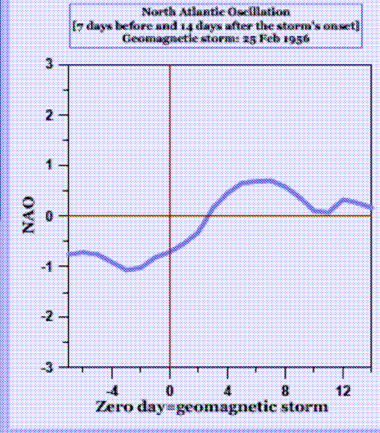
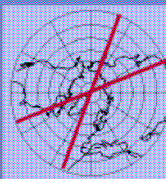
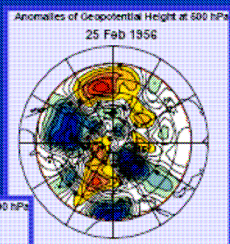
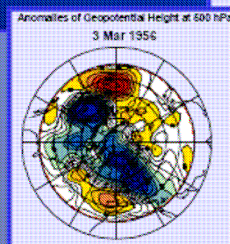
21 Feb 1994	
Ap	95.0
R	19.0
QBO	west
STC	yes
blocking event	yes



Obrázek č. 5

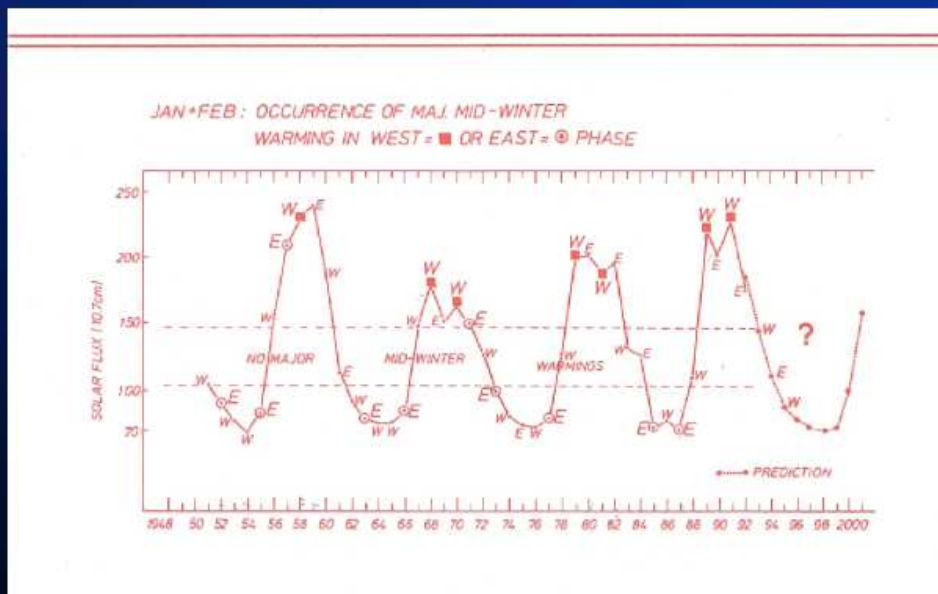
## V některých případech může být blok potlačen

25 Feb 1956	
Ap	103.0
R	149.0
QBO	west
STC	yes
blocking event	no





## QBO west/ east – stratosférické ohřevy (Labitzke, STEP International, 1992)



Obrázek č. 6

Atmosférická odezva silných izolovaných geomagnetických bouří ( $A_p \geq 60$ ), vyskytnuvších se v zimních měsících (prosinec – březen) let 1956-2001, ukázala, že k ovlivnění za určitých podmínek dochází.

Solar activity	R > 100		R < 70		70 ≤ R ≤ 100	
	west	east	west	east	west	east
QBO phase						
Number of cases	18	12	13	6	4	2
STC	15	10	7	0	4	2
Stratospheric warmings	8	0	3	4	0	1
Signal-stratosphere	10	12	10	2	4	1
Blocking event	6	5	6	2	1	0
Signal-troposphere	4	7	4	0	3	1

Tabulka č. 1