

GEOMAGNETICKÁ BÚRKA Z APRÍLA 1938

Eduard KOČI¹

ABSTRACT

The widely held opinion is that the magnetic storm is related to the ring current. However, many geomagnetic field disturbances in the midlatitudes are caused by other currents. In our work, we show that these variations can be related to the extending of the auroral oval and the phenomena that take place in it. We show this in a global image of a specific storm of April 1938.

KEYWORDS

Geomagnetic observatory, geomagnetic storm, geomagnetic field, magnetogram, magnetic declination, horizontal intensity.

ÚVOD

Dnešnú vysokotechnicky rozvinutú spoločnosť môžu významne ohroziť prejavy kozmického počasia – javy nazývané magnetické alebo geomagnetické búrky [1]. V našom príspevku sa budeme zaoberať geomagnetickou búrkou zo 16. apríla 1938, ktorá podľa Tsurutaniho [2] bola jednou z najsilnejších geomagnetických búrok v histórii. Taktiež uvádza, že pokles horizontálnej intenzity magnetického poľa v Potsdame dosiahol až 1900 nT, pričom dolná hranica indexu $K = 9$ pre spomínanú lokalitu v roku 1938 bola 500 nT. Trojhodinový index K udáva úroveň geomagnetickej aktivity pre dané časové intervaly. Najnižšia hodnota indexu (0) znamená pokojné pole a najvyššia hodnota indexu (9) značí extrémne porušené pole [3].

Sergeyeva at al. v ich práci [4] píše, že panuje zhoda v tom, že porušenie geomagnetického poľa na všetkých geomagnetických observatóriách v Sovietskom zväze 16. apríla 1938 v čase medzi 06:00 a 09:00 UT dosiahlo index $K = 9$.

Pritom Cid at al. v ich práci [5] spätne vypočítali, že index Dst počas tejto búrky dosiahol iba -263 nT. Index Dst (z angl. Disturbance storm-time index) sa vypočítava zo štyroch blízkorovníkových observatórií a vyjadruje porušenosť geomagnetického poľa prstencovým prúdom [6].

V tejto práci sa pokúsime poukázať na to, že veľké variácie geomagnetického poľa v stredných šírkach počas tejto búrky nemuseli byť spôsobené zosilnením prstencovým prúdom alebo parciálnym prstencom, ale rozšírením aurorálneho oválu, a tým aj javov, ktoré sú v ňom normálne, do týchto magnetických šírok.

ZÁKLADNÉ TECHNICKÉ POJMY

Na geomagnetických observatóriách sa geomagnetické pole meria v troch zložkách. Obvykle sú to zložky kolmé na seba – X (zložka smerujúca na geografický sever), Y (zložka smerujúca na geografický východ) a Z (vertikálna zložka smerujúca nadol) alebo zložky H (horizontálna intenzita magnetického poľa), D (magnetická deklinácia – uhol medzi geografickým a

¹ Mgr. Eduard Kočí, Slovenská ústredná hviezdáreň, Hurbanovo a Ústav vied o Zemi SAV, v. v. i., Hurbanovo, eduard.koci@suh.sk

geomagnetickým severom) a Z (vertikálna intenzita – zložka smerujúca nadol). Treba poznamenať, že variácie vertikálnej zložky do veľkej miery závisia od elektrickej vodivosti podložia s čím súvisí tzv. Severonemecká vodivostná anomália (angl. North German Conductivity Anomaly), ktorá však zasahuje i Poľsko a pravdepodobne aj Holandsko [7]. Z tohto dôvodu sme sa rozhodli, že v našej práci sa budeme zaoberať iba variáciami H a D.

Pri skúmaní variácií geomagnetického poľa sú dôležité magnetické súradnice, ktoré sú analógiu geografických súradníc, avšak odvádzajú sa podľa geomagnetických pólů [1].

Rovnako lokálny magnetický čas (z ang. MLT – Magnetic Local Time) je analógiou pravého slnečného času. Podľa pravého slnečného času nastáva poľnoc, keď priamka spájajúca danú lokalitu a stred Slnka pretína rotačnú os Zeme, čiže spojnicu geografických pólů. Pri magnetickej poľnoci je ale dôležitá spojnica geomagnetických pólů.

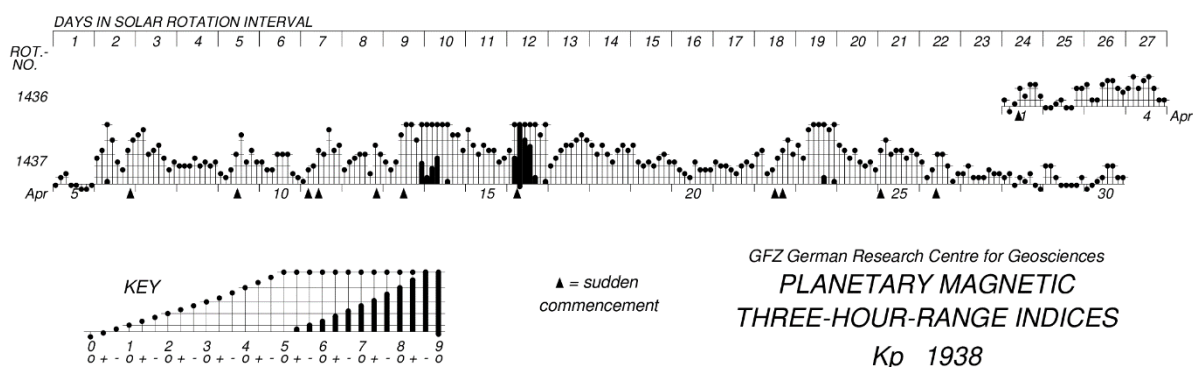
SPRACOVANIE ÚDAJOV

Údaje z niektorých geomagnetických observatórií boli pre dané obdobie udané v zložkách X, Y a Z. Zložky X a Y sme previedli na zložky H a D jednoduchými matematickými operáciami. Následne sme vypočítali korigované geomagnetické (skratka CGM z angl. corrected geomagnetic) súradnice jednotlivých observatórií pre epochu 1938,4. Spolu so skratkami a ich geografickými súradnicami [8] sú uvedené v Tabuľke 1.

Tabuľka 1 Zoznam observatórií

Názov	Skratka	Geografická šírka (°)	Geografická dĺžka (°)	CGM šírka (°)	CGM dĺžka (°)
Alibag	ABG	18,638	72,872	11,46	142,02
Abinger	ABN	51,185	359,613	49,18	79,79
Agincourt	AGN	43,783	280,733	57,28	348,73
Apia	API	-13,815	171,781	-18,23	242,9
Chambon-la-Foret	CLF	48,025	2,26	45,11	80,72
Cheltenham	CLH	38,733	283,158	52,4	351,8
Cape-Town	CTO	-33,95	18,467	-40,09	76,79
De-Bilt	DBN	52,102	5,177	49,37	84,38
Eskdalemuir	ESK	55,314	356,794	54,24	79,32
Qeqertarsuaq(Godhavn)	GDH	69,252	306,467	78,03	41,96
Honolulu	HON	21,32	202	21,65	266,67
Huancayo	HUA	-12,05	284,67	1,11	353,27
Kakioka	KAK	36,232	140,186	29,32	208,24
Lerwick	LER	60,138	358,817	59,05	83,35
Lovo	LOV	59,344	17,824	55,88	97,08
Meanook	MEA	54,616	246,653	62,62	299,24
Niemegk	NGK	52,072	12,675	48,43	90,1
Rude-Skov	RSV	55,85	12,45	52,65	91,41
Sitka	SIT	57,067	224,67	59,81	274,59
San-Juan	SJG	18,117	293,85	32,36	3,78
Sodankyla	SOD	67,367	26,633	63,41	108,44
Sheshan-(Zo-Se)	SSH	31,097	121,187	24,27	189,75
Vysokaya-Dubrava	SVD	56,733	61,067	51,71	131,97
Tucson	TUC	32,17	249,27	39,64	310,29
Watheroo	WAT	-30,318	115,877	-42,01	183,8
Wien-Auhof	WIA	48,203	16,235	43,68	91,62

Do grafov sme vynášali hodinové priemery variácií jednotlivých zložiek geomagnetického poľa a to tak, že sme ich odčítali od jednotlivých celodenných priemerov zložiek z 5. apríla 1938. Tento deň sme za referenčný vybrali preto, že bol najpokojnejším časovo blízkym dňom, nakoľko Kp index bol medzi 0 a 1 v 7 z 8 trojhodinových intervalov. Trojhodinový planetárny index Kp počítaný z K indexov viacerých strednošírkových observatórií, zavedený J. Bartelsom, je dodnes najrozšírenejším indexom porušenia geomagnetického poľa Zeme. Podobne ako pri indexe K aj pri indexe Kp platí, že hodnota 0 znamená najnižšiu porušenosť a hodnota 9 znamená najväčšiu porušenosť geomagnetického poľa. Rozdiel je aj v jeho jemnosti, pričom platí, že medzi každým dvoma číslicami sú ešte dve úrovne (označené + a -) [9]. Kp index pre apríl 1938 zobrazuje obrázok 1 [10].

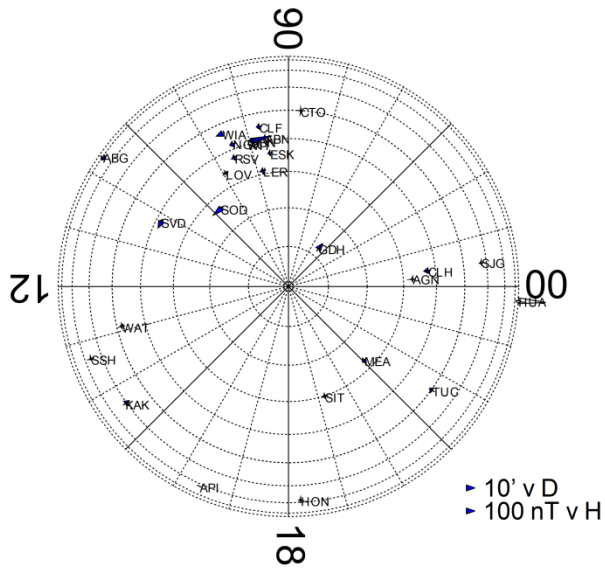


Obrázok 1 Kp index pre apríl 1938.

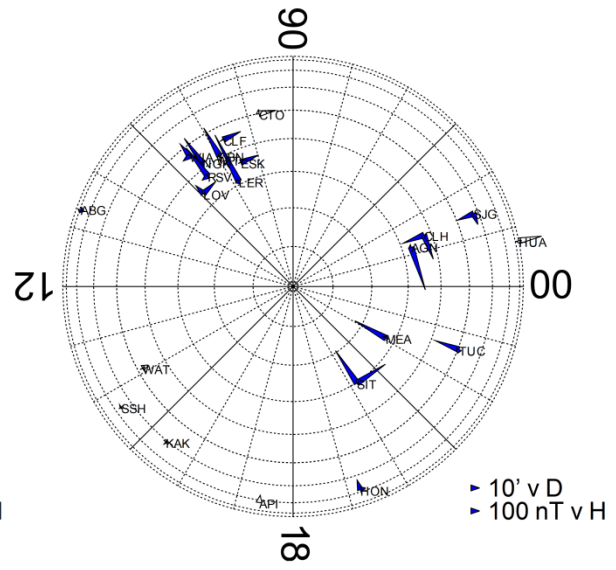
Variácie sme do grafov vynášali tak, že šípky smerujúce ku stredu alebo od neho zobrazujú variácie horizontálnej intenzity (smerom k pólu nárast, smerom od pólu pokles) a šípky v rovnobežné s kružnicami zobrazujú variácie v deklinácii (v smere hodinových ručičiek na západ, proti smeru hodinových ručičiek na východ). Variácie observatórií na severnej pologuli sú zobrazené modrými šípkami a na južnej šípkami prázdny s čiernym okrajom. Šípky na južnej pologuli zobrazili tak, akoby sa sledované variácie diali na severnej pologuli, preto šípky zobrazujúce horizontálnu intenzitu na južnej pologuli smerujú opačne. Čísla na vonkajšej strane grafov zobrazujú magnetický čas, sústredné kružnice znázorňujú CGM šírku. Graficky sme spracovali celý 16. apríl – teda 24 grafov, ale v článku sme sa rozhodli uviesť iba grafy variácií horizontálnej intenzity a deklinácie v čase od 05:00 UT do 09:00 UT, teda v čase najväčšieho porušenia geomagnetického poľa – obrázok 2.

Pre lepšiu názornosť sme sa rozhodli vytvoriť ešte detail zobrazujúci II. kvadrant grafu v čase medzi 07:00 a 08:00 UT – obrázok 3.

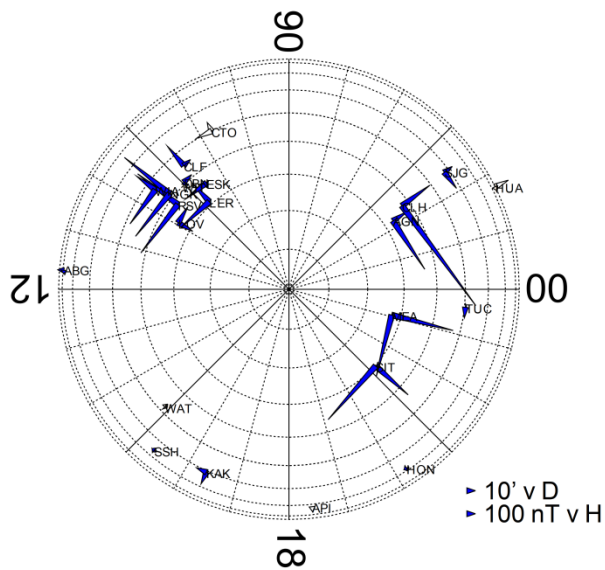
16. apríl 1938, 05:00 UT - 06:00 UT



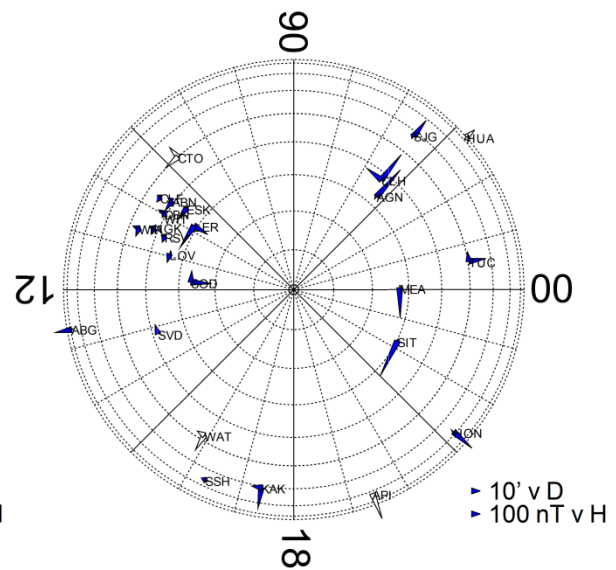
16. apríl 1938, 06:00 UT - 07:00 UT



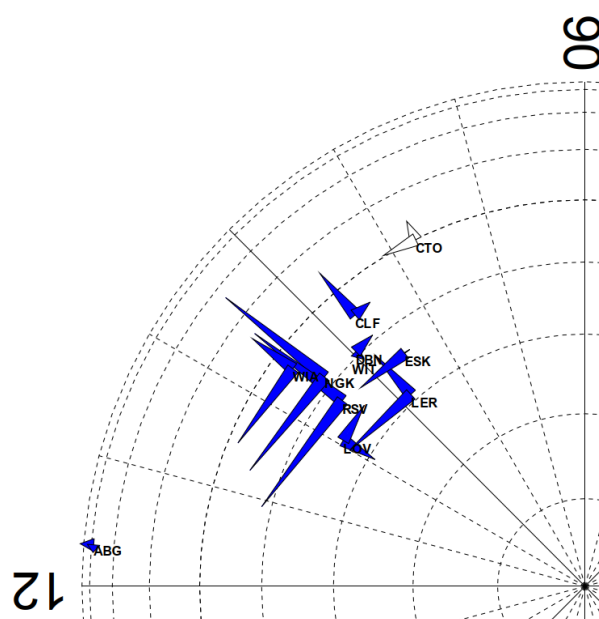
16. apríl 1938, 07:00 UT - 08:00 UT



16. apríl 1938, 08:00 UT - 09:00 UT



Obrázok 2 Variácie H a D 16. apríla 1938 v čase od 05:00 do 09:00 UT na jednotlivých observatóriách.



Obrázok 3 Detail variácií H a D zobrazujúci II. kvadrant 16. apríla 1938 v čase od 07:00 UT do 08:00 UT.

DISKUSIA A ZÁVER

Cieľom našej práce bolo poukázať na to, že veľké variácie geomagnetického poľa v stredných magnetických šírkach nemuseli byť spôsobené zosilneným prstencovým prúdom či parciálnym prstencovým prúdom, ale rozšírením aurorálneho oválu do stredných šírok.

Zosilnený prstencový prúd, resp. na rannej a večernej strane parciálny prstencový prúd spôsobuje väčšie variácie horizontálnej magnetickej intenzity v nižších magnetických šírkach ako v stredných či vyšších. Zosilnený parciálny prstencový prúd by navyše mal spôsobovať silnejšie variácie na večernej strane, než na rannej [1], čo súvisí aj s vyššou energetickou hustotou nosičov náboja na večernej strane [11].

Graficky spracované údaje však ukázali, že variácie v stredných šírkach boli oveľa silnejšie než variácie v nízkych šírkach a taktiež, že variácie na rannej strane sú väčšie než variácie na strane večernej, čo poukazuje na to, že tieto variácie boli pravdepodobne spôsobené rozšírením aurorálneho oválu a javmi prebiehajúcimi v ňom.

POĎAKOVANIE

Táto práca bola podporená Vedeckou grantovou agentúrou Ministerstva školstva, vedy, výskumu a športu Slovenskej republiky a Slovenskej akadémie vied prostredníctvom grantu VEGA 2/0085/21. Poďakovanie patrí aj Mgr. Fridrichovi Valachovi, PhD., za prípravu dát a konzultácie v štúdiu.

LITERATÚRA:

- [1] VALACH, F. *Magnetické búrky: Fyzikálne základy*. Slovenská ústredná hviezdáreň Hurbanovo 2020, ISBN 978-80-89998-11-1.
- [2] TSURUTANI, Bruce T., et al. The extreme magnetic storm of 1–2 September 1859.

- Journal of Geophysical Research: Space Physics*, 2003, 108.A7.
- [3] BARTELS, J.; HECK, N. H.; JOHNSTON, H. F. The three-hour-range index measuring geomagnetic activity. *Terrestrial Magnetism and Atmospheric Electricity*, 1939, 44.4: 411-454.
- [4] SERGEYEVA, Natalia, et al. Historical K index data collection of Soviet magnetic observatories, 1957–1992. *Earth System Science Data*, 2021, 13.5: 1987-1999.
- [5] CID, C., et al. Modeling the recovery phase of extreme geomagnetic storms. *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, 2013, 118.7: 4352-4359.
- [6] Campbell, W. H. *Geomagnetic storms, the Dst ring-current myth and lognormal distributions*. *Journal of Atmospheric and Terrestrial Physics*, 1996, 58.10: 1171-1187.
- [7] SCHÄFER, A., et al. The North German conductivity anomaly revisited. *Geophysical Journal International*, 2011, 187.1: 85-98.
- [8] World Data Centre for Geomagnetism. Geomagnetic Data Master Catalogue, [dostupné online: <https://wdc.bgs.ac.uk/catalog/master.html>], [dňa 04. 08. 2022].
- [9] MATZKA, J., et al. The geomagnetic Kp index and derived indices of geomagnetic activity. *Space weather*, 2021, 19.5: e2020SW002641.
- [10] GFZ German Research Centre for Geosciences. Archive values in Bartel's note-script (musical diagram), [dostupné online : <https://kp.gfz-potsdam.de/en/figures/bartels-music>], [dňa 04. 08. 2022].
- [11] LIEMOHN, Michael W., et al. Dominant role of the asymmetric ring current in producing the stormtime Dst. *Journal of Geophysical Research: Space Physics*, 2001, 106.A6: 10883-10904.