

Usmaží Slunce v roce 2013 rozvodné sítě?

Michal Švanda

Novináři mají jasno. Pokud lidstvo náhodou přežije globální katastrofu očekávanou všemi proroky 21. prosince 2012, což je samozřejmě nepravděpodobné, tak další apokalypsa na sebe nenechá vůbec dlouho čekat. Už v květnu 2013 totiž proběhne na Slunci obří super-erupce, která na několik měsíců vyřadí z provozu telekomunikace a rozvodné energetické sítě, zejména ve Spojených státech a ve Velké Británii. Přežívší lidstvo, které se ještě nevzpamatovalo z hrůz prosincového konce světa, se na půl roku ponoří do tmy. A to čistě proto, že právě v květnu 2013 současně vyvrcholí dva sluneční cykly – 11letý, s nímž se mění počet slunečních skvrn, a 22letý, s nímž kolísá magnetická energie Slunce – které povedou ke katastrofickému zvýšení sluneční činnosti a vzniku sluneční super-bouře.

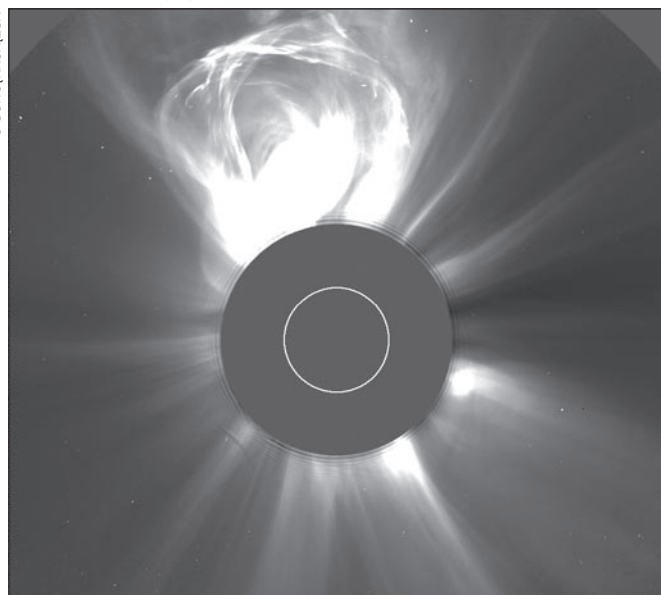
Máte-li pocit, že v předchozím odstavci jsou zřejmě rozpory, vítejte ve světě tiskových zpráv vědeckých institucí interpretovaných světovými médii. Přesně taková zpráva totiž oběhla hlavními zpravodajskými portály u nás i ve světě v polovině června. Nad zřejmými nesmysly se málokdo pozastavil. Důležité je, že dojde k apokalypse a že se ví, kdy to bude.

Jak to tedy bude doopravdy? To bohužel nevíme. Můžeme se však pokusit o střízlivý odhad toho, co lidstvo vlastně čeká. Začneme ale od konce.

Pravý a falešný sluneční cyklus

Sluneční cykly jsou známým faktem, kterému bohužel stále jen málo rozumíme. Od roku 1843 víme o existenci jedenáctileté pe-

Výron hmoty do koróny na snímku z koronografu LASCO, přístroje na palubě družice SOHO. Z koronálního výtrysku se zformuje plazmoid, který cestuje sluneční soustavou. Plazmoid je oblakem plazmatu, který si s sebou nese i vlastní magnetické pole, jež je v plazmatu zmrzlé. Bílá kružnice naznačuje polohu slunečního disku.



riody, s níž se mění výskyt slunečních skvrn. Tato skutečnost je výsledkem sedmnácti let soustavných pozorování, která prováděl Samuel Heinrich Schwabe (1789–1875). Dnes víme, že s průměrně jedenáctiletou periodou (délky jednotlivých slunečních cyklů jsou v rozmezí 7,5 až 14 let) se mění nejenom výskyt slunečních skvrn, ale i jiných projevů sluneční aktivity – erupcí, protuberancí, koronálních výtrysků hmoty – a také přibližně o promile kolísá celkový zářivý výkon Slunce. Také víme, že jedenáctiletá perioda je falešná.

Na začátku dvacátého století George Ellery Hale (1868–1938) zjistil, že sluneční skvrny jsou ve skutečnosti silnými magnety. Rozsáhlé oblasti skvrn jsou svojí formou blízké tyčovým magnetům – jedna polovina vykazuje převažující severní polaritu magnetického pole, zatímco v polovině druhé převažuje orientace jižní. Pečlivým proměřováním magnetických polí velkého množství skupin slunečních skvrn zjistil, že na každé sluneční polokouli jsou střelky lokálních magnetů v aktivních oblastech orientovány shodně. Smysl orientace aktivních oblastí je však na jižní polokouli opačný než na té severní. Mají-li tedy západní části skupin slunečních skvrn na severní polokouli severní orientaci magnetického pole, na jižní polokouli budou mít orientaci jižní a opačně.

Hale pokračoval v systematickém studiu slunečních magnetických polí, a tak si všiml, že se orientace všech detekovaných slunečních magnetických polí jednou za 11 let převrátí. Jestliže mají západní poloviny skupin slunečních skvrn v jedné 11leté periodě orientaci severní, budou ji mít v následující 11leté periodě jižní a naopak. K dokončení změny a návratu k výchozímu stavu jsou tedy zapotřebí dvě jedenáctiletá období. Správná perioda sluneční činnosti je dvaadvacetiletá!

Smysluplné schéma mechanismu sluneční činnosti publikovali o padesát let později Harold (1882–1968) a Horace (1912–2003) Babcockovi. Jde o klasickou představu „namotávání“ siločar globálního magnetického pole působení diferenciální rotace Slunce a změny jejich topologie rekonexními procesy.

V květnu 2013 se očekává maximum současného slunečního cyklu. S vědomím toho, co bylo napsáno v předchozích odstavcích, ale můžeme směle vyloučit vyvrcholení dvou „nezávislých“ cyklů s apokalyptickým důsledkem. Z dodaných čísel je zřejmé jasné, že falešný 11letý a pravý 22letý se sejdou každých zhruba 22 let, a tudíž s vědomím této jednoduché matematiky je jasné, že nás nečeká v roce 2013 žádná výjimečná událost.

Slunce hrozí Zemi

Co čeká lidstvo během maxima sluneční činnosti? V tomto směru nejzajímavějšími jsou eruptivní procesy, které se typicky vy-

Mgr. Michal Švanda, Ph. D. (*1980)

vystudoval astrofyziku na MFF UK se zaměřením na dynamické dění ve sluneční atmosféře. V současnosti působí v rámci postdoktorandského pobytu v Max-Planck-Institut für Sonnensystemforschung v Katlenburg-Lindau v Německu.

Email: michal@astronomie.cz

skytují nad oblastmi slunečních skvrn. Při změně topologie koronálního magnetického pole, tzv. rekonexi, se uvolní velké množství energie ve formě ultrafialového a gama záření. To samo o sobě není pro člověka ani pro lidskou techniku nebezpečné. Erupce však bývají doprovázeny výrony hmoty do koróny, tzv. koronálními ejekcemi hmoty (CME). Jde o zmagnetizovaný oblak plazmatu, který vysokou rychlostí (1000 až 2500 km/s) opouští sluneční atmosféru a letí meziplanetárním prostorem.

Narazí-li tento plazmový oblak na zemské obaly, vyvolá geomagnetickou bouři. Zemská magnetosféra se rozkmitá a může být významně narušena, okolí Země je zaplaveno nabitými slunečními částicemi, které v polárních oblastech na noční straně částečně pronikají až do horních vrstev zemské troposféry. Změní se struktura zemské ionosféry, po níž tečou mohutné plošné elektrické proudy, jež generují další náhodná magnetická pole.

Člověk jako živočich ale nijak ovlivněn není, pohybuje-li se pod ochranou magnetosféry a atmosféry. V noci fascinovaně sleduje čarokrásné divadlo polárních září. Astronauti na oběžné dráze však obdrží během slunečních bouří mnohonásobně větší dávky ionizujícího záření než je běžné, přestože stále zůstávají pod částečnou ochranou zemských obalů. Dávky, které by obdrželi astronauti procházející se v té době ve skafandru po povrchu Měsíce nebo na cestě meziplanetárním prostorem (např. na misi k Marsu) by však nejspíš vyvolaly akutní nemoc z ozáření a nepříjemnou smrt. Protonové erupce mohou částečně penetrovat i do výšek, v nichž se pohybují dopravní letadla. To nepředstavuje větší problém pro cestující, posádky těchto letadel, které tráví

vysoko nad povrchem celé hodiny, jsou však vystaveny větší radiační zátěži, jež může být zdraví škodlivá.

Rychlé energetické částice představují problém pro elektroniku vystavenou vlivům vakua, zejména pak pro družice na geostacionární dráze, tedy ve výšce 36000 km. K samotné hranici magnetosféry je to totiž přibližně 70000 km směrem ke Slunci v klidovém stavu, v období geomagnetické bouře to ale může být i polovina. Geostacionární družice jsou pak vystaveny plnému proudu slunečních částic. Miniaturizované elektronické součástky jsou choulostivé vůči poruchám způsobeným prolétajícími částicemi. Těžká heliová jádra mohou fyzicky poškodit počítačové čipy, všechny částice působí jako přidatný šum na datových linkách tištěných spojů. Družice špatně zareaguje na řídicí signál nebo samovolně vznikne signál falešný, vedoucí ke ztrátě kontroly.

Když zmagnetizovaný oblak narazí na družici, obvykle prochází různými částmi jiné množství elektricky nabitých částic, vedoucí k diferenciálnímu nabíjení. Rovnováha je někdy obnovena obloukovými výboji, které poškozují elektronické součástky. Podobně může docházet k průniku protonů stíněním a nabíjením choulostivé řídicí elektroniky, která má být chráněna v samotném srdci družice. Následně vybití elektrickým výbojem vůči částem s jiným potenciálem může být zničující. Těžké částice poškozují jednotlivé buňky slunečních baterií a snižují jejich životnost.

Část telekomunikačních spojení je dnes přenášena přes družice, jež jsou v ohrožení, další část vzduchem. Porušená ionosféra narušuje rádiové přenosy, zejména ty na dlouhých vlnových délkách. Nečekané odrazy některé typy komunikace znemožňují, jiné

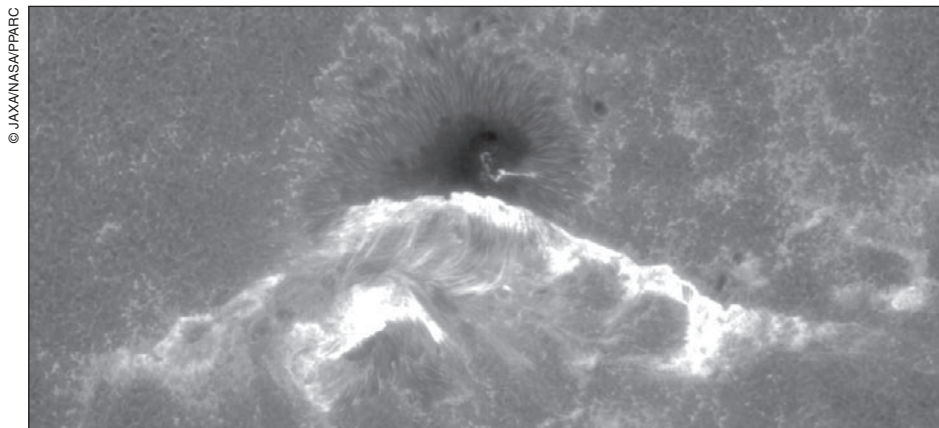
naopak umožní, neboť vlny se v narušeném prostředí šíří po nečekaných trajektoriích. Velmi ovlivněna jsou rádiová spojení pilotů letadel s řízením letového provozu. V období geomagnetické bouře je kvůli této skutečnosti zakázáno létat severněji, než je 74. rovnoběžka, letecké koridory přes Arktidu jsou tedy nepoužitelné a letecké linky spojující sever Asie se severem Ameriky musí být odkloněny po jižnějších a tedy delších trasách. Jeden let se může prodražit až o sto tisíc dolarů. Statistiky ukazují, že v průměru jsou z polárních tras odkloněny dva až tři lety měsíčně. Falešné nebo zkreslené informace podávají některé armádní detekční systémy, například celooblohové radarové přijímače nebo magnetické detekční systémy ponorek.

Problematické však může být i drátové spojení, zejména probíhá-li na dlouhé vzdálenosti. Dlouhé vodiče jsou náchylné k indukčním elektrickým proudům, které nejenže ruší zasílané zprávy, ale mohou přetžit a poškodit koncová zařízení. Ovlivněna je i navigace. Testy ukázaly, že pozemní systém radiomajáků, operující na dlouhých vlnových délkách, může být natolik ovlivněn, že chyba určení polohy dosahuje až kilometrových hodnot. Signál dnes populárního systému GPS scintiluje při průchodu ionosférou, jejíž hustota se mění v důsledku geomagnetické bouře, čím ztrácí svoji metrovou přesnost.

Podobně jako na telegrafních a telefonních drátech, i na elektrickém vedení se mohou indukovat velké elektrické proudy, jejichž důsledkem může být přetížení a poškození koncových zařízení (např. transformátorů) a v důsledku i rozpad energetické sítě (tzv. black-out). Odhaduje se, že poškození transformátorů způsobená sluneční aktivitou mají kumulativní efekt. To vysvětluje, proč někdy dochází k výpadkům těchto zařízení i při

Polární letecké trasy tak, jak vypadaly v 60. až 90. letech (vlevo) a jak vypadají dnes (vpravo). Polární trasy se změnily po pádu železné opony. Po těchto leteckých trasách se v období geomagnetických bouří nedá létat, polární přelety jsou odkláněny jižně od 74. rovnoběžky. K nucenému odklonění dochází v průměru dva až třikrát do měsíce.





Vlákno erupce zachycené 13. prosince 2006 japonskou kosmickou sondou Hinode. Erupce se zažehla jako důsledek pohybu menší sluneční skvrny vůči velké skvrně s opačnou magnetickou polaritou.

velmi slabých událostech, přestože předtím to samé zařízení bez zdánlivé úhony přežilo mnohem významnější geomagnetické bouře.

Bludné elektrické proudy se indukují i na ropovodech nebo plynovodech a jejich intenzita bývá dostatečná na to, aby probíhala izolační vrstvu oddělující trubky od okolní půdy. Výměna elektronů mezi rourou a okolní zemínou zesiluje korozi kovových částí. Odhaduje se, že kosmické počasí může efektivně zkrátit životnost dálkových plynovodů a ropovodů až na polovinu.

Ruští a finští výzkumníci našli překvapivou souvislost mezi sluneční aktivitou a zabezpečovacím zařízením na železničních tratích v severozápadním Rusku. V několika případech vytvořila geomagnetická bouře bludný vlak – zabezpečovací zařízení detekovalo vlakovou soupravu, přestože koleje byly v daném úseku prázdné. Není známo, že by byl pozorován i opačný proces, tedy kdy by z hlediska zabezpečovacího zařízení působením sluneční aktivity zmizel po kolejích jedoucí reálný vlak.

Člověk tedy není sluneční aktivitou zasažen přímo, ale pouze zprostředkovaně přes selhávající techniku. Jak často k takovým událostem vlastně dochází?

V minulosti hledej ponaučení

První velmi dobře zdokumentovanou událostí jsou následky první pozorované sluneční erupce, jež byla

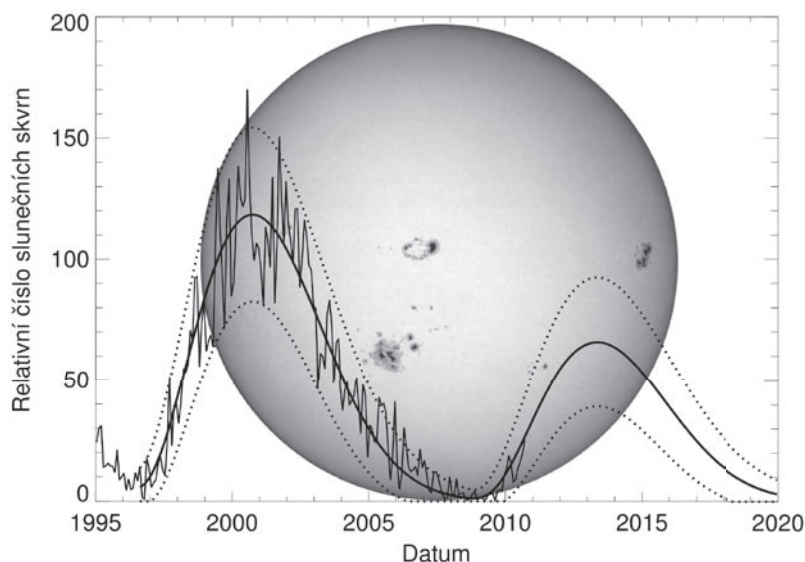
spatřena Richardem Carringtonem (1826–1875) 1. září 1859. Noc na to zasáhla celou Zemí silná geomagnetická bouře. Polární záře byly pozorovatelné daleko na jihu, například na Kubě. Po Evropě a Severní Americe selhávala telegrafní vedení. Telegraf se dal používat bez baterií, indukované proudy poranily několik operátorů a způsobily četné požáry koncových zařízení. Podobně silná událost nebyla od té doby zaznamenána. Ze vzorků ledu lze odvodit, že takto silná geomagnetická bouře nastává v průměru jednou za pět století. Událost v roce 1859 byla vlastně shodou okolností. Jednak došlo k velmi silné erupci, jejíž intenzitu bohužel nelze zpětně než odhadnout. Mohutná

erupce odstartovala obří zmagnetizovaný oblak, jenž letěl v trajektorii, kterou předtím vyčistila jiná událost. Plazmový oblak tedy dorazil k Zemi velkou rychlostí za necelých 18 hodin. Normálně trvá cesta koronálního výronu tři až čtyři dny. Magnetické pole, které s sebou oblak – plazmoid – přinesl, mělo jižní orientaci, tedy opačnou než geomagnetosféra. Proto bylo magnetosférické stínění méně účinné. A hlavně, odhaduje se, že intenzita magnetického pole v plazmoidu byla téměř -1800 nT. Plazmové oblaky s sebou běžně přinášejí magnetické pole s intenzitou ± 100 nT, určité výpadky infrastruktury se dají očekávat u oblaků s magnetickým polem o intenzitě -300 nT.

Další významnou zaznamenanou událostí je geomagnetická bouře z 14. a 15. května 1921. Ta ovlivnila telegrafní spojení ve Spojených státech, Evropě a Novém Zélandu a nepřímo způsobila četné požáry. Odhadovaná intenzita magnetického pole plazmoidu byla -900 nT.

13. března 1989 dorazil k Zemi zmagnetizovaný oblak nesoucí magnetické pole s intenzitou -589 nT. Ve 2:44 se rozpadla působením náhodně indukovaných proudů energetická síť v kanadské provincii Québec. Oblast Jamesova zálivu se bez proudu ocitla během pouhých 90 sekund. Kompletní blackout trval 9 hodin, značné části energetické sítě byly bez proudu ještě po dvou dnech.

Problémy byly pozorovány i ve Spojených státech, např. v New Jersey. Dá se říci, že i tentokrát šlo o souhru náhod. Nalétající plazmoid byl sice velmi intenzivní, ale sám o sobě by ke kolapsu sítě nestačil. Tomu nahrálo to, že Québec má kamenné podloží, takže indukované proudy se neměly kam uzemnit a cestovaly po elektrických drátech až do koncových transformátorů, které zkratovaly a vyhořely. Společnost Hydro-Québec navíc vůbec nebyla připravena na možnost, že by sluneční aktivita mohla ovlivnit funkci energetické sítě. Teprve po události implementoval Hydro-Québec opatření minimalizující možné dopady



Současné předpovědi sluneční aktivity (na obrázku stav k říjnu 2010) rozhodně nenaznačují přehnanou aktivitu v maximu čtyřicetiletého cyklu, které má nastat v polovině roku 2013. Spojitá linie značí trend vyhlazeného měsíčního relativního čísla, kolem něhož se klikatí měřená křivka této veličiny. Tečkovaná čára vyznačuje chybový interval. Křivka trendu po roce 2010 má význam předpovědi úrovně sluneční aktivity, jejímž autorem je David Hathaway, NASA.

sluneční aktivity, včetně změny operačních postupů. Podobně se zachovaly i velké energetické společnosti v USA, Velké Británii a severní Evropě. Především díky tomu se takto rozsáhlý black-out už nikdy nezopakoval. Operátoři byli připraveni a vždy včas zasáhli.

I případů družic poškozených sluneční aktivitou máme z minulosti několik. 10. ledna 1997 zasáhl zemskou magnetosféru obří koronální výron. To přímo vedlo ke ztrátě americké spojovací družice AT&T Telstar 401 v ceně 200 milionů dolarů. Podobný osud potkal 21. dubna 2002 japonský satelit Nozomi na cestě k Marsu. Družice byla poškozena natolik, že její mise byla nakonec po několika neúspěšných pokusech o uvedení do normálního provozu v prosinci 2003 zrušena. Posledním známým případem je ztráta kontroly nad telekomunikační družicí Galaxy 15 dne 5. dubna 2010, která je též připisována sluneční aktivitě. Na konto zvýšené sluneční aktivity jde paradoxně i ztráta orbitální stanice Skylab. Vyšší vrstvy zemské atmosféry se působením zvýšeného příkonu energie od aktivních projevů rozpínají a kladou významnější odpor pohybujícím se satelitům. Skylab, tou dobou již bez paliva a bez možnosti vytažení na vyšší dráhu, 11. července 1979 nekontrolovaně vstoupil do atmosféry a zanikl.

Přijde v roce 2013 apokalypsa?

Apokalypsa v roce 2013 nejspíš nepřijde. Eruptivní události sluneční činnosti se nedají předpovědět na tolik měsíců dopředu. S poměrně velkou úspěšností lze odhadnout, zda z dané aktivní oblasti hrozí eruptivní procesy. Operátoři rozvodných společností, telekomunikační společnosti, řízení letového provozu, armáda – ti všichni sledují předpovědi sluneční činnosti. Úspěšnosti krátkodobých předpovědí, tedy na několik málo dnů, jsou dnes v úrovni 80–85 %. Dojde-li při eruptivní události i k výronu hmoty do koróny, je plazmoid pečlivě sledován přístroji na vědeckých družicích. Doba jeho letu k Zemi je alespoň 20 hodin, což je dostatečná rezerva k přípravě protiopatření. Poslední předsunutou hlídkou jsou částicové detektory na družicích SOHO, ACE a WIND, nacházejících se v Lagrangeově bodě L₁, 1,5 milionu kilometrů směrem ke Slunci. Ty změří hustotu, rychlost i magnetické pole plazmového oblaku a dodají tak informace, které doplní skládku možných efektů na technologie. Na finální varování pak zbývá přinejhorším deset minut, typicky minut dvacet.

Událost síly srovnatelné s událostí z roku 1859 by měla velký dopad na infrastrukturu. Určitě by na nějakou dobu vypadla alespoň část komunikací, počítačových sítí a rozvodů elektřiny v severovýchodních zemích. Pro společnosti, které nepočítají s žádným záložním řešením, by mohlo jít o likvidační událost, jejíž náprava by mohla trvat i roky. Eruptce podobné síly je však velmi málo pravděpodobná, přesto ji není vhodné bagatelizovat. Systém varování však dospěl tak daleko, že žádná společnost, která může být ohrožena projevy sluneční aktivity, by neměla být překvapena, až k něčemu dojde. NASA s předstihem upozorňuje, že trvale existuje malá pravděpodobnost (jedno až dvě procenta ročně) velmi významné události sluneční aktivity a že firmy, jejichž infrastruktura už nyní běží „na doraz“, by měly vyvíjet úsilí v hledání záložního plánu. Dnes je možné dovybavit choulivé součástky známou a relativně levnou technologií, jež významně snižuje pravděpodobnost selhání. Firmy s připraveným operačním plánem pro tyto situace pocítí několikahodinový výpadek, po němž bude provoz opět plně obnoven. Tak jako tak bude mít tato situace ekonomický dopad. Katastrofický scénář, předpokládající selhání celé potenciálně ohrožené infrastruktury, hovoří o škodách v řádu bilionu dolarů s plnou obnovou za čtyři až deset let.

Zdálo by se, že Slunce připravuje lidstvu skutečnou pohromu nebyvalých rozměrů. Není tomu tak. Škody stejných, ne-li větších roz-

Vyhořelé vinutí 500kV transformátoru v jaderné elektrárně Salem ve státě New Jersey, Spojené státy americké, jako důsledek zvýšené sluneční aktivity v březnu 1989. Takto velké transformátory jsou obvykle vyráběny na zakázku a v případě jejich zničení nemohou být okamžitě nahrazeny rezervním kusem. Typický čas nutný pro výrobu transformátoru tohoto typu je 12 měsíců. Stávající transformátory je možné vybavit relativně levnou technologií, která významně snižuje jejich náchylnost k poškození geomagneticky indukovanými elektrickými proudy.

měrů způsobují s mnohem větší četností i další přírodní děje – bouřky, sucha, přívalové deště, povodně, vichřice, tornáda, přívaly sněhu nebo třeskuté mrazy. Pro uživatele zvyklého na určitý komfort je každý výpadek jeho obvyklých služeb problémem. Není tak v principu rozdíl, jestli internetové spojení, satelitní telefon nebo síť bankomatů vypadla na několik hodin kvůli úderu blesku nebo přetížení v důsledku sluneční aktivity. Nakonec je jedno, zda byl let odkloněn z polárních oblastí proto, že sluneční aktivita znemožňuje rádiové spojení, nebo proto, že v průletové oblasti řadí nevhodné počasí. Těžko se budete cítit jinak, nepůjde-li vám deset hodin elektřina kvůli Slunci nebo kvůli větrné smršti, která zpětrhala vedení.

Je tedy téměř jisté, že lidstvo předpokládanou apokalypsu v květnu 2013 přežije. Stejně jako přežije konec světa v prosinci 2012. Ostatně: podobně už přežilo přelom tisíciletí (to dokonce dva roky po sobě!), počítačový problém Y2K, Svědci Jehovovi přežili konec světa v roce 1975 a mohli bychom pokračovat nadále. Pokud firmy uposlechnou varování vědců, apokalypsa nepřijde. A i kdyby, alespoň po těch mnoha neúspěšných pokusech bude konečně někdo moci zvolat: „*Já jsem vám to říkal!*“ ■



© John Kappeman, Metastach