



Polityka kosmiczna Unii Europejskiej

ZAGADNIENIA PRAWNE,
POLITYCZNE
I EKONOMICZNE

POD REDAKCJĄ
Bartosza Smolika
i Pawła Turczyńskiego

Polityka kosmiczna Unii Europejskiej

Polityka kosmiczna Unii Europejskiej

Zagadnienia prawne, polityczne i ekonomiczne

pod redakcją
Bartosza Smolika
i Pawła Turczyńskiego



Kraków 2022

Bartosz Smolik
Uniwersytet Wrocławski
✉ <https://orcid.org/0000-0001-7173-2389>
✉ bartosz.smolik@uwr.edu.pl

Paweł Turczyński
Uniwersytet Wrocławski
✉ <https://orcid.org/0000-0002-0333-9670>
✉ pawel.turczynski@uwr.edu.pl

© Copyright by Bartosz Smolik, Paweł Turczyński and individual authors, 2022

Recenzenci
prof. AWL Wojciech Horyń
prof. UJK Grzegorz Rdzanek

Opracowanie redakcyjne
Hanna Antos

Projekt okładki
Marta Jaszczuk

ISBN 978-83-8138-774-3 (druk)
ISBN 978-83-8138-775-0 (PDF)
<https://doi.org/10.12797/9788381387750>

Na okładce wykorzystano zdjęcie *Europe city light from space*
pochodzące z serwisu rawpixel.com

WYDAWNICTWO KSIĘGARNIA AKADEMICKA

ul. św. Anny 6, 31-008 Kraków
tel.: 12 421-13-87; 12 431-27-43
e-mail: publishing@akademicka.pl

Księgarnia internetowa: <https://akademicka.com.pl>

Spis treści |

- 7** Wykaz ważniejszych skrótów i akronimów
- 11** Geneza europejskiej eksploracji kosmosu – rozważania wstępne
Bartosz Smolik, Paweł Turczyński
- 15** Szanse i zagrożenia polityki kosmicznej Unii Europejskiej
Bartosz Smolik
- 49** Unia Europejska a Europejska Agencja Kosmiczna – współpraca i rywalizacja
w programach badania przestrzeni kosmicznej
Paweł Turczyński
- 83** *Strategia kosmiczna dla Europy* w pracach rządu i sejmowej Komisji do spraw
Unii Europejskiej. Analiza instytucjonalno-prawna
Zbigniew Czachór
- 105** Współczesne trendy w polityce kosmicznej – rola Europy
Małgorzata Polkowska
- 123** Obszar „Przestrzeń kosmiczna” w programach ramowych Unii Europejskiej od
7PR do programu Horyzont Europa (2007-2021)
Piotr Świerczyński
- 141** Bezpieczeństwo energetyczne Europy w obliczu zjawiska pogody kosmicznej.
Problem CME – koronalnych wyrzutów masy na Słońcu
Krzysztof Lewandowski
- 163** Kolonizacja Marsa i innych ciał niebieskich: wyzwania natury prawnej
i politycznej dla Unii Europejskiej
Maciej Cesarz
- 185** Europejska polityka kosmiczna w obliczu gnozy politycznej transhumanizmu
Piotr Grabowiec
- 211** Unijna polityka kosmiczna. Perspektywy rozwoju w bliższej i dalszej przyszłości
Bartosz Smolik, Paweł Turczyński
- 231** Załączniki
- 235** Spis infografik
- 236** Spis tabel
- 237** Informacje o autorach
- 241** Indeks osobowy

Bezpieczeństwo energetyczne Europy w obliczu zjawiska pogody kosmicznej

Problem CME – koronalnych wyrzutów masy na Słońcu

Krzysztof Lewandowski 

Abstrakt | Rozdział odnosi się do problemu ochrony sieci elektrycznej w Europie wobec zmian aktywności Słońca. Rosnące zapotrzebowanie na prąd, wobec postępującego wyczerpania nieodnawialnych paliw kopalnych, sugeruje zastosowanie odnawialnych źródeł energii jako tych, które dają możliwość podwyższenia odporności sieci elektrycznych przed koronalnymi wyrzutami masy na Słońcu (CME – coronal mass ejection). Jest to tym bardziej uzasadnione, że CME w przeszłości boleśnie dały się we znaki całej ludzkości: w 1859 r. w przypadku sieci telegraficznych, a w 1921 r. – elektrycznych. Autor sugeruje, że problem ten powinien stać się przedmiotem zainteresowania polityki kosmicznej Unii Europejskiej.

Słowa kluczowe: koronalny wyrzut masy, Słońce, blackout, bezpieczeństwo, sieć energetyczna

Europe's Energy Security in the Face of Space Weather. The Problem of CME – Coronal Mass Ejections in the Sun

Abstract | The chapter deals with the problem of protecting the electricity grid in Europe in the face of changes in the activity of the Sun. The growing demand for electricity, in the face of the progressive depletion of non-renewable fossil fuels, suggests the use of renewable energy sources as those that help increase the resistance of electric networks against crashes caused Coronal Mass Ejection (CME) in the Sun. This is even more justified as the CMEs have had a painful effect on all humankind in the past, impacting telegraph networks in 1859, and electric networks in 1921. The author suggests that this problem should be given consideration as part of the European Union's space policy.

Keywords: coronal mass ejection, Sun, blackout, security, electric grid

Wprowadzenie

Celem niniejszego rozdziału jest wskazanie konieczności poszerzenia zagadnienia studiów i badań dotyczących pogody kosmicznej¹ w kontekście bezpieczeństwa, zwłaszcza bezpieczeństwa energetycznego wobec stopniowej zmiany długofalowej aktywności Słońca i wynikającego stąd ryzyka skutków koronalnych wybuchów na Słońcu (CME – coronal mass ejection). Problem ten ma związek z polityką kosmiczną Unii Europejskiej, jest więc przedmiotem badań i obserwacji prowadzonych przez Europejską Agencję Kosmiczną oraz szereg innych europejskich i pozaeuropejskich ośrodków naukowych, o których będzie jeszcze mowa. Zazwyczaj łączy się go przede wszystkim z bezpieczeństwem infrastruktury orbitalnej oraz w dużym stopniu uzależnionej od niej komunikacji lotniczej, morskiej i naziemnej. Rządziej bierze się pod uwagę bezpieczeństwo elektrowni i elektroenergetycznych sieci przesyłowych na Ziemi.

W pierwszej kolejności należy jednak przypomnieć, że wraz z wstąpieniem Polski do Unii Europejskiej 1 maja 2004 r. znacząco zmieniła się nasza sytuacja pod względem bezpieczeństwa energetycznego. Państwo polskie, podobnie jak pozostali członkowie UE, zyskało możliwość uzupełnienia niedoboru energii elektrycznej dzięki jej importowi z zagranicy. A skoro państwo – jak stwierdził Arystoteles – to „ogół ludzi, odpowiednio wielki, by sobie zapewnić wszystko, co do życia potrzebne, w wystarczającej mierze”², to rząd Polski stanął w obliczu nowych możliwości i wyzwań. Otóż 26 czerwca 2003 r. Parlament Europejski uchwalił Rozporządzenie (WE) nr 1228/2003 Parlamentu Europejskiego i Rady w sprawie warunków dostępu do sieci w odniesieniu do transgranicznej wymiany energii elektrycznej. Dotyczyło ono liberalizacji i dywersyfikacji wydajnych i stabilnych źródeł energii elektrycznej³.

W Polsce do 1 maja 2004 r. zmieniono około 270 ustaw w celu dostosowania jej prawa do przepisów UE, w tym prawa energetycznego oraz Protokołu Karty Energetycznej⁴. W kolejnych latach uchwalono m.in. warunki tranzytu energetycz-

¹ Pogoda kosmiczna wynika głównie z aktywności Słońca i możemy ją określić jako „wielkoskalowy i planetarny zespół zmiennych w czasie, wzbudzonych aktywnością Słońca zjawisk na powierzchni Ziemi i w przestrzeni okołoziemskiej, które mają bezpośredni wpływ na nasze życie”. Cyt. za: B. Popielawska, *Pogoda kosmiczna – bardzo przyziemna sprawa*, [w:] *Wybrane problemy geofizyki współczesnej*, red. M. Grad, Warszawa 2002, s. 306.

² Arystoteles, *Polityka*, przeł. L. Piotrowicz, Warszawa 1964, s. 97.

³ Rozporządzenie (WE) nr 1228/2003 Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 26 czerwca 2003 r. w sprawie warunków dostępu do sieci w odniesieniu do transgranicznej wymiany energii elektrycznej, *Dz.Urz. UE*, L 176/1 z 15.07.2003.

⁴ Wykazy ustaw dostosowujących prawo polskie do prawa UE – przed 1 maja 2004; Wykazy ustaw uchwalonych przez Sejm, wniesionych z inicjatywy Rady Ministrów, dostosowujących prawo polskie do prawa Unii Europejskiej, [on-line:] http://oide.sejm.gov.pl/oide/index.php?option=com_content&view=article&id=14946&Itemid=1042 – 17 IV 2021.

nego⁵ i działań na rzecz strategii bezpieczeństwa energetycznego⁶, bezpieczeństwa dostaw energii elektrycznej⁷, stabilnego zasilania w warunkach zmian klimatu⁸, a także działania UE na wypadek kryzysu oraz odbudowy sieci elektroenergetycznych⁹, jak i szereg innych¹⁰.

Problem stabilności zasilania energetycznego łączy się z zagadnieniem pogody kosmicznej (*space weather*, SWE), a ta z kolei wchodzi w skład świadomości sytuacyjnej w kosmosie (*space situational awareness* – SSA). Reasumując, pojęcie świadomości sytuacyjnej obejmuje trzy główne obszary ujęte również w publikacjach i dokumentach europejskich. Są to¹¹:

- zjawisko pogody kosmicznej (*space weather* – SWE);
- obiekty przelatujące blisko Ziemi (*near-Earth objects* – NEO);
- kosmiczne śmieci (*space surveillance and tracking* – SST)¹².

Wszystkie one zostały docenione w Rozporządzeniu Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2021/696 z dnia 28 kwietnia 2021, czyli unijnym programie kosmicznym na lata 2021-2027. „Ekstremalne i intensywne zdarzenia pogody kosmicznej” uznano za zagrożenia dla bezpieczeństwa obywateli oraz za czynniki mogące zakłócać działanie infrastruktury kosmicznej i naziemnej¹³.

Z uwagi na pojawiające się tu zagrożenia relacji politycznych działania zmierzające w kierunku kontroli i nadzoru tych trzech obszarów już od dłuższego czasu

⁵ Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) Nr 714/2009 z dnia 13 lipca 2009 r. w sprawie warunków dostępu do sieci w odniesieniu do transgranicznej wymiany energii elektrycznej i uchylające rozporządzenie (WE) nr 1228/2003.

⁶ Komunikat Komisji do Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 28 maja 2014 r.: Europejska strategia bezpieczeństwa energetycznego, COM/2014/0330 final.

⁷ Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady nr 2005/89/WE z dnia 18 stycznia 2006 r., dotycząca działań na rzecz zagwarantowania bezpieczeństwa dostaw energii elektrycznej i inwestycji infrastrukturalnych, Dz.Urz. UE, L 33/22 z 4.02.2006.

⁸ Komunikat Komisji do Parlamentu Europejskiego, Rady, Europejskiego Komitetu Ekonomiczno-Społecznego, Komitetu Regionów i Europejskiego Banku Inwestycyjnego: Strategia ramowa na rzecz stabilnej unii energetycznej opartej na przyszłościowej polityce w dziedzinie klimatu, 25 lutego 2015 r., COM/2015/080 final.

⁹ Rozporządzenie Komisji (UE) 2017/2196 z 24 listopada 2017 r. ustanawiające kodeksy sieci dotyczące stanu zagrożenia i stanu odbudowy systemów elektroenergetycznych, Dz.Urz. UE, L 312/54 z 28.11.2017.

¹⁰ Wewnętrzny rynek energii, [on-line:] <https://eur-lex.europa.eu/summary/chapter/1809.html> – 17 IV 2021.

¹¹ Space and Security, [on-line:] https://ec.europa.eu/growth/sectors/space/security_en – 17 IV 2021.

¹² Decyzja Parlamentu Europejskiego i Rady NR 541/2014/UE z dnia 16 kwietnia 2014 r. ustanawiająca ramy wsparcia obserwacji i śledzenia obiektów kosmicznych, Dz.Urz. UE, L 158/227 z 27.05.2014.

¹³ Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2021/696 z dnia 28 kwietnia 2021 r. ustanawiające Unijny program kosmiczny i Agencję Unii Europejskiej ds. Programu Kosmicznego, Dz.Urz. UE, L 170 z 12.05.2021 r., s. 95, 97.

stały się przedmiotem analizy prawników i politologów¹⁴, specjalistów z zakresu inżynierii i bezpieczeństwa (w związku z możliwością zastosowań wojskowych technologii kosmicznych¹⁵), a także wybitnych europejskich analityków specjalizujących się w zagadnieniach dotyczących bezpieczeństwa kosmicznego USA i Europy¹⁶.

Współcześnie gospodarka wykorzystuje elektryczność jako główne źródło zasilania. Większość procesów przetwarzania informacji korzysta z urządzeń elektrycznych do pomiaru, rejestracji, analizy i archiwizacji. Podobnie jest w transporcie, szczególnie jeśli spełnia on warunki zeroemisyjności. Mówiąc obrazowo: bez prądu nie pojedzie pociąg, tramwaj, ale także samochód osobowy. Bez zasilania staną kopalnie, huty i walcownie. Rozległy brak prądu może spowodować zapaść gospodarczą kraju lub regionu. Dlatego ważne jest bezpieczeństwo zasilania. Jednym z jego zagrożeń jest aktywność Słońca. Spowodowało ono już w początkowej fazie używania energii elektrycznej poważne problemy gospodarcze. Dlatego poniżej przedstawiono już stosowane oraz planowane działania ochrony sieci elektroenergetycznych przed zjawiskami powodowanymi przez Słońce, tzw. CME, *coronal mass ejection*, czyli koronalnym wyrzutem masy.

1. Mechanizm oddziaływania CME na sieć energetyczną

CME – koronalny wyrzut masy – to określenie używane do opisu zjawiska silnych emisji wiązek plazmy ze Słońca, naszej najbliższej gwiazdy. Słońce jako gwiazda przejawia swoją aktywność w reakcjach jądrowych, czyli spalaniu wodoru w swoim jądrze, a na jego powierzchni oraz w obrębie jego głównego pola magnetycznego zachodzą reakcje fizykochemiczne wiązek plazmy w warunkach silnych pól dipoli magnetycznych. Ogromne siły elektrodynamiczne, wytwarzane przez owe dipole magnetyczne, sprzyjają wyrzutom wiązek plazmy w przestrzeń kosmiczną. Mamy wtedy do czynienia z tzw. koronalnym wyrzutem masy.

Wyrzucona wiązka plazmy porusza się z prędkością około 3000 km/s i niesie w sobie energię elektromagnetyczną liczoną w terawatach energii elektrycznej. Docierając do Ziemi, wiązka plazmy wchodzi w reakcję z ziemskim polem magnetycznym. Najbardziej widocznym tego przykładem są zorze polarne. Intensywność powstałych w ten sposób w ziemskiej magnetosferze burz geomagnetycznych

¹⁴ M. Polkowska, *Space Situational Awareness (SSA) for Providing Safety and Security in Outer Space: Implementation Challenges for Europe*, „Space Policy” 2020, Vol. 51; B. Smolik, *Przestrzeń kosmiczna jako obszar wschodzących problemów bezpieczeństwa Europy i świata*, [w:] *Bezpieczeństwo Europy i Unii Europejskiej w czasach kryzysu*, red. M. Musiał-Karg, Poznań 2016.

¹⁵ Q. Verspieren, H. Shiroyama, *From the Seas to Outer Space: The Reverse Dynamics of Civil-Military Situational Awareness Information and Responsibility Sharing*, „Space Policy” 2019, Vol. 50.

¹⁶ X. Pasco, *A European Approach to Space Security*, Cambridge, MA 2009.

można zmierzyć, licząc liczbę cząstek naładowanych energią słoneczną, które wchodzi w pole magnetyczne Ziemi w pobliżu równika. Ta liczba jest nazywana siłą uderzenia Dst¹⁷. Poniżej przytaczam oszacowaną moc kilku burz słonecznych¹⁸:

- Dst = -1600, wydarzenie zaobserwowane przez Richarda Carringtona 1 września 1859 r.;
- Dst = -900, 14-15 maja 1921 r.;
- Dst = -589, 13 marca 1989 r., Superstorm;
- Dst = -472, 20 listopada 2003 r.;
- Dst = -401, 30 października 2003 r.;
- Dst = -1200, 23 lipca 2012 r.¹⁹

Koronalne wyrzuty masy powodują indukowanie silnego prądu w sieci elektrycznej (zob. infografika na s. 146) w myśl tzw. zasady prawej dłoni w polu magnetycznym. Jeżeli cztery wyprostowane palce prawej dłoni (lub wyprostowany palec wskazujący) wskazują zwrot linii pola magnetycznego, a kciuk wskazuje umowny zwrot linii pola elektrycznego (od plusa do minusa), wówczas przewodnik porusza się w tym samym kierunku, w którym otwarta dłoń wykonuje ruch popychający (lub w kierunku zgiętego palca środkowego). Ziemia obraca się we własnym polu magnetycznym, wraz z nią wszystkie obiekty na jej powierzchni, w tym sieci elektroenergetyczne.

W momencie, w którym w wyniku CME następuje zjawisko prądów indukowanych geomagnetycznie (GIC), w liniach przesyłowych dochodzi również do ich przepływu do ziemi przez transformatory. Wówczas w transformatorach tworzy się, w połączeniu z polem magnetycznym prądu przemiennego, dodatkowe pole magnetyczne, które nasyca rdzeń tych urządzeń. W efekcie następuje stopienie i przepalenie miedzianych uzwojeń i przewodów o dużym natężeniu prądu. Zjawisko to występuje również w transformatorach elektrycznych o dużej mocy, pracujących przy elektrowniach²⁰. Jest to wymierna strata ekonomiczna, ponieważ czas

¹⁷ Wskaźnik Dst (*disturbance storm time* – czas burzy zakłóceń). Indeks Dst szacuje globalnie uśrednioną zmianę składowej poziomej pola magnetycznego Ziemi na równiku magnetycznym na podstawie pomiarów z kilku stacji magnetometrycznych. Czas letni jest obliczany raz na godzinę i raportowany w czasie zbliżonym do rzeczywistego. Zob. World Data Center for Geomagnetism, Kyoto, *Geomagnetic Data Service*, [on-line:] <http://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp/wdc/Sec3.html> – 10 VII 2022.

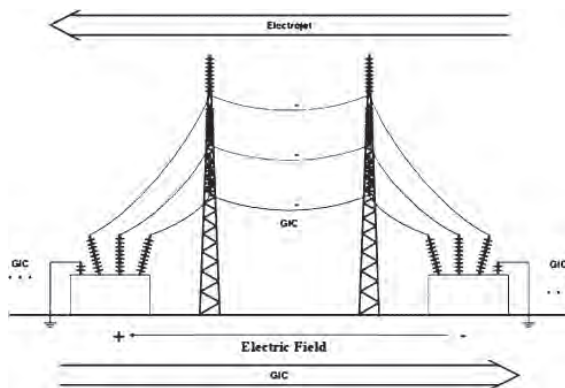
¹⁸ J. Masters, *A Future Space Weather Catastrophe: a Disturbing Possibility*, 3.04.2009, [on-line:] <http://www.wunderground.com/blog/JeffMasters/a-future-space-weather-catastrophe--a-disturbing-possibility.html> – 6 II 2015.

¹⁹ T. Phillips, *Carrington-class CME Narrowly Misses Earth*, „Phys.org”, 5.05.2014, [on-line:] https://science.nasa.gov/science-news/science-at-nasa/2014/02may_superstorm – 17 IV 2021.

²⁰ T.S. Molinski et al., *Shielding Grids from Solar Storms [Power System Protection]*, „IEEE Spectrum” 2000, Vol. 37, Issue 11; H. Lundstedt, *The Sun, Space Weather and GIC Effects in Sweden*, „Advances in Space Research” 2006, Vol. 37, Issue 6, s. 1182-1191.

produkcji lub remontu takiego transformatora to minimum 90 dni, ale największą stratą wynikającą z przestoju produkcji²¹.

Infografika: Mechanizm prądów indukowanych geomagnetycznie GIC



Źródło: H. Lundstedt, *The Sun, Space Weather and GIC Effects in Sweden*, „Advances in Space Research” 2006, Vol. 37, Issue 6.

2. Konsekwencje gospodarcze CME

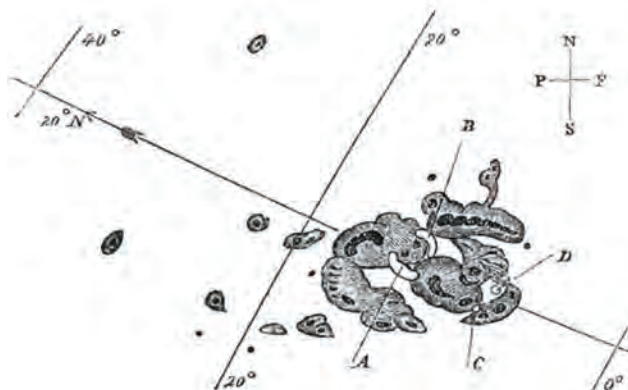
W przeszłości doszło do kilku dużych przerw w dostawach prądu. Pierwsze uszkodzenie CME miało miejsce w 1859 r. Pod koniec sierpnia angielscy astronomowie Richard C. Carrington i Richard Hodgson zaobserwowali liczne plamy na Słońcu (zob. infografika na s. 147). 1 września zobaczyli potężny rozbłysk słoneczny. Był on związany z dużym koronalnym wyrzutem masy (CME), który przemieszczał się bezpośrednio w kierunku Ziemi, pokonując 93 miliony mil w 17,6 godzin²². Na Ziemi rozpoczęła się gigantyczna burza geomagnetyczna. Intensywność tego zjawiska spowodowała awarię systemów telegraficznych w Europie (Anglia, Szwecja), Ameryce Północnej, na Bahamach, Kubie, w Indiach i Australii. Wielu operatorów telegrafów doznało porażenia prądem²³.

²¹ Dla przykładu: pewne przedsiębiorstwo zgłosiło awarię transformatora. Zakład remontowy określił czas jego remontu na 80 dni. Dzięki wypożyczeniu podobnego transformatora udało się skrócić czas przestoju zakładu do 46 dni. Naprawa transformatora kosztowała 2 mln zł, ale straty wynikające z przestoju w produkcji były 10 razy większe. Zob. P. Koralewski, *Gdy zachoruje transformator...*, „Risk Focus”, 4.11.2015, [on-line:] <https://riskfocus.pl/gdy-zachoruje-transformator/> – 17 IV 2021.

²² S. Odenwald, J.L. Green, *Bracing the Satellite Infrastructure for a Solar Superstorm*, „Scientific American” 2008, nr 299, s. 80-87.

²³ Académie des Sciences, *La vie est-elle éternelle?*, „Le Figaro” 18.05.1921, nr 138, s. 3; Z. Jaworowski, *Te plamy nas wykończą*, „Polityka” 15.08.2009, nr 33(2718), s. 59-61; M. Wik et al., *Space Weather Events in July 1982 and October 2003 and the Effects of Geomagnetically Induced Currents on Swedish Technical Systems*, „Annales Geophysica” 2009, Vol. 27, Issue 4.

Infografika: Plamy słoneczne z 1 września 1859 r. widziane przez Richarda C. Carringtona



Źródło: R.C. Carrington, *Description of a Singular Appearance Seen in the Sun on September 1, 1859*, „Monthly Notices of the Royal Astronomical Society” 1859, Vol. 20, Issue 1, s. 13-15.

Później kolejne CME uderzyły w magnetopauzę Ziemi.

W listopadzie 1882 r. CME uszkodził systemy telegraficzne w Europie i USA. Zaobserwowano prądy telluryczne (czyli indukowane w przewodzących warstwach kuli ziemskiej) pięciokrotnie silniejsze niż normalnie²⁴. W dniach 14-15 maja 1921 r. na Ziemi zaobserwowano silną burzę geomagnetyczną. Tym razem jej konsekwencje odbiły się na dużej liczbie sieci elektrycznych. Wydarzenie to zakłóciło pracę sieci telegraficznych, telefonicznych i elektroenergetycznych w USA, Europie, Australii, Nowej Zelandii. Przepięcia generowane w liniach naziemnych przenosiły zakłócenia na kable podmorskie, które łączyły Europę z Ameryką, a także Australię z resztą świata²⁵. W USA linie telegraficzne i telefoniczne zostały sparaliżowane od stanów północno-wschodnich na południowy zachód: od Maine po Arizonę i Nowy Meksyk²⁶ oraz od Maine do Ohio²⁷. System sygnalizacyjny linii kolejowych New York Central Railroad został uszkodzony przez pożar wieży sygnalizacyjnej²⁸. W Szwajcarii prądy telluryczne o mocy 20 mA odnotowano w liniach telegraficznych w regionach północnych²⁹.

²⁴ A. Angot, *The Aurora Borealis*, London 1896, s. 143.

²⁵ Sunspot Aurora Paralyzes Wires, „The New York Times” 15.05.1921, s. 1, 3; Cables Damaged by Sunspot Aurora, „The New York Times” 17.05.1921, s.1-4; Aurora Borealis, „Hawera & Normanby Star” 16.05.1921, s.8.

²⁶ Newspaper Wires In Southwest Are Hit By Earth Currents, „Bisbee Daily Review” 15.05.1921, s. 1.

²⁷ Sunspot Aurora...

²⁸ SUNSPOT CREDITED WITH RAIL TIE-UP; New York Central Signal System Put Out of Service by Play of Northern Lights, „The New York Times” 16.05.1921; Cables Damaged...

²⁹ Die Erdstrom- und Nordlichterscheinung des 15. Mai 1921, „Schweizerische Bauzeitung” 1921, Bd. 77/78, Heft 6, s. 72.

W północno-zachodniej Francji linie telegraficzne zostały sparaliżowane³⁰.

W dniach 14-15 maja 1921 r. zorze polarne można było zobaczyć w Paryżu³¹. W Polsce także uległy uszkodzeniu linie telegraficzne i telefoniczne. W tym czasie Polska była tuż po wojnie z Rosją sowiecką. Zły stan linii telegraficznych i telefonicznych tłumaczono brakiem odpowiedniej konserwacji³². Z kolei 9 marca 1989 r. zaobserwowano na Ziemi największe zniszczenia spowodowane przez CME. Tego dnia dotarł do Ziemi CME z 6 marca, który wywołał ogromną burzę geomagnetyczną. Jej aktywność odcięła kontrolę nad niektórymi satelitami na orbitach polarnych i wyłączyła wyłączniki automatyczne w sieci elektroenergetycznej Hydro-Québec (zob. infografika obok). Doszło do uszkodzenia transformatorów dużej mocy i ogromnego zaniku prądu w prowincji Quebec w Kanadzie³³. W Szwecji wyłączono pięć linii energetycznych o mocy 130 kV³⁴.

W dniach 28-29 października 2003 r. zauważono kolejne CME, od daty nazwane halloweenowymi burzami słonecznymi. Zakłóciły one pracę wielu satelitów³⁵, ale nie uszkodziły systemów elektrycznych na Ziemi. Zorza polarna była widziana nad Europą³⁶.

W styczniu 2008 r. amerykańska Narodowa Akademia Nauk (National Academy of Sciences, NAS) przygotowała raport *Severe Space Weather Events – Understanding Societal and*

Infografika: Spalony transformator w sieci elektroenergetycznej Hydro-Québec w 1989 r.



PJM Public Service
Step Up Transformer
Severe internal damage caused by the space storm of 13 March, 1989



Źródło: R.M. Schoch, *Gwiazda śmierci – nasze Słońce*, 16.03.2012, <http://infra.org.pl/nauka/wszechwiat/1241-gwiazda-mierci-nasze-soce> – 9 II 2015.

³⁰ ELECTRIC DISTURBANCES AFFECT FRENCH WIRES; *Aurora Not Visible, Its Absence Being Attributed to Atmospheric Conditions*, „The New York Times” 18.05.1921; *C'est un orage qui a trouble l'autre nuit nos transmissions télégraphiques*, MAIS IL A ÉCLATÉ. DANS LE SOLEIL!, „Le Matin” 17.05.1921, nr 1357, s. 1.

³¹ A 500 kilomètres dans l'atmosphère, „Le Matin” 15.07.1921, nr 13631, s. 1; Académie des Sciences, *La vie est-elle éternelle...*

³² Dziennik Urzędowy Województwa Poleskiego 1921, nr 3, Brześć Litewski, 25.08.1921.

³³ *Geomagnetic Storms Can Threaten Electric Power Grid Earth in Space*, „American Geophysical Union” March 1997, Vol. 9, No. 7, s. 9-11.

³⁴ J. Elvøvaara et al., *Geomagnetically Induced Currents in the Nordic Power System and Their Effects on Equipment, Control, Protection and Operation*, CIGR'E General Session 1992, (CIGR' International Conference on Large High Voltage Electric Systems), Paris, France, 31 August - 5 September 1992, Paper No. 36-301.

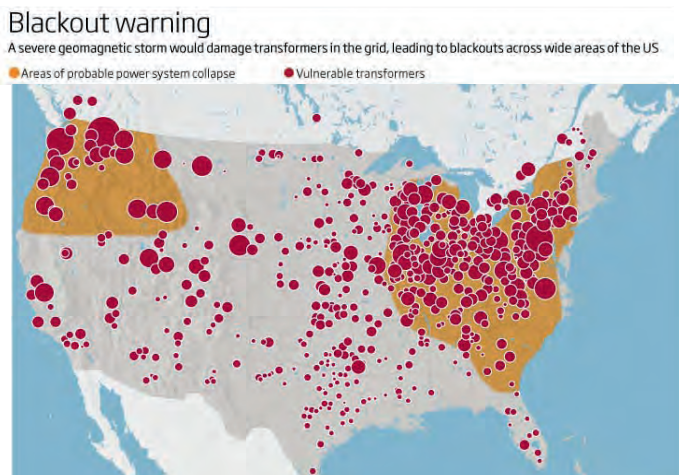
³⁵ E. Howell, *Giant Halloween Solar Storm Sparked Earth Scares 10 Years Ago (Video)*, 30.10.2013, [on-line:] <https://www.space.com/23396-scary-halloween-solar-storm-2003-anniversary.html> – 9 II 2015.

³⁶ J.J. Love, E.J. Rigler, J.K. Robertson, *The Magnetic Storm of Halloween 2003*, „Directions Magazine” 30.10.2013, [on-line:] <https://www.directionsmag.com/article/1510> – 1 III 2014.

Economic Impacts: A Workshop Report. Dokument ten zawierał pierwsze obliczenia wyników ekonomicznych po spodziewanym uderzeniu CME w Ziemię w 2012 r. W swojej analizie naukowcy amerykańscy wykorzystali dane historyczne o CME z 1921 r. Gdyby podobna fala plazmy słonecznej uderzyła w Ziemię obecnie, całkowite koszty gospodarcze dla całego świata byłyby nieporównywalnie większe. Autorzy raportu szacują je na 1-2 bln dolarów w pierwszym roku. W zależności od uszkodzeń całkowite przywrócenie sprawności wszystkich systemów energetycznych mogłoby potrwać od 4 do 10 lat³⁷.

W raporcie przedstawiono przewidywany wynik dla amerykańskiego systemu sieci elektroenergetycznej. Zdaniem NAS, poważne zdarzenie kosmiczne w USA mogłoby wywołać prądy uziemiające, które w ciągu około 90 sekund sparaliżowałyby 300 kluczowych transformatorów, odcinając zasilanie dla ponad 130 milionów ludzi (zob. infografika poniżej). Raport NAS sugeruje, że utrata kluczowej infrastruktury na dłuższy czas z powodu kaskadowych skutków kosmicznego zdarzenia pogodowego (lub innego zakłócenia) może prowadzić do braku żywności, biorąc pod uwagę niskie jej zapasy i zależność od dostaw just-in-time, straty podstawowego transportu, niezdolności do pompowania paliwa i utraty zasilania chłodzenia u producentów i w magazynach żywności³⁸.

Infografika: Mapa przewidywanych obszarów blackoutów w USA po symulacji CME z wydarzeniem z 1921 r.



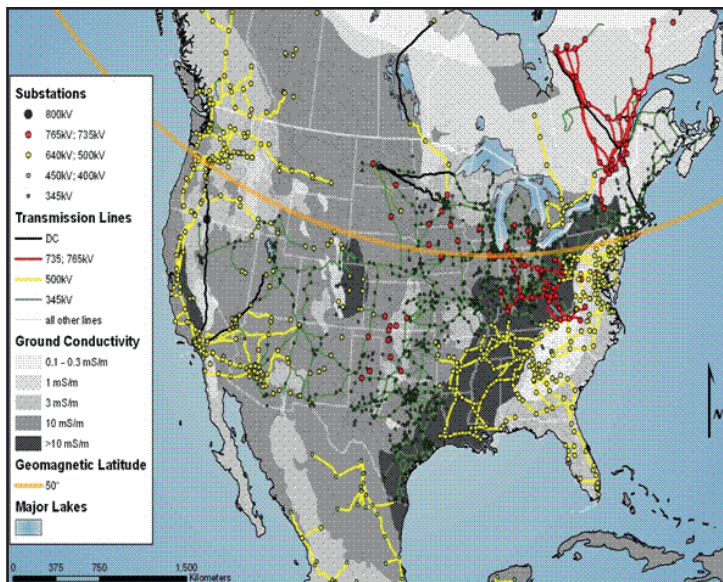
Źródło: M. Brooks, *Space Storm Alert: 90 Seconds from Catastrophe*, „New Scientist” 23.03.2009, [on-line:] <http://www.newscientist.com/article/mg20127001.300-space-storm-alert-90-seconds-from-catastrophe.html#VNsqVCzkfXn> – 9 II 2015.

³⁷ *Severe Space Weather Events – Understanding Societal and Economic Impacts: A Workshop Report* (2008), „National Academies”, [on-line:] <https://nap.nationalacademies.org/catalog/12507/severe-space-weather-events-understanding-societal-and-economic-impacts-a> – 1 III 2014.

³⁸ *Severe Space Weather Events...*

W marcu 2009 r. w „New Scientist” pojawił się artykuł, który zawierał opinię, że również Europa nie jest dostatecznie przygotowana na podobne wydarzenie, ponieważ europejskie sieci elektroenergetyczne są w dużym stopniu połączone ze sobą i wyjątkowo narażone na kaskadowe awarie. Jako przykład przedstawiono wypadek z 2006 r., kiedy rutynowe wyłączenie niewielkiej części sieci elektrycznej w Niemczech spowodowało blackout w innych krajach Europy Zachodniej. Tylko we Francji pięć milionów ludzi zostało bez prądu przez dwie godziny³⁹. W 2011 r. Organizacja Współpracy Gospodarczej i Rozwoju (OECD) opublikowała raport z sugestią, że w regionach o najwyższym przewodnictwie elektrycznym ziemi można się spodziewać najpoważniejszych konsekwencji oddziaływania CME na sieci elektryczne (zob. infografika poniżej)⁴⁰. Oznacza to, że znaleziono nowy krytyczny czynnik dla systemu sieci elektrycznej, czyli podłoże, po którym chodzimy lub jeździmy.

Infografika: Wrażliwość sieci elektrycznej w Ameryce Północnej na burze geomagnetyczne



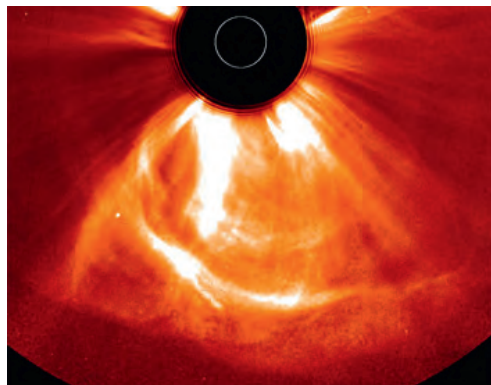
Źródło: Multi-Disciplinary Issues International Futures Programme. OECD/IFP Futures Project on Future Global Shocks. Geomagnetic Storms, 2011, [on-line:] <https://docplayer.net/15282628-Multi-disciplinary-issues-international-futures-programme-oecd-ifp-futures-project-on-future-global-shocks-geomagnetic-storms.html> – 1 III 2014.

³⁹ M. Brooks, Space Storm Alert: 90 Seconds from Catastrophe, „New Scientist”, 23.03.2009, [on-line:] <https://www.newscientist.com/article/mg20127001-300-space-storm-alert-90-seconds-from-catastrophe/> – 9 II 2015.

⁴⁰ Multi-Disciplinary Issues International Futures Programme. OECD/IFP Futures Project on Future Global Shocks. Geomagnetic Storms, 2011, [on-line:] <https://docplayer.net/15282628-Multi-disciplinary-issues-international-futures-programme-oecd-ifp-futures-project-on-future-global-shocks-geomagnetic-storms.html> – 1 III 2014; T.S. Molinski et al., op. cit.

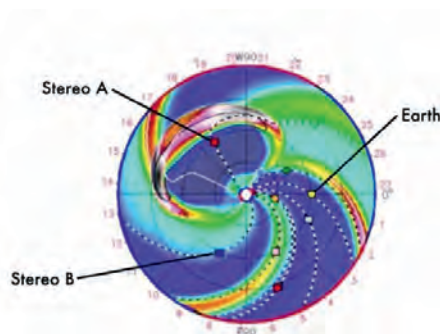
23 lipca 2012 r. zauważono ogromny CME. Tego dnia dwa obłoki plazmy CME, oddalone tylko o 10-15 minut swojej drogi, prawie przeszły przez orbitę Ziemi, nieomal kolidując z nią (zob. infografika poniżej)⁴¹.

Infografika: Koronalny wyrzut masy ze Słońca, 23 lipca 2012 r.



Źródło: R. Sanders, *Fierce Solar Magnetic Storm Barely Missed Earth in 2012*, „Berkeley News”, 18.03.2014 [on-line:] <http://newscenter.berkeley.edu/2014/03/18/fierce-solar-magnetic-storm-barely-missed-earth-in-2012/> – 17 VIII 2021.

Infografika: Pozycja Ziemi i kierunku CME w lipcu 2012 r.



Źródło: T. Phillips, *Carrington-class CME Narrowly Misses Earth*, 5.05.2014, [on-line:] https://science.nasa.gov/science-news/science-at-nasa/2014/02may_super-storm – 17 VIII 2021.

Gdyby ta erupcja miała miejsce dziewięć dni wcześniej, kiedy punkt zapłonu na powierzchni Słońca był wycelowany w Ziemię, to nasza planeta znajdowałaby się na trajektorii CME i plazma uderzyłaby w nią. Taka ekstremalna burza słoneczna może wywołać poważne konsekwencje technologiczne. Stwarza to znaczące wyzwania dla infrastruktury krytycznej współczesnych społeczeństw, jaką jest sieć elektroenergetyczna. CME może siał spustoszenie w sieci elektrycznej, wyłączając przy tym satelity i GPS oraz zakłócając nasze coraz bardziej zależne od elektroniki życie. Jak już wspomniałem, całkowity światowy bilans strat gospodarczych tylko w pierwszym roku może sięgnąć 1-2 bln dolarów. Potencjalny czas powrotu do pełnej normalności zająłby 4-10 lat. Dane te opierają się na wynikach raportu NAS z 2008 r.⁴²

Gdyby zapasowe transformatory nie były dostępne, potrzebny byłby nowy, nie-standardowy transformator, potencjalnie umożliwiający pracę elektrowni na biegu jałowym przez lata. Typowy czas realizacji budowy nowych transformatorów wynosi

⁴¹ Ying D. Liu et al., *Observations of an Extreme Storm in Interplanetary Space Caused by Successive Coronal Mass Ejections*, „Nature Communications”, 18.03.2014, Vol. 5, No 3481.

⁴² R. Sanders, *Fierce Solar Magnetic Storm Barely Missed Earth in 2012*, „Berkeley News”, 18.03.2014, [on-line:] <http://newscenter.berkeley.edu/2014/03/18/fierce-solar-magnetic-storm-barely-missed-earth-in-2012/> – 17 VIII 2021.

12 miesięcy lub więcej⁴³. Na szczęście tak się nie stało. Problem w tym, że nie znamy mechanizmu wytwarzania, częstotliwości i mocy koronalnego wyrzutu masy na Słońcu.

3. Wyzwania dla polityki kosmicznej Unii Europejskiej

Podstawą działań zabezpieczających na wypadek niezaplanowanych przerw w dostawie prądu na obszarze Unii Europejskiej jest Dyrektywa 2005/89/WE Parlamentu Europejskiego i Rady dotycząca środków zapewniających bezpieczeństwo dostaw energii elektrycznej i inwestycji infrastrukturalnych z dnia 18 stycznia 2006 r. W jej tekście wspomina się m.in. o ustanowieniu przez Unię zobowiązań w celu zapewnienia bezpieczeństwa dostaw energii elektrycznej i podjęcia znacznych inwestycji w energię elektryczną sieci⁴⁴. Najwidoczniej awarie w UE i USA uwypukliły europejskim decydom potrzebę określenia jasnych standardów operacyjnych dla sieci przesyłowych oraz prawidłowego ich utrzymania i rozwoju w celu zapewnienia bezpieczeństwa dostaw energii elektrycznej oraz poczynienia znacznych inwestycji infrastrukturalnych⁴⁵.

UE zdecydowała się sfinansować kilka ważnych rozwiązań technologicznych. W pierwszej kolejności powszechnie dostępną sieć elektryczną TEN-E (zob. infografika na s. 153). Jej obszar jest powiązany z regionami, w których w przeszłości wystąpiły konsekwencje CME. Zasięg oddziaływania CME z 1859 r. wykracza poza granice mapy zamieszczonej na s. 153. Ukazuje je mapa na s. 154, na której także zaznaczono zasięg zorzy polarnej z 2003 i 2014 r., w celu porównania potencjalnego obszaru oddziaływania CME. Zobrazowano tam też potencjalny zasięg uderzenia CME z 23 lipca 2012 r.

Potencjalne niebezpieczeństwo związane z pogodą kosmiczną nasuwa następujące pytanie: czy europejska sieć elektryczna jest przygotowana do sprostania konsekwencjom CME ze Słońca?

W opinii „New Scientist” z marca 2009 r. odpowiedzialność za rozwiązywanie problemów wynikających z pogody kosmicznej jest w Europie „bardzo rozdrobiona”⁴⁶. Również na podstawie raportu NAS można wykazać, że w Europie jest wiele podmiotów zajmujących się tym obszarem. W pierwszej kolejności wymienia się⁴⁷ ESA (Europejską Agencję Kosmiczną) wraz z obecnie nieistniejącą już Europejską Siecią ds. Pogody Kosmicznej (SWENET) czy też – spoglądając z dzisiejszej

⁴³ J. Masters, op. cit.

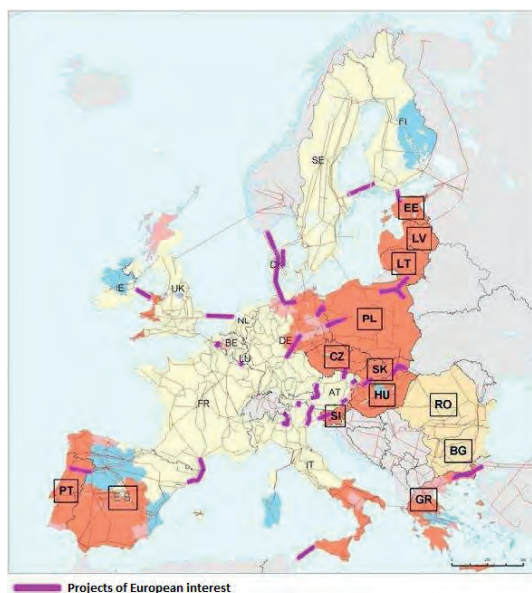
⁴⁴ Komunikat Komisji dla Rady i Parlamentu Europejskiego: Plan priorytetowych połączeń międzysieciowych KOM(2006) 846 wersja ostateczna {SEK(2006) 1715} {SEK(2007) 12}, Bruksela, dnia 10.01.2007.

⁴⁵ Ibidem.

⁴⁶ M. Brooks, op. cit.

⁴⁷ Severe Space Weather Events...

Infografika: Sieć elektryczna TEN-E w projekcie o znaczeniu europejskim



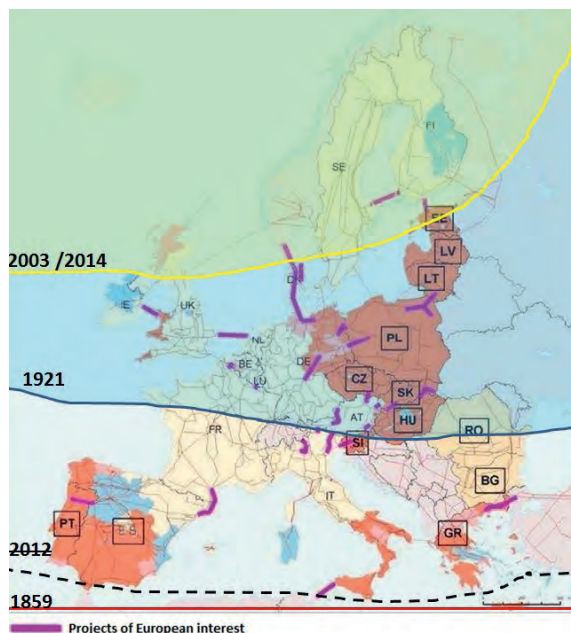
Źródło: A. Gawlikowska-Fyk, *Transeuropejskie sieci energetyczne*, „Biuletyn Urzędu Regulacji Energetyki” 2007, nr 5.

perspektywy po 2015 r. – jej późniejszą wersją SSA Space Weather Service Network. Autorzy raportu NSA sugerują, że jest to idealne miejsce na centrum operacyjne europejskiej infrastruktury monitoringu pogody kosmicznej. Wcześniej jednak powinna się znaleźć jej odpowiednia siedziba w Europie. Ponadto wśród europejskich podmiotów i inicjatyw w pośredni lub bezpośredni sposób odpowiedzialnych za badanie pogody kosmicznej wskazywane są takie, jak:

- COST (European Cooperation in Science and Technology) – sieć współpracy w zakresie przestrzeni kosmicznej i technologii z ukierunkowaniem na badanie transjonosferycznej propagacji radiowej (w tym efektów pogody kosmicznej);
- DIAS (Dublin Institute for Advanced Studies) – skoordynowany system cyfrowych pomiarów jonosond i ich upowszechnianie;
- SOTERIA (SOLar-TERrestrial Investigations and Archives) – naukowa eksploatacja danych o pogodzie kosmicznej, projekt realizowany w ramach Siódmego Programu Ramowego UE.

Przy tej okazji wspomina się o samej Unii, która wspiera kilka krajowych programów badania pogody kosmicznej, m.in. w Belgii, Francji, Niemczech, Hiszpanii, Finlandii, Włoszech, Polsce, Portugalii, Szwajcarii, Szwecji i Wielkiej Brytanii. Ale także o Danii i Norwegii ze specjalistycznymi zainteresowaniami i rolą przywódczą w konkretnych projektach – w przypadku Danii misja ESA/SWARM, mająca na celu badanie pola magnetycznego Ziemi z większą rozdzielczością, a w przypadku Norwegii eksploatacja Svalbardu jako superobserwatorium zjawisk pogody kosmicznej.

Infografika: Sieć linii wysokiego napięcia w Europie z rekonstrukcją zasięgu widzialności zórz polarnych typu *aurora borealis* z lat 1859, 1921, 2003, 2014 i sugestią zasięgu CME z 2012 r.



Opracowanie własne na podstawie: *Severe Space Weather Events – Understanding Societal and Economic Impacts: A Workshop Report* (2008), „National Academies” [on-line:] <https://nap.nationalacademies.org/catalog/12507/severe-space-weather-events-understanding-societal-and-economic-impacts-a-1-III-2014>; A. Gawlikowska-Fyk, *Transeuropejskie sieci energetyczne*, „Biuletyn Urzędu Regulacji Energetyki” 2007, nr 5, s. 5-13; Z. Jaworowski, *Te plamy nas wykończą*, „Polityka” 15.08.2009, nr 33(2718); S.M. Silverman, E.W. Cliver, *Low-latitude Auroras: The Magnetic Storm of 14-15 May 1921*, „Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics” 2001, Vol. 63, Issue 5, s. 523-535; P. Stanisławski, *Czy zorza polarna pojawiła się nad Polską?*, „Crazy Nauka”, 14.04.2013, [on-line:] <http://www.crazynauka.pl/czy-zorza-polarna-pojawila-sie-nad-polska/> – 1 III 2014; *Die Erdstrom- und Nordlichterscheinung...*, s. 72; *ELECTRIC DISTURBANCES AFFECT FRENCH WIRES; Aurora Not Visible, Its Absence Being Attributed to Atmospheric Conditions*, „The New York Times”, 18.05.1921; *C'est un orage qui a trouble l'autre nuit nos transmissions télégraphiques, MAIS IL A ÉCLATÉ. DANS LE SOLEIL!*, „Le Matin”, 17.05.1921, nr 1357, s. 1.

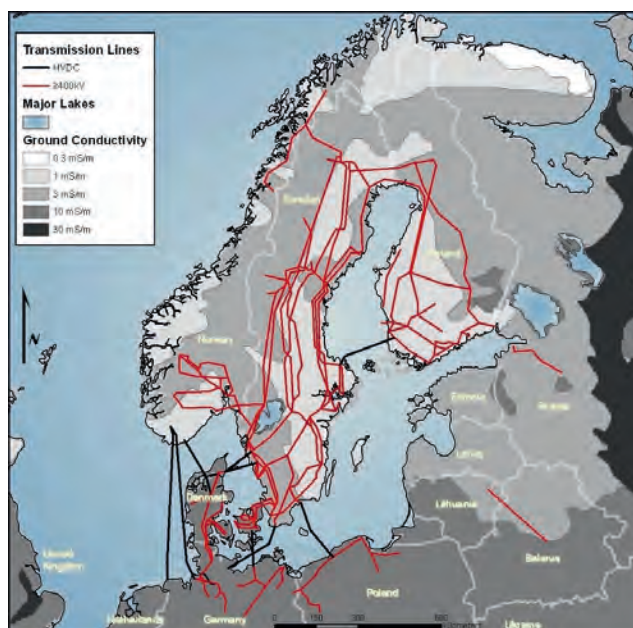
Raport NAS sugerował, że europejscy decydenci mają ograniczoną wiedzę na temat pogody kosmicznej. Nie zrobiono analizy przewidywanych obszarów black-outów po symulacji CME z incydem z 1921 r., analogicznych do tych, jakie ma USA od 2008 r.⁴⁸ Jednakże w 2018 r. UE podkreśliła znaczenie zagrożeń z kosmosu dla swojej strategii bezpieczeństwa⁴⁹.

⁴⁸ *Ibidem*.

⁴⁹ European Commission, *Questions and Answers on the New EU Space Programme*, 6.06.2018, [on-line:] https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/MEMO_18_4023-17-VIII-2021.

Jednym z priorytetów mógłby być program ochrony transformatorów wielkiej mocy. Ochrona przewodów sieci elektroenergetycznej wysokiego napięcia i uzwojeń transformatorów, rodzaj i sposób podłączenia transformatora oraz sposób uziemienia i rezystancji stacji są oparte na kierunkowej orientacji linii przesyłowych, ich długościach, oporności elektrycznej przekładni na prąd stały⁵⁰. W regionach o najwyższej przewodności elektrycznej gruntu można by oczekiwać najpoważniejszych konsekwencji wpływu CME na sieci elektryczne⁵¹. W Europie przewodnictwo ziemi jest wysokie na południowych wybrzeżach mórz Północnego i Bałtyckiego (zob. infografika poniżej).

Infografika: Zestawienie lokalizacji głównych linii elektrycznych w Europie Północnej z przewodnością gruntu, wskazujące podatność europejskich sieci elektroenergetycznych na burze geomagnetyczne z CME



Źródło: Multi-Disciplinary Issues International Futures Programme...

W Stanach Zjednoczonych, podobnie jak w Europie, przeprowadzono analizę ryzyka uszkodzenia sieci elektroenergetycznej. Jeśli w przyszłości dojdzie do CME o sile i zasięgu porównywalnym z 1921 r., podobnie jak w przypadku 1859 lub nawet 2012 r., zniszczenia europejskiej sieci przesyłowej będą ogromne. Według raportu OECD⁵² w przypadku CME o wysokiej energii tego zjawiska

⁵⁰ T.S. Molinski et al., op. cit.

⁵¹ Multi-Disciplinary Issues International Futures Programme...

⁵² T.S. Molinski et al., op. cit.

w Europie Środkowej może być generowany prąd indukowany w tym obszarze do wysokiej przewodności uziemienia, co może spowodować poważne uszkodzenie sieci.

Obecnie transformatory są bezpośrednio uziemionymi punktami zerowymi. Podczas burzy geomagnetycznej, która może stać się źródłem prądów indukowanych geomagnetycznie GIC (zob. infografika na s. 146), wpływających do sieci z ziemi, może pojawić się duże ryzyko ich przepalenia. Zapobieganie wprowadzaniu GIC do sieci poprzez połączenie uziemienia jest najlepszym rozwiązaniem długoterminowym. Pojawia się tu jednak kolejny problem związany z koniecznością budowy nowych układów służących ochronie transformatorów. Chodzi tu o stworzenie ścieżki, która automatycznie obchodzi kondensator w czasie przestoju i pozwala na przepływ prądów o dużej wartości⁵³. Inne możliwości to:

- duże kondensatory do ochrony transformatorów w elektrowniach, które są elementami krytycznych systemów elektroenergetycznych;
- dostosowanie sieci energetycznych tak, aby można było szybko i bezpiecznie wyłączyć transformatory na wypadek alarmu związanego z CME na Słońcu⁵⁴.

Od 2002 r. ESA prowadzi projekt pilotażowy „Usługa prognozowania w czasie rzeczywistym dla prądów indukowanych geomagnetycznie”. Celem projektu jest opracowanie usługi prognostycznej do wykorzystania przez przedsiębiorstwa elektroenergetyczne, która złagodzi skutki wywołanych przez pogodę kosmiczną prądów geomagnetycznych (GIC)⁵⁵. Przygotowanie nowego rozwiązania dla transformatorów dużej mocy mogłoby stać się nowym zadaniem dla kolejnego Europejskiego Programu Ramowego i doprowadzić do opracowania nowej konstrukcji szybkich wyłączników wysokiego napięcia oraz nowej konstrukcji skutecznych systemów uziemienia aparatury elektrycznej.

W 2014 r. rząd brytyjski zdecydował, że Met Office (narodowy serwis pogody) otworzy nowe centrum prognoz poświęcone pogodzie kosmicznej, co oznacza, że przewiduje się, iż burze słoneczne mogą mieć destrukcyjny wpływ na powierzchnię Ziemi⁵⁶. Wprawdzie Wielka Brytania wystąpiła z UE 31 stycznia 2020 r., jednak nie przecięto kabli energetycznych ani telekomunikacyjnych i 24 grudnia 2020 r. została podpisana umowa o handlu między UE a Wielką Brytanią, precyzująca wzajemne relacje również w dziedzinie energetyki⁵⁷. To daje możliwość, a wręcz

⁵³ J. Malko, *Burza słoneczna skali międzyplanetarnej – zagrożenia i szanse opanowania*, „Energetyka” maj 2012, s. 210-213.

⁵⁴ Z. Jaworowski, *op. cit.*

⁵⁵ M. Wik et al., *op. cit.*

⁵⁶ J. Amos, *UK Met Office Opens ‘Solar Storm’ Centre*, BBC, 8.10.2014, [on-line:] <http://www.bbc.com/news/science-environment-29525154> – 6 II 2015.

⁵⁷ *Umowa o handlu i współpracy między UE a Wielką Brytanią*, 31 grudnia 2020, [on-line:] [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/PDF/?uri=CELEX:22020A1231\(01\)&from=PL](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/PDF/?uri=CELEX:22020A1231(01)&from=PL) – 6 II 2015.

stwarza konieczność dalszej współpracy w zakresie bezpieczeństwa zasilania w energię elektryczną.

Zakończenie

Coraz szersze zastosowanie urządzeń elektronicznych zwiększa nasze uzależnienie od prądu elektrycznego, a w konsekwencji uwrażliwienie na zanik zasilania. Dlatego tak ważne jest zapewnienie ciągłego zasilania systemów informatycznych i wybranej infrastruktury, m.in. wodociągowo-kanalizacyjnej. Wymaga to uwzględnienia różnych zagrożeń utraty energii elektrycznej w sieci krajowej. Stąd sugestia uwzględnienia koronalnego wyrzutu masy na Słońcu. Chęć budowania inteligentnych miast, *smart cities*, sprawia, że konieczne jest zwiększenie środków bezpieczeństwa na wypadek CME, którego konsekwencje mogą być odczuwalne w każdym kraju i wielu miastach. W dłuższej perspektywie czasowej nie jesteśmy w stanie przewidzieć momentu i siły kolejnego koronalnego wyrzutu masy na Słońcu ani tym bardziej go zatrzymać. Sytuacja z sierpnia 2012 r. może się powtórzyć. Problem zagrożenia sieci elektrycznej pochodzący ze Słońca powinien być omawiany na każdym spotkaniu dotyczącym *smart city*, w jeszcze większym stopniu uzależnionego od energii elektrycznej.

Moim zdaniem zakres działań zabezpieczających powinien zostać rozszerzony na całą Europę. Dzięki temu będzie możliwa szybka reakcja jeszcze przed wystąpieniem CME, polegająca na zabezpieczeniu sieci teleinformatycznych i telekomunikacyjnych, telefonii komórkowej, Internetu przed zanikiem prądu. Jednym ze sposobów na rozwiązanie tego problemu jest wykorzystanie idei dywersyfikacji produkcji energii elektrycznej dzięki odnawialnym źródłom energii (OZE). Unia Europejska wdraża obecnie program promocji OZE⁵⁸. Dzięki nim jest możliwe awaryjne zasilanie ośrodków miejskich lub nawet całych krajów poprzez skrócenie linii przesyłowych, z których nawet obecnie część jest pod ziemią. Tym samym warto, aby polityka kosmiczna Unii Europejskiej została znacznie rozbudowana i obejmowała również takie z pozoru odległe, lecz faktycznie pokrewne zagadnienia, jak:

- poszerzenie obserwacji pogody kosmicznej o CME i powszechne udostępnienie tych danych oraz ich katalogowanie;
- opracowanie technologii budowy nowych transformatorów;
- dalsze promowanie OZE jako źródeł zasilania miast i całych krajów.

Z całą pewnością wzmocni to bezpieczeństwo energetyczne krajów członkowskich i pomoże zrozumieć wpływ przestrzeni kosmicznej na nasze bezpieczeństwo.

⁵⁸ Rozporządzenie Wykonawcze Komisji (UE) 2020/1294 z dnia 15 września 2020 r. w sprawie unijnego mechanizmu finansowania energii ze źródeł odnawialnych, Dz.Urz. UE, L 303/1, z 17.09.2020.

Bibliografia

Monografie i opracowania zbiorowe

- Angot A., *The Aurora Borealis*, London 1896.
- Arystoteles, *Polityka*, przeł. L. Piotrowicz, Warszawa 1964.
- Lundstedt H., *The Sun, Space Weather and GIC Effects in Sweden*, „Advances in Space Research” 2006, Vol. 37, Issue 6, s. 1182-1191, <https://doi.org/10.1016/j.asr.2005.10.023>.
- Pasco X., *A European Approach to Space Security*, Cambridge, MA 2009.
- Smolik B., *Przestrzeń kosmiczna jako obszar wschodzących problemów bezpieczeństwa Europy i świata*, [w:] *Bezpieczeństwo Europy i Unii Europejskiej w czasach kryzysu*, red. M. Musiał-Karg, Poznań 2016.

Artykuły w periodykach

- Académie des Sciences, *La vie est-elle éternelle?*, „Le Figaro” 18.05.1921, nr 138.
- Aurora Borealis*, „Hawera & Normanby Star” May 16, 1921.
- A 500 kilomètres dans l’atmosphère*, „Le Matin” 15.07.1921, nr 13631.
- Cables Damaged by Sunspot Aurora*, „The New York Times” 17.05.1921.
- Carrington R.C., *Description of a Singular Appearance Seen in the Sun on September 1, 1859*, „Monthly Notices of the Royal Astronomical Society” 1859, Vol. 20, Issue 1, s. 13-15, <https://doi.org/10.1093/mnras/20.1.13>.
- C’est un orage qui a trouble l’autre nuit nos transmissions télégraphiques, MAIS IL A ÉCLATÉ. DANS LE SOLEIL!*, „Le Matin” 17.05.1921, nr 1357.
- Die Erdstrom- und Nordlichterscheinung des 15. Mai 1921*, „Schweizerische Bauzeitung” 1921, Bd. 77/78, Heft 6.
- ELECTRIC DISTURBANCES AFFECT FRENCH WIRES; Aurora Not Visible, Its Absence Being Attributed to Atmospheric Conditions*, „The New York Times” 18.05.1921.
- Gawlikowska-Fyk A., *Transeuropejskie sieci energetyczne*, „Biuletyn Urzędu Regulacji Energetyki” 2007, nr 5, s. 5-13.
- Geomagnetic Storms Can Threaten Electric Power Grid Earth in Space*, „American Geophysical Union” March 1997, Vol. 9, No. 7.
- Jaworowski Z., *Te plamy nas wykończą*, „Polityka” 15.08.2009, nr 33(2718), s. 59-61.
- Liu Y.D. et al., *Observations of an Extreme Storm in Interplanetary Space Caused by Successive Coronal Mass Ejections*, „Nature Communications”, 18.03.2014, Vol. 5, No. 3481, <https://doi.org/10.1038/ncomms4481>.
- Malko J., *Burza słoneczna skali międzyplanetarnej – zagrożenia i szanse opanowania*, „Energetyka” maj 2012, s. 210-264.
- Molinski T.S. et al., *Shielding Grids from Solar Storms [Power System Protection]*, „IEEE Spectrum” 2000, Vol. 37, Issue 11, <https://doi.org/10.1109/6.880955>.
- Newspaper Wires In Southwest Are Hit By Earth Currents*, „Bisbee Daily Review” 15.05.1921.
- Odenwald S., Green J.L., *Bracing the Satellite Infrastructure for a Solar Superstorm*, „Scientific American” July 28, 2008, nr 299, s. 80-87.
- Polkowska M., *Space Situational Awareness (SSA) for Providing Safety and Security in Outer Space: Implementation Challenges for Europe*, „Space Policy” 2020, Vol. 51, s. 1-7, <https://doi.org/10.1016/j.spacepol.2019.101347>.
- Popielawska B., *Pogoda kosmiczna – bardzo przyziemna sprawa*, [w:] *Wybrane problemy geofizyki współczesnej*, red. M. Grad, Warszawa 2002, s. 305-319.

- Silverman S.M., Cliver E.W., *Low-latitude Auroras: The Magnetic Storm of 14-15 May 1921*, „Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics” 2001, Vol. 63, Issue 5, s. 523-535, [https://doi.org/10.1016/S1364-6826\(00\)00174-7](https://doi.org/10.1016/S1364-6826(00)00174-7).
- Sunspot Aurora Paralyzes Wires, „The New York Times” 15.05.1921.
- SUNSPOT CREDITED WITH RAIL TIE-UP; New York Central Signal System Put Out of Service by Play of Northern Lights, „The New York Times” 16.05.1921.
- Verspieren Q., Shiroyama H., *From the Seas to Outer Space: The Reverse Dynamics of Civil-Military, Situational Awareness Information and Responsibility Sharing*, „Space Policy” 2019, Vol. 50, <https://doi.org/10.1016/j.spacepol.2019.07.003>.
- Wik M. et al., *Space Weather Events in July 1982 and October 2003 and the Effects of Geomagnetically Induced Currents on Swedish Technical Systems*, „Annales Geophysicae” 2009, Vol. 27, Issue 4, <https://doi.org/10.5194/angeo-27-1775-2009>.

Netografia

- Amos J., *UK Met Office Opens ‘Solar Storm’ Centre*, BBC, 8.10.2014, [on-line:] <http://www.bbc.com/news/science-environment-29525154>.
- Brooks M., *Space Storm Alert: 90 Seconds from Catastrophe*, „New Scientist”, 23.03.2009, [on-line:] <https://www.newscientist.com/article/mg20127001-300-space-storm-alert-90-seconds-from-catastrophe/>.
- European Commission, *Questions and Answers on the New EU Space Programme*, 6.06.2018, [on-line:] https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/MEMO_18_4023.
- Elovaara J. et al., *Geomagnetically Induced Currents in the Nordic Power System and Their Effects on Equipment, Control, Protection and Operation*, CIGR'E General Session 1992, (CIGR' International Conference on Large High Voltage Electric Systems), Paris, France, 31 August – 5 September 1992, Paper No. 36-301, [on-line:] https://e-cigre.org/publication/36-301_1992-geomagnetically-induced-currents-in-the-nordic-power-system-and-their-effects-on-equipment-control-protection-and-operation.
- Howell E., *Giant Halloween Solar Storm Sparked Earth Scares 10 Years Ago (Video)*, 30.10.2013, [on-line:] <https://www.space.com/23396-scary-halloween-solar-storm-2003-anniversary.html>.
- Koralewski P., *Gdy zachoruje transformator...*, „Risk Focus”, „Risk Focus”, 4.11.2015, [on-line:] <https://riskfocus.pl/gdy-zachoruje-transformator/>.
- Love J.J., Rigler E.J., Robertson J.K., *The Magnetic Storm of Halloween 2003*, „Directions Magazine” 30.10.2013, [on-line:] <https://www.directionsmag.com/article/1510>.
- Masters J., *A Future Space Weather Catastrophe: a Disturbing Possibility*, 3.04.2009, [on-line:] <http://www.underground.com/blog/JeffMasters/a-future-space-weather-catastrophe--a-disturbing-possibility.html>.
- OECD/IFP, *Multi-Disciplinary Issues International Futures Programme. OECD/IFP Futures Project on Future Global Shocks. Geomagnetic Storms*, 2011, [on-line:] <https://docplayer.net/15282628-Multi-disciplinary-issues-international-futures-programme-oecd-ifp-futures-project-on-future-global-shocks-geomagnetic-storms.html>.
- Phillips T., *Carrington-class CME Narrowly Misses Earth*, „Phys.org”, 5.05.2014, [on-line:] https://science.nasa.gov/science-news/science-at-nasa/2014/02may_superstorm.
- Sanders R., *Fierce Solar Magnetic Storm Barely Missed Earth in 2012*, „Berkeley News”, 18.03.2014, [on-line:] <http://newscenter.berkeley.edu/2014/03/18/fierce-solar-magnetic-storm-barely-missed-earth-in-2012/>.

- Schoch R.M., *Gwiazda śmierci – nasze Słońce*, Infra.org.pl, 16.03.2012, [on-line:] <http://infra.org.pl/nauka/wszechwiat/1241-gwiazda-mierci-nasze-soce>.
- Severe Space Weather Events – Understanding Societal and Economic Impacts: A Workshop Report (2008), „National Academies” [on-line:] <https://nap.nationalacademies.org/catalog/12507/severe-space-weather-events-understanding-societal-and-economic-impacts-a-space-and-security>, [on-line:] https://ec.europa.eu/growth/sectors/space/security_en.
- Stanisławski P., *Czy zorza polarna pojawiła się nad Polską?*, „Crazy Nauka”, 14.04.2013, [on-line:] <http://www.crazynauka.pl/czy-zorza-polarsna-pojawila-sie-nad-polska/>.
- Wewnętrzny rynek energii, <https://eur-lex.europa.eu/summary/chapter/1809.html>.
- World Data Center for Geomagnetism, Kyoto, *Geomagnetic Data Service*, [on-line:] <http://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp/wdc/Sec3.html>.

Akty prawne i oficjalne deklaracje (chronologicznie)

- Dziennik Urzędowy Województwa Południowego 1921, nr 3, 25.08.1921.
- Rozporządzenie (WE) nr 1228/2003 Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 26 czerwca 2003 r. w sprawie warunków dostępu do sieci w odniesieniu do transgranicznej wymiany energii elektrycznej, Dz.Urz. UE, L 196 z 15.07.2003.
- Wykazy ustaw dostosowujących prawo polskie do prawa UE – przed 1 maja 2004; Wykazy ustaw uchwalonych przez Sejm, wniesionych z inicjatywy Rady Ministrów, dostosowujących prawo polskie do prawa Unii Europejskiej, [on-line:] http://oide.sejm.gov.pl/oide/index.php?option=com_content&view=article&id=14946&Itemid=1042.
- Dyrektywa 2005/89/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 18 stycznia 2006 r. dotycząca działań na rzecz zagwarantowania bezpieczeństwa dostaw energii elektrycznej i inwestycji infrastrukturalnych, Dz.Urz. UE, L 33/22 z 4.02.2006.
- Komunikat Komisji dla Rady i Parlamentu Europejskiego: Plan priorytetowych połączeń międzysieciowych KOM(2006) 846 wersja ostateczna {SEK(2006) 1715} {SEK(2007) 12}, Bruksela, dnia 10.01.2007.
- Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) Nr 714/2009 z dnia 13 lipca 2009 r. w sprawie warunków dostępu do sieci w odniesieniu do transgranicznej wymiany energii elektrycznej i uchylające rozporządzenie (WE) nr 1228/2003, Dz.Urz. UE, L 211/15 z 14.08.2009.
- Decyzja Parlamentu Europejskiego i Rady nr 541/2014/UE z dnia 16 kwietnia 2014 r. ustanawiająca ramy wsparcia obserwacji i śledzenia obiektów kosmicznych, Dz.Urz. UE, L 158/227 z 27.05.2014.
- Komunikat Komisji do Parlamentu Europejskiego i Rady: Europejska strategia bezpieczeństwa energetycznego, COM/2014/0330 final: 28.05.2014.
- Komunikat Komisji do Parlamentu Europejskiego, Rady, Europejskiego Komitetu Ekonomiczno-Społecznego, Komitetu Regionów i Europejskiego Banku Inwestycyjnego: Strategia ramowa na rzecz stabilnej unii energetycznej opartej na przyszłościowej polityce w dziedzinie klimatu, COM/2015/080 final: 25.02.2015.
- Rozporządzenie Komisji (UE) 2017/2196 z dnia 24 listopada 2017 r. ustanawiające kodeks sieci dotyczący stanu zagrożenia i stanu odbudowy systemów elektroenergetycznych, Dz.Urz. UE, L 312/54 z 28.11.2017.
- Rozporządzenie wykonawcze Komisji (UE) 2020/1294 z dnia 15 września 2020 r. w sprawie unijnego mechanizmu finansowania energii ze źródeł odnawialnych, Dz.Urz. UE, L 303/1 z 17.09.2020.

- Umowa o handlu i współpracy między UE a Wielką Brytanią, 31 grudnia 2020, [on-line:] [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/PDF/?uri=CELEX:22020A-1231\(01\)&from=PL](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PL/TXT/PDF/?uri=CELEX:22020A-1231(01)&from=PL).
- Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2021/696 z dnia 28 kwietnia 2021 r. ustanawiające Unijny program kosmiczny i Agencję Unii Europejskiej ds. Programu Kosmicznego, Dz.Urz. UE, L z 12.05.2021.

Praca zbiorowa *Polityka kosmiczna Unii Europejskiej. Zagadnienia prawne, polityczne i ekonomiczne* dotyczy ważnej, przyszłościowej, a niezbyt znanej w Polsce dziedziny. Książka prezentuje aktualny stan wiedzy na temat unijnych programów, inicjatyw i rywalizacji z innymi mocarstwami w zakresie eksploracji i użytkowania kosmosu. Autorzy, których analizy znalazły się w tym opracowaniu, są cenionymi ekspertami, badającymi poszczególne aspekty unijnej aktywności w przestrzeni kosmicznej. Przybliżają oni takie zagadnienia, jak funkcjonowanie Europejskiej Agencji Kosmicznej, budowa systemu nawigacji satelitarnej Galileo czy też perspektywa wypraw na inne ciała niebieskie. Książka wypełnia na polskim rynku lukę spowodowaną dotychczasowym brakiem podobnej wielopłaszczyznowej pracy na temat tak popularnego, a zarazem mało znanego zagadnienia.

Publikacja stanowi istotny wkład w poznanie i zrozumienie europejskiej polityki kosmicznej.

Grzegorz Rdzaneek, prof. UJK

Niniejsza monografia wychodzi naprzeciw oczekiwaniom, dostrzegając ważne dla przyszłości obszary działania Unii Europejskiej oraz mocarstw światowych, czym wpisuje się w nowatorskie badania naukowe.

Wojciech Horyń, prof. AWL



<https://akademicka.pl>

ISBN 978-83-8138-774-3



9 788381 387743