

Będąc jedną z pierwszych obserwowanych sygnatur erupcji słonecznych, rozbłyski słoneczne nie tylko umożliwiają badanie procesów plazmowych zachodzących w środowisku o temperaturze miliona kelwinów, ale także poprawiają naszą zdolność przewidywania rozmiaru i czasu oddziaływania erupcji słonecznych na Ziemię i poza nią. Rozbłyski słoneczne i zdarzenia im towarzyszące to zdecydowanie najbardziej energetyczne zjawiska dynamiczne w Układzie Słonecznym, emitujące znaczną ilość energii w zakresie promieniowania rentgenowskiego i ekstremalnego ultrafioletu (EUV). Cząstki są przyspieszane w najwyższej warstwie atmosfery słonecznej (korona słoneczna) do bardzo wysokich energii. Uciekając z obszaru przyspieszenia mogą one dotrzeć do przestrzeni międzyplanetarnej, gdzie są rejestrowane jako słoneczne cząstki energetyczne (SEP). Pozostałe cząstki rozchodzą się wzdłuż zamkniętych struktur magnetycznych do chromosfery, gdzie tracą swoją energię zderzając się z naładowanymi cząstkami otoczenia. Powoduje to gwałtowne nagrzewanie napotkanej plazmy do temperatur powyżej 10 MK. Plazma podgrzana przez wysokoenergetyczne wiązki cząstek wypełnia koronalne struktury magnetyczne, które w promieniach rentgenowskich są obserwowane jako rozbłyski. Dlatego rozbłysk słoneczny emituje zarówno promieniowanie, jak i cząstki. Wysokoenergetyczne promieniowanie i cząsteczki emitowane podczas rozbłysków słonecznych są w większości odchylane od Ziemi dzięki otaczającemu nas kokonowi magnetycznemu. Jednak satelity nawigacyjne, stacje kosmiczne, astronomowie i loty komercyjne są narażone na wpływ emisji związanych z rozbłyskami.

Obserwacje i analiza procesów zachodzących w atmosferze słonecznej oraz ich wpływu na stan heliosfery to główne cele wielu dedykowanych misji naukowych do Słońca, np. kluczowej dla ESA misji słonecznej Solar Orbiter (SO) oraz ADITYA-L1, która będzie pierwszym indyjskim dedykowanym Słońcu obserwatorium w kosmosie. Dzięki bogactwu obserwacji zarejestrowanych przez misje kosmiczne i naziemne społeczność naukowa zajmująca się fizyką Słońca jest w stanie udzielać odpowiedzi na podstawowe pytania dotyczące fizyki Słońca, fizyki heliosfery i fizyki Układu Słonecznego. Postęp technologiczny umożliwił obserwację emisji ze Słońca z dużą rozdzielczością przestrzenną dzięki zbliżeniu się na odległość trzy razy mniejszą w porównaniu z poprzednimi misjami. Umożliwia to obserwację niezbadanych dotąd szczegółów fizyki plazmy, naładowanych cząstek i środowiska pola magnetycznego. Dlatego nasz projekt wykorzystuje tę zdolność w wyjątkowy sposób, łącząc różne rodzaje promieniowania emitowanego podczas rozbłysków słonecznych z powiązаныmi zdarzeniami elektronowymi. Podczas gdy rozumiemy, że emisja i przyspieszenie naładowanych cząstek w koronie słonecznej na wielu długościach fal wynika z rekonfiguracji pól magnetycznych, to próba systematycznego łączenia obserwacji zdalnych i in situ stała się możliwa dopiero niedawno, co jest głównym celem projektu.

Proponowana praca, wspierana analizą wielu długości fal i symulacjami hydrodynamicznymi, ma na celu zrozumienie kilku wciąż aktualnych problemów w astrofizyce. Na przykład, czy rozbłyski klasy X (klasa ekstremalnej intensywności) są najbardziej energetyczne lub najsilniej wpływają na pogodę kosmiczną, czyli jaka jest fizyka rozdzielania swobodnej (nadmiaru) energii magnetycznej na procesy termiczne i nietermiczne podczas rozbłysków? Aby odpowiedzieć na te nierozstrzygnięte kwestie, naszym celem jest zbadanie długoterminowych właściwości plazmy i pola magnetycznego obszaru aktywnego, które prowadzą do rozbłysków emitujących wysokoenergetyczne promieniowanie i energetyczne cząstki (określane jako wysokoenergetyczne rozbłyski). Na podstawie analizy obserwacji na wielu długościach fal naszym celem jest prześledzenie właściwości plazmy podczas rekonfiguracji pól magnetycznych, które wykazują bezpośredni związek z wysokoenergetycznymi rozbłyskami. Planujemy podjąć się analizy całego okresu obserwacji dostępnych z misji STIX (od 2021 r. do chwili obecnej), który obejmuje obserwacje ponad 30 000 rozbłysków oraz obserwacje in-situ z EPD, oba instrumenty na pokładzie Solar Orbiter. Naturalnym wynikiem tej analizy będzie lista wyróżniających się silnych rozbłysków pod względem emisji promieniowania rentgenowskiego, jak również związanych z nimi strumieni elektronów. Zjawiska te będą dalej analizowane przy użyciu obserwacji na wielu długościach fal i modelowania hydrodynamicznego. Ścisła współpraca z zespołem STIX przez ostatnie 1,5 roku, dzięki bieżącemu finansowaniu MSCA, daje przewagę w szybkim uzyskaniu wyników zgodnie z zaproponowanym planem. Ponadto, o ile wnioskodawca jest już wyposażony w doświadczenie związane z prowadzeniem symulacji hydrodynamicznych, zastosowanie uczenia maszynowego zostanie nabyte w trakcie realizacji proponowanej pracy. Przewidujemy wydanie kilku publikacji i katalogu internetowego zawierającego rozbłyski o istotnym znaczeniu dla pogody kosmicznej.