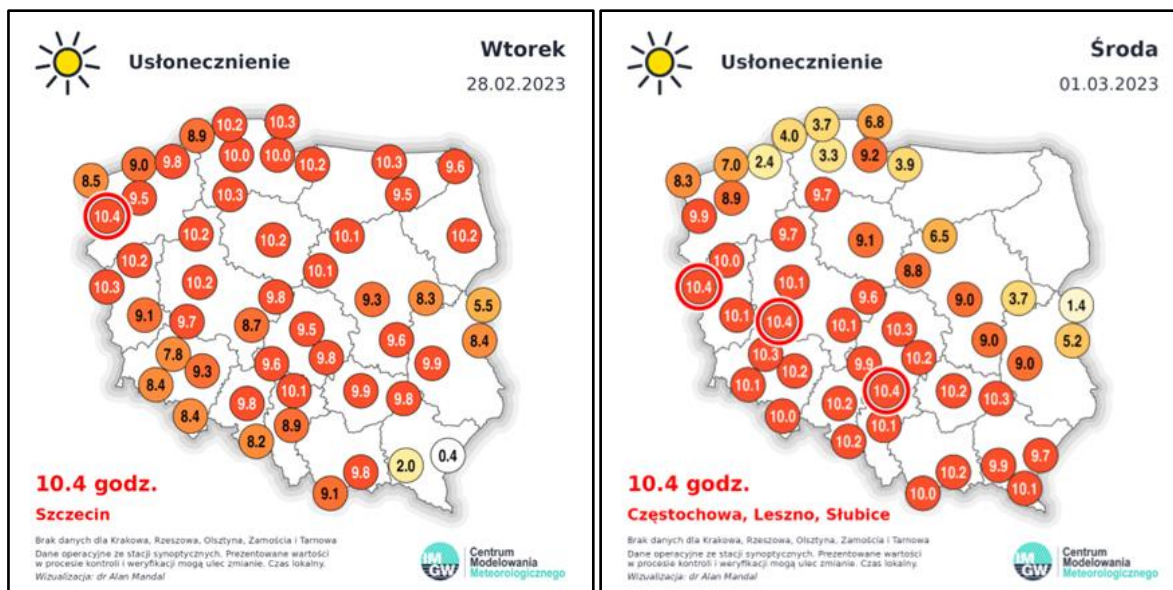


Promieniowanie słoneczne a produkcja energii w systemie PV



Pierwsze dwucyfrowe wartości uśonecznienia notowane na dużym obszarze Polski w mijającym tygodniu (i pierwsze takie w 2023 roku!) można podsumować hasłem „Tyle słońca- tyle korzyści”. Poprzednio zachęcaliśmy do słonecznych kąpielii, dziś zanurzamy się w wygrzany promieniami pierwszych wiosennych dni temat fotowoltaiki.

Zgodnie z naszymi prognozami, ostatniego dnia lutego i pierwszego dnia marca uśonecznienie zarejestrowane nad znacznym obszarem Polski przekroczyło wartość 10 godzin w ciągu doby, a więc było na poziomie uśonecznienia możliwego (od wschodu do zachodu słońca) dla tego okresu w roku. Z największą wartością - 10.4 w Szczecinie (28.02) oraz w Częstochowie, Lesznie i Słubicach (01.03).

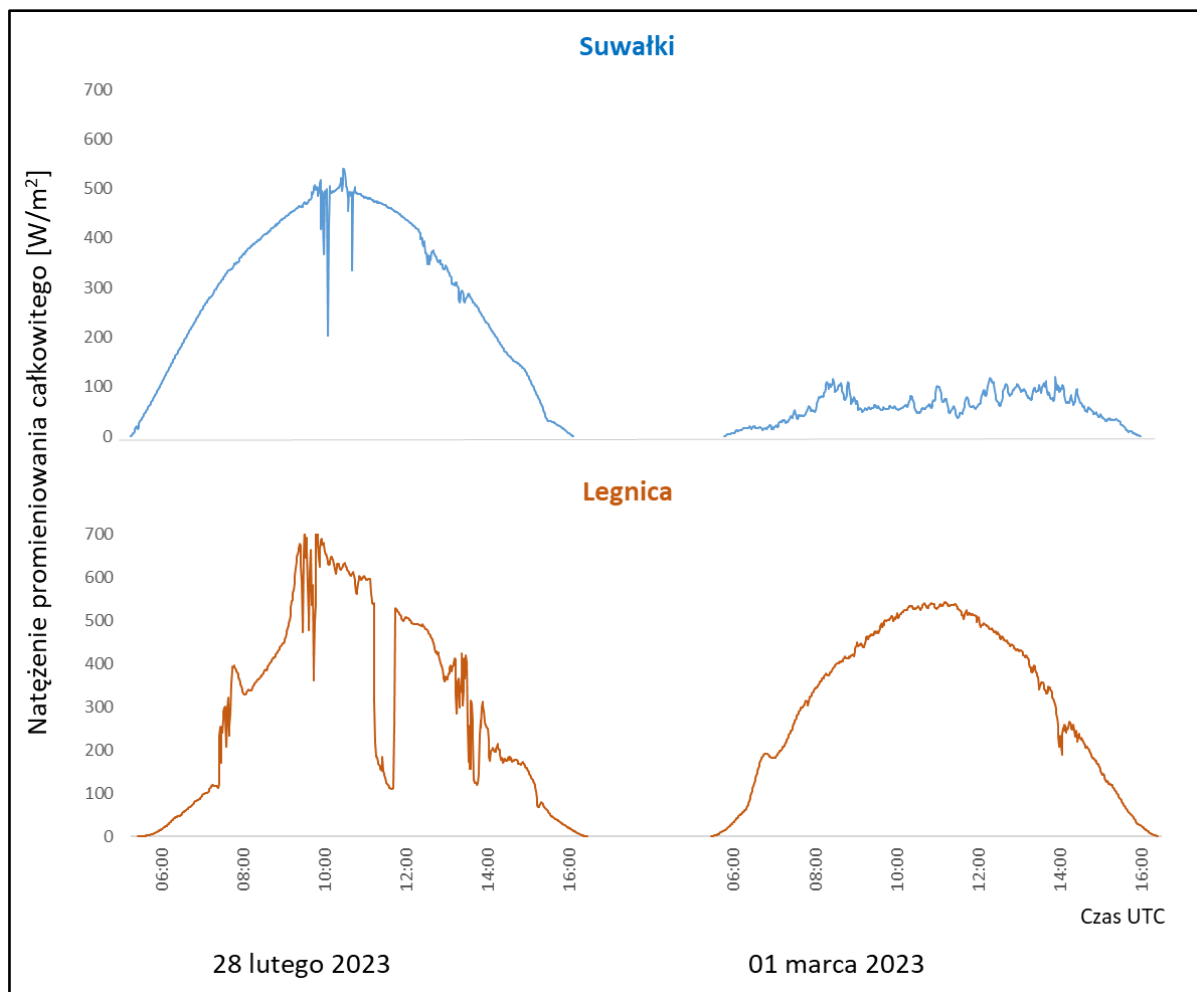


Rys 1. Usłonecznienie na stacjach synoptycznych sieci IMGW-PIB w dniach 28 lutego i 1 marca 2023, źródło: IMGW-PIB. Brak sygnatur w północno-wschodniej części Polski oznacza, że na tych stacjach usłonecznienie rzeczywiste raportowane w depeszach SYNOP nie przekroczyło wartości 0.1

Usłonecznienie duże ale podział nierówny

Poza czasem doływu bezpośredniego promieniowania słonecznego analizowane terminy różniły się rozkładem ilościowym i jakościowym oraz przestrzennym promieniowaniem na obszarze Polski.

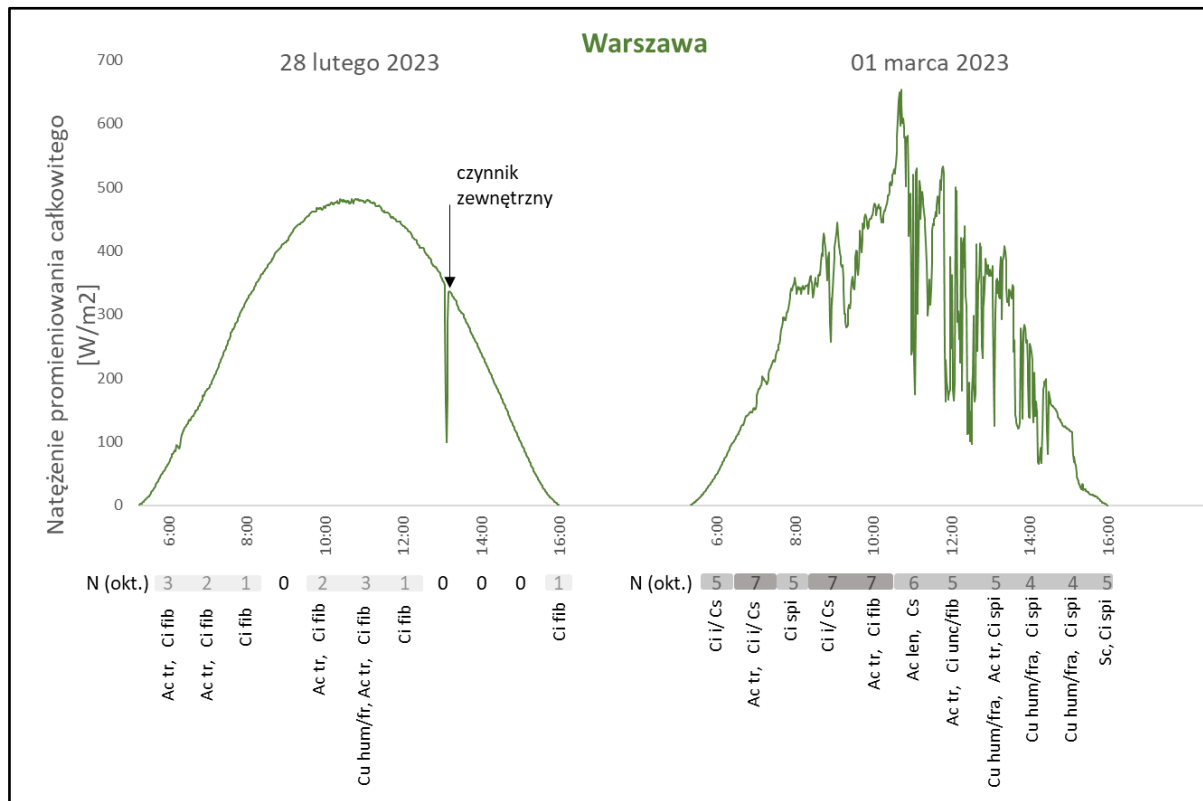
Wraz z przemieszczaniem się zatoki niskiego ciśnienia znad Rosji we środę nad północną częścią Polski rozwinęło się zachmurzenie piętra średniego i niskiego, które wpłynęło na redukcję promieniowania słonecznego docierającego do powierzchni ziemi. Co wyraźnie widać w zestawieniu danych aktynometrycznych dla Suwałk (Rys. 2). Na południu Polski, na stacji w Legnicy kolejnej doby zarejestrowano również minutowe wartości natężenia promieniowania całkowitego przekraczające wartość 500 W/m^2 , natomiast doływ promieniowania był bardziej ustabilizowany, choć z niższymi wartościami ekstremum niż w dniu poprzednim.



Rys. 2. Rozkład natężenia promieniowania całkowitego w Suwałkach i Legnicy w dniach 28 lutego i 1 marca 2023, źródło: IMGW-PIB

Warunki solarne w północnej części Mazowsza 28 lutego i 1 marca były do siebie bardziej porównywalne, choć wpływ zachmurzenia spowodowanego chmurami zalegającymi na różnych piętrach również był widoczny (Rys. 3). Ostatniego dnia lutego niebo było bezchmurne lub zachmurzenie było przeważnie małe, z przewagą chmur pierzastych piętra wysokiego, o małym współczynniku pochłaniania, ale dużym współczynniku rozpraszania. Okazuje się, że przy odpowiedniej wysokości Słońca nad horyzontem chmury Cirrus zwiększają promieniowanie całkowite. Chwilowa redukcja promieniowania zarejestrowanego przez pyranometr na stacji aktynometrycznej Warszawa-Bielany była najprawdopodobniej uwarunkowana przyczynami pozameteorologicznymi i wynikała z częściowego zastąpienia czujnika przez inny obiekt. Od pierwszego marca widać już transformację zachmurzenia wraz z nasuwaniem się zatoki niskiego ciśnienia – zarówno we wzroście zachmurzenia całkowitego od umiarkowanego do dużego oraz w rozwoju chmur kłębiastych piętra średniego, które

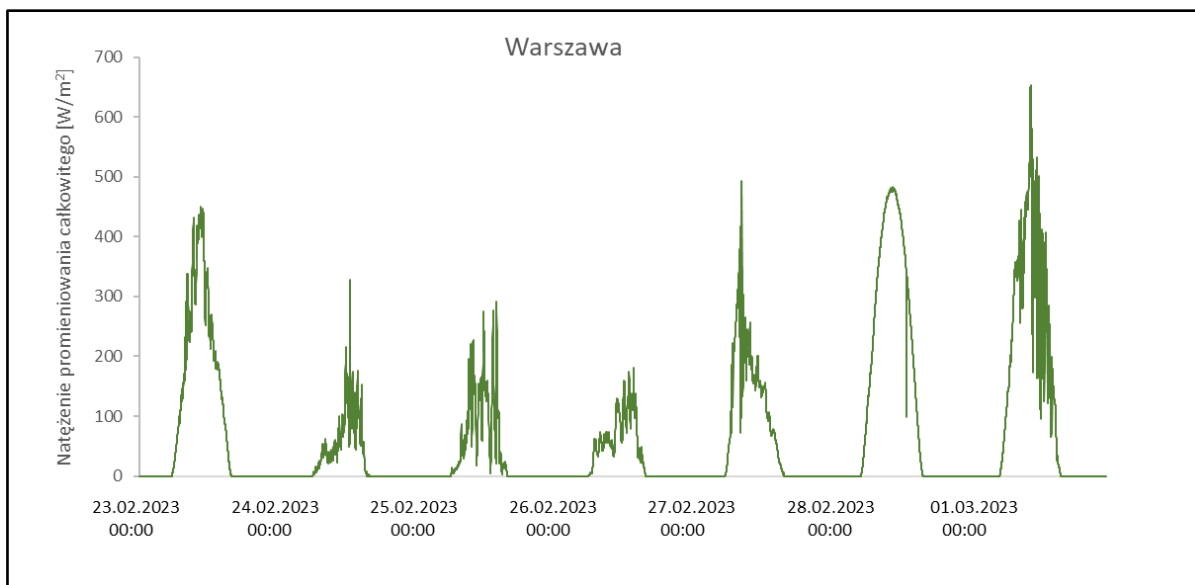
okresowo wpływały na redukcję natężenia promieniowania docierającego do powierzchni ziemi.



Rys. 3. Rozkład natężenia promieniowania w Warszawie w dniach 28 lutego i 1 marca 2023 wraz ze stopniem N (okt. n/8) i frakcją zachmurzenia, źródło: dane aktynometryczne i synop IMGW-PIB, przetworzone

Symbole zachmurzenia: Ci fib – Cirrus fibratus, Ci spi -Cirrus spissatus, Ci unc – Cirrus uncinus, Cs – Cirrostratus, Ac tr – Altocumulus translucidus, Ac len – Altocumulus lenticularis, Cu hum – Cumulus humilis, Cu fra – Cumulus fractus, Sc – Stratocumulus

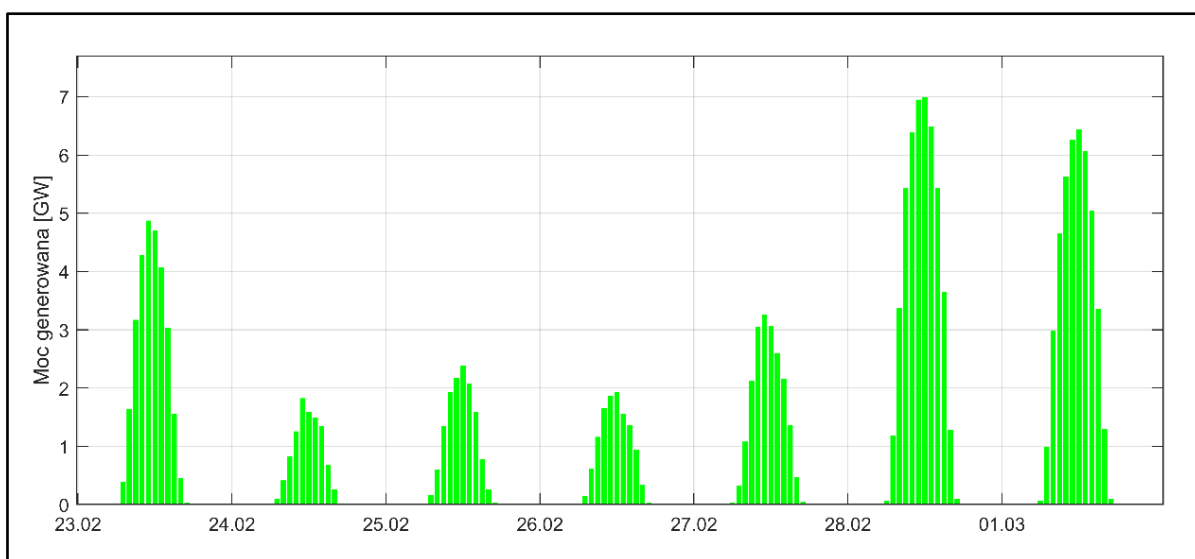
Natężenie promieniowania słonecznego na przełomie lutego i marca br. było zróżnicowane, co wynikało ze zmian sytuacji synoptycznej, natomiast ostatnie dni analizowanego okresu, w okresie dominacji klina wysokiego ciśnienia nad Polską, zdecydowanie wyróżniały się wobec poprzedzających je kilku dni (Rys. 4).



Rys. 4. Natężenie promieniowania całkowitego w Warszawie w ostatnim tygodniu lutego i na początku marca 2023 r, źródło danych: IMGW-PIB, przetworzone

Zwiększony dopływ promieniowania i wzrosty w systemie PV w Polsce

Poza korzystnym wpływem na samopoczucie efekt w postaci zwiększonego dopływu bezpośredniego promieniowania słonecznego był również widoczny w produktywności paneli fotowoltaicznych (Rys. 5) zainstalowanych na terytorium Polski, o czym informowały na portalach społecznościowych firmy i fundacje działające w sektorze energetycznym np. energy.instrat.pl

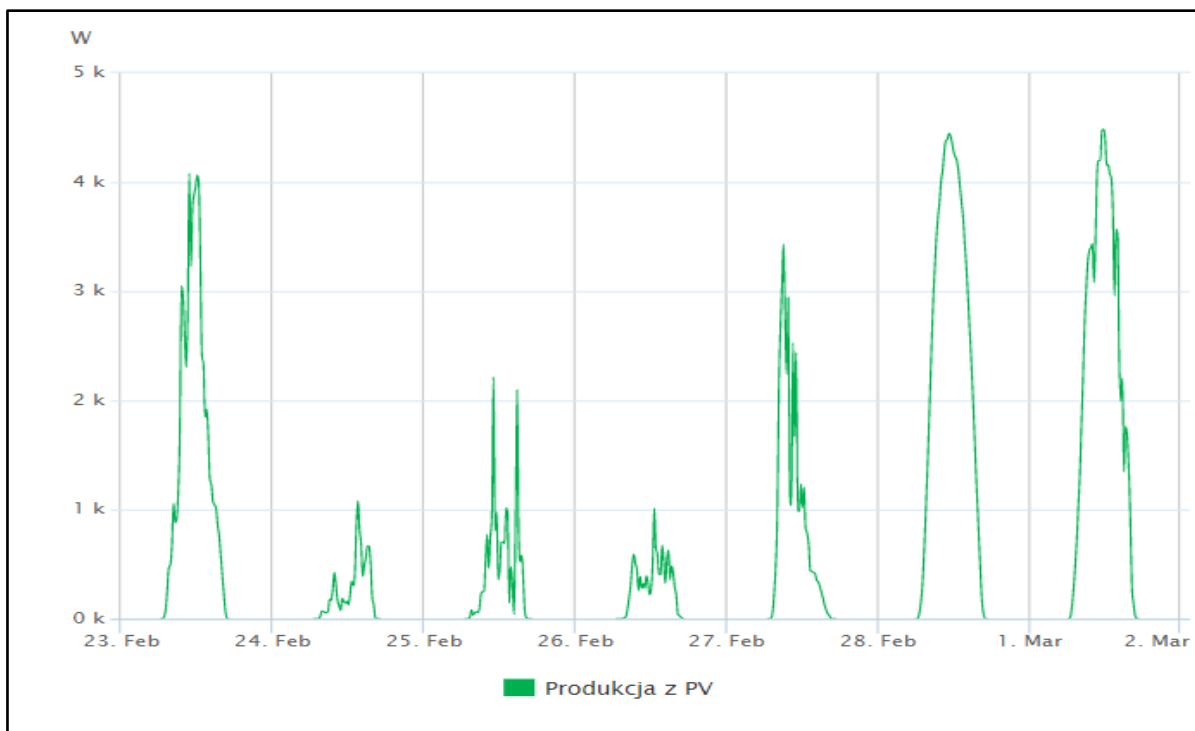


Rys. 5. Moc [GW] generowana przez systemy PV w Polsce w ostatnim tygodniu lutego i na początku marca 2023 r, źródło danych: <https://transparency.entsoe.eu/>

Wg danych PSE, 28 lutego 2023 źródła fotowoltaiczne dostarczyły do systemu elektroenergetycznego 47.3 GWh pokrywając około 9% dobowego, krajowego zapotrzebowania na energię elektryczną. Rekordowa moc generowana przez systemy PV (o godzinie 11 wg czasu UTC) wynosząca blisko 7 GW (6996 MW) miała miejsce, gdy krajowe zapotrzebowanie było na poziomie 22.8 GW, a więc źródła fotowoltaiczne dostarczyły przeszło 30% wymaganej mocy. 28 lutego 2023 należy jednak zapisać, póki co jako dzień rekordowy dla fotowoltaiki tylko pod kątem mocy generowanej. W roku 2022 (a więc gdy moc systemów PV była mniejsza) 5 czerwca odnotowaliśmy dzień, gdy fotowoltaika pokryła ponad 14.8% dobowego krajowego zużycia, natomiast dwa tygodnie później (19.06.2022 o godzinie 10 UTC) generacja PV w stosunku do zapotrzebowania wynosiła 38.3% a więc blisko 2/5 zużycia energii było pokrywane z systemów PV - na tą wyjątkową sytuację (póki co) złożyły się korzystne warunki atmosferyczne oraz niskie zapotrzebowanie na energię elektryczną (typowe dla niedzieli). "Póki co" - ponieważ wraz z rosnącą mocą zainstalowaną systemów PV możemy spodziewać się takich zdarzeń również w normalne dni robocze, gdy zapotrzebowanie jest większe niż przez weekend.

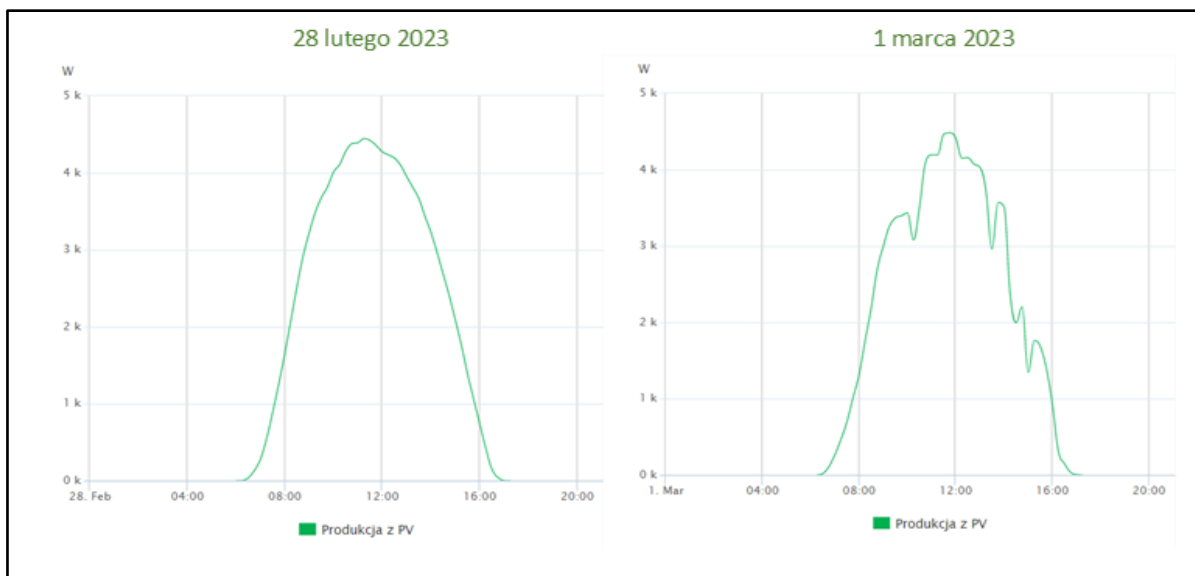
A jakie moce mogli uzyskać poszczególni prosumenci w lutym w Polsce?

Przykład dzięki uprzejmości użytkownika z Warszawy (instalacja na budynku mieszkalnym o wysokości 12 m, system PV złożony z 16 paneli o mocy zainstalowanej 6.2 kWp). W ostatnim dniu lutego i pierwszym marca jego system wytwarzał w ciągu doby energię na poziomie zbliżonym do tej uzyskiwanej w okresie pogodnych dni września 2022 roku. Produkcja uzyskana w ostatnim tygodniu lutego br stanowiła niemal 50% mocy uzyskanej w ciągu całego miesiąca – 194.9 kWh. Wpływ wyżowej i słonecznej pogody był wyraźnie widoczny w maksymalnych mocach systemu i wielkości produkcji. 28 lutego była ona niemal trzykrotnie większa niż w dniu poprzedzającym (28.68 vs 10.28 kWh), z ekstremum mocy na poziomie 4.497 kW (maksymalna moc w tej instalacji 6.2 kWp), (Rys. 6).



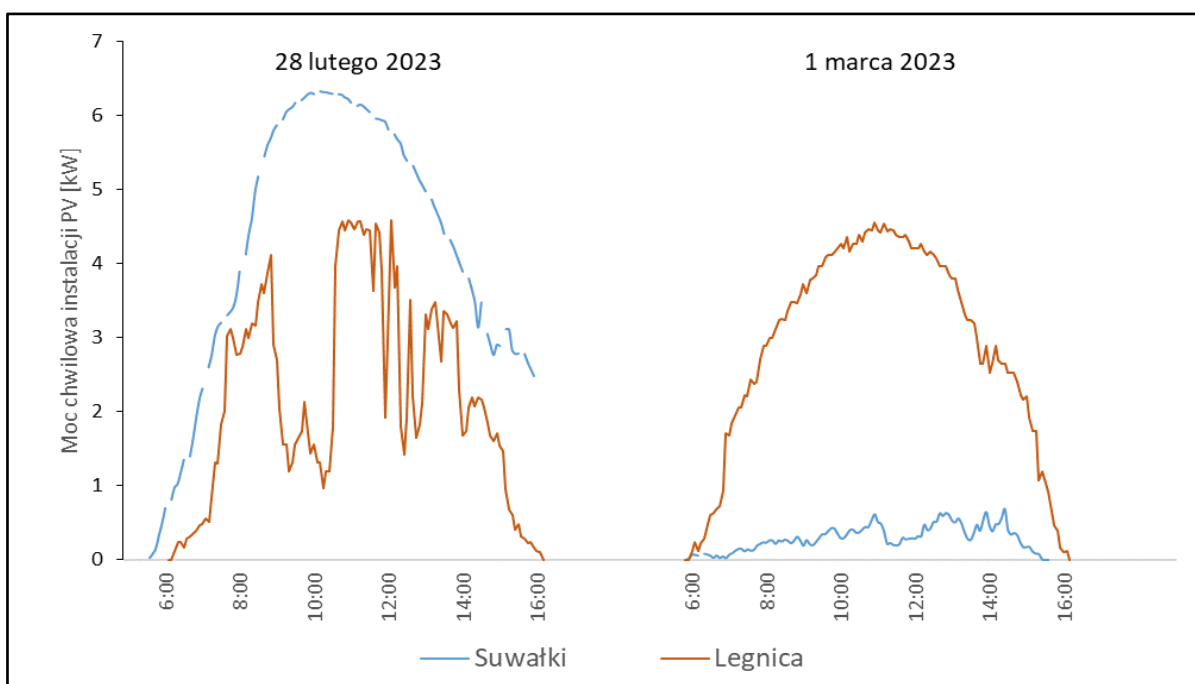
Rys. 6. Moc chwilowa instalacji PV [kW] w systemie indywidualnego prosumenta (Warszawa-Wawer) w ostatnim tygodniu lutego i na początku marca 2023, opracowanie własne użytkownika

Różnice w natężeniu promieniowania słonecznego, zarejestrowane w sieci stacji aktynometrycznych IMGW-PIB (Rys. 3), miały również swoje odzwierciedlenie w przebiegu dobowym produkcji u wskazanego prosumenta. W obydwu dniach, produkcja była na zbliżonym do siebie poziomie, odpowiednio 28.7 i 26.6 kWh. Ostatniego dnia lutego dopływ bezpośredniego promieniowania słonecznego pozostawał niemal niezakłócony przez zachmurzenie.



Rys. 7. Porównanie produkcji energii elektrycznej w systemie indywidualnego prosumenta (Warszawa-Wawer) w dniach 28 lutego i 1 marca 2023, opracowanie własne użytkownika

Meteorologiczne uwarunkowania produkcji energii elektrycznej w systemach PV były również wyraźne u prosumentów z Suwałk i Legnicy (Rys. 8).



Rys. 8. Moc chwilowa instalacji w indywidualnych systemach PV prosumentów z Suwałk i Legnicy w dniach 28 lutego i 1 marca 2023 r, źródło: <https://pvmonitor.pl/#oportalu>, przetworzone

Dobra proporcja

Zmiany sytuacji synoptycznej wpływają bezpośrednio na warunki solarne, a te kolei mogą rzutować na większe międzydobowe i śródterminowe zróżnicowanie produkcji energii elektrycznej w systemach fotowoltaicznych, zwłaszcza w skali lokalnej. Oczywiście wynikowa produkcja energii elektrycznej może znacząco różnić się w zależności od specyfiki instalacji fotowoltaicznej (np. kąt nachylenia, azymut czy typ modułów fotowoltaicznych) czy też uwarunkowań sieci dystrybucyjnej, natomiast na przykładzie ostatnich dni widać wyraźnie, że niezakłócony zachmurzeniem dopływ promieniowania słonecznego i utrzymywanie się względnie stabilnych warunków natężenia promieniowania słonecznego zdecydowanie przekładają się na wydajniejszą (wysokie natężenie promieniowania słonecznego w obliczu stosunkowo niskiej temperatury powietrza) oraz gładszą (mniejsza chwilowa zmienność nasłonecznienia) produkcję energii. Z drugiej też strony analiza dla tak krótkiego horyzontu czasowego pokazuje nam z jak wysoką zmiennością dostępności energii elektrycznej z systemów fotowoltaicznych zarówno w ujęciu czasowym oraz przestrzennym będzie musiał radzić sobie polski system elektroenergetyczny. W przyszłości wraz z rosnącą mocą i znaczeniem systemów fotowoltaicznych i wycofywaniem wyeksploatowanych bloków elektrowni konwencjonalnych, połączonych z brakiem nowych inwestycji problem ten będzie się tylko pogłębiał.

Opracowanie:

dr Joanna Wieczorek, Centrum Modelowania Meteorologicznego IMGW-PIB

dr inż Jakub Jurasz, Wydział Inżynierii Środowiska, PWr

dr Grzegorz Duniec, Centrum Modelowania Meteorologicznego IMGW-PIB

prof. dr hab. inż. Mariusz Figurski, Centrum Modelowania Meteorologicznego IMGW-PIB

Podziękowania dla pracowników Pracowni Promieniowania Słonecznego IMGW-PIB