

- Michał Marona,  
Country Manager
- Maciej Tomczak,  
Inside Sales, SolarEdge Technologies Poland



# Dynamiczne taryfy w Europie: wyzwania i rozwiązania

## Polskie realia w obliczu ujemnych cen energii z perspektywy SolarEdge

Historia energetyki w Polsce napisała kolejny rozdział, gdy po raz pierwszy w historii naszego kraju pojawiły się ujemne ceny energii. To zjawisko nie tylko zaskakuje, ale również wskazuje na zmiany w sposobie funkcjonowania sektora energetycznego. Taka sytuacja nie jest jednorazowym wyjątkiem, lecz raczej może być zapowiedzią nowej rzeczywistości. Otwiera jednak drzwi do zastanowienia się, jak planować energetyczną przyszłość Polski, szczególnie w kontekście planowanych od przyszłego roku dynamicznych taryf energetycznych.

Energia elektryczna zasilająca nasze domy, przemysł i infrastrukturę odgrywa kluczową rolę w funkcjonowaniu nowoczesnego społeczeństwa. Jest niezbędnym elementem wspierającym rozwój gospodarczy. Korzystanie z energii elektrycznej wiąże się z kosztami utrzymania naszych systemów energetycznych. W 2022 r. cała Europa, na własnej skórze, doświadczyła kryzysu energetycznego wynikającego z agresji Rosji na Ukrainę, co przełożyło się na spektakularne wzrosty cen energii. W Polsce średnia cena energii elektrycznej dla gospodarstw domowych wzrosła w 2022 r. o 22% w porównaniu do 2021 r.<sup>1</sup>. Należy jednak pamiętać, że ceny energii zostały sztucznie zamrożone i nie odzwierciedlają rzeczywistej ceny energii elektrycznej na rynku.

Chociaż jest to niepokojące dla konsumentów, rosnące ceny mogą nie być

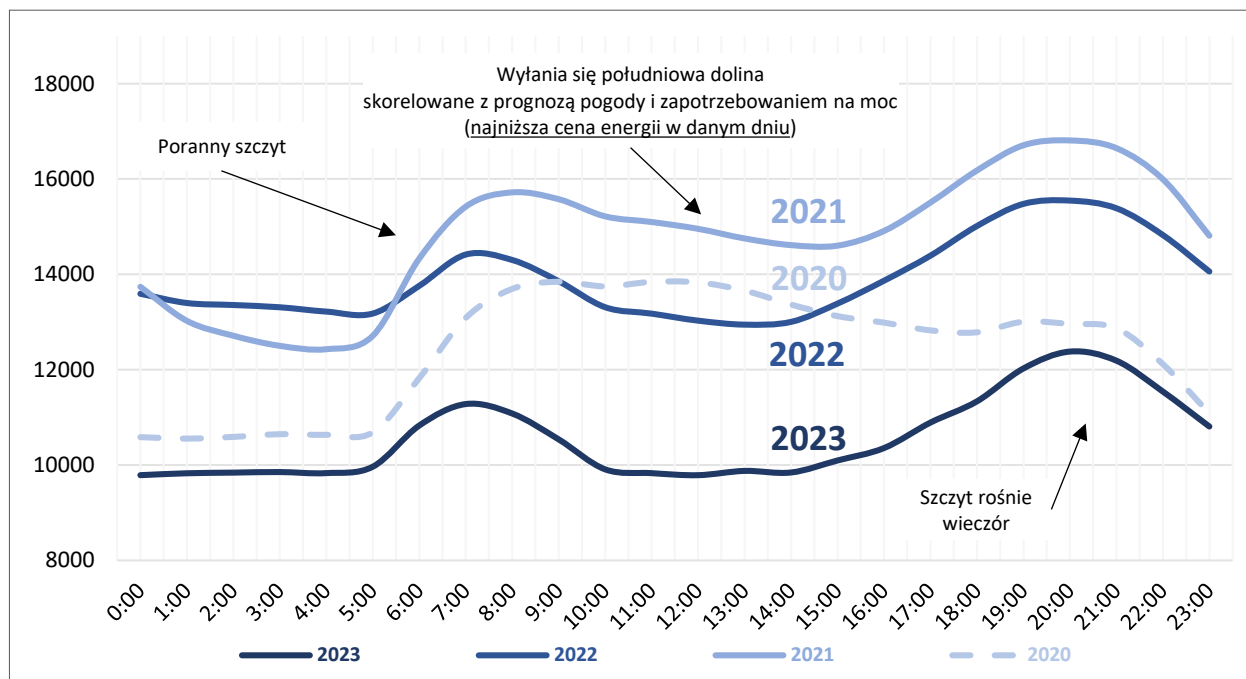
największym wyzwaniem, przed jakim stoi europejski wewnętrzny rynek energii elektrycznej. Udział energii odnawialnej w europejskiej sieci elektroenergetycznej wzrósł w ostatnich latach. W 2022 r. osiągnęliśmy poziom 22% energii elektrycznej generowanej z energii słonecznej i wiatrowej. To efekt ogromnych długoterminowych inwestycji w energię słoneczną i magazynowanie energii przez UE i rządy państw członkowskich. Ponadto maj 2023 r. był pierwszym miesiącem, w którym wiatr i energia słoneczna wyprodukowały więcej energii elektrycznej niż paliwa kopalne.

Fotowoltaika w okresie szczytowej generacji, przypadającym na godziny południowe, produkuje za dużo energii w porównaniu z bieżącym zapotrzebowaniem. Obiekty mieszkalne i komercyjne z własną elektrownią fotowoltaiczną stają się samowystarczalne energetycz-

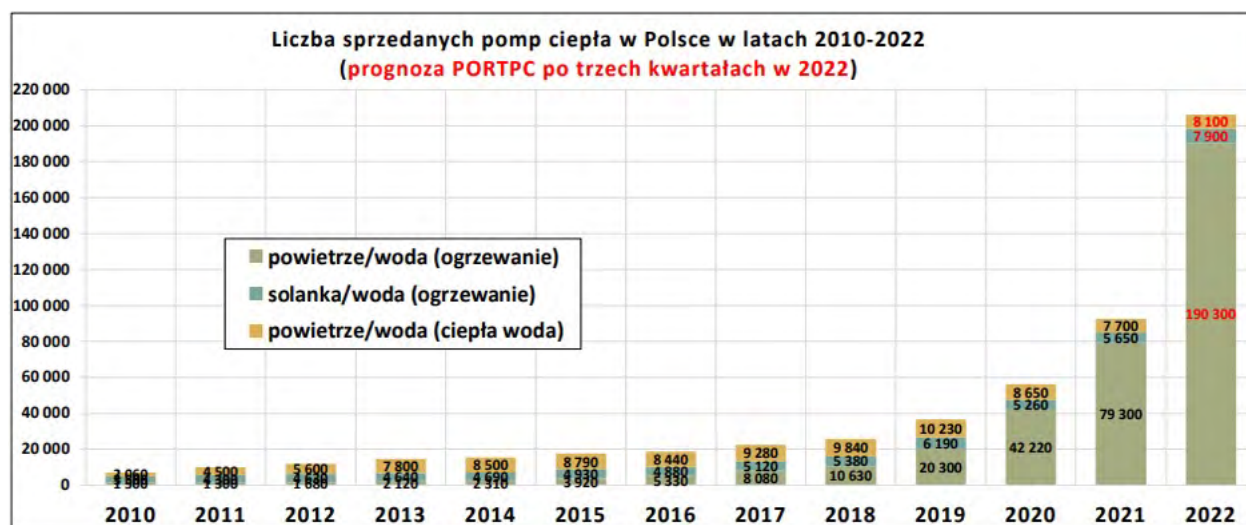
nie i dodatkowo wysyłają nadwyżkę generowanej energii do sieci. Powoduje to okresowe zachwianie równowagi między podażą energii, a popytem, przez co może wystąpić problem ze zbilansowaniem pracy systemu.

Równolegle do tych procesów obserwujemy silny trend w kierunku postępującej elektryfikacji praktycznie każdego aspektu naszego codziennego życia. Dążymy do sytuacji, w której będziemy potrzebować coraz więcej, coraz droższej i coraz trudniejszej do zbilansowania energii. Na naszym rodzimym rynku szczególnie ciekawym tematem jest elektryfikacja ogrzewania. W rekordowym dla polskiego rynku pomp ciepła 2022 r. odnotowano wzrost sprzedaży tych urządzeń o 120% r/r.

W typowym polskim gospodarstwie domowym 65,1% zużywanej energii przeznaczane jest na potrzeby ogrzewania.



Rys. 1. Efekt „Krzywej Kaczki” dla polskiego systemu elektroenergetycznego w latach 2020-2023  
Źródło: opracowanie własne na podstawie danych PSE



Rys. 2. Polski rynek pomp ciepła  
Źródło: PORT PC

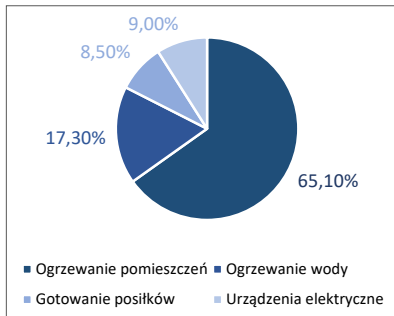
Ogrzewanie, chłodzenie oraz przygotowanie ciepłej wody w rocznym bilansie energetycznym typowego gospodarstwa domowego odpowiadają za ponad 80% zapotrzebowania na energię<sup>2</sup>.

Regulacja komfortu cieplnego w naszych domach i firmach to jeden z trendów, który już na zawsze zmieni to, kiedy

i ile energii zużywamy. Innym zagadnieniem, które w przyszłości wpłynie na strukturę zużycia energii elektrycznej w naszych domach i firmach, jest elektromobilność. Już teraz wyraźnie widzimy trend wzrostowy - pojazdy elektryczne (BEV) stanowiły 12,1% sprzedaży samochodów w Europie w 2022 r. w porów-

naniu z zaledwie 1,9% w 2019 r.

Stale rosnące wahania popytu w ciągu dni i pór roku, w połączeniu z elektryfikacją, sprawiają, że zadanie równoważenia produkcji i popytu staje się coraz większym wyzwaniem. Operatorzy energetyczni planują wdrożenie rozwiązań, które mogą zachęcić użytkowników



**Rys. 3.** Struktura zużycia energii w gospodarstwach domowych według rodzaju użytkownika

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych GUS

systemu do zmiany wzorców produkcji (eksportu) i zużycia (importu) energii, co pomoże w stabilizacji pracy sieci.

Jednym z ciekawszych rozwiązań na poziomie opłat za energię, które mogą wpływać na zachowania użytkowników systemu, są taryfy dynamiczne. Są obecnie oferowane odbiorcom indywidualnym w takich krajach jak Holandia, Szwecja, Niemcy, Austria i Wielka Brytania, a w 2024 r. skorzystają z nich także pierwsi odbiorcy w Polsce.

## Wyzwanie

Taryfy dynamiczne - w przeciwieństwie do taryf sztywnych - odzwierciedlają rzeczywiste koszty wytwarzania i dostarczania energii elektrycznej w danym momencie. Możemy je określić mianem inteligentnych i mogą one pomóc odbiorcom zaoszczędzić na rosnących kosztach energii elektrycznej, ale wymagają aktywnego zaangażowania w zarządzanie bilansem energetycznym domu lub firmy. Sytuacja staje się jeszcze bardziej skomplikowana, gdy w grę wchodzi system fotowoltaiczny i system magazynowania energii. Najtańszą energią jest energia zaoszczędzona i energia, którą sami produkujemy. Kluczem do maksymalizacji korzyści jest zwiększenie zużycia własnego energii generowanej przez fotowoltaikę oraz przekierowywanie lub magazynowanie jej nadwyżek w okresie, kiedy cena energii jest najniższa.

Rozliczanie w ramach taryf dynamicznych może sprawić, że okresowo korzystniejszy będzie zakup energii z sieci, tylko po to aby zmagazynowaną energię słoneczną wykorzystać w momencie, kiedy cena energii jest najwyższa. Taryfy dynamiczne dają możliwość optymalizacji kosztów energii. To od odbiorcy zależy, czy zapłaci mniej czy więcej za energię.

Wprowadzenie dynamicznych taryf jest do pewnego stopnia wyzwaniem, ponieważ konsumenci będą musieli każdego dnia podejmować dziesiątki decyzji dotyczących energii, aby wykorzystać potencjał innowacyjnych modeli cenowych.

## Rozwiązanie SolarEdge ONE

Rozwiązaniem, które podejmie za nas decyzje dotyczące energii, jest SolarEdge ONE. SolarEdge ONE łączy w sobie wiodące w branży zoptymalizowane rozwiązanie fotowoltaiczne SolarEdge z wysokowydajnym, sprzężonym po stronie prądu stałego magazynem energii SolarEdge Home wraz z innowacyjnym, zgłoszonym do opatentowania rozwiązaniem do zarządzania baterią.

System zarządzania bateriami SolarEdge ONE może być postrzegany jako osobisty asystent energetyczny AI, który każdego dnia podejmuje setki optymalnych decyzji energetycznych

w oparciu o inteligentne prognozy produkcji energii słonecznej, wzorce zużycia energii i taryfy energii elektrycznej.

W oparciu o te prognozy SolarEdge ONE umożliwia właścicielom domów maksymalne wykorzystanie nadwyżek PV, skorzystanie z okresów poza szczytem cenowym i optymalizację kontroli obciążenia domu w czasie rzeczywistym, oszczędzając energię i koszty.

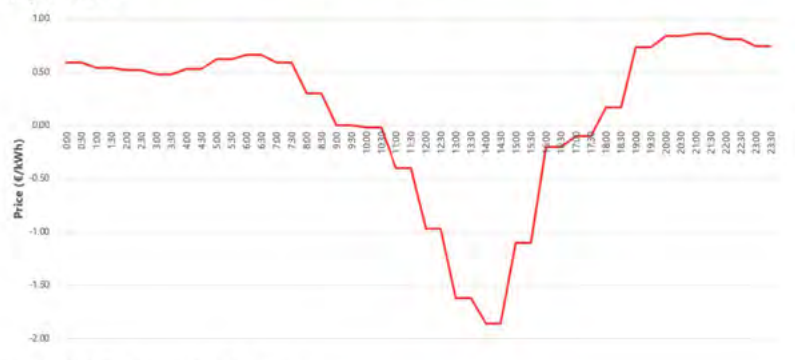
Niektóre decyzje nie są trywialne: taryfy dynamiczne są jednym z najbardziej złożonych produktów na rynku konsumenckim energii elektrycznej, ponieważ przenoszą cały ciężar zarządzania ryzykiem na odbiorcę. Ceny energii mogą się drastycznie zmienić w ciągu kilku godzin, w zależności od udziału energii odnawialnej w krajowej sieci, a także od popytu, pogody i innych czynników.

Dzięki taryfom dynamicznym konsument płaci tyle, ile energia elektryczna jest faktycznie warta w danym momencie. Gdy popyt jest niski, a wytwarzanie energii z OZE jest szczytowe, mogą wystąpić ujemne ceny energii. W godzinach szczytowego zapotrzebowania ceny mogą być jednak znacznie wyższe niż w przypadku standardowej taryfy o stałej stawce przez całą dobę.

Doskonale ilustruje to przykład z holenderskiego rynku energii. Na powyższym wykresie ceny energii na holenderskim rynku hurtowym wzrosły do 0,66 €/

## Wholesale Electricity Prices, Netherlands

May 29, 2023



Source: ENTSOE Transparency Platform

**Rys. 4.** Ceny hurtowej energii elektrycznej w Holandii  
Źródło: ENTSOE Transparency Platform

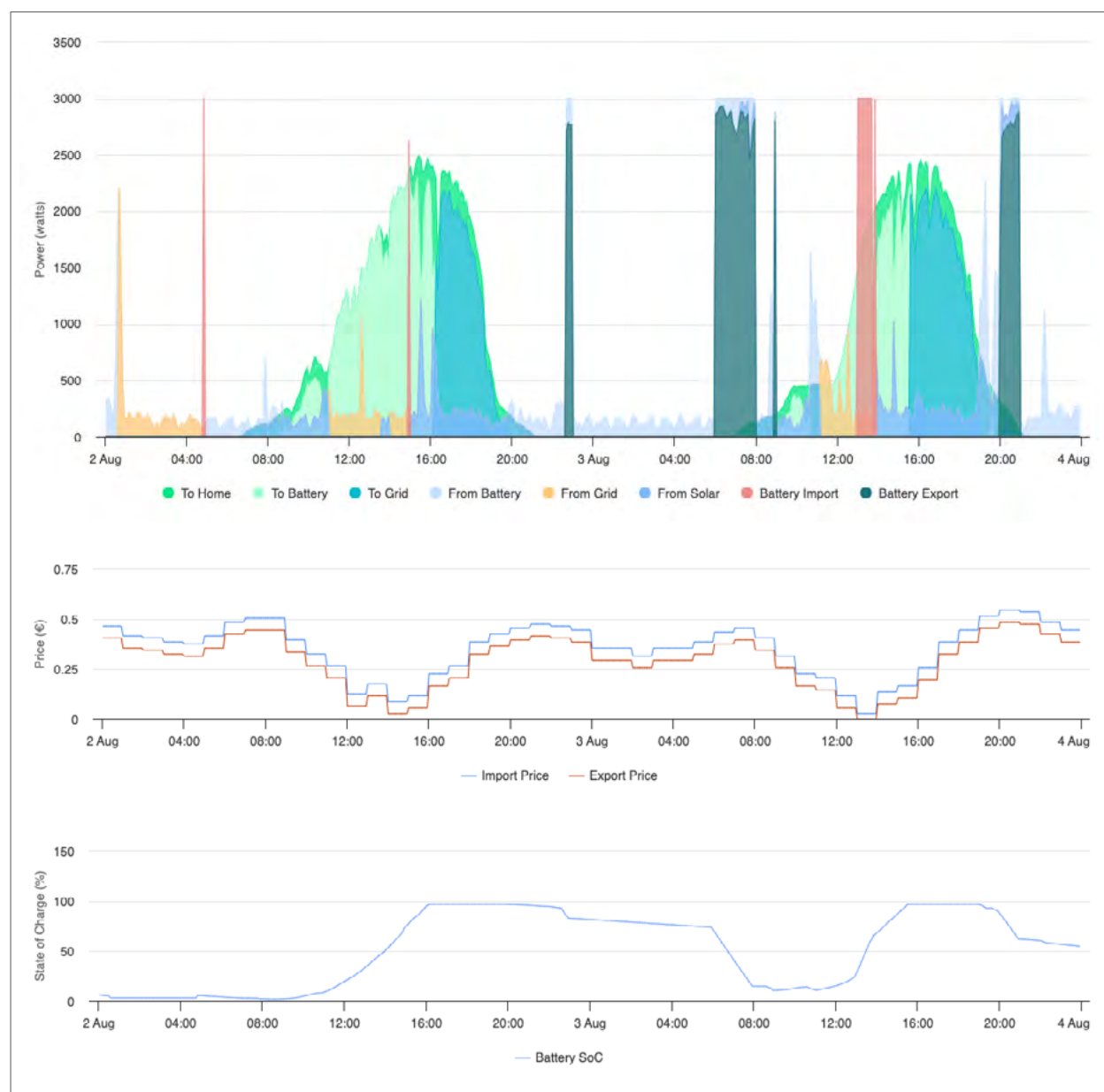
kWh, a w godzinach popołudniowych spadły do -1,86 €/kWh. Oznacza to, że użytkownik systemu z taryfami dynamicznymi może otrzymywać wynagrodzenie za pobór energii i płacić za oddawanie energii do sieci.

Historia staje się bardziej złożona, gdy weźmiemy pod uwagę rynek energii, taki jak Holandia. Na tego typu rynku dynamiczne taryfy mają również zastosowanie do kompensacji eksportu energii

słonecznej (feed-in). Innymi słowy, aby w pełni zmaksymalizować oszczędności na rachunkach, konsument będzie musiał zoptymalizować zarówno import (zużycie i/lub ładowanie baterii), jak i eksport (produkcja PV i/lub rozładowanie baterii). W niektórych scenariuszach, gdy cena eksportowa jest ujemna, właściwe może być nawet całkowite ograniczenie produkcji energii słonecznej - w przeciwnym razie konsument może zostać

obciążony opłatą za każdą kWh wyprodukowanej energii słonecznej.

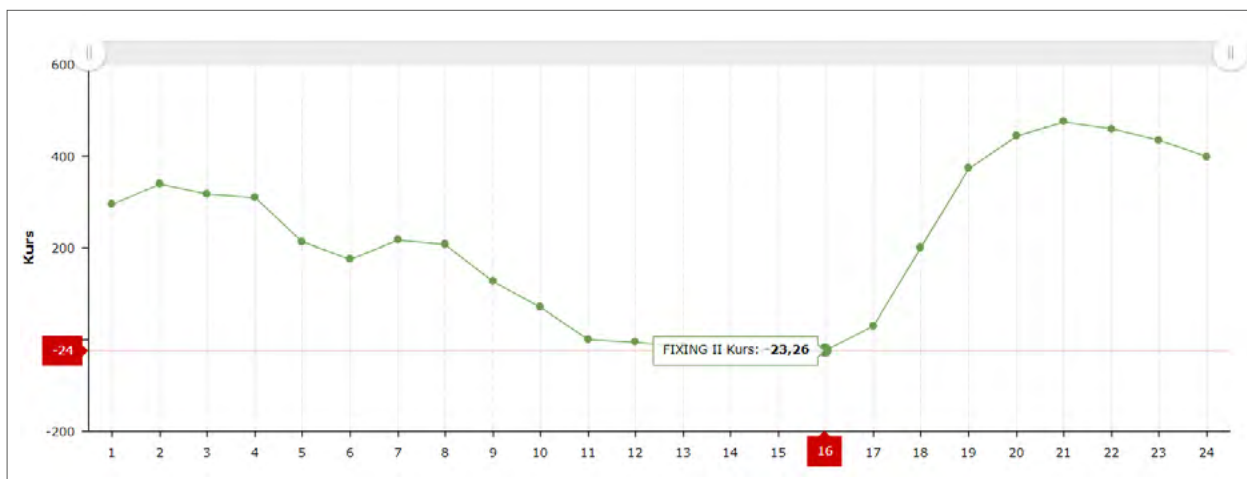
Rozwiązanie SolarEdge ONE integruje się z ENTSOE, europejskim agregatorem rynku energii elektrycznej, a także z wybranymi sprzedawcami energii elektrycznej w Europie. Śledząc w czasie rzeczywistym ceny detaliczne zarówno dla taryf importowych, jak i eksportowych, w połączeniu z prognozami PV i zużycia, SolarEdge ONE może zdecydować



Rys. 5. 48 godzin optymalizacji baterii dzięki SolarEdge ONE

	2 lipca	3 lipca
Noc (00:00-6:00)	Dom jest zasilany z sieci przez większość nocy. Energia z magazynu została wykorzystana poprzedniego wieczoru z powodu niezwykle wysokich cen importowych.	Dom jest zasilany przez magazyn energii przez całą noc. Magazyn energii nie jest ładowany z sieci, ponieważ cena energii jest stosunkowo wysoka.
Poranek (6:00-12:00)	Cena importowanej energii wzrasta. Dom jest zasilany bezpośrednio przez PV, magazyn jest ładowany z nadmiaru energii PV.	Energia jest eksportowana z magazynu między 6 a 8 rano, aby skorzystać z cen szczytowych. Dom nadal pobiera energię z magazynu, aby zwolnić moc do ładowania z PV podczas szczytowego nasłonecznienia.
Szczytowe nasłonecznienie (12.00-15.00)	Spadek cen importowanej energii. Cała energia fotowoltaiczna jest wykorzystywana do ładowania akumulatora, podczas gdy dom jest w całości zasilany z sieci.	Ceny importowanej energii są bliskie zeru. Magazyn jest ładowany z sieci i fotowoltaiki, podczas gdy dom jest w pełni zasilany energią słoneczną.
Popołudnie (15.00-18.00)	Cena importowanej energii rośnie w kierunku wieczornego szczytu. Cała energia PV jest eksportowana. SolarEdge ONE wykorzystuje wschodnią orientację instalacji PV w tej lokalizacji - późniejszy szczyt nasłonecznienia - aby zmaksymalizować przychody z bezpośredniego eksportu energii PV.	
Wieczór (18.00-00.00)	Cena importowanej energii osiągnęła swój szczyt. Dom jest zasilany przez magazyn energii. Przez krótki czas energia z magazynu jest eksportowana, aby skorzystać ze szczytowej taryfy eksportowej.	Dom jest w całości zasilany przez fotowoltaikę i magazyn energii. Między godziną 20:00 a 21:00 energia jest eksportowana z magazynu, aby wykorzystać ceny szczytowe, jednocześnie rezerwując wystarczającą ilość energii do zasilania domu.

Tab. 1. Aktywność optymalizacji baterii SolarEdge ONE w obiekcie mieszkalnym w Polsce, symulująca dynamiczną stawkę



Rys. 6. Kontrakty godzinowe TGE na dostawę w dniu 11.06.2023 r.  
Źródło: TGE

dować, kiedy naładować lub rozładować baterię, aby zmaksymalizować oszczędności na rachunkach, dynamicznie reagując na zmiany w produkcji energii słonecznej i trendach zużycia. Podobnie jak w przypadku innych rodzajów taryf, SolarEdge ONE bierze również pod uwagę stan baterii i unika ładowania lub rozładowywania, jeśli przewidywany zysk finansowy z arbitrażu energetycznego jest minimalny.

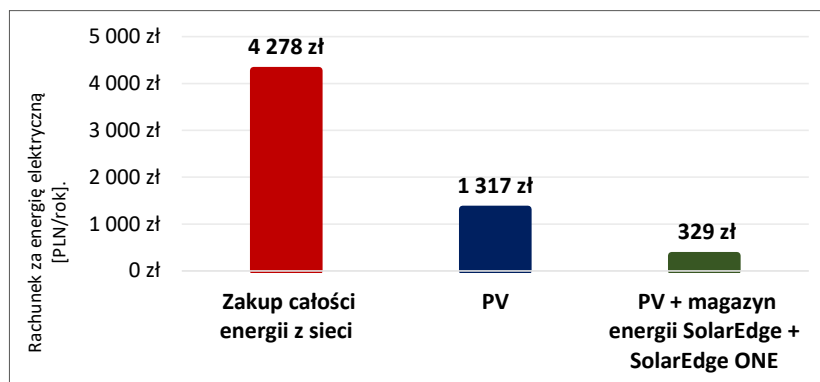
## Ujemne ceny energii elektrycznej

W ostatnim czasie na polskim rynku mogliśmy po raz pierwszy zaobserwować niezwykle zjawisko - ujemne ceny

energii elektrycznej. Ten nowy na naszym rynku trend, który już od jakiegoś czasu wzbudza szerokie zainteresowanie na rynkach krajów Europy Zachodniej, powinien skłonić nas do zastanowienia się nad przyszłością energetyczną naszego kraju oraz naszych gospodarstw domowych i firm. Ujemne ceny energii elektrycznej to sytuacja, w której przedsiębiorstwa energetyczne są gotowe zapłacić odbiorcom za jej odbiór. Skąd biorą się ujemne ceny energii? System energetyczny, w którym istotny udział mają OZE, musi być elastyczny, aby zagwarantować bezpieczeństwo dostaw energii. Nadmiar energii w systemie może być równie niebezpieczny jak jej niedobór. Dlatego zadaniem operatora sys-

temu jest zbilansowanie systemu w taki sposób, aby w każdej sytuacji zapewnić ciągłość dostaw energii do wszystkich odbiorców. W praktyce oznacza to, że okresowo, produkcja energii może przekraczać popyt, co prowadzi do wystąpienia nadwyżki energii w systemie. W takiej sytuacji, aby uniknąć zatrzymania pracy elektrowni, jest wprowadzany bodziec w postaci ujemnych cen, co ma zachęcać do zwiększania odbiorów, które pomogą ustabilizować pracę systemu energetycznego.

Taka sytuacja miała miejsce 10.06.2023, kiedy to na rynku spot TGE w kontraktach godzinowych dla dostaw energii na kolejny dzień w godzinach 12.00-16.00 odnotowano ujemne ce-



**Rys. 7.** Średni roczny rachunek za energię elektryczną w taryfach dynamicznych dla gospodarstwa domowego zużywającego ok. 6,2 MWh energii elektrycznej rocznie  
Źródło: Opracowanie własne na podstawie analizy danych z portalu monitorującego SolarEdge

ny energii. Najniższa odnotowana cena wyniosła -23,26 zł/MWh.

Wydarzenie to nie miało większego wpływu na rachunki za energię w naszych domach, czy firmach. Jest to jednak pewnego rodzaju sygnał. Wraz z rozwojem OZE i rosnącą efektywnością energetyczną, takie scenariusze będą prawdopodobnie się powtarzać. Wobec tego, konieczne jest opracowanie rozwiązań, które pozwolą na elastyczne dostosowanie produkcji i zużycia energii do aktualnych potrzeb. Powinniśmy skupić się na rozwoju technologii magazynowania energii, inteligentnych systemów zarządzania siecią oraz efektywnych sposobów dystrybucji energii. To od naszych dzisiejszych decyzji zależy, czy będziemy przygotowani, gdy takie sytuacje staną się naszą codziennością.

## Podsumowanie

Przyszłość energetyki w Polsce z pewnością związana jest z pojawieniem się ujemnych cen energii. Warto spojrzeć na to zjawisko jako szansę na modernizację i transformację sektora energetycznego. Wdrożenie innowacyjnych rozwiązań i strategiczne planowanie pozwolą w pełni wykorzystać potencjał energetyczny Polski, przy jed-

noczesnej minimalizacji negatywnego wpływu na środowisko.

Inteligentne algorytmy mogą przyczynić się do lepszego zarządzania energią i zapewnić oszczędności, a system SolarEdge ONE zapewnia najlepsze wyniki z realnym wpływem na nasz portfel. Pokażmy to na przykładzie. Na europejskich rynkach energetycznych, takich jak Holandia, konsumenci z dynamicznymi taryfami energii elektrycznej mogą zaoszczędzić do 75% rocznego rachunku za energię, dodając SolarEdge Home Battery + SolarEdge ONE do istniejącej instalacji fotowoltaicznej SolarEdge. Podobnie może to wyglądać w Polsce po wprowadzeniu dynamicznych taryf.

Patrząc na powyższe wyniki, wyraźnie widać, że nawet w przypadku taryf dynamicznych, domowy system fotowoltaiczny SolarEdge może sam w sobie zapewnić znaczne oszczędności: bez energii ze słońca przeciętny klient w grupie analitycznej płaciłby za zakup energii elektrycznej ok. 4278 zł rocznie. Ten sam klient z PV zapłaci tylko 1317 zł - 70% mniej.

Ale dalej robi się dużo ciekawiej. Inteligentne zarządzanie bilansem energii przez SolarEdge ONE w przypadku taryf dynamicznych było w stanie obniżyć średni roczny koszt energii elektrycznej do 329 zł - 75% mniej w porównaniu do średniej z wykorzystaniem samej PV.

Biorąc pod uwagę, że perspektywnie cena eksportu energii w godzinach południowych będzie coraz niższa, magazyny energii staną się nieodłącznym elementem instalacji PV. Wykorzystanie magazynów energii oraz systemów zarządzania energią przyniesie nam jeszcze większe korzyści.

*SolarEdge ONE i jego zaawansowane możliwości zarządzania bateriami będą stopniowo wprowadzane na wybrane rynki europejskie jeszcze w tym roku. Niektóre z funkcji wymienionych w tym materiale są przyszłościowe i mogą zostać udostępnione w późniejszym terminie.* □

### Informacje o SolarEdge:

SolarEdge jest światowym liderem w dziedzinie inteligentnych technologii energetycznych. Wykorzystując światowej klasy możliwości inżynieryjne i koncentrując się na innowacjach, SolarEdge tworzy inteligentne rozwiązania energetyczne, które zasilają nasze życie i napędzają przyszły postęp. Firma SolarEdge opracowała inteligentny falownik, który zmienił sposób pozyskiwania energii i zarządzania nią w systemach fotowoltaicznych (PV). Falownik SolarEdge z optymalizacją mocy DC ma na celu maksymalizację wytwarzania energii przy jednoczesnym obniżeniu kosztów energii wytwarzanej przez system PV. Kontynuując rozwój w dziedzinie inteligentnej energii, SolarEdge oferuje kompletny zestaw rozwiązań w zakresie fotowoltaiki, magazynowania energii, ładowania pojazdów elektrycznych i usług sieciowych dla różnych segmentów rynku energii.

Więcej informacji na temat SolarEdge można znaleźć na stronie [www.solaredge.com](http://www.solaredge.com)

Przypisy:

1 <https://www.ure.gov.pl/pl/urzed/informacje-ogolne/aktualnosci/11001.Urzed-Regulacji-Energetyki-publikuje-zestawienia-srednich-cen-sprzedazy-energii-.html#:~:text=%C5%B9r%C3%B3d%C5%82o%3A%20danych%20URE,-W%202022%20r.wy%C5%BCsza%20ni%C5%BC%20w%20roku%202021.&text=%C5%B9r%C3%B3d%C5%82o%3A%20dane%20URE,-%C5%9Arednia%20cena%20sprzeda%C5%BCy>

2 [https://stat.gov.pl/files/gfx/portalinformacyjny/pl/defaultaktualnosci/5485/12/2/1/zuzycie\\_energii\\_w\\_gospodarstwach\\_domowych\\_w\\_2021\\_r.pdf](https://stat.gov.pl/files/gfx/portalinformacyjny/pl/defaultaktualnosci/5485/12/2/1/zuzycie_energii_w_gospodarstwach_domowych_w_2021_r.pdf)