

# OPŁACALNOŚĆ PROSUMENCKICH MIKROINSTALACJI FOTOWOLTAICZNYCH W ASPEKCIE ZMIAN W POLSKICH PROGRAMACH WSPARCIA I ROZLICZENIACH PROSUMENCKICH

Mirosław Kielboń, Krzysztof Maźniewski

**Słowa kluczowe:** mikroinstalacja fotowoltaiczna, prosument, rentowność, systemy wsparcia

**Streszczenie.** W artykule przedstawiono wybrane zagadnienia dotyczące opłacalności budowy i eksploatacji mikroinstalacji fotowoltaicznych w aspekcie zmian w polskim prawie oraz w uwarunkowaniach gospodarczych i finansowych dotyczących takich mikroinstalacji. Opisano zmiany w mechanizmach wsparcia prosumentów zaistniałe po wprowadzeniu nowej Ustawy o Odnawialnych Źródłach Energii [2]. Na tej podstawie wykonano analizę techniczno-ekonomiczną przykładowych instalacji fotowoltaicznych z określeniem rentowności, biorąc pod uwagę mikroinstalacje prosumenckie, opisane uprzednio w artykule pt. „Opłacalność prosumenckich mikroinstalacji fotowoltaicznych w aspekcie zastosowania polskich programów wsparcia”, opublikowanego w czasopiśmie „Rynek Energii” w 2021 roku [11]. Podobnie jak poprzednio, nie brano pod uwagę wytwórców profesjonalnych, których podstawową działalnością jest wytwarzanie energii elektrycznej. Głównym celem było wykazanie, w jakim stopniu systemy wsparcia prosumentów po zmianach Ustawy o OZE oddziałują na wskaźniki ekonomiczne decydujące o rentowności inwestycji typu mikroinstalacja fotowoltaiczna. Dodatkowym aspektem jest wskazanie, czy zastosowanie magazynu energii współpracującego z instalacją fotowoltaiczną podniesie, czy obniży jej rentowność.

## 1. WSTĘP

Fotowoltaika prosumencka w Polsce w ostatnich latach przeżywa prawdziwy rozkwit. Ze względu na powszechną dostępność elementów systemów fotowoltaicznych, mnogość firm oferujących usługi instalatorskie w tej dziedzinie i jednocześnie rosnące ceny energii elektrycznej oraz jej dystrybucji, w ostatnich latach liczba mikroinstalacji fotowoltaicznych w Polsce znacznie wzrosła. Sprzyjały temu dodatkowo krajowe lub samorządowe programy wsparcia prosumentów, oferujące różnego rodzaju dofinansowania lub ulgi finansowe przy budowie i eksploatacji mikroinstalacji fotowoltaicznych.

Lawinowy wzrost liczby instalacji fotowoltaicznych stał się nawet pewnego rodzaju problemem dla Operatorów Sieci Dystrybucyjnej (OSD), powodując ograniczenie możliwości utrzymania napięcia znamionowego sieci (zwłaszcza w sieci niskiego napięcia) w granicach obowiązujących norm. Także taryfikacja cen oraz możliwość odbioru energii elektrycznej od prosumenta i jej wykorzystania w późniejszym okresie (system opustów) okazały się rozwiązaniem korzystnym dla prosumentów, natomiast mniej korzystnym dla sprzedawców energii, w porównaniu z sytuacją panującą w innych krajach. Przykładowo, utrzymywanie rezerwy mocy na wypadek nagłego zachmurzenia i konieczności szybkiego uzupełnienia niedoborów energii z instalacji fotowoltaicznych, powodowało dodatkowe wydatki po stronie OSD.

Podjęto więc próbę zrównoważenia sytuacji poprzez zmianę Ustawy o Odnawialnych Źródłach Energii, (zwanej dalej „Ustawą o OZE”) w taki sposób, że dla nowo powstałych mikroinstalacji zrezygnowano z systemu opustów, natomiast wprowadzono możliwość sprzedaży wytworzonej przez prosumentów energii do sieci po cenach rynkowych (tzw. *net-billing*). W zmienionej Ustawie [2] wprost mówi się o wartości energii elektrycznej wprowadzonej do sieci dystrybucyjnej jako o iloczynie energii niezbilansowanej wprowadzonej do sieci i rynkowej miesięcznej cenie energii elektrycznej (Art. 4a Ustawy). Cena ta jest wyliczana według założeń i wzorów zawartych w Ustawie, ponadto jest ogłaszana co miesiąc przez Urząd Regulacji Energetyki i Polskie Sieci Elektroenergetyczne (PSE) [3].

W tej sytuacji należy przypuszczać, że opłacalność instalowania mikroinstalacji fotowoltaicznych zmieniła się, ze względu na różnice ceny rynkowej energii elektrycznej i ceny jej zakupu z sieci (przykładowo w październiku 2022 r. rynkowa cena energii, ogłoszona przez Urząd Regulacji Energetyki (URE), wynosiła 577,24 zł/MWh, zaś cena zakupu (z uwzględnieniem dystrybucji) przez prosumentów indywidualnych w regionie śląskim (brutto przy 5% VAT) – 755 zł/MWh. Co więcej, programy wsparcia dla prosumentów również uległy zmianie.

Natomiast na rynku fotowoltaiki większą popularność zaczęły zdobywać instalacje hybrydowe, wykorzystujące magazyny energii instalowane u prosumenta, co obniża ilość energii oddawanej do sieci przez

mikrowytwórców. Jako nowość na rynku, instalacje te charakteryzują się jednak wysoką ceną, w porównaniu z „tradycyjnymi” instalacjami typu on-grid. Wydaje się więc zasadna powtórna analiza opłacalności instalacji źródeł fotowoltaicznych przy uwzględnieniu zarówno nowych rozwiązań prawno-ekonomicznych (w tym programów wsparcia), jak i nowych możliwości technologicznych w fotowoltaice. Jest to dodatkowo zasadne ze względu na antyinflacyjne działania rządowe, próby zamrażania cen i ustalanie limitów, co dodatkowo komplikuje sytuację ekonomiczną i możliwości prognozowania cen. Ze względu na tymczasowość takich działań przy analizach opłacalności/rentowności dla studiów przypadku założono więc rynkowy wzrost cen energii zarówno kupowanej od OSD, jak i oddawanej przez prosumentów do sieci.

## 2. PROSUMENCKIE INSTALACJE FOTOWOLTAICZNE W ŚWIETLE ZMIAN W PRZEPISACH POLSKIEGO PRAWA WPROWADZONYCH PO 2016 R.

### 2.1. Zmiany w Ustawie o Odnawialnych Źródłach Energii

Ustawa o OZE – po raz ostatni znowelizowana w lipcu 2022 r. – została w sposób dość istotny zmieniona w stosunku pierwotnej wersji (weszła w życie w 2015 r.). Do najważniejszych zmian w jej brzmieniu można zaliczyć:

- pojawienie się definicji *prosumenta wirtualnego*,
- pojawienie się definicji *prosumenta zbiorowego*,
- diametralną zmianę sposobu rozliczeń za energię wprowadzoną do sieci OSD, polegającą na odejściu od systemu opustów (dopuszczono okres przejściowy) na rzecz rozliczeń pieniężnych (mowa jest o wartości energii, a nie o jej ilości – art. 4.1a 2) Ustawy – wprowadza się tzw. *net-billing*).

Bilansowanie energii odbywa się w czasokresie godzinowym, a wynik bilansowania (z uwzględnieniem bilansowania międzyfazowego) decyduje, czy w danej godzinie producent będzie rozliczany jako odbiorca, czy jako wytwórca energii (Ustawa przewiduje okres przejściowy do lipca 2024 r., z rozliczeniami miesięcznymi, a nie godzinowymi).

Energia oddawana do sieci, przy tzw. *bilansowaniu międzyfazowym*, jest wg. Ustawy odkupowana przez OSD lub innego sprzedawcę (pośrednika), przy czym cena odkupu tej energii jest rynkową miesięczną ceną energii elektrycznej (przejściowo, do 1 lipca 2024 r., str. 29 Ustawy, ust. 4), albo rynkową ceną energii elektrycznej (po 1 lipca 2024 r.) to znaczy rozliczaną godzinowo, a nie miesięcznie. Na chwilę obecną rynkowa miesięczna cena energii elektrycznej

podawana jest w każdym miesiącu przez Polskie Sieci Elektroenergetyczne (PSE). Przykład kształtowania się tej ceny dla roku 2022 (począwszy od lipca, z uwzględnieniem korekt) pokazano w tabeli 1.

Tabela 1  
Rynkowa miesięczna cena energii elektrycznej ogłaszana w kolejnych miesiącach 2022 r. przez PSE<sup>\*)</sup> [3]

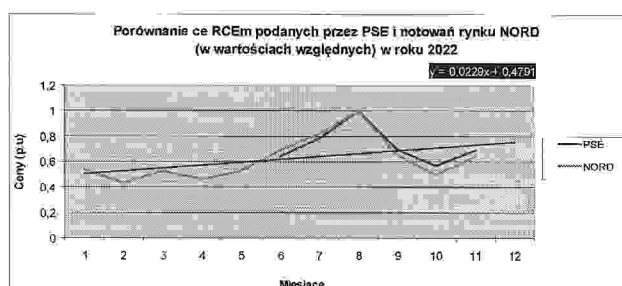
Lp.	Miesiąc	Cena pierwotna zł/MWh	Cena po korektach zł/MWh
1.	Czerwiec	659,29	656,04
2.	Lipiec	799,79	796,27
3.	Sierpień	1023,42	1019,06
4.	Wrzesień	711,92	711,92
5.	Październik	577,24	576,35
6.	Listopad	703,81	705,20

<sup>\*)</sup> W chwili powstawania artykułu PSE nie podało danych o korektach w grudniu 2022, zatem ceny tej nie uwzględniano w analizach.

Uwaga. Ceny stosowane są do rozliczeń na miesiąc w przód, tj. cena czerwcowa stosowana jest do rozliczeń w lipcu, lipcowa – w sierpniu itd.

Ze względu na pierwszy rok obowiązywania Ustawy w nowym kształcie brak jest danych, jak kształtują się rynkowe miesięczne ceny energii elektrycznej w pierwszych miesiącach roku – na potrzeby analiz założono więc, że ceny kształtują się proporcjonalnie do ceny energii na rynku dnia następnego w notowaniach NORD POOL, [4].

NORD POOL jako źródło danych dla PSE podaje oprócz dziennych, także ceny miesięczne na rynku dnia następnego oraz ceny godzinowe, które będą wykorzystywane jako podstawa rozliczeń po 1 lipca 2024 r. Wobec tego, w celu wyznaczenia szacunkowej linii trendu cen rynkowych energii w 2022 r., dokonano porównania miesięcznych cen rynkowych i cen rynku dnia następnego NORD Pool. Posłużono się przy tym wartościami względnymi cen, przyjmując najwyższą cenę w roku, jako 100% – co pozwala uniezależnić się częściowo od zmienności kursu waluty euro w stosunku do złotówki. Próbę wyznaczenia linii trendu przedstawia rys. 1.



Rys. 1. Porównanie miesięcznych cen rynkowych energii, podawanych od lipca 2022 r. przez PSE z notowaniami miesięcznymi rynku dnia następnego NORD POOL za rok 2021 i 2022 (w wartościach względnych)

Z wykresu wynika, że jednoznaczna linia trendu w ciągu roku nie może być dokładnie ustalona ze względu na zbyt małą liczbę, bardzo rozproszonych danych statystycznych.

W związku z powyższym do dalszych analiz przeanalizowano dwa przypadki:

**Wariant a)** – posłużono się ceną średnią, obliczoną za rok 2022 i indeksowaną ewentualnym wskaźnikiem inflacji w Europie, który przyjęto na poziomie 10% rocznie (na podstawie danych o inflacji w różnych państwach Europy). Na rynku polskim, do obliczania cen energii kupowanej przez prosumenta z sieci, przyjęto wskaźnik inflacji na poziomie 15%. Średnia miesięczna rynkowa cena energii wyliczona w ten sposób dla roku 2022 wyniosła 0,616 p.u., co odpowiada kwocie 628,10 zł i taką cenę przyjęto do dalszych analiz.

**Wariant b)** – na podstawie linii trendów **wyznaczonych** dla cen: miesięcznych, tygodniowych i miesięcznych w perspektywie dwuletniej (maksymalnej dostępnej w NORD POOL), ustalono średni roczny wzrost ceny energii na rynku dnia następnego, który mieścił się w zakresie od 42 do 50% w ciągu roku. Wydaje się wątpliwe, a wręcz nieprawdopodobne utrzymanie takiego trendu w latach następnych, przyjęto więc jako „najbardziej optymistyczny scenariusz” wzrost roczny tej ceny na poziomie 32%. Scenariusz ten i tak jest jednak mało realny; przyjęto go jednak dla zobrazowania możliwej opłacalności inwestycji w panele fotowoltaiczne (PV) w sytuacji, gdyby wzrost ceny odkupu energii był wyższy, aniżeli wzrost ceny energii przy zakupie jej z sieci.

Reasumując, najważniejszą zmianą w Ustawie o OZE jest przejście z rozliczeń na drodze OSD - prosument, od rozliczeń w towarze (*net-metering*, bezpośrednia wymiana energii), na rozliczenia pieniężne (*net-billing*), z pewnymi ograniczeniami (prosument nie może, podobnie jak poprzednio, być producentem – zbyt duże nadwyżki energii wprowadzonej do sieci nie będą odkupywane). Dodatkowo należy zaznaczyć, że za energię wprowadzoną do sieci, nie uiszczą się opłat związanych z dystrybucją (podobnie jak poprzednio, opłat tych nie uiszczą ani prosument, ani OSD) – por. [5], w przeciwieństwie do opłat dystrybucyjnych za energię pobraną, co w pobieżnej ocenie może prowadzić do obaw związanych z opłacalnością instalacji fotowoltaicznych źródeł energii u prosumentów w przypadku wprowadzenia takiej opłaty dystrybucyjnej. Potwierdza to Rozporządzenie Ministra Klimatu i Środowiska z dnia 29 listopada 2022 r. w sprawie sposobu kształtowania i kalkulacji taryf oraz sposobu rozliczeń w obrocie energią elektryczną [6].

## 2.2. Mechanizmy wsparcia prosumentów instalujących odnawialne źródła energii – stan obecny

W ostatnich latach wpływ na przyrost zainstalowanej mocy w systemach fotowoltaicznych miały m.in. następujące czynniki:

- przepisy prawa budowlanego,
- dotacje kapitałowe systemów wykorzystujących odnawialne źródła energii,
- system odkupu wytworzonej energii elektrycznej przez przedsiębiorstwa energetyczne (system opustów),
- krajowe, regionalne i lokalne polityki dla odnawialnych źródeł energii.

W warunkach krajowych, dla prosumentów inwestujących w mikroinstalacje fotowoltaiczne (osoby fizyczne) funkcjonowały następujące programy wsparcia:

- program „Mój prąd”,
- program „Czyste powietrze”,
- program „Prosument 2”,
- regionalne/samorządowe programy wsparcia rozwiązań proekologicznych,
- odliczenie kosztów instalacji fotowoltaicznej od podatku - ulga termomodernizacyjna.

Niektóre z tych programów zostały już zakończone, w części z nich zmieniono zasady funkcjonowania. Pojawiły się także nowe programy, np. „Agroenergia”.

### Program „Mój prąd”

Obecnie do tego programu realizowany jest tzw. nabór IV („Mój prąd 4.0+”). Prosument realizujący inwestycję instalacji mikroinstalacji fotowoltaicznej może otrzymać tutaj dofinansowanie nie tylko na budowę samej instalacji, ale także na wyposażenie jej w magazyn energii lub/i system zarządzania energią regulujący i optymalizujący przepływ tej energii do sieci OSD (EMS/HEMS<sup>1</sup>).

Dotacja w tym programie wynosi:

- w przypadku zgłoszenia do dofinansowania tylko mikroinstalacji PV – do 50% kosztów kwalifikowanych, ale nie więcej niż 6 tys. zł (jest większa o 1 tys. zł w stosunku do poprzednich edycji Programu);
- w przypadku zgłoszenia do dofinansowania mikroinstalacji PV wraz z elementem dodatkowym dotacja jest większa i wynosi: do 50% kosztów kwalifikowanych, ale nie więcej niż 7 tys. zł do samej mikro-

<sup>1</sup> HEMS - ang. *Home Energy Management System*,  
EMS - ang. *Energy Management System*

instalacji PV oraz dodatkowo [7] do magazynu energii do 50% kosztów kwalifikowanych, ale nie więcej niż 16 tys. zł i do systemu EMS/HEMS: do 50% kosztów kwalifikowanych, ale nie więcej niż 3 tys. zł. Łącznie więc, przy budowie instalacji PV z magazynem energii i systemem EMS/HEMS można otrzymać dotacje do 26 tys. zł przy inwestycji o wartości 52 tys. zł.

### **Program „Czyste powietrze”**

Program „Czyste powietrze” jest programem ogólnopolskim, realizowanym poprzez wojewódzkie oddziały Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej, który w swoim założeniu obejmuje zmniejszenie emisji zanieczyszczeń istniejących budynków oraz redukcję potencjalnych zanieczyszczeń budynków nowobudowanych. Program trwa do 2029 r., a dotacje do instalacji fotowoltaicznych są jedynie elementem szerszej idei programu promującego co do zasady poprawę efektywności energetycznej budynków poprzez ich termomodernizację, wymianę nieekologicznych kotłów i zabudowę nowoczesnych jednostek oraz zmianę źródła ciepła na źródło mniej emisyjne.

Dotacja może wynieść do 50% wartości instalacji fotowoltaicznej o mocy z przedziału 2-10 kW z progiem maksymalnej dotacji w wysokości 5 000 zł (9 000 zł jeżeli inwestor spełnia kryterium dochodowe, tzn. został zaliczony do grupy beneficjentów najwyższego dofinansowania).

### **Program „Agroenergia”**

Program ten przewidziany jest dla rolników i realizowany poprzez Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej. Ciekawostką jest dofinansowanie mikroinstalacji o mocach większych od 10 kW. Dotacje wynoszą: przy mocy od 10 do 30 kW (łącznie) – do 20% wartości inwestycji (koszty kwalifikowane), ale nie więcej niż 15 tys. zł, lub przy mocy od 30 do 50 kW (łącznie) – do 13% kosztów przedsięwzięcia, ale nie więcej niż 25 tys. zł. Przewidziano również dotacje na podobnym poziomie do magazynów energii zintegrowanych z instalacją fotowoltaiczną.

### **Samorządowe programy wsparcia rozwiązań proekologicznych**

W przypadku programów samorządowych, obowiązujących lokalnie, zasadniczo inwestorzy mogą oczekiwać wsparcia w postaci dotacji na cele inwestycyjne bez możliwości kredytowania pozostałej części inwestycji na zasadach preferencyjnych. Z uwagi na mnogość programów samorządowych na terenie Polski, w artykule ograniczono się do przedstawienia wyłącznie jednego, wybranego programu lokalnego. Wybrano program PONE –

„Program Ograniczenia Niskiej Emisji na terenie miasta Zabrze”, m.in. ze względu na możliwość porównania aktualnych zasad działania tego programu z zasadami obowiązującymi w 2021 r. [8], [9].

W ramach tego programu przewiduje się obecnie dofinansowanie w wysokości 80% kosztów kwalifikowanych inwestycji w instalację fotowoltaiczną, jednakże dotacja nie może być wyższa niż 7 200 zł (poprzednio kwota była wyższa).

### **Ulga termomodernizacyjna**

Począwszy od 1 stycznia 2019 r. możliwe jest odliczenie od podstawy opodatkowania kosztów realizacji instalacji fotowoltaicznej w ramach tzw. ulgi termomodernizacyjnej.

Zasady skorzystania z ulgi nie zmieniły się znacząco i w dalszym ciągu wartość odliczenia może wynieść maksymalnie 53 000 zł na podatnika, przy czym kwota odliczenia pomniejsza podstawę opodatkowania i może być rozłożona na nie więcej niż 3 lata (poprzednio 6 lat), licząc od końca roku, kiedy poniesiono pierwszy wydatek.

Dla prosumentów - przedsiębiorców (osoby prawne) dostępne są następujące mechanizmy i programy wsparcia [10]:

- oferta preferencyjnych kredytów bankowych;
- możliwość korzystania z odpisów amortyzacyjnych
- dofinansowania z programu „Energia Plus” realizowanego przez NFOŚiGW, przystąpienie do programu możliwe było do 16 grudnia 2022 r.
- leasing;
- regionalne programy wsparcia, np. „50 kW na start 2022”.

### **Program „Energia Plus”**

Realizowany przez NFOŚiGW program „Energia Plus” skierowany jest do przedsiębiorców. W 2022 r. zmieniono nieco oprocentowanie przyznawanych pożyczek – ustanowiono preferencyjne stawki WIBOR 3M + 50 pb, ale nie mniej niż 1,5% w skali roku (było 2% w skali roku). Pozostałe zasady (np. udzielanie pożyczek do wartości 85% kosztów kwalifikowanych inwestycji nie uległy zmianom, jednakże nie umożliwiono już możliwości umorzenia części pożyczki).

### **Leasing instalacji fotowoltaicznych**

Leasing jest jedną z najpopularniejszych form finansowania inwestycji i nadal jest stosowany przy finansowaniu inwestycji w instalacje fotowoltaiczne, przy jednoczesnym spłacaniu kosztów leasingu zyskami wynikającymi z unikniętych opłat za energię elektryczną.

### **Program regionalny „50 kW na start 2022” w województwie śląskim**

Program ten przytoczono, jako przykład mechanizmu wsparcia dla podmiotów instytucjonalnych, inwestujących w fotowoltaikę na poziomie regionalnym (w tym przypadku w woj. śląskim).

Program działa podobnie jak ogólnokrajowy program „Energia plus” i oferuje beneficjentom preferencyjne pożyczki połączone z dotacją, przy czym pożyczka może finansować 90% kosztów kwalifikowanych inwestycji, zaś dotacja – pozostałe 10%. Niestety w kosztach kwalifikowanych znalazły się tylko bezpośrednie koszty zakupu i montażu instalacji fotowoltaicznej, program nie oferuje finansowania na prace projektowe, przygotowanie terenu i budowę dróg itp. Pożyczka jest oprocentowana na co najmniej 3% w stosunku rocznym a wartość inwestycji nie może przekraczać 350 tys. zł.

### 3. STUDIUM PRZYPADKU – OPIS PRZYKŁADOWYCH MIKROINSTALACJI FOTOWOLTAICZNYCH PODDANYCH ANALIZIE OPLACALNOŚCI

W celu oszacowania opłacalności budowy prosumenckiej mikroinstalacji fotowoltaicznej i porównania tej opłacalności z analogiczną sytuacją z 2021 r. przeanalizowano dwie sytuacje inwestycji w instalację fotowoltaiczną o parametrach takich samych jak w artykule [11] przez prosumentów :

- prosument będący osobą fizyczną, budujący mikroinstalację fotowoltaiczną typu on-grid o mocy 3,5 kW na dachu własnego budynku mieszkalnego, który nie wymaga specjalnego przystosowania do umieszczenia paneli fotowoltaicznych (np. wzmocnienia konstrukcji).

- prosument instytucjonalny (osoba prawna) budujący instalację fotowoltaiczną o mocy 30 kW na dachu płaskim obiektu przemysłowego stanowiącego własność przedsiębiorcy. Również tutaj zakłada się, że montaż instalacji nie wymaga konieczności dodatkowego wzmocnienia stropodachu w celu umożliwienia posadowienia paneli fotowoltaicznych.

#### 3.1. Analiza kosztów budowy instalacji przez prosumenta indywidualnego przy uwzględnieniu zmian cen podzespołów od 2021 r.

W celu oszacowania kosztów instalacji u prosumenta indywidualnego posłużono się danymi katalogowymi producentów elementów instalacji, przy czym wzięto pod uwagę postęp technologiczny w ostatnich latach oraz podobnie jak poprzednio poczyniono założenie, że unika się porównywania i wyboru okazjonalnych, atrakcyjnych cenowo ofert, które niewątpliwie są najtańsze, natomiast nie zapewniają np. rzetelnej

obsługi gwarancyjnej i konserwacyjnej. Ograniczono się więc do elementów instalacji i producentów wpisanych na listę Tier 1 [11]. Wybrano panele PV o mocy 380 Wp (poprzednio: o mocy 285 Wp w warunkach STC i 212 Wp w warunkach NOCT) w ilości 9 sztuk, co daje łączną moc zainstalowaną 3 420 W oraz powierzchnię zabudowy min. 16,8 m<sup>2</sup> (moduł 1 774 × 1 052 mm). Ze względu na umożliwienie bezpośredniego porównania instalacji z instalacją opisywaną w artykule [11], założono identyczną moc wyjściową paneli PV, zorientowanie instalacji w kierunku południowym oraz montaż równoległy z kątem nachylenia dachu (przyjęto nachylenie 37°). Jednocześnie występujący postęp technologiczny umożliwił redukcję liczby paneli PV oraz powierzchni przez nie zajmowanej – w stosunku do projektu opisywanego poprzednio. Nastąpiła również zmiana ceny.

Inwerter (falownik) do instalacji fotowoltaicznej przyjęto jako falownik centralny, a jego moc dobrano na podstawie wzoru [11]:

$$0,7 P_{PV} < P_{nINV} < 1,2 P_{PV} , \quad (1)$$

gdzie:

$P_{PV}$  – moc zainstalowana sumaryczna paneli PV,

$P_{nINV}$  – moc znamionowa inwertera.

Dla prosumenta indywidualnego dobrano falownik o mocy 3 kW, dokładnie takiego samego typu, jak w artykule [11]. Falowniki te są nadal wytwarzane, jednak ich cena wzrosła z 4 015,45 zł do 6 370 zł brutto.

Inne niezbędne elementy instalacji, generujące koszty podlegające analizie ekonomicznej, przyjęto jak w artykule [11], jednakże zweryfikowano ich koszty uwzględniając czynnik inflacji – tabela 2.

Pominięto aspekty techniczne doboru paneli i falowników (inwerterów), ponieważ nie jest to głównym celem artykułu. Dodatkowo założono, że instalacja PV zarówno prosumenta indywidualnego, jak i instytucjonalnego została tak dobrana, że wytworzona rzeczywista energia w ciągu roku pokrywa całkowicie zapotrzebowanie roczne prosumenta, zatem sieć dystrybucyjna pełni wyłącznie rolę „zasobnika” energii, pozwalającego na przechowanie nadwyżek energii, które nie mogą być zużyte natychmiast, natomiast będą zużywane sukcesywnie w czasie braku produkcji energii (np. w nocy).

Tabela 2  
Koszty inwestycyjne instalacji fotowoltaicznej prosumenta indywidualnego w 2022 r. w porównaniu z rokiem 2020

Lp.	Wyszczególnienie	Rok	Ilość	Cena jednost. zł	Wartość zł
1.	Panele fotowoltaiczne	2020	12 szt.	397,65	4 771,80
		2022	9 szt.	890,00	8 010,00
2.	Inwerter	2020	1 szt.	4 015,50	4015,5
		2022	1 szt.	6 370,00	6 370,00
3.	Konstrukcja montażowa	2020	2 kpl.	840	1 680
		2022	9 kpl.	169	1 521
4.	Okablowanie DC	2020	35 m	4,58	160,30
		2022	35 m	8,38	293,30
5.	Okablowanie AC	2020	10 m	6,90	69
		2022	10 m	9,20	92,70
6.	Wyposażenie przyłączeniowe <sup>9)</sup>	2020	1 kpl.	1 500	1 500
		2022	1 kpl.	1 575	1 575
7.	Projekt - szacunkowo 2020 r. i 2022 r.		1 kpl.	500	500
8.	Montaż - cena z 1 kW	2020	3,5 kW	700	2 450
		2022	3,5 kW	1 000	3 500
9.	Narzut wykonawcy	2020	15% z sumy poz. 1-8 j.w		2 271,48
		2022			3204,30
10.	Cena łączna netto	2020			17 418,53
		2022			24 566,30
11.	Podatek VAT 2020r	2020	8%		1 393,48
		2022			1965,30
12.	Cena łączna brutto	2020			18 812,01
		2022			26 531,60
13.	Cena jednostkowa brutto za kW mocy zainstalowanej	2020			5 500,59
		2022			7 580,50

<sup>9)</sup> Uwzględniono rozłączniki, skrzynki przyłączeniowe, wyłącznik RCD, zabezpieczenia bezpiecznikowe, ograniczniki przepięć

### 3.2. Analiza kosztów budowy instalacji przez prosumenta instytucjonalnego (osobę prawną)

Założono, podobnie jak w rozważaniach z 2020 r. [11], że prosument instytucjonalny buduje instalację o mocy 30 kW, używając takich samych paneli PV jak prosument indywidualny. Wymagana liczba paneli w liczbie 79 sztuk, umieszczona jest na dachu płaskim, na konstrukcjach wsporczych umożliwiających osiągnięcie kąta pochylenia paneli równego 25°. Założono włączenie instalacji fotowoltaicznej do sieci za pośrednictwem jednego falownika, o mocy

30 kW. Zestawienie kosztów oraz ich porównanie z kosztami z 2020 r. przedstawiono w tabeli 3.

Tabela 3  
Koszty inwestycyjne instalacji fotowoltaicznej prosumenta instytucjonalnego w 2022 r. w porównaniu z rokiem 2020

Lp.	Wyszczególnienie	Rok	Ilość	Cena jednost. zł	Wartość zł
1.	Panele fotowoltaiczne	2020	106 szt.	397,65	42 150,90
		2022	79 szt.	890,00	70 310,00
2.	Inwerter	2020	1 szt.	9 047,97	9 047,97
		2022	1 szt.	14 383,61	14 383,61
3.	Konstrukcja montażowa	2020	106 kpl.	279,93	29 672,58
		2022	20 kpl.	941	18 820,20
4.	Okablowanie DC	2020	350 m	4,58	1 603
		2022	350 m	8,38	2 933
5.	Okablowanie AC	2020	20 m	6,90	139
		2022	20 m	43,91	878,2
6.	Wyposażenie przyłączeniowe	2020	1 kpl.	3 500	3 500
		2022	1 kpl.	3 675	3 675
7.	Projekt 2020 i 2022r		1 kpl.	4 000	4 000
8.	Montaż	2020	30 kW	700	21 000
		2022	30 kW	1 000	30 000
9.	Narzut wykonawcy	2020	15% z sumy poz. 1-7		16 666,87
		2022			16 926,11
10.	Cena łączna netto	2020			127 779,32
		2022			129 706,80
11.	Cena jednostkowa netto za kW mocy zainstalowanej	2020			4 229,70
		2022			4 325,60

Uwaga: W szacowaniach nie uwzględniono podatku VAT ze względu na to, że rozpatrywany prosument jest przedsiębiorcą prowadzącym działalność gospodarczą

<sup>9)</sup> Uwzględniono rozłączniki, skrzynki przyłączeniowe, wyłącznik RCD, zabezpieczenia bezpiecznikowe, ograniczniki przepięć

### 3.3. Oszacowanie ilości wyprodukowanej energii dla obu analizowanych przypadków

Ze względu na zastosowanie w bieżącej analizie elementów systemu fotowoltaicznego o parametrach podobnych, jak parametry elementów użytych w analizie opisanej w artykule [11] można przyjąć, że roczne uzyski energii elektrycznej również są podobne. Dla dokładniejszej analizy porównano jednak parametry paneli fotowoltaicznych pod względem spadku sprawności. Było to konieczne ze względu na to, że panele PV analizowane w poprzednim artykule nie są już produkowane,

a nowsze - o większej mocy - mają zmniejszony współczynnik utraty mocy w czasie w stosunku do poprzedniego modelu. W analizie tej przyjęto uproszczenie, że zmiana utraty sprawności panelu PV jest jedyną zmianą w układzie i zamiast utraty sprawności 0,80% założono utratę sprawności 0,45% rocznie.

Tabela 4  
Generacja energii elektrycznej w instalacjach fotowoltaicznych w okresie 20 lat eksploatacji

Rok eksploatacji	Energia generowana, kWh	
	Prosument indywidualny	Prosument przedsiębiorca
1	3 488	30 423,5
2	3 472,3	30 286,6
3	3 444,4	30 150,3
4	3 416,6	30 014,6
5	3 388,7	29 879,5
6	3 360,8	29 745,1
7	3 332,9	29 611,2
8	3 305,0	29 478,0
9	3 277,2	29 345,3
10	3 249,3	29 213,3
11	3 221,4	29 081,8
12	3 193,6	28 951,0
13	3 165,7	28 820,7
14	3 137,8	28 691,0
15	3 109,9	28 561,8
16	3 081,1	28 433,3
17	3 054,2	28 305,4
18	3 026,3	28 178,0
19	2 998,4	28 051,2
20	2 970,6	27 925,0

Pozostałe założenia pozostały niezmienione. Uwzględniając powyższe – roczne uzyski energii elektrycznej przedstawiono w tabeli 4 dostosowując je do rzeczywistej mocy instalacji, wynoszącej odpowiednio dla prosumenta indywidualnego – 3 420 W i prosumenta przedsiębiorcy – 30 020 W.

### 3.4. Wstępne założenia finansowe do oszacowania opłacalności inwestycji

Instalacje fotowoltaiczne dla prosumentów indywidualnych w 2022 r. objęte były podatkiem VAT w wysokości 8%. Założono (podobnie jak w [11]), że wartość należnego podatku dochodowego prosumenta indywidualnego jest wystarczająca do jednorazowego zastosowania ulgi termomodernizacyjnej.

W przypadku budowy instalacji fotowoltaicznej przez przedsiębiorców założono, że całość podatku VAT (w wysokości 23%) podlega odliczeniu w ramach prowadzonej przez przedsiębiorcę działalności gospodarczej. Oznacza to, że w analizie finansowej uwzględniano wartości brutto całej inwestycji w przypadku prosumenta indywidualnego oraz wartości netto inwestycji w przypadku prosumenta przedsiębiorcy.

W celu wyznaczenia korzyści płynących z ulgi termomodernizacyjnej przyjęto, że prosument indywidualny rozlicza się z podatku dochodowego stawką 17%, natomiast przedsiębiorca prowadzi działalność gospodarczą objętą podatkiem liniowym 19%.

W celu wykonania analizy finansowej przyjęto, następujące metody finansowania inwestycji przez prosumenta indywidualnego:

- środki własne,
- dofinansowanie z programu wsparcia „Mój prąd”,
- dofinansowanie z samorządowego programu wsparcia „PONE”,
- kredyt konsumencki (100% wartości, oprocentowanie 7,30%, marża 4,00 p.p. i zerowa prowizja, okres kredytowania 10 lat).

Natomiast dla prosumenta-przedsiębiorcy założono finansowanie inwestycji przy wykorzystaniu:

- środków własnych,
- leasingu operacyjnego (opłata wstępna 1%, wykup 1%, 95 rat 1,24%),
- kredytu dla firm (100% wartości, oprocentowanie 6,94%, plus marża 3p.p, prowizja 3,5%, okres kredytowania 8 lub 10 lat).

W roku 2022, wskutek ogólnoswiatowej sytuacji gospodarczej, ceny energii elektrycznej zaczęły rosnąć. Jednocześnie Państwo podjęło kroki do złagodzenia wzrostu cen energii poprzez działania osłonowe, nie dotyczyły one jednak każdego odbiorcy energii w równym stopniu. Na potrzeby artykułu przyjęto, że cena pobranej z sieci energii elektrycznej dla prosumenta indywidualnego wynosi brutto 0,7311 zł/kWh przy 23% VAT (uwzględniając opłaty abonamentowe przyjęto 0,7550 zł/kWh), założono 2 MWh zużycia i zamrożenie cen. Jeśli prosument nie spełniał wymagań do zastosowania zamrożonej ceny, wówczas stosowano stawkę brutto 1,22 zł/kWh – z uwzględnieniem opłaty dystrybucyjnej plus 18,34 zł opłaty abonamentowej. Natomiast dla prosumenta-przedsiębiorcy przyjęto cenę netto 785 zł/MWh za energię i dystrybucję w przypadku zamrożonej ceny (uprawnieni) lub 2,466 zł/kWh. Ponadto przyjęto, że stopa dyskonta wynosi 4%.

Uwaga: Ze względu na zmienność przepisów i wprowadzanie ulg antyinflacyjnych (tymczasowych) cena energii może się różnić od założonej. Nie sposób

jednak przewidzieć zmian tego typu uregulowań w horyzoncie czasowym inwestycji, dlatego założono, że zarówno prosumenci indywidualni, jak i przedsiębiorcy nie spełniają warunków wdrożenia ulg i pakietów antyinflacyjnych, natomiast poziom inflacji (średnio) będzie wynosił 15% rocznie.

Dane do analizy finansowej zawarto w tabeli 5

Tabela 5  
Parametry finansowe użyte do analizy ekonomicznej  
– stan na koniec 2022 r.

Wyszczególnienie	Prosumenci indywidualni	Prosumenci przedsiębiorcy
Koszty inwestycyjne	26 531,60 zł brutto	129 706,8 zł netto
Cena jednostkowa energii elektrycznej kupowanej od OSD wraz z dystrybucją	1,22 zł/kWh brutto	2,466 zł/kWh netto
Wzrost cen energii elektrycznej	15% (rok do roku)	
Poziom autokonsumpcji	25%	75%
Koszty eksploatacyjne	150 zł/rok	300 zł/rok
Korzyści podatkowe	ulga termomodernizacyjna	odpisy amortyzacyjne
Horyzont czasowy inwestycji	20 lat	
Stopa dyskonta	4%	

Pokazane w tabeli 5 dane przyjęto przy założeniu możliwości wykonania niewielkich czynności konserwacyjno-sprawdzających podczas eksploatacji instalacji (np. czyszczenie paneli PV, pomiary itp.), tj. w horyzoncie czasowym inwestycji, wynoszącym 20 lat.

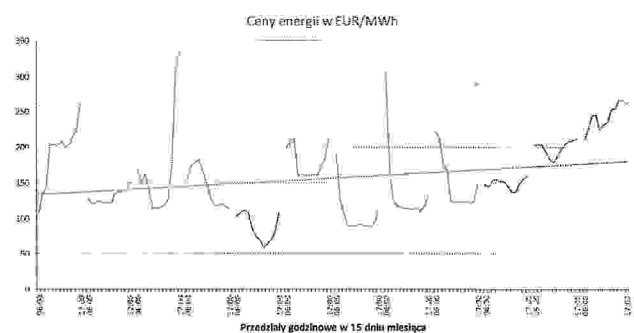
### 3.5. Przewidywane korzyści finansowe przy zastosowaniu systemu *net-billing* przez spółki dystrybucyjne oraz analiza przepływów finansowych

Zmiana Ustawy o OZE umożliwia, a w najbliższej przyszłości będzie nakazywać (nakazem już objęci są prosumenci podpisujący obecnie umowy na montaż i włączenie instalacji fotowoltaicznych do sieci) sprzedaż wyprodukowanych nadwyżek energii elektrycznej adekwatnej spółce dystrybucyjnej. Cena sprzedaży nie uwzględnia opłat dystrybucji i jest wyliczana na podstawie analizy rynku dnia następnego. Na potrzeby artykułu dokonano wyznaczenia trendu wzrostu tej ceny w oparciu o analizę giełdy NORD POOL w ciągu ostatnich dwóch lat (wyznaczenie procentowego wzrostu ceny rocznie) oraz średniej miesięcznej ceny energii, podawanej przez PSE w ciągu ostatnich miesięcy.

Dodatkowo, do szacowania korzyści z inwestycji po 2024 r. (przejście na rozliczenia godzinowe), oszacowano możliwy trend cenowy na rynku energii w godzinach, w których panele fotowoltaiczne są zdolne do produkcji energii elektrycznej (przyjęto godziny 6:00 i 18:00, jako przybliżone godziny wschodu i zachodu Słońca w dzień równonocy).

Ruch cen przewidywano według uproszczonego algorytmu, zgodnie z poniższym opisem.

W roku 2023 przewidziano wzrost średniej ceny miesięcznej na rynku dnia następnego wg wskaźnika NORD POOL z roku 2022. W celu zwiększenia dokładności posłużono się średnimi cenami tygodniowymi, mimo iż PSE podaje średnią miesięczną rynkową cenę energii. Przy aproksymacji liniowej ceny tygodniowej NORD POOL obliczono, że roczny wzrost ceny odkupu energii od prosumentów wyniósł średnio 47%. Utrzymanie takiego trendu wydaje się być niemożliwe. Przyjęto więc, że w roku 2023 i pierwszej połowie 2024 (do przejścia na rozliczenia godzinowe) wzrost ten może wynieść 32% (dokonano szacunku tego wzrostu, biorąc pod uwagę poziom inflacji w Polsce i zmienność kursu euro). Od roku 2024 przyjęto ruch ceny na rynku dnia następnego według zmienności cen rynku godzinowego NORD POOL z roku 2022, wybierając ceny godzinowe z każdego 15. dnia miesiąca z okresu od 6:00 do 18:00 jako godziny potencjalnego wytwarzania energii elektrycznej przez panele PV. Trend zmiany cen (w euro) pokazano na rys. 3.1. Przerwy w funkcji zmian cen na rysunku oznaczają okresy nocne, w których energia na pewno nie będzie sprzedawana do sieci.



Rys. 2. Wyznaczenie trendu zmian godzinowych cen energii elektrycznej na rynku dnia następnego w godzinach 6:00-18:00 w oparciu o dane rynku NORD POOL z 2022 r.

Z analizy wykresu z rys. 2 wynika, że roczny wzrost ceny odkupu energii na rynku dnia następnego wynosi 36%. Oczywiście nie można założyć, że przyrost ten będzie stały w przyszłych latach, ponadto Ustawa o OZE [2] zawiera dodatkowo zapis, że prosumenci nie mogą otrzymać zwrotu finansowego większego niż 20% wartości energii wprowadzonej

do sieci i niewykorzystanej w późniejszym okresie do własnych celów (art. 4. ust. 11. pkt. 2) Ustawy).

Na potrzeby artykułu, w celu wyznaczenia korzyści netto z generacji energii elektrycznej przyjęto zatem, że jeśli cena netto odkupu energii od prosumenta przekroczy o 20% cenę sprzedaży energii przez spółkę dystrybucyjną, to wartość pieniężna zysku z generacji wynosi 120% ceny sprzedaży energii prosumentowi przez spółkę dystrybucyjną i niemożliwy jest dalszy wzrost takiego zysku.

Założono ponadto, że poziom autokonsumpcji każdego z prosumentów jest proporcjonalny do produkcji energii w panelach PV i wynosi 25% dla prosumenta indywidualnego i 75% dla prosumenta instytucjonalnego.

Założoną wielkość autokonsumpcji oraz możliwe do wygenerowania korzyści finansowe przedstawiono w tabelach 6 i 7.

Scenariusz, według którego ceny odkupu energii na rynku NORD POOL będą rosły w tempie 32-36% rocznie, jest bardzo mało prawdopodobny. Dlatego, jako podstawowy przeanalizowano wariant, w którym założono, że ceny odkupu energii w latach następnych będą rosły tylko 10% rocznie (wolniej niż stopa inflacji w Polsce).

Na podstawie oszacowanych korzyści oraz przedstawionych w pkt. 3.1. nakładów inwestycyjnych wyliczono przepływy finansowe (rok do roku) dla analizowanych przypadków. W analizie przepływów uwzględniono:

- Korzyść z generacji netto w danym roku (iloczyn ilości energii wyprodukowanej i jej ceny, z uwzględnieniem autokonsumpcji oraz wzrostu cen energii w danym roku); jest to uniknięty koszt opłat za energię elektryczną pobraną z sieci,

- Nakłady inwestycyjne z uwzględnieniem dotacji, przy czym nakłady przyjęto ze znakiem minus, a dotacje – ze znakiem plus; raty ewentualnych kredytów również przyjęto jako nakład ze znakiem minus;

- Przepływy finansowe w danym roku (suma nakładów i korzyści w danym roku);

- Przepływy finansowe skumulowane – suma korzyści z roku bieżącego i przepływu finansowego skumulowanego z roku poprzedniego;

- Przepływy finansowe zdyskontowane w danym roku – obliczane jak przepływy zwykłe, ale z uwzględnieniem stopy dyskonta (przyjęto 4%) związanej ze zmianą wartości pieniądza w czasie. Wykorzystano wzór (2):

$$PV = \frac{FV_n}{(1+r)^n}, \quad (2)$$

gdzie:

$PV$  – wartość bieżąca,

$FV_n$  – wartość przyszła w n-tym roku,

$r$  – stopa dyskonta (przyjęta jako 4%).

- Przepływy zdyskontowane skumulowane – suma przepływu zdyskontowanego w roku bieżącym oraz przepływu skumulowanego z roku poprzedniego.

Tabela 6

Korzyści finansowe z generacji energii elektrycznej w instalacji fotowoltaicznej prosumenta indywidualnego

Rok	Generacja kWh	Autokonsumpcja kWh	Cena odkupu energii wariant a) - wzrost ceny 10%/rok zł/kWh	Cena odkupu energii wariant b) - wzrost ceny 32%/rok zł/kWh	Korzyść z generacji wariant a) - wzrost cen odkupu 10%/rok zł	Korzyść z generacji wariant b) zł
1	3 488	872	0,703	0,70	2 386,9	2 386,9
2	3 460	865	0,774	0,93	2 670,8	2 992,3
3	3 432	858	0,852	1,26	2 987,8	3 835,9
4	3 404	851	0,937	1,72	3 341,89	4 937,8
5	3 376	844	1,030	2,34	3 738,61	6 385,5
6	3 348	837	1,134	3,18	4 181,1	7 819,6
7	3 320	830	1,247	4,32	4 675,9	8 937,8
8	3 292	823	1,372	5,88	5 229,6	10 212,0
9	3 264	816	1,509	7,99	5 849,3	11 664,0
10	3 236	809	1,660	10,87	6 544,9	13 323,7
11	3 208	802	1,830	14,79	7 322,4	15 209,5
12	3 180	795	2,010	20,11	8 193,7	17 357,9
13	3 152	788	2,210	27,35	9 170,5	19 805,3
14	3 124	781	2,430	37,20	10 265,8	22 592,9
15	3 095	774	2,670	50,59	11 494,7	25 767,8
16	3 068	767	2,940	68,80	12 876,7	29 395,4
17	3 040	760	3,230	93,56	14 425,2	33 514,4
18	3 012	753	3,560	127,25	16 164,1	38 204,3
19	2 984	746	3,910	173,06	18 117,6	43 543,8
20	2 956	739	4,300	235,36	20 317,2	49 642,9

Tabela 7  
Korzyści finansowe z generacji energii elektrycznej  
w instalacji fotowoltaicznej prosumenta-przedsiębiorcy

Rok	Generacja kWh	Auto-konsumpcja kWh	Cena odkupu energii wariant a) zł/kWh	Cena odkupu energii wariant b) zł/kWh	Korzyść z generacji wariant a) zł	Korzyść z generacji wariant b) zł
1	30 616	22 962	0,703	0,70	52 044,3	52 044,3
2	30 370	22 778	0,774	0,93	59 145,8	60 321,4
3	30 124	22 593	0,852	1,26	67 216,5	70 318,3
4	29 878	22 409	0,937	1,72	76 393,0	82 230,5
5	29 632	22 224	1,030	2,34	86 822,5	96 501,0
6	29 386	22 040	1,134	3,18	98 682,1	113 702,7
7	29 140	21 855	1,247	4,32	112 162,0	134 567,3
8	28 894	21 671	1,372	5,88	127 491,2	160 044,7
9	28 648	21 486	1,509	7,99	144 915,2	187 874,0
10	28 402	21 302	1,660	10,87	164 730,6	214 241,2
11	28 156	21 117	1,830	14,79	187 254,1	244 286,2
12	27 910	20 933	2,010	20,11	212 869,7	278 515,7
13	27 664	20 748	2,210	27,35	241 985,7	317 513,0
14	27 418	20 564	2,430	37,2	275 099,0	361 933,7
15	27 172	20 379	2,670	50,59	312 736,2	412 532,6
16	26 926	20 195	2,940	68,8	355 539,7	470 157,6
17	26 680	20 010	3,230	93,56	404 188,8	535 785,3
18	26 434	19 826	3,560	127,25	459 573,7	610 511,5
19	26 188	19 641	3,910	173,06	522 389,8	695 598,8
20	25 942	19 457	4,300	235,36	593 890,3	792 463,1

Przykładową analizę przepływów dla prosumenta indywidualnego przedstawiono w tabelach 8 a) i 8 b).

Z tabel 8 a) i 8 b) wynika wprost okres zwrotu inwestycji PP lub zdyskontowany okres zwrotu DPP, czyli liczba lat, po których skumulowane przepływy pieniężne lub zdyskontowane skumulowane przepływy pieniężne osiągną wartość dodatnią. W celu dokładniejszego określenia tych parametrów ekonomicznych stosuje się wzór:

$$PP = n_0 + \frac{PC_{(n+1)}}{P_{(n+1)}}, \quad (3)$$

gdzie:

$PP$  – okres zwrotu,

$n_0$  – liczba lat (okresów), w których przepływy pieniężne skumulowane są ujemne,

$PC_{(n+1)}$  – część przepływu pieniężnego skumulowanego w pierwszym roku (rok  $n+1$ ), w którym przepływ skumulowany jest dodatni, bilansująca przepływy skumulowane w tym roku do zera,

$P_{(n+1)}$  – całkowity przepływ w roku  $n+1$ .

Analogiczny wzór można zastosować dla przepływów zdyskontowanych.

Tabela 8 a)  
Przepływy finansowe dla instalacji fotowoltaicznej  
prosumenta indywidualnego przy finansowaniu całości ze  
środków własnych

Rok	Korzyść z generacji netto (brutto – koszt eksploatacji) zł	Nakłady inwestycyjne / dotacje zł	Przepływy finansowe zł	Przepływy finansowe skumulowane zł	Przepływy finansowe zdyskontowane zł	Przepływy finansowe zdyskontowane skumulowane zł
0	0,0	26 531,6	26 531,6	-26 531,6	26 531,6	-26 531,6
1	2 386,9		2 386,9	-24 144,7	2 295,1	-24 236,5
2	2 670,8		2 670,8	-21 473,9	2 469,3	-21 767,2
3	2 987,8		2 987,8	-18 486,1	2 656,1	-19 111,0
4	3 341,9		3 341,89	-15 144,2	2 856,7	-16 254,4
5	3 738,6		3 738,61	-11 405,6	3 072,9	-13 181,5
6	4 181,1		4 181,1	-7 224,5	3 304,4	-9 877,1
7	4 675,9		4 675,9	-2 548,6	3 553,3	-6 323,8
8	5 229,6		5 229,6	2 681,0	3 821,2	-2 502,6
9	5 849,3		5 849,3	8 530,6	4 109,6	1 607,0
10	6 544,9		6 544,9	15 075,2	4 421,5	6 028,5
11	7 322,4		7 322,4	22 397,7	4 756,5	10 785,0
12	8 193,7		8 193,7	30 591,4	5 117,8	15 902,8
13	9 170,5		9 170,5	39 761,8	5 507,5	21 410,4
14	10 265,8		10 265,8	50 027,7	5 928,3	27 338,6
15	11 494,7		11 494,7	61 522,4	6 382,6	33 721,2
16	12 876,7		12 876,7	74 399,1	6 875,0	40 596,2
17	14 425,2		14 425,2	88 824,2	7 405,5	48 001,7
18	16 164,1		16 164,1	104 988,4	7 979,1	55 980,8
19	18 117,6		18 117,6	123 106,0	8 599,4	64 580,2
20	20 317,2		20 317,2	143 423,2	9 272,5	73 852,6

Tabela 8 b)  
Przepływy finansowe dla instalacji fotowoltaicznej  
prosumenta indywidualnego przy finansowaniu całości ze  
środków własnych

Rok	Korzyść z generacji netto (brutto – koszt eksploatacji) zł	Nakłady inwestycyjne / dotacje zł	Przepływy finansowe zł	Przepływy finansowe skumulowane zł	Przepływy finansowe zdyskontowane zł	Przepływy finansowe zdyskontowane skumulowane zł
0	0,0	-26531,6	-26 531,6	-26 531,6	-26 531,6	-26 531,6
1	2 386,9		2 386,9	-24 144,7	2 295,1	-24 236,5
2	2 992,3		2 992,3	-21 152,4	2 766,5	-21 470,0
3	3 835,9		3 835,9	-17 316,6	3 410,1	-18 059,9
4	4 937,8		4 937,8	-12 378,7	4 220,9	-13 839,0
5	6 385,5		6 385,5	-5 993,2	5 248,5	-8 590,6
6	7 819,6		7 819,6	1 826,4	6 180,0	-2 410,6
7	8 937,8		8 937,8	10 764,2	6 792,0	4 381,3
8	10 212,0		10 212,0	20 976,2	7 461,8	11 843,2
9	11 664,0		11 664,0	32 640,2	8 195,0	20 038,2
10	13 323,7		13 323,7	45 964,0	9 001,0	29 039,2
11	15 209,5		15 209,5	61 173,5	9 879,8	38 919,0
12	17 357,9		17 357,9	78 531,4	10 841,7	49 760,7
13	19 805,3		19 805,3	98 336,7	11 894,5	61 655,2
14	22 592,9		22 592,9	120 929,6	13 046,8	74 702,1
15	25 767,8		25 767,8	146 697,4	14 308,0	89 010,0
16	29 395,4		29 395,4	176 092,7	15 694,4	104 704,4
17	33 514,4		33 514,4	209 607,1	17 205,4	121 909,8
18	38 204,3		38 204,3	247 811,4	18 858,7	140 768,6
19	43 543,8		43 543,8	291 355,2	20 667,7	161 436,3
20	49 642,9		49 642,9	340 998,1	22 656,4	184 092,7

Tabela 9  
Przepływy finansowe dla instalacji fotowoltaicznej  
prosumenta -przedsiębiorcy przy finansowaniu inwestycji  
kredytem 10-letnim

Rok	Korzyść z generacji netto (brutto – koszt eksploatacji) zł	Nakłady inwestycyjne / dotacje zł	Przepływy finansowe [zł]	Przepływy finansowe skumulowane zł	Przepływy finansowe zdyskontowane zł	Przepływy finansowe zdyskontowane skumulowane zł
0	0	-21 792	-21 792	-21 792	-21 792	-21 792
1	52 044,3	-21 792	30 252,25	8 460,25	29 088,7	7 296,7
2	59 145,8	-21 792	37 373,82	45 814,07	34 535,7	41 832,4
3	67 216,5	-21 792	45 424,53	91 238,6	40 382,2	82 214,7
4	76 393,0	-21 792	54 600,98	145 839,6	46 673,1	12 887,8
5	86 822,5	-21 792	65 030,54	210 870,1	53 450,4	182 338,2
6	98 682,1	-21 792	76 890,13	287 760,2	60 767,4	243 105,5
7	112 162,0	-21 792	90 369,97	378 130,2	68 673,7	311 779,3
8	127 491,2	-21 792	105 699,2	483 829,4	77 233,3	389 012,6
9	144 915,2	-21 792	123 123,2	606 952,5	86 504,7	475 517,3
10	164 730,6		164 730,6	771 683,1	111 286,1	586 803,4
11	187 254,1		187 254,1	958 937,3	121 636,7	708 440,1
12	212 869,7		212 869,7	1 117 180,7	132 957,8	841 397,9
13	241 985,7		241 985,7	1 413 379,3	145 330,4	9 867 728,3
14	275 099,0		275 099,0	1 688 892,0	158 862,8	1 145 591,0
15	312 736,2		312 736,2	2 001 628,2	173 651,3	1 319 242,0
16	355 539,7		355 539,7	2 357 168,0	189 825,6	1 509 068,0
17	404 188,8		404 188,8	2 761 356,8	207 499,7	1 716 568,0
18	459 573,7		459 573,7	3 220 870,5	226 828,9	1 943 397,0
19	522 389,8		522 389,8	3 743 260,3	247 948,4	2 191 345,0
20	593 890,3		593 890,3	4 337 150,6	271 043,8	2 462 389,0

### 3.6. Inne wskaźniki ekonomiczne i ocena opłacalności inwestycji dla analizowanych przypadków

Oprócz okresu zwrotu PP i zdyskontowanego okresu zwrotu DPP, w celu oszacowania opłacalności inwestycji można również zastosować inne wskaźniki.

Wskaźnik rentowności inwestycji ROI

$$ROI = \frac{\text{korzyści\_netto}}{\text{całkowite\_nakł\_inwestyc.}} \cdot 100\%, \quad (4)$$

Wskaźnik ROI jest to stosunek korzyści netto osiąganych z przedsięwzięcia inwestycyjnego w rozpatrywanym okresie odniesionych do całkowitych nakładów finansowych potrzebnych do jego realizacji. Im większa wartość tego wskaźnika, tym inwestycja jest bardziej rentowna.

Wskaźnik rentowności PI można wyrazić wzorem:

$$PI = \frac{\sum_{t=0}^n \frac{CIF_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=0}^n \frac{COF_t}{(1+r)^t}}, \quad (5)$$

gdzie:

$CIF_t$  – wpływ z inwestycji,

$COF_t$  – nakłady finansowe,

$r$  – stopa dyskonta,

$t$  – okres(rok) bieżący,

$n$  – horyzont czasowy (przyjęto 20 lat).

Jest to stosunek zdyskontowanej wartości oczekiwanych wpływów z inwestycji do zdyskontowanej wartości wszystkich nakładów finansowych. PI przedstawia zatem względną rentowność danego przedsięwzięcia. Podobnie jak poprzednio, wyższa

wartość wskaźnika oznacza wyższą rentowność przedsięwzięcia.

Bieżącą wartość netto NPV oblicza się jako sumę zdyskontowanych przepływów finansowych z inwestycji pomniejszonych o wartość początkowych nakładów inwestycyjnych. Wynikiem obliczeń jest bezwzględna wartość określona najczęściej w pieniądzu.

Wskaźnik NPV można przedstawić zależnością:

$$NPV = \sum_{t=0}^n \frac{CF_t}{(1+r)^t}, \quad (6)$$

gdzie:

$CF_t$  – przepływ finansowy inwestycji,

$t$  – okres (rok) bieżący,

$r$  – stopa dyskonta.

Jeśli wskaźnik NPV jest nie mniejszy od zera, inwestycję uznaje się za rentowną. Wielkość współczynnika NPV umożliwia też porównanie rentowności pomiędzy różnymi wariantami realizacji tego samego przedsięwzięcia. Za bardziej rentowny uznaje się wariant o wyższej wartości NPV.

Wewnętrzna stopa zwrotu IRR jest stopą dyskonta, dla której wartość NPV jest równa zero. Można ją wyznaczyć z równania:

$$\sum_{t=0}^n \frac{CF_t}{(1+IRR)^t} = 0, \quad (7)$$

gdzie:

$CF_t$  – przepływ finansowy inwestycji,

$t$  – okres (rok) bieżący,

$n$  – horyzont czasowy.

Im wyższa wartość IRR, tym przedsięwzięcie jest bardziej zyskowne, przy czym interpretacja tego wskaźnika powinna być równoczesna z interpretacją wskaźnika NPV. Wskaźnik NPV określa bowiem wartość finansową korzyści uzyskanych z przedsięwzięcia inwestycyjnego, natomiast IRR określa tempo, w jakim korzyści te zostaną wygenerowane.

Dla każdego z analizowanych wariantów inwestycji wyznaczono wskaźniki ekonomiczne wg wzorów (2)-(7). Wyniki przedstawiono w tabelach 10 a) oraz 10 b). Dodatkowo, przedstawiono wyniki finansowe przy rozliczaniu energii w systemie opustów, analizowane w [11].

Tabela 10 a)

Wskaźniki efektywności ekonomicznej dla instalacji fotowoltaicznej prosumenta indywidualnego, przy ruchu cen energii

Finansowanie	PP lata	DPP lata	ROI %	PI -	NPV zł	IRR %
Środki własne 100%	8,49	9,60	640,6	3,78	73 852,64	18
Środki własne + dotacja „Mój prąd” + ulga podatkowa	6,46	7,15	844,8	5,05	83 208,77	23
Kredyt + dotacja „Mój prąd” + ulga podatkowa	8,18	8,59	489,7	3,54	72 100,33	34
Środki własne + dotacja PONE	7,23	7,75	879,1	5,19	81 052,64	22

Tabela 10 b)

Wskaźniki efektywności ekonomicznej dla instalacji fotowoltaicznej prosumenta indywidualnego, przy ruchu cen energii ponad 32% wzrost cen energii na rynku dnia następnego

Finansowanie	PP lata	DPP lata	ROI %	PI -	NPV zł	IRR %
Środki własne 100%	6,77	7,35	1 385,2	7,94	184 092,7	26
Środki własne + dotacja „Mój prąd” + ulga podatkowa	5,45	5,85	1 807,1	10,42	193 448,8	32
Kredyt + dotacja „Mój prąd” + ulga podatkowa	4,82	5,01	1 058,1	7,44	182 340,3	55
Środki własne + dotacja PONE	5,81	6,22	1 901,2	10,89	191 292,7	31

Z analizy powyższych wskaźników wynika, iż w każdym rozpatrywanym przypadku finansowania przedsięwzięcie inwestycyjne prosumenta indywidualnego będzie rentowne ( $NPV > 0$ ,  $IRR >$  stopa dyskonta,  $PI > 1$ ,  $PP/DPP <$  horyzont czasowy). Ponadto przyjęcie wzrostu cen odkupu energii na poziomie 32% lub 36% rocznie jest nierealne nie tylko intuicyjnie, lecz prowadzi do irracjonalnych wskaźników ekonomicznych, dlatego dla prosumenta-przedsiębiorcy zaprezentowano tylko wynik analizy przy założeniu 10-procentowego, rocznego wzrostu cen na rynku dnia następnego (wyłącznie wariant a). Wyniki analizy zawarto w tabeli 11 a), zaś analogiczne wyniki dla systemu opustów (stan z 2021 r.) – w tabeli 11 b).

Tabela 10 c)

Wskaźniki efektywności ekonomicznej dla instalacji fotowoltaicznej prosumenta indywidualnego na początku roku 2021 - system opustów zamiast *net-meteringu*, [11]

Finansowanie	PP lata	DPP lata	ROI %	PI -	NPV zł	IRR %
Środki własne 100%	11,77	15,51	92	1,26	4 852,99	6,48
Środki własne + dotacja „Mój prąd” + ulga podatkowa	7,63	9,20	178	1,88	12 110,73	12,59
Kredyt + dotacja „Mój prąd” + ulga podatkowa	0,00	0,00	133	1,94	12 553,39	---
Środki własne + dotacja PONE	6,26	7,26	292	2,57	14 452,99	16,43

Tabela 11 a)

Wskaźniki efektywności ekonomicznej dla instalacji fotowoltaicznej prosumenta-przedsiębiorcy - wzrost cen odkupu energii o 10% rocznie

Finansowanie	PP lata	DPP lata	ROI %	PI -	NPV zł	IRR %
Środki własne 100%	3,27	3,41	3 512	20,4	2 516 505 zł	54
Kredyt na okres 10 lat	1,72	1,75	2 090	14,4	2 462 389 zł	161
Kredyt na okres 8 lat	1,93	1,97	2 268	15,1	2 470 397 zł	132
Leasing 8-letni	1,87	1,86	2 413	16	2 480 744 zł	138

Tabela 11 b)

Wskaźniki efektywności ekonomicznej dla instalacji fotowoltaicznej prosumenta-przedsiębiorcy w roku 2021 - system opustów

Finansowanie	PP lata	DPP lata	ROI %	PI -	NPV zł	IRR %
Środki własne 100%	7,41	8,85	195	1,97	123 713,40 zł	12,70
Kredyt na okres 10 lat	0	0	143	2,00	125 587,60 zł	---
Kredyt na okres 8 lat	8,60	8,76	151	1,99	124 848,17 zł	33,79
Leasing 8-letni	8,28	8,39	149	1,98	127 148,79 zł	38,51

Na uwagę zasługuje fakt, że w porównaniu z rokiem 2021 nie występuje obecnie sytuacja, kiedy okres zwrotu wynosi 0 lat. Jest to związane z założeniem, że instalacja fotowoltaiczna, wybudowana w roku 0, zaczyna produkować prąd dopiero w roku następnym (co jest możliwe jeśli np. montaż zakończono późną jesienią lub procedury podłączenia instalacji przeciągały się). Poprzednio założono, że instalacja

fotowoltaiczna zaczyna przynosić przychód natychmiast po jej zmontowaniu, czyli w tym samym roku, w którym wyłożono środki na jej budowę.

Podobnie jak poprzednio, w przypadku instalacji fotowoltaicznej przedsiębiorcy również w każdym wariantcie finansowania inwestycja okazuje się rentowna ( $NPV > 0$ ,  $IRR > \text{stopa dyskonta}$ ,  $PI > 1$ ,  $PP/DPP < \text{horyzont czasowy}$ ).

#### 4. ZASTOSOWANIE MAGAZYNU ENERGII W INSTALACJI FOTOWOLTAICZNEJ

Analiza ekonomiczna przypadków prosumenta indywidualnego oraz prosumenta przedsiębiorcy wykazuje, że inwestycje w instalacje fotowoltaiczne, zwłaszcza finansowane kredytowaniem, leasingiem lub dotacjami, przy założonych stopach dyskonta, wskaźnikach inflacji i szacunkach dotyczących wzrostu cen odkupu energii elektrycznej na rynku dnia następnego (NORD POOL), są obecnie bardzo rentowne. Ewentualne wyposażenie instalacji w magazyn energii wiąże się ze wzrostem poziomu autokonsumpcji energii do 100%. Obecna cena magazynów energii wynosi od ok. 2,5 tys. zł/kWh [12], dodatkowo należy pamiętać, że koszt instalacji dodatkowo wzrośnie ze względu na koszt zakupu specjalnego inwertera hybrydowego i systemu zarządzania energią. Dlatego też ocena, czy inwestować w tego typu rozwiązanie wymaga dodatkowych analiz, na chwilę obecną nie może być jednoznaczna i powinna zostać wykonana po ustabilizowaniu się zarówno rynku odkupu energii, jak i innych czynników ekonomicznych, np. wskaźnika inflacji. Dodatkowo konieczna jest optymalizacja wielkości wybranego magazynu energii, co wymaga dodatkowych analiz. Będą one przedmiotem dalszych badań.

#### 5. PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Sytuacja na rynku energii elektrycznej, zwłaszcza zachwianie cen energii związane z sytuacją geopolityczną oraz konstruowanie coraz wydajniejszych systemów fotowoltaicznych powodują, że przejście od systemu *net-meteringu* do systemu *net-billingu* nie tylko nie ogranicza rentowności w instalacje fotowoltaiczne, ale nawet powoduje wzrost takiej rentowności. Podstawowe wskaźniki ekonomiczne dla prosumenta indywidualnego, takie jak PP i DPP są korzystniejsze aniżeli adekwatne wskaźniki otrzymane w 2021 r. z wyjątkiem przypadku kredytowania inwestycji – wynika to ze znacznego wzrostu kosztów obsługi kredytu.

W przypadku prosumenta-przedsiębiorcy, pomimo zastosowania przez Operatora Sieci Dystrybucyjnej innych stawek taryfowych dla energii elektrycznej niż dla prosumenta indywidualnego, inwestycja polegająca na montażu instalacji PV również jest opłacalna.

W przypadku kredytowania lub leasingu inwestycji, przepływy finansowe są dodatnie od momentu ukończenia realizacji przedsięwzięcia przez cały horyzont czasowy.

Wskaźniki ekonomiczne uzyskane z analizy prowadzą do wniosku, że ogólnie rentowność inwestowania w instalacje fotowoltaiczne wzrosła w ciągu ostatnich dwóch lat. Natomiast zakup magazynu energii, nawet w przypadku niewielkiego poziomu autokonsumpcji, każdorazowo wymaga dodatkowej dokładnej analizy w celu uniknięcia przeinwestowania instalacji.

#### LITERATURA

- [1] Gajdecka D.: *Ekonomika indywidualnych elektrowni słonecznych o mocy do 40 kW*. Praca dyplomowa magisterska. Politechnika Śląska, Wydział Elektryczny, czerwiec 2020 r.
- [2] Ustawa z dnia 20 lutego 2015 r. o odnawialnych źródłach energii. Dz.U. 2015 poz. 478, tekst jednolity z dnia 23 czerwca 2022 r.
- [3] <https://www.pse.pl/oire/rcem-rynkowa-miesieczna-cena-energii-elektrycznej>, dostęp styczeń 2023
- [4] <https://www.nordpoolgroup.com/en/Market-data/1/Dayahead/Area-Prices/pl/monthly/?view=table>, dostęp grudzień 2022
- [5] <https://www.gramwzielone.pl/energia-sloneczna/109537/oplaty-dystrybucyjne-a-bilansowanie-u-prosumenta-nowe-przepisy>), dostęp grudzień 2022
- [6] <https://www.ure.gov.pl/pl/urząd/prawo/rozporządzenia/rozporządzenia-w-spraw/7322,Rozporządzenie-w-sprawie-taryf-energia-elektryczna.html>, dostęp 11 grudnia 2022
- [7] <https://mojprad.gov.pl/>, dostęp styczeń 2023
- [8] [https://miastozabrze.pl/pobierz-zalacznik/TMwsin1r5Tx4\\_r6qB5WAwsqEge4ke4V1ObzS4vzUCVk](https://miastozabrze.pl/pobierz-zalacznik/TMwsin1r5Tx4_r6qB5WAwsqEge4ke4V1ObzS4vzUCVk), dostęp grudzień 2022
- [9] <https://miastozabrze.pl/dla-mieszkanow/5457-2/dofinansowanie/program-ograniczania-niskiej-emisji-pone/>, dostęp grudzień 2022
- [10] <https://enerad.pl/aktualnosci/fotowoltaika-dofinansowanie-dla-firm-2022-aktualne-dotacje/>, dostęp styczeń 2023
- [11] D. Gajdecka, M.Kielboń: *Opłacalność prosumenckich mikroinstalacji fotowoltaicznych w aspekcie zastosowania polskich programów wsparcia*, Rynek Energii, nr 3(154)/2021
- [12] <https://www.instalacjebudowlane.pl/12398-24-12423-magazyn-energii--koszt-oplacalnosc.html>, dostęp styczeń 2023

#### COST-EFFECTIVENESS OF PROSUMER PHOTOVOLTAIC MICRO-INSTALLATIONS IN TERMS OF APPLICATION OF POLISH SUPPORT SCHEMES

**Key words:** photovoltaic micro-installation, prosumer, profitability, support schemes

**Summary.** The article presents selected issues concerning the profitability of construction and operation of photovoltaic micro-installations in the aspect of changes in Polish law and in economic and financial conditions concerning such micro-installations. Changes in the support mechanisms for prosumers following the introduction of the new Renewable Energy Sources (RES) Act were described. On this basis, a technical and economic analysis of exemplary photovoltaic installations with the determination of profitability was carried out, taking into account prosumer micro-installations described previously in the article "Profitability of prosumer photovoltaic micro-installations in terms of the application of Polish support schemes", published in "Energy Market" in 2021. As before, professional generators whose primary activity is electricity generation were not considered. The main objective was to demonstrate to what extent prosumers' support schemes after the amendments to the RES Act affect the economic indicators that determine the profitability of a micro PV investment. An additional aspect is to indicate whether the use of energy storage cooperating with a PV installation will increase or decrease its profitability.

**Mirosław Kielboń**, dr inż., pracownik Katedry Elektroenergetyki i Sterowania Układów Wydziału Elektrycznego Politechniki Śląskiej, na co dzień zajmuje się problemami dotyczącymi instalacji elektrycznych niskiego napięcia, ochrony przed porażeniem prądem elektrycznym oraz zagadnieniami z dziedziny oświetlenia elektrycznego. e-mail: [Miroslaw.Kielbon@polsl.pl](mailto:Miroslaw.Kielbon@polsl.pl)

**Krzysztof Maźniewski**, dr inż., pracownik Katedry Elektroenergetyki i Sterowania Układów Wydziału Elektrycznego Politechniki Śląskiej, obszar zainteresowań: badanie torów prądowych aparatów i urządzeń elektroenergetycznych, wysokonapięciowa technika izolacyjna, wspomagane komputerowo projektowanie układów izolacyjnych, sieci i urządzeń elektroenergetycznych. e-mail: [Krzysztof.Mazniewski@polsl.pl](mailto:Krzysztof.Mazniewski@polsl.pl)