

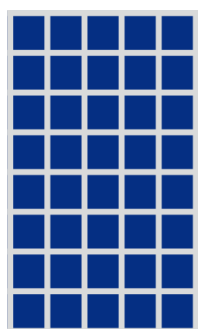


e c b r e c

Instytut Energetyki Odnawialnej

sierpień
2020

**MAPA DROGOWA ROZWOJU
PRZEMYSŁU FOTOWOLTAICZNEGO W POLSCE
DO 2030 ROKU**



**Przemysłowy
Panel PV**



Zespół autorski:

Autorzy:

mgr inż. Konrad Wiśniewski
mgr inż. Dorota Gręda
inż. Agnieszka Skomorowska
dr inż. Tomasz Kowalak
dr inż. Katarzyna Michałowska-Knap

Zatwierdził:

Prezes Instytutu Energetyki
Odnawialnej

Grzegorz Wiśniewski



Instytut Energetyki Odnawialnej

ul. Mokotowska 4/6

00-641 Warszawa



Tel: 22 825 46 52

Fax: 22 875 86 78



biuro@ieo.pl



www.ieo.pl

www.sklepieo.pl

www.odnawialny.blogspot.com



www.twitter.com/InstEneregOdnaw

www.twitter.com/Odnawialny



[instytut.energetyki.odnawialnej](https://www.facebook.com/instytut.energetyki.odnawialnej)

Przemysłowy Panel PV



Przemysłowi Partnerzy



Patronat Honorowy



MINISTERSTWO
KLIMATU



Koordynator Przemysłowego Panelu PV

kontakt: panelprzemyslowypv@ieo.pl

Spis treści

Przedmowa	4
1. Wprowadzenie	11
2. Prognozy rozwoju nowych mocy i wzrost udziału fotowoltaiki w krajowym systemie energetycznym	13
3. Rola sektora produkcji urządzeń i komponentów fotowoltaicznych w strategii rozwoju rynku i gospodarki krajowej.....	17
4. Technologie fotowoltaiczne stosowane dotychczas na rynku krajowym- struktura, udziału, konkurencja międzynarodowa.....	20
5. Aktualne trendy technologiczne na globalnym i europejskim rynku dostaw dla fotowoltaiki	27
Trendy i technologie fotowoltaiczne dominujące na rynku w latach 2019-2020.....	28
Technologie ogniw fotowoltaicznych.....	30
Nowe trendy na rynku modułów fotowoltaicznych	31
Nowe zastosowania	32
6. Założenia do mapy drogowej.....	32
Założenia: efekt skali, system wsparcia i ochrony rynku, opłacalność.....	32
Założenia ekonomiczne	34
Dodatkowe instrumenty wsparcia dla rynku krajowego fotowoltaiki.....	36
Konsultacje i wyniki ankietowania firm przemysłowych.....	37
7. Mapa drogowa.....	41
Cele ilościowe	41
Cele w zakresie redukcji kosztów	43
Cele technologiczne polskiego przemysłu	44
Cele badawczo-rozwojowe dotyczące technologii fotowoltaicznej i jej zastosowań	46
8. Podsumowanie i rekomendacje	49

Przedmowa



Wiceprezes Rady Ministrów Jadwiga Emilewicz, Minister Rozwoju

Szanowni Państwo,

Mam przyjemność przedstawić Państwu „Mapę Drogową Rozwoju Przemysłu Fotowoltaicznego w Polsce do 2030 roku” przygotowaną przez Instytut Energetyki Odnawialnej. Jest to publikacja bardzo ważna, odpowiadająca wyzwaniom współczesnego świata.

Obecnie znajdujemy się w trudnym czasie transformacji energetycznej, przechodzenia od źródeł scentralizowanych do rozproszonych, od dużych do małych, od konwencjonalnych do odnawialnych. Wyzwaniem dla sektora energii i całej naszej gospodarki jest i będzie ambitna polityka klimatyczno-energetyczna UE do 2030 r. oraz wizja neutralnej dla klimatu gospodarki unijnej do 2050 r.

Ewolucja polskiej energetyki już się rozpoczęła. Jej dalsza transformacja będzie prowadzić do różnicowania struktury wytwarzania energii elektrycznej i obniżania emisji z sektora energetyki. Rosnący udział w tym procesie będą miały odnawialne źródła energii. Obecnie w krajowym systemie elektroenergetycznym zainstalowanych jest ponad 9,2 GW mocy w źródłach OZE. Planujemy działania, których wdrożenie umożliwi niemal trzykrotny wzrost mocy do około 24 GW w 2030 r. i czterokrotny wzrost do ok. 37 GW w 2040 r. Zakładamy, że udział OZE w produkcji energii elektrycznej będzie wzrastał do

ok. 32% w 2030 r. oraz do ok. 40% po kolejnej dekadzie. W tym procesie duże znaczenia będzie miał rozwój energetyki rozproszonej, zwłaszcza prosumenckich instalacji fotowoltaicznych oraz innych form energetyki obywatelskiej tj: klastry energii czy spółdzielnie energetyczne.

Do realizacji tych ambitnych celów konieczny jest rozwój polskiego przemysłu wytwórczego, który wspiera energetykę odnawialną. Pandemia Covid-19 pokazała wyraźnie, jak wielkie znaczenie ma rozwój lokalnego przemysłu, który może szybko dostarczyć niezbędne komponenty i produkty do konsumenta. Koronawirus uzmysłowił nam, że dla zachowania niezależności technologicznej i bezpieczeństwa dostaw w obszarze inwestycji w infrastrukturę fotowoltaiczną, Polska i Europa muszą wspólnie produkować nie tylko moduły fotowoltaiczne, ale także półprodukty i ogniwa stosowane w modułach. Wiemy już, że niezbędna jest większa integracja rynków, która ułatwia tworzenie łańcuchów produkcji i dostaw komponentów dla instalacji OZE. Pandemia przyczyniła się do powstania koncepcji tzw. GigaFactory lub GreenFactory- budowy kilku fabryk, produkujących pełny zakres komponentów niezbędnych dla elektrowni fotowoltaicznych, w tym także na terenie Polski. Są one oparte na innowacyjnych technologiach.

Prezentowana Mapa Drogowa przybliży rolę technologii i przemysłu w krajowej polityce energetycznej. Jest to dla polskiego przemysłu zarazem szansa i wyzwanie jednocześnie. Od nas samych, naszej wspólnej determinacji zależy tylko, czy zadanie, które sobie wyznaczaliśmy, zostanie zrealizowane.

Jadwiga Emilewicz,
Wiceprezes Rady Ministrów,
Minister Rozwoju



Minister Ireneusz Zyska, Pełnomocnik Rządu ds. Odnawialnych Źródeł Energii

Szanowni Państwo,

Polska stoi przed wielkim wyzwaniem, jakim jest konieczność przeprowadzenia transformacji energetycznej. Znaczenie tego procesu dla dalszego pomyślnego rozwoju gospodarczego kraju ma wymiar fundamentalny, a można powiedzieć nawet, że cywilizacyjny. Niezbędne jest podjęcie niezwłocznych i radykalnych działań. Jednym z filarów transformacji energetycznej będzie rozwój odnawialnych źródeł energii, których udział w polskim miksie energetycznym będzie dynamicznie rósł wraz z upływem czasu. OZE znajdują zastosowanie w produkcji energii elektrycznej i ciepłej, ale także w produkcji paliw alternatywnych, w tym „zielonego” wodoru. Kołem zamachowym rozwoju nie tylko energetyki odnawialnej, ale nawet całej gospodarki, w ostatnich latach stała się fotowoltaika, która jest najszybciej rozwijającą się technologią OZE. Przeżywamy boom inwestycyjny w tej branży. Niedawno osiągnęliśmy 2,1 GW mocy zainstalowanej w panelach PV, a jej przyrost w stosunku do poziomu z roku 2015 wyniósł ponad 1600 %. Co warto zauważyć, pierwszy 1 GW mocy w fotowoltaice powstawał przez 8 lat, drugi 1 GW już tylko przez 8 miesięcy.

Taki znakomity wynik nie byłby możliwy bez wprowadzenia dedykowanego dla instalacji wielkoskalowych mechanizmu wsparcia, jakim jest system aukcyjny, jak również wprowadzenia wsparcia systemowego w formie systemu opustów i inwestycyjnego, jakim jest program priorytetowy „Mój Prąd”, przewidzianych dla prosumentów energii odnawialnej.

Dynamika wzrostu branży PV, jak również wyniki analiz zawartych w Mapie Drogowej Rozwoju Przemysłu Fotowoltaicznego w Polsce do 2030 roku, wskazują, że dalszy rozwój energetyki słonecznej w Polsce będzie postępował równie szybko, jak w ostatnim okresie. Kluczowa w tym zakresie jest ścisła współpraca interesariuszy rynku z branży fotowoltaicznej oraz administracji rządowej i samorządowej, która powinna zmierzać do wypracowania jak najlepszych rozwiązań, tak w obszarze regulacyjnym, jak i organizacji rynku. Dzięki temu możliwe będzie wykorzystanie pełnego potencjału polskich przedsiębiorców, w tym również w zakresie rozwoju innowacyjnych technologii przy udziale instytucji z sektora B+R.

Bardzo cieszy mnie współdziałanie grupy polskich przedsiębiorców z branży fotowoltaicznej, które przyniosło efekt w postaci podpisania deklaracji współpracy w ramach porozumienia sektorowego pn. „Przemysłowy Panel PV”. Kibicuję tej ważnej inicjatywie gospodarczej. Jestem przekonany, że odegra ona kluczową rolę w budowaniu krajowego łańcucha wartości w tej branży, a także pozwoli sformułować propozycję wkładu polskiego przemysłu, w postaci projektu Giga Factory PV, w realizację założeń Europejskiego Zielonego Ładu.

Ireneusz Zyska,

Sekretarz Stanu, Ministerstwo Klimatu

Pełnomocnik Rządu

ds. Odnawialnych Źródeł Energii

Streszczenie

Pandemia COVID-19, w szczególności na przykładzie produkcji urządzeń dla fotowoltaiki zdominowanej przez Chiny, które jako pierwsze zostały dotknięte pandemią, pokazała konieczność skrócenia łańcucha dostaw i przeniesienia produkcji do miejsc, gdzie jest zapotrzebowanie na produkty przemysłowe. Europejskie firmy i instytucje naukowe dostrzegły potrzebę aktywnego działania na rzecz rozwoju przemysłu fotowoltaicznego w UE. Ponad 90 firm i instytucji badawczych z UE podpisało deklarację „Solar Europe Now”. Koalicja z silnym poparciem przemysłu, w tym 6 polskich firm, dąży do wykorzystania instrumentów Europejskiego Zielonego Ładu do reindustrializacji i potwierdza zasadność gospodarczą produkcji na terenie UE wszystkich komponentów niezbędnych dla fotowoltaiki.

Zdolności wytwórcze wszystkich polskich producentów modułów fotowoltaicznych przekraczają 500 MW/rok i stanowią ok. 10% całych europejskich zdolności produkcyjnych. W odpowiedzi na niezwykle szybki rozwój krajowego rynku fotowoltaiki (piąty rynek w UE) polscy producenci urządzeń i komponentów dla fotowoltaiki podjęli inicjatywę opracowania Mapy Drogowej Rozwoju Przemysłu Fotowoltaicznego w Polsce do 2030 roku. Mapa Drogowa ma za zadanie przybliżyć rolę technologii fotowoltaicznej i przemysłu w krajowej strategii energetycznej. W okresie do 2025 roku Mapa Drogowa oparta jest o rzeczywiste plany rozwoju firm, aktualizowane z uwagi na obecne trendy rynkowe, nowe unijne ramy polityczno-prawne i założenia, co do możliwości wzmocnienia ochrony rynku krajowego i europejskiego.

Inicjatywa polskiego przemysłu pojawia się w momencie bezprecedensowego boomu rynkowego fotowoltaiki (rocznych przyrostów mocy rzędu 1 GW), który prowadzi do uzyskania 8 GW mocy zainstalowanej już w 2025 roku, co przekracza obecne rządowe plany na 2030 rok. Jednocześnie ma miejsce niezwykle szybki rozwój technologiczny; wprowadzenie modułów dwustronnych, ogniwo i modułów tandemowych, podnoszenie sprawności, zmniejszanie zużycia energii i śladu węglowego w procesach produkcji urządzeń fotowoltaicznych itp. Zjawiska te prowadzą do spadku kosztów. Najważniejszym czynnikiem spadku kosztów staje się efekt skali produkcji. Odpowiedzią na to wyzwanie są koncepcje uruchomienia w na terenie UE wielkoskalowej produkcji płytek, ogniwo i modułów (tzw. GigaFactory lub GreenFactory), opartych na innowacyjnych technologiach. W koncepcję tą chcą się wpisać polskie firmy, uwzględniając możliwości budowy przewag konkurencyjnych w oparciu o preferencje krajowe np. dla tzw. „local content” i ochronę rynku wewnętrznego UE poprzez planowany graniczny podatek węglowy, dający przewagę europejskim producentom.

Polskie firmy produkcyjne zgromadzone w „Przemysłowym Panelu PV” przyjęły deklarację i zobowiązanie, że podejmą wysiłek, aby do 2025 roku zwiększyć zdolności wytwórcze w trzech segmentach: produkcji modułów (o 1 GW/rok, ogniw (do 1 GW/rok), konstrukcji wsporczych (o 1 GW/rok) oraz akcesoriów elektrycznych aby zapewnić dostawy na rynek krajowy i rozwinąć potencjał eksportowy (wkład w poprawę krajowego bilansu handlowego). Ważnym efektem planów inwestycyjnych jest stworzenie do 2025 roku, tylko w zakresie produkcji modułów i konstrukcji nośnych, 1100 nowych miejsc pracy (w przeliczaniu na pełne etaty). Firmy tworzące i obecnie wspierające „Przemysłowy Panel PV” mogą w okresie najbliższych 4- 5 lat stworzyć 1500-1700 trwałych miejsc pracy. Szacowana łączna wartość inwestycji w rozwój firm na produkcję ogniw PV, modułów i konstrukcji wyborczych wynosi 1,5 mld zł.

Inicjatywa „Przemysłowego Panelu PV” pozyskała poparcie Ministerstwa Klimatu, Ministerstwa Rozwoju. Minister Ireneusz Zyska, Pełnomocnik Rządu ds. Odnawialnych Źródeł Energii udzielił Honorowego Patronatu prowadzonym przez „Panel” działaniom. W celu realizacji zamierzeń opisanych w raporcie i wnioski, członkowie „Panelu” podejmują działania na rzecz zawarcia sektorowego porozumienia z administracją państwową. „Przemysłowy Panel PV” zrzesza obecnie 10 firm. Ich plany rozwoju wzięte zostały pod uwagę przy pracach nad „mapą drogową”. Inicjatywa jest otwarta dla wszystkich firm przemysłowych w łańcuchu dostaw dla fotowoltaiki oraz dla nowych inwestorów.

Zaprezentowana „mapa drogową” ma charakter technologiczny, ale uwzględnia tworzone właśnie nowe uwarunkowania polityczne i regulacyjne. Potrzebny jest szeroko pomyślany plan naprawy sytuacji polskiego i europejskiego przemysłu poprzez ustanowienie ram wsparcia dla uprzemysłowienia branży fotowoltaicznej i umożliwienia jej wielkoskalowej produkcji w klastrach fabryk o wydajnościach rzędu kilku GW rocznie. Potrzebne są też działania komplementarne: wsparcie finansowe na rzecz innowacji, ustabilizowanie ram regulacyjnych i promowanie rodzimego i europejskiego przemysłu wyróżniającego się dbałością w kwestiach środowiskowych i społecznych, wzmocnienie sprawiedliwego handlu.

Niniejszy raport wskazuje odpowiednie dla obecnej sytuacji w Polsce i w UE kierunki rozwoju technologii fotowoltaicznej i określa ramowe warunki ekspansji gospodarczej w celu uzyskania korzyści ze skracania łańcuchów dostaw i rozwoju lokalnej produkcji przemysłowej, w tym z budowania wartości dodanej i wzrostu bezpieczeństwa technologicznego. Zaproponowany w „mapie drogowej” katalog działań nie wyczerpuje wszystkich możliwych instrumentów potrzebnych do szybkiej i skutecznej reindustrializacji w zakresie

zielonych technologii. Pokazuje jednak praktycznie, na ważnym dla Polski przykładzie fotowoltaiki, realną i być może unikalną szansę na zdecydowane wzmocnienie pozycji polskiego przemysłu zielonej gospodarki w okresie wychodzenia świata i Europy ze skutków pandemii.

1. Wprowadzenie

W ramach ochrony europejskich gospodarek przed negatywnymi skutkami pandemii przywódcy UE w kwietniu br. zapowiedzieli pakiet anty kryzysowy i potwierdzili, że Europejski Zielony Ład jest niezbędny do integracji działań na rzecz zapewnienia trwałej strategii wzrostu całej UE. Ważnymi dla OZE instrumentami Zielonego Ładu są wsparcie dla innowacji i ochrona rynku przez graniczny podatek węglowy, który przede wszystkim ma chronić europejski przemysł zielonej gospodarki.

Komisja Europejska, oprócz projektu budżetu UE na lata 2021-2027, który tradycyjnie jest „zielony” (Polska ma otrzymać ponad 60 mld Euro), przygotowała „Plan odbudowy” (po pandemii i kryzysie gospodarczym, który przyniosła) na kwotę 750 mld euro, który także ma być ściśle powiązany z realizacją Zielonego Ładu. Zielona gospodarka staje się ważniejszym niż dotychczas składnikiem europejskich działań proklimatycznych, antykryzysowych i (wraz z nową strategią przemysłową UE) kluczowym elementem transformacji energetycznej, która w ostatniej dekadzie realizowana była w UE w pewnym oderwaniu od strategii przemysłowej.

Źródłem obecnych problemów ze strategią przemysłową UE, wyciekami kapitału, miejsc pracy i wartości dodanej oraz osłabieniem bezpieczeństwa dostaw urządzeń i kluczowych komponentów dla przemysłu, w szczególności „zielonego”, stała się strategia walki z poprzednim kryzysem (finansowym) z lat 2008-2009. Wówczas największe wsparcie na zielone technologie dały Chiny, oferując rodzimej branży fotowoltaicznej pakiet pomocowy o wartości niemal 220 mld USD, który faktycznie był państwową subwencją silnie zaburzającą równowagę na światowym rynku fotowoltaiki. W efekcie od 2007 roku udział UE w światowej produkcji modułów fotowoltaicznych spadł z 33% do poziomu 3-5% w ciągu 10 lat.

Narastające napięcia na światowych rynkach paliw kopalnych i szybki rozwój energetyki odnawialnej, w tym energetyki słonecznej, a w szczególności zdominowanie rynku dostaw tych technologii przez kraje azjatyckie (liderem w produkcji ogniw i modułów fotowoltaicznych są Chiny) oraz załamanie się łańcuchów dostaw w obliczu pandemii COVID-19, zmuszają do refleksji na temat dotychczasowego podejścia do bezpieczeństwa technologicznego i energetycznego.

Pandemia COVID-19, w szczególności na przykładzie produkcji urządzeń dla fotowoltaiki zdominowanej przez Chiny, które jako pierwsze zostały dotknięte pandemią, pokazała konieczność skrócenia łańcucha dostaw i przeniesienia produkcji do miejsc, gdzie jest zapotrzebowanie na produkty przemysłowe.

Europejskie firmy i instytucje naukowe dostrzegły potrzebę aktywnego działania na rzecz rozwoju przemysłu fotowoltaicznego w UE. Ponad 90 firm i instytucji badawczych z UE podpisało deklarację „Solar Europe Now”. Koalicja z silnym poparciem przemysłu, w tym 6 polskich firm, dąży do wykorzystania instrumentów Europejskiego Zielonego Ładu do reindustrializacji i potwierdza zasadność gospodarczą produkcji na terenie UE wszystkich komponentów niezbędnych dla fotowoltaiki.

Instytut Energetyki Odnawialnej podjął inicjatywę wzmocnienia partnerstwa administracji publicznej i przemysłu fotowoltaicznego, koordynując działania i współpracę w ramach „Przemysłowego Panelu PV”. Deklarację przedstawiciele polskiego przemysłu fotowoltaicznego zainicjowali i podpisali producenci modułów fotowoltaicznych: ML System, Bruk-bet Solar, Hanplast oraz JBGPV. Deklaracja uzyskała szerokie poparcie producentów konstrukcji wsporczych i mocowań, magazynów energii oraz urządzeń i akcesoriów elektrycznych. Przedsiębiorstwa podejmą wysiłek, aby do 2025 roku średnio¹ o 3 GW zwiększyć zdolności wytwórcze w zakresie trzech segmentów: produkcji konstrukcji, ogniw i modułów PV, które obecnie stanowią 10% całości europejskich zdolności produkcyjnych.

W 2019 roku Polska była piątym rynkiem fotowoltaicznym w UE pod względem przyrostu mocy zainstalowanej, z obrotami niemal 5 mld zł (w tym 4 mld zł inwestycji) i zatrudnieniem sięgającym 6 tys. etatów. Realne plany wskazują, że pomimo spowolnienia gospodarczego moce fotowoltaiczne w Polsce wzrosną z niemal 1,5 GW w 2019r. do około 7,8 GW w 2025 roku. Szybki wzrost mocy wywoła zapotrzebowanie rynku krajowego na niezakłócone dostawy nowych technologii fotowoltaicznych oraz na stabilne miejsca pracy.

W odpowiedzi na niezwykle szybki rozwój rynku fotowoltaiki w Polsce polscy producenci urządzeń i komponentów dla fotowoltaiki podjęli inicjatywę opracowania *Mapy Drogowej Rozwoju Przemysłu Fotowoltaicznego w Polsce do 2030 roku*. „Mapa drogowa” powstała przy współpracy 10 firm przemysłowych i w pracy nad dokumentem wzięte zostały pod uwagę ich plany rozwoju, ale inicjatywa jest otwarta dla wszystkich firm przemysłowych w łańcuchu dostaw dla fotowoltaiki oraz dla nowych inwestorów.

Mapa Drogowa ma za zadanie przybliżyć rolę technologii fotowoltaicznej i przemysłu w krajowej strategii energetycznej. W okresie do 2025 roku Mapa Drogowa oparta jest o plany rozwoju firm aktualizowane w oparciu o trendy

¹ W zakresie produkcji modułów ponad 3-krotny wzrost zdolności produkcyjnych, a łącznie z nową produkcją ogniw – wzrost niemal 7-krotny

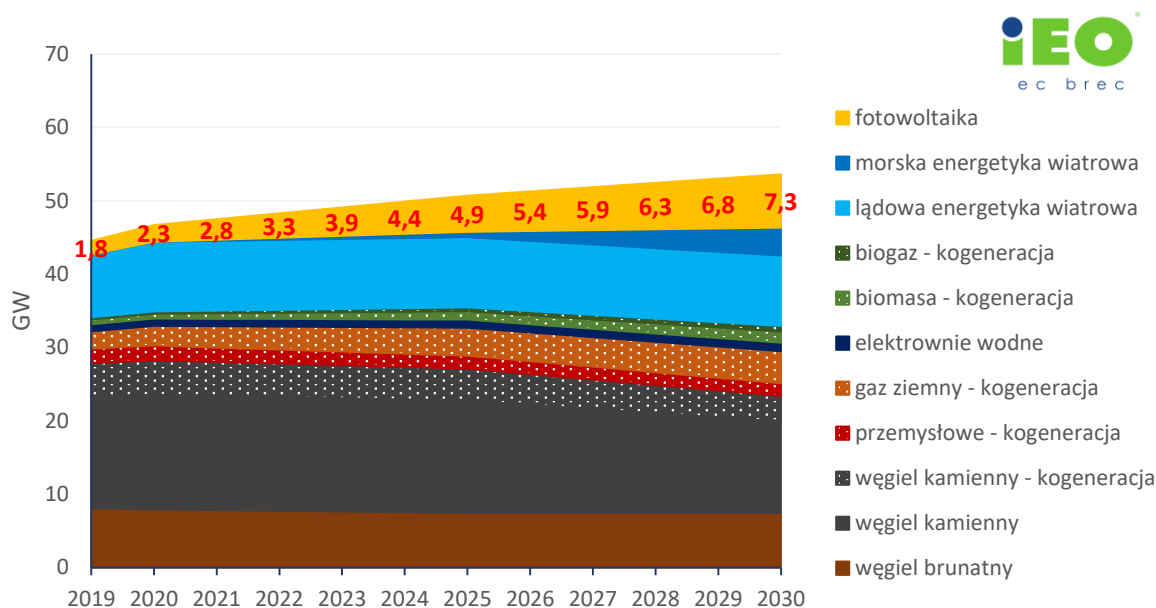
rynkowe, unijne ramy polityczno-prawne i założenia, co do możliwości wzmocnienia ochrony rynku krajowego i europejskiego.

Analizy prowadzą do propozycji modyfikacji Krajowego Planu na rzecz Energii i Klimatu (KPEiK) w celu pełniejszego wykorzystania potencjału branży PV oraz do rekomendacji w zakresie rozwoju technologii fotowoltaicznej, badań oraz ochrony krajowych firm produkujących urządzenia dla inwestycji w fotowoltaikę przed nieuczciwą konkurencją.

2. Prognozy rozwoju nowych mocy i wzrost udziału fotowoltaiki w krajowym systemie energetycznym

Przemysł produkcji urządzeń i komponentów dla fotowoltaiki w większym stopniu niż inni uczestnicy łańcucha dostaw potrzebuje stabilnych i długoterminowych ram rozwoju rynku oraz ambitnych, ale wiarygodnych prognoz. W obecnych uwarunkowaniach kryteria te są spełnione w zakresie tym większym im bardziej polityka energetyczna i klimatyczna kraju jest spójna i zbieżna z polityką UE.

Dokumentem, który łączy politykę energetyczną kraju i politykę UE jest Krajowy Plan na rzecz Energii i Klimatu (KPEiK) – najważniejszy dokument prognostyczny wynikający z prawa UE, który obowiązuje wszystkie kraje członkowskie i warunkuje ich partycypację w unijnych instrumentach adresowanych sektorowi energii. Polski KPEiK zakłada rozwój OZE do 2030 roku (21-23%), w tym w szczególności PV (7,3 GW mocy w 2030 r.), ale w zakresie niewystarczającym do realizacji przez Polskę celów klimatycznych UE i wymaganych udziałów OZE na 2030 rok.



Rysunek 1. Struktura mocy zainstalowanej w Krajowym Systemie Elektroenergetycznym do 2030 roku. Na żółto wyszczególniono moce zainstalowane w fotowoltaice w poszczególnych latach. Źródło: KPEiK. Oprac. IEO

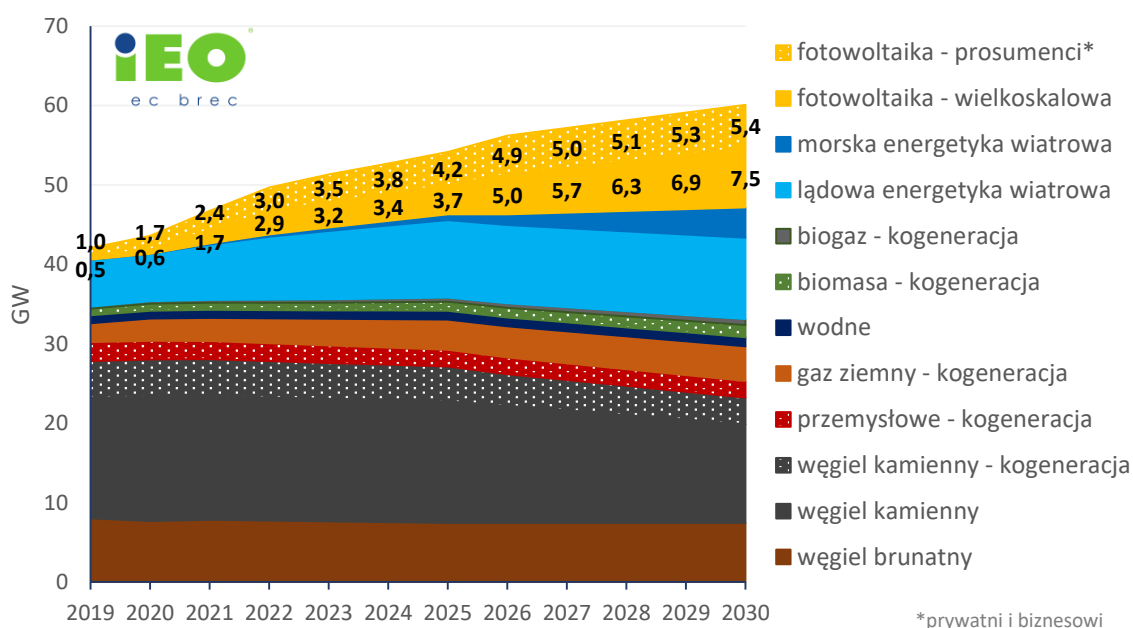
Aby wejść na ścieżkę wymaganą unijną polityką klimatyczną, udział OZE zdaniem Komisji Europejskiej² w końcowym zużyciu energii brutto powinien wynosić minimum 25%. Znaczna część przyrostu energii z OZE może mieć miejsce dzięki dodatkowym inwestycjom w fotowoltaikę, w szczególności w wielkoskalowe farmy fotowoltaiczne oraz w instalacje prosumenckie (zarówno wśród prosumenów prywatnych jak i biznesowych). Kluczowe wydaje się wykorzystanie dotychczasowych trendów inwestycyjnych w elektroenergetyce i potencjału branży PV, która mobilizowała swój potencjał inwestycyjny od 2015 roku. Warto zauważyć, że już 2019 roku nakłady inwestycyjne w fotowoltaice osiągnęły 3,5 mld zł, a w 2020 roku przekroczyły 4 mld zł/rok³ i są najwyższe nie tylko w branży OZE, ale w całej polskiej elektroenergetyce, także konwencjonalnej (węglowej i gazowej).

Kontynuacja tych trendów inwestycyjnych pomogłaby także w 2021 roku nadrobić częściowo zaległości Polski w realizacji celu OZE na 2020 rok (Polska nie osiągnie zakładanego celu 15% udziału energii z OZE w zużyciu energii) i w realizacji wymaganych Rozporządzeniem o zarządzaniu unią energetyczną, pierwszych nowych celów pośrednich OZE w drodze do celu na 2030 rok (23% lub 25%), w szczególności w punktach kontrolnych na lata 2022 (wymagana realizacja 18% celu z lat 2021-2030) i na 2025 rok (43% ww. celu).

² ZALECENIE KOMISJI z dnia 18.6.2019r. w sprawie projektu zintegrowanego krajowego planu w dziedzinie energii i klimatu w Polsce obejmującego lata 2021–2030.

³ Instytut Energetyki Odnawialnej; Rynek fotowoltaiki w Polsce 2020", czerwiec, 2020 rok.

W oparciu o aktualne trendy, zakontraktowane projekty aukcyjne i aktualne programy wsparcia prosumentów oraz rosnące możliwości wykonawcze i inwestycyjne branży PV, IEO przygotował skorygowany scenariusz KPEiK wpisujący się w politykę klimatyczną UE oraz wymogi Dyrektywy o OZE⁴ i Rozporządzenia o zarządzaniu unią energetyczną. Rysunek 2 przedstawia wyniki analiz w postaci subscenariusza w części dotyczącej elektroenergetyki.



Rysunek 2. Struktura mocy zainstalowanej - skorygowany scenariusz KPEiK. Na żółto wyszczególniono moce zainstalowane w fotowoltaice w poszczególnych latach. Oprac. IEO

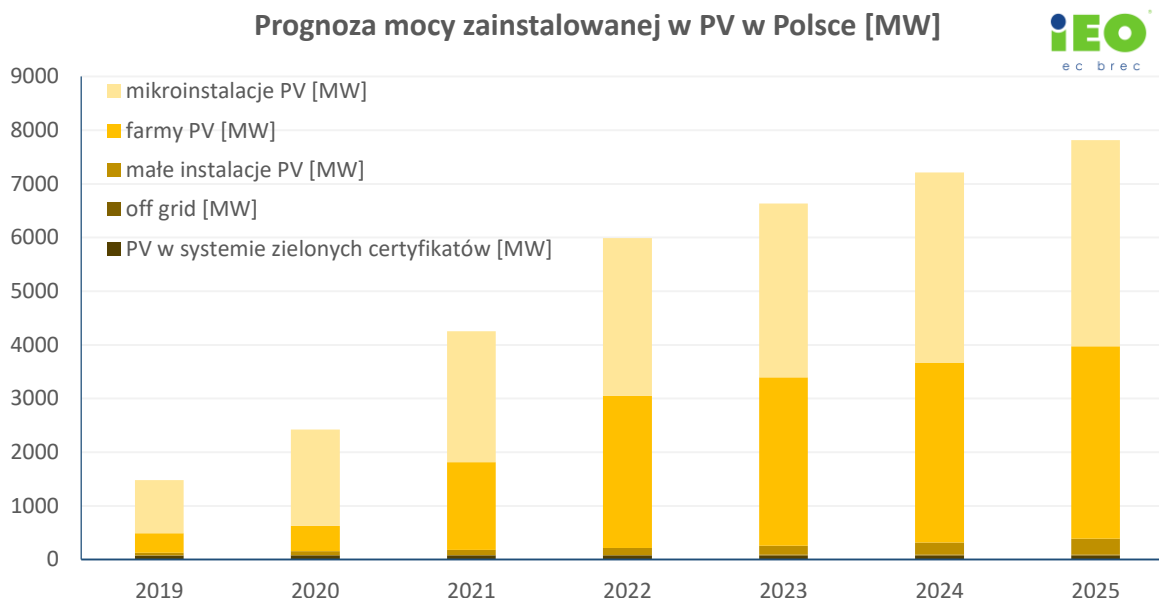
Plan ten przekłada się na wzrost mocy zainstalowanej w fotowoltaice do **7,9 GW w 2025 roku**, w tym **4,2 GW prosumentów** oraz do **12,9 GW w 2030 roku**. Rozwój nowych mocy w latach 2020- 2023 zakładany jest na podstawie wyników aukcji OZE i obecnych planów aukcyjnych oraz uwzględnia znaczny wpływ prosumentów na produkcję energii z fotowoltaiki w obecnym systemie elektroenergetycznym. Jest to kluczowa zmiana względem KPEiK opracowanego w grudniu 2019r. w Ministerstwie Aktywów Państwowych, który zakładał marginalny wpływ mikroinstalacji prosumenckich do 2030 roku.

Udział energii elektrycznej z OZE, zgodnie ze scenariuszem IEO, mógłby wynosić nawet 40% w 2030 roku, wobec zakładanych 32,8% w KPEiK. Nie jest jeszcze znany rządowy projekt aktualizacji KPEiK, choć są prowadzone konsultacje na ten temat oraz trwają uzgodnienia z Komisją⁵.

⁴DYREKTYWA PARLAMENTU EUROPEJSKIEGO I RADY (UE) 2018/2001 z dnia 11 grudnia 2018 r. w sprawie promowania stosowania energii ze źródeł odnawialnych

⁵ Warto jednak zauważyć, że dodatkowym efektem zwiększania udziałów OZE jest obniżanie (w stosunku do obecnej polityki energetycznej) cen energii elektrycznej w Polsce. Więcej w raporcie Instytutu

Kierując się obecnym aukcyjnym systemem wsparcia, który gwarantuje rozwój rynku PV do końca 2023 roku i ww. założeniami o stopniowym urynkowaniu fotowoltaiki na rynku energii, opracowano prognozę rozwoju rynku PV, z podziałem na głównie segmenty, do 2025 roku – rysunek 3.



Rysunek 3. Prognoza mocy zainstalowanych w fotowoltaice, z podziałem na kluczowe segmenty rynku, do 2025 rok., źródło. IEO

Prognoza IEO zakłada wzrost mocy zainstalowanej w fotowoltaice w bieżącym roku głównie w segmencie mikroinstalacji. Prosumenci mogą korzystać z programu „Mój Prąd” lub kończyć inwestycje realizowane w ramach Regionalnych Programów Operacyjnych. W latach 2021 -2022 nastąpi wzrost mocy zainstalowanej w farmach PV z aukcyjnego systemu wsparcia. Wynika to z konieczności ukończenia instalacji z aukcji 2018 i aukcji 2019 najpóźniej w 2021 oraz zrealizowania dużych wolumenów aukcyjnych z 2020 r. dwa lata później, czyli w 2022 roku.

Oznacza to, że w 2021 i 2022 roku zostanie oddane do eksploatacji około 2,8 GW farm PV. Będzie to ogromna szansa dla polskich zakładów produkcyjnych, firm wykonawczych i EPC na rozwój w tych latach a zarazem wzrost zatrudnienia w tym sektorze.

Według scenariusza umiarkowanego wzrostu prognozy *Solar Power Europe*⁶ moc zainstalowana w Polsce w 2023 roku będzie wynosić 3,5 GW, a według scenariusza szybkiego wzrostu moc może wynieść ponad 5 GW. IEO biorąc pod uwagę wszystkie mechanizmy wsparcia w każdym sektorze proponuje bardziej

Energetyki Odnawialnej: Prognoza kosztów wytwarzania i cen energii elektrycznej do 2040 roku. URL <https://ieo.pl/pl/projekty/prognoza-cen-energii>

⁶ Solar Power Europe, Global Market Outlook 2019-2023, maj 2019, [link](#)

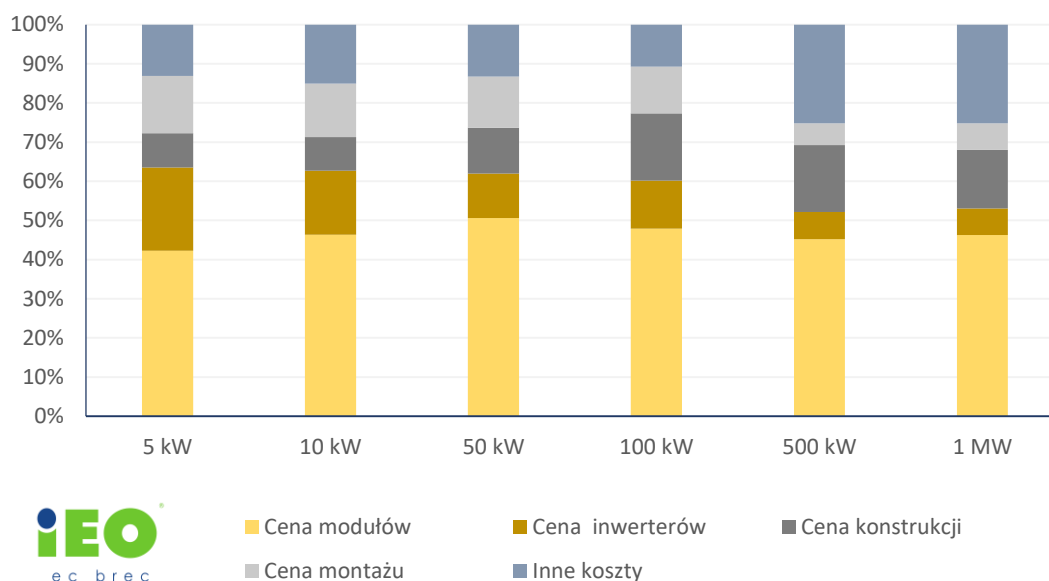
optymistyczny scenariusz. Według prognozy IEO moc zainstalowana w PV w 2020 roku osiągnie 2,5 GW a tempo instalacji nowych mocy utrzyma się na takim samym poziomie jak w roku ubiegłym. W 2023 roku moc PV osiągnie 6,6 GW. Natomiast w 2025 roku całkowita moc zainstalowana może osiągnąć 7,8 GW. Oznacza to, że już w 2025 roku moc PV przekroczy zakładaną w KPEiK moc na 2030 r. (wersja KPEiK z grudnia 2019 roku). Przyrost nowych mocy w Polsce na tle krajów Unii Europejskiej kształtuje się obiecująco. Według prognoz IEO wykonanych na podstawie scenariusza konserwatywnego Joint Research Centre wyniki Polski w tym roku będą równie dobre, jak w ubiegłym. Polska utrzyma tempo wzrostu mocy zainstalowanej i ponownie znajdzie się co najmniej na 5. miejscu w Unii Europejskiej.

3. Rola sektora produkcji urządzeń i komponentów fotowoltaicznych w strategii rozwoju rynku i gospodarki krajowej

Rozwój krajowego przemysłu fotowoltaicznego (produkcja przemysłowa urządzeń i komponentów) ma kluczowe znaczenie dla wartości dodanej całej branży, liczonej w formie wzrostu zatrudnienia oraz przychodów z podatków, danin, poziomem innowacji technologicznych jak też krajowego bilansu handlowego (tylko dodatni bilans zapewnia warunki do trwałego wzrostu gospodarki). Sektor produkcji urządzeń dla fotowoltaiki ma też kluczowy udział w wartości sprzedanej całej branży.

Strukturę kosztów składowych gotowych instalacji, z uwzględnieniem różnych poziomów mocy instalacji i różnych segmentów rynku, przedstawiono na rysunku 4.

Struktura kosztów instalacji PV

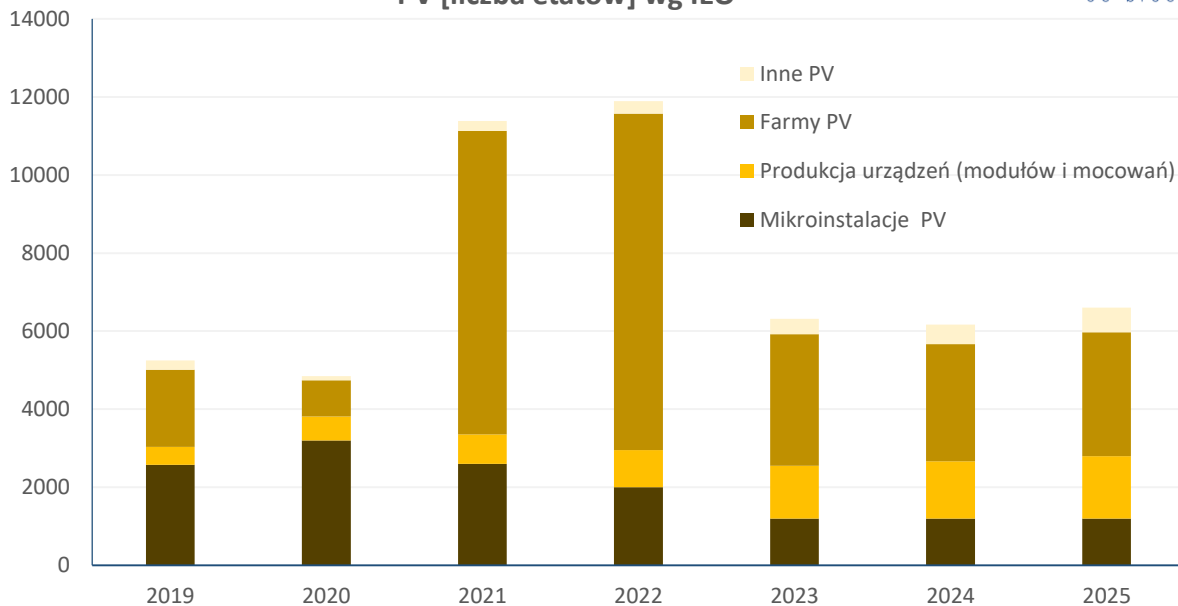


Rysunek 4. Struktura kosztów typowych instalacji fotowoltaicznych – rola dostaw urządzeń i komponentów. Źródło: Instytut Energetyki Odnawialnej: Rynek fotowoltaiki w Polsce 2020”, czerwiec 2020.

Dla wszystkich rodzajów instalacji moduły stanowią około 50% kosztów. Najmniejszy udział kosztu modułów występuje w segmencie mikroinstalacji. W tym przypadku istotnym kosztem są także inwertery i konstrukcje, w tym akcesoria konstrukcyjne. Łączny udział kosztów dostaw urządzeń, komponentów i akcesoriów stanowi ponad 70% kosztów instalacji fotowoltaicznej. Oznacza to, że dostawy technologii fotowoltaicznej i jej kluczowych komponentów dawały w 2019 i 2020 roku obroty rzędu 3 mld zł/rok oraz generowały wartość dodaną w postaci podatków, w szczególności VAT i CIT.

W zależności od rozwoju krajowych zdolności produkcyjnych urządzeń i komponentów w relacji do tempa przyrostu mocy zainstalowanych w fotowoltaice oraz bilansu handlowego w zakresie urządzeń (stopień pokrycia zapotrzebowania na rynku krajowym i nadwyżka eksportu) rozwijać się będzie rynek pracy. Uwzględniając zaprezentowany wcześniej scenariusz przyrostu nowej mocy zainstalowanych w krajowym systemie energetycznym oraz planowany przez przedsiębiorstwa – Członków Przemysłowego Panelu PV- rozwój zdolności wytwórczych w zakresie modułów PV (wzrost rocznych zdolności produkcyjnych z 320 MW w 2019 do 1,2 GW w 2025 roku), dokonano symulacji rozwoju rynku pracy w fotowoltaice z podziałem na kluczowe segmenty rynku – rysunek 5.

Prognoza liczby osób zatrudnionych w poszczególnych sektorach branży PV [liczba etatów] wg IEO



Rysunek 5 Prognoza liczby osób zatrudnionych (etatów) w branży fotowoltaicznej w poszczególnych sektorach do 2025 roku.

Producenci urządzeń – członkowie „Panelu Przemysłowego PV” są w stanie do 2025 roku zwiększyć zatrudnienie o 1100 nowych, trwałych miejsc pracy. W analizie uwzględniono także wzrost zatrudnienia w przemysłach produkcji urządzeń mocujących, kabli solarnych, magazynów energii, akcesoriów oraz spodziewanego eksportu. Jednak przedstawioną na rysunku ocenę miejsc pracy przy produkcji urządzeń można uznać za konserwatywną. Kluczem do potwierdzenia tej prognozy jest rozwój produkcji najnowszych technologii w dużej skali (po konkurencyjnych cenach) oraz dostaw urządzeń do zmieniających się potrzeb krajowego rynku.

W I kw. 2020 łączna moc mikroinstalacji PV osiągnęła 1,3 GW, co według szacunków równa się około 200 tys. mikroinstalacji. W tym samym czasie w systemie aukcyjnym zakontraktowano 1737 projektów farm o mocach rzędu 1 MW i łącznej mocy 1675 MW, z czego tylko 367 MW zostało zrealizowane⁷ (reszta projektów jest w toku). Biorąc pod uwagę powyższy punkt wyjścia oraz ww. prognozę rozwoju mocy w latach 2022 i 2023, udział farm PV w całkowitej mocy zainstalowanej zrówna się z udziałem mikroinstalacji. Rynek PV zmieni się z typowo prosumenckiego, tak jak to ma miejsce obecnie, na zrównoważony pomiędzy zawodowymi elektrowniami PV a prosumentami.

Progresywny i zgodny z polityką UE, ale oparty na realnym potencjale branży scenariusz rozwoju nowej mocy stanowi szansę, ale i wyzwanie dla producentów urządzeń dla fotowoltaiki. Rysuje się wyraźny podział rynku

⁷ Instytut Energetyki Odnawialnej: Rynek fotowoltaiki w Polsce '2020", czerwiec, 2020 rok.

fotowoltaicznego na dotychczas dominujący rynek prosumencki (na tym rynku dotychczas z największym powodzeniem działają polscy producenci modułów fotowoltaicznych) i jeszcze szybciej rosnący rynek farm fotowoltaicznych, który stawia odmienne wymagania dla dostawców technologii, zarówno jeśli chodzi o wolumeny, harmonogramy dostaw jak i preferencje inwestorów co do technologii (rodzaju parametrów). Rynek prosumencki, po zastąpieniu w 2016 roku taryf gwarantowanych systemem rozliczenia netto z tzw. „opustem” stał się nieopłacalny bez dotacji, a dotacje stały się nieprzewidywane w dłuższym okresie. Wprowadzone w 2019 roku instrumenty dotacyjne szybko się wyczerpią. Według analiz IEO już w 2021 wyczerpane zostaną środki RPO, a w latach 2022-2023 wyczerpie się budżet programu „Mój prąd” dla prosumentów indywidualnych oraz system gwarancji BGK dla prosumentów biznesowych. Być może od 2023 roku będą dla inwestycji w PV już w praktyce dostępne fundusze UE na lata 2021-2027, ale w tej sprawie nie ma jeszcze żadnych decyzji.

Szybko nabierający znaczenia sektor farm PV zamawiać będzie coraz większe jednorazowe dostawy (po 2022 roku coraz więcej będzie budowanych farm wielokrotnie przekraczających dotychczasowy standard „do 1 MW” w systemie aukcyjnym) przy spiętrzeniu zamówień od różnych inwestorów i przy restrykcyjnych termiach dostaw z uwagi na wymogi prawne dotyczące realizacji inwestycji najpóźniej w 18 miesięcy po wygranej aukcji⁸. Terminy budowy farm są z przyczyn obiektywnych znacznie bardziej uzależnione od pogody i pory roku niż ma to miejsce w realizacji inwestycji prosumenckich (sezonowość inwestycji). System aukcyjny w obecnym systemie prawnym (rzadko organizowane aukcje, terminy oraz wolumeny nieznane nawet na kolejny rok do przodu) tworzy niestabilny i trudny do przewidzenia profil zapotrzebowania na dostawy modułów PV, inwerterów, systemów mocowań i kabli solarnych oraz akcesoriów.

4. Technologie fotowoltaiczne stosowane dotychczas na rynku krajowym- struktura, udziału, konkurencja międzynarodowa

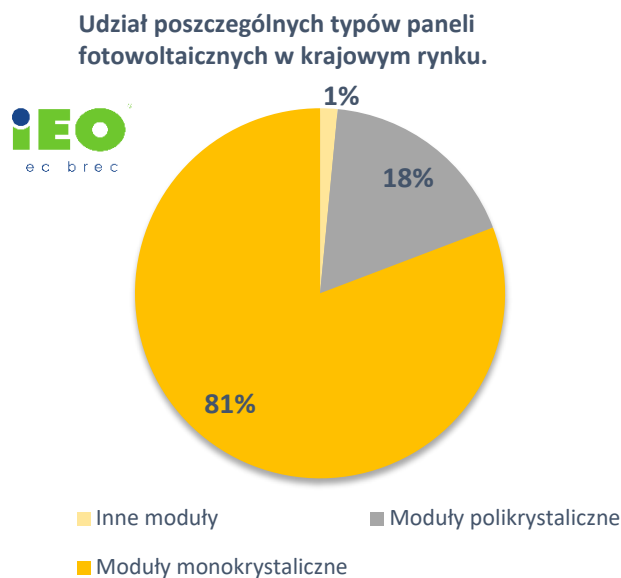
Na potrzeby raportu „Rynek Fotowoltaiki w Polsce 2020”⁹ IEO przeprowadził badanie rynku PV. W badaniu wzięli udział dystrybutorzy modułów fotowoltaicznych, firmy instalatorskie oraz producenci urządzeń na potrzeby rynku PV. Łączna sprzedaż modułów fotowoltaicznych w 2019 roku

⁸ Ten termin realizacji dotyczy projektów fotowoltaicznych, które wygrały aukcję w 2018 roku. Projekty, które wygrały aukcję w 2019 mają 24 miesiące na realizację inwestycji.

⁹ Instytut Energetyki Odnawialnej, raport Rynek Fotowoltaiki w Polsce 2020, czerwiec 2020 [link](#)

ankietowanych firm wyniosła około 460 MW. Natomiast łączna sprzedaż na polski rynek osiągnęła wartość około 425 MW. Podana liczba obejmuje zarówno moduły sprzedane przez dystrybutorów oraz moduły sprzedane razem z usługą montażu dla prosumentów lub dużych instalacji. Jedynie dwie firmy wskazały, że eksportują swoje produkty. Dla porównania w ubiegłorocznym badaniu taką aktywność zaznaczyły 4 firmy. Oznacza to, że firmy nadal największe możliwości sprzedaży i rozwoju widzą w polskim rynku i tu lokują swoje produkty.

Z ubiegłorocznych badań rynku wynika, że moduły monokrystaliczne zyskują coraz większą popularność (rysunek 6), w 2018 roku stanowiły 39 % sprzedaży.



Rysunek 6 Struktura sprzedaży modułów fotowoltaicznych na rynku krajowym w 2019 roku.

W 2019 moduły monokrystaliczne zdominowały rynek, stanowiąc 81% całkowitej sprzedaży ankietowanych firm. W ciągu roku trendy na rynku zmieniły się diametralnie. Moduły monokrystaliczne, mimo średnio wyższej ceny niż polikrystaliczne, w większości charakteryzują się lepszymi parametrami np. wyższą sprawnością. Oznacza to, że dla polskich klientów, zarówno prosumentów jak i inwestorów dużych farm PV, jakość produktu jest jednym z najważniejszych czynników decydujących o wyborze modułu.

Na polski rynek trafiają moduły różnych producentów: polskich i zagranicznych, m.in. tych z poziomu tier 1 (wg klasyfikacji Bloomberg New Energy Finance¹⁰). Firmy najczęściej wskazywały, że mają w ofercie moduły od więcej niż jednego producenta. Polscy producenci modułów wskazani przez ankietowane firmy to: Bruk-Bet Solar, ML System, SELFA, GE, Hanplast, X-disc. Spośród paneli z poziomu tier 1 najczęściej wskazywano dwie firmy z Korei Południowej Hanwha Q Cells i LG Electronics. Następnie popularny był chiński producent Longi Solar, potem norweski REC Group. Kolejni popularni producenci to chińskie Trina Solar i JA Solar, japoński Sharp, chińskie Risen Energy, GCL Systems, Jinko Solar oraz wietnamski Boviet.

¹⁰ Rating Tier został opracowany przez Bloomberg New Energy Finance Corporation i jest używany do oceny producentów paneli fotowoltaicznych pod względem stabilności finansowej.

Moduły PV stosowane wśród 30 ankietowanych firm zestawiono (uszeregowano wg mocy moduły) w tabeli 1. Średnia moc modułów to 317 Wp. Zauważyć można przewagę modułów monokrystalicznych z większą liczbą ogniw (72) w stosunku do dotychczasowego standardu (60).

Tabela 1. Przykładowe moduły stosowane przez ankietowane firmy instalatorskie i EPC w 2019 roku. Źródło: Badanie rynku fotowoltaicznego przeprowadzone na potrzeby raportu „Rynek Fotowoltaiki w Polsce 2020”, Oprac. IEO11

Producent	Rodzaj modułu fotowoltaicznego	Model	Moc [W]
Sharp	polikrystaliczny	ND-AK 275	275
TRINA SOLAR	polikrystaliczny	TSM-275PD05	275
Amerisolar	polikrystaliczny	AS-6P30	280
SunLink	polikrystaliczny	SL220-20P 280	280
JA Solar	polikrystaliczny	JAP60S09	280
Selfa	polikrystaliczny	SV60P	280
SELFA	polikrystaliczny	SV60P.4-280	280
BYD	polikrystaliczny	280	280
ML System	polikrystaliczny	280	280
Amerisolar	polikrystaliczny	AS-6P30	285
EXE Solar	polikrystaliczny	A-EXP285/156-60	285
GCL	polikrystaliczny	GCL-P6/60 285	285
Selfa	monokrystaliczny	SV60M	300
RENEWABLE ENERGY COMPANY	monokrystaliczny	MONO 300 WP	300
RISEN ENERGY	monokrystaliczny	RSM 60-6 305M	305
SHARP	polikrystaliczny	NUAC310	310
SunLink	monokrystaliczny	SL220-20M 310	310
SunLink	monokrystaliczny	SL220-20M 310 Full Black	310
Q.CELLS	monokrystaliczny	Q.PEAK G5.1	310
Sharp	monokrystaliczny	NUAK	310
REC	monokrystaliczny	N-PEAK	310
Aleo	monokrystaliczny	P19	310
BrukBet	monokrystaliczny	Bruk-Bet 310 W Mono	310
RENEWABLE ENERGY COMPANY	monokrystaliczny	MONO 310 WP	310

¹¹ Uwaga: dane w tabeli mają charakter poglądowy, oparty na wyniku badania ankietowego określonej grupy firm i nie oddają pełnej statystyki sprzedaży modułów PV w Polsce

Aleo	monokrystaliczny	X63	315
Heckert Solar	monokrystaliczny	Nemo 2.0	315
BRUK-BET	monokrystaliczny	BEM 315	315
Sunport Power	monokrystaliczny	SPP 320	320
RISEN ENERGY	monokrystaliczny	RSM 120-6-320M	320
GCL	monokrystaliczny	M3/60 HC	320
JA Solar	monokrystaliczny	JAM60S10	320
SunPower	monokrystaliczny	P19	320
Longi Solar	monokrystaliczny	LRP-60HPH	320
Heckert Solar	monokrystaliczny	Nemo 2.0	325
JA Solar	monokrystaliczny	JAM60S10	325
Q.CELLS	monokrystaliczny	Q.PEAK DUO-G5	325
HT SAAE	polikrystaliczny	72cell	330
HT SAAE	polikrystaliczny	72cell	330
JA Solar	monokrystaliczny	JAM60S10	330
JA SOLAR	monokrystaliczny	JAM60S10-330/PR	330
Risen	monokrystaliczny	330 Wp	330
IBC Solar AG	monokrystaliczny	Monosol 330 ms-hc	330
LG	monokrystaliczny	LGNeON2 LG330N1K-V5	330
JA Solar	monokrystaliczny	JAM60S10	335
Seraphim	monokrystaliczny	335	335
LG	monokrystaliczny	LG340N1C-V5	340
LG	monokrystaliczny	Neon	340
SunPower	monokrystaliczny	Maxeon 2	360
HT SAAE	monokrystaliczny	72cell	385
HT SAAE	monokrystaliczny	72cell	390
HT SAAE	monokrystaliczny	72cell	405
ASTRO Energy	monokrystaliczny	72cell	410

Nieco inaczej przedstawia się statystyka modułów stosowanych w farmach fotowoltaicznych (dane na podstawie 40 analiz produktywność) – tabela 2. Tu też zaczynają przeważać moduły monokrystaliczne. Średnia moc modułów jest nieco wyższa (327 W_p), pojawiają się moduły z ogniwami ciętymi na pół (*half cut cells*) oraz moduły dwustronne (*bifacial*). Wśród 40 projektów farm fotowoltaicznych nie było polskich dostawców. Segment farm fotowoltaicznych stanowi zatem wyzwanie dla polskich producentów modułów.

Tabela 2. Popularne moduły fotowoltaiczne stosowane w farmach fotowoltaicznych: źródło: IEO, Raporty produktywności farm fotowoltaicznych z lat 2019-202012.

Producent	kraj pochodzenia modułów	technologia	Model	Moc [W]
Jinko Solar	Chiny	polikrystaliczne	JKM275PP-60	275
Maysun Solar FZCO	ZEA	monokrystaliczne typu PERC	MS280M-60 Series	280
Hanwha Q CELLS GmbH	Korea Płd	polikrystaliczne	Q.PLUS-G4.3 285	285
Astronergy Solar	Niemcy	monokrystaliczne	ASM6610M (BL) PENTA+ Premium	300
SunLink PV Technology	Chiny	monokrystaliczne	SL220-20M300	300
LONGI Solar	Chiny	monokrystaliczne typu PERC	LR6-60PH-310M	310
Phono Solar	Chiny	monokrystaliczne typu PERC	Twin Plus PS320M -20/UH	320
SHARP ELECTRONICS	Japonia	polikrystaliczne	ND-AF330C	330
HT-SAAE	Chiny	monokrystaliczne typu half-cut	HT60-156M-C	340
Jinko Solar	Chiny	monokrystaliczne typu PERC	JKM360M-72V	360
Hanwha Q CELLS GmbH	Korea Płd	monokrystaliczne	Q.PEAK L-G4.5 370	370
Phono Solar	Chiny	monokrystaliczne typu PERC	PS380M-24/TM	380
Risen Energy	Chiny	mono - dwustronne	RSM144-6-405BMDG	405

¹² Uwaga: dane w tabeli mają charakter poglądowy, oparty na analizie 40 projektów farm fotowoltaicznych i nie oddają pełnej statystyki modułów PV stosowanych w farmach fotowoltaicznych w Polsce

Polskie firmy odpowiadały za niemal 15% dostaw na rynek prosumencki (ten rynek tradycyjnie preferują) i za ok. 10 % dostaw ogółem. Potrzeba i chęć firm do zwiększania udziałów dostaw najnowszych technologii po konkurencyjnych cenach na szybko rosnący krajowy rynek stała się inspiracją do utworzenia omówionego w rozdziale siódmym „Przemysłowego Panelu PV”. Wykorzystanie zdolności produkcyjnych waha się w granicach 50-66%. Oznacza to, że firmy instalacyjne i producenci są gotowi na sprostanie tegorocznemu zainteresowaniu fotowoltaiką i wzrostowi mocy zainstalowanej w 2020.

Jeżeli Polska chce się włączyć w światowy system dostaw technologii i skracać łańcuchy dostaw na rynek krajowy, konieczny jest rozwój zdolności produkcyjnych także na wcześniejszych etapach łańcucha dostaw (wafle, ogniwa fotowoltaiczne). W szczególności komponentem, którego nie wytwarzamy u siebie są obecnie najbardziej popularne ogniwa krzemowe (wchodzące w skład modułów PV), których jednak łączenie, dodawanie wiązek przewodzących, enkapsulacja, obramowanie i wszystkie czynności prowadzące do powstania modułów są wykonywane w Polsce. Firmy takie jak ML- System i Saule produkują ogniwa w innych technologiach (kropki kwantowe, perowskity). Ten segment przemysłu powinien być rozwijany w szybszym tempie i polskie firmy przemysłowe takie plany mają.

Na terenie kraju produkcją przemysłową modułów PV zajmują się co najmniej 6 firm. Są to m.in. Bruk Bet Solar, ML System, Selfa PV, Hanplast, X-disc oraz JBGPV. W większości są to firmy dynamicznie rozwijające się, stale zwiększające swoje moce produkcyjne, działające na rynku od niemalże 10 lat. Zakłady produkcyjne polskich firm wyposażone są w zautomatyzowane linie produkcyjne o mocach wytwórczych od 50 do 120 MW/rok. Produkcja paneli obejmuje wszystkie etapy procesu: od załadunku szkła, przez łączenie ogniw, laminowanie, montaż ram i puszek przyłączeniowej aż po testowanie i szybkie wykrywanie niedoskonałości i mikropęknięć. Jakość urządzeń polskich firm potwierdzana jest uznawanymi na świecie certyfikatami i długimi gwarancjami.

Polscy producenci mogą pochwalić się know-how różnych generacji modułów PV. Z polskich zakładów produkcyjnych nie tylko wychodzą standardowe moduły krzemowe poli- i monokrystaliczne, ale również moduły typu glass- glass, zintegrowane z budynkiem (ang. BIPV) w tym moduły dwustronne (ang. bifacial). Wytwórcy wprowadzają na rynek moduły o różnych wymiarach i mocach, sięgających 400W. Podążają za światowymi trendami modernizując parki maszynowe, w których wykorzystywane są nowoczesne technologie takie jak na przykład smart wire (SWTC). W swoich ofertach mają szeroki wybór produktów różniących się nie tylko parametrami

technicznymi, ale również wyglądem (np. panele fullblack z czarną ramą). Polska może się również pochwalić firmą stawiającą na wysoką innowacyjność, która m.in. jako jedna z pierwszych na świecie firm zajęła się drukowaniem modułów fotowoltaicznych przy wykorzystaniu związków organicznych, tzw. ogniów trzeciej generacji, a w swojej ofercie posiada również moduły semielastyczne.

Oprócz produkcji modułów fotowoltaicznych Polska ma rozbudowany system dostaw innych ważnych komponentów i akcesoriów w łańcuchu dostaw produkowanych na terenie kraju.

Po roku 2010, kiedy rozpoczął się w Polsce rozwój rynku instalacji prosumenckich, oprócz firm produkujących moduły PV powstały firmy produkujące konstrukcje wsporcze, inwertery czy zabezpieczenia prądowe i okablowanie dedykowane do prądu stałego DC (ang. direct current), magazyny energii. Wśród takich firm możemy wymienić Corab, Remor, Megawaty, Spirvent, BMZ Poland, Technokabel, ERKO, Elko-bis, Ergom i inne.

Firmy Corab (wiodący producent mocowań dachowych i wolnostojących), BMZ Poland (wiodący producent magazynów elektrycznych) oraz ERKO (producent elektrycznych elementów złącznych i narzędzi dedykowanych dla fotowoltaiki) i Elko-bis (producenta systemów odgromowych dla instalacji fotowoltaicznych) oraz ZAE Ergom (produkcja akcesoriów montażowych i akcesoriów elektrycznych) dołączyły do „Przemysłowego Panelu PV”.

Warto podkreślić, że systematycznie rośnie rola mocowań i akcesoriów elektrycznych (oraz kosztów instalacji) w kosztach systemów fotowoltaicznych: sięga 40- 50% całkowitych kosztów instalacji fotowoltaicznych oraz coraz bardziej determinuje jakość i trwałość instalacji. Większość z polskich producentów urządzeń towarzyszących w znaczącym stopniu (z udziałem powyżej 10%) eksportuje swoje wyroby za granicę.

5. Aktualne trendy technologiczne na globalnym i europejskim rynku dostaw dla fotowoltaiki

Rozwój rynku fotowoltaiki i przyrost mocy zainstalowanej w źródłach OZE zarówno w Polsce jak i na całym świecie skorelowany jest z szybkim rozwojem technologicznym oraz zwiększeniem zdolności produkcyjnych w fabrykach modułów fotowoltaicznych. W 2019 roku 10 największych światowych producentów miało średnie możliwości produkcyjne na poziomie 8 GWp rocznie, a największa firma JinkoSolar wyprodukowała moduły o łącznej mocy

14,2 GW_p¹³. W 2020 roku na rynku pojawią się moduły o łącznej mocy 200 GW_p, co przewyższy popyt szacowany na 142 GW_p¹⁴. Tak duża konkurencja sprawia, że producenci szukają optymalizacji tak w udoskonaleniu technologii jak i w skalowaniu metod wytwarzania ogniw. Szuka się sposobów nie tylko na zwiększenie sprawności urządzeń, ale również na ograniczenie zużycia materiałów czy na przyspieszenie tempa produkcji. Będzie powodowało to m.in. stopniowe zwiększenie rozmiarów produkowanych ogniw i modułów fotowoltaicznych, przy jednoczesnej minimalizacji masy wykorzystanych materiałów, gdyż gwarantuje to mniejsze straty materiałowe zwłaszcza podczas produkcji ogniw krzemowych. Już dziś główni gracze na rynku ogłaszają rozpoczęcie masowej produkcji modułów o mocach 500 Wp¹⁵. Stopniowa zmiana standardowych wymiarów ogniwa może być wyzwaniem dla fabryk, które zmuszone będą do modernizacji już istniejących linii produkcyjnych.

Trendy i technologie fotowoltaiczne dominujące na rynku w latach 2019-2020

Nowe moce produkcyjne zainstalowane w 2020 roku całkowicie skupiają się na technologii krzemowej¹⁶, która oprócz faktu, że jest technologią z największym stażem na rynku fotowoltaiki, nie zależy od materiałów rzadkich, toksycznych czy materiałów kluczowych w innych gałęziach przemysłu (takich jak kadm w ogniwach CdTe czy ind w ogniwach CIGS). Pozwala to na bezpieczne szacowanie ceny opartych na krzemie urządzeń nawet w perspektywie wieloletniej. Wschodzące technologie wprowadzane na rynek muszą więc nie tylko zaproponować wyższe wydajności urządzeń (jak do tej pory rekordowe sprawności standardowych ogniw w skali laboratoryjnej wynoszą kolejno: krzem monokrystaliczny: 26,1%, CIGS 23,4%, krzem polikrystaliczny 23,3%, CdTe 22,1%¹⁷), ale również muszą się zmierzyć z efektem skali: najnowsze planowane fabryki modułów krzemowych mają mieć zdolności produkcyjne nawet na poziomie kilkudziesięciu GW¹⁸. Zwiększanie możliwości wytwórczych „krzemowych” linii produkcyjnych działo się w sposób ewolucyjny od wielu lat, dlatego dodatkowym ryzykiem obarczona jest

¹³ "Top 10 Solar Panel Manufacturers In 2019 (Shipments)." [Online]. Available: <https://www.solarquotes.com.au/blog/solar-shipments-rankings-mb1405/>.

¹⁴ VDMA, "International Technology Roadmap for Photovoltaic (ITRPPV)," 2020.

¹⁵ pv-magazine, "How the new generation of 500-watt panels will shape the solar industry." [Online]. Available: <https://pv-magazine-usa.com/2020/03/05/how-will-the-new-generation-of-500-watt-panels-shape-the-solar-industry/>.

¹⁶ PV-TECH, "Solar manufacturing expansion plans for Q1 2020 top 500GW in unprecedented record." [Online]. Available: <https://www.pv-tech.org/news/solar-manufacturing-capacity-expansion-plans-in-q1-2020-set-unprecedented-r>.

¹⁷ NREL, "Best Research-Cell Efficiency Chart." [Online]. Available: <https://www.nrel.gov/pv/cell-efficiency.html>.

¹⁸ pv-magazine, "World's biggest PV module factory." [Online]. Available: <https://www.pv-magazine.com/2020/03/30/worlds-biggest-pv-module-factory/>.

inwestycja w nowe technologie, dla których skalowanie produkcji będzie się musiało odbywać w sposób rewolucyjny, a to dodatkowo umacnia technologie krzemowe na pozycji lidera wśród wszystkich technologii umożliwiających wytwarzanie ogniw fotowoltaicznych.

Produkcowanie ogniw krzemowych jest jednak energochłonne. W porównaniu ze standardowymi technologiami cienkowarstwowymi technologia krzemowa pochłania nawet dwa (CIGS) albo trzy (CdTe) razy więcej energii¹⁹. Dodatkowo zużywa ona więcej materiałów i nie da się jej łatwo modyfikować. To sprawia, że cieńsze ogniwa (CdTe, CIGS), które już są reprezentowane na rynku jak i ogniwa tandemowe wciąż mogą w krótkim czasie zastąpić dominującą technologię.

Te ostatnie mają dużą szansę w następnej kolejności pojawić się na rynku²⁰. Ich budowa pozwala na wyjście poza ograniczenia standardowych ogniw fotowoltaicznych (teoretyczna maksymalna dla ogniw krzemowych możliwa sprawność wynosi około 30%), dzięki temu sprawność takich ogniw pracujących wraz z koncentratorami w 2019 roku wynosiła nawet 47,1%²¹. Koszty tych urządzeń wciąż nie pozwalają jednak na ich komercjalizację.

Inne niż krzemowe technologie będą wypełniały nisze dostępne na rynku, gdzie potrzeba dedykowanych rozwiązań (fotowoltaika zintegrowana z budynkami czy agro- fotowoltaika) i możliwe jest wykorzystanie na przykład szyb przetwarzających energię słoneczną wykorzystujących promieniowanie niewidoczne dla oczu, opartych na technologii kropek kwantowych.

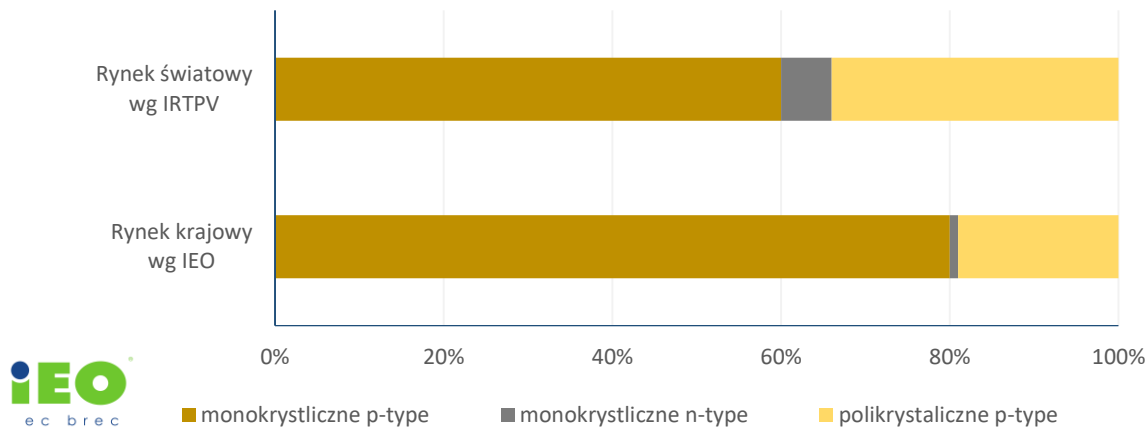
Najmniej energochłonne i najtańsze w produkcji są ogniwa organiczne. Urządzenia wykorzystujące perowskity osiągają imponujące sprawności 25,2%, jednak są one możliwe do uzyskania tylko dla badanych laboratoryjnie małych ogniw. Problemy ze zwiększeniem skali oraz bardzo szybka degradacja ogniw organicznych, sprawiają, że technologii organicznej nie udało się jeszcze wejść na rynek.

2019 rok był jednak rokiem zdominowanym przez technologie krzemowe i podobnie będzie w najbliższych latach. Wciąż rozwijający się sektor przemysłu fotowoltaicznego związany z tą technologią można rozpatrywać na kilku poziomach, począwszy od wytwarzania wafli krzemowych, a na produkcji paneli kończąc. Na poniższych wykresach przedstawiono udział procentowy poszczególnych technologii dominujących na rynku światowym w 2019 roku.

¹⁹ Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems, "PHOTOVOLTAICS REPORT."

²⁰ SOLAR EUROPE NOW, "CALL TO ACTION: FOR A SOLAR-INCLUSIVE GREEN DEAL," 2020.

²¹ NREL, "Best Research-Cell Efficiency Chart." [Online]. Available: <https://www.nrel.gov/pv/cell-efficiency.html>



Rysunek 6 Struktura sprzedaży modułów fotowoltaicznych na rynku światowym w 2019 roku.

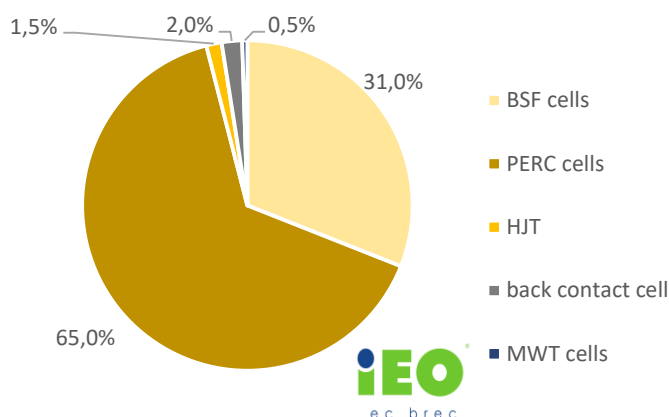
Technologia krzemowa zdominowała rynek fotowoltaiki i stanowi ok. 95% udziału w światowej produkcji ogniw PV. W ostatnich latach najwięcej instalowano modułów wykonanych z polikryształów tego surowca. Jednakże w 2019 roku na pierwszym miejscu plasuje się monokryształ z 66% udziałem w światowej produkcji wafli z krzemu krystalicznego, a niektóre firmy wstrzymują produkcję modułów polikrystalicznych²². Nowością pojawiającą się na rynku są wafle typu n (n-type), które charakteryzują się większą wytrzymałością na degradację związaną z promieniowaniem, pojawiającą się w pierwszych dniach pracy urządzenia, niż ogniwa typu p i mają już 6% udziału w produkcji światowej, a w ciągu dziesięciu lat mają stać się technologią wiodącą²³.

Technologie ogniw fotowoltaicznych

W 2019 roku zdecydowaną większość rynku, jeśli chodzi o technologię ogniw, zajęła szeroko pojęta koncepcja ogniw wykorzystująca pasywację emitera i tylnej części ogniwa (PERC, ang. passivated emitter and rear cell). Natomiast, klasyczne rozwiązanie, BSF (ang. back surface field), wykorzystano tylko w 30% modułów dostępnych na światowym rynku fotowoltaiki. Pozostałe technologie oparte na połączeniu materiałów amorficznych i krystalicznych HJT (ang. heterojunction technology) oraz na nowych rozwiązaniach dotyczących architektury elektrod (back contact cells i metal wrap through (MWT) cells), stanowiły poniżej 4% rynku.

²² InfoLink, "Hanwha withdraws polysilicon business." [Online]. Available: <https://www.infolink-group.com/en/solar/analysis-trends/Hanwha-withdraws-polysilicon-business>.

²³ VDMA, "International Technology Roadmap for Photovoltaic (ITRPPV)," 2020



Rysunek 7 Struktura sprzedaży ogniw fotowoltaicznych na rynku światowym w 2019 roku.

Z kolei w kategorii kształtu ogniw coraz większą popularnością cieszą się ogniwa cięte na pół (ang. half-cut). Takie rozwiązanie, opierające się na precyzyjnym przecinaniu już gotowych ogniw okazało się zmniejszać straty energii i podniosło moc ogniw nawet powyżej 2%. Half-cells w 2019 r. stanowiły aż 13% wyprodukowanych

ogniw, a ze względu na łatwość z jaką tę technologię można dołączyć do cyklu produkcyjnego już w przeciągu 5 lat może ona być stosowana w większości wyprodukowanych ogniw krzemowych. Wraz z coraz lepszym opanowaniem procesów nakładania przednich elektrod zwiększa się też liczba głównych wiązek przewodzących w ogniwach, które zbierają fotoprąd wytworzony w ogniwie. W 2019 roku standardem stały się moduły posiadające 5 głównych wiązek przewodzących jednak można się spodziewać, że ta liczba jeszcze wzrośnie do 6 w najbliższych latach, a na rynku zaczną się pojawiać ogniwa wielowiązkowe lub oparte na technologii SWCT (ang. smart wire connection technology), których udział w rynku w 2020 roku może przekroczyć 10%.

Nowe trendy na rynku modułów fotowoltaicznych

Oprócz coraz większego zainteresowania tzw. half cutami, obserwuje się również trend związany z zastosowaniem modułów zintegrowanych z budynkiem (BIPV, ang. building integrated photovoltaics). Są to często moduły szkło-szkło (ang. glass-glass). Zastosowanie tej technologii wiąże się często ze zwiększeniem wykorzystania powierzchni modułu a mianowicie modułami dwustronnymi. Moduły bifacial stanowią już 8% światowego rynku i będą zwiększać swój udział w latach następnych zwłaszcza w segmencie rynku związanym z farmami fotowoltaicznymi. Kolejnym kierunkiem rozwoju przemysłu PV na poziomie modułu jest zwiększenie rozmiaru panelu. Klasyczne moduły 60-cio ogniwowe w 2019 roku stanowiły ok. 60% rynku. Natomiast moduły wydłużone o dwa rzędy ogniw (72 ogniwa) miały niemalże 40% udział. Panele o innych rozmiarach stanowiły poniżej 1% światowego rynku. Zwiększać się też będą rozmiary samych ogniw.

Nowe zastosowania

Nowym rozwiązaniem pojawiającym się na rynku światowym są pływające instalacje, których łączna moc w 2019 znacząco przekroczyła 1GW²⁴ i które mają swoje zastosowanie, jak dotąd, głównie w rejonach azjatyckich. Szybko rozwijać się też będą rozwiązania dedykowane w sektorze budownictwa i rolnictwa, takie jak dachówki solarne, energetycznie aktywne przezroczyste lub półprzezroczyste szyby czy ogrodzenia fotowoltaiczne. Agrofotowoltaika jest np. analizowana przez takie instytucje jak np. Fraunhofer ISE w Niemczech, a ze względu na łatwą implementację planowane są już inwestycje nawet do 0,5 GW we Francji przez firmę Total Quadran.

Poszukuje się również rozwiązań, które mogłyby w czasie rzeczywistym kontrolować nasłonecznienie i temperaturę wewnątrz pomieszczeń lub oszczędzać zużycie wody. Coraz częściej będą też powstawać instalacje fotowoltaiczne wspomagające inne dziedziny przemysłu – na przykład tak zwane wiaty solarne mogące wspomagać przemysł samochodów elektrycznych. Ciągłe trwają też prace nad próbą wykorzystania dodatkowej energii związanej z nagrzewaniem się modułów podczas ich pracy – obniżenie temperatury ogniwa dodatkowo pozytywnie wpłynęłoby na jego sprawność. W najbliższych latach można spodziewać się też dalszego rozwoju metod monitorowania instalacji fotowoltaicznych, które szybko sygnalizowałyby obniżoną produktywność, oraz całych systemów zarządzających tak instalacją jak i podłączonymi do niej urządzeniami.

6. Założenia do mapy drogowej

Założenia: efekt skali, system wsparcia i ochrony rynku, opłacalność

Zdolności wytwórcze wszystkich polskich producentów modułów fotowoltaicznych mogą przekraczać 500 MW/rok i stanowi ok. 10% całych europejskich zdolności produkcyjnych, co daje Polsce miejsce w pierwszej piątce w UE. Warto jednak zauważyć, że Europa zapewnia tylko 3% globalnej produkcji i zasadniczo importuje moduły głównie z Chin, które zapewniają 68% produkcji²⁵. Za takim stanem rzeczy stoją decyzje polityczne podjęte w dobre kryzysu finansowego sprzed ponad 10 lat, które zaowocowały olbrzymim wsparciem publicznym dla fotowoltaiki np. w Chinach i zatrzymaniem wsparcia dla tej technologii w UE. W efekcie od 2008 roku udział UE w światowej produkcji modułów fotowoltaicznych spadł dziesięciokrotnie z 33% do obecnego poziomu.

²⁴ IRENA, "Future of solar photovoltaic. Deployment, investment, technology, grid integration and socio-economic aspects," 2019.

²⁵ „Solar Europe Now – Call to Action for a solar-inclusive Green Deal, 11 June 2020 URL: <https://ipvf.fr/sen/>

Wzmocnienie pozycji polskiego i odbudowanie europejskiego przemysłu zielonych technologii nie jest prostym zadaniem, gdyż – aby stawić czoła globalnej konkurencji - trzeba nie tylko postawić na innowacje (Chiny weszły na tę ścieżkę), ale też pokonać barierę różnicy kosztów pomiędzy produkcją np. w Chinach i w UE. Pojawiają się jednak nowe okoliczności, które plan reindustrializacji czynią realnym.

W czasie kryzysu finansowego UE na inwestycje w technologie OZE przeznaczyła mniej, w tym na CCS (ang. Carbon Capture and Storage), a Polska prawie wcale, kończąc jedynie na zapowiedziach o fabrykach samochodów elektrycznych. Chiny wygrały na tym, że dały potężne wsparcie w roku 2009 dla fotowoltaiki, ale jednocześnie postawiły na olbrzymi efekt skali. Największe fabryki w Polsce i UE produkowały wówczas urządzenia z wydajnością 100-200 MW rocznie, a w Chinach już kilka lat temu były fabryki produkujące nawet 1000 czy 2000 MW. Takich dużych fabryk było kilka i działały w sposób skoordynowany co pozwalało na duże ograniczenie kosztów i ekspansję. Poza wsparciem rządowym to duża skala produkcji jest tajemnicą sukcesu chińskiego przemysłu fotowoltaicznego. To właśnie wtedy, dzięki tym programom stymulującym, Chiny przejęły pierwszeństwo nie tylko w budowie ze wsparciem publicznym nowych mocy w elektrowniach słonecznych (wówczas wsparto budowę 2 GW elektrowni PV), ale i w produkcji urządzeń dla fotowoltaiki na świecie.

Te niekorzystne tendencje w łańcuchu dostaw będą się pogłębiać, o ile nie zostaną wyciągnięte wnioski z poprzedniego kryzysu sprzed 10 lat (Chiny, w odróżnieniu od UE wsparty programem antykryzysowym swoją branżą PV, co spowodowało ucieczkę przemysłu innowacyjnego poza Europę) i o ile zostaną podjęte działania naprawcze. Sytuacja pandemii uzmysłowiła nam, że dla zachowania niezależności technologicznej i bezpieczeństwa dostaw UE, Polska i Europa muszą same produkować nie tylko moduły fotowoltaiczne (na co liczą odbiorcy), ale także półprodukty (tzw. wafle) i ogniwa stosowane w modułach.

Koncepcje zmian w podejściu UE do przemysłu PV pojawiły się jeszcze przed pandemią. Organizacje europejskiego biznesu, środowisk naukowych (Fraunhofer ISE) czy stowarzyszenia branżowe, np. niemieckie stowarzyszenie przemysłu maszynowego (VDMA) wzywały już pod koniec ub. roku do uruchomienia w na terenie UE wielkoskalowej produkcji płytek, ogniw i modułów, rzędu 5-10 GW/rok (tzw. GigaFactory lub GreenFactory) opartych na innowacyjnych technologiach. Propozycja niemiecka obejmuje budowę kilku fabryk w strefie przygranicznej francusko- niemieckiej i polsko niemieckiej. Organizacje wносиły o dofinansowanie tej inicjatywy ze środków z Europejskiego Zielonego Ładu. Inicjatywa uzyskała m.in. wsparcie firm

francuskich, skandynawskich, szwajcarskich, chorwackich i węgierskich (Ecosolifer przygotowująca masową produkcję opartą na technologii HJT). Przemysł PV w oparciu o analizy Fraunhofer ISE deklaruje gotowość stworzenia 7,5 tys. nowych miejsc pracy (w przeliczeniu na pełne etaty). Inicjatywa jest otwarta dla polskich firm i jest szansą, ale też ew. dodatkowym zagrożeniem o ile polskie firmy pozostaną na uboczu bez wsparcia.

Koncepcja zatrzymania dealokacji produkcji urządzeń PV i reindustrializacji w obszarze zielonych technologii wykorzystuje chińskie podejście sprzed dekady, aby dzięki solidarności i działaniu w sąsiedzkiej grupie można było zyskać na efekcie skali (pojedyncze fabryki chińskie zbliżają się do wydajności 3- 5 GW, czyli o rząd wielkości więcej niż fabryki w UE i w Polsce) i uwzględnić nowe technologie. Zakłada też wykorzystanie przewagi takich, jak wsparcie dla tzw. „local content” i ochrony rynku wewnętrznego poprzez graniczny podatek węglowy (carbon border tax), który daje przewagę wszystkim producentom w UE. 10 GW zielonych fabryk można też zrealizować w różnych rozproszonych lokalizacjach przy zdolności produkcyjnej co najmniej 1 GW każda. W tej koncepcji przemysłowi fotowoltaicznemu chodzi o inwestycje rzędu 2 mld Euro (np. 10 x 200 tys. Euro). Każdy pojedynczy zakład produkcyjny może być kopią pozostałych, ale umożliwiłby otrzymywanie wsparcia na poziomie regionalnym i skoordynowane działanie. W Polsce mogłoby powstać nawet 5 nowoczesnych linii produkcyjnych lub jedna GigaFabryka. Polskie firmy na potrzeby realizacji nowej, wielkoskalowej inwestycji mogą się zorganizować tworząc np. klaster przemysłowy lub holding określając swoje miejsca w krajowym i europejskim łańcuchu dostaw.

Założenia ekonomiczne

Podstawy biznesowe zwiększania na dużą skalę produkcji ogniw i modułów w Polsce i utrzymania przewagi konkurencyjnej wobec globalnych dostawców np. z Azji wynikają z następujących przesłanek (założenia uzgodnione z Fraunhofer ISE):

- Zwiększenie 10- krotne skali produkcji (na przykładzie ogniw PERC) z 500 MW/rok do 5 GW/rok²⁶ powoduje obniżenie kosztów jednostkowych produkcji modułów aż o 19%, z 26,6 do 22,3 €centów/Wp .
- Wobec spadku cen gotowych modułów z 63 €centów/Wp w 2014 roku do 28 €centów/Wp w 2019 roku i dalszego nieuniknionego spadku cen, obecny udział kosztów transportu modułów z Azji w ciągu 5 lat wzrósł z 4% do 9% i przekroczy 10% w 2022 roku

²⁶ „Przemysłowy Panel PV” w obecnym kształcie jest gotów w pierwszym etapie (do 2025) ponieść skalę produkcji 2-krotnie).

- Emisja CO₂ w łańcuchu dostaw modułów z Chin wynosi 1,14 kgCO₂eq/Wp, podczas gdy ta sama emisja w UE wynosi 0,88 kgCO₂eq/Wp. Stwarza to potencjalnie istotną korzyść i przewagę ekonomiczną dla europejskich producentów w przypadku wprowadzenia przez UE granicznego podatku węglowego. Przy podatku granicznym na poziomie 50 €/tCO₂ dodatkowy koszt dla produktów importowanych wyniesie 1,3 €centów/Wp w 2022 r., co podniesie koszty dostaw z Chin o ok. 7%.

W połączeniu z możliwą obecnie pomocą publiczną na rozbudowę potencjału wytwórczego na terenie UE wraz ze wsparciem B+R oraz promocją inwestycji w energetykę prosumencką i farmy fotowoltaiczne, uwzględnienie czynnika „local content” powoduje, że koncepcja wykorzystania części FIP lub programów PFR na rzecz polskiego przemysłu PV jest bezpieczna i gwarantuje wysoką wartość dodaną zaangażowania państwa.

Koncepcja polskiej GigaFabryki polega na 10-krotnym zwiększeniu obecnych krajowych zdolności produkcyjnych. Jest to możliwe przy wsparciu finansowym ze strony Rządu RP i jego zaangażowaniu w relacje międzynarodowe na poziomie UE (koordynacja w ramach Zielonego Ładu i zasad pomocy publicznej). Ponadto powinny nastąpić uzgodnienia z kluczowymi partnerami z krajów członkowskich (w tym Niemcami i Francją oraz krajami skandynawskimi) w celu umiejscowienia polskich zakładów wytwórczych jako strategicznego ogniwa w europejskim łańcuchu dostaw. Wpisanie polskich inwestycji w szersze ramy polityki UE (np. jako tzw. Projektu Wspólnego Interesu, IPCEI) zapewni im dodatkowe wsparcie i ochronę w najtrudniejszym okresie budowy przewagi konkurencyjnej w latach 2020-2025.

Koncepcja jest otwarta technologicznie. Możliwe jest zastosowanie różnych technologii, w tym cienkowarstwowych (np. CIGS) lub krzemowych. Założenia przyjęto dla technologii krzemowych (krzem monokrystaliczny, sprawność 21-22%, 30 lat gwarancji, 40 lat żywotności).

Koncepcja jest też otwarta na uruchomienie produkcji w różnych miejscach ciągu technologicznego: Krystalizacja krzemu + produkcja wafli + produkcja ogniwa + produkcja modułów PV. Polskie firmy obecnie koncentrują się na możliwości zwiększenia produkcji modułów i ogniwa, ale przemysł krzemowy i przemysł metali kolorowych może z czasem poszerzyć możliwości produkcyjne także w innych elementach procesu technologicznego.

Założenia finansowe dla GigaFabryki o wydajności 5 GWp/rok (możliwe 5 lokalizacji lub jedna)

- CAPEX: 5 miliardów zł

- Struktura finansowania: 20% kapitału własnego, 30% dotacja z funduszu inwestycji publicznych: unijnego, np. IPCEI lub polskiego. np. PFR (1,5 mld zł), 30% pożyczki PFR lub EBI, 20% kredyt bankowy.

Plan budowy GigaFabryki powinien uwzględniać:

- Wsparcie B+R z nowego krajowego strategicznego programu „Nowe technologie w zakresie energii” przygotowywanego obecnie w NCBiR (wstępnie zakładany budżet na strategiczne technologie sięgał 1 mld zł), w tym wsparcie dla rozwoju i wdrożenie produkcji krajowej ogniw i modułów wg nowych technologii wspartej rozwojem bazy laboratoryjnej i certyfikacją nowych wyrobów w kraju w formule partnerstwa przemysłowo-naukowego
- Inne polskie specjalności w cyklu realizacji inwestycji PV w sektorze prosumenckim i farm fotowoltaicznych, w tym w szczególności rozwój produkcji konstrukcji wsporczych pod panele fotowoltaiczne (znaczące firmy to Corab, Remor, Budmat mają już obecnie przewagę konkurencyjną) ze szczególnym uwzględnieniem aplikacji na rynku Agrofotowoltaiki (Agr-PV) z uwagi na potencjał i potrzeby polskiego rolnictwa oraz BIPV (znaczące w Polsce możliwości integracji z sektorem budownictwa). Ważnym wsparciem dla zwiększenia wartości dodanej polskiego przemysłu fotowoltaicznego jest również branża produkcji kabli solarnych, instalacji odgromowych, akcesoriów elektrycznych, a także magazynów energii elektrycznej, a w przyszłości elektrolizerów.

Dodatkowe instrumenty wsparcia dla rynku krajowego fotowoltaiki

Najważniejszym instrumentem wsparcia producentów modułów, ogniw, inwerterów, mocowań, kabli i akcesoriów elektrycznych jest przewidywalny i stabilny rynek oraz świadomy klient końcowy, który mobilizuje cały łańcuch dostaw. Ale u progu gruntownych zmian kierunków inwestowania w energetyce, a w taki okres nieodwołanie weszliśmy, liczą się dodatkowe instrumenty mobilizacji kapitału prywatnego i publicznego. We współpracy z firmami z branży, IEO opracował listę działań na rzecz stymulowania inwestycji w wytwarzanie energii oraz w wytwarzanie urządzeń i komponentów dla sektora PV, w odniesieniu zarówno do inwestycji w wywarzanie energii z PV jak i urządzeń wchodzących w skład instalacji.

Uwarunkowania stymulujące inwestycje w wytwarzanie urządzeń i komponentów dla OZE.

- W programach wsparcia inwestycji, w szczególności PV i wiatrowych - obligatoryjne stosowanie urządzeń i dostaw wytworzonych w Europie, oraz obligatoryjnie kryteria, aby dostawy produktów i usług musiały być wytworzone w co najmniej 70% na terenie EU, łącznie z audytem fabryki

producentów do urzędzeń PV prowadzonym przez niezależną instytucję państwową raz w roku, potwierdzającym realną produkcję deklarowanego sprzętu na terytorium RP celem eliminacji nadużyć.

- Utworzenie np. instytutu dopuszczającego wyroby PV do sprzedaży, który specjalizowałby się w obszarach akredytacji, badań i certyfikacji, których wymaga fotowoltaika, zwłaszcza wielkoskalowa.
- Wsparcie firm przemysłowych programami badawczo- rozwojowymi skierowanymi na konkretne wdrożenia.

Konsultacje i wyniki ankietowania firm przemysłowych

Prace na mapę drogową poprzedziły konsultacje z **Panelem Przemysłowym PV** i ankietowanie znaczących dla branży firm przemysłowych obejmujących 50-60% krajowego rynku dostaw urzędzeń i komponentów dla fotowoltaiki w kluczowych obszarach produkcji przemysłowej takich jak: produkcja ogniw i modułów fotowoltaicznych, produkcja systemów mocowań (dachowych i wolnostojących), a także produkcja kabli i akcesoriów elektrycznych i akumulatorów dedykowanych fotowoltaice.

Moduły i ogniwa fotowoltaiczne

W sposób bardziej szczegółowy omówiono plany inwestycyjne na lata 2020-2025 firm zajmujących się produkcją ogniw i modułów fotowoltaicznych. Firmy te w 2019 roku dysponowały parkiem wytwórczym do produkcji modułów PV o zdolności produkcyjnej 320 MW/rok. Ankietowani producenci modułów wykorzystywali zdolności produkcyjne w 50%, w tym 3% produkcji przeznaczyli na eksport. Łącznie zatrudnienie przy produkcji modułów wynosi 232 pełne etaty, czyli pond 0,7 etatu na MW zdolności produkcyjnych²⁷.

W tabeli 3 oraz 4 zestawiono plany rozwojowe wiodących polskich producentów branży fotowoltaicznej na lata 2020-2025. Scenariusze dotyczą kolejno produkcji modułów oraz ogniw fotowoltaicznych²⁸. Plany zwiększania produkcji modułów PV uwzględniają zwiększenie wykorzystania zdolności produkcyjnej istniejących parków maszynowych, modernizacji linii produkcyjnych oraz planowanych inwestycji w rozbudowę i zwiększanie zdolności produkcyjnych producentów.

W tab. 3 przedstawione zostały planowane wartości zwiększania rok do roku produkcji modułów PV z podziałem na kategorie modułów oraz wartości inwestycji z tym związanych. Według scenariusza producenci planują

²⁷ Niektóre z firm mają rozbudowane laboratoria badawcze, których zatrudnienie zostało doliczone do produkcji wyrobu podstawowego, nad którego rozwojem pracują

²⁸ Pod warunkiem ochrony krajowych producentów, wprowadzenia granicznego podatku węglowego, przejściowego wsparcia do inwestycji

na 2025 rok łączne zwiększenie rocznej produkcji modułów PV o 870 MW/rok w stosunku do roku 2019. Koszty związane ze wzrostem produkcji ankietowanych firm wynoszą ok. 285 mln zł z planowanym największym nakładem na moduły monokrystaliczne krzemowe.

Tabela 3. Scenariusz rocznego zwiększenia mocy produkcyjnej modułów fotowoltaicznych wytwarzanych przez wiodących polskich producentów na lata 2020-2025 w przeliczeniu na MW/rok wraz z nakładami inwestycyjnymi na zwiększeniu zdolności produkcyjnych. Oprac. IEO

Planowany roczny wzrost produkcji paneli PV [MW/rok]							Suma wzrostu produkcji do roku 2025 r.	Wartość inwestycji [mln zł]
	2020	2021	2022	2023	2024	2025		
moduły mono-Si (w tym szkło-szkło)	5	55	55	455	130	100	800	252
moduły poli- Si	5	5	5	5	10	10	40	16
moduły tandemowe		1	4	5	10	10	30	17
Suma	10	61	64	465	150	120	870	285

Szacuje się, że skumulowana zdolność produkcyjna krajowych producentów poddanych analizie w 2025 roku będzie wynosić ok. 1,5 GW, a wykorzystanie zdolności wzrośnie do poziomu 70-75%. Po uwzględnieniu zdolności produkcyjnych sprzed 2020 roku i corocznego wzrostu wykorzystania zdolności produkcyjnych oraz nowych mocy produkcyjnych, łączna produkcja modułów PV analizowanych fabryk w 2025 roku przekroczy poziom produkcji 1 GW/rok.

W tabeli 4 przedstawione zostały wartości planowanego rocznego wzrostu zdolności produkcyjnych wytwarzania ogniw fotowoltaicznych na lata 2020-2025 z podziałem na różne technologie produkcji. Łączny wzrost zdolności produkcyjnych w 2025 roku szacuje na poziomie 300 MW dla ogniw krzemowych i ponad 900 GW dla nowych typów ogniw, w tym tandemowych. Szacowana łączna wartość inwestycji w rozwój firm na produkcję ogniw PV wynosi ponad 1 mld zł. Dodatkowo do 2025 roku firmy planują przeznaczyć kwotę w wysokości co najmniej 185 mln zł na badania i sprzęt laboratoryjny nakierowany na innowacyjne technologie ogniw fotowoltaicznych.

Tabela 4. Scenariusz inwestycji polskich firm w produkcję ogniw fotowoltaicznych w latach 2020-2025 w przeliczeniu na MW/rok wraz z nakładami inwestycyjnymi. Oprac. IEO

Planowany roczny wzrost zdolności produkcyjnych ogniw [MW/rok]							Suma wzrostu zdolności produkcyjnych	Wartość inwestycji [mln zł]
	2020	2021	2022	2023	2024	2025		
ogniwa SI			1	9	90	200	300	325
inne ogniwa		12		120		500	632	710
Suma		12	1	129	90	700	932	1035

Zakładając, że do 2025 roku krajowy rynek będzie generował zapotrzebowanie na moc fotowoltaiczną rzędu 0,9- 1,2 GW/rok (rys. 9 w kolejnym rozdziale dotyczącym mapy drogowej) i przy planowanym wykorzystaniu zdolności produkcyjnych, poziom produkcji modułów fotowoltaicznych przez ankietowane firmy może pokryć 85- 113% krajowego zapotrzebowania. Natomiast pełne wykorzystanie zdolności produkcyjnych umożliwiłoby eksport modułów na poziomie 30- 50% ilości wytworzonych produktów. Łączna kwota przewidywalnych nakładów inwestycyjnych na poszerzanie i zwiększanie zdolności produkcyjnych wśród ankietowanych firm produkujących moduły i/lub ogniwa PV sięgnie 1,5 mld zł (średnio 250 mln zł/rok).

Konstrukcje wsporcze i systemy mocowań

Poziom rocznych zdolności produkcyjnych ankietowanych firm, które zajmują się produkcją konstrukcji wsporczych i mocowań, szacuje się na ponad 1,3 GW/rok. W 2019 roku wykorzystanie zdolności produkcyjnych wynosiło ok. 40%, a ilość wyprodukowanych elementów szacuje się na ok. 0,5 GW. Producenci eksportują za granicę od 11% do 50% wyprodukowanych mocowań. Przy produkcji konstrukcji wsporczych dla fotowoltaiki zatrudnionych jest ok. 200 osób. W tabeli 5 przedstawione zostały plany rozwoju ankietowanych firm, które zajmują się produkcją konstrukcji wsporczych dedykowanych dla dachowych i wolnostojących instalacji fotowoltaicznych. Zauważalny jest znaczny przyrost produkcji konstrukcji wsporczych dla instalacji wolnostojących w latach 2020- 2022. Łączna wartość planowanych inwestycji do roku 2025 w zakresie produkcji mocowań wynosi 41,0 mln zł. Poziom zwiększenia produkcji mocowań w 2025 roku szacuje się na większy o 233% w stosunku do roku 2019. W przypadku produkcji akcesoriów montażowych planowany wzrost ten szacuje się na 125% i obejmuje inwestycje w wysokości 11,3 mln zł.

Tabela 5. Scenariusz inwestycji w produkcję konstrukcji wsporczych i mocujących w latach 2020-2025 wraz z szacowaną wartością inwestycji. Oprac. IEO

Planowany roczny wzrost produkcji mocowań [GW/rok]							Przyrost produkcji w latach 2019-2025 [GW]	Wartość inwestycji [mln zł]
2020	2021	2022	2023	2024	2025			
mocowania dachowe	0,09	0,07	0,08	0,07	0,06	0,04	0,41	41,0
mocowania wolnostojące	0,12	0,14	0,20	0,07	0,08	0,09	0,70	
suma	0,22	0,20	0,28	0,14	0,14	0,13	1,11	41,0

Magazyny energii

Rytm pracy źródeł fotowoltaicznych, przesunięty względem profilu zapotrzebowania na energię, stymuluje współbieżny rozwój technologii magazynowania energii elektrycznej lub jej alternatywnego wykorzystania z możliwością odzysku. O ile ten drugi obszar stanowi szeroki wachlarz technologii i rozwiązań rynkowych pozostających poza *core business* przemysłu fotowoltaicznego, o tyle magazyny energii elektrycznej mogą wchodzić w bezpośrednią relację na poziomie inwestorskim z firmami PV. Z tego względu, w Tabeli 6 przedstawiono rozpoznaną dotychczas perspektywę rozwoju magazynów energii w obrębie firm wchodzących w skład Panelu.

Tabela 6. Scenariusz inwestycji w produkcję magazynów energii przez wiodących polskich w latach 2020-2025 [MW/rok] wraz szacowaną wartością inwestycji. Oprac. IEO

Planowany roczny poziom zdolności produkcyjnych magazynów energii [MW/rok]							Suma wzrostu zdolności produkcyjnych [MW/rok]	Wartość inwestycji [mln zł]
2020	2021	2022	2023	2024	2025			
scenariusz wyjściowy		341	345	350	355	360	240	26,5
scenariusz rozwojowy						700	580	81,5

Poziom wyjściowy zdolności produkcyjnych, na koniec 2019r. wynosił łącznie dla różnych typów magazynów 120 MW, z perspektywą wzrostu w okresie 2020 – 2025 do 360 MW przy dodatkowych nakładach 26,5 mln zł w tym samym okresie, z opcją niemal podwojenia do 700 MW w przypadku wzrostu popytu i rozbudowy istniejących zdolności produkcyjnych dodatkowym nakładem 55 mln zł (łącznie 81,5 mln zł).

Okablowanie i akcesoria elektryczne

Systemy fotowoltaiczne wieńczą rozbudowane łańcuchy dostaw urządzeń i akcesoriów elektrycznych, które w znaczącym zakresie produkowane są w Polsce. Chodzi przede wszystkim o okablowanie (DC, AC), złączki, złącza kablowe, transformatory, zabezpieczenia nadprądowe PV, zabezpieczenia: przepięciowe PV, odgromowe PV, przeciwporażeniowe i uziemienia, przeciwpożarowe PV, opomiarowanie technologiczne PV, opomiarowanie rozliczeniowe, systemy monitorowania pracy instalacji PV, systemy monitorowania obiektu/terenu, aparaturę i osprzęt niezbędny do montażu instalacji i pomiarów odbiorowych.

Firmy produkcyjne urządzeń elektrycznych i elektrotechnicznych stowarzyszone z Przemysłowym Panelem PV, uczestnicząc jednocześnie w pracach Polskiej Izby Gospodarczej Elektrotechniki, aktywnie śledzą trendy na rynku energii elektrycznej i zmieniające się łańcuchy dostaw dla elektroenergetyki. W efekcie nadążają z ofertą za rozwojem fotowoltaiki i systematycznie rozwijają swoją specyficzną ofertę produktową i przenoszą swoją aktywność z tradycyjnych rynków do energetyki słonecznej i jej styku z tradycyjnym systemem energetycznym.

Z jednej strony dotyczy to urządzeń i wyrobów o szerokim spektrum zastosowań w KSE, takich jak opomiarowanie rozliczeniowe wypełniające oczekiwania sieci Smart Grid – dedykowane do wszystkich podmiotów przyłączonych do sieci, z drugiej zaś urządzeń dedykowanych specjalnie dla farm PV, takich jak układy monitorowania i nadzoru pracy zarówno paneli PV jak i falowników.

7. Mapa drogowa

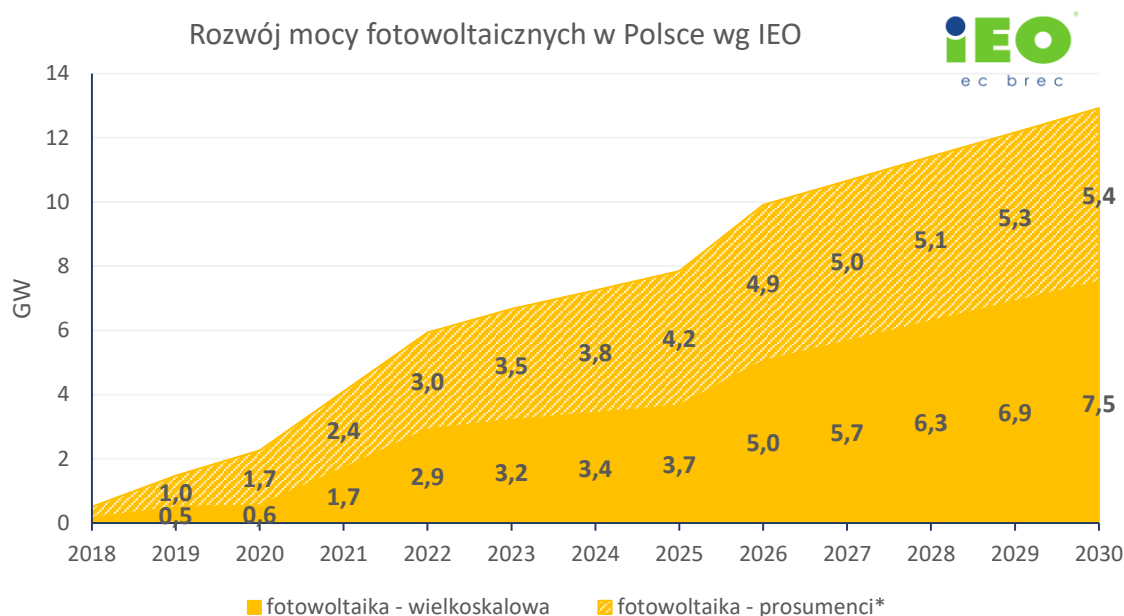
Cele ilościowe

Mapa drogowa obejmuje plan technologiczny rozwoju sektora fotowoltaiki w Polsce do 2030 roku, który w szczególności do 2025 roku uwzględnia plany producentów modułów i ogniw fotowoltaicznych oraz systemów mocowań. Koncentruje się na rozwiązaniach technologicznych. Uwzględnia też możliwości przyłączenia do sieci, które rosną do ok. 5 GW przy równomiernym rozłożeniu w kraju instalacji prosumenckich²⁹ (rynek prosumencki praktycznie został zmarginalizowany w Krajowym Planie Działań na rzecz Energii i Klimatu - KPEiK z grudnia 2019 roku) oraz stopniowemu rozwojowi farm fotowoltaicznych (co w znacznej części zostało potwierdzone w KPEiK). Wyniki aktualizacji KPEiK, dokument, zgodnie z celami jakie stawia sobie polski

²⁹ Instytut Energetyki Odnawialnej: Krajowy Plan Rozwoju Mikroinstalacji Odnawialnych Źródeł Energii, 2013 rok.

przemysł produkcji urządzeń i komponentów PV zorganizowany w Przemysłowym Panelu PV ³⁰, przedstawiono na rysunku 8.

Jak wykazano w rozdziale 4, segmentacja rynku na prosumencki i profesjonalny jest ważna nie tylko dla instalatorów i firm (tzw. EPC) budujących dla inwestorów farmy fotowoltaiczne, ale też dla dostawców technologii: modułów, systemów mocowań, inwerterów, kabli, instalacji odgromowych itp.



Rysunek 8. Struktura mocy zainstalowanej w fotowoltaice z podziałem na farmy (do 1 MW i powyżej 1 MW) oraz prosumentów (indywidualnych i biznesowych traktowanych łącznie) - skorygowany scenariusz KPEiK (uwzględniający obecne trendy) . Oprac. IEO.

Rynek prosumentów funkcjonuje w systemie rozliczania energii (tzw. „opusty”) na którym dużo znaczą dotacje i minimalne wymagania techniczne w programach dotacji (kwestia istotna dla producentów urządzeń) oraz – z uwagi na dotacje - ewentualne preferencje dla unijnych dostawców (do tej pory nie stosowane). Dominuje jednak siła marketingu firm instalacyjnych i marki, na którą nie mogą sobie pozwolić poddostawcy urządzeń w systemie tzw. OEM.

Rynek farm fotowoltaicznych jest rynkiem opartym na bardziej obiektywnych kryteriach: cena/jakość, wydajność, trwałość. Tu większą rolę odgrywają banki (akceptacja analiz produktywności i obecność wytwórcy produktu – modułu - w klasyfikacji Bloomberg New Energy Finance (poziom wytwórcy tier 1).

Zasadnicza różnica w obu segmentach polega na różnym poziomie i udziale kosztów w gotowych instalacjach. Udział kosztów modułów pozostaje zbliżony

³⁰ „Przemysłowy Panel PV”, informacja prasowa: „Przedstawiciele polskiego przemysłu fotowoltaicznego łączą siły we wspólnej inicjatywie”. URL <https://www.ieo.pl/pl/aktualnosci/1468-przedstawiciele-polskiego-przemyslu-fotowoltaicznego-lacza-sily-we-wspolnej-inicjatywie>

w całym zakresie mocy na poziomie 45-50%, choć ma najmniejszy udział w małych instalacjach prosumenckich (41-42%). W najmniejszych instalacjach najwyższy udział mają koszty inwerterów (ponad 20%), a najniższy koszty mocowań (9%). Z kolei w największych instalacjach koszty mocowań stanowią o 15-19% kosztów całkowitych.

Cele w zakresie redukcji kosztów

Znaczące w obu analizowanych segmentach rynku są różnice w poziomie kosztów całkowitych instalacji. Metodykę analiz ekonomicznych i prognoz kosztów oparto na technologicznej mapie drogowej fotowoltaiki opracowanej przez Międzynarodową Agencję Energetyczną³¹ oraz na danych ankietowych o kosztach instalacji w Polsce z 2019 roku zestawionych w raporcie IEO z czerwca 2020 roku³².

W prognozach kosztów technologii PV przyjęto, że do 2030 roku obowiązywać będzie prawo empiryczne Swansona³³, wynikające z obserwacji dotyczącej trendu cenowego fotowoltaicznych ogniw słonecznych, zgodnie z którym każde podwojenie zdolności produkcyjnych przemysłu solarnego powoduje spadek ceny ogniw o 20%. Przyjęto ponadto następujące założenia:

- stopa procentowa 10%,
- okres użytkowania technicznego: 30 lat (2020), 35 lat (2030) i 40 lat (2050);
- koszty O&M- 1%.
- produktywność początkową instalacji prosumenckich 1000 kWh/kW
- produktywność początkową farm fotowoltaicznych 1100 kWh/kW

W efekcie uzyskano następujące poziomy kosztów i prognozy dla Polski, odpowiednio dla sektora gospodarstw domowych i dla sektora farm fotowoltaicznych (tabele 5 i 6.)

Tabela 5. Cele w zakresie redukcji kosztów instalacji prosumenckich. Oprac. IEO

Rodzaj kosztów	jednostka	2020	2025	2030
Całkowity koszt instalacji (5 kW)	PLN'2019/kW	5 000	3 958	3 333
Średni koszt wytworzenia energii	PLN'2019/MWh	583	457	380

Tabela 6. Cele w zakresie redukcji kosztów farm fotowoltaicznych. Oprac. IEO

Rodzaj kosztów	jednostka	2020	2025	2030
Całkowity koszt instalacji (1 MW)	PLN'2019/kW	3 000	2 375	2 000
Średni koszt wytworzenia energii	PLN'2019/MWh	350	273	225

³¹ International Energy Agency: Technology Roadmap - Solar photovoltaic energy.

³² Instytut Energetyki Odnawialnej: Rynek fotowoltaiki w Polsce '2020", czerwiec, 2020 rok.

³³ Nazwa tego prawa pochodzi od nazwiska Richarda Swansona, założyciela firmy produkującej ogniwa słoneczne SunPower Corporation. Prawo Swansona jest porównywane do Prawa Moore'a.

Ceny instalacji fotowoltaicznych w ciągu najbliższych pięciu lat mogą spaść o 21%, a koszt generacji energii o 22%. Koszt generacji energii do 2030 roku obniży się o kolejne 34-36% (nieco szybciej dla farm fotowoltaicznych). Zastawienie tabelaryczne wskazuje na ciągłą poprawę konkurencyjności instalacji fotowoltaicznych w stosunku do cen energii z Krajowego Systemu Energetycznego w Polsce. Prognozy cen energii³⁴ i prognozy wysokości taryf do 2030 roku³⁵ wskazują, że farmy fotowoltaiczne mogą uzyskać pełną opłacalność w wytwarzaniu i sprzedaży energii na rynku hurtowym zaraz po 2025 roku, a mikroinstalacje korzystające z taryf grupy G staną się w pełni opłacalne ok. 2030 roku. Warto podkreślić, że wskazane powyżej daty komercjalizacji mogą ulec przesunięciu, jeżeli zasady bilansowania systemu energetycznego i priorytety rozwoju sieci nie będą uwzględniały potrzeb rozwojowych branży fotowoltaicznej i jej zdolności (już za kilka lat) do obniżania cen energii nie tylko w systemie, ale także dla odbiorców energii.

Cele technologiczne polskiego przemysłu

Przemysł fotowoltaiczny stawia sobie też określone cele związane z rozwojem technologii, które poprawią sprawność, ekologiczność rozwiązań i przełożą się na spadek kosztów, zwiększenie akceptacji społecznej i odpowiednie wzrosty udziałów mocy i energii słonecznej w systemie energetycznym. Zastęły one zarysowane przez cytowaną wcześniej agencję IEA³⁶, a potem szczegółowo zdefiniowane przez środowiska inżynierskie w międzynarodowej mapie drogowej dla fotowoltaiki (ITRPPV)³⁷ oraz przez środowiska naukowe i przemysł europejski we wspólnym stanowisku Solar Europe Now³⁸, którego sygnatariuszem stały się polskie firmy przemysłowe i badawcze. Na kwestie ekologiczne w swojej „przemysłowej” mapie drogowej zwrócił niemiecki instytut Fraunhofer ISE w inicjatywie dla budowy w UE tzw. „GigaFactory” – 10 GW, ujętej w autorskim raporcie na rzecz zrównoważonej produkcji technologii fotowoltaicznych w Europie³⁹. Niemiecki instytut zgłosił znamienne propozycję (uzasadnioną planem wprowadzenia w UE granicznego podatku węglowego) na rzecz wypracowania skoordynowanej koncepcji wdrażania budowy w UE fabryk urządzeń dla fotowoltaiki za pośrednictwem Komisji

³⁴Instytut Energetyki Odnawialnej: Prognoza kosztów wytwarzania i cen energii elektrycznej do 2040 roku - aktualizacja marzec 2020. URL:

<http://www.sklepiao.pl/p/pl/151/prognoza+kosztow+wytwarzania+i+cen+energii+elektrycznej+do+2040+roku+-+aktualizacja+marzec+2020.html>

³⁵ Grzegorz Wiśniewski Andrzej Curkowski, Bartłomiej Pejas. Instytut Energetyki Odnawialnej: Scenariusz średnich kosztów energii elektrycznej do roku 2050 oraz cen w taryfach za energię elektryczną dla wybranych grup odbiorców do roku 2030. Energetyka – Społeczeństwo – Polityka 2/2017 (6)

³⁶ International Energy agency: Technology Roadmap - Solar photovoltaic energy

³⁷ VDMA, “International Technology Roadmap for Photovoltaic (ITRPPV),” 2020.

³⁸ Solar Europe Now – Call to Action for a solar-inclusive Green Deal, 11 June 2020 URL: <https://ipvf.fr/sen/>

³⁹ Fraunhofer ISE: Sustainable PV Manufacturing in Europe. April 27th, 2020.

Europejskiej (regulacje antydumpingowe i klimatyczne) i poprzez współpracę między krajami (takimi jak Francja-Niemcy, Niemcy-Polska i innymi regionami), podkreślając że aktualna sytuacja polityczna stwarza wysokie szanse na znalezienie inwestorów z różnych krajów.

W plany globalnego rozwoju technologicznego starają się też wpisać polskie firmy przemysłowe, które odpowiedziały na ankiety przygotowane przez IEO. Najkonkretniej cele te zostały sformułowane w odniesieniu do produkcji modułów PV. Widocznym i oczywistym trendem jest wzrost mocy i wielkości modułów PV. O ile w 2020 roku moc krzemowych modułów PERC wynosi ok 340 W, to w 2030 roku osiągnie 430-450 W. Małe moduły będą stosowane w niektórych zastosowaniach i niszach prosumenckich (choć tu będą wypychane przez taśmy z ogniwami cienkowarstwowymi lub urządzeniami fotowoltaicznymi zintegrowanymi z budynkami).

O ile typowe fabryki modułów w UE w 2020 roku mają wydajności 100-200 MW/rok (co może być uzasadnione niszowymi rynkami) to 2025 roku w większości powinny już mieć wydajności rzędu 1-2 GW, w 2030 roku na rynku UE (aby sprostać zapotrzebowaniu i konkurencyjności) będą dominować fabryki o wydajności co najmniej 5 GW.

Powyższe źródła pozwoliły na zarysowanie autorskiej ścieżki rozwoju technologii fotowoltaicznej do 2030 roku (perspektywa inwestorska) wpisującej się w ramy polityki UE do 2030 roku (Europejski Zielony Ład) i aspiracje polskiego przemysłu w tym zakresie. Cele w zakresie rozwoju technologii produkcji modułów fotowoltaicznych zestawiono w tabeli 7.

Tabela 7. Cele w zakresie rozwoju technologii produkcji modułów fotowoltaicznych. Oprac. IEO40

Cele związane z technologią	2020	2025	2030
Maksymalna sprawność konwencjonalnych modułów PV na rynku	24%	25%	26%
Okres zwrotu nakładów energetycznych, [lata]	1,4	1,2	1,1
Moc pojedynczych modułów ⁴¹ [W _p]	390	415	430
Wydajności fabryk modułów w UE ⁴² [GW/rok]	0,1-0,2	1-2	>5 GW
Okres użytkowania technicznego – deklarowana trwałość [lata]	30	35	40

Oczekuje się, że efektywność komercyjnego modułu wzrośnie z już historycznych 16% w 2010 r. do 24% w 2025 i 25% w 2030 r.

⁴⁰ Priorytety rozwoju technologii zostały skonsultowane w członkami założycielami i firmami wspierającymi „Przemysłowy Panel PV”

⁴¹ Przekład: PERC p-type mono, moduł o powierzchni 2 m², ITRPV 2020

⁴² W Chinach już na początku 2020 oddawane są do użytku pierwsze linie modułów krzemowych o wydajnościach 2-5 GW.

Jednocześnie zużycie energii i materiałów w procesie produkcyjnym stanie się znacznie bardziej efektywne, prowadząc do znacznego skrócenia okresu zwrotu nakładów energii z systemu fotowoltaicznego na produkcję modułu. Oczekuje się, że w polskich warunkach nasłonecznienia ten okres zostanie skrócony z 1,4 roku w 2020 r. do 1,2 roku w 2030 r. Sprawność i nisko-energochłonna technologia produkcji wpływają na okres zwrotu nakładów energetycznych, a ten wskaźnik będzie nabierał znaczenia z uwagi na graniczny podatek węglowy jaki na import wyborów przemysłowych zamierza wprowadzić UE już w 2021 roku. Wreszcie, oczekuje się, że okres eksploatacji wydłuży się z 25-30 lat w okresie 2010-2020 do 35 lat w 2030 roku.

Cele badawczo-rozwojowe dotyczące technologii fotowoltaicznej i jej zastosowań

Ciągle większość modułów fotowoltaicznych (ok. 95% światowego rynku rocznego) oparta jest na bazie płytek krzemowych (c-Si). Oczekuje się, że krzemowe moduły fotowoltaiczne pozostaną dominującą technologią fotowoltaiczną do 2030 roku, z przewidywanym udziałem w rynku wynoszącym około 50% do tego czasu, co wynika z ich sprawdzonej i niezawodnej technologii, długiej żywotności i obfitych zasobów podstawowych. Głównym wyzwaniem dla modułów c-Si jest poprawa wydajności i efektywności zużycia zasobów poprzez redukcję zużycia materiałów, ulepszone koncepcje ogniw celem dalszego podnoszenia (już wysokiej) sprawności i przechodzenie na coraz większą skalę produkcji wraz z automatyzacją produkcji (obniżanie kosztów).

Inaczej sytuacja wygląda z rozwojem ogniw cienkowarstwowych, produkowanych poprzez osadzanie wyjątkowo cienkich warstw materiałów światłoczułych w zakresie mikrometrów (μm) na niedrogim podłożu, takim jak szkło, stal nierdzewna lub tworzywo sztuczne. Pierwsze cienkowarstwowe ogniwo słoneczne zostało wyprodukowane przy użyciu materiału a-Si, czyli amorficznego krzemu. Na tej podstawie opracowano następnie konfigurację tandemową i potrójną ogniw krzemowych.

W obszarze związków półprzewodnikowych II-VI opracowano inne technologie cienkowarstwowe, w tym tellurek kadmu (CdTe) i selenku miedziowo-indowogalowego (CIGS). Głównymi zaletami ogniw cienkowarstwowych są: stosunkowo niskie zużycie surowców, wysoka automatyzacja produkcji, łatwość integracji z budynkiem, ładniejszy wygląd, mniejsza wrażliwość na przegrzanie. Wady to głównie niższa sprawność.

Rozwój obu grup technologii wymaga prowadzenia różnego typu badań i prac wdrożeniowych. Tabela 8 podsumowuje perspektywy i kluczowe

problemy B+R w zakresie technologii ogniw i modułów oraz ich innowacyjnych zastosowań z podziałem na obie ww. grupy.

Tabela 8. Cele technologiczne i kluczowe kwestie badawczo-rozwojowe. Oprac. IEO⁴³

Cele technologiczne i badawczo-rozwojowe		2015-2020	2021-2030
Technologie oparte na krzemie	max sprawność modułów	mono- 24.4%	mono- 26%
		poli- 19.9%	poli- 22%
	obszary badań	nowe materiały i procesy (PERC, half-cut, HTJ, moduły dwustronne)	Doskonalenie istniejących technologii i ich integracja
			Tańsze zamienniki używanych materiałów dla elektrod, szkła czy enkapsulacji
			Efektywne procesy wytwarzania ogniw i modułów na dużą skalę
			Zmniejszenie zużycia materiałów
			Tańsze, mniej energochłonne sposoby wyrobienia monokryształów.
	Nowe metody domieszkowania i pasywacji elementów ogniwa prowadzące do ograniczenia degradacji modułów		
	Optymalizacja procesu nakładania elektrod i połączeń między ogniwami		
	Nowe zastosowania: agrofotowoltaika, monitoring, diagnostyka i zarządzanie, systemy nadążne		
Technologie drugiej i trzeciej generacji ogniw fotowoltaicznych	maksymalna sprawność modułów	CIGS -19,2%	CIGS -22%
		CdTe-18,6%	CdTe-22%
		nowe technologie 11,6% ⁴⁴	Nowe technologie -16%
		ogniwa tandemowe	masowa produkcja -29% (laboratorium- 36% ⁴⁵)
	obszar badań		Wysoko wydajne linie do wytwarzania ogniw, przyspieszenie i skalowanie metod produkcji
		Dalszy rozwój procesów technologicznych pozwalających z lepszą	

⁴³ Priorytety rozwoju technologii zostały skonsultowane w członkami założycielami i firmami wspierającymi „Przemysłowy Panel PV”

⁴⁴ Technologie cienkowarstwowe, w tym. perowskity, kropki kwantowe itp.

⁴⁵ European Perovskite Initiative: Perovskite-based photovoltaics: A unique chance for European PV-industry.

			wydajność pracy nowych technologii
		sterowanie szerokością przerwy energetycznej	komercyjna produkcja ogniw tandemowych, bazujących na krzemie w połączeniu z innymi technologiami np. takimi jak kropki kwantowe
		stabilizacja urządzeń (zmniejszenie degradacji)	Wprowadzenie ogniw organicznych o stabilności ponad 3 lata, bardziej odpornych na degradację w atmosferze i poprzez oświetlenie.
		wpływ nowych domieszek i warstw na pracę urządzeń	Nowe rozwiązania opierające się na nietoksycznych i łatwo dostępnych materiałach
			Produkcja ogniw tandemowych opartych na nowych technologiach takich jak CIGS + perowskity
		Lekkie ogniwa na elastycznych podłożach, dostosowujące się do powierzchni, zintegrowane z budynkami i urządzeniami mobilnymi	
Inne Innowacje PV	Nowe obszary zastosowań		Agrofotowoltaika
			Monitoring, diagnostyka i zarządzanie systemami produkcji i instalacjami fotowoltaicznymi oraz ich współpracą z innymi źródłami energii i magazynami, systemy podążające za słońcem, automatyzacja
			Szklta z powierzchnią aktywną, oparte na przykład na technologii kropek kwantowych (moduły oparte na tej technologii), urządzenia zmieniające współczynnik absorpcji przy różnej intensywności naświetlenia.

Powyżej omówione cele rozwojowe, technologiczne i naukowe powinny być realizowane w oparciu o krajowy program badań na rzecz fotowoltaiki z wiodącą rolą przemysłu w konsorcjach naukowo- przemysłowych. Przedstawione propozycje są przedyskutowane także w ramach konsultacji ze środowiskiem biznesowym i przemysłowym, który oczekuje efektywnego wsparcia w pracach nad nowymi rozwiązaniami technologicznymi będącymi blisko rynku w obszarach, gdzie jest potencjał przemysłowy.

Propozycje wychodzą naprzeciw potrzebom zwiększania wartości dodanej wynikającej z masowych inwestycji, rozwoju polskich specjalności, przy jednoczesnym wprowadzaniu zmian legislacyjnych niezbędnych do odpowiedniego rozwoju rynku, zwiększaniu tempa komercjalizacji, ekspansji zagranicznej i zmniejszaniu importu.

8. Podsumowanie i rekomendacje

Polskie firmy produkcyjne zgromadzone w „Przemysłowym Panelu PV” przyjęły deklarację i podjęły zobowiązanie, że podejmą wysiłek, aby średnio o 3 GW zwiększyć zdolności wytwórcze w zakresie trzech segmentów: produkcji konstrukcji, ogniw i modułów PV (te ostatnie stanowią 10% całych europejskich zdolności produkcyjnych) oraz aby odpowiednio rozwinąć potencjał eksportowy (wkład w poprawę krajowego bilansu handlowego i konkurencyjności polskiej gospodarki).

Ważnym efektem planów inwestycyjnych jest stworzenie do 2025 roku, tylko w zakresie produkcji modułów i wspierających je konstrukcji nośnych, 1100 nowych miejsc pracy (w przeliczeniu na pełne etaty). Plany uruchomienia linii produkcyjnych do produkcji ogniw fotowoltaicznych zwiększą zatrudnieniu o dodatkowe 200-300 osób (zależnie od stopnia dywersyfikacji wyrobów i skali automatyzacji). Wzrost zatrudnienia wśród dostawców akcesoriów montażowych i elektrycznych można szacować na kolejne 200-300 etatów. Oznacza to, że firmy tworzące i wspierające „Przemysłowy Panel PV” mogą w okresie najbliższych 4-5 lat stworzyć 1500-1700 trwałych miejsc pracy.

Członkowie „Przemysłowego Panelu PV” zadeklarowali także, że są otwarci na współpracę z innymi krajowymi firmami w celu mobilizacji i konsolidacji całego krajowego łańcucha dostaw dla fotowoltaiki oraz na współpracę z rządem i administracją nad strategią przemysłową i wypracowaniem propozycji wkładu polskiego przemysłu w Europejski Zielony Ład.

Przygotowując niniejszą Mapę Drogową Przemysłu Fotowoltaicznego firmy potwierdziły że dzięki ww. inicjatywie łączna produkcja modułów PV w ich fabrykach w 2025 roku przekroczy poziom 1,0 GW/rok przy nakładach inwestycyjnych w wysokości 285 mln zł. Jednocześnie firmy planują rozwój zdolności produkcyjnych w zakresie ogniw fotowoltaicznych, w 2025 roku firmy szacują zdolności na 932 MW/rok dla ogniw w różnych technologiach. W tym krzemowych i tandemowych. Szacowana łączna wartość inwestycji w rozwój firm na produkcję ogniw PV wynosi ponad 1 mld zł.

W oparciu o dane rynkowe i obecne trendy rozwojowe, Przemysłowy Panel PV” wspiera plan wzrostu mocy zainstalowanej w fotowoltaice do 7,9 GW w 2025 roku (w tym 4,2 GW prosumentów) oraz do 12,9 GW w 2030 roku.

Pełne wykorzystanie rozbudowy zdolności produkcyjnych planowanej przez członków założycieli „Przemysłowego Panelu PV” zapewnić może produkcję modułów, która pokryje 85-113% rocznych potrzeb rynku krajowego. Pełne wykorzystanie zdolności produkcyjnych, łącznie z innymi krajowymi firmami dawałoby wymagany efekt skali i nadwyżkę rzędu 30%-50% na eksport.

Przemysłowy Panel PV udzielił wsparcia inicjatywie „Solar Europe Now”, w skład której wchodzi pod 90 europejskich firm i jednostek badawczych. Koalicja z silnym poparciem przemysłu dąży do wykorzystania instrumentów Europejskiego Zielonego Ładu do reindustrializacji i potwierdza zasadność badań i rozwoju technologii oraz zasadność gospodarczą produkcji na terenie UE wszystkich komponentów niezbędnych dla fotowoltaiki. Europa a wraz z nią Polska, podjęłaby bowiem strategiczne ryzyko, rezygnując z przemysłowego komponentu sektora fotowoltaicznego, który dziś jest w dużej mierze zdominowany przez podmioty azjatyckie. Brak działań w tym zakresie groziłby utratą suwerenności, narażał na ryzyko przerw w podaży i osłabiłby pozycję Polski i całej UE w stosunkach gospodarczych i politycznych. Energia słoneczna powinna być zatem uznana za branżę strategiczną.

Inicjatywa producentów modułów PV uzyskała szerokie poparcie firm z innych elementów łańcucha dostaw, w tym przede wszystkim firm produkujących konstruuje wsparcze, magazyny energii i akcesoria elektryczne. „Przemysłowy Panel PV” pozyskał też poparcie Ministerstwa Klimatu, Ministerstwa Rozwoju. Minister Ireneusz Zyska, Pełnomocnik Rządu ds. Odnawialnych Źródeł Energo udzielił prowadzonym przez „Panel” działaniom Honorowego Patronatu. Inicjatywa „Panelu” to pierwszy niezbędny krok, aby odzyskać cały łańcuch wartości, gromadząc w kraju (oraz w UE) producentów wafli, ogniwi, modułów, systemów mocowań i urządzeń oraz akcesoriów elektrycznych.

Potrzeby jest plan naprawy sytuacji polskiego i europejskiego przemysłu poprzez ustanowienie ram wsparcia dla uprzemysłowienia branży fotowoltaicznej i umożliwienia jej wielkoskalowej produkcji w jednostkach lub grupach fabryk o wydajnościach rzędu kilku GW rocznie. Potrzebne są działania komplementarne: wsparcie finansowe na rzecz reindustrializacji i innowacji, ustabilizowanie ram regulacyjnych i promowanie rodzimego i europejskiego przemysłu wyróżniającego się dbałością w kwestiach środowiskowych i społecznych, wzmocnienie sprawiedliwego handlu.

W szczególności rekomenduje się następujące działania.

W zakresie finansowym:

- Przyspieszenie i ułatwienie dostępu do funduszy europejskich (dotacji i gwarancji) w celu ponownego uprzemysłowienia strategicznych łańcuchów wartości w Polsce w obszarze fotowoltaiki i ich OZE.
- Wpisania inicjatywy „Przemysłowego Panelu PV” w Europejski Zielony Ład i inne unijne inicjatywy z tym związane (projektu wspólnych wdrożeń, priorytety badawcze Horyzont 2020/2030) oraz w krajowe inicjatywy na rzecz wsparcia przemysłu i badań, w tym programy PFR, ARP, NCBiR.
- Rozwój modeli kontraktów na dostawy technologii dla dużych farm fotowoltaicznych z dostawą w dłużącym okresie (2-3 lata) wraz z systemem gwarancji publicznych.

W zakresie stabilizacji i trwałości ram prawnych w dłuższym okresie

- Wdrożenie dyrektywy o OZE i nowelizacja ustawy o OZE powinny uzgadniać potrzeby i możliwości polskiego przemysłu i zapewniać długoterminową perspektywę inwestowania w zdolności wytwórcze oparte na nowych technologiach
- Promowanie technologii fotowoltaicznych o jak najmniejszym wpływie na środowisko naturalne i środowisko człowieka oraz możliwie najniższym śladzie węglowym, przy zapewnieniu pełnej informacji dla odbiorców technologii (pozwoli to na budowanie poparcia społecznego i trwałej przewagi konkurencyjnej w stosunku do dostaw z regionów, które w niższym zakresie uwzględniają kwestie środowiskowe)
- Wprowadzenie zielonych zamówień publicznych oraz promowanie lokalnej produkcji (local content) w przetargach europejskich na rzecz wzmacniania europejskiej wartości dodanej.

W zakresie sprawiedliwego handlu

- W programach wsparcia inwestycji fotowoltaicznych wprowadzenie obligatoryjnie kryteria, aby dostawy produktów i usług musiały być wytworzone w co najmniej 70% na terenie EU. Promowanie powinno być łączone z audytem fabryki producentów do urzędzeń PV prowadzonym przez niezależną instytucję
- Weryfikacja uczestników rynku dostaw technologii, m.in. w formie zapewnienia obiektywnego wydawania gwarancji pochodzenia wyrobu „Certificate of Origin” celem zapobieżenia możliwości omijania przepisów (uznawania za wyrób wyprodukowany w Polsce wyrobu importowanego we własnej marce tzw. OEM).
- Wzmocnienie stosowania środków antydumpingowych dostępnych dla UE i na poziomie krajowym: lepsze stosowanie istniejących narzędzi, wdrażanie nowych narzędzi, w tym utworzenie komórki

antydumpingowej (grupa obserwatorów zdolnych do wykrywania i aktywowania mechanizmu szybkiej reakcji w przypadku zakłóceń).

- Wzmocnienie kontroli jakości i identyfikowalności importowanych komponentów wprowadzanych na rynek przez organizacje posiadające uprawnienia do certyfikacji, kontroli i audytu. Zapewnienie wdrożenia sankcji w przypadku nieprzestrzegania przepisów.

W poniższej tabeli wyszczególniono działania konkretnych interesariuszy i „kamienie milowe”, które mają pomóc decydentom, przemysłowi oraz podmiotom publicznym i pozarządowym w ich wysiłkach na rzecz skutecznego wdrożenia energii fotowoltaicznej.

Poziom działań interesariuszy	Rodzaj działania
Rząd i administracja centrala	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ustanowienie mechanizmów wspierania rynku w celu osiągnięcia konkurencyjność technologii PV z planem ich stopniowego wycofywania wraz z osiągnięciem <i>grid parity</i> 2. Ułatwienie internalizacji zewnętrznych kosztów energii w celu zapewnienia bardziej wyrównanych warunków konkurencji ze źródłami konwencjonalnymi emitującymi zanieczyszczenia 3. Wpisanie dążeń polskich producentów urządzeń dla fotowoltaiki w ramy polityki unijnej i priorytetu wydatkowania funduszy UE na OZE, w tym technologie PV oraz zapewnienie dostępu do funduszy krajowych celem zwiększenia potencjału polskich firm do współpracy na rynku europejskim. 4. Ustanowienie i usprawnienie kodeksów budowlanych i norm dotyczących produktów fotowoltaicznych oraz zasad współpracy w sieci. 5. Ustanowienie standardów energetycznych i przepisów budowlanych w zakresie energii słonecznej. 6. Zwiększenie finansowania badań i rozwoju, aby przyspieszyć redukcję kosztów i wzrost wydajności w produkcji konstrukcji, ogniw i modułów PV. 7. Ustanowienie i ulepszanie programów edukacyjnych i informacyjnych na temat zalet PV, w tym korzyści środowiskowych
Przemysłowy Panel PV	<ol style="list-style-type: none"> 1. Przygotowanie i uzgodnienie z branżą fotowoltaiczną projektu sektorowego porozumienia z administracją państwową 1. Wspieranie szkoleń i edukacji wykwalifikowanych pracowników w łańcuchu wartości PV;

	<ol style="list-style-type: none"> 2. Powiększanie zasięgu docelowych odbiorców / interesariuszy dla technologii PV 3. Przyspieszenie wprowadzania ulepszeń technicznych i procesów przemysłowych, standaryzacji i zwiększenia skali produkcji (zgodnie z niniejszą Mapą Drogową) 4. Zwiększenie wydajności dla technologii ogniw / modułów PV i całych systemów (zgodnie z niniejszą Mapą Drogową))
Uniwersytety i inne instytucje badawcze	<ol style="list-style-type: none"> 1. Identyfikacja potrzeby w zakresie rozwoju edukacji i szkoleń w ważnych obszarach fotowoltaiki 2. Opracowanie nowych programów szkoleniowych. 3. Opracowanie krajowej mapy drogowej B+R w zakresie technologii fotowoltaicznej, która określa ścieżki do osiągnięcia krytycznych długoterminowych przełomów technologicznych.
NGO, stowarzyszenia branżowe	<ol style="list-style-type: none"> 1. Monitorowanie postępów w rozwoju PV i "kamieni milowych" polityki, regularne publikowanie wyników monitoringu sektora, aby rząd i przemysł miały dostęp do bieżącej informacji 2. Identyfikowanie i publikacja informacji na temat barier regulacyjnych i biurokratycznych we wdrażaniu fotowoltaiki.