Fundusze Europejskie Infrastruktura i Środowisko | Rzeczpospolita Polska | Unia Europejska Europejskie Fundusze Strukturalne i Inwestycyjne

# Badanie ewaluacyjne pn. „Recykling wyeksploatowanych komponentów technicznych odnawialnych źródeł energii oraz akumulatorów pojazdów elektrycznych jako element transformacji w kierunku gospodarki o obiegu zamkniętym”

RAPORT KOŃCOWY

**Wroconsult Sp. z o.o.** oraz **Ekovert Łukasz Szkudlarek**

na zlecenie

**Ministerstwa Energii**

wroconsult | ekovert

***Wrocław 2019***

## SPIS TREŚCI

**1. STRESZCZENIE ... 3**

**2. CEL BADANIA I PRZYJĘTA METODYKA ... 13**

2.1. TŁO BADANIA ... 13
2.2. CEL BADANIA ... 16
2.3. METODYKA BADANIA ... 17

**3. CHARAKTERYSTYKA SEKTORA ... 31**

3.1. AKTUALNY STAN WIEDZY W ZAKRESIE METOD RECYKLINGU WYEKSPLOATOWANYCH INSTALACJI OZE ... 31
*3.1.1. Komponenty siłowni wiatrowych ... 31*
*3.1.2. Komponenty instalacji fotowoltaicznych oraz paneli słonecznych ... 40*
*3.1.3. Akumulatory pojazdów elektrycznych ... 43*
3.2. AKTUALNA SYTUACJA PRAWNA W SEKTORZE ZAGOSPODAROWANIA WYEKSPLOATOWANYCH INSTALACJI OZE ORAZ BATERII DO POJAZDÓW ELEKTRYCZNYCH ... 50
3.3. ANALIZA RYNKU ... 52
*3.3.1. Komponenty siłowni wiatrowych ... 52*
*3.3.2. Komponenty instalacji fotowoltaicznych oraz paneli słonecznych ... 61*
*3.3.3. Akumulatory pojazdów elektrycznych ... 66*
3.4. ANALIZA RYNKU POLSKIEGO WZGLĘDEM WYBRANYCH KRAJÓW ROZWINIĘTYCH ... 70
3.5. STOSOWANE W POLSCE I NA ŚWIECIE METODY WSPARCIA ROZWOJU RECYKLINGU W OZE ... 76
3.6. IDENTYFIKACJA KLUCZOWYCH CZYNNIKÓW I BARIER ROZWOJU SEKTORA ... 82

**4. MOŻLIWOŚCI, KIERUNKI WSPARCIA SEKTORA RECYKLINGU INSTALACJI OZE ... 88**

4.1. OBSZARY ZAGOSPODAROWANIA WYEKSPLOATOWANYCH INSTALACJI OZE WYMAGAJĄCE WSPARCIA ... 88
4.2. MOŻLIWE METODY WSPARCIA – CHARAKTERYSTYKA, OCENA, RYZYKO ... 88
4.3. WSPARCIE RECYKLINGU WYEKSPLOATOWANYCH KOMPONENTÓW TECHNICZNYCH INSTALACJI OZE Z FUNDUSZY STRUKTURALNYCH NOWEJ PERSPEKTYWY FINANSOWEJ 2021-2027 ... 107
4.4. OCENA ODDZIAŁYWANIA METOD WSPARCIA SEKTORA NA KSZTAŁT ORAZ WIELKOŚĆ RYNKU ... 107
4.5. ANALIZA SWOT MOŻLIWYCH METOD WSPARCIA SEKTORA ... 108

**5. WNIOSKI Z PRZEPROWADZONEGO BADANIA ... 109**

**WYKAZ TABEL, RYSUNKÓW I WYKRESÓW ... 126**

**LITERATURA ... 127**

**ZAŁĄCZNIK 1. WYNIKI BADANIA CAWI ... 130**

**ZAŁĄCZNIK 2. STUDIA PRZYPADKÓW ... 150**

**ZAŁĄCZNIK 3. NAJWAŻNIEJSZE SPOSTRZEŻENIA I WNIOSKI Z WYWIADÓW POGŁĘBIONYCH I PANELI EKSPERCKICH ... 157**

# 1. STRESZCZENIE

Wobec rosnącej ilości instalacji OZE działających na rynku i dynamicznego wzrostu liczby pojazdów elektrycznych recykling wyeksploatowanych komponentów technicznych instalacji OZE oraz akumulatorów do pojazdów elektrycznych staje się zagadnieniem coraz bardziej istotnym. Zjawisko to ma charakter globalny, przy czym jego znaczenie i nasilenie w Polsce będzie przesunięte w czasie względem krajów Europy Zachodniej o kilka lat. Wynika to z późniejszego wzrostu i niższej wartości krajowego rynku OZE i elektromobilności. Opóźnienie rozwoju rynku siłowni wiatrowych i paneli fotowoltaicznych to ok. 10 lat, wielkość rynku – kilkukrotnie mniejsza niż w wiodących w branży OZE krajach; liczba zarejestrowanych pojazdów elektrycznych – kilka tysięcy – znikoma w porównaniu z 5,6 mln pojazdów elektrycznych na świecie i setkami tysięcy tych pojazdów zarejestrowanych w krajach stawiających na elektromobilność.

W krajach przodujących w zakresie wykorzystania odnawialnych źródeł energii i elektromobilności zauważono już problem gwałtownego narastania potencjalnej ilości odpadów z instalacji OZE i pojazdów elektrycznych. W związku z tym podejmowane są na świecie pierwsze próby usystematyzowania rynku recyklingu i zamknięcia cyklu wykorzystania surowców – tworzone są pierwsze przemysłowe instalacje odzysku surowców wtórnych z akumulatorów do pojazdów elektrycznych, paneli fotowoltaicznych, przetwarzane są kompozyty używane do budowy siłowni wiatrowych; częściowo zużyte akumulatory do pojazdów elektrycznych znajdują nowe zastosowanie lub są regenerowane. Wprowadzane są regulacje prawne ułatwiające śledzenie ścieżki życia instalacji OZE czy akumulatorów do pojazdów elektrycznych. Dofinansowywane są badania w zakresie poprawy efektywności recyklingu.

Również w Polsce konieczne wydaje się, w świetle przeprowadzonych analiz, podjęcie działań ułatwiających monitorowanie rynku odpadów z OZE i elektromobilności (i monitorowanie skali problemu), zwiększających poziom recyklingu, a tym samym bezpieczeństwo środowiskowe, oraz wspierających rozwój rodzimych innowacyjnych, efektywnych technologii recyklingu odpadów. Takie działania należy podjąć już dziś. Wprawdzie obecnie ilość odpadów tego typu w Polsce jest mała lub nawet znikoma (jak to jest w przypadku akumulatorów do pojazdów elektrycznych) – ale w najbliższych 10-20 latach spodziewać się można dynamicznego wzrostu wielkości odpadów do przetworzenia – do kilku – kilkudziesięciu tysięcy ton rocznie każdego z kluczowych rodzajów odpadów (siłownie wiatrowe, panele fotowoltaiczne, akumulatory do pojazdów elektrycznych). Rozwijane w Polsce innowacyjne technologie przetwarzania odpadów będą też z pewnością cieszyły się zainteresowaniem na świecie i mogą stać się polską innowacyjną specjalnością.

Polska jest obecnie zdecydowanie na samym początku drogi w kierunku gospodarki o obiegu zamkniętym w zakresie recyklingu komponentów technicznych instalacji OZE oraz akumulatorów do pojazdów elektrycznych. Jak wynika z przeprowadzonych badań literaturowych, rozmów w ramach wywiadów pogłębionych z ekspertami, pracownikami naukowymi, paneli eksperckich – zagadnienie to ma obecnie nikłe znaczenie w praktyce gospodarczej i w sferze naukowo-badawczej. Polska nie jest obecnie przygotowana na wzrost zapotrzebowania na usługi specjalistycznego recyklingu w tym zakresie. Na polskim rynku obecnie:

- działa jedna instalacja i jeden podmiot przetwarzający materiały kompozytowe z siłowni wiatrowych; część odpadów jest przetwarzana (niezgodnie z zasadami ochrony środowiska) poprzez ich rozdrabnianie i mieszanie z gruzem i gruntem;

- części paneli fotowoltaicznych takie jak aluminiowe ramy oraz szkło przetwarzane są w tradycyjnych zakładach zajmujących się recyklingiem metali i szkła, zaś moduły krzemowe z paneli są w chwili obecnej składowane na wysypiskach i tylko nieliczne poddawane są recyklingowi w instalacjach badawczych; istnieje jeden podmiot wyspecjalizowany w recyklingu paneli fotowoltaicznych, jednak w procesie recyklingu nie jest odzyskiwany krzem – moduły fotowoltaiczne są mielone i dodawane do kompozytów; opracowano natomiast proces całościowego recyklingu paneli PV, będzie on przypuszczalnie wdrażany na skalę przemysłową w najbliższych latach;
- nie istnieją podmioty przetwarzające akumulatory niklowo-jonowe, stosowane powszechnie w pojazdach elektrycznych; akumulatory te są jedynie magazynowane na terenie Polski przed transportem do innych krajów, w których mogą być regenerowane lub recyklingowane; sam proces magazynowania i transportu nie jest realizowany w sposób właściwy – są traktowane jak odpady zmieszane o kodzie 16 06 05, co powoduje ryzyko ich mechanicznego uszkodzenia i pożaru; badania w zakresie recyklingu akumulatorów realizowane są przez jedną grupę rodzimych podmiotów.

Obecnie eksperci branżowi, pracownicy naukowi zakładają możliwość wzrostu zdolności przetwórczych recyklingu w OZE i elektromobilności głównie przez implementację gotowych rozwiązań na rynek polski, chociaż w kraju są rozwijane innowacyjne technologie recyklingu. Wspomnieć tu można o: przetwarzaniu kompozytów z siłowni wiatrowych na granulat i jego wykorzystaniu do produkcji gotowych wyrobów budowlanych – Thornmann Recycling Sp. z o.o.; opracowywanej technologii recyklingu akumulatorów litowo-jonowych rozwijanej przez PTH Technika Sp. z o.o. wspólnie z Instytutem Metali Nieżelaznych w Gliwicach; technologii całkowitego recyklingu paneli PV opracowanej na Politechnice Gdańskiej i przygotowywanej do wdrożenia na skalę przemysłową.

Konieczność rozwoju potencjału recyklingu w OZE i elektromobilności w Polsce wydaje się być dzisiaj zagadnieniem – jak wspomniano – nieco odległym w czasie, ale jest w ocenie ekspertów koniecznością. W wywiadach i wypowiedziach ekspertów podkreślana jest konieczność wzrostu potencjału w zakresie przerobu odpadów OZE i z elektromobilności z uwagi na: wysokie koszty transportu zużytych odpadów (wysoka masa odpadów w przypadku elementów siłowni wiatrowych oraz częściowo paneli fotowoltaicznych, konieczność odpowiedniego zabezpieczenia transportu baterii do pojazdów elektrycznych, co generuje koszty), prawdopodobnie gwałtowny rozwój zapotrzebowania na usługi recyklingu w ciągu najbliższych 5-10 lat, zagrożenie dla środowiska w przypadku szybkiego wzrostu ilości odpadów, których sposób przetworzenia trzeba monitorować.

Przygotowanie kraju do zagospodarowania znacznie większej ilości odpadów nowego typu niż obecnie i dostosowanie potencjału przetwórczego krajowych instalacji recyklingu (lub potencjału i jakości bazy magazynowej oraz procesów bezpiecznego transportu) wiąże się z koniecznością pokonania szeregu barier organizacyjnych, prawnych, finansowych, technologicznych.

Za najważniejsze bariery rozwoju systemu recyklingu uznaje się:

- niewielkie zapotrzebowanie na recykling w OZE i elektromobilności obecnie – co powoduje brak rynkowych bodźców do podejmowania prac badawczo-rozwojowych lub zakupu i wdrażania gotowych rozwiązań;

- wysokie koszty prac badawczo-rozwojowych – co w połączeniu z koniecznością wykazania się możliwością komercjalizacji wypracowanych rozwiązań (obecnie, jak wiadomo – niewielką) skutecznie hamuje podejmowanie badań zakresie recyklingu komponentów technicznych instalacji OZE i akumulatorów do pojazdów elektrycznych;
- istotne nakłady inwestycyjne na budowę, zakup linii recyklingu, wdrożenie gotowych rozwiązań w zakresie recyklingu w OZE i elektromobilności – istotna bariera finansowa, co w powiązaniu z dyskusyjną opłacalnością prowadzenia tego typu działalności prowadzi praktycznie do braku jakichkolwiek działań w tym zakresie;
- brak wsparcia organizacyjnego ze strony państwa w zakresie recyklingu w powiązaniu z dążeniem do wzrostu udziału OZE w miksie energetycznym;
- wysokie koszty recyklingu – duża energochłonność procesów recyklingu, wysokie koszty transportu – co istotnie ogranicza opłacalność odzysku surowców wtórnych;
- nieskuteczność systemu kar za niewłaściwe zagospodarowanie odpadów - kary o wartości od 1 tys. do 1 mln zł są ustalane przez WIOŚ w drodze decyzji administracyjnej, która może być podejmowana przez zbyt długi czas, wysokość kar w ocenie ekspertów jest często niewspółmierna do zagrożenia środowiska i potencjalnych kosztów dla środowiska;
- w przypadku akumulatorów – brak osobnych regulacji prawa dla odpadów z baterii litowo-jonowych, brak wydzielonego kodu odpadów – baterie litowo-jonowe są obecnie traktowane jako odpady zmieszane w kodzie 16 06 05; powoduje to szereg negatywnych efektów na rynku: od braku możliwości zidentyfikowania liczby odpadów wytwarzanych w Polsce, przez utrudnienia w zakresie prowadzenia działalności recyklingowej, po istotne zagrożenia dla ludzi i środowiska w procesie magazynowania, transportu odpadów – jeśli odpady te nie są zidentyfikowane jako oddzielna grupa, nie jest konieczne wdrażanie szczególnych zasad postępowania z nimi – co w przypadku baterii litowo-jonowych oznacza ryzyko zanieczyszczenia środowiska, pożarów, utraty zdrowia i życia;
- zmienność stanowionego prawa w Polsce – przedsiębiorcy nie podejmują działań z kilkuletnim wyprzedzeniem (a taki horyzont czasowy jest realny w przypadku badanego obszaru), ponieważ niestabilne prawo w Polsce oznacza dla nich duże ryzyko angażowania środków finansowych i czasu w przedsięwzięcia, których komercjalizacja może nie dojść do skutku; z doświadczenia przedsiębiorców w branży wynika, że poczynione przygotowania w zakresie prowadzenia nowej działalności, nawet w przypadku rynków bardzo obiecujących, mogą zostać zniweczone przez wprowadzenie niekorzystnych przepisów w krótkim okresie;
- brak celowanego dofinansowania dla podmiotów działających w obszarze recyklingu OZE i elektromobilności – wprawdzie istnieje już obecnie możliwość dofinansowania prac badawczo-rozwojowych w recyklingu w obszarze OZE i elektromobilności, jednak konieczność komercjalizacji wypracowanych rozwiązań na dopiero powstającym rynku skutecznie ogranicza możliwość pozyskania dotacji na badania;
- duży potencjał strony silnych koncernów zagranicznych posiadających technologie przetwarzania odpadów – szczególnie dotyczy elektromobilności i baterii litowo-jonowych – możliwość szybkiej ekspansji podmiotów zagranicznych na rynek skutecznie hamuje chęć wejścia w sektor recyklingu w OZE i elektromobilności przez mniejsze rodzime firmy;

- zbyt niskie nakłady na badania i rozwój – nakłady na B+R są zbyt małe w Polsce w ujęciu ogólnym, dotyczy to tym bardziej sektora, który jest perspektywiczny z komercyjnego punktu widzenia, ale jeszcze obecnie niewielki w ujęciu wartościowym, a szanse komercjalizacji rozwiązań – obecnie małe; poszukiwanie nowych metod przetwarzania odpadów z OZE i elektromobilności wymaga zaangażowania większych środków w działalność B+R.

Z przeprowadzonego badania wynika, że większość z wymienionych barier może zostać zniwelowana, a Polska ma szansę nie tylko przygotować się na konieczność zagospodarowania zwiększonej ilości odpadów w kraju, ale też stać się globalnym dostawcą efektywnych, innowacyjnych rozwiązań w zakresie recyklingu paneli fotowoltaicznych, akumulatorów litowo-jonowych czy kompozytów szklanych i węglowych. Możliwe działania, które mogą prowadzić do stworzenia skutecznego systemu recyklingu komponentów technicznych instalacji OZE i akumulatorów do pojazdów elektrycznych, to w ocenie zespołu badawczego i ekspertów:

- poprawa jakości systemu gospodarki odpadami – monitorowania odpadów, ich recyklingu, poprzez np.:
  - wydzielenie baterii litowo-jonowych jako oddzielnego rodzaju odpadów z odrębnym kodem,
  - precyzyjne uregulowanie i egzekwowanie sposobów przetwarzania kompozytów stosowanych do budowy łopat siłowni wiatrowych,
  - stworzenie rozwiązań obligujących właściciela instalacji OZE do jej późniejszego przekazania do utylizacji,
  - budowę systemu finansowania sektora recyklingu w OZE i elektromobilności opartego na opłatach produktowych, z uwzględnieniem konieczności zachowania systemu zachęt dla inwestujących w odnawialne źródła energii (koszty opłat poużytkowych nie mogą być zbyt wysokie w stosunku do zachęt finansowych do inwestowania);
  - na szczeblu administracji państwowej – powiązanie planu recyklingu odpadów z OZE z planami dofinansowania budowy instalacji odnawialnych źródeł energii;
- stworzenie i utrzymywanie zachęt do inwestowania w OZE i elektromobilność – ale w połączeniu z zachętami do właściwego recyklingu po okresie użytkowania i wskazaniem ryzyka (finansowego, prawnego) w przypadku braku odpowiedniego zagospodarowania odpadów poużytkowych;
- przeprowadzenie kampanii edukacyjnych dotyczących konieczności właściwego recyklingu komponentów OZE, akumulatorów;
- celowane wsparcie finansowe prac badawczo-rozwojowych w formie dotacji, przeznaczone wyłącznie dla sektora recyklingu OZE i w elektromobilności (np. w formie poddziałań programów operacyjnych lub konkursów); w przypadku wsparcia bezzwrotnego wzięcie pod uwagę, oprócz możliwości komercjalizacji, również aspektów środowiskowych, energetycznych, społecznych i finansowych procesów przemysłowych zagospodarowania poużytkowego komponentów OZE i akumulatorów;

- wsparcie finansowe w formie pożyczek preferencyjnych i gwarancji na wdrożenie rozwiązań na skalę przemysłową;
- uproszczenie procedur związanych z pozyskiwaniem dofinansowania zwrotnego i bezzwrotnego na realizację inwestycji w badanym obszarze;
- wprowadzenie ulg podatkowych dla podmiotów działających w opisywanym w niniejszym badaniu sektorze;
- działania na szczeblu ministerialnym zmierzające do pozyskania dużego zagranicznego inwestora zainteresowanego wdrożeniem wypracowanych, rodzimych innowacyjnych rozwiązań w zakresie recyklingu;
- stworzenie wytycznych i rozwiązań prawnych, technicznych w zakresie postępowania ze zużytymi komponentami, maksymalizujących ich wykorzystanie (np. przeznaczenie zużytych akumulatorów z pojazdów elektrycznych do budowy dużych lub lokalnych (domowych) magazynów energii zwiększających efektywność wykorzystania OZE).

Pokonanie barier prawnych, finansowych, organizacyjnych, administracyjnych, instytucjonalnych w rozwoju rynku związanego z recyklingiem wyeksploatowanych komponentów technicznych odnawialnych źródeł energii oraz akumulatorów pojazdów elektrycznych pozwoli na ograniczenie ryzyka znaczącego wzrostu składowanych, nie przetwarzanych odpadów (w tym odpadów niebezpiecznych). Jest też szansą dla polskich przedsiębiorstw i jednostek naukowo-badawczych na podjęcie skutecznej konkurencji w jednym z najbardziej perspektywicznych sektorów gospodarki światowej.

**ABSTRACT**

In the face of the growing number of renewable energy installations operating on the market and the dynamic increase in the number of electric vehicles, recycling of worn out technical components of renewable energy installations and batteries for electric vehicles is becoming an increasingly important issue. This phenomenon is global, and its significance and severity in Poland will be shifted in time relative to Western European countries by several years. This is due to the later growth and lower value of the domestic RES and electromobility market. The development of the wind power plant and photovoltaic panels market is delayed by about 10 years, the size of the market - several times smaller than in the leading countries in the renewable energy sector; the number of registered electric vehicles - several thousand - negligible compared to 5.6 million electric vehicles worldwide and with the number of registered vehicles in countries focusing on electromobility.

In the leading countries in the field of the use of renewable energy sources and electromobility, the problem of a rapid increase in the potential amount of waste from RES installations and electric vehicles has already been noticed. Therefore, the first attempts are being made in the world to systematize the recycling market and close the raw materials utilization cycle - the first industrial installations for the recovery of secondary raw materials from batteries for electric vehicles, photovoltaic panels are being created, the composites used for building wind farms are processed; partially used batteries for electric vehicles are finding new use are or regenerated. Legal regulations are introduced to facilitate tracking the life path of renewable energy installations or batteries for electric vehicles. Research is being funded to improve recycling efficiency.

Also in Poland, in the light of the analyses carried out, it seems necessary to take measures to facilitate monitoring of the RES waste and electromobility market (and monitoring the scale of the problem), increasing the level of recycling, and thus environmental security, and supporting the development of native innovative, effective waste recycling technologies. Such action should be taken today. Although currently the amount of this type of waste in Poland is small or even negligible (as it is in the case of batteries for electric vehicles) - but in the next 10-20 years a dynamic increase in the volume of waste for processing can be expected - up to several - tens of thousands of tons per year from key types of waste (wind farms, photovoltaic panels, batteries for electric vehicles). Innovative waste treatment technologies developed in Poland will also certainly focus interest of the world and may become a Polish innovative specialty.

Poland is now definitely at the very beginning of the road towards a circular economy in the scope of recycling technical components of renewable energy installations and batteries for electric vehicles. According to literature studies, in-depth interviews with experts, academics, and expert panels - this issue is currently of little importance in economic practice and in the scientific-research sphere. Poland is currently not prepared for an increase in demand for specialist recycling services in this area. Currently on the Polish market:

- one installation and one entity processing composite materials from wind power plants operates; part of the waste is processed (contrary to the principles of environmental protection) by shredding it and mixing it with debris and soil;
- parts of solar panels such as aluminium frames and glass are processed in traditional metal and glass recycling plants, while silicon modules from panels are currently stored in landfills and only a few are recycled in research installations; there is one entity specializing in the

recycling of solar panels, but silicon is not recovered in the recycling process - the solar modules are ground and added to the composites; while the process of overall recycling of PV panels has been developed, it will probably be implemented on an industrial scale in the coming years;

- there are no entities processing nickel-ion batteries commonly used in electric vehicles; these batteries are only stored in Poland before being transported to other countries where they can be regenerated or recycled; the storage and transport process itself is not carried out properly - they are treated as mixed waste with code 16 06 05, which causes the risk of mechanical damage and fire; research in the field of battery recycling is carried out by one group of native entities

Currently, industry experts and researchers assume the possibility of increasing the recycling capacity in renewable energy and electromobility mainly through the implementation of ready solutions on the Polish market, although innovative recycling technologies are being developed in the country. Mention may be made here of: processing composites from wind power plants into granules and its use in the production of finished construction products - Thornmann Recycling Sp. z o.o.; the technology of recycling lithium-ion batteries developed by PTH Technika Sp. z o.o. together with the Institute of Non-Ferrous Metals in Gliwice; technology for the complete recycling of PV panels developed at the Gdańsk University of Technology and prepared for implementation on an industrial scale.

The need to develop the potential for recycling in renewable energy and electromobility in Poland seems to be a problem today - as mentioned - a bit distant in time, but is, according to experts, a necessity. Experts' interviews and statements emphasize the need to increase the potential for processing waste from renewable energy sources and electromobility due to: high costs of waste transport (high weight of waste in the case of wind power plant components and partly photovoltaic panels, the need to properly secure the transport of batteries to electric vehicles, which generates costs), probably a sharp increase in the demand for recycling services in the next 5-10 years, a threat to the environment in the event of a rapid increase in the amount of waste that needs to be monitored.

Preparing the country to manage a much larger amount of new waste than at present and adjusting the processing potential of domestic recycling installations (or the potential and quality of the storage base and safe transport processes) is associated with the need to overcome a number of organizational, legal, financial and technological barriers.

The most important barriers to the development of the recycling system are:

- low demand for recycling in renewable energy and electromobility at present - which results in the lack of market incentives for undertaking research and development works or purchasing and implementing ready solutions;
- high costs of research and development - which, combined with the need to demonstrate the possibility of commercialization of the developed solutions (currently, as it is known - low) effectively inhibits undertaking research on the recycling of technical components of renewable energy installations and batteries for electric vehicles;

- significant investment outlays for the construction, purchase of a recycling line, implementation of ready solutions in the field of renewable energy and electromobility - a significant financial barrier, which in connection with the questionable profitability of conducting this type of activity leads to practically no actions in this area;
- lack of organizational support from the state in terms of recycling in connection with the desire to increase the share of renewable energy in the energy mix;
- high recycling costs - high energy consumption of recycling processes, high transport costs – which significantly limits the profitability of recycling of materials;
- ineffectiveness of the system of penalties for improper waste management - fines in the amount of PLN 1,000 up to PLN 1 million are set by VIEP by way of an administrative decision that may be taken for too long, the amount of penalties in the opinion of experts is often disproportionate to the threat to the environment and potential costs for the environment;
- in the case of batteries – no separate legal regulations for waste from lithium-ion batteries, no separate waste code - lithium-ion batteries are now treated as mixed waste in code 16 06 05; this causes a number of negative effects on the market: from the inability to identify the amount of waste generated in Poland, through difficulties in conducting recycling activities, to significant risks to people and the environment in the process of storage and transport of waste – if this waste is not identified as a separate group, it is not necessary to implement specific rules for dealing with them - which in the case of lithium-ion batteries means the risk of environmental pollution, fires, loss of health and life;
- changeability of law in Poland - entrepreneurs do not take action several years in advance (and this time horizon is probable in the case of the area under study), because unstable law in Poland means for them a high risk of engaging financial resources and time in undertakings that commercialization may not occur as effective; experience from the industry shows that the preparations made in the conduct of new business, even in the case of very promising markets, can be undermined by introducing unfavorable regulations in the short term;
- no targeted funding for entities operating in the field of renewable energy and electromobility - although it is now possible to finance research and development works in recycling in the field of renewable energy and electromobility, the need to commercialize the solutions developed in the emerging market effectively limits the possibility of obtaining research subsidies;
- great potential of strong foreign concerns possessing waste processing technologies - especially applies to electromobility and lithium-ion batteries - the possibility of rapid expansion of foreign entities to the market effectively inhibits the desire to enter the recycling sector in renewable energy and electromobility by smaller domestic companies;
- too low expenditure on research and development – outlays on R&D are too small in Poland in general, this applies even more to the sector which is promising from a commercial point of view, but still small in value and the chances of commercialization of solutions - currently small; searching for new methods of processing waste from renewable energy sources and electromobility requires the involvement of larger resources in R&D.

The study shows that most of the barriers mentioned above can be levelled, and Poland has the chance not only to prepare for the need to manage the increased amount of waste in the country, but also to become a global supplier of effective, innovative solutions in the recycling of solar panels, lithium batteries ionic or glass and carbon composites. According to the research team and experts, possible actions that can lead to the creation of an effective recycling system for technical components of RES installations and batteries for electric vehicles:

- improving the quality of the waste management system - monitoring waste, recycling it, e.g. through:
  - distinction of lithium-ion batteries as a separate type of waste with a separate code,
  - precise regulation and enforcement of processing methods for composites used to build wind turbine blades,
  - creation of solutions obliging the owner of a renewable energy installation for its disposal once inoperative,
  - building a financing system for the renewable energy and electromobility sector based on product fees, taking into account the need to maintain a system of incentives for investors in renewable energy sources (costs of post-use charges may not be too high compared to financial incentives to invest);
  - at the level of state administration - linking the renewable waste recycling plan with the co-financing plans for the construction of renewable energy installations;
- creating and maintaining incentives to invest in renewable energy and electromobility - but in combination with incentives for proper recycling after a period of use and indication of risks (financial, legal) in the absence of proper management of post-use waste;
- conducting educational campaigns on the need for proper recycling of RES components and batteries;
- targeted financial support for research and development in the form of subsidies, intended solely for the renewable energy recycling sector and in electromobility (e.g. in the form of sub-measures of operational programs or competitions); in the case of non-returnable support, taking into account, in addition to the possibility of commercialization, also environmental, energy, social and financial aspects of industrial processes of post-use management of renewable energy components and batteries;
- financial support in the form of preferential loans and guarantees for the implementation of solutions on an industrial scale;
- simplification of procedures related to obtaining repayable and non-returnable co-financing for the implementation of investments in the studied area;
- introduction of tax reliefs for entities operating in the sector described in this study;
- actions at the ministerial level aimed at acquiring a large foreign investor interested in implementing developed, native, innovative recycling solutions;

- creation of guidelines and legal and technical solutions in the field of handling used components, maximizing their use (e.g. the purpose of used batteries from electric vehicles for the construction of large or local (home) energy storage increasing the efficiency of renewable energy use).

Overcoming legal, financial, organizational, administrative and institutional barriers in the development of the market associated with the recycling of depleted technical components of renewable energy sources and batteries of electric vehicles will reduce the risk of a significant increase in stored, unprocessed waste (including hazardous waste). It is also an opportunity for Polish enterprises and scientific and research units to undertake effective competition in one of the most promising sectors of the world economy.

# 2. CEL BADANIA I PRZYJĘTA METODYKA

## 2.1. Tło badania

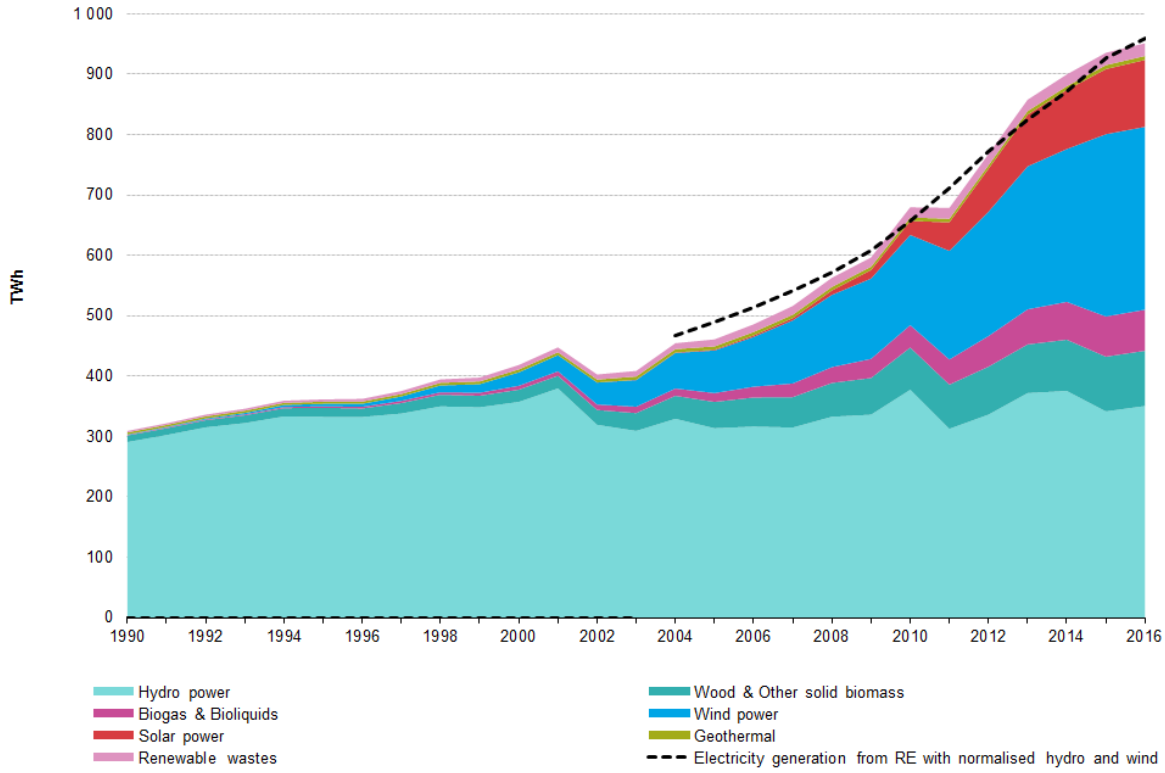
Zmiany klimatu to obecnie jedno z najpoważniejszych zagrożeń środowiskowych, społecznych i ekonomicznych stojących przed ludzkością. Ocieplanie się klimatu nie ulega wątpliwości, a jego potencjalne negatywne skutki mogą być dla nas katastrofalne. Konieczność zahamowania zmian klimatycznych to jedno z najważniejszych wyzwań stojących obecnie przed społeczeństwem i rządami państw.

W realizacji działań na rzecz ochrony środowiska, klimatu i ograniczenia emisji gazów cieplarnianych przoduje Unia Europejska. Państwa członkowskie UE ustaliły jako wiążący wspólny cel osiągnięcie udziału odnawialnych źródeł energii w całości zużycia energii w Unii Europejskiej na poziomie 20% w 2020 r. oraz 32% w 2030 r. Jednym z najbardziej istotnych działań podejmowanych przez poszczególne kraje członkowskie jest zwiększanie produkcji energii w instalacjach OZE oraz wzrost udziału nisko- i zeroemisyjnych środków transportu. Wzrost udziału OZE w ilości wykorzystywanej energii oraz zwiększenie liczby niskoemisyjnych środków transportu umożliwia ograniczenie emisji gazów cieplarnianych oraz substancji szkodliwych.

Proces zastępowania energii nieodnawialnej energią ze źródeł odnawialnych w UE od kilkunastu lat szybko postępuje. W ostatnich latach w UE odnotowano znaczny wzrost wykorzystania energii ze źródeł odnawialnych – udział energii ze źródeł odnawialnych w końcowym zużyciu energii brutto wzrósł w ostatnich latach niemal dwukrotnie, z około 8,5% w 2004 r. do 17,0% w 2016 r. Produkcja podstawowa energii ze źródeł odnawialnych w UE-28 wyniosła w 2016 r. 211 mln ton ekwiwalentu ropy naftowej (toe). Ilość energii ze źródeł odnawialnych wytworzonej w UE-28 zwiększyła się ogółem o 66,6% w latach 2006–2016, co odpowiada średniemu wzrostowi o 5,3% rocznie.

Najważniejszym źródłem energii odnawialnej w UE-28 w 2016 r. było drewno i pozostałe biopaliwa stałe, oraz odpady odnawialne – 49,4% produkcji podstawowej z OZE. Kolejnymi źródłami energii odnawialnej są: energia wodna (14,3%), energia wiatrowa (12,4%), energia słoneczna (6,3%) oraz energia geotermalna (3,2%). Istotnym dla badania zmian na rynku energii jest znaczący wzrost udziału źródeł energii innych niż biomasa i energia wodna w ciągu ostatnich 20-30 lat. Podczas gdy biomasa stała i energia wody odpowiadały w 1990 r. za 91,5% wytworzonej energii z OZE, to w 2016 r. ich udział zmniejszył się do 59,3%. Znacząco wzrosła natomiast ilość instalacji wiatrowych oraz solarnych oraz ich udział w produkcji energii z OZE.

**Rysunek 1. Produkcja energii elektrycznej ze źródeł odnawialnych brutto, UE-28, 1990–2016**




*Źródło: Eurostat (nrg_105a)*

Instalacje wiatrowe oraz solarne mają ograniczony techniczny okres życia, wynoszący – biorąc pod uwagę konieczność zachowania sprawności działania na poziomie co najmniej 80% wartości początkowej – ok. 20-30 lat. Szybko rosnąca ilość eksploatowanych instalacji począwszy od początku XXI wieku – w ciągu ostatnich 20 lat – skutkować będzie w niedalekiej perspektywie wzrostem ilości odpadów z instalacji wymagających przetworzenia.

Pod koniec 2017 r. skumulowana moc w instalacjach fotowoltaicznych na całym świecie wyniosła blisko 400 GW, a szacuje się, że do 2050 r. wartość ta wzrośnie nawet do 4500 GW. W 2017 r. we wszystkich państwach członkowskich Unii Europejskiej odnotowano łącznie 5,4 GW nowej mocy zainstalowanej w fotowoltaice. Zakładając, że średnia moc jednego panelu wynosi 300 W, jedynie w 2017 roku na obszarze UE zainstalowano 18 mln nowych paneli, których średnia trwałość według producentów wynosi 25 lat. Nie licząc tych, które pojawiły się na rynku w poprzednich latach, w ciągu następnych 20-30 lat, przybędzie 18 mln zużytych paneli rocznie. Do 2050 r. odpady z branży fotowoltaicznej osiągną masę 78 mln t.[1] Konieczne będzie ich przetworzenie, nie tylko z uwagi na dużą masę odpadów, ale też znaczną zawartość składowych paneli, które mogą być wtórnie wykorzystane.

Recykling paneli fotowoltaicznych może być dużym wyzwaniem. Problemem w tym przypadku jest złożoność materiałowa – typowe panele w masie zawierają ok. 76% szkła, 10% polimeru, 8% aluminium, 5% krzemu, 1% miedzi i mniej niż 0,1% srebra i innych metali. Sam proces recyklingu jest wieloetapowy, a przez to skomplikowany – składa się obróbki mechanicznej (gniecenie, rozdrabnianie), chemicznej, termicznej. Przetworzenia nie ułatwia fakt, iż panele są produkowane

[1] https://www.teraz-srodowisko.pl/aktualnosci/recykling-przyszloscia-fotowoltaiki-5479.html

w różnej technologii, co powoduje często konieczność dostosowania metody recyklingu do konkretnego produktu. Niemniej jednak współczesny poziom wiedzy technicznej pozwala na odzysk ponad 95% surowców, z których budowane są panele.

W 2018 r. moc elektrowni wiatrowych zainstalowanych w Europie wynosiła łącznie 189 GW (170 GW w farmach lądowych, a 19 GW w morskich), co stanowiło 18,9% mocy zainstalowanej. Moc źródeł wiatrowych w krajach UE wyniosła 179 GW. Jednocześnie elektrownie wiatrowe w UE wyprodukowały w 2018 r. 362 TWh energii elektrycznej (309 TWh – famy lądowe, 53 TWh – farmy morskie), co dało im ok. 14 proc. udziału w konsumpcji energii elektrycznej w krajach Unii. W 2018 r. elektrownie wiatrowe odpowiadają zatem za istotną część produkcji energii.

Eksperci wskazują na fakt, iż po 2020 r. rozpocznie się na dużą skalę proces wymiany siłowni wiatrowych. Istotny wzrost ilości elektrowni wiatrowych nastąpił ok. 2000 r., zatem czas technicznego życia siłowni ulega końcowi. Wiele siłowni zbudowanych ok. 20 lat temu będzie w najbliższych latach wymienianych na bardziej efektywne i cichsze. W Europie działa ok. 77 tysięcy elektrowni wiatrowych, z czego około 640 zostało rozłożonych w 2017 roku. W samej tylko Danii zlikwidowano 174 turbiny wiatrowe generujące dotychczas niemal 100 megawatów mocy. W związku z tym konieczne będzie zorganizowanie systemu recyklingu. Dotyczy to również Polski, gdzie rozwój siłowni wiatrowych nastąpił nieco później niż w Europie Zachodniej, ale ilość instalacji, wielkość produkcji oraz coroczny wzrost mocy oraz udziału w rynku energii są znaczące – w 2018 r. produkcja energii w siłowniach wiatrowych stanowiła blisko 9% produkowanej energii, zainstalowana moc wynosiła łącznie 5,9 tys. MW.

Dużym problemem w przypadku siłowni wiatrowych jest konieczność zagospodarowania polimerów zbrojonych włóknami, które stanowią niezbędny element w produkcji łopat wiatraków. O ile ok. 80% masy siłowni wiatrowej to elementy składające się z betonu i stali (fundament, wieża wiatrowa) oraz mieszanki stali, żelaza, miedzi i krzemionki (gondola siłowni) – które można poddać recyklingowi zgodnie z wymogami gospodarki o obiegu zamkniętym, to pozostałe 20% masy stanowią łopatki turbin wiatrowych, wykonane z polimerów zbrojonych włóknami (Fiber Reinforced Polymer – FRP). W 1991 roku wykorzystanie tego tworzywa sztucznego wynosiło 5 tys. ton, w 2015 roku było to już 346 tys. ton. Szacuje się, że do 2030 roku w Unii Europejskiej na produkcję zeroemisyjnej energii z instalacji wiatrowych zużytych zostanie 4 mln ton polimerów zbrojonych włóknami. **Proponowane dziś metody recyklingu nie rozwiązują problemu gwałtownego wzrostu ilości tego typu odpadów**. Obecnie proponuje się w tym zakresie:

- przeciwdziałanie – serwis i naprawy łopatek umożliwiające ich dłuższe wykorzystanie;
- ponowne wykorzystanie w innej dziedzinie gospodarki – wytwarzanie np. elementów małej architektury, placów zabaw, mebli, innych tego typu produktów – problemem są zbyt niskie możliwości przetworzenia oraz powstający w trakcie przetwarzania pył;
- odzyskiwanie – obróbka chemiczna, termiczna – dziś nieopłacalna;
- usunięcie przez składowanie i spalanie – nie rozwiązuje problemu, a przy tym jest w wielu krajach zakazane; dodatkowo nie jest zgodne z zasadami gospodarki o obiegu zamkniętym.

Istotnym problemem może być również regeneracja i recykling baterii do pojazdów elektrycznych. Liczba pojazdów hybrydowych i elektrycznych na świecie dynamicznie rośnie. W Polsce udział pojazdów elektrycznych w strukturze pojazdów jest znacznie mniejszy niż w innych krajach rozwiniętych – w pierwszym półroczu 2019 r. zarejestrowano w kraju tylko 945 egzemplarzy

elektrycznych samochodów (bez hybryd plug-in), a ich udział w sprzedaży samochodów ogółem to 0,34%. Udział noworejestrowanych elektrycznych samochodów w całości nowo rejestrowanych samochodów w tym samym okresie w Norwegii wyniósł 56,2 procent (I połowa 2018: 46,6 procent), w Holandii 8,9 procent (3,6 procent), w Chinach 5,1 procent (2,9 procent), w Niemczech 2,6 procent (1,8 procent), we Francji 2,5 procent (1,8 procent), Wielkiej Brytanii 2,1 procent (2,2 procent) w USA 1,8 procent (1,4 procent)[2]. Liczba samochodów elektrycznych i hybryd plug-in ogółem na świecie jest szacowana na 5,6 mln sztuk na koniec 2018 r., przy czym liczba pojazdów elektrycznych i hybryd plug-in w Polsce określana była na ok. 0,62 tys.[3] W najbliższych latach spodziewać się można jednak dynamicznego wzrostu polskiego rynku samochodów elektrycznych, chociażby z uwagi na wprowadzenie dopłat do zakupu nowych pojazdów (od 2020 r.) czy na nieuniknione postępowanie rynku krajowego za trendami globalnymi. Szczególnie wsparcie finansowe zakupu pojazdów elektrycznych oznacza de facto zrównanie cen pojazdów elektrycznych z cenami pojazdów z silnikami spalinowymi, przy znacznie niższych kosztach eksploatacji i może zdecydowanie wpłynąć na strukturę zakupów pojazdów. Tym samym ilość baterii pojazdów elektrycznych wymagających regeneracji i recyklingu znacząco wzrośnie w perspektywie kilku najbliższych lat.

Wzrost ilości instalacji OZE i pojazdów elektrycznych oznacza zatem nie tylko korzyści dla środowiska, ale również potencjalne problemy związane z zagospodarowaniem odpadów po zakończeniu okresu eksploatacji. **Wobec znaczącej wielkości i dużej dynamiki rynku OZE oraz elektromobilności koniecznym wydaje się szybkie podjęcie działań zmierzających do zorganizowania skutecznego i efektywnego systemu recyklingu odpadów w energetyce odnawialnej, szczególnie w energetyce słonecznej i wiatrowej, oraz elektromobilności.**

## 2.2. Cel badania

**Głównym celem** niniejszego badania jest zatem dostarczenie wiedzy umożliwiającej stworzenie w Polsce efektywnego i skutecznego systemu gospodarowania odpadami powstającymi w sektorze energetyki odnawialnej i elektromobilności.

Prace badawcze – przeprowadzona analiza literatury, badania ankietowe, wywiady z ekspertami, panele eksperckie – skupione były przede wszystkim na:

- ustaleniu wielkości rynku recyklingu instalacji OZE i w elektromobilności – obecnie i w niedalekiej przyszłości;
- określeniu możliwości (dostawcy rozwiązań) i sposobów (technologia) przetwarzania zużytych instalacji OZE oraz baterii do pojazdów elektrycznych;
- zidentyfikowaniu problemów wymagających rozwiązania w celu organizacji wydolnego systemu recyklingu (wobec lawinowo wzrastającego zapotrzebowania na usługi recyklingu) oraz barier, które mogą powstrzymywać budowę takiego systemu;
- określeniu skutecznych i jednocześnie efektywnych sposobów wsparcia branży recyklingu (w tym wsparcia z wykorzystaniem narzędzi perspektywy finansowej UE 2021-2027) – tak, aby system zagospodarowania odpadów w OZE i elektromobilności w Polsce miał charakter gospodarki o obiegu zamkniętym.

[2] https://moto.rp.pl/tu-i-teraz/29120-sprzedaz-aut-elektrycznych-na-swiecie-polska-daleko-w-tyle
[3] https://www.electrive.net/2019/02/11/zahl-der-e-fahrzeuge-klettert-weltweit-auf-56-millionen/

Celami szczegółowymi badania w kontekście celu głównego oraz powyżej opisanych kluczowych zagadnień były zatem:

- identyfikacja/przegląd aktualnego stanu wiedzy w zakresie metod recyklingu wyeksploatowanych komponentów technicznych odnawialnych źródeł energii (szczególnie w zakresie fotowoltaiki i farm wiatrowych) oraz akumulatorów pojazdów elektrycznych;
- identyfikacja aktualnego stanu krajowych zdolności recyklingu wyeksploatowanych komponentów technicznych odnawialnych źródeł energii oraz akumulatorów pojazdów elektrycznych;
- ocena krajowego potencjału rozwoju zdolności recyklingu wyeksploatowanych komponentów technicznych odnawialnych źródeł energii (z uwzględnieniem komponentów wytworzonych na potrzeby realizacji projektów dofinansowanych ze środków IX i X osi priorytetowej POIiŚ 2007-2013 i I osi priorytetowej POIiŚ 2014-2020) oraz akumulatorów pojazdów elektrycznych;
- identyfikacja kluczowych barier rozwoju rynku związanego z recyklingiem wyeksploatowanych komponentów technicznych odnawialnych źródeł energii oraz akumulatorów pojazdów elektrycznych;
- identyfikacja obszarów wymagających wsparcia publicznego;
- wskazanie propozycji rozwiązań, odpowiadających zidentyfikowanym potrzebom, wsparcia rynku związanego z recyklingiem wyeksploatowanych komponentów technicznych odnawialnych źródeł energii oraz akumulatorów pojazdów elektrycznych, w odniesieniu do potencjalnego wsparcia w ramach środków perspektywy finansowej na lata 2021-2027;
- przedstawienie ryzyka związanego z wdrożeniem zaproponowanych rozwiązań oraz sposobów ich minimalizacji.

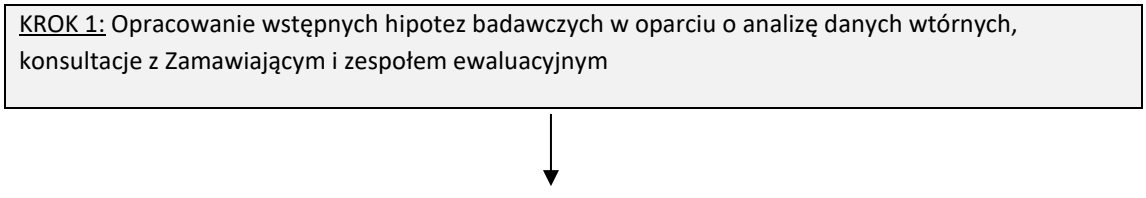
## 2.3. Metodyka badania

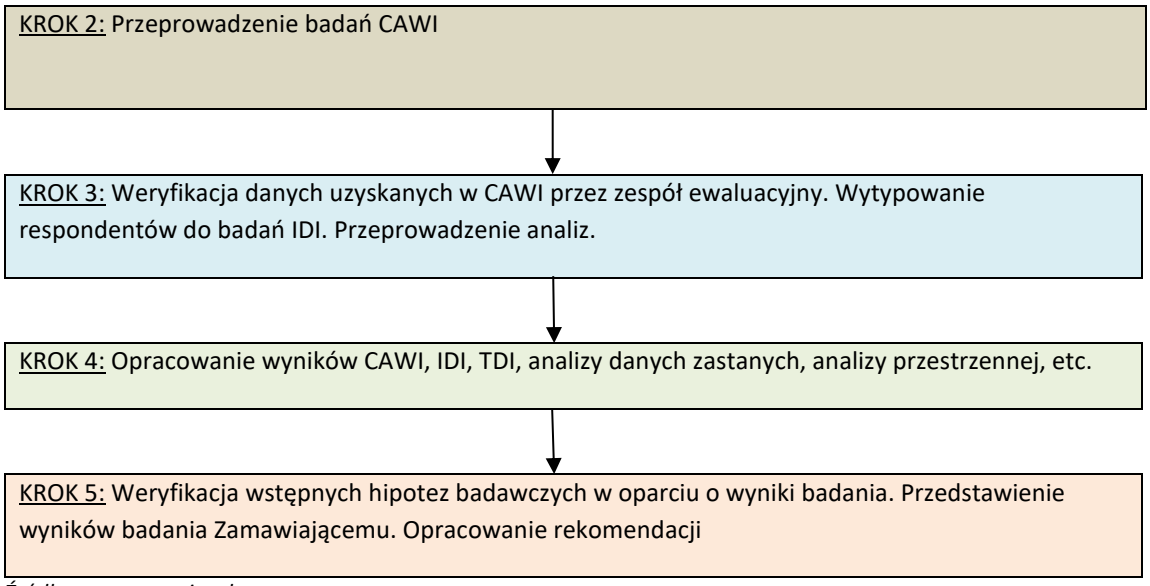
Badanie sytuacji obecnej i trendów rozwojowych w zakresie recyklingu wyeksploatowanych komponentów technicznych instalacji OZE zostało podzielone na następujące zadania ewaluacyjne:

- Programowanie badania – raport metodologiczny,
- Pozyskanie danych,
- Analiza danych,
- Podsumowanie badania – raport końcowy.

W I etapie badania dokonano wstępnego rozpoznania problemów badawczych, w celu konstrukcji formularzy wyjściowych do dalszych badań ewaluacyjnych. W kolejnych częściach badania realizowane były następujące po sobie, powiązane czynności, które w schematyczny sposób prezentuje poniższy diagram.

**Diagram 1. Następstwo realizowanych działań w II etapie badania.**






*Źródło: opracowanie własne*

Niniejsze badanie zostało zrealizowane z wykorzystaniem następujących metod badawczych:

1. Analiza danych zastanych udostępnionych przez Zamawiającego na potrzeby niniejszego badania lub pozyskanych przez Wykonawcę;
2. Panele eksperckie;
3. Prace analityczne (analizy jakościowe i ilościowe);
4. Analiza aktualnej literatury naukowej.
5. Badania terenowe: badania ankietowe, wywiady indywidualne lub grupowe z beneficjentami (IDI, TDI, CAWI) i przedstawicielami instytucji zaangażowanych w realizację POIŚ 2007-2013 oraz 2014-2020, realizację wybranych regionalnych RPO oraz programów NFOŚiGW.
6. Studia przypadków obejmujące wybrane projekty realizowane w POIiŚ 2014-2020 oraz pozostałych programach operacyjnych UE i krajowych (np. dobre praktyki w zakresie tworzenia systemów recyklingu i gospodarki o obiegu zamkniętym w OZE oraz elektromobilności, wzorcowe przykłady wsparcia dotacyjnego i zwrotnego działań w zakresie budowy systemów recyklingu w ww. obszarach).
7. Metody porównawcze, badające zaawansowanie techniczne metod recyklingu, organizację systemów recyklingu komponentów technicznych OZE oraz elektromobilności w Polsce oraz innych krajach, stosowane finansowe i niefinansowe (organizacyjne, prawne) systemy wsparcia recyklingu.

**Badania ze źródeł wtórnych (desk research)** opierały się na zebraniu i analizie danych oraz dokumentów programowych związanych z przedmiotowym obszarem badawczym. Badania ze źródeł wtórnych są stosunkowo szybką metodą zdobywania i gromadzenia informacji. Istotnym źródłem danych wtórnych był przegląd literatury, umożliwiający autorom optymalne wykorzystanie doświadczeń zgromadzonych w trakcie wcześniej przeprowadzonych prac badawczych dla obszaru badawczego.

W badaniu ze źródeł wtórnych wykorzystano dokumenty wskazane przez Zamawiającego oraz zaproponowane własne. Były to:

- dokumentacja programowa: POIiŚ 2007-2013 i POIiŚ 2014-2020, SzOOP POIiŚ 2007-2013 i 2014-2020, dostępne sprawozdania roczne z wdrażania POIiŚ 2007-2013 i POIiŚ 2014-2020, dane wygenerowane z KSI SIMIK 07-13 i SL2014, dane projektowe;
- obowiązujące i planowane regulacje unijne;
- raporty końcowe z przeprowadzonych badań ewaluacyjnych („Podsumowanie efektów wdrażania projektów w sektorze energetyki – IX i X priorytet PO IiŚ 2007-2013" oraz „Ocena postępu rzeczowego I i VII osi priorytetowej Programu Operacyjnego Infrastruktura i Środowisko 2014-2020 dla potrzeb przeglądu śródokresowego, w tym realizacji zapisów ram i rezerwy wykonania");
- strategie i polityki krajowe i unijne;
- aktualna literatura naukowa;
- dane statystyczne GUS oraz dane liczbowe gromadzone przez instytuty badawcze, organizacje branżowe.

Najważniejszymi wtórnymi źródłami danych okazały się być:

- dane statystyczne gromadzone przez jednostki publiczne oraz informacje zbierane przez organizacje branżowe OZE i działające w elektromobilności – na ich podstawie możliwe jest oszacowanie obecnej (w mniejszym stopniu) i potencjalnej (w większym stopniu) wielkości rynku;
- publikacje naukowe polskie i zagraniczne – zawierające w szczególności wiedzę na temat stosowanych obecnie i potencjalnych metod recyklingu instalacji OZE oraz baterii do pojazdów elektrycznych;
- artykuły prasowe i internetowe, dostępne w prasie branżowej (OZE i elektromobilność) oraz na stronach internetowych podmiotów zajmujących się tematyką OZE i pojazdów elektrycznych (stowarzyszenia branżowe, instytuty badawcze);
- strony internetowe administracji państwowej, zawierające m.in. akty prawne, strategie dotyczące energii, elektromobilności;
- strony internetowe Komisji Europejskiej, zawierające akty prawne UE oraz strategie unijne dotyczące OZE, elektromobilności, ochrony środowiska, recyklingu.

Zespół badawczy zwrócił uwagę na niewielką przydatność badań ewaluacyjnych przeprowadzonych dla obecnego (2014-2020) i poprzedniego (2007-2013) okresu programowania – badania ewaluacyjne wskazane jako referencyjne dla niniejszego badania („Podsumowanie efektów wdrażania projektów w sektorze energetyki – IX i X priorytet PO IiŚ 2007-2013" oraz „Ocena postępu rzeczowego I i VII osi priorytetowej Programu Operacyjnego Infrastruktura i Środowisko 2014-2020 dla potrzeb przeglądu śródokresowego, w tym realizacji zapisów ram i rezerwy wykonania") dotyczyły wytwarzania, przesyłu energii, zupełnie pomijając temat recyklingu instalacji OZE oraz regeneracji i recyklingu baterii do pojazdów elektrycznych. Również inne badania dotyczące z jednej strony elektromobilności czy OZE, a z drugiej – recyklingu – nie poruszają w

sposób istotny tych kwestii łącznie (dotyczą albo sposobu produkcji i zużycia energii, albo recyklingu jako takiego, bez kładzenia nacisku na recykling instalacji OZE i baterii do pojazdów elektrycznych).

W ramach **badań terenowych**:

- przeprowadzono internetowe badanie ankietowe CAWI, którego potencjalnymi respondentami byli: beneficjenci środków z POIiŚ 2007-2013 (IX i X Oś priorytetowa), POIiŚ 2014-2020 (I i VII Oś priorytetowa), przedstawiciele branży gospodarki odpadami, instytuty badawcze zajmujące się tematyką OZE, elektromobilności, recyklingu, organizacje branżowe OZE, elektromobilności i gospodarki odpadami;
- przeprowadzono indywidualne i telefoniczne wywiady pogłębione z: pracownikami ministerstw zaangażowanych we wdrażanie POIiŚ (Ministerstwo Energii / Ministerstwo Aktywów Państwowych, Ministerstwo Klimatu), urzędów marszałkowskich będących IZ dla środków rozdysponowanych w ramach regionalnych programów operacyjnych, pracownikami NFOŚiGW – instytucji odpowiedzialnej za dofinansowanie projektów ze środków krajowych w ramach priorytetów Racjonalne gospodarowanie odpadami i ochrona powierzchni ziemi oraz Ochrona atmosfery, pracownikami naukowymi szkół wyższych i PAN, przedstawicielami organizacji branżowych, przedstawicielami firm działających w branży recyklingu w OZE i elektromobilności, przedstawicielami samorządów, na których terenie działają instalacje OZE (siłownie wiatrowe, panele fotowoltaiczne);
- przeprowadzono trzy panele ekspertów – panel technologiczny, organizacyjno-prawny oraz panel łączony (technologiczno-organizacyjny), w których uczestniczyli: dr Piotr Pięta - adiunkt w Instytucie Chemii Fizycznej PAN w Warszawie, dr inż. Katarzyna Lota, Adiunkt, Kierownik Zakładu Nowych Technologii Magazynowania Energii, Sieć Badawcza Łukasiewicz - Instytut Metali Nieżelaznych Oddział w Poznaniu, Centralne Laboratorium Akumulatorów i Ogniw, dr Izabela Stefanowicz-Pięta – Instytut Chemii Fizycznej PAN w Warszawie, Magdalena Bogacka - Katedra Technologii i Urządzeń Zagospodarowania Odpadów, Politechnika Śląska, Piotr Widuch – Thornmann Recycling Sp. z o.o., Karol Wójcik – przewodniczący Rady Programowej Związku Pracodawców Gospodarki Odpadami, przedstawiciele Ministerstwa Aktywów Państwowych.

W badaniu ankietowym CAWI uzyskano 213 odpowiedzi na zadane pytania. Zgodnie z przewidywaniami zespołu badawczego – wykazało niedostatek wiedzy oraz jeszcze obecnie niewielkie zainteresowanie tematem recyklingu instalacji OZE oraz regeneracji i recyklingu baterii do pojazdów elektrycznych wśród producentów energii z OZE, właścicieli pojazdów elektrycznych, przedstawicieli samorządów, na których terenie działają instalacje OZE. Badanie pozwoliło wstępnie zidentyfikować bariery rozwoju sektora, oczekiwane sposoby wsparcia rozwoju systemu recyklingu oraz – zgodnie z planem wykonawców badania – zidentyfikować podmioty, które mogą wnieść istotne informacje w toku wywiadów pogłębionych.

Indywidualne i telefoniczne wywiady pogłębione zostały przeprowadzone z 60 rozmówcami w okresie październik-grudzień 2019 r. Wywiady pozwoliły na uzyskanie istotnych informacji w badanym obszarze, ponieważ rozmówcami były w ogromnej większości osoby, które mają bezpośredni związek z branżą odnawialnych źródeł energii, elektromobilności oraz recyklingu, i dla których temat badania jest ciekawy z punktu widzenia realizowanych aktywności zawodowych, naukowych. Wywiady były realizowane w oparciu o przygotowane scenariusze, profilowane były

najczęściej w dwóch kierunkach – technologicznym oraz organizacyjno-finansowym (część pytań scenariusza pozostawała bez odpowiedzi z uwagi na profil rozmówcy). Osoby zajmujące się technologiami przetwarzania odpadów – najczęściej pracownicy naukowi – dzielili się wiedzą w obszarze dostępnych technologii recyklingu, nie zawsze potrafili natomiast wspomóc zespół badawczy w kwestii barier organizacyjnych, prawnych, finansowych branży i możliwości ich przezwyciężenia. Osoby nie związane z technologiami przetwarzania odpadów – pracownicy jednostek publicznych szczebla centralnego i samorządowego, przedstawiciele organizacji branżowych – wnosili wiele w zakresie pożądanej organizacji systemu recyklingu, natomiast nie dysponowali wiedzą w zakresie technologii przetwarzania odpadów. Wiedzą w obu obszarach badania dysponowali natomiast przedstawiciele przedsiębiorstw zajmujących się recyklingiem komponentów technicznych OZE i tzw. elektrośmieci.

Scenariusz wywiadów indywidualnych i telefonicznych prezentowany jest poniżej.

**Tabela 1. Scenariusz wywiadu indywidualnego**

<table>
<tr><th colspan="3">WSTĘP</th></tr>
<tr><td colspan="3">Data wykonania badania:_____ (format dd.mm.rr)<br>Godzina połączenia telefonicznego _____(format gg:mm)<br>Dzień dobry/dobry wieczór. Nazywam się /.../ i na polecenie Ministerstwa Energii dzwonię z firmy Wroconsult Sp. z o.o.<br>Czy dodzwoniłem się do firmy _____<br>TAK (dalej)<br>NIE (przeprosić i zanotować czas połączenia i przyczyny pomyłki – np. zły numer)<br><br>Dzwonię do Pani/Pana w związku z prowadzonymi przez nas na zlecenie Ministerstwa Energii badaniami na temat recyklingu instalacji odnawialnych źródeł energii. OZE jest dziś bardzo popularnym zagadnieniem, ilość instalacji OZE szybko rośnie, natomiast brak jest wiedzy na temat tego, jak należy przetwarzać zużyte wiatrowe, fotowoltaiczne czy akumulatory pojazdów elektrycznych. W związku z tym chcemy porozmawiać ze specjalistami w tym zakresie, tak aby sporządzić raport badawczy, który pomoże przygotować administracji publicznej podjąć odpowiednie działania wspierające rozwój metod recyklingu instalacji OZE. Dlatego też udział Państwa organizacji i skorzystanie z Państwa wiedzy w tym badaniu jest niezmiernie ważny. Będziemy bardzo wdzięczni, jeśli udzielą nam Państwo kilku odpowiedzi. Wywiad koncentrował się będzie na recyklingu odnawialnych źródeł energii.<br><br>Wariant 1: Czy w związku z tym mógłbym/mogłabym prosić o połączenie z osobą, która posiada w Państwa organizacji wiedzę w zakresie recyklingu instalacji odnawialnych źródeł energii?</td></tr>
<tr><th>PYTANIE PODSTAWOWE</th><th>Pytania / informacje dodatkowe</th><th>UWAGI</th></tr>
<tr><td>1. Jak Pan/i ocenia aktualny rozwój technologii recyklingu farm wiatrowych / paneli fotowoltaicznych / baterii samochodów elektrycznych?</td><td>- Jakie zna Pan/i metody utylizacji instalacji OZE? Czy mógłby Pani / mogłaby Pani je scharakteryzować?<br>- Jakie metody recyklingu są stosowane? Czy mógłby Pani / mogłaby Pani je scharakteryzować?<br>- Jakie kluczowe cechy wymienionych metod mógłby Pan/i wymienić? (kwestie kosztowe, poziomu odzysku, oddziaływania na środowisko podczas procesu recyklingu)<br>- Jakie istnieją problemy w zakresie stosowania poszczególnych metod?<br>- Czy któraś z metod według Pana/Pani posiada istotne przewagi nad innymi? Czy możliwe jest porównanie wymienionych przez Pana/Panią metod?</td><td>– Rozmowa o konkretnym rodzaju OZE w zależności od profilu rozmówcy</td></tr>
</table>

| | | |
|---|---|---|
| **2. Jak Pan/i ocenia aktualny rozwój rynku recyklingu farm wiatrowych / paneli fotowoltaicznych / baterii samochodów elektrycznych?** | - Czy rynek jest w fazie początkowej, dynamicznego wzrostu, dojrzałości, spadku?<br>- Czy na rynku obecnie działa wiele podmiotów, z których żaden nie jest dominujący? Czy na rynku można wyróżnić dominujących graczy?<br>- Czy podaż usług recyklingu jest dostosowana do popytu? Czy jest zbyt mała/duża w odniesieniu do potrzeb rynku?<br>- Czy rynek polski jest podobny pod względem rozwoju do rynków innych krajów UE, czy różni się od nich? | – Rozmowa o konkretnym rodzaju OZE w zależności od profilu rozmówcy |
| **3. Jak Pan/i ocenia perspektywy rozwoju rynku recyklingu farm wiatrowych / paneli fotowoltaicznych / baterii samochodów elektrycznych?** | - Czy rynek recyklingu w najbliższych latach będzie się rozwijać pod względem popytu, podaży, liczby oferentów? Jeśli tak – to czy rozwój będzie skokowy, dynamiczny, czy raczej stabilny?<br>- Jaki charakter będzie mieć rozwój rynku: wartościowy (wzrost rynku)? technologiczny (nowe metody recyklingu)? | – Rozmowa o konkretnym rodzaju OZE w zależności od profilu rozmówcy |
| **4. Jakie wnioski wynikają z analizy potencjału rozwoju rynku związanego z recyklingiem wyeksploatowanych komponentów technicznych odnawialnych źródeł energii (z uwzględnieniem komponentów wytworzonych na potrzeby realizacji projektów dofinansowanych ze środków IX i X osi priorytetowej POIiŚ 2007-2013 i osi priorytetowej POIiŚ 2014-2020) oraz akumulatorów pojazdów elektrycznych?** | - Czy ma Pan/i wiedzę na temat ilości komponentów technicznych (instalacji) OZE powstałych dzięki dofinansowaniu z funduszy UE w ramach POIiŚ 2007-2013 oraz 2014-2020?<br>- Jaka jest trwałość instalacji OZE powstałych w latach 2007-2013 oraz 2014-2020 przy udziale funduszy UE?<br>- Czy ocenia Pan/i problem recyklingu instalacji powstałych przy dofinansowaniu ze środków POIiŚ jako istotny?<br>- Czy i kiedy można spodziewać się istotnego wzrostu zapotrzebowania na usługi recyklingu komponentów technicznych OZE powstałych przy dofinansowaniu ze środków POIiŚ? | |
| **5. Jakie są bariery prawne, finansowe, organizacyjne, administracyjne, instytucjonalne w rozwoju rynku związanego z recyklingiem wyeksploatowanych komponentów technicznych odnawialnych źródeł energii oraz akumulatorów pojazdów elektrycznych?** | *Skrypt / przykłady:*<br>Bariery prawne:<br>- niejednoznaczność obowiązujących uregulowań prawnych<br>Bariery finansowe:<br>- CAPEX dla nowych instalacji<br>- koszty recyklingu<br>Bariery organizacyjne:<br>- wielkość odpadów do przetworzenia, utrudniająca ich transport | |

| | | |
|---|---|---|
| | - zbyt mały potencjał przetwórczy branży<br>- jakość istniejących instalacji technologicznych<br>- wielość rozwiązań technicznych instalacji OZE (trudność ze standaryzacją procesu przetworzenia)<br>Bariery administracyjne:<br>- pozyskiwanie pozwoleń na działalność w zakresie przetwarzania<br>Bariery instytucjonalne:<br>- problemy organizacyjne w zakresie wydawania pozwoleń na prowadzenie działalności w zakresie przetwarzania<br>- trudności w pozyskaniu niezbędnych pozwoleń | |
| **6. Jakie obszary wymagają wsparcia w związku ze zidentyfikowanymi barierami?** | | |
| **7. Jakie rozwiązania należałoby wprowadzić w obszarze związanym z recyklingiem wyeksploatowanych komponentów technicznych odnawialnych źródeł energii oraz akumulatorów pojazdów elektrycznych, w zakresie projektowania perspektywy finansowej na lata 2021-2027?** | - W jaki sposób należałoby kierować wsparcie w ramach środków UE 2021-2027?<br>- Czy komponent recyklingu instalacji OZE powinien być częścią osi priorytetowych w ramach których planowane jest dofinansowanie budowy instalacji OZE?<br>- Czy wsparcie powinno być kierowane w ramach wydzielonych priorytetów, działań i poddziałań na realizację projektów mających na celu wzrost potencjału w zakresie recyklingu instalacji OZE? | |
| **10. Jak kształtuje się szczegółowa finansowa kalkulacja i opłacalność poszczególnych metod recyklingu komponentów technicznych odnawialnych źródeł energii?** | - Które ze znanych i wskazanych przez Pana/Panią metod mogą być opłacalne finansowo dla oferenta usług recyklingu?<br>*- Kontekst pytania: czy któreś z metod recyklingu są nieopłacalne finansowo, ale zdecydowanie bardziej korzystne dla środowiska (stopień odzysku, realizacja w procesach nie zagrażających środowisku) i w związku z tym zasadne byłoby wsparcie finansowe ich dalszego rozwoju i upowszechnienia?* | |
| **12. Jakie są możliwości (ilościowo) składowania wyeksploatowanych komponentów technicznych odnawialnych źródeł energii oraz akumulatorów pojazdów** | *- Kontekst pytania: czy składowanie komponentów instalacji OZE jest możliwe w kontekście ilości i pojemności działających składowisk odpadów?* | |

| | | |
|---|---|---|
| **elektrycznych nie podlegających recyklingowi (lub w zależności od stopnia przetworzenia komponentów)?** | | |
| **13. Czy zadania w zakresie recyklingu komponentów technicznych OZE i elektromobilności powinny być realizowane przez podmioty publiczne czy prywatne?** | - Czy recykling komponentów instalacji może być opłacalny w takim stopniu, żeby jego realizacją zainteresowane były podmioty komercyjne?<br>- Czy | |
| **14. Jakie rodzaje wsparcia (różne formy wsparcia dotacyjnego i niedotacyjnego) i dlaczego są najbardziej wskazane do zastosowania w zakresie recyklingu technicznych komponentów OZE oraz elektromobilności w nowej perspektywie finansowej UE 2021-2027** | *Skrypt / przykłady:*<br>*- dotacje z funduszy UE w nowej perspektywie finansowej dla przedsiębiorstw zajmujących się recyklingiem*<br>*- dotacje na badania wyłącznie w zakresie rozwoju metod recyklingu (dedykowane działanie / poddziałanie)*<br>*- wsparcie dotacyjne partnerstwa publiczno-prywatnego w ww. zakresie*<br>*- pożyczki preferencyjne na budowę systemów recyklingu instalacji OZE* | |
| **15. Czy, a jeżeli tak, to jak można zwiększyć efektywność wykorzystania środków UE we wskazanych obszarach recyklingu komponentów OZE i elektromobilności poprzez zastosowanie dotacyjnych i niedotacyjnych form wsparcia w nowej perspektywie finansowej?** | | |
| **16. Jakie są koszty i korzyści oraz mocne i słabe strony, szanse i zagrożenia (analiza SWOT) zastosowania poszczególnych form wsparcia dotacyjnego niedotacyjnego dla instytucji programu operacyjnego i potencjalnych beneficjentów w zakresie recyklingu komponentów technicznych OZE i elektromobilności?** | | |

*Źródło: opracowanie własne*

Panele eksperckie zostały zorganizowane w dniu 25.11.2019 r. Celem przeprowadzonych paneli eksperckich było nabycie wiedzy w zakresie technologii recyklingu w OZE i elektromobilności, barier i pożądanych metod wsparcia rozwoju sektora. Panele miały na celu również skonfrontowanie wiedzy na temat dostępnych technologii zagospodarowania odpadów z rzeczywistymi możliwościami ich wykorzystania w obecnym systemie prawnym, finansowym; zasadnością wsparcia rozwoju tych technologii, które nie są obecnie możliwe do wykorzystania komercyjnie.

Poniżej prezentowane jest przyporządkowanie pytań badawczych do poszczególnych paneli badawczych.

**Tabela 2. Panele eksperckie - podział pytań badawczych**

| **Pytanie badawcze** | **Panel technologiczny** | **Panel finansowy, prawno-organizacyjny** |
|---|---|---|
| 1. Jakie wnioski wynikają z aktualnego stanu wiedzy z zakresu metod recyklingu wyeksploatowanych komponentów technicznych odnawialnych źródeł energii (szczególnie w zakresie fotowoltaiki i farm wiatrowych) oraz akumulatorów pojazdów elektrycznych? | X | |
| 2. Jakie wnioski wynikają z analizy bieżącego stanu rozwoju rynku związanego z recyklingiem wyeksploatowanych komponentów technicznych odnawialnych źródeł energii oraz akumulatorów pojazdów elektrycznych? | X | X |
| 3. Jakie wnioski wynikają z analizy potencjału rozwoju rynku związanego z recyklingiem wyeksploatowanych komponentów technicznych odnawialnych źródeł energii (z uwzględnieniem komponentów wytworzonych na potrzeby realizacji projektów dofinansowanych ze środków IX i X osi priorytetowej POIiŚ 2007-2013 i osi priorytetowej POIiŚ 2014-2020) oraz akumulatorów pojazdów elektrycznych? | X | X |
| 4. Jakie są bariery prawne, finansowe, organizacyjne, administracyjne, instytucjonalne w rozwoju rynku związanego z recyklingiem wyeksploatowanych komponentów technicznych odnawialnych źródeł energii oraz akumulatorów pojazdów elektrycznych? | | X |
| 5. Jakie obszary wymagają wsparcia w związku ze zidentyfikowanymi barierami? | | X |
| 6. Jakie rozwiązania należałoby wprowadzić w obszarze związanym z recyklingiem wyeksploatowanych komponentów technicznych odnawialnych źródeł energii oraz akumulatorów pojazdów elektrycznych, w zakresie projektowania perspektywy finansowej na lata 2021-2027? | | X |
| 7. Jakie występują ryzyka związane z wdrożeniem zaproponowanych rozwiązań? | | X |
| *9. Jakie prawne, finansowe, organizacyjne sposoby wsparcia rynku OZE i elektromobilności przez państwo przewiduje się na najbliższe lata i jak będą one oddziaływać na wielkość* | | X |

| | | |
|---|---|---|
| *rynku recyklingu komponentów technicznych OZE i elektromobilności w kolejnych latach, szczególnie w perspektywie finansowej 2021-2027?* | | |
| *13. Czy zadania w zakresie recyklingu komponentów technicznych OZE i elektromobilności powinny być realizowane przez podmioty publiczne czy prywatne?* | | X |
| *14. Jakie rodzaje wsparcia (różne formy wsparcia dotacyjnego i niedotacyjnego) i dlaczego są najbardziej wskazane do zastosowania w zakresie recyklingu technicznych komponentów OZE oraz elektromobilności w nowej perspektywie finansowej UE 2021-2027* | X | X |
| *15. Czy, a jeżeli tak, to jak można zwiększyć efektywność wykorzystania środków UE we wskazanych obszarach recyklingu komponentów OZE i elektromobilności poprzez zastosowanie dotacyjnych i niedotacyjnych form wsparcia w nowej perspektywie finansowej?* | X | X |
| *16. Jakie są koszty i korzyści oraz mocne i słabe strony, szanse i zagrożenia (analiza SWOT) zastosowania poszczególnych form wsparcia dotacyjnego i niedotacyjnego dla instytucji programu operacyjnego i potencjalnych beneficjentów w zakresie recyklingu komponentów technicznych OZE i elektromobilności?* | | X |
| *17. Jakie formy wsparcia dotacyjnego i niedotacyjnego są stosowane w innych krajach UE (minimum 2 kraje o porównywalnym do Polski poziomie rozwoju i uwarunkowaniach społeczno-gospodarczych oraz minimum 2 kraje o wyższym niż Polska poziomie rozwoju)?* | | X |
| *18. Jakie wzorcowe rozwiązania w zakresie recyklingu komponentów technicznych OZE i elektromobilności są stosowane na świecie?* | X | |
| *19. Czy na rynku recyklingu komponentów technicznych OZE i elektromobilności występują zakłócenia konkurencji (np. monopol wynikający z posiadanej przewagi technologicznej) mogące mieć wpływ na błędne wyznaczenie poziomu opłacalności recyklingu oraz w efekcie poziomu wsparcia w danym obszarze recyklingu?* | | X |

*Źródło: opracowanie własne*

Przeprowadzone panele dyskusyjne stanowiły istotny wkład w przygotowanie oraz weryfikację ostatecznych wniosków i rekomendacji badania.

**Studia przypadków** obejmować miały, zgodnie z pierwotnym zamysłem zespołu badawczego, wybrane projekty realizowane w POIiŚ 2014-2020 oraz pozostałych programach operacyjnych UE i krajowych (np. dobre praktyki w zakresie tworzenia systemów recyklingu i gospodarki o obiegu zamkniętym w OZE oraz elektromobilności, wzorcowe przykłady wsparcia dotacyjnego i zwrotnego działań w zakresie budowy systemów recyklingu w ww. obszarach). W związku z brakiem projektów dofinansowanych ze środków UE oraz krajowych, związanych z obszarami badawczymi, przygotowano studia przypadków w oparciu o szerokie, ogólnodostępne dane branży recyklingu instalacji OZE i elektromobilności. W studiach przypadków wskazuje się przykłady przedsięwzięć realizowanych w Polsce i za granicą, wspierających potencjał systemu gospodarowania zużytymi komponentami technicznymi OZE oraz odpadami w elektromobilności.

W ramach **metody porównawczej** Wykonawca porównał system recyklingu technicznych komponentów OZE oraz elektromobilności w Polsce do sytuacji w wybranych krajach UE, Ameryki Północnej, Azji.

Zastosowanie opisanych powyżej metod badawczych do realizacji poszczególnych części badania było następujące:

- aktualny stan wiedzy w zakresie metod recyklingu – w badaniu bazowano głównie na metodzie desk research, analizując prace naukowe, artykuły prasowe; w niektórych przypadkach punktem wyjścia lub elementem służącym do doprecyzowania informacji na temat danej metody recyklingu były wywiady z ekspertami branżowymi, pracownikami naukowymi, informacje uzyskane podczas paneli eksperckich; dopełnieniem uzyskanych informacji są studia przypadków;
- aktualna sytuacja prawna w zakresie metod recyklingu – informacje pozyskano głównie w wyniku badania desk research, natomiast wypowiedzi ekspertów (w ramach wywiadów indywidualnych, grupowych, paneli eksperckich) potraktowano jako informacje sygnalne, które następnie doprecyzowano w toku badań literaturowych; w toku analiz systemów prawnych wykorzystane zostały również studia przypadków;
- analiza rynku – podobnie jak w powyższych przypadkach – wypowiedzi ekspertów były traktowane jako podstawa, sygnalizacja kierunku dalszych poszukiwań w ramach badań literaturowych, analizy danych statystycznych;
- stosowane metody wsparcia systemu recyklingu – część badania zrealizowana głównie z wykorzystaniem analizy desk research; komponentą badania były studia przypadków;
- identyfikacja kluczowych czynników i barier rozwoju systemu recyklingu – opracowana przede wszystkim na podstawie analizy wywiadów indywidualnych, grupowych z ekspertami oraz zorganizowanych paneli eksperckich; w badaniu wykorzystano w pewnym zakresie również wyniki badania CAWI oraz analizy desk research;
- możliwości, kierunki wsparcia sektora recyklingu – w tej części badania wykorzystano również głównie wypowiedzi ekspertów podczas wywiadów oraz paneli eksperckich, analiza w tym zakresie została ubogacona informacjami pochodzącymi z badania desk research oraz studiami przypadków.

W niniejszym badaniu zajęto się analizą sytuacji w zakresie recyklingu komponentów technicznych siłowni wiatrowych, paneli fotowoltaicznych oraz akumulatorów do pojazdów elektrycznych. Pozostałe rodzaje instalacji pozwalających na pozyskanie energii ze źródeł odnawialnych, takie jak elektrownie wodne, biogazownie czy instalacje spalania lub zgazowania biomasy, są zbudowane w ogromnej większości z metali i betonu – czyli z surowców, których odzysk nie jest problemem. W związku z tym nie ma potrzeby szczegółowej analizy możliwości recyklingu zużytych komponentów technicznych tychże instalacji.

# 3. CHARAKTERYSTYKA SEKTORA

## 3.1. Aktualny stan wiedzy w zakresie metod recyklingu wyeksploatowanych instalacji OZE

### 3.1.1. Komponenty siłowni wiatrowych

**Siłownia wiatrowa** (turbina wiatrowa, elektrownia wiatrowa) – to, według polskiego prawa, instalacja odnawialnego źródła energii, składającą się z części budowlanej stanowiącej budowlę w rozumieniu prawa budowlanego oraz urządzeń technicznych, w tym elementów technicznych, w której energia elektryczna jest wytwarzana z energii wiatru, o mocy większej niż moc mikroinstalacji w rozumieniu art. 2 pkt 19 ustawy z dnia 20 lutego 2015 r. o odnawialnych źródłach energii (Dz. U. z 2018 r. poz. 2389 i 2245 oraz z 2019 r. poz. 42 i 60)[4]. Moc mikroinstalacji, to łączna moc zainstalowana elektryczna nie większa niż 50 kW instalacji odnawialnego źródła energii przyłączonej do sieci elektroenergetycznej o napięciu znamionowym niższym niż 110 kV, albo moc osiągalna cieplna instalacji OZE pracującej w skojarzeniu nie większa niż 150 kW, w której to łączna moc zainstalowana elektryczna jest nie większa niż 50 kW[5].

Ze względu na rozwiązania konstrukcyjne turbiny wiatrowe dzieli się na:

- turbiny o poziomej osi obrotu – HAWT (Horizontal Axis Wind Turbine):
  - nawietrzne (up-wind) i zawietrzne (down-wind);
  - jedno-, dwu- i trójpłatowe, z silnikami wielopłatowymi, z dyfuzorem, wykorzystujące efekt Magnusa,
- turbiny o pionowej osi obrotu – VAWT (Vertical Axis Wind Turbine): Darrieus'a, Savonius'a, H-Rotor, turbina świderkowa.

Turbiny o dużej mocy to zazwyczaj nawietrzne turbiny trójpłatowe o poziomej osi obrotu – szacuje się, że turbiny tego typu stanowią ok. 90% obecnych na rynku. Turbiny te składają się w uproszczeniu z: fundamentu, wieży, gondoli mieszczącej elementy systemu napędowego i sterowania, wirnika z łopatami.

Łączna waga jednej turbiny wiatrowej – co jest istotne z punktu widzenia ilości odpadów wymagających przetworzenia – sięgać może kilkuset ton i więcej. Na całkowitą wagę turbiny składają się:

- w przypadku typowych turbin offshore (morskich) o mocy 8-10 MW[6]:
  - fundamenty;
  - konstrukcja wsporcza – ok. 700 ton;
  - wieża – ok. 700 ton;
  - gondola – ok. 390 ton;
  - łopaty – waga pojedynczej ok. 35 ton;
- w przypadku turbin lądowych o mocy 2-4 MW:

[4] Ustawa z dnia 20 maja 2016 r. o inwestycjach w zakresie elektrowni wiatrowych, (t.j. Dz.U. 2019 poz. 654)
[5] Ustawa z dnia 20 lutego 2015 r. o odnawialnych źródłach energii (t.j. Dz.U. 2018 poz. 2389) oraz Ustawa z dnia 19 lipca 2019 r. o zmianie ustawy o odnawialnych źródłach energii oraz niektórych innych ustaw (Dz.U. 2019 poz. 1524)
[6] https://wysokienapiecie.pl/8070-morskie_farmy_wiatrowe_offshore_polskie_stocznie/ (dostęp 29.11.2019 r.)

- fundamenty – kilkadziesiąt do kilkuset ton w zależności od charakterystyki gruntu;
- wieża – ok. 100-150 ton;
- gondola wieży z wirnikiem – ok. 60 ton;
- łopaty wirnika – powyżej 10 ton.

Fundamenty w typowym układzie gruntowym składają się zazwyczaj z betonu oraz elementów metalowych. „Schematem statycznym wieży elektrowni jest wspornik w formie grubościennej rury stalowej, zakotwiony w fundamencie i przekazujący obciążenia na monolityczny fundament będący stopą płytową lub podporą palową. Fundament swoją masą zapewnia stateczność układu i przekazuje obciążenia na podłoże gruntowe”.[7]

Wieża siłowni wiatrowej jest standardowo wykonywana ze stali lub betonu. W energetyce wiatrowej dużych mocy stosowane są generalnie trzy rodzaje konstrukcji wież:

- stalowe rurowe;
- kratownicowe;
- betonowe;

Możliwe jest również zastosowanie rozwiązań hybrydowych – częściowo betonowych, a częściowo stalowych, oraz nowatorskich rozwiązań łączenia modułów stalowych, jednak w budowie wież nie sięga się po inne materiały.

Wieże stalowe wykonywane są z blach stalowych o grubości dochodzącej do 120 mm i więcej (w przypadku elektrowni offshore). Wieże monopalowe stosowane w morskich farmach wiatrowych mogą osiągać wagę nawet 1300 ton.[8] W przypadku siłowni lądowych waga wieży wynosi kilkaset (do 300-500) ton.

Wieże kratownicowe są realizowane ze spawanych profili stalowych, co znacząco ułatwia ich transport i obniża wagę. Wieże tego typu nie są jednak powszechnie stosowane – brak komunikacji wewnętrznej (windy, schody) znacząco utrudnia serwis i konserwację siłowni wiatrowej. Jedne z największych tego typu wież powstały w Niemczech, siłownia wiatrowa o mocy 2,5 MW zamontowana została na wieży o wysokości 140 m; cała konstrukcja waży 350 ton (gondola 140 ton).

Wieże betonowe są realizowane relatywnie rzadko; mogą być montowane na dwa sposoby – albo jako wylewane bezpośrednio na placu budowy, albo jako konstrukcje modułowe, z elementów prefabrykowanych. Waga wieży betonowej (czyli ilość betonu, który będzie podlegać przetwarzaniu jako odpad) to ok. 30 ton / 10 m wysokości – jest zatem porównywalna z wagą wieży stalowej rurowej.

Do wykonania wież innego rodzaju, jak wspomniano – takie jak wykonane w technologii Steel Shell, teleskopowe, hybrydowe, kratownicowo-rurowe – nie stosuje się co do zasady innych materiałów niż beton i stal.

Gondola siłowni wiatrowej, ważąca do kilkuset ton, składa się z elementów metalowych, okablowania, smarów, olejów i płynów eksploatacyjnych. Wirnik turbiny wiatrowej, znajdujący się na zewnątrz gondoli, składa się głównie z elementów metalowych.

[7] Posadowienie wysokich wież elektrowni wiatrowych o mocy 2,0–2,5MW na słabym podłożu gruntowym, Pardela T., Nowoczesne budownictwo inżynieryjne, maj-czerwiec 2012, s. 70.
[8] http://www.instsani.pl/1075/rodzaje-wiez-wiatrowych (dostęp 02.12.2019 r.)

Łopaty wirnika elektrowni wiatrowej są kluczowym elementem konstrukcji z punktu widzenia recyklingu całej siłowni. Podczas gdy wymienione wcześniej elementy turbin wiatrowych zbudowane są z materiałów, które mogą zostać w ogromnej większości dość łatwo i niskim kosztem przetworzone (oraz odzyskane) po zakończeniu eksploatacji, to konstrukcja łopat i materiały użyte do ich produkcji komplikują potencjalne procesy recyklingu.

Łopaty te ważą zazwyczaj, w przypadku elektrowni o przeciętnej obecnie stosowanej mocy (2-3 MW dla onshore, 6-8 MW dla offshore) kilkadziesiąt ton. Zbudowane są najczęściej z kompozytów żywicowych (głównie epidian) wzmacnianych albo włóknem szklanym, i nazywanych ostatecznie GFRP (glass fiber-reinforced plastic), albo – w przypadku łopat dużych rozmiarów (o długości pow. 40 m) – kompozytów bazujących na włóknach węglowych, określanych jako CFRP (carbon fibre-reinforced plastic). Proces produkcyjny łopat do turbin wiatrowych HAWT o dużej mocy wygląda następująco[9]:

- turbiny są produkowane w dedykowanych formach, składających się z lustrzanych części; w przypadku dużych firm realizujących powtarzalne zlecenia gotowa forma służy do produkcji całej łopaty, w mniejszych firmach używana jest wspólna środkowa forma, natomiast nasady i końcówki są produkowane z wykorzystaniem wymiennych elementów w celu dopasowania do zróżnicowanych potrzeb klientów i realizacji krótkich zleceń produkcyjnych;
- początek cyklu produkcyjnego to rozwinięcie rolek tkaniny z włókna (szklanego) w formie według opracowanego schematu – maszynowo lub ręcznie, a następnie zszycie poszczególnych części materiałów;
- kolejnym etapem jest rozłożenie na warstwę włókna wzmocnienia – najczęściej z balsy;
- nałożenie kolejnej warstwy włókna na wzmocnienie, zszycie obu warstw tkaniny;
- położenie specjalnej, uszczelniającej powłoki z tworzywa sztucznego na obie części łopaty;
- połączenie dwóch części łopaty przez podniesienie jednej z nich i dopasowanie do drugiej;
- podgrzanie łopaty do ok. 70 st. C i zalanie żywicą epoksydową przez kanały w formie;
- wykonanie otworów na kotwy łączące łopatę z piastą, lakierowanie, montaż kotew, obróbka końcowa.

Jak wspomniano, w produkcji łopat turbin wiatrowych wykorzystuje się przede wszystkim kompozyty bazujące na włóknach szklanych (GFRP) lub węglowych (CFRP).

GFRP to kompozyty, w których w charakterze fazy wzmacniającej wykorzystywane są włókna szklane – stanowią one element nośny, natomiast osnowa polimerowa służy jako spoiwo łączące włókna. Osnowa zapewnia rozdział obciążenia zewnętrznego pomiędzy włókna, a także chroni je przed czynnikami zewnętrznymi[10]. Kompozyty włókniste wykazują znakomite własności mechaniczne i wytrzymałościowe przy bardzo małym ciężarze właściwym.

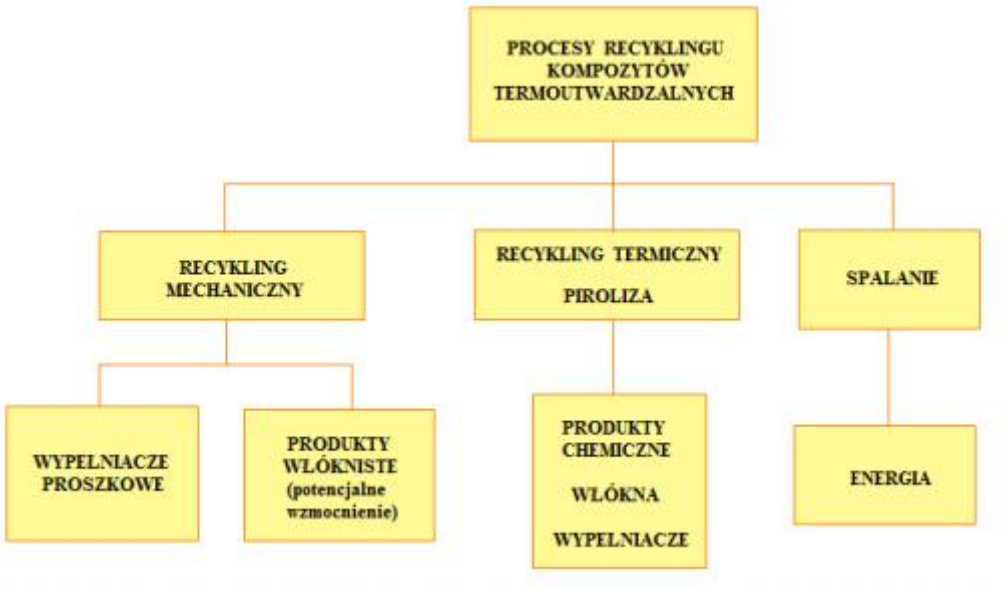
CFRP to kompozyty węglowe o osnowie epoksydowej ze wzmocnieniem z ciągłych włókien węglowych. Polimerowym wypełnieniem kompozytu często jest termoutwardzalna żywica (np. żywica epoksydowa) lub inne termoutwardzalne lub termoplastyczne polimery, takie jak poliester, ester winylu lub nylonu. Kompozyty tego typu zawierać mogą również włókna – takie jak aramid (np. Kevlar,

[9] https://zielonestrefy.pl/opis-procesu-produkcyjnego-lopat-turbin-wiatrowych-o-poziomej-osi-obrotu-hawt/
[10] Stankiewicz B., Świat włókien w budownictwie, Szkło i ceramika R59(2008)

Twaron), aluminium, lub włókna szklane[11]. Możliwe jest również zastosowanie w polimerze takich dodatków wzmacniających, jak krzemionki, guma i nanorurki węglowe. CFRP charakteryzują się wysokim współczynnikiem wytrzymałości do ciężaru i sztywności, przez co znajdują zastosowanie m.in. w przemyśle lotniczym, samochodowym, budownictwie i sprzęcie sportowym.

Z uwagi na złożoną budowę kompozytów szklanych i węglowych, wykorzystywanych do budowy siłowni wiatrowych, proste metody recyklingu (mechaniczne rozdzielanie poszczególnych surowców, zastosowanie prostych metod chemicznych) określane mianem recyklingu surowcowego są praktycznie niemożliwe do zastosowania. Możliwe do zastosowania metody recyklingu kompozytów szklanych i węglowych używanych do produkcji łopat elektrowni wiatrowych to metody mechaniczne i termiczne. Poniższy diagram prezentuje w uproszczeniu możliwe metody recyklingu / przetwarzania odpadów kompozytowych z siłowni wiatrowych.

**Rysunek 2. Metody recyklingu / przetwarzania elementów kompozytowych siłowni wiatrowych**




*Źródło: Piasecka I., „Badanie i ocena cyklu życia zespołów elektrowni wiatrowych", rozprawa doktorska, Politechnika Poznańska 2014*

Metoda mechaniczna recyklingu łopat elektrowni wiatrowych polega na:

- usunięciu łopat z piasty i pocięciu ich na mniejsze elementy;
- rozdrabnianiu pociętych elementów do postaci granulatu o wielkości ziaren nawet poniżej 50 µm – w procesie tym następuje „wygniatanie" żywicy z włókien;
- klasyfikacji ziaren – oddzieleniu większych elementów powstałych podczas procesu granulacji – włókien – od elementów mniejszych, składających się z wypełniacza i materiału polimerowego.

Z punktu widzenia realności wdrożenia danego rozwiązania w zakresie recyklingu istotne jest również, w jaki sposób są wykorzystywane surowce i materiały powstałe po przeprowadzeniu procesu recyklingu – czy ich wykorzystanie jest opłacalne. Techniczne możliwości odzysku surowców wtórnych czy półproduktów z odpadów nie gwarantują sukcesu całego procesu recyklingu.

[11] https://materialyinzynierskie.pl/kompozyty-zbrojone-wloknem-weglowym-cfrp/ (dostęp 03.12.2019 r.)

Materiały kompozytowe na bazie włókna węglowego po recyklingu mechanicznym mogą być stosowane np. jako wypełniacz lub zbrojenie kompozytów w przemyśle budowlanym np. do produkcji sztucznego drewna, asfaltu lub cementu. W literaturze przedmiotu mowa jest jednak o tym, że przetworzone kompozyty mogą być produktami o niskiej jakości i właściwościach mechanicznych, a sam proces recyklingu mechanicznego jest bardzo energochłonny[12]. Niemniej jednak produkty recyklingu kompozytów węglowych mają już obecnie zastosowanie w gospodarce.

Jednym z możliwych zastosowań materiałów odzyskanych podczas procesu recyklingu mechanicznego jest budowa ekranów akustycznych. Zgranulowane łopaty wirników elektrowni wiatrowych pochodzących z likwidowanej duńskiej farmy wiatrowej Vindeby miałyby zostać właśnie wykorzystane w ten sposób[13].

W marcu 2017 r. rozpoczęła się likwidacja Vindeby – pierwszej na świecie morskiej farmy wiatrowej, wybudowanej w 1991 r. Łopaty z 11 pracujących tam wiatraków zostały po zdemontowaniu mechanicznie rozdrobnione do postaci granulatu, który posłużył jako surowiec do budowy ekranów akustycznych w duńskim mieście Aalborg. Duńska firma COWI przeprowadziła badanie wpływu na środowisko, w którym porównała 100 metrów kwadratowych ekranów akustycznych zbudowanych z aluminium i wełny mineralnej, które stoją wzdłuż duńskich dróg z ekranami zbudowanymi z odzyskanego włókna szklanego i tworzyw sztucznych. Wyniki badań pokazały, że zastosowanie ekranu zbudowanego z włókna i tworzyw sztucznych pozwalało obniżyć emisję $CO_2$ o około 60 procent, a zużycie energii o około 40 procent.

Innym przykładem wykorzystania mechanicznego procesu recyklingu włókien szklanych jest projekt badawczy Life Refibre rozwijany w Hiszpanii, w którym planowane jest wybudowanie prototypowej instalacji (fabryki), w której włókna szklane odzyskiwane z turbin wiatrowych wykorzystywane będą do produkcji asfaltu. Projekt jest realizowany przy wsparciu Unii Europejskiej w ramach programu Life[14].

Na rynku polskim zużyte łopaty turbin wiatrowych przetwarzane są przez firmę Thornmann Recycling Sp. z o.o. na granulat, a następnie w gotowe wyroby do zastosowań drogowych (studzienki, kratki drogowe), w elementy budowlane, małej architektury (poręcze, słupki) z wykorzystaniem autorskich, opatentowanych procesów produkcyjnych.

Thornmann Recycling, polska firma założona w 1998 roku przez Piotra Widucha, pochwalić się może wypracowaniem rozwiązań technologicznych pozwalających przetwarzać kompozyty z siłowni wiatrowych. Od 2010 roku Thornmann Recycling Sp. z o.o. podejmowała pierwsze działania w kierunku poznania i wdrożenia do swojej działalności nowych technologii recyclingu kompozytów na bazie żywic polimerowych i epoksydowych, zawierających wypełniacze szklane i węglowe. W 2016 roku Thornmann Recycling Sp z o.o. uzyskał pierwszy patent na recycling włókien szklanych, a rok później drugi patent na recycling włókien węglowych. Dzięki posiadanym patentom firma Thornmann może realizować pełny recykling kompozytów stosowanych do budowy siłowni wiatrowych. Przedsiębiorstwo jest prawdopodobnie jedynym w Polsce, które potrafi doprowadzić recyklaty węglowe i szklane do postaci jednorodnego materiału o granulacji 100 µm. Surowiec ten jest już poszukiwanym recyklatem termoplastów, stosowanych do wtrysku różnych detali wykonywanych przy użyciu wysokociśnieniowych wtryskarek (ciśnienie wtrysku wynoszące do 200 atm).

Dziś, jako efekt wieloletnich badań, z recyklatów produkowane są elementy inżynierii drogowej – które wymagają spełnienia wyśrubowanych norm w zakresie trwałości, siły nacisku, odporności na warunki atmosferyczne. Ich wysokie właściwości są poświadczone specjalistycznymi certyfikatami opartymi na normach europejskich.

Proces pirolizy jest formą recyklingu termicznego, polegającą na podgrzewaniu materiałów poddawanych procesowi do temperatury ok. 500 st. C bez dostępu tlenu. W procesie pirolizy polimery rozkładają się na lżejsze substancje organiczne, stałe lub ciekłe węglowodory. W procesie pirolizy włókna szklane tracą aż ok. 50% wytrzymałości początkowej, natomiast włókna węglowe stosunkowo

[12] Bolewski Ł., „Recykling włókna węglowego", Konstrukcje inżynierskie, 10/2017

[13] Drugie życie zużytych elementów morskich farm wiatrowych, https://www.spcc.pl/node/19945 (dostęp 03.12.2019 r.)

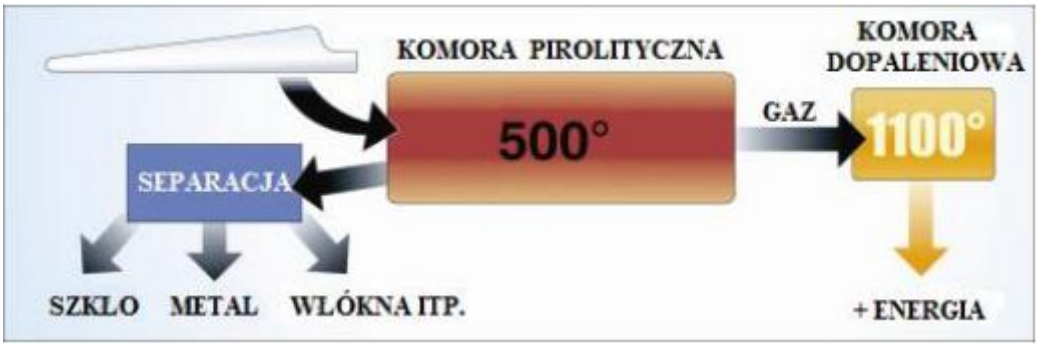
[14] http://ec.europa.eu/environment/life/project/Projects/index.cfm?fuseaction=search.dspPage&n_proj_id=6186#RM; https://www.liferefibre.eu/en/proyecto/acciones/ (dostęp 26.11.2019 r.)

niewiele – ok. 5% wytrzymałości początkowej. W związku z tym przetworzone włókna szklane z łopat siłowni wiatrowych mogą być wykorzystywane jako element wzmacniający klejów, farb, betonu. Włókna węglowe mogą być natomiast używane ponownie jako element materiałów kompozytowych[15].

W Danii w 2006 roku została wybudowana fabryka o wydajności 5000 ton/rok w której stosuje się technologię ReFiber, polegającą na następujących procesach:

- cięcie odpadów kompozytów do rozmiarów max. 25x25 cm za pomocą hydraulicznych nożyc,
- podawanie pociętych odpadów w sposób ciągły pirolizie w beztlenowym obrotowym piecu, w temperaturze 500°C, gdzie w procesie pirolizy powstaje syntetyczny gaz używany do ogrzewania pieca;
- czyszczenie włókien szklanych w drugim obrotowym piecu w obecności tlenu, usuwanie pyłów w czasie czyszczenia włókien szklanych;
- usuwanie metalu za pomocą magnesów;
- mieszanie włókien z małą ilością włókien polipropylenowych i topienie obu rodzajów włókien w piecu – włókna polipropylenową są topione na włóknach szklanych tworząc trwałą izolację.

**Rysunek 3. Metoda recyklingu Refiber łopat zespołów roboczych wirników elektrowni wiatrowych.**




*Źródło: Piasecka I., „Badanie i ocena cyklu życia zespołów elektrowni wiatrowych", rozprawa doktorska, Politechnika Poznańska 2014*

Proces ReFiber jest stosowany także do przetwarzania zużytych łopat elektrowni wiatrowych. Jak wynikało z danych publikowanych na początku obecnej dekady, w procesie przetwarzano ok. 500 ton łopat silników wiatrowych i wówczas sygnalizowany był problem zbyt małej ilości odpadów do zagospodarowania[16].

[15] Piasecka I., „Badanie i ocena cyklu życia zespołów elektrowni wiatrowych", rozprawa doktorska, Politechnika Poznańska 2014

[16] Jastrzębska M., Jurczak W. „Recykling kompozytów z jednostek morskich", Logistyka 5/2011, s. 663-667

**Rysunek 4. Łopata turbiny wiatrowej przed i po procesie pirolizy (metoda ReFiber)**

*Źródło: http://www.refiber.com/technology.html*

W opisie procesu mowa jest o włóknach szklanych, jednak jak wynika z ilustracji zamieszczonych na stronie właściciela technologii, procesowi pirolizy poddane mogą być również części zbudowane z CFRP.

**Rysunek 5. Przetwarzanie odpadów z włókna węglowego przed i po procesie pirolizy (metoda ReFiber)**

*Źródło: http://www.refiber.com/technology.html*

Piroliza wykorzystywana do recyklingu łopat z kompozytów węglowych pozwala na odzyskanie włókiem węglowych, których zastosowanie do produkcji włókniny metodą zgrzebienia jest przedmiotem badań Saksońskiego Instytutu Badań nad Włókiennictwem. Włókna odzyskane w procesie recyklingu o długości 30 i 100 mm posłużyły do stworzenia włókniny, którą cechuje duża wytrzymałość (2 razy większa niż w przypadku włókien szklanych) i może być stosowana funkcjonalnych konstrukcjach kompozytowych, technologiach sportowych i rehabilitacyjnych, wypoczynkowych, w budownictwie i architekturze oraz budowie części pojazdów nie wpływających na bezpieczeństwo[17].

Procesem recyklingu najłatwiejszym do realizacji z technicznego punktu widzenia jest spalanie łopat wirnika siłowni wiatrowej. Łopaty silnika elektrowni zawierają w dużej części materiały łatwopalne, o dużej wartości opałowej – żywice mają wartość opałową ok. 30 GJ/Mg, drewno (balsa) co najmniej kilkanaście GJ / Mg. Ostateczna wartość opałowa materiałów kompozytowych zależy przede wszystkim od składu polimerów, ponieważ większość włókien jest niepalna, dodatkowo niektóre z materiałów stosowanych do wypełnienia łopat wirników wymagają dostarczenia energii podczas procesu spalania (np. trójwodny tlenek glinu). Resztki po składnikach polimerów uzyskane w procesie spalania dodatkowo mogą być wykorzystane do produkcji cementu. Spalanie łopat kompozytowych jest z punktu widzenia ochrony środowiska procesem, który powinien być realizowany w ostateczności i

[17] Gulich B., Hofmann M., „Praktyczne włókno karbonizowane z odpadów CFRP", 24.11.2015 r. https://www.magazynprzemyslowy.pl/produkcja/Praktyczne-wlokno-karbonizowane-z-odpadow-CFRP,6743,1

wyłącznie w przygotowanych do tego instalacjach – z uwagi na szereg substancji szkodliwych uwalnianych podczas tego procesu (HCl, $NO_x$, $SO_x$, CO, $CO_2$, związki organiczne, inne toksyczne związki nieorganiczne i organiczne, np. $F_2$, $CF_2$, $H_2S$, HF, HCN, furany i dioksyny – związki rakotwórcze). Odpady po procesie spalania – żużle i popioły – mają charakter toksyczny i wymagają bezpiecznego składowania.

Zagospodarowanie kompozytów w procesie spalania jest, jak wspomniano powyżej, stosowane w cementowniach. W Melbeck (Niemcy) w 2010 r., jako wynik wspólnego przedsięwzięcia firmy zajmującej się recyklingiem Zajons Zerkleinerungs GmbH oraz wiodącej na szwajcarskim rynku cementu grupy Holcim, powstała fabryka recyklingu kompozytów wzmacnianych włóknem ze 100% odzyskiem, o wydajności 60 tys. ton. Odpady w tej fabryce są rozdrabniane do rozmiarów poniżej 60 mm, następnie trafiają do cementowni Lägerdorf (Holcim), gdzie są używane jako paliwa i surowce do produkcji cementu: 67% materiału (część nieorganiczna) staje się składnikiem klinkieru, 33% (część organiczna) jest zużywana jako paliwo alternatywne[18]. Podobna inicjatywa jest przygotowywana przez obecnie podmioty działające w energetyce wiatrowej, przemyśle chemicznym i materiałowym – kompozytowym.

W 2019 r. grupa europejskich podmiotów przemysłu wiatrowego i chemicznego ogłosiła, że planuje realizację nowego projektu w zakresie recyklingu kompozytowych łopat wiatrowych. Partnerstwo obejmuje WindEurope (Bruksela, Belgia), Europejską Radę Przemysłu Chemicznego (CEFIC, Bruksela, Belgia) i Europejskie Stowarzyszenie Przemysłu Kompozytowego (European Composites Industry Association – EuCIA, Bruksela, Belgia).

Dyrektor generalny WindEurope, Giles Dickson stwierdził, że: „Energia wiatrowa jest coraz ważniejszą częścią koszyka energetycznego Europy. Turbiny wiatrowe pierwszej generacji są u kresu swojego życia technicznego i zostaną zastąpione nowoczesnymi turbinami. Recykling starych łopat siłowni wiatrowych jest dla nas najwyższym priorytetem, a współpraca z przemysłem chemicznym i firmami zajmującymi się materiałami kompozytowymi pozwoli nam to zrobić w najbardziej efektywny sposób."

Jednym z możliwych sposobów utylizacji jest zastosowanie materiału z łopat wiatrowych z recyklingu jako wypełniacza do cementu w procesie, w którym dodatkowo redukuje się emisję dwutlenku węgla w procesie produkcji cementu nawet o 16%. Materiały kompozytowe są dziś poddawane recyklingowi na skalę przemysłową poprzez ich wykorzystanie w produkcji cementu, w którym surowce cementowe, takie jak krzemionka, są częściowo zastępowane włóknami szklanymi i wypełniaczami w kompozycie, podczas gdy frakcja organiczna jest spalana w procesie energetycznym, zastępując węgiel. Łopaty siłowni wiatrowej mogą być przetwarzane mechanicznie przez sprzęt do mielenia na miejscu ich demontażu, co zmniejsza koszty i ułatwia logistykę transportu.

Opisywany proces jest stosowany obecnie tylko w przypadku kompozytów z włóknem szklanym, ale badane są również inne rozwiązania w zakresie recyklingu wycofywanych z eksploatacji turbin wiatrowych. Oprócz recyklingu cementu opracowywane są alternatywne technologie, takie jak recykling mechaniczny, solwoliza i piroliza, co powinno zwiększyć możliwości recyklingu kompozytów z wycofywanych z użytkowania siłowni wiatrowych.

Oprócz recyklingu elementów składowych siłowni wiatrowych, możliwe do zastosowania są inne metody zagospodarowania odpadów po zużytej elektrowni – takie jak składowanie, ponowne wykorzystanie części łopat wirników.

Składowanie zużytych elementów wirników elektrowni wiatrowych stanowi najtańszą opcję zagospodarowania odpadów, jednak zastosowanie tej metody w kraju i innych krajach Unii Europejskiej, wobec rosnącej ilości odpadów ogółem do zagospodarowania i wdrażania rozwiązań Gospodarki Obiegu Zamkniętego – jest nie do przyjęcia. Oprócz aspektów związanych z ograniczoną pojemnością składowisk odpadów, „podczas oddziaływania czynników atmosferycznych na elementy zespołu roboczego wirnika siłowni wiatrowych składowanych na wysypisku odpadów, może dojść do

[18] Reinforcedplastics, maj-czerwiec 2011, s. 45-46, http://csmres.co.uk/cs.public.upd/article-downloads/EuCIA-final.pdf

destrukcyjnych oddziaływań deergonomicznych, deekologicznych oraz desozologicznych, związanych ze zmianami w strukturze materiałów metalowych oraz kompozytów, z których są one zbudowane. Również nieprawidłowo przechowywane smary i oleje mogą stanowić duże zagrożenie na każdym z tych pól”[19].

Poniżej prezentowane jest zestawienie zalet i wad poszczególnych metod recyklingu kompozytów węglowych, będących istotnym składnikiem łopat w wysokoenergetycznych siłowniach wiatrowych.

**Tabela 3. Zestawienie wad i zalet procesów recyklingu kompozytów węglowych**

| Proces | Zalety | Wady |
|---|---|---|
| Proces mechaniczny | – odzyskanie włókna oraz osnowy<br>– w procesie nie powstają materiały niebezpieczne dla środowiska | – pogorszenie własności mechanicznych<br>– zmiana struktury (struktura niewłóknista)<br>– ograniczenie możliwości ponownej produkcji |
| Piroliza | – wysoka procent odzyskania wyjściowych właściwości mechanicznych<br>– potencjalny odzysk surowców chemicznych z żywicy<br>– brak rozpuszczalników chemicznych | – Możliwe osadzanie się grafitu/ węgla na powierzchni włókna<br>– wrażliwość zmiany własności produktów na parametry procesu<br>– gazy produkcyjne szkodliwe dla środowiska |
| Złote fluidalne - fluidyzacja | – możliwość przetwarzania zanieczyszczonych kompozytów<br>– brak osadzania się grafitu/węgla na powierzchni włókna<br>– proces bardzo dobrze przebadany i udokumentowany | – spadek wytrzymałości pomiędzy 25% a 50%<br>– degradacja długości włókna<br>– zmiana struktury (struktura niewłóknista)<br>– brak możliwości odzyskania osnowy/żywicy |
| Proces chemiczny | – bardzo duży spadek właściwości mechanicznych i długość włókna<br>– wysoki potencjał do odzysku materiałów żywicy | – spadek adhezji włókna do żywic polimerowych<br>– duża szkodliwość dla środowiska |

*Źródło: Bolewski Ł., „Recykling włókna węglowego”, Konstrukcje inżynierskie, 10/2017*

Ponowne wykorzystanie części łopat elektrowni wiatrowych to przede wszystkim użycie jako elementów małej architektury – w parkach, na placach zabaw. Takie próby wykorzystania łopat wirnika podjęto w Danii. Podejmowane są również próby wykorzystania zużytych elementów do produkcji nowych, zupełnie innych wyrobów użytkowych – przykładowo duński start-up „GetWasted” ze wsparciem środków publicznych przerabia łopatki turbin wiatrowych na stoliki czy deskorolki. Ponowne zagospodarowanie elementów turbin wiatrowych w ten sposób nie będzie jednak przypuszczalnie efektywne ekonomicznie i wydajne – trudne jest wykorzystanie materiałów ze zużytych kompozytów na dużą skalę, obróbka mechaniczna tego typu materiału generuje niebezpieczny dla zdrowia pył, transport elementów do docelowej lokalizacji w przypadku elementów małej architektury może być zbyt kosztowny w porównaniu do materiałów łatwo dostępnych, np. drewna.

Ostatnią – i najtrudniej akceptowalną – metodą zagospodarowania odpadów po elektrowniach wiatrowych jest ich deponowanie na składowiskach odpadów. Rozwiązanie to jest prawnie niemożliwe

[19] Piasecka I., „Badanie i ocena cyklu życia zespołów elektrowni wiatrowych”, rozprawa doktorska, Politechnika Poznańska 2014

do stosowania w Polsce z uwagi na zakaz składowania odpadów o cieple spalania powyżej 6 MJ / kg suchej masy. Metoda ta jest jednak przypuszczalnie, jak wynika z rozmów z ekspertami, częściowo stosowana. Odpady kompozytowe po siłowniach wiatrowych odbierane przez podmioty zajmujące się recyklingiem są rozdrabniane i mieszane z gruzem, a następnie wykorzystywane jako materiał do rekultywacji, stabilizacji skarp składowisk odpadów.

### 3.1.2. Komponenty instalacji fotowoltaicznych oraz paneli słonecznych

Instalacje fotowoltaiczne, dzięki ogniwom fotowoltaicznym zmieniają energię promieniowania słonecznego bezpośrednio w energie elektryczną. Większość obecnie produkowanych ogniw fotowoltaicznych oparta jest na półprzewodnikowych złączach p-n. Ogniwo słoneczne składa się z dwóch warstw: jednej ujemnie naładowanej i drugiej naładowanej dodatnio. Światło słoneczne padając na ogniwo rozpoczyna reakcję fizyczną, w efekcie której powstaje prąd stały. Jako że większość urządzeń elektrycznych i sieć energetyczna wykorzystuje prąd zmienny, wyprodukowany prąd stały musi zostać przekonwertowany do prądu zmiennego o właściwym napięciu.

Instalacje fotowoltaiczne składają się z trzech podstawowych elementów: modułów fotowoltaicznych, konstrukcji, na której umieszczone są moduły oraz inwertera. Veolia wylicza, że standardowy krzemowy moduł fotowoltaiczny to w 65-75-procentach szkło, w 10-15 procentach aluminium, w 10-procentach plastik i tylko w 3-5 procentach krzem (lub inne pierwiastki).

Na rynku dostępne są różne rodzaje paneli fotowoltaicznych – do najbardziej popularnych zalicza się panele krzemowe. Jednakże na rynku dostępne są również panele, do których budowy wykorzystano również inne pierwiastki niż krzem. Poniżej przedstawiono główne rodzaje paneli fotowoltaicznych:

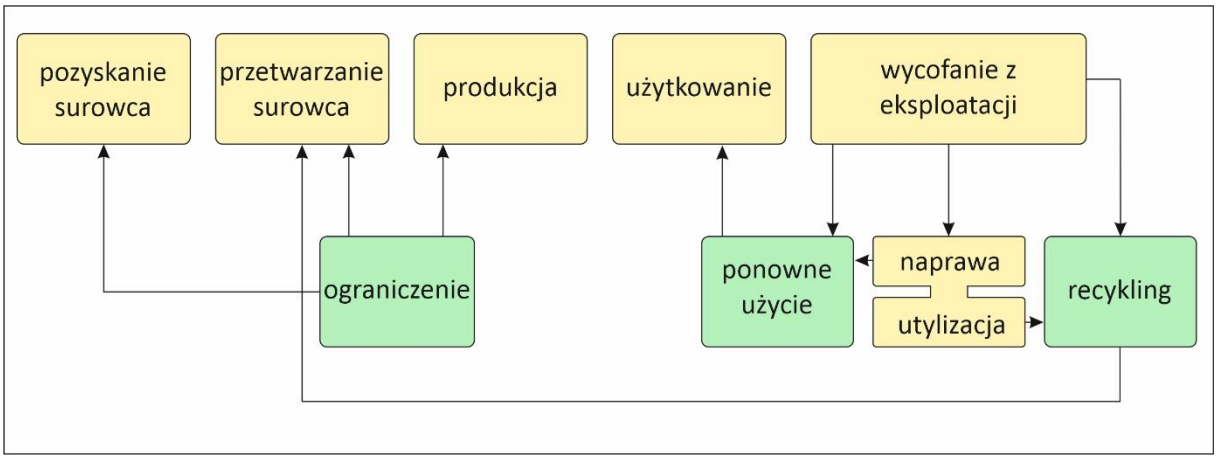
- Panele monokrystaliczne (krzemowe) – zbudowane są z ogniw powstałych z jednego monokryształu krzemu. Grubość płytki krzemowej wykorzystanej w module wynosi ok 0,3 mm. Moduły te osiągają największą sprawność. Ich wadą jest jednak wysoki temperaturowy współczynnik mocy[20]
- Panele polikrystaliczne (krzemowe) – zbudowane są polikrystalicznego krzemu (krzem, który wykrystalizował z wielu monokryształów krzemu). Grubość płytki krzemowej wykorzystanej w module wynosi poniżej 0,2 mm. Charakteryzują się wysoką sprawnością – jednak niższą niż w przypadku modułów monokrystalicznych, za to mają mniejszy temperaturowy współczynnik mocy (co jest ich zaletą).
- Panele zbudowane z krzemu amorficznego – Krzem amorficzny nie jest wykrystalizowany, w związku z czym nie ma postaci kryształu. W tym przypadku bardzo cienkie warstwy niewykrystalizowanego krzemu nakładane są na powierzchnię innego materiału np. szkła (ok. 0,001-0,08 mm). Z tego względu tego typu panele nazywane są również cienkowarstwowymi. Ich sprawność jest najniższa w porównaniu do innych modułów fotowoltaicznych, jednakże posiadają niską wrażliwość na wysokie temperatury (niski temperaturowy współczynnik mocy) oraz niską wagę.
- Panele CdTe, CIGS, CIS – do ich budowy nie wykorzystuje się krzemu krystalicznego, lecz np. tellurek kadmu (CdTe), mieszaninę miedzi, indu, galu selenu (CIGS). Ich cechą charakterystyczna jest bardzo mała grubość warstwy półprzewodnika absorbującego światło,

[20] Temperaturowy współczynnik mocy określa spadek mocy wraz ze wzrostem temperatury panelu powyżej 25°C

która zazwyczaj waha się od 0,001-0,08 mm. Mają mniejszą sprawność niż moduły krzemowe mono- i polikrystaliczne, przy mniejszym temperaturowym współczynniku mocy.

Cykl „Życia" paneli fotowoltaicznych zaczyna się od pozyskania surowców, ich przetworzeniu, produkcji panelu, użytkowaniu, wycofaniu z eksploatacji i ich naprawie bądź utylizacji. Na podstawie publikacji IRENA[21], oczekuje się, że zarządzanie odpadami z fotowoltaiki, związane będzie z: ograniczeniem zużycia materiałów, ponownym użyciem, oraz recyklingiem.

**Rysunek 6. Oczekiwany cykl życia paneli fotowoltaicznych i zarządzanie odpadami**




*Źródło: opracowanie własne na podstawie IRENA[22]*

Szacuje się, że długość życia paneli fotowoltaicznych wynosi ok 25 lat. Wpływa na to degradacja materiału uszczelniającego pod wpływem promieniowania ultrafioletowego oraz przerwanie okablowania pod wpływem temperatury. [23]

Pierwotnie recykling paneli fotowoltaicznych opierał się na odzysku całych, oczyszczonych ogniw krzemowych i zawracaniu ich do procesu produkcyjnego. Jednak z czasem, gdy ogniwa stawały się coraz cieńsze taki sposób okazał się bardzo trudny do dalszej realizacji.[24] Nowe technologie skupiają obecnie się na odzysku surowego materiału i oddzielaniu poszczególnych frakcji jak metale, szkło i krzem.

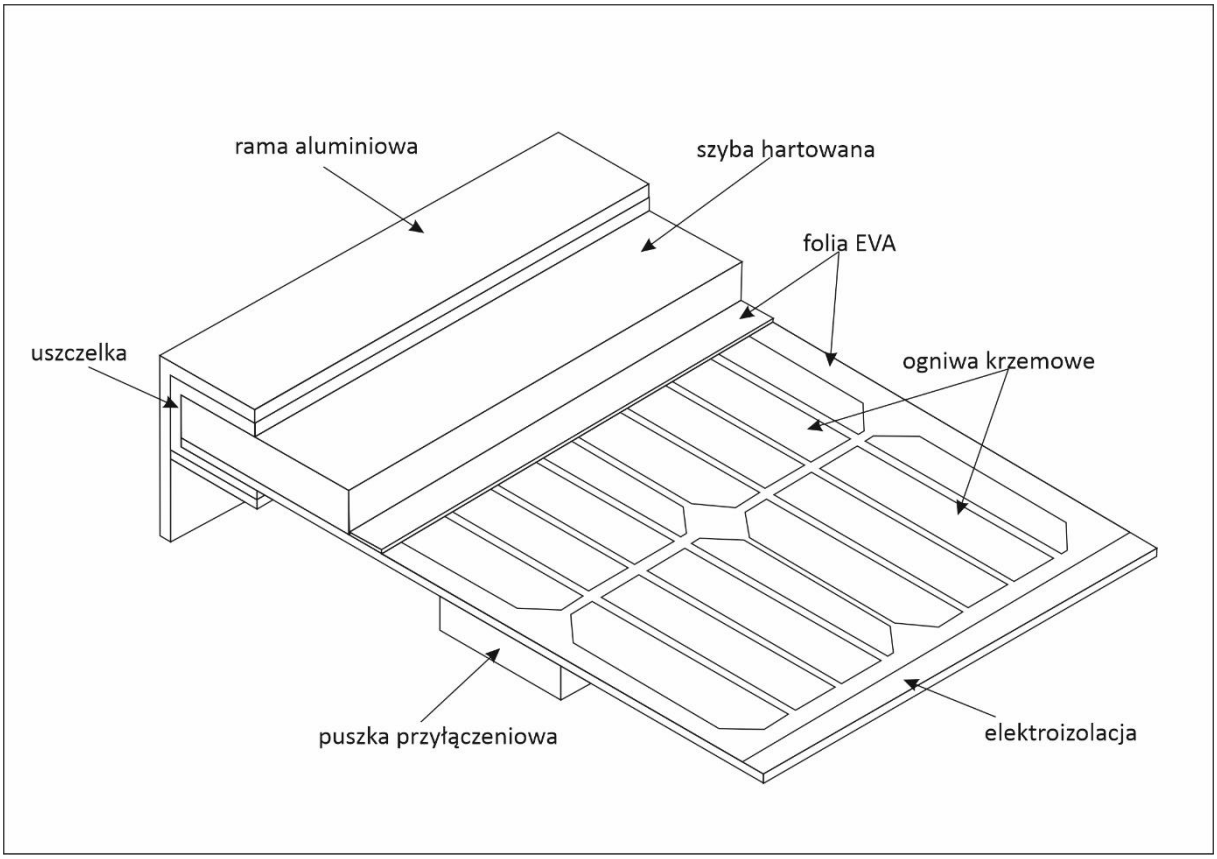
W Polsce, ze względu na bardzo mały rynek odpadów z paneli fotowoltaicznych, nie można mówić o dominującej metodzie recyklingu paneli, w tym modułów krzemowych lub o kilku używanych metodach, ponieważ w chwili obecnej znajduje się tylko jedna firma zajmująca się recyklingiem materiałów z paneli fotowoltaicznych. W zakładzie tym moduły krzemowe są mielone, a następnie dodawane do materiału kompozytowego, służącego do budowy takich elementów jak np. studzienki kanalizacyjne. W pozostałych przypadkach w Polsce, recyklingowi poddawane są jedynie elementy aluminiowe oraz szklane pochodzące z instalacji fotowoltaicznej, a moduły krzemowe są składowane.

Największym problem w recyklingu paneli fotowoltaicznych jest ściągnięcia laminacji z modułów fotowoltaicznych i ten etap jest najbardziej kosztotwórczy ze względu na zużycie energii, materiałów

[21] Międzynarodowy Instytut Energii Odnawialnej
[22] End-of-life managment, Solar Photovoltaic Panels, Irena, Czerwiec 2016
[23] Anna Kuczyńska-Łażewska, Ewa Klugmann- Radziemska, Zeszyty Naukowe, IGSMiE, PAN, 2018
[24] Anna Kuczyńska-Łażewska, Ewa Klugmann- Radziemska, Zeszyty Naukowe, IGSMiE, PAN, 2018

oraz dobranie odpowiedniej technologii. Podstawowym materiałem do laminacji modułów fotowoltaicznych jest kopolimer polietylenu i polioctanu winylu (EVA).

**Rysunek 7. Schematyczna budowa panelu fotowoltaicznego**



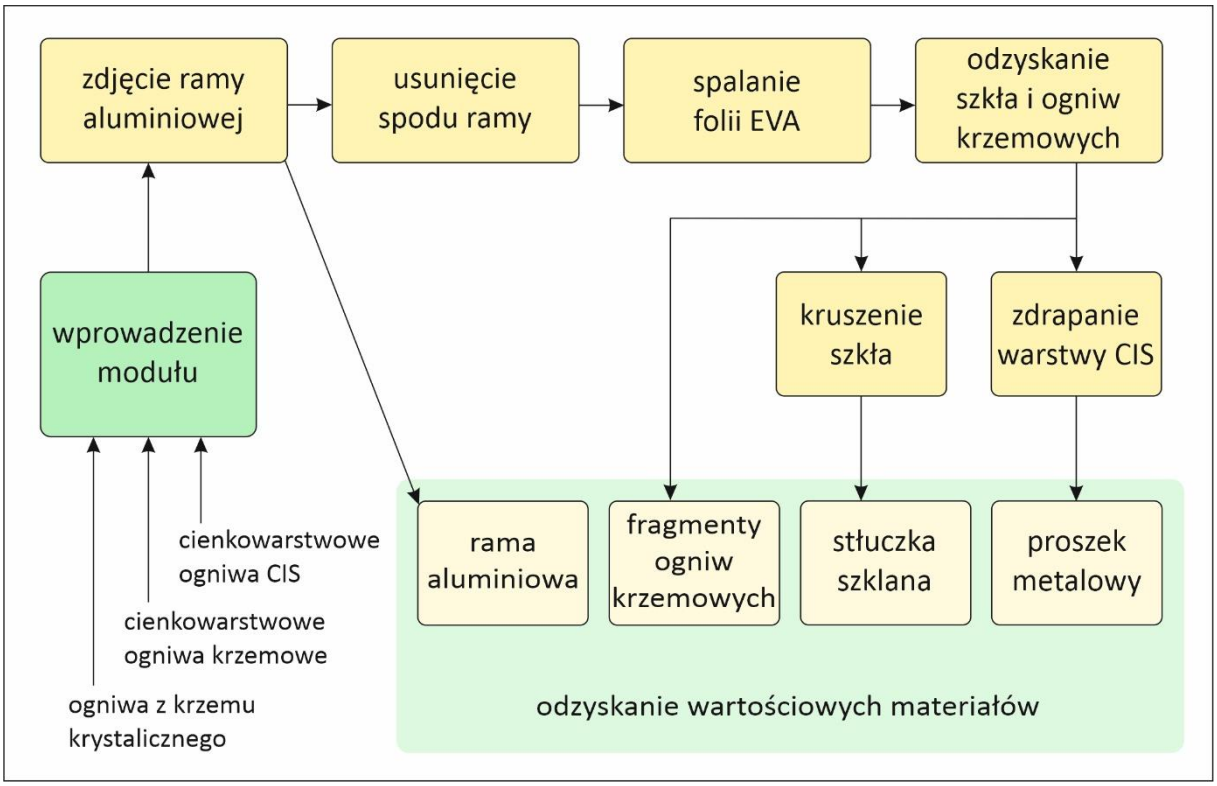

Zgodnie z opracowaniem „Kluczowe zagadnienia procesu recyklingu zużytych modułów fotowoltaicznych I i II generacji”[25] w procesie recyklingu stosuje się kilka metod delaminacji:

- najprostszym sposobem jest fizyczne usunięcie poprzez mielenie całych modułów lub odcięcie warstwy laminatu; wydajność tych metod jest jednak niska, ze względu na fakt, że folia EVA tylko częściowo oddziela się od szkła i trudno jest odizolować półprzewodnik od resztek folii w następnym etapie;
- powszechnie stosuje się dekompozycję folii w wysokich temperaturach lub rozpuszczanie w rozpuszczalnikach organicznych, jednakże mogą one stanowić zagrożenie dla środowiska naturalnego;
- najnowszą techniką, która wymaga kosztownego sprzętu i nie jest przez to stosowana w ogólnym użyciu jest technika mikroemulsyjna i kruszenie w temperaturze ciekłego azotu (- 196°C).

W Japonii w 2014 r. w ramach NEDO[26] opracowano schemat możliwych sposobów recyklingu różnego typu paneli fotowoltaicznych. Przedstawiony on został na poniższym rysunku.

[25] Anna Kuczyńska-Łażewska, Ewa Klugmann-Radziemska, Zeszyty Naukowe, IGSMiE, PAN, 2018
[26] New Energy and Industrial Technology Development Organization

**Rysunek 8. Etapy rekultywacji paneli fotowoltaicznych opracowanych w 2014 r. w Japonii w ramach NEDO w 2014 r.**




*Źródło: New Energy and Industrial Technology Development Organization*

W Polsce prowadzi się badania nad recyklingiem modułów krzemowych na Politechnice Gdańskiej, na Wydziale Chemicznym. Zespół naukowców uczelni pod kierownictwem prof. dr hab. Ewy Klugmann-Radziemskiej opatentował sposób recyklingu z zastosowaniem metody chemicznej. Patent ten został już zakupiony przez podmiot zainteresowany prowadzeniem recyklingu paneli w Polsce, jednakże jeszcze nie rozpoczął budowy instalacji do tego niezbędnej.

### 3.1.3. Akumulatory pojazdów elektrycznych

Stale wzrastająca liczba samochodów elektrycznych i hybrydowych oraz tzw. małych pojazdów elektrycznych wymusza na ich producentach opracowywanie opłacalnych i czystych technologii w zakresie ich recyklingu. O ile technologie odzysku i ponownego wykorzystania elementów konstrukcyjnych, karoserii, wyposażenia itp., są od wielu lat powszechnie wykorzystywane w przemyśle motoryzacyjnym, o tyle akumulatory litowo-jonowe stosowane do zasilania pojazdów elektrycznych są stosunkowo nowym i trudnym do przetworzenia odpadem, dlatego większość procesów ich odzysku i recyklingu pozostaje wciąż w sferze badań laboratoryjnych.

W pojazdach z napędem elektrycznym najczęściej stosowane są akumulatory litowo-jonowe. Wśród głównych ich zalet wymienia się najczęściej stosunkowo długą żywotność, dużą gęstość energii (około 150 Wh/kg) oraz relatywną nieszkodliwość dla środowiska. Akumulatory litowo-jonowe, w zależności od warunków pracy, mogą działać przez 1700 - 5300 cykli ładowania i rozładowywania, co przekłada

się na czas eksploatacji akumulatora rzędu 4,5 - 14,5 lat[27]. Niestety, spadek wydajności akumulatorów poniżej 80% wyklucza możliwość ich dalszego użytkowania w samochodach.

Dlatego pierwszym i najprostszym sposobem ponownego ich wykorzystania jest tzw. drugie życie, czyli wykorzystanie demontowanych z aut akumulatorów do mniej wymagających zastosowań, jak np. magazynowanie energii produkowanej za pomocą małych instalacji fotowoltaicznych czy jako domowe lub modułowe magazyny energii. Wielu czołowych producentów aut elektrycznych, m. in. Tesla, Nissan, BMW czy Mercedes, ma już w swojej ofercie komercyjne rozwiązania tego typu.

W Lünen – niemieckim mieście położonym w Nadrenii/Westfalii powstał w 2015 r. magazyn energii o pojemności 13 MWh, w którym wykorzystywane są baterie eksploatowane wcześniej w samochodach elektrycznych. Projekt został zrealizowany przez Daimler AG, The Mobility House i Getec. Baterie w pojazdach elektrycznych są eksploatowane przez 8-10 lat; Daimler ocenia, że wykorzystanie baterii w statycznych magazynach energii pozwala na wydłużenie przydatności baterii o kolejnych 10 lat.

Zastosowanie eksploatowanych wcześniej baterii do tworzenia magazynów energii może pozwolić np. na zmniejszenie fluktuacji w wytwarzaniu energii ze źródeł odnawialnych.

W 2016 r. Amsterdam Arena (.Johan Cruijff Arena) – stadion piłkarski Ajaxu Amsterdam, na którym odbywają się mecze piłkarskie, koncerty, imprezy – podpisał 10-letnią umowę z Nissanem, Eaton i The Mobility House dotyczącą utworzenia systemu magazynowania energii z wykorzystaniem zużytych akumulatorów z samochodów Nissan LEAF. System xStorage Buildings pozwala na magazynowanie energii i zasilanie obiektu z magazynu w razie potrzeby. Zapewnia to optymalizację kosztów zużycia energii (możliwość gromadzenia energii poza szczytem i korzystanie z niej w szczycie dobowym, gdy ceny poboru są najwyższe), bezpieczeństwo energetyczne (w przypadku braku zasilania). System daje również możliwość gromadzenia energii z 4200 paneli fotowoltaicznych zamontowanych na dachu obiektu. Stworzony system pozwala zapewnić zasilanie obiektowi przez godzinę w czasie odbywającego się tam wydarzenia (odpowiada to ilości energii pobieranej przez około 7000 domów w ciągu godziny).

Możliwe jest również wykorzystanie wybranych modułów – tych o mniejszym zużyciu – do budowy nowego, zastępczego akumulatora tego samego typu.

4R Energy Corporation, spółka joint venture Nissana i Sumitomo Corporation, uruchomiła w 2018 r. w Namie w Japonii zakład refabrykacji częściowo lub całkowicie zużytych akumulatorów z pojazdów elektrycznych. Moduły bateryjne będą w zakładzie oceniane pod względem dostępnej pojemności (wydajności) i w zależności od wyniku testów – refabrykowane w nowe pakiety baterii do pojazdów elektrycznych, kierowane do innych zastosowań lub do recyklingu. Nowa fabryka realizuje sprzedaż zastępczych akumulatorów litowo-jonowych do Nissana Leaf pierwszej generacji.

Refabrykacja baterii do samochodów będzie realizowana poprzez złożenie wybranych, wysokowydajnych modułów wyjętych z baterii, których ogólna pojemność energetyczna spadła poniżej 80 procent. Moduły o pojemności powyżej 80 procent są przeznaczone do stosowania w zamiennych bateriach do samochodów Nissan Leaf; mniejsze moduły są ponownie montowane i sprzedawane jako akumulatory do wózków widłowych, wózków golfowych i zastosowań o niższej energii, takich jak lampy uliczne. Baterie do Nissana Leaf pierwszej generacji będą sprzedawane w Japonii za 300 000 jenów (ok. 10 tys. PLN), czyli za mniej więcej połowę ceny nowych akumulatorów zamiennych do tego, najpopularniejszego na świecie, w pełni elektrycznego samochodu.

W Sumitomo opracowano sposób analizy wszystkich 48 modułów zawartych w każdym pakiecie akumulatorów w ciągu czterech godzin, jest ogromną oszczędnością w stosunku do czasu, którego inżynierowie Nissana używali wcześniej do analizy – 16 dni. Zakład może przetwarzać 2250 akumulatorów rocznie i początkowo planuje się corocznie przerabiać kilkaset jednostek rocznie. 4R będzie miał trudność z samodzielnym recyklingiem akumulatorów niezdatnych do użytku,

[27] Gratz E., Sa Q., Apelian D., Wang Y.: A closed loop process for recycling spent lithium ion batteries, J. Power Sources, 262 (2014) 255-262

ale może rozważyć nawiązanie współpracy z inną firmą w celu odzyskania surowców wtórnych, co zdaniem ekspertów branżowych jest kluczem do zrównoważonej produkcji akumulatorów EV.

4R Energy będzie pierwszą grupą certyfikowaną zgodnie z normą UL 1974 dotyczącą sposobu oceny akumulatorów wielokrotnego użytku. UL 1974 został opublikowany w październiku 2018 r. jako wspólny krajowy standard USA i Kanady. W normie UL 1974 opisuje się, w jaki sposób powinny być sortowane i klasyfikowane akumulatory, moduły i ogniwa elektryczne, jak należy identyfikować ich stan i określać żywotność w celu ponownego wykorzystania lub recyklingu.

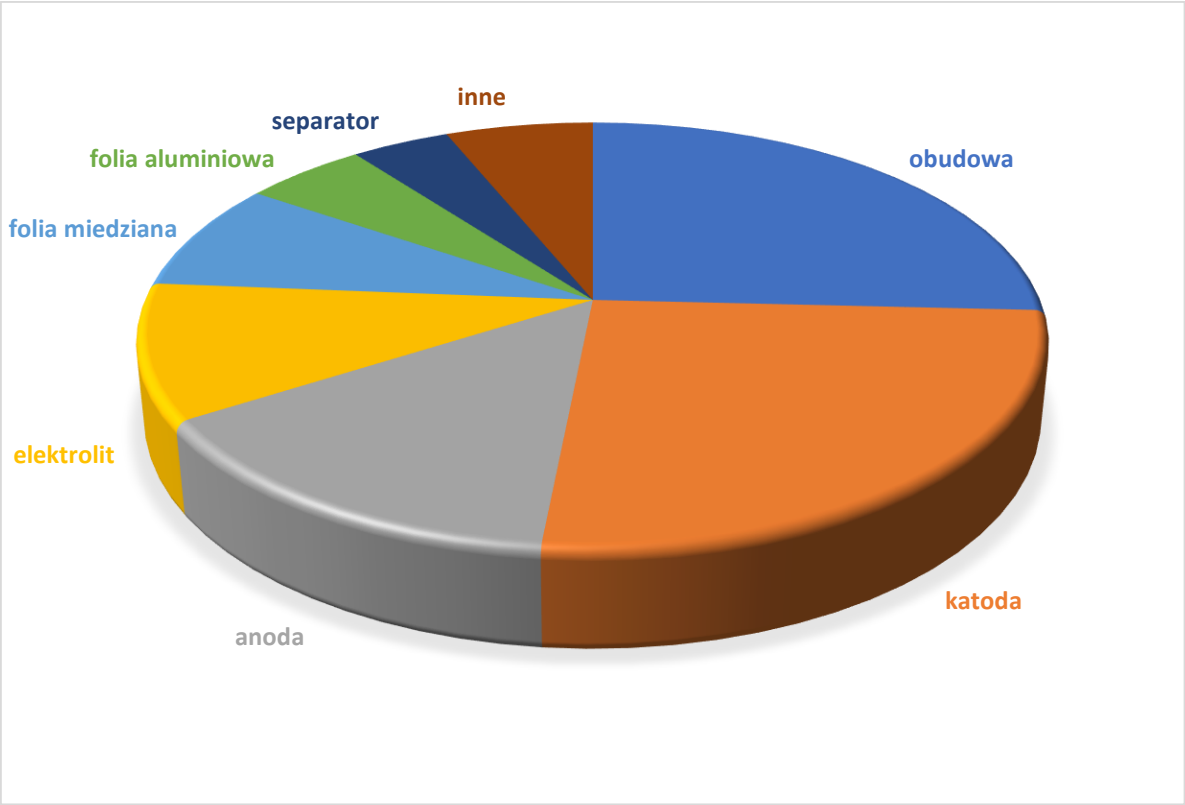
Toyota Motor Thailand otworzyła fabrykę „zarządzania cyklem życia" baterii w Chachoengsao w Tajlandii, w celu dystrybucji zregenerowanych baterii do samochodów hybrydowych sprzedawanych w Tajlandii. W zakładzie możliwa będzie szybka diagnoza 10 tys. jednostek i recykling 20 tys. jednostek rocznie. Po przeprowadzeniu szybkiego procesu diagnostycznego moduły o wysokiej wydajności zostaną ponownie zmontowane i sprzedane jako alternatywne hybrydowe akumulatory za jedną trzecią ceny nowych akumulatorów. Moduły o umiarkowanej wydajności są ponownie wykorzystywane do magazynowania energii i jej późniejszego dostarczania do budynków, fabryk i stacji ładowania. Moduły o niskiej wydajności, zarówno akumulatory niklowo-wodorkowe, jak i litowo-jonowe, zostaną przesłane do recyklingu, a następnie wysłane z powrotem do Japonii w celu wyprodukowania nowych akumulatorów hybrydowych.

Gdy akumulator ulegnie uszkodzeniu, lub jego żywotność nie wystarcza już nawet do mniej wymagających zastosowań, staje się z jednej strony odpadem niebezpiecznym, lecz z drugiej również potencjalnym źródłem cennych materiałów.

Procentowy skład typowego akumulatora litowo-jonowego przedstawiono na rys. 9. Najważniejszymi i najcenniejszymi z punktu widzenia recyklingu elementami akumulatora, ze względu na obecność Co, Fe i Ni, są anoda i katoda. Anoda akumulatorów litowo-jonowych wykonana jest z grafitu, węgla oraz polifluorku winylidenu (PVDF), natomiast katoda składa się z węgla, spoiwa PVDF oraz litu. Wśród materiałów aktywnych katody wymienia się lit, który zwykle występuje w postaci tlenków $LiCoO_2$, $LiMn_2O_4$, $LiNiO_2$, $LiV_2O_3$ oraz $LiFePO_4$. Rolę elektrolitu w akumulatorach litowo-jonowych pełni substancja organiczna, zawierająca rozpuszczone sole, m.in. $LiPF_6$, $LiBF_4$. Istotnym elementem akumulatora jest również separator, utrzymujący równą odległość między elektrodami, zbudowany z polietylenu lub polipropylenu[28].

[28] Wójcik M. , Pawłowska B. , Stachowicz F.: Przegląd technologii recyklingu zużytych akumulatorów litowo-jonowych, Zeszyty Naukowe Politechniki Rzeszowskiej. Mechanika 2017 | z. 89 [295], nr 2 (107—120)

**Rysunek 9. Skład typowego akumulatora litowo-jonowego**



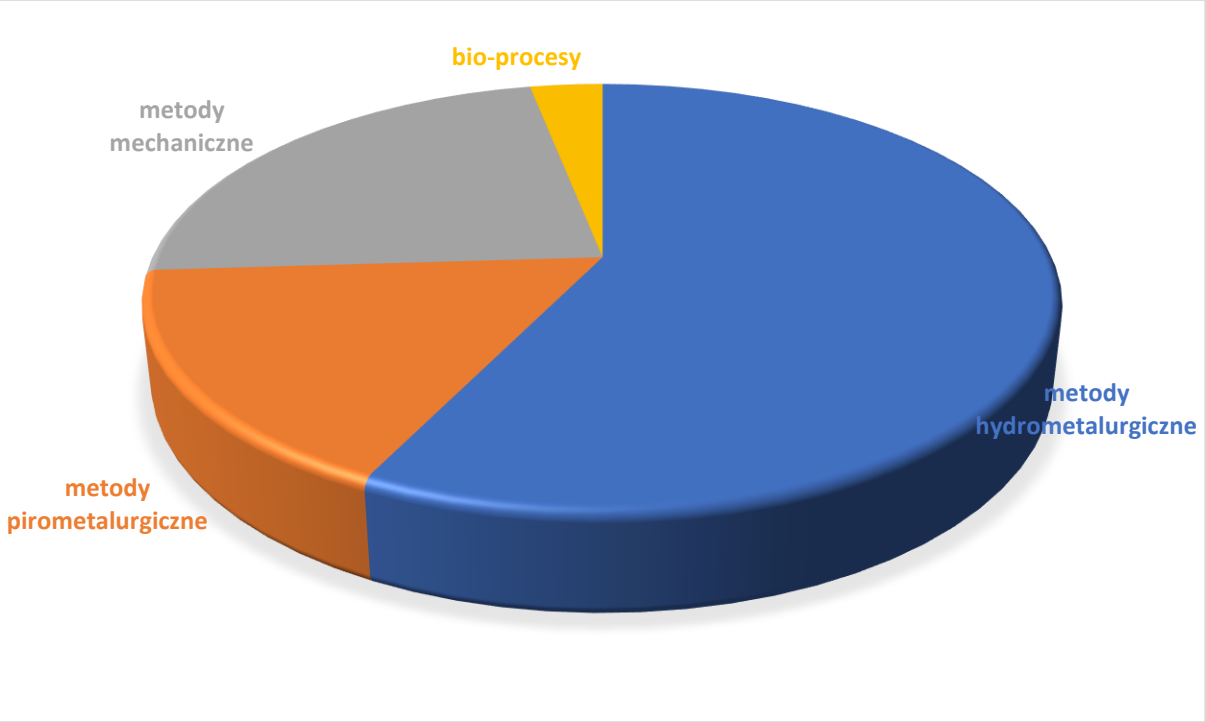

*Źródło: opracowanie własne*

Celem prowadzenia recyklingu akumulatorów litowo-jonowych jest przede wszystkim odzysk cennych metali w postaci tzw. „czarnej masy", zawierającej między innymi kobalt i nikiel. Wciąż jednak jej istotny składnik jakim jest węglan litu traktowany jest drugorzędnie, jako związek tani i łatwo dostępny, dlatego w niektórych metodach traktowany wręcz jako zanieczyszczenie lub reagent do odzysku, cenniejszych metali.

Na świecie obecnie na skale przemysłową stosowanych jest kilka metod recyklingu akumulatorów litowo-jonowych. Oparte one są one przede wszystkim na procesach hydrometalurgicznych, pirometalurgicznych, mechanicznych lub kombinacji wspomnianych. Ponadto coraz większe znaczenie zyskują procesy bioługowania oraz metody niekonwencjonalne. Procentowy udział poszczególnych metod recyklingu akumulatorów litowo-jonowych przedstawiono na wykresie[29].

[29] Zeng X., Li J., Singh N.: Recycling of spent lithium-ion battery: a critical review, Critical Reviews in Environmental Science and Technology, 44 (2014) 1129-1165

**Rysunek 10. Udział procentowy metod recyklingu akumulatorów litowo-jonowych**




*Źródło: opracowanie własne*

Według dostępnych danych obecnie największe znaczenie przemysłowe mają cztery procesy: UMICORE, TOXCO, SONY-SUMITOMO, oraz RECUPYL[30].

Proces UMICORE, stosowany przede wszystkim w Belgii, polega na procesach przetapiania zużytych baterii. Otrzymany stop zawierający metale, m.in. Co, Ni, Cu i Fe, przetwarza się hydrometalurgicznie poprzez ługowanie kwasem w celu odzysku metali. Wadą metody jest wysoka energochłonność procesu (5000 MJ energii cieplnej do przetopienia 1 tony akumulatorów) oraz brak możliwości odzysku Li, Mg i Al, które są tracone w powstającym żużlu.

Istota procesu TOXCO, który najszerzej stosowany jest w Stanach Zjednoczonych, polega na kriogenicznym schłodzeniu akumulatorów za pomocą ciekłego azotu w temperaturze -196°C. W dalszym etapie przeróbki, baterie są rozdrabniane i zanurzane w wodzie. Jony metali reagują z wodą, tworząc odpowiednie wodorotlenki wraz z wydzieleniem wodoru. W odróżnieniu od pozostałych metod przemysłowych, proces zapewnia dodatkowo odzysk litu na poziomie 15-26%. W celu przetworzenia 1 tony akumulatorów litowo-jonowych, niezbędne jest dostarczenie czynnika chłodniczego w ilości około 219 MJ oraz około 565,2 MJ energii w celu mechanicznego rozdrobnienia baterii.

W procesie SONY-SUMITOMO, stosowanym głównie w Japonii, zużyte akumulatory, poddawane są spalaniu w temperaturze około 1000°C. Zawarte w akumulatorach substancje organiczne, Li oraz fluorki są usuwane w postaci popiołu lotnego, natomiast pozostałe metale przetwarza się hydrometalurgicznie w celu odzysku Co. Wadą metody, podobnie jak w przypadku procesu UMICORE

[30] Wójcik M. , Pawłowska B. , Stachowicz F.: Przegląd technologii recyklingu zużytych akumulatorów litowo-jonowych, Zeszyty Naukowe Politechniki Rzeszowskiej. Mechanika 2017 | z. 89 [295], nr 2 (107—120)

jest brak możliwości odzyskania litu. Dodatkowo, w celu przetworzenia 1 tony akumulatorów wymagane jest dostarczenie energii średnio około 992 MJ.

Proces RECUPYL, popularny zwłaszcza we Francji. Najpierw, zużyte akumulatory są rozdrabniane za pomocą obrotowego rozdrabniacza z prędkością 11 obrotów/min, a następnie kruszone z zastosowaniem wirnika. Oba wspomniane procesy odbywają się w szczelnej obudowie w atmosferze argonu i $CO_2$, co zapobiega gwałtownej reakcji litu z powietrzem. Zawartość tlenu oraz ciśnienie w komorze są cały czas automatycznie kontrolowane. Po procesie rozdrabniania uzyskuje się: drobną frakcję bogatą w węgiel i metale, frakcję magnetyczną, frakcję złożoną z Al i Cu oraz niskiej gęstości mieszaninę tworzyw sztucznych i papieru. W dalszym etapie wszystkie wydzielone materiały są sortowane, a drobne frakcje wprowadza się do specjalnej wanny z wodą. W ten sposób lit zawarty w drobnych cząstkach reaguje z wodą z wydzielaniem cząsteczek wodoru. Ze względu na ciągłe mieszanie zawartości wanny i dozowanie materiału w sposób kontrolowany, niebezpieczeństwo nagromadzenia $H_2$jest ograniczone. Odzysk Li z roztworu zawierającego wodorotlenek litu następuje poprzez dodawanie sody lub kwasu fosforowego. W celu uzyskania pozostałych metali stosowane są metody oparte na procesach hydrometalurgicznych.

Wśród najbardziej obiecujących i pośród rozwijających się w ostatnich latach technik recyklingu akumulatorów litowo-jonowych, wymienia się technologie biologiczne, wykorzystujące działania mikroorganizmów do odzysku metali. W powyższych procesach stosowane są bakterie kwasolubne m.in. *Acithiobacillus ferrooxidans*, które odgrywają istotną rolę w tzw. bioługowaniu i przenoszeniu metali z fazy stałej do fazy ciekłej. Bezpośredni mechanizm procesu polega na mineralnej biooksydacji, w wyniku czego komórki mikroorganizmów mogą utlenić nierozpuszczalne w wodzie siarczki metali do rozpuszczalnych siarczanów z zastosowaniem elektronów pochodzących bezpośrednio z materiałów. W celu zwiększenia efektywności, zalecane jest prowadzenie metody w środowisku bogatym w substancje odżywcze dla bakterii.

Z uwagi na specyfikę produktu jakim są akumulatory litowo-jonowe, wszystkie opisane wyżej przemysłowe metody recyklingu to bardzo skomplikowane technologiczne procesy, wymagające wyspecjalizowanych instalacji, budowanych wysokim nakładem finansowym. Ponadto szczegóły technologii często objęte są obostrzeniami patentowymi, co ogranicza możliwość ich swobodnego wykorzystania i wymusza możliwość opracowania własnych metod lub zakupu istniejących technologii przez podmioty chcące zajmować się recyklingiem.

Niemniej jednak odzyskiwanie pierwiastków ziem rzadkich wydaje się być koniecznością z uwagi na środowiskowy i społeczny kontekst związany z pozyskiwaniem surowców do produkcji akumulatorów do pojazdów elektrycznych.

Baterie litowo-jonowe – jako akumulator energii w pojazdach elektrycznych oraz magazyny energii dla instalacji OZE – są obecnie jednym z istotnych elementów działań podejmowanych w celu ograniczenia zmian klimatu. Wykorzystywanie akumulatorów litowo-jonowych wiąże się jednak z koniecznością pozyskania znaczącej ilości surowców do ich wytwarzania. Przykładowo bateria samochodu elektrycznego (np. Tesla Model S) zawiera około 12 kilogramów litu; magazyn energii o mocy kilku MW oznacza zapotrzebowanie rzędu kilku ton surowca.

Popyt na lit rośnie wykładniczo, a jego cena podwoiła się w latach 2016-2018. Według firmy doradczej Cairn Energy Research Advisors zapotrzebowanie na akumulatory litowo-jonowe ma wzrosnąć ze 100 gigawatogodzin (GWh) rocznej produkcji w 2017 r. do prawie 800 GWh w 2027 r.

William Adams, szef badań w Metal Bulletin, mówi, że obecny wzrost popytu jest widoczny od 2015 roku, kiedy to chiński rząd ogłosił dążenie do elektryfikacji transportu w swoim 13. planie pięcioletnim. Doprowadziło to do ogromnego wzrostu liczby realizowanych projektów związanych z wydobyciem litu, a „w przygotowaniu są kolejne setki", mówi Adams.

Paradoksalnie działania podejmowane na rzecz ochrony środowiska jednocześnie wywołują negatywne zmiany w środowisku. Wydobycie litu niezbędnego do umożliwienia transformacji energetycznej może stać się poważnym problemem dla środowiska naturalnego. „Jednym z największych problemów środowiskowych powodowanych przez nasz niekończący się głód najnowszych, inteligentnych urządzeń jest narastający kryzys związany z wydobyciem surowców mineralnych, szczególnie tych niezbędnych do produkcji akumulatorów", mówi Christina Valimaki, analityk w Elsevier.

W Ameryce Południowej największym problemem jest woda. „Trójkąt litowy" kontynentu, który obejmuje części Argentyny, Boliwii i Chile, zawiera ponad połowę światowych zasobów tego metalu. To także jedno z najbardziej suchych miejsc na ziemi – a proces pozyskania litu wymaga dostarczania znacznych ilości wody. Wydobywając lit, górnicy zaczynają od wiercenia otworu w grotach solnych i wypompowywania bogatej w minerały solanki na powierzchnię. Następnie pozostawiają ją do odparowania przez kilka miesięcy, tworząc mieszaninę manganu, potasu, boraksu i soli litu, która jest następnie filtrowana i umieszczana do dalszego odparowywania; proces ten jest wielokrotnie powtarzany. Po upływie od 12 do 18 miesięcy mieszanina przefiltrowana jest na tyle, aby możliwe było wydobycie węglanu litu. Jest to stosunkowo tani i skuteczny proces, ale zużywa dużo wody – około 1900 $m^3$ (1900 ton) na tonę litu. W chilijskim Salar de Atacama działalność wydobywcza pochłonęła 65 procent wody w regionie. Ma to duży wpływ na lokalnych rolników – hodujących komosę ryżową i lamy stadne – na obszarze, na którym niektóre społeczności muszą już czerpać wodę z innych niż dotychczas źródeł.

W procesie uzyskiwania litu istnieje również ryzyko – jak miało to miejsce w Tybecie – wycieku toksycznych chemikaliów z basenów parowania do sieci wodociągowej. Należą do nich chemikalia, w tym kwas chlorowodorowy, które są stosowane w przetwarzaniu litu do postaci użytkowej, a także te produkty odpadowe, które są odsączane z solanki na każdym etapie przetworzenia. W Australii i Ameryce Północnej lit jest wydobywany ze skały przy użyciu bardziej tradycyjnych metod, ale nadal wymaga użycia chemikaliów w celu wydobycia go w przydatnej formie. Badania w Nevadzie wykazały wpływ na środowisko wodne (m.in. ryby) aż do 150 mil w dół rzeki od miejsca przetwarzania litu.

Według raportu Friends of the Earth ekstrakcja litu nieuchronnie niszczy glebę i powoduje zanieczyszczenie powietrza. W argentyńskim Salar de Hombre Muerto miejscowi twierdzą, że operacje uzyskiwania litu doprowadziły do skażenia strumieni używanych przez ludzi i zwierzęta gospodarskie oraz do nawadniania upraw. W Chile dochodziło do starć między firmami wydobywczymi a lokalnymi społecznościami, które twierdzą, że wydobycie litu pozostawia krajobraz zniszczony przez góry porzuconych odpadów po wydobyciu i kanałów wypełnionych skażoną wodą o nienaturalnym niebieskim odcieniu. „Jak każdy proces wydobywczy, również ten jest inwazyjny, niszczy krajobraz, niszczy zwierciadło wody, zanieczyszcza ziemię i lokalne studnie" – powiedział Guillermo Gonzalez, ekspert w zakresie baterii litowych z University of Chile, w wywiadzie z 2009 roku. „To nie jest zielone rozwiązanie – to wcale nie jest rozwiązanie".

Ale lit niekoniecznie jest składnikiem nowoczesnych akumulatorów, z którego zastosowaniem wiążą się największe problemy. Jest stosunkowo obfity i teoretycznie może być wytwarzany z wody morskiej w przyszłości, choć w wyniku bardzo energochłonnego procesu. Uzyskiwanie dwóch innych kluczowych składników, kobaltu i niklu, jest związane z ogromnym kosztem społecznym i środowiskowym. Kobalt występuje w ogromnych ilościach w całej Demokratycznej Republice Konga i Afryce Środkowej i prawie nigdzie indziej. Cena surowca wzrosła czterokrotnie w ciągu ostatnich kilku lat. W przeciwieństwie do większości metali, które nie są toksyczne podczas wydobycia, kobalt jest wyjątkowo szkodliwy, jak twierdzi Gleb Yushin, dyrektor techniczny i założyciel firmy Sila Nanotechnologies zajmującej się materiałami akumulatorowymi.

„Jednym z największych wyzwań związanych z kobaltem jest to, że znajduje się on w jednym kraju", dodaje. Kobalt można uzyskiwać w stosunkowo łatwy sposób, po przekopaniu gruntu, więc istnieje bardzo silna motywacja, aby to zrobić i sprzedać surowiec, a w rezultacie istnieje wiele motywacji do niebezpiecznych i nieetycznych zachowań. Kongo jest domem dla „rzemieślniczych kopalń", gdzie kobalt jest wydobywany ręcznie z ziemi, często przy użyciu pracy dzieci, bez wyposażenia ochronnego.

## 3.2. Aktualna sytuacja prawna w sektorze zagospodarowania wyeksploatowanych instalacji OZE oraz baterii do pojazdów elektrycznych

Podstawowym aktem prawnym, który obowiązuje w Polsce w odniesieniu do recyklingu komponentów instalacji OZE oraz baterii pojazdów elektrycznych, jest Ustawa z dnia 14 grudnia 2012 r. o odpadach (t.j. Dz.U. 2019 poz. 701).

W ustawie definiowane są m.in. takie pojęcia istotne z punktu widzenia badanego zagadnienia, jak:

- recykling – rozumie się przez to odzysk, w ramach którego odpady są ponownie przetwarzane na produkty, materiały lub substancje wykorzystywane w pierwotnym celu lub innych celach; obejmuje to ponowne przetwarzanie materiału organicznego (recykling organiczny), ale nie obejmuje odzysku energii i ponownego przetwarzania na materiały, które mają być wykorzystane jako paliwa lub do celów wypełniania wyrobisk (art. 3 ust. 1 pkt. 23);
- ponowne użycie – rozumie się przez to działanie polegające na wykorzystywaniu produktów lub części produktów niebędących odpadami ponownie do tego samego celu, do którego były przeznaczone (art. 3 ust. 1 pkt. 18);
- przetwarzanie – rozumie się przez to procesy odzysku lub unieszkodliwiania, w tym przygotowanie poprzedzające odzysk lub unieszkodliwianie (art. 3 ust. 1 pkt. 21);
- przygotowanie do ponownego użycia – rozumie się przez to odzysk polegający na sprawdzeniu, czyszczeniu lub naprawie, w ramach którego produkty lub części produktów, które wcześniej stały się odpadami, są przygotowywane do tego, aby mogły być ponownie wykorzystywane bez jakichkolwiek innych czynności wstępnego przetwarzania (art. 3 ust. 1 pkt. 22);
- odpady – rozumie się przez to każdą substancję lub przedmiot, których posiadacz pozbywa się, zamierza się pozbyć lub do których pozbycia się jest obowiązany (art. 3 ust. 1 pkt. 6);
- odzysk – rozumie się przez to jakikolwiek proces, którego głównym wynikiem jest to, aby odpady służyły użytecznemu zastosowaniu przez zastąpienie innych materiałów, które w przeciwnym przypadku zostałyby użyte do spełnienia danej funkcji, lub w wyniku którego odpady są przygotowywane do spełnienia takiej funkcji w danym zakładzie lub ogólnie w gospodarce (art. 3 ust. 1 pkt. 14);
- odpady niebezpieczne – odpady wykazujące co najmniej jedną spośród właściwości niebezpiecznych; właściwości powodujące, że odpady są odpadami niebezpiecznymi, oraz warunki uznania odpadów za niebezpieczne, z wyjątkiem warunków uznania odpadów za posiadające właściwości zakaźne, określają przepisy rozporządzenia Komisji (UE) nr 1357/2014 z dnia 18 grudnia 2014 r. zastępującego załącznik III do dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady 2008/98/WE w sprawie odpadów oraz uchylającej niektóre dyrektywy (Dz. Urz. UE L 365 z 19.12.2014, str. 89, z późn. zm.), zwanego dalej „rozporządzeniem (UE) nr 1357/2014", oraz rozporządzenia Rady (UE) 2017/997 z dnia 8 czerwca 2017 r. zmieniającego załącznik III do dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady 2008/98/WE w odniesieniu do niebezpiecznej właściwości HP 14 „Ekotoksyczne" (Dz. Urz. UE L 150 z 14.06.2017, str. 1), zwanego dalej „rozporządzeniem (UE) 2017/997".

Zgodnie z art. 17 Ustawy o odpadach, hierarchia postępowania z odpadami jest następująca:

1) zapobieganie powstawaniu odpadów;

2) przygotowywanie do ponownego użycia;
3) recykling;
4) inne procesy odzysku;
5) unieszkodliwianie.

Zatem to przygotowanie do ponownego użycia i recykling powinny być podstawowym sposobem przetworzenia zużytych części instalacji OZE oraz wyeksploatowanych baterii do pojazdów elektrycznych.

Zagospodarowanie odpadów po wyeksploatowanych instalacjach OZE oraz zużytych baterii do pojazdów elektrycznych jest realizowane przez podmioty posiadające stosowne zezwolenie na przetwarzanie odpadów. Zezwolenie jest udzielane przez marszałka województwa w drodze decyzji administracyjnej, na podstawie wniosku.

Recykling **siłowni wiatrowych** realizowany w sposób zgodny z prawem jest możliwy wyłącznie pod warunkiem posiadania pozwoleń na realizację procesów odzysku:

- R3 Recykling lub odzysk substancji organicznych, które nie są stosowane jako rozpuszczalniki (w tym kompostowanie i inne biologiczne procesy przekształcania);
- R5 Recykling lub odzysk innych materiałów nieorganicznych.

Odpady kompozytowe powstające w procesie likwidacji elektrowni wiatrowej nie są przypisane do jednolitej, wyłącznej grupy wg kodu odpadów i są traktowane różnie przez podmioty dokonujące likwidacji (np. kod 16 02 16 Elementy usunięte z zużytych urządzeń inne niż wymienione w 16 02 15, 17 02 03 Tworzywa sztuczne). Powodować to może niewłaściwe z punktu widzenia ochrony środowiska, ale teoretycznie zgodne z prawem postępowanie z odpadami.

Konieczność recyklingu **paneli fotowoltaicznych** wynika wprost z Dyrektywy WEEE, ustawy z dnia 14 grudnia 2012 r. o odpadach (t.j. Dz. U. z 2019 r. poz. 701) oraz ustawy z dnia 11 września 2015 r. o zużytym sprzęcie elektrycznym i elektronicznym (t.j. Dz.U. 2019 poz. 1895). Zgodnie z ostatnią z przywołanych ustaw panele fotowoltaiczne należą do 4 i 5 grupy sprzętu i wymaga się w ich przypadku:

- dla zużytego sprzętu powstałego ze sprzętu należącego do grup sprzętu nr 1 i 4 określonych w załączniku nr 1 do ustawy: a) odzysku – 85% masy zużytego sprzętu oraz b) przygotowania do ponownego użycia i recyklingu – 80% masy zużytego sprzętu;
- dla zużytego sprzętu powstałego ze sprzętu należącego do grup sprzętu nr 5 i 6 określonych w załączniku nr 1 do ustawy: a) odzysku – 75% masy zużytego sprzętu oraz b) przygotowania do ponownego użycia i recyklingu – 55% masy zużytego sprzętu;

Sytuację prawną w sektorze zagospodarowania zużytych **akumulatorów pojazdów elektrycznych** na Terenie Unii Europejskiej regulują tzw. dyrektywa bateryjna [DYREKTYWA 2006/66/WE PARLAMENTU EUROPEJSKIEGO I RADY z dnia 6 września 2006 r. w sprawie baterii i akumulatorów oraz zużytych baterii i akumulatorów oraz uchylająca dyrektywę 91/157/EWG] oraz tzw. Dyrektywa ELV [DYREKTYWA PARLAMENTU EUROPEJSKIEGO I RADY 2000/53/WE z dnia 18 września 2000 r. w sprawie pojazdów wycofanych z eksploatacji].

W krajach poza Unią Europejską, w których ilość pojazdów elektrycznych jest znacząca (krajach wiodących w segmencie pojazdów elektrycznych), podejmowane są działania na rzecz prawnego uregulowania sposobów postępowania z bateriami do pojazdów elektrycznych.

W USA nie istnieją żadne przepisy federalne dotyczące zbierania i recyklingu modułów fotowoltaicznych o obniżonej trwałości; z tego powodu obowiązują ogólne krajowe przepisy dotyczące odpadów.

Stan Kalifornia opracował przepisy obowiązujące w jego granicach, dotyczące zarządzania zużytymi modułami fotowoltaicznymi. W Kalifornii w 2014 r. zaproponowano wprowadzenie przepisu, który upoważnia Departament Kontroli Substancji Toksycznych do zmiany klasyfikacji modułów fotowoltaicznych wycofanych z eksploatacji, zidentyfikowanych jako odpady niebezpieczne, do grupy odpadów uniwersalnych. Ustawa obowiązuje obecnie w Kalifornii.

W lipcu 2017 r. w stanie Waszyngton uchwalono ustawę modyfikującą system zachęt podatkowych w energii odnawialnej i wprowadzono program zwrotu i recyklingu modułów fotowoltaicznych wycofanych z eksploatacji. Zgodnie z prawem, producenci modułów fotowoltaicznych muszą przygotować plany zarządzania produktem, w których opisują, w jaki sposób będą finansować program zwrotu i recyklingu oraz jaki mają plan lokalizacji punktów zwrotu modułów fotowoltaicznych. Producent zamiast uczestnictwa w programie stanowym, może uczestniczyć w programie krajowym. Producenci, którzy sprzedają panele fotowoltaiczne w stanie Waszyngton po 1 lipca 2017 r. są odpowiedzialni za zapewnienie recyklingu swoich jednostek, w tym jego finansowanie. Producenci, którzy nie są w stanie zapewnić recyklingu, nie mogą sprzedawać paneli fotowoltaicznych po 1 stycznia 2021 r.

Chiny w 2018 r. wprowadziły pilotażowy program recyklingu akumulatorów do pojazdów elektrycznych w 17 miastach i regionach - poinformowało chińskie Ministerstwo Przemysłu i Technologii Informacyjnych. Ministerstwo w ogłoszeniu opublikowanym na swojej stronie internetowej podało informację, że miasta i regiony zachęcać będą producentów samochodów do zakładania punktów recyklingu i współpracy z producentami akumulatorów, dealerami samochodów używanych i sprzedawcami złomu w celu budowy regionalnych systemów recyklingu.

Stwierdzono, że należy zmobilizować cały łańcuch przemysłowy, aby zapewnić właściwy poziom odzysku zużytych akumulatorów EV. Ministerstwo ma zamiar ściśle kontrolować liczbę nowych przedsiębiorstw zajmujących się recyklingiem baterii i w pełni wykorzystywać istniejące bazy recyklingu w Chinach w celu promowania zrównoważonego rozwoju w sektorze. Ministerstwo obiecało również opracować politykę wspierania recyklingu baterii, w pełni wykorzystując istniejące zachęty podatkowe i tworząc innowacyjne nowe metody finansowania.

Ministerstwo opublikowało już projekt przepisów mających stworzyć „platformę zarządzania identyfikowalnością" mającą na celu śledzenie całego cyklu życia akumulatorów samochodów elektrycznych od produkcji do unieszkodliwienia.

## 3.3. Analiza rynku

### 3.3.1. Komponenty siłowni wiatrowych

**Obecna wielkość i potencjał rynku (prognozy wielkości rynku)**

Wielkość rynku recyklingu elektrowni wiatrowych jest w dużej mierze pochodną ilości, mocy, wagi oraz wieku działających instalacji.

W 2018 r. moc elektrowni wiatrowych zainstalowanych **w Europie** wynosiła łącznie 189 GW (170 GW w farmach lądowych, a 19 GW w morskich), co stanowiło 18,9% mocy zainstalowanej. Moc źródeł wiatrowych w krajach UE wyniosła 179 GW.

W Polsce zainstalowana moc elektrowni wiatrowych na koniec 2017 r. wynosiła 5,8 GW. Od 3 lat nie nastąpiły istotne zmiany w ilości mocy zainstalowanej w elektrowniach wiatrowych w kraju.

**Tabela 4. Dane dotyczące produkcji energii w siłowniach wiatrowych w Polsce w latach 2000-2017**

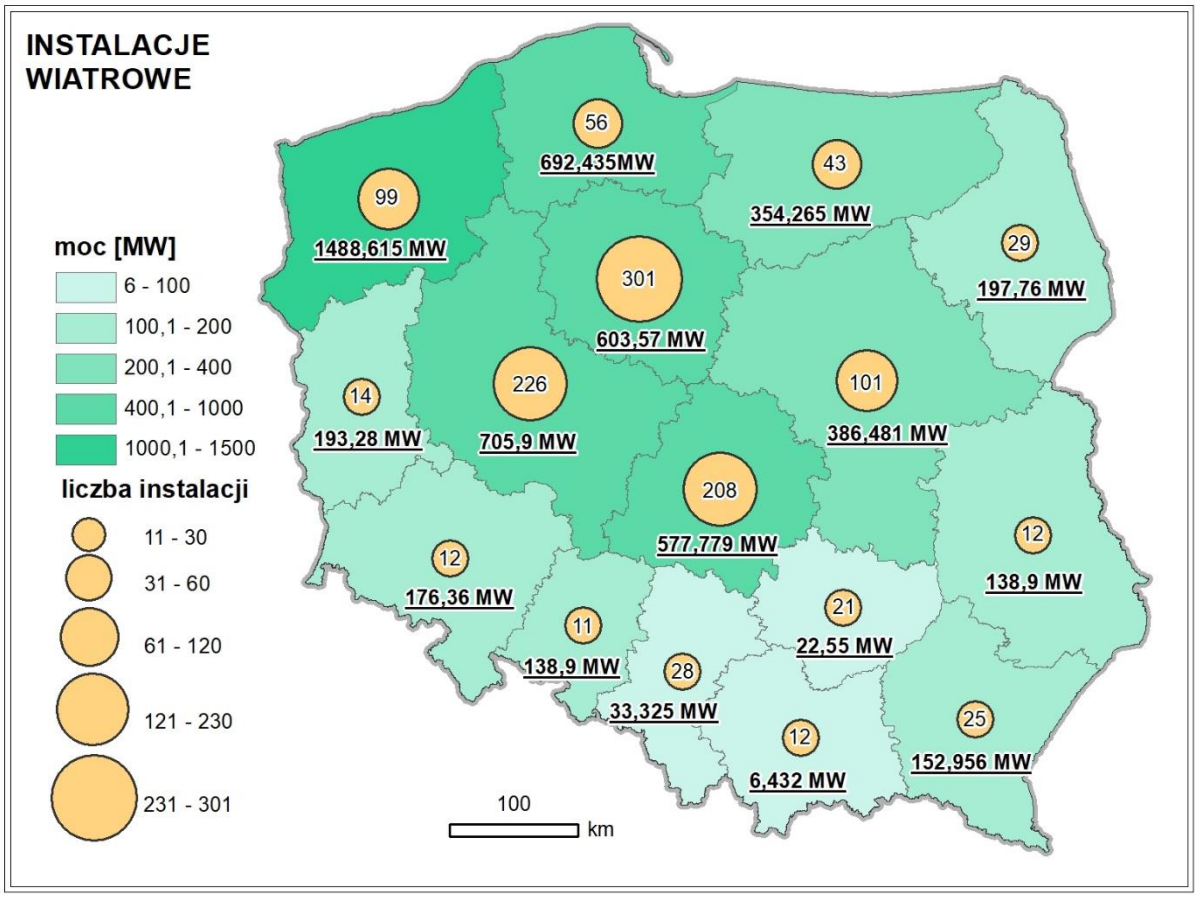
| Rok | Produkcja energii w elektrowniach wiatrowych (GUS) [GWh] | Roczny wzrost | Całkowita produkcja energii elektrycznej w Polsce [GWh] | Udział produkcji energii z siłowni wiatrowych w | Moc zainstalowana [MW] |
|---|---|---|---|---|---|

| | | | | całości produkcji energii | |
|---|---|---|---|---|---|
| 2000 | 5,4 | | 145 200 | 0,00% | 4,74 |
| 2001 | 14 | ≈+159% | 145 600 | 0,01% | 27,74 |
| 2002 | 61 | 336% | 144 100 | 0,04% | 28,34 |
| 2003 | 124 | 103% | 151 600 | 0,08% | 58,34 |
| 2004 | 142,3 | 15% | 154 200 | 0,09% | 63 |
| 2005 | 135,5 | -5% | 156 900 | 0,09% | 83,3 |
| 2006 | 256,1 | 89% | 161 700 | 0,16% | 152 |
| 2007 | 521,6 | 104% | 159 300 | 0,33% | 287,9 |
| 2008 | 836,8 | 60% | 155 500 | 0,54% | 451 |
| 2009 | 1077,3 | 29% | 151 700 | 0,71% | 724,7 |
| 2010 | 1664,3 | 54% | 157 658 | 1,06% | 1 180,30 |
| 2011 | 3204,5 | 93% | 163 548 | 1,96% | 1 616,40 |
| 2012 | 4746,6 | 48% | 162 139 | 2,93% | 2 497 |
| 2013 | 6003,8 | 26% | 164 557 | 3,65% | 3 390 |
| 2014 | 7675,6 | 28% | 159 058 | 4,83% | 3 834 |
| 2015 | 10 858,40 | 41% | 164 944 | 6,58% | 4 582 |
| 2016 | 12 587,60 | 16% | 166 634 | 7,55% | 5 807 |
| 2017 | 14 909,00 | 18% | 170 465 | 8,75% | 5 858 |
| 2018 | 12 798,8 | -14% | 170 039 | 7,53% | 5 864 |

*Źródło: GUS (Gospodarka paliwowo-energetyczna), opracowanie własne*

Rozmieszczenie instalacji wiatrowych w Polsce, mające wpływ na zapotrzebowanie na usługi recyklingu w poszczególnych regionach, jest zależne w dużej mierze od warunków wietrznych. Siłownie wiatrowe w większości pracują na północy i w centrum kraju. Będzie to istotne z punktu widzenia późniejszych kosztów transportu zużytych łopat.

**Rysunek 11. Rozmieszczenie siłowni wiatrowych w Polsce**




*Źródło: opracowanie własne*

Jak wynika z badań literaturowych oraz rozmów z ekspertami, większość siłowni wiatrowych instalowanych przed 2010 r. były to siłownie używane, sprowadzone do Polski z Europy Zachodniej, częściowo wyeksploatowane. Według wypowiedzi właściciela firmy Thornmann Recycling Sp. z o.o., ilość starych, wyeksploatowanych siłowni wiatrowych, która została przywieziona z krajów Europy Zachodniej i jest obecnie użytkowana w Polsce, jest bardzo duża. Z publikacji prasowych z początku dekady również wynika, iż elektrownie wiatrowe instalowane w Polsce do 2010 r. to w ogromnej większości siłownie używane[31]. W związku z tym ich potencjalną długość życia technicznego należy ocenić na krótszą niż wynikałoby to z momentu ich montażu. Po 2010 r. sytuacja rynkowa uległa zmianie z powodu możliwości dofinansowania budowy siłowni wiatrowych ze środków UE, znaczącej poprawy efektywności urządzeń dostępnych na rynku i tym samym zmniejszenia opłacalności montażu używanych elektrowni. Obecnie obowiązująca ustawa z dnia 20 lutego 2015 r. o odnawialnych źródłach energii (Dz.U. 2019 poz. 1524, Dz.U. 2018 poz. 2389) zezwala na pierwszy udział w aukcji na sprzedaż energii z odnawialnych źródeł z instalacji powstałych: dla energii wiatru na lądzie – w terminie 33 miesięcy od dnia zamknięcia sesji aukcji, dla energii wiatru na morzu – w terminie 72 miesięcy od dnia zamknięcia sesji aukcji, oraz instalacji zmodernizowanych dla których poniesione i udokumentowane nakłady na modernizację takiej instalacji wyniosły nie mniej niż 40% kosztów kwalifikowanych wybudowania nowej referencyjnej instalacji. Oznacza to, że w systemie wsparcia produkcji energii z

[31] https://www.newsweek.pl/polska/walka-z-uzywanymi-wiatrakami/bfx14ml (dostęp 29.11.2019 r.)

OZE uczestniczyć mogą praktycznie wyłącznie nowe lub używane, ale istotnie odtworzone siłownie wiatrowe.

Z informacji uzyskanych od ekspertów branżowych wynika, że ilości obecnie wyłączanych z eksploatacji siłowni wiatrowych i przekazywanych do przetworzenia łopat wirników są bardzo małe – rzędu kilkudziesięciu – kilkuset Mg rocznie. Thornmann Recycling Sp z o.o., jedna z kilku firm działających na polskim rynku, odbiera rocznie do kilkuset ton siłowni wiatrowych do utylizacji. Wynika to z braku opłacalności procesu przetwarzania jak takiego i konieczności ponoszenia kosztów utylizacji / recyklingu. Podczas gdy gondole, części napędowe, wieże stalowe wiatraków mogą być przetworzone, a materiał użyty do ich budowy może zostać odzyskany (ewentualnie części napędowe mogą służyć jako części zamienne w przypadku standardowych modeli siłowni), to wyeksploatowane łopaty wiatraków są obecnie składowane.

W przyszłych okresach prognozowany jest znaczący wzrost ilości zużytych kompozytowych części siłowni wiatrowych, które będą wymagać zagospodarowania – co jest pochodną znaczącego wzrostu mocy zainstalowanej w latach po 2006 r. Na potrzeby niniejszego opracowania określono potencjał rynku recyklingu zużytych łopat wirników siłowni wiatrowej. Ponieważ nie są dostępne precyzyjne dane o ilości zainstalowanych elektrowni wiatrowych (URE gromadzi dane o ilości i mocy farm wiatrowych, bez określenia liczby pracujących jednostek), masa kompozytów, które wymagać będą przetworzenia, została określona na bazie przeciętnej masy łopat w przeliczeniu na 1 MW mocy zainstalowanej. W analizie wzięto pod uwagę zarówno dane o masie łopat siłowni wiatrowych starszego typu, jak i dane z urządzeń nowoczesnych; dane z elektrowni lądowych, jak i morskich.

**Tabela 5. Przeciętna masa łopat wirników siłowni wiatrowych w przeliczeniu na 1 MW mocy zainstalowanej**

| | moc [MW] | masa [Mg] | stosunek masa/moc [Mg/MW] |
|---|---|---|---|
| SEEWIND 25/132 | 0,132 | 0,42 | 3,18 |
| Euros EU116 | 2,50 | 15,00 | 6,00 |
| GE Wind Energy 1.5s | 1,65 | 5,00 | 3,03 |
| Quantum Blade | 6,00 | 25,00 | 4,17 |
| Vestas V164 | 9,50 | 35,00 | 3,68 |
| Smulders Steel Construction Poland (Farma wiatrowa Zagórze) | 2,00 | 6,50 | 3,25 |
| **Średnia** | | | **3,89** |

*Źródło: opracowanie własne*

Masa łopat siłowni wiatrowych to najczęściej ok. 3-4 Mg / MW mocy zainstalowanej. Obliczona wartość pozwala ocenić potencjalną ilość kompozytów do przetworzenia w przyszłych latach przy założeniu, że okres eksploatacji siłowni nie przekroczy 20 lat dla większości urządzeń sprzed 2010 r. (lub że konieczna będzie istotna modernizacja najstarszych urządzeń, w tym wymiana łopat wirnika) oraz będzie wynosić ok. 25 lat dla siłowni nowszych, instalowanych po 2010 r.

Część łopat siłowni wiatrowych wymaga zagospodarowania również z powodu awarii samoistnych, spowodowanych zmęczeniem materiału, kolizjami z ptakami, oblodzeniem, błędami w eksploatacji: „Do najczęstszych uszkodzeń gondoli należy zaliczyć (Bakoń, 2011, s. 46) uszkodzenia: przekładni (21%), generatora (17%), łożysk (15%), wirnika (14%), hamulców (5%), układów hydraulicznych (4%), sterowania (3%). Według badań T. Bakonia w latach 2001–2011 udokumentowano (Bakoń, 2011, s. 47): 169 uszkodzeń łopat wirnikowych, 150 pożarów, 92 uszkodzenia materiału, 22 oblodzenia. Poza tym powstały 72 szkody w transporcie, 88 kolizji z ptakami, 72 z winy człowieka, a także 221 – z niesklasyfikowanych przyczyn.

Struktura procentowa szkód dla turbin od 1–2,5 MW okazała się następująca: systemy CMS/SCADA (31%); elektronika (21%); przekładnia (20%); wirnik i łopaty (11%); generatory (11%); wiatr (7%); fundamenty (1%); wieża (1%).

W latach 2009–2011 średnioroczna liczba szkód wynosi: oberwanie łopat 19, pożarów 10, uszkodzeń materiałów 12, oblodzeń 1, kolizje z ptakami 14, z winy człowieka 8, niesklasyfikowane 26. W Polsce w tym czasie było eksploatowanych 859 wiatraków."[32]

Bazując na przytoczonych danych, odsetek elektrowni wiatrowych, które wymagają wymiany łopat z uwagi na uszkodzenia, wynosić może ok. 1-2%. Biorąc pod uwagę unowocześnienie eksploatowanych obecnie farm wiatrowych w stosunku do urządzeń z początku dekady, do ilości łopat wymagających zagospodarowania wynikającej z naturalnego odtworzenia mocy dodano 1% masy łopat w działających instalacjach, która wymaga recyklingu z powodu awarii.

Poniżej prezentowana jest oszacowanie ilości łopat wirników siłowni wiatrowych, która wymagać będzie zagospodarowania w przyszłych okresach.

[32] Wieteska S., „Ocena ryzyka eksploatacji lądowych elektrowni wiatrowych w Polsce dla potrzeb ich ubezpieczeń od niektórych zdarzeń losowych", Finanse, Rynki Finansowe, Ubezpieczenia nr 1/2017 (85), s. 528

**Tabela 6. Oszacowanie wielkości odpadów kompozytowych z siłowni wiatrowych wymagających przetworzenia**

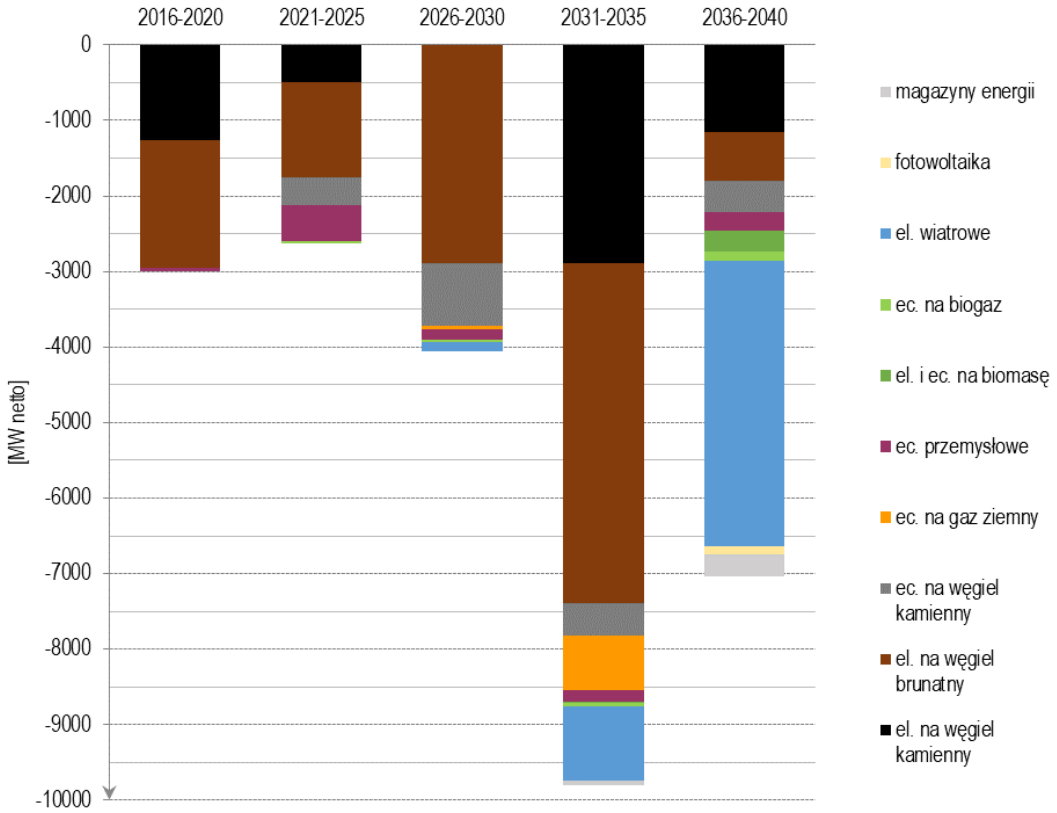
| Rok | Moc zainstalowana [MW] | Masa kompozytów (łopaty) w działających siłowniach [Mg] | Wycofanie / modernizacja siłowni wiatrowych / rok [MW] | Masa kompozytów (łopaty) w wycofywanych z eksploatacji rocznie [Mg] | Awarie łopat siłowni wiatrowych (ok. 1% mocy rocznie) - waga kompozytów [Mg/rok] | Łączna waga kompozytów siłowni wiatrowych do zagospodarowania rocznie [Mg] |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *2020* | 9 497 | 36 900,59 | 59,64 | 231,72 | 369,01 | **600,73** |
| *2025* | 10 299 | 40 016,76 | 69,27 | 269,15 | 400,17 | **669,32** |
| *2030* | 13 416 | 52 127,86 | 489,91 | 1 903,54 | 521,28 | **2 424,82** |
| *2035* | 15 329 | 59 560,83 | 1 391,77 | 5 407,73 | 595,61 | **6 003,33** |
| *2040* | 17 746 | 68 952,08 | 2 630,23 | 10 219,75 | 689,52 | **10 909,28** |

Prezentowane oszacowanie pokrywa się co do wartości z danymi dla krajów Europy Zachodniej, w której proces wymiany mocy i konieczności recyklingu łopat wirników przypuszczalnie jest przyspieszony o kilka lat. W Europie działa ok. 77 tysięcy elektrowni wiatrowych, z czego około 640 zostało rozłożonych w 2017 roku. W samej tylko Danii zlikwidowano 174 turbiny wiatrowe generujące dotychczas niemal 100 megawatów mocy (przy łącznej mocy zainstalowanej na koniec 2018 r. wynoszącej 5758 MW[33]). Według danych BWE (Bundesverband WindEnergie) w 2017 r. w Niemczech zastąpiono w 2017 r. 150 turbin, w 2018 r. – 111[34]. Według różnych źródeł, w Niemczech zainstalowanych jest ok. 50-60 tys. MW mocy w siłowniach wiatrowych[35,36]. Ilość zainstalowanych elektrowni wiatrowych szacować można na blisko 30 tys. sztuk (28 675 w 2017 r. i 29 213 szt. w 2018 r.)[37]. Liczba wycofywanych z eksploatacji lub modernizowanych turbin wiatrowych na podstawie wartości przedstawionych w tabeli powyżej to ok. 30-50 – czyli kilka razy mniej niż w Danii oraz porównywalnie – biorąc pod uwagę zainstalowaną moc – do Niemiec. Prognozy Niemieckiego Stowarzyszenia Energetyki Wiatrowej (Bundesverband WindEnergie – BWE) dotyczące ilości rozbiórek lub istotnych modernizacji siłowni wiatrowych w Niemczech mówią o 1000 do nawet 2500 sztuk siłowni rocznie objętych modernizacją do 2025 r., co dać ma w efekcie konieczność zagospodarowania nawet 140 tys. Mg kompozytów w tym okresie (czyli ok. 20-30 tys. Mg rocznie)[38]. Biorąc pod uwagę, że moc siłowni wiatrowych w Niemczech jest obecnie ok. 10 razy większa niż w Polsce oraz przesunięcie czasowe demontażu wynikające z późniejszego rozwoju energetyki wiatrowej w Polsce, prognoza ok. 2,5 tys. Mg kompozytów rocznie wymagających przetworzenia ok. 2030 r. wydaje się być zasadna.

Wielkość rynku recyklingu może zostać również oszacowana na podstawie danych zawartych w projekcie uaktualnionej Polityki energetycznej Polski do 2040 r.[39] Jak wynika z dokumentu, prognoza trwałych odstawień elektrowni wiatrowych wynosić ma w okresie 2026-2030 r. -121 MW mocy, w okresie 2031-2035 r. -987 MW, w okresie 2036-2040 r. -3778 MW. Wartości te stanowią odpowiednio ok. 10% prognozowanej przez nas ilości modernizowanej mocy w okresie 2026-2030 r., ok. 20% w okresie 2031-2035 r. i ok. 30-40% w okresie 2036-2040 r. Oznacza to, że w późniejszych okresach postępować będzie proces wyłączania wyeksploatowanych siłowni wiatrowych zamiast procesu modernizacji istniejących jednostek. Jednocześnie ilości planowanych odstawień podawane przez Ministerstwo Energii zawierają się w wartościach prognozowanych przez zespół badawczy, a udział elektrowni wyłączanych harmonijnie wzrasta – można zatem przypuszczać, że oszacowania zespołu badawczego pokrywają się z prognozami PEP 2040.

[33] https://spidersweb.pl/bizblog/orsted-haliade-x-energia-wiatrowa/
[34] https://wyborcza.pl/7,155287,25378813,czeka-nas-zalew-zlomu-z-niemiec-za-zachodnia-granica-glowia.html
[35] https://www.windbranche.de/windenergie-ausbau/deutschland
[36]https://www.osw.waw.pl/pl/publikacje/komentarze-osw/2019-09-25/kryzys-branzy-wiatrowej-w-niemczech-kolejne zagrozenie-dla
[37] https://de.statista.com/statistik/daten/studie/20116/umfrage/anzahl-der-windkraftanlagen-in-deutschland-seit-1993/
[38] https://www.br.de/nachrichten/deutschland-welt/weshalb-windraeder-auch-muell-produzieren,RNQXQfD
[39] Polityka energetyczna Polski do 2040 r., aktualizacja 2019 r., Załącznik 2 - Wnioski z analiz prognostycznych dla sektora paliwowo-energetycznego

**Rysunek 12. Prognoza trwałych odstawień jednostek wytwórczych w latach 2016-2040**




*Źródło: Polityka energetyczna Polski do 2040 r., aktualizacja 2019 r., Załącznik 2 - Wnioski z analiz prognostycznych dla sektora paliwowo-energetycznego*

### Możliwości przetworzenia i składowania

Możliwości przetworzenia kompozytów z siłowni wiatrowych w Polsce zgodnie z dostępnymi technologiami recyklingu są w Polsce następujące:

- recykling mechaniczny – istnieje co najmniej jedna linia do przetwarzania odpadów kompozytowych na granulat, który może być użyty w procesach produkcyjnych; potencjał instalacji jest znacznie wyższy od obecnego zapotrzebowania na usługi recyklingu;
- recykling termiczny – piroliza oraz spalanie – nie są znane instalacje przemysłowe, w których realizowany byłby recykling z zastosowaniem pirolizy i odzyskiem włókien szklanych i węglowych lub spalania np. jako paliwo alternatywne w cementowniach; niewykluczone, że kompozyty trafiają jako paliwo alternatywne do instalacji spalania, jednak ich skład – w tym istotna frakcja niepalna – powodować może komplikacje w realizacji procesu recyklingu termicznego.

Składowanie kompozytów z siłowni wiatrowych według polskiego prawa jest zabronione – zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Gospodarki z dnia 16 lipca 2015 r. w sprawie dopuszczania odpadów do składowania na składowiskach zakazane jest składowanie frakcji palnej, tj. odpadów o cieple spalania powyżej 6 MJ suchej masy.

### Opłacalność recyklingu

Na opłacalność procesów recyklingu wpływają:

- nakłady inwestycyjne;
- ponoszone koszty procesu recyklingu;
- przychody od właścicieli odpadów;
- przychody ze sprzedaży surowców, materiałów powstających w wyniku procesu recyklingu oraz produktów wytworzonych z udziałem recyklatów.

Koszty inwestycji w linie recyklingu są znaczące – linia do recyklingu mechanicznego (rozdrabniania), niezbędna do uzyskania granulatu mogącego być surowcem lub paliwem, to koszt zależny od wydajności linii, charakterystyki uzyskiwanych surowców itd.; jak wynika z danych uzyskanych w toku badania koszt ten to min. 1,5 mln PLN. Koszty instalacji do pirolizy kompozytów nie są znane z uwagi na praktycznie brak zastosowań pirolizy tych materiałów w przemyśle. Dodatkowe koszty budowy instalacji do spalania kompozytów, ponadstandardowe w stosunku do kosztów budowy typowej instalacji spalania frakcji RDF, również nie są znane z uwagi na brak powszechnego występowania tego typu instalacji.

Istotnym elementem zyskowności procesu recyklingu są koszty bieżące. Dla instalacji rozdrabniania zwraca się uwagę na wysokie koszty noży będących częścią instalacji, niezbędnych do realizacji procesu rozdrabniania. Znaczącą część kosztów stanowią również koszty energii i wynagrodzeń pracowników.

Przychody od właścicieli odpadów w obecnej sytuacji prawnej nie są znaczącym źródłem dochodów – wiele części kompozytowych elektrowni wiatrowych jest magazynowanych, mimo wyznaczonego przez Ustawę o odpadach maksymalnego okresu magazynowania równego 1 rok. Część kompozytów jest przetwarzana przez podmioty posiadające zezwolenie na realizację stosownych procesów recyklingu, ale realizujących sam proces w sposób niewłaściwy, opisany we wcześniejszej części opracowania, ponosząc minimalne koszty zagospodarowania odpadów. W związku z tym możliwość uzyskania wpływów od posiadaczy odpadów, pokrywających koszty procesu recyklingu, jest istotnie ograniczona.

Przychody ze sprzedaży surowców, materiałów po procesie recyklingu – nie jest znana wielkość rynku, stawki za materiały uzyskane w procesach recyklingu z uwagi na niewielką skalę zastosowań przemysłowych dostępnych technologii. Przychody ze sprzedaży gotowych produktów – materiały, surowce uzyskane w procesie recyklingu mogą być użyte do produkcji półproduktów i wyrobów z kompozytów, których sprzedaż może być źródłem zysków, a dostępność taniego materiału zapewniać podniesienie poziomu zyskowności.

Z informacji uzyskanych w toku wywiadów pogłębionych oraz podczas paneli eksperckich wynika, że potencjalna opłacalność recyklingu kompozytów używanych przy budowie siłowni wiatrowych opiera się na sprzedaży wyrobów gotowych wytworzonych z surowców wtórnych uzyskanych w toku recyklingu, takich jak granulat czy włókna węglowe.

**Podmioty gospodarcze obecne na rynku**

Obecnie na rynku działa kilkanaście podmiotów deklarujących możliwość realizacji procesu recyklingu zużytych elementów siłowni wiatrowych, w tym kompozytów z łopat wirników. Najważniejsze przedsiębiorstwa zajmujące się recyklingiem komponentów technicznych odnawialnych źródeł energii, to Stena Recycling Sp. z .o., Remondis Sp. z o.o., Thornmann Recycling Sp. z o.o. Przedsiębiorstwa świadczące tego typu usługi recyklingu, aby działać zgodnie z zasadami ochrony środowiska i przepisami prawa, powinny mieć pozwolenie na realizację procesów odzysku i recyklingu R3 i R5:

- R3 – Recykling lub odzysk substancji organicznych, które nie są stosowane, jako rozpuszczalniki (w tym kompostowanie i inne biologiczne procesy przekształcania);
- R5 – Recykling lub odzysk innych materiałów nieorganicznych.

Jak wynika z danych uzyskanych od właściciela Thornmann Recycling Sp. z o.o. – tylko ten podmiot posiada obecnie możliwość właściwego z punktu widzenia ochrony środowiska i obowiązujących przepisów recyklingu kompozytów będących składnikami łopat wirników siłowni wiatrowych. Podmioty, które podejmują się realizacji usług recyklingu zużytych elementów siłowni wiatrowych, części z kompozytów rozdrabniają, mieszają z gruzem i ziemią, stosując uzyskany materiał do rekultywacji, stabilizacji skarp składowisk odpadów.

**Instytucje niekomercyjne obecne na rynku**

Najważniejszymi instytucjami obecnymi na rynku międzynarodowym, związanymi z odnawialnymi źródłami energii i ich recyklingiem, są:

- Międzynarodowa Agencja Energii Odnawialnej (IRENA – International Renewable Energy Agency) – organizacja wspierająca poszczególne kraje w przechodzeniu do zrównoważonej energetycznie gospodarki, służy jako platforma współpracy międzynarodowej, promuje wiedzę na temat energii odnawialnej, zrównoważone wykorzystanie wszystkich form energii odnawialnej, w tym bioenergii, energii geotermalnej, wodnej, oceanicznej, słonecznej i wiatrowej;
- Bureau of International Recycling – globalne stowarzyszenie przemysłu recyklingu, skupiające ok. 800 przedsiębiorstw i 35 federacji z 70 krajów.

W Polsce nie działają instytucje, które skupiałyby się na wspieraniu rynku recyklingu w OZE i elektromobilności. Z jednej strony w sektorze działają podmioty, które wspierają produkcję energii ze źródeł odnawialnych i elektromobilność, z drugiej zaś – podmioty skupiające przedsiębiorstwa działające w obszarze gospodarki odpadami. W pierwszej grupie wymienić można:

- Polskie Stowarzyszenie Energetyki Wiatrowej;
- Polskie Towarzystwo Morskiej Energetyki Wiatrowej;
- Stowarzyszenie Energii Odnawialnej;
- Polskie Stowarzyszenie Energetyki Słonecznej.

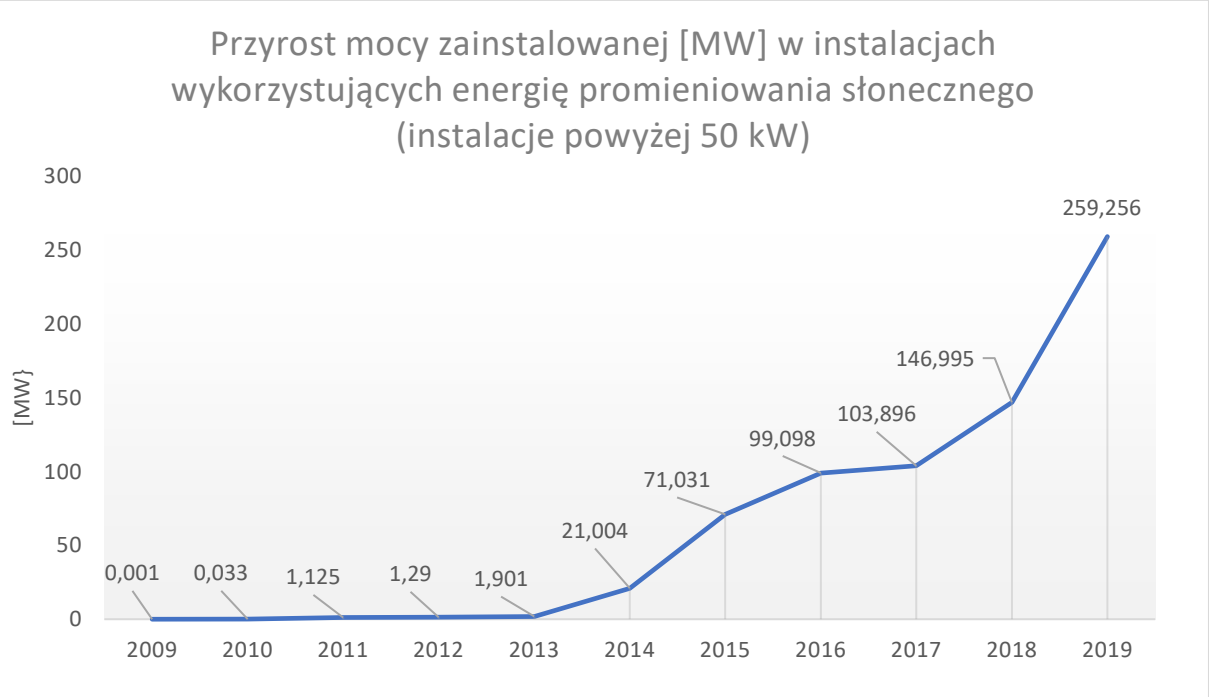
W drugiej grupie działają m.in.:

- Związek Pracodawców Gospodarki Odpadami;
- Polska Izba Gospodarki Odpadami;
- Klaster Gospodarki Odpadami i Recyklingu.

### 3.3.2. Komponenty instalacji fotowoltaicznych oraz paneli słonecznych

Zgodnie z danymi URE moc zainstalowana w instalacjach wykorzystujących energię promieniowania słonecznego datuje się od 2009 r., kiedy to wskazano moc 0,001 MW i dopiero w 2011 r. wartość ta przekroczyła wielkość 1 MW (1,125 MW). Poniższa tabela wskazuje wzrost mocy zainstalowanej w fotowoltaice od roku 2009 do 30.09.2019 r.

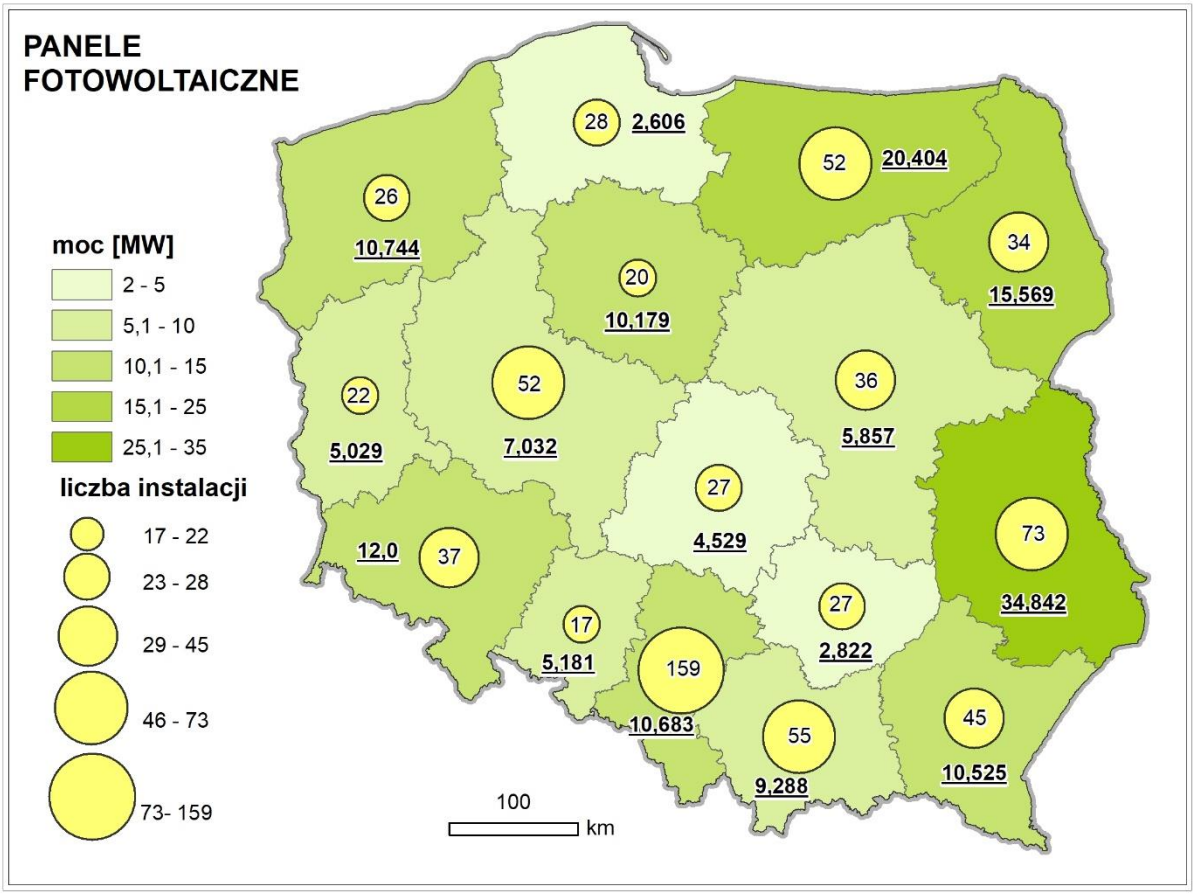
**Rysunek 13. Przyrost mocy zainstalowanej w instalacjach wykorzystujących energię promieniowania słonecznego**




*Źródło: URE*

Jednakże, należy mieć na uwadze, że dane URE obejmują jedynie instalacje odnawialnego źródła energii, które uzyskały koncesję na wytwarzanie energii lub wpis do rejestru działalności regulowanej prowadzonego przez prezesa URE (rejestr wytwórców małej energii), czyli ujęte są jedynie instalacja o łącznej mocy zainstalowanej powyżej 50 kW tzn. w przypadku energii pochodzącej z fotowoltaiki dane te nie obejmują mikroinstalacji, które w chwili obecnej stanowią ok. 80% instalacji fotowoltaicznych.

**Rysunek 14. Moc zainstalowana w panelach fotowoltaicznych, zarejesrtowana**




*Źródło: opracowanie własne*

W podziale na województwa (stan na marzec 2019), największa moc w panelach fotowoltaicznych (w instalacjach powyżej 50 kW) zainstalowana jest w województwach wschodniej Polski – lubelskie (34,84 MW), podlaskie (15,57 MW), warmińsko – mazurskie (20,40 MW). Jednakże zgodnie z danymi URE o wygranych z aukcji OZE planuje się, że najwięcej instalacji powstanie w województwie dolnośląskim (135 MW), Warmińsko- Mazurskim (93 MW) oraz mazowieckim (90 MW).

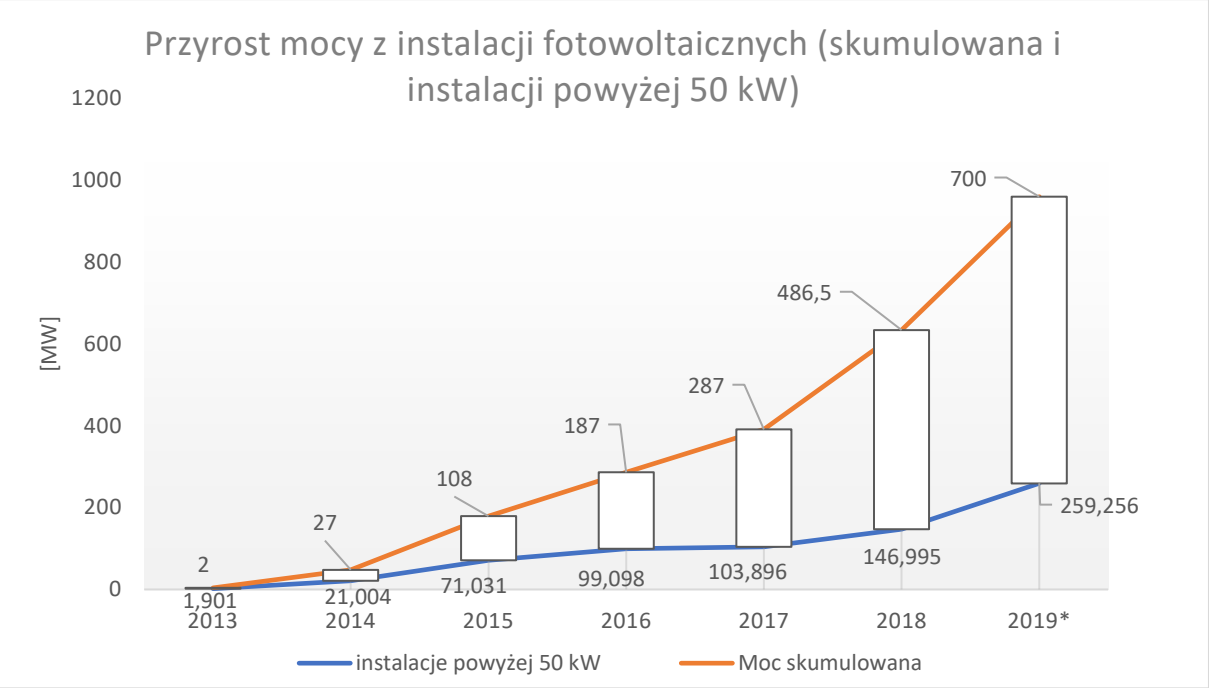
Zgodnie z opracowaniem Rynek Fotowoltaiki w Polsce[40], łączna moc zainstalowana w źródłach fotowoltaicznych, w połowie roku 2019, mogła wynieść ok. 700 MW. Pełna statystyka mocy zainstalowanej w źródłach fotowoltaicznych obejmuje:

- mikroinstalacje fotowoltaiczne – o mocy do 50 kW, których łączna moc na koniec 2018 roku wynosiła 350 MW, a w połowie 2019 roku mogła wynieść ok 400 MW;
- małe instalacje fotowoltaiczne – o mocy od 50 kW do 500 kW, których łączna moc na koniec kwietnia 2019 roku wyniosła 33 MW;
- instalacje PV o mocy powyżej 500 kW, które w znacznej części powstały w ramach systemu świadectw pochodzenia – szacuje się, że moc tych instalacji może przekroczyć 75 MW;

[40] Rynek Fotowoltaiki w Polsce, IEO, Warszawa, czerwiec 2019

- instalacje PV, które wygrały aukcje OZE i zostały już zrealizowane o łącznej mocy ok. 170 MW – w większości są to instalacja o mocy zbliżonej do 1 MW, ale występują też tu pojedyncze instalacje o mocy poniżej 500 kW.

**Rysunek 15. Skumulowany przyrost mocy z instalacji fotowoltaicznych (mikroinstalacje + instalacje)**




*Źródło: opracowanie własne*

Biorąc pod uwagę, że przeciętna żywotność paneli fotowoltaicznych wynosi ok 25 lat, na rynku nie ma jeszcze dużej ilości odpadów pochodzących z paneli. Na rynek odpadów trafiają obecnie jedynie panele, które uległy uszkodzeniu lub miały wady fabryczne, oraz pojedyncze panele, które zostały zainstalowane na początku tego wieku lub zostały wymienione ze względu na ich małą wydajność w porównaniu ze współczesnymi.

Przewiduje się, że pierwsze panele fotowoltaiczne zaczną wpływać na rynek odpadów w okolicach roku 2034, a w większych ilościach w roku 2040. Przyjmując, że w okolicy roku 2015 panele przeciętnie posiadały moc ok 250 W, można oszacować, że przy mocy zainstalowanej ok. 108 MW (w roku 2015), w 2040 na rynku odpadów może pojawić się 432 000 zużytych paneli, a w roku 2044 będzie to już 2 800 000 paneli. Przy założeniu, że panel waży średnio ok. 20 kg można przewidzieć ok. 8 640 Mg odpadów w 2040 roku i 56 000 Mg odpadów do roku 2044. Wielkość rzeczywista może jednak różnić się od oszacowanej ze względu na to, że panele nie tracą całkowicie swojej mocy po 25 latach użytkowania, a jedynie ulega ona redukcji o ok. 20%, co przy instalacjach domowych (niekomercyjnych) nie musi być przesłanką konieczną do ich wymiany.

**Potencjał rynku (prognozy wielkości rynku)**

Zgodnie z projektem Krajowego planu na rzecz energii i klimatu na lata 2021-2030[41] przyjmuje się , że tempo przyrostu nowych mocy dla dużych instalacji przyłączanych do sieci elektroenergetycznej wyniesie ok 75 MW/rok a dla małych instalacji o charakterze prosumenckim (instalacje dachowe)

[41] (publikacja ze stycznia 2019 r.)

wyniesie ok 50 MW/rok. Z analiz wynika, że fotowoltaika będzie najszybciej rozwijającą się technologią wśród małych instalacji i mikroinstalacji w budynkach.

Rynek fotowoltaiki jest rynkiem prężnie się rozwijającym. Polityka Energetyczna Polski do 2040 roku [42]przewiduje, że elektrownie fotowoltaiczne będą miały po roku 2035 największą ilość mocy zainstalowanej energii elektrycznej, która w roku 2035 powinna wynieść 11 670 MW, zaś w 2040 16 062. Produkcja energii elektrycznej będzie wzrastać od 2,0 TWh w 2020 roku do 14,8 TWh w roku 2040.

**Możliwość przetworzenia i składowania**

Panele fotowoltaiczne mogą być przetworzone w 100% i nie ma potrzeby składowania, któregokolwiek z jego elementów. W chwili obecnej jednaj ze względu na mały rynek odpadów pochodzących z paneli nie wytworzyły się firmy specjalizujące się w recyklingu tego typu odpadów. Części takie jak aluminiowe ramy oraz szkło przetwarzane są w tradycyjnych zakładach zajmujących się recyklingiem metali i szkła, zaś moduły krzemowe z paneli są w chwili obecnej składowane na wysypiskach i tylko nieliczne poddawane są recyklingowi w instalacjach badawczych. Jednakże, w chwili powstania na rynku polskim przedsiębiorstw posiadających technologię umożliwiającą odzysk krzemu z tych paneli powinno się je poddać recyklingowi. Jednakże istotne jest by składowane panele przechowywać w odpowiedni sposób, zabezpieczający przed uszkodzeniem/połamaniem modułów krzemowych, gdyż recykling uszkodzonego modułu może być droższy niż modułu bez uszkodzeń.

**Opłacalność recyklingu**

W chwili obecnej, na polskim rynku, ciężko mówić o opłacalności recyklingu paneli fotowoltaicznych, gdyż tylko jedna firma dokonuje takich działań, nie odzyskując krzemu z modułów fotowoltaicznych, a mieląc je i dodając do kompozytów.

Zgodnie z informacjami uzyskanymi podczas prowadzonych badań odzysk krzemu z modułów fotowoltaicznych może się opłacać w przypadku, gdy są one wykonane z 99,9% krzemu i niezanieczyszczone żadnymi dodatkami. Pierwotne pozyskanie krzemu do wykorzystania w panelach jest bardzo energochłonny i jego odzysk ze zużytych już elementów może okazać się opłacalny. Jedynym warunkiem jest pozyskanie nieuszkodzonych modułów do recyklingu o zawartości krzemu min. 99,9%. W przypadku uszkodzonych modułów oraz takich z większą ilością zanieczyszczeń, bardziej opłacalne może się okazać ich mielenie i dodawanie do mieszanek kompozytowych. Opłacalność recyklingu związanego z odzyskiem krzemu będzie rosła wraz ze wzrostem ceny krzemu i postępem technologicznym umożliwiającym zoptymalizowanie procesów recyklingu.

Autorzy publikacji" End of life managment – solar photovoltaic panel" oszacowali, że w 2030 roku powstanie około 8 milionów ton odpadów z paneli fotowoltaicznych, których wartość po przetworzeniu może wynieść ok 450 milionów USD i wyprodukowanych z nich mogłoby być 60 milionów nowych paneli o sumarycznej mocy 18 GW. Zgodnie z tym samym opracowaniem, wartość odpadów w 2050 r. szacuje się już kwotę ok 15 miliardów USD, a ilość nowych paneli możliwych do wyprodukowania na 2 miliardy szt. o łącznej mocy 630 GW.

[42] (publikacja listopad 2019 r.)

**Podmioty gospodarcze obecne na rynku**

Panele fotowoltaiczne można zaklasyfikować do poniższych grup odpadów:

- 16 02 14 – zużyte urządzenia inne niż wymienione w 16 02 09 do 16 02 13;
- 16 02 13* – zużyte urządzenia zawierające niebezpieczne elementy inne niż wymienione w 16 02 09 do 16 02 12;
- 20 01 36 – zużyte urządzenia elektryczne i elektroniczne inne niż wymienione w 20 01 21, 20 01 23 i 20 01 35;
- 20 01 35* – zużyte urządzenia elektryczne i elektroniczne inne niż wymienione w 20 01 21 i 20 01 23, zawierające niebezpieczne składniki.

Zgodnie z danymi przedstawionymi w Bazie Danych Odpadowych w Polsce działa ok. 55 podmiotów prowadzących recykling sprzętu elektrycznego i elektronicznego, o którym mowa w ustawie z dnia 11 września 2015 r. o zużytym sprzęcie elektrycznym i elektronicznym zajmuje się recyklingiem odpadów, o kodach wymienionych powyżej. Jednakże zgodnie z wiedzą pozyskana podczas prowadzenia badań do niniejszego dokumentu, w chwili obecnej na polskim rynku znajduje się tylko jedna firma oferująca recykling całych paneli fotowoltaicznych, łącznie z modułami krzemowymi i posiadająca wszystkie potrzebne ku temu pozwolenia oraz opatentowaną technologię. W pozostałych przypadkach, tak jak to było wcześniej opisywane, recykling paneli polega jedynie na odzysku szkła i metali, a moduły krzemowe są składowane.

**Instytucje niekomercyjne obecne na rynku**

W Polsce nie ma działających instytucji niekomercyjnych, które prowadziłyby recykling paneli fotowoltaicznych na skalę przemysłową. Jedynie instytucje naukowo-badawcze, w tym w szczególności Wydział Chemii na Politechnice Gdańskiej, prowadzą takie prace, ale w mikroskali, na potrzeby prowadzonych badań.

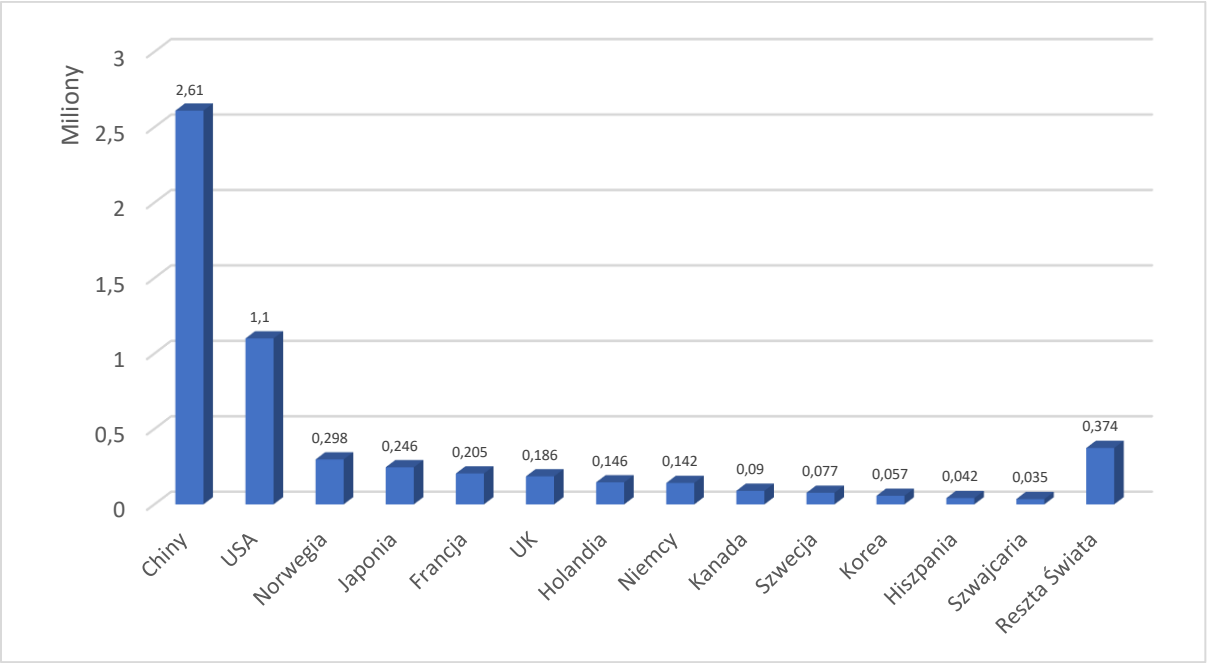
### 3.3.3. Akumulatory pojazdów elektrycznych

**Obecna wielkość rynku**

Według danych niemieckiego Centrum Energii Słonecznej i Badań nad Wodorem (ZSW), na koniec roku 2018 łączna liczba samochodów elektrycznych na świecie przekroczyła 5,6 miliona[43]. Globalna sprzedaż samochodów hybrydowych i elektrycznych rośnie bardzo dynamicznie od kilku lat, więc pierwsze generacje akumulatorów osiągają właśnie kres swych możliwości technologicznych. Według ostatniego raportu grupy badawczej Circular Energy Storage[44], w roku 2018 światowy rynek akumulatorów litowo-jonowych z pojazdów wycofanych z eksploatacji sięgnął już niemal 1,3 mld USD.

[43] https://www.electrive.net/2019/02/11/zahl-der-e-fahrzeuge-klettert-weltweit-auf-56-millionen/ (dostęp 29.11.2019)
[44] http://www3.weforum.org/docs/GBA_EOL_baseline_Circular_Energy_Storage.pdf (dostęp 28.11.2019)

**Rysunek 16. Szacowana liczba aut elektrycznych na świecie na koniec roku 2018 z podziałem na główne kraje**




*Źródło: opracowanie własne*

W Polsce liczba samochodów elektrycznych również rośnie bardzo dynamicznie. Najnowsza aktualizacja licznika elektromobilności wskazuje, że w październiku 2019 roku po terenie Polski poruszało się 7 884 samochodów elektrycznych. Od stycznia do października 2019 r., zarejestrowano 3 250 takich aut, czyli o 100% więcej niż w tym samym okresie poprzedniego roku. Jest to jednak wciąż zbyt mała ilość i zbyt krótki okres ich użytkowania, aby w kraju wykształcił się rynek akumulatorów z pojazdów wycofanych z eksploatacji.

**Potencjał rynku (prognozy wielkości rynku)**

Aktualne prognozy wskazują, że na świecie w 2040 roku na drogach będzie się poruszać 500 mln samochodów elektrycznych (na 2 mld pojazdów ogółem), a ich sprzedaż sięgnie 35% wszystkich sprzedawanych pojazdów[45]. Oczekuje się, że globalny rynek recyklingu akumulatorów wzrośnie w roku 2025 do 3,5 mld USD, natomiast rynek akumulatorów wykorzystywanych ponownie może osiągnąć wtedy poziom nawet 4,2 mld USD. Ilość i moc zużytych akumulatorów pojazdów elektrycznych szacuje się w ujęciu globalnym na 1,1 mln sztuk i 46,54 MWh w 2030 r., 2,6 mln szt. i 103,84 MWh w 2035 r. oraz 5,4 mln szt. i 215,2 MWh w 2040 r.[46] Jak już wspominano akumulatory wymontowywane ze zużytych aut w pierwszej kolejności sprawdzają się w systemach magazynowania energii, a dopiero gdy ich wydajność wyklucza tego typu zastosowanie są poddawane recyklingowi. Rozwój fabryk produkujących akumulatory, ale też i instalacji do ich recyklingu najdynamiczniej postępuje w Azji, szczególnie w Chinach, w których, jak podaje wspomniany raport ZSW, obecnie jeździ niemal połowa (46,5%) wszystkich aut elektrycznych świata. Obecnie udział Europy w globalnej ilości samochodów elektrycznych szacuje się na ok. 20%, czyli podobnie jak Stanów Zjednoczonych. Chcąc dołączyć do ścisłej czołówki kraje UE w roku 2017 zawiązały sojusz na rzecz baterii (European Battery Alliance – EBA), mający na celu rozwój branży akumulatorów w krajach członkowskich, w tym również rynku ich

[45] https://about.bnef.com/blog/electric-vehicles-to-be-35-of-global-new-car-sales-by-2040/ (dostęp 29.11.2019)
[46] Prospects for electric vehicle batteries in a circular economy, Drabik E., Rizos V., CEPS Research Report 2018/05, lipiec 2018 https://circulareconomy.europa.eu/platform/sites/default/files/circular_economy_impacts_batteries_for_evs.pdf

recyklingu. W ramach tego programu obecnie rozwijane są istniejące i wdrażane nowe technologie recyklingu w krajach takich jak Francja, Niemcy czy Belgia.

Plan Rozwoju Elektromobilności w Polsce, bardzo optymistycznie zakłada, iż do roku 2025 liczba pojazdów elektrycznych na Polskich drogach ma osiągnąć ok. 1 mln szt. Inny dokument, jakim jest Strategia Zrównoważonego Rozwoju Transportu do 2030 roku, znacznie ostrożniej prognozuje wzrost floty samochodów elektrycznych i hybrydowych w roku 2030 do poziomu ok. 600 tys. sztuk. Jeszcze bardziej ostrożne prognozy płyną z raportu Polish EV Outlook 2019, przygotowanego przez Polskie Stowarzyszenie Paliw Alternatywnych i firmę doradczą Frost&Sullivan, w którym wskazano, że przy optymalnym wykorzystaniu środków Funduszu Niskoemisyjnego Transportu, całkowity park pojazdów elektrycznych w Polsce wyniesie w 2025 r. ok. 300 tys.

W raporcie „Analiza stanu rozwoju oraz aktualnych trendów rozwojowych w obszarze elektromobilności w Polsce" wykonanym przez Atmoterm S.A. i Forum Elektromobilności szacuje się, że w zależności od przyjętego scenariusza w zakresie prognozowanego stanu floty pojazdów elektrycznych, w roku 2025 będzie od 65 tys. do 1 mln akumulatorów litowo-jonowych, których żywotność szacowana jest aktualnie na sześć do dziesięciu lat eksploatacji w pojeździe. Oznacza to, że akumulatory z obecnie sprzedawanych, nowych samochodów elektrycznych będą wycofywane z użytku w pojazdach za około osiem lat, czyli począwszy od 2027 roku.

Tak naprawdę niezmiernie trudno precyzyjnie oszacować liczbę aut elektrycznych i hybrydowych w perspektywie najbliższych lat, ponieważ ostatecznie zależeć ona będzie nie tylko od sytuacji rynkowej, ale przede wszystkim wprowadzanych mechanizmów zachęt, jak wprowadzenie systemu dopłat, czy zwolnień z podatku VAT. Z całą pewnością można jednak powiedzieć, że w perspektywie najbliższych 5 lat pojawi się strumień odpadów, z którym obecnie jeszcze nie mamy do czynienia, jakim będą zużyte akumulatory pojazdów elektrycznych. Ponadto należy prognozować bardzo dynamiczny wzrost ich wolumenu w latach kolejnych, który będzie naśladował trendy globalne.

**Możliwości przetworzenia i składowania**

Zużyte akumulatory z pojazdów elektrycznych są odpadem niebezpiecznym, który w świetle obowiązujących wymogów prawa krajowego i unijnego nie może być składowany z uwagi na możliwość samozapłonu lub nawet wybuchu. Ponadto ich transport podlega przepisom o transporcie odpadów niebezpiecznych (ADR). Z tego względu wszystkie wycofywane z użytku akumulatory powinny podlegać zbieraniu i właściwemu przetworzeniu. Zgodnie z istniejącymi przepisami na poziomie unijnym, państwa członkowskie muszą zapewnić, że producenci baterii i akumulatorów samochodowych lub osoby trzecie stworzą systemy zbierania zużytych baterii i akumulatorów samochodowych od użytkowników końcowych lub z łatwo dostępnych punktów zbierania położonych w ich najbliższej okolicy, w przypadku gdy zbieranie nie odbywa się w ramach systemów ustanawianych na mocy dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady 2000/53/ WE z dnia 18 września 2000 r. w sprawie pojazdów wycofanych z eksploatacji. W przypadku baterii i akumulatorów samochodowych pochodzących z prywatnych pojazdów niewykorzystywanych do celów komercyjnych systemy takie nie mogą pociągać za sobą żadnych kosztów dla użytkowników końcowych pozbywających się zużytych baterii lub akumulatorów ani obowiązku zakupu nowej baterii lub akumulatora.

**Opłacalność recyklingu**

Jak opisano w rozdziale 3.1.3, obecnie stosowane przemysłowe procesy recyklingu zużytych akumulatorów litowo-jonowych to skomplikowane technologiczne procesy hydro- i pirometalurgiczne, wymagające instalacji budowanych wysokim nakładem kosztów. Ich wadą jest też wysoka energochłonność, która ma dodatkowy wpływ na opłacalność prowadzonych procesów.

Jak wynika ze zgromadzonych informacji, koszty recyklingu baterii sięgać mogą kilku tysięcy funtów / Euro. Poniżej zestawiono dane dotyczące kosztów pozyskania, sortowania oraz recyklingu baterii do pojazdów elektrycznych.[47]

**Tabela 7. Koszty recyklingu baterii do pojazdów elektrycznych (2013)**

| Źródło danych (dane ze źródeł związanych z przemysłem zanonimizowane) | Koszt zebrania i sortowania [£/Mg] | Koszt recyklingu [£/Mg] | Łączny koszt [£/Mg] |
|---|---|---|---|
| Komisja Europejska (Duleep, 2011) | | | 820 |
| SAFEBAT Project | | | 4 100 |
| G&P Batteries Ltd. | 2 000 | 3 000 | 5 000 |
| Źródło 1 | | | Bez kosztów |
| Źródło 2 | | | 2 750 |
| Źródło 3 | 500 | 3 000 | 3 500 |
| **Średnia** | | | **3 234** |

*Źródło: Recycling of Tracked Li-ion EV Batteries, https://trl.co.uk/sites/default/files/PPR661.pdf*

W zależności od zastosowanych w pojazdach elektrycznych baterii, ich pojemności i tym samym ich wagi, koszty recyklingu w 2013 r. szacowano na ok. 485 funtów (ok. 2 500 PLN) dla baterii o wadze 150 kg do 970 funtów (ok. 5 000 PLN) dla baterii o wadze 300 kg. Biorąc pod uwagę możliwość zastosowania surowców wtórnych uzyskanych w procesie recyklingu, których ceny dodatkowo znacząco wzrosły w ciągu kilku ostatnich lat, ostateczny bilans finansowy samego procesu jest w dzisiejszych realiach dodatni. Biorąc pod uwagę niezbędne nakłady inwestycyjne na budowę centrów przetwarzania baterii litowo-jonowych,

W zależności od prowadzonego procesu uzyskiwany obecnie efekt to odzysk od wymaganych przez prawo 50% do 80% masy zużytych akumulatorów[48]. Co prawda procesy te są ekonomicznie opłacalne, lecz wciąż poszukiwane są bardziej efektywne i przyjazne środowisku rozwiązania. Aktualnie fazie badawczej lub wdrożeniowej są procesy umożliwiające odzysk nawet do 95% masy akumulatora. Oczywiście na cały proces recyklingu należy również patrzeć pod kątem środowiska, szczególnie w kontekście ograniczonych i w niedalekiej przyszłości możliwych do wyczerpania i złóż tzw. metali ziem rzadkich, jak lit, kobalt czy nikiel. Wtedy recykling stać się może głównym źródłem surowców koniecznych do dalszej produkcji.

**Podmioty gospodarcze obecne na rynku**

Jak już podkreślano, obecnie w kraju nie funkcjonuje jeszcze rozwinięty rynek wycofanych z eksploatacji akumulatorów z pojazdów elektrycznych. Według zebranych informacji w Polsce brak też jest jeszcze przemysłowej instalacji recyklingu tego typu akumulatorów. Podmioty mające w ofercie

[47] Recycling of Tracked Li-ion EV Batteries, Naberezhnykh D., Pabari S., Gentili V., Stone D., Arendorf J., Chapman A., 2013, https://trl.co.uk/sites/default/files/PPR661.pdf

[48] https://www.fortum.com/products-and-services/fortum-battery-solutions/recycling/lithium-ion-battery-recycling-solution (dostęp 02.12.2019)

ich recykling zbierają akumulatory litowo-jonowe i w kraju dokonują jedynie ich sortowania, a faktyczne przetworzenie odbywa się w instalacjach zlokalizowanych za granicą. Według danych BDO[49] obecnie jedynie 4 podmioty wpisane są do rejestru jako prowadzące proces R4 (recykling lub odzysk metali i związków metali) dla odpadu o kodzie w 16 06 05 (Inne baterie i akumulatory), do którego zalicza się typ akumulatorów litowo - jonowych. Głębsza analiza wskazuje, że spośród nich jedynie jeden podmiot - ORZEŁ BIAŁY S. A. ma wypełnioną rubrykę w dziale V - „Baterie i akumulatory, o których mowa w ustawie z dnia 24 kwietnia 2009 r. o bateriach i akumulatorach (Dz. U. z 2016 r. poz. 1803)". Zajmuje się on jednak jedynie recyklingiem akumulatorów kwasowo-ołowiowych.

Za granicą podejmowane są pierwsze próby budowy instalacji dokonujących kompleksowego recyklingu akumulatorów litowo-jonowych.

Jak wynika z informacji przedstawicieli władz regionu Yeonggwang w Korei Południowej, w prowincji Jeolla tego regionu, w 2020 r. powstanie pierwsze przedsiębiorstwo zajmujące się recyklingiem akumulatorów elektrycznych. Earthtech Co., południowokoreańska firma, zainwestuje 24 miliardy wonów (20,2 miliona USD) w realizację pierwszej fazy budowy centrum do marca 2020 roku. Nowe centrum będzie składać się z obiektów do demontażu, testowania wydajności zużytych akumulatorów oraz innych urządzeń do testów i badań.

Zużyte baterie, w zależności od ich stanu i pojemności, zostaną poddane recyklingowi jako systemy magazynowania energii. W centrum planowana jest również realizacja innych usług, w tym – odzyskiwanie litu, niklu, kobaltu i innych cennych metali, a także prowadzenie różnych badań i projektów biznesowych dotyczących akumulatorów do samochodów elektrycznych.

**Instytucje niekomercyjne obecne na rynku**

Brak podmiotów komercyjnych na rynku nie oznacza jednak całkowitego braku aktywności w sektorze. Zgodnie z uzyskanymi danymi w kraju prowadzone jest kilka projektów badawczo wdrożeniowych w zakresie recyklingu akumulatorów litowo-jonowych, jak np. Rozpoczęty w roku 2017 projekt RELION „Opracowanie innowacyjnej technologii przetwarzania odpadów bateryjnych w szczególności akumulatorów litowo-jonowych wykorzystywanych w systemowych magazynach energii elektrycznej", który realizowany jest przez konsorcjum przedsiębiorstw Research and Development for Life Sciences sp. z o.o. (RDLS sp. z o.o. - spółka spin-off Uniwersytetu Warszawskiego)) – jako Lidera oraz PGE Polska Grupa Energetyczna S.A. (PGE S.A.) i współfinansowany w ramach Programu sektorowego „PBSE", finansowanego ze środków w ramach Działania 1.2 „Sektorowe programy B+R" POIR w 2016 r. Programu Operacyjnego Inteligentny Rozwój 2014-2020 współfinansowanego ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego.

## 3.4. Analiza rynku polskiego względem wybranych krajów rozwiniętych

**Siłownie wiatrowe**

*Analiza konkurencyjności*

Jak już wspomniano, na polskim rynku działa kilka podmiotów mogących kompleksowo realizować zadania w zakresie recyklingu siłowni wiatrowych. Największe z nich to:

- Thornmann Recycling Sp. z o.o.

[49] https://rejestr-bdo.mos.gov.pl/web/rejestr-publiczny/lista#$top=100 (dostęp 02.12.2019)

- Remondis Electrorecycling
- Stena Recycling Sp. z o.o.

Podobna sytuacja wydaje się panować na większości rynków europejskich. Przykładowo w Niemczech wskazuje się jeden podmiot mogący realizować zadania w zakresie recyklingu kompozytów z siłowni wiatrowych w procesach mechanicznych. Kolejnym, jednostkowym, przykładem jest wspominana instalacja spalania odpadów w cementowni Lägerdorf (Holcim). W Danii, jak wspomniano, procesy przetwarzania kompozytów siłowni są realizowane również przez pojedyncze podmioty, często w procesach mających charakter pilotażowy.

*Wielkość rynku*

Jak wspomniano wcześniej, w 2018 r. moc elektrowni wiatrowych zainstalowanych w Europie wynosiła łącznie 189 GW (170 GW w farmach lądowych, a 19 GW w morskich), co stanowiło 18,9% mocy zainstalowanej. Moc źródeł wiatrowych w krajach UE wyniosła 179 GW. Moc instalacji siłowni wiatrowych w krajach wiodących w tym sektorze jest kilka razy większa w przeliczeniu na mieszkańca niż w Polsce – w Danii moc siłowni wiatrowych jest porównywalna z Polską, przy ok. 8-9-krotnie mniejszej liczbie mieszkańców; w Niemczech siłownie wiatrowe mają moc ok. 10 razy większą niż w Polsce przy tylko nieco ponaddwukrotnie większej liczbie mieszkańców.

Jak wcześniej zostało to określone, proces wymiany siłowni wiatrowych i ich recyklingu jest w Europie Zachodniej na znacznie późniejszym etapie niż w Polsce – już obecnie modernizuje się w nich ponad 100 siłowni wiatrowych rocznie (Dania, Niemcy), a do 2025 r. mowa jest o konieczności recyklingu tysięcy łopat turbin wiatrowych rocznie w każdym z krajów rozwiniętych pod względem energetyki wiatrowej.

**Panele fotowoltaiczne**

*Analiza konkurencyjności*

W chwili obecnej nie można mówić o konkurencyjności podmiotów przetwarzającym panele fotowoltaiczne w Polsce względem podmiotów prowadzących działalności w pozostałych krajach UE, ponieważ w Polsce nie wykształcił się jeszcze rynek odpadów pochodzących z paneli PV, a tym samym nie ma zapotrzebowania na tego typu usługi.

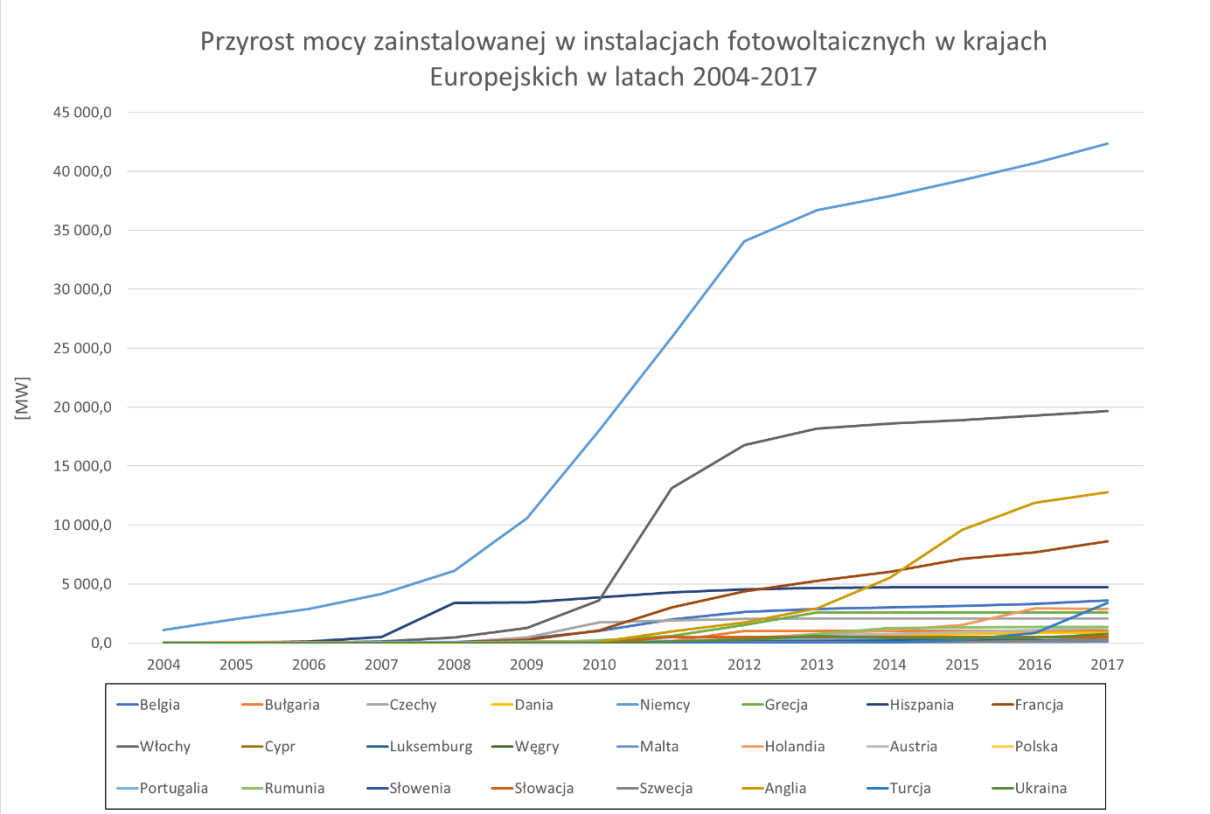
*Wielkość rynku / zapotrzebowanie (popyt)*

Rynek paneli fotowoltaicznych w Europie zaczął powstawać około 1993 roku, jednakże moc zainstalowana w instalacjach fotowoltaicznych była nieznaczna i wyniosła w sumie około 11 MW. W roku 2000 wartość ta wyniosła już około 183 MW, w tym ponad 60% zainstalowanej energii było w Niemczech. Od tego momentu rynek Niemiecki zaczął się bardzo dynamicznie rozwijać i w 2004 r. przekroczył granicę 1 GW mocy zainstalowanej w instalacjach fotowoltaicznych. W roku 2009 sumarycznie w Europie moc zainstalowana wyniosła ok. 10,4 GW, w tym 91% mocy zainstalowanej było w dwóch krajach – Niemczech i Hiszpani. Rynek Niemiecki nadal szybko się rozwijał, a Hiszpański mocno przystopował ze względu na uregulowania prawne wprowadzone w tym kraju, które spowodowały mocny zastój w lokalizacji nowych instalacji fotowoltaicznych. W pozostałych krajach Europy można zauważyć ciągły wzrost mocy zainstalowanej w panelach PV. Najwięcej mocy

zainstalowanej w instalacjach fotowoltaicznych jest w chwili obecnej w Niemczech, we Włoszech oraz Anglii. Najmniej – poniżej 100 MW w 2017 r, w takich krajach jak Irlandia, Chorwacja, Łotwa, Litwa, Finlandia, Norwegia, Północna Macedonia, Albania Serbia Bośnia i Hercegowina, Kosowo i Mołdawia. Dane Eurostatu za rok 2017 nie identyfikują w ogóle instalacji fotowoltaicznych w Gruzji, Czarnogórze, Islandii i Estonii. Pod kątem mocy zainstalowanej w instalacjach fotowoltaicznych Polska plasuje się mniej więcej w połowie.

Poniższy wykres przedstawia wzrost mocy zainstalowanej w panelach fotowoltaicznych w krajach europejskich na przestrzeni lat 2004-2017. Ze względu na czytelność danych nie ujęto w nim instalacji o mocy poniżej 100 MW w roku 2017.

**Rysunek 17. Przyrost mocy zainstalowanej w instalacjach fotowoltaicznych w krajach europejskich w latach 2004-2017**



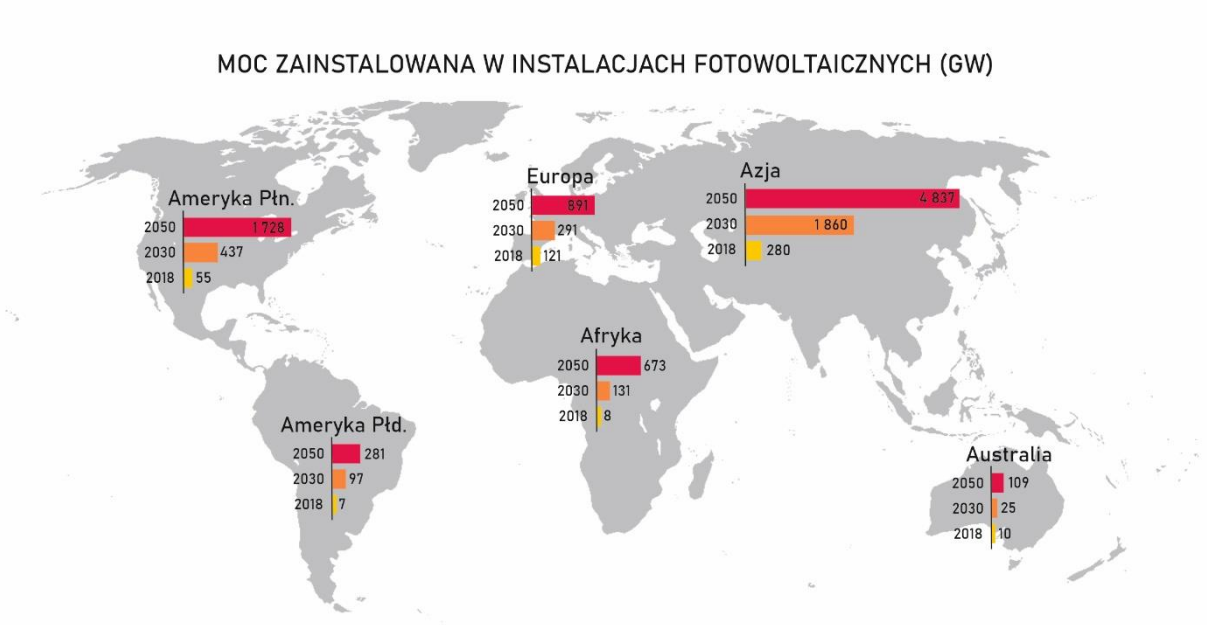

*Źródło: Eurostat*

Biorąc pod uwagę cały Świata rynek paneli fotowoltaicznych najdynamiczniej będzie rozwijać się w Azji. Zgodnie z publikacją IRENA[50][51] w 2030 roku można się spodziewać tam ok. 1860 GW (z czego 75% w Chinach) mocy zainstalowanej w instalacjach fotowoltaicznych, w 2050 wielkość ta może osiągnąć ok. 4837 GW. Należy mieć na uwadze, że największe firmy produkujące panele fotowoltaiczne zlokalizowane są właśnie w Azji – głównie w Chinach i Korei Południowej. Na drugim miejscu pod względem przewidywanej mocy zainstalowanej w instalacjach fotowoltaicznych uplasowała się Ameryka Północna (90% w USA), gdzie zlokalizowane są dwie firmy z TOP 10 producentów paneli fotowoltaicznych. Europa znajduje się dopiero na trzecim miejscu z przewidywaną mocą zainstalowaną

[50] Międzynarodowa Agencja Energii Odnawialnej
[51] Future of solar photovoltanic, Listopad 2019

w 2050 roku ok. 891 GW, z czego zgodnie z publikacją 22% (ok. 200 GW) przewidywanej mocy będzie zainstalowanej w Niemczech.

**Rysunek 18. Prognozowana moc zainstalowana w panelach fotowoltaicznych**




*Źródło: opracowanie własne na podstawie: Future of solar photovoltaic, IRENA, listopad 2019*

Eurostat od 2015 roku prowadzi ewidencję odpadów pochodzących z paneli fotowoltaicznych. Od tego momentu tylko w 8 krajach Europejskich zidentyfikowano tego typu odpady. Poniższa tabela przedstawia ilość odpadów z paneli fotowoltaicznych powstałych w krajach EU, w których zarejestrowano te odpady.

**Tabela 8. Ilość powstałych odpadów pochodzących z paneli fotowoltaicznych w EU w latach 2015-2017**

| KRAJ | ILOŚĆ POWSTAŁYCH ODPADÓW W POSZCZEGÓLNYCH LATACH [Mg] | | |
|---|---|---|---|
| | 2015 | 2016 | 2017 |
| Belgia | | 242 | |
| Czechy | 5 | 1 | 2 |
| Dania | 1 | 3 | 5 |
| Niemcy | | 2032 | 1000 |
| Hiszpania | | | 24 |
| Francja | 366 | 223 | 1885 |
| Holandia | | 100 | |
| Anglia | 147 | 104 | 106 |

*Źródło: Eurostat*

Na podstawie powyższych danych można zaobserwować, że w chwili obecnej odpady te powstają w krajach, w których najwcześniej były montowane instalacje fotowoltaiczne, których czas użytkowania się zakończył.

*Porównanie systemów recyklingu paneli fotowoltaicznych pod względem prawnym i administracyjnym*

W całej Unii Europejskiej obowiązuje Dyrektywa WEEE zobowiązująca wytwórcę paneli lub podmiot wprowadzający do obrotu do poniesienia kosztów recyklingu paneli fotowoltaicznych. Jednakże, w Polsce, zgodnie z przeprowadzonymi badaniami CAWI, większość użytkowników paneli nie jest świadoma tego w jaki sposób ma postępować ze zużytymi panelami.

W opracowaniu organizacji IRENA porównano podejście regulacyjne i dobrowolne do rynku odpadów na przykładzie dwóch Państw członkowskich UE – Wielkiej Brytanii i Niemiec oraz Japonii, Stanów Zjednoczonych, Chin i Indii, gdzie rynek fotowoltaiki jest mocno rozwinięty.

- Niemiecki rynek fotowoltaiczny zaczął rozwijać się w latach 90 poprzedniego stulecia. Powstały też wtedy pierwsze systemy wsparcia rozwoju instalacji paneli fotowoltaicznych na użytek mieszkaniowy – jednym z przykładów był program uruchomiony na lata 1991-1995 „1 000 Roofs Programme", który w latach późniejszych zmienił się na „100 000 Roofs Programme". Wprowadzono również taryfę gwarantowaną dla energii elektrycznej wytwarzanej z odnawialnych źródeł energii, w tym PV. Rynek fotowoltaiczny w Niemczech był przez dwie dekady największym rynkiem na Świecie i dopiero w roku 2015 wyprzedziły go Chiny. Biorąc pod uwagę czas zainstalowania pierwszych instalacji oraz ich moc, można się spodziewać, że Niemcy będą jednym z pierwszych i największych rynków recyklingu PV w nadchodzących latach. Dyrektywa UE WEEE została transponowana do prawa niemieckiego w październiku 2015 roku. Pojawiły się wtedy nowe wymagania odnośnie zbierania i recyklingu paneli PV. W Niemczech instytucja odpowiedzialna za zarządzanie tego typu odpadami jest Stiftung EAR. Instytucja ta m. in. rejestruje producentów odpadów na rynku, koordynuje dostarczenie pojemników i odbiór odpadów, zbiera dane o odpadach. Jednakże, odpowiedzialnością za zbieranie, sortowanie, demontaż i recykling odpadów są objęci producenci sprzętu.
  W Niemczech wprowadzone zostały przepisy dotyczące zbierania, odzysku i recyklingu paneli, które określają kwotę gwarancji finansowej, którą musi odprowadzić każdy producent od każdego nowego sprzedanego panelu PV. Niemcy ustanowiły również osobną kategorią zbierania zużytych paneli fotowoltaicznych, a zatem zapewniono ich osobny odbiór i przetwarzanie. Osoby prywatne posiadające panele PV na dachu, mogą bez żadnych dodatkowych opłat oddać zużyty sprzęt do lokalnych punktów zbiórki odpadów. Stosowane są tu też umowy między klientem, a przedsiębiorcą, które zapewniają demontaż i odbiór zużytych paneli PV. Opłaty i ubezpieczenia pobierane przez podmioty wprowadzające na rynek panele PV obejmują odbiór i recykling zarówno nowych instalacji jak i instalacji zainstalowanych przed wejściem powyższym regulacji.
- Japonia była pionierem rynku fotowoltaiki wnosząc znaczący wkład w badania i rozwój nad tą technologią. Jest też siedzibą wiodących producentów Paneli PV. Chociaż początkowo własny rynek fotowoltaiki w Japonii był niewielki, wprowadzona w 2012 r. taryfa gwarantowana stymulowała szybki wzrost – z 6,7 GW w roku 2012 do 34,3 GW mocy zainstalowanej w 2015 roku. Przewiduje się, że do roku 2030 może powstać tu do 1 miliona ton odpadów pochodzących z paneli.
  W Japonii nie ma szczegółowych zapisów odnoszących się do postepowania z wycofanymi panelami fotowoltaicznymi, które traktowane są zgodnie z ogólnymi regulacjami dotyczącymi odpadów. Jednakże, trendy polityczne i działalność badawczo-rozwojowa pomagają tutaj budować podstawy do regulacji odzysku i recyklingu paneli PV.
- Rynek fotowoltaiki w Stanach Zjednoczonych zaczął rosnąć na początku tego wieku i do roku 2015 osiągnął 25 GW mocy zainstalowanej, przy nowych instalacjach w tym roku (2015) na

poziomie 7,2 GW, stając się tym samym czwartym rynkiem po Chinach, Niemczech i Japonii. Przewiduje się, że w 2030 roku skumulowana ilość odpadów powstających z wycofanych z użycia paneli fotowoltaicznych wyniesie między 170 000 do 1 000 000 ton odpadów po czym będzie gwałtownie rosnąć do ok. 10 000 000 ton w roku 2050.

W US nie ma odrębnych przepisów dotyczących zbiórki i recyklingu paneli PV, dlatego muszą one być usuwane zgodnie z ustawą „Resource Conservation and Recovery Act", która stanowi ramy prawne dla gospodarowania niebezpiecznymi i obojętnymi odpadami stałymi. Trzeba mieć tu na uwadze, że niektóre stany mogą mieć bardziej szczegółowe odniesienie się do odpadów pochodzących z paneli PV. W Stanach organizowane są dobrowolne zbiórki i recykling materiałów pochodzących z paneli. Odpowiedzialnych jest za to kilka firm działających w tej branży. Np. firma First Solar prowadzi zakład recyklingu paneli na skalę komercyjną, na własne potrzeby. Ponadto stowarzyszenie The US Solar Energy Industries utrzymuje korporacyjną społeczność odpowiedzialną za przegląd wydarzeń związanych z recyklingiem paneli PV.

- Wielka Brytania jest stosunkowo młodym rynkiem instalacji PV – 75% istniejących paneli zainstalowano po 2014 roku. Jest więc duże prawdopodobieństwo, że w najbliższym czasie odpady pochodzące z fotowoltaiki będą kierowane do innych zakładów recyklingu w Europie lub będą przetwarzane wspólnie z innymi elektroodpadami. Jednakże, w dłuższej perspektywie ilość tych odpadów znacząco wzrośnie – do 1 000 000 ton w 2050 roku.

  W UK ze względu na niewielka jeszcze ilość odpadów pochodzących z paneli przepisy odnosząc się do zbierania recyklingu zasadniczo są odzwierciedleniem dyrektywy WEEE. Przed wejściem dyrektywy Wielka Brytania była objęta dobrowolna inicjatywą producentów odnoszącą się do zbierania i recyklingu paneli - PV CYCLE. Podobnie jak na innych rynkach europejskich, wszyscy producenci instalacji fotowoltaicznych muszą być zarejestrowani i przesyłać dane dotyczące przeznaczenia produktów – dla rynku domowego i na rynek niemieszkalny. Jeśli jednak chodzi o finansowanie zbierania i przetwarzania odpadów brytyjskie ustawodawstwo różni się od wymagań unijnej dyrektywy WEEE. Producenci PV zobowiązani sią do finansowania zbiórki od indywidualnych użytkowników (domowych) na podstawie podziału rynku. Np. jeśli producent w danym roku wprowadza na rynek 10% nowych paneli to płaci 10% kosztów związanych z przetworzeniem odpadów pochodzących z PV, zebranych w roku następnym. Pierwszy rok działalności jest pomijany. Ponadto, producenci muszą sfinansować zbiórkę i recykling paneli nieprzeznaczonych do użytku domowego, jeśli takie panele są jednocześnie zastępowane nowymi.

*Konkurencyjność podmiotów polskich względem podmiotów zagranicznych*

W chwili obecnej w Polsce nie ma firm specjalizujących się w recyklingu paneli słonecznych. Jedyną wyspecjalizowaną firmą w Europie jest w chwili obecnej zakład recyklingu Veolia otwarty we Francji w 2018 r.

Po trzech latach badań, w 2018 r. w miejscowości Rousset, w Triade Electronique - filii grupy Veolia specjalizującej się w odpadach elektrycznych i elektronicznych uruchomiono instalację recyklingu paneli fotowoltaicznych. Nowy zakład ma za zadanie poddać w ciągu 4 lat recyklingowi 8000 ton krzemowych paneli fotowoltaicznych, a wspólnie z PV Cycle – największym europejskim stowarzyszeniem zrzeszającym podmioty zajmujące się recyklingiem paneli fotowoltaicznych – będzie zmierzać do ulepszenia istniejącej technologii tak, aby możliwe było przetworzenie wszystkich paneli wprowadzanych na francuski rynek. Z modułów, co ważne, odzyskiwane są takie materiały jak aluminium, szkło, krzem, srebro, miedź oraz tworzywa sztuczne, podczas gdy dotychczas przetwarzane były jedynie szkło i aluminium.

Polski przemysł recyklingu mógłby konkurować z firmami zagranicznymi na tym polu, dzięki relatywnie dużej dostępności taniej siły roboczej oraz pracy instytucji naukowo-badawczych specjalizujących się w badaniach nad możliwością recyklingu paneli PV. Jak wspomniano we wcześniejszej części opracowania, na Politechnice Gdańskiej, na Wydziale Chemicznym opracowano opatentowane rozwiązanie w zakresie recyklingu modułów krzemowych, na jego bazie prawdopodobnie zostanie uruchomiony proces recyklingu – trudno jednak w obecnym momencie ocenić, czy rozwiązanie to będzie konkurencyjne względem innych, planowanych do wdrożenia na rynku europejskim (jeśli z uwagi na koszty transportu odpadów i przychodów uzyskiwanych z tytułu recyklingu paneli PV będzie funkcjonować ogólnoeuropejski rynek).

## 3.5. Stosowane w Polsce i na świecie metody wsparcia rozwoju recyklingu w OZE

**Wsparcie finansowe**

System wsparcia rozwoju recyklingu w OZE obecnie opiera się przede wszystkim na ogólnodostępnych funduszach ze środków UE (środki dla przedsiębiorców na rozwój działalności udzielane w ramach EFRR, środki na prace B+R, których ostatecznym efektem będzie komercjalizacja wypracowanych rozwiązań innowacyjnych).

W ramach perspektywy finansowej 2014-2020 możliwe było uzyskanie wsparcia na prowadzenie prac badawczo-rozwojowych czy wdrożenie innowacyjnych rozwiązań głównie w ramach Programu Operacyjnego Inteligentny Rozwój 2014-2020. Podstawą do uzyskania wsparcia w ramach POIR jest obecność zadań badawczych na liście Krajowych Inteligentnych Specjalizacji. Zagospodarowanie odpadów z OZE oraz pojazdów elektrycznych znajduje się na liście KIS:

KIS 8. MINIMALIZACJA WYTWARZANIA ODPADÓW, W TYM NIEZDATNYCH DO PRZETWORZENIA ORAZ WYKORZYSTANIE MATERIAŁOWE I ENERGETYCZNE ODPADÓW (RECYKLING I INNE METODY ODZYSKU):

- II. BEZPIECZNE METODY POSTĘPOWANIA Z ODPADAMI PRZEWIDZIANYMI DO DALSZEGO ZAGOSPODAROWANIA LUB UNIESZKODLIWIENIA:
  - Opracowanie innowacyjnych bezpiecznych dla środowiska technologii transportu i magazynowania odpadów niebezpiecznych.
- III. INNOWACYJNE TECHNOLOGIE ODZYSKU, W TYM RECYKLINGU
  - Innowacyjne technologie przetwarzania odpadów metodami: mechanicznymi, termicznymi, kriogenicznymi, biologicznymi, mikrobiologicznymi, fizycznymi i chemicznymi;
  - Innowacyjne technologie odzysku surowców deficytowych i krytycznych z odpadów;
  - Innowacyjne technologie przetwarzania odpadów wielomateriałowych, wielowarstwowych i kompozytowych;
  - Zagospodarowanie produktów z termicznego przekształcania odpadów, między innymi pirolizy, termolizy, gazyfikacji, technologii plazmowych itp.
  - Innowacyjne technologie przetwarzania odpadów poprodukcyjnych i poeksploatacyjnych;
  - Innowacyjne technologie trudnych do przetwarzania odpadów pochodzących z pojazdów wycofanych z eksploatacji oraz z ZSE;

  - Innowacyjne urządzenia i linie do odzysku, w tym recyklingu odpadów;
  - Innowacyjne wyroby wielomateriałowe i kompozytowe na bazie odpadów do wykorzystania w różnych gałęziach gospodarki;
- IV. INNOWACYJNE TECHNOLOGIE ODZYSKU I RECYKLINGU ENERGETYCZNEGO:
  - Innowacyjne technologie optymalnego wytwarzania i wykorzystania paliw alternatywnych pozyskanych z odpadów (bez RDF);
  - Innowacyjne rozwiązania odzysku energii z odpadów z wyłączeniem spalania i współspalania;
  - Innowacyjne technologie odzysku produktów z odpadów metodą rozkładu termicznego.

Działania POIR, w ramach których teoretycznie możliwe jest uzyskanie dofinansowania pozwalającego na wzrost potencjału w zakresie przetwarzania odpadów z OZE i elektromobilności, przedstawiono poniżej.

**Tabela 9. Działania POIR 2014-2020 wpływające na rozwój systemu recyklingu w OZE i elektromobilności**

| Działanie | Opis | Zbieżność z sektorem recyklingu w OZE i elektromobilności |
|---|---|---|
| Działanie 1.1 Projekty B+R przedsiębiorstw | Wsparcie projektów B+R realizowanych przez przedsiębiorstwa i ich konsorcja, a także konsorcja przedsiębiorstw i jednostek naukowych (w których liderem jest przedsiębiorstwo).<br>Warunkiem wsparcia jest komercjalizacja wyników prac B+R, rozumiana jako wdrożenie wyników projektu we własnej działalności gospodarczej przedsiębiorcy lub udzielenie licencji lub sprzedaż wyników projektu w celu ich wprowadzania do działalności gospodarczej innego przedsiębiorcy. | Możliwa realizacja projektów w obszarze recyklingu OZE i elektromobilności; problemem może być komercjalizacja wyników prac B+R wobec obecnie niewielkiego zainteresowania usługami recyklingu oraz nieopłacalności procesów przetwarzania odpadów. |
| Działanie 1.2. Sektorowe programy B+R | Omówiono oddzielnie | |
| Działanie 1.3. Prace B+R finansowane z udziałem funduszy kapitałowych | W ramach działania przewidziana jest współpraca instytucji publicznych oraz funduszy typu venture capital (krajowych i zagranicznych), które wspólnie angażują środki we wsparcie przedsiębiorstw typu spin-off, realizujących projekty B+R. | Podobnie jak dla działania 1.1. – problemy z komercjalizacją rozwiązań i brak rynku dla potencjalnych innowacyjnych technologii w sposób istotny wyklucza możliwość realizacji projektów recyklingu w OZE i elektromobilności w ramach działania |
| Działanie 2.3 Proinnowacyjne usługi dla przedsiębiorstw, Poddziałanie 2.3.2 Bony na innowacje dla MŚP | Dofinansowanie przeznaczone jest na realizację projektów polegających na opracowaniu przez jednostkę naukową nowego lub znacząco ulepszonego wyrobu, usługi, technologii lub nowego projektu | Możliwe jest dofinansowanie projektu w ramach recyklingu instalacji OZE oraz elementów elektromobilności. Podobnie jak dla pozostałych działań – poddziałanie jest nakierowane na |

| | | |
|---|---|---|
| | wzorniczego nakierowanych na zaspokojenie specyficznych potrzeb osób z ograniczeniami funkcjonalnymi (fizycznymi, poznawczymi). | rozwój technologii możliwych do komercjalizacji. |
| Działanie 3.1. Finansowanie innowacyjnej działalności MŚP z wykorzystaniem kapitału podwyższonego ryzyka | W ramach działania przewiduje się dofinansowanie rozwoju innowacyjnego przedsiębiorstwa za pomocą wejść kapitałowych oraz pożyczek | Podobnie jak we wcześniejszych przypadkach – brak rynku recyklingu i korzyści finansowych związanych z działaniem na nim obecnie powodują niewielkie rzeczywiste możliwości wykorzystania wsparcia |
| Działanie 3.2 Wsparcie wdrożeń wyników prac B+R | W ramach działania finansowane są projekty dotyczące wdrożeń wyników prac B+R (własnych lub zakupionych) lub innowacyjnych technologii w przedsiębiorstwach. Celem wdrożenia jest wprowadzenie na rynek innowacji produktowych lub procesowych. | Brak efektywnego ekonomicznie rynku recyklingu jest przeszkodą w skorzystaniu z finansowania. |
| Działanie 4.1 Badania naukowe i prace rozwojowe | Wsparcie obejmuje projekty polegające na prowadzeniu badań naukowych i prac rozwojowych, realizowane przez konsorcja naukowe i naukowo-przemysłowe. | Warunkiem dofinansowania jest realizacja prac, które odpowiadają na zgłoszony przez przedsiębiorcę lub podmiot publiczny konkretny problem badawczy. Niewielkie zainteresowanie rynkiem recyklingu obecnie jest istotną przeszkodą w realizacji prac w ramach niniejszego działania. |

*Źródło: opracowanie własne*

Jednym z programów sektorowych w ramach działania 1.2. „Sektorowe programy B+R" jest „Innowacyjny recykling". Zakres tematyczny konkursów ogłaszanych w ramach programu sektorowego obejmuje recykling w OZE i recykling akumulatorów do pojazdów elektrycznych:

- Obszar tematyczny I. Odpady sektora metali nieżelaznych:
  - Optymalizacja i rozwój technologii przerobu zużytych akumulatorów litowych, litowo-jonowych i niklowo-wodorkowych;
  - Odzysk telluru i innych cennych metali ze złomu paneli fotowoltaicznych;
  - Opracowanie technologii odzysku litu.

Kryteria oceny projektów w ramach powyższego działania i konkursów również odpowiadają potrzebom sektora – do dofinansowania mogą zostać wyłonione projekty:

1) w których sposób realizacji projektu zapewnia wybór rozwiązań/metod eksploatacji urządzeń/sposobów realizacji prac B+R, mających pozytywny wpływ na ochronę środowiska, w szczególności poprzez dokonywanie zakupów dostaw i usług niezbędnych do realizacji projektu, w oparciu o wybór ofert (dostaw i usług) najbardziej korzystnych pod względem gospodarczym i zarazem najbardziej korzystnych gdy chodzi o oddziaływanie na środowisko (np. mniejsza energochłonność, zużycie wody, wykorzystanie materiałów pochodzących z recyclingu etc.) lub

2) których rezultatem jest powstanie rozwiązania (produktu/technologii/usługi) pozytywnie oddziałującego na ochronę środowiska, dotyczy to w szczególności projektów dotyczących następujących obszarów:

- czystsze procesy, materiały i produkty,
- produkcja czystszej energii,
- wykorzystanie odpadów w procesie produkcyjnym,
- zamknięcie obiegu wodnego i ściekowego w ramach projektu etc.,

w których efekcie powstanie rozwiązanie prowadzące w szczególności do zmniejszenia materiałochłonności produkcji, zmniejszenia energochłonności produkcji, zmniejszenia wielkości emisji zanieczyszczeń, zwiększenia stopnia ponownego wykorzystania materiałów bądź odpadów, zwiększenie udziału odnawialnych źródeł energii w bilansie energetycznym.

Na liście projektów wybranych do dofinansowania w ramach konkursu w 2017 r. nie znalazł się żaden projekt, którego zakres pokrywałby się z obszarem recyklingu w OZE i elektromobilności, mimo przyznania dofinansowania dla kilkudziesięciu projektów w zakresie innowacyjnego recyklingu.

W ramach poddziałania 2.3. bony na innowacje dla MŚP realizowane są natomiast projekty firmy PTH Technika Sp. z o.o. oraz Technika Recykling Sp. z o.o. wraz z Instytutem Metali Nieżelaznych w Gliwicach w obszarze recyklingu baterii litowo-jonowych do pojazdów elektrycznych.

Na polskim rynku rozwojem technologii recyklingu baterii litowo-jonowych, stosowanych w pojazdach elektrycznych, zajmuje się firma PTH Technika Sp. z o.o., która pozyskała z funduszy unijnych (Program Operacyjny Inteligentny Rozwój 2014-2020) środki na wdrożenie innowacyjnych rozwiązań w zakresie recyklingu. Firma współpracuje z Instytutem Metali Nieżelaznych w Gliwicach. Firma pozyskała dotychczas dofinansowanie na realizację następujących projektów:

2014 r. – dotacja z PARP w ramach Dużego Bonu – realizacja projektu pt. Opracowanie nowej technologii produkcji produktów handlowych z frakcji powstałych z przetwarzania baterii cynkowo-węglowych i alkalicznych,

2017 r. – dotacja z PARP w ramach Bonów na Innowacje dla MŚP – realizacja projektu pt. Opracowanie bezodpadowej technologii recyklingu baterii wtórnych do urządzeń i pojazdów elektrycznych,

2018 r. – dotacja z PARP w ramach Bonów na Innowacje dla MŚP – realizacja projektu pt. Opracowanie technologii hydrometalurgicznego rozdziału związków metali zawartych w jednorodnej mieszaninie, w postaci amorficznej masy, powstałej z procesów,

2019 r. – dotacja z PARP dla Technika Recykling sp. z o. o. w ramach Bonów na Innowacje dla MŚP – realizacja projektu pt. Opracowanie technologii uszlachetniania koncentratów tlenków cynkowych, poprzez redukcję zanieczyszczeń, z zastosowaniem hydrometalurgicznych procesów usuwania rozpuszczalnych związków zawartych w zanieczyszczeniach.

W ramach funduszy strukturalnych przydzielanych regionalnie (Regionalne Programy Operacyjne) możliwe było uzyskanie wsparcia głównie na prace badawczo-rozwojowe, których efektem jest komercjalizacja uzyskanych rozwiązań. Powyższe zastrzeżenia do wsparcia tego typu ze środków POIR mają również zastosowanie do środków regionalnych.

Stwierdzić należy zatem, że wsparcie finansowe rozwoju recyklingu w OZE i elektromobilności w Polsce jest dostępne, natomiast zainteresowanie jego wykorzystaniem – z uwagi na ciągle jeszcze niewielki rynek recyklingu kompozytów, paneli fotowoltaicznych czy baterii litowo-jonowych do pojazdów elektrycznych – nie jest duże.

Na szczeblu międzynarodowym wsparcie finansowe w zakresie rozwoju recyklingu w OZE może być pozyskane np. w ramach funduszu LIFE. Przykładem dofinansowania projektu dotyczącego recyklingu w OZE jest wspomniany projekt badawczy Life Refibre rozwijany w Hiszpanii, którego celem jest

wybudowanie prototypowej instalacji (fabryki) odzysku włókien szklanych ze zużytych turbin wiatrowych i wykorzystanie ich do produkcji asfaltu[52]. Przykładem wykorzystania finansowego wsparcia UE w ramach innych środków unijnych jest także wdrażany projekt ReLieVe[53], czy projekt ROSI[54].

Projekt „Recykling akumulatorów litowo-jonowych do pojazdów elektrycznych" ("Recycling Li-ion batteries for electric Vehicle" – ReLieVe), przygotowany przez konsorcjum firm Eramet, BASF i SUEZ, otrzyma dotację w wysokości 4,7 miliona euro od EIT Raw Materials (instytucja Unii Europejskiej powołana do innowacji w dziedzinie surowcowej). Celem projektu jest opracowanie innowacyjnego procesu recyklingu akumulatorów litowo-jonowych z pojazdów elektrycznych i umożliwienia produkcji nowych akumulatorów litowo-jonowych w Europie.

Od stycznia 2020 r. przez dwa lata w ramach projektu ReLieVe przeprowadzony będzie szereg działań na rzecz rozwoju innowacji i w efekcie przygotowania zamkniętego cyklu wykorzystania akumulatorów: od gromadzenia i demontażu zużytych akumulatorów do produkcji składowych nowych akumulatorów (elektrody).

Partnerzy projektu są liderami w swoich branżach, a ich kompetencje się dopełniają: SUEZ działa w zakresie zbiórki i demontażu zużytych baterii; Eramet posiada kompetencje w zakresie opracowywania procesu recyklingu; BASF jest w stanie prowadzić produkcję aktywnych materiałów katodowych. Naukowcy z Chimie ParisTech i Norweskiego Uniwersytetu Nauki i Technologii będą wspierać członków w poszukiwaniu innowacyjnych rozwiązań. Partnerzy przemysłowi projektu będą także mieć wsparcie sektora motoryzacyjny, którego przedstawiciele będą członkami komitetu doradczego.

Projekt ROSI – Return of Silicon jest jednym z projektów dofinansowanych ze środków UE w ramach EIT Raw Materials. Projekt jest realizowany głównie przez laboratorium SIMap w Grenoble we Francji i EPFL w Lozannie w Szwajcarii. W ramach projektu ROSI opracowano innowacyjny w skali światowej proces zapewniający uzyskiwanie najlepszej jakości krzemu pochodzącego z recyklingu, który następnie można ponownie użyć w łańcuchu produkcji paneli fotowoltaicznych. W ramach EIT RawMaterials skontaktowano się ze start-upem rozwijającym projekt w celu skierowania go do serii programów rozwojowych ułatwiających wejście na rynek pod kierunkiem i przy wsparciu ekspertów EIT. Projekt ROSI został zwycięzcą konkursu EIT Jumpstarter 2017 w sektorze recyklingu i gospodarki o obiegu zamkniętym, następnie, zgodnie z przyjętym planem rozwoju, pozyskał partnerów biznesowych – Total New Energies oraz Veolia, w celu rozwoju rozwiązania na skalę przemysłową. Równolegle wybrano ROSI dla EIT RawMaterials Start-up i SME Booster 2018 i sfinansowano z EIT RawMaterials w celu przejścia na skali technologii do TRL 6. Dziś połączona oferta ROSI i Total New Energy jest gotowa do wprowadzenia na rynek.

W ramach projektu LIFE ReFibre opracowany i zbudowany zostanie innowacyjny prototyp do przeprowadzania recyklingu łopat turbin wiatrowych i odzyskiwania z nich włókien szklanych. Włókna szklane będą następnie wykorzystane w mieszankach asfaltowych do budowy nawierzchni drogowych, co wpłynie na znaczną poprawę ich właściwości mechanicznych (np. zwiększenie trwałości i zmniejszenie wymagań konserwacyjnych). Dzięki rozwijanemu procesowi możliwe będzie zamknięcie cyklu życia odpadów z siłowni wiatrowych.

Projekt składa się z następujących zadań:

- optymalizacja logistyki zbiórki odpadów z łopat turbin wiatrowych, zaplanowanie wstępnej obróbki odpadów w pobliżu farmy wiatrowej

- budowa prototypu, za pomocą którego zebrane wcześniej łopaty turbiny wiatrowej zostaną poddane recyklingowi mechanicznemu,

- produkcja włókien szklanych w celu ustalenia optymalnych dawek ich włączenia do mieszanek asfaltowych,

[52] http://ec.europa.eu/environment/life/project/Projects/index.cfm?fuseaction=search.dspPage&n_proj_id=6186#RM; https://www.liferefibre.eu/en/proyecto/acciones/ (dostęp 26.11.2019 r.)

[53] https://www.suez.com/en/news/press-releases/eramet-basf-and-suez-partner-to-develop-an-innovative-closed-loop-process

[54] https://www.rosi-solar.com

- budowa 1500 metrów nawierzchni asfaltowej i ciągła analiza zmian jej właściwości mechanicznych w celu wykazania korzystnego oddziaływania wkładu włókien na nawierzchnię drogową.

Do lutego 2019 r. Zebrano 12 łopat turbin wiatrowych z 7 różnych lokalizacji. W miarę rozwoju projektu kolejne firmy oferują możliwość odbioru zużytych łopat siłowni wiatrowych.

Projekt LIFE REFIBRE będzie zgodny z politykami i priorytetami Unii Europejskiej w zakresie ochrony środowiska poprzez wdrożenie w praktyce zapisów dyrektywy 2008/98/WE w sprawie gospodarki odpadami, ograniczenia ich zrzutu i zwiększenia recyklingu w sposób bardziej zrównoważony dla środowiska.

Projekt LIFE ReFibre został dofinansowany z funduszy Unii Europejskiej w ramach programu LIFE. Łączna wartość projektu - 1.789.539 EURO, dofinansowanie UE - 1.073.187 Euro (60%).

Niektóre z krajów rozwiniętych podejmują działania wspierające finansowo cały przemysł produkcji baterii – w tym działania na rzecz późniejszego ich recyklingu. Przykładem jest Wielka Brytania, gdzie w program rozwoju innowacyjnych i efektywnych technik wytwarzania, użycia i recyklingu baterii zainwestowano 246 mln funtów w ramach programu Faraday Battery Challenge.

Faraday Institution, niezależny brytyjski instytut badawczy, założony przy udziale środków publicznych (246 mln funtów dofinansowania rządowego na realizację strategii przemysłowej zakładającej wsparcie rozwoju technologii w bateriach), część środków przeznacza na badania nad metodami recyklingu baterii. W 2018 r. dofinansował m.in. częścią środków, z łącznej dotacji rządowej 42 mln funtów przeznaczonej na 4 projekty badawcze, badania Uniwersytetu w Birmingham i jego partnerów (siedem innych instytucji akademickich i 14 partnerów przemysłowych), nad recyklingiem zużytych baterii litowych. W 2019 r. przeznaczono na realizację projektu dodatkową pulę środków z przyznanej łącznie kwoty 55 mln funtów na 5 projektów. Badania są prowadzone w celu opracowania metod całkowitego recyklingu baterii, co wpłynie na ograniczenie negatywnego wpływu na środowisko, poprawę jakości powietrza i obniżenie emisyjności transportu. Partnerzy uniwersyteccy projektu to: University of Leicester, Newcastle University, Cardiff University, University of Liverpool, Oxford Brookes University, University of Edinburgh oraz Science and Facilities Technology Council.

Środki, których dysponentem jest Faraday Institution, są przydzielane w ramach rządowego programu Faraday Battery Challenge o łącznej wartości 246 mln funtów, uruchomionego przez rząd brytyjski w celu realizacji projektów badawczych i innowacyjnych oraz budowy nowej infrastruktury pozwalających na zwiększenie efektywności produkcji, użytkowania i recyklingu baterii. Program jest częścią znacznie większego funduszu o nazwie The Industrial Strategy Challenge Fund, zapewniającego dofinansowanie działań brytyjskich przedsiębiorstw i jednostek naukowo-badawczych, o łącznej wartości 4,7 miliarda funtów w ciągu 4 lat.

**Wsparcie organizacyjne**

Obecnie w Polsce nie są wdrożone organizacyjne, państwowe mechanizmy wsparcia systemu recyklingu instalacji OZE oraz akumulatorów do pojazdów elektrycznych. Instytucje państwowe nie zajmowały się dotąd zagadnieniem recyklingu w OZE i elektromobilności z uwagi na jego, póki co, niewielkie znaczenie w gospodarce. Organizacje branżowe firm działających w sektorze zagospodarowania odpadów również nie podejmują działań w zakresie wsparcia swoich członków w celu przygotowania się do dynamicznego wzrostu zapotrzebowania na usługi recyklingu dla branży OZE i elektromobilności. Wynika to niewielkiej wartości rynku, konieczności podejmowania działań obecnie w innych obszarach zagospodarowania odpadów, doświadczenia w działalności w otoczeniu prawnym w Polsce – podejmowanie działań wyprzedzających wobec częstych zmian prawa jest w ocenie przedsiębiorców ryzykowne.

**Rozwiązania legislacyjne**

W Polsce nie są stosowane prawne metody wsparcia recyklingu OZE. W krajach Europy Zachodniej przedsiębiorca wprowadzający do obrotu instalacje OZE uiszcza również opłatę recyklingową. Dzięki temu to przedsiębiorca pokrywa koszty recyklingu, a nie użytkownik instalacji. W przypadku paneli

fotowoltaicznych funkcjonują zorganizowane punkty odbioru zużytych paneli, w których użytkownik nie ponosi kosztów oddania zużytego panelu.

W kraju mamy do czynienia natomiast z pośrednim oddziaływaniem prawa na rozwój rynku recyklingu. Przykładem takiego oddziaływania jest znowelizowana ustawa o odnawialnych źródłach energii, która ogranicza możliwość uczestnictwa w aukcji energii dla instalacji używanych, o okresie użytkowania powyżej 24 miesięcy dla paneli fotowoltaicznych czy 33 miesięcy dla siłowni wiatrowych. Zwiększyć to może potencjalnie wielkość rynku recyklingu.

**Udział sektora publicznego w procesie recyklingu komponentów technicznych OZE**

Obecnie sektor publiczny nie uczestniczy w żaden sposób w celowanym wspomaganiu procesu recyklingu komponentów technicznych OZE i akumulatorów do pojazdów elektrycznych w Polsce.

## 3.6. Identyfikacja kluczowych czynników i barier rozwoju sektora

Przygotowanie kraju do zagospodarowania znacznie większej ilości odpadów nowego typu niż obecnie i dostosowanie potencjału przetwórczego krajowych instalacji recyklingu (lub potencjału i jakości bazy magazynowej oraz procesów bezpiecznego transportu) wiąże się z koniecznością pokonania szeregu barier organizacyjnych, prawnych, finansowych, technologicznych.

Najważniejsze bariery rozwoju systemu recyklingu wraz z ich omówieniem zestawiono poniżej.

**Tabela 10. Najważniejsze bariery rozwoju systemu recyklingu w OZE i elektromobilności**

| Bariera – nazwa, rodzaj | Charakterystyka bariery | Sposoby pokonania bariery |
|---|---|---|
| Mała wielkość zapotrzebowania na recykling w OZE i elektromobilności<br><br>Bariera finansowa, organizacyjna | Zbyt mała wielkość rynku powoduje brak zachęt do podejmowania działalności w opisywanym sektorze. Rozwiązania technologiczne nie mają obecnie dużych szans komercjalizacji. Wzrost ilości odpadów generowanych z OZE i elektromobilności w przyszłych latach spowodować powinien zwiększenie potencjału branży. Działanie nie będzie mieć jednak charakteru wyprzedzającego, co grozi okresowo zanieczyszczeniem środowiska przez niewłaściwe magazynowanie odpadów, zbyt dużą ilość odpadów nieprzetworzonych i magazynowanych, przetwarzanie odpadów niezgodnie z posiadanymi pozwoleniami i w sposób oddziałujący negatywnie na środowisko (tak jak obecnie stosowane mieszanie rozdrobnionych odpadów kompozytowych z gruzem i wykorzystywanie do umocnień gruntowych), zdarzenia zagrażające środowisku takie jak pożary – podobnie jak ma to miejsce w przypadku odpadów z tworzyw sztucznych, frakcji RDF. | Możliwe sposoby przezwyciężenia: aktywny monitoring ilości generowanych odpadów, kontrola przestrzegania obowiązujących przepisów prawa, wspieranie wdrożenia idei rozszerzonej odpowiedzialności producenta w analizowanych obszarach.<br><br>Szczególnie ROP jest rozwiązaniem, które może w istotnym stopniu ułatwić zagospodarowanie odpadów pozostających po instalacjach OZE czy pojazdów elektrycznych. Jako rozwiązania w zakresie ROP wskazać można m.in. na ekoprojektowanie, kartę materiałową produktu czy wsparcie producentów w tworzeniu sieci recyklingu i np. poprzez tworzenie klastrów – odbiór od nich substratów do dalszej produkcji. Wszystkie te aspekty są powiązane z szeroko pojętą GOZ i pozwalają na jej wdrożenie w praktyce. |
| Zbyt duże koszty zakupu / budowy linii recyklingowych<br><br>Bariera finansowa | Koszt nabycia linii do recyklingu odpadów kompozytowych (siłownie wiatrowe) lub szklanych (panele fotowoltaiczne) to jednorazowo kilkaset tysięcy do kilku milionów złotych. Wydatki na budowę linii przetwarzania zużytych baterii do pojazdów elektrycznych nie są znane, szacunki wynikające z rozmów z ekspertami krajowymi mówią o kwocie co najmniej kilkunastu mln zł (dla baterii litowo-jonowych ogólnie, również stosowanych w urządzeniach elektronicznych: pierwszy zakład recyklingu baterii w Belgii otwarty w 2011 r. – koszt 25 mln Euro, wydajność 7000 baterii ton rocznie, planowany zakład TES B w Singapurze – 20 mln Euro, a łącznie z zakładem Recupyl w Grenoble, we Francji – informacje o nakładach inwestycyjnych rzędu 25 mln Euro). Wydatki takiej wielkości nie będą realizowane przez przedsiębiorców działających na rynku, dopóki recykling w OZE i elektromobilności nie będzie opłacalny. Obecnie koszty zakupu oraz działalności operacyjnej zdecydowanie przewyższają ewentualne | Sposoby pokonania bariery: dofinansowanie badań rozwojowych mogących mieć zastosowanie komercyjne w zakresie recyklingu w OZE i elektromobilności; dofinansowanie zakupu gotowych rozwiązań i linii recyklingu; wpływ państwa na wzrost rynku recyklingu przez wymuszanie przestrzegania obowiązującego prawa w zakresie właściwego działania instalacji OZE (w krajach z rozwiniętą infrastrukturą OZE obowiązują ścisłe zasady dotyczące stabilności zasilania sieci energią przez instalacje OZE – wyeksploatowane elektrownie, nie utrzymujące parametrów produkcyjnych, są wycofywane z użytku), w zakresie właściwego przetwarzania odpadów (przetwarzanie w odpowiednich procesach przez podmioty posiadające pozwolenia na realizację odpowiednich procesów odzysku, realizujące te procesy w sposób właściwy. |

| | | |
|---|---|---|
| | przychody ze świadczenia usług (zbyt mały rynek) i sprzedaży recyklatów, półproduktów, produktów. | |
| Brak skuteczności kar za niewłaściwe zagospodarowanie odpadów<br><br>Bariera administracyjna / finansowa | Niewłaściwe zagospodarowanie odpadów oznacza działanie wskazane jako niedozwolone według Ustawy o odpadach, może to być zmiana kwalifikacji odpadów niebezpiecznych na inne rodzaje odpadów przez ich rozcieńczanie, mieszanie, itp. Ponadto zbieranie odpadów poza miejscem ich wytwarzania, zbieranie i przetwarzanie bez zezwolenia, itd. W przepisach prawa sytuacja wydaje się zatem być unormowana. Kary o wartości od 1 tys. do 1 mln zł są ustalane przez WIOŚ w drodze decyzji administracyjnej. Często proces udzielania kar jest długotrwały, podmioty zobowiązane do zapłaty kar są likwidowane, a wysokość kar jest niewspółmierna do zagrożenia środowiska i potencjalnych kosztów dla środowiska. Nieskuteczny system kar utrudnia działanie na rynku przez podmioty realizujące zadania w zakresie recyklingu w sposób właściwy, zgodny z przepisami, a tym samym zniechęca do wpływu na rozwój rynku. | Sposoby niwelowania barier: zwiększenie skuteczności kontroli administracyjnych postępowania z odpadami w OZE. |
| Brak osobnych regulacji prawnych dla odpadów z baterii litowo-jonowych<br><br>Bariera prawna | Baterie litowo-jonowe są obecnie traktowane jako odpady w kodzie 16 06 05 – inne baterie i akumulatory. Powoduje to szereg negatywnych efektów na rynku: od braku możliwości zidentyfikowania liczby odpadów wytwarzanych w Polsce, przez utrudnienia w zakresie prowadzenia działalności recyklingowej, bo istotne zagrożenia dla ludzi i środowiska w procesie magazynowania, transportu odpadów – jeśli odpady te nie są zidentyfikowane jako oddzielna grupa, nie jest konieczne wdrażanie szczególnych zasad postępowania z nimi – co w przypadku baterii litowo-jonowych oznacza ryzyko zanieczyszczenia środowiska, pożarów, utraty zdrowia i życia. | Sposób niwelacji: wprowadzenie oddzielnego kodu odpadów dla baterii litowo-jonowej |
| Zmienność stanowionego prawa<br><br>Bariera prawna | Przedsiębiorcy nie podejmują działań mających na celu przygotowanie się do zwiększonej ilości odpadów na rynku, ponieważ niestabilne prawo w Polsce oznacza dla nich duże ryzyko angażowania środków finansowych i czasu, zanim rynek w rzeczywistości nie zacznie funkcjonować. Z doświadczenia przedsiębiorców w branży wynika, że poczynione przygotowania w zakresie prowadzenia nowej działalności, nawet w przypadku rynków bardzo obiecujących, mogą zostać | Sposób niwelowania: wdrożenie odpowiednich przepisów prawa z wyprzedzeniem w stosunku do rozwoju rynku i zapotrzebowania na recykling |

| | | |
|---|---|---|
| | zniweczone przez wprowadzenie nowych przepisów w krótkim okresie. | |
| Brak celowanego dofinansowania dla podmiotów działających w obszarze recyklingu OZE i elektromobilności<br><br>Bariera finansowa | Wysokie koszty instalacji i nisza w zakresie recyklingu (procesy recyklingu, które nie będą wykorzystywane w innych branżach – np. dla paneli fotowoltaicznych) powodują wzrost zapotrzebowania na kapitał pozwalający ograniczyć ryzyko inwestycyjne. | Możliwe metody zniwelowania bariery: celowane dofinansowanie z funduszy strukturalnych, podobne do działania 1.2 Sektorowe programy B+R; zawężenie zagadnień do związanych z recyklingiem w OZE i elektromobilności; dofinansowanie przedsięwzięć mających na celu wdrożenie linii recyklingu w OZE i elektromobilności. |
| Konkurencja ze strony podmiotów zagranicznych posiadających technologie przetwarzania odpadów – szczególnie dotyczy elektromobilności i baterii litowo-jonowych. Możliwość szybkiej ekspansji podmiotów zagranicznych na rynek polski<br><br>Bariera finansowa | Obecnie rynek jest niewielki, ale perspektywiczny – przypuszczalnie w ciągu kilku lat jego wartość znacząco wzrośnie. Szanse związane z tym dla przedsiębiorstw branży są niwelowane przez zagrożenie mające związek z możliwością szybkiego wejścia na rynek polski podmiotów posiadających niezbędne technologie przetwarzania odpadów. Dotyczy to w szczególności odzysku surowców z baterii – na rynku dostępne są technologie przetwarzania, w przypadku wzrostu zapotrzebowania w Polsce na recykling pojawią się podmioty operujące w tej branży globalnie.<br><br>Bariera, która oddziałuje na sektor w sposób pośredni – prawdopodobnie nie zmniejszy ilościowego potencjału w zakresie przetwarzania odpadów, utrudni natomiast rozwój rodzimych przedsiębiorstw branżowych oraz innowacyjnych technologii wypracowanych przez podmioty krajowe, ograniczając w tym znaczeniu stopień rozwoju rynku. | Praktycznie brak jest możliwości zniwelowania tej bariery rozwojowej. |
| Zbyt niskie nakłady na działalność B+R<br><br>Bariera finansowa | Nakłady na działalność B+R są zbyt małe w Polsce w ujęciu ogólnym, dotyczy to tym bardziej sektora, który jest perspektywiczny z komercyjnego punktu widzenia, ale jeszcze obecnie niewielki w ujęciu wartościowym, a szanse komercjalizacji rozwiązań – małe. Poszukiwanie nowych metod przetwarzania odpadów z OZE i elektromobilności wymaga zaangażowania środków w działalność B+R. | Możliwe sposoby zniwelowania: zwiększenie nakładów na działalność B+R w recyklingu OZE i elektromobilności. Wzrost alokacji środków UE na omawiany obszar. |

| | | |
|---|---|---|
| Możliwe uregulowania prawne preferujące realizację recyklingu przez podmioty publiczne (odniesienie do zamówień in-house)<br><br>Bariera prawna / administracyjna | Jedną z barier, czy czynników istotnie wpływających na podejmowanie decyzji o działalności w sektorze, są obowiązujące reguły konkurencyjne. Podmioty prywatne przed wejściem na rynek recyklingu powstrzymywać może ryzyko takich uregulowań prawnych, które w przypadku opłacalności działalności rynkowej spowodują nierówne traktowanie podmiotów prywatnych i quasi-publicznych (spółki samorządowe). | Możliwe sposoby przeciwdziałania: wykluczenie możliwości realizacji zadań w zakresie recyklingu przez jednostki samorządowe w ramach zadań własnych |

*Źródło: opracowanie własne*

Podczas panelu ekspertów zorganizowanego w dniu 25.11.2019 r. autorzy opracowania wraz z uczestnikami panelu zidentyfikowali kluczowe czynniki i bariery rozwoju sektora recyklingu komponentów z OZE i akumulatorów z pojazdów elektrycznych. Poniższa tabela przedstawia wszystkie wskazane czynniki.

| **MOCNE STRONY** | **SŁABE STRONY** |
|---|---|
| • ZNANE TECHNOLOGIE<br>• POTENCJAŁ LUDZKI<br>• ROZPOCZĘTE PRACE NAD RÓŻNYMI ROZWIĄZANIAMI<br>• DZIAŁAJĄCE FIRMY W ZAKRESIE BRANŻY RECYKLINGU<br>• POTENCJAŁ BADAWCZY<br>• ZAKUP LICENCJI Z INNYCH KRAJÓW<br>• MOŻLIWOŚĆ ROZWOJU KILKU GAŁĘZI – FOTOWOLTAIKA, BATERIE, WIATRAKI | • FINANSOWANIE<br>• BIUROKRACJA<br>• PROBLEMY Z POZYSKANIEM POZWOLEŃ<br>• LOGISTYKA<br>• ZBYT NISKIE NAKŁADY NA BADANIA<br>• WSPÓŁPRACA INSTYTUCJI NAUKOWO BADAWCZYCH I PRZEMYSŁU<br>• NIEWIELKA LICZBA WYSPECJALIZOWANYCH PODMIOTÓW<br>• BRAK KAR ZA NIEWŁAŚCIWE ZAGOSPODAROWANIE ODPADÓW<br>• SPECJALNE WYMAGANIA BHP DLA TAKICH INSTALACJI<br>• BRA EDUKACJI SPOŁECZNEJ/ŚWIADOMOSCI SPOŁECZNEJ<br>• BRAK USTALONEGO CYKLU ŻYCIA PRODUKTU<br>• BRAK OSOBNYCH REGULACJI DLA BATERII LITOWO - JONOWYCH |
| **SZANSE** | **ZAGROŻENIA** |
| • DUŻY POTENCJAŁ (ILOŚCIOWY)<br>• WCZESNY ETAP ROZWOJU BRANŻY<br>• NISKA KONKURENCJA | • ZMIENNOŚĆ PRAWA<br>• BRAK CELOWEGO DOFINANSOWANIA<br>• KONKURENCJA RYNKÓW AZJATYCKICH POSIADAJĄCYCH TECHNOLOGIĘ RECYKLINGU<br>• MOŻLIWOŚĆ SZYBKIE EKSPANSJI KAPITAŁU ZAGRANICZNEGO<br>• BRAK KONTORLI PODMIOTÓW PRZEZ GIOŚ/WIOŚ<br>• HANDEL ODPADAMI |

# 4. MOŻLIWOŚCI, KIERUNKI WSPARCIA SEKTORA RECYKLINGU INSTALACJI OZE

## 4.1. Obszary zagospodarowania wyeksploatowanych instalacji OZE wymagające wsparcia

Według informacji uzyskanych w toku badania i prezentowanych w całym opracowaniu, najbardziej istotnym w kontekście zapewnienia właściwego rozwoju sektora recyklingu wyeksploatowanych siłowni wiatrowych, paneli fotowoltaicznych, akumulatorów do pojazdów elektrycznych będzie wsparcie przetwarzania:

- kompozytów będących częścią łopat siłowni wiatrowych
- modułów zawierających krzem w panelach fotowoltaicznych
- baterii do pojazdów elektrycznych w zakresie odzysku litu.

Istotnym będzie poprawa efektywności energetycznej i tym samym – finansowej – procesów przetwarzania, tak aby zwiększyć ich opłacalność.

Pozostałe elementy zużytych instalacji OZE są obecnie odzyskiwane w całości, nie jest konieczne wsparcie procesów przetwarzania w tym zakresie.

Jak wspomniano, wydaje się, że nie jest konieczne wsparcie recyklingu komponentów technicznych pozostałych instalacji OZE, takich jak elektrownie wodne, biogazownie czy instalacje spalania lub zgazowania biomasy, ponieważ składają się one w ogromnej większości z metali (głównie stal) i betonu – czyli z surowców, których odzysk nie jest problemem.

## 4.2. Możliwe metody wsparcia – charakterystyka, ocena, ryzyko

Jako możliwe metody wsparcia rozwoju sektora recyklingu OZE wskazywano w badaniach:

- metody finansowe i quasi-finansowe:
  - dotacje ze środków UE na badania i rozwój (wypracowanie rozwiązań innowacyjnych), na zakup gotowych rozwiązań w zakresie recyklingu (wdrożenie rozwiązań innowacyjnych);
  - uruchomienie preferencyjnych pożyczek i kredytów oraz gwarancji bankowych na rozwój działalności w zakresie recyklingu w OZE i elektromobilności;
  - przeznaczenie środków krajowych na dotowanie badań i rozwoju, oraz wdrożenie innowacyjnych rozwiązań w zakresie recyklingu w OZE i elektromobilności (w formie obecnie stosowanej np. w ramach działalności NFOŚiGW – w ramach naborów / konkursów);
  - połączenie obu powyżej wymienionych sposobów wsparcia – pożyczki i dotacji np. w formie umorzenia części pożyczki w przypadku zgodnej z oczekiwaniami realizacji projektu lub w formie finansowania 100% wartości projektu, częściowo w formie dotacji, częściowo natomiast w formie pożyczki;
  - utworzenie państwowej instytucji lub komórki organizacyjnej w ramach istniejącego podmiotu (np. w ramach ministerstwa, NFOŚiGW), której zostanie przydzielony własny budżet, finansującej badania i gromadzącej wiedzę naukową w zakresie innowacyjnych metod recyklingu w OZE i elektromobilności;

  - dofinansowanie działalności naukowej, badawczo-rozwojowej z krajowych lub unijnych środków publicznych za pośrednictwem podmiotu prowadzącego działalność naukowo-badawczą (np. instytut państwowy, uczelnia wyższa, NCBiR) w obszarze recyklingu OZE i elektromobilności;
  - w przypadku wsparcia bezzwrotnego i zwrotnego premiowanie tych projektów w zakresie OZE i elektromobilności, dla których zaplanowano sposób recyklingu komponentów po zakończeniu ich eksploatacji;
  - ulgi podatkowe dla podmiotów zajmujących się recyklingiem w OZE i elektromobilności;
- metody organizacyjno-administracyjne oraz zmiany pożądane zmiany obowiązującego prawa:
  - przygotowanie procedur postępowania z akumulatorami litowo-jonowymi dla ich magazynowania i transportu;
  - ewentualnie – uregulowanie metod magazynowania i transportu baterii litowo-jonowych przepisami prawa;
  - wprowadzenie opłaty recyklingowej lub pokrewnych rozwiązań zapewniających finansowanie recyklingu dla instalacji OZE;
  - wydzielenie dla akumulatorów litowo-jonowych odrębnego kodu odpadów;
  - poprawa jakości kontroli w sektorze gospodarki odpadami w kontekście niewłaściwego zagospodarowania odpadów z OZE, niewłaściwego magazynowania i transportu baterii litowo-jonowych;
  - przygotowanie krajowego dokumentu mającego charakter strategiczny w zakresie recyklingu w OZE i elektromobilności, zawierającego m.in. plan zagospodarowania komponentów technicznych OZE i akumulatorów do pojazdów elektrycznych.

***Dotacje ze środków UE na badania i rozwój*** dotyczyć powinny w ocenie ekspertów zarówno rozwiązań, które mają obecnie potencjał komercyjny jak i takich, dla których proces komercjalizacji – z uwagi na niewielki poziom rozwoju rynku recyklingu w OZE i elektromobilności – jest utrudniony.

Dotacje powinny być „celowane", tzn. być przydzielane w ramach odrębnych konkursów lub nawet odrębnych poddziałań przyszłych programów operacyjnych. Jak wskazano w niniejszym raporcie, wydzielenie części alokacji na potrzeby innowacyjnych metod recyklingu miało już miejsce w ramach Programu Operacyjnego Inteligentny Rozwój (Program sektorowy „Innowacyjny Recykling"); proponuje się zawężenie potencjalnych projektów wyłącznie do tych, które są związane z recyklingiem w OZE i elektromobilności.

***Dotacje na zakup gotowych rozwiązań w zakresie recyklingu*** mogą być przyznawane na zasadach podobnych jak to ma miejsce obecnie w ramach regionalnych programów operacyjnych – dotowane są wdrożenia rozwiązań, które nie są obecne na polskim rynku, lub w skali mikro – projekty poszerzające obecną działalność beneficjentów o nowe produkty lub usługi oraz projekty pozwalające na znaczne udoskonalenie stosowanych procesów produkcyjnych. Dotacje te mogłyby również mieć charakter celowany, tj. być skierowane do podmiotów działających lub planujących podjęcie działalności na rynku recyklingu OZE i elektromobilności.

Podobnie ***przeznaczenie środków krajowych w formie dotacji na badania i rozwój, oraz wdrożenie innowacyjnych rozwiązań w zakresie recyklingu w OZE i elektromobilności*** powinno mieć charakter celowany, i może być realizowane w sposób już obecnie wypracowany np. w ramach naborów ogłaszanych przez NFOŚiGW, NCBiR.

W zakresie oceny projektów w procesach przyznawania dotacji wskazuje się na konieczność wzięcia pod uwagę nie efektywności gospodarczej procesów innowacyjnych, ale też czynników dotyczących środowiska (np. minimalizacja ilości odpadów, w tym odpadów niebezpiecznych), społecznych (np. uciążliwość instalacji dla społeczeństwa) czy energochłonności procesów.

W ramach badania pojawiał się postulat uproszczenia procedury pozyskania dotacji – obecna procedura jest oceniana przez niektórych ekspertów jako skomplikowana.

Jako czynniki ryzyka wymienionego sposobu wsparcia wskazuje się:

- zaangażowanie dotacji w projekty badawcze, które nie przyniosą spodziewanych efektów w postaci wypracowania innowacyjnych rozwiązań, możliwych do zastosowania w skali przemysłowej;
- zgłaszanie do dofinansowania projektów, które są trudne lub nawet niemożliwe do wdrożenia na skalę przemysłową – co może mieć miejsce z uwagi na ograniczenie ryzyka biznesowego projektodawców (dotacja zamiast pożyczki) i niewłaściwą ocenę przez nich biznesowej zasadności realizacji danego projektu;
- brak projektów innowacyjnych, które można dofinansować;
- długi czas uzyskiwania efektów zaangażowania środków – w tym czasie możliwe jest wdrożenie gotowej technologii, obecnej na rynku, z lepszym skutkiem dla systemu recyklingu w kraju;
- finansowanie rozwoju innowacyjnego procesu, natomiast sama innowacyjność procesu może nie powodować innowacyjności efektów (może nie przekładać się np. na uzyskiwanie większego stopnia odzysku surowców wtórnych).

***Uruchomienie preferencyjnych pożyczek i kredytów oraz gwarancji bankowych na rozwój działalności w zakresie recyklingu w OZE i elektromobilności*** jest wskazywane jako atrakcyjna forma wsparcia inwestycji mających duży komercyjny potencjał szczególnie dla podmiotów, które rozwinęły lub rozwijają atrakcyjną biznesowo technologię, ale jest ona na tyle innowacyjna, że będzie traktowana przez banki jako zbyt ryzykowna do sfinansowana z kredytu komercyjnego. Możliwość wsparcia tego typu jest oceniana jako szczególnie wartościowa dla inwestycji w recykling w OZE i elektromobilności z uwagi na bardzo wysokie koszty budowy linii / centrum recyklingu, co dla często niewielkich i średnich podmiotów pracujących nad innowacjami oraz relatywnie dużym ryzyku biznesowym jest istotną barierą wejścia na rynek.

Zastosowanie pożyczek, kredytów preferencyjnych oraz gwarancji pozwala na wielokrotne zaangażowanie tego samego kapitału (po jego zwrocie może on być użyty ponownie do wsparcia kolejnych projektów), ogranicza ryzyko braku komercjalizacji lub nie uzyskania planowanych efektów ilościowych (planowany poziom recyklingu), ponieważ to beneficjent ponosi główne ryzyko finansowe i biznesowe, dlatego też jest bardziej skłonny do realizacji projektów o mniejszym stopniu ryzyka.

Wybór pomiędzy instrumentami zwrotnymi i dotacjami w przypadku technologii o wysokim potencjale komercjalizacji zależy od tego, czy problemem jest dostępność kapitału, czy występuje luka finansowa

i bez wsparcia dotacyjnego dana inwestycja nie osiągnie spodziewanej przez inwestorów rentowności i nie zostanie zrealizowana.

Jako czynniki ryzyka wymienionego sposobu wsparcia wskazuje się:

- możliwość zaangażowania kapitału w przedsięwzięcia nietrafione biznesowo i utrata zaangażowanego kapitału (wspierane są projekty o większym stopniu ryzyka niż przedsięwzięcia „tradycyjne");
- ograniczenie wsparcia praktycznie do projektów mających bardzo duży potencjał komercjalizacji, co w przypadku stosunkowej „nowości" sektora może być istotną barierą rozwoju planowanych przedsięwzięć.

***Utworzenie państwowej instytucji lub komórki organizacyjnej w ramach istniejącego podmiotu (np. w ramach ministerstwa, NFOŚiGW) finansującej badania i gromadzącej wiedzę naukową w zakresie innowacyjnych metod recyklingu w OZE i elektromobilności*** – finansowanie badań naukowych pozwoliłoby na uzyskanie informacji o rynku recyklingu w OZE i elektromobilności w sposób usystematyzowany, co dla rynku o dużym potencjale gospodarczym i znaczeniu dla społeczeństwa oraz środowiska jest zdecydowanie wskazane i umożliwiłoby podejmowanie skutecznych, efektywnych działań przez administrację państwową. Dofinansowanie prac badawczo-rozwojowych mogłoby przynieść pozytywne skutki w zakresie dostosowania systemu gospodarki odpadami do wyzwań związanych z recyklingiem dynamicznie wzrastających grup odpadów, wypracowania innowacyjnych rozwiązań w dziedzinie gospodarki o dużym znaczeniu, będącej w obszarze zwiększonego zainteresowania krajów rozwiniętych.

Jako czynniki ryzyka tego typu wsparcia wymienić należy:

- poniesienie kosztów funkcjonowania instytucji, komórki organizacyjnej niewspółmiernych do uzyskanych efektów;
- powielanie zadań realizowanych przez już istniejące publiczne podmioty.

***Dofinansowanie działalności naukowej, badawczo-rozwojowej z krajowych lub unijnych środków publicznych za pośrednictwem podmiotu prowadzącego działalność naukowo-badawczą (np. instytut państwowy, uczelnia wyższa, NCBiR) w obszarze recyklingu OZE i elektromobilności*** jest alternatywnym, w stosunku do pomysłu utworzenia instytucji zajmującej się problemem recyklingu w OZE i elektromobilności, sposobem na usystematyzowanie wiedzy i działań w badanym obszarze. Takie działanie pozwala oprzeć się na zasobach i strukturze istniejącego podmiotu, mogącego mieć doświadczenie w zakresie zarówno pozyskania prac naukowych, jak i dofinansowania prac badawczo-rozwojowych (np. NCBiR) i mogącego tym samym wnieść wartość dodaną w zakresie organizacji pracy, gromadzenia informacji, właściwego modelu współpracy z podmiotami zewnętrznymi.

Czynniki ryzyka tego typu wsparcia:

- trudności z określeniem końcowych wyników współpracy z podmiotem zewnętrznym wobec nowatorstwa sektora – co może powodować niejasności w zakresie kosztów realizowanych przez daną instytucję prac;
- ponoszenie kosztów niewspółmiernych do uzyskiwanych efektów prac.

***W przypadku wsparcia bezzwrotnego i zwrotnego premiowanie tych projektów w zakresie OZE i elektromobilności, dla których zaplanowano sposób recyklingu komponentów po zakończeniu ich***

***eksploatacji*** oznacza w naborach związanych z dofinansowaniem instalacji OZE np. ujęcie w kryteriach wyboru projektów konieczności zapewnienia recyklingu komponentów technicznych instalacji OZE po zakończeniu jej eksploatacji lub dodatkowych punktów dla projektów, w których przewidziano recykling. Pozwala to na rozwijanie OZE i wzrost energii ze źródeł odnawialnych w miksie energetycznym przy minimalizacji kosztów środowiskowych związanych z budową nowych instalacji OZE.

Ryzyka związane ze sposobem wsparcia:

- długa perspektywa czasowa między udzieleniem wsparcia o recyklingiem – brak możliwości wyegzekwowania wprowadzonych zasad i deklaracji beneficjentów.

***Ulgi podatkowe dla podmiotów zajmujących się recyklingiem w OZE i elektromobilności*** spowodować mogą wzrost zainteresowania działaniem w tym sektorze ze strony podmiotów branżowych, przygotowanych teoretycznie do prowadzenia tego typu działalności, ale jej nie podejmującej z uwagi na jeszcze zbyt mały popyt oraz wysokie finansowe bariery wejścia. Wdrożenie tego typu rozwiązań spowodować może zwiększenie potencjału recyklingu w OZE i elektromobilności. Istnieje jednak szereg ryzyk związanych z wprowadzeniem wsparcia tego typu, m.in.:

- możliwość uzyskania nieuprawnionej pomocy publicznej przez podmioty sektora;
- skierowanie wsparcia w sposób nie odpowiadający na potrzeby rynku (powodem braku podmiotów w branży może być luka finansowania, a nie operacyjne koszty działalności);
- skierowanie pomocy do dużych podmiotów, które prowadzą różne rodzaje działalności i tym samym finansowanie krzyżowe ich działalności (wykazywanie straty na recyklingu i przenoszenie ewentualnych zysków na inne obszary);
- trudności z wydzieleniem odpadów, które przynależne są wyłącznie do OZE – teoretyczna możliwość przetwarzania na jednej linii recyklingu różnego rodzaju odpadów (np. kompozyty z elementów pojazdów).

***Przygotowanie procedur postępowania z akumulatorami litowo-jonowymi dla ich transportu, magazynowania*** oznacza opracowanie przez administrację rządową lub na jej zlecenie zaleceń w zakresie magazynowania i transportu baterii litowo-jonowych. Obecnie baterie te, wobec braku wydzielenia ich jako odrębny rodzaj odpadów z własnym kodem, mogą być magazynowane i transportowane w sposób niewłaściwy z punktu widzenia bezpieczeństwa środowiska oraz zdrowia i życia ludzi. Brak wytycznych czy zaleceń w tym zakresie, znanych i stosowanych powszechnie przez podmioty i osoby fizyczne zwiększa ryzyko mechanicznego uszkodzenia baterii, a tym samym zagrożenie wybuchem i pożarem.

Ryzyka związane z tą metodą wsparcia:

- różna budowa akumulatorów różnych producentów, co utrudnia unifikację szczegółowego postępowania z nimi;
- procedury i zalecenia mogą być niewystarczające do zapewnienia bezpieczeństwa transportu i magazynowania tego typu odpadów.

***Uregulowanie metod magazynowania i transportu akumulatorów litowo-jonowych przepisami prawa*** oznacza zapisanie w przepisach prawa sposobów postępowania ze zużytymi akumulatorami litowo-jonowymi tak, aby zapewnić bezpieczeństwo i nie dopuścić do wywołania negatywnych

skutków środowiskowych podczas ich magazynowania, transportu. Wzrost ilości pojazdów elektrycznych na rynku może doprowadzić do powstania podmiotów, które również w sposób nieuprawniony będą zajmować się odzyskiwaniem akumulatorów w celu ich regeneracji, odsprzedaży do innych zastosowań (jako magazyny energii). Konieczne może być w związku z tym uregulowanie w przepisach prawa sposobów postępowania z akumulatorami, sankcji za niewłaściwe ich użycie. Jednocześnie zmiana prawa może być czynnikiem wpływającym na wzrost potencjału rynku, przyspieszającym powstawanie podmiotów zajmujących się w sposób bezpieczny dla ludzi i środowiska recyklingiem akumulatorów.

Ryzyka związane ze zmianą prawa:

- proces legislacyjny jest sam w sobie trudny do przeprowadzenia, może być długotrwały;
- mimo zmian prawo może nie nadążać za rozwojem technologii;
- zmiana prawa może być hamulcem rozwoju branży, zbytnie przeregulowanie lub szybkie zmiany prawa mogą powodować awersję podmiotów prywatnych do podejmowania ryzyka działalności sektorze.

***Wprowadzenie opłat recyklingowych lub rozwiązań pokrewnych, zapewniających finansowanie procesu recyklingu*** wpłynie na wprowadzenie efektywnych rozwiązań w zakresie recyklingu przez producentów instalacji OZE lub pojazdów elektrycznych (tak, aby koszty recyklingu, a tym samym produktu, były per saldo jak najmniejsze) albo na powstanie podmiotów specjalizujących się w recyklingu instalacji OZE i akumulatorów pojazdów elektrycznych, i tym samym utworzenie rynku recyklingu o odpowiednio dużym potencjale.

Ryzyka związane z wprowadzeniem metody wsparcia:

- wzrost kosztów inwestycyjnych w OZE i elektromobilności – a tym samym spadek atrakcyjności inwestycji, negatywny wpływ na stopień osiągnięcia celów klimatycznych i pożądanego miksu energetycznego;
- odległa perspektywa czasowa recyklingu instalacji OZE i akumulatorów pojazdów elektrycznych w stosunku do rozpoczęcia ich pracy – konieczność utworzenia mechanizmu monitorowania recyklingu i wydatkowania środków z wprowadzonych opłat.

***Wydzielenie dla akumulatorów litowo-jonowych odrębnego kodu odpadów*** – obecnie, jak wspominano, akumulatory litowo-jonowe należą do rodzaju „16 06 05 inne baterie i akumulatory". Wobec tego, iż baterie i akumulatory Li-ion powinny być traktowane jak odpad niebezpieczny, coraz większej ilości zużytych akumulatorów na rynku oraz w związku z potencjalnie cennymi surowcami możliwymi do odzyskiwania z akumulatorów tego typu wydzielenie baterii i akumulatorów litowo-jonowych z rodzaju 16 06 05 wydaje się zasadne. W obecnym warunkach zarówno prowadzenie działalności w zakresie recyklingu akumulatorów litowo-jonowych, jak i wdrożenie zasad, przepisów w zakresie bezpiecznego postępowania z nimi jest utrudnione.

Ryzyka związane z wprowadzeniem uregulowań – brak.

***Poprawa jakości kontroli w sektorze gospodarki odpadami w kontekście niewłaściwego zagospodarowania odpadów z OZE, niewłaściwego magazynowania i transportu akumulatorów Li-ion*** to efekt spostrzeżeń przedsiębiorców sektora, przedstawicieli branży gospodarki odpadami – którzy dostrzegają istotną lukę między celem obowiązujących przepisów a ich rzeczywistym oddziaływaniem na stan środowiska; kary za niewłaściwe zagospodarowanie odpadów są zbyt niskie

w stosunku do skutków środowiskowych, proces podejmowania decyzji administracyjnych trwa zbyt długo, obowiązujące przepisy teoretycznie mogą pozwalać na podejmowanie działań szkodliwych dla środowiska (niewłaściwy sposób magazynowania czy transport akumulatorów Li-ion, zagospodarowanie odpadów kompozytowych poprzez ich mieszanie z gruzem i wykorzystanie do rekultywacji, umacniania skarp wysypisk). W związku z tym konieczne wydaje się wzmocnienie aparatu kontrolnego państwa, poprawa szybkości działania jednostek odpowiedzialnych za ocenę zgodności działań przedsiębiorstw z przepisami w zakresie ochrony środowiska i zagospodarowania odpadów.

Ryzyka związane z wprowadzeniem zmian:

- prawdopodobnie niezbędne zmiany prawa – proces długotrwały;
- wzrost kosztów budżetowych;
- problem obecnie o relatywnie niewielkim znaczeniu, co utrudnia szybkie wprowadzenie zmian.

***Przygotowanie krajowego dokumentu mającego charakter strategiczny w zakresie recyklingu w OZE i elektromobilności, zawierającego m.in. plan zagospodarowania komponentów technicznych OZE i akumulatorów do pojazdów elektrycznych*** postulowane jest przede wszystkim przez przedstawicieli branży gospodarki odpadami. Działanie to wydaje się konieczne w kontekście wprowadzania programów wsparcia OZE, elektromobilności – bez jednoczesnego zaplanowania sposobu utylizacji zużytych komponentów technicznych instalacji OZE, czy akumulatorów do pojazdów elektrycznych. Dokument wypracowany na szczeblu państwowym tworzyłby również ramy dla planów działalności przez podmioty prywatne, co wpłynęłoby pozytywnie na wzrost potencjału w zakresie zagospodarowania odpadów z OZE i elektromobilności.

Ryzyka związane z przygotowaniem dokumentu:

- długa perspektywa prognozowania może być przyczyną nieprecyzyjnych prognoz;
- przygotowanie dokumentu może nie przełożyć się w sposób istotny na wzrost potencjału sektora.

Dla wymienionych proponowanych działań wzmacniających sektor recyklingu w OZE i elektromobilności sporządzono analizę jakościową ryzyka, w oparciu o metodykę wskazaną w CBA Guide 2014 (polska wersja: Przewodnik po analizie kosztów i korzyści projektów inwestycyjnych. Narzędzie analizy ekonomicznej polityki spójności 2014–2020").

Skala dotkliwości ryzyka:

- I: Brak oddziaływania na dobrobyt społeczny, nawet pomimo braku działań zaradczych.
- II: Nieznaczny ubytek dobrobytu społecznego generowanego przez projekt, o minimalnym oddziaływaniu na jego długofalowe efekty. Niemniej jednak skutki wymagają działań zaradczych.
- III: Umiarkowane. Projekt powoduje ubytek dobrobytu społecznego, głównie straty finansowe, nawet w średnim i dłuższym okresie. Zmaterializowanym skutkom można skutecznie zaradzić.
- IV: Krytyczne. Projekt powoduje znaczny ubytek dobrobytu społecznego. Realizacja ryzyka niweczy podstawowe funkcje projektu . Działania zaradcze, nawet bardzo rozbudowane, nie są w stanie zniwelować skutków.

- V: Katastrofalne. Wadliwość projektu, która może skutkować poważną lub nawet całkowitą utratą zakładanych funkcji. Główne średnio- i długookresowe cele nie zostają osiągnięte.

Skala prawdopodobieństwa wystąpienia danego czynnika ryzyka:

- A. bardzo nieprawdopodobne (prawdopodobieństwo wynoszące 0–10%);
- B. nieprawdopodobne (prawdopodobieństwo wynoszące 10–33%);
- C. całkiem prawdopodobne (prawdopodobieństwo wynoszące 33–66%);
- D. prawdopodobne (prawdopodobieństwo wynoszące 66–90%);
- E. bardzo prawdopodobne (prawdopodobieństwo wynoszące 90–100%).

**Rysunek 19. Matryca ryzyka**

| Dotkliwość / Prawdopodobieństwo | I | II | III | IV | V |
|---|---|---|---|---|---|
| A | Niski | Niski | Niski | Niski | Umiarkowany |
| B | Niski | Niski | Umiarkowany | Umiarkowany | Wysoki |
| C | Niski | Umiarkowany | Umiarkowany | Wysoki | Wysoki |
| D | Niski | Umiarkowany | Wysoki | B.wysoki | B.wysoki |
| E | Umiarkowany | Wysoki | B.wysoki | B.wysoki | B.wysoki |

*Źródło: Przewodnik po analizie kosztów i korzyści projektów inwestycyjnych. Narzędzie analizy ekonomicznej polityki spójności 2014–2020.*

Poziom ryzyka wyznaczany za pomocą dwóch zmiennych macierzy jest następujący:

**Rysunek 20. Poziom ryzyka wyznaczany w matrycy ryzyka**

| Poziom ryzyka | Kolor |
|---|---|
| Niski | |
| Umiarkowany | |
| Wysoki | |
| Nieakceptowalny | |

*Źródło: Przewodnik po analizie kosztów i korzyści projektów inwestycyjnych. Narzędzie analizy ekonomicznej polityki spójności 2014–2020.*

Sposób postępowania w zależności od występującego natężenia danego czynnika ryzyka jest przyjęty również na podstawie przytoczonych wytycznych.

**Rysunek 21. Sposób postępowania w przypadku występowania natężenia danego czynnika ryzyka**

| Dotkliwość / Prawdopodobieństwo | I | II | III | IV | V |
|---|---|---|---|---|---|
| A<br>B<br>C | Zapobieganie albo ograniczanie | | | Ograniczanie | |
| D<br>E | Zapobieganie | | | Zapobieganie i ograniczanie | |

*Źródło: Przewodnik po analizie kosztów i korzyści projektów inwestycyjnych. Narzędzie analizy ekonomicznej polityki spójności 2014–2020.*

| Nazwa | Możliwe przyczyny | Możliwe skutki | Prawdopodobieństwo wystąpienia / skala dotkliwości -> poziom ryzyka | Sposób zapobiegania | Monitorowanie oraz działania zaradcze w przypadku wystąpienia |
|---|---|---|---|---|---|
| **Dotacje ze środków UE oraz środków krajowych na badania i rozwój, zakup gotowych rozwiązań w zakresie recyklingu** | | | | | |
| Zaangażowanie dotacji w projekty badawcze, które nie przyniosą spodziewanych efektów w postaci wypracowania innowacyjnych rozwiązań, możliwych do zastosowania w skali przemysłowej | Zasady przyznawania dotacji.<br>Chęć finansowania przede wszystkim projektów innowacyjnych, bez położenia nacisku na ich komercjalizację – w celu pobudzenia procesu rozwoju technologii. | Nieefektywne wydatkowanie środków w odniesieniu do uzyskanych rezultatów, ograniczenie możliwości dofinansowania innych, bardziej skutecznych działań. | Prawdopodobieństwo wystąpienia: nieprawdopodobne (B, 10-33%) – instytucje odpowiedzialne za wydatkowanie środków z dotacji mogą korzystać z wieloletniego doświadczenia w zakresie dofinansowania projektów, również innowacyjnych, a tym samym mogą ocenić możliwość uzyskania spodziewanych rezultatów.<br>Skala dotkliwości ryzyka: nieznaczna (II) – w ocenie zespołu badawczego alokacja dla projektów w sektorze będzie na tyle niska, a alternatywne sposoby stymulacji sektora są na tyle liczne i różnorodne, że niepowodzenie w zakresie uzyskiwanych rezultatów wsparcia nie będzie istotnie rzutować na rozwój potencjału w zakresie recyklingu instalacji OZE i akumulatorów do pojazdów elektrycznych.<br>POZIOM RYZYKA - niski | Właściwe zaplanowanie wydatkowania środków w ramach dotacji, z rzetelnym określeniem celów planowanego wsparcia. Podział środków na transze i bieżąca analiza zainteresowania wsparciem oraz jego skuteczności w odniesieniu do zaplanowanych celów. | Monitorowanie – bieżąca analiza sposobu oraz efektywności wydatkowanych środków. Działania zaradcze – przesunięcia środków na dofinansowanie innego rodzaju działań; zmiana regulaminów naborów, kryteriów wyboru projektów. |
| Zgłaszanie do dofinansowania projektów, które są trudne lub nawet niemożliwe do wdrożenia na skalę przemysłową | Brak właściwie przeprowadzonych analiz biznesowych dla projektów z uwagi na obowiązujące zapisy regulaminów konkursów / naborów. | Niższy w stosunku do oczekiwanego wzrost potencjału sektora recyklingu w OZE i elektromobilności w Polsce. | Prawdopodobieństwo wystąpienia: nieprawdopodobne (B, 10-33%) – instytucje odpowiedzialne za wydatkowanie środków z dotacji mogą korzystać z wieloletniego doświadczenia w zakresie dofinansowania projektów, również innowacyjnych, a tym samym mogą dostosować sposób wydatkowania środków do oczekiwanych rezultatów. | Właściwe zaplanowanie wydatkowania środków w ramach dotacji, z rzetelnym określeniem celów planowanego wsparcia. Podział środków na transze i bieżąca analiza zainteresowania wsparciem oraz jego skuteczności w | Monitorowanie – bieżąca analiza efektywności wydatkowanych środków, bieżąca ocena zgodności realizowanych projektów z oczekiwaniami w zakresie wpływu na potencjał sektora.<br>Działania zaradcze – przesunięcia środków na |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | Skala dotkliwości ryzyka: nieznaczna (II) – w ocenie zespołu badawczego alokacja dla projektów w sektorze będzie stosunkowo niska, alternatywne sposoby stymulacji sektora są liczne i różnorodne, w związku z tym niepowodzenie w zakresie uzyskiwanych rezultatów wsparcia nie będzie istotnie rzutować na rozwój potencjału w zakresie recyklingu instalacji OZE i akumulatorów do pojazdów elektrycznych.<br>POZIOM RYZYKA - niski | odniesieniu do zaplanowanych celów. | dofinansowanie innego rodzaju działań; zmiana regulaminów naborów, kryteriów wyboru projektów. |
| Długi czas uzyskiwania efektów zaangażowania środków | Długi okres realizacji projektów i ich komercjalizacji. | Zbyt niski w stosunku do planowanego poziom recyklingu odpadów z OZE i elektromobilności. | Prawdopodobieństwo wystąpienia: całkiem prawdopodobne (prawdopodobieństwo wynoszące 33–66%) – projekty badawczo-rozwojowe są projektami zwiększonego ryzyka, ich realizacja może zostać wydłużona w stosunku do pierwotnego harmonogramu.<br>Skala dotkliwości ryzyka: nieznaczna (II) – podobnie jak dla powyżej wymienionych czynników ryzyka.<br>POZIOM RYZYKA – umiarkowany | Ograniczenie okresu realizacji projektów w regulaminach związanych z przyznaniem dofinansowania.<br>Przyznawanie dofinansowania głównie projektom o dużym potencjale komercjalizacji oraz tym, które znajdują się o wysokim wskaźniku poziomu gotowości technologii TRL. | Monitorowanie – bieżąca analiza stanu realizacji projektów dofinansowanych.<br>Środki zaradcze – uzależnienie wypłat transz dotacji od osiągnięcia cząstkowych efektów realizacji projektu w zaplanowanym czasie; przesunięcia środków na inne działania w przypadku spodziewanego braku powodzenia realizacji projektów lub planowanego znaczącego wydłużenia okresu ich realizacji. |
| Finansowanie rozwoju innowacyjnego procesu bez przełożenia na innowacyjność uzyskiwanych efektów (np. w sensie | Niewłaściwe kryteria oceny projektów. Dofinansowanie projektów na zbyt wczesnym etapie rozwoju. | Nie uzyskanie planowanego poziomu rozwoju oraz wzrostu potencjału sektora. | Prawdopodobieństwo wystąpienia: nieprawdopodobne (B, 10-33%) – z powodów wymienionych powyżej, związanych z doświadczeniem instytucji odpowiedzialnych za wydatkowanie środków z dotacji.<br>Skala dotkliwości ryzyka: nieznaczna (II) – podobnie jak dla powyżej | Właściwe zaplanowanie wydatkowania środków w ramach dotacji, z rzetelnym określeniem celów planowanego wsparcia.<br>Finansowanie projektów z dużym potencjałem w zakresie komercjalizacji, o | Monitorowanie – bieżąca analiza uzyskiwanych efektów realizacji projektu jeszcze na etapie wdrażania projektu.<br>Środki zaradcze – zmiana warunków udzielania |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| większego stopnia odzysku surowców wtórnych). | | | wymienionych czynników ryzyka. POZIOM RYZYKA – niski | odpowiednim poziomie gotowości technologii (TRL). Podział alokacji na transze, ewaluacja wsparcia i wykorzystanie wniosków z ewaluacji do zaprogramowania wsparcia w ramach kolejnych części alokacji. | wsparcia dla kolejnych naborów. |
| **Uruchomienie preferencyjnych pożyczek i kredytów oraz gwarancji bankowych na rozwój działalności w zakresie recyklingu w OZE i elektromobilności** | | | | | |
| Możliwość zaangażowania kapitału w przedsięwzięcia nietrafione biznesowo i utrata zaangażowanego kapitału | Niewłaściwa ocena projektów. | Zmniejszenie puli środków wspierających rozwój sektora. Nie uzyskanie założonych rezultatów wsparcia. | Prawdopodobieństwo wystąpienia: nieprawdopodobne (B, 10-33%) – z powodów wymienionych powyżej, związanych z doświadczeniem instytucji odpowiedzialnych za wydatkowanie środków, dodatkowo znacząca część ryzyka jest przeniesiona na beneficjentów. Skala dotkliwości ryzyka: nieznaczna (II) – w przypadku niepowodzenia wielkość alokacji prawdopodobnie nie zaburzy systemu wsparcia sektora. POZIOM RYZYKA – niski | Właściwa ocena wniosków o wsparcie. Dobór do zespołu oceniającego specjalistów w zakresie recyklingu w OZE, elektromobilności, oceny biznesowej i finansowej przedsięwzięć, dysponowanie analizami rynkowymi sektora, skorzystanie z dotychczasowych doświadczeń w zakresie wsparcia projektów badawczo-rozwojowych, przygotowanie zestawu wymogów naborów gwarantujących wybór rzetelnych podmiotów realizujących projekty (również wymogów organizacyjnych, finansowych itd.) | Monitorowanie – bieżące monitorowanie realizacji projektu, sytuacji finansowej beneficjenta. Środki zaradcze - analiza przypadków niewłaściwego finansowania, wyciągnięcie wniosków na potrzeby późniejszego doboru kolejnych projektów. |
| Ograniczenie wsparcia praktycznie do projektów mających bardzo duży potencjał komercjalizacji | Brak chęci podejmowania ryzyka realizacji projektu w przypadku przedsięwzięć o jeszcze zbyt niskim potencjale komercjalizacji lub na początkowym etapie rozwoju. | Pominięcie projektów mających duży potencjał innowacyjny. | Prawdopodobieństwo wystąpienia: całkiem prawdopodobne (prawdopodobieństwo wynoszące 33–66%) – z pożyczek realizowane będą projekty, które są przygotowane do komercjalizacji. Skala dotkliwości ryzyka – brak (I), celem wsparcia jest wzrost potencjału | Właściwe przygotowanie kryteriów oceny projektów, umożliwiających realizację przedsięwzięć o dużym potencjale innowacyjnym, mimo niedostatków w zakresie możliwości komercjalizacji. | Monitorowanie: analiza rynku – zbieranie danych o planowanych do realizacji i realizowanych projektach innowacyjnych w celu ich rozwoju z dostępnych obecnie lub w przyszłości narzędzi wsparcia. |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | systemu recyklingu i wprowadzenie na rynek projektów gotowych do komercjalizacji, zatem odrzucenie projektów w początkowej fazie rozwoju lub nie dających w efekcie możliwości przemysłowego recyklingu w OZE i elektromobilności nie jest niekorzystne.<br>POZIOM RYZYKA – niski | Przygotowanie dodatkowych narzędzi wsparcia projektów innowacyjnych, ale trudnych do komercjalizacji (dotacje). | Działania zaradcze – przygotowanie innych metod wsparcia projektów niemożliwych do komercjalizacji z powodu ich wczesnego stadium rozwoju. |
| **Utworzenie państwowej instytucji lub komórki organizacyjnej w ramach istniejącego podmiotu (np. w ramach ministerstwa, NFOŚiGW) finansującej badania i gromadzącej wiedzę naukową w zakresie innowacyjnych metod recyklingu w OZE i elektromobilności** | | | | | |
| Poniesienie kosztów funkcjonowania instytucji, komórki organizacyjnej niewspółmiernych do uzyskanych efektów | Niewłaściwa organizacja pracy komórki; niewłaściwe zdefiniowanie celów działania; dobór pracowników o charakterystyce nie odpowiadającej potrzebom komórki organizacyjnej. | Brak osiągnięcia spodziewanych rezultatów, np. brak wzrostu poziomu wiedzy na temat skutecznych, efektywnych metod stymulowania rozwoju, czy organizacji sektora. | Prawdopodobieństwo wystąpienia: nieprawdopodobne (B, 10-33%) – powołanie dodatkowej komórki organizacyjnej czy instytucji będzie poprzedzone szczegółową, rzetelną analizą potrzeb.<br>Skala dotkliwości ryzyka: nieznaczna (II) – w przypadku braku efektywności pracy jednostki będzie ona rozwiązana.<br>POZIOM RYZYKA – niski | Analiza potrzeb w zakresie badanego zagadnienia. Ocena zasadności działania przez niezależnych ekspertów. | Monitorowanie: okresowa analiza efektów prac jednostki oraz analiza potrzeb w zakresie badanego zagadnienia. Działania zaradcze: ocena pracy jednostki i ewentualne jej rozwiązanie w przypadku braku zasadności wydatkowania środków publicznych. |
| Powielanie zadań realizowanych przez już istniejące publiczne podmioty | Brak rzetelnych analiz potrzeb, analiz otoczenia. | Zbędne wydatkowanie środków publicznych, chaos w zarządzaniu rozwojem sektora recyklingu w OZE i elektromobilności. | Prawdopodobieństwo wystąpienia: całkiem prawdopodobne (prawdopodobieństwo wynoszące 33–66%) – prace analityczne w zakresie recyklingu w elektromobilności i OZE, czy ocena sytuacji w sektorze są już prowadzone przez jednostki i pracowników administracji państwowej (ministerstwa, NCBiR) w ramach przydzielonych zadań i obowiązków.<br>Skala dotkliwości ryzyka: nieznaczna (II) – w przypadku powołania jednostki, komórki organizacyjnej i braku zasadności jej działania możliwe będzie jej rozwiązanie.<br>POZIOM RYZYKA – umiarkowany | Analiza prac realizowanych obecnie przez inne jednostki organizacyjne podmiotów publicznych w badanym zakresie; analiza potencjału i potrzeb w zakresie badanego zagadnienia. Ocena zasadności działania przez niezależnych ekspertów. | Monitorowanie: okresowa analiza efektów prac jednostki, analiza potencjału innych jednostek organizacyjnych i możliwości prowadzenia przez nie stosownych prac badawczych, analiza rzeczywistych potrzeb w zakresie badanego zagadnienia w miarę rozwoju rynku i ważności zagadnienia. Działania zaradcze: ocena pracy jednostki i ewentualne jej rozwiązanie w przypadku |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | braku zasadności wydatkowania środków publicznych. |
| **Dofinansowanie działalności naukowej, badawczo-rozwojowej z krajowych lub unijnych środków publicznych za pośrednictwem podmiotu prowadzącego działalność naukowo-badawczą (np. instytut państwowy, uczelnia wyższa, NCBiR) w obszarze recyklingu OZE i elektromobilności** | | | | | |
| Trudności z określeniem końcowych wyników współpracy z podmiotem zewnętrznym wobec nowatorstwa sektora – co może powodować niejasności w zakresie kosztów realizowanych przez daną instytucję prac | Nowatorstwo branży, brak zdefiniowania potrzeb przez zlecającego (strona rządowa), brak informacji dotyczących punktu wyjścia w sektorze, brak możliwości rynkowego porównania kosztów działania podmiotu zewnętrznego (podmioty publiczne lub quasi-publiczne). | Poniesione koszty niewspółmierne w stosunku do efektów pracy. Brak wpływu na rozwój sektora recyklingu w OZE i elektromobilności. | Prawdopodobieństwo wystąpienia: nieprawdopodobne (B, 10-33%) – zlecający posiada doświadczenie w zakresie wyceny prac tego typu. Skala dotkliwości ryzyka: nieznaczna (II) – możliwe jest wdrożenie rozwiązania stopniowo, w związku z tym ryzyko niewłaściwego zagospodarowania środków publicznych jest ograniczone. POZIOM RYZYKA – niski | Skorzystanie z posiadanego doświadczenia w zakresie współpracy z podmiotami zewnętrznymi. Właściwe przygotowanie współpracy. | Monitoring: bieżąca ewaluacja efektów współpracy. Sposób zapobiegania – rozwiązanie współpracy w przypadku braku spodziewanych efektów. |
| Ponoszenie kosztów niewspółmiernych do uzyskiwanych efektów prac | Brak zdefiniowanych oczekiwanych rezultatów pracy. | Niewłaściwie wydatkowane środki publiczne. | Prawdopodobieństwo wystąpienia: nieprawdopodobne (B, 10-33%) – właściwe przygotowanie zakresu współpracy, oczekiwań zamawiającego w oparciu o posiadane doświadczenie w tym zakresie w znacznej mierze wykluczy ryzyko. Skala dotkliwości ryzyka: nieznaczna (II) – możliwe jest wdrożenie rozwiązania stopniowo, w związku z tym ryzyko niewłaściwego zagospodarowania środków publicznych jest ograniczone. POZIOM RYZYKA – niski | Skorzystanie z posiadanego doświadczenia w zakresie współpracy z podmiotami zewnętrznymi. Właściwe przygotowanie współpracy. | Monitoring: bieżąca ewaluacja efektów współpracy. Sposób zapobiegania – rozwiązanie współpracy w przypadku braku spodziewanych efektów. |
| **W przypadku wsparcia bezzwrotnego i zwrotnego premiowanie tych projektów w zakresie OZE i elektromobilności, dla których zaplanowano sposób recyklingu komponentów po zakończeniu ich eksploatacji** | | | | | |
| Długa perspektywa czasowa między udzieleniem wsparcia o recyklingiem – brak możliwości wyegzekwowania | Długi okres użytkowania instalacji OZE i akumulatorów, wykraczający poza standardowy okres trwałości. | Dofinansowanie projektów, których recykling w efekcie nie nastąpi zgodnie z deklaracjami. Konieczność długoterminowego | Prawdopodobieństwo wystąpienia: prawdopodobne (prawdopodobieństwo wynoszące 67–90%) – ograniczone możliwości monitorowania późniejszego rzeczywistego recyklingu; brak | Brak możliwości zapobiegania, ryzyko niezależne od podmiotu przyznającego wsparcie. | Monitorowanie – istnieją trudności z monitorowaniem ryzyka z uwagi na długi okres między udzieleniem wsparcia a recyklingiem. |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| wprowadzonych zasad i deklaracji beneficjentów | | monitorowania postępowania z instalacjami. Brak możliwości wyegzekwowania deklaracji z powodu ich wykraczania poza okres trwałości. | możliwości wyegzekwowania deklaracji w okresie wykraczającym poza standardowy okres trwałości. Skala dotkliwości ryzyka: nieznaczna (II) – niewielki wpływ ryzyka na potencjał systemu recyklingu w OZE i elektromobilności. POZIOM RYZYKA – umiarkowany | | Sposób zapobiegania – brak. |
| **Przygotowanie procedur postępowania z akumulatorami litowo-jonowymi dla ich transportu, magazynowania** | | | | | |
| Różna budowa akumulatorów różnych producentów, co utrudnia unifikację szczegółowego postępowania z nimi | Różna budowa akumulatorów, obwarowana dodatkowo patentami, przepisami chroniącymi dobro producenta. | Nieprzydatność wypracowanych procedur. | Prawdopodobieństwo wystąpienia: nieprawdopodobne (B, 10-33%) – sektor elektromobilności zmierza raczej ku unifikacji rozwiązań i ułatwieniu późniejszego recyklingu w związku z wysoką wartością odzyskiwanych surowców. Skala dotkliwości ryzyka: nieznaczna (II) – prawdopodobnie dostawcy akumulatorów będą starać się samodzielnie przygotować zarówno procedury postępowania ze zużytymi częściami, jak i wdrożyć system monitorowania oraz recyklingu odpadów. POZIOM RYZYKA – niski | Współpraca z dostawcami pojazdów elektrycznych w zakresie przygotowania odpowiednich procedur postępowania z akumulatorami pojazdów. | Monitorowanie: śledzenie postępu ustaleń z dostawcami pojazdów elektrycznych, rozwiązań w zakresie recyklingu, poziomu przygotowania procedur dotyczących transportowania i magazynowania. Przygotowanie łatwo dostępnego systemu informacji o sposobie postępowania z akumulatorami Sposób zapobiegania: w przypadku braku możliwości przygotowania odpowiednich procedur i zagrożenia życia i zdrowia ludzi oraz bezpieczeństwa środowiska – wprowadzenie niezbędnych regulacji prawnych w tym zakresie. |
| Procedury i zalecenia mogą być niewystarczające do zapewnienia bezpieczeństwa transportu i | Procedury nie muszą być obowiązującym prawem – mogą nie być obligatoryjne, nie stosowanie się do nich może nie nieść za sobą sankcji. | Przetwarzanie zużytych akumulatorów niezgodnie z zasadami bezpieczeństwa – zagrożenie zdrowia i życia ludzi oraz stanu środowiska. | Prawdopodobieństwo wystąpienia: nieprawdopodobne (B, 10-33%) – producenci pojazdów elektrycznych będą dla swojego dobra (ochrona patentów, odzysk surowców, bezpieczeństwo użytkowania pojazdów) wprowadzać własne | Współpraca z dostawcami pojazdów elektrycznych w zakresie wdrożenia odpowiednich procedur postępowania z akumulatorami pojazdów | Monitorowanie: okresowa analiza sytuacji na rynku pojazdów elektrycznych w zakresie postępowania ze zużytymi akumulatorami. Sposób zapobiegania: zmuszenie dostawców |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| magazynowania tego typu odpadów | | | obostrzenia powodujące powstanie zamkniętego cyklu wykorzystania i przetwarzania akumulatorów do pojazdów elektrycznych.<br>Skala dotkliwości ryzyka: nieznaczna (II) – prawdopodobnie dostawcy akumulatorów będą sami nadzorować system postępowania ze zużytymi akumulatorami.<br>POZIOM RYZYKA – niski | | pojazdów elektrycznych do wzięcia odpowiedzialności za postępowanie ze zużytymi akumulatorami; wprowadzenie uregulowań prawnych w tym zakresie. |
| **Uregulowanie metod magazynowania i transportu akumulatorów litowo-jonowych przepisami prawa** | | | | | |
| Proces legislacyjny jest sam w sobie trudny do przeprowadzenia, może być długotrwały | Skomplikowanie procesu legislacyjnego.<br>Konieczność uzasadnienia zmian i ich konsultacji z zainteresowanymi stronami. | Niedostosowanie prawa do zmieniających się technologii. | Prawdopodobieństwo wystąpienia: całkiem prawdopodobne (prawdopodobieństwo wynoszące 33–66%) – potrzeby w tym zakresie są na tyle nowe i trudno definiowalne, że prawdopodobne jest utrudnienie procesu legislacji.<br>Skala dotkliwości ryzyka: nieznaczna (II) – w przypadku akumulatorów pojazdów elektrycznych wprowadzeniem skutecznych rozwiązań w zakresie recyklingu będą podmioty sprzedające pojazdy.<br>POZIOM RYZYKA – umiarkowany | Analiza systemów prawnych w innych krajach UE, wytycznych KE, kontakt z przedstawicielami branży w celu ewentualnego wypracowania najlepszych rozwiązań prawnych. | Monitorowanie: analiza przepisów prawa w innych krajach UE.<br>Sposób zapobiegania w przypadku wystąpienia ryzyka: skorzystanie z pomocy zewnętrznych ekspertów w zakresie prawa oraz w zakresie recyklingu akumulatorów elektrycznych. |
| Mimo zmian prawo może nie nadążać za rozwojem technologii | Szybkość zmian technologicznych – mogą się upowszechnić nowe sposoby recyklingu akumulatorów. | Prawo niedostosowane do wymogów rynku, ograniczające działalność lub nie wywołujące pozytywnych skutków w zakresie bezpieczeństwa, ochrony środowiska. | Prawdopodobieństwo wystąpienia: nieprawdopodobne (B, 10-33%) – problem recyklingu akumulatorów elektrycznych jest dość dobrze rozpoznany; istnieją już ponadto rozwiązania prawne w pokrewnych dziedzinach.<br>Skala dotkliwości ryzyka: umiarkowana (III) – niedostosowanie przepisów prawa do nowych rozwiązań technologicznych może spowodować ograniczenie możliwości rozwoju sektora lub premiowanie części przedsiębiorców na rynku.<br>POZIOM RYZYKA – umiarkowany | Właściwe przygotowanie się do wprowadzenia ewentualnych zmiana prawa – skorzystanie z pomocy ekspertów zewnętrznych. Bieżąca analiza sytuacji w branży. | Monitorowanie: analiza planowanego do wprowadzenia prawa pod kątem dostosowania do pojawiających się nowych metod recyklingu.<br>Sposób zapobiegania: aktualizacja przepisów prawa. |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Zmiana prawa może być hamulcem rozwoju branży, zbytnie przeregulowanie lub szybkie zmiany prawa mogą powodować awersję podmiotów prywatnych do podejmowania ryzyka działalności sektorze | Szybkość zmian technologicznych. Stanowienie prawa bez udziału ekspertów sektora. | Niedostosowanie prawa do zmieniających się technologii. | Prawdopodobieństwo wystąpienia: nieprawdopodobne (B, 10-33%) – wprowadzenie zmian w zakresie transportu i magazynowania akumulatorów litowo-jonowych jest działaniem, które nie powinno w ocenie zespołu badawczego wpłynąć negatywnie na rozwój sektora recyklingu.<br>Skala dotkliwości ryzyka: nieznaczna (II) – ewentualne zmiany prawa w zakresie transportowania, magazynowania akumulatorów Li-ion nie wpłyną negatywnie na rozwój podmiotów zapewniających rzetelną, właściwą, bezpieczną realizację czynności w tym zakresie.<br>POZIOM RYZYKA – niski | Analiza ewentualnych planowanych rozwiązań prawnych pod kątem ograniczenia możliwości prowadzenia działalności zgodnie z wymogami ochrony środowiska, bezpieczeństwa – zmiany prawa nie powinny ograniczać działalności podmiotów, które będą rzetelnie realizować zadania recyklingu. | Monitorowanie: analiza wpływu zmian prawa na działalność podmiotów w branży, na dostosowanie potencjału w zakresie recyklingu oferowanego przez podmioty branżowe do potrzeb rynku.<br>Sposób zapobiegania: zmiana przepisów w razie potrzeby. |
| **Wprowadzenie opłat recyklingowych lub rozwiązań pokrewnych, zapewniających finansowanie procesu recyklingu** | | | | | |
| Wzrost kosztów inwestycyjnych w OZE i elektromobilności – a tym samym spadek atrakcyjności inwestycji | Opłaty recyklingowe mogą być istotnym kosztem budowy instalacji OZE. | Zmniejszenie atrakcyjności inwestycji w OZE i elektromobilność, zmniejszenie udziału energii produkowanej z OZE w całości wytwarzanej energii, zmniejszenie tempa rozwoju elektromobilności. | Prawdopodobieństwo wystąpienia: nieprawdopodobne (B, 10-33%) – ewentualne koszty recyklingu netto stanowią nieznaczny odsetek kosztów inwestycyjnych.<br>Skala dotkliwości ryzyka: nieznaczna (II) – wystąpienie ryzyka nie wpłynie negatywnie na rozwój sektora recyklingu; wpłynie na rozwój branży OZE.<br>POZIOM RYZYKA – niski | Analiza efektywności inwestycji w OZE i elektromobilność, kosztów recyklingu w stosunku do nakładów inwestycyjnych w OZE i elektromobilności. | Monitorowanie: analiza ilości nowych inwestycji w OZE i zakupów pojazdów elektrycznych.<br>Sposób zapobiegania: wsparcie finansowe procesów recyklingu lub OZE. |
| Odległa perspektywa czasowa recyklingu instalacji OZE i akumulatorów pojazdów elektrycznych w stosunku do rozpoczęcia ich pracy | Długi okres użytkowania instalacji OZE oraz pojazdów elektrycznych. | Konieczność stworzenia systemu gospodarowania środkami z opłat i kierowania ich do systemu recyklingu adekwatnie do realizowanych działań w zakresie recyklingu. Możliwość zgromadzenia nieadekwatnej wielkości środków w stosunku do | Prawdopodobieństwo wystąpienia: całkiem prawdopodobne (prawdopodobieństwo wynoszące 33–66%) – odległa perspektywa czasowa recyklingu każdej instalacji OZE jest faktem.<br>Skala dotkliwości ryzyka: nieznaczna (II) – możliwe jest wprowadzenie systemu pośredniego finansowania recyklingu np. poprzez fundusz opłat, | Odpowiednie zaplanowanie systemu opłat produktowych / recyklingowych oraz systemu dysponowania środkami z opłat. | Monitorowanie: brak.<br>Sposób zapobiegania: odpowiednia konstrukcja systemu poboru i wydatkowania środków. |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | przyszłych potrzeb (z powodu zmian technologicznych, utraty wartości pieniądza w czasie). | do którego wpływają środki z nowych instalacji, a finansowany będzie w przyszłości proces recyklingu, lub budowa instalacji recyklingu zapewniających zbudowanie odpowiedniego potencjału sektora.<br>POZIOM RYZYKA – umiarkowany | | |
| **Poprawa jakości kontroli w sektorze gospodarki odpadami w kontekście niewłaściwego zagospodarowania odpadów z OZE, niewłaściwego magazynowania i transportu akumulatorów Li-ion** | | | | | |
| Prawdopodobnie niezbędne zmiany prawa – proces długotrwały | Skomplikowanie procesu legislacyjnego.<br>Konieczność uzasadnienia zmian i ich konsultacji z zainteresowanymi stronami. | Niedostosowanie prawa do zmieniających się warunków rynkowych, możliwości prowadzenia działań kontrolnych z wykorzystaniem np. nowoczesnych technologii. | Prawdopodobieństwo wystąpienia: całkiem prawdopodobne (prawdopodobieństwo wynoszące 33–66%) – potrzeby w tym zakresie są na tyle nowe i trudno definiowalne, że prawdopodobne jest utrudnienie procesu legislacji.<br>Skala dotkliwości ryzyka: umiarkowana (III) – w przypadku akumulatorów pojazdów elektrycznych wprowadzeniem skutecznych rozwiązań w zakresie recyklingu będą podmioty sprzedające pojazdy, w przypadku instalacji OZE trudne jest zdefiniowanie pożądanych rozwiązań prawnych.<br>POZIOM RYZYKA – umiarkowany | Analiza systemów prawnych w innych krajach UE, wytycznych KE, kontakt z przedstawicielami sektora w celu ewentualnego wypracowania najlepszych rozwiązań prawnych. | Monitorowanie: analiza przepisów prawa w innych krajach UE.<br>Sposób zapobiegania w przypadku wystąpienia ryzyka: skorzystanie z pomocy zewnętrznych ekspertów w zakresie prawa oraz w zakresie recyklingu akumulatorów elektrycznych i instalacji OZE. |
| Wzrost kosztów budżetowych | Konieczność dofinansowania działań służb kontrolnych. | Wzrost wydatków budżetu, zmniejszenie możliwości finansowania innych obszarów przez budżet państwa. | Prawdopodobieństwo wystąpienia: całkiem prawdopodobne (prawdopodobieństwo wynoszące 33–66%) – dodatkowe działania kontrolne pociągać będą za sobą dodatkowe koszty.<br>Skala dotkliwości ryzyka: nieznaczna (II) – ewentualne dodatkowe koszty stanowić mogą niewielki odsetek wydatków budżetowych i mogą być rekompensowane wpływami z kar.<br>POZIOM RYZYKA – umiarkowany | Analiza kosztów budżetowych. | Monitorowanie: analiza skuteczności kontroli po ewentualnych zmianach.<br>Sposób zapobiegania w przypadku wystąpienia ryzyka: zaniechanie dodatkowych działań. |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Problem obecnie o relatywnie niewielkim znaczeniu, co utrudnia szybkie wprowadzenie zmian | Mała wielkość rynku. | Brak zdecydowanego nacisku na podejmowanie działań w tym zakresie. | Prawdopodobieństwo wystąpienia: całkiem prawdopodobne (prawdopodobieństwo wynoszące 33–66%) – obecnie problem odpadów z instalacji OZE lub pojazdów elektrycznych nie jest na szczycie hierarchii problemów gospodarki odpadami.<br>Skala dotkliwości ryzyka: umiarkowana (III) – właściwy system kontroli w gospodarce odpadami pozwala na ograniczenie występowania zagrożenia środowiska, życia i zdrowia ludzi, wpływa na rozwój efektywnego systemu gospodarowania odpadami.<br>POZIOM RYZYKA – umiarkowany | Informowanie podmiotów i osób odpowiedzialnych na szczeblu państwowym za gospodarkę odpadami o znaczeniu problemu | Monitorowanie: ciągła analiza sytuacji w zakresie stosowania właściwych metod przetwarzania odpadów z OZE i elektromobilności<br>Sposób zapobiegania: dostosowanie systemu kontroli do uzyskiwanych w procesie monitorowania danych. |
| **Przygotowanie krajowego dokumentu mającego charakter strategiczny w zakresie recyklingu w OZE i elektromobilności, zawierającego m.in. plan zagospodarowania komponentów technicznych OZE i akumulatorów do pojazdów elektrycznych** | | | | | |
| Długa perspektywa prognozowania może być przyczyną nieprecyzyjnych prognoz | Długa żywotność techniczna instalacji OZE, możliwe zmiany technologiczne. | Niewielka wartość merytoryczna dokumentu. Brak dostosowania potencjału w zakresie recyklingu do rzeczywistego zapotrzebowania na rynku. | Prawdopodobieństwo wystąpienia: nieprawdopodobne (B, 10-33%) – na podstawie obecnie eksploatowanych instalacji oraz pojazdów elektrycznych i planów na najbliższych kilka lat w tym zakresie jesteśmy w stanie stwierdzić, jakie będzie zapotrzebowanie na usługi recyklingu w perspektywie 10-20 lat.<br>Skala dotkliwości ryzyka: umiarkowana (III) – brak precyzji prognoz może mieć wpływ na planowanie działań w sektorze gospodarki odpadami.<br>POZIOM RYZYKA – umiarkowany | Analiza wielu źródeł danych, wykorzystanie wiedzy i pracy ekspertów branżowych instytutów badawczych, uczelni technicznych. | Monitorowanie: analiza bieżącej zgodności prognoz z wartościami rzeczywistymi.<br>Sposób zapobiegania: aktualizacja prognoz, planu działań. |
| Przygotowanie dokumentu może nie przełożyć się w sposób istotny na wzrost potencjału sektora. | Brak wpływu zapisów dokumentu na rzeczywiste działania przedsiębiorstw sektora gospodarki odpadami; oczekiwanie na | Nieprzygotowanie przedsiębiorstw branży do rzeczywistych potrzeb sektora. | Prawdopodobieństwo wystąpienia: nieprawdopodobne (B, 10-33%) – informacje zawarte w dokumencie strategicznym, w tym w szczególności plany działania organów państwa traktowane są przez podmioty | Partycypacja wielu podmiotów branżowych w budowie dokumentu, konsultacje z zainteresowanymi podmiotami. | Monitorowanie: analiza liczby cytowani danych z dokumentu.<br>Sposób zapobiegania w przypadku braku wpływu dokumentu na potencjał |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | powstanie rzeczywistego zapotrzebowania. | | działające na rynku jako istotne dla ich działalności.<br>Skala dotkliwości ryzyka: nieznaczna (II) – ewentualnie stworzony dokument byłby jedną z wielu części systemu wsparcia rozwoju sektora.<br>POZIOM RYZYKA – niski | | sektora: analiza przyczyn braku wpływu, informowanie podmiotów branżowych o powstaniu dokumentu, włączenie w przyszłości dodatkowych podmiotów branżowych do prac przy monitorowaniu spójności prognoz z rzeczywistymi danymi, przy aktualizacji dokumentu. |

## 4.3. Wsparcie recyklingu wyeksploatowanych komponentów technicznych instalacji OZE z funduszy strukturalnych nowej perspektywy finansowej 2021-2027

Jako możliwe metody wsparcia rozwoju sektora recyklingu OZE w kontekście perspektywy finansowej 2021-2027 wskazywano w badaniach:

- dotacje ze środków UE na badania i rozwój (wypracowanie rozwiązań innowacyjnych), na zakup gotowych rozwiązań w zakresie recyklingu (wdrożenie rozwiązań innowacyjnych);
- uruchomienie preferencyjnych pożyczek i kredytów oraz gwarancji na rozwój działalności w zakresie recyklingu w OZE i elektromobilności.

W wywiadach z ekspertami wskazywano również na możliwość łączenia dotacji i pożyczek – np. w formie umorzenia części pożyczki preferencyjnej w przypadku osiągnięcia postawionych celów projektu, czy dopełnienia dotacji pożyczką w przypadku jednoczesnego wystąpienia luki finansowej i dużego ryzyka inwestycyjnego.

Charakterystykę wymienionych form wsparcia oraz związane z ich zastosowaniem ryzyka przedstawiono we wcześniejszym podrozdziale.

Podsumowując, zasadność poszczególnych form wsparcia recyklingu w OZE i elektromobilności jest następująca:

- Dotacje – możliwość zmniejszenia ryzyka finansowego, zwiększenia stopy zwrotu z inwestycji; możliwość realizacji inwestycji mających charakter badawczo-rozwojowy, ograniczenie ryzyka związanego z brakiem komercjalizacji wyników prac B+R.
- Kredyty, pożyczki preferencyjne i gwarancje – korzystniejsze od komercyjnych warunki finansowania, możliwość sfinansowania do 100% wartości inwestycji, możliwość finansowania inwestycji, które nie są możliwe do sfinansowania przez banki z powodu braku zainteresowania udziałem w sektorze, braku właściwych zabezpieczeń kredytów.

## 4.4. Ocena oddziaływania metod wsparcia sektora na kształt oraz wielkość rynku

Obecnie trudno jest ocenić oddziaływanie potencjalnego wsparcia na kształt i wielkość rynku (potencjał rynku). Wsparcie udzielone w obecnej perspektywie finansowej w Polsce na realizację projektów badawczo-rozwojowych zbieżnych z tematem niniejszego badania nie przyniosło konkretnych rezultatów biznesowych – projekty naukowo-badawcze w sektorze recyklingu instalacji fotowoltaicznych oraz akumulatorów do pojazdów elektrycznych są w fazie badań lub wdrażania (komercjalizacji). Na rynku europejskim wsparcie np. w ramach programu Life jest przyznane pojedynczym projektom, nie badano wpływu wsparcia na rozwój branży. Projekty dofinansowane w ramach międzynarodowych programów wsparcia UE w obszarze recyklingu w OZE i elektromobilności również nie zostały dotychczas wdrożone komercyjnie.

Pewnym zagrożeniem w przypadku wsparcia prac badawczo-rozwojowych w sektorze recyklingu baterii jest możliwość wspierania podmiotów dużych, mających ugruntowaną pozycję na rynku, posiadających już w obszarze recyklingu własne rozwiązania techniczne chronione patentami – i tym samym umacnianie ich pozycji, redukowanie poziomu konkurencji na rynku.

## 4.5. Analiza SWOT możliwych metod wsparcia sektora

**Dotacje**

| | |
|---|---|
| Silne strony:<br><br>- zrealizowano już wsparcie dla sektora recyklingu w formule dotacyjnej w ramach POIR;<br>- ustalone mechanizmy, zasady dofinansowania, włącznie z kluczowymi zasadami dotyczącymi pomocy publicznej, działania w przypadku braku osiągnięcia celów projektu | Słabe strony:<br><br>- możliwe niewielkie przełożenie zaangażowanych środków na efekt w postaci wzrostu wydajności systemu recyklingu przyjaznego dla środowiska i efektywnego pod względem finansowym<br>- długi okres oczekiwania na efekty wsparcia (długi okres oceny wniosków, przyznawania wsparcia, realizacji inwestycji) |
| Szanse:<br><br>- możliwość opracowania technologii będącej polską inteligentną specjalizacją, bazując na znaczącym krajowym potencjale naukowym<br>- możliwość istotnego podniesienia potencjału recyklingu w OZE i elektromobilności w Polsce<br>- możliwość wykorzystania efektów wspartych prac B+R w sektorach pokrewnych | Zagrożenia:<br><br>- możliwość wykorzystania środków przez beneficjentów w sposób niezgodny z zamierzeniami instytucji zarządzających;<br>- brak efektów wsparcia |

**Kredyty i pożyczki preferencyjne, gwarancje**

| | |
|---|---|
| Silne strony:<br><br>- możliwość wsparcia przedsięwzięć, które mają duży potencjał komercyjny (ryzyko po stronie inwestora)<br>- angażowanie środków zwrotnych – niższy koszt dla budżetu UE i kraju | Słabe strony:<br><br>- praktycznie brak możliwości wsparcia rozwiązań innowacyjnych, ale nie stosowanych na szeroką skalę – zbyt duże ryzyko dla inwestora;<br>- niższe zainteresowanie wsparciem zwrotnym niż bezzwrotnym – mniejsza liczba projektów realizowanych z tego typu wsparciem; |
| Szanse:<br><br>- wsparcie celowane w projekty komercyjne – większa szansa wzrostu potencjału w zakresie przetwarzania odpadów<br>- możliwość „lewarowania" kapitału – wielokrotnego wsparcia tym samym kapitałem realizowanych inwestycji | Zagrożenia:<br><br>- ryzyko rynkowe – niektóre inwestycje nie powiodą się, kredyt nie zostanie spłacony, uszczuplenie kapitału. |

# 5. WNIOSKI Z PRZEPROWADZONEGO BADANIA

Jak wynika z przeprowadzonego badania, zagadnienie recyklingu komponentów technicznych wyeksploatowanych instalacji OZE oraz baterii do pojazdów elektrycznych w ocenie specjalistów związanych z branżą OZE i elektromobilności nie wydaje się obecnie być szczególnie istotne, ale szybko nabiera coraz większego znaczenia wobec wzrastającej ilości instalacji działających na rynku i dynamicznego wzrostu pojazdów elektrycznych. Zjawisko to ma charakter globalny, przy czym jego znaczenie i nasilenie w Polsce będzie przesunięte w czasie względem krajów Europy Zachodniej o kilka lat. Wynika to z późniejszego wzrostu krajowego rynku OZE i elektromobilności oraz mniejszej ilości instalacji i pojazdów: opóźnienie rozwoju rynku siłowni wiatrowych i paneli fotowoltaicznych to ok. 10 lat, wielkość rynku – kilkukrotnie mniejsza niż w wiodących w branży OZE krajach; liczba zarejestrowanych pojazdów elektrycznych – kilka tysięcy – znikoma w porównaniu z 5,6 mln pojazdów elektrycznych na świecie i z liczbą pojazdów zarejestrowanych w krajach stawiających na elektromobilność.

Obecnie ilość odpadów kompozytowych po zużytych elektrowniach wiatrowych, będących najbardziej problematycznym materiałem wymagających przetworzenia, wynosi w Polsce maksymalnie kilkadziesiąt do kilkuset ton rocznie. Oczekuje się jednak, że w najbliższych 10 latach ilość kompozytowych części elektrowni wiatrowych wymagających recyklingu wzrośnie do kilku tysięcy ton rocznie. Większość siłowni wiatrowych jest obecnie montowana przez dużych dostawców globalnych lub ich przedstawicielstwa, co znacząco ogranicza ryzyko niewłaściwego postępowania z odpadami (składowanie/magazynowanie, przetworzenie niezgodnie z zasadami ochrony środowiska i gospodarki odpadami). Niemniej jednak część obecnie pracujących instalacji to turbiny sprowadzone jako używane, montowane przez mniejsze podmioty, nie związane z producentem turbiny. W związku z tym konieczny wydaje się być przynajmniej w pewnej mierze monitoring sposobu zagospodarowania odpadów po instalacjach wiatrowych.

Ilość wyeksploatowanych paneli fotowoltaicznych wymagających recyklingu jest obecnie znikoma – co wynika z relatywnie szybkiego rozwoju rynku fotowoltaiki dopiero od 2015 r., spodziewać się należy natomiast znaczącego wzrostu ilości odpadów z paneli fotowoltaicznych ok. 2040 r. (kilkadziesiąt tysięcy ton rocznie). W chwili obecnej w Polsce nie istnieje dedykowana instalacja do recyklingu odpadów pochodzących ze zużytych paneli fotowoltaicznych. W znacznej mierze ma na to wpływ niewielki strumień odpadów pochodzący z tego typu instalacji oraz możliwość przetworzenia ok. 90% materiałów z nich pochodzących tj. szkło lub aluminium. Jednakże, ze względów ekonomicznych oraz środowiskowych powinno się dążyć do możliwości recyklingu całości materiałów pochodzących z paneli, w tym przede wszystkim modułów krzemowych. W Europie w chwili obecnej istnieje tylko jedna instalacja dedykowana recyklingowi odpadów pochodzących z PV w skali przemysłowej. Jednakże, w krajach Europy zachodniej strumień odpadów jest znacznie większy i opłacalność związana z recyklingiem paneli również się zwiększa. Ponadto, kraje Europy Zachodniej, gdzie widoczna jest już problematyka z odpadami pochodzącymi z paneli wprowadziły opłaty recyklingowe odprowadzane przez producentów i podmioty wprowadzające do obrotu panele fotowoltaiczne.

W Polsce, ze względu na dynamicznie rozwijający się rynek PV, powinno się również zacząć myśleć nad możliwością lokalizacji takiej instalacji. Jednakże, ze względu na znaczny koszt instalacji związanej z recyklingiem modułów krzemowych, jak również (w zależności od wybranej metody) koniecznością sprawowania należytej kontroli, ze względów środowiskowych jak BHP, nad przeprowadzaniem recyklingu, możliwe metody wsparcia powinny być celowane w duże podmioty zajmujące się

recyklingiem. Moduły krzemowe są, lekkie i łatwe w transporcie, nie ma więc potrzeby lokalizacji większej ilości instalacji w Polsce, wystarczająca byłaby jedna – dwie w skali kraju, o odpowiedniej wydajności dostosowanej do prognozowanego strumienia odpadów. Przedstawione w raporcie dane wskazują, że większość zainstalowanych paneli jest w posiadaniu podmiotów indywidualnych, co znacząco utrudnia kontrolę nad postepowaniem z wyeksploatowanymi instalacjami fotowoltaicznymi. Z tego względu, konieczne jest wprowadzenie kampanii informacyjnej odnoszącej się do sposobu postępowania z odpadami pochodzącymi z paneli fotowoltaicznych oraz wprowadzenie sankcji karnych za nienależyte z nimi postępowanie. Zagadnienie recyklingu zużytych akumulatorów litowo-jonowych, w szczególności demontowanych z pojazdów elektrycznych obecnie nie jest jeszcze wyartykułowanym problemem na rynku krajowym z uwagi na fakt, że znajdują się na nim dopiero pojedyncze ich sztuki. Obecnie w Polsce brak jest funkcjonujących na skalę przemysłową instalacji do recyklingu tego typu akumulatorów, dlatego rynek krajowy radzi sobie z nimi wysyłając je jako frakcję ze strumienia odpadów o kodzie 16 06 05 do zakładów recyklingowych za granicą. Biorąc jednak pod uwagę opinie ekspertów, globalne trendy oraz aspiracje Polski przewidujące znaczący wzrost rynku elektromobilności, w kolejnych latach należy się spodziewać wzrostu istotności zagadnienia, nawet do skali problemu. Dane zebrane w trakcie przeprowadzonego badania pozwalają stwierdzić, że zdecydowanie należy zaadresować problem już teraz, by w perspektywie kolejnych lat uniknąć zalewu odpadów niebezpiecznych, którymi niewątpliwie są zużyte akumulatory litowo-jonowe, a których nie można składować, a ich transport na duże odległości jest niebezpieczny i obwarowany wieloma rygorystycznymi przepisami. Z tego względu w ramach zbliżającej się perspektywy finansowej należy dążyć do wsparcia działań mających na celu wypracowanie i wdrożenie efektywnej kosztowo i bezpiecznej dla środowiska technologii recyklingu wspomnianych akumulatorów na rynku krajowym.

Jak wynika z przeprowadzonych badań literaturowych, rozmów w ramach wywiadów pogłębionych z ekspertami, pracownikami naukowymi, paneli eksperckich – zagadnienie recyklingu komponentów technicznych instalacji OZE oraz baterii do pojazdów elektrycznych ma bardzo małe znaczenie w praktyce gospodarczej w kraju. Polska nie jest obecnie przygotowana na wzrost zapotrzebowania na usługi specjalistycznego recyklingu w tym zakresie. Na polskim rynku obecnie:

- działa przypuszczalnie jedna instalacji i jeden podmiot przetwarzający materiały kompozytowe z siłowni wiatrowych; część odpadów jest przetwarzana poprzez ich rozdrabnianie i mieszanie z gruzem i gruntem;
- części paneli fotowoltaicznych takie jak aluminiowe ramy oraz szkło przetwarzane są w tradycyjnych zakładach zajmujących się recyklingiem metali i szkła, zaś moduły krzemowe z paneli są w chwili obecnej składowane na wysypiskach i tylko nieliczne poddawane są recyklingowi w instalacjach badawczych. istnieje jeden podmiot wyspecjalizowany w recyklingu paneli fotowoltaicznych, jednak w procesie recyklingu nie jest odzyskiwany krzem – moduły fotowoltaiczne są mielone i dodawane do kompozytów;
- nie istnieją podmioty przetwarzające akumulatory niklowo-jonowe, stosowane powszechnie w pojazdach elektrycznych; akumulatory te są jedynie magazynowane na terenie Polski przed transportem do innych krajów, w których mogą być regenerowane lub recyklingowane; sam proces magazynowania i transportu nie jest realizowany w sposób właściwy – są traktowane jak szersza grupa odpadów o kodzie 16 06 05 – inne baterie i akumulatory, co powoduje niedostosowanie sposobu postępowania z nimi do ich właściwości fizykochemicznych, a tym samym wzrost ryzyka ich mechanicznego uszkodzenia i pożaru.

Obecnie eksperci branżowi, pracownicy naukowi zakładają możliwość wzrostu zdolności przetwórczych recyklingu w OZE i elektromobilności głównie przez implementację gotowych rozwiązań na rynek polski, chociaż w kraju są rozwijane innowacyjne technologie recyklingu kompozytów z siłowni wiatrowych (wspominane w opracowaniu technologie wykorzystania granulatu z kompozytów w produkcji gotowych wyrobów budowlanych – Thornmann Recycling Sp. z o.o.) czy technologia recyklingu akumulatorów litowo-jonowych rozwijana przez PTH Technika Sp. z o.o. w Gliwicach. Niemniej jednak proces pełnego recyklingu i odzysku całości składowych instalacji OZE oraz baterii pojazdów elektrycznych jest trudny do realizacji w ujęciu globalnym, nie tylko w Polsce, a opłacalność recyklingu kończącego się odzyskiem surowców wtórnych, pierwiastków ziem rzadkich – ciągle dyskusyjna.

Konieczność rozwoju potencjału instalacji recyklingu w obszarach OZE i elektromobilności w Polsce wydaje się być dzisiaj zagadnieniem odległym w czasie, ale jest w ocenie ekspertów koniecznością. W wywiadach i wypowiedziach na panelach ekspertów podkreślana jest konieczność wzrostu potencjału w zakresie przerobu odpadów OZE i z elektromobilności z uwagi na: wysokie koszty transportu zużytych odpadów (wysoka masa odpadów w przypadku elementów siłowni wiatrowych oraz częściowo paneli fotowoltaicznych, konieczność odpowiedniego zabezpieczenia transportu baterii do pojazdów elektrycznych, co generuje koszty), prawdopodobnie gwałtowny rozwój zapotrzebowania na usługi recyklingu w ciągu najbliższych 5-10 lat, zagrożenie dla środowiska w przypadku szybkiego wzrostu ilości odpadów, których sposób przetworzenia trzeba monitorować.

Przygotowanie kraju do zagospodarowania znacznie większej ilości odpadów nowego typu niż obecnie i dostosowanie potencjału przetwórczego krajowych instalacji recyklingu (lub potencjału i jakości bazy magazynowej oraz procesów bezpiecznego transportu) wiąże się z koniecznością pokonania szeregu barier organizacyjnych, prawnych, finansowych, technologicznych.

Najważniejsze bariery rozwoju systemu recyklingu to:

- mała wielkość zapotrzebowania na recykling w OZE i elektromobilności finansowa – bariera organizacyjna;
- zbyt duże koszty zakupu / budowy linii recyklingowych – bariera finansowa;
- brak kar za niewłaściwe zagospodarowanie odpadów – bariera administracyjna / finansowa;
- brak osobnych regulacji prawa dla odpadów z baterii litowo-jonowych – bariera prawna;
- zmienność stanowionego prawa – bariera prawna;
- brak celowanego dofinansowania dla podmiotów działających w obszarze recyklingu OZE i elektromobilności – bariera finansowa;
- konkurencja ze strony podmiotów zagranicznych posiadających technologie przetwarzania odpadów – szczególnie dotyczy elektromobilności i baterii litowo-jonowych. Możliwość szybkiej ekspansji podmiotów zagranicznych na rynek polski – bariera finansowa;
- zbyt niskie nakłady na działalność B+R – bariera finansowa;
- możliwe uregulowania prawne preferujące realizację recyklingu przez podmioty publiczne (odniesienie do zamówień in-house) – bariera prawna / administracyjna.

Szczegółowe omówienie wymienionych barier zaprezentowano w rozdziale 3.6.

Metody wsparcia sektora możliwe do zastosowania, i określone jako zasadne przez respondentów badania, to:

- metody finansowe i quasi-finansowe:
  - dotacje ze środków UE na badania i rozwój (wypracowanie rozwiązań innowacyjnych), na zakup gotowych rozwiązań w zakresie recyklingu (wdrożenie rozwiązań innowacyjnych);
  - uruchomienie preferencyjnych pożyczek i kredytów oraz gwarancji bankowych na rozwój działalności w zakresie recyklingu w OZE i elektromobilności;
  - przeznaczenie środków krajowych na dotowanie badań i rozwoju, oraz wdrożenie innowacyjnych rozwiązań w zakresie recyklingu w OZE i elektromobilności (w formie obecnie stosowanej np. w ramach działalności NFOŚiGW – w ramach naborów / konkursów);
  - połączenie obu powyżej wymienionych sposobów wsparcia – pożyczki i dotacji np. w formie umorzenia części pożyczki w przypadku zgodnej z oczekiwaniami realizacji projektu lub w formie finansowania 100% wartości projektu, częściowo w formie dotacji, częściowo natomiast w formie pożyczki;
  - utworzenie państwowej instytucji lub komórki organizacyjnej w ramach istniejącego podmiotu (np. w ramach ministerstwa, NFOŚiGW), której zostanie przydzielony własny budżet, finansującej badania i gromadzącej wiedzę naukową w zakresie innowacyjnych metod recyklingu w OZE i elektromobilności;
  - dofinansowanie działalności naukowej, badawczo-rozwojowej z krajowych lub unijnych środków publicznych za pośrednictwem podmiotu prowadzącego działalność naukowo-badawczą (np. instytut państwowy, uczelnia wyższa, NCBiR) w obszarze recyklingu OZE i elektromobilności;
  - w przypadku wsparcia bezzwrotnego i zwrotnego premiowanie tych projektów w zakresie OZE i elektromobilności, dla których zaplanowano sposób recyklingu komponentów po zakończeniu ich eksploatacji.
- metody organizacyjno-administracyjne oraz zmiany pożądane zmiany obowiązującego prawa:
  - przygotowanie procedur postępowania z akumulatorami litowo-jonowymi dla ich magazynowania i transportu;
  - ewentualnie – uregulowanie metod magazynowania i transportu baterii litowo-jonowych przepisami prawa;
  - wprowadzenie opłaty recyklingowej lub pokrewnych rozwiązań zapewniających finansowanie recyklingu dla instalacji OZE;
  - wydzielenie dla akumulatorów litowo-jonowych odrębnego kodu odpadów;
  - poprawa jakości kontroli w sektorze gospodarki odpadami w kontekście niewłaściwego zagospodarowania odpadów z OZE, niewłaściwego magazynowania i transportu baterii litowo-jonowych;

- przygotowanie krajowego dokumentu mającego charakter strategiczny w zakresie recyklingu w OZE i elektromobilności, zawierającego m.in. plan zagospodarowania komponentów technicznych OZE i akumulatorów do pojazdów elektrycznych.

Poniżej, jako podsumowanie badania, zestawiono pytania badawcze zdefiniowane przed rozpoczęciem prac badawczych oraz odpowiedzi na nie wraz ze wskazaniem miejsca w dokumencie, w którym odniesiono się problemów badawczych.

**Tabela 11. Zestawienie pytań badawczych oraz wyników badania**

| Nr | Pytanie badawcze | Odpowiedź na pytanie badawcze | Odesłanie w raporcie końcowym |
|---|---|---|---|
| **1.** | Jakie wnioski wynikają z aktualnego stanu wiedzy z zakresu metod recyklingu wyeksploatowanych komponentów technicznych odnawialnych źródeł energii (szczególnie w zakresie fotowoltaiki i farm wiatrowych) oraz akumulatorów pojazdów elektrycznych? | W zakresie przetwarzania kompozytów z siłowni wiatrowych – technologie przetwarzania w procesach recyklingu są dostępne, jednak ich poziom zaawansowania, standaryzacja rozwiązań oraz uzyskiwanych materiałów wtórnych wymagają dalszych prac.<br>W zakresie paneli fotowoltaicznych – obecnie przetwarzana jest ogromna większość masy panelu, jednak nie ulegają one przetworzeniu w całości; nie jest odzyskiwany m.in. krzem.<br>W zakresie baterii do pojazdów elektrycznych – dostępne metody przetwarzania nie zapewniają pełnego odzysku surowców zawartych w bateriach, dodatkowo procesy przetwarzania są skomplikowane technologicznie i wymagają dostarczenia dużej ilości energii.<br>Istniejące problemy w przetwarzaniu odpadów z OZE i elektromobilności, wymagające rozwiązania, to zatem: wysoka energochłonność / wysokie koszty procesów, skomplikowanie technologiczne, niepełny odzysk surowców wtórnych lub problemy z zagospodarowaniem pozostałości po recyklingu.<br>Na polskim rynku działają instalacje przetwarzania odpadów z siłowni wiatrowych oraz paneli fotowoltaicznych, rozwijana jest technologia recyklingu baterii litowo-jonowych. | Rozdział 3.1.1.- 3.1.3. |
| **2.** | Jakie wnioski wynikają z analizy bieżącego stanu rozwoju rynku związanego z recyklingiem wyeksploatowanych komponentów technicznych odnawialnych źródeł energii oraz akumulatorów pojazdów elektrycznych? | Obecnie rynek światowy recyklingu w OZE i elektromobilności jest w fazie początkowej, aczkolwiek ilość instalacji OZE i baterii do pojazdów elektrycznych jest już zauważalna; rynek w kolejnych latach będzie dynamicznie się zwiększać w związku z modernizacją dużej ilości instalacji OZE przewidzianą na okres bezpośrednio po 2020 r.<br>Rynek polski jest obecnie znacznie mniejszy niż rynki krajów wiodących w zakresie instalacji OZE i elektromobilności – zwiększonego zapotrzebowania na usługi recyklingu należy się spodziewać w ciągu ok. 10 lat. | Rozdział 3.3. |
| **3.** | Jakie wnioski wynikają z analizy potencjału rozwoju rynku związanego z recyklingiem wyeksploatowanych komponentów technicznych | Siłownie wiatrowe sfinansowane ze środków POIiŚ 2007-2013 i 2014-2020 będą wycofywane z eksploatacji przypuszczalnie w ciągu najbliższych 5-10 lat. Wówczas spodziewać się można | Rozdział 3.3. |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | odnawialnych źródeł energii (z uwzględnieniem komponentów wytworzonych na potrzeby realizacji projektów dofinansowanych ze środków IX i X osi priorytetowej POIiŚ 2007-2013 i I osi priorytetowej POIiŚ 2014-2020) oraz akumulatorów pojazdów elektrycznych? | zapotrzebowania na usługi recyklingu kompozytów będących elementami siłowni w wysokości kilku tys. ton rocznie. Panele fotowoltaiczne zaczęły być instalowane po 2014 r., co w związku z ich żywotnością min. 20-25 lat pozwala przypuszczać, że duże zapotrzebowanie na usługi recyklingu pojawi się ok. 2040 r.<br>Pojazdy elektryczne stanowią obecnie znikomy odsetek zarejestrowanych pojazdów (wielkość rynku ocenia się obecnie na kilka tysięcy pojazdów). Uruchomiony program wsparcia zakupu pojazdów elektrycznych od 2020 r. spowoduje wzrost liczby pojazdów do 300-500 tys. w 2025 r., biorąc pod uwagę żywotność akumulatorów pojazdów elektrycznych na poziomie 160-200 tys. km oraz 8 lat – istotne zapotrzebowanie na recykling baterii do pojazdów elektrycznych pojawi się ok. 2030 r. | |
| **4.** | Jakie są bariery prawne, finansowe, organizacyjne, administracyjne, instytucjonalne w rozwoju rynku związanego z recyklingiem wyeksploatowanych komponentów technicznych odnawialnych źródeł energii oraz akumulatorów pojazdów elektrycznych? | W badaniach literaturowych, badaniach ankietowych, wywiadach i panelach ekspertów wskazywano na następujące bariery rozwoju sektora recyklingu instalacji OZE i akumulatorów pojazdów elektrycznych:<br>▪ mała wielkość zapotrzebowania na recykling w OZE i elektromobilności<br>▪ zbyt duże koszty zakupu / budowy linii recyklingowych<br>▪ brak skuteczności kar za niewłaściwe zagospodarowanie odpadów<br>▪ brak osobnych regulacji prawnych dla odpadów z baterii litowo-jonowych<br>▪ zmienność stanowionego prawa<br>▪ brak celowanego dofinansowania dla podmiotów działających w obszarze recyklingu OZE i elektromobilności<br>▪ konkurencja ze strony podmiotów zagranicznych posiadających technologie przetwarzania odpadów – szczególnie dotyczy elektromobilności i baterii litowo-jonowych; możliwość szybkiej ekspansji podmiotów zagranicznych na rynek polski<br>▪ zbyt niskie nakłady na działalność B+R | Rozdział 3.6. |
| **5.** | Jakie obszary wymagają wsparcia w związku ze zidentyfikowanymi barierami? | Wskazuje się na zasadność wsparcia sektora recyklingu OZE poprzez:<br>▪ metody finansowe i quasi-finansowe:<br>o dotacje ze środków UE na badania i rozwój (wypracowanie rozwiązań innowacyjnych), na zakup | Rozdział 4.2. |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | gotowych rozwiązań w zakresie recyklingu (wdrożenie rozwiązań innowacyjnych);<br>○ uruchomienie preferencyjnych pożyczek i kredytów na rozwój działalności w zakresie recyklingu w OZE i elektromobilności;<br>○ wdrożenie systemu gwarancji i poręczeń państwowych dla kredytów i pożyczek komercyjnych.<br>▪ metody organizacyjno-administracyjne oraz zmiany pożądane zmiany obowiązującego prawa:<br>○ przygotowanie procedur postępowania z bateriami litowo-jonowymi dla magazynowania i transportu baterii;<br>○ ewentualnie – uregulowanie metod magazynowania i transportu baterii litowo-jonowych w przepisach prawa;<br>○ wprowadzenie opłaty recyklingowej dla instalacji OZE;<br>○ wydzielenie dla baterii litowo-jonowych odrębnego kodu odpadów<br>○ poprawa jakości kontroli w sektorze gospodarki odpadami w kontekście niewłaściwego zagospodarowania odpadów z OZE, niewłaściwego magazynowania i transportu baterii litowo-jonowych | |
| **6.** | Jakie rozwiązania należałoby wprowadzić w obszarze związanym z recyklingiem wyeksploatowanych komponentów technicznych odnawialnych źródeł energii oraz akumulatorów pojazdów elektrycznych, w zakresie projektowania perspektywy finansowej na lata 2021-2027? | Proponowane przez ekspertów, respondentów badania sposoby wsparcia sektora recyklingu wyeksploatowanych komponentów technicznych odnawialnych źródeł energii oraz akumulatorów pojazdów elektrycznych, w zakresie projektowania perspektywy finansowej na lata 2021-2027, to:<br>▪ dofinansowanie prac badawczo-rozwojowych w obszarze recyklingu w OZE i baterii do pojazdów elektrycznych – przy zachowaniu warunku konieczności komercjalizacji wyników prac – najbardziej pożądane jest dofinansowanie „celowane” dla branży;<br>▪ system pożyczek i kredytów preferencyjnych na budowę linii przetwarzania, recyklingu, ewentualnie z komponentem umorzenia, pozwalających na łatwe sfinansowanie całości wydatków na przygotowanie linii recyklingu; | Rozdział 4.3. |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | ▪ system gwarancji, zabezpieczeń, poręczeń dla kredytów i pożyczek komercyjnych i preferencyjnych – ułatwiający pozyskanie finansowania na niezbędne inwestycje. | |
| **7.** | Jakie występują ryzyka związane z wdrożeniem zaproponowanych rozwiązań? | Dotacje:<br>▪ istotne ryzyko z punktu widzenia potencjalnych inwestorów to niepewność otrzymania dotacji (konkurs z ograniczoną alokacją)<br>▪ dotacje pozwalają na sfinansowanie jedynie części (najczęściej do 50%) nakładów inwestycyjnych na realizację przedsięwzięcia, konieczne jest znalezienie dodatkowych źródeł finansowania wkładu własnego;<br>▪ ryzyko nie osiągnięcia efektów komercyjnych (brak komercjalizacji przedsięwzięcia), położenie zbyt dużego nacisku na część badawczo-rozwojową<br>Kredyty i pożyczki preferencyjne, gwarancje:<br>▪ zbyt niski zwrot z inwestycji,<br>▪ brak chęci podjęcia innowacyjnych, ryzykownych działań finansowanych ostatecznie w całości ze środków własnych (zwrot finansowania zewnętrznego),<br>▪ brak zainteresowania banków komercyjnych finansowaniem przedsięwzięć innowacyjnych nawet z gwarancją ze strony podmiotu publicznego. | Rozdział 4.2. oraz 4.3. |
| ***8. (W)*** | *Jakie są prognozy wartościowe i ilościowe wielkości rynku związanego z recyklingiem wyeksploatowanych komponentów technicznych odnawialnych źródeł energii oraz akumulatorów pojazdów elektrycznych?* | Prognozy wartościowe i ilościowe dla kompozytów z siłowni wiatrowych w Polsce: szacunkowo kilkaset ton rocznie w 2025 r., kilka tysięcy ton rocznie kompozytów przed 2030 r. W Europie – wartości proporcjonalne do mocy zainstalowanych urządzeń, dla krajów wiodących w energetyce wiatrowej wystąpią wcześniej o kilka lat niż w Polsce (do 2025 r.). | Rozdział 3.3., 3.4. |
| ***9. (W)*** | *Jakie prawne, finansowe, organizacyjne sposoby wsparcia rynku OZE i elektromobilności przez państwo przewiduje się na najbliższe lata i jak będą one oddziaływać na wielkość rynku recyklingu komponentów technicznych OZE i elektromobilności w kolejnych latach, szczególnie w perspektywie finansowej 2021-2027?* | Nie określono obecnie planowanych form wsparcia sektora recyklingu w OZE. Obecnie istniejące narzędzia – przepisy prawa, możliwe do uzyskania dotacje z funduszy UE mogą, przy odpowiednim ich stosowaniu, już dziś wpłynąć pozytywnie na rozwój potencjału w zakresie recyklingu w OZE i elektromobilności. | Rozdział 4.2. |

| | | | |
|---|---|---|---|
| ***10. (W)*** | *Jak kształtuje się szczegółowa finansowa kalkulacja i opłacalność poszczególnych metod recyklingu komponentów technicznych odnawialnych źródeł energii?* | Procesy recyklingu kompozytów siłowni wiatrowych nie są opłacalne same w sobie – odzyskiwane surowce (włókna węglowe, szklane, proszek z kompozytów) nie są przedmiotem zainteresowania ze strony branży jako materiały pierwszego wykorzystania z uwagi na ich nieco gorsze (węgiel) lub zdecydowanie gorsze (włókno szklane) właściwości; w połączeniu z dużą energochłonnością i kosztami procesu (recykling mechaniczny), skomplikowaniem technologicznym (piroliza, spalanie w cementowniach) proces recyklingu opłaca się dopiero na etapie produktu końcowego wytworzonego z recyklatów.<br>Na rynku paneli fotowoltaicznych w Polsce ciężko jest mówić o opłacalności recyklingu, gdyż tylko jedna firma dokonuje takich działań, nie odzyskując krzemu z modułów fotowoltaicznych, a mieląc je i dodając do kompozytów. Jak wynika z przeprowadzonych analiz, odzysk krzemu z modułów fotowoltaicznych może się opłacać w przypadku, gdy są one wykonane z 99,9% krzemu i niezanieczyszczone żadnymi dodatkami. Pierwotne pozyskanie krzemu do wykorzystania w panelach jest bardzo energochłonne, a jego odzysk ze zużytych już elementów może okazać się opłacalny. Jedynym warunkiem jest pozyskanie nieuszkodzonych modułów do recyklingu o zawartości krzemu min. 99,9%. W przypadku uszkodzonych modułów oraz takich z większą ilością zanieczyszczeń, bardziej opłacalne może się okazać ich mielenie i dodawanie do mieszanek kompozytowych. Opłacalność recyklingu związanego z odzyskiem krzemu będzie rosła wraz ze wzrostem ceny krzemu i postępem technologicznym umożliwiającym zoptymalizowanie procesów recyklingu.<br>Opłacalność recyklingu akumulatorów do pojazdów elektrycznych nie jest powszechnie określana z uwagi na ochronę patentową i niedostępność na rynku baterii do pojazdów elektrycznych do analizy procesu. Z jednej strony jednak mamy do czynienia z energochłonnością i skomplikowaniem procesów odzysku, z drugiej zaś – z możliwością odzysku rzadkich metali i innych cennych pierwiastków. | Rozdział 3.4. |
| ***11. (W)*** | *Jak kształtuje się sytuacja i jakie są prognozy w zakresie recyklingu technicznych komponentów OZE oraz elektromobilności w Polsce w porównaniu do* | Rynek recyklingu komponentów OZE i akumulatorów do pojazdów elektrycznych w Polsce, jak wcześniej wspomniano, jest w początkowej fazie rozwoju; można ocenić, że rodzimy rynek jest pod | Rozdział 3.3., 3.4. |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | *wybranych krajów UE (co najmniej jeden kraj o zamożności podobnej do Polski – Słowacja, Czechy, Węgry, Litwa, Łotwa, Estonia oraz jeden kraj o zamożności wyższej od Polski), Ameryki Północnej (co najmniej jeden kraj – USA, Kanada), Azji (co najmniej jeden kraj spośród krajów rozwiniętych technologicznie)? Jakie doświadczenia innych krajów w zakresie można wykorzystać w praktyce w Polsce?* | względem ilościowym opóźniony o kilka lat w porównaniu z wiodącymi krajami UE w zakresie recyklingu w energetyce wiatrowej. Podobnie wypada Polska na tle USA, gdzie pierwsze farmy wiatrowe powstawały ok. 40 lat temu w odpowiedzi na kryzys paliwowy, farmy te dziś często nie funkcjonują, ale jednocześnie nie zostały zutylizowane. W odniesieniu do Chin – Polska jest na podobnym etapie rozwoju – w Chinach energetyka wiatrowa jest rozwijana dynamicznie od ok. 5 lat, w związku z tym ilość instalacji poddawanych recyklingowi nie jest znacząca.<br>Podobnie jest w przypadku paneli fotowoltaicznych – szybki wzrost mocy zainstalowanych urządzeń w krajach Europy Zachodniej nastąpił krótko po 2000 r., w Polsce natomiast instalacje fotowoltaiczne zaczęły powstawać praktycznie dopiero po 2015 r. Biorąc pod uwagę dodatkowo krótszy cykl życia instalacji w krajach zachodnich (szybsza wymiana na panele bardziej efektywne w związku z dostępnością kapitału), rynek recyklingu paneli fotowoltaicznych w krajach zachodnich UE jest rynkiem rozwiniętym, istnieje w nich konieczność przetwarzania masy paneli liczonej w tysiącach ton. W Polsce generowany jest niewielki popyt na recykling paneli, związany przede wszystkim z ich zniszczeniami wskutek niekorzystnych zdarzeń pogodowych.<br>W odniesieniu do USA – rynek fotowoltaiki gwałtownie wzrósł od początku obecnego wieku, w związku z tym liczba paneli fotowoltaicznych wymagających przetworzenia znacząco wzrośnie ok. 2030 r. – o dekadę szybciej niż w Polsce.<br>W Japonii rynek paneli fotowoltaicznych gwałtownie rozwinął się, w związku z regulacjami prawnymi, od 2012 r. – co oznacza, że ilość paneli fotowoltaicznych, które muszą być przetworzone, podobnie jak w Polsce, wzrośnie ok. 2040 r.<br>Rynek pojazdów elektrycznych i recyklingu / regeneracji baterii – to rynek w Polsce dopiero kiełkujący; liczba pojazdów elektrycznych wynosi kilka tysięcy, baterie będą przetwarzane na większą skalę za ok. 10 lat. W wybranych krajach Europy Zachodniej zarejestrowanych jest kilkaset tysięcy pojazdów elektrycznych, które dodatkowo są | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | użytkowane od kilku lat – w związku z tym zapotrzebowanie na przetworzenie akumulatorów jest istotne.<br>Liderami na rynku pojazdów elektrycznych są kraje pozaeuropejskie – w Chinach zarejestrowanych jest 2,6 mln pojazdów elektrycznych, w USA – 1,1 mln. Dynamiczny wzrost liczby pojazdów elektrycznych nastąpił w tych krajach w ciągu ostatnich 3-4 lat, co oznacza, że zapotrzebowanie na usługi regeneracji, recyklingu będzie gwałtownie rosnąc w ciągu kolejnych 3-4 lat. Już obecnie rynek recyklingu akumulatorów pojazdów elektrycznych ma wartość 1,3 mld USD. | |
| ***12. (W)*** | *Jakie są możliwości (ilościowo) składowania wyeksploatowanych komponentów technicznych odnawialnych źródeł energii oraz akumulatorów pojazdów elektrycznych nie podlegających recyklingowi (lub w zależności od stopnia przetworzenia komponentów)?* | Nie jest możliwe składowanie wyeksploatowanych komponentów technicznych siłowni wiatrowych – kompozytów, z uwagi na ich dużą kaloryczność i obowiązujący zakaz składowania odpadów o cieple spalania przekraczającym 6 MJ suchej masy.<br>Panele fotowoltaiczne mogą być przetworzone w 100% i nie ma potrzeby składowania któregokolwiek z jego elementów. W chwili obecnej jednaj ze względu na mały rynek odpadów pochodzących z paneli nie wytworzyły się firmy specjalizujące się w recyklingu tego typu odpadów. Części takie jak aluminiowe ramy oraz szkło przetwarzane są w tradycyjnych zakładach zajmujących się recyklingiem metali i szkła, zaś moduły krzemowe z paneli są w chwili obecnej składowane na wysypiskach i tylko nieliczne poddawane są recyklingowi w instalacjach badawczych. Jednakże, w chwili powstania na rynku polskim przedsiębiorstw posiadających technologię umożliwiającą odzysk krzemu z tych paneli powinno się je poddać recyklingowi. Jednakże istotne jest by składowane panele przechowywać w odpowiedni sposób, zabezpieczający przed uszkodzeniem/połamaniem modułów krzemowych, gdyż recykling uszkodzonego modułu może być droższy niż modułu bez uszkodzeń.<br>Biorąc pod uwagę pojemność składowisk odpadów oraz ilość odpadów deponowanych rocznie na składowiskach ogółem, panele fotowoltaiczne stanowią niewielki odsetek masy odpadów, które mogłyby być składowane, biorąc pod uwagę wartości z 2040 i 2044 r. Docelowe 56 tys. odpadów z paneli fotowoltaicznych stanowi ok. 0,5% masy odpadów składowanych obecnie corocznie (ponad 11 mln ton). | Rozdział 3.3. |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | Zużyte akumulatory z pojazdów elektrycznych są odpadem niebezpiecznym, który w świetle obowiązujących wymogów prawa krajowego i unijnego nie może być składowany z uwagi na możliwość samozapłonu lub nawet wybuchu. Ponadto ich transport podlega przepisom o transporcie odpadów niebezpiecznych (ADR). Z tego względu wszystkie wycofywane z użytku akumulatory powinny podlegać zbieraniu i właściwemu przetworzeniu. Zgodnie z istniejącymi przepisami na poziomie unijnym, państwa członkowskie muszą zapewnić, że producenci baterii i akumulatorów samochodowych lub osoby trzecie stworzą systemy zbierania zużytych baterii i akumulatorów samochodowych od użytkowników końcowych lub z łatwo dostępnych punktów zbierania położonych w ich najbliższej okolicy, w przypadku gdy zbieranie nie odbywa się w ramach systemów ustanawianych na mocy dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady 2000/53/ WE z dnia 18 września 2000 r. w sprawie pojazdów wycofanych z eksploatacji. W przypadku baterii i akumulatorów samochodowych pochodzących z prywatnych pojazdów niewykorzystywanych do celów komercyjnych systemy takie nie mogą pociągać za sobą żadnych kosztów dla użytkowników końcowych pozbywających się zużytych baterii lub akumulatorów ani obowiązku zakupu nowej baterii lub akumulatora | |
| ***13. (W)*** | *Czy zadania w zakresie recyklingu komponentów technicznych OZE i elektromobilności powinny być realizowane przez podmioty publiczne czy prywatne?* | Według ekspertów branżowych zadania w zakresie recyklingu komponentów technicznych OZE powinny być realizowane przez podmioty prywatne; konieczne wydaje się być natomiast stworzenie warunków do opłacalnej realizacji zadań w zakresie recyklingu i unikanie sytuacji przejmowania np. przez samorządy zadań w zakresie gospodarki odpadami (przedsiębiorstwa branży odpadowej wskazują chociażby na negatywne skutki zamówień in-house, zmniejszających konkurencję rynkową, zwiększających tym samym koszty działania systemu gospodarki odpadami). W przypadku zapewnienia uczciwych warunków funkcjonowania na rynku usług recyklingu w OZE i elektromobilności podmioty prywatne będą w stanie przetworzyć całość powstających odpadów. | *Rozdział 3.6.* |

| | | | |
|---|---|---|---|
| ***14. (W)*** | *Jakie rodzaje wsparcia (różne formy wsparcia dotacyjnego i niedotacyjnego) i dlaczego są najbardziej wskazane do zastosowania w zakresie recyklingu technicznych komponentów OZE oraz elektromobilności w nowej perspektywie finansowej UE 2021-2027* | Jako możliwe metody wsparcia rozwoju sektora recyklingu OZE w kontekście perspektywy finansowej 2021-2027 wskazywano w badaniach:<br>▪ dotacje ze środków UE na badania i rozwój (wypracowanie rozwiązań innowacyjnych), na zakup gotowych rozwiązań w zakresie recyklingu (wdrożenie rozwiązań innowacyjnych);<br>▪ uruchomienie preferencyjnych pożyczek i kredytów na rozwój działalności w zakresie recyklingu w OZE i elektromobilności;<br>▪ wdrożenie systemu gwarancji i poręczeń państwowych dla kredytów i pożyczek komercyjnych.<br>Dotacje – możliwość zmniejszenia ryzyka finansowego, zwiększenia stopy zwrotu z inwestycji; możliwość realizacji inwestycji mających charakter badawczo-rozwojowy, ograniczenie ryzyka związanego z brakiem komercjalizacji wyników prac B+R.<br>Kredyty i pożyczki preferencyjne, gwarancje – korzystniejsze od komercyjnych warunki finansowania, możliwość sfinansowania do 100% wartości inwestycji, możliwość finansowania inwestycji, które nie są możliwe do sfinansowania przez banki z powodu braku zainteresowania udziałem w sektorze, braku właściwych zabezpieczeń kredytów.<br>Gwarancje – możliwość „dopięcia” finansowania inwestycji dotowanej z funduszy strukturalnych lub finansowanej z własnych środków kredytem komercyjnym. | Rozdział 4.3. |
| ***15. (W)*** | *Czy, a jeżeli tak, to jak można zwiększyć efektywność wykorzystania środków UE we wskazanych obszarach recyklingu komponentów OZE i elektromobilności poprzez zastosowanie dotacyjnych i niedotacyjnych form wsparcia w nowej perspektywie finansowej?* | Efektywność wykorzystania środków UE można zwiększyć przez:<br>▪ finansowanie poprzez działania skierowane wyłącznie do sektora recyklingu;<br>▪ uzależnienie wielkości wsparcia od uzyskiwanego poziomu odzysku surowców w danej instalacji;<br>▪ położenie nacisku na możliwość komercjalizacji rozwiązań;<br>▪ finansowanie w pierwszej kolejności wdrażania gotowych rozwiązań, możliwych do zastosowania na skalę przemysłową | Rozdział 4.3. |
| ***16. (W)*** | *Jakie są koszty i korzyści oraz mocne i słabe strony, szanse i zagrożenia (analiza SWOT) zastosowania poszczególnych form wsparcia dotacyjnego oraz* | Dotacje:<br>mocne strony: | Rozdział 4.5. |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | *niedotacyjnego dla instytucji programu operacyjnego i potencjalnych beneficjentów w zakresie recyklingu komponentów technicznych OZE i elektromobilności?* | ▪ zrealizowano już wsparcie dla sektora recyklingu w formule dotacyjnej w ramach POIR;<br>▪ ustalone mechanizmy, zasady dofinansowania, włącznie z kluczowymi zasadami dotyczącymi pomocy publicznej, działania w przypadku braku osiągnięcia celów projektu<br>słabe strony:<br>▪ możliwe niewielkie przełożenie zaangażowanych środków na efekt w postaci wzrostu wydajności systemu recyklingu przyjaznego dla środowiska i efektywnego pod względem finansowym<br>▪ długi okres oczekiwania na efekty wsparcia (długi okres oceny wniosków, przyznawania wsparcia, realizacji inwestycji)<br>szanse:<br>▪ możliwość opracowania technologii będącej polską inteligentną specjalizacją, bazując na znaczącym krajowym potencjale naukowym<br>▪ możliwość istotnego podniesienia potencjału recyklingu w OZE i elektromobilności w Polsce<br>▪ możliwość wykorzystania efektów wspartych prac B+R w sektorach pokrewnych<br>zagrożenia:<br>▪ możliwość wykorzystania środków przez beneficjentów w sposób niezgodny z zamierzeniami instytucji zarządzających;<br>▪ brak efektów wsparcia<br>Kredyty i pożyczki preferencyjne, gwarancje:<br>mocne strony:<br>▪ możliwość wsparcia przedsięwzięć, które mają duży potencjał komercyjny (ryzyko po stronie inwestora)<br>▪ angażowanie środków zwrotnych – niższy koszt dla budżetu UE i kraju<br>słabe strony:<br>▪ praktycznie brak możliwości wsparcia rozwiązań innowacyjnych, ale nie stosowanych na szeroką skalę – zbyt duże ryzyko dla inwestora; | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | ▪ niższe zainteresowanie wsparciem zwrotnym niż bezzwrotnym – mniejsza liczba projektów realizowanych z tego typu wsparciem;<br>Szanse:<br>▪ wsparcie celowane w projekty komercyjne – większa szansa wzrostu potencjału w zakresie przetwarzania odpadów<br>▪ możliwość „lewarowania" kapitału – wielokrotnego wsparcia tym samym kapitałem realizowanych inwestycji<br>Zagrożenia:<br>▪ ryzyko rynkowe – niektóre inwestycje nie powiodą się, kredyt nie zostanie spłacony, uszczuplenie kapitału. | |
| ***17. (W)*** | *Jakie formy wsparcia dotacyjnego i niedotacyjnego są stosowane w innych krajach UE (minimum 2 kraje o porównywalnym do Polski poziomie rozwoju i uwarunkowaniach społeczno-gospodarczych oraz minimum 2 kraje o wyższym niż Polska poziomie rozwoju)?* | Podobne formy wsparcia do stosowanych w Polsce. | |
| ***18. (W)*** | *Jakie wzorcowe rozwiązania w zakresie recyklingu komponentów technicznych OZE i elektromobilności są stosowane na świecie?* | Siłownie wiatrowe: recykling mechaniczny – produkcja granulatu kompozytowego, wykorzystywanego w produkcji elementów budowlanych i zagospodarowania terenu; piroliza – możliwość odzyskania włókien węglowych i tworzenia kompozytów, włókniny o wytrzymałości nieco mniejszej od pierwotnych włókien węglowych; spalanie – spalanie w cementowniach, wsad kompozytowy mieszany jest z klinkierem, żywica jest traktowana jako paliwo alternatywne.<br>Panele fotowoltaiczne – odzysk szkła, metali; brak jest procesów, w których odzyskiwana byłaby całość surowców włącznie z krzemem.<br>Akumulatory do pojazdów elektrycznych – wskazano kilka procesów – wytopu, schłodzenia, itp., jednak żaden z dostępnych procesów nie pozwala na odzyskanie całości surowców użytych do produkcji baterii. | Rozdział 3.1. |
| ***19. (W)*** | *Czy na rynku recyklingu komponentów technicznych OZE i elektromobilności występują zakłócenia konkurencji (np. monopol wynikający z posiadanej przewagi technologicznej) mogące mieć wpływ na błędne wyznaczenie poziomu opłacalności* | Zakłócenia konkurencji mogą być widoczne w przypadku baterii do pojazdów elektrycznych. Wynika to z: własności praw patentowych do zastosowania technologii recyklingu, kształtu światowego rynku pojazdów – produkcja i sprzedaż pojazdów jest realizowana przez duże koncerny, wysokich barier wejście – zarówno finansowych, jak i technologicznych. Potencjalne wsparcie z funduszy strukturalnych | Rozdział 4.5. |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | *recyklingu oraz w efekcie poziomu wsparcia w danym obszarze recyklingu?* | może zostać przyznane podmiotom, które również bez wsparcia będą w stanie wypracować innowacyjne technologie recyklingu, a z uwagi na ich pozycję konkurencyjną mogą w pewnym zakresie dowolnie kształtować ceny na rynku i przychody – co wpływa na lukę finansową. Analiza sytuacji w zakresie należnego wsparcia może zostać dodatkowo zaburzona przez fakt, iż recykling jest jedną z wielu czynności realizowanych przez podmiot rynkowy, przychody z recyklingu mogą być ukryte na potrzeby analiz poziomu wsparcia w pozostałych częściach działalności danego koncernu (sprzedaż, serwis produktu). | |

# WYKAZ TABEL, RYSUNKÓW I WYKRESÓW

## WYKAZ TABEL

TABELA 1. SCENARIUSZ WYWIADU INDYWIDUALNEGO ..... 22
TABELA 2. PANELE EKSPERCKIE - PODZIAŁ PYTAŃ BADAWCZYCH ..... 27
TABELA 3. ZESTAWIENIE WAD I ZALET PROCESÓW RECYKLINGU KOMPOZYTÓW WĘGLOWYCH ..... 39
TABELA 4. DANE DOTYCZĄCE PRODUKCJI ENERGII W SIŁOWNIACH WIATROWYCH W POLSCE W LATACH 2000-2017 ..... 52
TABELA 5. PRZECIĘTNA MASA ŁOPAT WIRNIKÓW SIŁOWNI WIATROWYCH W PRZELICZENIU NA 1 MW MOCY ZAINSTALOWANEJ ..... 55
TABELA 6. OSZACOWANIE WIELKOŚCI ODPADÓW KOMPOZYTOWYCH Z SIŁOWNI WIATROWYCH WYMAGAJĄCYCH PRZETWORZENIA ..... 57
TABELA 7. KOSZTY RECYKLINGU BATERII DO POJAZDÓW ELEKTRYCZNYCH (2013) ..... 69
TABELA 8. ILOŚĆ POWSTAŁYCH ODPADÓW POCHODZĄCYCH Z PANELI FOTOWOLTAICZNYCH W EU W LATACH 2015-2017 ..... 73
TABELA 9. DZIAŁANIA POIR 2014-2020 WPŁYWAJĄCE NA ROZWÓJ SYSTEMU RECYKLINGU W OZE I ELEKTROMOBILNOŚCI ..... 77
TABELA 10. NAJWAŻNIEJSZE BARIERY ROZWOJU SYSTEMU RECYKLINGU W OZE I ELEKTROMOBILNOŚCI ..... 83
TABELA 11. ZESTAWIENIE PYTAŃ BADAWCZYCH ORAZ WYNIKÓW BADANIA ..... 114

## WYKAZ RYSUNKÓW

RYSUNEK 1. PRODUKCJA ENERGII ELEKTRYCZNEJ ZE ŹRÓDEŁ ODNAWIALNYCH BRUTTO, UE-28, 1990–2016 ..... 14
RYSUNEK 2. METODY RECYKLINGU / PRZETWARZANIA ELEMENTÓW KOMPOZYTOWYCH SIŁOWNI WIATROWYCH ..... 34
RYSUNEK 3. METODA RECYKLINGU REFIBER ŁOPAT ZESPOŁÓW ROBOCZYCH WIRNIKÓW ELEKTROWNI WIATROWYCH. ..... 36
RYSUNEK 4. ŁOPATA TURBINY WIATROWEJ PRZED I PO PROCESIE PIROLIZY (METODA REFIBER) ..... 37
RYSUNEK 5. PRZETWARZANIE ODPADÓW Z WŁÓKNA WĘGLOWEGO PRZED I PO PROCESIE PIROLIZY (METODA REFIBER) ..... 37
RYSUNEK 6. OCZEKIWANY CYKL ŻYCIA PANELI FOTOWOLTAICZNYCH I ZARZĄDZANIE ODPADAMI ..... 41
RYSUNEK 7. SCHEMATYCZNA BUDOWA PANELU FOTOWOLTAICZNEGO ..... 42
RYSUNEK 8. ETAPY REKULTYWACJI PANELI FOTOWOLTAICZNYCH OPRACOWANYCH W 2014 R. W JAPONII W RAMACH NEDO W 2014 R. ..... 43
RYSUNEK 9. SKŁAD TYPOWEGO AKUMULATORA LITOWO-JONOWEGO ..... 46
RYSUNEK 10. UDZIAŁ PROCENTOWY METOD RECYKLINGU AKUMULATORÓW LITOWO-JONOWYCH ..... 47
RYSUNEK 11. ROZMIESZCZENIE SIŁOWNI WIATROWYCH W POLSCE ..... 54
RYSUNEK 12. PROGNOZA TRWAŁYCH ODSTAWIEŃ JEDNOSTEK WYTWÓRCZYCH W LATACH 2016-2040 ..... 59
RYSUNEK 13. PRZYROST MOCY ZAINSTALOWANEJ W INSTALACJACH WYKORZYSTUJĄCYCH ENERGIĘ PROMIENIOWANIA SŁONECZNEGO 62
RYSUNEK 14. MOC ZAINSTALOWANA W PANELACH FOTOWOLTAICZNYCH, ZAREJESRTOWANA ..... 63
RYSUNEK 15. SKUMULOWANY PRZYROST MOCY Z INSTALACJI FOTOWOLTAICZNYCH (MIKROINSTALACJE + INSTALACJE) ..... 64
RYSUNEK 16. SZACOWANA LICZBA AUT ELEKTRYCZNYCH NA ŚWIECIE NA KONIEC ROKU 2018 Z PODZIAŁEM NA GŁÓWNE KRAJE ..... 67
RYSUNEK 17. PRZYROST MOCY ZAINSTALOWANEJ W INSTALACJACH FOTOWOLTAICZNYCH W KRAJACH EUROPEJSKICH W LATACH 2004-2017 ..... 72
RYSUNEK 18. PROGNOZOWANA MOC ZAINSTALOWANA W PANELACH FOTOWOLTAICZNYCH ..... 73
RYSUNEK 19. MATRYCA RYZYKA ..... 95
RYSUNEK 20. POZIOM RYZYKA WYZNACZANY W MATRYCY RYZYKA ..... 95
RYSUNEK 21. SPOSÓB POSTĘPOWANIA W PRZYPADKU WYSTĘPOWANIA NATĘŻENIA DANEGO CZYNNIKA RYZYKA ..... 95

# LITERATURA


1. Piasecka I., „Badanie i ocena cyklu życia zespołów elektrowni wiatrowych", rozprawa doktorska, Politechnika Poznańska 2014
1. 2. Anna Kuczyńska-Łażewska, Ewa Klugmann- Radziemska, Zeszyty Naukowe, IGSMiE, PAN, 2018
2. Bolewski Ł., „Recykling włókna węglowego", Konstrukcje inżynierskie, 10/2017
3. Drugie życie zużytych elementów morskich farm wiatrowych, https://www.spcc.pl/node/19945 (dostęp 03.12.2019 r.)
4. End-of-life managment, Solar Photovoltaic Panels, IRENA, czerwiec 2016
5. Future of solar photovoltaics, IRENA, listopad 2019
6. Gratz E., Sa Q., Apelian D., Wang Y.: A closed loop process for recycling spent lithium ion batteries, J. Power Sources, 262 (2014) 255-262
7. Gulich B., Hofmann M., „Praktyczne włókno karbonizowane z odpadów CFRP", 24.11.2015 r. https://www.magazynprzemyslowy.pl/produkcja/Praktyczne-wlokno-karbonizowane-z-odpadow-CFRP,6743,1
8. https://materialyinzynierskie.pl/kompozyty-zbrojone-wloknem-weglowym-cfrp/ (dostęp 03.12.2019 r.)
9. Jastrzębska M., Jurczak W. „Recykling kompozytów z jednostek morskich", Logistyka 5/2011, s. 663-667
10. Piasecka I., „Badanie i ocena cyklu życia zespołów elektrowni wiatrowych", rozprawa doktorska, Politechnika Poznańska 2014
11. Polityka energetyczna Polski do 2040 r., aktualizacja 2019 r., Załącznik 2 - Wnioski z analiz prognostycznych dla sektora paliwowo-energetycznego
12. Reinforcedplastics, maj-czerwiec 2011, s. 45-46, http://csmres.co.uk/cs.public.upd/article-downloads/EuCIA-final.pdf
13. Rynek Fotowoltaiki w Polsce, IEO, Warszawa, czerwiec 2019
14. Stankiewicz B., Świat włókien w budownictwie, Szkło i ceramika R59(2008)
15. Ustawa z dnia 20 lutego 2015 r. o odnawialnych źródłach energii (t.j. Dz.U. 2018 poz. 2389) oraz Ustawa z dnia 19 lipca
16. Ustawa z dnia 20 maja 2016 r. o inwestycjach w zakresie elektrowni wiatrowych (t.j. Dz.U. 2019 poz. 654)
17. Ustawa z dnia 19 lipca 2019 r. o zmianie ustawy o odnawialnych źródłach energii oraz niektórych innych ustaw (Dz.U. 2019 poz. 1524)
18. Wieteska S., „Ocena ryzyka eksploatacji lądowych elektrowni wiatrowych w Polsce dla potrzeb ich ubezpieczeń od niektórych zdarzeń losowych", Finanse, Rynki Finansowe, Ubezpieczenia nr 1/2017 (85), s. 528
19. Wójcik M. , Pawłowska B. , Stachowicz F.: Przegląd technologii recyklingu zużytych akumulatorów litowo-jonowych, Zeszyty Naukowe Politechniki Rzeszowskiej. Mechanika 2017 | z. 89 [295], nr 2 (107—120)
20. Wójcik M. , Pawłowska B. , Stachowicz F.: Przegląd technologii recyklingu zużytych akumulatorów litowo-jonowych, Zeszyty Naukowe Politechniki Rzeszowskiej. Mechanika 2017 | z. 89 [295], nr 2 (107—120)
21. Zeng X., Li J., Singh N.: Recycling of spent lithium-ion battery: a critical review, Critical Reviews in Environmental Science and Technology, 44 (2014) 1129-1165

22. Projekt Krajowego planu na rzecz energii i klimatu na lata 2021-2030, Ministerstwo Aktywów Państwowych, https://www.gov.pl/web/aktywa-panstwowe/projekt-krajowego-planu-na-rzecz-energii-i-klimatu-na-lata-2021-2030
23. Posadowienie wysokich wież elektrowni wiatrowych o mocy 2,0–2,5MW na słabym podłożu gruntowym, Pardela T., Nowoczesne budownictwo inżynieryjne, maj-czerwiec 2012, s. 70.

Strony internetowe:

https://www.teraz-srodowisko.pl/aktualnosci/recykling-przyszloscia-fotowoltaiki-5479.html

https://moto.rp.pl/tu-i-teraz/29120-sprzedaz-aut-elektrycznych-na-swiecie-polska-daleko-w-tyle

https://www.electrive.net/2019/02/11/zahl-der-e-fahrzeuge-klettert-weltweit-auf-56-millionen/

https://wysokienapiecie.pl/8070-morskie_farmy_wiatrowe_offshore_polskie_stocznie/ (dostęp 29.11.2019 r.)

http://www.instsani.pl/1075/rodzaje-wiez-wiatrowych (dostęp 02.12.2019 r.)

https://zielonestrefy.pl/opis-procesu-produkcyjnego-lopat-turbin-wiatrowych-o-poziomej-osi-obrotu-hawt/

http://ec.europa.eu/environment/life/project/Projects/index.cfm?fuseaction=search.dspPage&n_proj_id=6186#RM; https://www.liferefibre.eu/en/proyecto/acciones/ (dostęp 26.11.2019 r.)

https://www.newsweek.pl/polska/walka-z-uzywanymi-wiatrakami/bfx14ml (dostęp 29.11.2019 r.)

https://spidersweb.pl/bizblog/orsted-haliade-x-energia-wiatrowa/

https://wyborcza.pl/7,155287,25378813,czeka-nas-zalew-zlomu-z-niemiec-za-zachodnia-granica-glowia.html

https://www.windbranche.de/windenergie-ausbau/deutschland

https://www.osw.waw.pl/pl/publikacje/komentarze-osw/2019-09-25/kryzys-branzy-wiatrowej-w-niemczech-kolejne zagrozenie-dla

https://de.statista.com/statistik/daten/studie/20116/umfrage/anzahl-der-windkraftanlagen-in-deutschland-seit-1993/

https://www.br.de/nachrichten/deutschland-welt/weshalb-windraeder-auch-muell-produzieren,RNQXQfD

https://www.electrive.net/2019/02/11/zahl-der-e-fahrzeuge-klettert-weltweit-auf-56-millionen/ (dostęp 29.11.2019)

http://www3.weforum.org/docs/GBA_EOL_baseline_Circular_Energy_Storage.pdf (dostęp 28.11.2019)

https://about.bnef.com/blog/electric-vehicles-to-be-35-of-global-new-car-sales-by-2040/ (dostęp 29.11.2019)

https://www.fortum.com/products-and-services/fortum-battery-solutions/recycling/lithium-ion-battery-recycling-solution (dostęp 02.12.2019)

https://rejestr-bdo.mos.gov.pl/web/rejestr-publiczny/lista#$top=100 (dostęp 02.12.2019)

http://ec.europa.eu/environment/life/project/Projects/index.cfm?fuseaction=search.dspPage&n_proj_id=6186#RM; https://www.liferefibre.eu/en/proyecto/acciones/ (dostęp 26.11.2019 r.)

# ZAŁĄCZNIK 1. WYNIKI BADANIA CAWI

Realizacja: 9-29 listopada 2019 roku.

Liczba zrealizowanych wywiadów ankietowych: 213

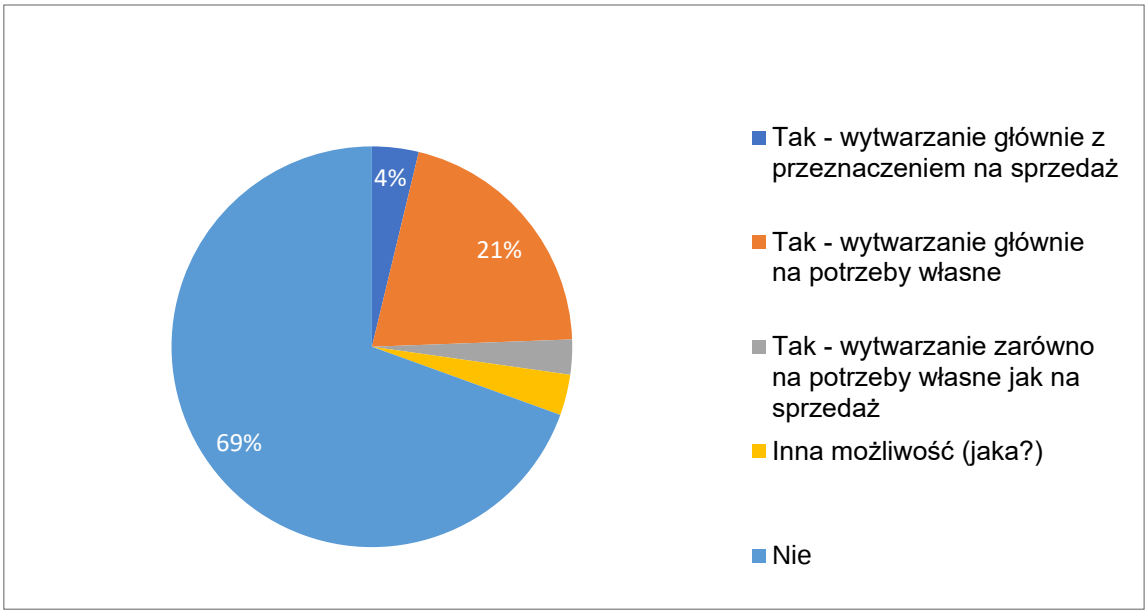
Czy w ramach prowadzonej działalności Państwa przedsiębiorstwo / instytucja wytwarza energię ze źródeł odnawialnych?

| Odpowiedź | % | Liczba |
|---|---|---|
| Tak - wytwarzanie głównie z przeznaczeniem na sprzedaż | 4% | 8 |
| Tak - wytwarzanie głównie na potrzeby własne | 21% | 44 |
| Tak - wytwarzanie zarówno na potrzeby własne jak na sprzedaż | 3% | 6 |
| Inna możliwość (jaka?)* | 3,% | 7 |
| Nie | 69% | 148 |

N= 213

*

| Odpowiedzi „Inna możliwość” |
|---|
| Wytwarzanie na potrzeby badawcze instalacji, niewielkie pokrycie potrzeb własnych |
| w obiekcie należącym do Miasta pozyskuje się energię z paneli fotowoltaicznych na potrzeby krytej pływalni miejski |
| Robimy to dla mieszkańców. |
| dzierżawimy, przekazujemy |
| Będzie wytwarzana. |
| Tak - wytwarzana jest energia z przeznaczeniem na sprzedaż w bloku biomasowym o mocy 40 MW el i 70 t. |
| Nie, ale od przyszłego roku, w związku z realizacją termomodernizacji, będziemy ją wytwarzać. |




Jaki rodzaj instalacji OZE oraz o jakich parametrach działa w Państwa przedsiębiorstwie / instytucji? (siłownie wiatrowe – moc, ilość wytworzonej energii, wiek źródeł; panele fotowoltaiczne – moc, ilość wytworzonej energii, wiek źródeł; inne - jakie, o jakich parametrach?)

| Odpowiedź | | |
|---|---|---|
| Panele fotowoltaiczne (3 odpowiedzi) | | |
| siłownie wiatrowe 3 *2,5 MW | | |
| Szereg różnych instalacji o niewielkich mocach (kilka do kilkunastu kW), powstające sukcesywnie od kilkunastu lat | | |
| biomasa - moc: 230 MWe | | |
| panele fotowoltaiczne, data montażu: 2015 | | |
| Panele PV o mocy od 2,16 - 4,86 | | |
| Panele fotowoltaiczne - 16,6 kW | | |
| Panele fotowoltaiczne, wiek 2 lata, moc łączna 50kW | | |
| panele fotowoltaiczne na 9 budynkach, montaż w latach 2017-2018 | | |
| panele fotowoltaiczne - 260 Wp, instalacje solarne zamontowane na budynkach użyteczności publicznej - 6 inst. oraz na budynkach mieszkalnych 243 instalacje | | |
| na budynkach gminnych - kolektory słoneczne -12 paneli | | |
| Elektrociepłownia biogazowa o mocy 400 kW; Elektrociepłownia biomasowa o mocy 1,3 MW; elektrownia wodna o mocy 50 kW; Fotowoltaika o mocy 100 kW oraz 40 kW | | |
| siłownie wiatrowe 20kW, fotowoltaika 20kWp, kolektory słoneczne 20kW, elektrownia.pb.edu.pl | | |
| Panele fotowoltaiczne o mocy 97 kW | | |
| panele solarne - do podgrzewania ciepłej wody użytkowej -2011 | | |

| |
|---|
| panele fotowoltaiczne z 2017-2018 r. |
| panele fotowoltaiczne – moc 40KW, wytwarzane 39,7 MWh rocznie, wiek:2017 |
| Panele fotowoltaiczne rok zał. 2018. Moc 265 kWp. Pompy ciepła, rok zał. 2018. Moc 445 kW. |
| kotłownia na zrębki |
| Panele fotowoltaiczne - Uzysk energii elektrycznej planowany (roczny) : 65 990,00 kW. Wiek źródła - inwestycja planowana do realizacji na lata 2019/2020 |
| panele fotowoltaiczne - moc 88,88 MWh; 142,50 MWh; 123,50 MWh- założone w 2014 r. |
| Kolektory słoneczne |
| Panele fotowoltaiczne na jednostkach oświatowych. O szczegółowe parametry trzeba pytać w poszczególnych jednostkach |
| biogazownia rolnicza w powiazaniu z kogeneracją, Pierwsza instalacja: moc 1,900 MW, wiek 2017 - 48MW. Druga instalacja: 2019 r, moc 1,49 MW. |
| moc 17,75kWp,wiek 3 lata |
| Kolektory słoneczne do ogrzania cwu |
| panele fotowoltaiczne: instalacji szt. 5; moc 178,34 kW; Montaż 2017-2019; Produkcja energii el. ~ 180 000 kWh/rok, Panele solarne: instalacji szt. 23; Moc 518,54 kW; Montaż 2011-2017; |
| układ kogeneracyjny opalany biomasą z silnikiem parowym - moc cieplna 5,5 MW, elektryczna 0,65 MW |
| panele fotowoltaiczne na 6 obiektach o łącznej mocy 112,65 kWp, wiek źródła 1 rok |
| pompy ciepła, kolektory słoneczne, w realizacji panele fotowoltaiczne |
| Bioreaktor oczyszczalni |
| Panele fotowoltaiczne 64 kW |
| Panele fotowoltaiczne, moc: 37,24 kW, wiek 2- letnie |
| źródła fotowoltaiczne i kolektory słoneczne do ciepłej wody użytkowej do basenu; dokładnych informacji na ten temat nie mam |
| panele fotowoltaiczne - moc 7 kW i 9,5 kW |
| 2 farmy wiatrowe 38 MW i 63 MW, również fotowoltaika ale to już poza granicami kraju, konkretnie na Ukrainie |
| Panele fotowoltaiczne, panele solarne, pompy ciepła i gazowe i powietrze elektryczne |
| Panele fotowoltaiczne , pierwsza o mocy - 15 kW, z 2019, a dwie pozostałe z 2017 r, o mocy 2 razy po 3 kW |
| biogazownia rolnicza |
| moc - 20kw, wiek źródła - 5 lat |
| panele fotowoltaiczne w szkole w Zbójnie, oraz kolektor słoneczny w szkole w Działyniu |

| |
|---|
| Elektrociepłownia biomasowa w kogeneracji w systemie ORC, moc energii elektrycznej 1 MW i 4,15 MW energii cieplnej, wiek 2019. |
| Biogazownie rolnicze: 1/ BGR Pawłówko - 946 kWe/1004kWt (2005 r.) - 5.800 MWh ee/rok; 2/ BGR Płaszczyca - 625 kWe/692 kWt (2008 r) - 3.800 MWh ee/rok; 3/BGR Koczała - 2126kWe/2206kWt (2009 r.) - 15.800 MWh ee/rok 4/ BGR Nacław - 625 kWe/692kWt (2010 r.) - 4.900 MWh ee/rok; 5/ BGR Świelino - 625 kWe/692kWt (2010 r.) - 4.900 MWh ee/rok; 6/ BGR Uniechówek - 1063 kWe/1088 kWt (2011 r.) - 8.500 MWh ee/rok; 7/ BGR Giżyno - 1063 kWe/1088 kWt (2011 r.) - 8.300 MWh ee/rok; 8/ BGR Bara - 330 kWe/390kWt (2015 r.) - 1.300 MWh ee/rok |
| Biogazownia, moc 80 KW, msc kilka MW, wiek ponad 8 lat |
| W ramach projektu " Poprawa jakości powietrza na terenie gminy Nowy Targ poprzez montaż kolektorów słonecznych na domach prywatnych " w roku 2015/2014 w Gminie Nowy Targ zainstalowano 1312 sztuk nowoczesnych kolektorów słonecznych płaskich o łącznej mocy 2,076 MW., W ramach projektu "Zakup i montaż paneli fotowoltaicznych na terenie gminy Nowy Targ„ w roku 2015 zamontowano instalacje fotowoltaiczne o mocy 2,04 kW w 60 gospodarstwach domowych gminy. Aktualnie Gmina realizuje projekt OZE gdzie w 2020 roku planowany jest montaż 613 zestawów paneli fotowoltaicznych (o mocach od 1,7 kW - 4,76 kW), 147 szt. pomp ciepła powietrznych oraz 459 zestawów kolektorów słonecznych o mocach 3,166 kW, 4,749 kW, 6,332kW |
| elektrownia wodna - 5,040 MW |
| kolektory słoneczne i pompy ciepła |
| panele fotowoltaiczne, zamontowane w 2019r. |
| Fotowoltaika będzie zastosowana. |
| PANELE FOTOWOLTANICZNE |
| Kolektory słoneczne płaskie typu Immersole 40-Alu firmy Immergas - 14 szt. x 4,0 m2, zamontowane na konstrukcjach wsporczych na dachu budynku; powierzchnia czynna instalacji wynosi 53,2 m2, roczna produkcja ciepła 80 GJ; rok montażu - 2012. |
| Inne źródła - blok ciepłowniczy biomasowy |
| Instalacja solarna. O mocy parę kW. |
| Jest to rekuperacja ciepła, odzysk powietrza. Trudno określić moc. |
| 74 kolektory słoneczne |
| Pompy ciepła |
| Instalacja fotowoltaiczna. Moc - 22 kW , 145 m kwadratowych paneli. Falownik fronius. Wiek z 2018 r. |
| Farmy Wiatrowe - 250MWe, PV - 8MWe |
| instalacje doświadczalne małej mocy |
| Panele fotowoltaiczne, kolektory słoneczne |
| Panele fotowoltaiczne - 20440 Wp, instalacja w 2020r. |
| 1. Kocioł Ofz-201(biomasowy), moc - 152,6 MWt, wiek - 7 lat; kocioł 10 OP-120 (biomasowy); moc 97,7 MWt, wiek - 7 lat |

| |
|---|
| Ciepło i energia elektryczna 150,4 MWt ciepła i 73 MW energii elektrycznej |

N= 66

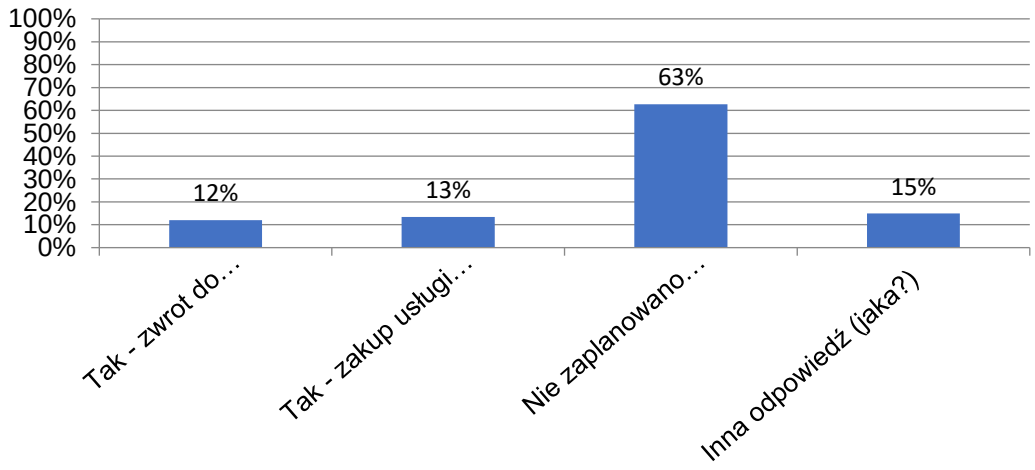
Czy zaplanowali Państwo, w jaki sposób zostaną przetworzone odpady z komponentów technicznych instalacji OZE?

| Odpowiedź | % | Liczba |
|---|---|---|
| Tak - zwrot do producenta / wytwórcy instalacji | 12% | 8 |
| Tak - zakup usługi recyklingu | 13% | 9 |
| Nie zaplanowano sposobu utylizacji | 63% | 42 |
| Inna odpowiedź (jaka?)* | 15% | 10 |

N= 67

*

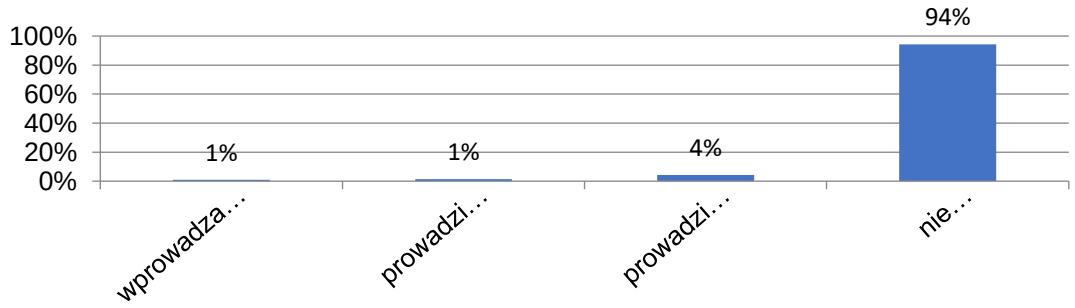
| Odpowiedzi „Inna możliwość” |
|---|
| Z uwagi na badawczy charakter instalacji OZE nie jest zakładane generowanie odpadów |
| Wykonawca wymieniający glikol w instalacjach solarnych dokona utylizacji zużytego glikolu |
| brak |
| Przemyślane. |
| Oddawany jako odpad |
| produkt końcowy dostarczany do rolników |
| Nie mamy |
| Utylizujemy biogaz poprzez spalenie. |
| nie dotyczy |
| Odpady (złom metali, gruz)zostaną zagospodarowane przez firmy posiadające stosowne zezwolenia organów administracji państwowej na zagospodarowanie odpadów. |



Czy w ramach prowadzonej działalności Państwa przedsiębiorstwo / instytucja:

| Odpowiedź | % | Liczba |
|---|---|---|
| wprowadza do obrotu akumulatory do pojazdów elektrycznych | 1% | 2 |
| prowadzi badania nad akumulatorami do pojazdów elektrycznych | 1% | 3 |
| prowadzi badania nad wytwarzaniem energii ze źródeł odnawialnych | 4% | 9 |
| nie prowadzimy żadnej z tych działalności | 94% | 201 |

N= 213




Ile rocznie akumulatorów wprowadzają Państwo do obrotu i o jakiej sumarycznej pojemności?

| Odpowiedź | % | Liczba |
|---|---|---|
| 3 szt. rocznie | 50% | 1 |
| 1 | 50% | 1 |

N= 2

Czy zaplanowali Państwo, w jaki sposób zostaną przetworzone akumulatory po zakończeniu ich użytkowania w dedykowanych im pojazdach?

| Odpowiedź | % | Liczba |
|---|---|---|
| Tak - zwrot do producenta / wytwórcy instalacji | 50% | 1 |
| Tak - zakup usługi recyklingu | 50% | 1 |
| Nie zaplanowano sposobu utylizacji | 0% | 0 |
| Inna odpowiedź (jaka?) | 0% | 0 |

N= 2

Czy prowadzicie Państwo działalność w zakresie:

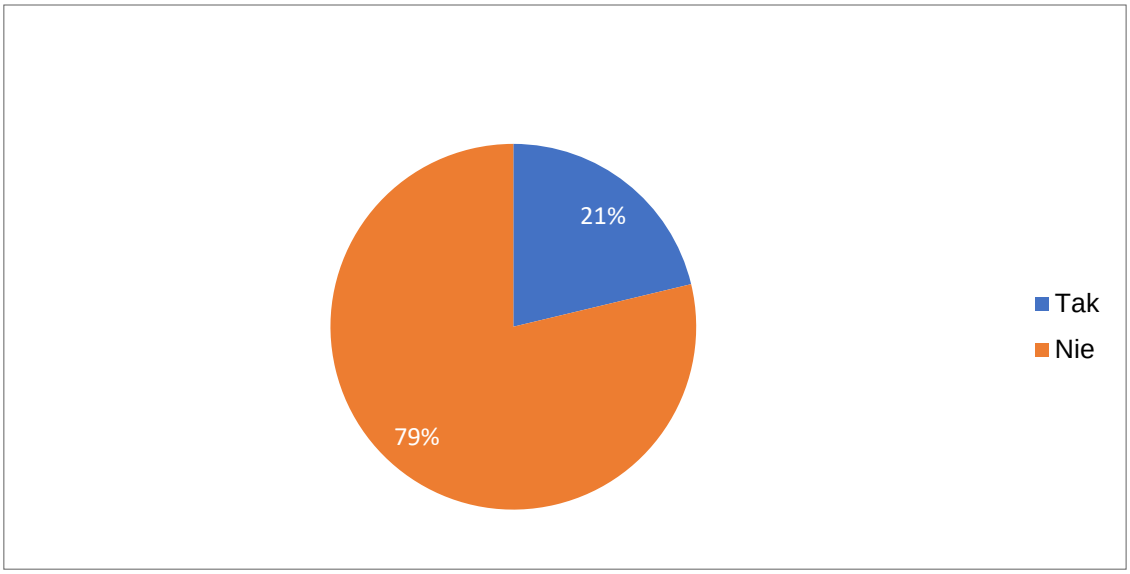
| Odpowiedź | % | Liczba |
|---|---|---|
| recyklingu zużytych części siłowni wiatrowych | 1% | 2 |
| recyklingu paneli fotowoltaicznych | 0% | 0 |
| recyklingu akumulatorów do pojazdów elektrycznych | 1% | 2 |
| recyklingu innych komponentów OZE | 1,5% | 3 |
| badań nad recyklingiem zużytych części siłowni wiatrowych | 0,5% | 1 |
| badań nad recyklingiem paneli fotowoltaicznych | 0,5% | 1 |
| badań nad recyklingiem akumulatorów do pojazdów elektrycznych | 0% | 0 |
| badań nad recyklingiem innych komponentów OZE | 0,5% | 1 |
| nie prowadzimy żadnej z tych działalności | 97% | 207 |

N= 213

Czy, pomimo że nie prowadzicie Państwo działalność w zakresie recyklingu komponentów technicznych instalacji OZE (i/lub akumulatorów), ma Pani/Pan na ten temat pewną wiedzę i chce się Pan z nami nią podzielić, odpowiadając na kilka dodatkowych pytań?

| Odpowiedź | % | Liczba |
|---|---|---|
| Tak | 21% | 44 |
| Nie | 79% | 163 |

N= 207


21%
79%
Tak
Nie

Czy działalność w zakresie recyklingu OZE jest, Pani/Pana zdaniem, opłacalna pod względem finansowym? *

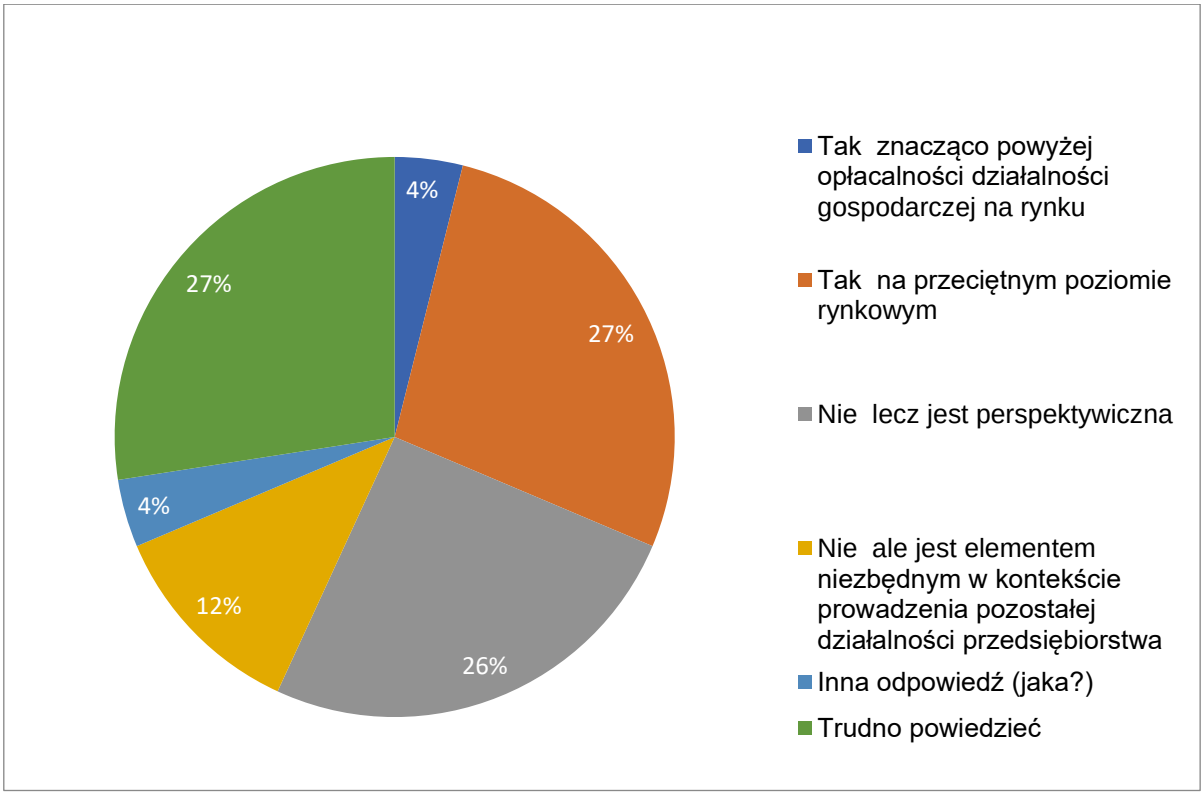
| Odpowiedź | % | Liczba |
|---|---|---|
| Tak znacząco powyżej opłacalności działalności gospodarczej na rynku | 4% | 2 |
| Tak na przeciętnym poziomie rynkowym | 27% | 14 |
| Nie lecz jest perspektywiczna | 25% | 13 |
| Nie ale jest elementem niezbędnym w kontekście prowadzenia pozostałej działalności przedsiębiorstwa | 12% | 6 |
| Inna odpowiedź (jaka?)* | 4% | 2 |
| Trudno powiedzieć | 27% | 14 |

N= 51

*

| Odpowiedzi „Inna odpowiedź (jaka?) | % | Liczba |
|---|---|---|
| Nie czysta złotówka, ale pod kątem zdrowia, ekologii tak. | 1,96% | 1 |
| nie można wrzucić do jednego pytania recykling źródeł odnawialnych i baterii do pojazdów elektrycznych | 1,96% | 1 |

N=2



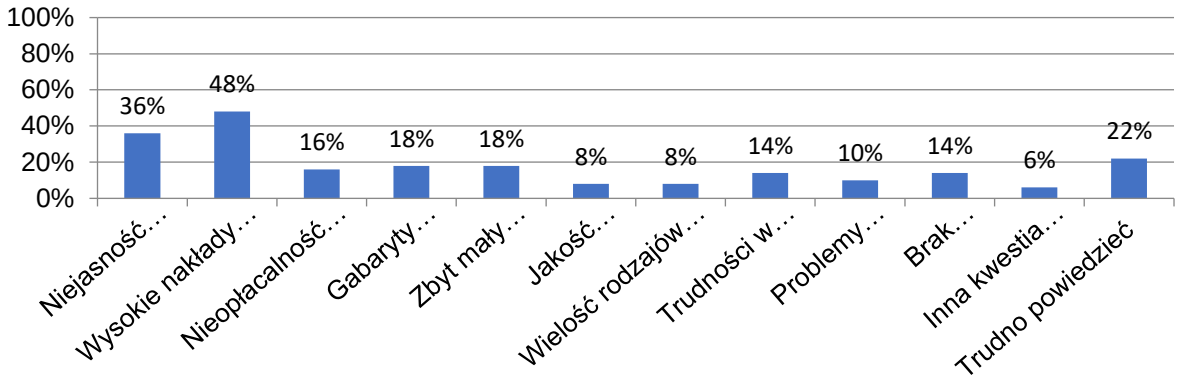
Jakie w Pani/Pana ocenie, są najważniejsze bariery w rozwoju rynku związanego z recyklingiem wyeksploatowanych komponentów technicznych odnawialnych źródeł energii oraz akumulatorów pojazdów elektrycznych?

| Odpowiedź | % | Liczba |
|---|---|---|
| Niejasność uregulowań prawnych | 36% | 18 |
| Wysokie nakłady inwestycyjne dla nowych instalacji | 48% | 24 |
| Nieopłacalność procesu przetworzenia/recyklingu | 16% | 8 |
| Gabaryty odpadów do przetworzenia, utrudniające ich transport | 18% | 9 |
| Zbyt mały potencjał przetwórczy branży | 18% | 9 |
| Jakość istniejących instalacji technologicznych | 8% | 4 |
| Wielość rodzajów instalacji OZE i odpadów (trudność ze standaryzacją procesu przetworzenia) | 8% | 4 |
| Trudności w pozyskaniu niezbędnych pozwoleń | 14% | 7 |
| Problemy organizacyjne w zakresie wydawania pozwoleń na prowadzenie działalności w zakresie przetwarzania | 10% | 5 |
| Brak odpowiedniej/bezpiecznej technologii | 14% | 7 |
| Inna kwestia (jaka?)* | 6% | 3 |
| Trudno powiedzieć | 22% | 11 |

N= 50

*

| Odpowiedzi „Inna kwestia (jaka?) | % | Liczba |
|---|---|---|
| nie dotyczy | 2% | 1 |
| Zaostrzone przepisy, nowelizacja ustawy. | 2% | 1 |
| Egzekwowalność przepisów. | 2% | 1 |


100%
80%
60%
40%
20%
0%
36%
48%
16%
18%
18%
8%
8%
14%
10%
14%
6%
22%
Niejasność…
Wysokie nakłady…
Nieopłacalność…
Gabaryty…
Zbyt mały…
Jakość…
Wielość rodzajów…
Trudności w…
Problemy…
Brak…
Inna kwestia…
Trudno powiedzieć

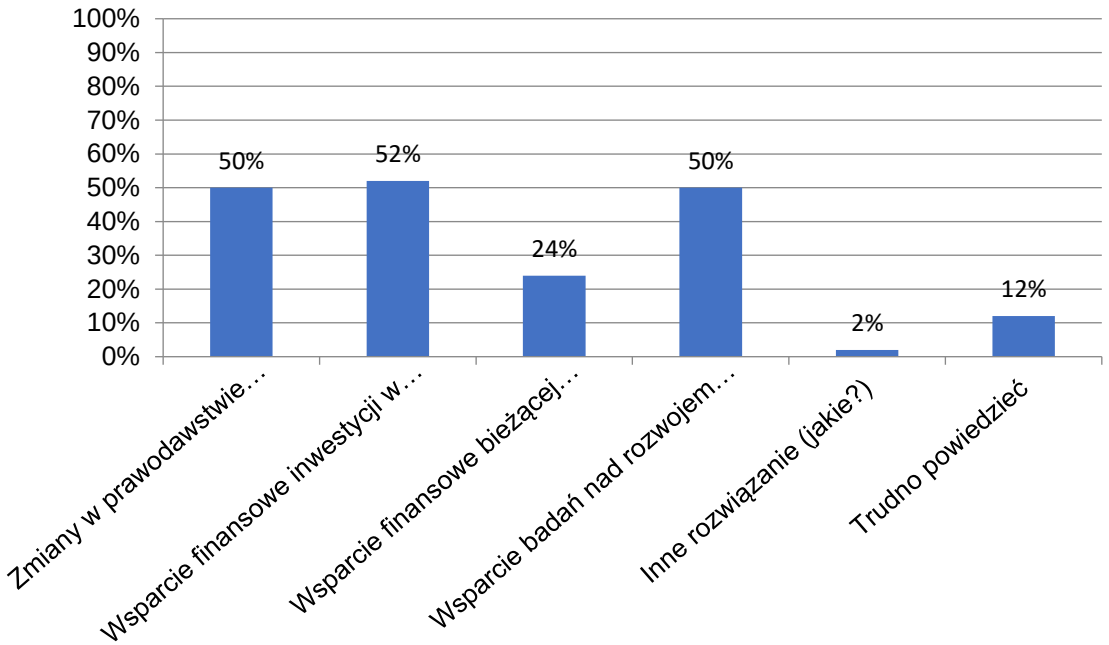
Jaki sposób wsparcia branży recyklingu w OZE ze strony administracji publicznej uważa Pani/Pan za najważniejszy?

| Odpowiedź | % | Liczba |
|---|---|---|
| Zmiany w prawodawstwie ułatwiające działalność | 50% | 25 |
| Wsparcie finansowe inwestycji w instalacje recyklingu OZE | 52% | 26 |
| Wsparcie finansowe bieżącej działalności recyklingu OZE | 24% | 12 |
| Wsparcie badań nad rozwojem technologii recyklingu | 50% | 25 |
| Inne rozwiązanie (jakie?)* | 2% | 1 |
| Trudno powiedzieć | 12% | 6 |

N= 50

*

| Odpowiedź „Inne rozwiązanie (jakie?” | % | Liczba |
|---|---|---|
| brak podst. naukowych dla mobil. elektr. Sprawności układów, efektywności i poziomów egzergii. | 2% | 1 |



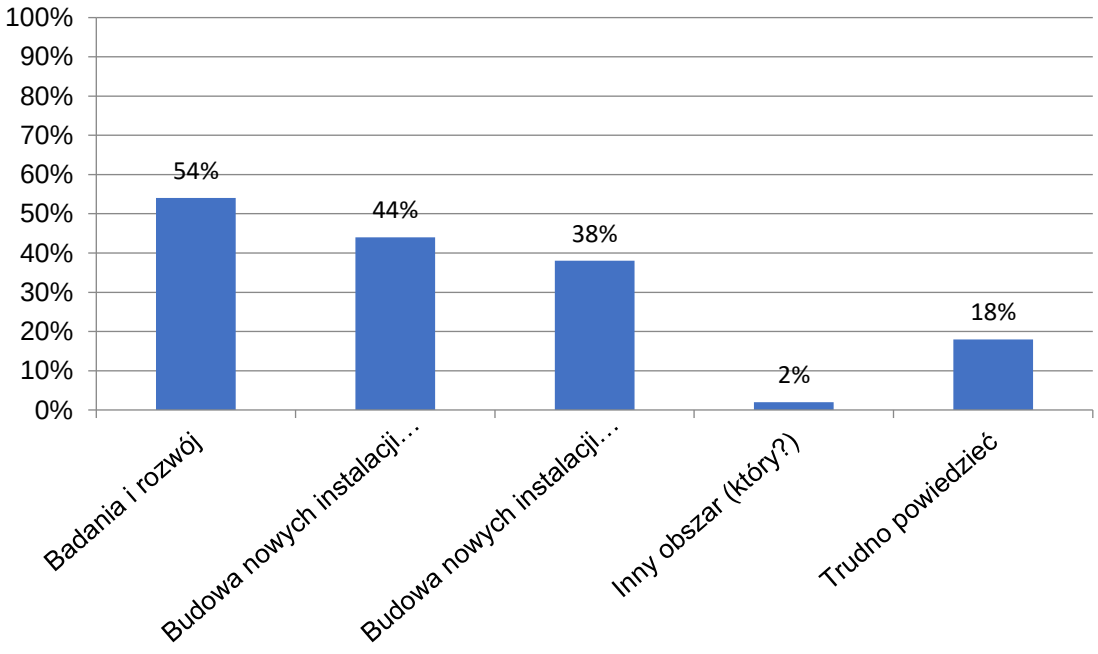
UE planuje dofinansowanie projektów recyklingu w latach 2021-2027. W których obszarach, Pani/Pana zdaniem zasadne jest dofinansowanie bezzwrotne?

| Odpowiedź | % | Liczba |
|---|---|---|
| Badania i rozwój* | 54,00% | 27 |
| Budowa nowych instalacji recyklingu OZE wyłącznie innowacyjnych | 44,00% | 22 |
| Budowa nowych instalacji recyklingu OZE niezależnie od ich innowacyjności | 38,00% | 19 |
| Inny obszar (który?)** | 2,00% | 1 |
| Trudno powiedzieć | 18,00% | 9 |

N= 50

*

| Odpowiedź „Inny obszar (który?” | % | Liczba |
|---|---|---|
| badania nad wskazaniem efektywnej technologii OZE. Nie wytwarzanie energii z jej magazynowaniem | 2,00% | 1 |



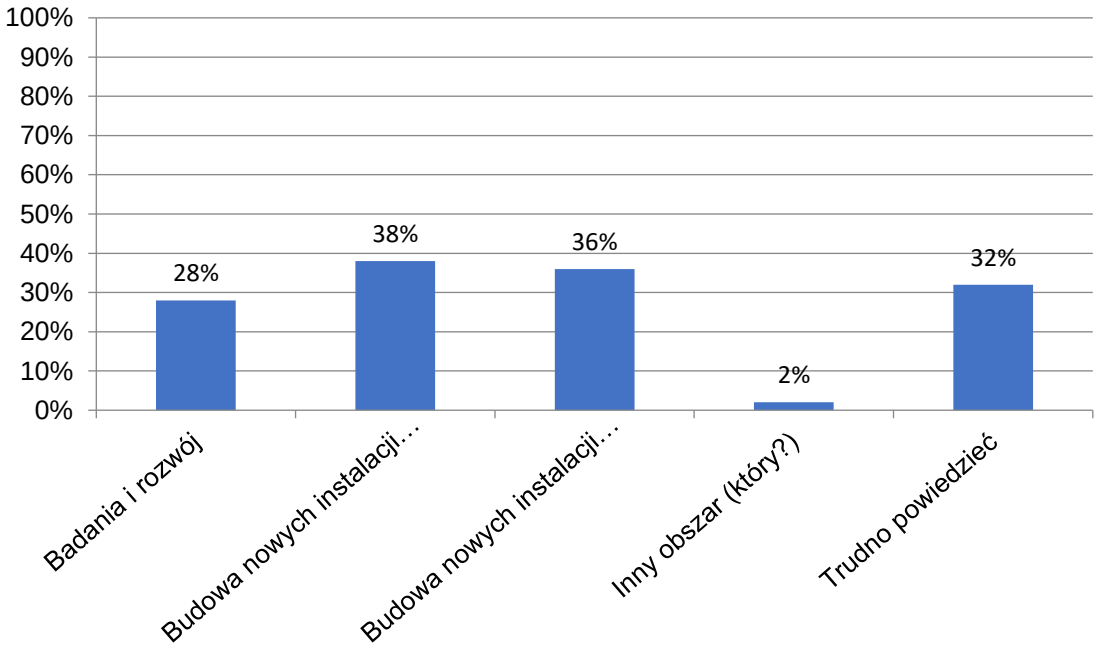
UE planuje dofinansowanie projektów recyklingu w latach 2021-2027. W których obszarach, Pani/Pana zdaniem zasadne jest dofinansowanie zwrotne?

| Odpowiedź | % | Liczba |
|---|---|---|
| Badania i rozwój | 28% | 14 |
| Budowa nowych instalacji recyklingu OZE wyłącznie innowacyjnych | 38% | 19 |
| Budowa nowych instalacji recyklingu OZE niezależnie od ich innowacyjności | 36% | 18 |
| Inny obszar (który?)* | 2% | 1 |
| Trudno powiedzieć | 32% | 16 |

N= 50

*

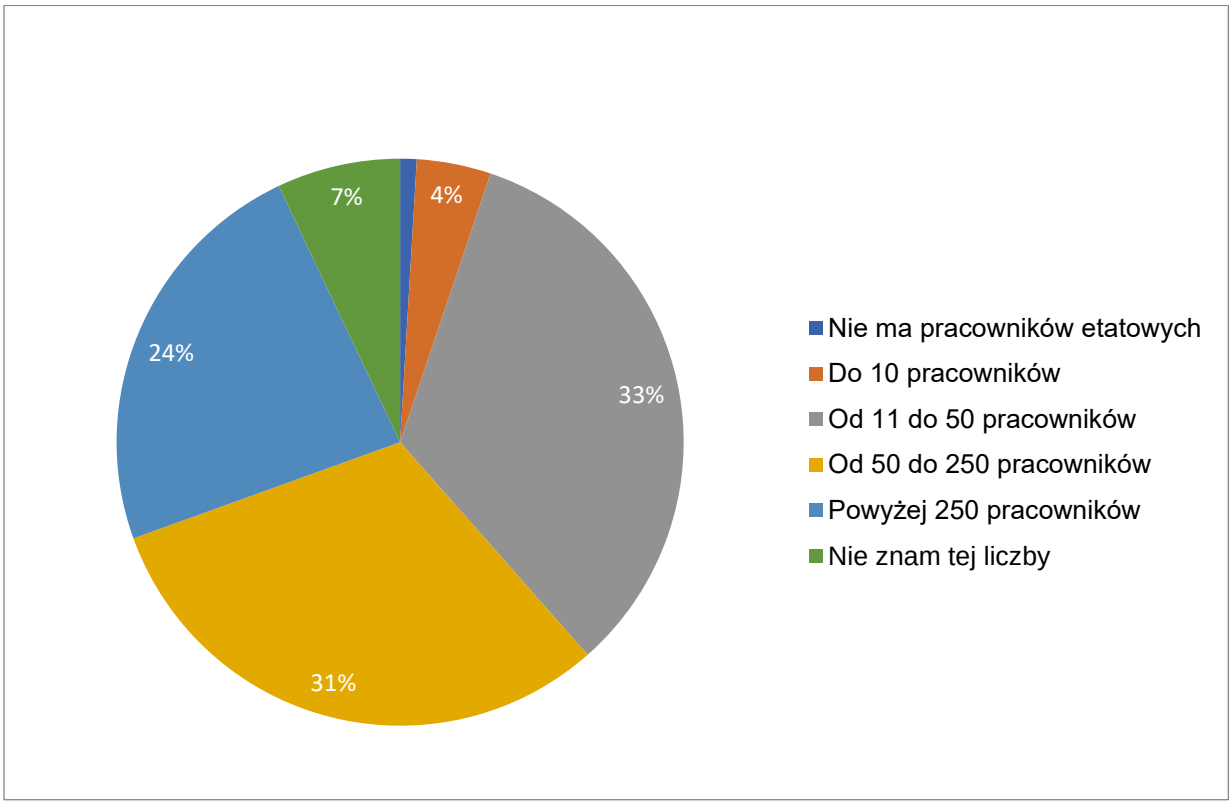
| Odpowiedź „Inny obszar (który?)” | % | Liczba |
|---|---|---|
| najpierw wskazanie właściwej technologii wytwarzania - najbardziej efektywnej, potem wsparcie | 2,00% | 1 |



Ilu pracowników etatowych (łącznie z etatami cząstkowymi) Państwo zatrudniacie?

| Odpowiedź | % | Liczba |
|---|---|---|
| Nie ma pracowników etatowych | 1% | 2 |
| Do 10 pracowników | 4% | 9 |
| Od 11 do 50 pracowników | 33% | 71 |
| Od 50 do 250 pracowników | 31% | 66 |
| Powyżej 250 pracowników | 24% | 50 |
| Nie znam tej liczby | 7% | 15 |

N= 213



Jaka jest forma organizacyjna / forma własności Państwa instytucji / firmy?

| Odpowiedź | % | Liczba |
|---|---|---|
| Państwowa jednostka organizacyjna | 17% | 37 |
| Jednostka samorządu terytorialnego | 49% | 104 |
| Firma państwowa - bez udziałowców zagranicznych | 2% | 5 |
| Firma państwowa - z udziałowcami zagranicznymi | 0% | 0 |
| Firma prywatna - bez udziałowców zagranicznych | 4% | 9 |
| Firma prywatna - zagraniczna lub z udziałowcami zagranicznymi | 2% | 4 |
| Spółka komunalna (własność gminy) | 5% | 11 |
| Inna forma własności (jaka?)* | 20% | 43 |

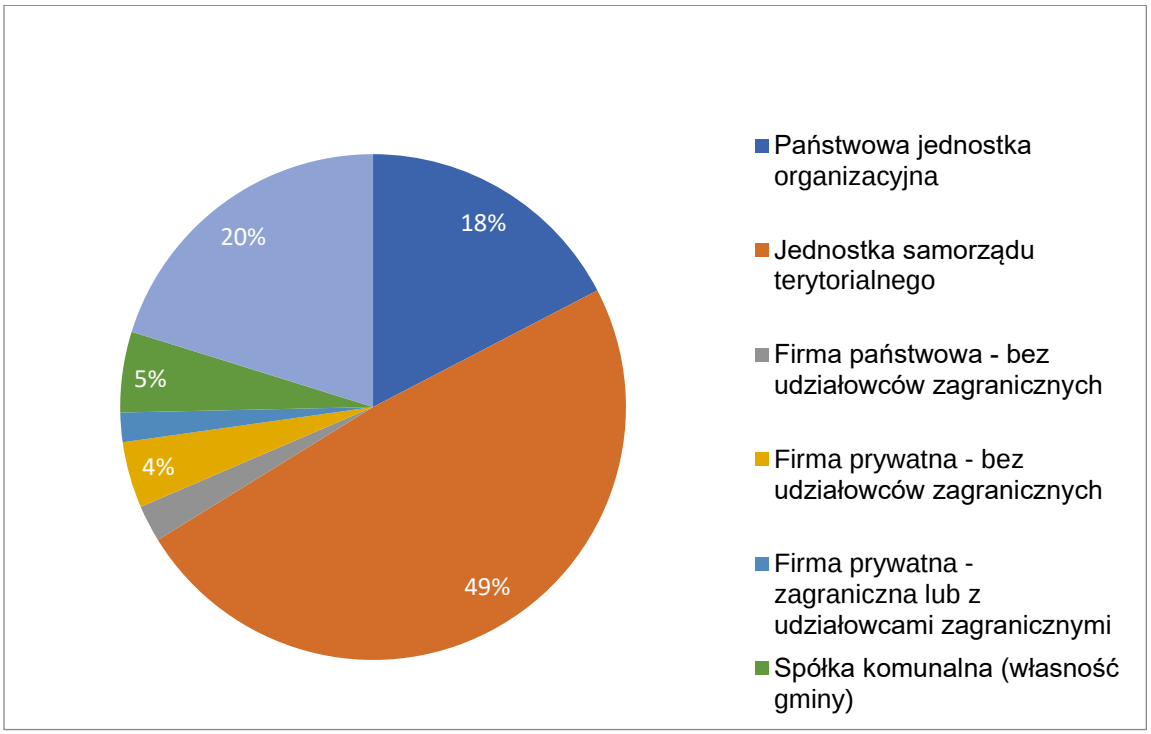
N= 213

*

| Odpowiedzi „Inna forma własności (jaka?)” | Liczba |
|---|---|
| Spółka z o.o. 100 % udziałów gmina | 1 |
| Spółka z o.o. będąca własnością Gminy | 1 |
| Spółdzielnia Mieszkaniowa | 6 |
| spółka akcyjna | 5 |
| Sp. z o.o. | 4 |
| Uczelnia Wyższa | 2 |
| Państwowa jednostka budżetowa | 2 |
| Uczelnia państwowa | 2 |
| Sp. z o.o. | 2 |
| instytut naukowy | 1 |
| Spółka z ograniczoną odpowiedzialnością | 1 |
| jednostka budżetowa | 1 |
| Sp zoo | 1 |
| Spółka z o.o. | 1 |
| spółka akcyjna | 1 |
| Uczelnia wyższa medyczna | 1 |
| Spółka giełdowa | 1 |

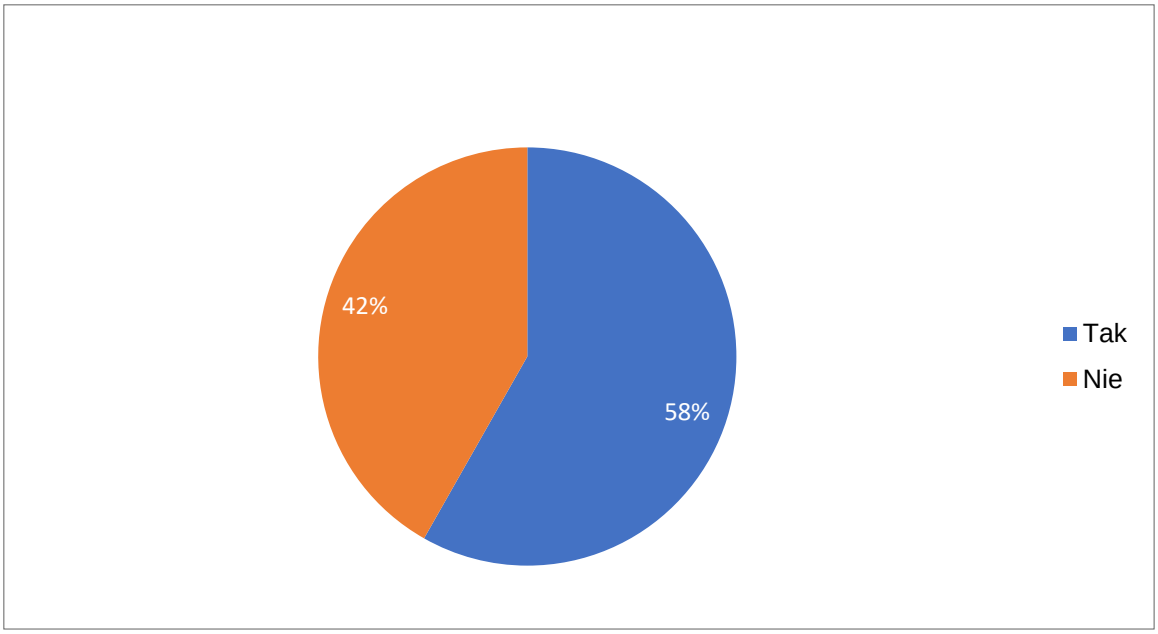
| | |
|---|---|
| szkoła publiczna | 1 |
| spółdzielnia | 1 |
| Sp z o.o. , firma prywatna | 1 |
| Sp z o.o. | 1 |
| Państwowa osoba prawna | 1 |
| Sp z.o.o | 1 |
| stowarzyszenie gmin | 1 |
| Jednostka państwowa administracji publicznej nie posiadająca osobowości prawnej | 1 |
| Kilku właścicieli. | 1 |
| osoba prawna | 1 |
| publiczna szkoła wyższa | 1 |
| spółka prawa handlowego | 1 |

N= 27



| Udzielona zgoda na podane nazwy podmiotu | % | Liczba |
|---|---|---|
| Tak | 58% | 124 |
| Nie | 42% | 89 |

N= 213



# ZAŁĄCZNIK 2. STUDIA PRZYPADKÓW

**1.**

Thornmann Recycling, polska firma założona w 1998 roku przez Piotra Widucha, pochwalić się może wypracowaniem rozwiązań technologicznych pozwalających przetwarzać kompozyty z siłowni wiatrowych. Od 2010 roku Thornmann Recycling Sp. z o.o. podejmowała pierwsze działania w kierunku poznania i wdrożenia do swojej działalności nowych technologii recyclingu kompozytów na bazie żywic polimerowych i epoksydowych, zawierających wypełniacze szklane i węglowe. W 2016 roku Thornmann Recycling Sp z o.o. uzyskał pierwszy patent na recycling włókien szklanych, a rok później drugi patent na recycling włókien węglowych. Dzięki posiadanym patentom firma Thornmann może realizować pełny recykling kompozytów stosowanych do budowy siłowni wiatrowych. Przedsiębiorstwo jest prawdopodobnie jedynym w Polsce, które potrafi doprowadzić recyklaty węglowe i szklane do postaci jednorodnego materiału o granulacji 100 µm. Surowiec ten jest już poszukiwanym recyklatem termoplastów, stosowanych do wtrysku różnych detali wykonywanych przy użyciu wysokociśnieniowych wtryskarek (ciśnienie wtrysku wynoszące do 200 atm).

Dziś, jako efekt wieloletnich badań, z recyklatów produkowane są elementy inżynierii drogowej – które wymagają spełnienia wyśrubowanych norm w zakresie trwałości, siły nacisku, odporności na warunki atmosferyczne. Ich wysokie właściwości są poświadczone specjalistycznymi certyfikatami opartymi na normach europejskich.

**2.**

W marcu 2017 r. rozpoczęła się likwidacja Vindeby – pierwszej na świecie morskiej farmy wiatrowej, wybudowanej w 1991 r. Łopaty z 11 pracujących tam wiatraków zostały po zdemontowaniu mechanicznie rozdrobnione do postaci granulatu, który posłużył jako surowiec do budowy ekranów akustycznych w duńskim mieście Aalborg. Duńska firma COWI przeprowadziła badanie wpływu na środowisko, w którym porównała 100 metrów kwadratowych ekranów akustycznych zbudowanych z aluminium i wełny mineralnej, które stoją wzdłuż duńskich dróg z ekranami zbudowanymi z odzyskanego włókna szklanego i tworzyw sztucznych. Wyniki badań pokazały, że zastosowanie ekranu zbudowanego z włókna i tworzyw sztucznych pozwalało obniżyć emisję $CO_2$ o około 60 procent, a zużycie energii o około 40 procent.

**3.**

W 2019 r. grupa europejskich podmiotów przemysłu wiatrowego i chemicznego ogłosiła, że planuje realizację nowego projektu w zakresie recyklingu kompozytowych łopat wiatrowych. Partnerstwo obejmuje WindEurope (Bruksela, Belgia), Europejską Radę Przemysłu Chemicznego (CEFIC, Bruksela, Belgia) i Europejskie Stowarzyszenie Przemysłu Kompozytowego (European Composites Industry Association – EuCIA, Bruksela, Belgia).

Dyrektor generalny WindEurope, Giles Dickson stwierdził, że: „Energia wiatrowa jest coraz ważniejszą częścią koszyka energetycznego Europy. Turbiny wiatrowe pierwszej generacji są u kresu swojego życia technicznego i zostaną zastąpione nowoczesnymi turbinami. Recykling starych łopat siłowni wiatrowych jest dla nas najwyższym priorytetem, a współpraca z przemysłem chemicznym i firmami zajmującymi się materiałami kompozytowymi pozwoli nam to zrobić w najbardziej efektywny sposób."

Jednym z możliwych sposobów utylizacji jest zastosowanie materiału z łopat wiatrowych z recyklingu jako wypełniacza do cementu w procesie, w którym dodatkowo redukuje się emisję dwutlenku węgla w procesie produkcji cementu nawet o 16%. Materiały kompozytowe są dziś poddawane recyklingowi na skalę przemysłową poprzez ich wykorzystanie w produkcji cementu, w którym surowce cementowe, takie jak krzemionka, są częściowo zastępowane włóknami szklanymi i wypełniaczami w kompozycie, podczas gdy frakcja organiczna jest spalana w procesie energetycznym, zastępując węgiel. Łopaty siłowni wiatrowej mogą być przetwarzane mechanicznie przez sprzęt do mielenia na miejscu ich demontażu, co zmniejsza koszty i ułatwia logistykę transportu.

Opisywany proces jest stosowany obecnie tylko w przypadku kompozytów z włóknem szklanym, ale badane są również inne rozwiązania w zakresie recyklingu wycofywanych z eksploatacji turbin wiatrowych. Oprócz recyklingu cementu opracowywane są alternatywne technologie, takie jak recykling mechaniczny, solwoliza i piroliza, co powinno zwiększyć możliwości recyklingu kompozytów z wycofywanych z użytkowania siłowni wiatrowych.

**4.**

Po trzech latach badań, w 2018 r. w miejscowości Rousset, w Triade Electronique - filii grupy Veolia specjalizującej się w odpadach elektrycznych i elektronicznych uruchomiono instalację recyklingu paneli fotowoltaicznych. Nowy zakład ma za

zadanie poddać w ciągu 4 lat recyklingowi 8000 ton krzemowych paneli fotowoltaicznych, a wspólnie z PV Cycle – największym europejskim stowarzyszeniem zrzeszającym podmioty zajmujące się recyklingiem paneli fotowoltaicznych – będzie zmierzać do ulepszenia istniejącej technologii tak, aby możliwe było przetworzenie wszystkich paneli wprowadzanych na francuski rynek. Z modułów, co ważne, odzyskiwane są takie materiały jak aluminium, szkło, krzem, srebro, miedź oraz tworzywa sztuczne, podczas gdy dotychczas przetwarzane były jedynie szkło i aluminium.

**5.**

W Lünen – niemieckim mieście położonym w Nadrenii/Westfalii powstał w 2015 r. magazyn energii o pojemności 13 MWh, w którym wykorzystywane są baterie eksploatowane wcześniej w samochodach elektrycznych. Projekt został zrealizowany przez Daimler AG, The Mobility House i Getec. Baterie w pojazdach elektrycznych są eksploatowane przez 8-10 lat; Daimler ocenia, że wykorzystanie baterii w statycznych magazynach energii pozwala na wydłużenie przydatności baterii o kolejnych 10 lat.

Zastosowanie eksploatowanych wcześniej baterii do tworzenia magazynów energii może pozwolić np. na zmniejszenie fluktuacji w wytwarzaniu energii ze źródeł odnawialnych.

**6.**

Jak wynika z informacji przedstawicieli władz regionu Yeonggwang w Korei Południowej, w prowincji Jeolla tego regionu, w 2020 r. powstanie pierwsze przedsiębiorstwo zajmujące się recyklingiem akumulatorów elektrycznych. Earthtech Co., południowokoreańska firma, zainwestuje 24 miliardy wonów (20,2 miliona USD) w realizację pierwszej fazy budowy centrum do marca 2020 roku. Nowe centrum będzie składać się z obiektów do demontażu, testowania wydajności zużytych akumulatorów oraz innych urządzeń do testów i badań.

Zużyte baterie, w zależności od ich stanu i pojemności, zostaną poddane recyklingowi jako systemy magazynowania energii. W centrum planowana jest również realizacja innych usług, w tym – odzyskiwanie litu, niklu, kobaltu i innych cennych metali, a także prowadzenie różnych badań i projektów biznesowych dotyczących akumulatorów do samochodów elektrycznych.

**7.**

W 2016 r. Amsterdam Arena (.Johan Cruijff Arena) – stadion piłkarski Ajaxu Amsterdam, na którym odbywają się mecze piłkarskie, koncerty, imprezy – podpisał 10-letnią umowę z Nissanem, Eaton i The Mobility House dotyczącą utworzenia systemu magazynowania energii z wykorzystaniem zużytych akumulatorów z samochodów Nissan LEAF. System xStorage Buildings pozwala na magazynowanie energii i zasilanie obiektu z magazynu w razie potrzeby. Zapewnia to optymalizację kosztów zużycia energii (możliwość gromadzenia energii poza szczytem i korzystanie z niej w szczycie dobowym, gdy ceny poboru są najwyższe), bezpieczeństwo energetyczne (w przypadku braku zasilania). System daje również możliwość gromadzenia energii z 4200 paneli fotowoltaicznych zamontowanych na dachu obiektu. Stworzony system pozwala zapewnić zasilanie obiektowi przez godzinę w czasie odbywającego się tam wydarzenia (odpowiada to ilości energii pobieranej przez około 7000 domów w ciągu godziny).

8.

4R Energy Corporation, spółka joint venture Nissana i Sumitomo Corporation, uruchomiła w 2018 r. w Namie w Japonii zakład refabrykacji częściowo lub całkowicie zużytych akumulatorów z pojazdów elektrycznych. Moduły bateryjne będą w zakładzie oceniane pod względem dostępnej pojemności (wydajności) i w zależności od wyniku testów – refabrykowane w nowe pakiety baterii do pojazdów elektrycznych, kierowane do innych zastosowań lub do recyklingu. Nowa fabryka realizuje sprzedaż zastępczych akumulatorów litowo-jonowych do Nissana Leaf pierwszej generacji.

Refabrykacja baterii do samochodów będzie realizowana poprzez złożenie wybranych, wysokowydajnych modułów wyjętych z baterii, których ogólna pojemność energetyczna spadła poniżej 80 procent. Moduły o pojemności powyżej 80 procent są przeznaczone do stosowania w zamiennych bateriach do samochodów Nissan Leaf; mniejsze moduły są ponownie montowane i sprzedawane jako akumulatory do wózków widłowych, wózków golfowych i zastosowań o niższej energii, takich jak lampy uliczne. Baterie do Nissana Leaf pierwszej generacji będą sprzedawane w Japonii za 300 000 jenów (ok. 10 tys. PLN), czyli za mniej więcej połowę ceny nowych akumulatorów zamiennych do tego, najpopularniejszego na świecie, w pełni elektrycznego samochodu.

W Sumitomo opracowano sposób analizy wszystkich 48 modułów zawartych w każdym pakiecie akumulatorów w ciągu czterech godzin, jest ogromną oszczędnością w stosunku do czasu, którego inżynierowie Nissana używali wcześniej do

analizy – 16 dni. Zakład może przetwarzać 2250 akumulatorów rocznie i początkowo planuje się corocznie przerabiać kilkaset jednostek rocznie. 4R będzie miał trudność z samodzielnym recyklingiem akumulatorów niezdatnych do użytku, ale może rozważyć nawiązanie współpracy z inną firmą w celu odzyskania surowców wtórnych, co zdaniem ekspertów branżowych jest kluczem do zrównoważonej produkcji akumulatorów EV.

4R Energy będzie pierwszą grupą certyfikowaną zgodnie z normą UL 1974 dotyczącą sposobu oceny akumulatorów wielokrotnego użytku. UL 1974 został opublikowany w październiku 2018 r. jako wspólny krajowy standard USA i Kanady. W normie UL 1974 opisuje się, w jaki sposób powinny być sortowane i klasyfikowane akumulatory, moduły i ogniwa elektryczne, jak należy identyfikować ich stan i określać żywotność w celu ponownego wykorzystania lub recyklingu.

9.

Toyota Motor Thailand otworzyła fabrykę „zarządzania cyklem życia" baterii w Chachoengsao w Tajlandii, w celu dystrybucji zregenerowanych baterii do samochodów hybrydowych sprzedawanych w Tajlandii. W zakładzie możliwa będzie szybka diagnoza 10 tys. jednostek i recykling 20 tys. jednostek rocznie. Po przeprowadzeniu szybkiego procesu diagnostycznego moduły o wysokiej wydajności zostaną ponownie zmontowane i sprzedane jako alternatywne hybrydowe akumulatory za jedną trzecią ceny nowych akumulatorów. Moduły o umiarkowanej wydajności są ponownie wykorzystywane do magazynowania energii i jej późniejszego dostarczania do budynków, fabryk i stacji ładowania. Moduły o niskiej wydajności, zarówno akumulatory niklowo-wodorkowe, jak i litowo-jonowe, zostaną przesłane do recyklingu, a następnie wysłane z powrotem do Japonii w celu wyprodukowania nowych akumulatorów hybrydowych.

**10.**

W USA nie istnieją żadne przepisy federalne dotyczące zbierania i recyklingu modułów fotowoltaicznych o obniżonej trwałości; z tego powodu obowiązują ogólne krajowe przepisy dotyczące odpadów.

Stan Kalifornia opracował przepisy obowiązujące w jego granicach, dotyczące zarządzania zużytymi modułami fotowoltaicznymi. W Kalifornii w 2014 r. zaproponowano wprowadzenie przepisu, który upoważnia Departament Kontroli Substancji Toksycznych do zmiany klasyfikacji modułów fotowoltaicznych wycofanych z eksploatacji, zidentyfikowanych jako odpady niebezpieczne, do grupy odpadów uniwersalnych. Ustawa obowiązuje obecnie w Kalifornii.

W lipcu 2017 r. w stanie Waszyngton uchwalono ustawę modyfikującą system zachęt podatkowych w energii odnawialnej i wprowadzono program zwrotu i recyklingu modułów fotowoltaicznych wycofanych z eksploatacji. Zgodnie z prawem, producenci modułów fotowoltaicznych muszą przygotować plany zarządzania produktem, w których opisują, w jaki sposób będą finansować program zwrotu i recyklingu oraz jaki mają plan lokalizacji punktów zwrotu modułów fotowoltaicznych. Producent zamiast uczestnictwa w programie stanowym, może uczestniczyć w programie krajowym. Producenci, którzy sprzedają panele fotowoltaiczne w stanie Waszyngton po 1 lipca 2017 r. są odpowiedzialni za zapewnienie recyklingu swoich jednostek, w tym jego finansowanie. Producenci, którzy nie są w stanie zapewnić recyklingu, nie mogą sprzedawać paneli fotowoltaicznych po 1 stycznia 2021 r.

**11.**

Chiny w 2018 r. wprowadziły pilotażowy program recyklingu akumulatorów do pojazdów elektrycznych w 17 miastach i regionach - poinformowało chińskie Ministerstwo Przemysłu i Technologii Informacyjnych. Ministerstwo w ogłoszeniu opublikowanym na swojej stronie internetowej podało informację, że miasta i regiony zachęcać będą producentów samochodów do zakładania punktów recyklingu i współpracy z producentami akumulatorów, dealerami samochodów używanych i sprzedawcami złomu w celu budowy regionalnych systemów recyklingu.

Stwierdzono, że należy zmobilizować cały łańcuch przemysłowy, aby zapewnić właściwy poziom odzysku zużytych akumulatorów EV. Ministerstwo ma zamiar ściśle kontrolować liczbę nowych przedsiębiorstw zajmujących się recyklingiem baterii i w pełni wykorzystywać istniejące bazy recyklingu w Chinach w celu promowania zrównoważonego rozwoju w sektorze. Ministerstwo obiecało również opracować politykę wspierania recyklingu baterii, w pełni wykorzystując istniejące zachęty podatkowe i tworząc innowacyjne nowe metody finansowania.

Ministerstwo opublikowało już projekt przepisów mających stworzyć „platformę zarządzania identyfikowalnością" mającą na celu śledzenie całego cyklu życia akumulatorów samochodów elektrycznych od produkcji do unieszkodliwienia.

12.

Baterie litowo-jonowe – jako akumulator energii w pojazdach elektrycznych oraz magazyny energii dla instalacji OZE – są obecnie jednym z istotnych elementów działań podejmowanych w celu ograniczenia zmian klimatu. Wykorzystywanie

akumulatorów litowo-jonowych wiąże się jednak z koniecznością pozyskania znaczącej ilości surowców do ich wytwarzania. Przykładowo bateria samochodu elektrycznego (np. Tesla Model S) zawiera około 12 kilogramów litu; magazyn energii o mocy kilku MW oznacza zapotrzebowanie rzędu kilku ton surowca.

Popyt na lit rośnie wykładniczo, a jego cena podwoiła się w latach 2016-2018. Według firmy doradczej Cairn Energy Research Advisors zapotrzebowanie na akumulatory litowo-jonowe ma wzrosnąć ze 100 gigawatogodzin (GWh) rocznej produkcji w 2017 r. do prawie 800 GWh w 2027 r.

William Adams, szef badań w Metal Bulletin, mówi, że obecny wzrost popytu jest widoczny od 2015 roku, kiedy to chiński rząd ogłosił dążenie do elektryfikacji transportu w swoim 13. planie pięcioletnim. Doprowadziło to do ogromnego wzrostu liczby realizowanych projektów związanych z wydobyciem litu, a „w przygotowaniu są kolejne setki", mówi Adams.

Paradoksalnie działania podejmowane na rzecz ochrony środowiska jednocześnie wywołują negatywne zmiany w środowisku. Wydobycie litu niezbędnego do umożliwienia transformacji energetycznej może stać się poważnym problemem dla środowiska naturalnego. „Jednym z największych problemów środowiskowych powodowanych przez nasz niekończący się głód najnowszych, inteligentnych urządzeń jest narastający kryzys związany z wydobyciem surowców mineralnych, szczególnie tych niezbędnych do produkcji akumulatorów", mówi Christina Valimaki, analityk w Elsevier.

W Ameryce Południowej największym problemem jest woda. Trójkąt litowy kontynentu, który obejmuje części Argentyny, Boliwii i Chile, zawiera ponad połowę światowych zasobów tego metalu. To także jedno z najbardziej suchych miejsc na ziemi. Jest to prawdziwy problem, ponieważ wydobywając lit, górnicy zaczynają od wiercenia otworu w grotach solnych i wypompowywania bogatej w minerały solanki na powierzchnię. Następnie pozostawiają ją do odparowania przez kilka miesięcy, tworząc mieszaninę manganu, potasu, boraksu i soli litu, która jest następnie filtrowana i umieszczana do dalszego odparowywania, i tak dalej. Po upływie od 12 do 18 miesięcy mieszanina przefiltrowana jest na tyle, aby możliwe było wydobycie węglanu litu. Jest to stosunkowo tani i skuteczny proces, ale zużywa dużo wody – około 1900 $m^3$ (1900 ton) na tonę litu. W chilijskim Salar de Atacama działalność wydobywcza pochłonęła 65 procent wody w regionie. Ma to duży wpływ na lokalnych rolników – hodujących komosę ryżową i lamy stadne – na obszarze, na którym niektóre społeczności muszą już czerpać wodę z innych niż dotychczas źródeł.

W procesie uzyskiwania litu istnieje również ryzyko – jak miało to miejsce w Tybecie – wycieku toksycznych chemikaliów z basenów parowania do sieci wodociągowej. Należą do nich chemikalia, w tym kwas chlorowodorowy, które są stosowane w przetwarzaniu litu do postaci użytkowej, a także te produkty odpadowe, które są odsączane z solanki na każdym etapie przetworzenia. W Australii i Ameryce Północnej lit jest wydobywany ze skały przy użyciu bardziej tradycyjnych metod, ale nadal wymaga użycia chemikaliów w celu wydobycia go w przydatnej formie. Badania w Nevadzie wykazały wpływ na środowisko wodne (m.in. ryby) aż do 150 mil w dół rzeki od miejsca przetwarzania litu.

Według raportu Friends of the Earth ekstrakcja litu nieuchronnie niszczy glebę i powoduje zanieczyszczenie powietrza. W argentyńskim Salar de Hombre Muerto miejscowi twierdzą, że operacje uzyskiwania litu doprowadziły do skażenia strumieni używanych przez ludzi i zwierzęta gospodarskie oraz do nawadniania upraw. W Chile dochodziło do starć między firmami wydobywczymi a lokalnymi społecznościami, które twierdzą, że wydobycie litu pozostawia krajobraz zniszczony przez góry porzuconych odpadów po wydobyciu i kanałów wypełnionych skażoną wodą o nienaturalnym niebieskim odcieniu. „Jak każdy proces wydobywczy, również ten jest inwazyjny, niszczy krajobraz, niszczy zwierciadło wody, zanieczyszcza ziemię i lokalne studnie" – powiedział Guillermo Gonzalez, ekspert w zakresie baterii litowych z University of Chile, w wywiadzie z 2009 roku. „To nie jest zielone rozwiązanie – to wcale nie jest rozwiązanie".

Ale lit niekoniecznie jest składnikiem nowoczesnych akumulatorów, z którego zastosowaniem wiążą się największe problemy. Jest stosunkowo obfity i teoretycznie może być wytwarzany z wody morskiej w przyszłości, choć w wyniku bardzo energochłonnego procesu. Uzyskiwanie dwóch innych kluczowych składników, kobaltu i niklu, jest związane z ogromnym kosztem społecznym i środowiskowym. Kobalt występuje w ogromnych ilościach w całej Demokratycznej Republice Konga i Afryce Środkowej i prawie nigdzie indziej. Cena surowca wzrosła czterokrotnie w ciągu ostatnich kilku lat. W przeciwieństwie do większości metali, które nie są toksyczne podczas wydobycia, kobalt jest wyjątkowo szkodliwy, jak twierdzi Gleb Yushin, dyrektor techniczny i założyciel firmy Sila Nanotechnologies zajmującej się materiałami akumulatorowymi.

„Jednym z największych wyzwań związanych z kobaltem jest to, że znajduje się on w jednym kraju", dodaje. Kobalt można uzyskiwać w stosunkowo łatwy sposób, po przekopaniu gruntu, więc istnieje bardzo silna motywacja, aby to zrobić i sprzedać surowiec, a w rezultacie istnieje wiele motywacji do niebezpiecznych i nieetycznych zachowań. Kongo jest domem dla „rzemieślniczych kopalń", gdzie kobalt jest wydobywany ręcznie z ziemi, często przy użyciu pracy dzieci, bez wyposażenia ochronnego.

**13.**

Projekt „Recykling akumulatorów litowo-jonowych do pojazdów elektrycznych" ("Recycling Li-ion batteries for electric Vehicle" – ReLieVe), przygotowany przez konsorcjum firm Eramet, BASF i SUEZ, otrzyma dotację w wysokości 4,7 miliona euro od EIT Raw Materials (instytucja Unii Europejskiej powołana do innowacji w dziedzinie surowcowej). Celem projektu jest opracowanie innowacyjnego procesu recyklingu akumulatorów litowo-jonowych z pojazdów elektrycznych i umożliwienia produkcji nowych akumulatorów litowo-jonowych w Europie.

Od stycznia 2020 r. przez dwa lata w ramach projektu ReLieVe przeprowadzony będzie szereg działań na rzecz rozwoju innowacji i w efekcie przygotowania zamkniętego cyklu wykorzystania akumulatorów: od gromadzenia i demontażu zużytych akumulatorów do produkcji składowych nowych akumulatorów (elektrody).

Partnerzy projektu są liderami w swoich branżach, a ich kompetencje się dopełniają: SUEZ działa w zakresie zbiórki i demontażu zużytych baterii; Eramet posiada kompetencje w zakresie opracowywania procesu recyklingu; BASF jest w stanie prowadzić produkcję aktywnych materiałów katodowych. Naukowcy z Chimie ParisTech i Norweskiego Uniwersytetu Nauki i Technologii będą wspierać członków w poszukiwaniu innowacyjnych rozwiązań. Partnerzy przemysłowi projektu będą także mieć wsparcie sektora motoryzacyjny, którego przedstawiciele będą członkami komitetu doradczego.

**14.**

Projekt ROSI – Return of Silicon jest jednym z projektów dofinansowanych ze środków UE w ramach EIT Raw Materials. Projekt jest realizowany głównie przez laboratorium SIMap w Grenoble we Francji i EPFL w Lozannie w Szwajcarii. W ramach projektu ROSI opracowano innowacyjny w skali światowej proces zapewniający uzyskiwanie najlepszej jakości krzemu pochodzącego z recyklingu, który następnie można ponownie użyć w łańcuchu produkcji paneli fotowoltaicznych. W ramach EIT RawMaterials skontaktowano się ze start-upem rozwijającym projekt w celu skierowania go do serii programów rozwojowych ułatwiających wejście na rynek pod kierunkiem i przy wsparciu ekspertów EIT. Projekt ROSI został zwycięzcą konkursu EIT Jumpstarter 2017 w sektorze recyklingu i gospodarki o obiegu zamkniętym, następnie, zgodnie z przyjętym planem rozwoju, pozyskał partnerów biznesowych – Total New Energies oraz Veolia, w celu rozwoju rozwiązania na skalę przemysłową. Równolegle wybrano ROSI dla EIT RawMaterials Start-up i SME Booster 2018 i sfinansowano z EIT RawMaterials w celu przejścia na skali technologii do TRL 6. Dziś połączona oferta ROSI i Total New Energy jest gotowa do wprowadzenia na rynek.

**15.**

W ramach projektu LIFE ReFibre opracowany i zbudowany zostanie innowacyjny prototyp do przeprowadzania recyklingu łopat turbin wiatrowych i odzyskiwania z nich włókien szklanych. Włókna szklane będą następnie wykorzystane w mieszankach asfaltowych do budowy nawierzchni drogowych, co wpłynie na znaczną poprawę ich właściwości mechanicznych (np. zwiększenie trwałości i zmniejszenie wymagań konserwacyjnych). Dzięki rozwijanemu procesowi możliwe będzie zamknięcie cyklu życia odpadów z siłowni wiatrowych.

Projekt składa się z następujących zadań:

- optymalizacja logistyki zbiórki odpadów z łopat turbin wiatrowych, zaplanowanie wstępnej obróbki odpadów w pobliżu farmy wiatrowej

- budowa prototypu, za pomocą którego zebrane wcześniej łopaty turbiny wiatrowej zostaną poddane recyklingowi mechanicznemu,

- produkcja włókien szklanych w celu ustalenia optymalnych dawek ich włączenia do mieszanek asfaltowych,

- budowa 1500 metrów nawierzchni asfaltowej i ciągła analiza zmian jej właściwości mechanicznych w celu wykazania korzystnego oddziaływania wkładu włókien na nawierzchnię drogową.

Do lutego 2019 r. Zebrano 12 łopat turbin wiatrowych z 7 różnych lokalizacji. W miarę rozwoju projektu kolejne firmy oferują możliwość odbioru zużytych łopat siłowni wiatrowych.

Projekt LIFE REFIBRE będzie zgodny z politykami i priorytetami Unii Europejskiej w zakresie ochrony środowiska poprzez wdrożenie w praktyce zapisów dyrektywy 2008/98/WE w sprawie gospodarki odpadami, ograniczenia ich zrzutu i zwiększenia recyklingu w sposób bardziej zrównoważony dla środowiska.

Projekt LIFE ReFibre został dofinansowany z funduszy Unii Europejskiej w ramach programu LIFE. Łączna wartość projektu - 1.789.539 EURO, dofinansowanie UE - 1.073.187 Euro (60%).

**16.**

Na polskim rynku rozwojem technologii recyklingu baterii litowo-jonowych, stosowanych w pojazdach elektrycznych, zajmuje się firma PTH Technika Sp. z o.o., która pozyskała z funduszy unijnych (Program Operacyjny Inteligentny Rozwój 2014-2020) środki na wdrożenie innowacyjnych rozwiązań w zakresie recyklingu. Firma współpracuje z Instytutem Metali Nieżelaznych w Gliwicach. Firma pozyskała dotychczas dofinansowanie na realizację następujących projektów:

2014 r. – dotacja z PARP w ramach Dużego Bonu – realizacja projektu pt. Opracowanie nowej technologii produkcji produktów handlowych z frakcji powstałych z przetwarzania baterii cynkowo-węglowych i alkalicznych,

2017 r. – dotacja z PARP w ramach Bonów na Innowacje dla MŚP – realizacja projektu pt. Opracowanie bezodpadowej technologii recyklingu baterii wtórnych do urządzeń i pojazdów elektrycznych,

2018 r. – dotacja z PARP w ramach Bonów na Innowacje dla MŚP – realizacja projektu pt. Opracowanie technologii hydrometalurgicznego rozdziału związków metali zawartych w jednorodnej mieszaninie, w postaci amorficznej masy, powstałej z procesów,

2019 r. – dotacja z PARP dla Technika Recykling sp. z o. o. w ramach Bonów na Innowacje dla MŚP – realizacja projektu pt. Opracowanie technologii uszlachetniania koncentratów tlenków cynkowych, poprzez redukcję zanieczyszczeń, z zastosowaniem hydrometalurgicznych procesów usuwania rozpuszczalnych związków zawartych w zanieczyszczeniach.

**17.**

Faraday Institution, niezależny brytyjski instytut badawczy, założony przy udziale środków publicznych (246 mln funtów dofinansowania rządowego w celu realizacji strategii przemysłowej zakładającej wsparcie rozwoju technologii baterii), część środków przeznacza na badania nad metodami recyklingu baterii. W 2018 r. dofinansował m.in. częścią środków, z łącznej dotacji rządowej 42 mln funtów przeznaczonej na 4 projekty badawcze, badania Uniwersytetu w Birmingham i jego partnerów (siedem innych instytucji akademickich i 14 partnerów przemysłowych), nad recyklingiem zużytych baterii litowych. W 2019 r. przeznaczono na realizację projektu dodatkową pulę środków z przyznanej łącznie kwoty 55 mln funtów na 5 projektów. Badania są prowadzone w celu opracowania metod całkowitego recyklingu baterii, co wpłynie na ograniczenie negatywnego wpływu na środowisko, poprawę jakości powietrza i obniżenie emisyjności transportu. Partnerzy uniwersyteccy projektu to: University of Leicester, Newcastle University, Cardiff University, University of Liverpool, Oxford Brookes University, University of Edinburgh oraz Science and Facilities Technology Council.

Środki, których dysponentem jest Faraday Institution, są przydzielane w ramach rządowego programu Faraday Battery Challenge o łącznej wartości 246 mln funtów, uruchomionego przez rząd brytyjski w celu realizacji projektów badawczych i innowacyjnych oraz budowy nowej infrastruktury pozwalających na zwiększenie efektywności produkcji, użytkowania i recyklingu baterii. Program jest częścią znacznie większego funduszu o nazwie The Industrial Strategy Challenge Fund, zapewniającego dofinansowanie działań brytyjskich przedsiębiorstw i jednostek naukowo-badawczych, o łącznej wartości 4,7 miliarda funtów w ciągu 4 lat.

**18.**

General Motors produkujący model samochodu Chevy Volt, wykorzystuje zużyte akumulatory tych pojazdów do magazynowania energii na potrzeby własnych budynków w LEED-Gold Enterprise Data Center w General Motors w Milford. Pięć akumulatorów w połączeniu z dwoma siłowniami wiatrowymi zasila biuro centrum danych oraz oświetlenie sąsiedniego parkingu, co pozwala na uzyskanie zerowego zapotrzebowania netto na energię elektryczną w skali roku w obiekcie.

**19.**

EVgo – największa sieć szybkiego ładowania samochodów elektrycznych w USA, dysponująca ponad 1000 ładowarek, rozpoczęła wykorzystywanie zużytych akumulatorów samochodów BMW i3 do magazynowania energii i szybkiego ładowania pojazdów elektrycznych. Każdy używany akumulator ma moc 22 kW, co dla pary akumulatorów w połączeniu z falownikiem 30 kW, daje możliwość natychmiastowego skorzystania z zasilania o mocy 30/44 kW bez obciążania sieci elektrycznej wysokim zapotrzebowaniem chwilowym.

Wdrożenie projektu wykorzystania używanych akumulatorów pojazdów elektrycznych w lokalizacji Union City jest jednym z trzech demonstracyjnych projektów w zakresie nowych technologii w pojazdach elektrycznych.

**20.**

Jednym z bardziej interesujących przykładów ponownego użycia wyeksploatowanych akumulatorów do pojazdów elektrycznych jest ich wykorzystanie do zasilania budynków w krajach o niskim poziomie rozwoju, z ubogą infrastrukturą publiczną. EcarACCU zrealizowało tego typu projekt w Kamerunie – wokół jednej ze szkół zainstalowano 90 paneli fotowoltaicznych wraz z oprzyrządowaniem oraz 320 odnowionych ogniw akumulatorowych o łącznej pojemności 48 kWh. Pozwoliło to na stworzenie samowystarczalnego systemu zasilania w energię elektryczną budynku, który pełni rolę nie tylko szkoły, ale też centrum społeczności lokalnej i miejsca zamieszkania dla wielu uczniów. Nieprzerwane zasilanie budynku umożliwia wykorzystanie w nauczaniu nowych technologii – komputerów, internetu, co dotychczas z uwagi na brak infrastruktury energetycznej było niemożliwe.

# ZAŁĄCZNIK 3. NAJWAŻNIEJSZE SPOSTRZEŻENIA I WNIOSKI Z WYWIADÓW POGŁĘBIONYCH I PANELI EKSPERCKICH

Poniżej przedstawiono najważniejsze spostrzeżenia i wnioski z rozmów z respondentami badania, którymi byli: pracownicy naukowi, urzędnicy, przedsiębiorcy, przedstawiciele samorządów, członkowie organizacji branżowych. Wypowiedzi są częściowo zredagowane, częściowo zaś cytowane wprost – w obu przypadkach całkowicie zachowano ich sens. Spostrzeżenia i wnioski przyporządkowano do pytań badawczych. Niektóre z odpowiedzi odnoszą się do więcej niż jednego pytania badawczego – przyporządkowano je jednorazowo, na podstawie możliwie najlepszego dopasowania.

**1. Jakie wnioski wynikają z aktualnego stanu wiedzy z zakresu metod recyklingu wyeksploatowanych komponentów technicznych odnawialnych źródeł energii (szczególnie w zakresie fotowoltaiki i farm wiatrowych) oraz akumulatorów pojazdów elektrycznych?**

- *Na pewno technologia wytwarzania modułów będzie ewaluowała w kierunku w którym będzie je łatwiej utylizować* – pracownik naukowy
- *Nie ma szczególnych problemów. Potencjał polskiej nauki jest bardzo wysoki, często obserwowany przez świat. Koncerny motoryzacyjne na świecie i Europie zanim przejdą do technologii związanych z wodorem cały czas skupiają się na technologii hybryd (…) Są technologie, które pozwalają na ponowną rewitalizację (ustabilizowanie, ponowne zestawienie ogniw) baterii do 8-10 lat. Proces ten wymaga nowych obudów i designu* – przedstawiciel organizacji branżowej gospodarki odpadami
- *W zakresie instalacji fotowoltaicznych głównie stosuje się recykling materiałowy; w zakresie rozwoju technologii będziemy zmierzali w kierunku recyklingu chemicznego ale póki co stosuje się jedynie metodę materiałową* – pracownik naukowy
- *Przewiduję, że to na producentów modułów zostanie nałożony obowiązek ich utylizacji. Widać to po rozwoju technologii - jest coraz więcej modułów cienkowarstwowych i za 5-10 lat będziemy mówili o standardowej technologii modułów cienkowarstwowych lub nawet elastycznych* – pracownik naukowy
- *Fakt, że moduły robią się coraz cieńsze i „delikatniejsze" nie ma wpływu na łatwość recyklingu. Technologie cienkowarstwowe są lepsze niż klasyczne ponieważ produkcja odbywa się w niższych temperaturach, nie ma konieczności topienia krzemu w wysokich temperaturach, napylamy na szkle o wiele cieńszą warstwę i w konsekwencji zużywamy o wiele mniej materiałów. Wykorzystujemy w nich pierwiastki ziem rzadkich (ich produkcja na świecie jest zbliżona do produkcji platyny i złota) co sprawia, że są one bardzo cenne dla podmiotów podejmujących się ich recyklingu. Być może cienkowarstwowe moduły są mniej sprawne niż klasyczne, jednak mają tą przewagę, że do ich produkcji zużywa się mniej materiałów i mniej energii. Należy szczególną uwagę zwracać na całościowy bilans wytworzenia, użytkowania i przetworzenia instalacji* – pracownik naukowy
- *Podstawowe metody zagospodarowania pożytkowego zestawu materiałów składających się na elektrownię wiatrową to powtórne wykorzystanie, odzysk materiałowy lub energetyczny* – pracownik naukowy
- *Recykling baterii litowo-jonowych wykonuje się metodami: mechaniczno-termicznymi, pirometalurgicznymi lub hybrydami różnych technologii. Nie ma możliwości aby w sposób*

*jednoznaczny odpowiedzieć na pytanie która metoda jest korzystniejsza ekonomicznie i dla środowiska. Metoda używana w pierwszej kolejności powinna rozbroić baterię, pozbyć się tego co jest zbywalne na rynku lokalnym, a to co jest najbardziej wartościowe (czarna masa) przekazywać do wyspecjalizowanych zakładów* – przedsiębiorca

- *Hydrometalurgia w recyklingu baterii litowo-jonowych jest metodą tańszą ponieważ nie generuje dodatkowych kosztów związanych z koniecznością uzyskania wyższych temperatur. Pojawiać się jednak mogą problemy z odciekami z hydrometalurgii. Zastosowanie kwasów takich jak kwas solny lub siarkowy powoduje ryzyko dla środowiska. Zastosowanie kwasów nie zawsze jest efektywne, nie zawsze możliwe jest uzyskanie pożądanej wydajności. Warte uwagi są metody kombinowane, w których działanie kwasów wspomagamy ultradźwiękami, stosujemy kwas łącznie z zasadą* – pracownik naukowy
- *W Polsce nie ma obecnie technologii do głębokiego recyklingu baterii do samochodów elektrycznych. Do Polski spływają pojedyncze sztuki odpadów do przetworzenia np. paneli fotowoltaicznych* – przedsiębiorca
- *Łopaty elektrowni wiatrowych są wykonane z laminatów, drewna, włókien szklanych i włókien węglowych. Ze względu na trudność przetworzenia, najczęściej elementy elektrowni wiatrowych poddaje się recyklingowi materiałowemu. Łopaty są rozdrabniane a potem wykorzystywane jako napełniacze do innych przeznaczeń (produkcji nowych łopat, asfaltu itp.)* – pracownik naukowy

**2. Jakie wnioski wynikają z analizy bieżącego stanu rozwoju rynku związanego z recyklingiem wyeksploatowanych komponentów technicznych odnawialnych źródeł energii oraz akumulatorów pojazdów elektrycznych?**

- *Na dzień dzisiejszy odpadów fotowoltaicznych dużo nie ma* – pracownik naukowy
- *Na tą chwilę jest to rynek w fazie początkowej. Rynek w skali polski gdzie mamy niespełna pół gigawata produkcji ale w skali Europy i całego świata ten rynek będzie dwa razy większy. I wtedy będziemy mówili o strumienie modułów którymi będziemy musieli się zająć* – pracownik naukowy
- *Rynek recyklingu farm wiatrowych według mnie praktycznie istnieje, ponieważ materiały takie jak stal, żeliwo, miedź, aluminium to standardowe materiały podlegające recyklingowi. Spalanie w pirolizie jest stosowane w cementowniach, recykling betonu na kruszywa budowlane to dzisiaj standard przy rozbiórkach. Jednak wielkogabarytowość łopat, obudów i fundamentów i związane z tym rozdrabnianie i logistyka powodują brak opłacalności recyklingu tych elementów elektrowni wiatrowych* – pracownik naukowy
- *Rynku recyklingu paneli fotowoltaicznych w Polsce obecnie niemalże w ogóle nie ma. Gdy popatrzymy jak wiele modułów OZE instaluje się obecnie na terenie Polski, to musimy mieć świadomość, że za 20 lat będzie to istotny problem do rozwiązania* – pracownik naukowy
- *W Polsce praktycznie nie ma żadnej instalacji do recyklingu baterii. Cały strumień odpadów tego rodzaju jest wymieszany z innymi bateriami przenośnymi i przekazywany na rynki zagraniczne. Odbywa się to zgodnie z ustawą gdyż baterie litowo-jonowe nie mają innego kodu odpadów niż baterie przenośne* – przedsiębiorca
- *Obecnie popyt na rynku recyklingu zużytych baterii litowo-jonowych jest zbyt niski, aby podejmowane były działania w biznesie. Wobec częstych zmian prawa w Polsce*

*przedsiębiorcy będą podejmować działania wtedy, gdy biznes będzie oceniany rzeczywiście jako opłacalny (gdy będzie duży popyt na rozwiązania w zakresie recyklingu)* – przedsiębiorca

- *W kontekście recyklingu zużytych komponentów technicznych OZE, nie powinniśmy ograniczać się tylko do wspierania działalności badawczo rozwojowej. Należałoby nastawić się na wdrożenie istniejących już technologii i wsparcie przedsiębiorców zajmujących się recyklingiem* – urzędnik

**3. Jakie wnioski wynikają z analizy potencjału rozwoju rynku związanego z recyklingiem wyeksploatowanych komponentów technicznych odnawialnych źródeł energii (z uwzględnieniem komponentów wytworzonych na potrzeby realizacji projektów dofinansowanych ze środków IX i X osi priorytetowej POIiŚ 2007-2013 i I osi priorytetowej POIiŚ 2014-2020) oraz akumulatorów pojazdów elektrycznych?**

- *Modułów będzie coraz więcej, technologia będzie się zmieniała, dlatego ciężko przewidzieć dokładnie w jakim kierunku będzie rozwijał się ten rynek* – pracownik naukowy
- *Potencjalni wykonawcy recyklingu zużytych komponentów OZE musza się szybko przygotować do potrzeb rynku, jednak przewiduję, że szybciej będzie ewaluować sama technologia* – pracownik naukowy
- *Od 2007 roku rynek OZE w naszym kraju rośnie w bardzo szybkim tempie i nikt nie wmontował w system, narzędzi które odpowiedziałyby na pytanie „co zrobić ze zużytymi panelami fotowoltaicznymi". Z punktu widzenia recyklerów zużyte moduły to bardzo łakomy kąsek ale nie ma mechanizmów odzyskiwania, systemu* – przedstawiciel organizacji branżowej gospodarki odpadami
- *Obecnie mamy pół gigawata fotowoltaiki, większość wspierana na poziomie 30-40%. Są uruchamiane już instalacje bez żadnego wsparcia. W perspektywie 2007-2013 w zakresie fotowoltaiki nie było zbyt wiele inicjatyw* – pracownik naukowy
- *Każda z rodzajów instalacji ma swoją cechę która je wyróżnia; inaczej rynek przyjmuje pompy ciepła, inaczej instalacje solarne, na które kiedyś był większy popyt. Po 2014 instalacje fotowoltaiczne zaczęły być częściej montowane* – pracownik naukowy
- *Perspektywy rozwoju rynku recyklingu w zakresie recyklingu konstrukcji wielkogabarytowych elektrowni wiatrowych zależą głównie od warunków ekonomicznych. Zapewnienie opłacalności przygotowania i dostawy tych materiałów do potencjalnych odbiorców zapewni ich recykling. W Polsce mamy aktualnie zainstalowanych około 6 GW mocy energetyki wiatrowej. Część z nich powstała w ramach wsparcia z funduszy Programów Operacyjnych Infrastruktura i Środowisko. W ubiegłym oraz w tym roku w grudniu przeprowadzono aukcje, w wyniku których w najbliższych latach powstaną elektrownie wiatrowe o mocy ok. 3GW. Szacunkowy czas użytkowania tych elektrowni to około 25 lat. Jednak biorąc pod uwagę duże zaawansowanie technologiczne tych konstrukcji, lokalizacje elektrowni w dużej mierze na śródlądziu, gdzie panują dużo łagodniejsze warunki użytkowania, niż w pasach nadmorskich, można założyć, że czas użytkowania tych elektrowni będzie dłuższy. Pierwsze elektrownie wiatrowe objęte wsparciem z UE powstały w 2010 roku. W związku z tym zakładany czas zakończenia ich użytkowania to lata 2040-2050* – pracownik naukowy

- *Rynek jest w fazie rozwoju. Sytuacja na rynku recyklingu baterii rozwija się dynamiczne, ponieważ jest coraz więcej baterii litowo-jonowych – nie tylko w motoryzacji ale i w codziennym użytku. Uważam, że na rynku pojawią się zarówno przedsiębiorcy polscy jak i firmy z kapitałem zagranicznym. Wśród polskich firm jest duże zainteresowanie wejściem na rynek recyklingu baterii* – pracownik naukowy
- *Uważam, że producenci komponentów elektrowni wiatrowych sami podejmą inicjatywę w zakresie recyklingu i będą zabiegać aby wyprodukowane przez nich komponenty, wróciły po okresie żywotności do producenta który wykorzysta je w całości lub ich elementy ponownie w produkcji* – pracownik naukowy

**4. Jakie są bariery prawne, finansowe, organizacyjne, administracyjne, instytucjonalne w rozwoju rynku związanego z recyklingiem wyeksploatowanych komponentów technicznych odnawialnych źródeł energii oraz akumulatorów pojazdów elektrycznych?**

- *Konieczne do uregulowania są kwestie związane z logistyką, systemem zbiórki, recyklingu i ostatecznie odzyskiem. Obecnie bardzo wysoki poziom dofinansowanie (nawet 50% na domową fotowoltaikę) nie współgra z jakimkolwiek planem recyclingu* – przedstawiciel organizacji branżowej gospodarki odpadami
- *Świadomość dotycząca recyklingu i wprowadzania do powtórnego obiegu baterii w zakresie elektromobilności jest bardzo niska nawet wśród władz samorządowych. Tak długo jak samorządy i zakłady produkcyjne nie zmienią swojego podejścia zmierzamy w stronę „zalania" rynku zużytymi niezagospodarowanymi bateriami* – przedstawiciel organizacji branżowej gospodarki odpadami
- *Nie inwestuje się w takie rozwiązania które skupiały by się na standaryzacji i certyfikacji, badaniach i rozwoju* – przedstawiciel organizacji branżowej gospodarki odpadami
- *Bariery finansowe powodują, że łopaty i obudowy elektrowni wiatrowych składowane są na wysypiskach śmieci lub w innych przypadkowych miejscach. Również fundamenty często rozbierane są tylko częściowo, ze względu na koszty* – pracownik naukowy
- *Jedynie duży inwestor z kapitałem będzie w stanie rozpocząć z powodzeniem działalność związaną z recyklingiem paneli. W tle musi być poważne zaangażowanie i zaplecze naukowe. Firmy wchodzące w tą branżę od początku działalności zakładają wsparcie naukowe ze strony technologów* – pracownik naukowy
- *Problem uruchomienia linii recyklingu modułów fotowoltaicznych polega na tym, że potrzebne są stałe dostawy odpadu którego obecnie w Polsce nie ma wystarczającej ilości* – pracownik naukowy
- *Największą barierą są pozwolenia środowiskowe. Niektóre instalacje, zwłaszcza w nowych technologiach, ciężko zakwalifikować do istniejących przepisów prawa. Urzędnicy często chcą pomóc lecz nie wiedzą w jaki sposób. Ustawa o odpadach została przy naszej pomocy zmodyfikowana kilka lat temu, jednak kwestia pozwoleń środowiskowych nadal pozostaje istotną barierą w działalności* – przedsiębiorca
- *Nowoczesne instalacje recyklingu baterii litowo-jonowych są drogie. Odpad o którym mówimy jest wyrafinowany, więc proces technologiczny musi być kosztowny i skomplikowany* – przedsiębiorca

- *Wiedza na temat bezpiecznego gromadzenia, przechowywania, magazynowania baterii jako takich, również do urządzeń elektrycznych jest niewystarczająca. Problemem jest to, że konieczne jest, mimo braku technologii, magazynowanie baterii i akumulatorów – w celu dalszej wysyłki do recyklingu do innych krajów. Pożary w zakładach recyklingu są spowodowane brakiem odpowiednich procedur, wiedzy na temat bezpiecznych sposobów przechowywania baterii* – przedsiębiorca
- *Do prowadzenia recyklingu elektrowni wiatrowych niezbędne jest pozyskanie surowca. W związku z trudnością pozyskania surowca, zakład recyklingu nie może opierać swojej działalności jedynie na komponentach jednego rodzaju np. łopat elektrowni wiatrowych, jego działalność musi mieć szerszy charakter, aby była rentowna* – pracownik naukowy

**5. Jakie obszary wymagają wsparcia w związku ze zidentyfikowanymi barierami?**

- *Zasadniczą kwestią jest edukowanie* – pracownik naukowy
- *Każdy komponent powinien być monitorowany aby np. zlokalizować właściciela OZE które zostały wyrzucone w niedozwolonym miejscu* – pracownik naukowy
- *Należy podjąć próbę wygenerowania rynku, stymulować działania np. krajowych organizacji odzysku, producentów fotowoltaiki. Warto inwestować w rodzimą branżę i rodzimą technologię* – pracownik naukowy
- *Ogromnym problemem jest krótkowzroczność w tworzeniu planów i strategii. Problem zagospodarowania zużytych komponentów OZE zasługuję na poważną i długoterminową strategię działania i rozwiązania systemowe które nie muszą być idealne, ale powinny być chociaż konsultowane z branżą* – przedstawiciel organizacji branżowej gospodarki odpadami
- *Należałoby doinwestować badania oraz wsparcie inwestycji. Warto dążyć do tego by nauczyć się zamykać obieg baterii a nie tylko zajmować się ich rozkładaniem i rozbieraniem. Jest to szansa dla polskiego biznesu który ma ogromny, bardzo często niewykorzystany potencjał* – przedstawiciel organizacji branżowej gospodarki odpadami
- *Należy wspierać podmioty wykorzystujące technologie przygotowania zużytych wielkogabarytowych konstrukcji elektrowni wiatrowych do recyklingu, tak, żeby zapewnić im opłacalność działania. Dotyczy to głównie przygotowania łopat i innych elementów z tworzyw kompozytowych do recyklingu materiałowego i energetycznego. Również w zakresie recyklingu fundamentów należy wspierać firmy wykorzystujące technologie rozbiórki i wykorzystania tych materiałów np. w budownictwie. Z uwagi na bardzo długi czas użytkowania nie należy tych działań łączyć z dofinansowaniem nowych instalacji wiatrowych, a wsparcie powinno być kierowane na realizację projektów zapewniających opłacalność recyklingu wielkogabarytowych elementów elektrowni wiatrowych* – pracownik naukowy
- *Wdrożenie rozwiązań takich jak wliczanie ceny recyklingu do ceny zakupu panelu są kwestią priorytetową. Dzięki temu byłaby od początku zaplanowana „droga" panelu bez możliwości wyrzucenia go na składowisko* – pracownik naukowy
- *Aby zachęcić dużego inwestora, należy podejść do niego w sposób mocno indywidualny poprzez negocjacje na ministerialnym szczeblu* – pracownik naukowy

- *Powinny zostać wprowadzone kary za wyrzucenie odpadów pochodzących z OZE w nieodpowiednim miejscu. Musi nastąpić sprecyzowanie jasnych i przejrzystych zasad odbioru odpadów* – pracownik naukowy
- *Należy wprowadzić ulgi podatkowe i pożyczki preferencyjne dla podmiotów zajmujących się recyklingiem. Bardzo ważnym elementem są także celowane programy na wsparcie badań i rozwoju technologii* – pracownik naukowy
- *Odpady które powstały w Polsce, powinny być bezwzględnie w Polsce przetwarzane i nie powinny być wywożone poza Unię Europejską* – przedsiębiorca
- *Zasadniczą kwestią na jakiej należy się skupić jest edukowanie społeczeństwa np. w formie kampanii edukacyjnych lub pogadanek w szkołach. Bardzo duża część społeczeństwa nie wie jak postępować z odpadami popularnymi, nie mówiąc o odpadach fotowoltaicznych* – pracownik naukowy
- *Należałoby przypisać osobny kod odpadu dedykowany zużytym bateriom litowo-jonowym. Taka zmiana wymusiłaby na firmach zbiórkę selektywną tego rodzaju odpadu. Wydzielenie indywidualnej kategorii dla zużytych baterii litowo-jonowych, powinno spowodować również opracowanie procedur bezpiecznego transportowania tego rodzaju odpadu, co biorąc pod uwagę duże ryzyko niebezpiecznych zdarzeń np. samozapłonu jest bardzo istotne* – przedsiębiorca
- *Potrzebne są konkursy i nabory w których przedmiotem finansowania byłyby tylko i wyłącznie instalacje OZE, nie jako dodatkowy komponent a jako główny przedmiot konkursu* – przedstawiciel samorządu terytorialnego

**6. Jakie rozwiązania należałoby wprowadzić w obszarze związanym z recyklingiem wyeksploatowanych komponentów technicznych odnawialnych źródeł energii oraz akumulatorów pojazdów elektrycznych, w zakresie projektowania perspektywy finansowej na lata 2021-2027?**

- *Wybór pomiędzy zastosowaniem instrumentów zwrotnych lub dotacji zależy od tego jaka jest realna potrzeba rynku – czy jest to problem z dostępnością kapitału czy występuje luka finansowa i bez wysokiego wsparcia dotacyjnego inwestycje nie osiągną poziomu rentowności przy którym inwestorzy będą skorzy do inwestowania. Aby pobudzić rynek, zainteresować wchodzeniem na niego potencjalnych graczy należy stworzyć odpowiedni mechanizm wsparcia* – urzędnik
- *Wsparcie działań badawczych powinno być poprzedzone inteligentnym zidentyfikowaniem potrzeb związanych z wdrożeniem odpowiednich technologii na rynek polski. Wsparcie w tym segmencie powinno być kierowane głównie bezzwrotnymi formami dofinansowania przy możliwie niskim udziale środków własnych instytutu badawczego. Projekty badawczo-rozwojowe powinny być oceniane nie tylko pod kątem innowacyjności ale także stopnia w jakim odpowiadają na rzeczywiste potrzeby rynku* – urzędnik
- *Przyznawanie dodatkowych punktów dla projektów w których wnioskodawca zadeklarował recykling dofinansowanych komponentów OZE po zakończeniu ich eksploatacji może być pozytywnym działaniem uświadamiającym o konieczności poprawnego zagospodarowania zużytych komponentów technicznych OZE* – urzędnik

**7. Jakie występują ryzyka związane z wdrożeniem zaproponowanych rozwiązań?**

- *w przypadku dotacji istnieje ryzyko, że projekt nie przyniesie żadnych efektów, a pieniądze zostaną stracone* – przedsiębiorca

**8. (W) Jakie są prognozy wartościowe i ilościowe wielkości rynku związanego z recyklingiem wyeksploatowanych komponentów technicznych odnawialnych źródeł energii oraz akumulatorów pojazdów elektrycznych?**

- *Na tę chwilę nie wiadomo jak będzie wyglądał przyszły rynek recyklingu i możemy jedynie analizować jego potencjał. Szacunki mówią o tym że za 20 lat w Europie będzie 18-20 milionów zużytych paneli fotowoltaicznych* – pracownik naukowy
- *Rozwój rynku recyklingu w zakresie baterii litowo-jonowych będzie miał charakter dynamiczny. Spodziewany strumień odpadów będzie obejmował nie tylko baterie naturalnie zużyte ale też odpady poprodukcyjne i odpady przedprodukcyjne, co dodatkowo wpłynie na wielkość rynku. Rozwój rynku będzie polegał zarówno na opracowywaniu nowych i bardziej efektywnych metod recyklingu a także pojawianiu się nowych podmiotów (w tym międzynarodowych koncernów z wysokim kapitałem)* – przedsiębiorca
- *Z pewnością nastąpi gwałtowny rozwój rynku recyklingu baterii litowo-jonowych, ponieważ strumień odpadów będzie bardzo duży, wymusi to konieczność rozbudowy i rozwoju instalacji do zagospodarowania tych odpadów. Rozwój rynku będzie polegał z jednej strony na powstawaniu nowych technologii oraz bazowaniu podmiotów na znanych już technologiach* – pracownik naukowy
- *Dostępne obecnie dane są niewystarczające aby oszacować w dokładny sposób kiedy nastąpi znaczny wzrost rynku recyklingu zużytych komponentów technicznych OZE. Przy prognozowaniu należy brać pod uwagę, że czas żywotności baterii litowo-jonowych wynosi od około 4 do 15 lat. Istnieje także możliwość ich regeneracji* – pracownik naukowy

**9. (W) Jakie prawne, finansowe, organizacyjne sposoby wsparcia rynku OZE i elektromobilności przez państwo przewiduje się na najbliższe lata i jak będą one oddziaływać na wielkość rynku recyklingu komponentów technicznych OZE i elektromobilności w kolejnych latach, szczególnie w perspektywie finansowej 2021-2027?**

- *W przypadku modułów fotowoltaicznych w Polsce istnieje już system zbierania odpadów który bazuje na dyrektywie odpadów elektronicznych. Każdy moduł ma swoją etykietę i certyfikat i zgodnie z tym powinien być ustalony odbiór tego materiału. Nie jest dopuszczalny model w którym utylizacją i recyklingiem zajmą się przypadkowe osoby nie posiadające żadnej wiedzy w tym zakresie* – pracownik naukowy
- *Rozwój rynku będzie polegał na tym, że pojawią się gracze zagraniczni z kapitałem którzy już rozwinęli podobną działalność w innych krajach unii europejskiej. Jesteśmy bardzo dynamicznie rozwijającym się rynkiem. Zachętą do jego rozwoju będą odpowiednie uregulowania prawne* – pracownik naukowy
- *Muszą być odpowiednie regulacje które sprawią że właściciel będzie zobligowany do przekazania do utylizacji. Takie mechanizmy już mamy np. wiemy co robić ze zużytymi pralkami, telewizorami, akumulatorami itp.* – pracownik naukowy
- *Pomimo deklarowanej żywotności komponentów ok. 30 lat, zdarzają się ich uszkodzenia, wymiany dlatego część tych odpadów już jest na rynku i sprawą należy zająć się już. Jak*

*najszybciej mieć przygotowaną odpowiednią politykę i przepisy prawa na podstawie odpowiednich dyrektyw unijnych by nie być „mądrym po szkodzie"* – pracownik naukowy

- *Powinniśmy mieć wytyczne odpowiedniego postępowania ze zużytymi komponentami. W kontekście samochodów elektrycznych, których będzie przybywało. Po wykorzystaniu akumulatorów będą one się nadawały np. do wykorzystania w gospodarstwach domowych zasilanych fotowoltaiką. Musimy bardzo szybko utworzyć system który będzie zachęcał posiadaczy komponentów OZE (np. zachęcania posiadaczy samochodów elektrycznych do tworzenia domowych magazynów energii). Na razie takiego „miksu" celowanych działań nie ma* – pracownik naukowy
- *Powinny być wprowadzone odpowiednie ustawy środowiskowe i większe finansowanie nowoczesnych technologii. NFOŚiGW finansuje instalacje i przekazuje dotacje dla recyklingu tworzyw sztucznych, natomiast powinna być możliwość uzyskania takich dotacji dla recyklingu baterii litowo-jonowych* – przedsiębiorca

**10. (W) Jak kształtuje się szczegółowa finansowa kalkulacja i opłacalność poszczególnych metod recyklingu komponentów technicznych odnawialnych źródeł energii?**

- *Zawsze najważniejszy jest element kosztu recyklingu. Na etapie wykorzystania cyklu życia produktu nie ma problemu gdyż jest to produkt „high technology", ale biorąc pod uwagę koszty jego wytworzenia i koszty utylizacji pojawia się problem. Może pojawić się kłopot polegający na tym, że energia i koszty uzyskane z modułu nie zbilansują z energią i kosztami które włożyliśmy w proces utylizacji. W praktyce będzie poszukiwana najtańsza metoda recyklingu, materiałowy recykling niestety do najtańszych nie należy, jest to bardzo skomplikowany i problematyczny proces* – pracownik naukowy
- *Podmiot który wypracuje technologię przetwarzania efektywną, skuteczną bez „wąskich gardeł" może uzyskać przewagę na rynku. Trzeba pamiętać, że śmieci są wartościowym i cennym produktem na rynku przetwórców* – pracownik naukowy
- *Metoda materiałowa jest skomplikowana składa się m.in. z procesów rozdrabniania, segregować. Odzyskujemy ok. 70% i więcej szkła ale to co nas najbardziej w nich interesuje to 5-8% krzemu, aluminium, miedzi. Gdy za parę lat ilość strumienia zużytych komponentów okaże się wysoka, skala sprawi że te materiały będę atrakcyjne dla potencjalnych graczy na rynku. Może się okazać, że za 10 lat ceny rynkowe krzemu i miedzi będą bardzo atrakcyjne co spowoduje, że ten przemysł stanie się wysoko dochodowy* – pracownik naukowy
- *Aktualnie stosowane technologie recyklingu elektrowni wiatrowych pozwalają na recykling materiałowy i energetyczny tych materiałów. Jednak w przypadku elektrowni wiatrowych nie zawsze jest to uzasadnione ekonomicznie. Brak opłacalności tych technologii w procesie recyklingu dotyczy głównie łopat, obudowy gondoli i wirnika wykonanych z materiałów kompozytowych oraz fundamentu. Materiałów kompozytowych w 2 MW-owej elektrowni wiatrowej jest około 20 ton, a fundament takiej elektrowni to w zależności od warunków posadowienia waży od 1000 do 1500 ton. Są to elementy wielkogabarytowe, po demontażu wymagają przygotowania w celu ich dalszego wykorzystania. Materiały kompozytowe, po wstępnym pocięciu i rozdrobnieniu, mogą być wykorzystane jako paliwo energetyczne w cementowniach, gdzie spalane są w procesie pirolizy, a powstałe w wyniku pirolizy materiały wykorzystane jako wypełniacze cementu lub innych materiałów budowlanych. Materiały*

*kompozytowe po rozdrobnieniu, z pominięciem procesu pirolizy, podobnie jak fundament, mogą być stosowane w różnych technologiach budowlanych. Według mnie problemem zagospodarowania poużytkowego nie jest brak technologii, tylko koszty logistyki i przygotowania niektórych elementów elektrowni wiatrowych do recyklingu lub odzysku energetycznego. W przypadku zapewnienia opłacalności tych procesów, rynek recyklingu, czy to materiałowego, czy energetycznego, jest przygotowany do ich obsługi* – pracownik naukowy.

- *Im głębszy recykling, tym jest bardziej kosztowny. Najprostsze działania są najtańsze. Najdroższe technologie, najgłębszego recyklingu baterii litowo-jonowych wymagają zastosowania drogich pieców hutniczych. Głębokie technologie wymagają lepszych technologii unieszkodliwiania spalin lub odpadów płynnych* – przedsiębiorca

**11. (W) Jak kształtuje się sytuacja i jakie są prognozy w zakresie recyklingu technicznych komponentów OZE oraz elektromobilności w Polsce w porównaniu do wybranych krajów UE (co najmniej jeden kraj o zamożności podobnej do Polski – Słowacja, Czechy, Węgry, Litwa, Łotwa, Estonia oraz jeden kraj o zamożności wyższej od Polski), Ameryki Północnej (co najmniej jeden kraj – USA, Kanada), Azji (co najmniej jeden kraj spośród krajów rozwiniętych technologicznie)? Jakie doświadczenia innych krajów w zakresie można wykorzystać w praktyce w Polsce?**

- *Obserwujemy rynek niemiecki i francuski. W zeszłym roku Veolia otworzyła we Francji pierwszy zakład utylizujący o dużej wydajności. Takie duże inwestycje sprawiają, że początkowo potentat na rynku będzie zainteresowany ściąganiem z rynku europejskiego zużytych komponentów. Nie sądzę żeby na rynku polskim któryś z graczy był w stanie podjąć działania o takiej skali chyba, że pojawiło by się wsparcie dzięki którym byłaby możliwość zainwestowania w bardzo finansowo chłonne technologie. Polski rynek będzie kopiował rozwiązania stosowane na zachodzie, i będziemy rynkiem zbytu tych odpadów dla firm z Europy* – pracownik naukowy
- *Porównywanie rynku polskiego z rynkiem niemieckim jest niemożliwe. Różnice w potencjale przejścia na elektromobilność wynikające przede wszystkim z kapitału i możliwości zarobkowych społeczeństwa są kolosalne na korzyść Niemiec. Trzeba jednak zauważyć, że model niemiecki nie jest idealnie cyrkularnym modelem gospodarki* – przedstawiciel organizacji branżowej gospodarki odpadami
- *Można założyć, że w ciągu najbliższych 10 lat będą narastały trudności z odzyskiem, składowaniem, zbiórką i recyklingiem. Są także różnice w mentalności na korzyść społeczeństwa niemieckiego* – przedstawiciel organizacji branżowej gospodarki odpadami

**12. (W) Jakie są możliwości (ilościowo) składowania wyeksploatowanych komponentów technicznych odnawialnych źródeł energii oraz akumulatorów pojazdów elektrycznych nie podlegających recyklingowi (lub w zależności od stopnia przetworzenia komponentów)?**

- *Panele podlegają pod dyrektywy zużytego sprzętu elektronicznego dlatego nie mamy dużego pola nad tym żeby zastanawiać się czy podejmować recykling* – pracownik naukowy
- *Zakładając pozostawienie zużytych modułów bez zagospodarowania spowoduje bardzo duże zagrożenie dla środowiska ponieważ materiały które w sobie zawierają są bardzo niebezpieczne* – pracownik naukowy

- *Forma składowania jest formą kapitału dla podmiotów gospodarujących zużyte komponenty OZE, w zakresie teorii nie powinniśmy tego analizować. W zakresie logistyki państwo powinno zapewnić pewną sprawność i pewność przepływu strumienia zużytych komponentów* – pracownik naukowy
- *Biorąc pod uwagę GOZ nie powinniśmy przewidywać etapu składowania OZE* – pracownik naukowy
- *Bardzo ważny jest etap przechowywania zużytych baterii. Brakuje obecnie systemu certyfikacji który narzucał by pewne normy składowania* – przedstawiciel organizacji branżowej gospodarki odpadami
- *Zdecydowanie inwestycje powinny być także skierowane w zwiększenie potencjału w składowaniu odpadów OZE. Są to składowiska ogromnego ryzyka. Muszą być zapewnione odpowiednie warunki do składowania* – przedstawiciel organizacji branżowej gospodarki odpadami
- *Składowanie na wysypisku odpadów to najgorszy z perspektywy oddziaływania na środowisko sposób zagospodarowania poużytkowego materiałów. Dlatego bez względu na możliwości składowisk odpadów, należy dążyć do powtórnego wykorzystania, recyklingu materiałowego i energetycznego materiałów elektrowni wiatrowych* – pracownik naukowy
- *Baterie litowo-jonowe nie powinny trafiać na składowiska odpadów. Odzysk materii w procesie recyklingu powinien być na poziomie 90%, czyli tylko 10% mogą stanowić odpady wymagające specjalnego traktowania* – przedsiębiorca
- *Składowiska odpadów nie są na dzień dzisiejszy przygotowane żeby zbierać tzw. odpady specyficzne i powinny przejść dużą reorganizację* – pracownik naukowy

**13. (W) Czy zadania w zakresie recyklingu komponentów technicznych OZE i elektromobilności powinny być realizowane przez podmioty publiczne czy prywatne?**

- *Próg inwestycji jest tak wysoki, że prawdopodobnie nie będzie ucieczki od podmiotów zagranicznych z dużym kapitałem* – pracownik naukowy
- *Recykling elektrowni wiatrowych powinien być opłacalny dla podmiotów komercyjnych* – pracownik naukowy
- *Państwo nie powinno zajmować się procesami gospodarczymi tylko stymulować i ułatwiać działalność podmiotów prywatnych. Dlatego zadania związane z recyklingiem powinny być wykonywane jedynie przez podmioty prywatne* – przedsiębiorca
- *Rolą państwa będzie raczej zachęcanie podmiotów prywatnych do tego by prowadziły działalność, nie bezpośrednie wykonywanie działalności recyklingowej* – pracownik naukowy

**14. (W) Jakie rodzaje wsparcia (różne formy wsparcia dotacyjnego i niedotacyjnego) i dlaczego są najbardziej wskazane do zastosowania w zakresie recyklingu technicznych komponentów OZE oraz elektromobilności w nowej perspektywie finansowej UE 2021-2027**

- *Dotacje są coraz mniejsze i dzieje się to na rzecz wzrostu znaczenia systemu pożyczkowego* – pracownik naukowy

- *Moim zdaniem systemy wsparcia pożyczkowego będą najbardziej popularne. Fakt że fundusze pożyczkowe mogą dalej „krążyć" jest korzystny* – pracownik naukowy
- *Należy pamiętać o wspieraniu innowacji* – pracownik naukowy
- *Instrumenty zwrotne są bardzo korzystne, ponieważ stymulują projekty uzasadnione ekonomicznie i eliminują ryzyko utraty funduszy na nieprzemyślane projekty* – przedstawiciel organizacji branżowej gospodarki odpadami
- *Dotacje w nowej perspektywie unijnej powinny zapewnić firmom zajmującym się recyklingiem komponentów elektrowni wiatrowych doposażenie w technologie gwarantujące opłacalność tych działań. Dodatkowo, należy wspomagać i dotować badania naukowe biorące pod uwagę aspekty środowiskowe, energetyczne, społeczne i finansowe, procesów przemysłowych zagospodarowania poużytkowego komponentów elektrowni wiatrowych. Poza recyklingiem materiałowym i energetycznym, należałoby duży nacisk położyć na badania związane z powtórnym wykorzystaniem elementów elektrowni wiatrowych* – pracownik naukowy
- *Priorytetem w przyszłej perspektywie powinno być ułatwienie możliwości uzyskania wsparcia na inwestycje. Pożyczki preferencyjne są dobrym sposobem na stymulowanie rynku* – przedsiębiorca
- *Należy zwiększyć ilość dofinansowań dla firm które podjęłyby się budowy instalacji recyklingu. Dotacje oraz pożyczki na badania są korzystne, ponieważ mogą skutkować udoskonaleniem lub rozwojem nowych metod recyklingu* – pracownik naukowy
- *Bardzo dobrą formą wsparcia, która motywuje beneficjentów do poprawnego realizowania projektów jest nieoprocentowana pomoc zwrotna (pożyczka z możliwością częściowego umorzenia)* – urzędnik
- *Wsparcie ukierunkowane na badania rozwojowe powinno zostać uruchomione jak najszybciej i głównie w formie dotacji* – urzędnik
- *Pomoc w formie dofinansowania cieszy się większym wzięciem niż wsparcie pożyczkowe. Sam poziom dofinansowania determinują kwestie związane z pomocą publiczną. Przy milionowych projektach poziom dofinansowania zazwyczaj wacha się od 40% do 60% i nie ma za bardzo możliwości przyznawania większego dofinansowania* – urzędnik

**15. (W) Czy, a jeżeli tak, to jak można zwiększyć efektywność wykorzystania środków UE we wskazanych obszarach recyklingu komponentów OZE i elektromobilności poprzez zastosowanie dotacyjnych i niedotacyjnych form wsparcia w nowej perspektywie finansowej?**

- *Stworzenie przejrzystego systemu wsparcia celowanego w rzeczywiste potrzeby rynku np. nie byłoby sensu inwestować w takie działania w zakresie geotermii, gdzie nie ma takich potrzeb jak w fotowoltaice* – pracownik naukowy
- *Inwestycje w rozwój branży powinny być odpowiednio wycelowane* – przedstawiciel organizacji branżowej gospodarki odpadami
- *Wskazywanie inwestorom i właścicielom inwestycji zachęt do recyklingu ale także ryzyka dla nich jeżeli nie zagospodarują swoich instalacji we właściwy sposób* – pracownik naukowy
- *Należy zwrócić uwagę na ogromną rolę organów państwa oraz samorządu które dysponują środkami finansowymi ale także mogą kreować świadomość w zakresie elektromobilności.*

*Fundusze powinno się projektować w bardziej logiczny i przemyślany sposób* – przedstawiciel organizacji branżowej gospodarki odpadami

- *Ogólna wiedza społeczeństwa (w tym przedsiębiorców) dotycząca możliwości finansowania inwestycji z wykorzystaniem funduszy europejskich jest zaskakująco niska. Istnieje potrzeba przeprowadzenia kampanii edukacyjnych w tym zakresie* – przedstawiciel organizacji branżowej gospodarki odpadami
- *Procedury wnioskowania oraz prowadzenia dofinansowanych projektów powinny zostać uproszczone. Wielu przedsiębiorców rezygnuje z aplikowania o wsparcie z powodu złożoności procedur* – przedstawiciel organizacji branżowej gospodarki odpadami
- *Należy także zmienić podejście instytucji wdrażających fundusze europejskie polegające na próbie znalezienia błędu wnioskodawcy na rzecz wsparcia go i pomocy w realizacji dofinansowanego projektu. Szkolenie i nabór kontrolerów i innych pracowników nadzorujących aplikowanie i realizacje projektów powinien być przeprowadzany w sposób bardziej merytoryczny i przemyślany, a nie ad hoc* – przedstawiciel organizacji branżowej gospodarki odpadami
- *Komponent recyklingu zużytych OZE powinien być częścią przyszłych osi priorytetowych oraz wydzielonych działań, poddziałań itp. Bardzo ważne jest aby instytucje państwowe planowały i dopasowywały swoje działania na parę lat do przodu, zgodnie z przewidywanym rozwojem rynku* – przedsiębiorca
- *Bardzo ważne jest łączenie badań rozwojowych z działaniami podejmowanymi przez przedsiębiorców w przemyśle, ponieważ teoretyczne badania muszą mieć przełożenie na to co oczekiwane jest od strony przemysłu. W tym zakresie często napotykane są bariery które związane są przed wszystkim z brakiem odpowiednich nakładów finansowych* – pracownik naukowy
- *Należy rozważyć wprowadzenie przepisów prawnych które ułatwiałyby działalność przedsiębiorców. Kolejnymi sposobami na stymulowanie rynku recyklingu są: ograniczenie biurokracji, ulgi podatkowe, preferencyjne kredyty* – pracownik naukowy
- *Wsparcie rozwoju rynku recyklingu zużytych komponentów technicznych OZE zasługuje na osobne działania i poddziałania w ramach osi priorytetowych w nadchodzącej perspektywie finansowej. W pierwszej kolejności należy określić standardy recyklingu a później na tej podstawie wprowadzić dedykowany program wsparcia. Działania te muszą być podjęte z odpowiednim wyprzedzeniem w stosunku do spodziewanego strumienia odpadów OZE* – urzędnik
- *Moim zdaniem istnieje konieczność wdrożenia programu mającego za zadanie wspieranie wytworzenie takich komponentów OZE które łatwo poddawałyby się recyklingowi lub w przypadku konieczności utylizacji byłyby mniej szkodliwe* – urzędnik

**16. (W) Jakie są koszty i korzyści oraz mocne i słabe strony, szanse i zagrożenia (analiza SWOT) zastosowania poszczególnych form wsparcia dotacyjnego oraz niedotacyjnego dla instytucji programu operacyjnego i potencjalnych beneficjentów w zakresie recyklingu komponentów technicznych OZE i elektromobilności?**

- *Część pieniędzy z perspektywy 2007-2013 nie zostało rozdysponowanych w poprawny sposób* – pracownik naukowy

- *Szanse – wydajny system wsparcia i przejrzyste prawo oznacza wydajny system recyclingu. Dzięki temu nie będziemy mieli w Polsce problemu z odpadami OZE. Jeżeli uda nam się zaangażować rodzimych wytwórców to pociągnie to za sobą nowe miejsca pracy, być może wykorzystamy lepiej potencjał naukowy polskich uczelni* – pracownik naukowy
- *Szanse - bardzo ważną korzyścią wspierania rozwoju rynku recyklingu będzie oszczędność cennych surowców, niezbędnych do produkcji w przemyśle elektrotechnicznym i elektronicznym* – pracownik naukowy
- *Zagrożenia – brak podjęcia inicjatywy może spowodować przejęcie zużytych komponentów z naszego rynku przez podmioty działające za granicą a tym samym ograniczenie rozwoju przedsiębiorstw które mogłyby to wykonywać na terenie Polski* – pracownik naukowy
- *Zagrożenia - płacenie kar np. nałożonych przez organy Unii Europejskiej [w przypadku niespełnienia wymogów w zakresie recyklingu – przyp. red.]* – pracownik naukowy

**17. (W) Jakie formy wsparcia dotacyjnego i niedotacyjnego są stosowane w innych krajach UE (minimum 2 kraje o porównywalnym do Polski poziomie rozwoju i uwarunkowaniach społeczno-gospodarczych oraz minimum 2 kraje o wyższym niż Polska poziomie rozwoju)?**

- *W innych krajach UE system wsparcia jest opracowania raczej na zasadzie zachęty niż dotowania u nas powinno być podobnie. Sądzę, że Unia Europejska wymusi w naszym kraju podobny model* – pracownik naukowy
- *W Niemczech już w latach 80 wprowadzono szereg programów dzięki którym każdy prywatny inwestor mógł uzyskać gwarancję wysokości taryf dzięki którym mógł opłacalnie, przez 15-25 lat, sprzedawać energię elektryczną do sieci* – pracownik naukowy

**18. (W) Jakie wzorcowe rozwiązania w zakresie recyklingu komponentów technicznych OZE i elektromobilności są stosowane na świecie?**

- *W Niemczech, gdzie pierwsze instalacje OZE były montowane w latach 80, działa już bardzo sprawnie system zbiórki tych odpadów podobnie jak w Polsce ze sprzętem AGD. W ramach odpowiednich stowarzyszeń producentów OZE, egzekwuje się ich odpowiedzialność za recykling a opłata za ten proces jest wliczona już w cenę zakupu modułu* – pracownik naukowy
- *Istotnym czynnikiem w prowadzeniu recyklingu baterii litowo-jonowych jest odpowiednie ulokowanie zakładu w pobliżu niezbędnej do jego działania infrastruktury. W Szwecji podobne instalacje znajdują się w pobliżu huty niklu, ponieważ muszą mieć odbiorcę który przetapia czarną masę lub posiadać instalację hydrometalurgiczną. W ramach mojej działalności, wysyłam próbki czarnej masy także do hut koreańskich i japońskich* – przedsiębiorca
- *W krajach skandynawskich gdzie GOZ jest dużo bardziej rozwinięty niż w Polsce, regenerowane baterie są używane jako magazyny energii np. w infrastrukturze drogowej. Dzięki temu przez kolejne 10 lat, przy odpowiedniej konserwacji i zabezpieczeniu mogą nadal być użyteczne pomimo niepełnej wydajności związanej z pewnym zużyciem. Aby realizować takie inicjatywy potrzebne jest sprawne działanie B+R* – przedstawiciel organizacji branżowej gospodarki odpadami