

**UCHWAŁA NR LXXII/728/23
RADY MIASTA PIŁY**

z dnia 28 lutego 2023 r.

w sprawie przyjęcia „Strategii Transformacji Energetycznej dla Gminy Piła”

Na podstawie art. 18 ust. 1 w związku z art. 7 ust. 1 pkt 1, 3 i 15 ustawy z dnia 8 marca 1990 r. o samorządzie gminnym (Dz. U. z 2023 r. poz. 40), **Rada Miasta Piły uchwala**, co następuje:

- § 1. Przyjmuje się „Strategię Transformacji Energetycznej dla Gminy Piła” stanowiącą załącznik do niniejszej uchwały.
- § 2. Wykonanie uchwały powierza się Prezydentowi Miasta Piły.
- § 3. Uchwała wchodzi w życie z dniem podjęcia.

Przewodnicząca Rady Miasta
Piły

Maria Kubica

Uzasadnienie
do Uchwały Nr LXXII/728/23
Rady Miasta Piły
z dnia 28 lutego 2023 roku

w sprawie przyjęcia „Strategii Transformacji Energetycznej dla Gminy Piła”

„Strategia Transformacji Energetycznej dla Gminy Piła” (wykorzystanie odnawialnych źródeł w mieście) jest dokumentem, którego głównymi elementami są opis potencjału odnawialnych źródeł energii (dalej również OZE) w gminie Piła, scharakteryzowanie stanu obecnego w zakresie wykorzystania OZE w mieście, dokonanie przeglądu technologii wykorzystywanych w energetyce, których zastosowanie nie powoduje wprowadzania do atmosfery gazów cieplarnianych (technologie niskoemisyjne), przegląd barier w zakresie rozpowszechnienia tego rodzaju technologii, a także przybliżenie prognoz na najbliższe lata w zakresie gospodarki energetycznej oraz koncepcji przeprowadzenia zmian w tym sektorze gospodarki na terenie gminy Piła.

Obecne cele polityki klimatycznej UE zakładają osiągnięcie neutralności klimatycznej od 2050 r., a prognozy obejmujące najbliższe 30 lat wskazują, że emisja gazów cieplarnianych spadnie o 60 – 90%. Przyczynią się do tego niewątpliwie działania w energetyce o zasięgu wspólnotowym oraz ogólnokrajowym, ale również działania podejmowane lokalnie, takie jak ocieplenie budynków, rozwój systemów ciepłowniczych, poprawa efektywności energetycznej, wspieranie wykorzystania OZE czy też ograniczenie zużycia paliw kopalnych w budynkach mieszkalnych. Wymiernymi efektami wprowadzania takiej polityki będą między innymi poprawa jakości powietrza w Gminie Piła, zmniejszenie kosztów społecznych związanych ze skutkami zdrowotnymi, ograniczenie ilości gazów cieplarnianych i przeciwdziałanie zmianom klimatu.

Odpowiadając na potrzeby i wyzwania zmieniającego się otoczenia, w sposób odpowiedzialny i z zachowaniem zasad zrównoważonego rozwoju, Gmina Piła przygotowała Strategię transformacji energetycznej, która ma na celu wyznaczenie najistotniejszych kierunków działań w zakresie gospodarowania energią, maksymalnego wykorzystania potencjału odnawialnych źródeł energii i ograniczenia konieczności stosowania paliw kopalnych, przy jednoczesnym uwzględnieniu istniejących barier ale również szans rozwoju i uwarunkowań lokalnych.

Opracowanie „Strategii Transformacji Energetycznej dla Gminy Piła” realizowane jest w ramach projektu pn. „Piła – opracowanie dokumentacji w ramach wsparcia rozwoju miast POPT



2014-2020” współfinansowany przez Unię Europejską ze środków Funduszu Spójności w ramach Programu Operacyjnego Pomoc Techniczna 2014-2020.

W związku z powyższym konieczne i zasadne jest podjęcie przedmiotowej uchwały i wdrożenie jej do realizacji.

w z. PREZYDENTA MIASTA
/-/ Krzysztof Szewc
Zastępca Prezydenta

Załącznik do uchwały nr LXXII/728/2

Rady Miasta Piły z dnia 28 lutego 2023 r.



Strategia Transformacji Energetycznej dla Gminy Piła

Wykorzystanie odnawialnych źródeł energii
w mieście



Zrealizowano w ramach projektu pt. „Miasto Piła – opracowanie dokumentacji w ramach wsparcia rozwoju miast POPT 2014-2020”, Działanie II Opracowanie dokumentacji, Aktualizacja dokumentów strategicznych i programów rozwojowych realizowanej w ramach inicjatywy pt. „Wsparcie rozwoju miast” współfinansowanego ze środków Unii Europejskiej - Funduszu Spójności - Program Operacyjny Pomoc Techniczna 2014-2020.



Opracowanie:

Zespół autorski firmy Atmoterm S.A. w składzie:

- **Wojciech Kusek**
- **Amadeusz Walczak**
- **Magda Juszczak**
- **Agnieszka Ościk**
- **Piotr Kłobuch**
- **Patryk Sojka**
- **Martyna Benk**
- **Agata Lubczyńska**
- **Aleksandra Stasiszyn**
- **Marta Kapałka**
- **Anna Justyńska**



Spis treści

1.	Streszczenie w języku niespecjalistycznym Strategii Transformacji Energetycznej..	4
2.	Istniejący potencjał OZE wraz z możliwością ich wykorzystania	5
2.1.	Energia słoneczna.....	5
2.2.	Energia wiatru	11
2.3.	Energia wody	15
2.4.	Energia geotermalna.....	20
2.5.	Biomasa	27
2.6.	Biogaz	30
3.	Obecne wykorzystanie potencjału OZE	33
3.1.	Budynki użyteczności publicznej (BUP).....	33
3.2.	Mieszkalnictwo.....	35
3.3.	Usługi, handel, przemysł	35
3.4.	Transport.....	36
3.5.	Podsumowanie wykorzystania OZE	36
4.	Przegląd aktualnego stanu wiedzy o dostępnych technologiach zeroemisyjnych ...	39
4.1.	Niskoemisyjne technologie grzewcze	39
4.2.	Technologie odzysku ciepła.....	42
4.3.	Technologie magazynowania ciepła i chłodu.....	43
4.4.	Technologie niskoemisyjne w transporcie	46
4.5.	Technologie „ujemnej emisji”	49
5.	Analiza istniejących i projektowanych przepisów prawa w zakresie OZE	51
6.	Bariery dla zwiększenia wykorzystania OZE	56
7.	Koncepcja etapowego procesu transformacji energetycznej w perspektywie do 2030 roku	59
7.1.	Prognozowane zmiany na rynku energii i paliw oraz ich wpływ na STE	59
7.1.1.	Rynek energii elektrycznej	59
7.1.2.	Rynek paliw gazowych	63
7.1.3.	Rynek ciepła.....	66
7.1.4.	Rynek paliw ciekłych.....	69
7.2.	Wizje gospodarki energetycznej gminy do lat 2030, 2040, 2050.....	72
7.3.	Cele strategiczne transformacji energetycznej.....	76
7.4.	Mierzalne wskaźniki zwiększenia udziału OZE energetycznej.....	77
8.	Podsumowanie Strategii Transformacji Energetycznej	79
9.	Spis tabel	82
10.	Spis rysunków.....	82
11.	Spis wykresów	83

1. Streszczenie w języku niespecjalistycznym Strategii Transformacji Energetycznej

Strategia transformacji energetycznej (wykorzystanie odnawialnych źródeł w mieście) jest dokumentem, którego głównymi elementami są opis potencjału odnawialnych źródeł energii (dalej również OZE) w gminie Piła, scharakteryzowanie stanu obecnego w zakresie wykorzystania OZE w mieście, dokonanie przeglądu technologii wykorzystywanych w energetyce, których zastosowanie nie powoduje wprowadzania do atmosfery gazów cieplarnianych (technologie niskoemisyjne), przegląd barier w zakresie rozpowszechnienia tego rodzaju technologii, a także przybliżenie prognoz na najbliższe lata w zakresie gospodarki energetycznej oraz koncepcji przeprowadzenia zmian w tym sektorze gospodarki na terenie gminy Piła.

Za odnawialne źródła uważa się energię: słoneczną, wiatru, wody, geotermalną, biomasy oraz biogazu. W niniejszym dokumencie scharakteryzowano możliwości wykorzystania powyższych nośników energii na terenie gminy Piła. Ze względu na istniejące, techniczne możliwości ich wykorzystania uwzględniono urządzenia takie jak panele fotowoltaiczne, kolektory słoneczne, pompy ciepła, a także instalacje wykorzystujące biomasę oraz biogaz do produkcji energii cieplnej i elektrycznej. Obecnie w Pile największy udział w ogólnym wykorzystaniu źródeł odnawialnych posiada biomasa. Spośród sposobów ograniczenia emisji dwutlenku węgla do atmosfery, oprócz OZE, w dokumencie opisano również instalacje odzysku ciepła, rozwój miejskiej sieci ciepłowniczej oraz stosowanie w budownictwie materiałów i instalacji służących do magazynowania ciepła. Należy jednak pamiętać, że transformacja energetyczna jest procesem potrzebującym odpowiedniego czasu, ze względu na liczne bariery w postaci uwarunkowań prawnych, administracyjnych, edukacyjnych, technicznych, środowiskowych czy finansowych. Niemniej zgodnie z istniejącymi i projektowanymi przepisami prawa, transformacja energetyczna powinna być ukierunkowana na co raz większe wykorzystywanie odnawialnych oraz niskoemisyjnych źródeł energii, na rzecz zmniejszenia wykorzystania paliw kopalnych, których spalanie odpowiada za emisję gazów cieplarnianych do atmosfery.

Obecne cele polityki klimatycznej UE zakładają osiągnięcie neutralności klimatycznej od 2050 r., a prognozy obejmujące najbliższe 30 lat wskazują, że emisja gazów cieplarnianych spadnie o 60 – 90%. Przyczynią się do tego niewątpliwie działania w energetyce o zasięgu wspólnotowym oraz ogólnokrajowym, ale również działania podejmowane lokalnie, takie jak ocieplenie budynków, rozwój systemów ciepłowniczych, poprawa efektywności energetycznej, wspieranie wykorzystania OZE czy też ograniczenie zużycia paliw kopalnych w budynkach mieszkalnych. Wymiernymi efektami wprowadzania takiej polityki będą między innymi poprawa jakości powietrza w Gminie Piła, zmniejszenie kosztów społecznych związanych ze skutkami zdrowotnymi, ograniczenie ilości gazów cieplarnianych i przeciwdziałanie zmianom klimatu.

Odpowiadając na potrzeby i wyzwania zmieniającego się otoczenia, w sposób odpowiedzialny i z zachowaniem zasad zrównoważonego rozwoju, Gmina Piła przygotowała Strategię transformacji energetycznej, która ma na celu wyznaczenie najistotniejszych kierunków działań w zakresie gospodarowania energią, maksymalnego wykorzystania potencjału odnawialnych źródeł energii i ograniczenia konieczności stosowania paliw kopalnych, przy jednoczesnym uwzględnieniu istniejących barier ale również szans rozwoju i uwarunkowań lokalnych.

2. Istniejący potencjał OZE wraz z możliwością ich wykorzystania

2.1. Energia słoneczna

Potencjał energii słonecznej

Energia pochodząca z promieniowania słonecznego jest uznawana za jedno z łatwiej dostępnych źródeł energii, niemniej jej ilość determinowana jest przez wiele czynników takich jak warunki atmosferyczne, zanieczyszczenia powietrza, pora dnia, pora roku czy szerokość geograficzna^{1,2}. W przypadku opisu potencjału energii słonecznej dla regionu należy zdefiniować i określić dynamikę następujących wartości:

- usłonecznienie,
- natężenie promieniowania słonecznego,
- nasłonecznienie.

Usłonecznienie to sumaryczny czas w godzinach w odniesieniu do doby/miesiąca/roku, podczas którego promieniowanie słoneczne pada na powierzchnię Ziemi w sposób bezpośredni³. Zgodnie z danymi IMGW wartość rocznego usłonecznienia w mieście Piła wzrasta (wykres poniżej). W latach 1981-1990 średnie usłonecznienie w rejonie Piły wynosiło 1603 h/rok, natomiast w latach 2011-2020 wartość ta sięgnęła aż 1817 h/rok. Średnioroczny wzrost wynosi zatem około 6,3 h/rok.

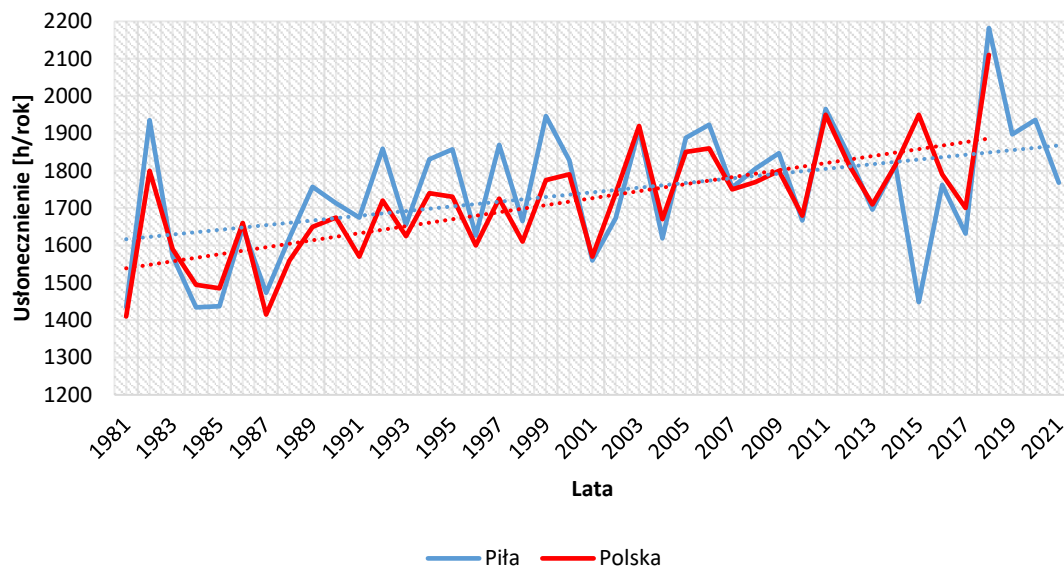
Wspomnianą zależność można również zauważyć w innych, niezależnych opracowaniach statystycznych. W pracy Marsz i Styszyńska⁴ dokonano kompletnej analizy usłonecznienia rzeczywistego w Polsce w latach 1966-2018. Analiza 50 letnich danych z 11 stacji wykazała, że z roku na rok, czas bezpośredniego promieniowania słonecznego w Polsce wzrasta, co zaprezentowano na wykresie poniżej. Najbliższą lokalizacją jednej z uwzględnionych w analizach stacji była miejscowość Chojnice oddalona o 80 km od Piły. Trend zmian w usłonecznieniu w Chojnicach wyniósł w ostatnich latach 7,8 h/rok. Trend był rosnący, co oznacza systematyczną poprawę warunków pozyskania energii słonecznej.

¹ Sala, K. (2018). Energetyka słoneczna jako czynnik rozwoju regionów i gmin w Polsce. *Przedsiębiorczość-Edukacja*, 14, 125-138.

² Matuszko, D. (2009). Wpływ zachmurzenia na usłonecznienie i całkowite promieniowanie słoneczne. Kraków: Wydawnictwo Uniwersytetu Jagiellońskiego.

³ Buriak, J. (2014). Ocena warunków nasłonecznienia i projektowanie elektrowni słonecznych z wykorzystaniem dedykowanego oprogramowania oraz baz danych. *Zeszyty Naukowe Wydziału Elektrotechniki i Automatyki Politechniki Gdańskiej*, (40), 29-32.

⁴ Marsz, A. A., & Styszyńska, A. (2021). Zmiany usłonecznienia rzeczywistego w Polsce i ich Przyczyny (1966–2018). *Prace Geograficzne*, 2021(Zeszyt 165), 23-52.



Wykres 1. Przebieg wartości usłonecznienia rocznego w rejonie Piły oraz uśredniona wartość w Polsce w latach 1981-2021^{5,6}

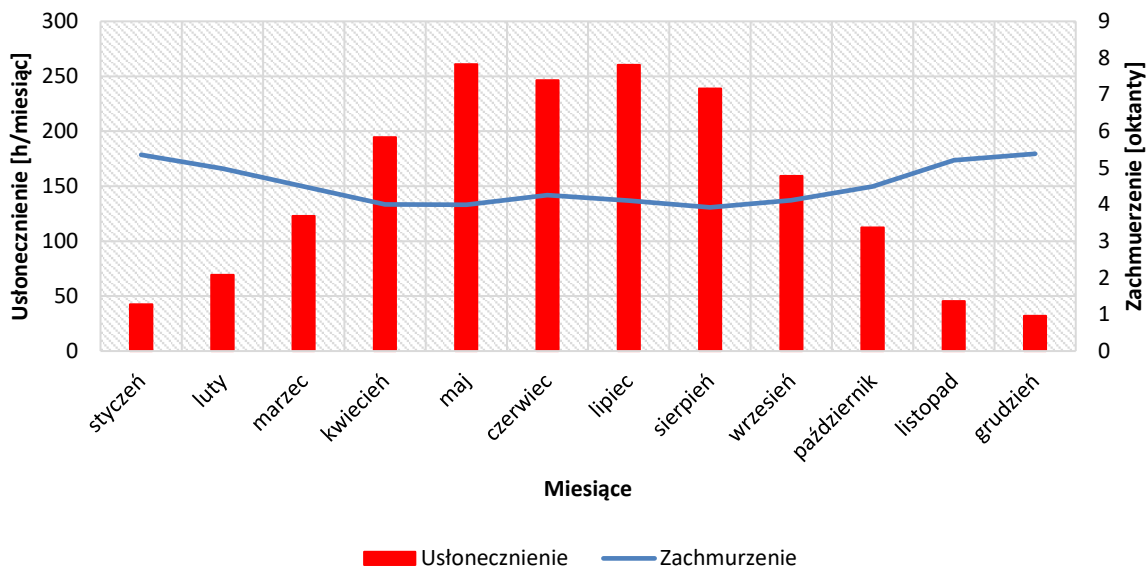
Warto jednak zaznaczyć, że wartość usłonecznienia zmienia się nie tylko z biegiem kolejnych lat, ale również jest zmienna w skali jednego roku. Zgodnie z danymi ze stacji synoptycznej zlokalizowanej w mieście Piła, największe wartości usłonecznienia przypadają na miesiące maj-sierpień i osiągają ok. 250 h/miesiąc, natomiast najmniejsze są odnotowywane w listopadzie-styczeniu i nie przekraczają 50 h/miesiąc.

Zmienność w zakresie dostępności energii słonecznej przedstawiają również dane dotyczące wartości zachmurzenia, które były zbierane w ciągu ostatnich 40 lat w ramach prowadzenia pomiarów na stacji synoptycznej w Pile. Zachmurzenie ogólne to wartość, której jednostką są oktanty. Skala oktantowa to zakres od 0 – całkowitego braku chmur do 9 – nieba w pełni zasłoniętego. Zależności zaprezentowane poniżej również dowodzą, że najlepszym okresem w roku w perspektywie pozyskania energii słonecznej jest półrocze ciepłe, w którym średnia ocena zachmurzenia wynosi 4 (w półroczu zimowym średnia wynosi 5). Dane te mają również swoje odzwierciedlenie w liczbie dni pochmurnych, które zgodnie z normami klimatycznymi 1991-2020 w półroczu zimowym osiąga 12,3 dnia, a w półroczu ciepłym to jedynie 5,6 dnia⁷.

⁵ Opracowanie własne na podstawie danych z IMGW

⁶ Marsz, A. A., & Styszyńska, A. (2021). Zmiany usłonecznienia rzeczywistego w Polsce i ich Przyczyny (1966–2018). *Prace Geograficzne*, 2021 (Zeszyt 165), 23-52.

⁷ https://klimat.imgw.pl/pl/climate-normals/D_POCHMURNE [grudzień 2022]



Wykres 2. Średnie miesięczne usłonecznienie oraz średnie miesięczne zachmurzenie w rejonie Piły w latach 1981-2021⁸

W niezależnych opracowaniach klimatycznych otrzymano podobne tendencje w zakresie wartości usłonecznienia w skali roku. Dane dla lat 1991-2020 wykazały, że w okolicach Piły średnia wartość usłonecznienia wiosną wynosi 580-600 h/rok, latem ok. 760 h/rok, jesienią 320-340 h/rok, a zimą 140-160 h/rok. Warto zaznaczyć, że w przypadku okresu ciepłego są to wartości powyżej średniej krajowej (tabela poniżej).

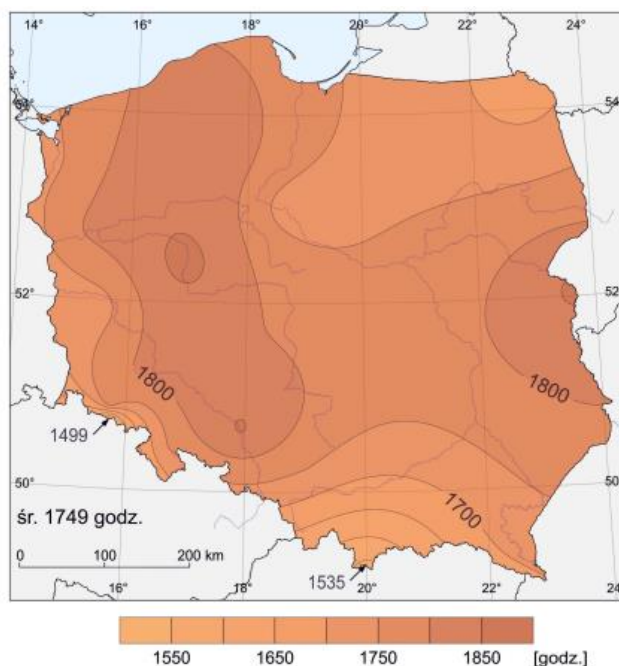
Tabela 1. Średnia wartość usłonecznienia dla lat 1991-2020 w okolicy Piły i średnia krajowa dla czterech pór roku⁹.

Pora roku / region	Usłonecznienie [h]			
	Wiosna	Lato	Jesień	Zima
Piła	580-600	760	320-340	140-160
Polska	546	712	324	167

Wartość usłonecznienia jest zmienna nie tylko w czasie, ale również zależy od lokalizacji. W Polsce, w latach 1991-2020 średnia roczna suma usłonecznienia wahała się między wartościami 1550-1850 h/rok, co zostało zaprezentowane na rysunku poniżej. Gmina Piła znajduje się w obszarze gdzie średnia wartość usłonecznienia mieści się w granicach 1800-1850 h/rok – jest to wartość powyżej średniej krajowej.

⁸ Dane IMGW [grudzień 2022]

⁹ Tomczyk, A., & Bednorz, E. (2022). Atlas klimatu Polski (1991–2020).

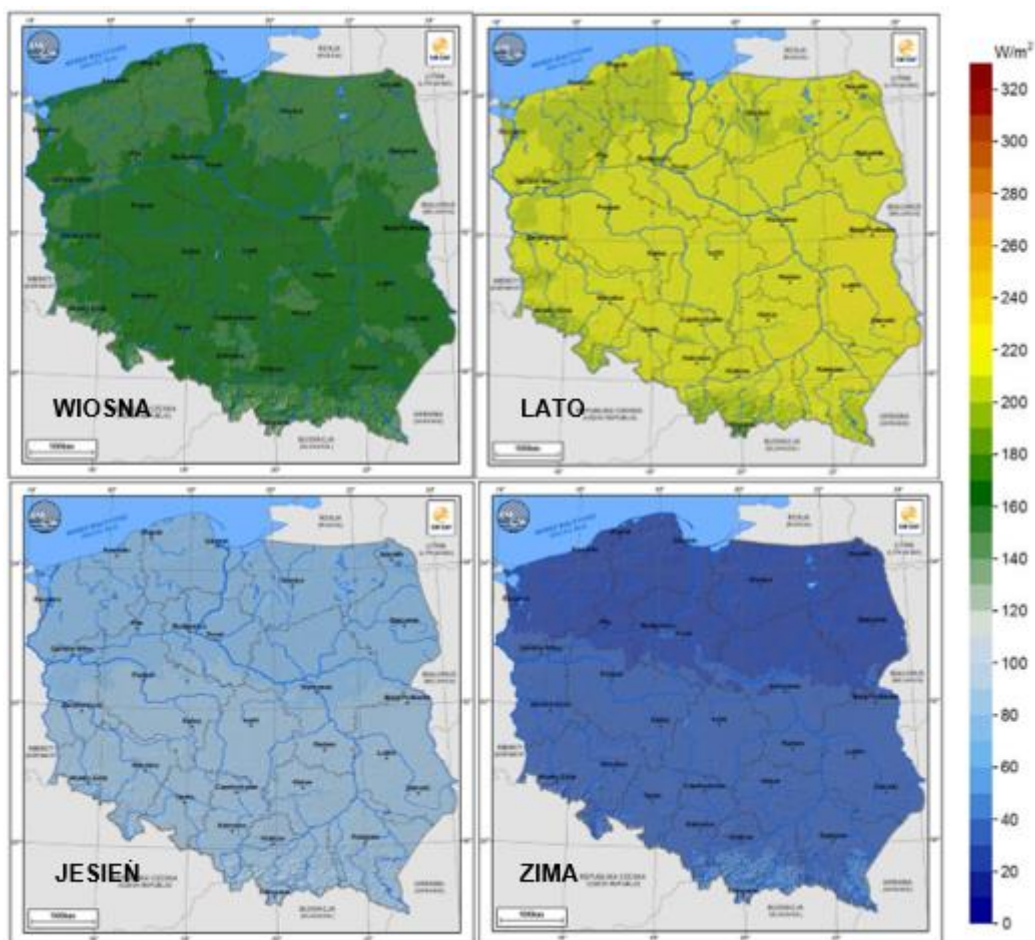


Rysunek 1. Średnia roczna suma usłonecznienia w latach 1991-2020¹⁰

Wielkością, która w bardziej bezpośredni sposób odnosi się do potencjału energii słonecznej jest wartość natężenia promieniowania słonecznego, która definiowana jest jako gęstość mocy promieniowania słonecznego padającego na 1 m² powierzchni (jednostka W/m²). Wartości promieniowania słonecznego w skali Polski zostały określone w Atlasie warunków solarnych przygotowanych przez IMGW¹¹. Atlas przedstawia dane na temat promieniowania słonecznego całkowitego i bezpośredniego z okresu 1991-2014. Mapy prezentują przestrzenny rozkład wartości: średnich, maksymalnych i minimalnych, odchylenia standardowego i anomalii, w odniesieniu do miesięcy, sezonów i roku. W rejonie Piły, średnia wieloletnia wartość promieniowania słonecznego osiąga około 120 W/m², ale wartość ta w zależności od pory roku jest różna. Poniżej przedstawiono zestawienie Średnich wieloletnich wartości całkowitego promieniowania słonecznego z rozbiciem na sezony. W okolicy Piły wiosną wartość promieniowania słonecznego osiąga ok. 140 W/m², latem jest to ok. 200 W/m², jesienią ok 60 W/m², a zimą zaledwie 20 W/m². Warunki meteorologiczne charakteryzują się bardzo nierównym rozkładem promieniowania słonecznego w cyklu rocznym – około 80% rocznego całkowitego napromieniowania przypada na 6 miesięcy sezonu wiosenno-letniego, od początku kwietnia do końca września.

¹⁰ Tomczyk, A., & Bednorz, E. (2022). Atlas klimatu Polski (1991–2020).

¹¹ https://klimat.imgw.pl/pl/solar-atlas/#sis/Yearly/2014/12/08/Multiyear_yearly_mean/ [grudzień 2022]

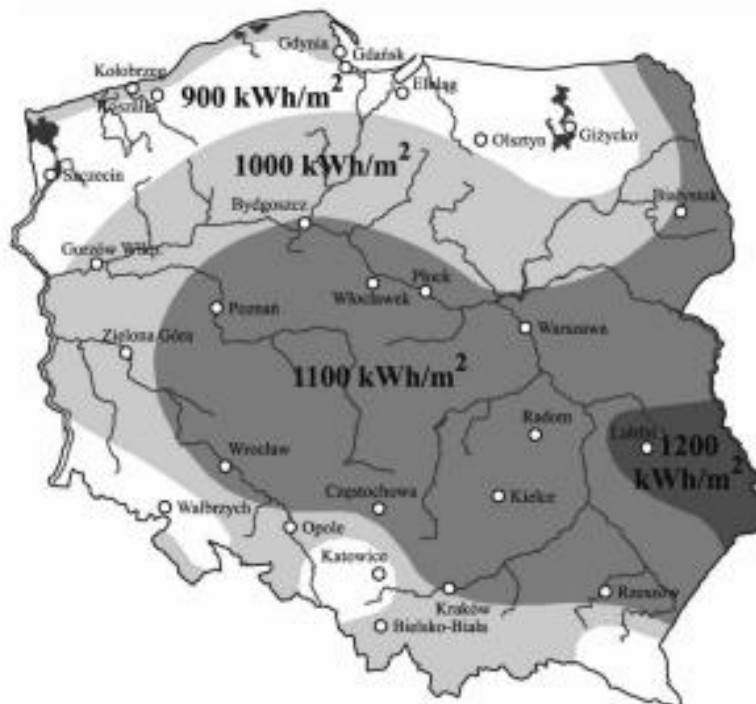


Rysunek 2. Natężenie promieniowania słonecznego w Polsce z podziałem na pory roku¹²

Zgodnie z zaprezentowanym rysunkiem powyżej, natężenie promieniowania słonecznego jest zmienną w czasie i zależy od wielu czynników. W związku z tym, najważniejszym pojęciem jest nasłonecznienie rozumiane jako suma promieniowania przypadająca na daną powierzchnię, w danym przedziale czasu¹³. Na rysunku poniżej przedstawiono charakterystykę rozkładu nasłonecznienia w Polsce w skali roku. Najkorzystniejsze warunki dla wykorzystania energii słonecznej przekraczają $1\ 050\ kWh/m^2$ i występują w pasie nadmorskim, województwie łódzkim, południowej części województw wielkopolskiego i kujawsko-pomorskiego, a także w rejonie lubelskim. Z kolei najmniej korzystne uwarunkowania (poniżej $1\ 000\ kWh/m^2$) są w rejonach suwalskim, lubuskim, obszarze występowania Sudetów oraz zachodniej części Karpat. Rejon Piły jest zlokalizowany w strefie, w której nasłonecznienie wynosi ok $1\ 000\ kWh/m^2$.

¹² Tomczyk, A., & Bednorz, E. (2022). Atlas klimatu Polski (1991–2020).

¹³ Buriak, J. (2014). Ocena warunków nasłonecznienia i projektowanie elektrowni słonecznych z wykorzystaniem dedykowanego oprogramowania oraz baz danych. Zeszyty Naukowe Wydziału Elektrotechniki i Automatyki Politechniki Gdańskiej, (40), 29-32.



Rysunek 3. Nasłonecznienie w Polsce w skali roku¹⁴

Możliwości pozyskania i wykorzystania energii słonecznej

Energia słoneczna może służyć do produkcji energii w czterech formach:

- Aktywnej konwersji fototermicznej, czyli pośredniej zamianie energii pochodzącej z promieniowania słonecznego na energię cieplną, przy pomocy instalacji zwanych kolektorami słonecznymi. Najpopularniejszym rodzajem są kolektory płaskie, które składają się z absorbera, który pochłania energię słoneczną i przekazuje ją do przewodów wypełnionych płynem grzewczym. Ich zaletą jest niska cena oraz wytrzymałość. Wadą jest niska wydajność w okresie zimowym. Należy wyróżnić również kolektory próżniowe, których sprawność w okresie zimowym jest wyższa niż kolektorów płaskich. Ma to związek z budową kolektora, która poprzez zastosowanie próżni gwarantuje wyższą sprawność urządzenia^{15,16}. Taka forma wykorzystania energii słonecznej jest popularna np. w mieszkalnictwie przy przygotowaniu ciepłej wody użytkowej.
- Pasywnej konwersji fototermicznej, czyli bezpośredniej zamianie energii pochodzącej z promieniowania słonecznego na energię cieplną, bez pomocy rozbudowanych urządzeń, a instalacji pasywnych. Bezpośredni odzysk ciepła może zostać przeprowadzony np. poprzez powierzchnie oszklone budynku lub ściany kolektorowo-magazynowe, które posiadają duże zdolności akumulacji ciepła. Takie ściany pochłaniają energię słoneczną, a następnie zamieniają ją na ciepło i oddają do środka pomieszczeń. Najlepszym przykładem konwersji fototermicznej jest wykorzystanie tego procesu przy suszeniu osadów ściekowych^{14,17}. Dodatkowym przykładem konwersji pasywnej jest taka budowa budynku, która pozwoli na maksymalne wykorzystanie zysków ciepła zimą i minimalne wykorzystanie latem.

¹⁴ Górzyński, J. (2020). Pozyskiwanie i przetwarzanie energii odnawialnej. Napędy i Sterowanie, 22.

¹⁵ <https://www.kolektory.com/kolektory-plaskie.html> [grudzień 2022]

¹⁶ <https://www.kolektory.com/kolektory-prozniowe.html> [grudzień 2022]

¹⁷ Filipiak, J., & Przybyła, C. (2011). Wykorzystanie energii słonecznej w procesie suszenia osadów ściekowych. Rocznik Ochrona Środowiska, 13, 1783-1794.

- Fotowoltaicznej konwersji, to znaczy produkcji energii elektrycznej za pomocą ogniw fotowoltaicznych (PV), które są głównymi elementami paneli. Ich zadaniem jest bezpośrednie przetworzenie energii promieniowania słonecznego na energię elektryczną. Jest to możliwe dzięki temu, że cząsteczka światła - foton pada na płytke krzemową, przez którą jest pochłaniany. W konsekwencji elektrony na płycie krzemowej są wybijane ze swojej pozycji i zmuszone do ruchu. Ruch ten to właśnie przepływ prądu elektrycznego. Panele fotowoltaiczne wykorzystywane są między innymi do zasilania oświetlenia (znaki drogowe, sygnalizacja świetlna, lampy), doładowania akumulatorów przenośnych, zasilania stacji pomiarowych (klimatycznych) pracujących w układach telemetrycznych, zasilania układów instalacji przemysłowych, a przede wszystkim do zasilania instalacji do produkcji prądu w domach jednorodzinnych. W 2022 r. wg danych Agencji Rynku Energii (ARE), moc zainstalowana wszystkich instalacji z fotowoltaiki stanowi największy udział w łącznej mocy zainstalowanej OZE w Polsce (powyżej 50%).
- Produkcji energii elektrycznej i podgrzewania cieczy w systemach hybrydowych fotowoltaiczno-termicznych. Podstawa działania kolektora, który umożliwia zamianę energii słonecznej na ciepłą elektryczną jednocześnie polega na tym, że jego przednia część gromadzi promienie słoneczne i przetwarza na energię elektryczną, a tylna część urządzenia eliminuje nadmiar ciepła z modułu fotowoltaicznego, odbiera je i przekazuje do instalacji ciepłej wody użytkowej albo centralnego ogrzewania. Po za oszczędnością miejsca, takie układy hybrydowe posiadają większą sprawność w przypadku generowania energii elektrycznej. Ma to związek z faktem, że panele fotowoltaiczne w układzie hybrydowym nie przegrzewają się, ponieważ ciepło jest odbierane przez kolektor.

Najważniejsze zalety systemów wykorzystujących energię słoneczną:

- Instalacje fotowoltaiczne mają niewielki wpływ na środowisko naturalne z powodu braku generowania gazów cieplarnianych.
- Energia słoneczna to nieograniczone źródło energii.
- Możliwości technologiczne pozwalają na przetworzenie energii słonecznej na energię ciepłą a także elektryczną.
- Konwersja energii słonecznej odbywa się na miejscu, w instalacjach indywidualnych, przez co nie ma konieczności zużywania paliwa i transportu energii.
- Instalacje służące do wykorzystania energii słonecznej są bezobsługowe, bezawaryjne i z racji niewielkich gabarytów mogą być zainstalowane w niemal każdym miejscu.

2.2. Energia wiatru

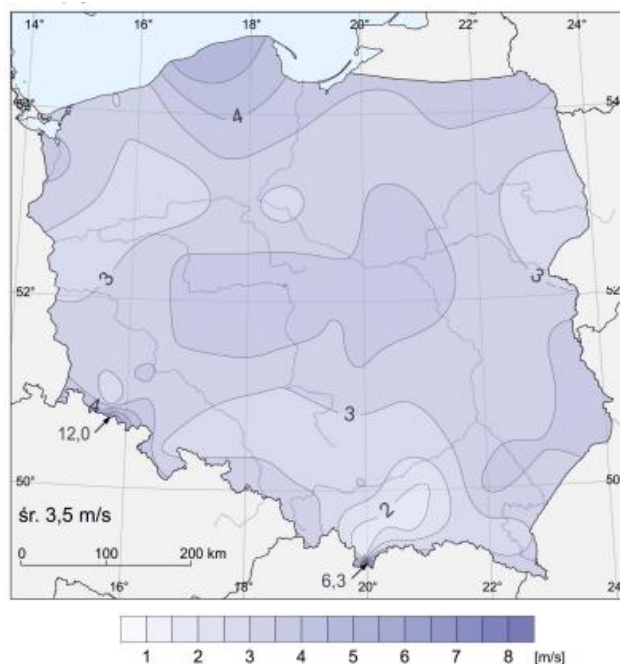
Potencjał energii wiatru

Energia wiatru jest formą energii kinetycznej, czyli jest związana z prędkością przepływu mas powietrza. Warto zaznaczyć, że ta forma energii wynika bezpośrednio z nierównomierności absorpcji promieniowania słonecznego. Obecnie podstawową możliwością wykorzystania energii wiatru są turbiny wiatrowe, których zadanie sprowadza się do zamiany energii kinetycznej najczęściej na energię elektryczną. W związku z tym, przy analizie możliwości wykorzystania energii z wiatru, należy zwrócić uwagę na prędkości przepływu mas powietrza, przy których turbina jest w stanie efektywnie pracować. Takie wartości dotyczą zakresu 3 – 25 m/s, przy czym minimalna prędkość wiatru, dla której osiągalna jest moc nominalna, to około 13 m/s^{18,19}. Tak intensywny ruch mas powietrza nie jest często odnotowywany przy

¹⁸ Adamski, M., & Bara, P. (2018). Badanie charakterystyk turbiny wiatrowej. *Budownictwo i Inżynieria Środowiska*, 9(2).

¹⁹ Trzmiel, G. (2017). Analiza metod regulacji mocy w elektrowniach wiatrowych. *Poznan University of Technology Academic Journals. Electrical Engineering*.

gruncie. Zgodnie z opracowaniem pt. Mapa Wietrzności Polski, w okresie wiosennym średnia prędkość wiatru wynosi ok. 3,32 m/s, w lecie jest to ok. 2,62 m/s, jesienią średnia prędkość wiatru w Polsce osiąga 3,26 m/s, a zimą 3,76 m/s. Dla podanych wartości średnia roczna to 3,24 m/s²⁰. Natomiast zgodnie z Atlasem Klimatu Polski średnia roczna prędkość wiatru wynosi 3,5 m/s, a w rejonie Piły jest to około 3 m/s.



Rysunek 4. Średnia roczna prędkość wiatru²¹

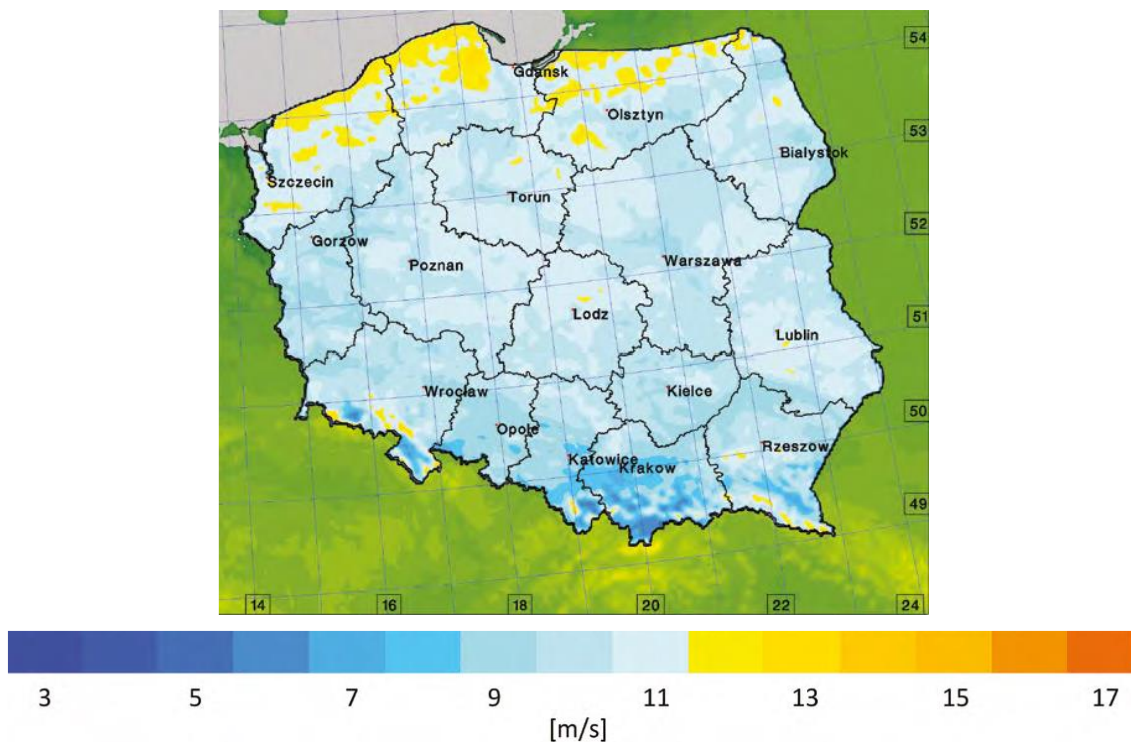
Należy jednak zwrócić uwagę, że wysokość budowanych turbin wiatrowych w Polsce może wynieść nawet powyżej 100 m²². Warunki wietrzne na wysokości 100 m n.p.g. (nad poziomem gruntu) zostały przedstawione na rysunku poniżej. Zgodnie z badaniami modelowymi w Polsce ruch mas powietrza może wynosić od 5 (Polska południowa) do 15 (wybrzeże) m/s. W okolicach Piły średnioroczna prędkość wiatru wynosi 9 – 11 m/s.

Biorąc pod uwagę takie wielkości jak energia kinetyczna wynikająca z ruchu mas powietrza, moc powietrza przepływającego w czasie, parametry turbiny wiatrowej (powierzchnia łopaty wirnika) oraz parametry powietrza (gęstość), istnieje możliwość obliczenia potencjału energetycznego wiatru. Rozkład zasobów energii wiatru na wysokości 100 m n.p.g. został przedstawiony na rysunku poniżej. Roczne zasoby energii w Polsce wahają się w przedziale 500 – 4 000 kWh/m²/rok. Największe możliwości energetyczne na tej wysokości występują na wybrzeżu, natomiast najmniejsze na południu Polski. W rejonie Piły, zasoby energii wiatru wynoszą około 2 000 – 2 500 kWh/m²/rok.

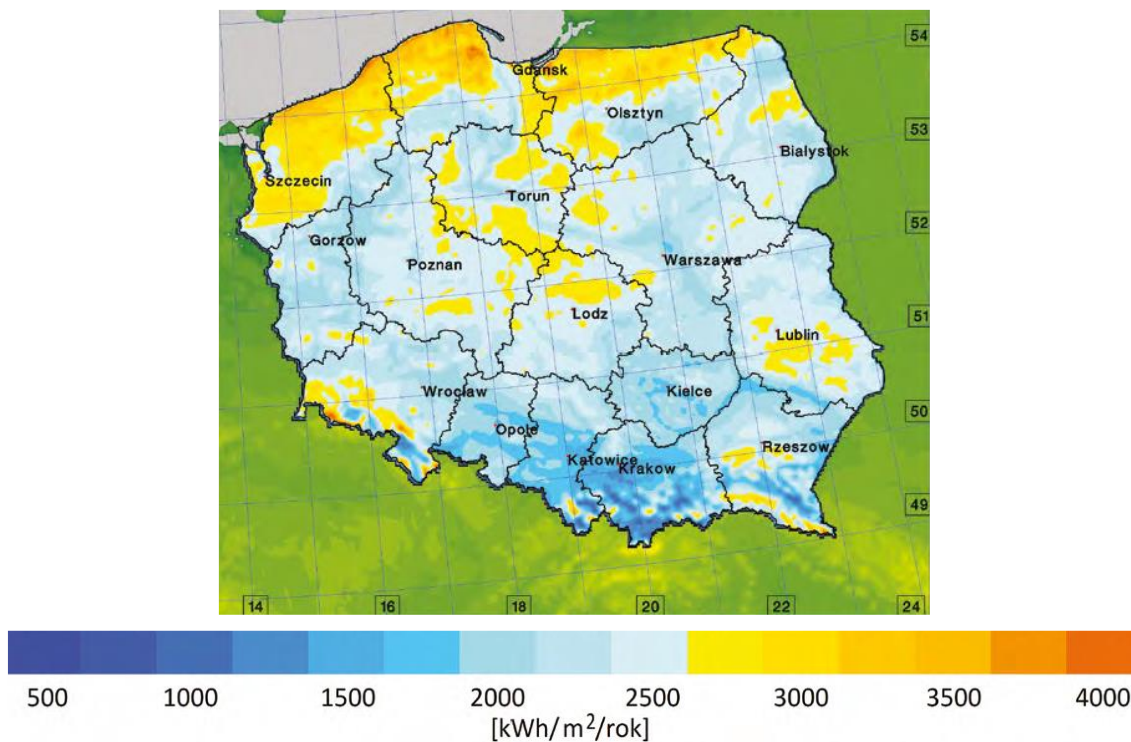
²⁰ Dygulska, A., & Perlańska, E. (2015). Mapa Wietrzności Polski. Projekt czysta energia, Słupsk.

²¹ Tomczyk, A., & Bednorz, E. (2022). Atlas klimatu Polski (1991–2020).

²² <https://www.tauron-ekoenergia.pl/elektrownie/energia-wiatrowa> [grudzień 2022]



Rysunek 5. Średnioroczne prędkości wiatru na wysokości 100 m n.p.g.²³



Rysunek 6. Średnioroczne zasoby energii wiatru na wysokości 100 m n.p.g.²³

²³ Mazur, A. (2022). Określenie zasobów energii wiatru w Polsce z wykorzystaniem rezultatów numerycznych modeli meteorologicznych= Determination of wind-energy resources in Poland using the results of numerical meteorological models. Przegląd Geograficzny, 94(1), 87-102.

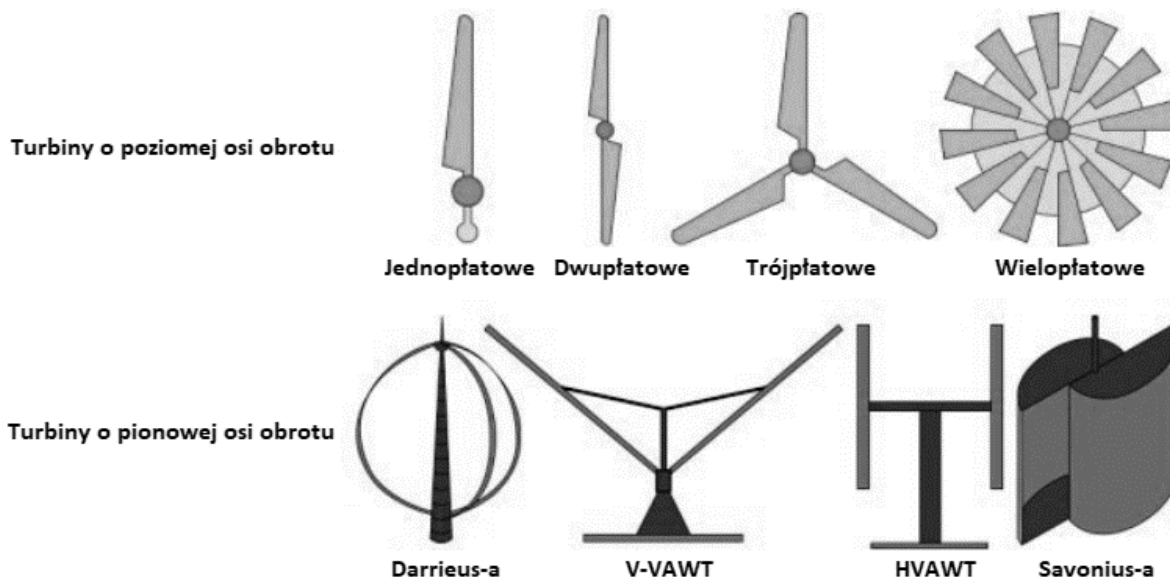
Możliwości pozyskania i wykorzystania energii wiatru

Podstawową możliwością pozyskania energii z ruchu mas powietrza jest wykorzystanie turbin wiatrowych (silników wiatrowych), które poprzez generatory produkują energię elektryczną. Instalacje takie możemy podzielić względem kryteriów:

- Zakresu stosowania, co wiąże się generowaną mocą turbiny²⁴:
 - Mikroelektrownie wiatrowe o mocy niższej niż 100 W, które wykorzystuje się do zasilania akumulatorów przy oświetleniu drogowym, miejskim, czy też zasilania poszczególnych pomieszczeń w domu.
 - Małe elektrownie wiatrowe o mocy w zakresie 100 W – 50 kW, które stosuje się do zapewnienia w energię elektryczną pojedynczych gospodarstw domowych lub mikroprzedsiębiorstw.
 - Duże elektrownie wiatrowe o mocy w przedziale 100 kW – 1 MW, które dają możliwość zasilania dużych domów, a w przypadku nadwyżek możliwa jest sprzedaż energii do sieci elektrycznej
 - Max elektrownie wiatrowe o mocy powyżej 1 MW, które znajdują zastosowanie w przemyśle energetycznym, a stosowane są zarówno na lądzie jak i na morzu.
- Typu silnika:
 - Turbiny o poziomej osi obrotu, czy w układzie klasycznym (HAWT - Horizontal Axis Wind Turbine) są stosowane w ponad 90% przypadków. Ich podstawowymi elementami są wieża, wirnik, który jest osadzony na wale i dzięki któremu napędzany jest generator oraz śmigła (najczęściej trzyłatawe). Turbina może znajdować się zarówno od nawietrznej, jak i zawietrznej strony. Poniżej przedstawiono przykłady turbin o poziomej osi obrotu. Wadą tych rozwiązań jest obecność wiatru o prędkości min. 3 m/s, a także ryzyko niszczenia się śmigieł w wyniku zaburzeń ruchu mas powietrza po stronie zawietrznej²⁵.
 - Turbiny wiatrowe o pionowej osi obrotu (VAWT Vertical Axis Wind Turbines), są mniej popularne, ale posiadają duże zalety – ich moment startowy jest praktycznie zerowy, wykorzystują siłę wiatru rzędu 1,5 m/s, a także są wytrzymałe na silne warunki wietrzne. Wśród tego typu urządzeń popularne są turbiny Savoniusa (przekrój w kształcie litery S, niewielka moc) oraz Darrieusa (posiada 2 lub 3 wygięte łopaty w kształcie litery C).

²⁴ Garbala, K., Tokajuk, A. M., Kałaur, K., & Cybulko, P. (2020). Klasyfikacja i charakterystyka turbin wiatrowych:(silników wiatrowych). Aparatura Badawcza i Dydaktyczna, 25.

²⁵ <https://elektrownie-tanio.net/moc.html> [grudzień 2022]



Rysunek 7. Rodzaje turbin wiatrowych²⁶

Najważniejsze zalety systemów wykorzystujących energię wiatrową²⁶:

- Brak generowania zanieczyszczeń do środowiska naturalnego w fazie eksploatacji. Elektrownie wiatrowe wykorzystują energię kinetyczną poruszających się mas powietrza, co jest odnawialnym źródłem energii.
- Sprawność przetwarzania energii pochodzącej z wiatru na energię elektryczną może przekraczać nawet 60%.
- Turbiny wiatrowe są uniwersalne pod względem lokalizacji. Mogą być wykorzystane na nieużytkach rolnych, na morzu, na terenie zurbanizowanym (dachy biurowców, domów, hal produkcyjnych, mostach).
- Instalacje w postaci turbin wiatrowych, w porównaniu do innych źródeł OZE zajmują niewielką powierzchnię.

2.3. Energia wody

Potencjał energetyki wodnej

Pozyskanie energii zgromadzonej w ciekach lub zbiornikach polega na zamianie energii potencjalnej na energię mechaniczną przy użyciu turbin wodnych, a następnie na energię elektryczną przy wykorzystaniu generatorów. Potencjał energii wodnej wynika zatem z natężenia przepływu wód płynących oraz różnicy poziomów pomiędzy zwierciadłem wody górnej, a dolnej, który tworzy się przy budowlach piętrzących wodę (spad).

W granicach administracyjnych gminy Piła przepływa rzeka Gwda o łącznej długości 141 km i zlewni o powierzchni 4 944 km². Źródłem Gwdy jest jezioro Wierzchowo. Ciek ma charakter rzeki nizinnej żwirowej. W kilometrze 23,44 od ujścia tego ciek do Noteci zlokalizowany jest punkt wodowskazowy Piła. Powierzchnia zlewni do wodowskazu wynosi 4 712,57 km², natomiast rzędna zera wodowskazu 54,43 m.n. Kr. W latach 1951-2010 określono również przepływy charakterystyczne rzeki: NNQ = 9,72 m³/s, SNQ = 14,30 m³/s, SSQ = 27,00 m³/s, SWQ = 54,70 m³/s, WWQ = 114,0 m³/s. Co więcej dla tego okresu przybliżono również

²⁶ Piasecka, I. (2015). Analiza wpływu na środowisko elektrowni wiatrowych (tekst referatu wygłoszony podczas konferencji: „Diagnoza stanu–dyskusja problemowa na temat możliwości rozwoju instalacji OZE w województwie kujawsko-pomorskim”).

przepływy o zadanym prawdopodobieństwie $Q_{10\%} = 76,8 \text{ m}^3/\text{s}$, $Q_{1\%} = 108,0 \text{ m}^3/\text{s}$, $Q_{0,2\%} = 128,0 \text{ m}^3/\text{s}$ ²⁷.

W celu obliczenia całkowitego potencjału energetycznego ciekę posłużono się wzorem²⁸:

$$N_{\dot{s}r} = 9,81 * Q_{\dot{s}r} * H_{\dot{s}r},$$

gdzie:

$N_{\dot{s}r}$ - teoretyczna moc rzeki Gwda w granicach gminy Piła [kW];

$Q_{\dot{s}r}$ – wieloletni średni przepływ, przyjęto wieloletni średni przepływ dla lat 1981-2021, który wynosił $27,7 \text{ m}^3/\text{s}$;

$H_{\dot{s}r}$ – spad odcinka rzeki, przyjęto wielkość spad w granicach gminy Piła, spadek wyniósł $10,7 \text{ m}$ ²⁹.

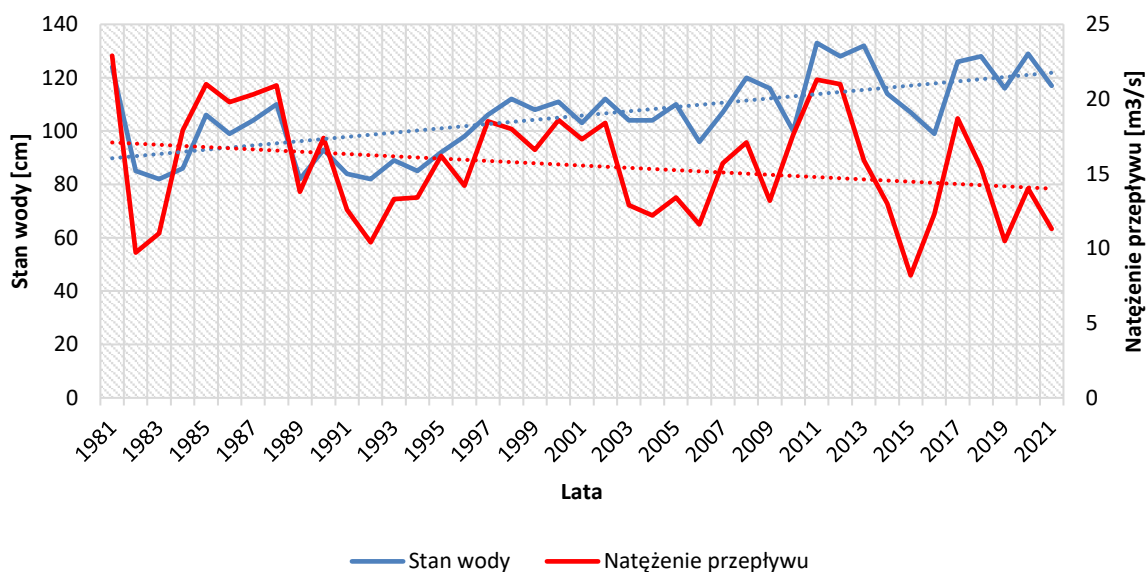
Teoretyczna moc rzeki Gwda w granicach gminy Piła wynosi $2\,908 \text{ kW}$.

Należy jednak wziąć pod uwagę, że parametry przepływu rzeki Gwda ulegają zmianie w czasie. W związku z tym, również moc rzeki ulega zmianie. Dlatego, w niniejszym opracowaniu przedstawiono również dane zebrane na stacji wodowskazowej Piła, które umożliwiły na przygotowanie zależności dotyczących dynamiki występowania określonych przepływów charakterystycznych. Na potrzeby opracowania niniejszego dokumentu zebrano i przedstawiono graficznie dane z lat 1981 – 2021. Wykres poniżej przedstawia dynamikę najmniejszych rocznych przepływów (NQ) oraz najniższych stanów wody (NW) zarejestrowanych na ciekę Gwda w Pile. Średnie z 40 lat wskazują, że wartość SNW osiągnęła 117 cm , natomiast SNQ wyniosła $15,6 \text{ m}^3/\text{s}$. W zakresie wysokości zwierciadła wody, w latach 1983, 1989 i 1992 odnotowano najniższe stany – 82 cm . Natomiast w latach 1982 i 2015 zaobserwowano najniższe przepływy – odpowiednio $9,7$ oraz $8,2 \text{ m}^3/\text{s}$. Dynamika najniższych stanów wody wskazuje na trend rosnący, z kolei roczne najmniejsze przepływy cechują się trendem malejącym, co może świadczyć o stale malejącym potencjale energetycznym wód płynących w gminie Piła.

²⁷ Raport z wykonania map zagrożenia powodziowego i map ryzyka powodziowego, IMGW PIB, Projekt ISOK Raport z zakończenia realizacji zadania 1.3.2., Informatyczny system osłony kraju przed nadzwyczajnymi zagrożeniami Nr Projektu: POIG.07.01.00-00-025/09

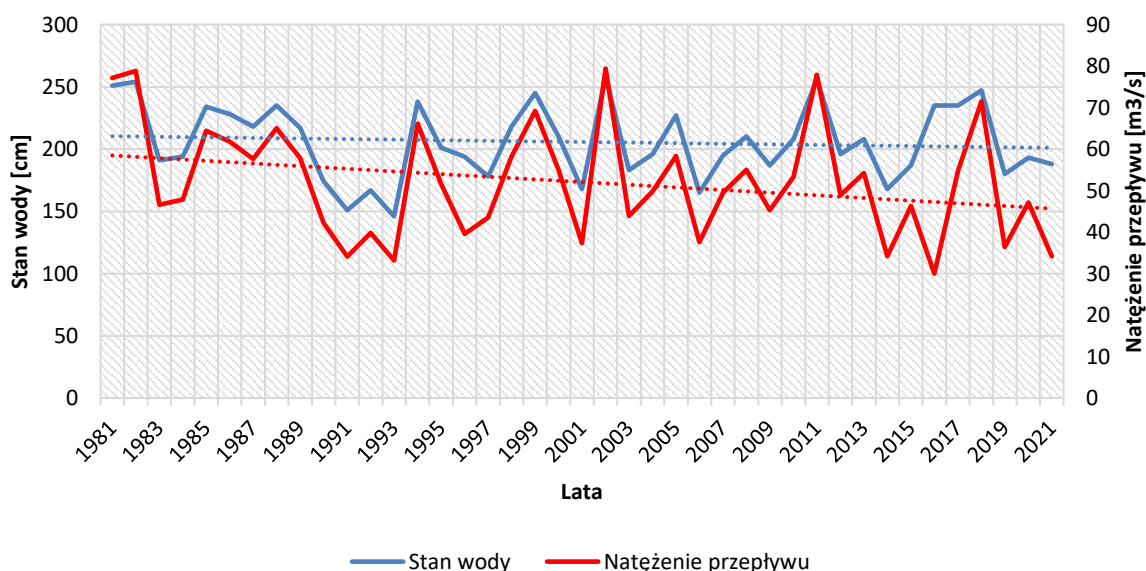
²⁸ Malczewska, B. (2010). Zmienność zasobów energetycznych wód na przykładzie rzeki Bóbr. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich, (13).

²⁹ <https://www.geoportal.gov.pl/> [grudzień 2022]



Wykres 3. Najniższe roczne stany i przepływy wody na rzece Gwda (wodowskaz Piła) w latach 1981-2021³⁰

Analogicznie do analiz przeprowadzonych powyżej, wykres poniżej przedstawia dynamikę najwyższych stanów wód (WW) oraz najwyższych przepływów (WQ) w danym roku hydrologicznym. Średnie wieloletnie wskazują, że wartość SWW osiągnęła 188 cm, natomiast SWQ wyniosła aż 52,1 m³/s. Maksymalne stany wody, a także przepływy przekraczały odpowiednio 250 cm i 77 m³/s i pojawiały się w latach 1981, 1982, 2002 oraz 2011. W przypadku obu parametrów, wskazania z ostatnich 40 lat wskazują na trendy spadkowe. W związku z tym potencjał energetyczny rzeki Gwda z roku na rok nieznacznie spada.

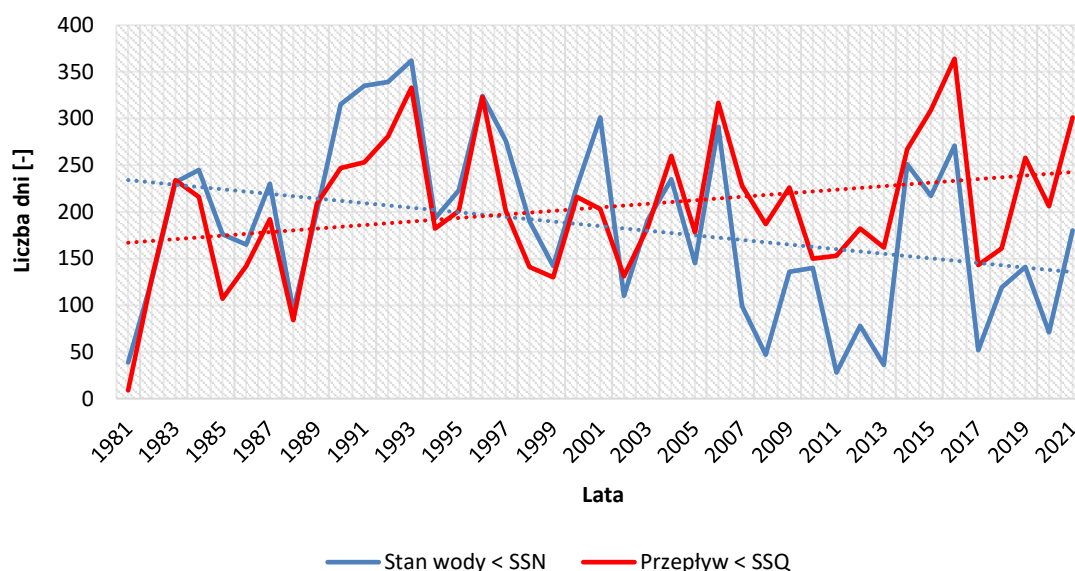


Wykres 4. Najwyższe roczne stany i przepływy wody na rzece Gwda (wodowskaz Piła) w latach 1981-2021³⁰

Odczyty z ostatnich 40 lat wskazały, że przy wodowskazie Piła, uśredniona wartość średnich rocznych stanów wód wynosi (SSW) 140 cm, natomiast uśredniony przepływ (SSQ) to

³⁰ Dane IMGW [grudzień 2022]

42,3 m³/s. W odniesieniu do tych wartości, na wykresie poniżej przedstawiono liczbę dni w roku dla których stany wody oraz natężenia przepływów nie przekroczyły wyżej wymienionych wskazań. Zaobserwowano, że liczba dni w roku ze stanem wody mniejszym niż średnia systematycznie maleje. Na początku analizowanego wykresu było to niemal 250 dni w roku, z kolei na końcu niespełna 150 dni. Zupełnie odwrotny trend jest widoczny w przypadku natężenia przepływów, dla których liczba dni w roku poniżej SSQ stale rośnie. Wzrost liczby dni poniżej wartości średnich przepływów ma swój skutek w co raz mniejszym potencjale energetycznym rzeki Gwda.



Wykres 5. Liczba dni w roku z przepływami mniejszymi niż SSW oraz SSQ na rzece Gwda (wodowskaz Piła) w latach 1981-2021³¹

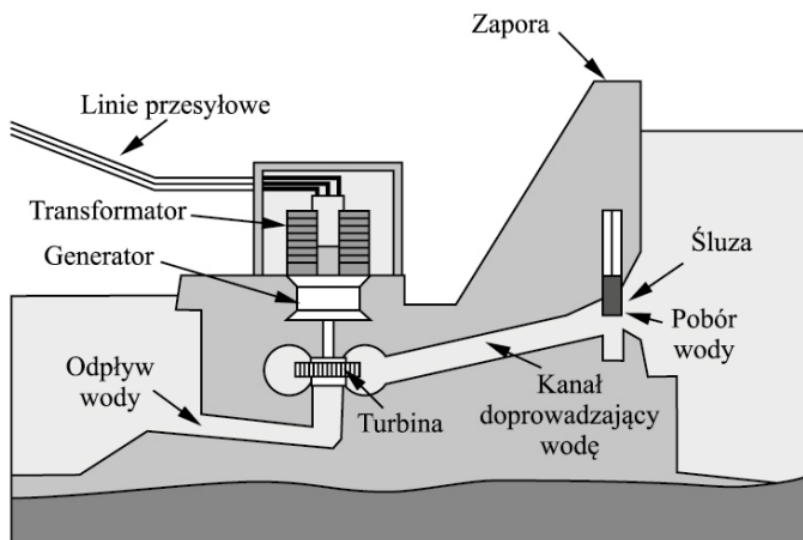
Możliwości pozyskania i wykorzystania energetyki wodnej

Wykorzystanie energii wodnej wiąże się z zamianą energii potencjalnej na energię mechaniczną, co odbywa w elektrowni wodnej (dokładniej w turbinie), a następnie na energię elektryczną przy wykorzystaniu generatorów. Podstawowymi typami elektrowni są:

- szczytowo-pompowe – wytwarzające energię elektryczną w momencie największego zapotrzebowania poprzez uwalnianie wody ze zbiornika;
- przepływowe – produkujące energię elektryczną poprzez wykorzystanie energii wody płynącej bez spiętrzania. Wykorzystują energię naturalnych cieków wodnych;
- pływowe – opierające się na energii pływów morskich;
- zbiornikowe – ich podstawowym elementem jest zbiornik, który pozwala na akumulację wody. Zasada działania tego typu elektrowni jest identyczna jak w przypadku wersji szczytowo-pompowej.

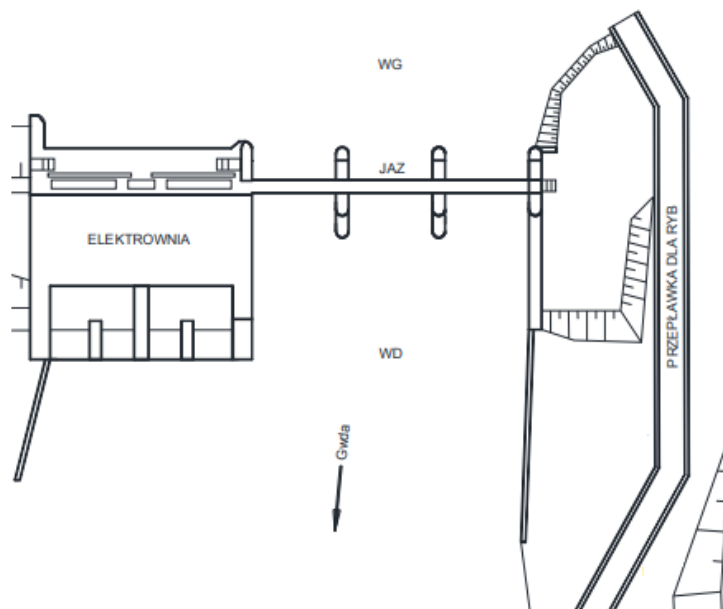
Dodatkowo można wyróżnić kategorie elektrowni ze względu na generowaną moc (mikro poniżej 200 kW, mini poniżej 1 MW, małe 1-10MW, duże powyżej 10 MW), a także ze względu na różnicę w spadzie tzn. wysokości pomiędzy wodą górną i dolną (niskie do 15 m, średnie 15-50 m, wysokie od 50 m). Na rysunku poniżej przedstawiono schemat popularnej wersji elektrowni zbiornikowej.

³¹ Dane IMGW [grudzień 2022]



Rysunek 8. Elektrownia zbiornikowa³²

Przykładem tego typu instalacji jest Elektrownia Wodna Koszyce. Głównym elementem elektrowni jest stopień wodny, dzięki któremu tworzony jest zbiornik wodny o pojemności użytecznej 1,0 mln m³, a całkowitej 2,6 mln m³. Średnia roczna produkcja energii elektrycznej to ok. 5 500 MWh. Elektrownia utrzymuje piętrzenia przez cały rok, a głównym zadaniem zbiornika retencyjnego przy elektrowni jest przyjęcie ewentualnych wód powodziowych. Elektrownia wodna wyposażona jest w dwie turbiny typu Kaplana o pionowej osi obrotu. Przepływ turbin wynosi 2 x 24,57 m³/s, spad instalowany to 3,55 m, a moc 1140 kW³³. Elektrownia została przedstawiona na rysunku poniżej.



Rysunek 9. Rzut z góry elektrowni wodnej Piła-Koszyce³³

³² Górzyński, J. (2020). Pozyskiwanie i przetwarzanie energii odnawialnej. Napędy i Sterowanie, 22.

³³ Sterpejkowicz-Wersocki, W., & Zima, P. (2017). Badania znacznikowe na stopniu wodnym Piła-Koszyce.

Najważniejsze zalety systemów wykorzystujących energię wodną³⁴:

- Brak emisji zanieczyszczeń do atmosfery podczas eksploatacji elektrowni wodnej.
- Budowa stopnia wodnego wiąże się ze zjawiskiem piętrzenia wody, co stanowi okazję do pojawienia się cennych przyrodniczo siedlisk.
- Stopnie wodne regulują przepływ w ciekach, co może mieć wpływ na zmniejszenie zagrożenia powodziowego lub pojawienia się zjawiska susz.
- Przepływ wody przez elektrownie powoduje jej natlenienie.
- Stopnie wodne sprzyjają retencji wody nie tylko w zbiorniku wodnym, ale również powodują zwiększenie wilgotności gleb terenów sąsiadujących. Może to mieć pozytywny wpływ na arealy użytkowane rolniczo w postaci zwiększenia plonów.
- Elektrownie wodne zwykle dobrze wkomponowują się w istniejący krajobraz.
- Retencja wody spowodowana obecnością stopni wodnych na których zlokalizowane są elektrownie, korzystnie wpływa na mikroklimat.

2.4. Energia geotermalna

Potencjał energii geotermalnej

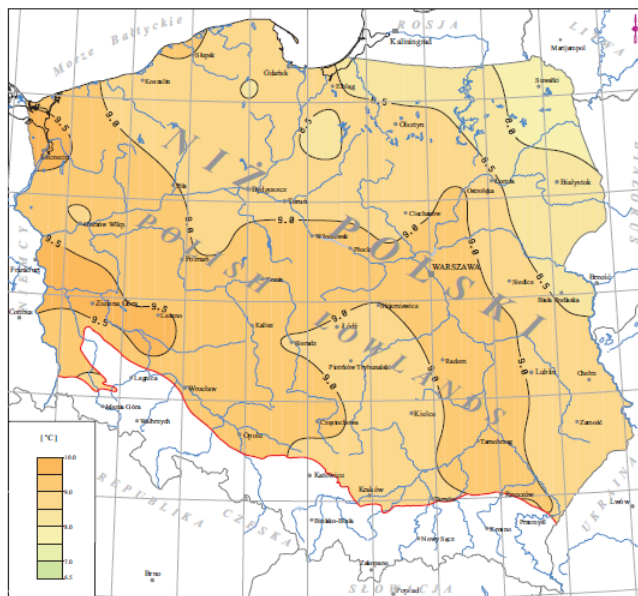
Energia geotermalna zakumulowana w systemach hydrotermalnych lub gorących suchych skałach pod powierzchnią Ziemi. Ten rodzaj energii może być wykorzystany zarówno do produkcji cieplnej (ogrzewanie oraz ciepła woda użytkowa) jak i elektrycznej (choć rzadziej, ponieważ łączy się to ze spełnieniem szeregu warunków źródła). Umownie, ciepło zaliczane do zasobów geotermalnych powinno charakteryzować się temperaturą co najmniej 20°C, jednak istnieje również możliwość efektywnej eksploatacji zasobów o niższej temperaturze w sposób pośredni (przy pomocy pomp ciepła). Energię geotermalną można podzielić na wysoko-, średnio- i niskotemperaturową. Inną nazwą geotermii wysokotemperaturowej jest geotermia głęboka, ponieważ tego typu energia zgromadzona na głębokościach do kilku kilometrów pod powierzchnią terenu. Źródłem geotermii głębokiej są gorące grunty, skały, wody gruntowe, a najczęściej układ mieszany tych ośrodków. Natomiast geotermia niskotemperaturowa to inaczej geotermia płytka, ponieważ możliwość jej pozyskania istnieje tuż pod powierzchnią gruntu.

W przypadku określenia potencjału energii geotermalnej należy wziąć pod uwagę następujące współczynniki:

- temperatura wód geotermalnych
- wydajność eksploatacyjna źródła wód geotermalnych
- głębokość zalegania warstwy wodonośnej
- skład chemiczny wód geotermalnych

W przypadku geotermii niskotemperaturowej, potencjał tego rodzaju energii wskazuje mapa zamieszczona poniżej. Średnia roczna temperatura na obszarze Niżu Polskiego na głębokości 0,5 m pod poziomem terenu waha się w przedziale 6,5 – 10,0°C. Natomiast w rejonie Piły jest to nawet 9,0°C, co może świadczyć o dużym potencjale w pozyskaniu energii (w skali kraju) przez instalacje w postaci pomp ciepła.

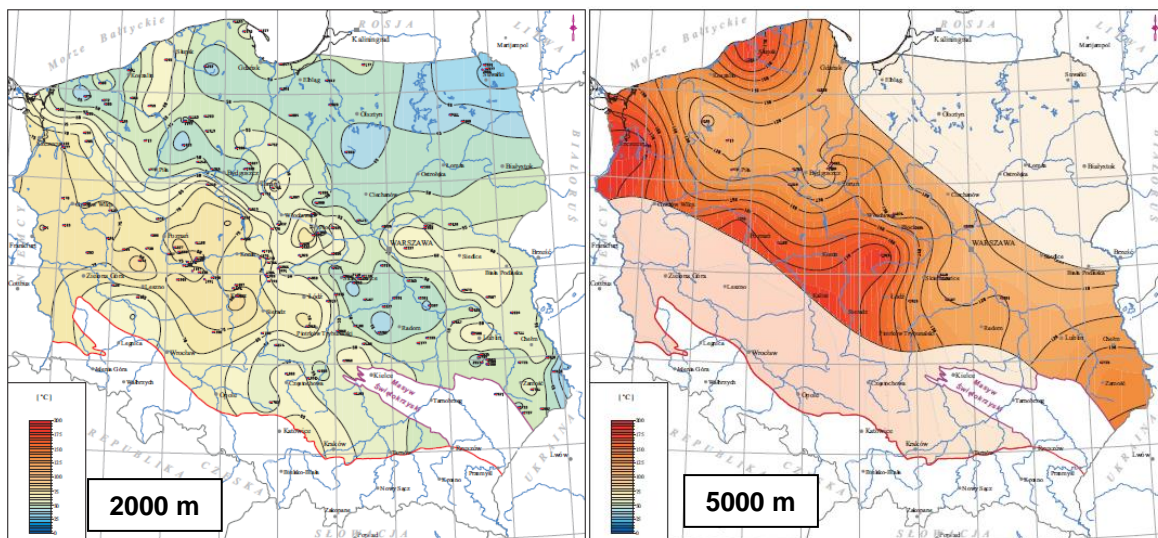
³⁴ Tomczyk, P., & Wiatkowski, M. Zalety i wady energetyki wodnej.



Rysunek 10. Mapa rozkładu temperatur średnich rocznych na głębokości 0.5 m p.p.t.³⁵

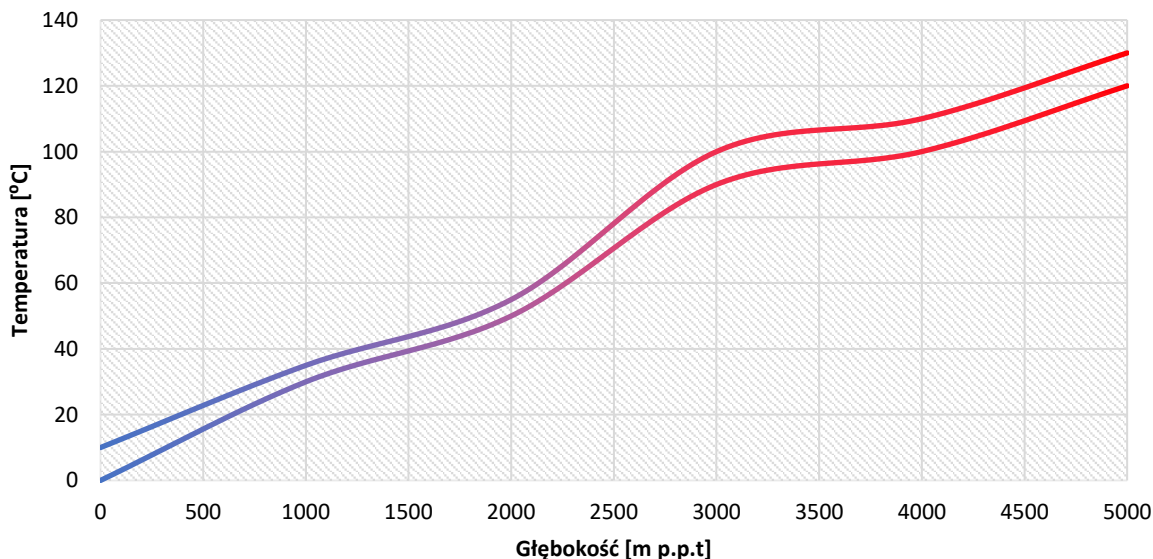
W przypadku geotermii średnio i wysokotemperaturowej, potencjał geotermalny został przedstawiony na mapach poniżej, na których wskazano rozkład temperatur na obszarze Niżu Polskiego na głębokościach od 1 000 m do 5 000 m (co 1 000 m). Na głębokości 1 000 m temperatury litosfery osiągają od 15°C (okolice Szczecina i Kalisza) do 50°C (północno-wschodnia część kraju). W przypadku głębokości 2 000 m zakres temperatur wynosi od 35°C (wschód Polski) do nawet 80°C (województwo wielkopolskie). Najniższe wartości temperatur na głębokości 3 000 m wynoszą 75°C (północna część analizowanego obszaru), a najwyższe osiągają 100-110°C (pas wielkopolska - zachodniopomorskie). W warstwach litosfery na głębokości 4 000 m ponownie obszarem o najniższej temperaturze jest północna część kraju (100°C), a najwyższe wartości temperatur (135-140°C) występują w okolicach niecki szczecińskiej i północnej części obszaru przedsudeckiego. Na głębokościach rzędu 5 000 m zakres temperatur waha się w przedziale 130°C (północna część Niżu Polskiego) do 150°C (północne części niecki szczecińskiej oraz obszaru przedsudeckiego), a lokalnie temperatury osiągają nawet 180°C.

³⁵ Szewczyk, J., & Hajto, M. (2006). Strumień ciepły a temperatury węgłbne na obszarze Niżu Polskiego. Atlas zasobów geotermalnych formacji mezozoicznej na Niżu Polskim (Kraków 2006).



Rysunek 11. Mapa rozkładu temperatur na głębokościach 2000 m oraz 5000 m na obszarze Niżu Polskiego³⁶

Na potrzeby niniejszego dokumentu, w oparciu o badania literaturowe opracowano zależność dotyczącą przebiegu temperatur w zależności od głębokości w rejonie Piły. Na głębokości ok. 1 000 m zakres temperatur określono w przedziale 30-35°C, a na głębokości 2 000 m jest to już 50-55°C. Największy skok temperaturowy dotyczy głębokości 3 000 m pod powierzchnią terenu, ponieważ modele wskazują, że temperatura w tych warstwach litosfery osiąga nawet 90-100°C. Następnie dynamika temperatur wyraźnie spada. Na głębokościach 4 000 i 5 000 metrów jest to odpowiednio 100-110°C oraz 120-130°C. Średnio wraz temperatura wzrasta o około 2,3°C na każde 100 m.



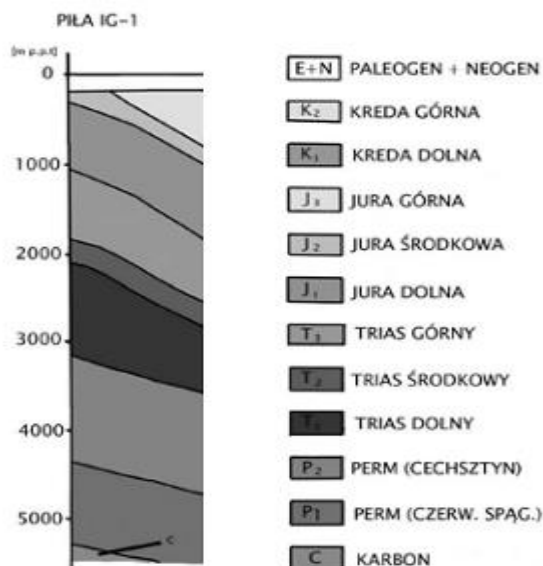
Wykres 6. Zakres temperatur pod powierzchnią terenu w zależności od głębokości w rejonie Piły³⁷

Należy również podkreślić, że w rejonie Piły zostały wykonane badania mające na celu rozpoznanie przekroju warstw geologicznych (rysunek poniżej), a także dokonano oceny

³⁶ Szewczyk, J., & Hajto, M. (2006). Strumień ciepły a temperatury wgłębne na obszarze Niżu Polskiego. Atlas zasobów geotermalnych formacji mezozoicznej na Niżu Polskim (Kraków 2006).

³⁷ Opracowanie własne na podstawie: Szewczyk, J., & Hajto, M. (2006). Strumień ciepły a temperatury wgłębne na obszarze Niżu Polskiego. Atlas zasobów geotermalnych formacji mezozoicznej na Niżu Polskim (Kraków 2006).

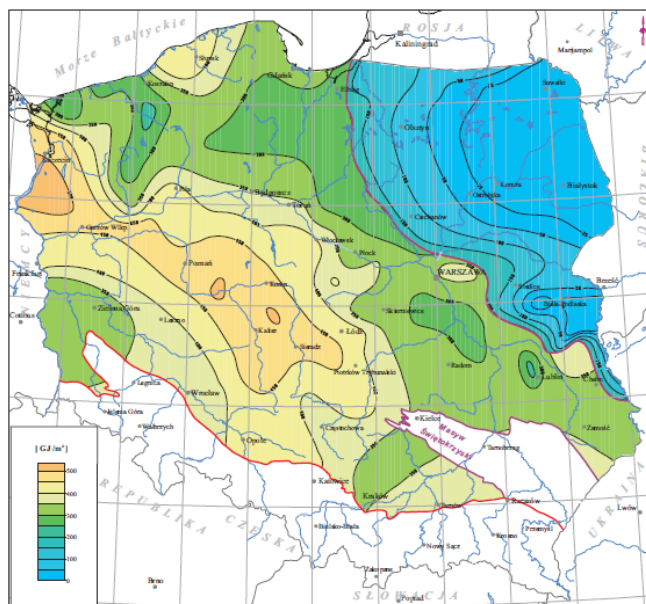
potencjału geotermalnego. Zdaniem Autora opracowania dotyczącego opisu wód geotermalnych północnej Wielkopolski, piętra dolnej kredy i dolnej jury z racji atrakcyjności pod względem warunków geotermalnych zasługują na największą uwagę. Ma to związek z występowaniem tam licznych warstw poziomów wodonośnych, których przykładowe wydatki mogą osiągać poziom 200 m³/h, a temperatura wód na głębokościach 1 345 - 1 610 m może sięgać 55-63°C³⁸.



Rysunek 12. Przekrój warstw geologicznych w Pile³⁸

Poniżej przedstawiono mapę dostępnych zasobów energii geotermalnej (na głębokości 3 000 m) na obszarze Niżu Polskiego. Największe ilości zakumulowanej energii geotermalnej w litosferze występują w okolicach miast: Szczecin, Słupsk, Kalisz, Poznań i wynoszą od 450 do 550 GJ/m². Natomiast północno-wschodnia część Polski cechuje się zdecydowanie najmniejszymi zasobami tego rodzaju energii, które wynoszą nawet poniżej 25 GJ/m². Rejon Piły zlokalizowany jest na obszarze, którego dostępna ilość energii geotermalnej to około 400 GJ/m².

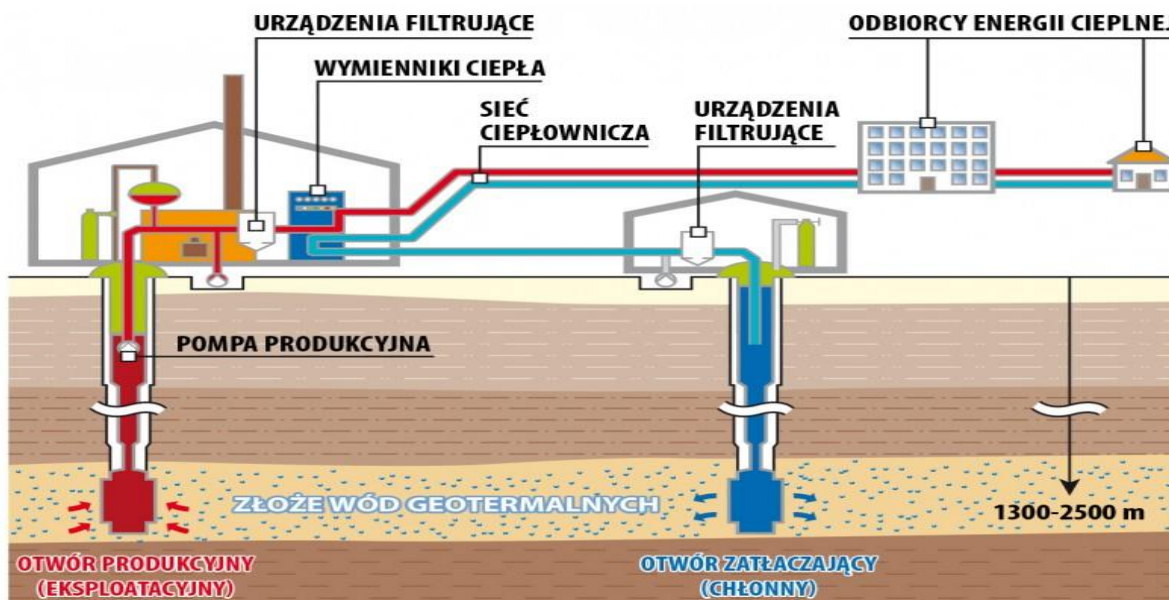
³⁸ Wolny, F. (2008). Wody geotermalne północnej Wielkopolski i możliwości ich zagospodarowania w rejonie Czarnkowa.



Rysunek 13. Mapa jednostkowych dostępnych zasobów energii geotermalnej na Niżu Polskim³⁹

Możliwości pozyskania i wykorzystania energii geotermalnej

Podstawową możliwością pozyskania energii geotermalnej ze źródeł wysoko- oraz średniotemperaturowych jest przygotowanie dwóch odwiertów. Pierwszy z nich jest otworem czerpalnym i jest odpowiedzialny za pobór wód gorących, natomiast drugi to otwór tłoczący schłodzone medium z powrotem do złoża. Warunkiem koniecznym jest zlokalizowanie obu otworów w znacznej odległości od siebie. Przykładowy schemat koncepcji systemu zaopatrzenia ciepło, którego źródłem jest energia geotermalna przedstawiono poniżej.



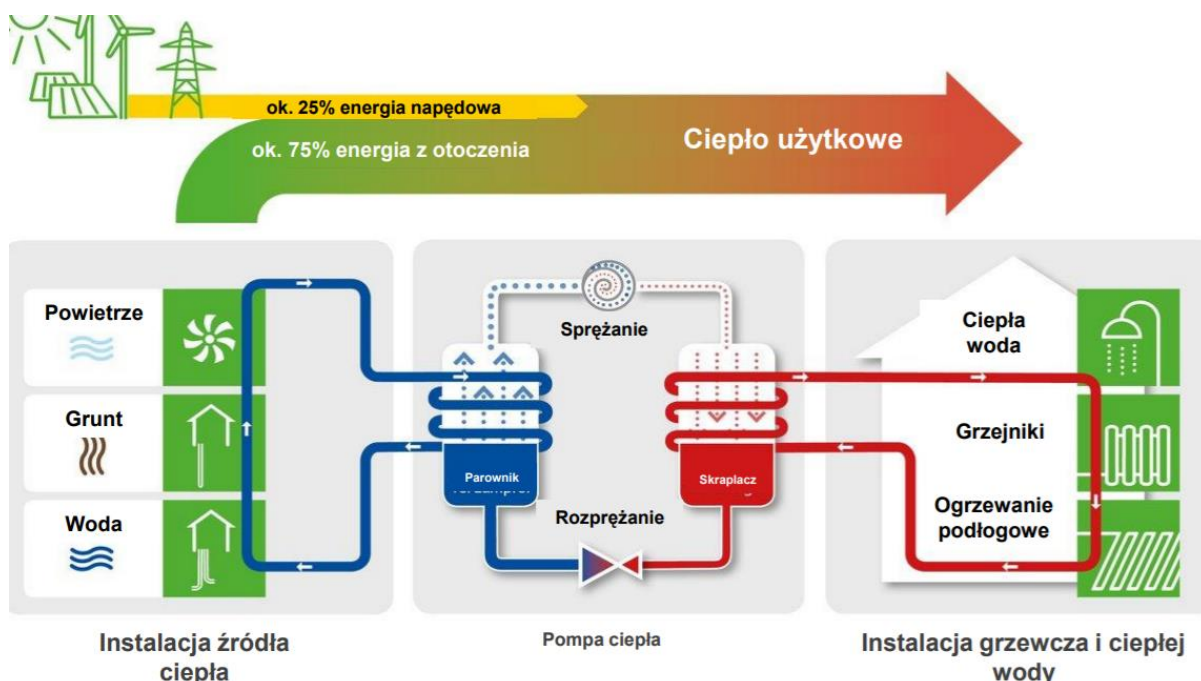
Rysunek 14. Schematyczna koncepcja systemu zaopatrzenia w ciepło przy wykorzystaniu energii geotermalnej⁴⁰

Inna praktyka dominuje w przypadku wykorzystania energii ze źródeł zaliczanych do geotermii płytkiej, ponieważ w tym przypadku zastosowanie znajdują pompy ciepła. Są to urządzenia

³⁹ Szewczyk, J., & Hajto, M. (2006). Strumień ciepły a temperatury wgłębne na obszarze Niżu Polskiego. Atlas zasobów geotermalnych formacji mezozoicznej na Niżu Polskim (Kraków 2006).

⁴⁰ <https://geotermia-uniejow.pl/woda-geotermalna/odwierty-geotermalne> [grudzień 2022]

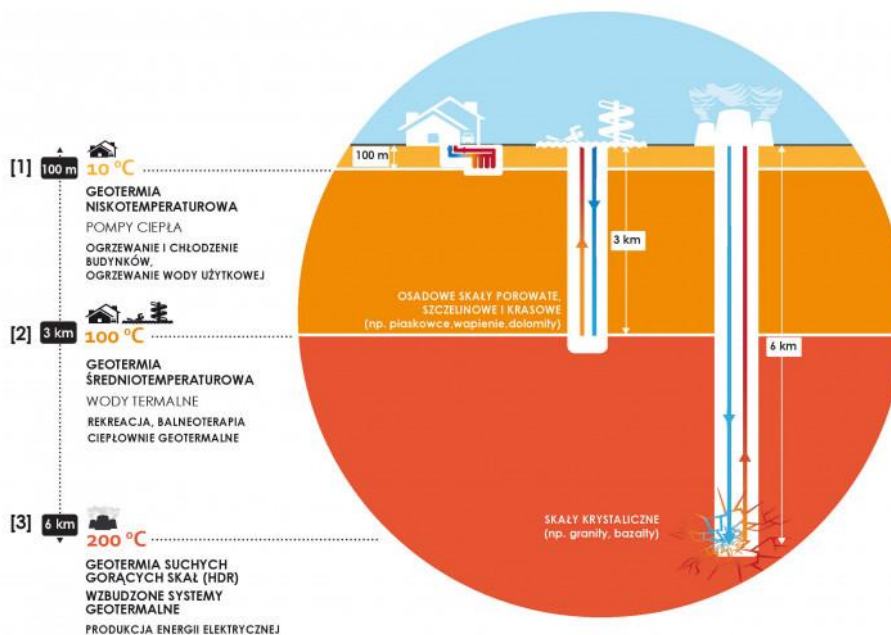
wykorzystujące ciepło niskotemperaturowe. Jest to optymalne rozwiązanie np. dla budynków jednorodzinnych. Pompy ciepła wymuszają przepływ ciepła z obszaru o niższej temperaturze do obszaru o temperaturze wyższej. Proces ten przebiega wbrew naturalnemu kierunkowi przepływu ciepła. W związku z tym koniecznym jest dostarczenie energii napędowej, np. z innych rodzajów źródeł odnawialnych. W przypadku geotermalnych pomp ciepła można wyróżnić takie z poziomym oraz pionowym gruntowym wymiennikiem ciepła. Poziomy wymiennik ciepła to sieć przewodów (zaopatrzonych w medium odpowiedzialne za wymianę ciepła - glikol) ułożona na głębokości 1,0 – 1,6 m, gdzie minimalna temperatura w warunkach Polski nie spada poniżej +5°C. Natomiast pionowy wymiennik (inaczej sonda pionowa) to instalacja, która znajduje się w odwiercie o głębokości nawet 100 m, z którego czerpie się energię. Pompy ciepła mogą wykorzystywać również ciepło pochodzące z wód gruntowych oraz powierzchniowych a także z powietrza atmosferycznego. Schemat działania pompy ciepła został przedstawiony na rysunku poniżej.



Rysunek 15. Schemat działania pompy ciepła⁴¹

Możliwości wykorzystania energii geotermalnej zależy przede wszystkim od temperatury źródła z jakiego pozyskiwane jest ciepło. Źródła o temperaturach do 30°C mogą być wykorzystywane jako dolne źródło dla pomp ciepła, które powinny być wspomagane przez energię konwencjonalną. Powyżej tych temperatur można mówić o produkcji energii cieplnej na potrzeby upraw roślin, grzybów, hodowli zwierząt, suszenia materiałów czy też przygotowania ciepłej wody użytkowej. Uważa się, że od temperatury ok. 80°C jest możliwa produkcja energii elektrycznej w systemach binarnych (w tego rodzaju systemach wykorzystywane są dwa różne, oddzielone od siebie hydraulicznie płyny robocze, w których jeden płyn dostarcza energię, a drugi napędza turbinę) a od 140°C konwencjonalna produkcja energii elektrycznej.

⁴¹ <https://www.pgi.gov.pl/>. [grudzień 2022]



Rysunek 16. Rodzaje oraz podstawowe dziedziny stosowania energii geotermalnej⁴²

Przykłady wykorzystania energii geotermalnej w Polsce⁴³

- Ciepłownictwo – w Polsce pracuje obecnie sześć ciepłowni zasilającej systemy centralnego ogrzewania. W 2020 roku łączna produkcja ciepła geotermalnego osiągnęła 256 GWh. W kraju istnieją również przykłady indywidualnych systemów grzewczych, które zaopatrują w ciepło zespoły szkół, ośrodki rekreacyjne (baseny, spa) czy też hotele.
- Lecznictwo uzdrowiskowe – wody termalne z racji występujących w nich np. soli jodowo-bromowych wykorzystywane są w celach zdrowotnych w 10 miejscach w Polsce (miejscowości uzdrowiskowe).
- Pompy ciepła – jest to zdecydowanie najpowszechniejsza forma wykorzystania energii geotermalnej. Całkowita liczba geotermalnych pomp ciepła w Polsce w 2019 roku szacowana jest na 70 tys., a ich zainstalowana moc to co najmniej 650 MW (produkcja ciepła 3100 TJ).
- Inne sposoby – w Polsce istnieją pojedyncze przykłady wykorzystania energii geotermalnej w innych dziedzinach: hodowla ryb, hodowla alg, suszenie drewna, przetwórstwo rolno-spożywcze, odzyskanie soli leczniczych lub dwutlenku węgla

Najważniejsze zalety systemów wykorzystujących energię geotermalną^{44,45}:

- Znikome oddziaływanie na środowisko w postaci emisji zanieczyszczeń do powietrza, a przy prawidłowej eksploatacji instalacji brak emisji.

⁴² <https://www.pgi.gov.pl/wody-mineralne/przydatne/geotermia.html> [grudzień 2022]

⁴³ Kępińska, B. (2021). Wykorzystanie energii geotermalnej w Polsce w latach 2019–2021. Przegląd Geologiczny, 69(9), 559-565.

⁴⁴ Świątek, M. (2022). Zalety i wady geotermii wysokiej i niskiej entalpii (wykorzystującej pompy ciepła). Wybrane przyrodnicze i prawno-administracyjne aspekty energetyki odnawialnej w Polsce, 47.

⁴⁵ Świerszcz, K. (2018). Energia geotermalna jako alternatywny zasób przeciwdziałania niskiej emisji w strategii bezpieczeństwa ekologicznego. Wyzwania i zagrożenia bezpieczeństwa i obronności w XXI wieku, w wymiarze społecznym i technologiczno-środowiskowym, Trejnis, Z. and Kościelecki, L.(ed.), ASPRA-JR, Warszawa.

- Wielkość strumienia energii cieplnej w ciągu co najmniej kilkudziesięciu lat w danym miejscu jest zazwyczaj stała, co świadczy o gwarancji pozyskania energii na stałym poziomie.
- Wykorzystanie źródeł geotermalnych to szansa na prowadzenie różnego rodzaju działalności gospodarczych (rolnictwo, hodowla, produkcja ciepła, wody pitnej, baseny, spa, działalność lecznicza, produkcja energii elektrycznej).
- Eksploatacja źródeł geotermalnych generuje relatywnie niskie koszty produkcji ciepła.
- Instalacje z zakresu energii geotermalnej nie wpływają negatywnie na estetykę krajobrazu. Główne elementy instalacji występują pod powierzchnią gruntu, nie generują hałasów czy też brzydkich zapachów, nie emitują spalin.
- Pomijając uwarunkowania przestrzennego, wykorzystanie źródeł niskotemperaturowych (przy pomocy pomp ciepła) jest możliwe na terenie całego kraju.
- Cena energii cieplnej pozyskanej ze źródeł geotermalnych jest dużo niższa niż w przypadku energii z instalacji wykorzystujących węgiel kamienny, olej opałowy czy gaz.

2.5. Biomasa

Potencjał biomasy

Biomasa nazywamy produkty ulegające biodegradacji, odpady lub pozostałości pochodzenia biologicznego z rolnictwa, w tym substancje roślinne i zwierzęce, leśnictwa i związanych z nimi działów przemysłu, w tym rybołówstwa i akwakultury, przetworzoną biomasę, a także ulegającą biodegradacji część odpadów przemysłowych lub komunalnych pochodzenia roślinnego lub zwierzęcego, w tym odpadów z instalacji do przetwarzania odpadów oraz odpadów z uzdatniania wody i oczyszczania ścieków, w szczególności osadów ściekowych, zgodnie z przepisami o odpadach w zakresie kwalifikowania części energii odzyskanej z termicznego przekształcania odpadów⁴⁶.

Ogólny potencjał biomasy zwykle wynika z zakresu działalności następujących: leśnictwa, rolnictwa (uprawy roślin energetycznych, wykorzystania słomy), gospodarki odpadami (organiczne odpady komunalne i przemysłowe, np. z przemysłu rolno-spożywczego, papierniczo-celulozowego) oraz gospodarki ściekowej (wysuszone osady ściekowe). Szacuje się, że największy udział w pozyskaniu biomasy w Polsce dotyczy rolnictwa (48%) i leśnictwa (25%)⁴⁷. Natomiast w gminie Piła potencjał związany z biomasą można określić ze względu na rodzaj biomasy, tj.:

- Potencjał energetyczny biomasy z osadów ściekowych:

Sumaryczna ilość ścieków odprowadzonych w 2021 w gminie Piła wyniosła 3 292 000 m³. Biorąc pod uwagę wskaźniki w postaci ilości osadów stabilizowanych, który wynosi 0,25 kg s.m./m³ (s.m. – sucha masa) oczyszczalnych ścieków, oraz średnią wartość opałową

⁴⁶ Ustawa z dnia 20 lutego 2015 r. o odnawialnych źródłach energii

⁴⁷ Wyszomierski, R., Bórawski, P., Jankowski, K., & Zalewski, K. (2017). Przestrzenne zróżnicowanie produkcji biomasy w Polsce. Roczniki (Annals), 2017(1230-2019-3586).

15,0 MJ/kg, to potencjał energetyczny biomasy z osadów ściekowych w gminie Piła wynosi 3429,2 MWh/rok^{48,49,50}.

– Potencjał energetyczny biomasy z odpadów:

Zgodnie z informacjami uzyskanymi z Banku Danych Lokalnych w gminie Piła w 2021 roku było zebranych 1 380,94 Mg odpadów w postaci papieru i tektury, 2 093,23 Mg odpadów biodegradowalnych, 1 864,64 Mg tworzyw sztucznych oraz 19,6 Mg tekstyliów. Przyjmując wartości opałowe na poziomie: 13,7 MJ/kg dla papieru i tektury, 15,4 MJ/kg dla odpadów biodegradowalnych, 33,5 MJ/kg dla tworzyw oraz 18,3 MJ/kg dla tekstyliów, to sumaryczny potencjał biomasy z odpadów wynosi 31660,8 MWh/rok^{51,52}.

– Potencjał energetyczny biomasy z upraw i użytków zielonych:

Zgodnie z informacjami uzyskanymi z Banku Danych Lokalnych, powierzchnia upraw postaci zbóż terenie gminy Piła w 2020 roku wyniosła 1278,8 ha. Przyjmując następujące współczynniki: produkcja słomy 5 Mg/ha, a także wartość opałową słomy 17,0 MJ/kg, potencjał energetyczny biomasy pochodzącej z upraw rolniczych w Gminie Piła wynosi 30,2 MWh/rok^{53,54,55}.

– Potencjał energetyczny biomasy z leśnictwa:

Godnie z danymi uzyskanymi z Banku Danych Lokalnych, w 2021 objętość pozyskanego drewna z zadrzewień w gminie Piła wyniosła 260 m³. Biorąc pod uwagę gęstość drewna na poziomie 605 kg/m³ oraz wartość opałową drewna 15,6 MJ/kg, to potencjał energetyczny biomasy z leśnictwa wynosi 682 MWh/rok^{56,57}.

Podsumowując całkowity potencjał biomasy w gminie Piła wynosi 35802,2 MWh/rok (około 3% całkowitego zapotrzebowania na energię).

Możliwości pozyskania i wykorzystania biomasy

Sposoby wykorzystania biomasy można podzielić na trzy główne grupy: biochemiczne (wytwarzanie paliw płynnych i gazowych), termochemiczne (wytwarzanie ciepła) oraz chemiczne (wytwarzanie paliw płynnych). W ujęciu bezpośredniego wykorzystania biomasy na cele energetycznego najważniejszą kategorią jest termochemiczne wykorzystanie biomasy, w której jedną z możliwości jest spalanie lub współspalanie gazu na cele uzyskania ciepła. Spalanie biomasy odbywa się w instalacjach, które można z kolei podzielić ze względu na rodzaj wykorzystanego nośnika energii, którym może być drewno kawałkowe, słoma, pellet, zrębki itp. Sposoby spalania biomasy oraz instalacje do tego wykorzystywane przedstawiono na rysunku poniżej.

⁴⁸ Bank Danych Lokalnych GUS [grudzień 2022]

⁴⁹ Ostojki, A., & Swinarski, M. (2018). Znaczenie potencjału energetycznego osadów ściekowych w aspekcie gospodarki o obiegu zamkniętym – przykład oczyszczalni w Gdańsku. *Rocznik Ochrona Środowiska*, 20.

⁵⁰ Rejman-Burzyńska, A., Maksymiak-Lach, H., & Jędrzyk, E. (2013). Potencjał energetyczny biogazu – ocena zasobów surowcowych do produkcji biogazu w Polsce. *Chemik*, 67(5), 446-453.

⁵¹ Bank Danych Lokalnych GUS [grudzień 2022]

⁵² Kłozy-Karczmarczyk, B., & Staszczak, J. (2017). Szacowanie masy frakcji energetycznych w odpadach komunalnych wytwarzanych na obszarach o różnym charakterze zabudowy. *Polityka Energetyczna*, 20(2), 143-154.

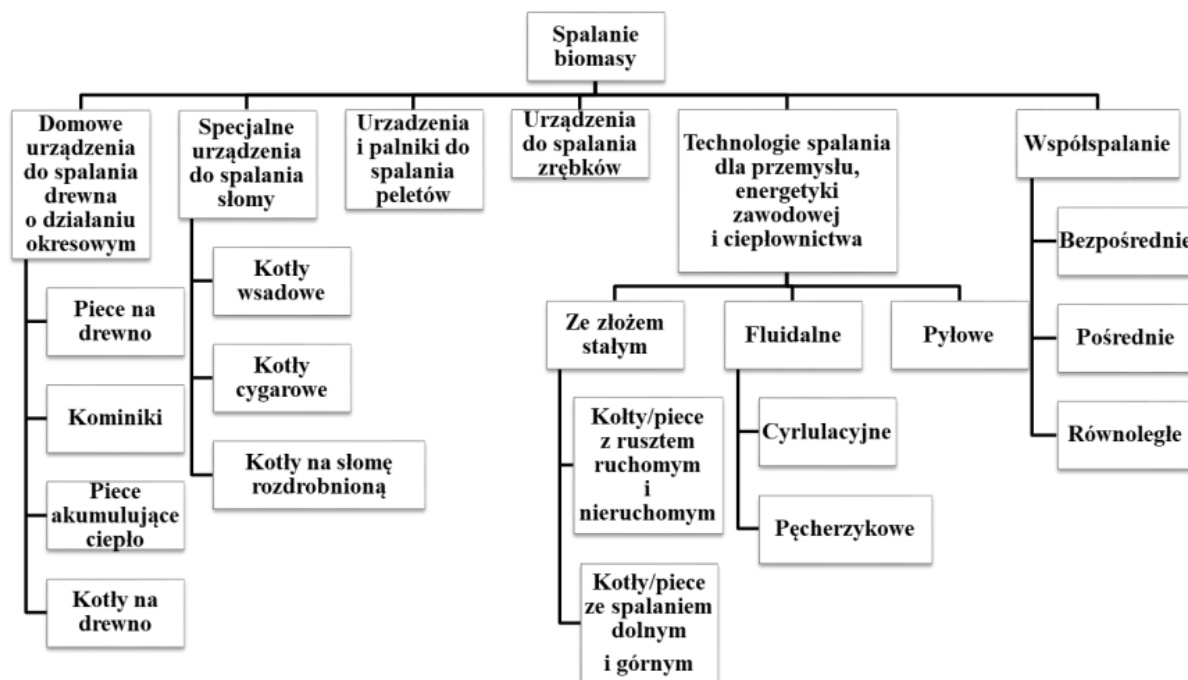
⁵³ Mikołajczak, J., Wróbel, B., & Jurkowski, A. (2009). Możliwości i bariery w produkcji biogazu z biomasy trwałych użytków zielonych w Polsce. *Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie*, 9, 139-155.

⁵⁴ <https://agrotechnology.pl/ile-jest-warta-rolka-slomysprzedac-spalic-czy-zostawic-na-polu/> [grudzień 2022]

⁵⁵ <https://www.ogrzewnictwo.pl/artykuly/paliwa/biomasa/sloma-jako-paliwo> [grudzień 2022]

⁵⁶ Bank Danych Lokalnych GUS [grudzień 2022]

⁵⁷ Wartości opałowe (WO) i wskaźniki emisji CO₂ (WE) w roku 2019 do raportowania w ramach Systemu Handlu Uprawnieniami do Emisji za rok 2022 – KOBIZE.



Rysunek 17. Możliwości spalania biomasy⁵⁸

W ramach wyżej wymienionych metod należy podkreślić sposoby współspalania biomasy, które podzielone są na bezpośrednie (jednoczesne spalanie dwóch nośników energii) równoległe (spalanie biomasy odbywa się w niezależnym kotle, a proces mieszania energii odbywa się przy mieszaniu pary wodnej powstającej ze spalania innego nośnika energetycznego (np. węgla) w innym kotle), a także pośrednie (do komory kotła głównego dostarczane jest ciepło ze spalania biomasy z przedpaleniska). Należy jednak pamiętać, że spalanie biomasy również jest źródłem emisji dwutlenku węgla, czy metali ciężkich takich jak kadm, ołów, czy rtęć. Proces spalania biomasy generuje również popioły, niemniej one mogą być wykorzystane gospodarczo, np. jako materiały budowlane, nawozy, absorbenty lub mogą służyć stabilizacji osadów ściekowych⁵⁹.

Najważniejsze zalety systemów wykorzystujących biomasę⁶⁰:

- W Polsce istnieje duży potencjał biomasy odpadowej rolniczej i leśnej.
- Instalacje służące do wykorzystania biomasy w celach energetycznych są powszechne i nieskomplikowane. Produkcja energii z biomasy wiąże się z względnie niewielkimi kosztami inwestycyjnymi.
- Koncepcja produkcji biomasy stwarza możliwość zagospodarowania terenów nieużytkowanych.
- Idea spalania biomasy to jeden ze sposobów zagospodarowania strumienia biodegradowalnych odpadów.
- Istnieje możliwość wykorzystania biomasy w systemach kogeneracji (produkcja zarówno ciepła jak i energii elektrycznej).

⁵⁸ Werle, S. (2021). Termiczne przetwarzanie biomasy odpadowej jako element gospodarki obiegu zamkniętego. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej.

⁵⁹ Uliasz-Bocheńczyk, A., & Mokrzycki, E. (2015). Biomasa jako paliwo w energetyce. Rocznik Ochrona Środowiska, 17.

⁶⁰ Igliński, B. (2019). Badanie sektora energii odnawialnej w Polsce – potencjał techniczny, badania ankietowe, analiza SWOT, analiza PEST. Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Mikołaja Kopernika.

- W cyklu ciągłym (rocznym) jest to dość stabilny nośnik energii.

2.6. Biogaz

Potencjał biogazu

Biogaz jest to gaz uzyskany z biomasy, w szczególności z instalacji przeróbki odpadów zwierzęcych lub roślinnych, oczyszczalni ścieków oraz składowisk odpadów⁶¹. W celu określenia całkowitego potencjału energetycznego biogazu w gminie Piła należy wyróżnić zakres działalności następujących sektorów gospodarki: rolnictwa, gospodarki ściekowej oraz gospodarki odpadami.

- Potencjał energetyczny biogazu z upraw i użytków zielonych:

Zgodnie z informacjami uzyskanymi z Banku Danych Lokalnych, powierzchnia łąk trwałych na terenie gminy Piła w 2020 roku wyniosła 711,11 ha, a powierzchnia pastwisk 34,52 ha. Przyjmując następujące współczynniki: wydajność powyższych upraw na poziomie 8 Mg/ha, efektywność uzyskania biogazu z biomasy rzędu 0,4 m³/kg, a także wartość opałową biogazu 23,0 MJ/m³, potencjał energetyczny biogazu pochodzącego z upraw rolniczych w Gminie Piła wynosi 15 244 MWh/rok^{62,63,64}.

- Potencjał energetyczny biogazu z odchodów zwierzęcych:

Łączna liczba zwierząt gospodarskich w 2020 w gminie Piła wyniosła 648 sztuk, z czego zdecydowaną większość (około 70%) stanowi drób, a pozostała część to bydło. Biorąc pod uwagę współczynniki emisji metanu przypadające na konkretne zwierzęta gospodarskie, a także wartość opałową tego węglowodoru, to potencjał energetyczny biogazu w tym podsektorze działalności wynosi niecałe 154 MWh/rok. Bardziej szczegółowe informacje zostały przedstawione w tabeli poniżej.

Tabela Błąd! Nieznany argument przełącznika.. Potencjał energetyczny z biogazu z odchodów zwierzęcych w gminie Piła^{63,64,65}

Rodzaj zwierząt gospodarskich	Liczba zwierząt gospodarskich [szt.]	Emisja metanu [m ³ /rok]	Energia z metanu [MWh/rok]
Bydło (bez krów)	102	99 36,1	63,5
Krowy	81	14 054,8	89,8
Drób	465	56,6	0,4
Razem	648	24 047,5	153,6

- Potencjał energetyczny biogazu z osadów ściekowych

Sumaryczna ilość ścieków odprowadzonych w 2021 w gminie Piła wyniosła 3 292 000 m³. Biorąc pod uwagę wskaźniki w postaci ilości osadów stabilizowanych, który wynosi 0,25 kg s.m./m³ (s.m. – sucha masa) oczyszczalnych ścieków, uzysk biometanu rzędu 1 Mg

⁶¹ Ustawa z dnia 20 lutego 2015 r. o odnawialnych źródłach energii

⁶² Mikołajczak, J., Wróbel, B., & Jurkowski, A. (2009). Możliwości i bariery w produkcji biogazu z biomasy trwałych użytków zielonych w Polsce. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie, 9, 139-155.

⁶³ Rejman-Burzyńska, A., Maksymiak-Lach, H., & Jędrzyk, E. (2013). Potencjał energetyczny biogazu – ocena zasobów surowcowych do produkcji biogazu w Polsce. Chemik, 67(5), 446-453.

⁶⁴ Bank Danych Lokalnych GUS [grudzień 2022]

⁶⁵ Mielcarek, P. (2012). Weryfikacja wartości współczynników emisji amoniaku i gazów cieplarnianych z produkcji zwierzęcej. Inżynieria rolnicza, 16, 267-276.

s.m. na 260 m³ osadu oraz wartość opałową 23,0 MJ/m³, to potencjał energetyczny biogazu z osadów ściekowych w gminie Piła wynosi 1 367,1 MWh/rok^{66,67}.

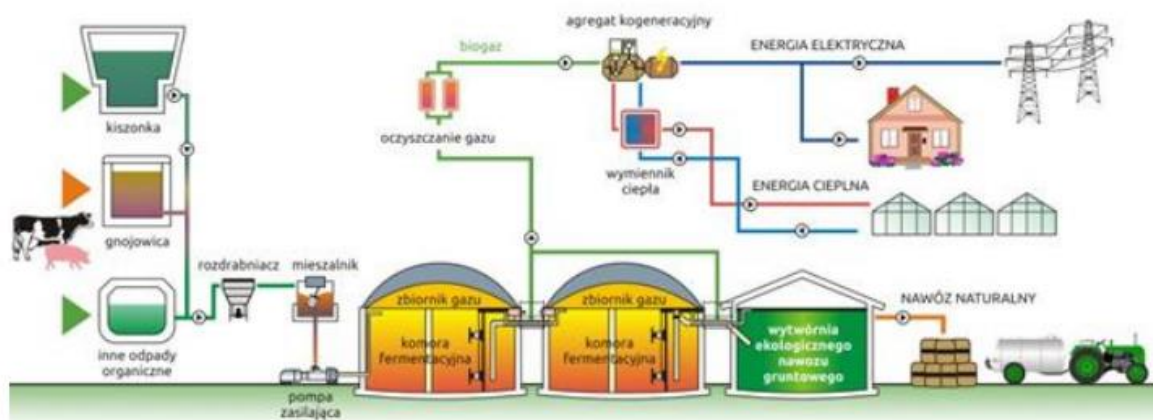
– Potencjał energetyczny biogazu z odpadów

Zgodnie z informacjami uzyskanymi z Banku Danych Lokalnych w gminie Piła w 2021 roku było zebranych 23 298,43 ton, z czego 9% to były odpady biodegradowalne. Przyjmując wskaźnik w postaci uzysku 130 m³ metanu z każdej tony odpadów biodegradowalnych, a także wartość opałową biogazu na poziomie 23,0 MJ/m³, potencjał energetyczny biogazu wynikający z gospodarki odpadami w gminie Piła wynosi 1 741,6 MWh/rok^{66,67}.

Podsumowując potencjał energetyczny biogazu w Pile wynosi 18 506,3 MWh/rok. Największy udział analizowanego potencjału przypada na uprawy i użytki zielone i jest to 82,4%. Mniejsze udziały dotyczą gospodarki odpadami (9,4%), gospodarki ściekami (7,4%) oraz hodowli zwierząt (0,8%).

Możliwości pozyskania i wykorzystania biogazu

Obecnie istnieją cztery rodzaje instalacji wytwarzających energię z biogazu. Ich podział jest zdeterminowany rodzajem pochodzenia tego typu nośnika energii, ponieważ wyróżniamy elektrownie wytwarzające energię z biogazu z oczyszczalni ścieków, z biogazu rolniczego, składowiskowego oraz mieszanego. W związku z tym rozwiązania konstrukcyjne poszczególnych biogazowni różnią się od siebie, ale każda z nich posiada części wspólne. Przykład schematu technologicznego biogazowni przedstawiono poniżej. Pierwszym etapem jest dostarczenie i zmagazynowanie odpowiedniej ilości i jakości substratów, które następnie włączane są do komory fermentacyjnej (substraty muszą być jednorodne). W wyniku procesów beztlenowych, w komorze uwalnia się biogaz, który jest oczyszczany. Następnie biogaz spalany się w instalacjach kogeneracyjnych w celu wytworzenia energii elektrycznej lub ciepłej. Ubocznym produktem procesów zachodzących w komorach fermentacyjnych jest pulpa pofermentacyjna, która może być wykorzystywana jako naturalny nawóz rolniczy.



Rysunek 18. Przykładowy schemat technologiczny biogazowni⁶⁸

⁶⁶ Bank Danych Lokalnych GUS [grudzień 2022]

⁶⁷ Rejman-Burzyńska, A., Maksymiak-Lach, H., & Jędrzyk, E. (2013). Potencjał energetyczny biogazu–ocena zasobów surowcowych do produkcji biogazu w Polsce. *Chemik*, 67(5), 446-453.

⁶⁸ Żygadło, M., & Madejski, R. (2016). The conversion of biomass into energy in farm biogas plant. *Archives of Waste Management and Environmental Protection*, 18(2), 55-68.

Najważniejsze zalety systemów wykorzystujących biogaz⁶⁹:

- W Polsce, w tym w Pile, istnieje znaczny potencjał biogazu, w szczególności w sektorze rolniczym.
- Biogaz wykorzystywany może być w systemach kogeneracyjnych, zarówno przy produkcji ciepła jak i energii elektrycznej.
- Prostota w zakresie technologii wykorzystywania biogazu sprawia, że biogazownie mogą być instalacjami powszechnymi, a w związku z tym, ten surowiec energetyczny może być wykorzystywany w miejscu powstawania.
- Istnieje możliwość wykorzystania biogazu w sektorze transportu.
- Biogaz stanowi dość stabilny nośnik energii w cyklu stałym (np. rocznym).

⁶⁹ Igliński, B. (2019). Badanie sektora energii odnawialnej w Polsce–potencjał techniczny, badania ankietowe, analiza SWOT, analiza PEST. Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Mikołaja Kopernika.

3. Obecne wykorzystanie potencjału OZE

W powyższym rozdziale „Istniejący potencjał OZE wraz z możliwością ich wykorzystania” opisano poszczególne rodzaje odnawialnych źródeł energii wraz z potencjałem do wykorzystania na obszarze miasta Piła. Poniżej przedstawiono stan obecnego wykorzystania odnawialnych źródeł energii w poszczególnych sektorach, tj. w:

- budynkach użyteczności publicznej (BUP),
- budynkach mieszkalnych (jedno i wielorodzinnych),
- budynkach i obiektach usług i handlu,
- budynkach i obiektach przemysłowych,
- transporcie.

Dane o wykorzystywanym potencjale OZE w Pile zebrano na podstawie:

- ankietyzacji jednostek organizacyjnych i spółek miejskich,
- inwentaryzacji źródeł niskiej emisji w mieszkalnictwie wielorodzinnym, obejmującą min. 50% obiektów mieszkalnych z obszaru gminy, z wyłączeniem budynków podłączonych do miejskiej sieci ciepłowniczej,
- ogólnodostępnych raportów Urzędu Regulacji Energetyki (URE),
- innych ogólnodostępnych danych.

3.1. Budynki użyteczności publicznej (BUP)



W budynkach użyteczności publicznej energia z odnawialnych źródeł pochodzi z instalacji fotowoltaicznych, kolektorów słonecznych oraz energii geotermalnej (pomp ciepła).

W wyniku ankietyzacji interesariuszy Planu zebrano informacje, iż obecnie na obszarze gminy Piła zlokalizowane są następujące budynki użyteczności publicznej, korzystające z energii słonecznej za pomocą paneli fotowoltaicznych:

- Dom Studenta ANS przy ul. Żeromskiego – o mocy instalacji 49,98 kW;
- Aquapark Piła – o mocy instalacji 49,61 kW;
- Szkoła Podstawowa nr 7 – o mocy instalacji 42 kW;
- Wojewódzki Ośrodek Ruchu Drogowego w Pile – budynek administracyjny – o mocy instalacji 39,5 kW;
- GWDA Sp. z o.o. w Pile – o mocy instalacji 40 kW;
- Przedszkole nr 2 w Pile – o mocy 15 kW;
- Przedszkole nr 4 w Pile – o mocy 30 kW;
- Przedszkole nr 12 w Pile – o mocy 30 kW;
- Przedszkole nr 14 w Pile – o mocy 30 kW;
- Przedszkole nr 17 w Pile – o mocy 30 kW;
- Przedszkole nr 19 w Pile – o mocy 30 kW;
- Szkoła Podstawowa nr 3 w Pile – o mocy 10 kW;
- Szkoła podstawowa nr 6 w Pile – o mocy 39 kW;

Kolektory słoneczne są w Pile zamontowane na dwóch budynkach publicznych⁷⁰:

- Szkole Podstawowej nr 7 – powierzchnia kolektorów 2,2 m²;
- Szpitalu Specjalistycznym w Pile im. Stanisława Staszica – instalacja o mocy 184 kW.

Pompy ciepła natomiast są używane na terenie Piły w następujących budynkach użyteczności publicznej:

- w budynku Spółki Wodno-Ściekowej Sp. z o.o. GWDA;
- w Szkole Podstawowej nr 7 w Pile;
- na terenie stacji uzdatniania wody Miejskich Wodociągów i Kanalizacji Sp. z o.o.
- w budynku Państwowej Straży Pożarnej w Pile.

W trakcie realizacji są inwestycje polegające na montażu OZE w budynkach użyteczności publicznej. Należą do nich:

- montaż paneli fotowoltaicznych oraz wymiana oświetlenia na energooszczędne w Aquaparku Piła;
- budowa naziemnej instalacji fotowoltaicznej o mocy 50 kW na terenie oczyszczalni ścieków GWDA w Pile;
- dostawa i montaż wraz z uruchomieniem instalacji fotowoltaicznej na dachu budynku JRG PSP Nr 1 w Pile;
- montaż paneli fotowoltaicznych przy budowanej Hali sportowej przy Szkole Podstawowej nr 7 im. Adama Mickiewicza w Pile.

Z informacji otrzymanych od jednostek organizacyjnych oraz spółek miejskich na potrzeby opracowania Planu gospodarki niskoemisyjnej dla Gminy Piła wynika również, że zaplanowano działania dotyczące inwestycje w odnawialne źródła energii w kolejnych budynkach użyteczności publicznej. Do działań tych należą:

- Budowa farm fotowoltaicznych na terenie Miejskiej Energetyki Ciepłej Piła Sp. z o.o.;
- Budowa instalacji fotowoltaicznej przez MWiK Sp. z o.o. (na terenie Wydziału Kanalizacji przy ul. Śmiłowskiej w Pile);
- Budowa instalacji fotowoltaicznej przez MWiK Sp. z o.o. - SUW Gładyszewo;
- Modernizacja energetyczna obiektów MZK Sp. z o.o. przy ul. Łącznej 4 z zabudową OZE;
- Montaż instalacji fotowoltaicznej na terenie MZK Sp. z o.o. przy ul. Łącznej 4;
- Montaż instalacji fotowoltaicznej na dachu biurowca Regionalnej Dyrekcji Lasów Państwowych w Pile;
- Zielona Energia dla Szpitala Specjalistycznego w Pile im. Stanisława Staszica (montaż instalacji fotowoltaicznej);
- Budowa węzła fermentacji mezofilowej przy oczyszczalni ścieków GWDA w Pile.

⁷⁰ Na podstawie ankietyzacji interesariuszy

3.2. Mieszkalnictwo



W sektorze mieszkalnictwa przeprowadzono inwentaryzację źródeł niskiej emisji (obejmującą min. 50% obiektów mieszkalnych z obszaru gminy, z wyłączeniem budynków podłączonych do miejskiej sieci ciepłowniczej), w ramach której zapytano m.in. o istniejące instalacje OZE – kolektory słoneczne, panele fotowoltaiczne oraz pompy ciepła. Z przeprowadzonej inwentaryzacji wynika, iż w budynkach mieszkalnych poddanych inwentaryzacji, na terenie Piły, zainstalowane są:

- 373 mikroinstalacje fotowoltaiczne,
- 33 instalacje kolektorów słonecznych,

co stanowi odpowiednio udział 1,4% oraz 0,1% w odniesieniu do ogólnego zapotrzebowania na energię w budynkach mieszkalnych. Z tychże instalacji produkowane jest rocznie ok. 4,9 tys. MWh energii.

W zinwentaryzowanej części sektora mieszkalnictwa zlokalizowano 72 pompy ciepła, z których w ciągu roku produkowanych jest ok. 576 MWh energii cieplnej.

Należy mieć na uwadze, iż inwentaryzacja źródeł niskiej emisji w sektorze mieszkalnictwa nie objęła wszystkich domostw, zatem obecnych potencjał dla instalacji fotowoltaicznych, kolektorów słonecznych oraz pomp ciepła w tym sektorze jest jeszcze większy, jednakże brak jest możliwości określenia go z większą dokładnością.

Mieszkańcy Piły do ogrzewania swoich domostw poza węglem, ciepłem sieciowym, gazem ziemnym oraz olejem opałowym, spalają również biomasę w postaci drewna, pelletu i brykietu. Na podstawie przeprowadzonej inwentaryzacji w budynkach mieszkalnych, obliczono ilość zużywanej biomasy dla całego sektora. W sektorze mieszkalnictwa w 2021 r. zużyto 9 961,182 Mg biomasy.

3.3. Usługi, handel, przemysł



W ogólnodostępnych źródłach brak szczegółowych informacji o całkowitym potencjale dla sektora usług, handlu i przemysłu dla miasta. W związku z tym poniżej przedstawiono potencjał OZE w dużej części dla powiatu piłskiego, do którego należy Miasto Piła.

Według danych Urzędu Regulacji Energetyki (URE) w powiecie piłskim zlokalizowane są 2 instalacje wytwarzające energię elektryczną z energii słonecznej (stan na dzień 31 grudnia 2021 r.) Łączna moc tych instalacji wynosi 42 kW. Dodatkowo, według rejestru wytwórców energii w małej instalacji, na terenie Piły prywatne przedsiębiorstwo posiada 5 instalacji fotowoltaicznych, każda o mocy 0,99 MW⁷¹. Warto również wspomnieć o inwestycji w postaci budowy trzech elektrowni fotowoltaicznych o mocy 5,5 MW, której otwarcie nastąpiło z początkiem 2023 roku.

Na terenie gminy Piła nie występują instalacje wytwarzające energię elektryczną z wiatru. Czynnikiem ograniczającym rozwój energetyki wiatrowej na terenie Piły mogą być warunki krajobrazowe, m.in. sieć obszarów chronionych (obszary NATURA 2000, rezerваты przyrody, obszary chronionego krajobrazu).

Zasoby energetyczne rzeki Gwdy dają możliwość budowy instalacji korzystających z hydroenergii. Obecnie na terenie Piły funkcjonuje Elektrownia Wodna Koszyce, która zalicza się do małej energetyki wodnej (MEW). Średnia roczna produkcja energii elektrycznej wynosi

⁷¹ <https://rejstry.ure.gov.pl/o/21> [grudzień 2022]

ok. 5 500 MWh. Elektrownia utrzymuje piętrzenia przez cały rok, natomiast głównym zadaniem zbiornika retencyjnego przy elektrowni jest przyjęcie ewentualnych wód powodziowych.

Według danych URE w powiecie piłskim znajduje się 10 instalacji wodnych o łącznej mocy zainstalowanej 3,868 MW (stan na 31 grudnia 2021 r.).

W zakresie instalacji wytwarzającej energię elektryczną z biomasy, według danych URE w powiecie piłskim nie funkcjonują takie instalacje, natomiast działają 2 instalacje wytwarzających energię elektryczną z biogazu. Łączna moc tych instalacji wynosi 0,886 MW.

Na terenie miasta Piła nie znajdują się eksploatowane źródła geotermalne.

3.4. Transport



W miejskim transporcie zbiorowym gminy Piła nie wykorzystuje się pojazdów napędzanych biopaliwami⁷². W zakresie odnawialnych źródeł energii warto nadmienić, iż powstały w Pile, przy węźle przesiadkowym przy ulicy 1 Maja, wiaty przystankowe zasilane instalacją fotowoltaiczną z magazynem energii, wyposażone w ogrzewane ławki, energooszczędne oświetlenie LED oraz system antyoblodzeniowy. Fotowoltaiczne wiaty przystankowe powstały w ramach projektu „Rozwój miejskiego zbiorowego transportu niskoemisyjnego wraz z systemem zarządzania komunikacją miejską w Pile”.

3.5. Podsumowanie wykorzystania OZE

W niniejszym rozdziale dotyczącym obecnego wykorzystania potencjału OZE, wykorzystano głównie informacje uzyskane od jednostek organizacyjnych i spółek miejskich Miasta Piły, dane z przeprowadzonej inwentaryzacji źródeł niskiej emisji w sektorze mieszkalnictwa oraz dane z rejestru wytwórców energii prowadzonego przez Urząd Regulacji Energetyki.

Poniżej, na podstawie wszystkich pozyskanych danych, podsumowano produkcję energii pochodzącej z OZE. Do kategorii biomasy wliczono spalane w gospodarstwach domowych oraz w innych sektorach drewno opałowe oraz pellet.

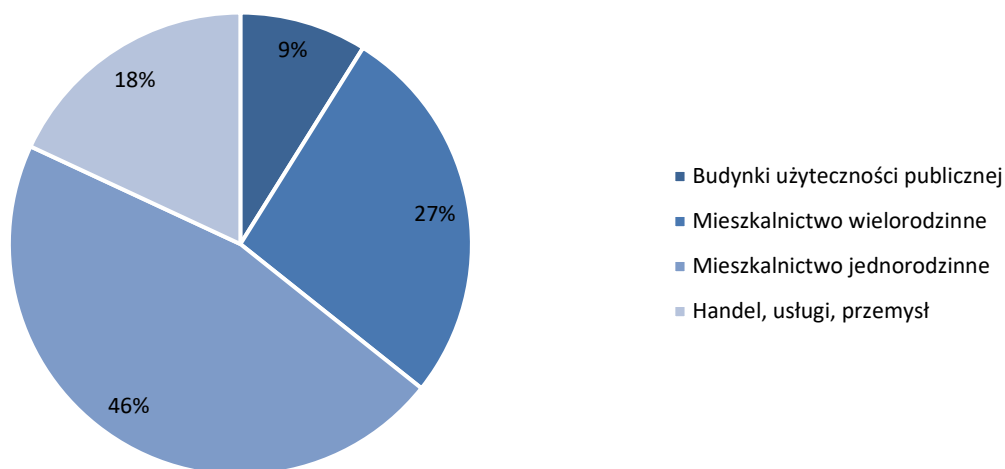
Tabela 3. Podsumowanie produkcji energii z OZE w gminie Piła

Rodzaj OZE → Sektor ↓	OZE biomasa	OZE słoneczna ciepłna	OZE słoneczna elektryczna	OZE geotermalna, pompy ciepła	OZE wodna	Razem
	MWh/rok					
Budynki użyteczności publicznej	5 612	29	202	150	0	5 993
Mieszkalnictwo wielorodzinne	15 844	81	1 714	423	0	18 061
Mieszkalnictwo jednorodzinne	27 322	139	2 956	729	0	31 145
Handel, usługi, przemysł	1 675	0	5 000	0	5 500	12 175
Razem	50 452	248	9 872	1 302	5 500	67 374

Najwięcej energii pochodzącej z OZE produkowanej oraz zużywanej (w przypadku biomasy) jest w sektorze mieszkalnictwa, łącznie ok. 73% całkowitego obecnego potencjału OZE dla Piły, następnie w sektorze handlu, usług, przemysłu – ok.18% oraz w sektorze budynków użyteczności publicznej – ok. 9%. Tak dobry wynik dla mieszkalnictwa wynika przede

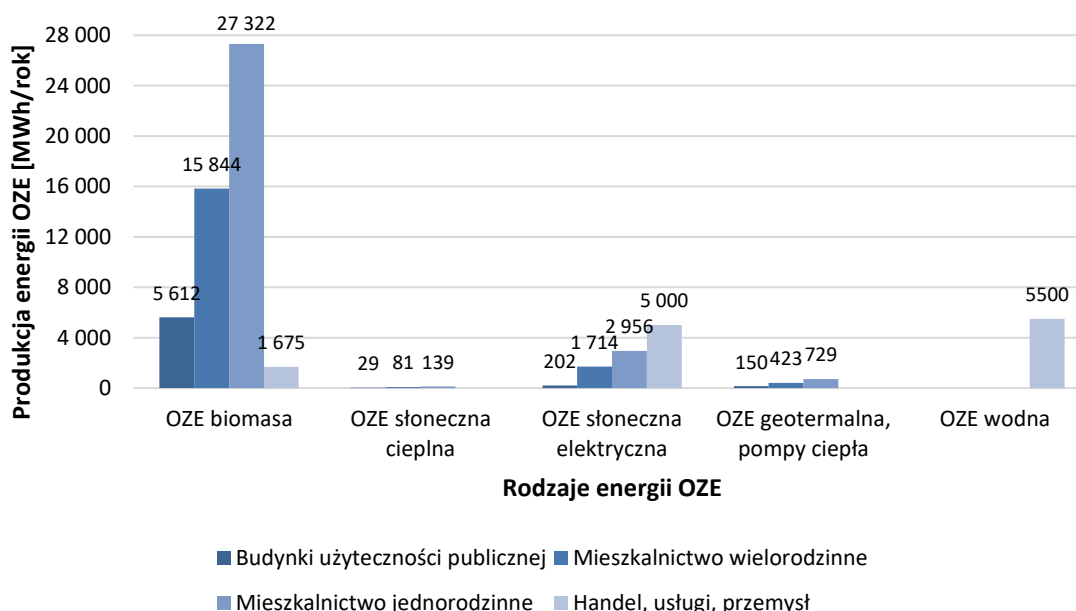
⁷² Strategia rozwoju elektromobilności dla miasta Piły, 2021 r.

wszystkim ze spalania biomasy w przydomowych piecach oraz z popularności w ostatnich latach wykorzystania paneli fotowoltaicznych do produkcji energii elektrycznej.



Wykres 7. Udział OZE w podziale na poszczególne sektory

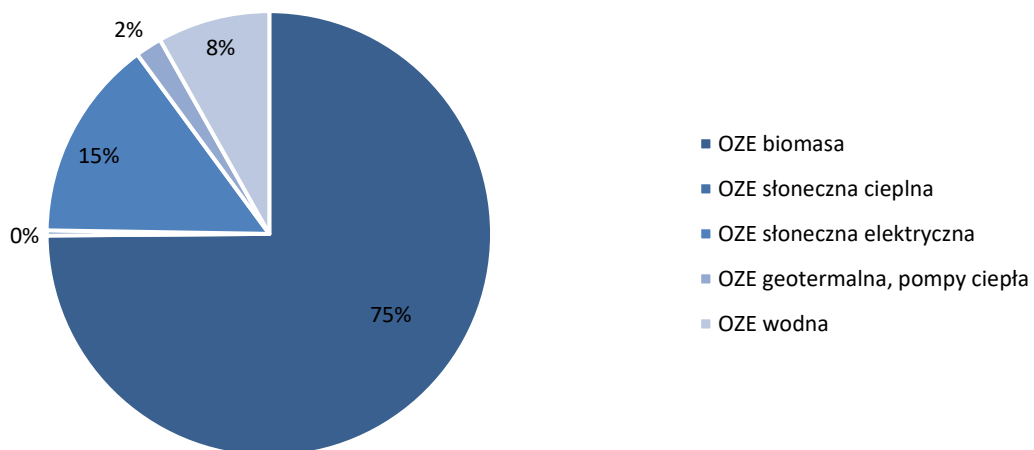
Sumarycznie, z odnawialnych źródeł energii wykorzystywanych na terenie Piły, najczęściej zużywa się biomasy. Jak wspomniano powyżej, wynika to głównie z faktu, iż jest ona wykorzystywana jako źródło opału w gospodarstwach domowych, w niektórych budynkach użyteczności publicznej oraz w znacznie mniejszym stopniu w sektorze handlu, usług i przemysłu. W sektorze handlu, usług i przemysłu zauważalny jest natomiast potencjał dla wykorzystywania odnawialnej energii słonecznej produkowanej przez instalacje fotowoltaiczne oraz potencjał dla energii wodnej. W pozostałych sektorach również wykorzystuje się energię słońca z instalacji fotowoltaicznych, jak również z instalacji kolektorów słonecznych.



Wykres 8. Obecny potencjał OZE w podziale na źródło OZE oraz poszczególne sektory

Udział produkcji OZE pochodzącej z biomasy we wszystkich sektorach wynosi aż 75%, a sam sektor mieszkalnictwa stanowi udział prawie 88% w zużyciu biomasy. W przypadku paneli

fotowoltaicznych – udział produkcji energii elektrycznej wynosi ok. 15% wszystkich odnawialnych źródeł energii. Najmniej wyprodukowano odnawialnej energii słonecznej ciepłej pochodzącej z kolektorów słonecznych – mniej niż 1%.



Wykres 9. Udział OZE w podziale na poszczególne rodzaje źródeł energii

4. Przegląd aktualnego stanu wiedzy o dostępnych technologiach zeroemisyjnych

4.1. Niskoemisyjne technologie grzewcze

Indywidualne źródła ciepła

Największy wpływ na złą jakość powietrza w naszym kraju ma emisja generowana w gospodarstwach domowych. Związane jest to z faktem wciąż szeroko rozpowszechnionego korzystania z kotłów na paliwa stałe, często starego typu, o niskiej efektywności. Poza gazami cieplarnianymi, źródła te odpowiedzialne są za emisję szczególnie szkodliwych dla naszego zdrowia pyłów zawieszonych oraz benzo(a)pirenu. Emisja związana z indywidualnym ogrzewaniem budynków podawana jest jako główna przyczyna występowania prawie wszystkich sytuacji przekroczenia poziomu dopuszczalnego stężenia pyłu zawieszonego PM_{2,5} oraz PM₁₀ w naszym kraju⁷³. Zanieczyszczenia pochodzące z kotłowni domów jednorodzinnych są szczególnie niebezpieczne, gdyż mamy w tym wypadku do czynienia z tzw. niską emisją, a więc taką, której źródła znajdują się na wysokości mniejszej niż 40 metrów nad poziomem terenu. Wiąże się to z faktem, iż zanieczyszczenia te nie są w stanie efektywnie rozprzestrzeniać się w atmosferze, lecz kumulują się na niewielkim obszarze.

Alternatywnym dla węgla źródłem energii cieplnej może być biomasa. Paliwo to w aspekcie produkcji gazów cieplarnianych uważane jest za zeroemisyjne⁷⁴. Dzięki temu, że w trakcie wytwarzania biomasy pochłaniany jest dwutlenek węgla, który później zostaje z powrotem uwalniany do atmosfery w procesie spalania, bilans emisji CO₂ równy jest zeru. Korzystanie z tego typu paliwa pozwala zatem ograniczyć postęp efektu cieplarnianego. W trakcie spalania biomasy, w porównaniu do węgla, powstaje wyraźnie mniej rakotwórczego benzo(a)pirenu oraz tlenków siarki i azotu. Jednakże emisja tych zanieczyszczenia wciąż jest znacząca. W przypadku pyłów PM_{2,5} oraz PM₁₀ spalanie biomasy generuje niestety porównywalną emisję do tej pochodzącej z kotłów węglowych.

Dla wyraźnego ograniczenia tak powszechnego w Polsce problemu jakim jest obecność smogu generowanego przez gospodarstwa domowe w okresie zimowym, konieczne jest całkowite zrezygnowanie ze spalania paliw stałych. Alternatywą może być rozpowszechnienie stosowania gazu, który to w procesie spalania wytwarza tylko śladowe ilości większości z zanieczyszczeń. Znaczący udział emitowanych zanieczyszczeń w tym przypadku tyczy się tlenków azotu oraz tlenku węgla⁷⁵. Problemem wciąż jest postać w wyniku spalania gazu ziemnego dwutlenek węgla, jednak jego emisja jest niemalże dwukrotnie niższa w stosunku do węgla. Wielkości emisji CO₂ oraz zanieczyszczeń powietrza dla poszczególnych paliw zestawiono w poniższych tabelach.

Tabela 4. Wskaźnik emisji CO₂ dla paliw używanych w gospodarstwach domowych⁷⁶

Paliwo	Emisja CO ₂ [kg/GJ]
Biomasa	0
Węgiel kamienny	94,77
Gaz ziemny	55,44

⁷³ Ocena jakości powietrza w strefach w Polsce za rok 2021. Zbiórny raport krajowy z rocznej oceny jakości powietrza w strefach wykonanej przez GIOŚ według zasad określonych w art. 89 ustawy - Prawo ochrony środowiska.

⁷⁴ Guidebook 'How to develop a Sustainable Energy and Climate Action Plan (SECAP)' PART 2 – Baseline Emission Inventory (BEI) and Risk and Vulnerability Assessment (RVA).

⁷⁵ Zyśk, J., Szurlej, A., Olkusi, T., Kogut, K., Cieślik, T., & Mirowski, T. (2019). Wskaźniki emisyjności dla technologii stosowanych w indywidualnych systemach grzewczych. Zeszyty Naukowe Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN.

⁷⁶ Wartości opałowe (WO) i wskaźniki emisji CO₂ (WE) w roku 2019 do raportowania w ramach Systemu Handlu Uprawnieniami do Emisji za rok 2022 – KOBIZE.

Tabela 5. Zakres raportowanych wskaźników emisji dla paliw używanych w gospodarstwach domowych⁷⁷

Zanieczyszczenie	Zakres	Biomasa	Paliwo Węgiel [g/GJ]	Gaz ziemny
SO ₂	dolny	0	0	0,3
	górnny	158	1 538	1,17
NO _x	dolny	37,5	45	32
	górnny	187	316	151
CO	dolny	12,5	235	8,83
	górnny	11 764	8 750	44,7
PM _{2,5}	dolny	5	4,4	0,5
	górnny	2 276	600	3,3
PM ₁₀	dolny	18	15	0,5
	górnny	2 338	600	3,3
B(a)P	dolny	0,005	0,00008	0
	górnny	1,8	0,5	b.d.

Opis skrótów:

- SO₂ – dwutlenek siarki;
- NO_x – tlenki azotu;
- CO – tlenek węgla;
- PM_{2,5} – pył zawieszony o średnicy < 2,5 μm;
- PM₁₀ – pył zawieszony o średnicy < 10 μm;
- B(a)P - Benzo(a)piren.

Jedynym sposobem na wytwarzanie prawdziwie zeroemisyjnej energii cieplnej okazuje się więc całkowite uniknięcie procesu spalania paliw (w szczególności kopalnych). Cel ten może być realizowany poprzez czerpanie energii z takich źródeł odnawialnych jak:

- Energia słoneczna;
- Energia geotermalna;
- Energia wiatru;
- Energia wody.

W skali pojedynczych gospodarstw domowych szczególnie użyteczne są dwa pierwsze z wymienionych źródeł energii. Energię słoneczną można wykorzystać do produkcji ciepła w sposób bezpośredni, dzięki wykorzystaniu kolektorów słonecznych lub projektowania budynków w sposób, który pozwoli pochłaniać możliwie dużo energii słonecznej wpadającej do wnętrza przez oszklone powierzchnie. W konstrukcji budynku można ponadto wykorzystać ściany kolektorowo-magazynowe, które zdolne są do akumulacji ciepła słonecznego.

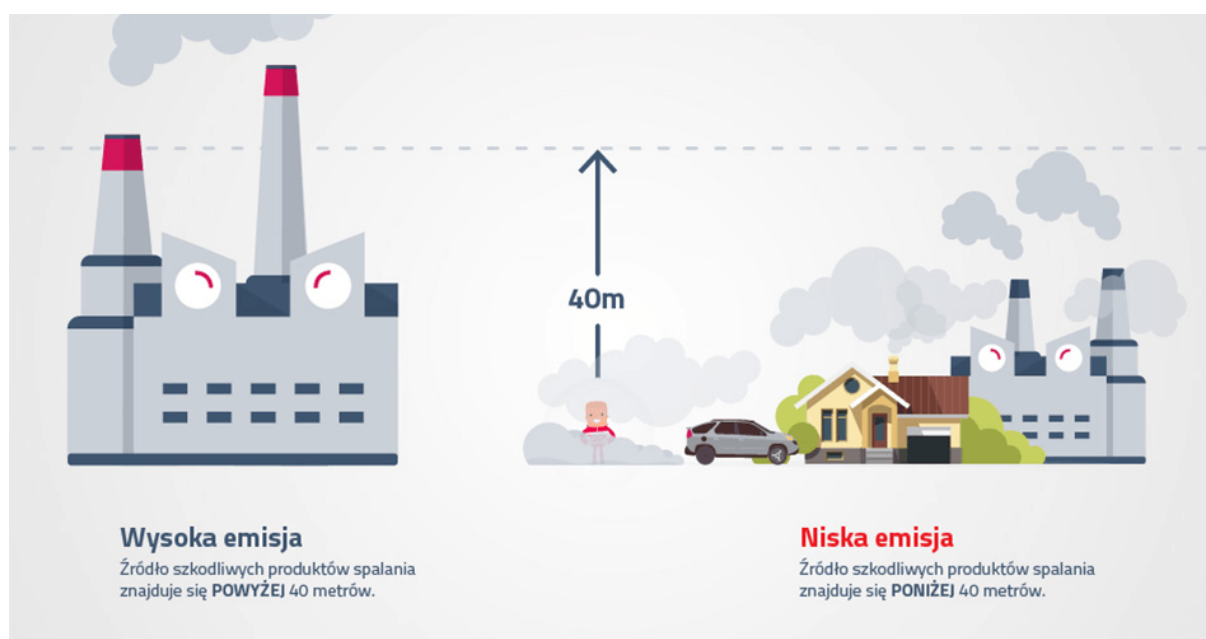
Pośrednie wykorzystanie energii słonecznej polegać może natomiast na produkcji dzięki niej energii elektrycznej np. poprzez instalację fotowoltaiczną. Energia elektryczna pozyskana w ten sposób może zostać następnie wykorzystana do produkcji ciepła na potrzeby przygotowania c.w.u. w podgrzewaczach elektrycznych lub ogrzewania budynku za pośrednictwem np. elektrycznych mat grzejnych, grzejników elektrycznych oraz kotłów elektrycznych. Dla zapewnienia możliwie wysokiej efektywności produkcji ciepła z energii elektrycznej wskazane jest jednak wykorzystanie do tego celu pompy ciepła. Urządzenie to, m.in. dzięki bardzo wysokiej sprawności pracy, stało się obecnymi czasami

⁷⁷ Zyśk, J., Szurlej, A., Olkusi, T., Kogut, K., Cieślík, T., & Mirowski, T. (2019). Wskaźniki emisyjności dla technologii stosowanych w indywidualnych systemach grzewczych. Zeszyty Naukowe Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN.

najpowszechniejszym elektrycznym źródłem ciepła w domach jednorodzinnych. Ponadto, dzięki połączeniu instalacji pompy ciepła np. z gruntowym wymiennikiem ciepła, możliwe jest wykorzystanie również udziału energii geotermalnej do dalszej redukcji zapotrzebowania na energię elektryczną na cele grzewcze.

System ciepłowniczy

Jednym z rozwiązań prowadzącym do ograniczenia niskiej emisji jest zwiększenie udziału miejskiej ciepłowni jako źródła ciepła dla mieszkańców. Dzięki rozbudowie sieci ciepłowniczej możliwe jest podłączenie do niej również domów jednorodzinnych, co pozwala w znaczny sposób zredukować problem emisji rozproszonej. Eliminacja wielu źródeł zanieczyszczenia powietrza i scentralizowanie procesu wytwarzania energii cieplnej umożliwia prowadzenie tego procesu w bardziej ekologiczny sposób. Ciepłownia, nawet jeśli wytwarza energię w procesie spalania węgla, wpływa w znacznie mniejszym stopniu na lokalne powstawanie efektu smogu niż domy jednorodzinne, z uwagi na sam fakt posiadania odpowiednio wysokich kominów, co kwalifikuje to źródło jako emisję wysoką. Różnice pomiędzy emisją wysoką, a emisją niską obrazuje poniższy rysunek.



Rysunek 19. Porównanie wysokiej i niskiej emisji⁷⁸

Dodatkowo, dzięki zastosowaniu odpowiedniej filtracji spalin, możliwe jest osiągnięcie efektu, w którym z kominów ciepłowni emitowany będzie niemalże czysty dwutlenek węgla. Sam proces spalania paliwa w większej skali, może odbywać się również w bardziej efektywny sposób. Ponadto, generowana emisja może zostać dodatkowo ograniczona dzięki zastosowaniu bardziej ekologicznych źródeł energii jak gaz, biomasa czy OZE⁷⁹, natomiast efektywność wykorzystania energii zwiększona poprzez zastosowanie układu kogeneracji.

Układ kogeneracji umożliwia jednoczesne wytwarzanie energii cieplnej oraz elektrycznej, pozwalając w ten sposób niezwykle wydajnie wykorzystać energię uwalnianą w procesie spalania paliwa. Dzięki zastosowaniu układu kogeneracji, w elektrociepłowni możliwe jest zredukowanie zużycia paliwa o ponad 40% w stosunku do sytuacji, gdy produkcja energii elektrycznej oraz ciepła odbywałaby się w oddzielnych procesach. Na terenie miasta Piła działają dwie elektrociepłownie, które w jednym procesie wytwarzają energię cieplną i energię elektryczną. Zarządzane są one przez MEC w Pile i należą do nich: EC-Koszyce oraz EC-Zachód.

⁷⁸ <https://gminazenergia.pl/post/niska-emisja-smog-pyl-zawieszony-o-co-w-tym-chodzi> [grudzień 2022]

⁷⁹ Ziemski, J. Technologiczne, ekonomiczne i społeczne determinanty problemu niskiej emisji.

Ogrzewanie niskotemperaturowe

W ostatnim czasie coraz większą popularnością cieszą się systemy grzewcze pracujące na niskiej temperaturze czynnika grzewczego. Instalacje te bazują na wymianie ciepła przez duże powierzchnie na skutek promieniowania cieplnego. Zamiast tradycyjnych grzejników konwekcyjnych, do wypromieniowywania ciepła zazwyczaj wykorzystywana jest podłoga, ściany lub sufit pomieszczeń. Temperatura zasilania czynnika grzewczego mieści się w tym wypadku w zakresie 25-55°C, co wpasowuje się w charakterystykę pracy systemów grzewczych opartych na niskoemisyjnych źródłach ciepła, jak np. pompa ciepła, kolektory słoneczne, czy instalacja geotermalna, wpływając na wzrost efektywności wytwarzania ciepła z tych źródeł^{80,81}. Niska temperatura zasilania wpływa również korzystnie na zmniejszenie strat przesyłu ciepła w stosunku do tradycyjnego ogrzewania grzejnikowego, w którym to przypadku temperatura transportowanej wody grzewczej potrafi sięgać okolicy 90°C.

Co ciekawe, w budynkach, w których zastosowano formę ogrzewania pomieszczeń na skutek promieniowania ciepła przez duże powierzchnie, temperatura powietrza może być utrzymywana na poziomie o 1-2°C niższym, niż w pomieszczeniach ogrzewanych tradycyjnie. Wynika to z faktu odczuwania przez użytkowników budynków wyższego komfortu cieplnego w sytuacji, gdy powierzchnie pomieszczeń są cieplejsze niż powietrze, a nie odwrotnie. Przypuszcza się, że taka sytuacja bardziej odpowiada naturalnym wymaganiom cieplnym ludzi⁸². Utrzymywanie niższej temperatury powietrza w pomieszczeniach ogrzewanych pozwala w rezultacie na kolejne oszczędności energetyczne wynikające ze zmniejszenia strat ciepła przenikającego przez przegrody zewnętrzne. Również straty ciepła ponoszone w wyniku wentylacji zostaną zredukowane. Poprzez obniżenie temperatury powietrza w pomieszczeniu o 1°C, możliwe jest ograniczenie zużycia ciepła na potrzeby wentylacji wynoszące od 2% do 7%⁸³.

4.2. Technologie odzysku ciepła

Szansą na zwiększenie efektywności energetycznej budynku, a co za tym idzie zmniejszenie emisji spowodowanej wytwarzaniem ciepła jest odzysk jak największej ilości z traconej energii.

Odzysk ciepła z wentylacji

Do najbardziej sztanarowych systemów współczesnego budownictwa, które umożliwiają odzysk ciepła należy system rekuperacji, czyli wentylacji mechanicznej wyposażonej w odzysk ciepła. W bilansie strat energii cieplnej przeciętnego domu, straty spowodowane utratą ciepła w wyniku wentylacji, odpowiadają największemu udziałowi procentowemu⁸⁴. W pogoni za ograniczeniem strat ciepła, kładziony jest więc nacisk między innymi na szczelność stolarki okiennej i drzwiowej, gdyż jedną z głównych przyczyn powodujących znaczące straty ciepła przez te przegrody jest nadmierna i niekontrolowana infiltracja chłodnego powietrza z zewnątrz. Z drugiej jednak strony, dla zachowania komfortu użytkowników, zalecane jest zapewnienie odpowiedniego strumienia powietrza wentylacyjnego w budynku. Nadmierna szczelność i brak wymiany powietrza prowadzi do powstania tzw. syndromu budynku

⁸⁰ Rubik, M. (2000). Nowoczesne rozwiązania w technice ogrzewania.

⁸¹ Shukuya, M., & Hammache, A. (2002). Introduction to the concept of exergy-for a better understanding of low-temperature-heating and high-temperature-cooling systems. VTT Technical Research Centre of Finland.

⁸² Eijde, H. H. E. W., Boerstra, A. C., & Op't Veld, P. J. M. (2000). Low temperature heating systems: Impact on iaq, thermal comfort and energy consumption. vol. Annex, 37.

⁸³ Strzeszewski, D. I. M. Obniżenie zapotrzebowania na ciepło do wentylacji w wyniku zastosowania ogrzewań niskotemperaturowych. In Materiały konferencyjne I Konferencji „Nowe techniki w klimatyzacji”, Warszawa (pp. 28-29).

⁸⁴ Zastempowski, M. (2012). Nowoczesny system wentylacji domu jednorodzinnego w aspekcie jego efektywności energetycznej. Inżynieria i Aparatura Chemiczna, 271-273.

chorobotwórczego (sick-building syndromes) wywołującego u ludzi różnego rodzaju dolegliwości⁸⁵.

System rekuperacji umożliwia znaczne ograniczenie strat ciepła w wyniku wentylacji pomieszczeń, przy równoczesnym zachowaniu komfortu ich użytkowników. W zależności od typu zastosowanego wymiennika ciepła, rekuperator jest w stanie odzyskać od ok. 50% do nawet ponad 95% ciepła z wentylowanego powietrza

Odzysk ciepła ze ścieków

Innym sposobem na odzysk ciepła odpadowego jest odzyskiwanie energii ze ścieków szarych, a więc wody pochodzącej z m.in. pralek, wanien czy pryszniców. Jest to rozwiązanie rzadko spotykane w naszym kraju, aczkolwiek jak wskazują przykłady przedstawione w literaturze, warte zainteresowania⁸⁶.

Z uwagi na fakt, że efektywność odzysku ciepła jest tym większa, im większy jest strumień objętościowy ścieków, rozwiązanie to jest szczególnie opłacalne w przypadku np. budynków wielorodzinnych lub całych osiedli, jak również zakładów produkcyjnych generujących duże ilości wody odpadowej. Wymogiem do zastosowania tej technologii jest konieczność posiadania przez budynek oddzielnych instalacji kanalizacji fekalnej oraz kanalizacji ścieków szarych. Z uwagi na nierównomierne rozłożenie obciążenia ścieków w ciągu doby, w instalacji odzysku ciepła należy zastosować zbiornik retencyjny na ścieki, dla zapewnienia ich stałego dopływu. Sama wymiana ciepła następować może w prostym wymienniku płytowym, pompie ciepła lub kombinacji obu tych urządzeń. Zimna woda wodociągowa, po wstępnym podgrzaniu energią odzyskaną ze ścieków szarych, posłużyć może do celów przygotowania c.w.u. Jak wskazują wyniki obliczeń, na przykładzie budynku użytkowanego przez 200 mieszkańców, odzysk ciepła przez zastosowanie płytowego wymiennika ciepła może obniżyć o 45% zapotrzebowanie energetyczne budynku na potrzeby przygotowania c.w.u. Odzysk z wykorzystaniem pompy ciepła oferuje wyraźnie wyższą efektywność, pozwalając na redukcję energii na potrzeby c.w.u. o nawet 72,1%⁸⁷.

4.3. Technologie magazynowania ciepła i chłodu

Z uwagi na strefę klimatyczną, w której jest położona jest Polska, mamy do czynienia w naszym kraju z występowaniem wyraźnej pory letniej oraz zimowej. Z uwagi na ten fakt, wskazane są starania mające na celu możliwie w jak największym stopniu zmagazynować darmową energię cieplną, którą dysponujemy w okresie lata, by móc wykorzystać ją w trakcie zimy, ograniczając tym samym zużycie energii na cele grzewcze. Również działanie odwrotne, a więc magazynowanie chłodu, na czas lata, jest zasadne i pozwala uniknąć konieczności zużycia energii przez system klimatyzacji.

Materiały o zmiennych fazach

W nowobudowanych obiektach zadanie magazynowania ciepła i chłodu najprościej zrealizować przez zastosowanie konstrukcji budynku, cechującej się dużą pojemnością cieplną. Zdolność do magazynowania dużych ilości energii cieplnej w połączeniu z dostosowaniem się do obecnie obowiązujących, restrykcyjnych wymogów dotyczących wartości współczynników przenikania ciepła dla przegród zewnętrznych, pozwala osiągnąć wysoką efektywność energetyczną budynku. W realizacji tego zadania, przydatne może się okazać wykorzystanie materiałów o zmiennych fazach (PCM - ang. Phase Change Materials).

⁸⁵ Lis, P. (2008). Straty ciepła przez okna i wentylacja pomieszczeń w budynkach edukacyjnych. *Fizyka Budowli w Teorii i Praktyce*, 3, 71-76.

⁸⁶ Słyś, D., & Kordana, S. (2013). Odzysk ciepła odpadowego w instalacjach i systemach kanalizacyjnych. *Wydawnictwo i Handel Książkami" KaBe"*.

⁸⁷ Czarniecki, D., Pisarev, V., Dziopak, J., & Słyś, D. (2014). Analiza techniczna i finansowa instalacji do odzysku ciepła ze ścieków w budynkach wielorodzinnych. *Interdyscyplinarne zagadnienia w inżynierii i Ochr. środowiska*, 4, 132-148.

W tradycyjnym budownictwie za magazynowanie ciepła odpowiadają materiały i substancje jednofazowe, takie jak np. cegła, beton, powietrze czy woda, w których magazynowanie energii odbywa się poprzez zmianę temperatury, a więc energii kinetycznej cząsteczek. W materiałach o zmiennych fazach, jak wskazuje nazwa, ciepło przenoszone jest podczas przejścia fazowego, co umożliwia znaczne zwiększenie pojemności cieplnej. W zależności od pochodzenia materiały te dzieli się na organiczne (najczęściej to pochodne parafiny), nieorganiczne (np. sole hydratyzowane), metale oraz eutektyki (które są mieszaninami dwóch lub więcej faz)⁸⁸. Materiały o zmiennych fazach umożliwiają utrzymywanie w budynku stałej temperatury. Dzięki cyklicznym przemianom fazowym, gdy w pomieszczeniu jest nadmiar ciepła, zostaje ono pochłaniane, a następnie może zostać uwolnione, kiedy temperatura spada.

PCM mogą być wykorzystane w budownictwie w postaci wkładów lub mikrokapsulek uwięzionych w elementach budowlanych, co pozwala umieścić je w przegrodach, takich jak ściana, strop czy podłoga. Dzięki swoim właściwościom, materiały budowlane tego typu są w stanie zmagazynować nawet 5 razy więcej energii cieplnej w stosunku do materiałów konwencjonalnych o tej samej objętości⁸⁹. Na poniższym rysunku przedstawiono pustaki ceramiczne z wkładami PCM, które mogą być wykorzystywane do wznoszenia ścian budynków.



Rysunek 20. Pustaki ceramiczne z wkładem z materiałów zmiennofazowych⁹⁰

Istnieją również rozwiązania umożliwiające zastosowanie materiałów o zmiennych fazach w budynkach już istniejących. Przykładem mogą być płyty gipsowe z wypełnieniem kapsułkami PCM. Panele wykonane w tej technologii mają grubość od 5cm i mogą zostać umieszczone w suficie podwieszanym lub na ścianach czy podłodze modernizowanego budynku⁹¹.

⁸⁸ Kant, K., Shukla, A., Sharma, A., Kumar, A., & Jain, A. (2016). Thermal energy storage based solar drying systems: A review. *Innovative food science & emerging technologies*, 34, 86-99.

⁸⁹ Gosz, M. (2017). Magazynowanie energii cieplnej dla potrzeb budynku-przeгляд rozwiązań i sposobów zintegrowania ich z bryłą obiektu. *Budownictwo o Zoptymalizowanym Potencjale Energetycznym*.

⁹⁰ Kant, K., Shukla, A., Sharma, A., Kumar, A., & Jain, A. (2016). Thermal energy storage based solar drying systems: A review. *Innovative food science & emerging technologies*, 34, 86-99.

⁹¹ Koschenz, M., & Lehmann, B. (2004). Development of a thermally activated ceiling panel with PCM for application in lightweight and retrofitted buildings. *Energy and buildings*, 36(6), 567-578.

Zbiorniki akumulacyjne

Zbiorniki do magazynowania ciepła i chłodu, są najpopularniejszym na rynku rozwiązaniem tego typu. Bufory w postaci stalowych, izolowanych zbiorników wypełnionych wodą, są w wielu przypadkach wręcz standardowym elementem instalacji centralnego ogrzewania, pozwalając na równoważenie bilansu cieplnego budynku w skali krótkoterminowej i wykorzystanie nadwyżek energii.

Koncepcja zbiornika akumulacyjnego może zostać natomiast wykorzystana w większej skali, pozwalając magazynować ciepło lub chłód nawet przez okres kilku miesięcy. Dzięki temu, możliwe jest gromadzenie ciepła w zbiorniku w okresie letnim, wykorzystując do jego produkcji np. kolektory słoneczne lub ciepło wytworzone z energii elektrycznej pochodzącej z paneli fotowoltaicznych, aby wykorzystać je podczas zimy. Również chłód uzyskany w okresie zimy może być tym sposobem przechowany i wykorzystany, kiedy będzie na niego zapotrzebowanie. W tym celu konieczne jest zastosowanie zbiornika o odpowiednio większej pojemności oraz właściwej izolacji termicznej.

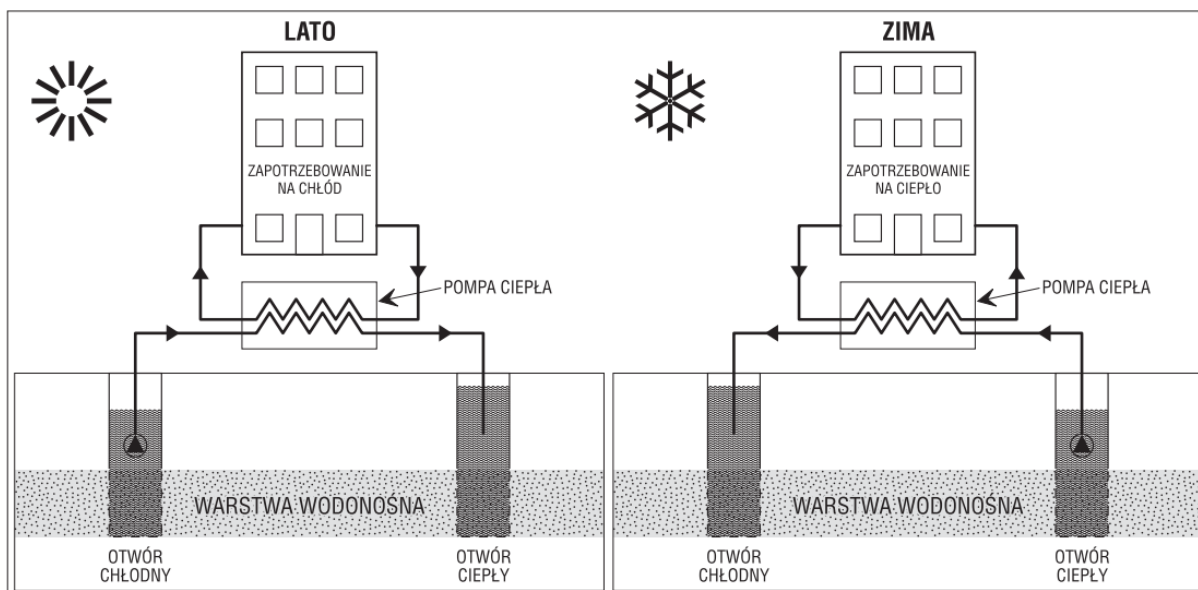
Zbiorniki tego typu mogą znajdować się we wnętrzu budynku, a nawet być zintegrowane z jego konstrukcją. Taka lokalizacja pozwala wykorzystać dodatkowo ciepło tracone przez ściany zbiornika. Zbiorniki mogą być również wolnostojące lub podziemne. Ziemia stanowi w tym wypadku dodatkową izolację termiczną. Konstrukcja tego typu zbiorników może być stalowa lub wykonana np. z żelbetonu. Jako wypełnienie akumulujące ciepło wykorzystana może być np. woda, jak również materiały sypkie typu piasek. Ponadto w celu zwiększenia pojemności cieplnej zbiornika do jego wypełnienia mogą zostać również użyte materiały o zmiennych fazach. Ciepło transportowane do zbiornika oraz odbierane z niego jest poprzez system rozprowadzonych w jego wnętrzu rurek⁹².

Akumulacja ciepła i chłodu w warstwach wodonośnych

Inną formą magazynowania energii cieplnej może być akumulacja ciepła oraz chłodu w złożach naturalnych. Przykładem takiego rozwiązania jest magazynowanie energii cieplnej w warstwach wodonośnych (z ang. ATES – Aquifer Thermal Energy Storage). Zadanie to może być realizowane dzięki wykonaniu pary odwiertów lub wielu takich par, które pozwalają magazynować, a następnie pobierać zgromadzoną energię cieplną z warstwy wodonośnej oraz otaczających ją skał. Jeden z otworów służy eksploatacji wody będącej nośnikiem energii cieplnej, podczas gdy drugi otwór pełni rolę otworu chłonnego⁹³. Zasadę działania systemu przedstawia poniższy rysunek.

⁹² Gosz, M. (2017). Magazynowanie energii cieplnej dla potrzeb budynku-przeгляд rozwiązań i sposobów zintegrowania ich z bryłą obiektu. Budownictwo o Zoptymalizowanym Potencjale Energetycznym.

⁹³ Dickinson, J. S., Buik, N., Matthews, M. C., & Snijders, A. (2009). Aquifer thermal energy storage: theoretical and operational analysis. *Geotechnique*, 59(3), 249-260.



Rysunek 21. Schemat działania technologii ATES w sezonie letnim i zimowym⁹⁴

Z racji skali przedsięwzięcia, omawiany system dedykowany jest dla jednostek o dużym zapotrzebowaniu cieplnym, takich jak np. osiedla, szpitale lub duże zakłady produkcyjne. Minimalna wielkość instalacji ATES, która pozwala uzyskać zwrot nakładów inwestycyjnych w okresie kilku lat, wynosi około 250 kW. Większość istniejących instalacji mieści się w przedziale mocy 750-2000 kW. Dzięki wykorzystaniu technologii ATES, możliwe jest zmniejszenie zużycia energii na potrzeby klimatyzacji pomieszczeń o 80% oraz energii na cele grzewcze o 20-40%⁹⁵. Poza nadmiarem ciepła odebranego w procesie klimatyzacji pomieszczeń, w okresie letnim warstwę wodonośną można dodatkowo zasilać energią pozyskaną z odnawialnych źródeł energii, co pozwoli na uzyskanie większych oszczędności. Przykładem takiej instalacji może być system zlokalizowany w Drake Landing w Kanadzie. Osiedle składające się z 52 domów posiada magazyn energii w warstwie wodonośnej, na który składają się 144 otwory o średnicy 110 mm, sięgające na głębokość 35 metrów. System zasilany jest ciepłem pochodzącym z 800 kolektorów słonecznych, co umożliwi pokrycie ponad 90% zapotrzebowania na energię do celów grzewczych oraz przygotowania c.w.u. W sezonie 2015-2016, mieszkańcom tego osiedla udało się nawet osiągnąć wartość 100% pokrycia zapotrzebowania na energię cieplną dzięki omawianej instalacji⁹⁶.

4.4. Technologie niskoemisyjne w transporcie

Transport przyczynia się w dużym stopniu do pogarszania jakości powietrza w skutek emisji zanieczyszczeń przez silniki spalinowe. Ma on znaczący udział w emisji CO₂, a oprócz tego spaliny zawierają również związki szkodliwe dla zdrowia, takie jak tlenek węgla, tlenki siarki, tlenki azotu oraz pyły. Problem jest szczególnie zauważalny w miastach i przy trasach wzmożonego ruchu.

Elektromobilność

Największe nadzieje na ograniczenie emisji w wyniku transportu związane są z stopniowym wycofaniem z ulic pojazdów z silnikami spalinowymi i zastąpieniem ich samochodami o napędzie elektrycznym. Polityka Unii Europejskiej dąży do tego, aby docelowo całkowicie

⁹⁴ Miecznik, M. (2016). Podziemne magazynowanie energii cieplnej–metody i zastosowania. *Przegląd Geologiczny*, 64(7), 464-471.

⁹⁵ Miecznik, M. (2016). Podziemne magazynowanie energii cieplnej–metody i zastosowania. *Przegląd Geologiczny*, 64(7), 464-471.

⁹⁶ Mesquita, L., McClenahan, D., Thornton, J., Carriere, J., & Wong, B. (2017, February). Drake landing solar community: 10 years of operation. In *ISES conference proceedings* (pp. 1-12).

zrezygnować z wykorzystania silników spalinowych. Biorąc pod uwagę rosnący udział źródeł OZE w produkcji energii elektrycznej, koncepcja ta pozwala ograniczyć emisję związaną z transportem do minimum.

Zwiększenie powszechności pojazdów elektrycznych będzie wymagać utworzenia odpowiedniej infrastruktury do ich ładowania. Z uwagi na niewielki zasięg tego typu pojazdów, stacje ładowania powinny być ulokowane stosunkowo gęsto w obrębie miasta. Zwłaszcza w transporcie miejskim i podmiejskim wykorzystanie samochodów elektrycznych niesie ze sobą spory potencjał, gdyż w tym obrębie mamy do czynienia z częstym pokonywaniem niewielkich odległości z umiarkowaną prędkością. Jednocześnie obszar ten narażony jest obecnie w największym stopniu na zanieczyszczenie spalinami.⁹⁷

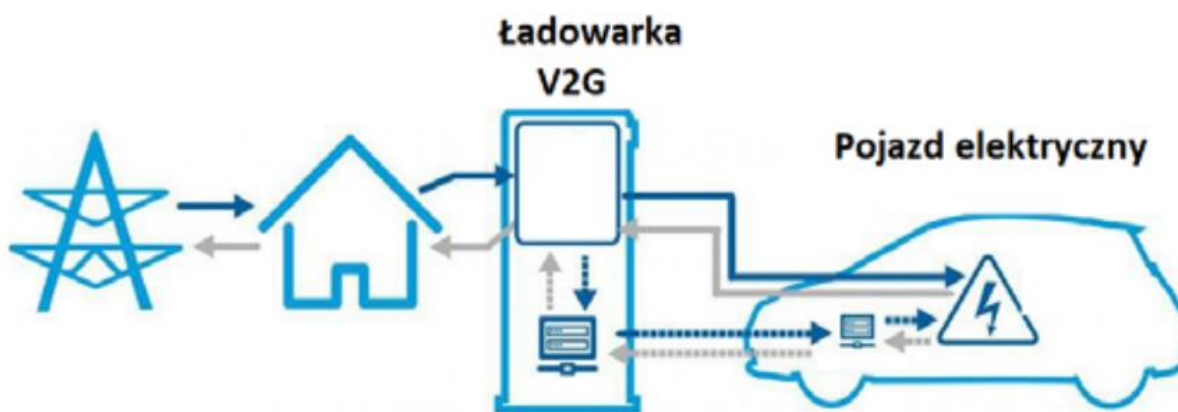
Vehicle to Grid (V2G)

Zwiększenie ilości użytkowanych pojazdów elektrycznych stwarza możliwość integracji tej branży z systemem elektroenergetycznym. Z jednej strony wiąże się to z potrzebą rozbudowy infrastruktury ładowania, jak również ze wzrostem zapotrzebowania na energię elektryczną w skutek powstania nowej grupy odbiorców. Z drugiej jednak strony samochody elektryczne mogą zostać wykorzystane do bilansowania systemu elektroenergetycznego poprzez wykorzystywanie ich w formie mobilnych magazynów energii. Umożliwić to może koncepcja V2G, a więc możliwości dwukierunkowego przepływu energii elektrycznej między samochodem elektrycznym, a siecią elektroenergetyczną. Szczególnie pożądane jest bilansowanie energii pochodzącej z odnawialnych źródeł energii, gdyż źródła te charakteryzują się nierównomierną w czasie produkcją. Podczas zwiększonej produkcji energii elektrycznej, jej nadwyżka może zostać spożytkowana do ładowania baterii samochodów elektrycznych lub zasobników w stacjach ładowania. Pozwoli to na zwiększenie efektywności wykorzystania źródeł OZE, ograniczając np. problem wyłączających się falowników instalacji fotowoltaicznych w skutek nadmiernego wzrostu napięcia w sieci podczas słonecznych dni. Pojazdy elektryczne wpięte do sieci przy pomocy ładowarek z funkcją V2G, dzięki możliwości dwukierunkowego przepływu energii elektrycznej, mogą stanowić również rozproszone źródła energii, zapewniając stabilność sieci w trakcie zwiększonego zapotrzebowania, pełniąc rolę mobilnych buforów. Skorzysta na tym mogą również np. przedsiębiorstwa posiadające flotę samochodów elektrycznych, które po wcześniejszym naładowaniu energią ze źródeł odnawialnych, mogą zostać wykorzystane jako tymczasowe źródła energii elektrycznej do celów procesowych, ograniczając tym samym zużycie energii z sieci^{98,99}. Ideę działania systemu V2G przedstawia poniższy rysunek.

⁹⁷ Bednarski, M., Kunikowski, G., Kurowska-Pysz, J., Müller, T., & Wróblewski, Ł. Gospodarka niskoemisyjna na pograniczu polsko-czeskim – wybrane uwarunkowania.

⁹⁸ Baraniak, J., Pawlicki, B., & Wincenciak, S. (2020). Elektromobilność: szanse i zagrożenia dla sieci dystrybucyjnej. Przegląd Elektrotechniczny, 96.

⁹⁹ Flasza, J. (2017). Elektromobilność w Polsce: wyzwania i możliwości z uwzględnieniem inteligentnych instalacji OZE. Autobusy: technika, eksploatacja, systemy transportowe, 18(6).

Rysunek 22. Idea systemu V2G¹⁰⁰

E-droga

Znaczący udział w emisji związanej z ruchem lądowym dotyczy gałęzi transportu towarów realizowanej przez samochody ciężarowe, zwane potocznie tirami. Obecność tej formy transportu jest niestety nieodzowna i niemożliwa do zastąpienia przez bardziej ekologiczne formy, jak np. transport kolejowy. Prognozy wskazują również, że w ciągu najbliższych 30 lat ilość przewozów towarowych wzrośnie o około 200%. Jednym z pomysłów na ograniczenie emisji z tym związanej, jest tzw. e-droga. Koncepcja ta polega na stworzeniu nad wybranymi odcinkami dróg sieci trakcyjnej, umożliwiającej podłączenie się przystosowanych do tego celu samochodów ciężarowych z napędem hybrydowym. Dzięki temu rozwiązaniu, można ograniczyć lokalnie emisję powodowaną przez tiry, umożliwiając im korzystanie z taniej, ekologicznej energii, równocześnie nie wpływając negatywnie na funkcjonalność drogi dla innych pojazdów. W Niemczech powstał na razie prototypowy odcinek trasy tego typu, na 10 km fragmencie autostrady¹⁰¹.

Pojazdy wodorowe

Wodór jest uznawany za prawdopodobnie najbardziej ekologiczne paliwo, określane jako zeroemisyjne. To z uwagi na fakt, iż głównym produktem powstałym w reakcji jego spalania jest woda. W przeciwieństwie do innych paliw nie prowadzi do wytwarzania pyłów ani dwutlenku węgla, a ewentualne zanieczyszczenia powstają w śladowych ilościach i są to m.in. tlenki azotu. W związku z tym, w ostatnich latach coraz większym zainteresowaniem cieszy się koncepcja pojazdów wodorowych.

Budowa wodorowego silnika spalinowego, który charakteryzowałby się odpowiednią kulturą pracy niestety jest kosztowna oraz technologicznie skomplikowana¹⁰². Z tego powodu branża skupia się raczej na konstrukcji pojazdów wodorowych napędzanych w rzeczywistości energią elektryczną, która to wytwarzana jest w ogniach paliwowych zasilanych wodorem. W ogniach paliwowych prąd wytwarzany jest w procesie odwróconej elektrolizy, a uzyskana energia elektryczna przekazywana jest bezpośrednio do układu napędowego lub też magazynowana jest w akumulatorze pojazdu. Produktami ubocznymi procesu są, tak jak w przypadku spalania wodoru, woda oraz ciepło.

Póki co największa ilość produkowanego wodoru pochodzi z przetwarzania paliw kopalnych, głównie gazu ziemnego, ze względu na jego dostępność oraz niską cenę¹⁰³. Istnieje jednak metoda produkcji wodoru z wody w procesie elektrolizy przeprowadzanej z udziałem energii elektrycznej. Dzięki wykorzystaniu do zasilania procesu energii z OZE, metoda ta umożliwia

¹⁰⁰ Douris, C. (2017). Electric Vehicle-To-Grid Services Can Feed, Stabilize Power Supply. Forbes.

¹⁰¹ Flasza, J., & Matuszczyk, P. (2018). Elektromobilność w Polsce a systemy OZE. Przegląd Elektrotechniczny, 94, 33-36.

¹⁰² Graff, M. (2020). Wodór jako paliwo – zalety i wady. TTS Technika Transportu Szynowego, 27.

¹⁰³ Król, A., Kukulska-Zajac, E., Holewa-Rataj, J., & Gajec, M. (2022). Wodór jako element transformacji energetycznej. Nafta-Gaz, (7), 524-534.

produkcję „zielonego wodoru”, który może stać się również formą magazynowania odnawialnej energii¹⁰⁴.

4.5. Technologie „ujemnej emisji”

W przypadku wielu sektorów gospodarki, które przyczyniają się obecnie do problemu nadmiernej emisji CO₂ trudno będzie dokonać w najbliższych latach rewolucji, która umożliwiłaby znaczną redukcję produkowanych przez nie gazów cieplarnianych. Naprzeciw temu problemowi wychodzą rozwiązania umożliwiające pozbycie się dwutlenku węgla, który został już wytworzony. Realizacja tego celu wiąże się z trzema zadaniami:

- Wychwytywanie CO₂;
- Transport CO₂;
- Magazynowanie CO₂.

W następującym podrozdziale omówione zostaną wybrane technologie dotyczące pierwszego i ostatniego z wymienionych zadań.

Absorpcja CO₂

Proces usuwania dwutlenku węgla ze spalin poprzez absorpcję chemiczną jest obecnie najpowszechniej spotykanym rozwiązaniem tego typu. Metoda ta stosowana jest do neutralizowania emisji powstałej w wyniku spalania paliw. Wychwytywanie CO₂ realizowane jest dzięki przepuszczeniu uprzednio schłodzonych oraz wstępnie oczyszczonych spalin przez komorę absorpcyjną zawierającą odpowiedni sorbet, którym może być np. monoetanolamina (MEA). Związek ten mając kontakt z dwutlenkiem węgla wchodzi z nim w reakcję prowadzącą do powstania amin. Ze spalin powinny wcześniej zostać usunięte gazy takie jak SO₂ oraz NO₂, co znacząco obniża koszt wychwytywania CO₂ przy pomocy MEA.

Nasycony sorbet, w celu wydzielenia pochłoniętego CO₂, poddaje się następnie procesowi wypłukiwania, który przeprowadza się za pomocą pary niskoprężnej (ok. 5 bar). Zapotrzebowanie na parę wodną wynosi około 1,9-2,7 ton na każdą tonę CO₂ (4,0–5,7 GJ/t CO₂)¹⁰⁵. Według szacunków instalacja wychwytu CO₂ w przypadku bloku gazowo-parowego o mocy 800 MW, wymagałaby dostarczenia pary, która obniżyłaby moc tego bloku o ok. 60 MW. Do innych energochłonnych procesów związanych z zastosowaniem tej technologii należą również sprężanie spalin w celu przetłoczenia ich przez warstwę absorbera oraz sprężanie finalnie uzyskanego CO₂ do ciśnienia ok. 100 barów, dla umożliwienia jego późniejszego transportu¹⁰⁶.

Magazynowanie CO₂ w oceanach

Wyizolowany dwutlenek węgla może być składowany w toni wodnej. Rozwiązanie to można podzielić na dwie metody. Pierwszą z nich jest rozpuszczanie CO₂ w wodzie poprzez wtłaczanie gazu na stosunkowo małe głębokości (do 1 000 m). Metoda jednak w przypadku stosowania na szeroką skalę może prowadzić finalnie do degradacji ekosystemu, gdyż w wyniku procesu powstaje kwas węglowy, który odpowiedzialny jest za zakwaszanie wody.

Inny sposób gromadzenia CO₂ pod powierzchnią wody polega na wtłoczeniu gazu na głębokość 3 000 m, co w rezultacie prowadzi do powstania tzw. „jeziora dwutlenku węgla”. Gaz jest izolowany od otaczającej go wody przez utworzoną warstwę hydratu, która w znacznym stopniu ogranicza proces rozpuszczania się gazu. Pozwala to w teorii na stabilne w czasie magazynowanie dwutlenku węgla, bez wywierania szkodliwego wpływu na

¹⁰⁴ Ściążko, M., Smółka, B., & Wenecki, T. (2018). Perspektywy wodoru w transporcie i energetyce. Nowa Energia.

¹⁰⁵ Yagi, Y., Mimura, T., Iijima, M., Ishida, K., Yoshiyama, R., Kamijo, T., & Yonekawa, T. (2005). Improvements of carbon dioxide capture technology from flue gas. In Greenhouse Gas Control Technologies 7 (pp. 1139-1145). Elsevier Science Ltd.

¹⁰⁶ Roberts, C. A., Gibbins, J., Panesar, R., & Kelsall, G. (2005). Potential for improvement in power generation with post-combustion capture of CO₂. In Greenhouse Gas Control Technologies 7 (pp. 155-163). Elsevier Science Ltd.

środowisko. Rozwiązanie to niesie ze sobą jednak ryzyko, że w wyniku stopniowego ocieplania się oceanów, uwięziony tam gaz zostanie w końcu uwolniony¹⁰⁷.

Podziemne magazynowanie CO₂

Inną metodą na składowanie wychwyconego dwutlenku węgla jest koncepcja wykorzystania w tym celu głęboko zalegających, przepuszczalnych skał, ułożonych pod warstwami nieprzepuszczalnymi. Aby możliwe było zapewnienie bezpiecznego i stabilnego zdeponowania CO₂ pod powierzchnią ziemi, ważne jest wybranie właściwej lokalizacji, charakteryzującej się odpowiednimi uwarunkowaniami geologicznymi. Dowodem na możliwość trwałego podziemnego uwięzienia gazu mogą być liczne znane nam naturalne złoża CO₂, które powstały miliony lat temu. Technologia ta jest obecnie wykorzystywana np. na złożu Sleipner w norweskiej części Morza Północnego, gdzie składowane jest rocznie około 1 Mt CO₂¹⁰⁸.

¹⁰⁷ Lublańska, Z., Grudniewski, T., Chodyka, M., & Nitychoruk, J. (2016). Rodzaje metod sekwestracji CO₂. *Budownictwo i Inżynieria Środowiska*, 33(63), 239-246.

¹⁰⁸ Tarkowski, R., & Uliasz-Misiak, B. (2003). Podziemne magazynowanie dwutlenku węgla. *Przegląd Geologiczny*, 51(5), 402-409.

5. Analiza istniejących i projektowanych przepisów prawa w zakresie OZE

Istniejące unijne przepisy prawa w zakresie OZE

Wspieranie odnawialnych źródeł energii jest jednym z głównych celów unijnej polityki energetycznej. Poniższe unijne akty prawne poruszają tematykę w zakresie odnawialnych źródeł energii.

Dyrektywa Rady 2003/96/WE z dnia 27 października 2003 r. w sprawie restrukturyzacji wspólnotowych przepisów ramowych dotyczących opodatkowania produktów energetycznych i energii elektrycznej

Dyrektywa ustanawia przepisy Unii Europejskiej dotyczące podatków w zakresie energii elektrycznej, wszystkich paliw silnikowych i większości paliw do ogrzewania. Ma to na celu zapewnienie, by jednolity rynek energetyczny UE działał sprawnie, oraz uniknięcie wszelkich zakłóceń handlu i konkurencji, które mogłyby wynikać z dużych różnic pomiędzy krajowymi systemami podatkowymi.

Przepisy te przyczyniają się do wypełniania ogólnych celów traktatu, takich jak przejście na konkurencyjną, niskoemisyjną i wydajną energetycznie gospodarkę.

Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2018/1999 z dnia 11 grudnia 2018 r. w sprawie zarządzania unią energetyczną i działaniami w dziedzinie klimatu, zmiany rozporządzeń Parlamentu Europejskiego i Rady (WE) nr 663/2009 i (WE) nr 715/2009, dyrektyw Parlamentu Europejskiego i Rady 94/22/WE, 98/70/WE, 2009/31/WE, 2009/73/WE, 2010/31/UE, 2012/27/UE i 2013/30/UE, dyrektyw Rady 2009/119/WE i (UE) 2015/652 oraz uchylecia rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) nr 525/2013

Rozporządzenie określa podstawy prawne zarządzania unią energetyczną i działaniami w dziedzinie klimatu. Unia energetyczna ma realizować szereg celów. Wśród nich wymienia się pobudzenie gospodarcze oraz zwiększenie bezpieczeństwa energetycznego. Przeprowadzana transformacja energetyczna ma wiązać się również z potrzebą ochrony powietrza i poprawy jakości środowiska, a także z potrzebą wspierania rozsądnego i racjonalnego wykorzystywania zasobów naturalnych. Ważnym aspektem jest wspieranie efektywności energetycznej i oszczędności energii oraz rozwój nowych i odnawialnych form energii.

Najważniejszym obszarem, regulowanym przez przepisy rozporządzenia jest proces planowania, monitorowania i raportowania dotyczący implementacji celów unii energetycznej oraz Konwencji klimatycznej i Porozumienia paryskiego. Przedmiotowe rozporządzenie przewiduje w tym zakresie nowe wymagania dla państw członkowskich oraz nowe zadania i kompetencje dla Komisji Europejskiej. Przepisy rozporządzenia określają także obowiązki Komisji w zakresie oceny postępów państw członkowskich z realizacji założeń unii energetycznej oraz procedurę wydawania państwom członkowskim zaleceń.

Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2018/2001 z dnia 11 grudnia 2018 r. w sprawie promowania stosowania energii ze źródeł odnawialnych

W dyrektywie ustanowiono wspólny system mający na celu promowanie energii ze źródeł odnawialnych w różnych sektorach. W szczególności wyznacza wiążący cel Unii Europejskiej w odniesieniu do udziału energii odnawialnej w miksie energetycznym w 2030 roku na poziomie 32%, po raz pierwszy reguluje konsumpcję własną oraz ustanawia wspólny zestaw zasad w zakresie stosowania energii odnawialnej w sektorze energii elektrycznej, ogrzewania i chłodzenia oraz transportu w UE.

Dyrektywa:

- zapewnia osiągnięcie wiążącego celu UE w opłacalny sposób,

- ustanawia stabilne, oparte na warunkach rynkowych europejskich podejście o energii elektrycznej ze źródeł odnawialnych,
- zapewnia długoterminową pewność inwestorom,
- umożliwia konsumentom uczestniczenia w transformacji energetycznej,
- ulepsza unijne kryteria zrównoważonego rozwoju.

Rozporządzenie wykonawcze Komisji (UE) 2020/1294 z dnia 15 września 2020 r. w sprawie unijnego mechanizmu finansowania energii ze źródeł odnawialnych

W rozporządzeniu wykonawczym określone zostały zasady działania nowego unijnego mechanizmu finansowania energii ze źródeł odnawialnych zgodnie z rozporządzeniem (UE) 2018/1999 w sprawie energii ze źródeł odnawialnych. Zapewnienie finansowania musi zawsze odbywać się zgodnie z przepisami finansowymi UE. Finansowanie jest zapewnione z trzech źródeł:

- rządy państw UE mogą zasilać mechanizm dobrowolnymi wpłatami;
- budżet mechanizmu może być zasilany z innych programów i funduszy UE, w szczególności w celu zmniejszenia kosztu kapitału w przypadku projektów w dziedzinie energii ze źródeł odnawialnych lub zacieśnienia współpracy regionalnej między państwami UE oraz między państwami UE a krajami trzecimi;
- mechanizm może otrzymywać wkład z sektora prywatnego, przy czym podmiot prywatny może wskazać preferowany projekt lub rodzaj technologii albo preferowane końcowe zastosowanie, którym chce udzielić wsparcia.

Rozporządzenie ma zastosowanie od dnia 7 października 2020 r. Nie przewidziano żadnego terminu, w którym ma ono być wykonane przez państwa UE.

Rozporządzenie delegowane Komisji (UE) 2021/2003 z dnia 6 sierpnia 2021 r. uzupełniające dyrektywę Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2018/2001 poprzez ustanowienie unijnej platformy ds. rozwoju odnawialnych źródeł energii

Rozporządzenie ustanawia unijną platformę ds. rozwoju energii ze źródeł odnawialnych („URDP”) w celu ułatwienia transferów statystycznych do celów dyrektywy (UE) 2018/2001 oraz ułatwienia osiągnięcia unijnego celu określonego w art. 3 ust. 1 dyrektywy (UE) 2018/2001 oraz wkładu każdego państwa członkowskiego w ten cel zgodnie z art. 3 ust. 2 tej dyrektywy. Celem URDP jest ułatwienie transferów statystycznych energii ze źródeł odnawialnych do celów dyrektywy (UE) 2018/2001 oraz ułatwienie osiągnięcia unijnego celu określonego w art. 3 ust. 1 dyrektywy (UE) 2018/2001, a także wkładu każdego państwa członkowskiego w ten cel, określonego zgodnie z art. 3 ust. 2 dyrektywy (UE) 2018/2001.

URDP:

- pozwala zidentyfikować potencjalne transfery statystyczne między państwami członkowskimi;
- zawiera informacje dostarczone przez państwa członkowskie na temat podaży i popytu na transfery statystyczne energii ze źródeł odnawialnych, w tym wolumen, cenę i ramy czasowe, a także wszelkie dodatkowe warunki transferu;
- ułatwia zawieranie umów w sprawie transferu statystycznego między państwami członkowskimi poprzez mechanizm niewiążącego kojarzenia popytu i podaży w zakresie transferów statystycznych między państwami członkowskimi oraz poprzez zapewnienie punktów kontaktowych w państwach członkowskich, których zadaniem jest inicjowanie rozmów na temat umów;
- zapewnia dostęp do materiałów zawierających wytyczne, które pomagają państwom członkowskim w realizacji transferów statystycznych;
- zwiększa przejrzystość zawartych umów w sprawie transferu statystycznego, ponieważ dostarcza kluczowych informacji na temat tych transferów, w tym informacji na temat

wolumenów, cen i terminów, a także związanych z nimi dokumentów umów w sprawie transferu statystycznego, jeżeli są one dostępne publicznie.

Projektowane unijne przepisy prawa w zakresie OZE

Procedura 2022/0160/COD - Wniosek Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady zmieniająca dyrektywę (UE) 2018/2001 w sprawie promowania stosowania energii ze źródeł odnawialnych, dyrektywę 2010/31/UE w sprawie charakterystyki energetycznej budynków i dyrektywę 2012/27/UE w sprawie efektywności energetycznej

Efektywność energetyczna i energia odnawialna stanowią kluczowe elementy procesu przejścia na czystą energię w ramach Europejskiego Zielonego Ładu. Napięcia międzynarodowe związane z inwazją Rosji na Ukrainę, ogólna sytuacja geopolityczna oraz bardzo wysokie ceny energii zwiększyły potrzebę przyspieszenia poprawy efektywności energetycznej i wdrażania rozwiązań w zakresie energii odnawialnej w Unii w celu uzyskania systemu energetycznego, który będzie bardziej niezależny od państw trzecich. Przyspieszenie transformacji ekologicznej w kierunku energii odnawialnej i poprawy efektywności energetycznej spowoduje ograniczenie emisji, zmniejszenie zależności od importowanych paliw kopalnych, a także zapewni obywatelom i przedsiębiorstwom europejskim przystępne ceny energii we wszystkich sektorach gospodarki.

W dokumencie znalazły zapisy mówiące, iż konieczne jest:

- zwiększenie udziału energii odnawialnej w zużyciu energii końcowej brutto do 40% (z 32%) do 2030 r., aby możliwy do osiągnięcia był unijny cel dotyczący redukcji gazów cieplarnianych;
- skoncentrowanie działań na energii wiatrowej i słonecznej;
- zwiększenie średniego tempa wdrażania,
- dodatkowe zdolności w zakresie energii odnawialnej do 2030 r. w celu uwzględnienia większej produkcji wodoru odnawialnego.

W komunikacie zachęca się również współprawodawców do rozważenia wyższej lub wcześniejszej realizacji celu w zakresie energii odnawialnej. W tym kontekście właściwe jest zwiększenie unijnego celu w zakresie energii odnawialnej do 45 %, aby znacznie podnieść obecne tempo wdrażania energii odnawialnej, a tym samym przyspieszyć stopniowe uniezależnianie się UE od importu energii, zwiększając dostępność przystępnej cenowo, bezpiecznej i zrównoważonej energii w Unii.

Wniosek COM(2022)0591 - Ustanawianie ram w celu przyspieszenia wdrażania energii odnawialnej

Proponowane rozporządzenie odzwierciedla potrzebę podjęcia pilnych działań w odpowiedzi na kryzys energetyczny. Jego celem jest zaradzenie obecnemu kryzysowi energetycznemu poprzez ukierunkowane natychmiastowe działania, które przyspieszą wdrażanie projektów dotyczących energii odnawialnej mających duży potencjał szybkiego i skutecznego oddziaływania. W tym celu proponowany instrument określa zestaw środków, których natychmiastowe zastosowanie zapewniłoby w krótkim terminie przyspieszenie procedur wydawania zezwoleń na projekty dotyczące energii odnawialnej.

Komisja zaproponowała zmianę polegającą na zwiększeniu do 45 % wiążącego celu UE na 2030 r., w porównaniu z 40 % w poprzednim wniosku, oraz na ustanowieniu ram służących usprawnieniu i przyspieszeniu administracyjnych procesów wydawania zezwoleń na projekty dotyczące energii odnawialnej.

Proponowany instrument jest tymczasowym środkiem uzasadnionym pilną potrzebą. Okres ważności instrumentu jest ograniczony do jednego roku i zawiera klauzulę przeglądowną, aby w razie potrzeby rozważyć jego przedłużenie.

Istniejące krajowe przepisy prawa w zakresie OZE

Ustawa z dnia 10 kwietnia 1997 r. Prawo energetyczne

Prawo energetyczne reguluje cały sektor energetyczny, jednak zawiera także specjalne przepisy mające zastosowanie do OZE, obejmujące:

- szczególne zasady związane z przyłączaniem do sieci oraz przesyłem energii elektrycznej wytworzonej przez przedsiębiorstwa energetyczne wykorzystujące OZE;
- zasady sprzedaży energii elektrycznej wytworzonej przez przedsiębiorstwa energetyczne wykorzystujące OZE;
- wydawanie i obrót świadectwami pochodzenia (tzw. zielone świadectwa) wydawanymi dla energii uzyskanej z odnawialnych źródeł energii.

Ustawa z dnia 21 listopada 2008 r. o wspieraniu termomodernizacji i remontów oraz o centralnej ewidencji emisyjności budynków

Ustawa określa zasady:

- finansowania ze środków Funduszu Termomodernizacji i Remontów części kosztów przedsięwzięć termomodernizacyjnych i remontowych oraz przedsięwzięć niskoemisyjnych;
- funkcjonowania centralnej ewidencji emisyjności budynków.

W ustawie znalazły się również zapisy poruszające tematykę odnawialnych źródeł energii. W tym aspekcie ustawa przewiduje dodatkowe premie dla realizacji przedsięwzięć termomodernizacyjnych uwzględniających rozwój OZE.

Ustawa z dnia 20 lutego 2015 r. o odnawialnych źródłach energii

Wyznacza ona zasady i warunki wsparcia działalności w sferze wytwarzania energii elektrycznej z odnawialnych źródeł energii, biogazu rolniczego i ciepła. Porusza także inne liczne kwestie dotyczące odnawialnych źródeł energii. Po ostatniej aktualizacji znalazła się tam między innymi nowsza wersja definicji prosumenta, która uściśla system magazynowania energii z fotowoltaiki lub przesyłania jej do sieci.

Ustawa z dnia 29 września 2022 r. o zmianie niektórych ustaw wspierających poprawę warunków mieszkaniowych

Ustawa wprowadza szereg zmian w m.in. ustawie z dnia 21 listopada 2008 r. o wspieraniu termomodernizacji i remontów oraz o centralnej ewidencji emisyjności budynków. W ustawie uregulowano definicję instalacji OZE zgodną z ustawą o odnawialnych źródłach energii oraz wprowadzono szereg zmian w premiach termomodernizacyjnych czy remontowych. Przedstawiono nowe formy wsparcia w postaci grantów. W aspekcie OZE, poprzez zwiększenie premii termomodernizacyjnej i remontowej oraz wprowadzenie grantu OZE promowany jest rozwój odnawialnych źródeł energii.

Projektowane krajowe przepisy prawa w zakresie OZE

Projekt ustawy o zmianie ustawy o inwestycjach w zakresie elektrowni wiatrowych oraz niektórych innych ustaw

Głównym celem ustawy o zmianie ustawy o inwestycjach w zakresie elektrowni wiatrowych oraz niektórych innych ustaw jest wykorzystanie krajowego potencjału lądowej energetyki wiatrowej i doprowadzenie do zwiększenia produkcji energii ze źródeł odnawialnych, zgodnie z celami wyznaczanymi m.in. przez Politykę Energetykę Państwa do 2040 r. Celem dokonywanej zmiany przepisów jest ułatwienie możliwości realizacji inwestycji w zakresie lądowych elektrowni wiatrowych w gminach, które wyrażają wolę lokowania takiej infrastruktury, przy zachowaniu maksymalnego bezpieczeństwa eksploatacji oraz zapewnienia pełnej informacji o planowanej inwestycji dla mieszkańców okolicznych terenów.

Głównym założeniem projektu jest utrzymanie podstawowej zasady lokowania nowej elektrowni wiatrowej, stanowiącej, że nowa elektrownia wiatrowa może być lokowana wyłącznie na podstawie Miejscowego Planu Zagospodarowania Przestrzennego (MPZP).

Obecne ograniczenie w postaci zasady 10H (turbina wiatrowa może powstać w odległości co najmniej 10 – krotności swojej wysokości od najbliższej zabudowy mieszkalnej) zostanie zmieniona. Zakłada się, że nowa elektrownia wiatrowa może być lokowana wyłącznie na podstawie miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego (MPZP) w minimalnej odległości 500 metrów od zabudowy.

Wśród poprawek ustawy znalazł się zapis, iż zostaje nałożony na inwestora obowiązek przekazywania 10% mocy zainstalowanej na rzecz mieszkańców gminy, na terenie której znajduje się elektrownia wiatrowa. Rozwiązanie to, ma na celu m.in. zachęcenie lokalnych społeczności do przychylniejszego spojrzenia na lądową energetykę wiatrową.

6. Bariery dla zwiększenia wykorzystania OZE

Energetyka odnawialna odgrywa coraz bardziej znaczącą rolę w gospodarce zarówno krajowej jak i światowej. W perspektywie najbliższych kilku i kilkunastu lat przewiduje się dalszy, nieprzerwany rozwój tej branży w Polsce. Jednoczesne postępujące zmiany klimatu skłaniają państwa do podejmowania coraz to ambitniejszych celów środowiskowych tj. zmniejszenie emisji zanieczyszczeń czy wzrost udziału odnawialnych źródeł energii w miksie energetycznym. Z tego powodu ważne jest aby w sposób kompleksowy ułatwić transformację energetyczną, niezbędne do tego będzie pozbycie się istniejących barier, które w jakiś sposób mogą wpływać na ograniczenie rozwoju zielonej energii.

Na podstawie przeprowadzonej analizy dostępnej literatury wskazane zostały następujące bariery dla zwiększenia wykorzystania OZE:

I. Częste zmiany i nowelizacje zapisów prawnych

Wielokrotne i częste zmiany bądź nowelizacje aktów prawnych mogą spowodować podważenie zaufania obywatela oraz przedsiębiorców do Państwa¹⁰⁹ oraz brak zaufania społeczności do opłacalności inwestycji utrudniając rozwój energetyki odnawialnej¹¹⁰. Niestabilne uwarunkowania prawne¹¹¹ mogą w znaczący sposób wpłynąć negatywnie na wypracowywanie pewnych i efektywnych procedur oraz metod realizacji. Regularne zmiany w zapisach prawnych mogą wywoływać trudności zarówno dla organów wykonujących jak i inwestorów.

II. Skomplikowane procedury

Komisja europejska uznała długotrwałe i skomplikowane procedury administracyjne za jedną z głównych przeszkód utrudniających inwestycje w odnawialne źródła energii i związaną z nimi infrastrukturę. Najczęstsze bariery związane z procesem administracyjnym w przypadku projektów dotyczących energii odnawialnej, zidentyfikowane w badaniu RES Simplify, to obciążenia biurokratyczne, nieprzejrzyste procesy, brak spójności prawnej, a także niekompletne i niejasne ramy i wytyczne, które prowadzą do różnych interpretacji istniejących przepisów przez właściwe organy¹⁰⁹. Obok procedur administracyjnych czasochłonne i skomplikowane procesy inwestycyjne również stwarzają bariery utrudniające rozwój OZE¹¹⁰. Wpływ na ograniczenie rozwoju branży OZE może być fakt, iż niedozwolone jest na terenie Polski stosowanie repoweringu, czyli zastępowanie starych turbin wiatrowych nowymi. Procedury prawne dotyczące OZE mogą powodować konflikt z rygorystycznymi zapisami dotyczącymi ochrony środowiska¹⁰⁹.

III. Zasada 10H

Na rozwój lądowej energetyki wiatrowej w Polsce znacząco negatywny wpływ miało wprowadzenie tzw. zasady 10H wprowadzonej w Ustawie z dnia 20 maja 2016 r. o inwestycjach w zakresie elektrowni wiatrowych (odległość turbiny od najbliższej zabudowy jest równa bądź większa dziesięciokrotności wysokości elektrowni wiatrowej mierzonej od poziomu gruntu do najwyższego punktu budowli)¹¹¹. W konsekwencji jej wprowadzenia powstanie nowych lądowych instalacji wykrzykujących energię wiatru do produkcji energii elektrycznej stała się niemożliwa na niemal całej powierzchni kraju. Warto zaznaczyć, iż w chwili opracowywania dokumentu trwają prace nad nowelizacją ustawy co ma m.in. wpłynąć na liberalizację wytycznych dla lokalizacji turbin wiatrowych.

¹⁰⁹ Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady zmieniająca dyrektywę (UE) 2018/2001 w sprawie promowania stosowania energii ze źródeł odnawialnych, dyrektywę 2010/31/UE w sprawie charakterystyki energetycznej budynków i dyrektywę 2012/27/UE w sprawie efektywności energetycznej

¹¹⁰ Igliński, B. (2019). Badanie sektora energii odnawialnej w Polsce – potencjał techniczny, badania ankietowe, analiza SWOT, analiza PEST. Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Mikołaja Kopernika.

¹¹¹ Informacja o wynikach kontroli „Bariery rozwoju odnawialnych źródeł energii”, NIK, 2021

IV. Ograniczenia techniczne

Jedną z podstawowych barier ograniczającą rozwój energetyki odnawialnej jest technika. W aspekcie energetyki słonecznej tj. fotowoltaiki problemy infrastrukturalne związane są głównie z niewystarczającymi możliwościami dostępu do mocy przyłączeniowych¹¹⁵. Na terenie Polski występuje wiele tzw. „Białych Plam” czyli obszarów w których nie można liczyć na przyłączenie elektrowni o mocy nawet 1 MW. W aspekcie stanu sieci elektroenergetycznej w Polsce jej stan ocenia się jako zły¹¹². Sytuacja ta może stanowić istotną barierę do wprowadzania nowych źródeł wytwarzania energii m.in. z OZE. Problemy związane z podłączeniem do sieci również zostały uznane za mające istotny wpływ na wdrażanie rozwiązań z zakresu energii odnawialnej w wielu państwach członkowskich UE¹¹³. Dla zabudowy mieszkaniowej znaczącym ograniczeniem rozwoju OZE jest fakt, iż w Polsce w 2021r. jedna trzecia budynków jednorodzinnych była nieocieplona¹¹⁴.

V. Ograniczenia finansowe

Aby umożliwić bezpieczny i stabilny rozwój sektora odnawialnych źródeł energii konieczne jest zapewnienie wystarczającego wsparcia finansowego ze strony państwa i instytucji międzynarodowych. Niewystarczające wsparcie finansowe lub wręcz jego brak w znaczący sposób odbił się na rozwoju biogazowni rolniczych. Według raportu NIK z 2021 roku kierunki rozwoju biogazowni w Polsce w latach 2010–2020 nie zostały zrealizowane, gdyż niedostępność wsparcia spowodowały, iż nakłady inwestycyjne na budowę biogazowni obniżały zainteresowaniem tym źródłem energii. Obok biogazowni rolniczych wskazano, iż dostateczne wsparcie finansowe nie było możliwe dla realizacji małych elektrowni wodnych oraz geotermii¹¹⁵. Igliński B. również wskazuje, iż bariera ekonomiczna stanowi znaczący problem dla inwestorów. W aspekcie biogazowni problem stanowi również to, iż banki wstrzymały pomoc finansową na tego typu przedsięwzięcia¹¹².

VI. Brak wystarczającej edukacji i promocji wszystkich źródeł OZE

Edukacja obok prawa i finansów stanowi istotny element warunkujący rozwój OZE. Według wyjaśnień Prezes Zarządu Związku Powiatów Polskich jednym z powodów nieosiągnięcia celów założonych w dokumencie Kierunki rozwoju biogazowni w Polsce w latach 2010–2020 był brak wiedzy gmin o tym, że takie oczekiwania wobec nich zostały sformułowane oraz brak informacji w jaki sposób przygotować się do realizacji tych przedsięwzięć¹¹⁵. Błędy w edukacji bądź jej brak spowodowały m.in. brak wystarczającej wiedzy u wszystkich rolników dotyczącej upraw energetycznych lub błędy lokalizacyjne popełniane w początkowej fazie rozwoju aeroenergii w Polsce. Bariery rozwoju sektora pomp ciepła w Polsce jest obok wysokich kosztów niewątpliwie brak edukacji oraz promocja tego źródła energii¹¹².

VII. Zmiany klimatu

Jednym z celów rozwoju odnawialnych źródeł energii jest walka ze zmianami klimatu. Branża OZE jak każda inna również jest podatna na negatywne skutki zmian klimatu. Huraganowe wiatry mogą prowadzić m.in. do uszkodzenia instalacji fotowoltaicznych czy wiatrowych. Coraz częściej występujące i intensywniejsze susze negatywnie odbijają się na rolnictwie w tym uprawach energetycznych. Hydroenergetyka również jest podatna na występowanie

¹¹² Igliński, B. (2019). Badanie sektora energii odnawialnej w Polsce – potencjał techniczny, badania ankietowe, analiza SWOT, analiza PEST. Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Mikołaja Kopernika.

¹¹³ Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady zmieniająca dyrektywę (UE) 2018/2001 w sprawie promowania stosowania energii ze źródeł odnawialnych, dyrektywę 2010/31/UE w sprawie charakterystyki energetycznej budynków i dyrektywę 2012/27/UE w sprawie efektywności energetycznej

¹¹⁴ Domy Jednorodzinne w Polsce, Źródła grzewcze, stan energetyczny, priorytety inwestycyjne, Polski Alarm Smogowy, 2021

¹¹⁵ Informacja o wynikach kontroli „Bariery rozwoju odnawialnych źródeł energii”, NIK, 2021

intensywnych susz¹¹⁶. Niskie stany wód mogą skutkować obniżeniem bądź w ekstremalnych przypadkach zaprzestaniem wytwarzania energii elektrycznej.

¹¹⁶ Igliński, B. (2019). Badanie sektora energii odnawialnej w Polsce–potencjał techniczny, badania ankietowe, analiza SWOT, analiza PEST. Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Mikołaja Kopernika.

7. Koncepcja etapowego procesu transformacji energetycznej w perspektywie do 2030 roku

7.1. Prognozowane zmiany na rynku energii i paliw oraz ich wpływ na STE

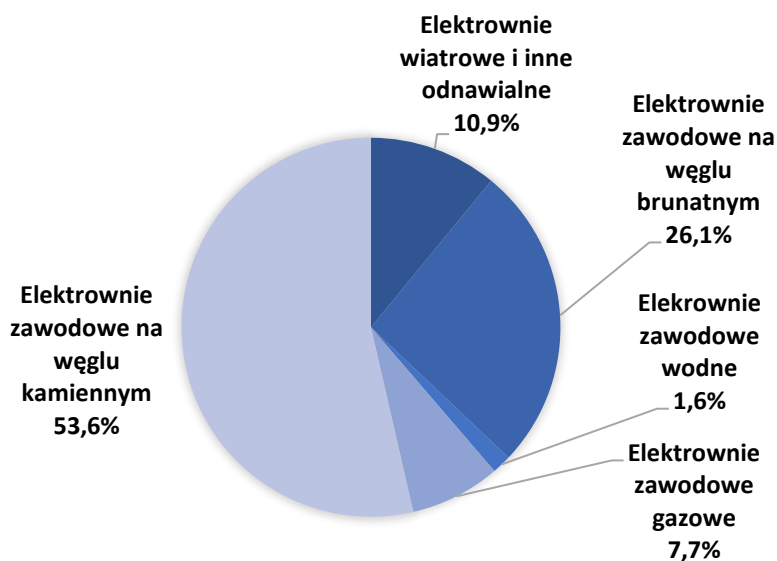
7.1.1. Rynek energii elektrycznej

Wolumen krajowej produkcji energii elektrycznej brutto w 2021 r. ukształtował się na poziomie 173 583 GWh. W omawianym okresie krajowe zużycie energii elektrycznej brutto wyniosło 174 402 GWh.

W 2021 r. w krajowym bilansie przepływów fizycznych energii elektrycznej udział importu stanowił 8,0% całkowitego przychodu, zaś udział eksportu wyniósł 7,6% rozchodu energii elektrycznej. W porównaniu z 2020 r., udział importu zmniejszył się zaś udział eksportu wzrósł, co świadczy o coraz większej samowystarczalności energetycznej kraju.

Struktura produkcji energii elektrycznej w 2021 r. zmieniła się nieznacznie w stosunku do lat poprzednich. Zdecydowana większość wytwarzania oparta jest nadal na paliwach konwencjonalnych, tj. węgla kamiennym oraz węgla brunatnym. Jednak w przyszłości planowane jest aby pozyskiwać energię elektryczną w elektrowniach jądrowych, przewidywany jest także wzrost udziału odnawialnych źródeł energii.

Na poniższym rysunku przedstawiono procentowy udział w krajowej produkcji energii elektrycznej poszczególnych grup elektrowni według rodzajów paliw w 2021 roku.



Rysunek 23. Procentowy udział w krajowej produkcji energii elektrycznej poszczególnych grup elektrowni według rodzajów paliw w 2021 roku¹¹⁷

Moc zainstalowana w Krajowym Systemie Elektroenergetycznym wyniosła 53 656 MW, a moc osiągalna 54 382 MW, co stanowi wzrost w stosunku do lat poprzednich.

¹¹⁷ Polskie Sieci Elektroenergetyczne – Raport 2021 KSE

Tabela 6. Zmiany na rynku energii w Polsce w latach 2013-2021¹¹⁸

Rok	Wolumen krajowej produkcji [GWh]	Zużycie energii elektrycznej brutto [GWh]	Moc zainstalowana w KSE [MW]	Moc osiągalna [MW]	Trend w zużyciu w stosunku do roku poprzedniego
2013	162 501	157 980	38 406	38 112	↑
2014	156 567	158 734	38 121	38 477	↑
2015	161 772	161 438	40 445	39 777	↑
2016	162 626	164 625	41 396	41 278	↑
2017	165 852	168 139	43 421	43 332	↑
2018	165 214	170 932	45 939	45 650	↑
2019	158 767	169 391	46 799	46 991	↓
2020	152 308	165 532	49 238	49 095	↓
2021	173 583	174 402	53 656	54 382	↑

Struktura podmiotowa hurtowego rynku energii

Podobnie jak w latach poprzednich, grupa kapitałowa PGE Polska Grupa Energetyczna S.A. miała największy udział w rynku energii w podsektorze wytwarzania energii elektrycznej. Grupa ta jest również liderem na rynku sprzedaży do odbiorców końcowych.

Trzej najwięksi wytwórcy (skupieni w grupach kapitałowych: PGE Polska Grupa Energetyczna S.A., ENEA S.A., TAURON Polska Energia S.A.) dysponowali w sumie ponad połową mocy zainstalowanych i odpowiadali za ponad 2/3 produkcji energii elektrycznej w kraju.

Sprzedaż energii w poszczególnych segmentach

Struktura i mechanizmy funkcjonowania rynku nie odbiegają od analogicznych struktur i mechanizmów, jakie ukształtowały się w większości innych państw europejskich, uznanych za rynki konkurencyjne. Uczestnicy rynku mają, na równych prawach, szeroki dostęp do różnych form zakupu i sprzedaży energii elektrycznej oraz dostęp do informacji dotyczących wolumenów i cen, po jakich kontraktowana i sprzedawana na rynku hurtowym jest energia elektryczna.

Ceny

2021 był kolejnym rokiem wzrostu cen energii elektrycznej i opłat dystrybucyjnych – we wszystkich grupach taryfowych ceny osiągnęły najwyższy w badanym okresie poziom. Średnia cena energii za IV kwartał 2021 r., porównana z ceną w analogicznym okresie poprzedniego roku, wykazuje wzrost o 6,62%, a opłaty dystrybucyjne wzrosły średnio o 16,35%. Dla odbiorców w gospodarstwach domowych wzrost cen wyniósł średnio 6,47%.

Koszt zaopatrzenia w energię elektryczną wzrósł, ponieważ dynamika wzrostu wysokości opłat dystrybucyjnych także była ponadprzeciętnie wysoka. Cena energii, stawki opłat dystrybucyjnych i łączny koszt zaopatrzenia w energię wzrosły we wszystkich grupach odbiorów, a ich wartość (nominalnie) ukształtowała się na wcześniej nieobserwowanym poziomie.

¹¹⁸ Opracowanie własne na podstawie danych z Urzędu Regulacji Energetyki

Tabela 7. Ceny energii elektrycznej dla odbiorcy w gospodarstwie domowym w latach 2013-2021¹¹⁹

Rok	Cena energii elektrycznej dla odbiorcy w gospodarstwie domowym [zł/kWh]	Trend w cenie w stosunku do roku poprzedniego
2013	0,5048	↑
2014	0,4927	↓
2015	0,5017	↑
2016	0,4987	↓
2017	0,5046	↑
2018	0,5055	↑
2019	0,4862	↓
2020	0,5374	↑
2021	0,5947	↑

Ceny energii elektrycznej w ostatnich dwóch latach były wyższe niż w latach poprzednich. Ma to związek z rosnącymi cenami paliw kopalnych, które mają przeważający udział w miksie energetycznym. Przewiduje się, że cena ta w latach kolejnych również ulegnie wzrostowi.

Rynek energii elektrycznej w Pile

W Pile dystrybutorem energii elektrycznej jest ENEA S.A. W ramach Grupy Enea swoją działalność na terenie Piły prowadzi firma Elektrownie Wodne Sp. z o.o., która jest właścicielem Elektrowni Wodnej Piła-Koszyce zlokalizowanej na rzece Gwda. Dodatkowo na terenie miasta działają dwie elektrociepłownie. Zarządzane są one przez Miejską Energetykę Ciepłą w Pile Sp. z o.o. Elektrociepłownia Koszyce zasilana węglem kamiennym i gazem ziemnym oraz elektrociepłownia Zachód zasilana gazem ziemnym.

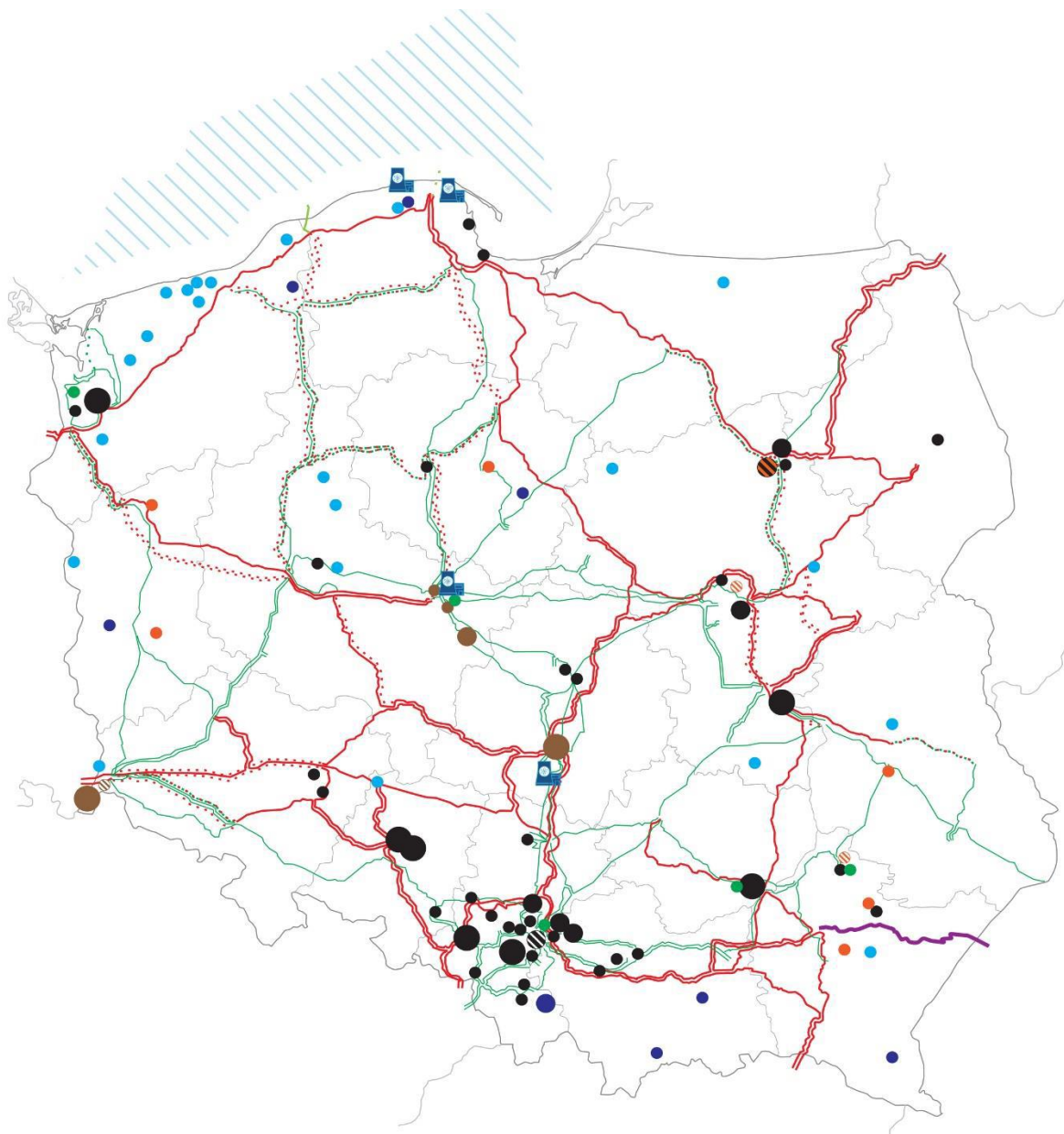
Prognozowane zmiany

Aktualnie Polska jest w stanie w całości pokryć zapotrzebowanie na energię elektryczną krajowymi źródłami wytwórczymi. Jednak w związku z wycofywaniem w najbliższych kilkunastu latach z systemu elektroenergetycznego znacznej części obecnie eksploatowanych jednostek wytwórczych może to ulec zmianie. Powodami wycofywania obecnych jednostek wytwórczych jest wiek i stopień eksploatacji tych jednostek, a także brak możliwości lub zasadności dostosowania do coraz wyższych wymogów środowiskowych oraz poziom efektywności ekonomicznej działalności poszczególnych jednostek. W związku z rosnącym zapotrzebowaniem na energię elektryczną, związanym m.in. z elektryfikacją kolejnych sektorów gospodarki, takich jak transport (rozwój elektromobilności) i ciepłownictwo, istnieje konieczność rozbudowy infrastruktury wytwórczej. Natomiast rosnące wymagania środowiskowe wskazują na potrzebę inwestycji w niskoemisyjne lub bezemisyjne źródła wytwórcze. W perspektywie do 2040 r. zostanie zbudowany niemal nowy system elektroenergetyczny, którego silną podstawą będą źródła zero-emisyjne¹²⁰. Dodatkowo planowana jest ciągła rozbudowa elektroenergetycznej infrastruktury sieciowej.



















Zgodnie z planami rozwoju systemu elektroenergetycznego Polski w okolicach Piły planowana jest budowa linii przesyłowych. Dodatkowo 140 km w linii prostej od Piły planowana jest budowa elektrowni jądrowej w Pątnowie. Mapę stanu i rozwoju systemu elektroenergetycznego Polski przedstawiono na następnym rysunku.

¹¹⁹ Opracowanie własne na podstawie danych z Urzędu Regulacji Energetyki

¹²⁰ Polityka Energetyczna Polski do 2040 roku



MAPA STANU I ROZWOJU SYSTEMU ELEKTROENERGETYCZNEGO POLSKI

Elektrownie i elektrociepłownie pow. 50 MW	Moc (MW) zainstalowana	Sieci przesyłowe
<ul style="list-style-type: none">  węgiel kamienny  węgiel brunatny  gazowe  biomasowe  wodne  wiatrowe  potencjalne lokalizacje elektrowni jądrowych 	<ul style="list-style-type: none">  do 500 MW  do 1000 MW  powyżej 1000 MW  w budowie  strefa możliwych lokalizacji morskich elektrowni wiatrowych 	<ul style="list-style-type: none">  linie przesyłowe 750 kV  linie przesyłowe 450 kV (kabel podmorski)  linie przesyłowe 400 kV  linie przesyłowe 220 kV  planowane i w budowie linie przesyłowe  linie przesyłowe 400 kV czasowo pracująca na 220 kV

Rysunek 24. Mapa stanu i rozwoju systemu elektroenergetycznego Polski¹²¹

¹²¹ Polityka Energetyczna Polski do 2040 roku

7.1.2. Rynek paliw gazowych

W 2021 roku zakupiono 190,4 TWh gazu z zagranicy, natomiast gaz pochodzący ze źródeł krajowych wyniósł 40,7 TWh. Całkowite dostawy gazu z zagranicy w 2021 r. obejmowały import oraz nabycie wewnątrzspółnotowe.

W ubiegłym roku przez polski system przesyłowy przepłynęło 490,5 TWh gazu wysokometanowego i 8,2 TWh gazu zaazotowanego. Większość gazu wysokometanowego została przetransportowana tranzytem z wykorzystaniem gazociągu jamalskiego.

Tabela 8. Zmiany na rynku gazu w Polsce w latach 2013-2021¹²²

Rok	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Ilość gazu z zagranicy [TWh]	124,9	121	122,8	151,9	167	163,5	169,1	171,8	190,4
Ilość gazu ze źródeł krajowych [TWh]	46,2	44,3	43,5	42,6	42,1	42,4	42,5	41,8	40,7
Suma	171,1	165,3	166,3	194,5	209,1	205,9	211,6	213,6	231,1
Udział ilości gazu ze źródeł krajowych	27%	27%	26%	22%	20%	21%	20%	20%	18%

Z roku na rok wzrasta ilość zużywanego gazu, coraz więcej gazu sprowadzanego jest z zagranicy przy jednoczesnym spadku ilości gazu pochodzącego ze źródeł krajowych.

Obrót gazem ziemnym

Na koniec 2021 r. koncesję na obrót paliwami gazowymi posiadało 180 podmiotów, co stanowi spadek w stosunku do roku 2020. Największym przedsiębiorstwem zajmującym się obrotem gazu jest Grupa Kapitałowa Polskie Górnictwo Naftowe i Gazownictwo.

Rynek detaliczny

W ubiegłym roku 61% całkowitej sprzedaży paliwa gazowego trafiło do odbiorców przemysłowych, natomiast 28,7% do gospodarstw domowych. Sprzedaż ogółem wzrosła o ok. 2,75%, przy czym największy wzrost sprzedaży odnotowano w sektorze użyteczności publicznej, usług i handlu (45,6%), gospodarstw domowych (18,8%) oraz rolnictwa (14,9%). Przyczyną wzrostu sprzedaży gazu ziemnego w tych sektorach jest realizacja polityki państwa w zakresie gospodarki niskoemisyjnej.

Ceny

Rok 2021 na rynku detalicznym gazu zaznaczył się silnym i gwałtownym wzrostem cen gazu ziemnego w drugiej połowie roku, co spowodowane było wzrostami cen na rynku hurtowym (przede wszystkim na rynkach ponadnarodowych).

¹²² Opracowanie własne na podstawie danych z Urzędu Regulacji Energetyki

Tabela 9. Średnie ceny zakupu gazu ziemnego z zagranicy w latach 2015-2022¹²³

Rok	Średnie ceny zakupu gazu ziemnego z zagranicy [zł/MWh]			
	I kwartał	II kwartał	III kwartał	IV kwartał
2015	96,43	91,5	92,41	87,11
2016	74,37	63,9	61,95	73,74
2017	83,00	68,74	68,47	73,89
2018	84,72	90,61	96,71	104,13
2019	96,11	66,18	58,54	65,08
2020	54,82	30,89	34,88	67,74
2021	85,72	102,4	211,24	371,49
2022	439,26	442,15	886,88	-

Ceny gazu ziemnego z zagranicy znacząco wzrosły w ostatnich dwóch latach. Wpływ na tak duży wzrost cen ma sytuacja gospodarcza w kraju i na świecie. Prognozuje się, że cena ta w kolejnym roku również może ulec wzrostowi.

Rynek gazu w Pile

Na terenie miasta Piła swoją działalność prowadzi Operator Gazociągów Przesyłowych GAZ-SYSTEM S.A. Oddział w Poznaniu, który odpowiedzialny jest za eksploatację sieci gazowej wysokiego ciśnienia. GAZ-SYSTEM S.A. jest właścicielem jednej stacji gazowej zlokalizowanej w Pile przy ul. Ujskiej. W latach 2022-2024 spółka ta planuje inwestycje w zakresie przebudowy stacji redukcyjno-pomiarowej Piła Ujska.

Działalność w aspekcie zaopatrzenia w paliwa gazowe na terenie miasta prowadzi Polska Spółka Gazownictwa Sp. z o.o. Oddział Zakład Gazowniczy w Poznaniu. Na terenie gminy miejskiej Piła spółka jest właścicielem 220 km gazociągów bez przyłączy gazowych, z czego ponad 127 km stanowią gazociągi niskiego ciśnienia, a blisko 93 km średniego ciśnienia. Na terenie miasta zlokalizowane jest 5 826 czynnych przyłączy gazowych, w tym 5 374 do budynków mieszkalnych. Czynne przyłącza gazowe będące pod zarządem Polskiej Spółki Gazownictwa rozciągają się na długości 93,8 km¹²⁴.

Prognozowane zmiany

Polska planuje ograniczenie uzależnienia od dostaw gazu ziemnego z kierunku wschodniego, na rzecz dostaw gazu skroplonego oraz w ramach handlu wewnątrzspółnotowego, poprzez dostawy z Niemiec i Czech. Do terminalu LNG w Świnoujściu drogą morską sprowadzane są dostawy m.in. z Kataru, Norwegii i USA. W najbliższych latach udział LNG w zużyciu gazu ziemnego może wynieść nawet do 30%. Polski terminal jest kluczowym obiektem infrastruktury z punktu widzenia bezpieczeństwa dostaw gazu nie tylko dla Polski, ale i krajów sąsiednich. To jedyny tej wielkości obiekt w Europie Środkowej, a znaczenie handlu LNG rośnie na światowym rynku gazu ziemnego, także z powodu zwiększającej się konkurencyjności cenowej w stosunku do surowca dostarczanego gazociągami. Istotną kwestią jest zapewnienie dostępu do surowca odbiorcom końcowym, do czego niezbędna jest rozbudowa krajowej infrastruktury przesyłowej, dystrybucyjnej i magazynowej¹²⁵.

¹²³ Urząd Regulacji Energetyki

¹²⁴ Polska Spółka Gazownictwa Sp. z o.o. Oddział Zakład Gazowniczy w Poznaniu

¹²⁵ Polityka energetyczna Polski do 2040 roku

Polska strategia w obszarze zwiększania możliwości importowych składa się przede wszystkim z trzech elementów¹²⁶:

- rozbudowy terminalu LNG – w związku z rozwojem globalnego rynku LNG realizowana jest rozbudowa terminalu, a także rozszerzenie świadczonych usług dodatkowych o bunkrowanie LNG, przeładunek LNG na statki i cysterny samochodowe do 2023 r.;
- budowa terminalu regazyfikacyjnego gazu ziemnego w Zatoce Gdańskiej – analiza projektowania nowego terminalu została przeprowadzona z uwagi na dynamiczny wzrost popytu na gaz ziemny oraz wysoki stopień zakontraktowania i wykorzystania terminalu w Świnoujściu, a także postępującą globalną rewolucję na rynku gazu skroplonego. Wybór lokalizacji wynika z prognozowanego wzrostu zapotrzebowania na gaz w Trójmieście i okolicach oraz konieczności odpowiedniego ukształtowania rozpliwów gazu w systemie przesyłowym, z uwzględnieniem dużych wolumenów gazu, które będą wtłaczane do systemu gazowego w zachodniej części kraju, poprzez terminal LNG w Świnoujściu oraz Baltic Pipe;

W Damasławku znajdującego się 60 km w linii prostej od Piły planowana jest budowa podziemnego magazynu z możliwością magazynowania wodoru, natomiast w Mogilnie – 98 km w linii prostej od Piły planowana jest budowa podziemnego magazynu gazu wysokometanowego.

Na terenie miasta Piły planowane jest przedsięwzięcie w postaci ogólnodostępnej stacji tankowania wodorem. Stacja ta będzie służyć zasilaniu pojazdów typu samochody osobowe, autobusy oraz samochody ciężarowe (LDV i HDV). Elementami stacji będą: zbiorniki buforowe, układy chłodzenia wodoru, układy kompresorowe i dystrybucyjne oraz dyspensery. Wydajność stacji w pierwszej fazie eksploatacji ma umożliwiać tankowanie: minimum 2 pojazdów osobowych w godzinnym oknie czasowym (tankowanie jednego samochodu powinno wynosić ok. 5 min) oraz 10 autobusów w oknie czasowym 5 godzin (tankowanie jednego pojazdu to ok. 15 min). Obecnie (styczeń 2023 r.) inwestycja otrzymała decyzję o środowiskowych uwarunkowaniach.

¹²⁶ Polityka energetyczna Polski do 2040 roku



MAPA STANU I ROZWOJU SYSTEMU GAZOWEGO POLSKI

Infrastruktura punktowa	Infrastruktura liniowa
 terminal LNG	 gazociąg Jamał
 planowany terminal LNG	 gazociągi przesyłowe
 podziemny magazyn gazu wysokometanowego	 planowane i modernizowane gazociągi przesyłowe
 planowany podziemny magazyn z rozważaną możliwością magazynowania wodoru	 gazociągi dystrybucyjne

Rysunek 25. Mapa stanu i rozwoju systemu gazowego Polski¹²⁷

7.1.3. Rynek ciepła

Zgodnie z danymi z Urzędu Regulacji Energetyki pod koniec 2020 roku na rynku ciepła działało 387 przedsiębiorstw posiadających koncesje na działalność w zakresie wytwarzania, przesyłania i dystrybucji oraz obrotu ciepłem.

W 2020 r. wytwarzaniem ciepła zajmowało się ponad 90% wszystkich badanych przedsiębiorstw ciepłowniczych. Wytworzyły one łącznie z ciepłem odzyskanym w procesach

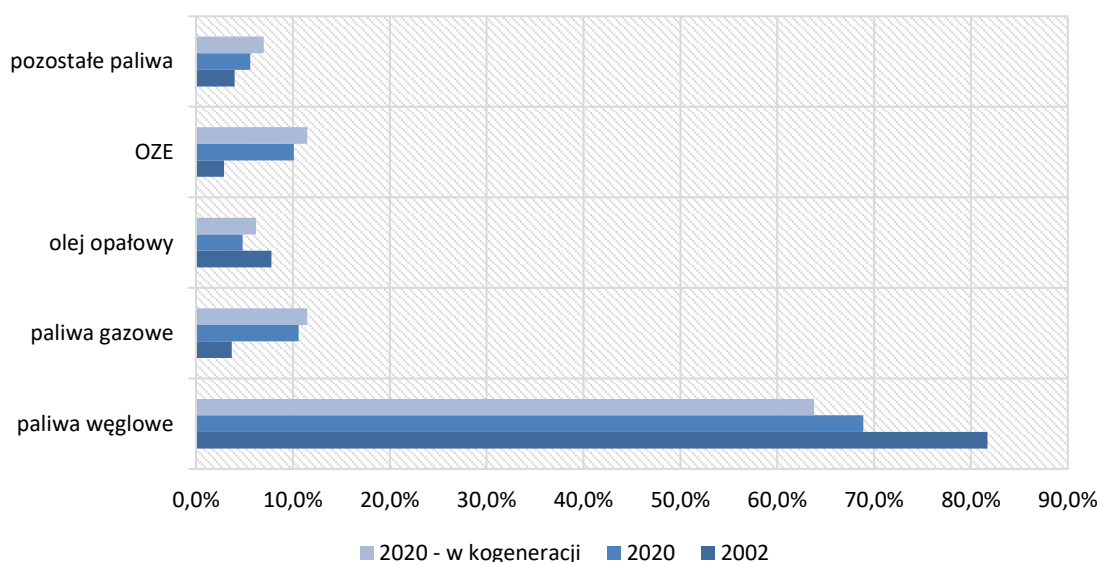
¹²⁷ Polityka energetyczna Polski do 2040 roku

technologicznych (odzysk ciepła) 393,8 tys. TJ ciepła, co oznacza spadek o 1,6% w stosunku do roku ubiegłego.

W roku 2020 nastąpiła stabilizacja udziału ciepła produkowanego w kogeneracji, pomimo że w latach poprzednich obserwowany był niewielki, ale systematyczny wzrost jego udziału. W 2020 r. udział ciepła z kogeneracji wynosił 65,2% produkcji ciepła ogółem, podobnie jak w 2019 r. Jeśli chodzi o udział liczby przedsiębiorstw wytwarzających ciepło w kogeneracji mamy również do czynienia z sytuacją bliską stabilizacji. Spośród 370 przedsiębiorstw wytwarzających ciepło, 128 z nich wytwarza ciepło również w kogeneracji (34,6%). Udział przedsiębiorstw wytwarzających ciepło w kogeneracji w 2019 r. wynosił 33,3%.

W latach 2002–2020 dywersyfikacja paliw zużywanych do produkcji ciepła postępowała bardzo powoli. Dominują w dalszym ciągu paliwa węglowe, których udział w 2020 r. stanowił 68,9% paliw zużywanych. Od 2002 r. udział paliw węglowych obniżył się o 12,8 punktu procentowego, zaobserwowano natomiast wzrost udziału paliw gazowych – o 6,9 punktu procentowego i źródeł OZE – o 7,2 punktu procentowego.

Udział paliw węglowych zużywanych do produkcji ciepła w całkowitym zużyciu paliw został przedstawiony na kolejnym wykresie.



Wykres 10. Udział poszczególnych paliw w produkcji ciepła¹²⁸

Ceny

Dla odbiorców ciepła nastąpił wzrost średniej ceny ciepła sieciowego. Na przestrzeni ostatnich kilku lat, oprócz ważącego przy ustalaniu średnich cen ciepła kosztu paliwa, coraz większej wagi i udziału w kosztach wytwarzania, zarówno ciepła, jak i energii elektrycznej, nabiera zakup uprawnień do emisji CO₂. W kolejnej tabeli przedstawiono ceny ciepła produkowanego przy zużyciu różnych rodzajów paliwa oraz średnią cenę wytwarzania ciepła w latach 2018-2020.

¹²⁸ Urząd Regulacji Energetyki – Energetyka ciepła w liczbach – 2020

Tabela 10. Ceny ciepła wytworzonego z różnych rodzajów paliw w latach 2018-2020¹²⁹

Paliwo	2018	2019	2020	Trend
węgiel kamienny	37,93	40,34	43,88	↑
węgiel brunatny	24,74	25,09	28,03	↑
olej opałowy lekki	68,49	73,75	58,4	↓
olej opałowy ciężki	34,66	34,95	37,16	↑
gaz ziemny wysokometanowy	50,72	52,17	53,64	↑
gaz ziemny zaazotowany	42,13	43,34	46,06	↑
biomasa	41,42	42,65	45,77	↑
inne odnawialne źródła energii	36,44	36,53	37,71	↑
pozostałe paliwa	36,87	37,84	44,08	↑
średnia cena wytwarzania ciepła	38,72	40,97	44,33	↑

W kolejnym roku przewiduje się dalszy wzrost cen ciepła sieciowego. Wynika to z ciągle rosnącej ceny węgla i gazu, co spowodowane jest z kolei sytuacją gospodarczą w kraju i na świecie.

Rynek ciepła sieciowego w Pile

Na terenie Pily w zakresie ciepła sieciowego swoją działalność prowadzi Miejska Energetyka Ciepła w Pile Sp. z o.o. Przedsiębiorstwo swoją działalność skupia na produkcji, przesyłce i dystrybucji energii cieplnej oraz na produkcji energii elektrycznej.

MEC w Pile eksploatuje dwie elektrociepłownie: EC-Koszyce oraz EC-Zachód. Elektrociepłownia Koszyce wyposażona jest w dwa kotły wodne zasilane węglem kamiennym. Dodatkowo w obiekcie znajdują się trzy agregaty zasilane gazem ziemnym. W 2021 roku obiekt do swojej działalności zużył 9 330 Mg węgla kamiennego oraz 5,333 mln m³ gazu ziemnego. Elektrociepłownia Zachód wyposażona jest natomiast w trzy agregaty zasilane gazem ziemnym. Dodatkowo obiekt eksploatuje układ złożony z 72 kolektorów słonecznych o zainstalowanej mocy cieplnej wynoszącej 0,084 MW. W 2021 roku obiekt zużył 103 tys. m³ gazu ziemnego.

Dodatkowo MEC w Pile jest właścicielem kotłowni osiedlowej KO-Staszycy, która składa się z dwóch kotłów, z których jeden zasilany jest gazem ziemnym, a drugi przez olej opałowy lekki. W 2021 roku obiekt do swojej działalności zużył 440 tys. m³ gazu ziemnego. Natomiast w skład drugiej kotłowni – KR-Zachód wchodzi dwa kotły wodne opalane węglem kamiennym. W 2021 roku zużyły one 12 297 Mg węgla kamiennego. W skład trzeciej kotłowni – KR-Kaczorska wchodzi trzy kotły wodne opalane węglem kamiennym. W 2021 roku przez instalację zużyte zostało 11 143 Mg węgla¹³⁰.

W najbliższych latach Miejska Energetyka Ciepła w Pile Sp. z o.o. w swoich planach inwestycyjnych wskazuje m.in.:

- budowę farmy fotowoltaicznej na terenie kotłowni KR-Zachód o mocy 325 kWp;
- budowę farmy fotowoltaicznej na terenie elektrociepłowni EC-Koszyce o mocy 275 kWp.

Prognozowane zmiany

Szczególną rolę we wdrażaniu polityki państwa w zakresie ciepłownictwa ma zaangażowanie władz samorządowych i lokalne planowanie energetyczne. Potrzeby cieplne pokrywane są blisko miejsca zamieszkania, a rynki ciepła mają charakter lokalny.

¹²⁹ Urząd Regulacji Energetyki – Energetyka ciepła w liczbach – 2020

¹³⁰ Miejska Energetyka Ciepła Pila Sp. z o.o.

W związku z rozwojem ciepłownictwa systemowego planowane jest stworzenie narzędzia planowania energetycznego jakim będzie system zbierania danych do ogólnopolskiej mapy ciepła. Dostęp do takich danych pozwoli regionom, gminom i przedsiębiorcom oszacować potencjał rozwoju sieci ciepłowniczych oraz kogeneracji na swoim obszarze, a nowym inwestorom dostarczy informacji o zastanej infrastrukturze.

W ramach rozwoju sektora ciepłowniczego planuje się¹³¹:

- rozwój kogeneracji, czyli jednoczesnego wytwarzania energii elektrycznej i ciepła, co stanowi najbardziej efektywny sposób wykorzystania energii chemicznej paliwa pierwotnego;
- zwiększenie wykorzystania OZE w ciepłownictwie systemowym – odbywać się będzie głównie poprzez wykorzystanie lokalnych zasobów energii odnawialnej, tj. biomasy, biogazu czy geotermii, jak również energii słonecznej;
- zwiększenie wykorzystania ciepła wytworzonego w instalacjach termicznego przekształcania odpadów w ciepłownictwie systemowym (głównie w CHP);
- ucieplnianie elektrowni i wykorzystanie ciepła odpadowego;
- modernizacja i rozbudowa systemu dystrybucji ciepła i chłodu;
- popularyzacja magazynów ciepła;
- popularyzacja inteligentnych sieci;

7.1.4. Rynek paliw ciekłych

Produkcja paliw ciekłych w procesie przerobu ropy naftowej w 2021 r., prowadzona była w rafineriach należących do Polskiego Koncernu Naftowego ORLEN S.A. oraz Grupy Lotos S.A. Podstawowym źródłem dostaw ropy naftowej była Rosja, ale w związku ze zmianą sytuacji polityczno-gospodarczej odnotować należy, że zwiększone zostaną ilości dostaw ropy naftowej również z innych kierunków.

Obrót detaliczny benzynami silnikowymi oraz gazem płynnym LPG przeznaczonym do silników z zapłonem iskrowym prowadzony jest na stacjach paliw ciekłych. Natomiast sprzedaż oleju napędowego do klientów końcowych wykonywana jest przy wykorzystaniu stacji zakładowych oraz poprzez dostawy do kontenerowych stacji paliw ciekłych należących do odbiorców, a także poza stacjami paliw ciekłych. Na terenie kraju funkcjonowały 9 141 powszechnie dostępne stacje paliw ciekłych, sprzedające co najmniej jeden gatunek paliw ciekłych.

Biorąc pod uwagę liczbę eksploatowanych stacji paliw dominuje Polski Koncern Naftowy ORLEN S.A. Drugim operatorem, pod względem liczby użytkowanych stacji paliw jest Shell Polska Sp. z o.o., trzecie miejsce należy do BP Europa SE Spółka europejska Oddział w Polsce. Na kolejnych miejscach znalazły się: Lotos Paliwa Sp. z o.o. oraz CIRCLE K POLSKA Sp. z o.o.¹³².

Rynek paliw ciekłych w Pile

Zgodnie z danymi z rejestru stacji paliw Urzędu Regulacji i Energetyki na terenie Piły zlokalizowanych jest 19 stacji paliw. Najwięcej stacji, bo aż 4 należy do Polskiego Koncernu Naftowego ORLEN S.A. W Pile zlokalizowana jest jedna instalacja rozładunkowa cystern samochodowych. Na terenie Piły brak jest instalacji do wytwarzania i magazynowania paliw ciekłych.

¹³¹ Polityka energetyczna Polski do 2040 roku

¹³² Urząd Regulacji Energetyki

Prognozowane zmiany

Ze względu na niewielkie występowanie krajowych zasobów ropy naftowej, z punktu widzenia Polski kluczowe jest działanie w kierunku dywersyfikacji dostaw oraz zapewnienia bezpieczeństwa dostaw ropy naftowej i paliw ciekłych. Surowiec ten wydobywany w kraju pokrywa tylko niewielki zakres potrzeb rynku – ok. 4%.

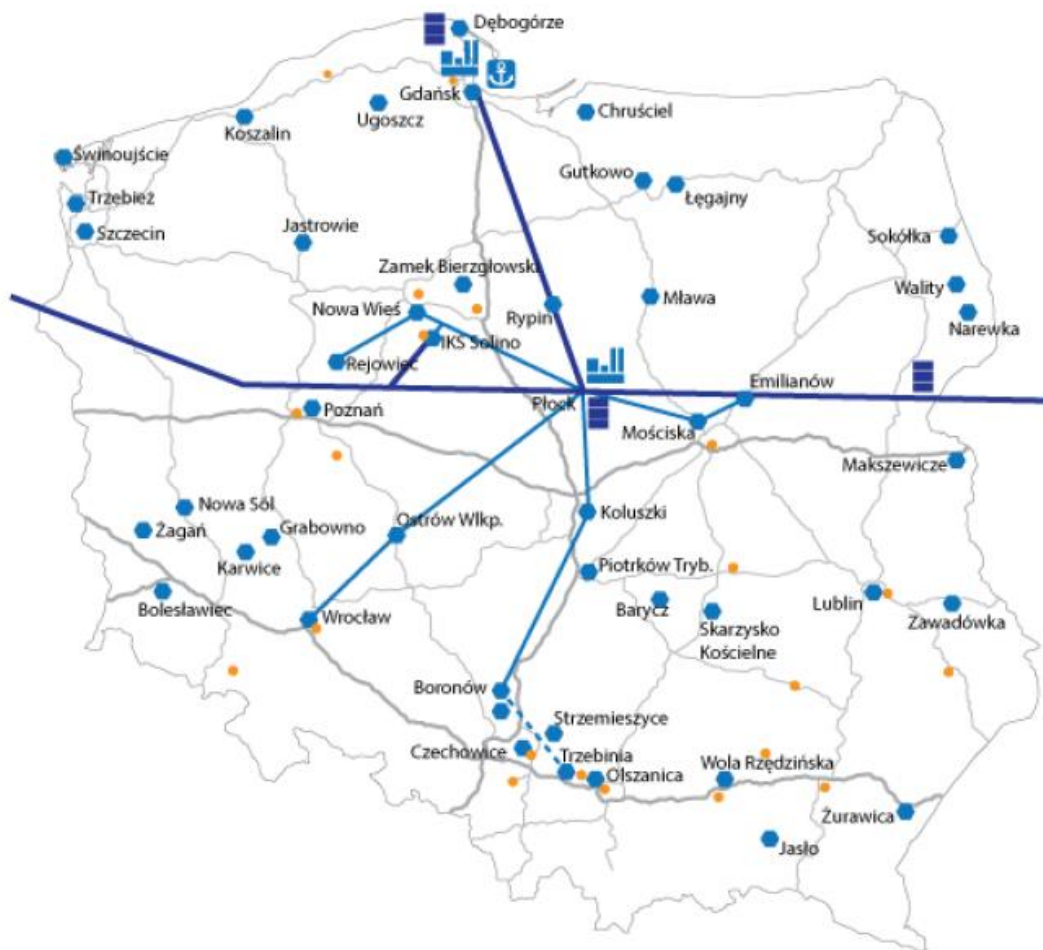
Infrastruktura przesyłowa ropy naftowej składa się z trzech odcinków – dwóch odcinków rurociągu „Przyjaźń” oraz Rurociągu Pomorskiego (łącznie ok. 890 km). Trzy nitki Odcinka Wschodniego rurociągu „Przyjaźń” umożliwiają import ropy z kierunku wschodniego do rafinerii w Płocku, a następnie rurociągiem Pomorskim do rafinerii w Gdańsku.

Planowanymi działaniami w zakresie dostaw ropy naftowej i paliw ciekłych są¹³³:

- rozbudowa infrastruktury przesyłowej ropy naftowej – PERN S.A. uwzględnił w swoich planach inwestycyjnych budowę drugiej nitki Rurociągu Pomorskiego. W związku z wystąpieniem w przeszłości zanieczyszczenia ropy naftowej przesyłanej rurociągiem „Przyjaźń” szkodliwymi dla rafinerii chlorkami organicznymi, co spowodowało czasowe wstrzymaniem dostaw ropy drogą lądową ze wschodu. Rafineria w Płocku sprowadzała surowiec wyłącznie drogą morską, w pełni wykorzystując istniejącą nitkę Rurociągu Pomorskiego. Gdyby istniała druga nitka, zanieczyszczona ropa naftowa mogłaby być równolegle tłoczona na północ w celu oczyszczenia systemu przesyłowego z niespełniającej norm jakościowych surowca, a także możliwy byłby przesył ropy naftowej z magazynu Góra i baz PERN S.A. w Miszewku Strzałkowskim i Adamowie do rafinerii w Gdańsku;
- rozbudowa infrastruktury przesyłowej paliw ciekłych – paliwa powstałe w rafineriach w wyniku przerobu ropy naftowej transportowane są w różne części Polski rurociągami, koleją, transportem kołowym – w zależności od dostępności – jednym ze środków lub transportem łączonym. Najbezpieczniejszym i najefektywniejszym sposobem jest transport rurociągowy;
- rozbudowa bazy magazynowej ropy naftowej i paliw ciekłych – magazyny mają zapewniać ciągłość procesu technologicznego tłoczenia ropy oraz umożliwiać magazynowanie zapasów handlowych i interwencyjnych;
- wdrożenie cyklicznego prognozowania potrzeb paliwowych.

Na następnym rysunku przedstawiono mapę stanu i rozwoju infrastruktury ropy naftowej i paliw ciekłych.

¹³³ Polityka energetyczna Polski do 2040 roku



MAPA STANU I ROZWOJU INFRASTRUKTURY ROPY NAFTOWEJ I PALIW CIEKŁYCH ORAZ MAPA BAZY TANKOWANIA CNG/LNG W POLSCE

Infrastruktura punktowa	Infrastruktura liniowa
baza paliwowa	rurociąg przesyłowy ropy naftowej
punkt tankowania CNG/LNG	rurociąg przesyłowy produktów naftowych
zbiornik ropy naftowej	planowany rurociąg przesyłowy produktów naftowych
rafineria	autostrada
naftoport	droga ekspresowa

Rysunek 26. Mapa stanu i rozwoju infrastruktury ropy naftowej i paliw ciekłych oraz mapa bazy tankowania CNG/LNG w Polsce¹³⁴

¹³⁴ Polityka energetyczna Polski do 2040 roku

7.2. Wizje gospodarki energetycznej gminy do lat 2030, 2040, 2050

W ramach analizy potencjalnych ścieżek transformacji dla Gminy Piła opracowano trzy podstawowe scenariusze odzwierciedlające cele polityki klimatycznej w UE:

- scenariusz bazowy (BAU) zakładający 60% redukcję emisji gazów cieplarnianych w 2050 r. w stosunku do wielkości emisji w roku;
- scenariusz referencyjny (REF) zmierzający do docelowego poziomu redukcji emisji gazów cieplarnianych o ok. 80% w 2050 r. w stosunku do wielkości emisji w roku bazowym;
- scenariusz neutralności (NEU) – zakładający ok. 90% redukcji emisji gazów cieplarnianych w 2050 r. w stosunku do wielkości emisji w roku bazowym;

Zgodnie z Planem Gospodarki Niskoemisyjnej emisja w Pile w roku bazowym 2013 wynosiła 586 501 Mg CO₂ i to do tej wartości będą odnoszone cele redukcji emisji. W tabeli poniżej przedstawiono wartości emisji oraz jej redukcji na terenie Gminy Piła dla poszczególnych scenariuszy zgodne z ambitnymi celami UE.

Tabela 11. Planowana redukcja emisji w latach 2030, 2040 i 2050 w podziale na scenariusze¹³⁵

Scenariusz	2013	2030			2040			2050		
		BAU	REF	NEU	BAU	REF	NEU	BAU	REF	NEU
Redukcja emisji [%]	-	42%	42%	53%	51%	61%	72%	60%	80%	90%
Redukcja emisji [tys. MgCO₂]	-	246	246	311	299	358	419	352	469	528
Emisja CO₂ [tys. MgCO₂]	587	340	340	276	287	229	167	235	117	59

Aby realizacja celów była możliwa niezbędne jest podjęcie działań na poziomie lokalnym w ramach transformacji energetycznej.

Termomodernizacja budynków

Działanie termomodernizacyjne ma na celu zmniejszenie zapotrzebowania na energię dostarczaną na potrzeby ogrzewania oraz przygotowania ciepłej wody użytkowej, a co za tym idzie również zmniejszenie emisji szkodliwych zanieczyszczeń do atmosfery. Termomodernizacja poprawia również warunki życia mieszkańców, obniża koszty za energię, a także zwiększa bezpieczeństwo. Znaczna część energii zużywana w sektorze komunalno-bytowym w Polsce przypada właśnie na ogrzewanie. Jednostki samorządu terytorialnego są podmiotami, które powinny być zaangażowane w proces termomodernizacji budynków np. poprzez pozyskiwanie środków na ten cel. Wśród działających obecnie w Polsce programów wspierających efektywność energetyczną bazujących w dużej mierze na środkach pochodzących z UE należy wymienić¹³⁶:

- dla gmin Stop Smog – wsparcie dla domów jednorodzinnych osób ubogich energetycznie;
- dla gmin Rządowy Fundusz Polski Ład: Program Inwestycji Strategicznych – wsparcie dla poprawy efektywności energetycznej budynków użyteczności publicznej;
- dla mieszkańców domów jednorodzinnych – program Czyste Powietrze NFOŚiGW;
- dla podatników – ulga termomodernizacyjna;
- dla inwestorów – premia termomodernizacyjna, premia remontowa, premia kompensacyjna, grant MZG, grant OZE, grant termomodernizacyjny.

¹³⁵ Opracowano na podstawie Podręcznika Transformacji Energetycznej dla Samorządów – POLSKA NET-ZERO 2050

¹³⁶ Podręcznik Transformacji Energetycznej dla Samorządów – POLSKA NET-ZERO 2050

Rolą jednostek samorządu terytorialnego przy realizacji projektów niskoemisyjnych jest także przedkładanie harmonogramów rzeczowo-finansowych oraz efektów energetycznych i ekologicznych jakie przyniosą dane zadania.

W skład działania termomodernizacyjnego wchodzi:

- docieplenie przegród;
- wymiana stolarki okiennej i drzwiowej;
- modernizacja instalacji ogrzewania;
- modernizacja instalacji przygotowania ciepłej wody użytkowej;
- wymiana oświetlenia na energooszczędne;
- modernizacja systemów wentylacji i klimatyzacji.

Modernizacja oświetlenia ulicznego

Gmina Piła powinna sukcesywnie dążyć do wymiany oświetlenia ulicznego na nowoczesne i energooszczędne. Wymiana oświetlenia pozwoli na zmniejszenie zużycia energii elektrycznej, a co za tym idzie kosztów jakie ponosi gmina za jej zakup. Oświetlenie odgrywa również ważną rolę w zapewnieniu bezpieczeństwa.

W związku z tym, że modernizacja oświetlenia wiąże się z wysokimi nakładami inwestycyjnymi warto rozważyć realizację przedsięwzięć przy udziale środków zewnętrznych, które mogłyby częściowo pokryć koszty inwestycji. Jednym ze źródeł dofinansowania mogą być środki wojewódzkie, np. WFOŚiGW, oprócz tego można pozyskać fundusze z RPO, czy też z Programu Fundusze Europejskie dla Wielkopolski.

Rozwój zrównoważonego ciepłownictwa systemowego

Na terenie Piły producentem i dostawcą ciepła sieciowego jest Miejska Energetyka Ciepła Sp. z o.o. Ciepło wytwarzane jest w procesie kogeneracji w dwóch elektrociepłowniach, dzięki czemu proces ten jest bardziej efektywny. Spółka ta stale rozwija technikę i technologię, przy utrzymaniu ceny ciepła na konkurencyjnym poziomie z równoczesną dbałością o otaczające środowisko naturalne. Dodatkowo obiekt eksploatuje układ złożony z 72 kolektorów słonecznych i dalej planuje się rozwijać w kierunku odnawialnych źródeł energii.

Wspieranie rozwoju odnawialnych źródeł energii

Rozwój OZE jest niezbędnym elementem transformacji energetycznej gmin. Ważne jest aby zastępować nieefektywne i nieekologiczne źródła energii nowoczesnymi i bezemisyjnymi technologiami. Dodatkową zaletą montażu OZE jest zapewnienie niezależności energetycznej oraz zmniejszenie kosztów energii.

Warto podkreślić, że Gmina Piła aktywnie wspiera rozwój odnawialnych źródeł energii. Przykładami instalacji, których eksploatacja zwiększy udział OZE w ogólnym miksie energetycznym Miasta Piły są inwestycje w postaci paneli fotowoltaicznych, które w roku 2022 zostały uruchomione w sześciu przedszkolach publicznych oraz w dwóch szkołach podstawowych zlokalizowanych na terenie Miasta. Łączna moc nowopowstałych instalacji wyniosła ponad 214 kW. Rozwój OZE następuje również w sektorze prywatnym. Przykładem jest otwarcie instalacji w postaci farm fotowoltaicznych o mocy 5,5 MW przez przedsiębiorstwo Invest PV 18 Sp. z o.o.

Do zalet z wdrażania OZE jakie wynikają dla samorządów i społeczności lokalnych należy zaliczyć¹³⁷:

- zwiększenie bezpieczeństwa energetycznego w skali lokalnej;
- redukcja emisji CO₂;

¹³⁷ Podręcznik Transformacji Energetycznej dla Samorządów – POLSKA NET-ZERO 2050

- redukcja zanieczyszczeń (np. SO₂, NO_x, pyły) – mniejszy smog;
- stabilizacja kosztów dostaw energii dla odbiorców końcowych (w wielu przypadkach połączona z obniżką cen energii);
- rozwój gospodarczy regionu;
- korzyści materialne i finansowe przy sprzedaży nadwyżek produkowanej energii;
- zatrzymanie odpływu kapitału z gminy na potrzeby energetyczne.

Klastry energii

Klastry energii stwarzają możliwość do współpracy odbiorców energii elektrycznej, lokalnych samorządów, które administrują danym obszarem i sporządzają plany zaopatrzenia w energię oraz podmiotów, które energię elektryczną produkują, jak również tych, które dysponują siecią średniego i wysokiego napięcia. Dzięki temu klastry przyczyniają się do zwiększenia lokalnego bezpieczeństwa energetycznego, poprawy lokalnego środowiska naturalnego oraz zwiększenia konkurencyjności i efektywności ekonomicznej lokalnej gospodarki. Klaster jest platformą współpracy pomiędzy jednostkami samorządu terytorialnego, środowiskiem naukowym, przedsiębiorcami i ich organizacjami oraz wszelkimi instytucjami i podmiotami deklarującymi włączenie się w realizację zakładanych przez klaster celów. Tworzenie klastrów energii i uczestnictwo w nich, niesie za sobą szereg pozytywnych efektów. Skupione w klastrze podmioty osiągają wspólne korzyści wykorzystując efekty synergii. Dzięki klastram samorządy mogą przejmować kontrolę nad sposobami wytwarzania energii na ich terenie, a co za tym idzie wpływać na rozwój lokalnej energetyki przy zapewnieniu bezpiecznego poziomu dostaw. Klastry mogą przynosić również realne oszczędności wynikające z poprawy efektywności energetycznej oraz dawać impuls dla rozwoju przemysłu w oparciu o niższe ceny energii cieplnej i elektrycznej. Współpraca w ramach klastrów może przyczynić się także do restrukturyzacji obszarów wiejskich, pobudzenia energetyki prosumenckiej i dalszego jej rozwoju¹³⁸.

Należy zaznaczyć, że idea klastra energetycznego w obszarze Gminy Piła jest obecnie realizowana. Celami ustanowienia klastra były rozwój rozproszonej energetyki wśród firm zainteresowanych, rozwój OZE, poprawa parametrów energetycznych sieci czy też budowa samowystarczalności energetycznej gminy. Do tej pory współpracę w klastrze energetycznym podjęły zarówno Gmina Piła jak i przedsiębiorstwa takie jak GWDA Sp. z o.o. oraz MEC Piła Sp. z o.o., a także przedsiębiorstwa prywatne. Dotychczasowe inwestycje w ramach działalności klastra energetycznego skupiały się na rozwijaniu instalacji z zakresu OZE, w tym farm wiatrowych w sąsiedztwie gminy oraz farm fotowoltaicznych w jej granicach. Natomiast planowane działania obejmują pozyskanie dofinansowania na dalszy rozwój inicjatywy klastrowej, w tym stworzenie koncepcji rozwoju wraz ze stadium wykonalności i uwarunkowaniami prawnymi, systemem elektronicznym do monitoringu produkcji i zużycia energii w ramach klastra, budowę biogazowni, budowę kolejnych instalacji PV oraz budowę magazynu energii.

Realizacja gospodarki obiegu zamkniętego

W ramach realizacji gospodarki obiegu zamkniętego należy wdrażać poniższe działania, tj.¹³⁹:

- organizacja systemów selektywnego zbierania odpadów komunalnych i zapobiegania ich powstawaniu;
- organizacja lokalnych instalacji recyklingu odpadów;
- rozwijanie infrastruktury wspierającej zapobieganie powstawaniu odpadów;

¹³⁸ Podręcznik Transformacji Energetycznej dla Samorządów – POLSKA NET-ZERO 2050

¹³⁹ Podręcznik Transformacji Energetycznej dla Samorządów – POLSKA NET-ZERO 2050

- rozwijanie instalacji rozproszonych źródeł wytwarzania energii elektrycznej i/lub ciepłej opartych na OZE;
- rozwijanie transportu przyjaznego środowisku, ze szczególnym uwzględnieniem publicznego transportu zbiorowego;
- wdrażanie/wsparcie przedsięwzięć energooszczędnych z uwzględnieniem energii ciepłej lub elektrycznej;
- popularyzacja/realizacja założeń gospodarki o obiegu zamkniętym w gospodarstwie domowym, rolnictwie lub przetwórstwie produktów rolnych,
- wdrażanie rozwiązań i popularyzacja działań w zakresie oszczędności wody jako zasobu w gospodarstwie domowym, gospodarce komunalnej i przedsiębiorczości,
- popularyzacja/realizacja założeń zasobooszczędnej gospodarki w lokalnej przedsiębiorczości, ze szczególnym uwzględnieniem:
- zmniejszenia zużycia surowców pierwotnych, w tym wody, w procesach produkcyjnych na jednostkę produkcji,
- zmniejszenia wytwarzania odpadów w procesach produkcyjnych na jednostkę produkcji,
- racjonalne gospodarowanie powierzchnią ziemi poprzez przywracanie terenów zdegradowanych działalnością człowieka lub nadanie im nowych funkcji.

Elektromobilność i paliwa alternatywne

Jedną z głównych przyczyn zanieczyszczeń w mieście jest emisja spalin samochodowych. Oprócz tego przy dużym natężeniu ruchu drogowego emitowany jest hałas, który może negatywnie oddziaływać na zdrowie. Gmina Piła powinna dążyć do wymiany emisyjnego taboru autobusowego na autobusy elektryczne, wodorowe lub zasilane biopaliwem czy CNG. Przyczyni się to również do promocji transportu zbiorowego i pozwoli zmniejszyć emisję z sektora transportu prywatnego. Dodatkowo ważne jest aby miasto posiadało nowoczesną infrastrukturę, która zapewni bezpieczny i wygodny transport mieszkańców np. parkingi typu Park&Ride, przystanki, zatoki, centra przesiadkowe, drogi rowerowe, buspasy, infrastruktura ładowania pojazdów elektrycznych.

Rekomendowane działania

Poniżej przedstawiono rekomendowane działania, których realizacja przyczyni się do skutecznej transformacji energetycznej gminy.



Rysunek 27. Działania Strategii Transformacji Energetycznej

7.3. Cele strategiczne transformacji energetycznej

Strategia Transformacji Energetycznej dla Gminy Piła ma na celu integrację środków na rzecz rozproszonego wytwarzania energii, efektywności energetycznej, ochrony powietrza i wielu innych elementów wpisujących się w strategię zrównoważonego rozwoju.

Cele strategiczne Strategii transformacji energetycznej to:

- poprawa jakości powietrza;
- przeciwdziałanie zmianom klimatu;
- dekarbonizacja gospodarki;
- zapewnienie pochłaniania CO₂ z atmosfery co najmniej na poziomie równoważymy emisjom gazów cieplarnianych, wynikającym z działalności związanej z użytkowaniem gruntów, zmianą użytkowania gruntów lub leśnictwem;
- unowocześnienie infrastruktury energetycznej i transportowej;
- poprawa efektywności energetycznej;
- przejście na czystsze, lokalnie dostępne odnawialne źródła energii i zastępowanie nimi paliw kopalnych;
- zapewnienie bezpiecznych, zrównoważonych, konkurencyjnych i przystępnych cenowo dostaw energii;
- łagodzenie społecznych i gospodarczych skutków transformacji energetycznej.

Na poprawę efektywności energetycznej wpływ mają:

- termomodernizacje budynków;
- modernizacje i wymiany urządzeń na urządzenia o lepszej wydajności energetycznej (np. urządzenia elektryczne, źródła światła, napędy elektryczne, technologie wykorzystywane w różnych procesach technologicznych);
- zwiększenie skojarzonego wytwarzania energii elektrycznej i ciepła;

- zmniejszanie strat przy przesyłaniu energii;
- wzrost wykorzystania energii ze źródeł odnawialnych.



Celem stworzenia dokumentu Strategii Transformacji Energetycznej było określenie wizji rozwoju dla Gminy Piła w kierunku transformacji energetycznej. Odgórnymi celami strategicznymi są zapisy określone w Protokole z Kioto, Porozumieniu Paryskim, Europejskim Zielonym Ładzie oraz zbiorze nowych przepisów klimatycznych Fit for 55.



Wyznaczone cele w ramach Strategii są powiązane i spójne z celami, priorytetami oraz działaniami przedstawionymi w omówionych dokumentach strategicznych na poziomie międzynarodowym, krajowym, wojewódzkim oraz lokalnym.



7.4. Mierzalne wskaźniki zwiększenia udziału OZE energetycznej

Aby w sposób efektywny możliwe było prowadzenie monitoringu z implementacji założeń Strategii Transformacji Energetycznej dla gminy Piła konieczne jest wdrożenie wskaźników, które będą w sposób transparentny i czytelny wskazywały kierunek i intensywność zmian.

Poniżej zostały przedstawione zaproponowane wskaźniki, które w sposób mierzalny obrazują zwiększenie udziału odnawialnych źródeł energii w gminie Piła.

	Nazwa wskaźnika:	<u>Zmiana produkcji energii elektrycznej ze źródeł odnawialnych</u>
	Jednostka:	wartość bezwzględna w stosunku do poprzedniego roku wyrażona w MWh/rok
	Docelowy trend:	

	Nazwa wskaźnika:	<u>Zmiana produkcji energii cieplnej ze źródeł odnawialnych</u>
	Jednostka:	wartość bezwzględna w stosunku do poprzedniego roku wyrażona w MWh/rok
	Docelowy trend:	

	Nazwa wskaźnika:	<u>Zmiana liczby przestarzałych i nieefektywnych źródeł ciepła</u>
	Jednostka:	wartość bezwzględna w stosunku do poprzedniego roku wyrażona w szt.
	Docelowy trend:	

	Nazwa wskaźnika:	<u>Zmiana udziału odnawialnych źródeł energii w ogólnym miksie energetycznym</u>
	Jednostka:	wartość w stosunku do poprzedniego analizowanego roku wyrażona w %
	Docelowy trend:	

	Nazwa wskaźnika:	<u>Zmiana zużycia energii</u>
	Jednostka:	wartość bezwzględna w stosunku do poprzedniego roku wyrażona w %
	Docelowy trend:	(wytworzonej z OZE) (wytworzonej ze źródeł konwencjonalnych)

	Nazwa wskaźnika:	<u>Zmiana sprzedaży konwencjonalnych źródeł energii tj. gaz ziemny czy węgiel kamienny</u>
	Jednostka:	wartość bezwzględna w stosunku do poprzedniego analizowanego roku wyrażona w m ³ lub t/rok
	Docelowy trend:	

8. Podsumowanie Strategii Transformacji Energetycznej

Strategia transformacji energetycznej (wykorzystanie odnawialnych źródeł w mieście) jest dokumentem zawierającym analizę potencjału odnawialnych źródeł energii w Gminie Piła, a także koncepcję przeprowadzenia możliwych zmian w zakresie gospodarki energetycznej, ukierunkowaną na zwiększenia wykorzystania odnawialnych źródeł energii i zmniejszenie zapotrzebowania na paliwa kopalne. W ramach opracowania dokonano również przeglądu aktualnej wiedzy w zakresie technologii niskoemisyjnych, zidentyfikowano bariery w rozwoju OZE, a także omówienie prognozowane zmiany na rynku energii i paliw.

Punktem wyjściowym do przygotowania Strategii było określenie potencjału odnawialnych źródeł energii, takich jak energia słoneczna, wiatru, wody, geotermalna, biomasy oraz biogazu. Na możliwości pozyskania energii słonecznej wpływ mają parametry takie jak uśłonecznienie, czyli liczba godzin słonecznych w ciągu roku, natężenie promieniowania słonecznego, które mówi o gęstości mocy promieniowania słonecznego padającego na jednostkę powierzchni, a także nasłonecznienie rozumiane jako suma promieniowania padającego na daną powierzchnię w jednostce czasu. W zakresie uśłonecznienia należy podkreślić, że czas godzin słonecznych w ciągu roku w Pile waha się w przedziale 1800 – 1850 h/rok (z czego 760 h przypada na sezon letni), a uśredniony czas dla Polski wynosi 1749 h/rok. Takie warunki mają swoje przełożenia na wartość promieniowania słonecznego, która w rejonie Piły wynosi około 120 W/m^2 (średnia roczna), a także na wartości sumy rocznego nasłonecznienia, która w na obszarze gminy Piła wynosi ponad $1\,000 \text{ kWh/m}^2$. Energia słoneczna może być wykorzystywana przede wszystkim w formie aktywnej do produkcji energii elektrycznej poprzez panele fotowoltaiczne, albo energii cieplnej poprzez kolektory. Istnieje również forma pasywnego korzystania z energii słonecznej, która ma swoje zastosowanie w budownictwie. Drugim przeanalizowanym rodzajem energii jest ta pochodząca z ruchu mas powietrza. Energia wiatru może być wykorzystywana przez turbiny wiatrowe, które pracują w warunkach występowania wiatru o prędkości od 3 do 25 m/s. Takie warunki wietrzne są odnotowywane przede wszystkim na wysokościach ok. 100 m n.p.g. i przekładają się na zasoby energii wiatru, które w rejonie Piły wynoszą $2\,000 - 2\,500 \text{ kWh/m}^2/\text{rok}$. Energetyka wodna wiąże się z zamianą energii potencjalnej wody na energię mechaniczną, a następnie na elektryczną. Przez teren gminy Piła przepływa rzeka nizinna Gwda, której całkowity potencjał teoretyczny wynosi 2 908 kW. Należy jednak zwrócić uwagę, że przepływy rzeki Gwdy z roku na rok są co raz mniejsze, co negatywnie wpływa na potencjał energetyczny cieku. Określenie potencjału energii geotermalnej sprowadza się do zdeterminowania parametrów takich jak: temperatura wód geotermalnych czy zasoby energii geotermalnej. Średnia roczna temperatura pod powierzchnią gruntu tuż pod powierzchnią gruntu waha się w przedziale $6,5 - 10,5^\circ\text{C}$, a na głębokości 4 000 m przekracza 100°C . Temperatury mają wpływ na zasoby energii geotermalnej, które w rejonie Piły osiągają około 400 GJ/m^2 , co nie stwarza korzystnych warunków do korzystania z tego typu energii, w porównaniu z innymi częściami kraju. Zatem główną możliwością pozyskania energii geotermalnej w tym regionie są gruntowe pompy ciepła. Biomasa nazywamy produkty ulegające biodegradacji, w tym odpady, suche osady ściekowe, pozostałości z upraw rolniczych oraz drewno z produkcji leśnej. Całkowity potencjał biomasy w gminie Piła określono na $35\,802,2 \text{ MWh/rok}$. Biomasa może być wykorzystywana w instalacjach spalania do produkcji energii elektrycznej, ciepła, lub jako paliwo w układach kogeneracji. Biogaz to gaz, który jest uzyskiwany z biomasy takiej jak osady ściekowe, odpady czy plony z użytków zielonych. Całkowity potencjał biogazu określony około $18\,500 \text{ MWh/rok}$. W granicach gminy Piła potencjał OZE jest wykorzystywany m.in. w sektorach użyteczności publicznej, mieszkalnictwa (jedno i wielorodzinne), handlu, usługach i przemyśle. Największy udział wykorzystania źródeł odnawialnych dotyczy mieszkalnictwa jednorodzinnego (46% całkowitego wykorzystania OZE, ponad 31 tys. MWh/rok). Natomiast w przypadku wyróżnienia nośników energetycznych, największym źródłem energii odnawialnej stanowi biomasa (75% ogólnego wykorzystania OZE, ponad 50 tys. MWh/rok). Sumarycznie w ostatnim roku w mieście Piła wyprodukowano ponad 67 tys. MWh zeroemisyjnej energii.

W niniejszym dokumencie dokonano również przeglądu aktualnego stanu wiedzy na temat technologii niskoemisyjnych. Wskazano, że należy stosować instalacje grzewcze, które pozwalają na wykorzystanie paliw takich jak biogaz, który jest uważany za nośnik zeroemisyjny z racji tego, że w trakcie produkcji biomasy, a następnie biogazu pochłaniany jest dwutlenek węgla. Innym, dobrym wyborem jest także gaz ziemny, którego współczynnik emisji jest niemal dwukrotnie mniejszy w porównaniu do węgla kamiennego. Znaczące różnice na korzyść biomasy i gazu ziemnego względem węgla kamiennego można zauważyć również w jednostkowej emisji innych zanieczyszczeń takich jak tlenki siarki, azotu czy pyłów. Wskazano również na korzyści ze stosowania innych odnawialnych źródeł energii takich jak geotermalna, wiatru czy wody. Sposobem na ograniczenie niskiej emisji jest również rozbudowa sieci ciepłowniczych, ponieważ wykorzystują one zaawansowane urządzenia do filtracji spalin, a także pracują w układach kogeneracji, które umożliwiają jednoczesną produkcję ciepła i energii elektrycznej. Co raz większą popularnością cieszą się również systemy ogrzewania niskotemperaturowego. Na uwagę zasługują również technologie odzysku ciepła takie jak odzysk z wentylacji poprzez systemy rekuperacji, które pozwalają zaabsorbować od 50 nawet do 95% ciepła z wentylowanego powietrza. Innym sposobem jest odzyskiwanie energii cieplnej ze ścieków szarych, a więc wody pochodzącej z m.in. pralek, wanien czy pryszniców. Na uwagę zasługują również technologie magazynowania ciepła lub chłodu takie jak materiały o zmiennych fazach, które są stosowane w budownictwie. Tego typu materiały przenoszą ciepło podczas przejścia fazowego, co umożliwia znaczne zwiększenie pojemności cieplnej. Przykładem takich materiałów są pustaki ceramiczne z wkładem z materiałów zmiennofazowych - soli hydratyzowanych. Urządzeniami o większej skali są zbiorniki akumulacyjne, które mogą znajdować się wewnątrz budynku lub pod jego konstrukcją i pozwalają magazynować ciepło/chłód nawet kilka miesięcy. Inną formą magazynowania energii cieplnej może być akumulacja ciepła oraz chłodu w złożach naturalnych. Przykładem takiego rozwiązania jest magazynowanie energii w warstwach wodonośnych. Zadanie to może być realizowane dzięki wykonaniu pary odwiertów, które pozwalają magazynować, a następnie pobierać zgromadzoną energię cieplną z warstwy wodonośnej oraz otaczających ją skał. Technologie niskoemisyjne są stosowane również w sektorze transportu. Przykładami są elektromobilność (wycofanie silników spalinowych ma rzecz układów o napędzie elektrycznym, których źródłem energii jest OZE), integracja ruchu pojazdów elektrycznych z systemem elektroenergetycznym (V2G), stosowanie napędów hybrydowych, a także pojazdów wodorowych. Należy również podkreślić, że na świecie są wdrażane technologie „ujemnej emisji”, które umożliwiają redukcję gazów cieplarnianych. Do takich technologii należy magazynowanie dwutlenku węgla w oceanach oraz pod powierzchnią gruntu.

Elementem opracowania STE jest również analiza istniejących i projektowanych przepisów prawa w zakresie OZE. W ramach unijnych przepisów, które obecnie obowiązują należy wyszczególnić Dyrektywę w sprawie restrukturyzacji wspólnotowych przepisów ramowych dotyczących opodatkowania produktów energetycznych i energii elektrycznej, Rozporządzenie w sprawie zarządzania unią energetyczną i działaniami w dziedzinie klimatu, Dyrektywę w sprawie promowania stosowania energii ze źródeł odnawialnych oraz Rozporządzenie w sprawie unijnego mechanizmu finansowania energii ze źródeł odnawialnych. Projektowanymi unijnymi przepisami prawa są Procedura uwzględniająca dyrektywy w sprawie promowania stosowania energii ze źródeł odnawialnych, w sprawie charakterystyki energetycznej budynków, w sprawie efektywności energetycznej, a także wnioski o ustanawianie ram w celu przyspieszenia wdrażania energii odnawialnej. W ramach istniejących przepisów prawa w zakresie OZE w kraju wymienić należy Ustawę Prawo energetyczne, Ustawę o wspieraniu termomodernizacji i remontów oraz o centralnej ewidencji emisyjności budynków, Ustawę o odnawialnych źródłach energii, czy też Ustawę o inwestycjach w zakresie elektrowni wiatrowych oraz niektórych innych ustaw. W strategii transformacji energetycznej wymieniono i scharakteryzowano również bariery dla wykorzystania OZE. Do głównych barier należą częste zmiany w przepisach prawnych, skomplikowane procedury administracyjne, zasada 10H (odległość turbiny od najbliższej

zabudowy powinna być równa dziesięciokrotności wysokości elektrowni wiatrowej), ograniczenia techniczne, finansowe, brak edukacji i promocji OZE, a także zmiany klimatu.

Ważną częścią dokumentu STE jest również przybliżenie koncepcji procesu transformacji energetycznej do 2030 roku. W zakresie produkcji energii elektrycznej w najbliższych kilkunastu latach z systemu elektroenergetycznego zostaną wycofane wiekowe i nieopłacalne w eksploatacji jednostki wytwórcze. W związku z coraz większym zapotrzebowaniem na energię, spowodowanym m.in. rozwojem elektromobilności system elektroenergetyczny nie tylko ulegnie zmianie, ale również rozbudowie. Przykładowo zgodnie z planami rozwoju systemu elektroenergetycznego Polski, w okolicach Piły w planach jest budowa linii przesyłowych. Dodatkowo 140 km w linii prostej od Piły planowana jest budowa elektrowni jądrowej w Pątnowie. W zakresie dostaw nośnika energetycznego w postaci gazu ziemnego Polska planuje ograniczenia na rzecz gazu skroplonego sprowadzanego z kierunków takich jak USA, Katar czy Norwegia. W najbliższych latach krajowy udział LNG w zużyciu gazu ziemnego może wynieść nawet do 30%. Szczególną rolę we wdrażaniu polityki energetycznej mają lokalne systemy ciepłownictwa. W ramach tego sektora planuje się rozwój kogeneracji, zwiększenie korzystania z OZE, zwiększenie korzystania z instalacji służących do termicznego przekształcania odpadów, modernizację i rozbudowę poszczególnych systemów i magazynów ciepła, w tym rozwój inteligentnych sieci. Natomiast planowanymi działaniami w zakresie dostaw paliw ciekłych w Polsce są rozbudowa infrastruktury przesyłowej ropy naftowej i paliw ciekłych, a także rozbudowa bazy magazynowej oraz wdrożenie cyklicznego prognozowania potrzeb paliwowych. Wizje gospodarki energetycznej na następne kilkadziesiąt lat obejmują trzy scenariusze: bazowy (BAU), który zakłada 60% redukcję emisji gazów cieplarnianych w 2050 roku w stosunku do roku bazowego, referencyjny (REF), w którym redukcja emisji może wynieść 80%, a także scenariusz neutralności (NEU) z 90% zmniejszeniem ilości emitowanych gazów cieplarnianych. Biorąc pod uwagę, że w gminie Piła w roku bazowym emisja gazów cieplarnianych wyniosła ok. 587 tys. Mg CO₂, to zgodnie ze scenariuszem BAU w 2050 powinna wynosić 235 tys. Mg CO₂, scenariusz REF prognozuje jedynie 117 tys. Mg CO₂ emisji, a scenariusz NEU zaledwie 59 tys. Mg CO₂. Takie poziomy redukcji można osiągnąć poprzez termomodernizację budynków, modernizację oświetlenia publicznego, rozwój systemu ciepłowniczego w sposób zrównoważony, wspieranie rozwoju OZE, realizację gospodarki obiegu zamkniętego, czy też elektromobilność. W nawiązaniu do tych działań zostały określone cele STE takie jak: poprawa jakości powietrza, przeciwdziałanie zmianom klimatu, dekarbonizacja gospodarki, poprawa efektywności energetycznej, ograniczenie paliw kopalnych na rzecz OZE. Realizacja powyższych zadań i dążenie do spełnienia wymienionych celów należy systematycznie monitorować, przykładowo w oparciu o wskaźniki, które również zostały określone w dokumencie Strategii Transformacji Energetycznej.

9. Spis tabel

Tabela 1. Średnia wartość usłonecznienia dla lat 1991-2020 w okolicy Piły i średnia krajowa dla czterech pór roku.....	7
Tabela 2. Potencjał energetyczny z biogazu z odchodów zwierzęcych w gminie Piła ^{63,64}	30
Tabela 3. Posumowanie produkcji energii z OZE w gminie Piła.....	36
Tabela 4. Wskaźnik emisji CO ₂ dla paliw używanych w gospodarstwach domowych.....	39
Tabela 5. Zakres raportowanych wskaźników emisji dla paliw używanych w gospodarstwach domowych.....	40
Tabela 6. Zmiany na rynku energii w Polsce w latach 2013-2021.....	60
Tabela 7. Ceny energii elektrycznej dla odbiorcy w gospodarstwie domowym w latach 2013-2021.....	61
Tabela 8. Zmiany na rynku gazu w Polsce w latach 2013-2021.....	63
Tabela 9. Średnie ceny zakupu gazu ziemnego z zagranicy w latach 2015-2022.....	64
Tabela 10. Ceny ciepła wytworzonego z różnych rodzajów paliw w latach 2018-2020.....	68
Tabela 11. Planowana redukcja emisji w latach 2030, 2040 i 2050 w podziale na scenariusze.....	72

10. Spis rysunków

Rysunek 1. Średnia roczna suma usłonecznienia w latach 1991-2020.....	8
Rysunek 2. Natężenie promieniowania słonecznego w Polsce z podziałem na pory roku.....	9
Rysunek 3. Nasłonecznienie w Polsce w skali roku.....	10
Rysunek 4. Średnia roczna prędkość wiatru.....	12
Rysunek 5. Średnioroczne prędkości wiatru na wysokości 100 m n.p.g.	13
Rysunek 6. Średnioroczne zasoby energii wiatru na wysokości 100 m n.p.g. ²³	13
Rysunek 7. Rodzaje turbin wiatrowych.....	15
Rysunek 8. Elektrownia zbiornikowa.....	19
Rysunek 9. Rzut z góry elektrowni wodnej Piła-Koszyce ³³	19
Rysunek 10. Mapa rozkładu temperatur średnich rocznych na głębokości 0.5 m p.p.t.....	21
Rysunek 11. Mapa rozkładu temperatur na głębokościach 2000 m oraz 5000 m na obszarze Niżu Polskiego.....	22
Rysunek 12. Przekrój warstw geologicznych w Pile ³³	23
Rysunek 13. Mapa jednostkowych dostępnych zasobów energii geotermalnej na Niżu Polskim.....	24
Rysunek 14. Schematyczna koncepcja systemu zaopatrzenia w ciepło przy wykorzystaniu energii geotermalnej.....	24
Rysunek 15. Schemat działania pompy ciepła.....	25
Rysunek 16. Rodzaje oraz podstawowe dziedziny stosowania energii geotermalnej.....	26
Rysunek 17. Możliwości spalania biomasy.....	29
Rysunek 18. Przykładowy schemat technologiczny biogazowni.....	31
Rysunek 19. Porównanie wysokiej i niskiej emisji.....	41
Rysunek 20. Pustaki ceramiczne z wkładem z materiałów zmiennofazowych.....	44
Rysunek 21. Schemat działania technologii ATES w sezonie letnim i zimowym.....	46
Rysunek 22. Idea systemu V2G.....	48
Rysunek 23. Procentowy udział w krajowej produkcji energii elektrycznej poszczególnych grup elektrowni według rodzajów paliw w 2021 roku.....	59
Rysunek 24. Mapa stanu i rozwoju systemu elektroenergetycznego Polski.....	62
Rysunek 25. Mapa stanu i rozwoju systemu gazowego Polski.....	66
Rysunek 26. Mapa stanu i rozwoju infrastruktury ropy naftowej i paliw ciekłych oraz mapa bazy tankowania CNG/LNG w Polsce.....	71
Rysunek 27. Działania Strategii Transformacji Energetycznej.....	76

11. Spis wykresów

Wykres 1. Przebieg wartości usłonecznienia rocznego w rejonie Piły oraz uśredniona wartość w Polsce w latach 1981-2021	6
Wykres 2. Średnie miesięczne usłonecznienie oraz średnie miesięczne zachmurzenie w rejonie Piły w latach 1981-2021	7
Wykres 3. Najniższe roczne stany i przepływy wody na rzece Gwda (wodowskaz Piła) w latach 1981-2021	17
Wykres 4. Najwyższe roczne stany i przepływy wody na rzece Gwda (wodowskaz Piła) w latach 1981-2021 ³⁰	17
Wykres 5. Liczba dni w roku z przepływami mniejszymi niż SSW oraz SSQ na rzece Gwda (wodowskaz Piła) w latach 1981-2021	18
Wykres 6. Zakres temperatur pod powierzchnią terenu w zależności od głębokości w rejonie Piły	22
Wykres 7. Udział OZE w podziale na poszczególne sektory	37
Wykres 8. Obecny potencjał OZE w podziale na źródło OZE oraz poszczególne sektory	37
Wykres 9. Udział OZE w podziale na poszczególne rodzaje źródeł energii	38
Wykres 10. Udział poszczególnych paliw w produkcji ciepła	67

PRZEWODNICZĄCA

Rady Miasta Piły

/~/ Maria Kubica