

Adrian WIDUCH

KIERUNKI TRANSFORMACJI ENERGETYCZNEJ W GÓRNOŚLĄSKO-ZAGŁĘBIOWSKIEJ METROPOLII (GZM)

DIRECTIONS OF ENERGY SYSTEM TRANSFORMATION IN METROPOLIS GZM

ABSTRAKT: Celem artykułu jest wykazanie możliwych kierunków transformacji energetycznej w Górnośląsko-Zagłębiowskiej Metropolii (GZM) przez pryzmat zarówno wykorzystywanego paliwa pierwotnego (energii), jak i sposobów zarządzania energią (elektryczną i ciepłą). Przeanalizowano wybrane ogólnopolskie plany i strategie dotyczące kwestii transformacji energetycznej oraz literaturę przedmiotu. Analiza materiałów źródłowych ukazała, że w ramach GZM istnieją odpowiednie ekspertyzy wykorzystania poszczególnych źródeł energii. Co więcej, na jej obszarze zaczynają powstawać nowe formy zarządzania energią elektryczną i ciepłą – klastry energii czy też spółdzielnie energetyczne. W GZM wykorzystywane są pierwsze elementy energetyki wodorowej – autobusy zasilane paliwem wodorowym.

SŁOWA KLUCZOWE: transformacja energetyczna miast, energetyka zdecentralizowana, klastry energii, spółdzielnie energetyczne

ABSTRACT: The aim of the article is to demonstrate possible directions for energy transformation in the Upper Silesian-Zagłębie Metropolitan Area (GZM, Górnośląsko-Zagłębiowska Metropolia) through the prism of the primary fuel (energy) used, as well as methods of energy (electricity and heat) management. Selected nationwide plans and strategies on energy transition issues and literature on the subject were analyzed. The analysis of the source materials showed that there are relevant expert reports within the GZM, the use of specific energy sources. Moreover, new forms of electricity and heat management – energy clusters, or energy cooperatives – are beginning to emerge in the GZM area. The first elements of hydrogen energy – hydrogen-fueled buses – are being used in the GZM.

KEY WORDS: energy system transformation in cities, decentralized energy system, energy clusters, energy cooperatives

KODY JEL/JEL codes: O18 Urban, Rural, Regional, and Transportation Analysis, P25 Urban, Rural, and Regional Economics, Q42 Alternative Energy Sources

Wprowadzenie i znaczenie

Po raz pierwszy termin „transformacja energetyczna” pojawia się w czasie protestów przeciwko energetyce jądrowej w Niemczech. Już w 1980 r. analiza niemieckiego Instytutu Ekologii Stosowanej podała termin i koncept „Energiewende”. Twórcy analizy

* <https://orcid.org/0000-0002-5620-9829>

zakładali możliwość wzrostu gospodarczego bez dalszego wzrostu zapotrzebowania na energię (Ulrich 2015, 219). W kolejnej dekadzie założono ambitny plan ograniczenia emisji gazów cieplarnianych, obniżenia zużycia energii oraz ciepła systemowego, a także zwiększenie udziału OZE (Odnawialne Źródła Energii) przy jednoczesnym spadku udziału energetyki jądrowej w miksie energetycznym kraju. Energetyka gazowa w założeniu miała wspierać zapotrzebowanie na energię w okresach niekorzystnych dla energetyki wiatrowej i słonecznej. Niemiecki projekt transformacji energetycznej był stawiany za wzór innym krajom Unii Europejskiej. Sytuacja zmieniła się jednak w ostatnich latach. Za sprawą rosyjskiej inwazji na Ukrainę odmienne jest postrzeganie energetyki gazowej jako tej mającej ratować miks energetyczny w czasie niesprzyjających OZE warunków atmosferycznych. Podczas nieformalnego lutowego (2023 r.) szczytu w Sztokholmie przedstawiciele jedenastu krajów: Bułgarii, Chorwacji, Czech, Finlandii, Niemiec, Holandii, Polski, Rumunii, Słowacji, Słowenii, Węgier oraz Francji (stojącej na czele inicjatywy) wyrazili chęć „zacieśnienia współpracy europejskiej w dziedzinie energii jądrowej” (Ecologie.gouv.fr 2023; PAP-MediaRoom.pl 2023). Co ważne, w roku wcześniejszym energetyka jądrowa (oraz gazowa) została uznana przez Parlament Europejski za zielone źródło energii i włączona do unijnej taksonomii (Europarl.eu 2023).

Dotychczas energetyka jądrowa była dla miast właściwie niedostępna, poza inwestycjami centralnymi. Na obszarze Polski inwestycje w reaktory modułowe postuluje między innymi firma Orlen. Warto jednak zastanowić się, czy jest to realna propozycja zmiany w obszarze energetycznym. Instalacje fotowoltaiczne w marcu 2020 r. wytworzyły 184,3 GWh (Informacja Statystyczna o Energii Elektrycznej 2021), a trzy lata później (w marcu 2023) – już 705,8 GWh (Informacja Statystyczna o Energii Elektrycznej, 2023). Zarówno miniaturyzacja i decentralizacja elektrowni, jak i modernizacja istniejącej infrastruktury energetycznej są kluczowe dla przyszłości energetyki, w tym energetyki miejskiej. Poza zmianami technologicznymi ważne są także zmiany organizacyjne. To właśnie na obszarach miast powstają nowe koncepty rozwoju energetyki: huby energetyczne, klastry energetyczne, a także w mniejszym stopniu spółdzielnie energetyczne.

Występujący w pracy problem badawczy można scharakteryzować poprzez zadanie pytania: *W jaki sposób wybrane miasta Górnośląsko-Zagłębiowskiej Metropolii przeprowadzają transformację energetyczną?* Niniejszy artykuł przedstawi interesujące z punktu widzenia autora projekty występujące na wspomnianym obszarze.

Celem niniejszego artykułu jest przedstawienie możliwości kierunków transformacji energetycznej na obszarze Górnośląsko-Zagłębiowskiej Metropolii. W oparciu o dokumenty krajowe oraz metropolitalne zbadano możliwość wykorzystania energetyki niekonwencjonalnej (zarówno jeśli idzie o sposób wytwarzania energii, jak i organizację wytwarzania i rozpowszechniania energii elektrycznej).

Metody i materiały

W artykule wykorzystano jakościową metodę analizy źródeł literaturowych. Autor przebadął także dokumenty wydawane przez miasta (w tym programy i koncepcje

rozwoju) oraz materiały prasowe traktujące o tematach związanych z energetyką rozproszoną (klastry energii, spółdzielnie energetyczne). Kluczowymi dokumentami w badaniach były dwa raporty Górnośląsko-Zagłębiowskiej Metropolii: *Koncepcja rozwoju Odnawialnych Źródeł Energii (OZE) w gminach GZM jako jedno z narzędzi osiągnięcia celu Metropolii samowystarczalnej energetycznie* (z roku 2021) oraz *Droga do samowystarczalności energetycznej do 2050 roku dla Metropolii GZM* (z roku 2020).

Przegląd literatury

Transformacja energetyczna miast w znacznej mierze dotyczy zmiany sposobu produkcji energii cieplnej lub elektrycznej (np. przez zmianę paliwa w elektrociepłowniach i ciepłowniach ze stałego na gazowe lub biogazowe). Na potrzeby niniejszego artykułu zostanie zastosowana definicja transformacji energetycznej jako procesu „przejścia od systemów energetycznych opartych na paliwach kopalnych do systemów opartych na zeroemisyjnych, w tym zwłaszcza odnawialnych źródeł energii” (Drobniać, Muster i Trembaczkowski 2022, 37). Definicja ta nie wyklucza energetyki jądrowej, choć akcentuje wykorzystanie odnawialnych źródeł energii. W dalszej części artykułu autorzy podali także definicję sprawiedliwej transformacji, która porusza kwestie społeczne. Na potrzeby niniejszej publikacji aspekt społeczny nie będzie uważany za kluczowy w transformacji energetycznej badanego obszaru.

Transformacja energetyczna obszarów miejskich i metropolitalnych jest niezbędna dla dalszego rozwoju społeczeństw. Wskazuje się, że przejście w całości na system energetyczny oparty na odnawialnych źródłach energii (wiatr, woda, słońce, wraz z magazynami energii) może przyczynić się do zapobieżenia około 408 000 zgonów rocznie, spowodowanych przez zanieczyszczenie powietrza. Co więcej, transformacja systemów produkcji energii pozwoliłaby zaoszczędzić koszty jej wytwarzania o wartości około 1500 \$/os., a także około 6700 \$/os. kosztów związanych z opieką zdrowotną i ochroną klimatu (Jacobson et al. 2020, 36). Badania Jacobsona i innych zostały oparte na analizie 74 obszarów metropolitalnych całego świata.

Innowacyjnym podejściem do współczesnej energetyki są klastry energii. Na potrzeby artykułu za klastery energii uważać się będzie wszelkie zaawansowane inicjatywy lokalne mające na celu zrzeszanie producentów energii elektrycznej i cieplnej (Jabłońska 2015, 123).

Należy przedstawić także ustawową definicję klastra energii, wedle której jest to „cywilnoprawne porozumienie, w skład którego mogą wchodzić osoby fizyczne, osoby prawne, podmioty naukowe lub jednostki samorządu terytorialnego, dotyczące wytwarzania i równoważenia zapotrzebowania, dystrybucji lub obrotu energią z odnawialnych źródeł energii lub z innych źródeł lub paliw, w ramach sieci dystrybucyjnej o napięciu znamionowym niższym niż 110 kV, na obszarze działania tego klastra nieprzekraczającym granic jednego powiatu [...] lub 5 gmin [...]; klastery energii reprezentuje koordynator [...]” (Ustawa z dnia o odnawialnych źródłach energii 2015). Członkowie klastra energii mogą autonomicznie wypracować reguły działalności

i współpracy, w tym podział zysku – klastr w pewnym stopniu jest nastawiony na rozwój komercyjny. Jest także ustawowo ograniczony terytorialnie, co uniemożliwia stworzenie ogólnometropolitalnego klastra energii. W obszarze miejskim dobrze zorganizowane klastry energii mogą doprowadzić do zwiększenia współpracy pomiędzy podmiotami miejskimi i prywatnymi.

Kolejnym sposobem organizacji zdecentralizowanej produkcji energii elektrycznej są spółdzielnie elektryczne. Według odpowiedniej ustawy za spółdzielnię energetyczną uważa się „spółdzielnię [...], której przedmiotem działalności jest wytwarzanie energii elektrycznej lub biogazu, lub ciepła, w instalacjach odnawialnego źródła energii i równoważenie zapotrzebowania energii elektrycznej lub biogazu, lub ciepła, wyłącznie na potrzeby własne spółdzielni energetycznej i jej członków, przyłączonych do zdefiniowanej obszarowo sieci dystrybucyjnej elektroenergetycznej o napięciu znamionowym niższym niż 110 kV lub sieci dystrybucyjnej gazowej, lub sieci ciepłowniczej” (Ustawa o odnawialnych źródłach energii 2015). Spółdzielnie energetyczne są zatem bardziej zdecentralizowane niż klastry (brak koordynatora) i dzięki swojej konstrukcji bardziej nadają się do tworzenia na obszarach wiejskich lub miejsko-wiejskich. W obszarze miejskim mogą być wykorzystywane do lokalnego (w dzielnicach) koordynowania i wytwarzania energii.

Należy przyrzeć się także dwóm ogólnokrajowym dokumentom traktującym o przyszłości polskiej energetyki. Pierwszy z nich, *Polityka energetyczna Polski do 2040 r.*, informuje, że podstawy transformacji energetycznej będą stanowiły trzy filary:

- 1) sprawiedliwa transformacja,
- 2) zeroemisyjny system energetyczny,
- 3) dobra jakość powietrza (*Polityka energetyczna 2021*, 5).

Pierwszy filar dotyczy także transformacji regionów węglowych, co jest kluczowe z punktu widzenia Górnośląsko-Zagłębiowskiej Metropolii. Założono także spadek znaczenia węgla kamiennego w miksie energetycznym kraju (*Polityka energetyczna 2021*, 15). Aby zamortyzować negatywne skutki ograniczenia jego wydobywania, dokument postuluje m.in.: racjonalizację i optymalizację kosztów związanych z wydobyciem, ochronę złóż, racjonalną dystrybucję surowca, a co ciekawsze – wykorzystanie ubocznych produkcji fedrowania (wodór, metan) w gospodarce o obiegu zamkniętym oraz nietradycyjne wykorzystanie kopalin (w celach przyrodniczych lub urbanistycznych) (*Polityka energetyczna 2021*, 15). W dokumencie zaznaczono niezbędność wsparcia restrukturyzowanych regionów w zakresie społecznym i gospodarczym. Dwa kolejne filary dotyczą między innymi: zmiany infrastruktury wytwórczej, zwiększonej elastyczności całego systemu energetycznego, rozbudowy infrastruktury przesyłowej i magazynowej (energii elektrycznej, gazu, paliw ciekłych), czy rozwoju inteligentnych sieci. Ministerstwo Klimatu i Środowiska (odpowiedzialne za *Politykę...*) zauważa też potrzeby zmiany prawa w celu usprawnienia handlu energią czy wzmocnienia pozycji konsumenta. Filar trzeci ma być wspomagany rozwojem elektromobilności i paliw alternatywnych (wodór, paliwa syntetyczne) (*Polityka energetyczna 2021*, 55), a także zwiększeniem wykorzystania

ciepła systemowego (*Polityka energetyczna* 2021, 72). Omawiany dokument zakłada przyłączenie 70% domostw do sieci ciepłowniczej do roku 2030 (w przypadku miast) (*Polityka energetyczna* 2021, 73). W kwestii polepszenia jakości powietrza w Polsce ważne jest także ograniczenie niskiej emisji, pochodzącej głównie z gospodarstw jedno rodzinnych. Ostatecznie do roku 2030 w Polsce mniej niż 56% energii elektrycznej ma pochodzić ze spalania węgla (w porównaniu do 77% w roku 2018) (*Polityka energetyczna* 2021, 98). Analogicznie 23% ma pochodzić z OZE (w 2018 – 11,3%). Dodatkowo pierwszy blok elektrowni jądrowej powinien zostać włączony w roku 2033 (*Polityka energetyczna* 2021, 59).

Drugi dokument to przygotowany przez Ministerstwo Aktywów Państwowych *Krajowy plan na rzecz energii i klimatu na lata 2021–2030*. Zakłada on stworzenie pięciu filarów „unii energetycznej”:

- 1) obniżenie emisyjności,
- 2) efektywność energetyczna,
- 3) bezpieczeństwo energetyczne,
- 4) wewnętrzny rynek energii,
- 5) badania naukowe, innowacje i konkurencyjność (*Krajowy plan* 2019, 3).

Pierwszy filar zakłada ograniczenie emisji gazów cieplarnianych oraz zwiększenie udziału energii z OZE. W drugim filarze przyjęto m.in. konieczność ograniczenia zużycia energii. Bezpieczeństwo energetyczne (postulowane w filarze trzecim) miałoby być zapewnione dzięki rozwojowi energetyki jądrowej, ograniczeniu udziału węgla w miksie energetycznym, rozbudowie mocy wytwórczej według planowanego wzrostu zapotrzebowania na prąd elektryczny, dywersyfikacji paliw i gazów, rozwojowi elektromobilności i paliw alternatywnych, wreszcie autonomii importu energii z zagranicy (*Krajowy plan* 2019, 40–44). Filar czwarty, poza rozwiązaniami infrastrukturalnymi (przesyłu energii), przedstawia model integracji rynku. Ma on za zadanie usprawnić działanie sieci elektrycznej wewnątrz kraju poprzez: elastyczność systemu (dzięki OZE) czy dalszy rozwój morskiej energetyki wiatrowej (*Krajowy plan* 2019, 49–60). Ostatni filar, odnoszący się do obszaru innowacyjności, dotyczy: wspierania badań naukowych dotyczących transformacji energetycznej, ochrony powietrza, OZE, oszczędzania energii czy też gospodarki wodnej (*Krajowy plan* 2019, 61–67). W raporcie założono także wsparcie regionów górniczych (*Krajowy plan* 2019, 84–86).

Polska Strategia Wodorowa do roku 2030, stworzona w 2021 r. przez Ministerstwo Klimatu i Środowiska, jest ważnym dokumentem traktującym o nowym paliwie mogącym mieć kluczowy wpływ na transformację energetyczną w Polsce. Autorzy tej strategii wskazują, że wodór może odegrać ważną rolę w kwestii magazynowania energii (*Strategia Wodorowa* 2021, 3). Postulowane jest stworzenie krajowej gospodarki wodorowej, w skład której będą wchodzić cztery elementy: produkcja, magazynowanie i konwersja, dystrybucja oraz zastosowanie (*Strategia Wodorowa* 2021, 7–8). Sformułowane w strategii cele dotyczą: wykorzystania wodoru jako surowca energetycznego (w energetyce, ciepłownictwie i transporcie) wspierającego dekarbonizację gospodarki, wytwarzania i składowania wodoru, a także stworzenia

przyjaznego systemu prawnego traktującego o wodorze (*Strategia Wodorowa* 2021, 12–23). Autobusy zasilane ogniwami wodorowymi wskazywane są jako te, które mogą obniżyć emisję paliw kopalnianych w sektorze transportu miejskiego. Co więcej, od roku 2025 miasta powyżej 100 000 mieszkańców będą musiały dokonywać zakupu tylko autobusów bezemisyjnych (*Strategia Wodorowa* 2021, 15). Paliwo wodorowe może być wykorzystane także do napędzania w transporcie kolejowym, morskim czy powietrznym.

Maśloch w swym artykule przytacza koncepcję autonomicznych regionów energetycznych (ARE). Według autora zwłaszcza regiony rolnicze oraz regiony o szerokich możliwościach rozwijania OZE mają potencjał do tworzenia ARE (Maśloch 2018, 263). Koncepcja ta zawiera w sobie złożone i wieloetapowe podejście do decentralizacji produkcji energii. Ważnymi jej elementami są: odnawialne źródła energii wraz z dostawcą uzupełniającym je, szacowanie zużycia energii w danym czasie, inwentaryzacja i renowacja infrastruktury energetycznej, a także wspieranie dalszej decentralizacji produkcji prądu elektrycznego. Autor zaznacza, że ARE nie dotyczą tylko samej infrastruktury i systemu elektrycznego, ale są koncepcją społeczno-gospodarczą. Zwraca on także uwagę na to, że współczesne polskie prawodawstwo nie daje samorządom narzędzi umożliwiających skuteczne wprowadzanie ARE (Maśloch 2018, 260).

Postulowane jest także tworzenie energetycznych hubów miejskich (*urban energy hubs*). Działają one na istniejącej infrastrukturze mikrosieci energetycznych (*micro-grids*). La Scala i inni pokazują koncept miejskiego hubu energetycznego, który ma w ramach jednego systemu zbierać ścieki, elektryczność, gaz, ciepło systemowe oraz biomasę w celach efektywnego ich przetwarzania (La Scala et al. 2017, 131). Co ciekawe, proces ten powinien być planowany i zarządzany z poziomu dzielnicy (*district*). Do oczyszczania ścieków zaproponowano bioreaktor membranowy (MBR), który dzięki wykorzystaniu różnicy zasolenia, czy przez osmozę, jest w stanie produkować prąd, co może wspomóc decentralizację energii elektrycznej. Postulowane jest także zamontowanie w sieci wodociągowej miniaturowych prądotwórczych turbin wodnych (La Scala et al. 2017, 132). W przeciwieństwie do ARE energetyczne huby miejskie za podstawę systemu traktują budynki. To właśnie one stanowią podstawową jednostkę, do której doprowadza się energię elektryczną czy ciepło systemowe. Także dzięki budynkom miasto może decentralizować produkcję energii poprzez odnawialne źródła energii (panele fotowoltaiczne, małe turbiny wiatrowe i wodne). Co ważne, system ten powinien być monitorowany przez narzędzia informatyczne stale badające ryzyko wewnątrz hubu (La Scala et al. 2017, 133).

Podobnie jak w powyższej propozycji, także w przypadku miejskiego systemu informacji o energii mieszkaniowej (*urban residential energy information system*, UREIS; Chen et al. 2019, 1512) kluczowym elementem jest autonomiczny budynek. Na podstawie badań literaturowych Chen i inni (2019) wskazali cztery główne informacje ważne z perspektywy wykorzystywanej energii w budynkach: czynniki wewnętrzne (używane sprzęty, materiały, z jakich wykonany jest budynek, orientacja przestrzenna budynku, liczba mieszkańców); całościowe zużycie energii; czynniki zewnętrzne (temperatura

zewnątrzna, ceny energii); czynniki środowiskowe i socjoekonomiczne (ocieplenie klimatu, zmiany pogody, jakość życia w mieście) (Chen et al. 2019, 1512).

Interesującym podejściem do kwestii transformacji energetycznej jest przypadek japońskiej Jokohamy. W mieście tym powstał całościowy program nazwany *Yokohama Smart City Project*, który w znacznej mierze dotyczył konsumpcji energii. Został on zaprojektowany i jest wdrażany przez firmę Toshiba. Kluczowymi elementami projektu była implementacja OZE do miejskiej energetyki, zarządzanie energią poszczególnych budynków, a także wprowadzenie nowoczesnej generacji elektrycznych pojazdów (Madakam, Holmukhe and Tripathi 2018, 254–255). W ramach jokońskiego *smart city* wdrożono systemy okalające istniejącą już infrastrukturę miejską. Istniejące budynki zostały włączone w *Building Energy Management System* (BEMS, system zarządzania energią w budynkach), który ma za zadanie optymalizować zużycie i dostarczanie energii elektrycznej do mieszkań i obiektów użyteczności publicznej. BEMS obejmuje magazyny energii i stacje ładowania pojazdów elektrycznych (Madakam, Holmukhe and Tripathi 2018, 256). W Jokohamie istnieje także specjalny system nazwany *Home Energy Management System* (HEMS, system zarządzania energią w mieszkaniach) – ma on pokazywać mieszkańcom oszczędności płynące z wprowadzanego „energetycznego *smart city*”, a także w dalszym ciągu integrować system miejski z autonomicznymi elektrowniami słonecznymi, akumulatorami oraz domowymi urządzeniami wykorzystującymi prąd elektryczny (Madakam, Holmukhe and Tripathi 2018, 256–257). Również miejscowy sektor przemysłowy został objęty systemem – *Factory Energy Management System* (FEMS – system zarządzania energią przemysłową) (CityYokohama.lg.jp 2018). Kluczowym elementem całego systemu jest *Community Energy Management System* (CEMS, system zarządzania energią społeczności). Służy on do stabilizacji zużycia i zapotrzebowania na energię w ramach systemów BEMS i HEMS (Madakam, Holmukhe and Tripathi 2018, 256). Wykorzystuje on także analizę danych rzeczywistych płynących z miejskich czujników (*Supervisory Control and Data Acquisition*, SCADA – system nadzoru i akwizycji danych).

Istnieją także inne ciekawe koncepty wspomagające transformację energetyczną miast, jednak nie traktują one miasta jako całościowego systemu energetycznego. Jednym z takich pomysłów jest wprowadzenie w przestrzeń miejską wertykalnych farm. Takie farmy wspierają zarządzanie ogrzewaniem i chłodzeniem miejskim, a postulowana w nich implementacja zintegrowanego oświetlenia pozwala na dalsze redukcje zapotrzebowania energetycznego dla miejskiego rolnictwa (Blom, Jenkins and van den Dobbelsteen 2024, 6–10). Produkcja żywności w bliskim otoczeniu zagęszczonych obszarów miejskich pozwala także na znaczne skrócenie dystansu potrzebnego do transportu warzyw z terenów rolniczych do miast – to z kolei pozwala w większym stopniu ograniczyć ślad węglowy. Kolejnym przykładem są mikroelektrownie wodne z pompami działającymi jako turbiny (PAT). Przebudowa systemu wodnego w system wodny mogący produkować energię elektryczną jest o tyle interesująca, że poza produkcją energii elektrycznej jest on także w stanie utrzymywać jednakowe poziomy ciśnienia wody na większym obszarze (Ramos, 2024, 28). Dążenie do decentralizacji

produkcji energii elektrycznej i wprowadzenie produkcji energii do miast (na szerszą skalę w przypadku paneli fotowoltaicznych) jest możliwe również poprzez miejskie turbiny wiatrowe (mniejsze niż w przypadku farm wiatrowych). Postulowane jest stawianie budynków umożliwiających produkcję energii elektrycznej z wiatru, a przez to stojące się zeroemisijnymi. Powiązane jest to jednak z koniecznością przeprojektowania wyglądu turbin, a także akceptacją społeczną implementacji turbin wiatrowych w miastach (Lunevich and Kloppenburg 2023, 8). Wymienione w tym akapicie koncepty należy traktować jako interesujące, choć nienadające się do implementacji w każdej lokalizacji. Przebudowa sieci wodociągowej wiązać się może z dużymi kosztami, zaś implementacja turbin wiatrowych na dachach budynków – z protestami mieszkańców.

Plany i działania w zakresie transformacji energetycznej w Górnośląsko-Zagłębiowskiej Metropolii (wyniki badań)

Górnośląsko-Zagłębiowska Metropolia (GZM) została założona w 2017 r. i skupia w sobie 41 gmin województwa śląskiego. Czyni to z niej najludniejszy obszar metropolitalny w Polsce. Działania Metropolii dotyczą między innymi kwestii związanych z szeroko pojmowaną energetyką, a co za tym idzie – transformacji energetycznej regionu. Plany i możliwości jej przebiegu przedstawia raport *Droga do samowystarczalności energetycznej do 2050 roku dla Metropolii GZM* przygotowany w roku 2020 (Grzebulska et al. 2020).

Wiatry wiejące na obszarze Metropolii spełniają podstawowe kryteria opłacalnej energetyki wiatrowej. Najlepsze warunki do jej rozwoju, wg twórców raportu, obejmują obszary gmin: Zbrosławice, Tarnowskie Góry, Świerklaniec, Radzionków, Bobrowniki, Ożarówice, Siewierz, Dąbrowa Górnicza, Mierzęcice, Psary, Gliwice i Mikołów (Grzebulska et al. 2020, 50). Już teraz funkcjonuje farma wiatrowa we Wielowsi w powiecie gliwickim.

Gęsta i policentryczna zabudowa metropolii pozytywnie wpływa także na potencjał energetyki słonecznej (głównie fotowoltaicznej) instalowanej na dachach budynków, w tym budynków użyteczności publicznej. Ta gałąź energetyki umożliwia daleko posuniętą decentralizację produkcji prądu oraz zwiększa liczbę prosumentów. Rozwój energetyki słonecznej przyspieszył m.in. dzięki programom jej wsparcia ze strony samorządów i rządu (pośrednio poprzez Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej). Poza panelami fotowoltaicznymi montowanymi na dachach budynków (Psary (MetropoliaGZM.pl 2022a), Siemianowice Śląskie (MetropoliaGZM.pl 2020)) powstają w Metropolii także farmy słoneczne (Ruda Śląska (MetropoliaGZM.pl 2021), Mysłowice (MetropoliaGZM.pl 2022b)).

W przypadku energii pozyskiwanej z biomasy twórcy raportu przytaczają argumenty przeciwne temu sposobowi wytwarzania energii. Wskazują oni na negatywne skutki karczowania lasów karpackich w Słowacji w celu produkcji energii. Mimo tego na obszarze Metropolii powstają kotły na biomase, np. w Koziegłowach oraz Siewierzu (MetropoliaGZM.pl 2022c).

Energetyka wodna w Metropolii GZM ma stosunkowo mały potencjał. Na obszarze GZM brak wielkich cieków wodnych. Kolejnym kontrargumentem są niskie stany wód oraz wysychanie ziemi w Polsce. Mimo tego w raporcie (Grzebulska et al. 2020, 58) wykazano potencjalne lokalizacje instalacji małych elektrowni wodnych, m.in. w Sosnowcu czy Piekarach Śląskich. Lokalnie można wskazywać na energetykę wodną jako sposób na dalszą decentralizację produkcji energii elektrycznej – w tym celu wykorzystuje się małe elektrownie wodne (produkujące mniej niż 10 MW energii).

Ciekawą inicjatywą jest pozyskiwanie energii z wodoru. Wodór ze względu na swoje cechy (płynne paliwo) wydaje się aktualnie najlepszym zamiennikiem dotychczasowych paliw stosowanych do napędzania pojazdów (w tym komunikacji miejskiej). Potencjał ten został już wykorzystany np.: w Wuppertalu do napędzania miejskich autobusów. Także w GZM powstają pierwsze inicjatywy wodorowe. Proces zakupu pierwszych autobusów wodorowych w Metropolii rozpoczął się w roku 2022 (MetropoliaGZM.pl 2022d). Od tego czasu zdążono już zakupić paliwo wodorowe (MetropoliaGZM.pl 2023a) czy zaplanować stacje tankowania wodoru w Świerklańcu oraz Tychach (MetropoliaGZM.pl 2023b). W 2022 r. zawiązano także Śląsko-Małopolską Dolinę Wodorową (H2Dolina.eu 2023), która wpisuje się w Polską Strategię Wodorową. Stowarzyszenie to ma na celu współpracę różnych podmiotów (sektora samorządowego, naukowego, technologicznego i biznesowego) z regionu w kwestii rozwijania potencjału wodorowego, w tym w obszarze transportowym i energetycznym.

Na terenie Polski występuje duży potencjał wykorzystania energii geotermalnej. Dotychczas energię głębinową wykorzystuje się tylko w celach ciepłownictwa w sześciu miejscach w Polsce: Uniejowie, Stargardzie, Pyrzycach, na Podhalu, w Poddębicach oraz Mszczonowie (Kępińska 2021, 560). Ponadto to źródło energii wykorzystywane jest także w obszarze uzdrowiskowym (np. Ciechocinek, Ustroń), rekreacyjnym (np. Poznań, Lidzbark Warmiński), suszenia drewna czy hodowli ryb (Janowo). Autorzy raportu zwracają uwagę na dobre warunki pozyskiwania energii skał na obszarze Metropolii (Grzebulska et al. 2020, 54). Na terenie GZM działało wiele kopalni głębinowych, których pozostałości można skutecznie wykorzystywać w budowie energetyki geotermalnej do celów ciepłowniczych oraz produkcji prądu elektrycznego.

Równie wysoki potencjał ma także energetyka jądrowa, aktualnie w Polsce nieeksploatowana. Jedną z firm zajmujących się wprowadzeniem energetyki jądrowej, Orlen Synthos Green Energy, proponuje postawienie małego reaktora modułowego na terenie GZM w Dąbrowie Górniczej (Orlen.pl 2023).

Warto zwrócić uwagę także na opłacalność inwestycji. O ile czas zwrotu kosztów w instalacje energetyki słonecznej czy wykorzystującej biomasę wynosi kilka lat, to w przypadku energetyki geotermalnej wynosi on nawet kilkadziesiąt lat (*Program Wykorzystania OZE* 2005, 108). Autorzy analizy projektu rozwoju OZE w województwie śląskim wskazują na „średnie” (*Program Wykorzystania OZE* 2005, 108) możliwości produkcji energii z tych źródeł. Na obszarach północnych i południowych województwa (Jura Krakowsko-Częstochowska, Beskid Śląski i Żywiecki) – a więc położonych poza GZM – istnieje potencjał rozwoju energetyki geotermalnej. Na większości

badanego obszaru, także na obszarze GZM, wykazano szerokie możliwości rozwoju energetyki opalanej biomasą i biogazem – powiat tarnogórski, gliwicki, będziński, bieruńsko-lędziński, czy pszczyński (*Program Wykorzystania OZE* 2005, 109–110). Duży i średni potencjał wykorzystania energii wody występuje na terenie gmin Rudziny i Pyskowice (*Program Wykorzystania OZE* 2005, 109).

Twórcy raportu postulują także wprowadzenie gazu ziemnego jako paliwa przejściowego (analogicznie do niemieckiego *Energiewende*). Ostatnimi czasy w Polsce trwa wzmożona kampania społeczna w obszarze wspierania szybkiej budowy elektrowni jądrowych. Ministerstwo Klimatu i Środowiska propaguje energetykę jądrową z wykorzystaniem „państwa Atomickich” (Gov.pl 2022). Nadzieje pokładane są także w sekwestracji dwutlenku węgla (CCS) w skały umożliwiające wiązanie CO₂. Aktualnie w tej dziedzinie w Polsce planowane są dwa projekty: *Poland – EU CCS Interconnector* oraz *Go4ECOPlanet* (CCUS 2023), oba zlokalizowane na Pomorzu.

Na obszarze Metropolii zawiązywane są także klastry energii. Górnośląsko-Zagłębiowska Metropolia w koncepcji rozwoju OZE przedstawia strukturę klastra energii (za Sołtysik; *Koncepcja rozwoju* 2021, 9), w której to centralną część stanowi koordynator klastra (w postaci spółdzielni, stowarzyszenia czy funduszu). W ramach klastra działać powinny następujące jego elementy:

- 1) lokalne źródła wytwórcze,
- 2) mobilne zasobniki energii,
- 3) odbiory komunalne,
- 4) budynki użyteczności publicznej,
- 5) odbiory przemysłowe,
- 6) ładowarki pojazdów elektrycznych.

Według *Raportu z inwentaryzacji klastrów w Polsce w 2015* (Buczyńska, Frączek i Kryjom 2016) na obszarze Metropolii funkcjonowały następujące klastry w branży agregacji „energetyka, ciepłownictwo OZE”: Klaster Innowacyjne Strategie (Katowice), Klaster na Rzecz Rozwoju Rynku Prosumenckiego (Gliwice), Polski Klaster Techniczno-Technologiczny POWEARTH (Katowice) – na dzień 24.05.2023 nowsze informacje można znaleźć tylko o pierwszym z wymienionych klastrów, choć nawet z Klastra Innowacyjne Strategie są to wiadomości sprzed kilku lat. Poza wymienionymi w GZM powstały także miejskie klastry energii. Na początku 2022 r. zainaugurowano klaster energii w Bytomiu (MetropoliaGZM.pl 2022e), który ma przyczynić się do wykorzystania byłych kopalnianych szybów do produkcji energii elektrycznej. Analogiczna inicjatywa powstała w Tychach. Tyski Klaster Energii zrzesza dwa miasta (Tychy oraz Bieruń), Katowicką Specjalną Strefę Ekonomiczną, Regionalne Centrum Gospodarki Wodno-Ściekowej (jako lider) oraz 12 spółek miejskich i prywatnych (KlasterEnergii.Tychy.pl 2023a). Celem przedsięwzięcia jest „rozwój efektywności energetycznej oraz odnawialnych źródeł energii” (KlasterEnergii.Tychy.pl 2023b). Tyski Klaster Energii odsprzedaży 6 GWh energii (*Koncepcja rozwoju* 2021, 62), a na jego obszarze funkcjonuje Tyski Park Wodny, ogrzewany paliwem biogazowym pochodzącym z miejskiej oczyszczalni ścieków (*Koncepcja rozwoju* 2021, 62). Człon-

kowie klastra działają także w obszarze nowych technologii wodorowych oraz ładowarek elektrycznych wykorzystujących istniejącą infrastrukturę oświetleniową miasta (*Koncepcja rozwoju* 2021, 63). Podobne inicjatywy są planowane bądź już funkcjonują w: Katowicach (WKatowicach.eu 2023), Tarnowskich Górach (Powiat.Tarnogórski.pl 2020), Zbrosławicach (Klaster Energii Zielona Energia Leśnej Krainy, wspólnie z Kochanowicami, Krupskim Młynem, Tworogiem i Pawonkowem) (Zbrosławice.pl 2018) czy Gliwicach (Klaster Energii Przyjazna Energia w Powiecie Gliwickim) (Samorząd. PAP.pl 2022).

Ze względu na mocno zurbanizowany charakter GZM inicjatyw spółdzielni energetycznych jest znacznie mniej. Mimo tego powstają one nawet w największych miastach regionu. W Katowicach na przełomie 2021 i 2022 r. powstała Spółdzielnia Energetyczna HELIOS, której jednym z członków założycieli jest Katowicka Spółdzielnia Mieszkaniowa (KSM.Katowice.pl 2022). Spółdzielnia Energetyczna HELIOS ma na celu bezpieczny rozwój energetyki rozproszonej, z wykorzystaniem m.in. OZE. W Zabrze z kolei funkcjonuje FAJNA ENERGIA Spółdzielnia Energetyczna, która zajmuje się energetyką obywatelską (Fajna Energia 2023).

Dyskusja

Powyższe wyniki badań w świetle pytania o potencjalne kierunki transformacji energetycznej w Metropolii wskazują, że na analizowanym obszarze istnieją możliwości wytwarzania energii elektrycznej w sposób zdecentralizowany i niekonwencjonalny. Co więcej, na badanym obszarze zawiązywane są także nowe formy zarządzania energią elektryczną (spółdzielnie energetyczne, klastry energii). Przytoczone przykłady empiryczne wykazują związek z koncepcjami teoretycznymi wskazanymi w przeglądzie literatury: powstają załączki klastrów energetycznych (przykład inicjatywy Tychów i Bierunia). Niestety w dalszym ciągu brak całościowego postrzegania energetyki (zarówno elektrycznej, jak i ciepłej) i próby stworzenia jednego alternatywnego systemu dla całej GZM. Przykład Jokohamy pokazuje możliwości transformacji energetycznej całościowej, obejmującej zarówno pojedyncze gospodarstwa domowe i zakłady przemysłowe, jak i całość systemu zarządzającego energią w mieście. Stworzenie takiego systemu pozwoliłoby także na odpowiednie zarządzanie energią z odnawialnych źródeł, które ze względu na swoją specyfikę nie dostarczają energii elektrycznej regularnie i o stałej mocy (w przeciwieństwie do konwencjonalnych elektrowni ciepłych). Co więcej, system jokohamski umożliwia optymalizację i magazynowanie nadwyżek energetycznych – obecnie na obszarze Metropolii nie wykazano takich działań.

W ostatnich latach dyskusja na temat transformacji energetycznej przybiera na sile – z jednej strony przez postulowanie rozwijania odnawialnych źródeł energii, z drugiej zaś poprzez coraz częściej zapowiadane inwestycje w obszarze energetyki jądrowej. Tym samym warto wspomnieć, że infrastruktura przesyłowa w Polsce także wymaga modernizacji (Zakrzewska i Gil-Świdorska 2018, 56–57). Warto mieć na uwadze także inwestycje w nowoczesny tabor komunikacji zbiorowej w miastach – szczególnie na

obszarze GZM w najbliższych latach zapowiadane jest zwiększenie taboru elektrycznego i wodorowego.

Wnioski

Górnośląsko-Zagłębiowską Metropolię czeka gruntowna zmiana energetyczna. Wynika to z czynników zewnętrznych (do których zobowiązała się Polska na forum międzynarodowym), jak i wewnętrznych (oddolne dążenia do wykorzystywania coraz to mniej emisyjnych źródeł energii). Od decydentów zależy, czy będzie to zmiana ewolucyjna, czy rewolucyjna. Typowo górniczy region posiada wiele elementów infrastruktury, które zatrzymują rozwój nowoczesnej energetyki. Na obszarze GZM w dalszym ciągu występuje wiele terenów wymagających rekultywacji, nadania im nowych funkcji użytkowych lub nawet przywrócenia ich do stanu sprzed rewolucji przemysłowej. W większych jednostkach samorządowych takie zmiany są już przeprowadzone: dość powiedzieć o katowickiej Strefie Kultury albo o dąbrowskiej Fabryce Pełnej Życia. Podmioty działające w GZM powoli zrzeszają się w klastry energetyczne i spółdzielnie energetyczne. Rozważane są nowe scenariusze rozwoju transportu miejskiego – już teraz po ulicach Metropolii jeżdżą autobusy zasilane energią elektryczną, a w najbliższych latach oddane do użytku zostaną stacje do tankowania wodoru dla autobusów wodorowych. Nie bez znaczenia są także krajowe plany rozwojowe energetyki. W przeważającej mierze energetyka jest silnie scentralizowana wokół wielkich elektrowni konwencjonalnych. Mimo że analizowane dokumenty dopuszczają w pewnym stopniu decentralizację produkcji energii elektrycznej, to zakładają zarówno utrzymanie na wysokim stopniu (powyżej 50% całościowej produkcji) wykorzystanie energii pochodzącej z elektrowni konwencjonalnych. W kontrze do decentralizacji produkcji energii elektrycznej pozostaje także plan budowy pierwszych elektrowni jądrowych w Polsce. Siłownie takie produkują znaczną ilość energii, jednak ich budowa jest czasochłonna i materiałochłonna. W pewnym stopniu mniejsze reaktory jądrowe mogą wspomóc decentralizację produkcji prądu – jest to jednak technologia eksperymentalna.

W najbliższych latach można spodziewać się dynamicznego rozwoju energetyki rozproszonej (spółdzielnie energetyczne, klastry energii, energetyka obywatelska) oraz szerszego wykorzystania paliwa wodorowego. Mimo dynamicznego rozwoju wskazanych branż samorządy (w tym obszary wchodzące w skład Górnośląsko-Zagłębiowskiej Metropolii) w znacznym stopniu będą zależne od centralnego systemu energetycznego. Jednostki samorządu terytorialnego będą mogły wspierać nowe technologie ułatwiające decentralizację produkcji energii. W szczególności systemy inteligentnych sieci (*smart grid*) oraz nowe formy (prawne i organizacyjne) rozwoju energetyki mogą przyczynić się do skutecznej transformacji energetycznej na obszarach miejskich, w tym także Górnośląsko-Zagłębiowskiej Metropolii. Wspomniane nowe rozwiązania w obszarze produkcji, wykorzystania i zarządzania energią elektryczną pozostaną szerokimi obszarami do dalszych badań zarówno z zakresu nauk technicznych oraz politechnicznych, jak i ekonomicznych i społecznych.

Bibliografia

- Blom, Tess, Andrew Jenkins, and Andy van den Dobbelsteen. 2024. Synergetic Urbanism: A Theoretical Exploration of a Vertical Farm as Local Heat Source and Flexible Electricity User. *Sustainable Cities and Society*, 103, Artykuł 105267. DOI:10.1016/j.scs.2024.105267.
- Buczynńska, Grażyna, Dorota Frączek i Piotr Kryjom. 2016. *Raport z inwentaryzacji klastrow w Polsce 2015*. Warszawa: Polska Agencja Rozwoju Przedsiębiorczości.
- Chen, Shuquin et al. 2019. A Study of Citywide Urban Residential Energy Information System for the Building Energy Efficiency Management: A Cluster Model of Seven Typical Cities in China. *Energy Efficiency*, 12: 1509–1528. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s12053-018-9768-8>.
- Drobnik, Adam, Rafał Muster i Łukasz Trembaczowski. 2022. Sprawiedliwa transformacja *versus* transformacja regionów w ujęciu wybranych koncepcji rozwoju. W: *Sprawiedliwa transformacja regionów węglowych w Polsce. Impulsy, konteksty, rekomendacje strategiczne*, red. Adam Drobnik, 36–49. Katowice: Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach.
- Grzebulka, Barbara et al. 2020. *Droga do samowystarczalności energetycznej do 2050 roku dla Metropolii GZM*. Dostęp: 24.05.2023. https://metropoliagzm.pl/wp-content/uploads/2022/02/Raport_GZM_2020_samowystarczalnosc-energetyczna.pdf.
- Informacja statystyczna o energii elektrycznej marzec 2021. 2021. Warszawa: Agencja Rynku Energii.
- Informacja statystyczna o energii elektrycznej marzec 2023. 2023. Warszawa: Agencja Rynku Energii.
- Jabłońska, Katarzyna Anna. 2015. Klastry energetyczne jako narzędzie wspierania rozwoju nowoczesnych systemów elektroenergetycznych. *Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu*, 402: 123–132. DOI: <http://dx.doi.org/10.15611/pn.2015.402.12>.
- Jacobson, Mark et al. 2020. Transitioning All Energy in 74 Metropolitan Areas, Including 30 Megacities, to 100% Clean and Renewable Wind, Water, and Sunlight (WWS). *Energies*, 13(18). DOI:10.3390/en13184934.
- Kępińska, Beata. 2021. Wykorzystanie energii geotermalnej w Polsce w latach 2019–2021. *Przegląd Geologiczny*, vol. 69, no. 9: 559–565.
- Koncepcja rozwoju Odnawialnych Źródeł Energii (OZE) w gminach GZM jako jedno z narzędzi osiągnięcia celu Metropolii samowystarczalnej energetycznie*. 2021. Instytut Projektów i Analiz.
- Krajowy plan na rzecz energii i klimatu na lata 2021–2030*. 2019. Ministerstwo Aktywów Państwowych.
- La Scala, Massimo, Eleonora Riva Sanseverino, Vincenzo Domenico Genco, Gianluca Scaccianoce, Valentina Vaccaro, Sanseverino Raffaella Riva, Gaetano Zizzo, Maria Luisa Di Silvestre, Diego Arnone, Giuseppe Paternò. 2017. Londyn. *From Smart Grids to Smart Cities. New Challenges in Optimizing Energy Grids*: 129–175. ISTE Ltd and John Wiley & Sons, Inc.
- Lunevich, Iryna and Sanneke Kloppenborg. 2023. Wind Energy Meets Buildings? Generating Socio-Technical Change in the Urban Built Environment through Vanguard Visions. *Energy Research and Social Science*, 98. DOI: 10.1016/j.erss.2023.103017.
- Madakam, Somayya, Rajesh M. Holmukhe, and Siddharth Tripathi. 2018. Rising of Yokohama, Keihanna, Kitakyushu, and Toyota Smart Cities in the Land of the Rising Sun. In: *Smart Cities*, edited by: Zaigham Mahmood, 243–262. Cham: Springer. DOI: http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-76669-0_10.
- Maśloch, Grzegorz. 2018. Budowa autonomicznych regionów energetycznych w Polsce – utopia czy konieczność?. *Studia Prawno-Ekonomiczne*, t. CVI, 251–264. DOI: <http://dx.doi.org/10.26485/SPE/2018/106/15>.
- Polityka energetyczna Polski do 2040 r.* 2021. Warszawa: Ministerstwo Klimatu i Środowiska.
- Polska Strategia Wodorowa do roku 2030 z perspektywą do roku 2040*. 2021. Warszawa: Ministerstwo Klimatu i Środowiska.
- Program Wykorzystania Odnawialnych Źródeł Energii. Część II: Program wykorzystania odnawialnych źródeł energii na obszarach nieprzemysłowych województwa śląskiego (projekt)*. 2005. Kraków, Katowice.
- Ramos, Helena et al. 2024. Energy Transition in Urban Water Infrastructures towards Sustainable Cities. *Water* (Switzerland), 16(3). DOI:10.3390/w16030504.
- Ulrich, Artur. 2015. Transformacja energetyczna w Niemczech – studium projektu „Efektywność Plus”. *Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu*, 409: 218–227. DOI: <http://dx.doi.org/10.15611/pn.2015.409.16>.

Ustawa z dnia 20 lutego 2015 r. (2015) o odnawialnych źródłach energii, art. 2 (Dz.U. 2015 poz. 478).
Zakrzewska, Sylwia i Gil-Świdorska Agnieszka. 2018. Energetyczna infrastruktura krytyczna w Polsce – perspektywy i zagrożenia. *Rynek Energii*, 5(138): 55–64.

Netografia

- CCUS. 2023 CCUS projects in Europe, January 2023, International Association of Oil & Gas Producers. Dostęp: 24.05.2023. https://iogpeurope.org/wp-content/uploads/2022/11/Map-of-EU-CCUS-Projects.pdf?_gl=1*19wcv0m*_ga*MTIzNjA3MzQ2OC4xNjg0OTQ5MTAy*_up*MQ.
- CityYokohama.lg.jp. 2018. Dostęp: 27.05.2023. https://www.city.yokohama.lg.jp/business/kokusaikoryu/ypport/material/pf_jica.files/0039_20181016.pdf.
- Ecologie.gouv.fr. 2023. *Onze Etats membres de l'Union européenne appellent à un renforcement de la coopération européenne en matière d'énergie nucléaire*. Dostęp: 24.05.2023. <https://www.ecologie.gouv.fr/onze-etats-membres-union-europeenne-appellent-renforcement-cooperation-europeenne-en-matiere>.
- Europarl.eu. 2023. *Taxonomy: MEPs Do Not Object to Inclusion of Gas and Nuclear Activities*. Dostęp: 24.05.2023. <https://www.europarl.europa.eu/news/en/press-room/20220701IPR34365/taxonomy-meps-do-not-object-to-inclusion-of-gas-and-nuclear-activities>.
- Fajna Energia. 2023. Dostęp: 28.05.2023. <https://www.facebook.com/FajnaEnergia>.
- Gov.pl. 2022. *Poznaj Atomickich*. Dostęp: 28.05.2023. <https://www.gov.pl/web/polski-atom/poznaj-atomi-ckich>.
- H2Dolina.eu. 2023. Dostęp: 27.10.2023. <https://h2dolina.eu/index.php/o-nas>.
- KlasterEnergii.Tychy.pl. 2023a. *Członkowie Tyskiego Klastra Energii*. Dostęp: 24.05.2023. https://www.klasterenergii.tychy.pl/czlonkowie_klastra.
- KlasterEnergii.Tychy.pl. 2023b. *O Klastrze*. Dostęp: 24.05.2023. https://www.klasterenergii.tychy.pl/o_klastrze.
- KSM.Katowice.pl. 2022. *Nasza aktywna „samoobrona energetyczna”*. Dostęp: 28.05.2023. https://ksm.katowice.pl/nasza_aktywna_%27%27samoobrona_energetyczna%27%27,i3300.html.
- MetropoliaGZM.pl. 2020. *Siedem placówek oświatowych ze słoneczną energią*. Dostęp: 24.05.2023. <https://metropoliagzm.pl/2020/10/01/siedem-placowek-oswiatowych-ze-sloneczna-energia/>.
- MetropoliaGZM.pl. 2021. *Ekoprad dla rudzkich wodociągów*. Dostęp: 24.05.2023. <https://metropoliagzm.pl/2021/07/02/ekoprad-dla-rudzkich-wodociagow/>.
- MetropoliaGZM.pl. 2022a. *Psary otrzymają ponad 180 tys. zł na OZE!*. Dostęp: 24.05.2023 <https://metropoliagzm.pl/2022/01/10/psary-otrzymaja-ponad-180-tys-zl-na-oze/>.
- MetropoliaGZM.pl. 2022b. *Największa w Polsce farma fotowoltaiczna ma powstać w Mysłowicach*. Dostęp: 24.05.2023. <https://metropoliagzm.pl/2022/01/31/najwieksza-w-polsce-farma-fotowoltaiczna-ma-powstac-w-myslowicach/>.
- MetropoliaGZM.pl. 2022c. *Projekt budowy kolektorów słonecznych i kotłów na biomasę w gminie Siewierz*. Dostęp: 24.05.2023. <https://metropoliagzm.pl/2022/02/02/38841/>.
- MetropoliaGZM.pl. 2022d. *Postępowanie na zakup autobusów napędzanych wodorem*. Dostęp: 24.05.2023. <https://metropoliagzm.pl/2022/12/22/postepowanie-na-zakup-autobusow-napedzanych-wodorem/>.
- MetropoliaGZM.pl. 2022e. *W Bytomiu powstał klaster energii*. Dostęp: 24.05.2023. <https://metropoliagzm.pl/2022/01/26/w-bytomiu-powstal-klaster-energii/>.
- MetropoliaGZM.pl. 2023a. *Metropolia kupuje paliwo wodorowe. Będzie wykorzystane w transporcie autobusowym*. Dostęp: 24.05.2023. <https://metropoliagzm.pl/2023/03/07/metropolia-kupuje-paliwo-wodorowe-bedzie-wykorzystane-w-transporcie-autobusowym/>.
- MetropoliaGZM.pl. 2023b. *W Tychach i Świerkłańcu powstaną stacje tankowania wodoru. Umowy dotacji podpisane*. Dostęp: 24.05.2023. <https://metropoliagzm.pl/2023/03/02/w-tychach-i-swierklancu-powstana-stacje-tankowania-wodoru-umowy-dotacji-podpisane/>.
- Orlen.pl. 2023. *Grupa ORLEN stawia na tanią, bezpieczną i czystą energię*. Dostęp: 28.05.2023. <https://www.orlen.pl/pl/o-firmie/media/komunikaty-prasowe/2023/kwiecien-2023/Grupa-ORLEN-stawia-na-tania-bezpieczna-i-czysta-energie>.
- PAP-MediaRoom.pl. 2023. *MKIŚ: Minister Anna Moskwa na nieformalnym wspólnym posiedzeniu ministrów UE ds. energii i transportu (komunikat)*. Dostęp: 25.05.2023. <https://pap-mediroom.pl/>

polityka-i-spoleszenstwo/mkis-minister-anna-moskwa-na-nieformalnym-wspolnym-posiedzeniu-ministrow.

Powiat.Tarnogórski.pl. 2020. *Klaster energii*. Dostęp: 28.05.2023. <https://powiat.tarnogorski.pl/2020/10/07/klaster-energii/>.

Samorząd.PAP.pl. 2022. *Gliwice: gliwicka energia. Kierunek – samowystarczalność*. Dostęp: 28.05.2023. <https://samorząd.pap.pl/klub-samorzadowy/gliwice/kategoria/aktualnosci/gliwice-gliwicka-energia-kierunek-samowystarczalnosc>.

WKatowicach.eu. 2023. *Katowicki Klaster Energii. W Katowicach powstanie elektrownia słoneczna?*. Dostęp: 24.05.2023. <https://www.wkatowicach.eu/informacje/index/Katowicki-Klaster-Energii.-W-Katowicach-powstanie-elektrownia-sloneczna/idn:2769>.

Zbrosławice.pl. 2018. *Aktualności*. Dostęp: 28.05.2023. <http://www.zbroslawice.pl/main/aktualnosci/Klaster-Energii-w-Zbroslawicach/idn:1691>.