



pr. Unsplash, Nowa Energia

Prof. dr hab. inż. Janusz Lewandowski,
Instytut Techniki Ciepłej, Politechnika Warszawska

„Zielone” ciepło

Decyzja polityczna została podjęta. Kraje Unii Europejskiej zadeklarowały, że w 2050 r. osiągną neutralność klimatyczną. W praktyce oznacza to, że od połowy XXI w. potrzeby energetyczne społeczeństwa i gospodarki Unii będą zaspokajane bez wykorzystania paliw kopalnych. Jak często ostatnio w zakresie działań na rzecz ochrony środowiska i klimatu, tak i w tym przypadku decyzje polityków wyprzedzają rozwój technologii. Stąd zarówno w mediach naukowych, branżowych, jak i popularnych toczy się dyskusja czy postawiony cel jest realny.

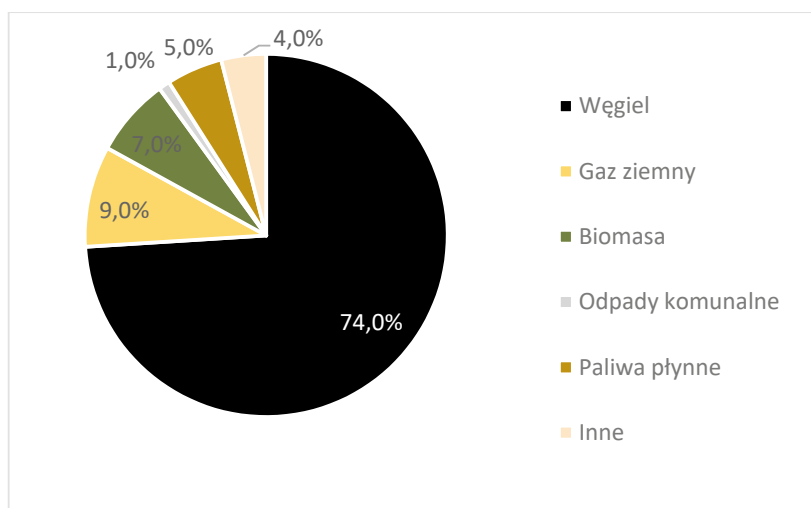
Dyskusja ta skupia się głównie na problemie zaspokojenia potrzeb w zakresie energii elektrycznej. Rzadziej dotyczy ciepła. Czy w polskich warunkach klimatycznych możliwe jest zaspokojenie potrzeb na ogrzewanie pomieszczeń, ciepłą wodę użytkową i ciepło dla celów technologicznych w przemyśle bez wykorzystywania paliw kopalnych? W artykule podjęto próbę odpowiedzi na to pytanie.

■ Stan wyjściowy i potrzeby za 30 lat

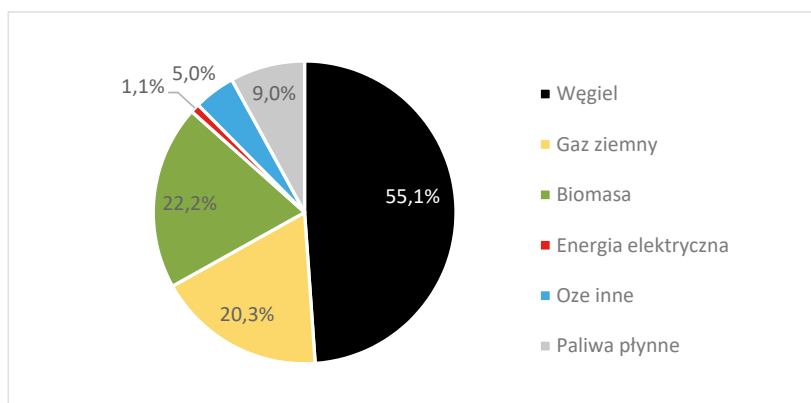
O ile w przypadku energii elektrycznej jej wytwarzanie i zużycie jest dokładnie ewidencjonowane, to w przypadku ciepła ewidencja dotyczy w praktyce tylko ciepła dostarczanego do odbiorców za pośrednictwem sieci ciepłowniczych, czyli tzw. ciepła sieciowego. Powoduje to, że wiedza o wielkości całkowitego zapotrzebowania na ciepło ma charakter szacunkowy i publikowane w tym zakresie liczby potrafią różnić się znacząco, głównie z powodu pośredniego sposobu określania ilości ciepła, które jest wykorzystywane do ogrzewania pomieszczeń i przygotowania ciepłej wody użytkowej w budynkach nie przyłączonych do sieci ciepłowniczych oraz częściowo ciepła wykorzystywanego dla celów przemysłowych.

Ocenia się, że całkowite roczne zapotrzebowanie na ciepło zawiera się w zakresie 850-950 PJ, z czego 150-200 PJ to ciepło wykorzystywane dla celów przemysłowych. Dla celów niniejszych rozważań proponuje się przyjąć górne z tych wartości, a to oznacza, że potrzeby na cele komunalne to około 750 PJ, a przemysłowe 200 PJ. Około 250 PJ ciepła dla celów komunalnych wytwarzane jest w systemach ciepłowniczych, a 500 PJ w źródłach indywidualnych. Około 300 PJ wykorzystywane jest na potrzeby ciepłej wody użytkowej.

Niestety w strukturze paliwowej dominuje węgiel. W przypadku ciepła wytwarzanego w systemach ciepłowniczych (rys. 1) z węgla wytwarzane jest



Rys. 1. Obecna (2019 r.) struktura pierwotnych nośników energii wykorzystywanych do wytwarzania ciepła użytkowego w systemach ciepłowniczych



Rys. 2. Obecna (2019 r.) struktura pierwotnych nośników energii wykorzystywanych do wytwarzania ciepła użytkowego w źródłach indywidualnych

74% ciepła, znacznie mniej bo 9% z gazu ziemnego. W źródłach indywidualnych (rys. 2) węgiel nie dominuje już tak bardzo. Z jego spalania pochodzi ok. 55% ciepła. Istotny jest udział biomasy (22%) i gazu ziemnego (20%).

W obu przypadkach paliwa kopalne stanowią ponad 80% pierwotnych nośników energii.

Czy jest możliwe ich wyeliminowanie w okresie najbliższych 30 lat? Szczegółową analizę w tym zakresie przeprowadzono w 2020 r. w ramach prac powołanego przez Ministra Klimatu Zespołu Czyste Ciepło [1]. W niniejszym artykule wykorzystano te wyniki w zakresie w ja-

kim zostały udostępnione do wiadomości publicznej.

Istotnym elementem tej oceny jest prognoza zapotrzebowania na ciepło za 30 lat. Można tu wstępnie założyć, że o ile nieznacznie zmniejszy się zapotrzebowanie na ciepło wykorzystywane dla celów przemysłowych i do przygotowania ciepłej wody użytkowej, to w znaczący sposób można zmniejszyć zapotrzebowanie na ciepło dla celów ogrzewania pomieszczeń. W ramach prac tego zespołu oceniono, że do 2030 r. przy wzroście powierzchni użytkowej mieszkań o 13% możliwe jest zmniejszenie zapotrzebowania na ciepło wyko-

rzystywane na cele komunalne o 16%. W perspektywie 2050 r. przyrost powierzchni mieszkań i zmniejszenie zapotrzebowania oceniono na podobnym poziomie. W efekcie można ocenić, że w 2050 r. zużywać będziemy dla celów komunalnych ok. 525 TJ ciepła, z czego około 150 TJ z systemów ciepłowniczych oraz 375 TJ ze źródeł indywidualnych. Prognozowaną strukturę nośników ciepła przedstawiono na rys. 3 oraz rys. 4.

W przypadku systemów ciepłowniczych, z których część wobec ograniczenia zapotrzebowania na ciepło pewnie utraci efektywność ekonomiczną, ciepło

wytwarzane będzie z biomasy oraz z innych źródeł odnawialnych. Te inne źródła odnawialne to w praktyce w niewielkim zakresie kolektory słoneczne, a przede wszystkim wodór spalany w silnikach lub turbinach gazowych. Będzie to tzw. „zielony wodór” wytworzony w elektrolizerach zasilanych energią elektryczną z wiatraków i ogniw fotowoltaicznych. Uzupełniające znaczenie będą miały kolektory słoneczne. Mniej więcej dwukrotnie mniejsza będzie produkcja ciepła z wykorzystaniem pomp ciepła.

W przypadku źródeł indywidualnych, podstawowe znaczenie będą miały pompy ciepła oczywiście zasilane energią

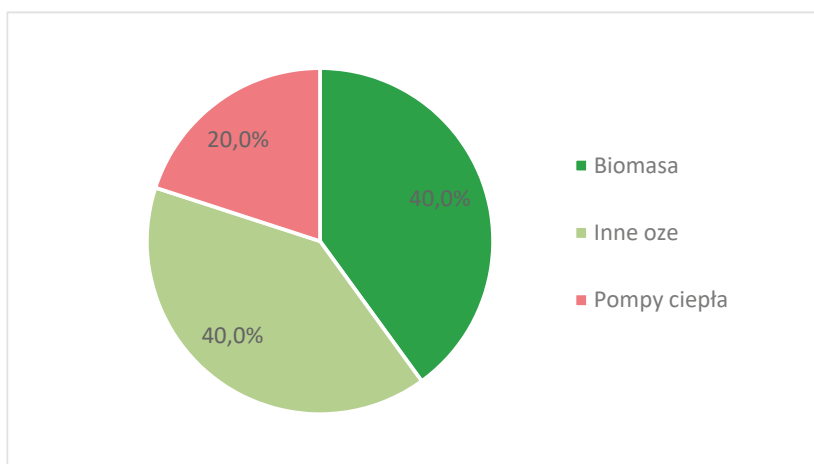
elektryczną, która będzie w pełni wytwarzana z OZE. „Inne OZE” to w tym przypadku kolektory fotowoltaiczne, za 30 lat już zupełnie nowej generacji, być może perowskitowe¹ lub hybrydowe².

W przypadku źródeł indywidualnych, widoczny będzie udział instalacji grzewczych zasilanych bezpośrednio energią elektryczną.

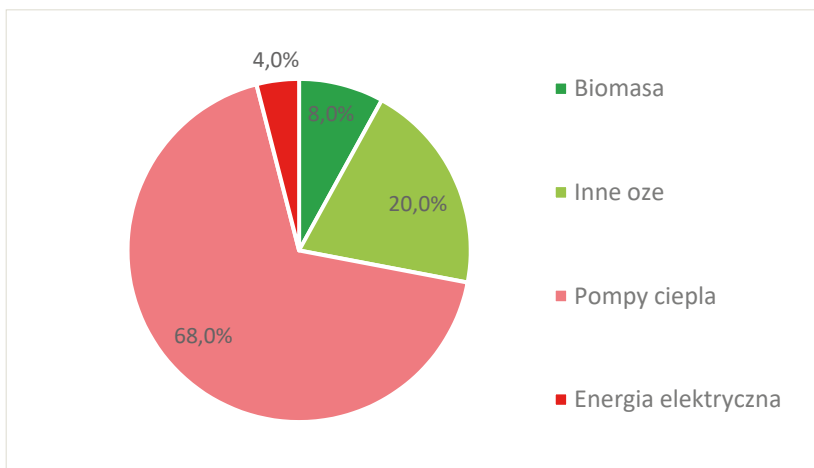
■ Ścieżka dojścia do „zielonego” ciepła

Ciepłownictwo systemowe w Polsce to w dużych aglomeracjach miejskich przede wszystkim parowe bloki ciepłownicze na węgiel, a w mniejszych kotły wodne wykorzystujące to samo paliwo. Wybudowane one zostały głównie w latach 70. ub. w., więc mają średnio ok. 50 lat. Były oczywiście modernizowane, niektóre bardzo głęboko. Jednak nie zmienia to faktu, że są zużyte i wymagają wymiany. Nie ulega wątpliwości, że nie są w stanie dotrwać do 2050 r. Wobec szybko rosnących cen uprawnień do emisji dwutlenku węgla, koszty zmienne wytwarzania ciepła w technologiach węglowych przestają być konkurencyjne w stosunku do innych technologii. Kotły wodne dodatkowo muszą zostać przystosowane do nowych ostrzejszych wymagań w zakresie emisji dwutlenku siarki, tlenków azotu i pyłu. Urządzenia wytwórcze w ciepłownictwie systemowym wymagają dużych nakładów inwestycyjnych i nastąpiła najlepsza pora na zmianę technologii wytwarzania ciepła.

Duże bloki ciepłownicze powinny być możliwie szybko zastąpione układami gazowo-parowymi zasilanymi gazem ziemnym. Gaz ziemny nie jest oczywiście bezemisyjny z punktu widzenia dwutlenku węgla, ale technologie gazowe są mniej więcej dwa razy mniej emisyjne, niż węglowe. Gaz ziemny musi zostać wyeliminowany przed 2050 r., więc na eksploatację tych instalacji pozostaje 30 lat. Przyjmuje się, że czas amortyzacji układów gazowo-parowych to około 25 lat, a to oznacza, że operację wymiany bloków parowych na gazowe w dużych



Rys. 3. Prognozowana struktura pierwotnych nośników energii wykorzystywanych do wytwarzania ciepła użytkowego w systemach ciepłowniczych w 2050 r.



Rys. 4. Prognozowana struktura pierwotnych nośników energii wykorzystywanych do wytwarzania ciepła użytkowego w źródłach indywidualnych w 2050 r.

systemach takich jak w Warszawie, Łodzi, Krakowie, Wrocławiu, Trójmieście, itp. - trzeba przeprowadzić do 2025 r. Czasu jest mało. Kotły wodne w mniejszych systemach powinny być zamieniane na silniki spalinowe zasilane gazem, a wszędzie tam, gdzie gaz nie jest dostępny - kotłami na biomasę. W efekcie w 2030 r. węgiel zaspakajałby poniżej połowy potrzeb, a gaz około 30%. W 2035 r. węgiel byłby już tylko śladowy, a 5 lat później praktycznie zostałby wyeliminowany. Następowalby stopniowy wzrost wykorzystania biomasy, przede wszystkim w mniejszych systemach ciepłowniczych.

Hasło „gaz jako paliwo przejściowe” znalazło już swoje miejsce w publicystyce energetycznej (m. in. [2]). Trzeba podkreślić, że chodzi tu o gaz ziemny, a „przejściowe” bo ok. 2050 r. zostałby zastąpiony innym gazem - wodorem. Powszechnie ocenia się, że największym nie rozwiązany jeszcze problemem, pozwalającym na powszechne wytwarzanie energii elektrycznej tylko ze źródeł OZE, jest dostosowanie chwilowego wytwarzania do zmiennego w czasie zapotrzebowania. Nie da się tego zrobić bez magazynowania olbrzymich ilości energii. Powszechnie uważa się także, że jedną z najbardziej perspektywicznych technologii jest magazynowanie energii w postaci wodoru. Wodór wytworzony w procesie elektrolizy z wody, w okresie kiedy wytwarzanie energii z OZE przekracza zapotrzebowanie, będzie magazynowany, a następnie spalany w okresie, gdy zapotrzebowanie przewyższa wytwarzanie z OZE. Energia elektryczna wytworzona z wodoru bilansowała będzie chwilową podaż z popytem. Tu pojawia się drugie życie dla instalacji wykorzystujących pierwotnie gaz ziemny. Czołowe wytwórnie produkujące turbiny i tłokowe silniki gazowe już obecnie dopuszczają spalanie gazu ziemnego z domieszką ok. 30% wo-

doru (udział objętościowy, energetycznie jest to około 10%). Wszystkie też deklarują, że ok. 2030 r. dostępne będą turbiny gazowe spalające czysty wodór. Turbina gazowa wraz z komorą spalania i sprężarką to tylko część instalacji i to najmniej trwała. Pozostałe elementy, niezależnie od tego, czy spalany jest metan, czy wodór, pozostają niezmiennione. Będą mogły być wykorzystane także po 2050 r., kiedy odejmiemy od gazu ziemnego, a będziemy spalać tylko wodór.

Krajowe systemy ciepłownicze wykorzystują obecnie do przesyłu ciepła sieci wysokotemperaturowe, tj. sieci, w których przy największym zapotrzebowaniu na ciepło temperatura wody sieciowej dochodzi do 120°C. W przypadku zasilania sieci źródłami wykorzystującymi OZE (pompy ciepła, kolektory) oraz stosowania powszechnie magazynów ciepła, temperatura ta jest zdecydowanie zbyt wysoka. Konieczne jest przejście na sieci niskotemperaturowe z maksymalną temperaturą na poziomie 60°C i oczywiście dostosowanie do nich instalacji wewnętrznych. Już obecnie zatem warto w tym zakresie wprowadzić jako obowiązujące odpowiednie standardy projektowe.

Przystosowanie systemu ciepłowniczego do nowych warunków będzie wymagało jego rozbudowania o magazyny ciepła, zarówno krótko, jak i długoterminowe. Istotne znaczenie będą miały magazyny usytuowane w pobliżu odbiorców ciepła. Problemem będzie znalezienie dla nich miejsca. I tu znów warto pomyśleć o tym już obecnie. W projektowanych

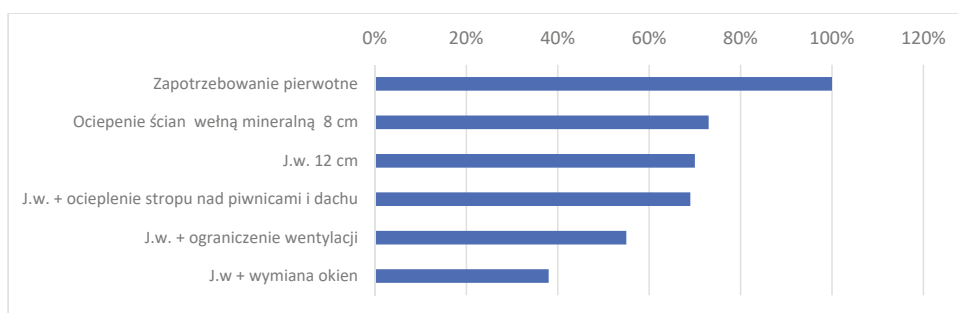
i budowanych osiedlach mieszkaniowych i budynkach użyteczności publicznej, wszędzie tam gdzie jest to możliwe - trzeba zabezpieczyć miejsce na taki magazyn. Pod parkingiem, boiskiem, placem zabaw trzeba przewidzieć możliwość wybudowania za 10-15 lat magazynu ciepła. Tu także warto pomyśleć o odpowiednich normach projektowych.

W przypadku źródeł indywidualnych, sprawa jest zdecydowanie prostsza. Ogniwo fotowoltaiczne i pompa ciepła to standardowe rozwiązanie na dodatek w pełni rozwinięte technologicznie i już obecnie zbliżające się poziomem kosztów do kotłów gazowych.

■ Plany, a rzeczywistość

Czy wizja przedstawiona przez autorów pracy zrealizowanej dla Ministra Klimatu [1] jest realna i jaki będzie koszt transformacji ciepłownictwa i cena „zielonego” ciepła? Takie pytanie jest tu zupełnie podstawowe. Odpowiedź trochę typowa - tak, ale:

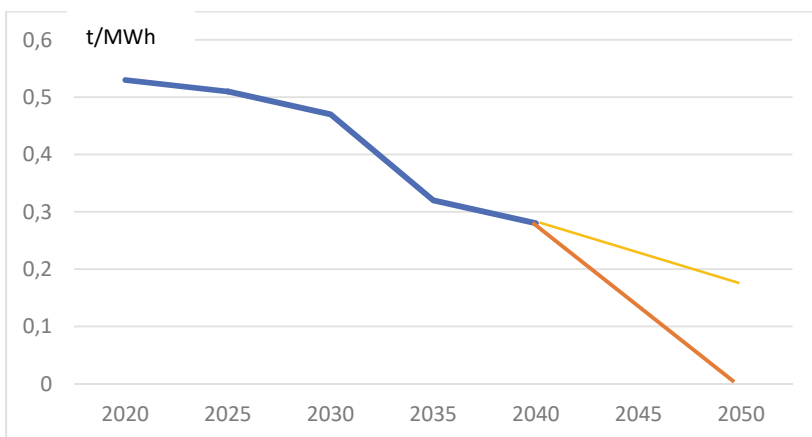
- konieczne jest konsekwentne prowadzenie dobrze zaplanowanej polityki w zakresie transformacji, tak aby wyeliminować, a przynajmniej zminimalizować koszty osierocenne³,
- wiele działań koniecznych do przeprowadzenia rewolucji technologicznej w wytwarzaniu ciepła użytkowego będzie wymagało wsparcia ze środków publicznych; środki te są zawsze ograniczone, stąd niezwykle istotne jest ich ra-



Rys. 5. Zmiany zapotrzebowania na ciepło do ogrzewanego budynku, w wyniku kolejnych działań termomodernizacyjnych [3]

jonalne wydatkowanie w pierwszej kolejności na działania, których efekt będzie skutkował szybkim rozwojem nowych technologii.

zmniejszyć zapotrzebowanie na ciepło budynku do poziomu poniżej 40% zapotrzebowania pierwotnego. Przyniesione wyniki potwierdzają olbrzymi potencjał



Rys. 6. Prognoza jednostkowej emisyjności wytwarzania energii elektrycznej i ciepła do 2040 r. [4] i dalej do 2050 r. z różnym gradientem

Te ogólne stwierdzenia wymagają jednak uzupełnienia o kilka uwag o charakterze szczegółowym. Pierwsza z nich związana jest z pytaniem: czy realne jest tak znaczne zmniejszenie zapotrzebowania na ogrzewanie budynków? Wyniki ciekawej analizy można znaleźć w pracy [3]. Zbadano wpływ różnych działań termomodernizacyjnych na zapotrzebowanie budynku na ciepło. Obiektem badań modelowych był wielorodzinny budynek zbudowany w latach 80. już z przyzwyczajeniem ok. 170 kWh/m²r. Efekty tych działań zilustrowano na rys. 5. Wynika z niego, że modernizacja przeprowadzona w odpowiednio szerokim zakresie pozwala

jakim dysponujemy w celu ograniczenia zapotrzebowania na ciepło. Założenie w tym zakresie jakie przyjęto w pracy [1] nie są nierealne. Obniżenia zapotrzebowania ma jeszcze jedno istotne znaczenie. Pozwala utrzymać koszty ogrzewania na stałym poziomie nawet przy rosnących cenach ciepła.

W pracy [1] zaproponowano rozwiązanie, które może budzić wątpliwości, tj. zakaz spalania węgla w źródłach indywidualnych od 2030 r. Zostało one dalej wpisane do rządowego dokumentu „Polityka energetyczna Polski do 2040 r.” [4]. Wprowadzenie go jest konieczne nie tylko z punktu widzenia drogi do neutralności klimatycznej, ale też ograni-

czenia smogu. Należy tylko wyrazić żal, że jeszcze niedawno dofinansowywano z pieniędzy publicznych wymianę starych kotłów węglowych na nowe, w teorii mniej emisyjne. W konsekwencji wydano publiczne pieniądze, na urządzenia, które za 9 lat trzeba będzie zełtomować w dobrym stanie technicznym, bo żywotność takiego kotła na pewno przekracza 20 lat. Takich błędów w czekającej nas transformacji nie można popełniać, a kotły węglowe możliwie szybko wycofać ze sprzedaży.

Na koniec problem może najważniejszy. Przyjęte dokumenty politycy muszą traktować poważnie. Energetyka nie ma w tym zakresie dobrych doświadczeń, a jako przykład można podać zapisy z dokumentu „Polityka energetyczna Polski do 2030 r.” [5]. Przyjęty w 2009 r. dokument mówił o podwojeniu wytwarzania w kogeneracji do 2020 r. I co? Nic - bo to tylko papier. W załączniku do obecnego dokumentu [4] znaleźć można prognozę jednostkowej emisji dwutlenku węgla z wytwarzania energii elektrycznej i ciepła. Zamieszczono ją na rys. 6. Kończy się w 2040 r. Do osiągnięcia zerowej emisyjności zostanie jeszcze 10 lat. Gdyby ją zredukować dalej z gradientem jak w latach 2030-2035, cel byłby osiągnięty. Jeżeli utrzymać gradient jak w latach 2035-2040, to do zerowej emisyjności w 2050 r. będzie jeszcze daleko.

„Zielone” ciepłownictwo będzie potrzebowało energii elektrycznej do zasilania pomp ciepła. Ta energia musi być „zielona”, inaczej ciepłownictwo „zielone” nie będzie. □

Bibliografia

1. Raport zespołu Czyste ciepło opracowany na prośbę Ministra Klimatu, maj 2020; <https://www.gov.pl/web/klimat/raport-czyste-cieplo>.
2. Lewandowski J.: Gaz ziemny - paliwo przejściowe od węgla do wodoru. *Academia* 1/2021.
3. Kaserkiewicz K.: Budownictwo: Zużycie energii. Terazniejszość i przyszłość; <https://www.muratorplus.pl/technika/izolacje/budownictwo-zuzycie-energii-terazniejszosc-i-przyszlosc-cz-i-aa-vGBK-xiTu-kQm.html>.
4. Polityka energetyczna Polski do 2040 roku; <https://www.gov.pl/web/klimat/polityka-energetyczna-polski>.
5. Polityka energetyczna Polski do 2030 roku <https://sip.lex.pl/akty-prawne/mp-monitor-polski/polityka-energetyczna-panstwa-do-2030-r-17589536>.

Przypisy

1. Elastyczne ogniwa fotowoltaiczne, które można nakładać bezpośrednio na elewacje budynków.
2. Ogniwa fotowoltaiczne wytwarzające oprócz energii elektrycznej także ciepło.
3. Koszty osierocone - to koszty poniesione przez inwestora w przeszłości, które nigdy nie zostaną zwrócone.