DOI: 10.65545/COW.2026.10.05



Zamówienia przedkomercyjne (PCP) jako narzędzie rozwoju innowacyjnych systemów grzewczo-chłodzących dla budownictwa neutralnego klimatycznie

Pre-commercial procurement in the development of innovative heat pumps for climate-neutral buildings



Dr inż. Mariusz A. Skwarczyński

ORCID ID: 0000-0002-8221-3805
Narodowe Centrum Badań i Rozwoju
mariusz.skwarczynski@ncbr.gov.pl

Słowa kluczowe: zamówienia przedkomercyjne, PCP, Innowacyjne Zamówienia Publiczne, chłodzenie budynków, pompa ciepła, Demonstrator Technologii, sektor finansów publicznych, magazynowanie ciepła i chłodu

Streszczenie

Artykuł analizuje potencjał mechanizmu zamówień przedkomercyjnych (Pre-Commercial Procurement, PCP) jako narzędzia stymulującego rozwój innowacyjnych systemów grzewczo-chłodzących opartych na pompach ciepła. W świetle wymagań zrewidowanej dyrektywy w sprawie charakterystyki energetycznej budynków (EPBD) oraz rosnącego znaczenia chłodzenia budynków modernizacja systemów technicznych w obiektach użytkowanych przez instytucje sektora finansów publicznych wymaga rozwiązań uwzględniających zarówno dekarbonizację ogrzewania, jak i zapewnienie całorocznego komfortu cieplnego. Na podstawie analizy dokumentacji przedsięwzięcia „Systemy grzewczo-chłodzące oparte o pompy ciepła dla budynków niepodłączonych do sieci ciepłowniczej", realizowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju, ze środków Funduszy Europejskich, w formule PCP oraz literatury przedmiotu zidentyfikowano kluczowe wyzwania techniczne obejmujące prefabrykację i modułowość systemu, zapewnienie funkcji grzania i chłodzenia, integrację magazynów energii termicznej, zastosowanie czynników chłodniczych o niskim GWP oraz wykorzystanie zaawansowanych systemów zarządzania energią. Analiza wskazuje, że etapowa i konkurencyjna formuła PCP może tworzyć warunki do rozwoju standaryzowanych, modułowych maszynowni kontenerowych oraz ich walidacji w warunkach rzeczywistej eksploatacji przed szerszym wdrożeniem rynkowym.

Keywords: pre-commercial procurement, PCP, innovation procurement, building cooling, heat pumps, Technology Demonstrator, public finance sector, thermal energy storage

Abstract

The article examines the potential of Pre-Commercial Procurement (PCP) as an instrument for stimulating the development of innovative heat pump-based heating and cooling systems. In the context of the recast Energy Performance of Buildings Directive (EPBD) and the growing importance of building cooling, the modernization of technical systems in public-sector facilities requires solutions addressing both heating decarbonization and year-round thermal comfort. Based on an analysis of the documentation of the PCP procedure "Heating and cooling systems based on heat pumps for buildings not connected to district heating networks", conducted by the National Centre for Research and Development (NCBR), and a review of the relevant literature, key technical challenges were identified. These include system prefabrication and modularity, reversible heating and cooling operation, integration with thermal energy storage, the use of low-GWP refrigerants, and advanced energy management. The analysis indicates that the phased and competitive PCP approach can create favorable conditions for the development of standardized modular containerized plant rooms and their validation under real operating conditions prior to wider market deployment.

Wstęp

Dążenie do osiągnięcia neutralności klimatycznej w Unii Europejskiej wymaga głębokiej transformacji sektora budowlanego. Zrewidowana dyrektywa w sprawie charakterystyki energetycznej budynków (EPBD) ustanawia cel osiągnięcia zeroemisyjnego zasobu budowlanego do 2050 r. oraz przewiduje, że od 1 stycznia 2028 r. nowe budynki będące własnością podmiotów publicznych powinny spełniać standard budynku zeroemisyjnego, natomiast od 1 stycznia 2030 r. wymaganie to obejmie wszystkie nowe budynki (Parlament Europejski i Rada UE, 2024a). Transformacja ta zwiększa znaczenie dekarbonizacji systemów ogrzewania i chłodzenia. Pompy ciepła należą do technologii mogących odegrać istotną rolę w dekarbonizacji sektora ogrzewania, a ich integracja z systemem elektroenergetycznym może dodatkowo zwiększać elastyczność energetyczną budynków (Gaur et al., 2021; Fischer & Madani, 2017).

Modernizacja energetyczna istniejących obiektów użytkowanych przez instytucje sektora finansów publicznych wiąże się ze szczególnymi ograniczeniami technicznymi i organizacyjnymi. W przypadku szkół, szpitali, obiektów dydaktyczno-naukowych czy budynków administracji długotrwałe wyłączenie obiektu lub jego instalacji technicznych może być

trudne do zaakceptowania. Jednocześnie modernizowane systemy muszą być dostosowane do istniejących instalacji odbiorczych oraz uwzględniać zarówno zapotrzebowanie na ogrzewanie, jak i chłodzenie. Powoduje to potrzebę poszukiwania rozwiązań możliwie prefabrykowanych, skalowalnych i ograniczających zakres prac wykonywanych bezpośrednio w modernizowanym obiekcie.

Jednym z instrumentów umożliwiających sektorowi publicznemu stymulowanie rozwoju rozwiązań, które nie są jeszcze dostępne na rynku w wymaganej postaci, są zamówienia przedkomercyjne (Pre-Commercial Procurement, PCP). PCP jest szczególnym podejściem do zamawiania usług badawczo-rozwojowych, realizowanym konkurencyjnie i etapowo, w którym zamawiający publiczny nie zachowuje wyników prac B+R wyłącznie na własny użytek, lecz dzieli ryzyka i korzyści związane z ich rozwojem z wykonawcami (Komisja Europejska, 2021). W literaturze dotyczącej zamówień publicznych wskazuje się na szereg barier ograniczających zdolność zamówień publicznych do stymulowania innowacji, w tym nadmiernie szczegółowe specyfikacje, niewystarczającą interakcję pomiędzy zamawiającym a dostawcami oraz problemy związane z zarządzaniem ryzykiem (Uyarra i in., 2014).

Celem niniejszego artykułu jest analiza potencjału mechanizmu PCP jako narzędzia stymulującego rozwój innowacyjnych systemów grzewczo-chłodzących opartych na pompach ciepła. Analizie poddano założenia przedsięwzięcia realizowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju, ze szczególnym uwzględnieniem wymagań dotyczących prefabrykacji maszynowni, rewersyjnej pracy grzewczo-chłodzącej, magazynowania energii termicznej oraz integracji systemu ze zmiennymi warunkami funkcjonowania rynku energii elektrycznej.

Materiały i metody

W pracy zastosowano analizę ukierunkowaną na identyfikację zależności pomiędzy barierami technicznymi modernizacji systemów HVAC w istniejących budynkach a wymaganiami funkcjonalnymi formułowanymi w ramach zamówienia przedkomercyjnego. Główny materiał analizy stanowi dokumentacja Narodowego Centrum Badań i Rozwoju dotycząca opublikowanego postępowania „Systemy grzewczo-chłodzące oparte o pompy ciepła dla budynków niepodłączonych do sieci ciepłowniczej" (NCBR, 2026). Analizę dokumentacji uzupełniono przeglądem literatury dotyczącej pomp ciepła, zamówień publicznych na innowacje, czynników chłodniczych, magazynowania energii termicznej oraz sterowania predykcyjnego. Przedsięwzięcie realizowane jest ze środków programu Fundusze Europejskie dla Nowoczesnej Gospodarki.

Istota i struktura zamówień przedkomercyjnych w obszarze HVAC

W klasycznych zamówieniach publicznych przedmiot zamówienia jest co do zasady określany na tyle precyzyjnie, aby wykonawcy mogli przygotować porównywalne oferty dotyczące oczekiwanego produktu, usługi lub robót. W przypadku potrzeb, dla których odpowiednie rozwiązanie nie jest jeszcze dostępne na rynku, podejście takie może ograniczać przestrzeń do prowadzenia prac badawczo-rozwojowych. Zamówienia na innowacje umożliwiają natomiast zamawiającemu skoncentrowanie się na potrzebie i oczekiwanym rezultacie funkcjonalnym, pozostawiając wykonawcom większą przestrzeń do opracowania sposobu jej rozwiązania (Komisja Europejska, 2021).

Fundamentalną cechą PCP jest podział ryzyka i korzyści związanych z prowadzeniem prac badawczo-rozwojowych pomiędzy zamawiającego publicznego a wykonawców oraz prowadzenie prac w warunkach konkurencji, równego traktowania i przejrzystości (Komisja Europejska, 2021). Szczegółowe zasady finansowania prac oraz podziału praw własności intelektualnej należy rozpatrywać zgodnie z dokumentacją konkretnego postępowania.

Procedura PCP ma charakter etapowy i konkurencyjny. Kolejne fazy prac B+R umożliwiają stopniową ocenę rozwijanych rozwiązań oraz wybór wykonawców kontynuujących prace w następnych etapach (Komisja Europejska, 2021). W analizowanym przedsięwzięciu harmonogram obejmuje trzy etapy jak przedstawiono na Rysunku 1 (NCBR, 2026):

- **Etap 1** – Koncepcja Technologiczna: realizacja prac do 90 dni od zawarcia umowy; weryfikacja, ocena i selekcja do Etapu 2 – do 30 dni od terminu doręczenia wyników prac.
- **Etap 2** – Prototyp i badania: realizacja prac B+R do 14 miesięcy od rozpoczęcia Etapu 2; testy prototypów, ocena i selekcja do Etapu 3 – do 120 dni od doręczenia wyników prac.
- **Etap 3** – Demonstrator Technologii: realizacja prac B+R do 12 miesięcy od rozpoczęcia Etapu 3; testy Demonstratora Technologii i ocena końcowa – do 90 dni od doręczenia wyników prac.

Partnerem Publicznym wskazanym w dokumentacji jest Centrum Edukacji Przyrodniczo-Leśnej SGGW w Rogowie, przy ul. Leśnej 5A, gdzie przewidziano realizację i weryfikację Demonstratora Technologii (NCBR, 2026).

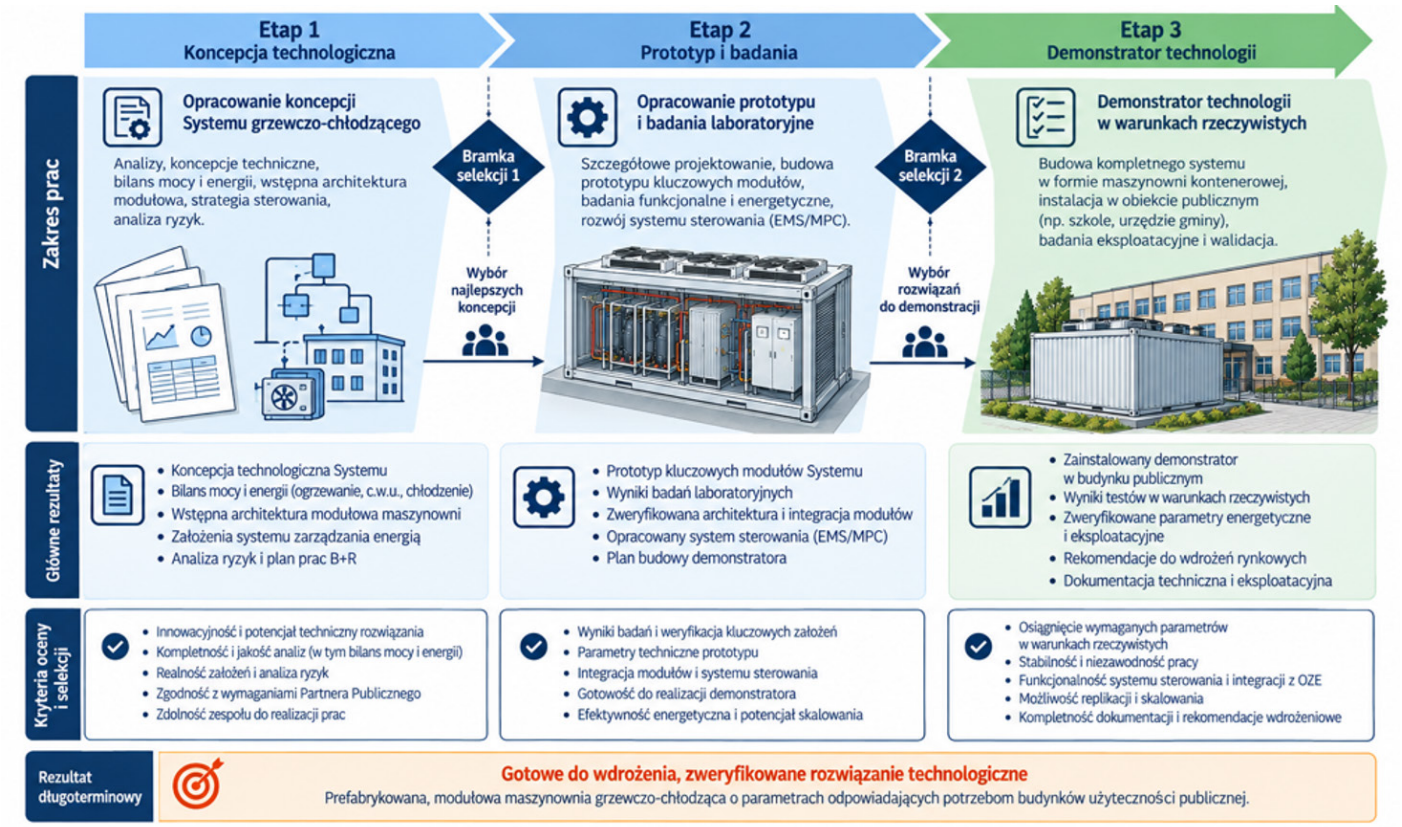
Analiza kluczowych wymagań technologicznych

Analiza Kryteriów Selekcji i Wymagań Obligatoryjnych zawartych w dokumentacji NCBR pozwala wyodrębnić grupę wymagań, które determinują architekturę projektowanego systemu: prefabrykację i modułowość, rewersyjną pracę grzewczo-chłodzącą, współpracę z istniejącą instalacją centralnego ogrzewania, zastosowanie czynnika o niskim GWP, magazynowanie energii oraz zaawansowane funkcje EMS, jak przedstawiono na Rysunku 2 (NCBR, 2026).

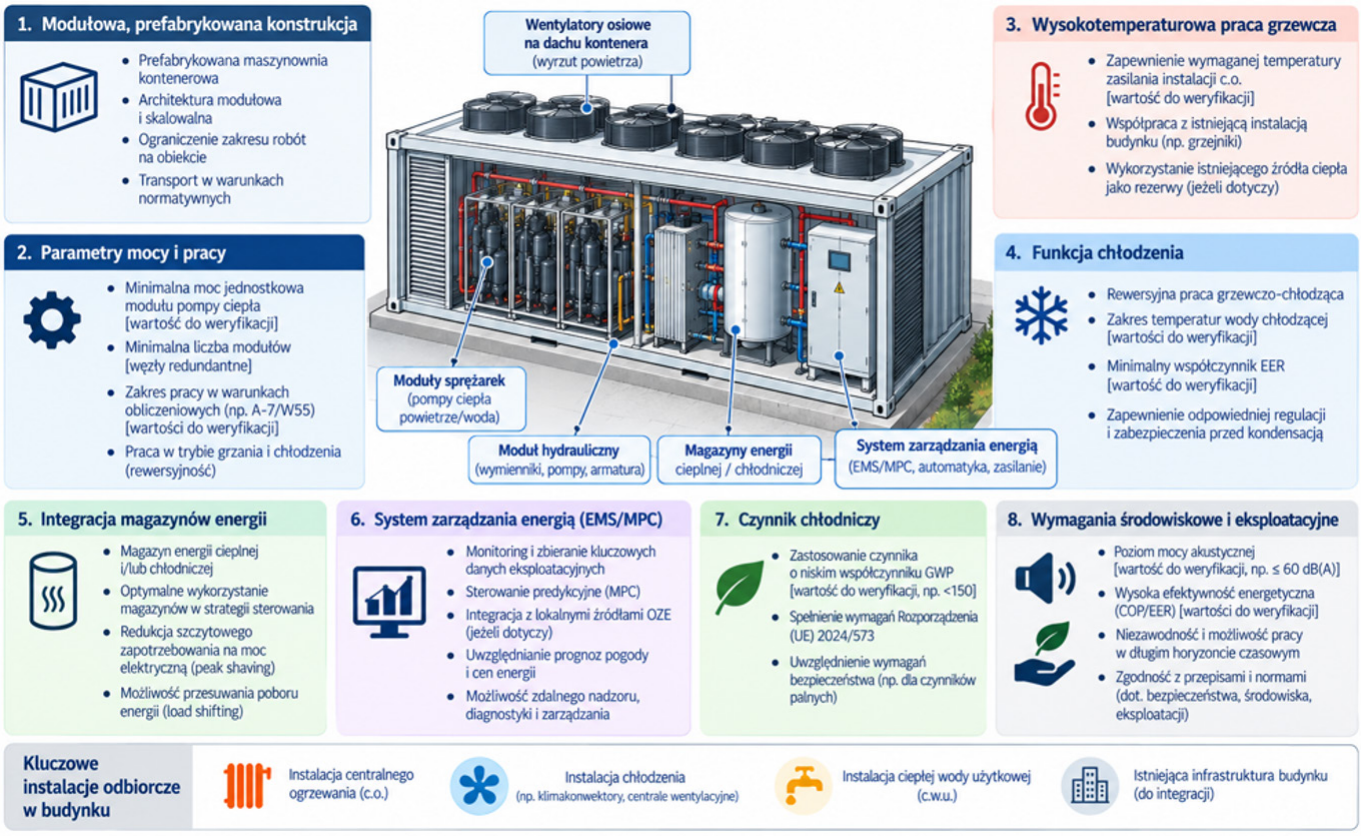
Prefabrykacja kontenerowa jako likwidacja barier montażowych

Jednym z istotnych ograniczeń modernizacji części obiektów użyteczności publicznej jest konieczność zachowania ciągłości ich funkcjonowania. Odpowiedzią przyjętą w analizowanym przedsięwzięciu jest kompletna, prefabrykowana i modułowa maszynownia kontenerowa. Dokumentacja wymaga, aby rozwiązanie umożliwiało zwiększenie mocy w ramach istniejącej konstrukcji kontenerowej, bez zmiany jej podstawowych gabarytów zewnętrznych oraz aby gabaryty i masa transportowa umożliwiały transport drogowy jako ładunku normatywnego (NCBR, 2026).

System ma składać się z co najmniej dwóch niezależnych Modułów pomp ciepła pracujących w układzie



Rysunek 1. Procedura zamówienia przedkomercyjnego (PCP) – tzw. „lejek innowacji". Źródło: opracowanie własne na podstawie (NCBR, 2026) przygotowano przy pomocy SI.
Figure 1. The pre-commercial procurement (PCP) process—the "innovation funnel". Source: Author's own elaboration based on NCBR (2026), prepared with AI assistance.



Rysunek 2. Kluczowe wymagania techniczne i funkcjonalne systemu grzewczo-chłodzącego. Źródło: opracowanie własne na podstawie NCBR (2026) przygotowano przy użyciu SI.
Figure 2. Key technical and functional requirements for the heating and cooling system. Source: Author's own elaboration based on NCBR (2026), prepared with AI assistance.

kaskadowym. Każdy Moduł powinien osiągać moc grzewczą nie mniejszą niż 35 kW w warunkach A-7/W55. Łączna moc Systemu ma wynikać z Bilansu mocy i energii oraz pokrywać projektowe obciążenie cieplne Budynku Partnera Publicznego (NCBR, 2026).

Rewersyjność i całoroczne zapotrzebowanie na chłodzenie

Zagadnienia komfortu cieplnego, jakości środowiska wewnętrznego oraz efektywności energetycznej systemów technicznych budynków są przedmiotem współczesnych badań krajowych, obejmujących zarówno budynki biurowe, jak i obiekty edukacyjne (Ferdyn-Grygierek, & Grygierek, 2026).

Procedura jednoznacznie wymusza pełną rewersyjność systemu. Zgodnie z wymaganiami technologicznymi, opracowywane urządzenie musi zapewniać stabilne zasilanie instalacji chłodniczej w zakresie temperatur czynnika od 4 do 20°C przy jednoczesnym przygotowaniu c.w.u. Zdefiniowano minimalne graniczne współczynniki efektywności w trybie chłodzenia, m.in. EER ≥ 2,6 dla A35/W7 oraz EER ≥ 4,0 dla A35/W18. Wykonawcy zobowiązani są do zaprojektowania instalacji zabezpieczonej izolacją paroszczelną przed kondensacją powierzchniową pary wodnej oraz wyposażonej w czujniki punktu rosy integrujące się z automatyką regulacyjną.

Czynniki chłodnicze o GWP < 150 i wymagania akustyczne

Rozporządzenie (UE) 2024/573 zaostrza ograniczenia dotyczące fluorowanych gazów cieplarnianych i wzmacnia kierunek przechodzenia na czynniki o niższym współczynniku globalnego ocieplenia. W literaturze analizowane są alternatywne mieszaniny HFC/HFO i konsekwencje ograniczania czynników o wysokim GWP (Mota-Babiloni et al., 2015). Stosowanie czynników chłodniczych o niskim GWP, w tym czynników o klasie palności A2L lub A3, wymaga uwzględnienia odpowiednich środków bezpieczeństwa na etapie projektowania i eksploatacji instalacji; dotyczy to m.in. propanu (R290), klasyfikowanego jako czynnik A3 (Medyński & Stefanowicz, 2026). PCP wymusza implementację zaawansowanych systemów detekcji wycieków z sygnalizacją alarmową, układów automatycznego zatrzymania pracy lub przejścia w stan bezpieczny oraz konstrukcji ograniczających gromadzenie się czynnika.

Dodatkową barierą w gęstej zabudowie są restrykcje akustyczne. Wymagania konkursowe nakładają restrykcyjny pułap hałasu: poziom ciśnienia akustycznego pracującego z maksymalnym obciążeniem systemu kontenerowego nie może przekraczać 60 dB(A) w odległości 5 m od obrysu jednostki na wysokości 1,5 m nad poziomem terenu.

Adaptacja do instalacji wysokotemperaturowych i rezerwa emisyjna

W modernizowanych obiektach publicznych barierą ekonomiczną jest konieczność wymiany istniejących grzejników na odbiorniki niskotemperaturowe (Arpagaus i in., 2018). Analizowana procedura PCP zakazuje wymiany istniejącej instalacji c.o. i wymaga utrzymania parametrów zasilania w przedziale od 25 do 60°C przy zachowaniu wysokiej sprawności (COP ≥ 2,1 dla A-10/W55 i A-7/W55; COP ≥ 2,6 dla A2/W55 oraz COP ≥ 4,0 dla A7/W35). Integracja pomp ciepła z istniejącymi wodnymi systemami grzewczymi wiąże się z szeregiem wyzwań technicznych i eksploatacyjnych, obejmujących m.in. wymagane parametry temperaturowe instalacji, dobór i projektowanie pompy ciepła oraz sposób sterowania systemem (Cholewa et al., 2025).

Istotnym elementem jest wymóg całkowitej dekarbonizacji pracy podstawowej: dotychczasowe źródło emisyjne budynku (np. kotłownia gazowa) może pozostać jedynie jako rezerwa awaryjna sterowana sygnałem on/off, uruchamiana automatycznie wyłącznie po przekroczeniu 2 godzin braku możliwości utrzymania parametrów przez system pomp ciepła.

Magazynowanie energii termicznej i sterowanie predykcyjne (EMS/MPC)

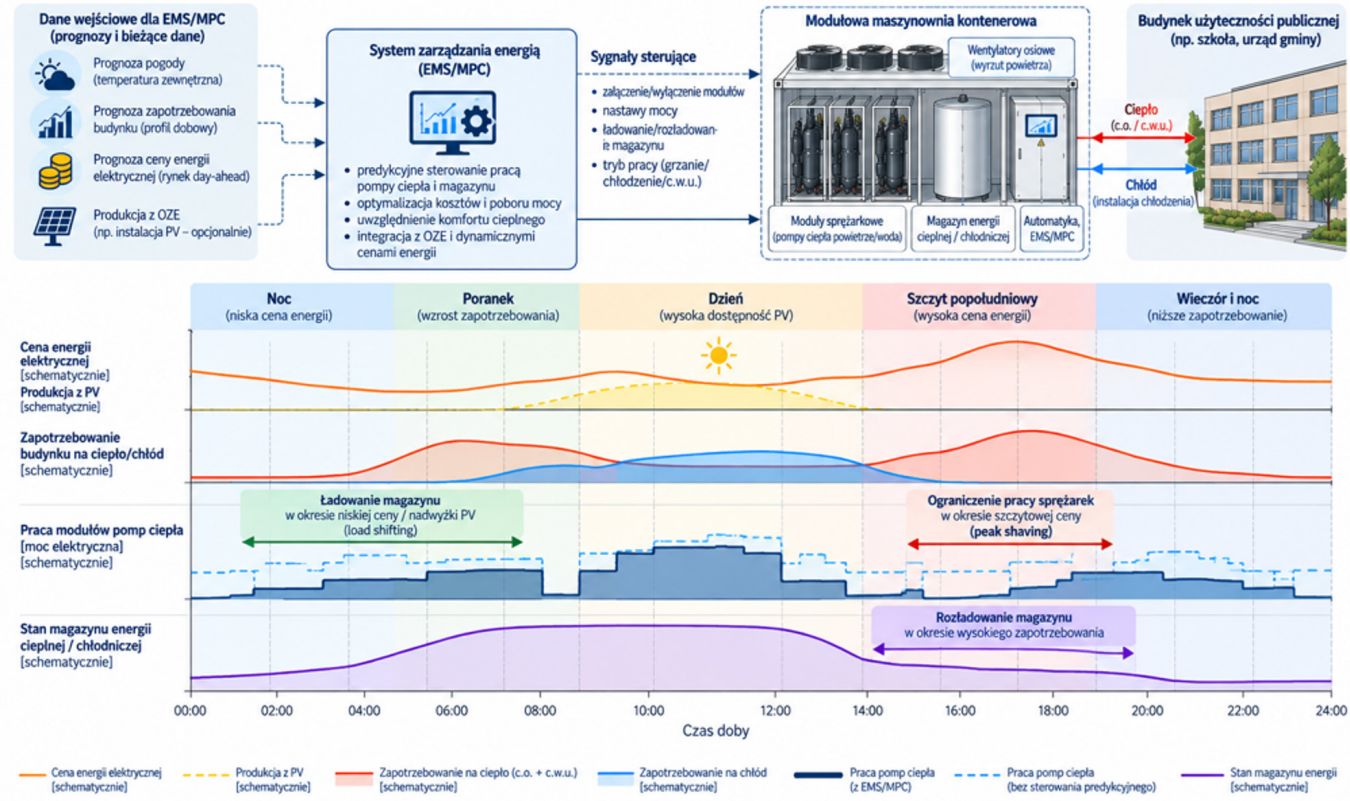
Integracja pomp ciepła z magazynami energii termicznej zwiększa możliwość elastycznego kształtowania profilu poboru energii elektrycznej. Odpowiednie sterowanie pozwala przesuwać pracę pompy ciepła pomiędzy okresami o różnym obciążeniu systemu elektroenergetycznego lub różnych cenach energii, a także zwiększać możliwości wykorzystania lokalnej generacji ze źródeł odnawialnych (Fischer & Madani, 2017).

Dokumentacja NCBR wymaga magazynów energii cieplnej i chłodniczej oraz Systemu Zarządzania Energią (EMS). EMS ma planować i koordynować pracę źródeł, magazynów i odbiorników, wykorzystując m.in. prognozę temperatury zewnętrznej, informacje o cenach energii elektrycznej oraz stan magazynów jak przedstawiono na Rysunku 3 (NCBR, 2026).

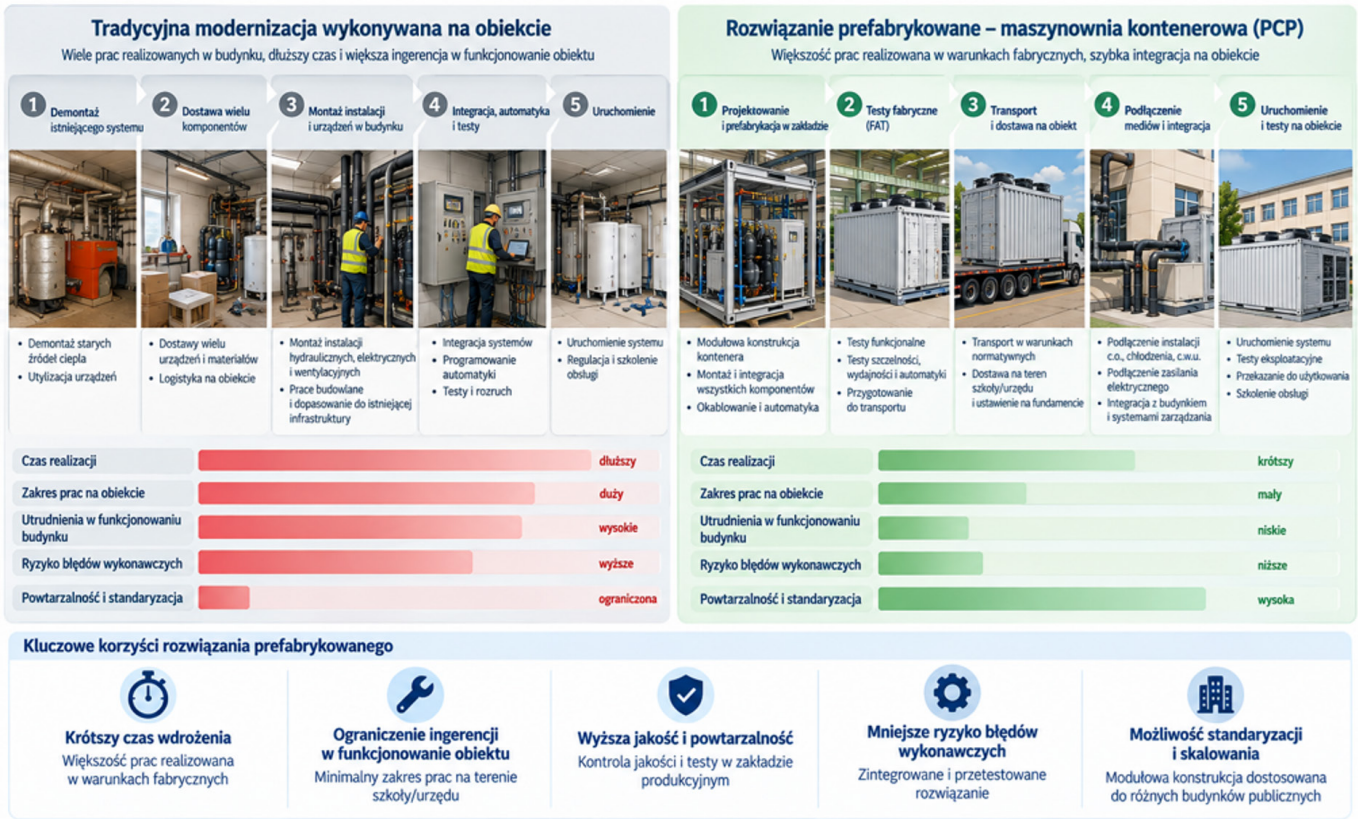
1. Przesuwanie zużycia energii w czasie (load shifting): magazynowanie ciepła i/lub chłodu w okresach wyższej efektywności pracy Modułów pomp ciepła lub niższych kosztów energii, a następnie wykorzystanie zgromadzonej energii w późniejszych okresach zgodnie z zapotrzebowaniem Budynku.
2. Ograniczanie chwilowego poboru mocy (peak shaving): wykorzystanie magazynów energii cieplnej i/lub chłodniczej w okresach zwiększonego zapotrzebowania na moc lub pogorszenia warunków pracy pomp ciepła, w celu redukcji szczytowego poboru mocy elektrycznej.
3. Sterowanie predykcyjne: wykorzystanie prognozy temperatury zewnętrznej, prognozy zapotrzebowania na ciepło, chłód i c.w.u., stanu magazynów oraz charakterystyk Modułów pomp ciepła do planowania pracy Systemu. Koncepcja ta jest zgodna z podejściami sterowania predykcyjnego opartego na modelu (Model Predictive Control, MPC) opisywanymi w literaturze, w których harmonogram pracy urządzeń i magazynów energii może uwzględniać m.in. prognozowane zapotrzebowanie oraz dynamiczne ceny energii (Yang et al., 2022).

Znaczenie prefabrykacji dla procesu modernizacji

Prefabrykacja przenosi znaczną część integracji mechanicznej, hydraulicznej, elektrycznej i automatyki poza modernizowany obiekt. W ujęciu koncepcyjnym może to ograniczać zakres prac wykonywanych na terenie szkoły, urzędu lub innego budynku publicznego, zwiększać powtarzalność rozwiązania i ułatwiać prowadzenie testów funkcjonalnych przed dostawą (Rysunek 4), co przynosi potencjalne korzyści organizacyjne wynikające z przyjętej architektury systemu, które powinny zostać zweryfikowane na etapie prototypu i Demonstratora Technologii.



Rysunek 3. Schemat ideowy predykcyjnego zarządzania pracą pompy ciepła i magazynu energii termicznej z wykorzystaniem EMS/MPC – mechanizmy load shifting i peak shaving. Źródło: opracowanie własne; przebiegi mają charakter schematyczny, na podstawie (NCBR, 2026; Fischer & Madani, 2017; Yang et al., 2022) opracowano przy użyciu SI.
Figure 3. Conceptual diagram of predictive control of heat pump and thermal energy storage operation using EMS/MPC—load shifting and peak shaving mechanisms. Source: Author's own elaboration based on NCBR (2026), Fischer & Madani (2017), and Yang et al. (2022), prepared with AI assistance. The profiles are schematic.



Rysunek 4. Porównanie tradycyjnej modernizacji układu HVAC z koncepcją prefabrykowanej maszynowni kontenerowej. Źródło: opracowanie własne – porównanie koncepcji tradycyjnego i prefabrykowanego systemu grzewczo-chłodzącego przygotowane przy użyciu SI.
Figure 4. Comparison of a conventional HVAC system retrofit with a prefabricated containerised plant room concept. Source: Author's own elaboration comparing conventional and prefabricated heating and cooling system concepts, prepared with AI assistance.

Podsumowanie i wnioski

Dążenie do zeroemisyjnego standardu budynków użyteczności publicznej stawia przed inżynierią instalacyjną bariery, których nie rozwiązuje zakup seryjnych pomp ciepła. Zastosowanie mechanizmu zamówień przedkomercyjnych wyznacza nowy paradygmat modernizacji energetycznej, w którym instytucje sektora finansów publicznych przestają być biernymi konsumentami, stając się katalizatorem innowacji technicznych.

Na podstawie analizy procedury przedkomercyjnej sformułowano następujące wnioski:

1. Prefabrykacja maszynowni grzewczo-chłodzącej może ograniczyć zakres prac wykonywanych bezpośrednio w modernizowanym obiekcie. Ma to szczególne znaczenie w budynkach, w których wymagane jest zachowanie ciągłości funkcjonowania.
2. Integracja funkcji ogrzewania i chłodzenia w jednym rewersyjnym systemie pozwala traktować całoroczny komfort cieplny jako integralny element modernizacji instalacji HVAC.
3. Zastosowanie magazynów energii termicznej w połączeniu z zaawansowanym systemem zarządzania energią może zwiększyć elastyczność pracy pomp ciepła poprzez przesuwanie poboru energii elektrycznej w czasie oraz ograniczanie zapotrzebowania na moc w wybranych okresach.
4. Sterowanie predykcyjne może wykorzystywać prognozy zapotrzebowania, warunków pogodowych oraz sygnały cenowe do optymalizacji harmonogramu pracy pomp ciepła i magazynów energii.
5. Etapowa formuła PCP umożliwia rozwijanie i ocenę konkurencyjnych koncepcji technologicznych przed przejściem do bardziej zaawansowanych etapów prototypowania i demonstracji.
6. Walidacja Demonstratora Technologii w warunkach rzeczywistej eksploatacji może dostarczyć informacji o osiąganych parametrach technicznych i eksploatacyjnych przed podjęciem decyzji dotyczących szerszego zastosowania rozwiązania.
7. Analizowane przedsięwzięcie NCBR stanowi przykład wykorzystania popytu publicznego do stymulowania prac badawczo-rozwojowych nad rozwiązaniami dostosowanymi do specyficznych potrzeb modernizowanych budynków użyteczności publicznej.

Finansowanie

Przedsięwzięcie „Systemy grzewczo-chłodzące oparte o pompy ciepła dla budynków niepodłączonych do sieci ciepłowniczej" realizowane jest w ramach projektu niekonkurencyjnego pn. „Innowacyjne zamówienia publiczne", realizowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju na podstawie umowy o dofinansowanie nr FENG.02.13-IP.07-0001/24 w ramach działania 2.13 „Innowacyjne zamówienia publiczne" programu Fundusze Europejskie dla Nowoczesnej Gospodarki 2021–2027. Projekt realizowany jest do 31 grudnia 2029 r. Całkowity budżet projektu wynosi 505 mln zł, a poziom dofinansowania ze środków Unii Europejskiej wynosi 100%.

Bibliografia

Arpagaus, C., Bless, F., Uhlmann, M., Schiffmann, J., & Bertsch, S. S. (2018). High temperature heat pumps: Market overview, state of the art, research status, refrigerants, and application potentials. *Energy*, 152, 985–1010. https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.03.166

Cholewa, T., Bejan, A.-S., Miara, M., et al. (2025). Critical discussion on the challenges of integrating heat pumps in hydronic systems in existing buildings. *Energy*, 326, 136158. https://doi.org/10.1016/j.energy.2025.136158

Komisja Europejska. (2021). Commission Notice — Guidance on Innovation Procurement (2021/C 267/01). Official Journal of the European Union, C 267, 1–72.

Fischer, D., & Madani, H. (2017). On heat pumps in smart grids: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 70, 342–357. https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.11.182

Gaur, A. S., Fitiwi, D. Z., & Curtis, J. (2021). Heat pumps and our low-carbon future: A comprehensive review. *Energy Research & Social Science*, 71, 101764. https://doi.org/10.1016/j.erss.2020.101764

Medyński, K., & Stefanowicz, E. (2026). Zastosowanie węglowodorów oraz czynników HFO i HCFO jako alternatywnych czynników chłodniczych w pompach ciepła. *Ciepłownictwo Ogrzewnictwo Wentylacja*, 57(5), 13. https://doi.org/10.65545/cow.2026.05.02

Mota-Babiloni, A., Navarro-Esbrí, J., Barragán-Cervera, Á., Molés, F., & Peris, B. (2015). Analysis based on EU Regulation No 517/2014 of new HFC/HFO mixtures as alternatives of high GWP refrigerants in refrigeration and HVAC systems. *International Journal of Refrigeration*, 52, 21–31. https://doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2014.12.02

NCBR. (2026). PCP – Systemy grzewczo-chłodzące oparte o pompy ciepła dla budynków niepodłączonych do sieci ciepłowniczej. Ogłoszenie postępowania nr 136/26/PU/P39. *Narodowe Centrum Badań i Rozwoju.* Platforma Zakupowa. https://platformazakupowa.pl/transakcja/1378714 Dostęp: 29.09.2026

Parlament Europejski i Rada Unii Europejskiej. (2024a). Dyrektywa (UE) 2024/1275 z dnia 24 kwietnia 2024 r. w sprawie charakterystyki energetycznej budynków (wersja przekształcona). Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej, L 2024/1275, 8.05.2024.

Parlament Europejski i Rada Unii Europejskiej. (2024b). Rozporządzenie (UE) 2024/573 z dnia 7 lutego 2024 r. w sprawie fluorowanych gazów cieplarnianych, zmieniające dyrektywę (UE) 2019/1937 i uchylające rozporządzenie (UE) nr 517/2014. Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej, L 2024/573, 20.02.2024.

Uyarra, E., Edler, J., Garcia-Estevez, J., Georghiou, L., & Yeow, J. (2014). Barriers to innovation through public procurement: A supplier perspective. *Technovation*, 34(10), 631–645. https://doi.org/10.1016/j.technovation.2014.04.003

Yang, S., Gao, H. O., & You, F. (2022). Model predictive control for demand- and market-responsive building energy management by leveraging active latent heat storage. *Applied Energy*, 327, 120054. https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2022.120054

Fundusze Europejskie dla Nowoczesnej Gospodarki
Rzeczpospolita Polska
Dofinansowane przez Unię Europejską
NCBR Narodowe Centrum Badań i Rozwoju

Zastrzeżenie: Oświadczenia, opinie i dane przedstawione w publikacjach są wyłączną odpowiedzialnością ich autorów i nie odzwierciedlają stanowiska redakcji *Ciepłownictwo Ogrzewnictwo Wentylacja*. Redakcja nie ponosi odpowiedzialności za jakiekolwiek szkody dotyczące osób lub mienia wynikające z idei, metod, zaleceń lub produktów omawianych w treści publikacji. *Artykuł udostępniony na licencji Creative Commons CC BY 4.0.*

Disclaimer: The statements, opinions, and data presented in the publications are the sole responsibility of their authors and do not necessarily reflect the views of the editorial board of *Ciepłownictwo Ogrzewnictwo Wentylacja.* The editorial board assumes no responsibility or liability for any injury to persons or damage to property resulting from any ideas, methods, instructions, or products referred to in the content of the publications. *The article is distributed under the Creative Commons CC BY 4.0 license.*