



Grzegorz BARTNICKI¹, Bogdan NOWAK²

Ocena atrakcyjności ciepła systemowego w oparciu o badania ankietowe specjalistów

Streszczenie: Artykuł prezentuje wyniki badań ankietowych, których celem była ocena atrakcyjności scentralizowanych systemów zaopatrzenia w ciepło w porównaniu z innymi źródłami ciepła. Działania ukierunkowane na poprawę efektywności energetycznej budynków w warunkach klimatu Polski na razie jeszcze nie doprowadzą do wyeliminowania konieczności wyposażenia w źródło ciepła instalacji ogrzewania czy układu przygotowania ciepłej wody użytkowej. Źródło ciepła pozostaje zatem nadal istotnym elementem systemu zaopatrzenia w ciepło, warunkującym na wiele lat zarówno koszty ogrzewania, komfort, jak i oddziaływanie na środowisko. Decyzja o wyborze sposobu zaopatrzenia w ciepło podejmowana jest zazwyczaj przez inwestora lub projektanta. Czasem udział w tej decyzji ma dostawca urządzeń czy wykonawca. Wpływ na nią może mieć wiele różnych czynników, wynikających również z konkretnej lokalizacji obiektu. Tylko częściowo warunkuje ją prawo lokalne w postaci miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego. Istotne są również uwarunkowania techniczne (np. dostępność sieci ciepłowniczej lub gazowej), ekonomiczne i finansowe, jak również czynniki dużo bardziej subiektywne, jakim np. są określone preferencja projektanta lub wykonawcy. Coraz częściej obserwowana jest niechęć do korzystania z ciepła systemowego, nawet przy korzystnych warunkach lokalizacyjnych i możliwości podłączenia budynku do sieci ciepłowniczej. Jako źródło ciepła wybierana jest kotłownia gazowa czy zasilane energią elektryczną pompy ciepła. Nasuwa się więc pytanie, czy słuszne są takie decyzje i czym mogą być uzasadniane. Jako metodę badawczą wykorzystano ankietę, które przeprowadzono wśród osób, które już teraz mają lub w najbliższej przyszłości będą mieć wpływ na decyzje projektowe i inwestycyjne. Uzyskane wyniki potwierdziły duże zainteresowanie scentralizowanymi systemami zaopatrzenia w ciepło, docenienie ich zalet w zestawieniu z innymi sposobami wytwarzania energii końcowej. Ankietowani mieli na uwadze również wady, które mogą skłonić do korzystania z alternatywnego sposobu zaopatrzenia w ciepło.

Słowa kluczowe: źródło ciepła, węzeł ciepłowniczy, ciepło sieciowe

¹ Katedra Klimatyzacji, Ogrzewnictwa, Gazownictwa i Ochrony Powietrza, Wydział Inżynierii Środowiska, Politechnika Wrocławska, ORCID 0000-0002-4482-6950, grzegorz.bartnicki@pwr.edu.pl

² Katedra Klimatyzacji, Ogrzewnictwa, Gazownictwa i Ochrony Powietrza, Wydział Inżynierii Środowiska, Politechnika Wrocławska, ORCID 0000-0002-9764-5555, bogdan.nowak@pwr.edu.pl



The attractiveness of system district heating assessment based on specialist surveys

Abstract: The article presents the results of surveys to assess the attractiveness of centralized heat supply systems in comparison with other heat sources. The heat source is an important element of the heat supply system which determines heating costs, comfort and environmental impact. The decision on the choice of the type of heat supply system is usually made by the investor or designer. Sometimes the equipment supplier or contractor has a part in this decision. The choice can be influenced by many different factors, also resulting from the specific location of the building. This is only partly determined by local law in the form of a local spatial development plan. The technical conditions (i.e. availability of heating or gas network), economic and financial, as well as much more subjective factors, such as the designer's or contractor's preference are also important. Aversion to district heating is growing, even when there are favorable conditions and the possibility of connecting the building to the heating network. Instead, a gas boiler or electrically powered heat pump is selected. This raises the question of whether such decisions are right and how they can be justified. As a research method, surveys were used, which were conducted among people who already have or will have an impact on design and investment decisions in the near future. The obtained results confirmed a large interest in district heating, appreciating their advantages in comparison with other methods of heat generation. The respondents also had the disadvantages that may lead to the use of an alternative methods of heat supplying in mind.

Keywords: heat source, heating node, district heating

Wprowadzenie

Przy planowaniu budowy obiektu budowlanego decyzja o wyborze systemu zaopatrzenia w ciepło podejmowana jest formalnie przez inwestora. Jednak wpływ na nią ma wiele czynników, które skłaniają do określonego rozstrzygnięcia. W wielu przypadkach te czynniki mają charakter subiektywny. Preferencje projektanta, inwestora, a czasami i wykonawcy konkurują z uwarunkowaniami technicznymi (np. dostęp do sieci ciepłowniczej lub gazowej), ekonomicznymi i finansowymi. Znaczenie może mieć też oddziaływanie konkretnego sposobu wytworzenia ciepła na środowisko i uwzględnienie ekologicznych aspektów tego zagadnienia (Pelsmakers 2015). Najczęściej to właśnie projektant jest tą osobą, do której inwestor zwraca się z prośbą o doradztwo i wskazanie konkretnego, najlepszego rozwiązania. Nawet gdy inwestor ma skonkretyzowaną decyzję, projektant może wpłynąć na jej zmianę, uzasadniając to argumentami merytorycznymi i pozamerytorycznymi. Istotna jest zatem identyfikacja znaczenia poszczególnych czynników wpływających na taką decyzję, jak i ich ranga. W artykule przedstawiono wyniki przeprowadzonych ankiet oraz wnioski z ich analizy. Dotyczą one oceny przez osoby ankietowane konkretnych źródeł ciepła dla budynków mieszkalnych, z punktu widzenia różnych kryteriów. Celem tej analizy była ocena ciepła sieciowego na tle innych źródeł ciepła. Ankiety były przeprowadzone wśród osób, które już mają wiedzę o rozwiązaniach technicznych systemów zaopatrzenia w ciepło, oraz mają lub w najbliższej przyszłości będą mieć wpływ na decyzje projektowe i inwestycyjne.

1. Badania ankietowe

Badania ankietowe są jedną z metod badawczych, która uzupełnia badania oparte wyłącznie na obserwacjach i opisie przebiegów zjawisk czy procesów. Na podstawie ankiet przeprowadzonych wśród klientów/odbiorców energii elektrycznej (Karki i in. 2010) autorzy oszacowali koszt związany z przerwami w dostawie energii elektrycznej. Badania te były zrealizowane na dużą skalę i rozciągnięte w czasie (2008–2010). Uwzględniały też one różne grupy klientów. Innym przykładem może być analiza wdrażania technologii niskowęglowodorowych i zeroemisyjnych (Caird i in. 2008), wykorzystująca wyniki ankiet zbieranych internetowo (niemal 400 respondentów) i pogłębione wywiady telefoniczne (111 respondentów). Należy podkreślić, że były to badania celowe, a nie reprezentatywne, gdyż ankietowanymi były osoby mające doświadczenia we wdrażaniu tych technologii.

W opracowaniu (Central Office of Information 2001) przedstawiono informacje o motywacjach właścicieli gospodarstw domowych w celu podjęcia działań, których celem było zwiększenie efektywności energetycznej. Ankiety zostały przeprowadzone na 200 losowo wybranych osobach. Nie jest więc odosobnioną praktyką rozpoznawanie w ten sposób postaw i nastawienia zarówno osób, które mogą mieć ograniczoną wiedzę techniczną, jak i specjalistów. W opracowaniu (Morgenstern i in. 2016) opisano metodykę oraz wyniki badań wśród specjalistów odpowiedzialnych za gospodarkę energetyczną w brytyjskich szpitalach. Autorzy zwrócili uwagę w tym przypadku na trudność w uzyskaniu kompletnych odpowiedzi na przekazane kwestionariusze. Osiągnęli 47% skuteczność, a poza ankietami z kompletem odpowiedzi otrzymano też ankiety, które zostały wypełnione tylko częściowo.

2. Metody badawcze

W celu dokonania oceny atrakcyjności ciepła sieciowego dla określonej grupy osób mających wiedzę o rozwiązaniach technicznych systemów zaopatrzenia w ciepło przeprowadzono ankiety wśród różnych grup studentów (stacjonarnych i niestacjonarnych). Przygotowane ankiety przekazano w 2018 oraz 2019 r. uczestnikom studiów II stopnia (studia magisterskie) na Wydziale Inżynierii Środowiska Politechniki Wrocławskiej.

W pierwszej części ankietowani zostali poproszeni o porównanie parami 7 kryteriów, które są istotne w procesie podejmowania decyzji o systemie zaopatrzenia w ciepło. Były to: bezpieczeństwo, niezawodność, wygoda i ergonomia obsługi, oddziaływanie na środowisko, koszty inwestycyjne oraz koszty eksploatacyjne, a także trwałość.

W drugiej części ankietowani porównywali (również parami) trzy systemy zaopatrzenia w ciepło: ciepło sieciowe (węzeł ciepłowniczy), kotłownia gazowa i pompa ciepła. Poprawnie ankietę wypełniło 106 osób, a tylko 4 arkusze były wypełnione błędnie, co uniemożliwiło włączenie ich do analizy.

Ankiety zostały opracowane zgodnie z wymogami właściwymi dla wielokryterialnych metod hierarchicznej analizy problemów decyzyjnych (Prusak i Stefanów 2014; Sahni 2010). Oprócz porównania parami odrębnie kryteriów oraz systemów, wprowadzono pięciostopniową skalę porównawczą oznaczoną liczbami nieparzystymi. Wartość „1” oznacza

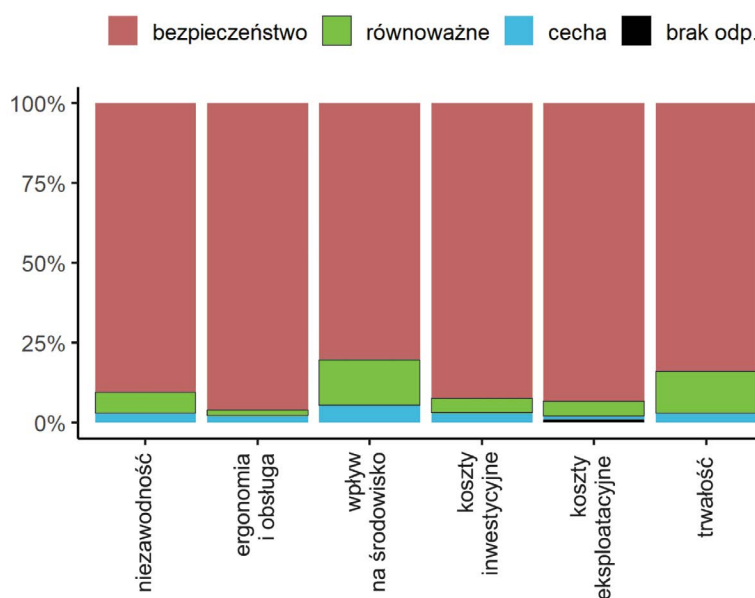
równoważność porównywanych cech, natomiast „9” – ekstremalną preferencję cechy lub systemu względem drugiego.

3. Wybrane wyniki dotyczące przyjętych kryteriów

Ankietowani uznali, że bezpieczeństwo jest najważniejsze, choć nie ma takiej cechy, względem której wszyscy ankietowani uznaliby bezpieczeństwo za najistotniejsze (rys. 1). Należy zwrócić uwagę, że w przypadku niezawodności, ergonomii obsługi, wpływu na środowisko oraz trwałości wystąpiły pojedyncze głosy wskazujące na większą wagę tych kryteriów niż bezpieczeństwo.

Zaobserwowano przy tym wyraźną zmianę ocen przedstawianych przez ankietowanych w kolejnych latach (ankiety przeprowadzone w 2018 i 2019 roku). Ze względu na brak wyników ankiet wypełnionych w 2018 r. przez studentów studiów stacjonarnych, dla większej reprezentatywności analizy porównano dla obu roczników tylko wyniki ankiet wypełnionych przez studentów studiów niestacjonarnych. Największą zmianę oceny odnotowano w relacji kryteriów „bezpieczeństwo” – „wpływ na środowisko” (w 2018 r. – 90,9% odpowiedziało, że bezpieczeństwo jest ważniejsze, a w 2019 r. już tylko 76,9%, łącznie dla dwóch lat – 80,2%).

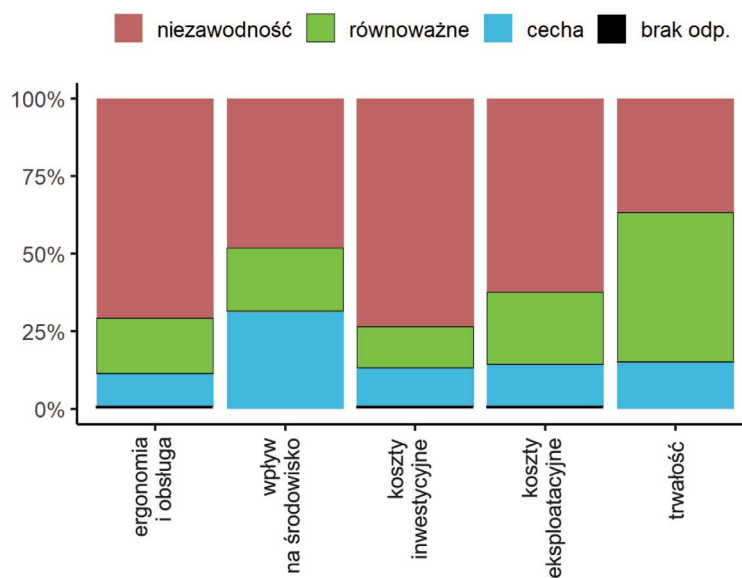
Porównując niezawodność z pozostałymi kryteriami, tylko w przypadku trwałości ankietowani najczęściej wskazywali na równowagę (48,1%). W pozostałych porównaniach (rys. 2) większość uznała większą wagę niezawodności względem pozostałych cech (z wyjątkiem bezpieczeństwa).



Rys. 1. Ocena istotności kryterium bezpieczeństwa względem innych cech

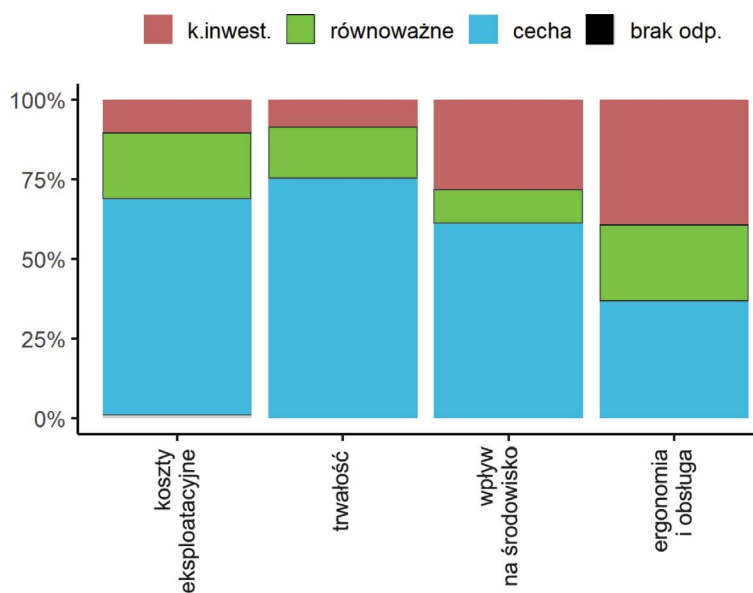
Fig 1. Assessment of the significance of the security criterion in relation to other features

Ciekawy jest wynik (rys. 3) dotyczący istotności kosztów inwestycyjnych względem czterech cech (rys. 3). Dwie pozostałe cechy (bezpieczeństwo oraz niezawodność) zostały już porównane wcześniej (rys. 1 i 2).



Rys. 2. Ocena istotności kryterium niezawodności względem innych cech

Fig 2. Assessment of the significance of the reliability criterion in relation to other features



Rys. 3. Ocena istotności kryterium kosztów inwestycyjnych względem innych cech

Fig 3. Assessment of the significance of the investment cost criterion in relation to other features

W ocenie 67,9% ankietowanych ważniejsze od kosztów inwestycyjnych są przyszłe nakłady związane z eksploatacją wybranego systemu zaopatrzenia w ciepło. Jednak ponad połowa (co stanowi 31,2% wszystkich odpowiedzi) wskazała ocenę „5” dla wagi kosztów eksploatacyjnych.

Dla zdecydowanej większości (75,4%) trwałość systemu zaopatrzenia w ciepło jest ważniejsza od kosztów inwestycyjnych. Ciekawostką zapewne jest fakt, że więcej niż połowa (61,3%) większą wagę przypisuje oddziaływaniu na środowisko niż kosztom inwestycyjnym.

4. Wybrane wyniki dotyczące systemów zaopatrzenia w ciepło

4.1. Ciepło sieciowe w porównaniu z kotłownią gazową

W przypadku jednoczesnego dostępu do sieci gazowej i sieci ciepłowniczej powszechnie konkurują ze sobą węzły ciepłownicze i kotłownie gazowe. Jest to najczęściej występująca alternatywa. Ciekawe jest, że węzeł ciepłowniczy został uznany przez wyraźną większość (83,9%) za droższy inwestycyjnie niż kotłownia gazowa. Warto odnotować, że 25,4% ankietowanych wskazało przy tym najwyższą wagę „9”.

Większość ankietowanych stwierdziła, że ciepło sieciowe zapewnia większe bezpieczeństwo niż kotłownia gazowa (86,8%) oraz wyższą niezawodność dostawy ciepła (64,2%). W zakresie oceny wygody i ergonomii obsługi wskazania rozkładały się nieco bardziej równomiernie: 55,7% ankietowanych wskazało na ciepło sieciowe, w ocenie 19,8% oba systemy zaopatrzenia w ciepło można uznać za równoważne, a 24,5% uznaje kotłownię gazową za wygodniejszą i bardziej ergonomiczną w zakresie obsługi.

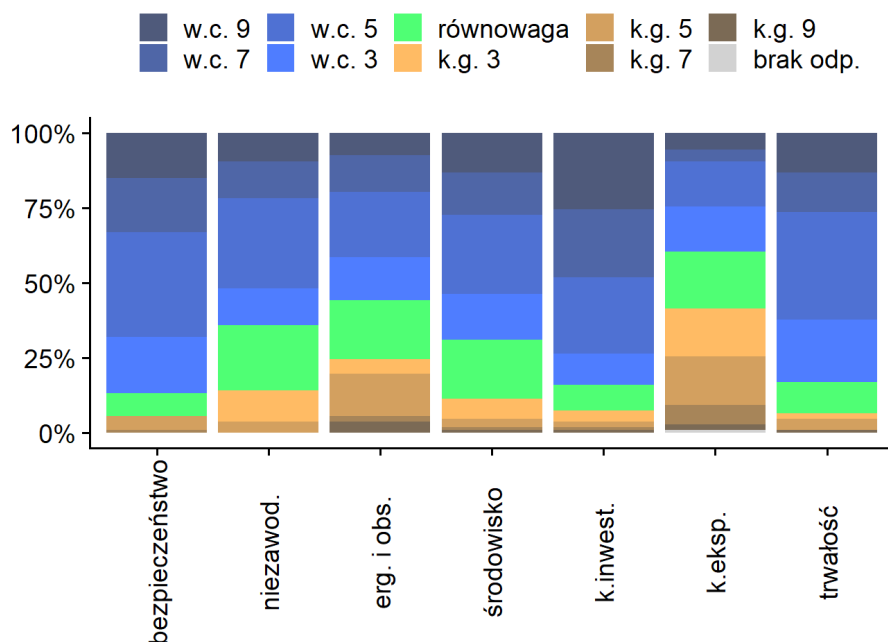
W opinii 39,6% ankietowanych wyższe koszty eksploatacyjne wiążą się z ciepłem sieciowym, zaś 40,6% (czyli taki sam odsetek) jest dokładnie zdania przeciwnego. 18,9% ankietowanych nie widzi różnicy w kosztach eksploatacyjnych obu systemów, a 1,0% nie udzieliło odpowiedzi na to pytanie.

Analizie poddano również zmianę ocen w kolejnych latach.

Najbardziej zauważalna jest zmiana w ocenie kosztów eksploatacyjnych – w 2019 r. wyraźnie zmalał odsetek osób spodziewających się wyższych kosztów dla ciepła sieciowego (rys. 5). Również w pozostałych kategoriach – z wyjątkiem bezpieczeństwa i trwałości – odnotować można zmiany na korzyść systemów ciepłowniczych.

4.2. Ciepło sieciowe w porównaniu z pompą ciepła

Ankietowani oceniali również ciepło sieciowe w zestawieniu z pompą ciepła. 51,9% z nich wskazało, że pompa ciepła zapewnia większe bezpieczeństwo niż węzeł ciepłowniczy, a 20,8% oceniło, że oba systemy są równoważne w tym zakresie. Pod względem niezawodności ocena ankietowanych jest odwrotna i 66,0% wyraziło opinię, że system ciepłowniczy przewyższa pompy ciepła. Warto również wskazać, że tylko 16,0% ankietowa-



Przykładowo: ■ w.c. 9 – ciepło sieciowe ekstremalnie preferowane

Rys. 4. Szczegółowa ocena ciepła sieciowego (w.c.) w porównaniu do kotłowni gazowej (k.g.) względem poszczególnych cech.

Zastosowana skala porównawcza: 1 – równoważne, 3 – słabo preferowane, 5 – silnie preferowane, 7 – bardzo silnie preferowane, 9 – ekstremalnie preferowane.

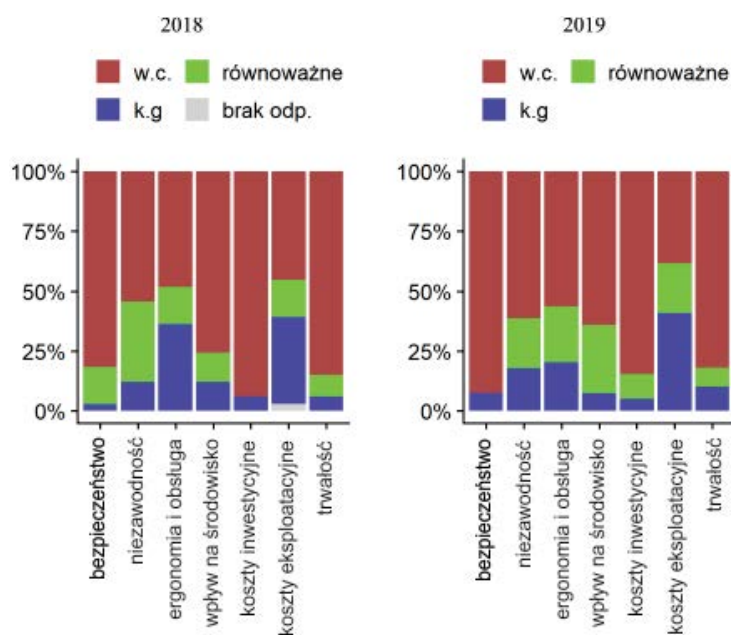
Fig 4. Detailed assessment of network heat (w.c.) compared to a gas boiler room (k.g.) in relation to individual features.

Comparative scale used: 1 – equivalent, 3 – weakly preferred, 5 – strongly preferred,

7 – very strongly preferred, 9 – extremely preferred (example: w.c. 9 – district heating extremely preferred)

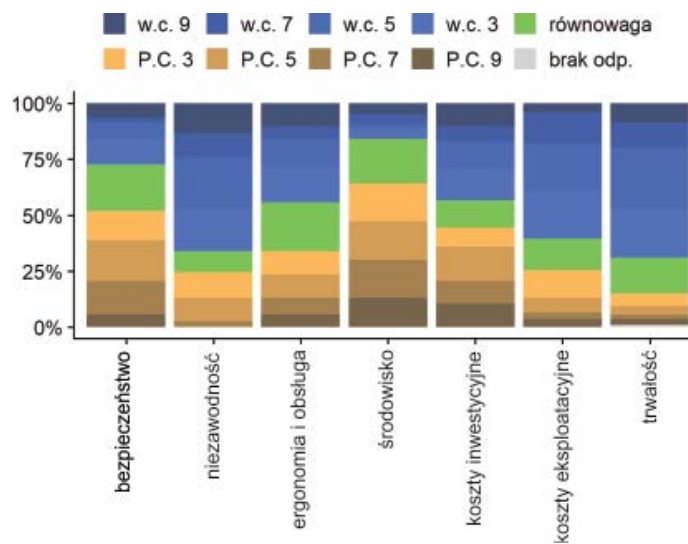
nych uznaje, że ciepło systemowe mniej oddziałuje negatywnie na środowisko niż pompy ciepła, a 19,8% biorących udział w badaniu nie zauważa zasadniczej różnicy pomiędzy tymi sposobami zaopatrzenia w ciepło. 43,4% twierdzi, że budowa węzła ciepłowniczego to wyższy koszt inwestycyjny, a w tym 10,4% przypisało tej ocenie wagę „9”. 44,3% ankietowanych (czyli prawie tak samo liczebna grupa) stwierdziła, że to jednak pompy ciepła zaangażują znacząco większe środki finansowe na etapie inwestycji.

Ankietowani nie mieli (rys. 6) wątpliwości i aż 60,4% osób uznało, że koszty eksploatacyjne związane z dostawą ciepła będą wyższe w przypadku gdy budynek jest podłączony do sieci ciepłowniczej. Jednak 21,7% osób spodziewa się, że koszty te będą tylko nieznacznie wyższe (waga „3”).



Rys. 5. Zmiana oceny ciepła sieciowego (w.c.) w porównaniu do kotłowni gazowej (k.g.) względem poszczególnych cech w latach 2018 i 2019

Fig 5. Change in the network heat rating (w.c.) as compared to the gas boiler room (k.g.) in relation to individual features in 2018 and 2019

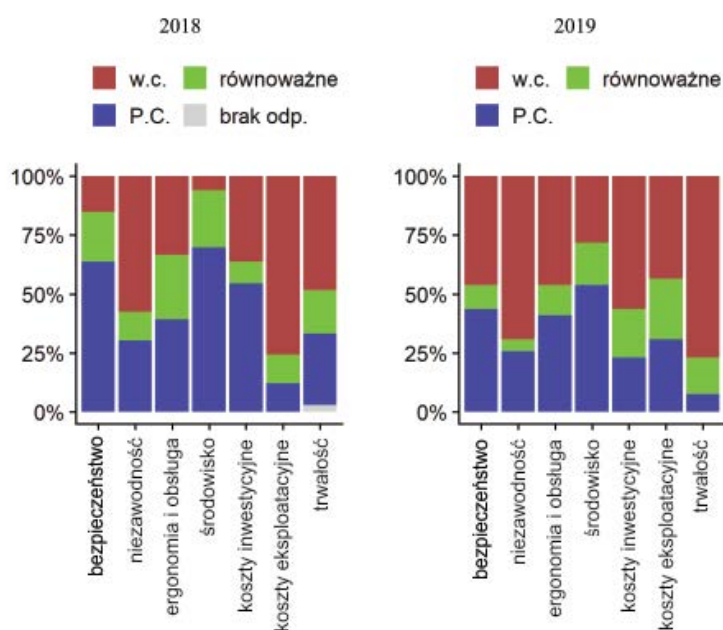


Rys. 6. Szczegółowa ocena ciepła sieciowego (w.c.) w porównaniu do pompy ciepła (P.C.) względem poszczególnych cech

Fig. 6. Detailed assessment of network heat (w.c.) compared to the heat pump (P.C.) in relation to individual features

W 2019 r. mniej osób wskazało pompy ciepła jako bezpieczniejszy niż węzły ciepłownicze sposób zaopatrzenia w ciepło (rys. 7). Ciekawy, jest również fakt, że w kolejnym roku wzrósł odsetek osób, które uważają, że ciepłownictwo negatywnie oddziałuje na środowisko. Zmiana ta dokonała się kosztem grupy, która uznała, że oba sposoby dostawy ciepła są sobie równoważne.

Warto zwrócić również uwagę na dużą zmianę w zakresie oceny trwałości oraz kosztów eksploatacyjnych obu rozwiązań.



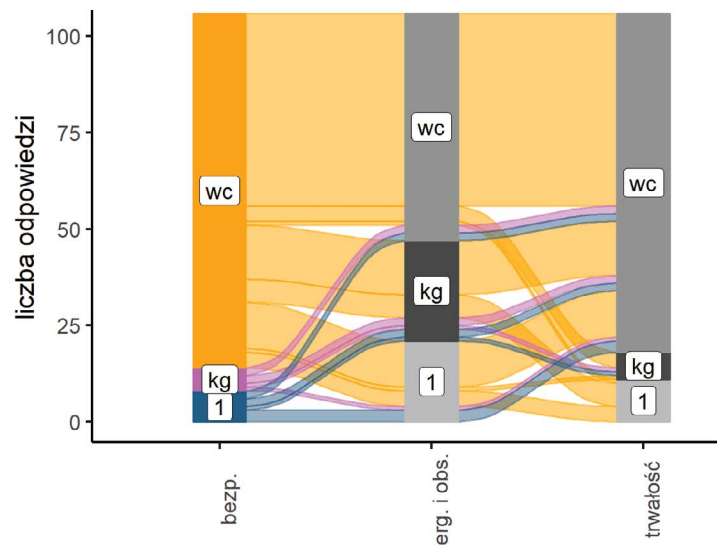
Rys. 7. Zmiana oceny ciepła sieciowego (w.c.) w porównaniu do pompy ciepła (P.C.) względem poszczególnych cech w latach 2018 i 2019

Fig 7. Change in the network heat rating (w.c.) compared to the heat pump (P.C.) with respect to individual features in 2018 and 2019

5. Wybrane przepływy opinii

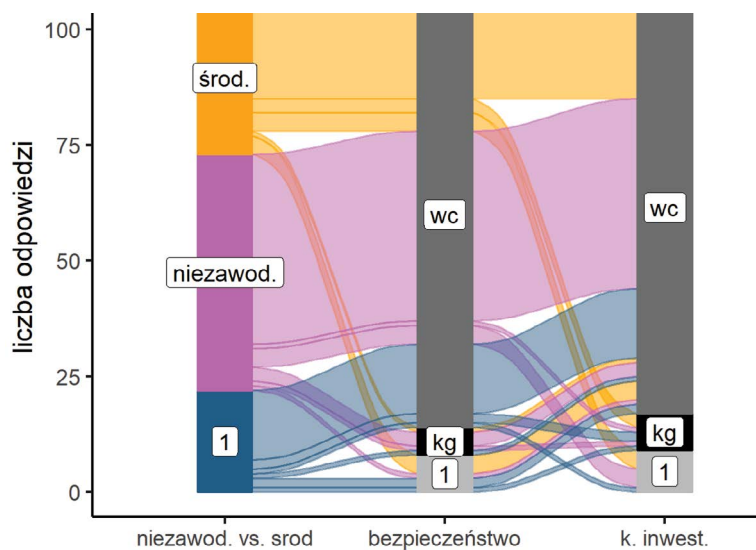
W tego typu analizach można badać przepływy pomiędzy grupami. Praktykowaną formą prezentowania wyników w tego typu badaniach (szczególnie ankietowych) są wykresy przepływów (wykresy Sankeya).

Część ankietowanych, która przypisała kotłowni gazowej wyższe bezpieczeństwo niż węzłowi ciepłowniczemu, uważa, że węzły ciepłownicze zapewniają większą łatwość obsługi oraz trwałość (rys. 8). Wskazuje to, że osoby te nie są dogmatycznie związane z jednym sposobem zaopatrzenia w ciepło, a ich ocena bazuje na posiadanej wiedzy i doświadczeniu.



Rys. 8. Struktura odpowiedzi z uwzględnieniem trzech wybranych kryteriów przy porównaniu ciepła sieciowego (w.c.) i kotłowni gazowej (k.g.)

Fig. 8. The structure of the response including three selected criteria when comparing district heating (w.c.) and the gas boiler room (k.g.)



Rys. 9. Struktura odpowiedzi przy porównaniu ciepła sieciowego (w.c.) i kotłowni gazowej (k.g.) względem oceny istotności dwóch wybranych kryteriów (niezawodności w porównaniu do oddziaływania na środowisko)

Fig. 9. Structure of the response when comparing district heat (w.c.) and the gas boiler room (k.g.) to the significance of the assessment of the two selected criteria (reliability compared to the impact on the environment)

Większość osób, które wskazały, że oddziaływanie na środowisko jest ważniejszym kryterium niż niezawodność, dominuje również ocena, że węzeł ciepłowniczy wiąże się z większymi kosztami inwestycyjnymi (rys. 9).

Dyskusja i wnioski

Zapewnienie odpowiednich warunków bytowych w budynkach mieszkalnych wymaga w warunkach klimatu Polski zapewnienia zaopatrzenia ich w ciepło. Wykorzystywane jest ono do ogrzewania, przygotowania ciepłej wody, a coraz częściej również na potrzeby obróbki powietrza w wentylacji i klimatyzacji. Powoduje to określone koszty eksploatacyjne obiektów, ponoszone przez ich lokatorów, zależne zarówno od sposobu rozwiązania źródła ciepła, jak i konstrukcji budynku oraz warunków jego eksploatacji. Zależą one też od tego, czy jest to budynek indywidualny, czy wielorodzinny. W miastach, na terenach mocno zurbanizowanych od połowy ubiegłego wieku rozbudowywana jest infrastruktura ciepłownicza. W ostatnich kilkunastu latach obserwowane jest jednak budowanie źródeł energii wykorzystujących nośniki ciepła inne niż ciepło sieciowe, pomimo możliwości podłączenia się do sieci. Powstaje więc pytanie, dlaczego do tego dochodzi.

W oparciu o uzyskane wyniki badań należy stwierdzić, że przedsiębiorstwa ciepłownicze dla zapewnienia rozwoju rynku swoich usług powinny zintensyfikować działania edukacyjne, szczególnie w zakresie informowania o poziomie bezpieczeństwa i kosztów inwestycyjnych. Istnieje przekonanie, przynajmniej wśród studentów, którzy wzięli udział w badaniach ankietowych, że budowa węzła ciepłowniczego wiązać się może z dużymi kosztami. O ile trudno wytłumaczyć obawę przed wysokim kosztem budowy samego węzła, to biorąc również pod uwagę infrastrukturę towarzyszącą (przyłącza) można zrozumieć taki sposób osób odpowiedzi ankietowanych. Coraz większym problemem staje się również uzyskanie zgody właścicieli nieruchomości na poprowadzenie przez ich teren obcej infrastruktury. Jeśli do tego wziąć pod uwagę, że większość studentów studiów niestacjonarnych pracujących w branży ogrzewniczej ma do czynienia z niewielkimi obiektami, i tym samym ze źródłami ciepła o małej i średniej, wyniki badania ankietowego tym bardziej przestają dziwić.

Przedsiębiorstwa ciepłownicze ponoszą też coraz większe nakłady związane z ochroną środowiska. Uzyskane wyniki wskazują jednak, że nie przekłada się to na adekwatną ocenę wśród ankietowanych systemów ciepłowniczych jako ekologicznych czy pozwalających na ograniczenie oddziaływania na środowisko. Nie jest to ocena odosobniona. Przykładowo, w opracowaniu (Kaczmarczyk 2017) pomimo szeroko omawianej tematyki niskiej emisji i zmniejszania negatywnego oddziaływania na środowisko systemów zaopatrzenia w ciepło, pominięty jest temat systemów ciepłowniczych (zarówno w niewielkiej skali, jak i dużych aglomeracji, które też zaliczają się do grupy samorządów, tak samo jak gminy wiejskie czy miejsko-wiejskie). Podobnie jest też w (Dale i in. 2014), gdzie tylko w sposób encyklopedyczny opisano centralne źródła ciepła, ale nie pochyłono się nad zagadnieniami dotyczącymi poprawy efektywności energetycznej poszczególnych elementów systemu ciepłowniczego.

Wyniki opisanych w artykule badań potwierdzają jednak, że na razie jeszcze argumenty związane z ochroną środowiska nie są jeszcze w naszym kraju najważniejsze przy wyborze źródła ciepła. O ile są już grupy społeczne podkreślające ten aspekt, to jednak w środowisku osób, które podejmują już decyzje lub będą je podejmować w najbliższym czasie, liczą się inne argumenty. Można to tłumaczyć nadal jeszcze ograniczoną świadomością ekologiczną polskiego społeczeństwa. Ciepło sieciowe jest natomiast uważane za dość atrakcyjne rozwiązanie źródła ciepła tam, gdzie jest ono dostępne.

Literatura

- Caird i in. 2008 – Caird, S., Roy, R. i Herring, H. 2008. Improving the energy performance of UK households: Results from surveys of consumer adoption and use of low- and zero-carbon technologies. *Energy Efficiency* 1, s.149
- Central Office of Information, 2001 – *The 2000/2001 Energy Efficiency Advice Centre Survey UK Report*. London: NFO/BJM November.
- Dale i in. 2014 – Dale, R.P., Stephen, W.F., Ray, E.R. i Brian, W.F. 2014. *Energy Conservation Guidebook*. The Fairmont Press, Inc., Lilburn.
- Kaczmarczyk, M. 2017. *Niska emisja. Efektywność energetyczna w gminach i samorządach*. Kraków: Globenregia Sp z o.o.
- Karki i in. 2010 – Karki, N.R., Karki, R. i Verma, A.K. 2010. Estimation of cost of unserved energy: a customer survey approach. *International Journal of System Assurance Engineering and Management* 1(2), s. 157–162.
- Morgenstern i in. 2016 – Morgenstern, P., Raslan, R. i Huebner, G. 2016. Applicability, potential and limitations of staff-centred energy conservation initiatives in English hospitals. *Energy Efficiency* 9(1), s. 27–48.
- Pelsmakers, S. 2015. *The Environmental Design Pocketbook*. London: RIBA Publishing.
- Prusak, A. i Stefanów, P. 2014. *AHP – analityczny proces hierarchiczny. budowa i analiza modeli decyzyjnych krok po kroku*. Wydawnictwo C.H. Beck.
- Sahni, D. 2010. *Experimental study of AHP and CV Requirements Prioritization Techniques*. LAP Lambert Academic Publishing.