



Analiza wybranego obszaru miasta Wrocław pod względem zastosowanych urządzeń chłodniczych

Analysis of a Selected Area of Wrocław in the Context of Cooling Devices



Dr inż. Juliusz Walaszczyk

ORCID ID: 0000-0002-2411-7364
Wydział Inżynierii Środowiska,
Politechnika Wrocławska
juliusz.walaszczyk@pwr.edu.pl



Mgr inż. Weronika Michalak

Słowa kluczowe: wentylacja, klimatyzacja, chłodnictwo, jednostki typy split, czynniki chłodnicze

Streszczenie

Wprowadzenie: Współcześnie bardzo duży nacisk kładzie się na poprawę efektywności urządzeń odpowiadających za chłodzenie budynków oraz w efekcie na obniżenie zużycia energii elektrycznej. W procesie podnoszenia efektywności oraz dążenia do neutralności klimatycznej, cenna może okazać się wiedza, jak wygląda obecnie rynek urządzeń chłodzących w środowisku miejskim.

Cel: Dostarczenie podstawowej wiedzy na temat technologii chłodzenia wykorzystywanych w wybranej dzielnicy miasta Wrocław. Ocena spotykanych na terenie miasta systemów pod kątem nominalnej mocy chłodniczej, sposobu montażu oraz stosowanych czynników chłodniczych.

Metody: Przeprowadzono badania terenowe w dzielnicy Przedmieście Oławskie, identyfikując jednostki zewnętrzne. Oprócz zebrania danych nominalnych deklarowanych przez producentów, dokonano oszacowania zacienienia oraz kierunku geograficznego, na jaki skraplacze były zwrócone.

Wnioski: Zinventaryzowano 150 jednostek zewnętrznych, w tym 146 układów typu split lub multi split. Przeprowadzone badania potwierdzają, że układy klimatyzacji typu split są tak samo popularne zarówno w starszym budownictwie, jak i w nowym. Większość systemów chłodzenia na przebadanym obszarze pracuje na czynniku chłodniczym R410A (53% jednostek). Drugi najpopularniejszy czynnik to R32 (44% urządzeń). Chłodzenie pomieszczeń w najstarszych budynkach jest zorientowane na niewielkie zapotrzebowanie na energię do chłodzenia i, co zaskakujące, przy wykorzystaniu najbardziej ekologicznej technologii.

Keywords: ventilation, air conditioning, cooling, split units, refrigerants

Abstract

Introduction: Nowadays, considerable emphasis is placed on improving the efficiency of devices responsible for cooling buildings and, consequently, on reducing electricity consumption. In the process of enhancing efficiency and striving for climate neutrality, it may prove valuable to understand the current state of the cooling equipment market in urban environments.

Aim: To provide basic knowledge about cooling technologies used in a selected district of the city of Wrocław. To assess the systems found in the city in terms of nominal cooling capacity, installation methods, and the refrigerants employed.

Methods: Field research was carried out in the Przedmieście Oławskie district, identifying outdoor units. In addition to collecting nominal data declared by manufacturers, an estimation was made of shading and the geographical orientation of the condensers.

Conclusions: A total of 150 outdoor units were inventoried, including 146 split or multi-split systems. The study confirms that split-type air conditioning systems are equally popular in both older and newer buildings. Most cooling systems in the surveyed area operate using the refrigerant R410A (53% of units). The second most common refrigerant is R32 (44% of devices). Cooling in the oldest buildings is designed for low energy demand and, surprisingly, utilises the most environmentally friendly technology.

© Polish Association of Sanitary Engineers and Technicians

Wstęp

Systemy chłodnicze

Obecnie na świecie działa około 2 miliardów jednostek klimatyzacyjnych, co sprawia, że chłodzenie przestrzeni jest jednym z głównych czynników wzrostu zapotrzebowania na energię elektryczną w budynkach [5]. Chłodzenie

stanowi około 10% światowego zapotrzebowania na energię elektryczną [4]. Zmiany klimatyczne, rosnące temperatury oraz rozwój sektora usługowego i mieszkaniowego w dużych miastach takich jak np. Wrocław, przyczyniają się do zwiększonego zapotrzebowania na nowoczesne rozwiązania klimatyzacyjne. Zgodnie z wynikami badań, Polska Zachodnia, w której znajduje się Wrocław, w całym zakresie szerokości geograficznej, narażona jest na długotrwa-

łe występowanie temperatury powietrza powyżej $+30^{\circ}\text{C}$. Zachodzące zmiany powinny mieć odzwierciedlenie w podejściu do projektowania instalacji [15].

Splity i multisplity

Obecnie na rynku branżowym istnieje wiele możliwości dostarczania do pomieszczeń chłodu. Jednym z najbardziej popularnych sposobów jest zamontowanie klimatyzatora typu split albo multi split. Składa się on z naściennej jednostki wewnętrznej oraz zewnętrznej, którą zazwyczaj montuje się na elewacji budynku, dachu, balkonie lub bezpośrednio na ziemi. Jednostki są połączone elektrycznym systemem sterowania oraz przewodami, które umożliwiają transport czynnika chłodniczego. Składają się z dwóch głównych części – sprężarki (skraplacza) znajdującej się na zewnątrz oraz wewnętrznej jednostki wylotowej powietrza. W sytuacji, gdy układ powinien obsługiwać kilka pomieszczeń stosuje się rozwiązanie nazywane multi split. Składa się ono z maksymalnie pięciu jednostek wewnętrznych współpracujących z jedną jednostką zewnętrzną [3].

Czynniki chłodnicze

Czynniki chłodnicze znajdują się w obiegu zamkniętym i podczas działania urządzenia podlegają cyklicznym wymuszonym zmianom ciśnienia. W ten sposób zapewniają techniczną możliwość pochłaniania, przenoszenia i oddawania ciepła. Często jednak korzystne właściwości termodynamiczne poszczególnych czynników wiążą się z negatywnym wpływem na środowisko naturalne. Szczególnie niebezpieczne są rozszczelnienia, w wyniku których czynnik wydostaje się do atmosfery. Niejednokrotnie, ta sama masa gazu wydostającego się z układu chłodzenia, może powodować dziesiątki lub setki razy większy efekt środowiskowy, niż ta masa dwutlenku węgla. Dlatego współcześnie każdy czynnik chłodniczy oznacza się wskaźnikiem potencjału tworzenia efektu cieplarnianego (GWP), odnoszonego właśnie do CO_2 . Wskaźnik GWP dla dwutlenku węgla wynosi 1.

W zależności od pochodzenia, czynniki chłodnicze dzielą się na syntetyczne oraz naturalne. Czynnik syntetyczny to substancja opracowana i stworzona przez człowieka. Czynniki syntetyczne mogą być jednorodne lub niejednorodne. W tej pierwszej grupie znajdują się wszystkie freony, czyli chloropochodne i fluoropochodne łańcuchowe węglowodory nasycone. Są to np.: R22 (chlorodifluorometan) i R132a (tetrafluoroetan). Substancje te mają wysoką szkodliwość, dlatego obecnie odchodzi się od ich stosowania. W grupie niejednorodnych substancji znajdują się mieszaniny takie jak azeotropy i zeotropy. Są one bezpieczniejsze niż freony. Przykłady takich substancji to R500 (mieszanina dichlorodifluorometanu i difluoroetanu), R502 (chlorofluorowęglowodory) i R410A (hydrofluorowęglowodory).

Naturalne czynniki chłodnicze powstają w wyniku naturalnych procesów i stanowią ekologiczną alternatywę dla płynów syntetycznych. Takimi czynnikami może być przykładowo izobutan, propan, propylen oraz dwutlenek węgla [6].

Walka z globalnym ociepleniem wiąże się z działaniami modernizacyjnymi nie tylko energetyki i transportu, ale również branży chłodniczej. Proces transformacji przechodzą lodówki i urządzenia klimatyzacyjne, zwłaszcza te,

które wykorzystują płyny chłodnicze pochodzące właśnie z grupy syntetycznych. Prawodawstwo, w tym rozporządzenie 517/2014 Parlamentu Europejskiego, wprowadzało ograniczenie możliwości korzystania z F-gazów. Zastępujące je najnowsze rozporządzenie 573/2024 zakłada już całkowitą rezygnację z F-gazów do roku 2050. Ponadto od stycznia 2025 roku zakazana jest sprzedaż m.in. pojedynczych klimatyzacji typu split zawierających poniżej 3 kg fluorowanych gazów cieplarnianych o GWP równym 750 lub większym [14].

Poprawa efektywności układów (typu split)

Użytkownicy klimatyzatorów i systemów chłodniczych powinni dążyć do tego, aby ich systemy działały niezawodnie i efektywnie. Potrzebna jest konkretna wiedza i praktyczne wskazówki na ten temat. W ramach niniejszego artykułu dokonano przeglądu literatury w celu zidentyfikowania metod, które według badań prowadzą do wzrostu wartości wskaźnika EER.

Zastosowanie zacielenia – Jest to metoda, która ma na celu ochronić jednostkę zewnętrzną przez bezpośrednim działaniem promieni słonecznych, a w szczególności zapobiec nagrzaniu się obudowy i powierzchni skraplacza. Zacielenie eliminuje obciążenie cieplne i poprawia efektywność. W niektórych przypadkach może wystarczać zastosowanie prostej konstrukcji, która będzie rzucać cień na urządzenie w godzinach największego nasłonecznienia. Istotne, aby konstrukcja nie ograniczała swobodnego przepływu powietrza przez urządzenie. Mimo, że producenci klimatyzacji raczej zalecają montaż skraplaczy w miejscach nie narażonych na bezpośrednie promienie słoneczne, to na podstawie badań [2] oszacowano, że rzeczywisty wzrost wydajności w wyniku zacielenia prawdopodobnie nie przekroczy 1%.

Heat Pipe (rurki cieplne) – Zastosowanie rurek cieplnych przy skraplaczu jednostki zewnętrznej ma na celu usprawnienie procesu oddawania ciepła do otoczenia [11]. Rurki cieplne, jako pasywne i wysoce efektywne elementy, odbierają ciepło bezpośrednio z gorącego czynnika chłodniczego w skraplaczu i rozpraszają je na większej powierzchni wymiennika. Dzięki temu wymiana ciepła z otoczeniem jest znacznie wydajniejsza. W rezultacie spada zużycie energii elektrycznej przez sprężarkę, wzrasta efektywność energetyczna urządzenia (EER) i zwiększa się jego niezawodność.

Zastosowanie chłodzenia wyparnego – Metoda ta jest stosowana do schłodzenia powietrza dostarczanego do jednostki zewnętrznej (skraplacza). Idea polega na umieszczeniu systemu ewaporacyjnego w strumieniu powietrza zasysanego przez wentylator. Może to być np. mata ewaporacyjna, system zraszaczy bądź mgły oraz zwilżanie powierzchni wymiennika. W wyniku zastosowania tego systemu temperatura powietrza zostaje obniżona przed dotarciem do skraplacza. Dzięki zastosowaniu tej metody zwiększy się efektywność energetyczna jednostki zewnętrznej. W publikacji [9] stwierdza się, że zastosowanie odparowujących wkładek chłodzących zmniejsza zużycie energii o 11,4%, przy jednoczesnym wzroście COP o 10%. Jednak chłodzenie wyparne ma swoje wady, do których należy osadzanie się kamienia lub innych osadów, ryzyko korozji i możliwość wystąpienia chorobotwórczych mikroorganizmów.

Miejska wyspa ciepła

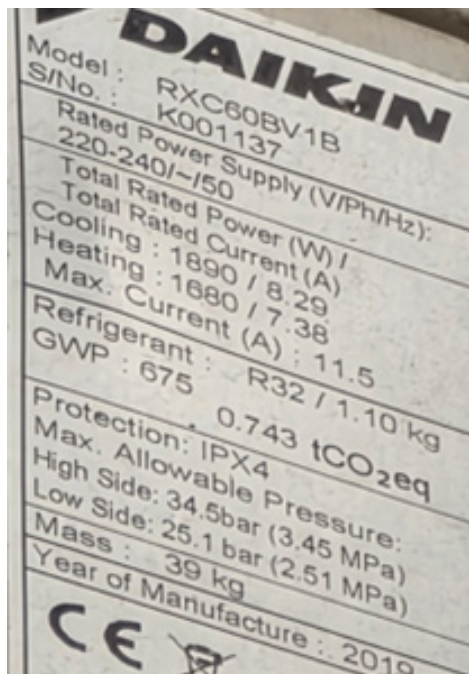
Miasto Wrocław znajduje się w II strefie klimatycznej Polski oraz w strefie klimatu umiarkowanego ciepłego przejściowego. Jest bardzo gęsto zabudowane, czego przykładem są bloki, kamienice oraz biurowce usytuowane blisko siebie. Bardzo mocno rozwija się tu również budownictwo wielorodzinne. Zagęszczone miasta mają ograniczoną cyrkulację powietrza, co skutkuje brakiem odprowadzania nagrzanego powietrza. Co więcej ściany budynków, asfalt i beton są to powierzchnie, które akumulują ciepło. Zgromadzone ciepło zostaje oddane do otoczenia w nocy, przez co temperatura w mieście jest wyższa niż poza nim. We Wrocławiu jest również bardzo bogato rozwinięty węzeł komunikacyjny. Ma rozbudowaną sieć dróg, autostrady oraz zwiększony ruch samochodowy. Wszystkie te czynniki wpływają na występowanie efektu miejskiej wyspy ciepła. Zjawisko to polega na podwyższeniu temperatury w mieście w stosunku do terenów je otaczających. W rzeczywistości temperatura w dzień w mieście nie jest znacząco wyższa niż za miastem, ale dla mieszkańców odczucie gorąca jest bardziej dotkliwe. Dzieje się tak dlatego, że odczuwana jest nie tylko temperatura powietrza, ale również promieniowanie ciepłe, które emituje np.: nagrzany od Słońca plac, czy nagrzane ściany [1].

Effekt miejskiej wyspy ciepła wiąże się z ogólnym pogorszeniem komfortu termicznego mieszkańców oraz ze zwiększeniem zapotrzebowania na energię do chłodzenia budynków. Tymczasem w lipcu i sierpniu 2025 roku, czyli w środku lata, odpowiednio 66,3% i 62,5% energii elektrycznej w Polsce była wytwarzana ze źródeł konwencjonalnych [7]. Dlatego szczególnie w naszym kraju, każdy wzrost energii do chłodzenia budynków przekłada się nie tylko na wzrost kosztów finansowych, ale też na wzrost kosztów środowiskowych, poprzez zwiększoną emisję CO₂ przy spalaniu paliw ze źródeł konwencjonalnych.

Dążąc do poprawy efektywności urządzeń odpowiadających za chłodzenie budynków oraz w efekcie do obniżenia zużycia energii elektrycznej, należy w pierwszej kolejności uzyskać pełny obraz sytuacji. Kluczowa jest wiedza, jak wygląda rynek urządzeń chłodzących w środowisku miejskim oraz jakie urządzenia i jak często są w rzeczywistości stosowane. Dysponując taką wiedzą można w dalszych krokach podejmować się definiowania, z jakimi wyzwaniami należy się w pierwszej kolejności mierzyć.

Cel opracowania

Celem niniejszego artykułu jest dostarczenie podstawowej wiedzy na temat technologii chłodzenia wykorzystywanych na terenie miasta Wrocław. W zakresie pracy jest identyfikacja i inwentaryzacja miejsc montażu jednostek zewnętrznych, w wybranej dzielnicy miasta. Następnie



Rys. 1. Przykładowa etykieta jednego z inwentaryzowanych urządzeń, zdjęcie własne autorów

Fig. 1. Example label from one of the inventoried devices, photo taken by the authors

analiza zebranego materiału i ocena spotykanych na terenie miasta systemów oraz ich usytuowania. W szczególności analiza statystyczna pod kątem nominalnej mocy chłodniczej oraz stosowanych czynników chłodniczych.

Metody

Inwentaryzacja jednostek zewnętrznych

W ramach pracy [10] przeprowadzono badania terenowe we Wrocławiu, w dzielnicy „Przedmieście Oławskie”. Wybór tego obszaru podyktowano zróżnicowaną urbanistyką, ponieważ reprezentuje różne okresy historyczne i standardy zabudowy. Zidentyfikowano i zinwentaryzowano tam widoczne jednostki zewnętrzne. Powierzchnia całego obszaru wynosi 210 000 m². Analiza objęła następujące obszary: ul. Gen. Kazimierza Pułaskiego, ul. Stanisława Małachowskiego, ul. Dworcowa, ul. Komuny Paryskiej, ul. Kniaziewiczza, ul. Aleksandra Hercena, ul. Stanisława Worcella, ul.

gen. Jana Henryka Dąbrowskiego, ul. Tadeusza Kościuszki, plac Konstytucji 3 Maja.

Pełna inwentaryzacja i identyfikacja jednostek zewnętrznych obejmowała odczyt nazwy producenta, typu i modelu, nominalnej mocy chłodniczej, współczynnika EER oraz nazwy czynnika chłodniczego. Podstawowe informacje o pojedynczym urządzeniu były odczytywane z etykiet informacyjnych znajdujących się na obudowach. Na rysunku 1 zamieszczono przykładową etykietę (naklejkę) znajdującą się na jednej z jednostek zewnętrznych wewnątrz analizowanego obszaru. Jeżeli w jakimś wypadku na etykiecie nie było kompletu informacji lub tekst był nieczytelny, brakujące dane uzupełniano z kart katalogowych dostępnych w Internecie. Gdy nie było możliwości identyfikacji określonych parametrów danego urządzenia, jego parametry nie były uwzględniane w poszczególnych analizach. Przykładowo, jeżeli nie można było określić mocy urządzenia, urządzenie nie wchodziło do analizy mocy urządzeń.

Poza podstawowymi parametrami urządzeń dostępnymi na etykietach określano kierunek geograficzny, na jaki skierowany jest każdy skraplacz. Jeżeli urządzenie było skierowane na południe, to praktycznie przez cały czas było wystawione na ekspozycję słoneczną (chyba, że było zacienione). Jeżeli urządzenie było skierowane na północ, w szczególności, jeżeli znajdowało się na ścianie skierowanej na północ, otoczenie skraplacza było chronione przed bezpośrednim działaniem promieni słonecznych. Jest to korzystne z punktu widzenia efektywności energetycznej. Umieszczenie jednostki zewnętrznej na ścianie północnej przewyższa często zacienienie po stronie południowej, ze względu na to, że również całe otoczenie urządzenia nie będzie miało nawet chwilowego kontaktu z bezpośrednim promieniowaniem słonecznym.

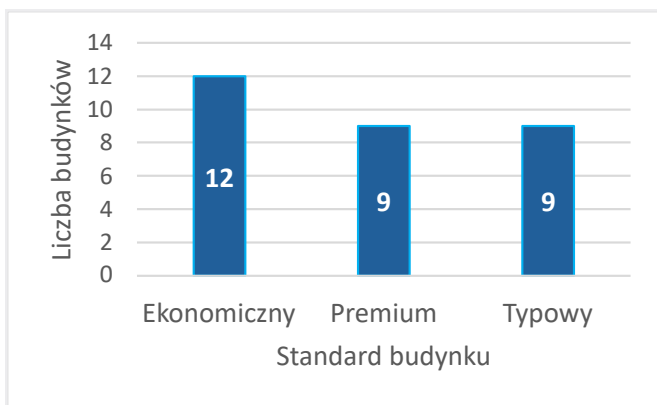
Zacienienie

Podczas oceny uwzględniano zacienienie urządzenia, ponieważ ma ono bezpośredni wpływ na efektywność energetyczną jednostki i wydajność chłodniczą. Nagrzane urządzenie trudniej oddaje ciepło i musi pracować przy większym zużyciu energii elektrycznej. Dlatego producenci zalecają ustawienie skraplaczy w miejscach zacienionych. W wybranych podręcznikach instalacji są informacje, że jeżeli nie można uniknąć działania bezpośrednich promieni słonecznych należy zakładać markizy ochronne [8].

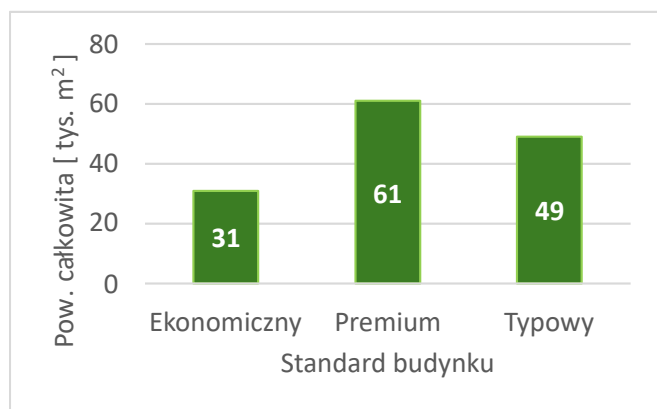
Ze względu na to, że bezpośredni wpływ promieni słonecznych ma wpływ na efektywność urządzenia, dla każdej jednostki zewnętrznej wykonywano szacunki poziomu zacienienia. Przyjęto, że jeżeli słońce pada cały dzień na urządzenie to zacienienie wynosi 0%. Jeżeli skraplacz znajduje się w takim miejscu, że promienie słoneczne nigdy w ciągu dnia nie oświetlają go bezpośrednio, to zacienienie wynosi 100%. Wszelkie inne pośrednie zacienienia były oszacowywane przez obserwatora, przez jaką część doby urządzenie pozostaje zakryte przed bezpośrednim działaniem promieni słonecznych.

Rodzaj budynku

Wszystkie budynki na analizowanym obszarze były kategoryzowane. Sprawdzano rok budowy i standardy osiedli znajdujących się na badanym obszarze. Wyróżniono standard osiedla premium, czyli nowoczesne osiedla, które wybudowano po roku 2010, standard typowy, czyli budynki budowane już po okresie II wojny światowej oraz



Rys. 2. Liczba budynków w zależności od standardu
Fig. 2. Number of buildings by standard



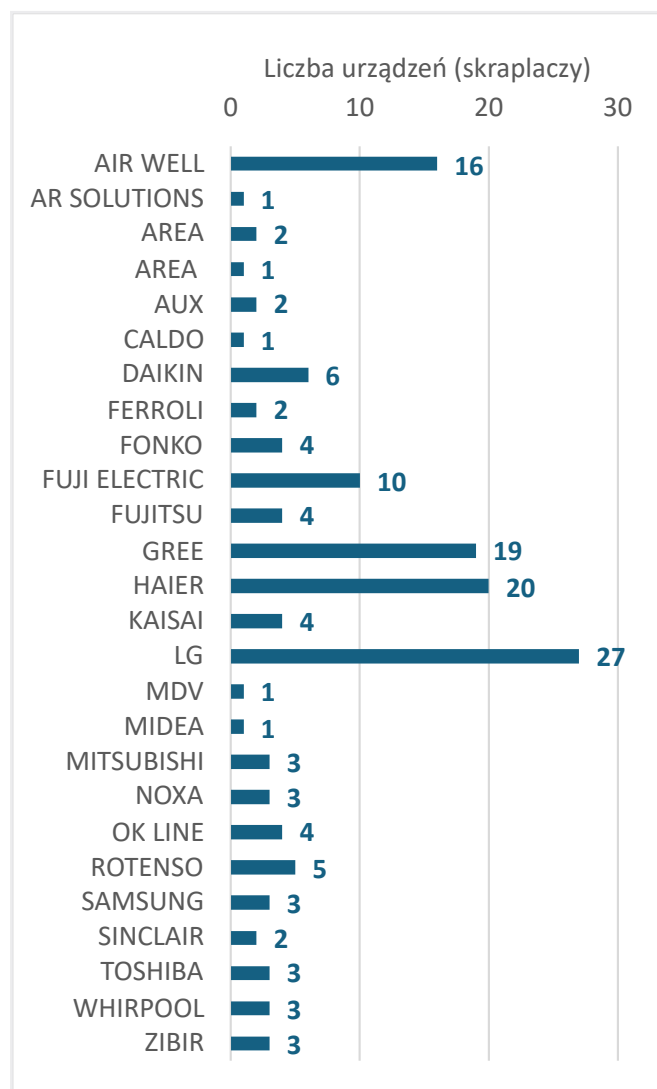
Rys. 3. Powierzchnia całkowita wszystkich budynków w danym standardzie
Fig. 3. Total floor area of buildings by standard

standard ekonomiczny, w którym znajdują się przedwojenne kamienice wybudowane w latach 1880–1907. Policzono również metraż dachu i ustalono liczbę pięter. Informacje te były konieczne, aby możliwa była analiza nasycenia skraplaczy przypadających na powierzchnię całkowitą budynku.

Wyniki i dyskusja

Podczas badań terenowych zidentyfikowano jednostki zewnętrzne na 30 budynkach. Wykres zamieszczony na rys. 2 przedstawia liczbę budynków w poszczególnych standardach. Największa liczba budynków przynależy do standardu ekonomicznego, co oznacza, że na analizowanym obszarze znajduje się liczbowo najwięcej przedwojennych kamienic. W standardach premium i typowy znajdowała się taka sama liczba budynków.

Określenie powierzchni użytkowej poszczególnych budynków nie było możliwe, więc zdecydowano się uwzględnić w analizach powierzchnię całkowitą. Wykres zamieszczony na rys. 3 przedstawia powierzchnię całkowitą opowiadającą danej klasie budynku. Uzyskano ją przez wyznaczenie powierzchni dachów budynków, a następnie przemnożono przez liczbę pięter. Powierzchnie dachów



Rys. 4. Marki produktowe spotykane na analizowanym obszarze
Fig. 4. Brands of air-conditioning units found in the analysed area

odczytano za pomocą strony geoportal.gov.pl. Na podstawie wykresu daje się zaobserwować, że budynki klasy premium mają największą powierzchnię całkowitą. Dzieje się tak dlatego, że są to budynki wysokie o dużej liczbie pięter, zwykle większej niż 5. W przeciwieństwie do kamienic, które na analizowanym obszarze miały 3 bądź 4 piętra.

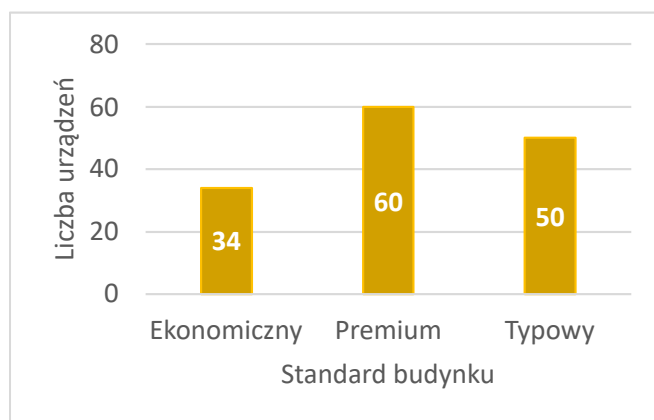
Na całym analizowanym obszarze zidentyfikowano 150 jednostek zewnętrznych. Każda jednostka zewnętrzna została opisana według parametrów wylistowanych w sekcji Metody, a pełne zestawienie wszystkich inwentaryzowanych skraplaczy zostało zamieszczone w pracy [10]. Na wszystkie zinwentaryzowane 150 jednostek zewnętrznych przypadało 141 układów typu split, 5 układów multi split oraz 4 agregaty. Zdecydowana większość jednostek zewnętrznych, bo aż 146 ze 150, to układy typowo do ochładzania powietrza wewnątrz pomieszczeń.

Na wykresie zamieszczonym na rys. 4 przedstawiono producentów jednostek zewnętrznych występujących na analizowanym obszarze oraz ile urządzeń danego producenta znalazło się na mapie. Badanie zidentyfikowało ponad 20 różnych marek, co pokazuje jak wielki wybór posiadają konsumenci. Jednak pomimo tak wielkiej różnorodności, rynek zdominowany jest przez kilku producentów takich jak LG, Haier, Gree oraz Air Well. Być może powodem jest to, że dzięki masowej produkcji, produkty tych marek mogą być oferowane po niższych cenach. Nie bez znaczenia może być również fakt, że produkty tego typu są dostępne w każdym sklepie z klimatyzacją.

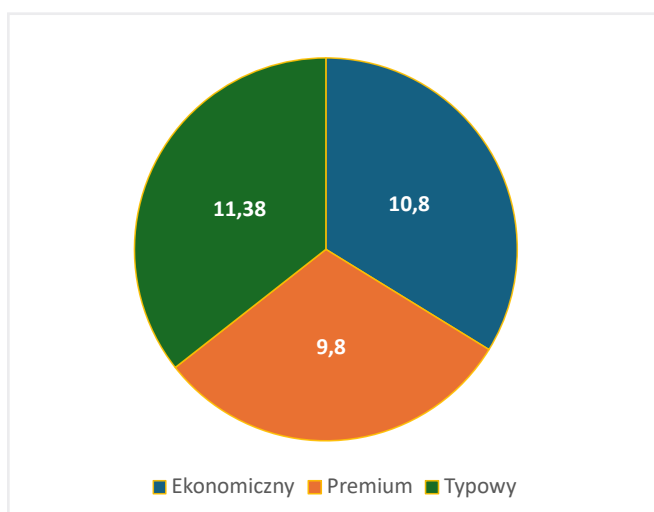
Wykres zamieszczony na rys. 5 przedstawia liczbę jednostek zewnętrznych przypadających na klasę budynku. Dane pokazują, że najwięcej urządzeń znajduje się w budynkach w standardzie premium, a najmniej w standardzie ekonomicznym.

Liczyby urządzeń przypadające na konkretny standard budynku z rys. 5 nie pozwalają jednak wyciągnąć wniosku, że urządzenia chłodnicze są najbardziej użytkowane w budownictwie premium, a najmniej w standardzie ekonomicznym. Rzeczywisty obraz sytuacji uzyskuje się dopiero, gdy uwzględni się w analizie powierzchnię całkowitą z rys. 3, przypadająca na dany typ budynku. Uwzględnienie powierzchni prowadzi do obserwacji, że najwięcej jednostek zewnętrznych na 10 000 m² powierzchni całkowitej przypada na budynki w standardzie typowym (rys. 6), tj. 11,38 urządzeń na każde 10 tys. m². Co istotne, budynki w standardzie premium pomimo największej liczby jednostek, charakteryzują się najmniejszą gęstością instalacji.

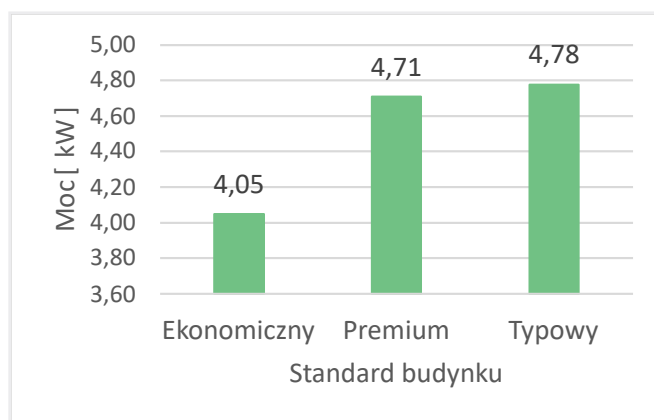
Dane zaprezentowane na rys. 6 nie pozwalają postawić tezy, że klimatyzacja w pomieszczeniach jest domeną wyłącznie nowszego budownictwa. Układy klimatyzacji typu split są tak samo popularne, niezależnie od standardu budynku. Mając na uwadze efektywność energetyczną w dłuższej perspektywie czasowej, środowisko miejskie może wymagać znaczącego przeprojektowania, w celu implementacji chłodnictwa sieciowego. Na ten moment gospodarstwa domowe samodzielnie instalują systemy chłodzenia, ale jeżeli skala tych przedsięwzięć będzie naprawdę masowa, prawdopodobnie przed społecznością miejską pojawi się wyzwanie, jakim jest instalacja centralnego systemu chłodzenia. Już kilkanaście lat temu we Wrocławiu powstała pilotażowa instalacja z agregatem absorpcyjnym zasilanym parą. Był to pierwszy krok na



Rys. 5. Liczba jednostek zewnętrznych w zależności od standardu budynku
Fig. 5. Number of outdoor units by building standard



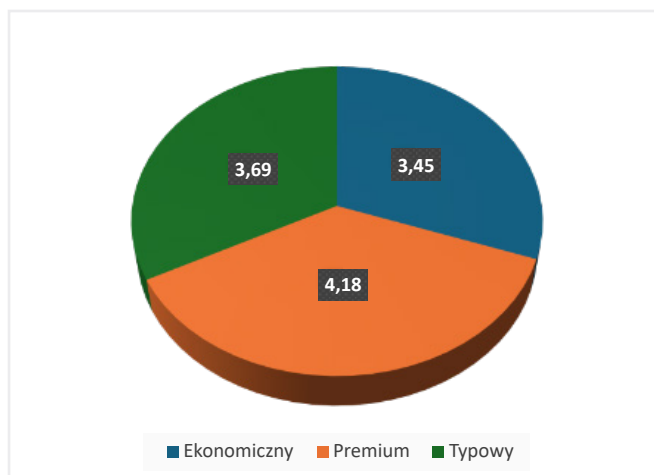
Rys. 6. Liczba jednostek zewnętrznych na każde 10 000 m² całkowitej powierzchni budynków danego typu
Fig. 6. Number of outdoor units per 10,000 m² of total building floor area by building standard



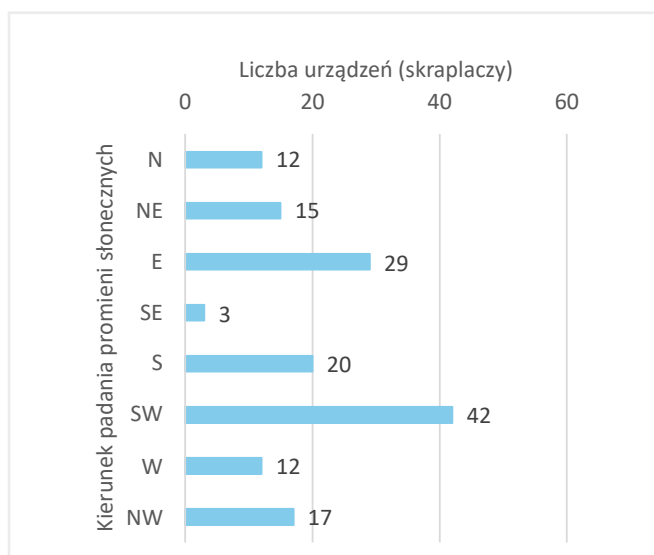
Rys. 7. Średnia moc chłodnicza jednostek zewnętrznych ze względu na standard budynku
Fig. 7. Average cooling capacity of outdoor units by building standard

drodze do systemu chłodniczego zasilanego ciepłem pochodzącym z miejskiej sieci ciepłowniczej. Jednak wysoka temperatura konieczna do zasilania generatora pary, wysokie koszty inwestycyjne oraz dość powolny rozwój tego typu technologii nie pozwalają na szybką popularyzację absorpcyjnych agregatów chłodniczych [12].

Średnia moc chłodnicza urządzeń w zależności od przy-



Rys. 8. Średnia wartość EER ze względu na klasę budynku
Fig. 8. Average EER value by building standard



Rys. 9. Kierunek geograficzny, na jaki zwrócone są jednostki zewnętrzne
Fig. 9. Geographical orientation of outdoor units

pisanej im klasy budynku przedstawiono na wykresie zamieszczonym na rys. 7. Zgodnie z danymi, najniższą średnią moc odnotowano w budynkach klasy ekonomicznej. Budynki w standardzie premium oraz typowym charakteryzują się zbliżoną i wyraźnie wyższą średnią mocą. Przyczyną tych różnic może być charakterystyka samych budynków, gdzie standardy typowy i premium mogą cechować się większymi zyskami ciepła. Z kolei niższa moc w klasie ekonomicznej może sugerować, że są to obiekty o konstrukcji, która naturalnie spowalnia nagrzewanie się wnętrza. Budynki o ciężkiej konstrukcji stropów, ze ścianami z betonu lub cegły to budynki o dużej pojemności cieplnej. Natomiast budynek o dużej pojemności cieplnej charakteryzuje się wysoką bezwładnością cieplną, w szczególności jest chroniony przed nadmiernym przegrzewaniem w okresie letnim [13]. Pomijając uwarunkowania bilansu ciepła, można jeszcze rozważać, czy koszt inwestycyjny nie miał wpływu na takie rozłożenie średnich mocy. Na podstawie przeprowadzonych badań nie można jednak wnioskować na ten temat.

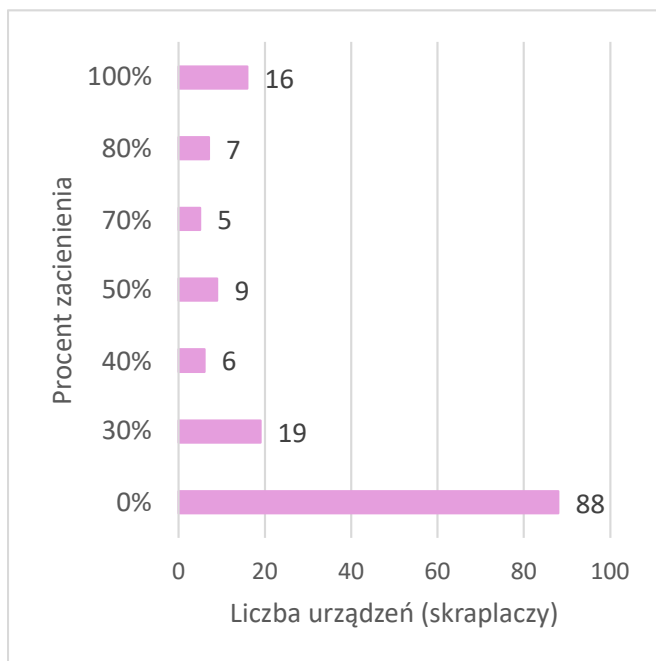
Na wykresie zamieszczonym na rys. 8 przedstawiono średnią wartość współczynnika efektywności energetycznej dla urządzeń chłodniczych w zależności od standardu

budynku. Klasa premium charakteryzuje się najwyższą średnią EER na poziomie 4,18. Największa wartość współczynnika EER dla klasy premium może wynikać z faktu, że są to budynki wybudowane po roku 2010. Nowe budynki, jak i nowsze urządzenia chłodnicze, są projektowane według nowszych norm, gdzie warunki dotyczące efektywności są bardziej rygorystyczne. Wyraźnie niższa wartość EER dla pozostałych klas budynków może wynikać z tego, że instalacje chłodnicze były w nich montowane i remontowane wiele lat temu. Z drugiej strony, jak zostanie to wykazane w dalszej części artykułu, w budynkach standardu ekonomicznego instalacje wcale nie są przestarzałe. Trudno więc jednoznacznie stwierdzić, że rok montażu odgrywa dominującą rolę w relacji do wartości EER. W rzeczywistości może być tak, że urządzenia instalowane w nowszych budynkach są średnio bardziej efektywne energetycznie, niż urządzenia instalowane w tym samym okresie, w budynkach starszych. Jednak bez dodatkowych badań nie można tego stwierdzić.

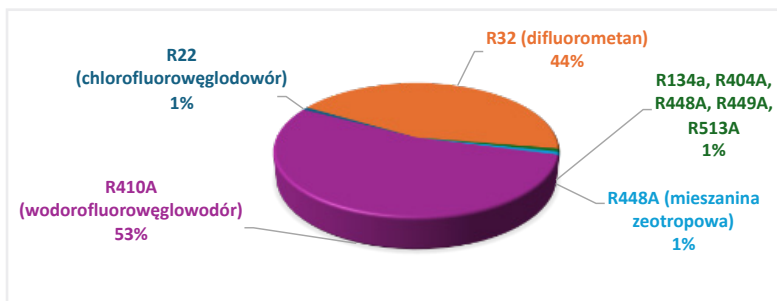
Na wykresie zamieszczonym na rys. 9 przedstawiono liczbę jednostek zewnętrznych w zależności od kierunku ich ekspozycji na działanie promieni słonecznych. Najwięcej urządzeń występuje po stronie południowo-zachodniej, bo aż 42 jednostki. Na drugim miejscu znajduje się strona wschodnia z 29 jednostkami, a za nią strona południowa z 20 jednostkami. Pozostałe kierunki mają zbliżoną liczbę urządzeń z wyjątkiem strony południowo-wschodniej. Strona południowo-zachodnia jest stroną, która jest najbardziej narażona na promienie słoneczne. Nasilone promieniowanie występuje od około 14:00 aż do zachodu słońca. Na zewnątrz panuje wtedy najwyższa temperatura, a bezpośrednie nasłonecznienie powoduje maksymalne zyski ciepła od promieniowania słonecznego. Wschodnia strona też jest narażona na przegrzanie, ponieważ jest intensywnie nasłoneczniana od godzin porannych. Montaż urządzenia na najbardziej nasłonecznionej ścianie nie jest korzystnym wyborem, ale niejednokrotnie wynika to również z układu architektonicznego mieszkania, w którym wszystkie okna wychodzą na tę samą stronę, co w praktyce ogranicza inne możliwości instalacji. O ile układ lokalu na to pozwala, korzystniejszym rozwiązaniem jest poprowadzenie instalacji na chłodniejszą, bardziej zacienioną ścianę.

Rozkład liczby jednostek zewnętrznych w zależności od szacowanego procentu zacienienia przedstawiono na wykresie zamieszczonym na rys. 10. Wynika z niego, że zdecydowana większość, bo aż 88 jednostek nie ma żadnego zacienienia, co jest sprzeczne z tym, co zaleca producent. Można wywnioskować, że powszechna praktyka instalacyjna ignoruje zalecenia producentów, którzy zalecają montaż urządzeń w miejscach zacienionych, ponieważ ich praca w niższej temperaturze wiąże się z lepszą efektywnością energetyczną. Na wykresie znajduje się 16 jednostek zacienionych w 100%. Oznacza to, że są one zacienione cały dzień, ponieważ zamontowano je pod wiatami wjazdowymi oraz we wnękach.

Na rysunku 11 przedstawiono procentowy udział czynników chłodniczych na całym analizowanym obszarze. Dominują dwa rodzaje chłodziwa. Jednym z nich jest R410A, który znajduje się w 53% jednostek, oraz R32, który znajduje się w 44%. Wodorofluorowęglowodór R410A był standardem przez wiele lat, jednak ma wysoki wskaź-



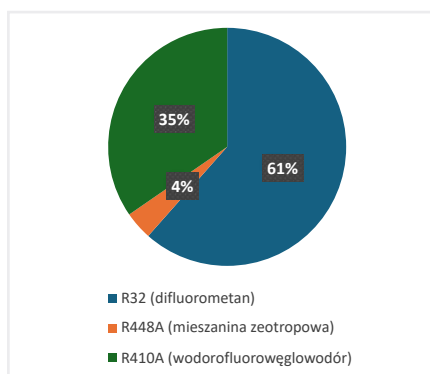
Rys. 10. Zacienienie jednostek zewnętrznych
Fig. 10. Overshadowing of outdoor units



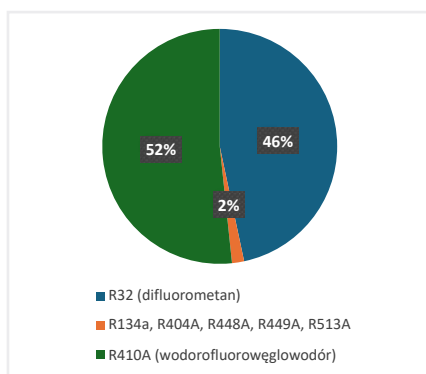
Rys. 11. Procentowy udział czynników chłodniczych na analizowanym terenie
Fig. 11. Percentage share of refrigerants in the analysed area

nik GWP i został wycofany od 2025 r. we wszystkich nowo produkowanych systemach. Obecnie jest on wypierany przez R32, który ma niższe GWP. Na wykresie widać śladową (1%), wycofanego już z użytku, szkodliwego czynnika R22, co świadczy o tym, że wciąż funkcjonuje on w starszych instalacjach.

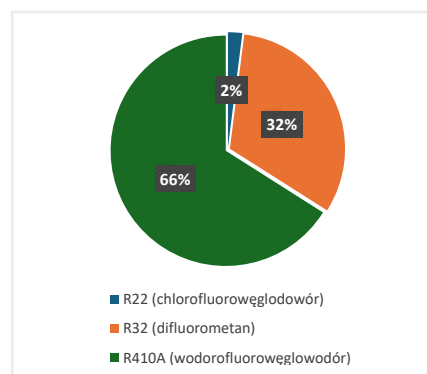
Aby zagłębić się w szczegóły, warto porównać jeszcze spotykane czynniki chłodnicze w zależności od standardu budownictwa. Na wykresie zamieszczonym na rys. 12



Rys. 12. Procentowy udział czynników chłodniczych w budynkach standardu ekonomicznego
Fig. 12. Percentage share of refrigerants in buildings of economic standard



Rys. 13. Procentowy udział czynników chłodniczych w budynkach standardu premium
Fig. 13. Percentage share of refrigerants in buildings of premium standard



Rys. 14. Procentowy udział czynników chłodniczych w budynkach standardu typowego
Fig. 14. Percentage share of refrigerants in buildings of typical standard

przedstawiono rozkład czynnika chłodniczego w budynkach standardu ekonomicznego. Ciekawym zjawiskiem jest to, że dominującym czynnikiem w tej grupie jest R32, czyli jeden z najbardziej nowoczesnych czynników stosowanych obecnie. Wynik ten jest zaskakujący. Przyczyną tego zjawiska może być np. przeprowadzona termomodernizacja komfortu cieplnego w kamienicach, albo fakt, że stosowanie jednostek zewnętrznych w starych budynkach jest zjawiskiem stosunkowo nowym i instalacja mogła zostać wykonana w ciągu ostatnich kilkunastu lat opierając się na nowych technologiach. Drugim dominującym czynnikiem w standardzie ekonomicznym jest R410A, czyli jeden z powszechnie stosowanych czynników.

Na wykresie zamieszczonym na rys. 13 pokazano rozkład czynników chłodniczych dla standardu premium, czyli budynków wybudowanych po 2010 roku. Dane pokazują praktycznie równy podział pomiędzy czynnikiem R410A oraz R32. Pozostałe 2% to inne mieszaniny, rzadziej stosowane. Można stwierdzić, że taki rozkład to okres przejściowy technologii chłodniczej, który miał miejsce w 2014 roku w odpowiedzi na unijne regulacje dotyczące F-gazów. W okresie np.: 2013–2017 czynnik R410A był standardem, a R32, tak jak wspomniano wcześniej, jest czynnikiem, który ma niższy potencjał GWP i jest częściej używany dla instalacji, które realizowano w ostatnich latach.

Na wykresie zamieszczonym na rys. 14 przedstawiono szczegółowy rozkład czynników chłodniczych dla budynków w standardzie typowym, czyli wybudowanych po II wojnie światowej. Dominuje tu czynnik R410A, bo znajduje się aż w 66% jednostek. Nowocześniejszy czynnik R32 stanowi mniejszość z udziałem 32%. Jest to też jedyna kategoria, w której zidentyfikowano szkodliwy czynnik R22. Dominacja czynnika R410A może wynikać z faktu, że czynnik ten był standardem przez wiele lat i ma długą żywotność, więc wymiana na nowocześniejsze modele następuje powoli.

Zestawiając trzy standardy budynków pod względem stosowanego czynnika chłodniczego, można zaobserwować, że budynki klasy ekonomicznej paradoksalnie mają przewagę nowoczesnego czynnika R32, budynki w standardzie typowym mają przewagę R410A, natomiast budynki klasy premium mają równy podział pomiędzy tymi dwiema generacjami. Różnice nie wynikają z wieku bu-

dyneków, lecz są odzwierciedleniem epoki, w której były instalowane systemy klimatyzacji. Wydaje się, że najstarsze budynki mają najnowocześniejsze systemy, ponieważ klimatyzacja jest w nich nowym zjawiskiem. Rozkład czynników w budownictwie typowym pokazuje wieloletnią dominację czynnika R410A, a klasa premium pokazuje transformację w kierunku R32.

Generalnie większość systemów chłodzenia na przebadanym obszarze pracuje na czynniku chłodniczym R410A (rys. 11). GWP dla tego czynnika to 2255,5. Jest to stosunkowo wysoki potencjał tworzenia efektu cieplarnianego. Przy czym drugi najpopularniejszy czynnik, czyli R32, ma GWP wynoszący 771. Jest to więc dużo bardziej ekologiczna alternatywa, która dominuje właśnie w najstarszym budownictwie. Uwzględniając fakt, że w najstarszych budynkach średnia moc urządzeń jest najniższa (rys. 7), można stwierdzić, że chłodzenie pomieszczeń w budynkach standardu ekonomicznego jest zorientowane na niewielkie zapotrzebowanie na energię do chłodzenia, przy jednoczesnym wykorzystaniu najbardziej ekologicznej technologii.

Wizualna ocena montażu jednostek zewnętrznych.

Korzystając ze źródła [10], warto jeszcze przedstawić wybraną dokumentację fotograficzną. Dokumentacja fotograficzna ukazuje liczne przypadki montażu jednostek zewnętrznych w sposób ograniczający wydajną pracę. Jednostki zewnętrzne wielokrotnie są montowane na nasłonecznionych ścianach bez jakiegokolwiek osłony, w bardzo bliskich wzajemnych odległościach i w ciasnych niewentylowanych wnękach balkonowych. Te rzeczywiste przykłady pokazują luki między zaleceniami technicznymi, a praktyką instalacyjną, co bezpośrednio przekłada się na obniżenie efektywności energetycznej.

Na zdjęciu zamieszczonym na rys. 15 można zaobserwować sposób montażu, który obniża efektywność energetyczną. Pionowe jednostki są zamontowane jedna nad drugą, bez zachowania minimalnej przestrzeni, która powinna wynosić, zależnie od źródła, nawet 150 cm [16]. Prowadzi to do wzajemnego dławienia przepływu powietrza i tworzy tzw. kaskadę ciepła, gdzie każde urządzenie położone niżej podgrzewa powietrze zasysane przez jednostkę powyżej. W efekcie tego systemy pracują w nie-

korzystnych warunkach, a tym samym zużywają więcej energii. Niekorzystne jest również to, że instalacje z rys. 15 znajdują się na nasłonecznionej ścianie.

Zdjęcie zamieszczone na rys. 16 ukazuje również dość niekorzystne umiejscowienie jednostek zewnętrznych. Zapewne nie zawsze daje się wskazać miejsce alternatywne, ale jednak umiejscowienie urządzeń w zamkniętej z trzech stron wnęce wpływa negatywnie na sprawność. Gorące powietrze wyrzucane przez skraplacze nie ma jak efektywnie uciec. Ponadto wydaje się, że naruszono odległości montażowe, ponieważ jednostka po lewej stronie jest „przyklejona” do ściany bocznej, co blokuje wlot powietrza z tej strony. Ostatnią rzeczą jest montaż tuż nad drzwiami wejściowymi, co może zmniejszać komfort mieszkańców. Osoby wchodzące i wychodzące mogą odczuwać nieprzyjemny podmuch gorącego powietrza oraz słyszeć dokuczliwy hałas dwóch pracujących jednostek zewnętrznych.

Podsumowanie i wnioski

Celem pracy było dokonanie oceny wykorzystania różnych technologii chłodzenia na terenie miasta Wrocław. Analiza terenowa przeprowadzona na obszarze osiedla Przedmieście Oławskie objęła 210 000 m² powierzchni miasta. Zinventaryzowano 150 jednostek zewnętrznych, w tym 146 układów typu split lub multi split, co oznacza, że zdecydowana większość jednostek zewnętrznych odpowiada bezpośrednio za ochładzanie powietrza w pomieszczeniach.

Przeprowadzone badania potwierdzają, że układy klimatyzacji typu split są tak samo popularne zarówno w starszym budownictwie, jak i w nowym. W dłuższej perspektywie czasowej, jeżeli przyrost indywidualnych instalacji chłodniczych będzie znaczący, środowisko miejskie może wymagać znaczącego przeprojektowania, w celu implementacji chłodnictwa sieciowego.

Większość systemów chłodzenia na przebadanym obszarze pracuje na czynniku chłodniczym R410A, który znajdują się w 53% jednostek. Drugi najpopularniejszy czynnik to R32, który znajdują się w 44% urządzeń. Bardzo interesujące, że R32, czyli jeden z najbardziej nowoczesnych czynników stosowanych obecnie, dominuje w najstarszym budownictwie. Uwzględniając dodatkowo fakt, że w najstarszych budynkach średnia moc urządzeń jest najniższa, można wyraźnie powiedzieć, że chłodzenie pomieszczeń w budynkach standardu ekonomicznego jest zorientowane na niewielkie zapotrzebowanie na energię do chłodzenia przy najbardziej ekologicznej technologii.

Przeprowadzone badania ukazują bardzo dużą częstotliwość występowania takiego sposobu montażu, który nie gwarantuje najwyższej efektywności energetycznej. Problem dotyczy w szczególności instalacji, gdzie było więcej niż jedna jednostka zewnętrzna. Najczęściej występujący mankament to brak osłony słonecznej, bo wystąpił aż w 88 przypadkach (61% badanych urządzeń). Ważna jest również obserwacja, że aż 42% jednostek jest zamontowanych na ścianie południowo zachodniej i zachodniej.



Rys. 15. Sposób montażu obniżający efektywność, zdjęcie własne autorów
Fig. 15. Mounting method reducing energy efficiency, photo taken by the authors



Rys. 16. Sposób montażu we wnęce ograniczający ruch powietrza, zdjęcie własne autorów
Fig. 16. Mounting method in a recess limiting air circulation photo taken by the authors

Pracują one w najtrudniejszych warunkach, co prowadzi do zwiększonego zużycia energii i wyższych kosztów.

Wydaje się, że w wielu przypadkach nie były również dotrzymywane minimalne odległości od elementów elewacji i od innych urządzeń. Z pewnością w wielu wypadkach, montaż jednostek zewnętrznych, zgodnie ze wszystkimi zaleceniami, nie był możliwy przy rozsądnych kosztach instalacyjnych. Jednak taka sytuacja pokazuje ogromny potencjał oszczędności jeszcze w ramach istniejących obecnie technologii. Dlatego przyszłe prace warto skoncentrować na szczegółowych analizach, w jakim stopniu mankamenty montażowe wpływają na zwiększone zużycie energii przez urządzenia chłodnicze zainstalowane w warunkach miejskich.

Bibliografia

- [1] Centrum Informacji o Rynku Energii. (2022). Czym jest miejska wyspa ciepła? Dostęp z 2 listopada 2025 z <https://www.cire.pl/artykuly/materialy-problemowe/czym-jest-miejska-wyspa-ciepla>
- [2] ElSherbini, A. I., & Maheshwari, G. P. (2010). Impact of shading air-cooled condensers on the efficiency of air-conditioning systems. *Energy and Buildings*, 42(10), 1948-1951. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2010.05.031>
- [3] Gree. (b.d.). Klimatyzator split czy multi split? Dostęp z 2 listopada 2025 z <https://gree.pl/baza-wiedzy/klimatyzatory/klimatyzator-split-czy-multi-split/>
- [4] Howarth, N., Camarasa, C., Lane, K., & Riskey Martin, A. (2023, 21 lipca). Keeping cool in a hotter world is using more energy, making efficiency more important than ever. International Energy Agency. <https://www.iea.org/commentaries/keeping-cool-in-a-hotter-world-is-using-more-energy-making-efficiency-more-important-than-ever>
- [5] International Energy Agency. (b.d.). Space cooling. Dostęp z 2 listopada 2025 z <https://www.iea.org/energy-system/buildings/space-cooling>
- [6] Klimatyzacja.pl. (2023). Czynniki chłodnicze stosowane w chłodnictwie. Dostęp z 2 listopada 2025 z <https://www.klimatyzacja.pl/artykuly/chlodnictwo/artykuly/czynniki-chlodnicze/czynniki-chlodnicze-stosowane-w-chlodnictwie>
- [7] Kwidziński, K. (2025). Sierpień 2025 – Węgiel pod gruszą. Miesięcznik Forum Energii, Dostęp z 15 września 2025 www.forum-energii.eu
- [8] LG Electronics. (2020). Instrukcja montażu klimatyzatora DCxxRH.
- [9] Martínez, P., Ruiz, J., Cutillas, C. G., Martínez, P. J., Kaiser, A. S., & Lucas, M. (2016). *Experimental study on energy performance of a split air-conditioner by using variable thickness evaporative cooling pads coupled to the condenser*. *Applied Thermal Engineering*, 105, 1041-1050. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2016.01.067>
- [10] Michalak, W. (2025). Rynek technologii chłodzenia powietrza wewnątrz pomieszczeń na terenie miasta Wrocław. Praca magisterska. Politechnika Wrocławska
- [11] Naphon, P. (2010). On the performance of air conditioner with heat pipe for cooling air in the condenser. *Energy Conversion and Management*, 51(11), 2362-2366. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2010.04.010>
- [12] Reszewski, S. (2025). Trigeneracja rozproszona w warunkach wrocławskich. Instal. 4.
- [13] Sowa, J., Narowski, P.G., Rubik, M., & Ziętek, P. (2017). Budynki o niemal zerowym zużyciu energii, Politechnika Warszawska.
- [14] Stefaniak, Ł., & Walaszczyk, J. (2025). Nowelizacja rozporządzenia Unii Europejskiej w sprawie F-gazów w kontekście globalnym oraz perspektyw stosowania alternatywnych czynników chłodniczych. *Ciepłownictwo Ogrzewnictwo Wentylacja*, 56. <https://doi.org/10.15199/9.2025.1.2>
- [15] Szczęśniak, S., Karpuk, M., Stefaniak, Ł., Grabka, A., Michalak, W., Jaskóła, W., Maciewicz, M. (2024). Obowiązujące normy na tle rzeczywistych wartości temperatury powietrza zewnętrznego w Polsce. *Ciepłownictwo, Ogrzewnictwo, Wentylacja* 4(55): 20-29. <https://doi.org/10.15199/9.2024.4.4>
- [16] Szkolenia-F-Gaz. (n.d.). Wytyczne odległości między jednostkami klimatyzacji. Dostęp z 2 listopada 2025 <https://szkolenia-fgaz.pl/wytyczne-odleglosci-miedzy-jednostkami-klimatyzacji/>

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 jakiegokolwiek 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.

Odwiedź nową stronę czasopisma

cieplownictwoogrzewnictwowentylacja.pl

