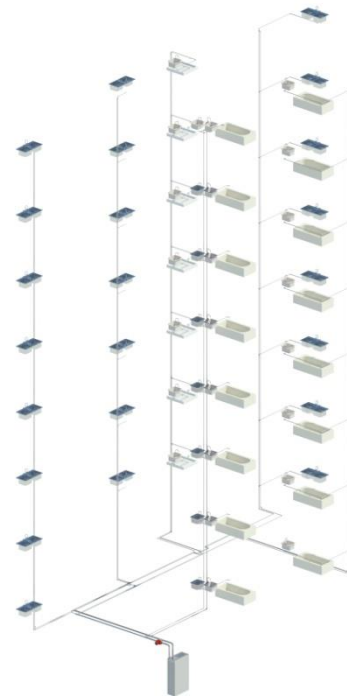
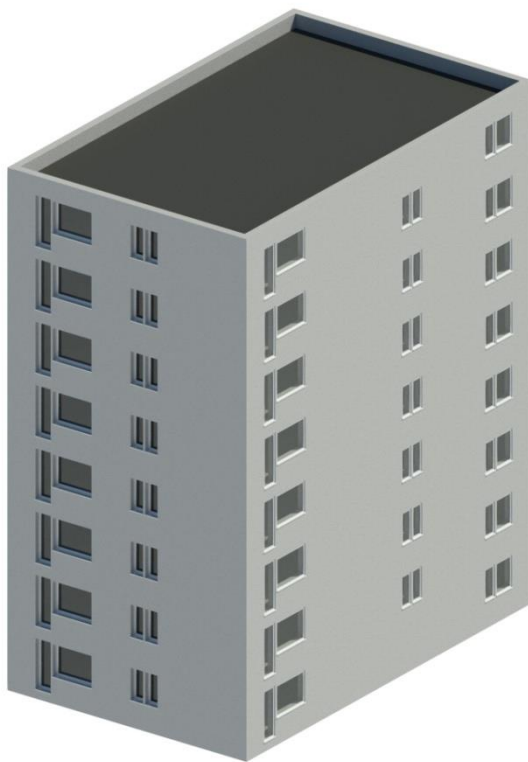


Wielorodzinny budynek referencyjny NAPE



zdefiniowany na potrzeby oceny efektywności energetycznej systemów przygotowania c.w.u. w wielorodzinnym budynku mieszkalnym

Jarosław Chudzicki
Maciej Chudzicki

v1.0

Warszawa, kwiecień 2020

Spis treści

Wprowadzenie	3
Część I Opis budynku	5
1. Charakterystyka ogólna i opis użytkowania	5
1.1. Dane ogólne	5
1.2. Opis mieszkania M1	6
1.3. Opis mieszkania M2	8
1.4. Opis mieszkania M3	9
2. Referencyjne źródło ciepła do przygotowania c.w.u.	11
3. Opis referencyjnej instalacji c.w.u.	11
Część II Obliczenie zużycia energii na potrzeby c.w.u.	13
4. Założenia ogólne do modelu instalacji c.w.u.	13
5. Obliczenie zapotrzebowania na c.w.u.	15
5.1. Harmonogramy rozbiórów c.w.u.	15
5.2. Charakterystyka hydrauliczna baterii czepalnych	16
5.3. Ciśnienie w charakterystycznych punktach instalacji c.w.u.	16
5.4. Obliczenie zużycia c.w.u.	17
5.5. Obliczenie zapotrzebowania na energię do podgrzania zużytej c.w.u.	19
5.6. Straty ciepła w instalacji c.w.u.	20
5.7. Zużycie energii elektrycznej do celów pomocniczych	22
6. Wyniki obliczeń dla referencyjnej instalacji c.w.u.	23
Literatura	24
7. Załączniki:	26

Załącznik 1. Harmonogram rozbiórów wody ciepłej dla mieszkania M-1 dla dni roboczych.

Załącznik 2. Harmonogram rozbiórów wody ciepłej dla mieszkania M-1 dla dni wolnych od pracy.

Załącznik 3. Harmonogram rozbiórów wody ciepłej dla mieszkania M-2 dla dni roboczych.

Załącznik 4. Harmonogram rozbiórów wody ciepłej dla mieszkania M-2 dla dni wolnych od pracy.

Załącznik 5. Harmonogram rozbiórów wody ciepłej dla mieszkania M-3 dla dni roboczych.

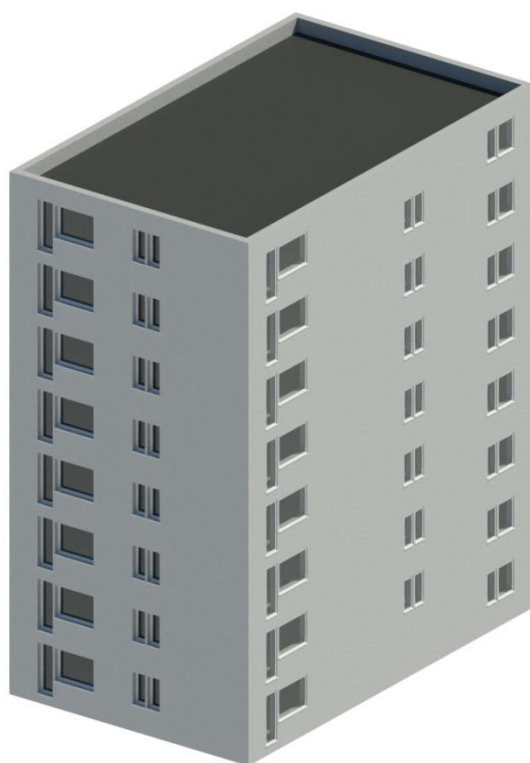
Załącznik 6. Harmonogram rozbiórów wody ciepłej dla mieszkania M-3 dla dni wolnych od pracy.

Załącznik 7. Wyniki obliczeń projektowych referencyjnej instalacji c.w.u.

Wprowadzenie

Ocena efektywności energetycznej instalacji ciepłej wody użytkowej polega na porównaniu rocznego zużycia energii niezbędnego do przygotowania ciepłej wody (podgrzanie wymaganej ilości wody, pokrycie strat związanych z przesyłem ciepłej wody od podgrzewacza do poszczególnych punktów czerpalnych oraz z utrzymaniem wymaganej temperatury wody wewnątrz instalacji) w budynku mieszkalnym wielorodzinnym posiadającym oceniany system instalacji ciepłej wody ze zużyciem energii w takim samym budynku wyposażonym w referencyjny system instalacji ciepłej wody użytkowej.

Budynek referencyjny jest to budynek szczegółowo opisany zarówno pod względem architektoniczno-konstrukcyjnym jak i pod względem sposobu użytkowania i stanowi przykład typowego współczesnego budynku wielorodzinnego w Polsce. Widok budynku stanowiącego podstawę opisu budynku referencyjnego przedstawia rys. 1.



Rys. 1. Widok wielorodzinnego budynku referencyjnego NAPE.

Podstawowe założenia dla budynku wielorodzinnego wyposażonego w referencyjny system instalacji ciepłej wody użytkowej to:

- budynek 8 kondygnacyjny podpiwniczony,
- mieszkania typu M1, M2 i M3 (i odpowiednie założenia odnośnie sposobu użytkowania budynku),
- źródło przygotowania ciepłej wody – sieć ciepłownicza,
- instalacja ciepłej wody użytkowej wraz z obiegami cyrkulacyjnymi zaprojektowana zgodnie z normą [17] i spełniająca wymagania techniczne zawarte w [22].

Obliczenia symulacyjne prowadzone są następująco:

- obliczenie ilości wody ciepłej wykorzystywanej przez użytkowników budynku,



- obliczenie strat ciepła związanego z przesyłem ciepłej wody od podgrzewacza do poszczególnych punktów czerpalnych,
- obliczenia strat ciepła związanego z utrzymaniem wymaganej temperatury ciepłej wody w instalacji (praca obiegu cyrkulacyjnego),
- obliczenie strat ciepła związanego z magazynowaniem ciepłej wody oraz sprawnością podgrzewania wody w urządzeniu do jej przygotowania.

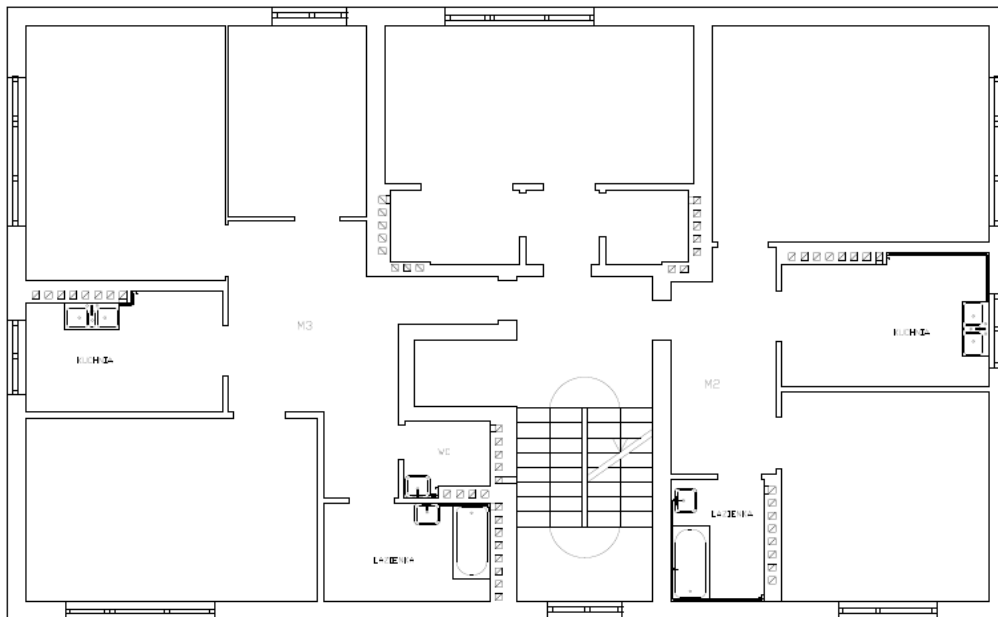


Część I Opis budynku

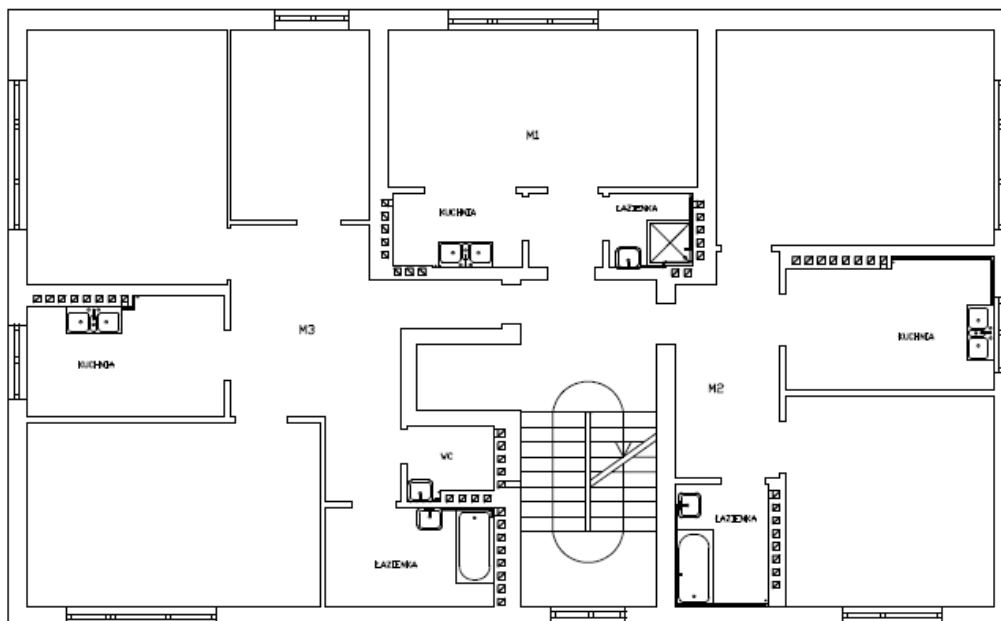
1. Charakterystyka ogólna i opis użytkowania

1.1. Dane ogólne

Analizowany budynek wielorodzinny posiada 8 kondygnacji naziemnych ogrzewanych oraz 1 kondygnację podziemną nieogrzewaną. Rzut parteru oraz ostatniej kondygnacji pokazany jest na rys. 2 oraz rys. 3.



Rys. 2. Rzut parteru wielorodzinnego budynku referencyjnego NAPE.



Rys. 3. Rzut piętra powtarzalnego wielorodzinnego budynku referencyjnego NAPE.

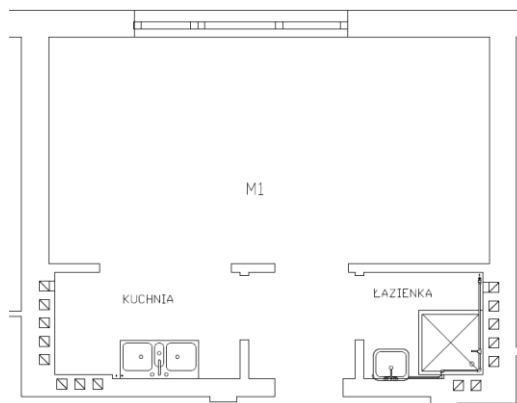
Na parterze budynku znajduje się wiatrołap, wózkownia oraz dwa mieszkania – M2 i M3. Na każdej kolejnej kondygnacji znajdują się po trzy mieszkania M1, M2 i M3. W sumie w budynku znajdują się 23 mieszkania, w których mieszka 47 osób. Tabela 1 zawiera podstawowe dane ogólne dotyczące budynku.

Tabela 1. Dane ogólne budynku.

1	Kubatura V_e [m ³]	5 865
2	Powierzchnia użytkowa A_f [m ²]	1 634

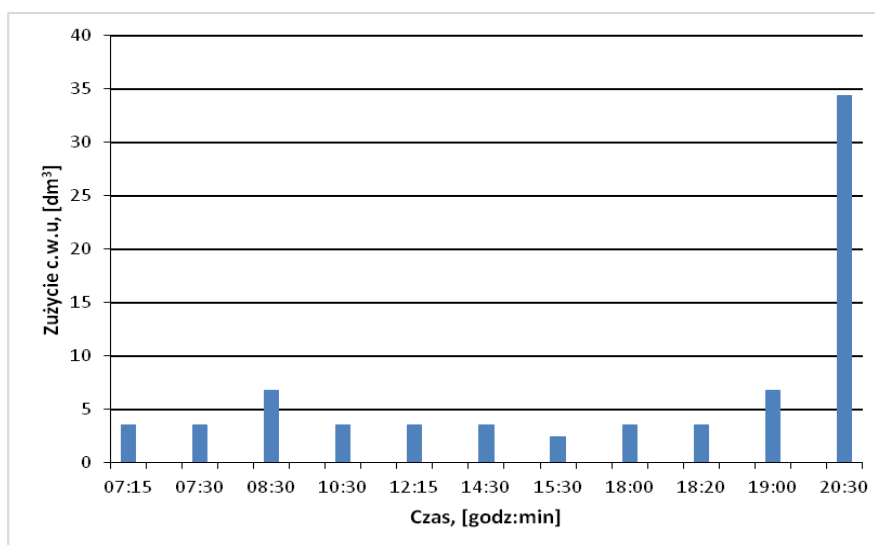
1.2. Opis mieszkania M1

W referencyjnym budynku wielorodzinnym NAPE znajduje się 7 mieszkań typu M1 zlokalizowanych na piętrach od 1 do 7. Na parterze w miejsce mieszkania M1 znajduje się wejście do budynku z wiatrołapem oraz wózkownia. Poniżej na rysunku przedstawiono rzut mieszkania M1.

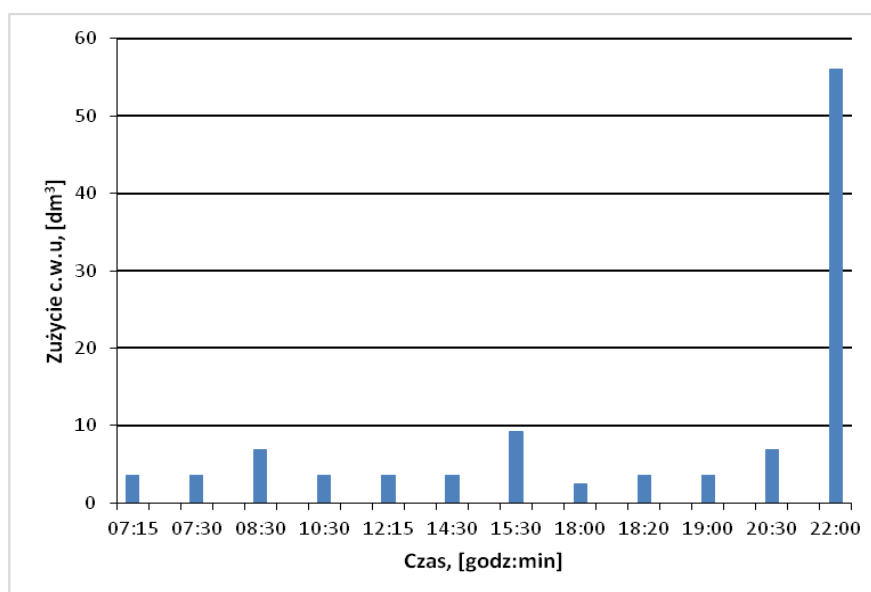


Rys. 4. Rzut mieszkania M1 w wielorodzinnym budynku referencyjnym NAPE.

W mieszkaniu tym znajduje się przedsionek, łazienka wraz z WC, aneks kuchenny oraz pokój dzienny, a całkowita powierzchnia mieszkania wynosi 28,8 m². Mieszkanie to jest użytkowane przez jedną osobę dorosłą. Harmonogram zużycia ciepłej wody dla dni roboczych oraz dla dni wolnych od pracy przedstawiono odpowiednio na rys. 6 i 7. Przedstawione harmonogramy zostały opracowane w oparciu o normę [20] i uwzględniają także rozkłady założonych schematów występowania zysków wilgoci związanych z przebywaniem ludzi, pochodzących z procesów gotowania, zmywania oraz prania a także związanych z myciem się mieszkańców (w wannach i pod prysznicami). Szczegółowe obliczenia wielkości godzinowego zużycia ciepłej wody oraz zapotrzebowania na energię niezbędną do podgrzania zużytej ciepłej wody w lokalu mieszkalnym M1 zamieszczono w załącznikach 1 i 2 (odpowiednio dla dni roboczych i dni wolnych od pracy) na końcu niniejszego opracowania.



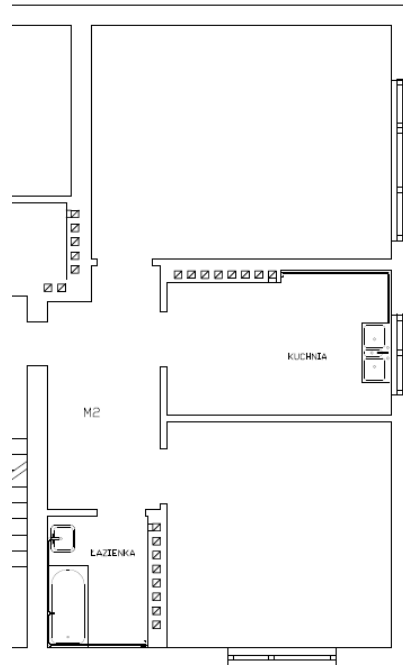
Rys. 5. Harmonogram rozborów ciepłej wody dla mieszkania M1 dla dni roboczych.



Rys. 6. Harmonogram rozborów ciepłej wody dla mieszkania M1 dla dni wolnych od pracy.

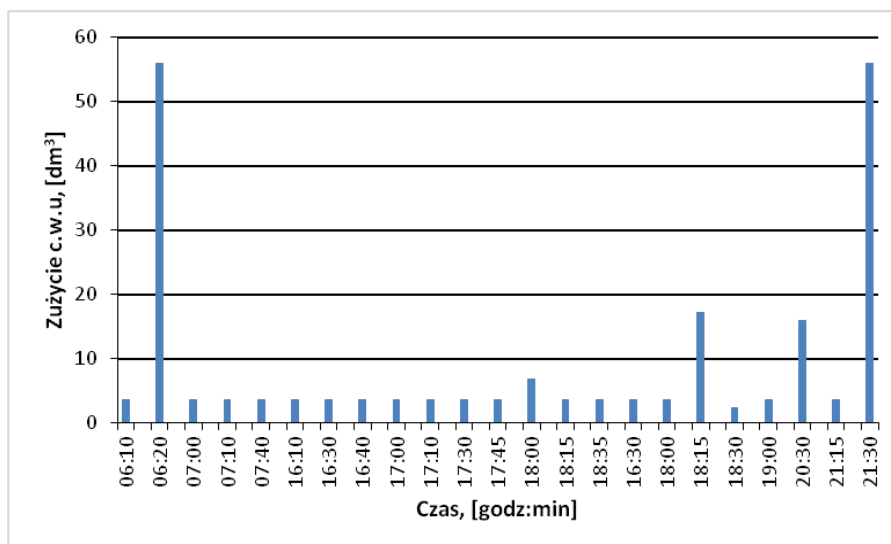
1.3. Opis mieszkania M2

W referencyjnym budynku wielorodzinnym NAPE znajduje się 8 mieszkań typu M2 zlokalizowanych na piętrach od 1 do 7 oraz na parterze. Poniżej na rysunku przedstawiono rzut mieszkania M2.

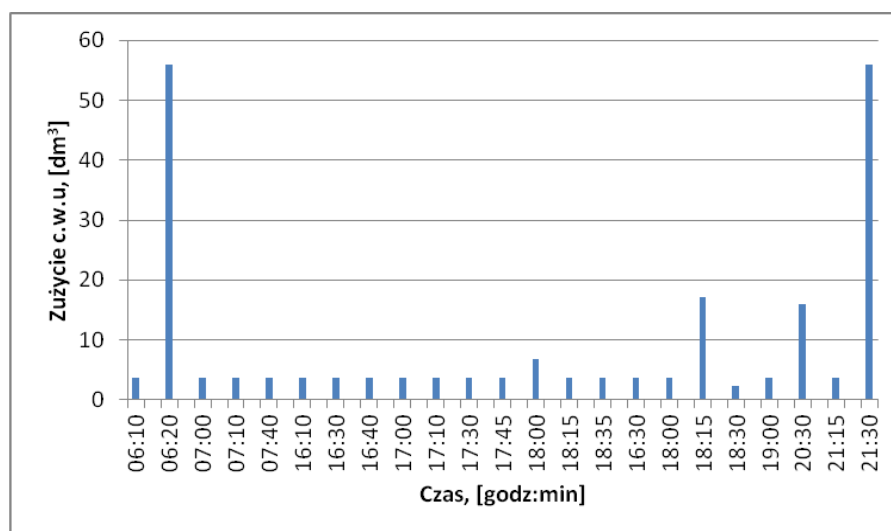


Rys. 7. Rzut mieszkania M2 w wielorodzinnym budynku referencyjnym NAPE.

W mieszkaniu tym znajduje się przedsiónek, łazienka wraz z WC, oddzielna kuchnia, pokój dzienny oraz jedna sypialnia, a całkowita powierzchnia mieszkania wynosi około 66,5 m². Mieszkanie to jest użytkowane przez dwie osoby dorosłe. Harmonogram zużycia ciepłej wody dla dni roboczych oraz dla dni wolnych od pracy przedstawiono odpowiednio na rys. 9 i 10. Przedstawione harmonogramy zostały opracowane w oparciu o normę [20] i uwzględniają także rozkłady założonych schematów występowania zysków wilgoci związanych z przebywaniem ludzi, pochodzących z procesów gotowania, zmywania oraz prania a także związanych z myciem się mieszkańców (w wannach i pod prysznicami). Szczegółowe obliczenia wielkości godzinowego zużycia ciepłej wody oraz zapotrzebowania na energię niezbędną do podgrzania zużytej ciepłej wody w lokalu mieszkalnym M2 zamieszczono w załącznikach 3 i 4 (odpowiednio dla dni roboczych i dni wolnych od pracy) na końcu niniejszego opracowania.



Rys. 8. Harmonogram rozborów ciepłej wody dla mieszkania M2 dla dni roboczych.



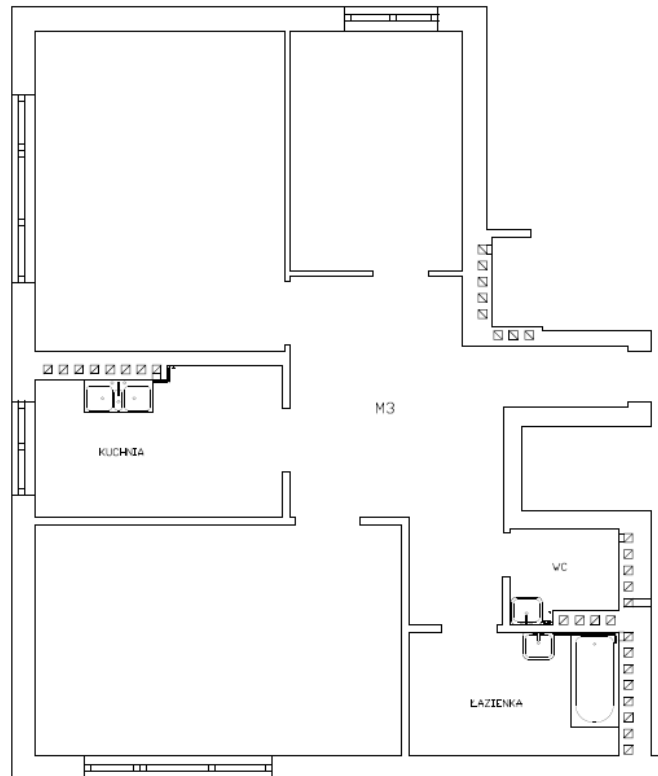
Rys. 9. Harmonogram rozborów ciepłej wody dla mieszkania M2 dla dni wolnych od pracy.

1.4. Opis mieszkania M3

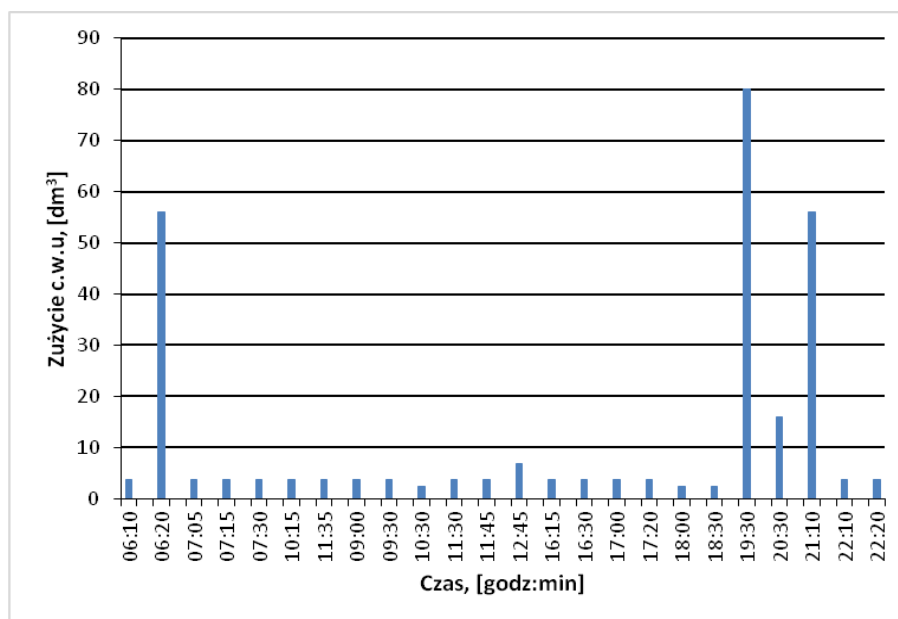
W referencyjnym budynku wielorodzinnym NAPE znajduje się 8 mieszkań typu M3 zlokalizowanych na piętrach od 1 do 7 oraz na parterze. Poniżej na rysunku przedstawiono rzut mieszkania M3.

W mieszkaniu tym znajduje się przedsionek, łazienka, oddzielny WC, oddzielna kuchnia, pokój dzienny oraz dwie sypialnie, a całkowita powierzchnia mieszkania wynosi około 88,9 m². Mieszkanie to jest użytkowane przez dwie osoby dorosłe oraz jedno dziecko. Harmonogram zużycia ciepłej wody dla dni roboczych oraz dla dni wolnych od pracy przedstawiono odpowiednio na rys. 12 i 13. Przedstawione harmonogramy zostały opracowane w oparciu o normę [20] i uwzględniają także rozkłady założonych schematów występowania zysków wilgoci związanych z przebywaniem ludzi, pochodzących z procesów gotowania, zmywania oraz prania a także związanych z myciem się mieszkańców (w wannach i pod prysznicami). Szczegółowe obliczenia wielkości godzinowego zużycia ciepłej wody oraz zapotrzebowania na energię niezbędną do podgrzania zużytej ciepłej wody w lokalu mieszkalnym M3 zamieszczono

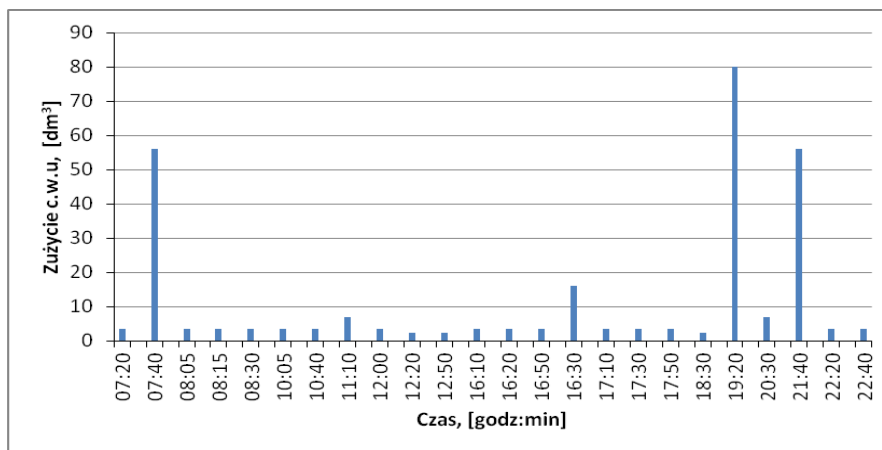
w załącznikach 5 i 6 (odpowiednio dla dni roboczych i dni wolnych od pracy) na końcu niniejszego opracowania.



Rys. 10. Rzut mieszkania M3 w wielorodzinnym budynku referencyjnym NAPE.



Rys. 11. Harmonogram rozbiórów ciepłej wody dla mieszkania M3 dla dni roboczych.



Rys. 12. Harmonogram rozborów ciepłej wody dla mieszkania M3 dla dni wolnych od pracy.

2. Referencyjne źródło ciepła do przygotowania c.w.u.

Źródłem ciepła do przygotowania c.w.u. w budynku jest warszawska miejska sieć ciepłownicza. Ciepło przekazywane jest w węźle wyposażonym w wymiennik płytowy, licznik ciepła, regulator temperatury wody ciepłej i niezbędną armaturę.

Szczegółowy opis węzła znajduje się w opisie wielorodzinnego budynku referencyjnego NAPE na potrzeby oceny energetycznej systemów zaopatrzenia w ciepło [16].

Ogólna sprawność źródła ciepła na potrzeby c.w.u. wynosi 90%.

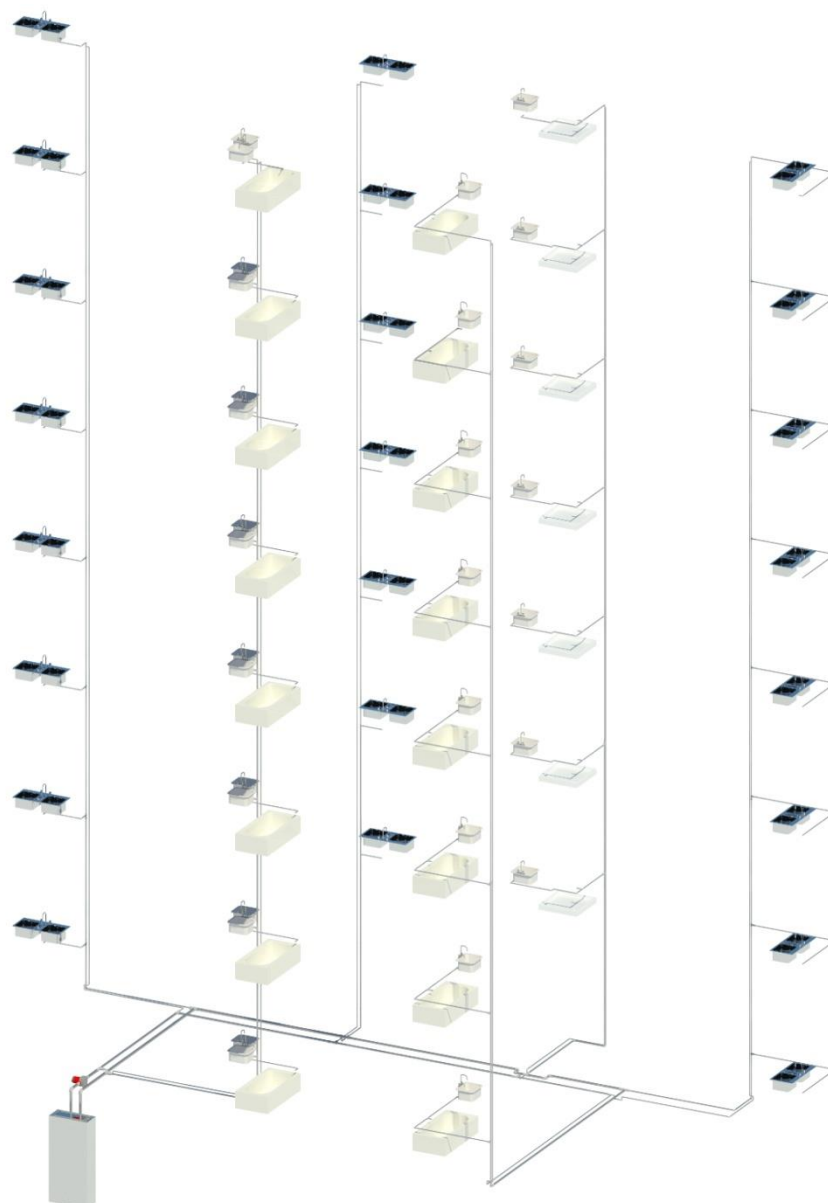
3. Opis referencyjnej instalacji c.w.u.

Referencyjną instalację ciepłej wody użytkowej dla budynku wielorodzinnego zaprojektowano zgodnie z normą [17] i wytycznymi technicznymi dla budynków zawartych w rozporządzeniu [21].

Jako materiał instalacyjny przyjęto rury stalowe ocynkowane ze szwem średnie zgodne z normą [17], łączone za pomocą gwintowanych łączników z żeliwa ciągliwego.

Ciepła woda przygotowana jest w wymienniku płytowym zasilanym czynnikiem grzewczym z miejskiej sieci ciepłowniczej, zlokalizowanym w pomieszczeniu węzła cieplnego znajdującego się w piwnicy budynku.

Instalację ciepłej wody zaprojektowano z rozdziałem dolnym na poziomie kondygnacji piwnic budynku (rys. 13). Woda ciepła rozprowadzana jest do poszczególnych punktów czerpalnych za pomocą 6 pionów na poszczególne kondygnacje. Na każdym odgałęzieniu od pionu zlokalizowano zawór odcinający oraz wodomierz mieszkaniowy służący do rozliczania ilości zużytej ciepłej wody w poszczególnych lokalach mieszkalnych.



Rys. 13. Aksonometria instalacji c.w.u. i instalacji cyrkulacyjnej.

Przepływy obliczeniowe dla poszczególnych odcinków instalacji c.w.u. określono na podstawie wzorów z normy [18]. Na tej podstawie dobrano średnice poszczególnych odcinków instalacji wody ciepłej oraz przewodów cyrkulacyjnych. Szczegółowe wyniki obliczeń zamieszczono w tabl. Z.7-1, Z.7-2, Z.7-3, Z.7-4, Z.7-5 w załączniku 7 niniejszego opracowania.

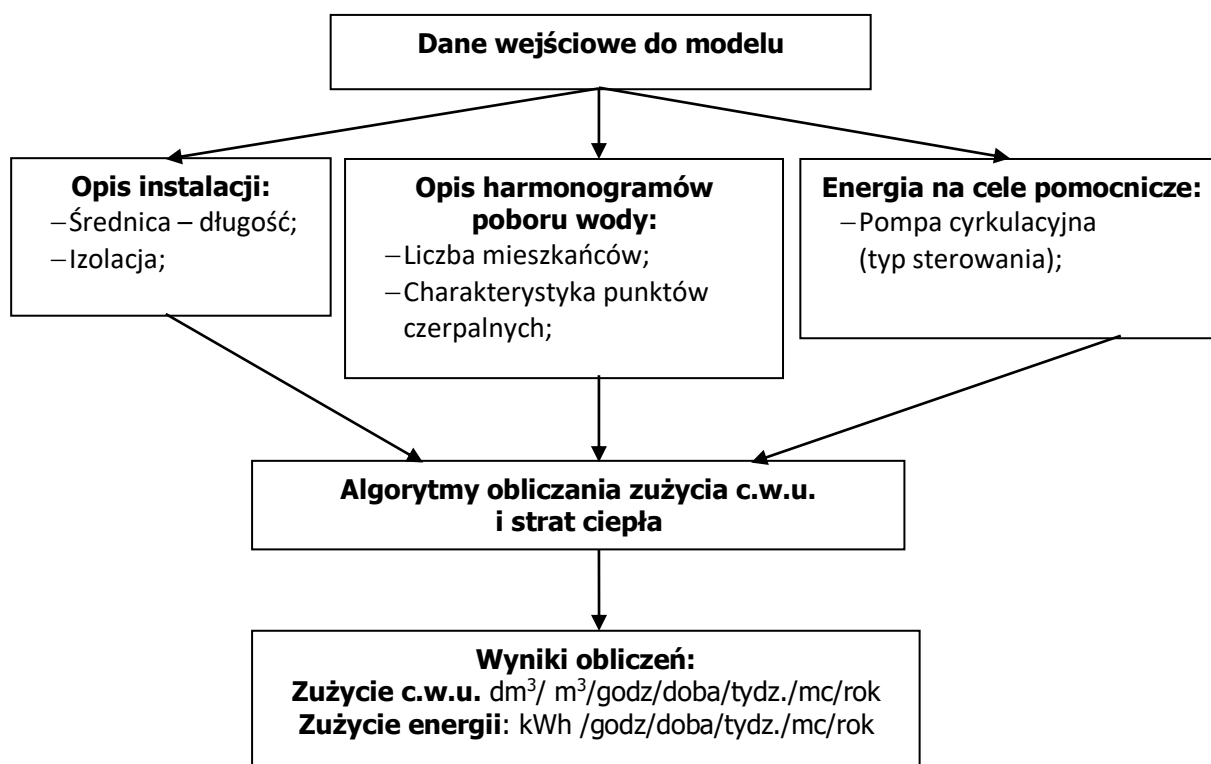
Z instalacją współpracuje pompa cyrkulacyjna, zapewniająca zgodną z wymaganiami technicznymi temperaturę wody ciepłej w zakresie: 60-55°C. Pompa zlokalizowana jest na przewodzie cyrkulacyjnym doprowadzającym wodę ciepłą z obiegu cyrkulacyjnego do króćca zasilającego wymiennik do c.w.u. Dobrano pompę WILO-Star-Z 25/6-3 o mocy silnika elektrycznego jednofazowego 38 W (ew. Grundfos Alpha2 25-60 N, 31 W).

Przewody instalacji ciepłej wody oraz przewody cyrkulacyjne zaizolowano zgodnie z wymaganiami normy [19] otuliną o grubości ścianki 20 mm dla rur o średnicy do 20 mm i 30 mm dla rur o średnicy do 50 mm. Wymagane grubości ścianek otuliny odnoszą się do materiału izolacyjnego o współczynniku przewodności cieplnej 0,035 W/(m²·K).

Część II Obliczenie zużycia energii na potrzeby c.w.u.

4. Założenia ogólne do modelu instalacji c.w.u.

Model instalacji ciepłej wody użytkowej umożliwia określenie zużycia energii niezbędnej do przygotowania (podgrzania) ciepłej wody na potrzeby osób zamieszkujących referencyjny budynek mieszkalny wielorodzinny, strat ciepła podczas przesyłu wody z urządzenia do jej przygotowania do poszczególnych punktów czerpalnych i strat energii związanych z utrzymaniem wymaganej temperatury wody ciepłej. Algorytm obliczeniowy zastosowany w modelu instalacji umożliwia określanie wielkości zużycia ciepłej wody oraz energii potrzebnej do jej przygotowania i transportu do punktów czerpalnych w różnych przedziałach czasowych: od godziny, doby, tygodnia, miesiąca aż do okresu rocznego. Na rys. 14 przedstawiono ogólny schemat blokowy algorytmu.



Rys. 14. Schemat blokowy algorytmu obliczania zużycia energii dla instalacji c.w.u.

Jako dane wejściowe do modelu przewidziano następujące parametry związane z **charakterystyką techniczną budynku**:

- rodzaj budynku (wielorodzinny, jednorodzinny),
- liczba kondygnacji/powtarzalność kondygnacji,
- opis lokali mieszkalnych oraz pomieszczeń sanitarnych (rodzaje pomieszczeń sanitarnych, wyposażenie w punkty czerpalne),
- liczba mieszkańców/osób korzystających/użytkowników instalacji,

- harmonogram/scenariusz zużycia c.w.u. (powiązany z harmonogramem zysków ciepła, wentylacji, ogrzewania na podstawie [16]).

W grupie danych wejściowych związanych z **charakterystyką instalacji c.w.u.** uwzględniono następujące parametry:

- długość przewodów instalacji wody ciepłej w układzie: średnica/długość,
- długość przewodów obiegów cyrkulacyjnych w układzie: średnica/długość,
- rodzaj i liczba punktów czerpalnych podłączonych do instalacji c.w.u. (baterie czerpalne),
- charakterystyka hydrauliczna baterii czerpalnych ($Q=f(H)$),
- harmonogram dobowy/godzinowy pracy pompy cyrkulacyjnej.

Charakterystykę urządzenia do przygotowania c.w.u. i urządzeń towarzyszących (np. pompy cyrkulacyjne) opisano następującymi parametrami:

- rodzaj urządzenia do podgrzewania c.w.u. (wymiennik płytowy zasilany energią z miejskiej sieci ciepłowniczej, podgrzewacz elektryczny/gazowy, wymiennik ciepła, kocioł, kolektory słoneczne, itp.),
- skojarzone źródła ciepła (np. ogniwa fotowoltaiczne-podgrzewacz elektryczny, odzysk ciepła ze zużytej wody ciepłej/ścieków szarych),
- straty ciepła przy podgrzewaniu c.w.u. – sprawność źródła ciepła,
- straty ciepła związane z pracą instalacji cyrkulacyjnej wraz z pompą obiegową (harmonogram pracy pompy, zużycie energii do napędu pompy).

W module obliczeniowym algorytmu dla określonego harmonogramu zużycia c.w.u. (przedział 24 godz/dobę, zróżnicowanie dni roboczych oraz dni wolnych od pracy) określono:

- ilość ciepła niezbędną do podgrzania c.w.u. w ilości jej zapotrzebowania przez użytkowników w poszczególnych lokalach mieszkalnych,
- straty ciepła przy przesyłaniu c.w.u. od urządzenia do podgrzewania do punktów czerpalnych przy ilości wody równej zużyciu przez użytkowników instalacji,
- straty ciepła podczas pracy obiegów cyrkulacyjnych,
- straty ciepła związane z przygotowaniem c.w.u. – sprawność źródła ciepła.

Cząstkowe ilości ciepła i strat energii zsumowano dla każdego przedziału czasu zastosowanego w modelu symulacyjnym instalacji.

Wyniki obliczeń symulacyjnych są podawane na podstawie harmonogramów godzinowych/dobowych/tygodniowych/miesięcznych/rocznych zużycia energii na przygotowanie c.w.u. i pokrycie strat ciepła:

- zapotrzebowanie na ciepło na podgrzanie cwu zużytej przez użytkowników w budynku,
- straty ciepła w instalacji c.w.u.,
- straty ciepła w obiegach cyrkulacyjnych,
- straty ciepła związane z pracą urządzeń pomocniczych (pompy cyrkulacyjne),
- straty ciepła w źródle ciepła wykorzystywanego do podgrzewania c.w.u.

Wyniki są podawane w postaci tabelarycznej i w postaci graficznej jako wykresy.

W modelu instalacji c.w.u. zastosowano szereg ograniczeń i uproszczeń, które nie wpływają w sposób znaczący na dokładność otrzymywanych wyników.

Są to następujące założenia:



1. Przyjęto, że woda ciepła ma temperaturę przed punktem czerpalnym wynoszącą 55°C. Podczas poboru wody woda ciepła o tej temperaturze jest mieszana z wodą zimną (o temperaturze ok. 10°C) w stosunku 50/50. Przy takim stopniu zmieszania temperatura wody wypływającej z wylewki baterii czerpalnej będzie wynosiła ok. 37-38°C. Taką temperaturę wody ciepłej uznaje się za spełniającą wymagania komfortu cieplnego podczas mycia ciała i kąpieli.
2. Przyjęto, że w obliczeniach strat ciepła prędkość w przewodach instalacji wody ciepłej będzie równa prędkości podczas rozbiórów wody. W przewodach cyrkulacyjnych przyjęto prędkość wody równą prędkości podczas pracy obiegu cyrkulacyjnego (bez rozbiórów, np. praca w godzinach nocnych).
3. Przyjęto spadki temperatury wody ciepłej w przewodach prowadzonych w brzdach (0,15 K/m) i w przewodach prowadzonych w piwnicy (0,5 K/m). Przyjęto także temperatury otoczenia dla przypadku prowadzenia przewodów w brzdach ($t_o=25^\circ\text{C}$) i dla prowadzenia przewodu w piwnicy budynku ($t_o=10^\circ\text{C}$).
4. Do obliczeń przyjęto przewody ze stali ocynkowanej zaizolowane zgodnie z normą [19].

5. Obliczenie zapotrzebowania na c.w.u.

5.1. Harmonogramy rozbiórów c.w.u.

Do obliczeń symulacyjnych przyjęto zmodyfikowane harmonogramy rozbiórów wody ciepłej z normy [20].

Na potrzeby określenia optymalnej objętości zasobnika na ciepłą wodę wykorzystano z cytowanej normy trzy harmonogramy:

- cykl typu S,
- cykl typu M,
- cykl typu L.

Następnie dokonano modyfikacji wybranych harmonogramów zużycia ciepłej wody uwzględniając rodzaje lokali mieszkalnych w budynku referencyjnym (M1, M2 i M3) i przyjęte wcześniej liczby mieszkańców dla każdego lokalu (rozd. 1.2, 1.3, 1.4). Skorygowano także czasowy rozkład czynności związanych z poborem ciepłej wody z istniejącymi harmonogramami zysków wilgoci z modelu wentylacji dla budynku referencyjnego [16].

Zmodyfikowane harmonogramy, przyjęte do modelu instalacji zamieszczono w wersjach tabelarycznych w załącznikach 1, 2, 3, 4, 5 i 6 na końcu opracowania.

W algorytmie wykorzystano harmonogramy, w których każda czynność związana ze zużyciem wody ciepłej jest identyfikowana przez czas rozpoczęcia wypływu wody oraz przez czas trwania tego wypływu [24].

Dlatego harmonogramy zamieszczone w załącznikach zawierają tylko te przedziały czasu, w których odbywał się pobór wody. Innymi słowy konstrukcja harmonogramów nie jest związana ze stałymi, równymi przedziałami czasu (np. minutowymi, godzinowymi, itp.).

5.2. Charakterystyka hydrauliczna baterii czerpalnych

W algorytmie obliczeń zużycia wody przyjęto następujące typy baterii czerpalnych, spełniające wymagania odpowiednich norm przedmiotowych:

Baterie dwuuchwytowe	- PN-EN 200:2008
Baterie jednouchwytowe	- PN-EN 817:2008
Baterie termostatyczne	- EN 1111 (EN 1112, EN 1113)
Baterie samoczynnie zamykane	- PN-EN 816:2000
Baterie bezdotykowe	- PN-EN 15091:2007

Do budynku referencyjnego przyjęto wyposażenie punktów czerpalnych w baterie jednouchwytowe, wyposażone w perlator zamontowany na wylewce.

Założono, że woda ciepła w budynku będzie doprowadzana wyłącznie do baterii czerpalnych mieszających, takich jak: bateria umywalkowa, wannowo-prysznicowa, prysznicowa, zlewozmywakowa.

Założono, że takie urządzenia jak pralka automatyczna czy zmywarka do naczyń traktowane są jako obiekty autarkiczne, w których ciepła woda jest przygotowywana wyłącznie na potrzeby działania tych urządzeń i jej ilość nie ma związku z poborem wody ciepłej w instalacji przez mieszkańców budynku referencyjnego.

Kryterium zgodności z odpowiednią normą europejską zapewnia, że przyjętą w rozwiązaniu projektowym bateria czerpalna spełnia wymagania dotyczące szczelności, odpowiednich właściwości mechanicznych i hydraulicznych, odporności mechanicznej na zużycie jak też posiada odpowiednie właściwości akustyczne.

Dla przedstawionych typów baterii czerpalnych w algorytmie obliczania zużycia wody uwzględniono specyfikę poboru wody z baterii (np. inna w przypadku baterii dwu- lub jednouchwytowej w porównaniu z baterią bezdotykową) a także – w miarę możliwości i stopnia udokumentowania – inne rozwiązania konstrukcyjne baterii, wpływające na zmniejszenie zużycia wody (np. ograniczniki wypływu – „eko-przyciski”).

Każda bateria czerpalna jest opisana za pomocą charakterystyki hydraulicznej, czyli zależności wydajności q od wysokości ciśnienia przed baterią H w postaci funkcyjnej:

$$q = f(H)$$

lub w postaci stabilizowanej:

H [m]	$q = f(H)$ [dm ³ /min]
H1	q1
H2	q2
H3	q3
H4	q4
H5	q5

Na podstawie tej funkcji można określić wydajność baterii czerpalnych zainstalowanych przy różnych punktach czerpalnych, w zależności od panującego ciśnienia H przez daną baterią czerpalną.

5.3. Ciśnienie w charakterystycznych punktach instalacji c.w.u.

W algorytmie zużycia ciepłej wody uwzględniono fakt, że na każdej kondygnacji panuje inne ciśnienie przed bateriami czerpalnymi: najwyższe na najniższych kondygnacjach i najniższe na kondygnacjach najwyższych.



Przy obliczaniu ciśnienia panującego na każdej kondygnacji uwzględniono wielkość ciśnienia w przyłączy wodociągowym dla budynku, straty ciśnienia w instalacji wody ciepłej a także straty ciśnienia na wodomierzu głównym i wodomierzach mieszkaniowych. Przykładowe obliczenia wysokości ciśnienia dla budynku referencyjnego przedstawiono w tabl. 2.

Tabela 2. Obliczenia wysokości ciśnienia przed bateriami czepalnymi na poszczególnych kondygnacjach budynku referencyjnego.

Nr kondygnacji	Wysokość geometryczna	Straty ciśnienia przed baterią czepalną	Efektywna wysokość ciśnienia w przyłączy wodociągowym	Wysokość ciśnienia H przed baterią czepalną	Wysokość ciśnienia H przed baterią czepalną
	m	m sł. H₂O	m sł. H₂O	m sł. H₂O	bar
Parter	1,30	5,70	30,00	24,30	2,43
I	4,20	9,60	30,00	20,40	2,04
II	7,10	13,50	30,00	16,50	1,65
III	10,00	17,40	30,00	12,60	1,26
IV	12,90	18,30	30,00	11,70	1,17
V	15,80	22,20	30,00	7,80	0,78
VI	18,70	26,10	30,00	3,90	0,39
VII	21,60	29,00	30,00	1,00	0,10

5.4. Obliczenie zużycia c.w.u.

Obliczenia, których wyniki przedstawiono w tabl. 3 wykonano przy użyciu arkusza kalkulacyjnego. Na podstawie przyjętych harmonogramów czasowych poborów ciepłej wody w dni robocze oraz dni wolne od pracy na różne cele oraz przyjętych charakterystyk hydraulicznych baterii czepalnych przeprowadzono obliczenia symulacyjne zużycia wody w poszczególnych lokalach mieszkalnych zlokalizowanych na wszystkich kondygnacjach budynku referencyjnego.

W poszczególnych kolumnach tabeli 3 obliczono zużycie wody ciepłej w dniu roboczym, w dniu wolnym od pracy, następnie przeliczono wartości zużycia dobowego na tydzień, miesiąc i cały rok.

W kolumnach 3 i 4 tabeli 3 zamieszczono także do celów porównawczych wielkości zużycia ciepłej wody w dni robocze oraz w dni wolne od pracy przeliczone na jednego mieszkańca budynku referencyjnego.

Tabela 3. Wyniki obliczeń wielkości zużycia c.w.u. w budynku referencyjnym.

Zużycie CWU w budynku wielorodzinnym NAPE							
1	2	3	4	5	6	7	8
	Dzień roboczy	Dzień wolny	Dzień rob. Jedn	Dzień wol. Jedn	Razem tydzień	Razem miesiąc	Razem rok
	[dm ³ /d]	[dm ³ /d]	[dm ³ /Md]	[dm ³ /Md]	[m ³ /tydz]	[m ³ /mc]	[m ³ /r]
Parter							
M-1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0	0,0	0,0
M-2	218,72	218,72	109,36	109,36	1,5	6,6	79,8
M-3	285,05	298,47	95,02	99,49	2,0	8,7	105,4
Razem:	503,77	517,19			3,6	15,2	185,3
I piętro							
M-1	94,23	91,37	94,23	91,37	0,7	2,8	34,1
M-2	205,96	205,96	102,98	102,98	1,4	6,2	75,2
M-3	268,21	278,93	89,40	92,98	1,9	8,1	99,0
Razem:	568,41	576,26			4,0	17,1	208,3
II piętro							
M-1	65,31	89,10	65,31	89,10	0,5	2,1	26,3
M-2	190,18	190,18	95,09	95,09	1,3	5,7	69,4
M-3	247,83	251,60	82,61	83,87	1,7	7,5	90,9
Razem:	503,32	530,88			3,6	15,3	186,6
III piętro							
M-1	60,95	81,78	60,95	81,78	0,5	2,0	24,4
M-2	174,52	174,52	87,26	87,26	1,2	5,2	63,7
M-3	227,40	230,84	75,80	76,95	1,6	6,8	83,4
Razem:	462,86	487,14			3,3	14,1	171,5
IV piętro							
M-1	60,04	80,58	60,04	80,58	0,5	2,0	24,1
M-2	171,95	190,18	85,97	95,09	1,2	5,3	64,7
M-3	224,03	227,42	74,68	75,81	1,6	6,7	82,1
Razem:	456,02	498,18			3,3	14,0	170,8
V piętro							
M-1	54,49	73,18	54,49	73,18	0,4	1,8	21,8
M-2	156,13	156,13	78,06	78,06	1,1	4,7	57,0
M-3	203,37	206,70	67,79	68,90	1,4	6,1	74,6
Razem:	413,99	436,02			2,9	12,6	153,4
VI piętro							
M-1	53,50	71,93	53,50	71,93	0,4	1,8	21,4
M-2	153,38	154,01	76,69	77,01	1,1	4,6	56,0
M-3	199,71	202,71	66,57	67,57	1,4	6,0	73,2
Razem:	406,59	428,65			2,9	12,4	150,7
VII piętro							
M-1	37,41	50,42	37,41	50,42	0,3	1,2	15,0
M-2	107,44	107,44	53,72	53,72	0,8	3,2	39,2
M-3	139,77	149,57	46,59	49,86	1,0	4,3	52,0
Razem:	284,62	307,42			2,0	8,7	106,3
Razem dla budynku:	3 599,59	3 781,73			25,56	109,44	1 332,79

5.5. Obliczenie zapotrzebowania na energię do podgrzania zużytej c.w.u.

Na podstawie obliczonej ilości zużytej ciepłej wody w budynku referencyjnym obliczono następnie ilość energii niezbędnej do podgrzania tej objętości wody przy następujących założeniach:

Temperatura wody zimnej - 10°C,

Temperatura wody ciepłej - 60°C,

Wyniki obliczeń zapotrzebowania na energię do podgrzania c.w.u. przedstawiono w tabl. 4 dla okresów czasowych: tygodnia, miesiąca, roku.

Tabela 4. Wyniki obliczeń zapotrzebowania na energię do podgrzania c.w.u. w budynku referencyjnym.

Zużycie energii na podgrzanie CWU			
	Razem tydzień	Razem miesiąc	Razem rok
	[kWh/tydz]	[kWh/mc]	[kWh/r]
Parter			
M-1	0,00	0,00	0,00
M-2	89,10	381,85	4645,81
M-3	117,68	503,89	6135,90
Razem:	206,8	885,7	10 781,7
I piętro			
M-1	38,05	163,18	1984,28
M-2	83,90	359,58	4374,86
M-3	110,50	473,24	5761,86
Razem:	232,5	996,0	12 121,0
II piętro			
M-1	29,37	125,10	1531,26
M-2	77,47	332,02	4039,58
M-3	101,40	434,43	5287,00
Razem:	208,2	891,5	10 857,8
III piętro			
M-1	27,25	116,10	1420,65
M-2	71,09	304,69	3707,02
M-3	93,03	398,60	4850,95
Razem:	191,4	819,4	9 978,6
IV piętro			
M-1	26,85	114,38	1399,64
M-2	72,17	308,68	3762,68
M-3	91,66	392,70	4779,18
Razem:	190,7	815,8	9 941,5
V piętro			
M-1	24,37	103,84	1270,62
M-2	63,60	272,57	3316,32
M-3	83,23	356,61	4340,00
Razem:	171,2	733,0	8 926,9
VI piętro			
M-1	23,94	101,97	1247,84
M-2	62,56	268,07	3261,79

M-3	81,70	350,06	4260,25
Razem:	168,2	720,1	8 769,9
VII piętro			
M-1	16,76	71,38	873,45
M-2	43,77	187,56	2282,04
M-3	58,08	248,58	3028,18
Razem:	118,6	507,5	6 183,7
	[kWh/tydz]	[kWh/mc]	[kWh/r]
Razem dla budynku:	1 487,53	6 369,08	77 561,14

5.6. Straty ciepła w instalacji c.w.u.

W modelu obliczono straty ciepła z zaizolowanych przewodów doprowadzających c.w.u. do poszczególnych punktów odbioru. W obliczeniach uwzględniono wymianę ciepła przez przewodzenie oraz przejmowanie (brak promieniowania). Do obliczeń przyjęto przewody ze stali ocynkowanej zaizolowane zgodnie z wymaganiami Warunków Technicznych, [22] - norma [19].

W obliczeniach założono spadek temperatury wody w przewodach rozprowadzających w piwnicy równy 0,5 K/m oraz spadek temperatury wody w przewodach prowadzonych w szachtach instalacyjnych i w brzdach równy 0,15 K/m. Wartości spadków temperatury obliczono na podstawie wartości orientacyjnych strat jednostkowych zawartych w [23].

Wartością wejściową w modelu jest temperatura c.w.u. wypływająca z podgrzewacza. Do obliczeń przyjęto wartość równą 60 °C.

Straty ciepła z przewodów c.w.u. obliczono ze wzoru:

$$Q = \frac{1}{\sum R_l} \cdot \left(\frac{t_p + t_k}{2} - t_0 \right) \cdot L \quad [\text{W}] \quad (5-1)$$

gdzie:

t_p – temperatura wody w początkowym punkcie odcinka obliczeniowego przewodu, [°C],
 t_k – temperatura wody w końcowym punkcie odcinka obliczeniowego przewodu, [°C],
 t_0 – temperatura otoczenia przewodu, [°C],
 L – długość odcinka przewodu, [m],
 $\sum R_l$ – suma liniowych oporów przenikania ciepła, [mK/W].

Temperaturę otoczenia przewodów przyjęto zgodnie z [23] i [25]:

- dla przewodów znajdujących się w piwnicy $t_0 = 5$ °C,
- dla przewodów w brzdach i szachtach instalacyjnych $t_0 = 25$ °C,

Wartość temperatury początkowej w pierwsze działce za podgrzewaczem przyjęto równą 60°C.

Wartość temperatury w końcowym punkcie przewodu obliczono ze wzoru:

$$t_k = t_p - \Delta t \cdot L \quad [^\circ\text{C}] \quad (5-2)$$

gdzie:

t_p – temperatura wody w początkowym punkcie przewodu, [°C],
 t_k – temperatura wody w końcowym punkcie przewodu, [°C],
 Δt – spadek temperatury wody w przewodach:
 - rozprowadzających w piwnicy $\Delta t = 0,5$ K,
 - prowadzonych w brzdach i szachtach instalacyjnych $\Delta t = 0,15$ K,
 L – długość odcinka przewodu, [m].

W kolejnym kroku ze wzoru (5-3) obliczono sumę liniowych oporów przenikania ciepła:

$$\sum R_l = \frac{1}{\pi \cdot d_w \cdot \alpha_f} + \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \lambda_r} \cdot \ln \frac{d_z}{d_w} + \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \lambda_{iz}} \cdot \ln \frac{d_{iz}}{d_z} + \frac{1}{\pi \cdot d_{iz} \cdot \alpha_w} \quad [\text{mK/W}] \quad (5-3)$$

gdzie:

λ_r – współczynnik przewodzenia ciepła przewodu, [W/mK],
 λ_{iz} – współczynnik przewodzenia ciepła izolacji przewodu, [W/mK],
 d_z – średnica zewnętrzna przewodu, [mm],
 d_{iz} – średnica izolacji przewodu, [mm],
 α_w – współczynnik przejmowania ciepła z warstwy izolacji do otoczenia, [W/m²K],
 α_f – współczynnik przejmowania ciepła po stronie cieczy, [W/m²K].

Do obliczeń przyjęto współczynnik przejmowania ciepła po stronie zewnętrznej powietrza równy 4 W/m²K ze względu na konwekcję swobodną.

Współczynnik przejmowania ciepła po stronie wody został obliczony ze wzoru:

$$\alpha_f = \frac{\lambda_f \cdot Nu_f}{d_w} \quad [\text{W/m}^2\text{K}] \quad (5-4)$$

gdzie:

λ_f – współczynnik przewodzenia ciepła odczytany dla średniej temperatury cieczy w odcinku przewodu, [W/mK],
 d_w – średnica wewnętrzna przewodu, [mm],
 Nu_f – liczba *Nusselta*, [-].

Współczynnik przewodzenia ciepła wody odczytano z tablic dla średniej temperatury wody w danym

odcinku przewodu $t_{sr} = \frac{t_p - t_k}{2}$ [°C].

Liczbę *Nusselta* obliczono ze wzoru:

$$Nu_f = 0,021 \cdot Re_f^{0,8} \cdot Pr_f^{0,43} \cdot \varepsilon_t \cdot \varepsilon_l \quad [-] \quad (5-5)$$

gdzie:

Nu_f – liczba *Nusselta*, [-],

$$\varepsilon_t \text{ - przy chłodzeniu cieczy } \varepsilon_t = \left(\frac{Pr_f}{Pr_w} \right)^{0,11} [-],$$

ε_t - ze względu na znaczne długości przewodów przyjęto do obliczeń $\varepsilon_t = 1$, [-],
 Pr_f – liczba *Prandtla* odczytana dla średniej temperatury cieczy w odcinku przewodu, [-],
 Pr_w – liczba *Prandtla* odczytana dla temperatury cieczy na końcu odcinka przewodu, [-].

Liczbę *Reynoldsa* obliczono ze wzoru:

$$Re_f = \frac{w \cdot d_w}{\nu_f} [-] \quad (5-6)$$

gdzie:

Re_f – liczba *Reynoldsa*, [-],
 w – prędkość wody w przewodzie w danym odcinku instalacji, [m/s],
 d_w – średnica wewnętrzna przewodu, [mm],
 ν_f – współczynnik lepkości kinematycznej odczytany dla średniej temperatury wody w odcinku przewodu, [m²/s].

Zgodnie z przedstawionym algorytmem obliczono straty energii cieplnej podczas przesyłu ciepłej wody od wymiennika c.w.u. zlokalizowanego w piwnicy budynku referencyjnego aż do poszczególnych punktów czerpalnych.

Przyjęto, że straty te występują zarówno podczas okresów poboru ciepłej wody zgodnie z przyjętymi w modelu harmonogramami dla poszczególnych lokali mieszkalnych, jak i w godzinach nocnych, gdy w instalacji występują wyłącznie przepływy związane z pracą obiegów cyrkulacyjnych.

5.7. Zużycie energii elektrycznej do celów pomocniczych

Założono, że obieg cyrkulacyjny współpracujący z instalacją ciepłej wody współpracuje z pompą obiegową, która została dobrana w projekcie instalacji cyrkulacyjnej dla budynku referencyjnego (rozdz. 3). W modelu instalacji c.w.u. można zdefiniować różne harmonogramy sterowania pracą pompy cyrkulacyjnej, np.:

- praca ciągła 24 godz/dobę,
- sterowanie wyłącznikiem czasowym,
- sterowanie czujnikiem temperatury wody ciepłej w przewodzie powrotnym instalacji cyrkulacyjnej,
- sterowanie pracą pompy cyrkulacyjnej z uwzględnieniem dezynfekcji termicznej.

Dla budynku referencyjnego założono w algorytmie modelu instalacji pracę ciągłą pompy cyrkulacyjnej. Moc silnika dobranej pompy cyrkulacyjnej wynosi 38 W.

Wyniki obliczeń zużycia energii przez pompę cyrkulacyjną przedstawiono w tabeli:

Tabela 5. Wyniki obliczeń zapotrzebowania na energię napędu pompy obiegowej w instalacji c.w.u. w budynku referencyjnym.

Energia do napędu pompy cyrkulacyjnej			
Razem doba	Razem tydzień	Razem miesiąc	Razem rok
[kWh/d]	[kWh/tydz]	[kWh/mc]	[kWh/r]
0,9	6,4	27,4	332,9

6. Wyniki obliczeń dla referencyjnej instalacji c.w.u.

Na podstawie przeprowadzonych obliczeń cząstkowych obejmujących zużycie energii na poszczególne cele w instalacji c.w.u. określono sumaryczne zapotrzebowanie na energię cieplną i elektryczną. Uwzględniono następujące elementy zapotrzebowania na energię (zgodnie ze schematem modelu pokazanym na rys. 14):

- zużycie energii na podgrzanie zużywanej wody ciepłej w budynku referencyjnym NAPE,
- straty ciepła występujące w całej instalacji c.w.u. podczas przesyłu ciepłej wody z wymiennika do poszczególnych punktów czerpalnych,
- straty ciepła związane z utrzymaniem w instalacji c.w.u. wymaganej temperatury wody ciepłej,
- zużycie energii do napędu pompy cyrkulacyjnej.

W tabl. 6 przedstawiono końcowe wyniki obliczeń zapotrzebowania na energię dla instalacji c.w.u. w budynku referencyjnym NAPE. Wyniki podano w następujących przedziałach czasowych:

- doba (dla dnia roboczego i dnia wolnego od pracy),
- tydzień (7 dni, 5 dni roboczych i 2 dni wolne od pracy),
- miesiąc (30 dni, w tym 22 dni robocze i 8 dni wolnych),
- rok (365 dni, w tym 261 dni roboczych i 104 dni wolne od pracy).

Tabela 6. Wyniki obliczeń zapotrzebowania na energię dla instalacji c.w.u. w budynku referencyjnym NAPE.

Dzień roboczy	Dzień wolny	Razem tydzień	Razem miesiąc	Razem rok
[kWh/d]	[kWh/d]	[kWh/tydz]	[kWh/mc]	[kWh/r]
Zużycie energii na podgrzanie CWU				
209,48	220,08	1 487,53	6 369,08	77 561,14
Straty ciepła w całej instalacji CWU				
46,80	46,80	327,63	1404,11	17 083,32
Energia do napędu pompy cyrkulacyjnej				
0,91	0,91	6,38	27,36	332,88
Łączne zapotrzebowanie na energię dla instalacji CWU				
257,19	267,79	1 821,54	7 800,55	94 977,34

Razem energia cieplna	94 961 kWh/rok
Razem energia elektryczna	333 kWh/rok
Sprawność źródła ciepła	0,9
Razem energia końcowa cieplna	105 512 kWh/rok
Razem energia końcowa elektryczna	333 kWh/rok

Po uwzględnieniu sprawności źródła ciepła wynoszącej 0,9 oraz wskaźników nakładu dla energii pierwotnej 0,80 (zgodnie z referencyjnym systemem ogrzewania opisanym w [16]) i 3,0 (energia elektryczna) zgodnie z [21], otrzymano zużycie energii pierwotnej wynoszące 85 408 kWh/rok.

Literatura

- [1] Chudzicki J. Charakterystyka ogólna normy EN 15316-3 w zakresie instalacji ciepłej wody. Polski Instalator, 2009, Nr 9, str. 56-57.
- [2] Chudzicki J. Instalacje ciepłej wody w budynkach. Biblioteka Fundacji Poszanowania Energii. Wyd. Fundacja Poszanowania Energii, Warszawa-Poznań, 2006. ISBN 83-86337-12-5, ISBN 83-89949-13-X.
- [3] Chudzicki J. O metodologii obliczeń energii do przygotowania c.w.u. w świadectwach energetycznych. Polski Instalator, 2009, Nr 9, str. 58-65.
- [4] Chudzicki J. Obliczanie zapotrzebowania na energię do przygotowania ciepłej wody użytkowej. Forum „Termomodernizacja 2008”. Związek Audytorów Energetycznych, Warszawa, 17 czerwiec 2008.
- [5] Chudzicki J. Ocena energetyczna instalacji ciepłej wody. Materiały Budowlane nr 1/2006, str 18-19, Wyd. SIGMA-NOT, Warszawa 2006.
- [6] Chudzicki J. Structural model of water and energy consumption efficiency in residential buildings. World Sustainable Building Conference, Melbourne, Australia, 21-25 wrzesień 2008. Book of Abstracts, str. 106 (ref. nr 177).
- [7] Chudzicki J. Techniczne możliwości oszczędzania wody i energii w budynkach użyteczności publicznej – wnioski ze STEP-u. Energia i Budynek, nr 2/2011, ISSN 1897-5879, str. 22-25.
- [8] Chudzicki J. Techniczne możliwości oszczędzania wody w budynkach. Warunki Techniczne.pl, nr 4 [10] 2015. Str. 38-41. Wyd. Stowarzyszenie Nowoczesne Budynki.
- [9] Chudzicki J. Uwagi krytyczne na temat obliczeń zapotrzebowania energii do przygotowania ciepłej wody w świadectwach energetycznych budynków. Ref. w mat. III Konferencji naukowo-technicznej pt.: Instalacje wodociągowe i kanalizacyjne – projektowanie, wykonawstwo, eksploatacja. Dębe, maj 2009.
- [10] Chudzicki J., Sołoduskiewicz A. Badania jednostkowego zużycia wody w wielorodzinnych budynkach mieszkalnych na przykładzie Spółdzielni Mieszkaniowej „URSUS” w Warszawie. GWITS nr 1/2006 r, str. 16-19.
- [11] Chudzicki J., Sosnowski S. Instalacje wodociągowe – projektowanie, wykonanie, eksploatacja. Wyd. Seidel-Przywecki Sp. z o.o., Wydanie III poprawione i uzupełnione Warszawa 2011. ISBN 978-83-60956-25-0.
- [12] Dąbrowski J. Kolektory słoneczne do podgrzewania wody użytkowej. Efektywność i opłacalność instalacji. Wyd. Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu. Wrocław 2009. ISSN 1898-1151. ISBN 978-83-60574-77-5.
- [13] EN 15316-3-1:2007 Heating systems in building – Method for calculation of system energy requirements and efficiencies – Part 3.1 Domestic hot water systems, characterisation of needs (tapping requirements).
- [14] EN 15316-3-2:2007 Heating systems in building – Method for calculation of system energy requirements and efficiencies – Part 3.2 Domestic hot water systems, distribution.
- [15] EN 15316-3-3:2007 Heating systems in building – Method for calculation of system energy requirements and efficiencies – Part 3.3 Domestic hot water systems, generation.
- [16] Kwiatkowski J., Mijkowski M., Rucińska J., Sowa J. Wielorodzinny budynek referencyjny NAPE zdefiniowany na potrzeby oceny efektywności energetycznej systemów wentylacji w wielorodzinnym budynku mieszkalnym v4.0. Warszawa, kwiecień 2020.



- [17] PN-74/H-74200. Rury stalowe ocynkowane ze szwem gwintowane średnie.
- [18] PN-B-01706:1992/Az1:1999 Instalacje wodociągowe - Wymagania w projektowaniu.
- [19] PN-B-02421:2000. Ogrzewnictwo i ciepłownictwo. Izolacja cieplna przewodów, armatury i urządzeń. Wymagania i badania odbiorcze.
- [20] PN-EN 16147:2011. Pompy ciepła ze sprężarkami o napędzie elektrycznym – Badanie i wymagania dotyczące oznakowania zespołów do ogrzewania pomieszczeń i ciepłej wody użytkowej.
- [21] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 27 lutego 2015 r. w sprawie metodologii wyznaczania charakterystyki energetycznej budynku lub części budynku oraz świadectw charakterystyki energetycznej, Dz. U. 2015 poz. 376.
- [22] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie, wersja ujednolicona, Dz.U. 2019 poz. 1065.
- [23] Szaflik W. Projektowanie instalacji ciepłej wody użytkowej w budynkach mieszkalnych. Wyd. Uczelniane Politechniki Szczecińskiej. Szczecin, 2008. ISBN 978-83-7457-049-7.
- [24] Tabernacki J. Metodyka analizy powstawania zjawisk przepływu i zużycia wody w instalacjach wodociągowych budynków mieszkalnych. Prace naukowe Inżynieria Sanitarna i Wodna, Zeszyt nr 11, Wyd. Oficyna Wydawnicza PW, Warszawa 1990. ISSN 0860-343X.
- [25] Technische Regel Arbeitsblatt W 553. Bemessung von Zirkulationssystemen in zentralen Trinkwassererwärmungsanlagen. DVGW, Dezember 1998.

7. Załączniki:

- Załącznik 1. Harmonogram rozbiórów wody ciepłej dla mieszkania M-1 dla dni roboczych.
- Załącznik 2. Harmonogram rozbiórów wody ciepłej dla mieszkania M-1 dla dni wolnych od pracy.
- Załącznik 3. Harmonogram rozbiórów wody ciepłej dla mieszkania M-2 dla dni roboczych.
- Załącznik 4. Harmonogram rozbiórów wody ciepłej dla mieszkania M-2 dla dni wolnych od pracy.
- Załącznik 5. Harmonogram rozbiórów wody ciepłej dla mieszkania M-3 dla dni roboczych.
- Załącznik 6. Harmonogram rozbiórów wody ciepłej dla mieszkania M-3 dla dni wolnych od pracy.
- Załącznik 7. Wyniki obliczeń projektowych referencyjnej instalacji c.w.u.

Załącznik 1. Harmonogram rozbiórów wody ciepłej dla mieszkania M-1 dla dni roboczych.

Harmonogram rozbiórów wody ciepłej według PN-EN 16147:2011

Mieszkanie M-1
Liczba mieszkańców: 1 osoba
Dzień roboczy wg cyklu nr 1

L.p.	Czas początku czynności	Opis poboru	Rodzaj baterii czerpalnej	Czas trwania	wydajność baterii cwu	Zużycie wody ciepłej	Moc cieplna do podgrzania wody	Zapotrzebowanie na energię do przygotowania c.w.u
				[min]	[dm ³ /min]	[dm ³]	[kW]	[kWh]
1	06:15	mały	U	0,90	4,0	3,6	13,97	0,21
2	06:30	mały	U	0,90	4,0	3,6	13,97	0,21
3	07:00	mycie naczyń małe	ZI	1,70	4,0	6,8	13,97	0,40
4	07:15	mały	U	0,90	4,0	3,6	13,97	0,21
5	16:15	mały	U	0,90	4,0	3,6	13,97	0,21
6	17:45	mały	U	0,90	4,0	3,6	13,97	0,21
7	18:00	sprzątanie	ZI	0,60	4,0	2,4	13,97	0,14
8	18:20	mały	U	0,90	4,0	3,6	13,97	0,21
9	19:10	mały	U	0,90	4,0	3,6	13,97	0,21
10	20:00	mycie naczyń małe	ZI	1,70	4,0	6,8	13,97	0,40
11	21:30	prysznic	N	4,30	8,0	34,4	27,93	2,00
Objętość cwu:						75,6		4,40

Załącznik 2. Harmonogram rozbiórów wody ciepłej dla mieszkania M-1 dla dni wolnych od pracy.

Harmonogram rozbiórów wody ciepłej według PN-EN 16147:2011

Mieszkanie M-1
Liczba mieszkańców: 1 osoba
Dzień wolny wg cyklu nr 1

L.p.	Czas początku czynności	Opis poboru	Rodzaj baterii czerpalnej	Czas trwania	wydajność baterii cwu	Zużycie wody ciepłej	Moc cieplna do podgrzania wody	Zapotrzebowanie na energię do przygotowania c.w.u
				[min]	[dm ³ /min]	[dm ³]	[kW]	[kWh]
1	07:15	mały	U	0,90	4,0	3,6	13,97	0,21
2	07:30	mały	U	0,90	4,0	3,6	13,97	0,21
4	08:30	mycie naczyń małe	ZI	1,70	4,0	6,8	13,97	0,40
5	10:30	mały	U	0,90	4,0	3,6	13,97	0,21
6	12:15	mały	U	0,90	4,0	3,6	13,97	0,21
7	14:30	mały	U	0,90	4,0	3,6	13,97	0,21
8	15:30	mycie naczyń średnie	ZI	2,30	4,0	9,2	13,97	0,54
9	18:00	sprzątanie	ZI	0,60	4,0	2,4	13,97	0,14
10	18:20	mały	U	0,90	4,0	3,6	13,97	0,21
11	19:00	mały	U	0,90	4,0	3,6	13,97	0,21
12	20:30	mycie naczyń małe	ZI	1,70	4,0	6,8	13,97	0,40
13	22:00	prysznic	N	7,00	8,0	56	27,93	3,26
Objętość cwu:						106,4		6,19

Załącznik 3. Harmonogram rozbiórów wody ciepłej dla mieszkania M-2 dla dni roboczych.

Harmonogram rozbiórów wody ciepłej według PN-EN 16147:2011

Mieszkanie M-2
Liczba mieszkańców: 2 osoby
Dzień roboczy wg cyklu nr 2

L.p.	Czas początku czynności	Opis poboru	Rodzaj baterii czerpalnej	Czas trwania	wydajność baterii cwu	Zużycie wody ciepłej	Moc cieplna do podgrzania wody	Zapotrzebowanie na energię do przygotowania c.w.u
				[min]	[dm ³ /min]	[dm ³]	[kW]	[kWh]
1	06:10	mały	U	0,90	4	3,6	13,97	0,21
2	06:20	prysznic	N	7,00	8	56	27,93	3,26
3	07:00	mały	U	0,90	4	3,6	13,97	0,21
4	07:10	mały	U	0,90	4	3,6	13,97	0,21
5	07:40	mały	U	0,90	4	3,6	13,97	0,21
6	16:10	mały	U	0,90	4	3,6	13,97	0,21
7	16:30	mały	U	0,90	4	3,6	13,97	0,21
8	16:40	mały	ZI	0,90	4	3,6	13,97	0,21
9	17:00	mały	U	0,90	4	3,6	13,97	0,21
10	17:10	mycie podłogi	ZI	0,90	4	3,6	13,97	0,21
11	17:30	mały	U	0,90	4	3,6	13,97	0,21
12	17:45	mały	U	0,90	4	3,6	13,97	0,21
13	18:00	mycie naczyń małe	ZI	1,70	4	6,8	13,97	0,40
14	18:15	mały	U	0,90	4	3,6	13,97	0,21
15	18:35	mały	U	0,90	4	3,6	13,97	0,21
16	16:30	mały	U	0,90	4	3,6	13,97	0,21
17	18:00	mały	U	0,90	4	3,6	13,97	0,21
18	18:15	sprzątanie	ZI	4,30	4	17,2	13,97	1,00
19	18:30	sprzątanie	ZI	0,60	4	2,4	13,97	0,14
20	19:00	mały	U	0,90	4	3,6	13,97	0,21
21	20:30	mycie naczyń duże	ZI	4,00	4	16	13,97	0,93
22	21:15	mały	U	0,90	4	3,6	13,97	0,21
23	21:30	prysznic	N	7,00	8	56	27,93	12,19
Objętość cwu:						215,6		21,48

Załącznik 4. Harmonogram rozbiórów wody ciepłej dla mieszkania M-2 dla dni wolnych od pracy.

Harmonogram rozbiórów wody ciepłej według PN-EN 16147:2011

Mieszkanie M-2
Liczba mieszkańców: 2 osoby
Dzień wolny wg cyklu nr 2

L.p.	Czas początku czynności	Opis poboru	Rodzaj baterii czerpalnej	Czas trwania	wydajność baterii cwu	Zużycie wody ciepłej	Moc cieplna do podgrzania wody	Zapotrzebowanie na energię do przygotowania c.w.u
				[min]	[dm ³ /min]	[dm ³]	[kW]	[kWh]
1	06:10	mały	U	0,90	4	3,6	13,97	0,21
2	06:20	prysznic	N	7,00	8	56	27,93	3,26
3	07:00	mały	U	0,90	4	3,6	13,97	0,21
4	07:10	mały	U	0,90	4	3,6	13,97	0,21
5	07:40	mały	U	0,90	4	3,6	13,97	0,21
6	16:10	mały	U	0,90	4	3,6	13,97	0,21
7	16:30	mały	U	0,90	4	3,6	13,97	0,21
8	16:40	mały	ZI	0,90	4	3,6	13,97	0,21
9	17:00	mały	U	0,90	4	3,6	13,97	0,21
10	17:10	mycie podłogi	ZI	0,90	4	3,6	13,97	0,21
11	17:30	mały	U	0,90	4	3,6	13,97	0,21
12	17:45	mały	U	0,90	4	3,6	13,97	0,21
13	18:00	mycie naczyń małe	ZI	1,70	4	6,8	13,97	0,40
14	18:15	mały	U	0,90	4	3,6	13,97	0,21
15	18:35	mały	U	0,90	4	3,6	13,97	0,21
16	16:30	mały	U	0,90	4	3,6	13,97	0,21
17	18:00	mały	U	0,90	4	3,6	13,97	0,21
18	18:15	sprzątanie	ZI	4,30	4	17,2	13,97	1,00
19	18:30	sprzątanie	ZI	0,60	4	2,4	13,97	0,14
20	19:00	mały	U	0,90	4	3,6	13,97	0,21
21	20:30	mycie naczyń duże	ZI	4,00	4	16	13,97	0,93
22	21:15	mały	U	0,90	4	3,6	13,97	0,21
23	21:30	prysznic	N	7,00	8	56	27,93	12,19
Objętość cwu:						215,6		21,48

Załącznik 5. Harmonogram rozbiórów wody ciepłej dla mieszkania M-3 dla dni roboczych.

Harmonogram rozbiórów wody ciepłej według PN-EN 16147:2011

Mieszkanie M-3
Liczba mieszkańców: 2+1 osoby
Dzień roboczy

L.p.	Czas początku czynności	Opis poboru	Rodzaj baterii czerpalnej	Czas trwania	wydajność	Zużycie	Moc cieplna do	Zapotrzebowanie
					baterii cwu	wody ciepłej	podgrzania wody	na energię do przygotowania c.w.u
				[min]	[dm ³ /min]	[dm ³]	[kW]	[kWh]
1	06:10	mały	U	0,90	4	3,6	13,97	0,21
2	06:20	prysznic	N	7,00	8	56	27,93	3,26
3	07:05	mały	U	0,90	4	3,6	13,97	0,21
4	07:15	mały	U	0,90	4	3,6	13,97	0,21
6	07:30	mały	U	0,90	4	3,6	13,97	0,21
7	10:15	mały	U	0,90	4	3,6	13,97	0,21
8	11:35	mały	ZI	0,90	4	3,6	13,97	0,21
9	09:00	mały	U	0,90	4	3,6	13,97	0,21
10	09:30	mały	ZI	0,90	4	3,6	13,97	0,21
11	10:30	mycie podłogi	U	0,60	4	2,4	13,97	0,14
12	11:30	mały	U	0,90	4	3,6	13,97	0,21
13	11:45	mały	U	0,90	4	3,6	13,97	0,21
14	12:45	mycie naczyń małe	ZI	1,70	4	6,8	13,97	0,40
15	16:15	mały	U	0,90	4	3,6	13,97	0,21
16	16:30	mały	U	0,90	4	3,6	13,97	0,21
17	17:00	mały	U	0,90	4	3,6	13,97	0,21
18	17:20	mały	U	0,90	4	3,6	13,97	0,21
19	18:00	sprzątanie	ZI	0,60	4	2,4	13,97	0,14
20	18:30	sprzątanie	U	0,60	4	2,4	13,97	0,14
21	19:30	kąpiel w wannie	W	10,00	8	80	27,93	4,66
22	20:30	mycie naczyń duże	ZI	4,00	4	16	13,97	0,93
23	21:10	prysznic	N	7,00	8	56	27,93	3,26
24	22:10	mały	U	0,90	4	3,6	13,97	12,19
25	22:20	mały	U	0,90	4	3,6	13,97	12,19
					Objętość cwu:	279,6		40,24

Załącznik 6. Harmonogram rozbiórów wody ciepłej dla mieszkania M-3 dla dni wolnych od pracy.

Harmonogram rozbiórów wody ciepłej według PN-EN 16147:2011

Mieszkanie M-3 Liczba mieszkańców: 2+1 osoby Dzień wolny
--

L.p.	Czas początku czynności	Opis poboru	Rodzaj baterii czepalnej	Czas trwania	wydajność baterii cwu	Zużycie wody ciepłej	Moc cieplna do podgrzania wody	Zapotrzebowanie na energię do przygotowania c.w.u
				[min]	[dm ³ /min]	[dm ³]	[kW]	[kWh]
1	07:20	mały	U	0,90	4	3,6	13,97	0,21
2	07:40	prysznic	N	7,00	8	56	27,93	3,26
3	08:05	mały	U	0,90	4	3,6	13,97	0,21
4	08:15	mały	U	0,90	4	3,6	13,97	0,21
6	08:30	mały	U	0,90	4	3,6	13,97	0,21
7	10:05	mały	U	0,90	4	3,6	13,97	0,21
8	10:40	mały	ZI	0,90	4	3,6	13,97	0,21
9	11:10	mycie naczyń małe	ZI	1,70	4	6,8	13,97	0,40
10	12:00	mały	U	0,90	4	3,6	13,97	0,21
11	12:20	mały	U	0,60	4	2,4	13,97	0,14
12	12:50	mały	U	0,60	4	2,4	13,97	0,14
13	16:10	mały	U	0,90	4	3,6	13,97	0,21
14	16:20	mały	U	0,90	4	3,6	13,97	0,21
15	16:50	mały	U	0,90	4	3,6	13,97	0,21
16	16:30	mycie naczyń duże	ZI	4,00	4	16	13,97	0,93
17	17:10	mały	U	0,90	4	3,6	13,97	0,21
18	17:30	mały	U	0,90	4	3,6	13,97	0,21
19	17:50	mały	U	0,90	4	3,6	13,97	0,21
20	18:30	sprzątanie	U	0,60	4	2,4	13,97	0,14
21	19:20	kąpiel w wannie	W	10,00	8	80	27,93	4,66
22	20:30	mycie naczyń małe	ZI	1,70	4	6,8	13,97	0,40
23	21:40	prysznic	N	7,00	8	56	27,93	3,26
24	22:20	mały	U	0,90	4	3,6	13,97	12,19
25	22:40	mały	U	0,90	4	3,6	13,97	12,19
Objętość cwu:						282,8		40,42