

Projekt Ogrzewania Mieszkania

Adrian Sobiński

2025-02-02

Contents

1) Wstęp	3
2) Opis mieszkania	3
3) Analiza matematyczna i numeryczna	4
Analiza matematyczna	4
Analiza numeryczna	6
Dyskretyzacja	7
Energia pozyskiwana przez grzejniki	7
4) Zastosowane wartości fizyczne	7
Stałe Fizyczne	7
Temperatura zewnętrzna	8
5) Opis grzejników	8
6) Problemy badawcze	9
Wyjaśnienie problemów badawczych	9
Ogólny Opis Eksperymentów	9
7) Czy grzejnik musi być pod oknem?	10
Pierwsza godzina nagrzewania	10
Wnioski	11
Wykresy pobieranej energii	12
Wnioski	13
Wykresy średnich temperatur pokoi i mieszkania	14
Wnioski	14
Wstateczny wniosek	15
8) Co robić z grzejnikami wychodząc z domu?	16
Bardzo zimny dzień	16
Pierwsza godzina nagrzewania po powrocie do mieszkania o 15:00	16
Wykresy pobieranej energii	19
Wykresy średnich temperatur pokoi i mieszkania	22
Wnioski	23
Zimny dzień	24
Pierwsza godzina nagrzewania po powrocie do mieszkania o 15:00	24
Wykresy pobieranej energii	27
Wykresy średnich temperatur pokoi i mieszkania	30
Wnioski	31
Chłodny dzień	32

Pierwsza godzina nagrzewania po powrocie do mieszkania o 15:00	32
Wykresy pobieranej energii	35
Wykresy średnich temperatur pokoi i mieszkania	38
Wnioski	39
9) Bibliografia	40

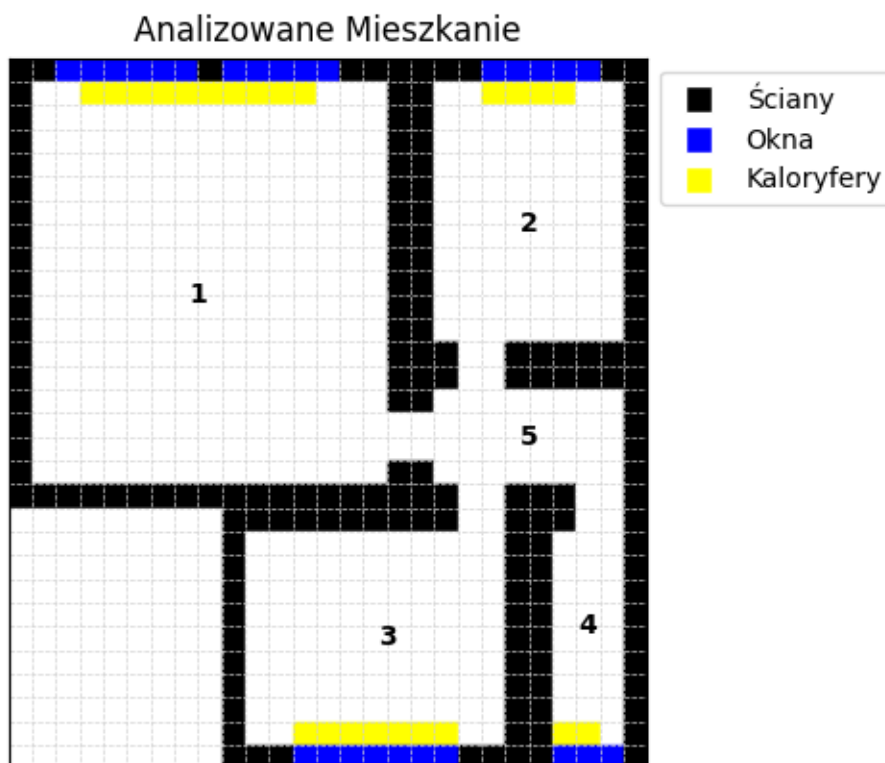
1) Wstęp

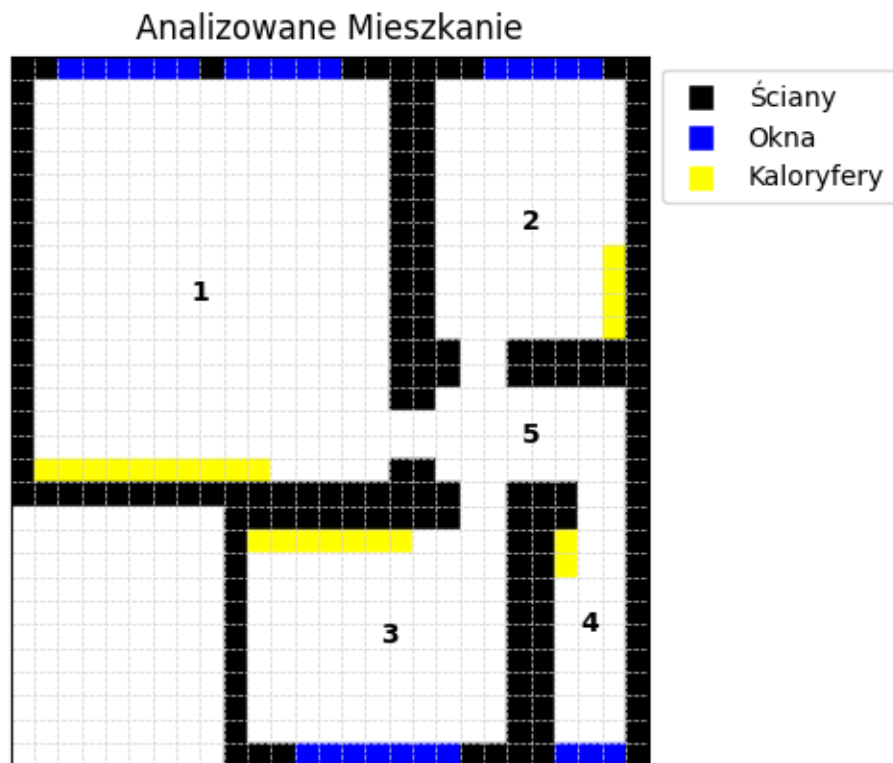
Celem projektu jest analiza efektywności ogrzewania mieszkania różnymi metodami. Do owej analizy zastosowane zostały równania różniczkowe, dokładniej równania ciepła. Dla przeprowadzenia długotrwałych symulacji zastosowano metody numeryczne bazujące na równaniach ciepła.

2) Opis mieszkania

Wszystkie eksperymenty dokonywane są na jednakowym mieszkaniu posiadającym 5 pokoi, zróżnicowanych pod względem rozmiaru, pod względem wielkości i obecności okien oraz drzwi.

Poniżej znajdują się dwa szkice tego samego mieszkania, ale z różnie rozmieszczonymi kaloryferami.





Mieszkanie zostało podzielone na małe kwadraty o boku 0.5 metra (równoodległa siatka o kroku $h = 0.5$). Operacja ta została jednakowo dokonana dla okien, ścian, drzwi i kaloryferów.

Dwa różne ułożenia kaloryferów będą konieczne przy rozwiązywaniu jednego z problemów badawczych.

3) Analiza matematyczna i numeryczna

Analiza matematyczna

W tym projekcie rozpatrujemy następujące zagadnienie przewodnictwa ciepłego w domu, czyli na obszarze $\Omega \subset \mathbb{R}^2$: Funkcja $u(x, t)$ wyraża wartość temperatury w punkcie x i czasie t .

Równanie przewodnictwa ciepłego:

$$u_t = \alpha \Delta u + f_i(x, y, u), \quad (x, y) \in P_i, \quad t > 0, \quad i \in \{1, 2, 3, 4, 5\}$$

Obiekt $P_i \subset \Omega$ definiujemy jako pokój składający się ze ścian, okien, drzwi i kaloryferów.

Stała α oznacza współczynnik przewodnictwa ciepłego.

Warunki brzegowe i początkowe:

1. Warunek Dirichleta na oknach (części pokoju określonej mianem okna):

$$u = T_{\text{out}}(t), \quad t \geq 0$$

Funkcja $T_{\text{out}}(t)$ to wartość temperatury zewnętrznej w czasie t . Wartości tej funkcji w zależności od t ustalono na podstawie pomiarów temperaturowych w określonych dniach.

2. Warunek Neumanna na ścianach (części pokoju określonej mianem ściany oraz na drzwiach przed dokonaniem *uśrednienia*):

$$\nabla u \cdot n = 0$$

3. Średnia wartość na drzwiach (obszar składający się z części dwóch pokoi):

$$u = \frac{1}{|D_i|} \int_{D_i} u \, dx$$

Obszar D_i to właśnie drzwi, a wartość $|D_i|$ to rozmiar tego obszaru.

4. Temperatura początkowa (dla całego mieszkania z wyłączeniem okien):

$$u_0 = 278.15$$

Wartość ta jest wyrażana w Kelwinach, gdyż aby zapobiec ujemnym wartościom posłużymy się właśnie taką skalą. Wartość ta odpowiada 5°C .

Warunki Dirichleta na oknach symulują kontakt okien ze światem zewnętrznym o zmiennej (różnej od tej w mieszkaniu) temperaturze, na którą mieszkanie nie ma wpływu.

Warunki Neumanna na ścianach symulują pełną izolację ścian.

Uśrednienie wartości temperatury na drzwiach symuluje przepływ ciepła pomiędzy pokojami.

Źródło ciepła:

Funkcja $f_i(x, u)$ jest źródłem ciepła grzejnika. Wyraża się ona w następujący sposób:

$$f_i(x, y, u) = \frac{P}{\rho \cdot |R_i| \cdot c} \cdot \mathbf{1}_{\{(x,y) \in R_i\}}(x) \cdot \mathbf{1}_{\left\{\frac{1}{|R_i^*|} \int_{R_i^*} u \, d\omega < S_{\max}\right\}}(u)$$

- Obszar R_i to obszar położenia i -tego grzejnika, zatem $|R_i|$ to rozmiar tego obszaru.
- Obszar R_i^* to obszar położenia i -tego grzejnika wraz z otaczającymi go obszarami o wartości jednej jednostki dyskretyzacji h , zatem $|R_i^*|$ to rozmiar tego obszaru.
- Wartość S_{\max} to graniczna wartość temperatury, zależna od poziomu termostatu.
- Stała P to moc grzejnika (wszystkie grzejniki w domu mają tę samą moc).
- Stała ρ to gęstość powietrza.
- Stała c to ciepło właściwe powietrza.

Funkcja ta jest niezerowa na obszarze grzejnika, gdy równocześnie są spełnione warunki temperatury ustalone przez termostat.

Wyjaśnienia

- Dla każdego pokoju przeprowadzamy osobne obliczenia, a jedyna interakcja pomiędzy pokojami następuje za pośrednictwem drzwi.
- Jednostki w jakich wyrażamy obszar to metry, a czas wyrażamy w sekundach.

Analiza numeryczna

Schemat numeryczny służący do rozwiązywania zagadnienia.

Wykorzystamy schemat numeryczny różnic skończonych, który wyprowadza się następująco.

Nasze rozważane równanie różniczkowe to:

$$u(x, y, t) = \alpha \Delta u + f_i(x, y, u(x, y, t))$$

Całkujemy obustronnie względem bardzo małego kroku czasowego h_t (dyskretyzacja po czasie):

$$\int_t^{t+h} u(x, y, s) ds = \int_t^{t+h} \alpha \Delta u(x, y, s) ds + \int_t^{t+h} f_i(x, y, u(x, y, s)) ds$$

Otrzymujemy następujące rozwiązanie:

$$u(x, y, t + h_t) = u(x, y, t) + h_t \alpha \Delta u(x, y, t) + h_t f_i(x, y, u(x, y, t))$$

Estymując wartość: $\Delta u(x, y, t)$ otrzymamy:

$$\Delta u(x, y, t) \approx \frac{\partial^2 u(x, y, t)}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u(x, y, t)}{\partial y^2}$$

Za to posilując się rozwinięciem w szereg Taylora funkcji $u(x, t)$ w otoczeniu punktu x otrzymujemy:

Dla punktu $x + h$

$$u(x + h, t) = u(x, t) + h u_x(x, t) + \frac{h^2}{2} u_{xx}(x, t) + \frac{h^3}{6} u_{xxx}(x, t) + \dots$$

Dla punktu $x - h$

$$u(x - h, t) = u(x, t) - h u_x(x, t) + \frac{h^2}{2} u_{xx}(x, t) - \frac{h^3}{6} u_{xxx}(x, t) + \dots$$

Wartość h to bardzo mały krok przesunięcia wzdłuż osi X i osi Y (dyskretyzacja przestrzeni).

Dodając te równania otrzymujemy przybliżenie:

$$u(x + h, t) + u(x - h, t) \approx 2u(x, t) + h^2 u_{xx}(x, t)$$

Przekształcając:

$$u_{xx}(x, t) \approx \frac{u(x + h, t) - 2u(x, t) + u(x - h, t)}{h^2}$$

Analogicznie dla drugiej pochodnej po y .

Stąd estymacja wartości $\Delta u(x, y, t)$ wygląda następująco:

$$\Delta u(x, y, t) \approx \frac{1}{h^2} (u(x + h, y, t) + u(x - h, y, t) + u(x, y - h, t) + u(x, y + h, t) - 4u(x, y, t))$$

Po wszystkich tych przekształceniach otrzymujemy schemat numeryczny stosowany w projekcie:

$$u(x, y, t+h_t) = u(x, y, t) + \frac{\alpha h_t}{h^2} (u(x+h, y, t) + u(x-h, y, t) + u(x, y-h, t) + u(x, y+h, t) - 4u(x, y, t)) + h_t f_i(x, y, u(x, y, t))$$

Dyskretyzacja

Aby został spełniony warunek stabilności schematu numerycznego, czyli $\frac{\alpha h_t}{h^2} < \frac{1}{2}$, dyskretyzacja została dobrana następująco:

- $h_t = 0.5$ oczywiście w sekundach
- $h = 0.5$ oczywiście w metrach

Dokładna wizualizacja dyskretyzacji płaszczyzny mieszkania widoczna jest w rozdziale *Opis mieszkania*.

Energia pozyskana przez grzejniki

Energię pozyskaną do pracy przez każdy kaloryfer z osobna wyznacza się za pomocą funkcji:

$$\Psi(t) = \int_0^t \int_{\Omega} f(x, u(x, s)) dx ds$$

Za wynik eksperymentu uznajemy sumę wartości $\Psi(t)$ dla każdego kaloryfera w tym samym czasie t ($\sum_{i=1}^4 \Psi_i(t)$). Za ostateczny wynik eksperymentu uznajemy oczywiście:

$$\sum_{i=1}^4 \Psi_i(T)$$

Gdzie T oznacza 172800 sekund, czyli poprostu dobe od rozpoczęcia eksperymentu.

4) Zastosowane wartości fizyczne

Stałe Fizyczne

W powyższym rozdziale w przypadku funkcji f wystąpiły pewne zmienne P , ρ i c .

Wyrażają one odpowiednio **moc kaloryferów** (równą i stałą dla wszystkich kaloryferów), **gęstość powietrza w mieszkaniu** (stałą w całym mieszkaniu) oraz **ciepło właściwe powietrza** (stałe w całym mieszkaniu).

W analizie matematycznej wystąpiła również stała α oznaczająca współczynnik przewodnictwa cieplnego.

- Moc kaloryferów wyrażana jest w watach (W)
- Gęstość powietrza wyrażana jest w kilogramach na metr sześcienny ($\frac{kg}{m^3}$)
- Ciepło właściwe wyraża się w dżulach na kilogram razy Kelvin ($\frac{J}{kg \cdot K}$)
- Współczynnik przewodnictwa cieplnego wyraża się w watach na metr razy Kelvin ($\frac{W}{m \cdot K}$)

Wszystkie te stałe fizyczne wraz z wartościami wypisane są w poniższej tabeli:

Table 1: Tabela stałych fizycznych

Stałe	Wartość
Gęstość Powietrza w Mieszkaniu	1.200
Ciepło Właściwe Powietrza w Mieszkaniu	1005.000
Moc Kaloryferów w Mieszkaniu	1200.000
Współczynnik Przewodnictwa Ciepłego	0.025

Temperatura zewnętrzna

Temperatura którą będziemy analizować będzie wyrażana w Kelwinach. Zapobiegnie to wartością ujemnych w otrzymywanych wynikach.

W eksperymentach będziemy odwoływać się do pojęć takich jak **bardzo zimny dzień**, **zimny dzień** oraz **chłodny dzień**.

Pod względem matematycznym są to po prostu odpowiednie ciągi wartości temperatur okien (wartości dla warunków Dirichleta), zmienne w czasie.

Bardzo zimny dzień definiujemy jako 09.01.2024r., który był najzimniejszym dniem owego stycznia we Wrocławiu. Średnia wartość temperatury we Wrocławiu wyniosła wtedy -10.8°C .

Zimny dzień definiujemy jako 12.01.2024r. Średnia wartość temperatury we Wrocławiu wyniosła wtedy -1°C .

Chłodny dzień definiujemy jako 30.01.2024r. Średnia wartość temperatury we Wrocławiu wyniosła wtedy 3.3°C .

Pomiary temperatury zewnętrznej dokonują się co 10 minut. Wtedy też może dokonać się zmiana warunku brzegowego Dirichleta.

5) Opis grzejników

Grzejniki w naszym projekcie są obszarami na których dokonuje się *grzanie*, czyli funkcja f może mieć niezerowe wartości.

Kaloryfer *grzeje*, czyli funkcja f jest niezerowa jeśli są spełnione warunki temperaturowe termostatu. Każdy kaloryfer posiada 6 poziomów regulacji termostatu. Każdy z nich odpowiada pewnemu zakresowi temperatur, które ma za zadanie uzyskać kaloryfer w pomieszczeniu w którym się znajduje.

W tym eksperymencie kaloryfer bada temperaturę wokół swojej lokalizacji (przylegające do niego kwadraty, poza ścianami i oknami) i jeżeli ich średnia temperatura w danym momencie nie przekroczyła maksymalnej temperatury wyznaczonej przez odpowiedni poziom termostatu to kontynuuje *grzenie*.

Zakresy termostatów prezentują się następująco:

- **Poziom 0:** $4^{\circ}\text{C} - 5^{\circ}\text{C}$ (kaloryfer jest “wyłączony”, ale ta temperatura zapobiega zamarzaniu instalacji)
- **Poziom 1:** $12^{\circ}\text{C} - 14^{\circ}\text{C}$
- **Poziom 2:** $16^{\circ}\text{C} - 18^{\circ}\text{C}$
- **Poziom 3:** $20^{\circ}\text{C} - 21^{\circ}\text{C}$
- **Poziom 4:** $23^{\circ}\text{C} - 24^{\circ}\text{C}$
- **Poziom 5:** $26^{\circ}\text{C} - 28^{\circ}\text{C}$

6) Problemy badawcze

Wyjaśnienie problemów badawczych

Zadaniem tego projektu jest odpowiedzieć na dwa problemy badawcze.

Pierwszym z nich jest **Czy grzejnik musi być pod oknem?**. Problem ten rozumiemy jako pytanie czy ułożenie kaloryferów przed oknami jest bardziej optymalne i opłacalne niż ustawienie ich w dalszej odległości od okien. Przez frazę *optymalne* będziemy rozumieć takie ułożenie kaloryferów dzięki którym pokój równomiernie się nagrzeje i średnia temperatura pomieszczenia osiągnie oczekiwana wartość w jak najkrótszym czasie. Za to przez frazę *opłacalne* będziemy rozumieć takie ułożenie kaloryferów przez które zużycie energii będzie najmniejsze.

W tym celu zostały zaproponowane w rozdziale *Opis mieszkania* dwa schematy ułożenia grzejników które w tym problemie badawczym ze sobą porównamy.

Esperymenty dla pierwszego problemu badawczego przeprowadzamy jedynie dla zimnego dnia.

Drugim problemem badawczym jest **Co robić z grzejnikami wychodząc z domu?**. Ten problem zajmuje się sytuacją, gdy domownik opuszcza miesznie i jest ono puste przez pewien okres czasu. Następnie domownik wraca do mieszkania. Pytanie zatem co zrobić z grzejnikami przez ten okres pustego mieszkania. Przeanalizowaliśmy trzy przypadki:

- Wychodząc z mieszkania całkowicie wyłączamy grzejniki (zmieniamy wartość termostatu na poziom 0)
- Wychodząc z mieszkania znacznie zmniejszamy poziom ogrzewania mieszkania (zmieniamy wartość termostatu na poziom 1)
- Wychodząc z mieszkania nieznacznie zmniejszamy poziom ogrzewania mieszkania (zmieniamy wartość termostatu na poziom 2)

Następnie analizujemy która z tych sytuacji jest najbardziej optymalna i opłacalna, zgodnie z wcześniej przedstawionym znaczeniem tych pojęć.

Eksperymenty dla drugiego problemu badawczego powtarzamy dla bardzo zimnego, zimnego i chłodnego dnia.

Ogólny Opis Eksperymentów

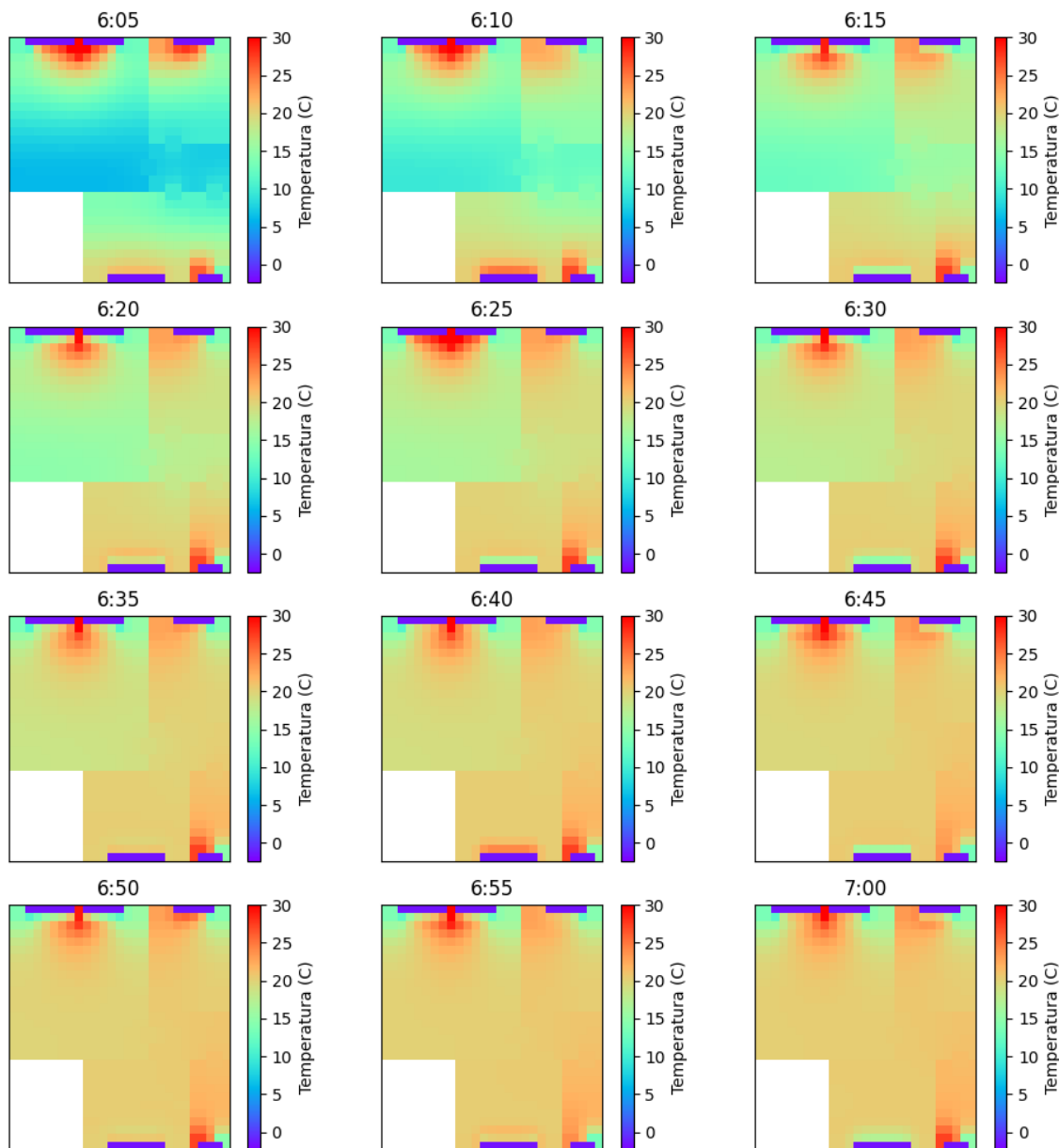
- Każdy eksperyment będzie przeprowadzany przez pełną dobę, to znaczy od północy do północy (24 godziny).
- Początkowa temperatura w całym mieszkaniu o północy wynosi 5°C .
- Kaloryfery zostaną ustawione na 3 poziom termostatu dopiero o godzinie 6 : 00, co zasymuluje wstanie z łóżka. Wcześniej poziomy termostatów wszystkich kaloryferów są ustawione na 0.
- O godzinie 22 : 00 kaloryfery zostaną ustawione na 2 poziom termostatu co ma symulować ustawienie temperatury dogodnej do snu.
- Rozwiązując drugi problem badawczy o godzinie 8 : 00 poziomy termostatów wszystkich kaloryferów zostanie odpowiednio zmodyfikowany, co zasymuluje wyjście z mieszkania.
- Również rozwiązując drugi problem badawczy o godzinie 15 : 00 poziomy termostatów wszystkich kaloryferów zostanie przywrócony do poziomu 3, co zasymuluje powrót do mieszkania.

7) Czy grzejnik musi być pod oknem?

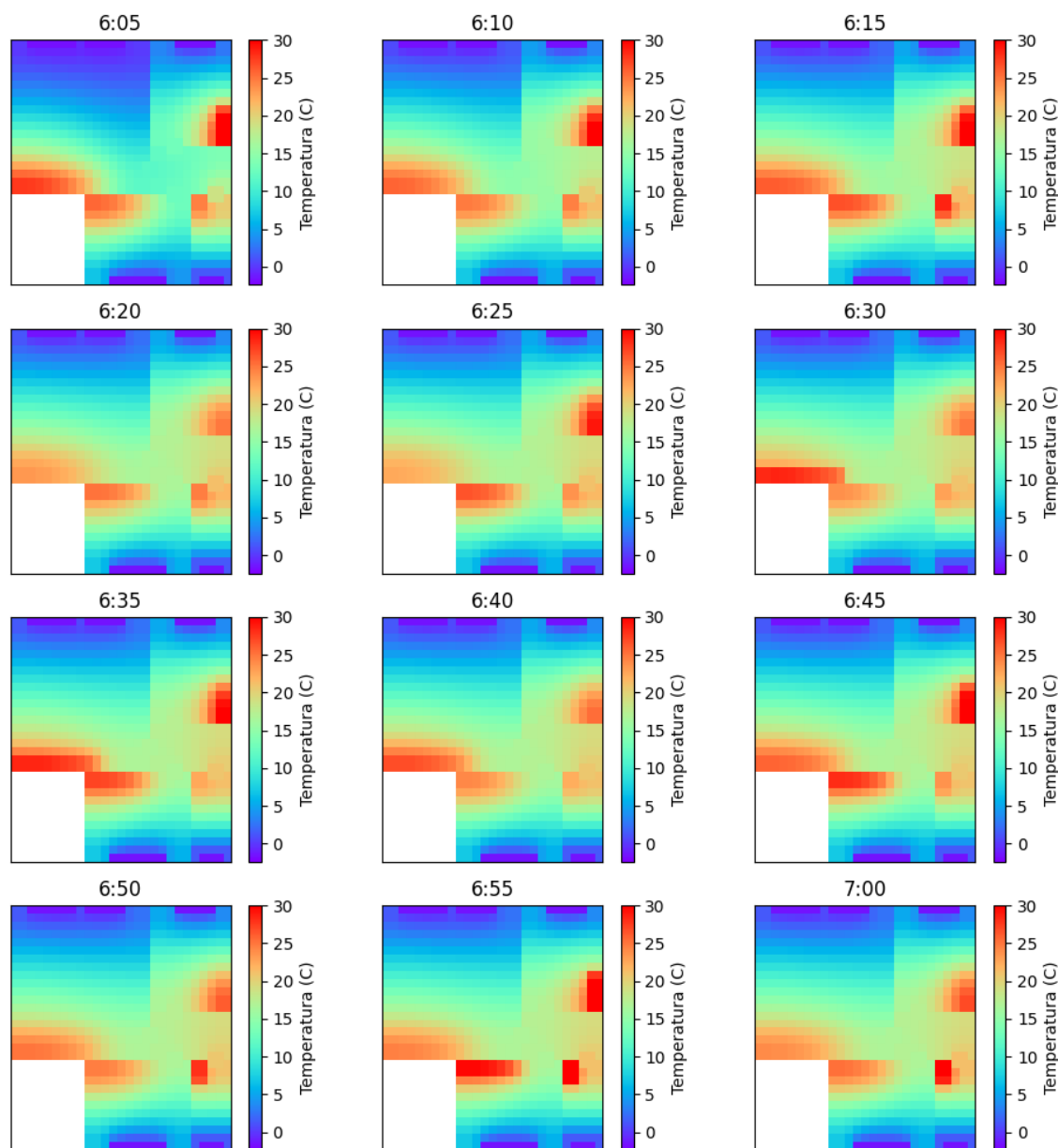
Pierwsza godzina nagrzewania

Na początek zobaczmy wyniki eksperymentów jak prezentuje się mieszkanie po pierwszych pierwszej godzinie nagrzewania (od 6 : 00 do 7 : 00) w obu przypadkach ułożenia kaloryferów.

Kaloryfery pod oknami



Kaloryfery daleko od okien



Wnioski

Jak możemy zauważyć w pierwszej sytuacji kaloryfery od oknami równomiernie podwyższyły temperaturę w całym mieszkaniu do około 21°C.

W drugiej sytuacji kaloryfery daleko od okien ogrzały jedynie swoje okolice, pozostawiając resztę mieszkania zupełnie zimną.

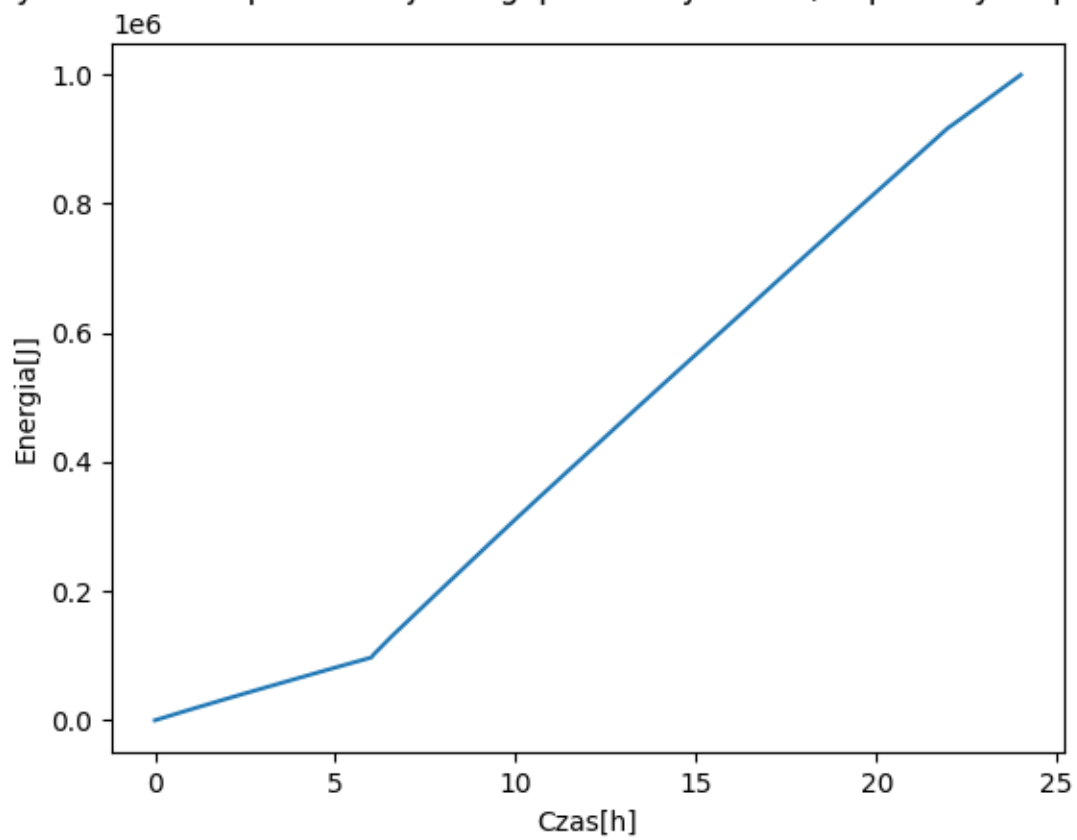
Zatem optymalniejsze wydaje się ustawienie kaloryferów pod oknami.

Wykresy pobieranej energii

Przeanalizujmy wykresy energii pobranej w obu przypadkach rozmieszczenia kaloryferów.

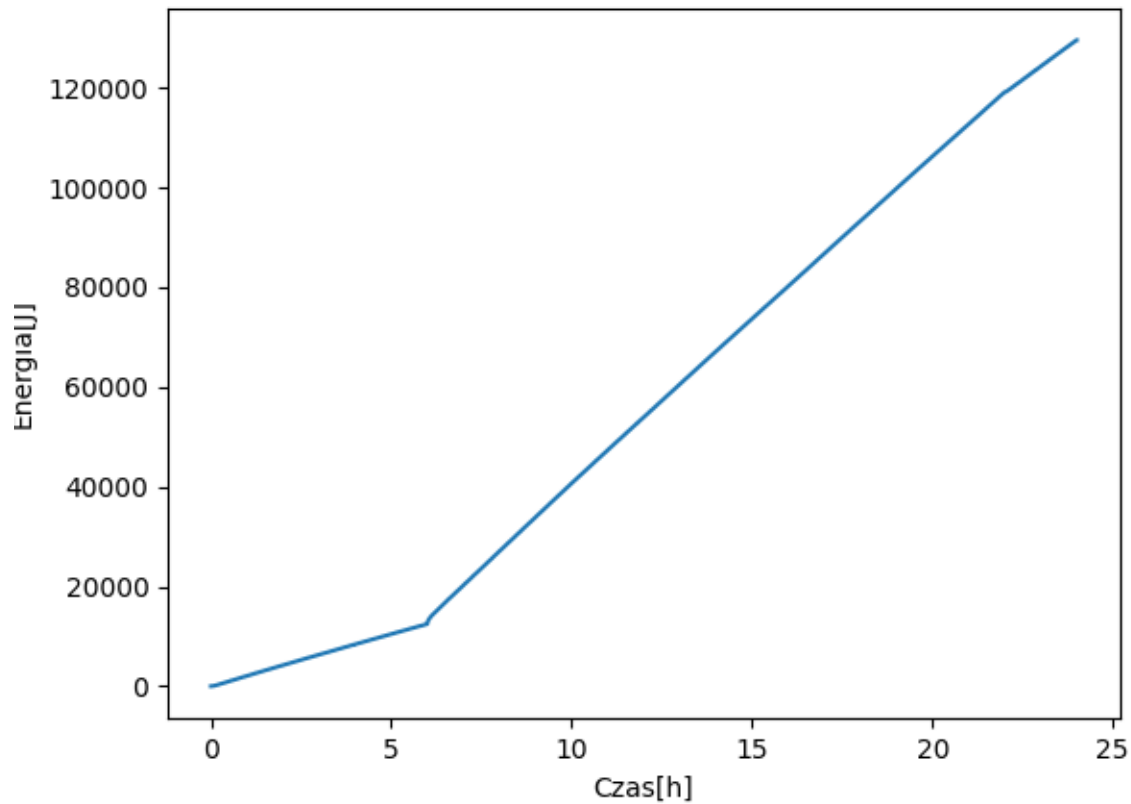
Kaloryfery pod oknami

Wykres wzrostu pobieranej energii przez cały dzień (od północy do północy)



Kaloryfery daleko od okien

Wykres wzrostu pobieranej energii przez cały dzień (od północy do północy)



Wnioski

Jak możemy zauważyć wykresy pobieranej energii są bardzo do siebie zbliżone, różnią się jednak rzędem wielkości.

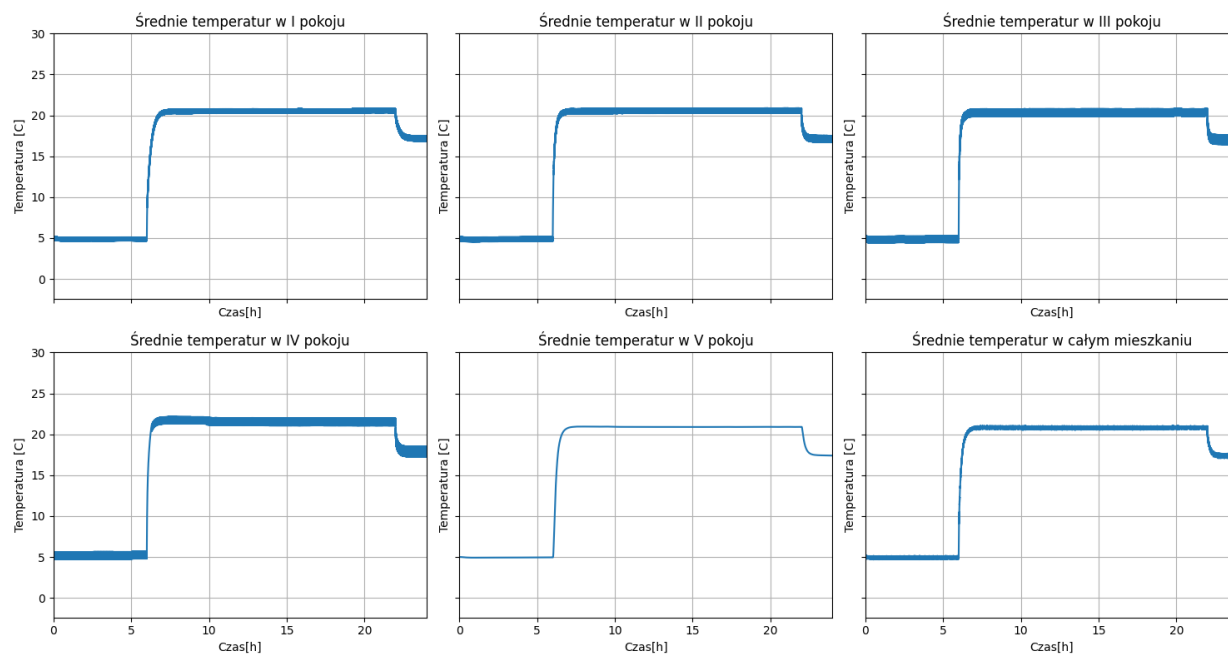
Energia pobrana po całej dobie pracy przez kaloryfery ustawione blisko okien jest prawie 10 razy większa od energii pobranej przez kaloryfery ustawione daleko od okien. Dla tych pierwszych wartość pobranej energii dochodzi do ponad miliona J , za to w drugim przypadku do prawie 130 000 J .

Zatem opłacalniejsze wydaje się ustawienie kaloryferów daleko od okien.

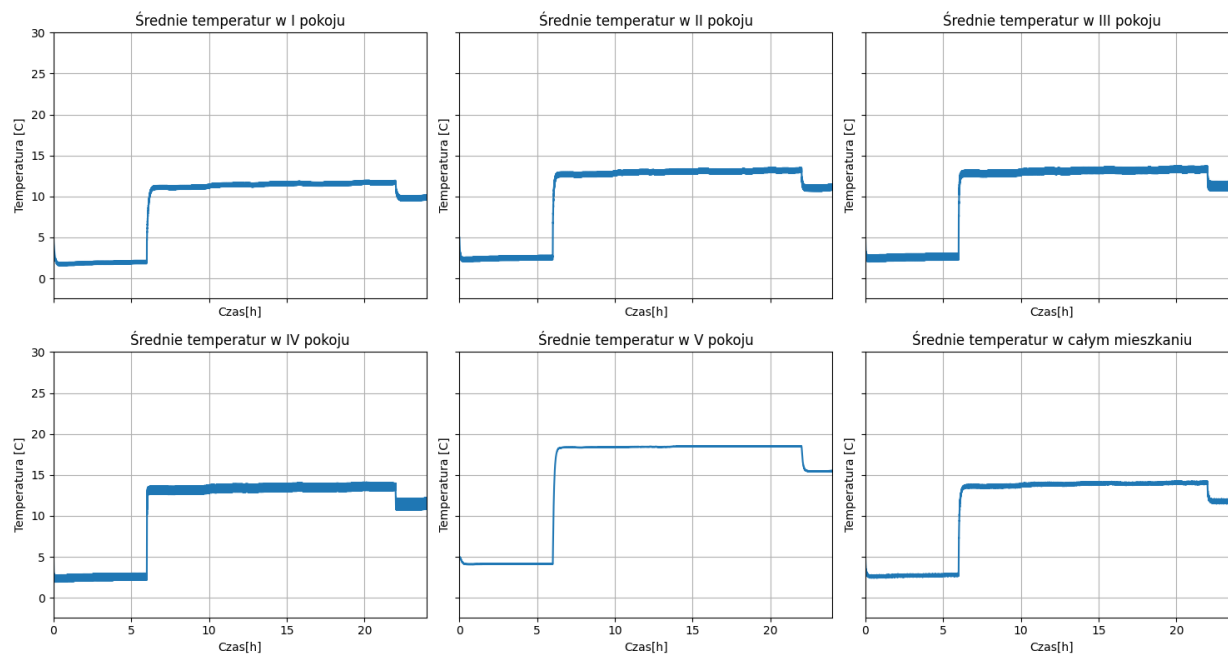
Wykresy średnich temperatur pokoi i mieszkania

Na koniec przeanalizujemy wykresy średnich temperatur w pokojach i całym mieszkaniu na przestrzeni doby.

Kaloryfery pod oknami



Kaloryfery daleko od okien



Wnioski

Jak możemy zauważyć wykresy te znacząco się od siebie różnią w obu przypadkach.

Średnia temperatura w pokojach i całym mieszkaniu w żadnym momencie nie dochodzi do oczekiwanych na

termostatch wartości, jeśli analizujemy przypadek rozmieszczenia kaloryferów daleko od okien. Stąd wniosek, że kaloryfery ustawione przed oknami lepiej spełniają swoją funkcję.

Wstateczny wniosek

Ustawienie grzejników pod oknami powoduje że z łatwością ogrzewają one równomiernie całe mieszkanie i utrzymują w nim ustaloną temperaturę.

Ustawienie grzejników w inny sposób zaburza ich pracę, tak iż nie są w stanie nagrzać mieszkania. Ich mniejsze zużycie energii w żaden sposób nie rekompensuje *de facto* nie działających kaloryferów.

Kaloryfery powinny być ustawione pod oknami

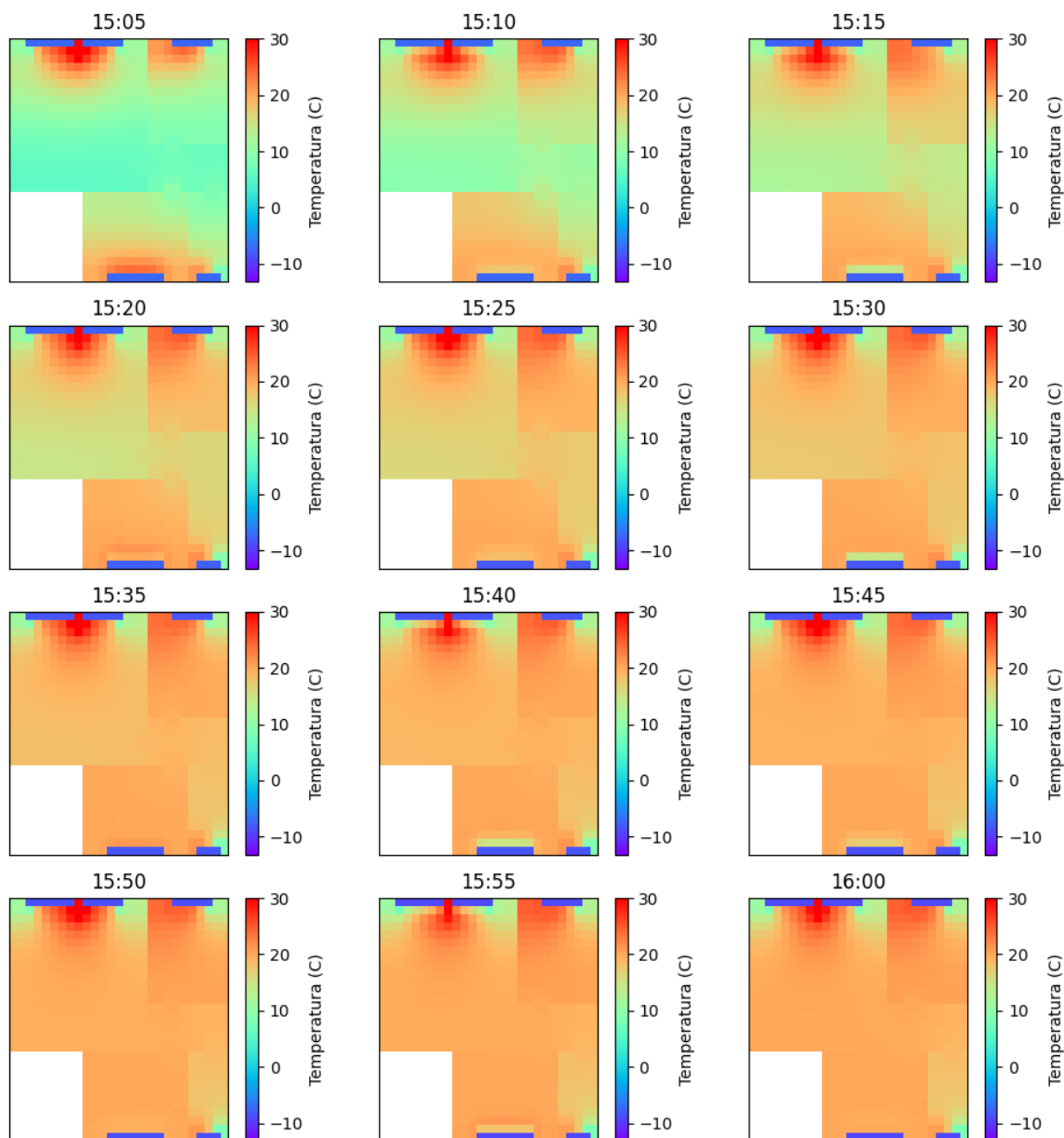
8) Co robić z grzejnikami wychodząc z domu?

Rozwiązując problem przedswawiony w zagadnieniu pierwszym, eksperymenty przeprowadzone dla drugiego problemu badawczego dokonamy jedynie na szkicu mieszkania gdzie kaloryfery są pod oknami.

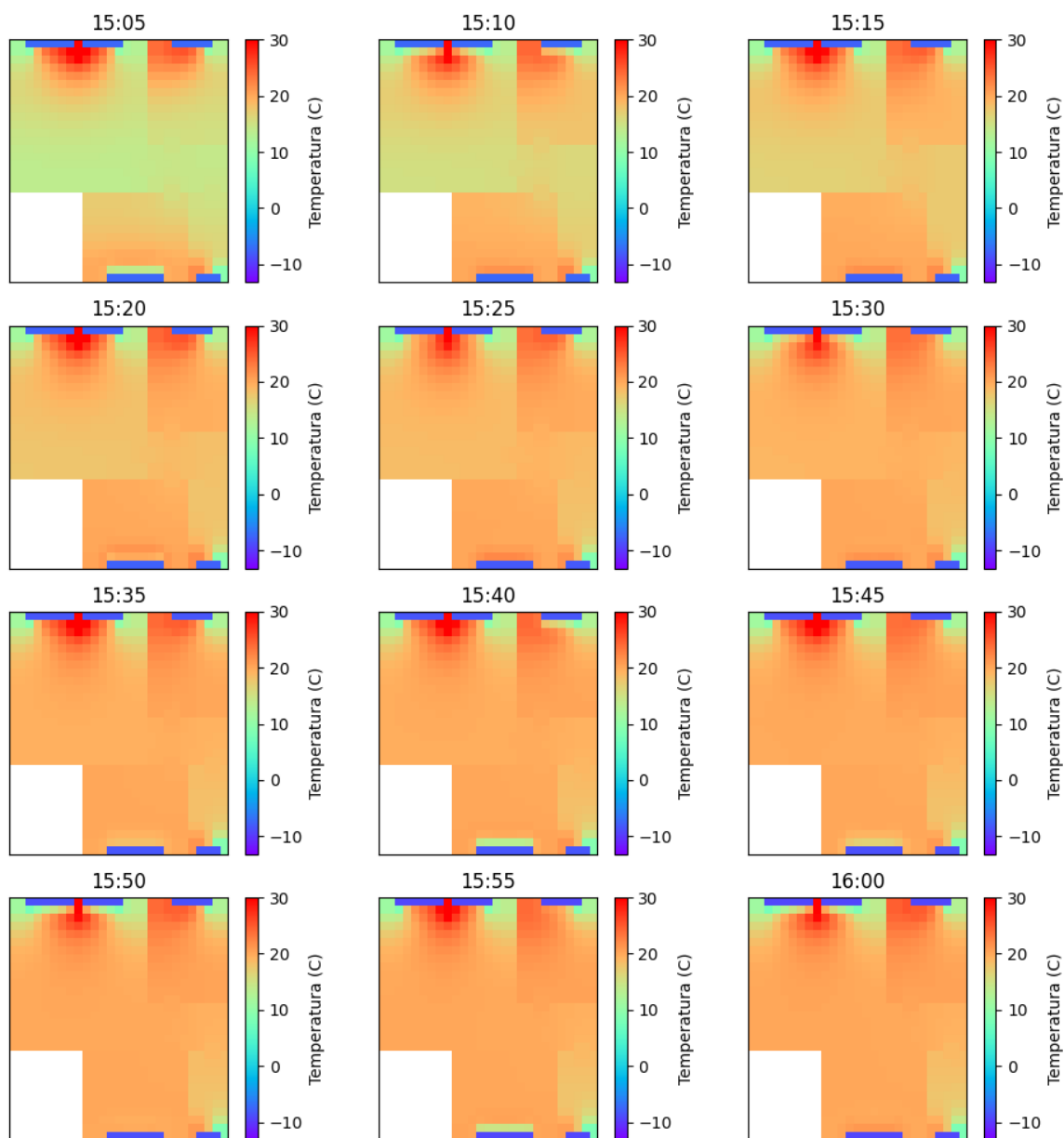
Bardzo zimny dzień

Pierwsza godzina nagrzewania po powrocie do mieszkania o 15:00

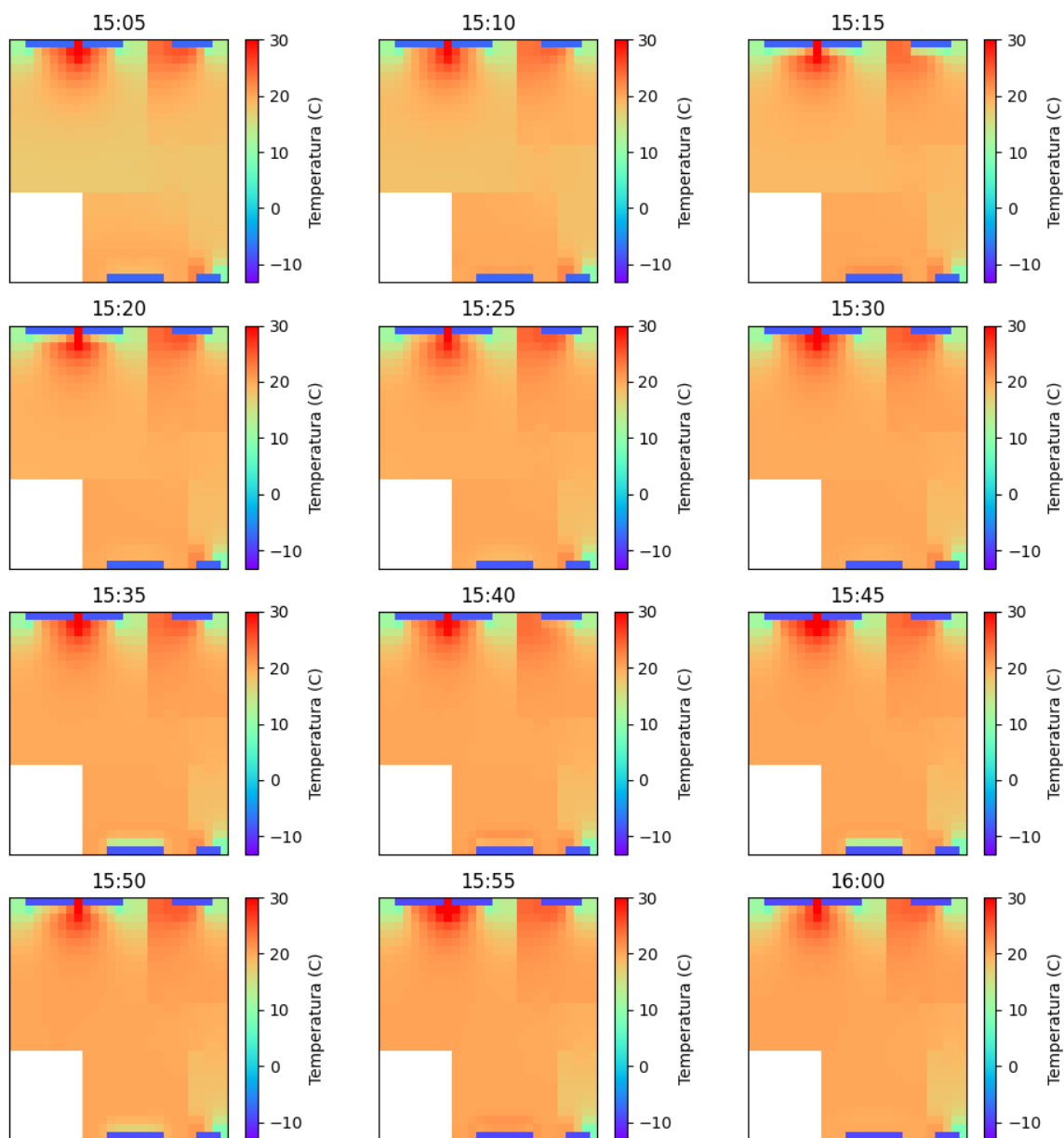
Termostaty zmniejszone na poziom 0



Termostaty zmniejszone na poziom 1

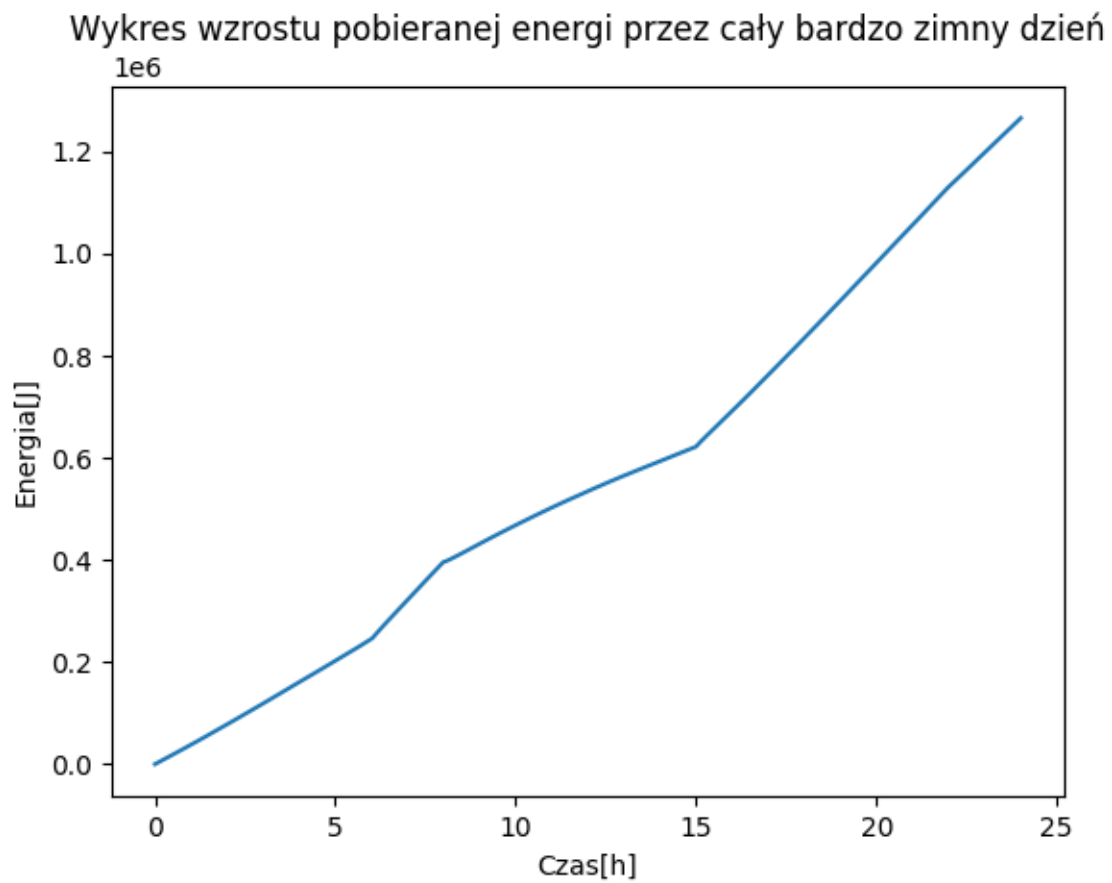


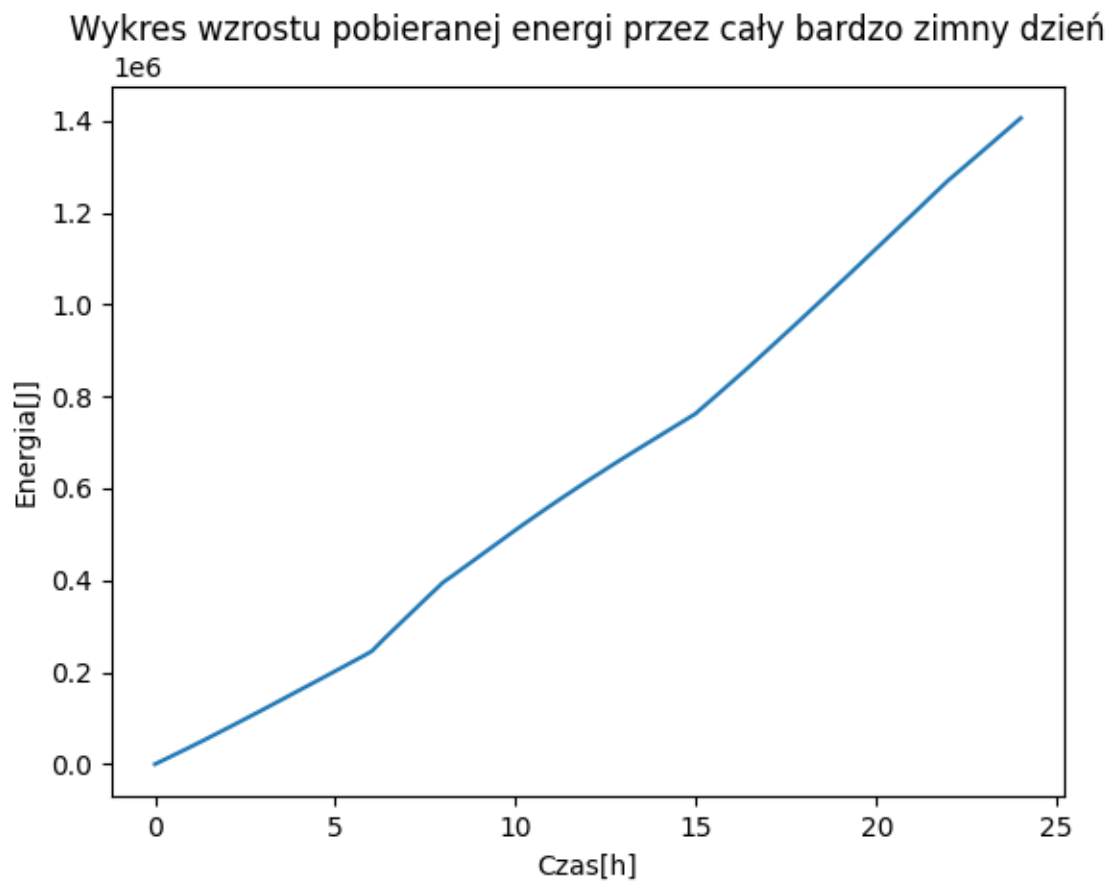
Termostaty zmniejszone na poziom 2

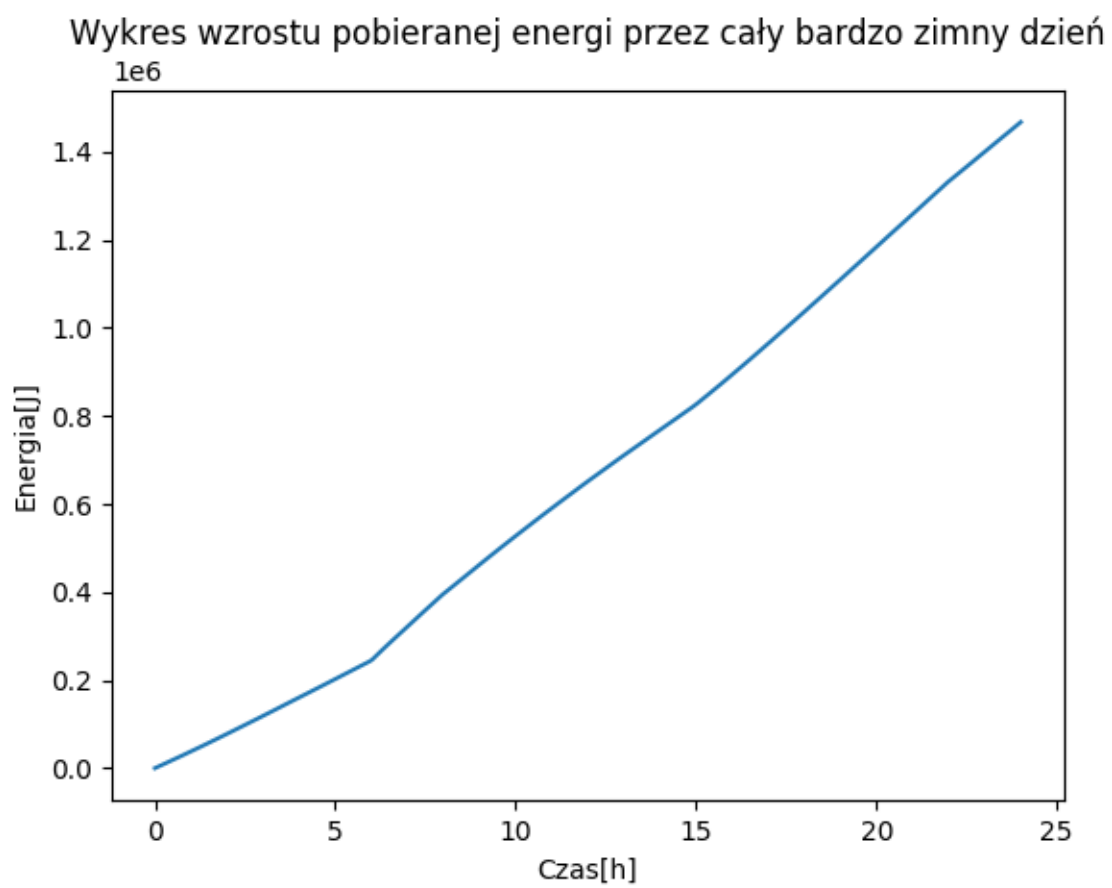


Wykresy pobieranej energii

Termostaty zmniejszone na poziom 0

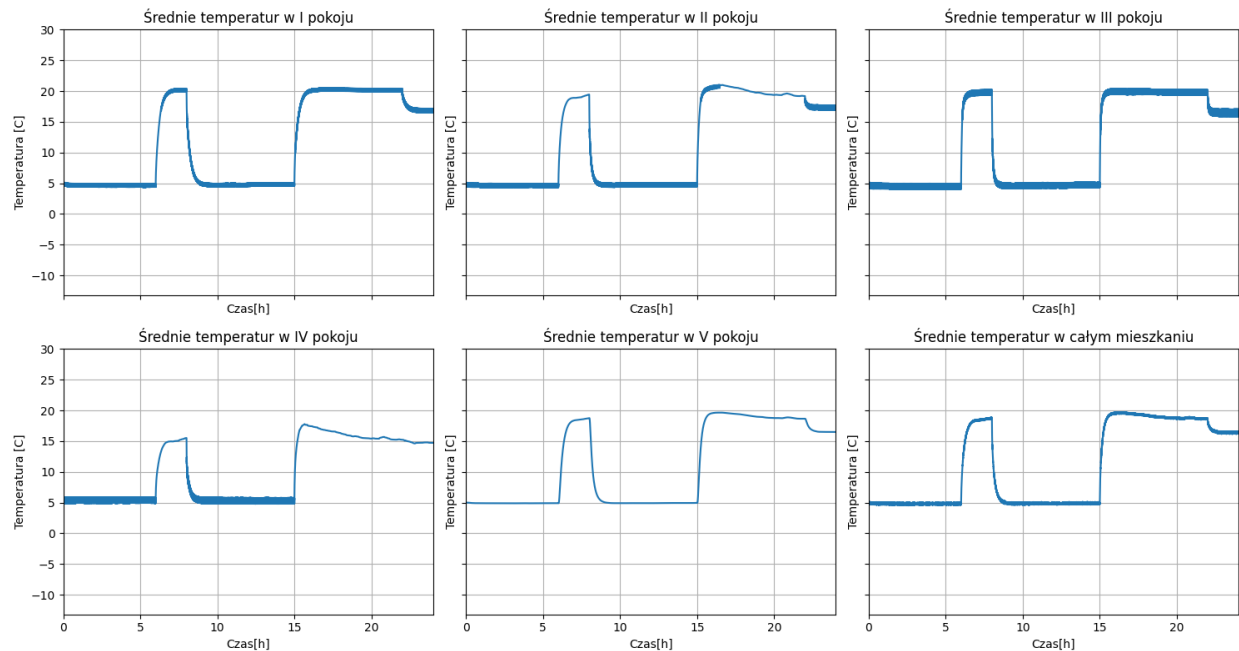




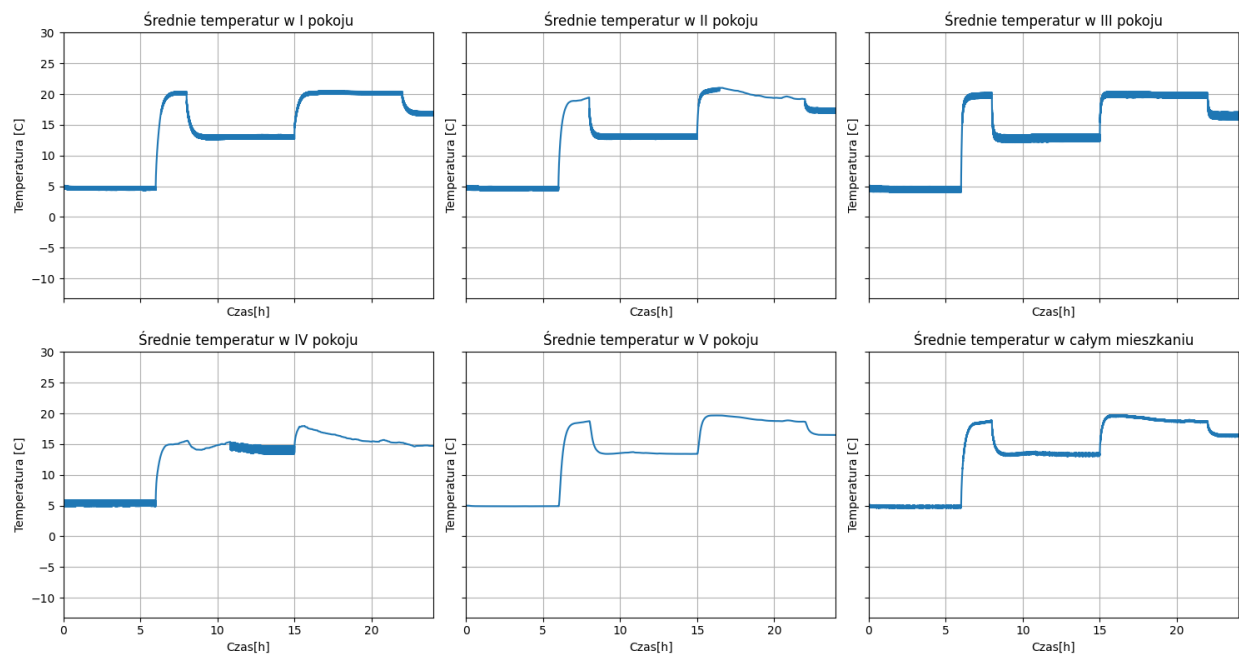


Wykresy średnich temperatur pokoi i mieszkania

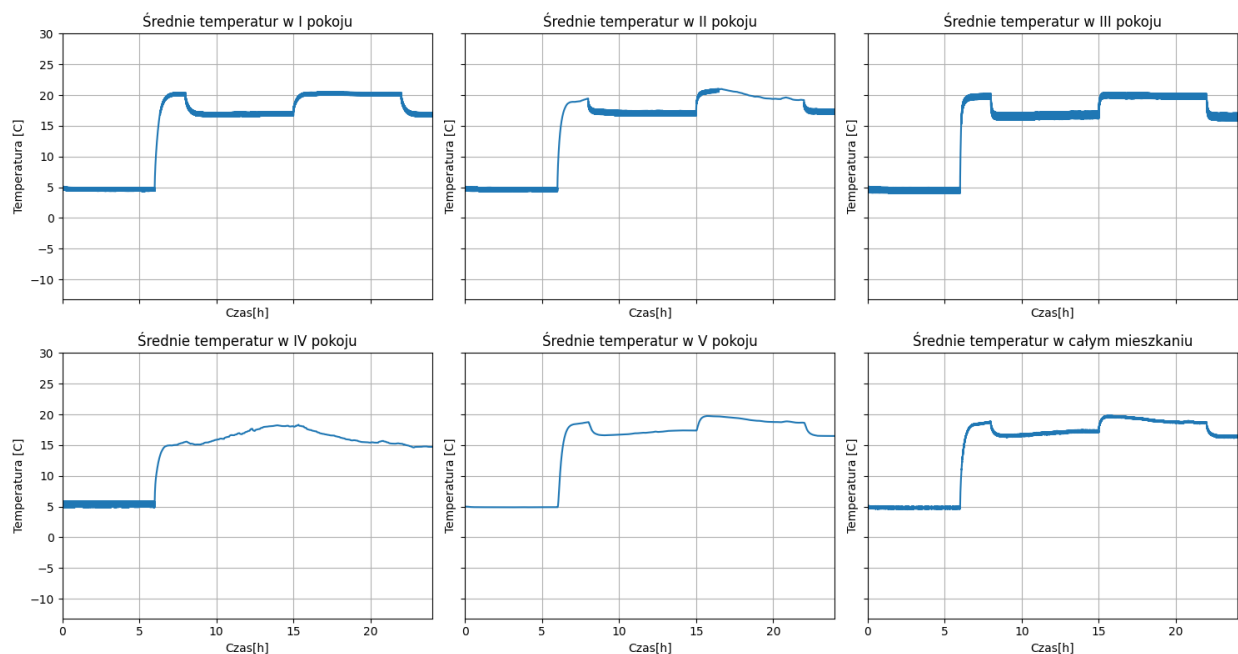
Termostaty zmniejszone na poziom 0



Termostaty zmniejszone na poziom 1



Termostaty zmniejszone na poziom 2



Wnioski

- Powtórne nagrzanie mieszkania po powrocie jest dłuższe jeżeli zmniejszymy poziom termostatu na 0 lub 1. (różnica w czasie nagrzewania to od około 5 minut dla poziomu 2 do 35 minut dla poziomu 0).
- Wykresy pobieranej energii przyjmują odrobinę mniejsze wartości dla sytuacji, gdy za czas nieobecności zmienimy termostat na poziom 0, względem pozostałych przypadków. Stąd wniosek że jest to metoda bardziej opłacalna, bo mniej zużywająca energię.
- Jeśli chodzi o wartości średnich temperatur w pokojach po powrocie do mieszkania i ponownym grzaniu, to wyniki są niemal identyczne. Dość szybko dochodzą do oczekiwanej wartości 21°C w prawie wszystkich pokojach, a w całym mieszkaniu oscyluje pomiędzy 19°C, a 20°C.

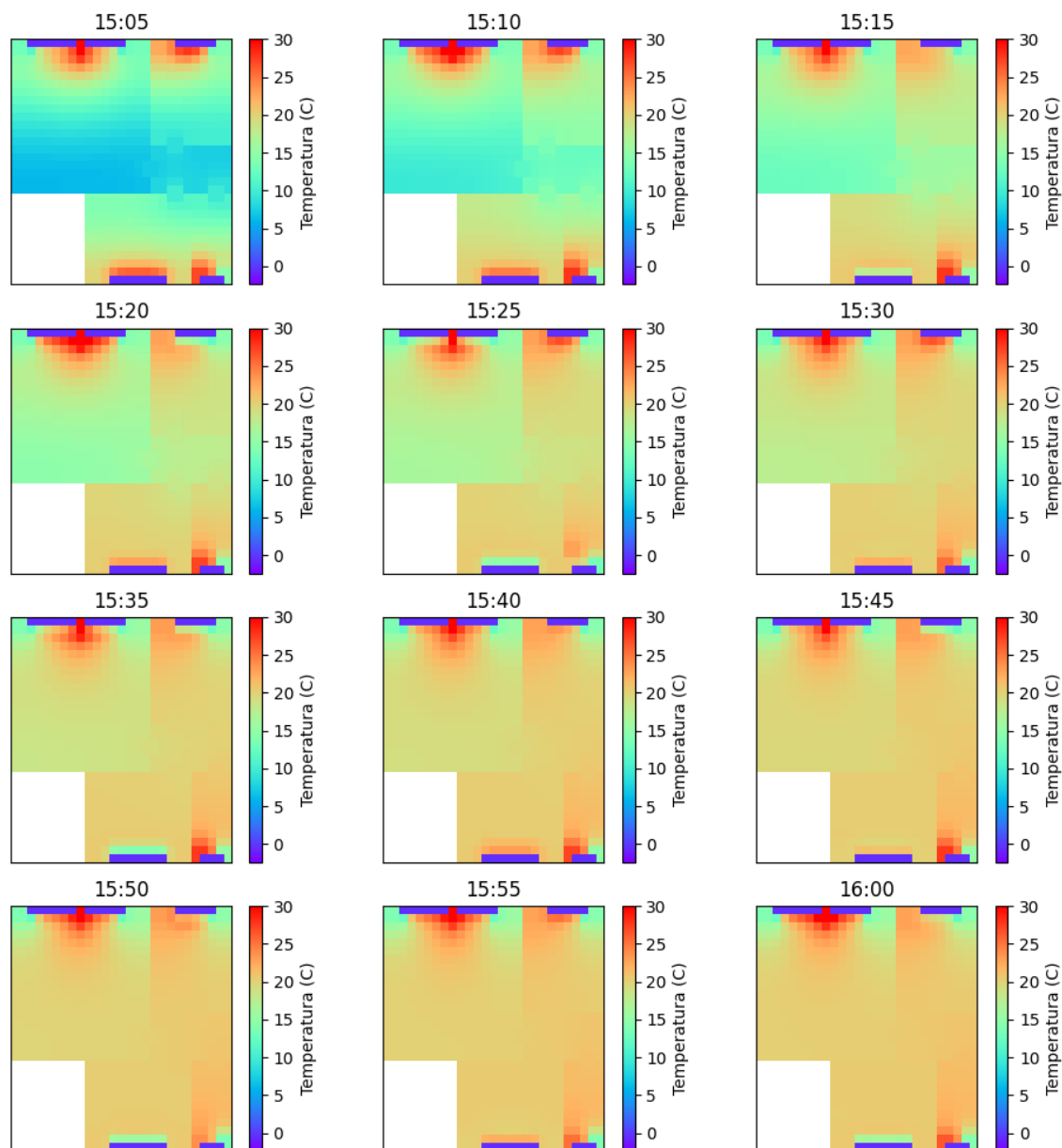
Podsumowując

Najlepszym sposobem w bardzo zimny dzień jest pozostawienie kaloryfera na poziomie 1 wychodząc z domu. Przy takim ustawieniu zużyjemy mniej energii, a równocześnie dość sprawnie powtórnie nagrzemy mieszkanie.

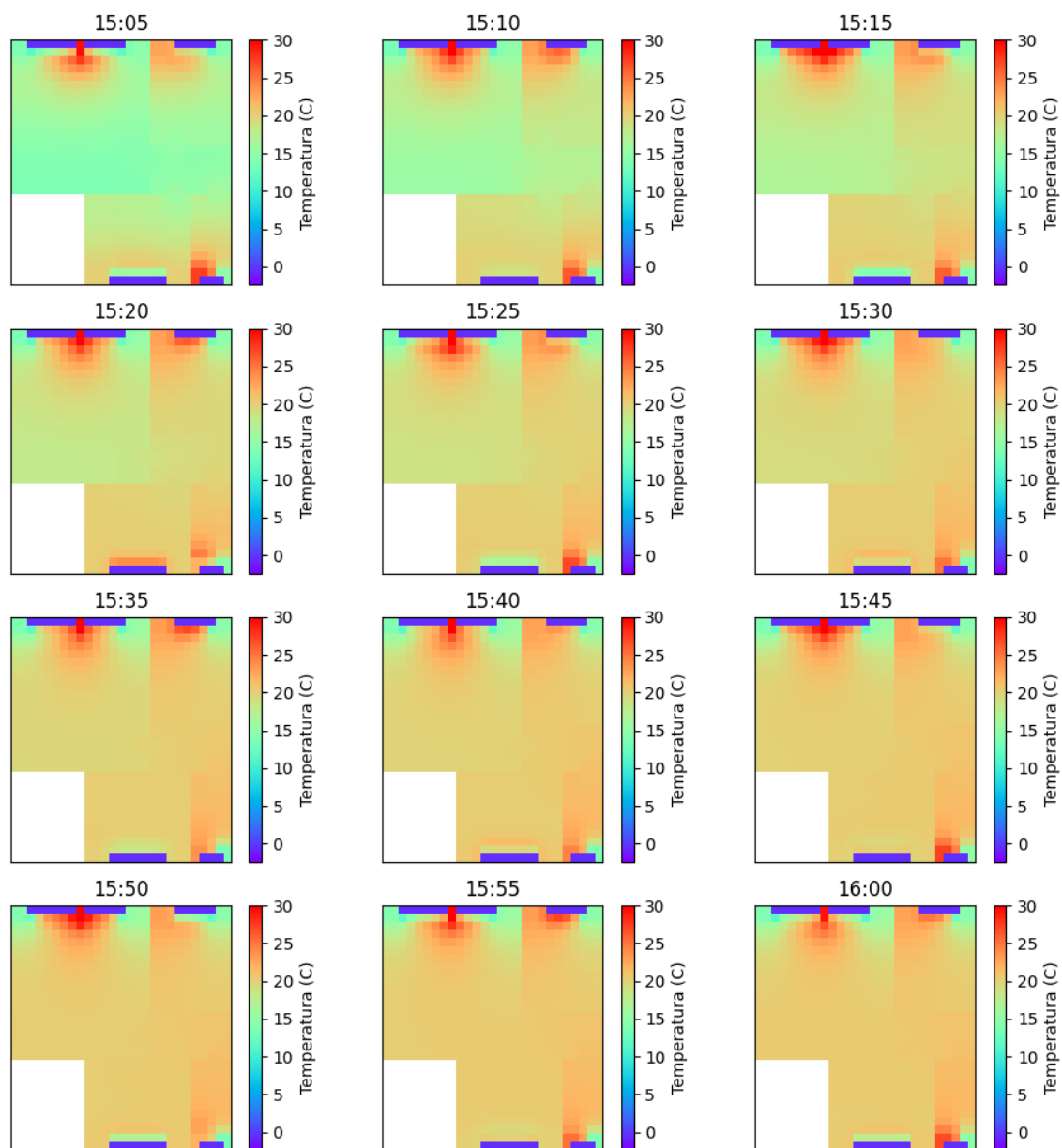
Zimny dzień

Pierwsza godzina nagrzewania po powrocie do mieszkania o 15:00

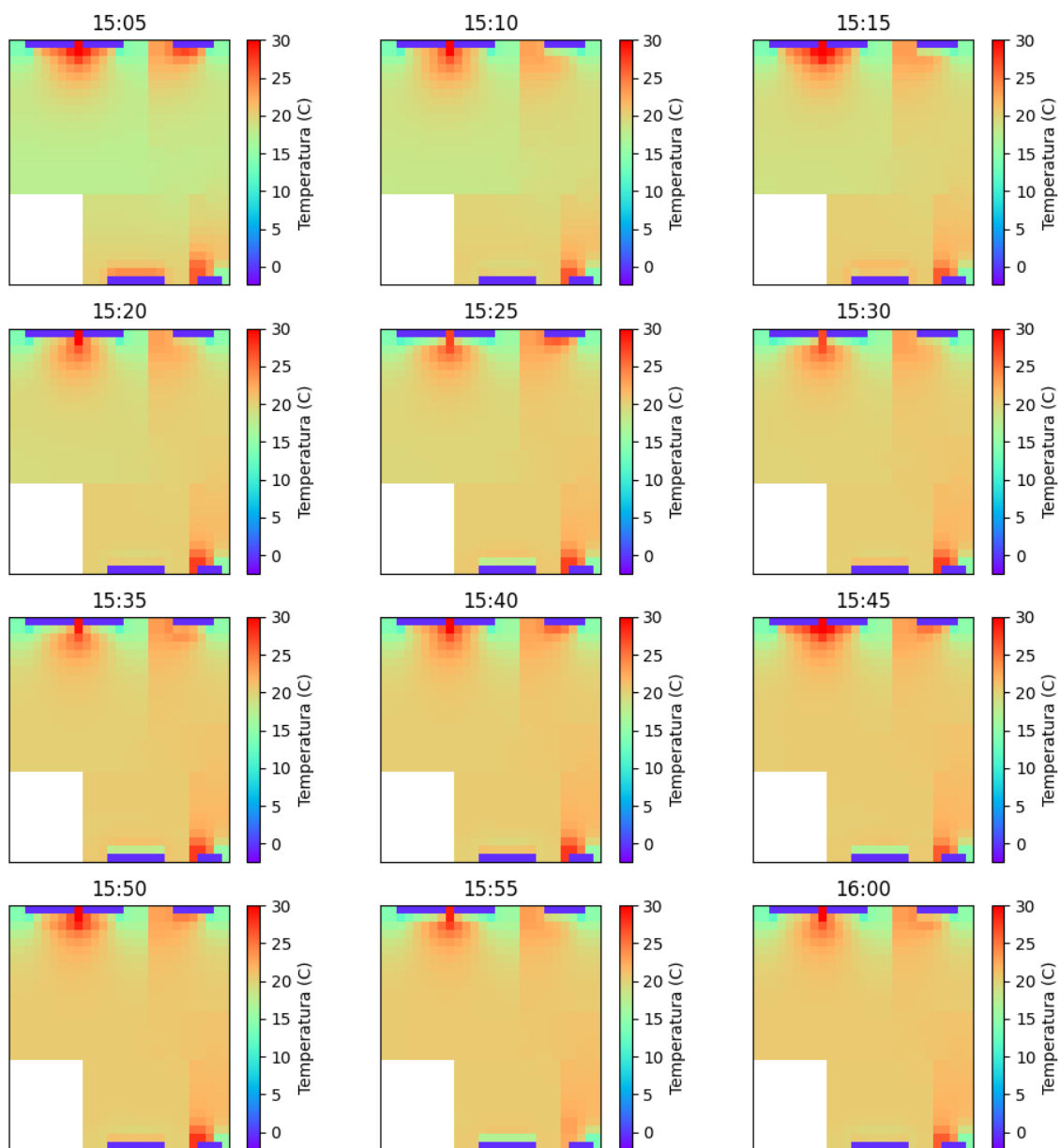
Termostaty zmniejszone na poziom 0



Termostaty zmniejszone na poziom 1

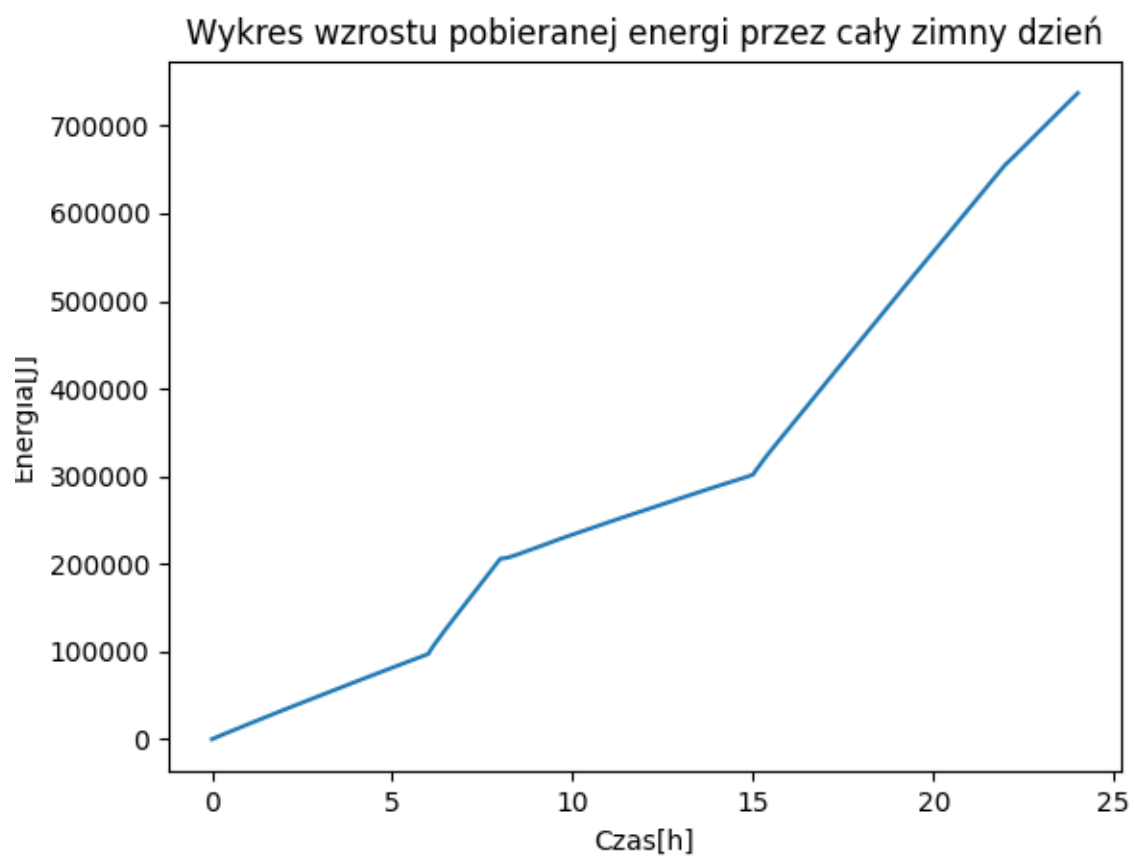


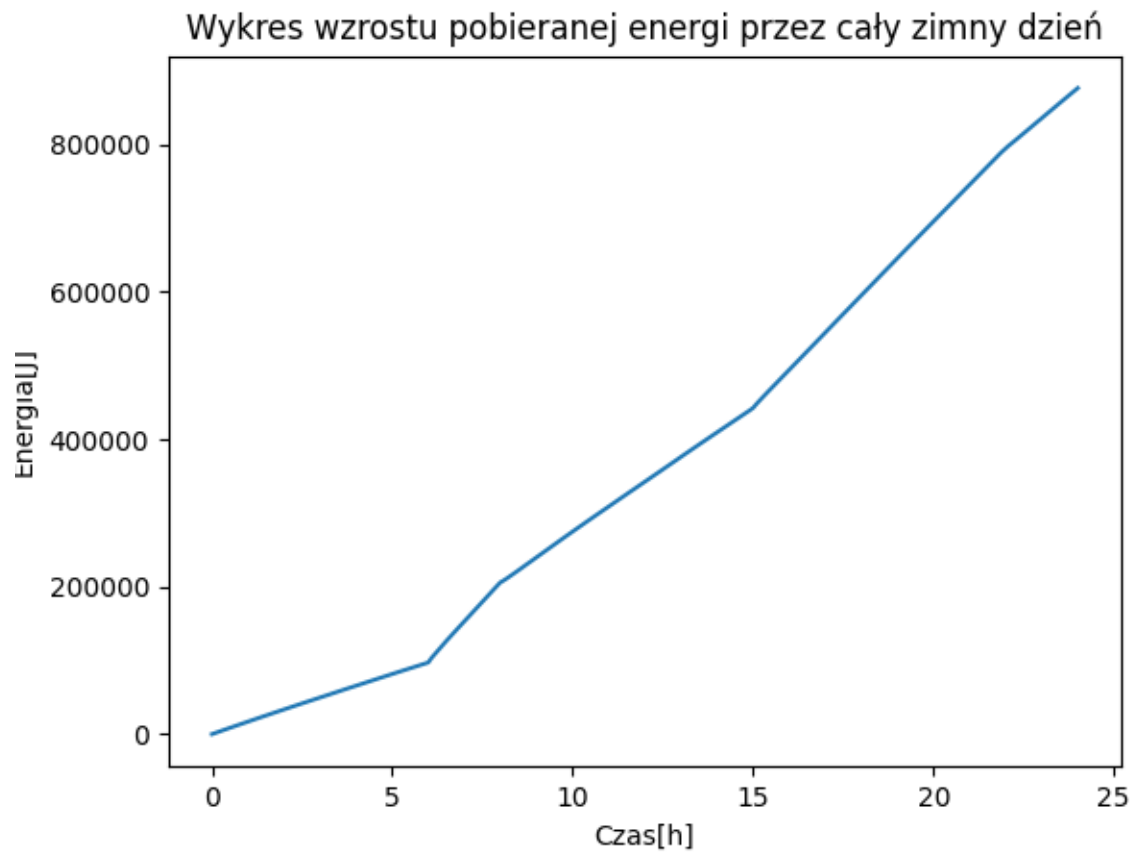
Termostaty zmniejszone na poziom 2

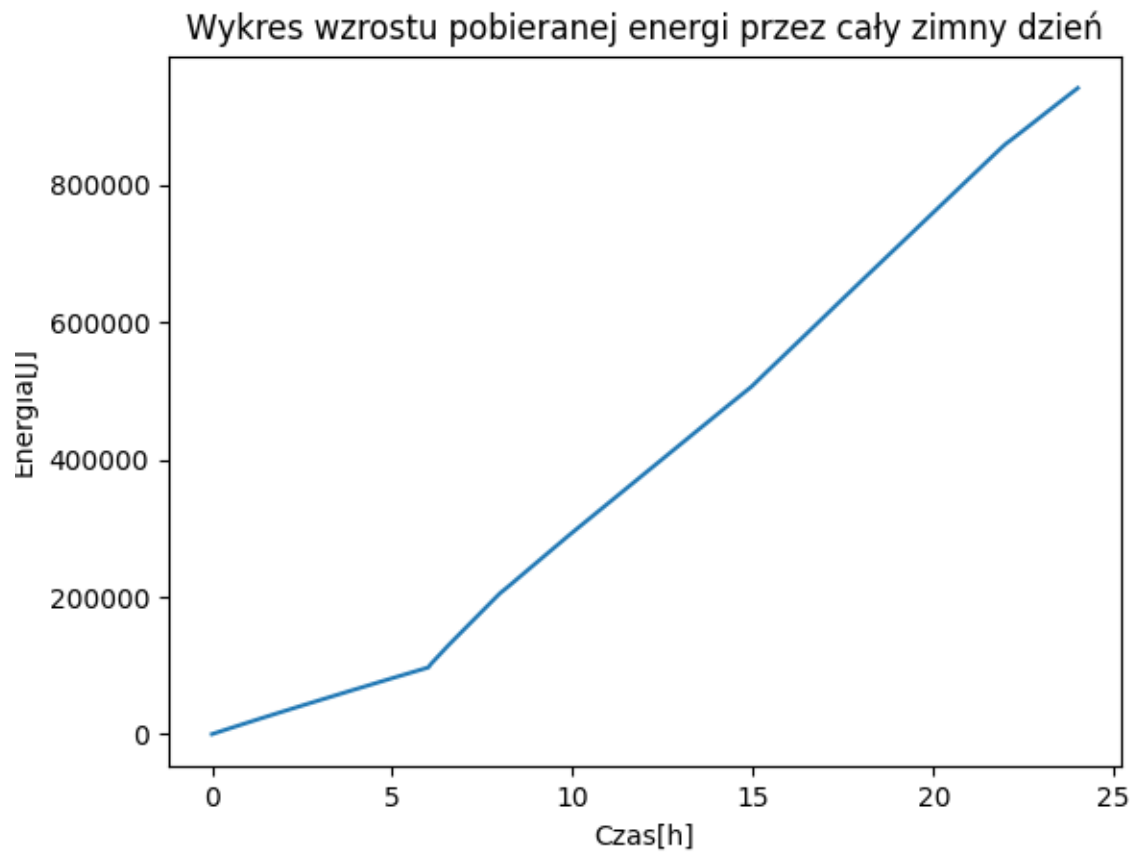


Wykresy pobieranej energii

Termostaty zmniejszone na poziom 0

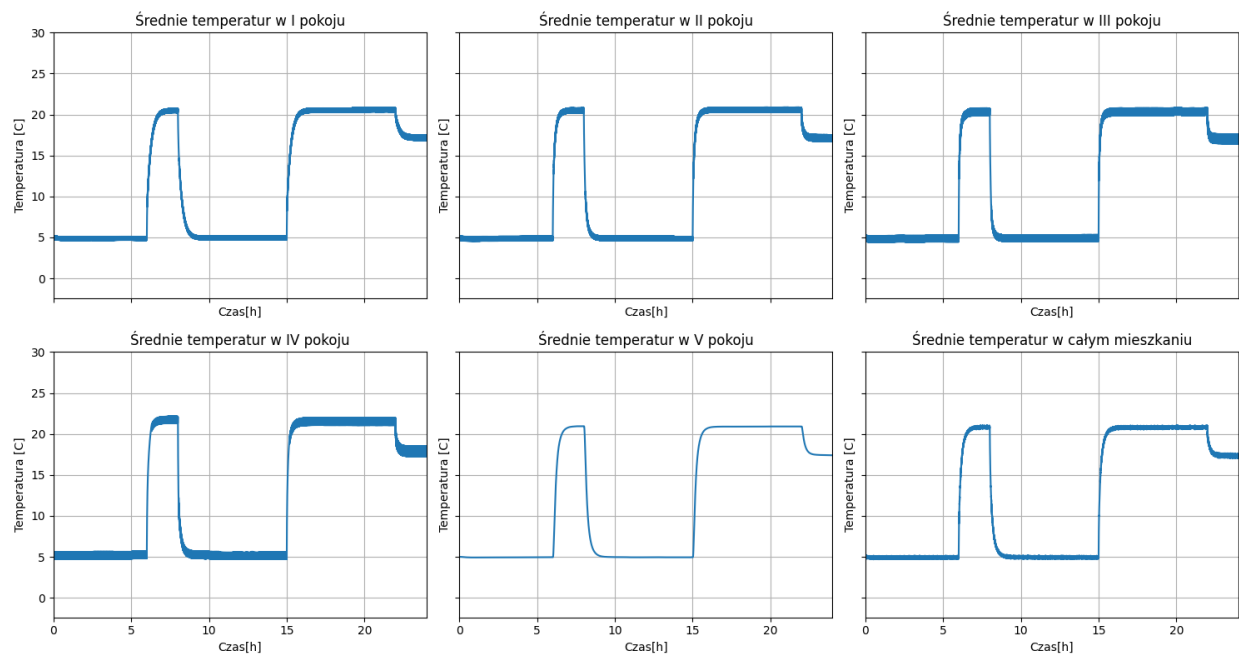




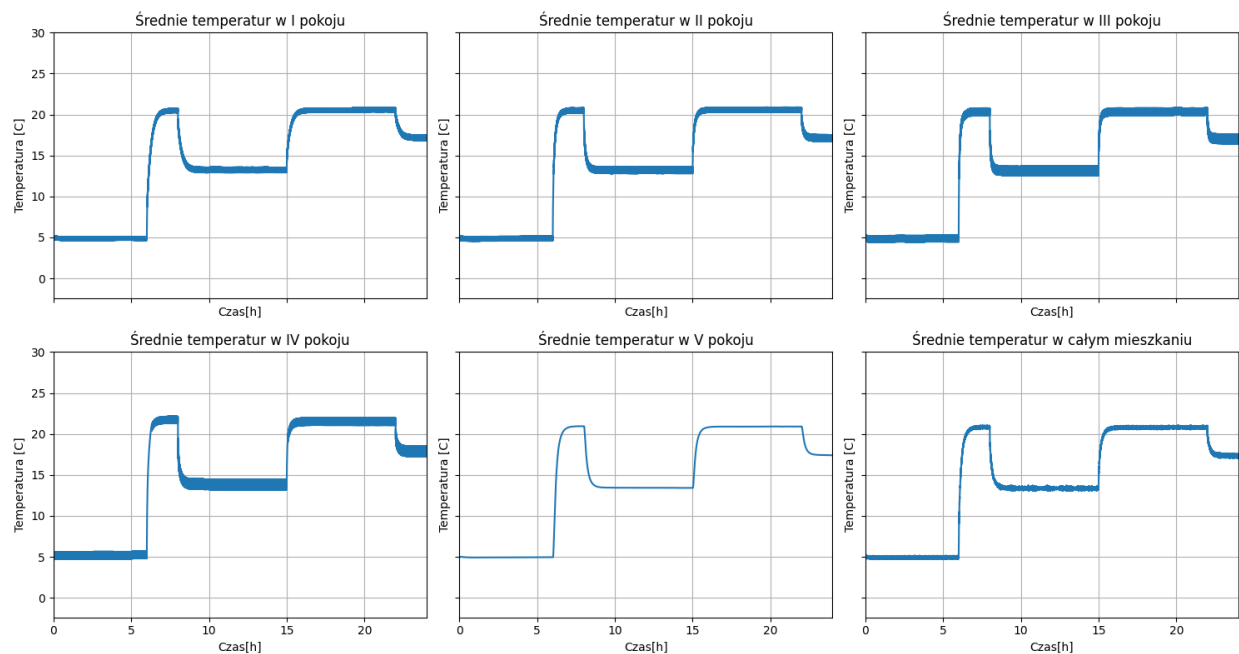


Wykresy średnich temperatur pokoi i mieszkania

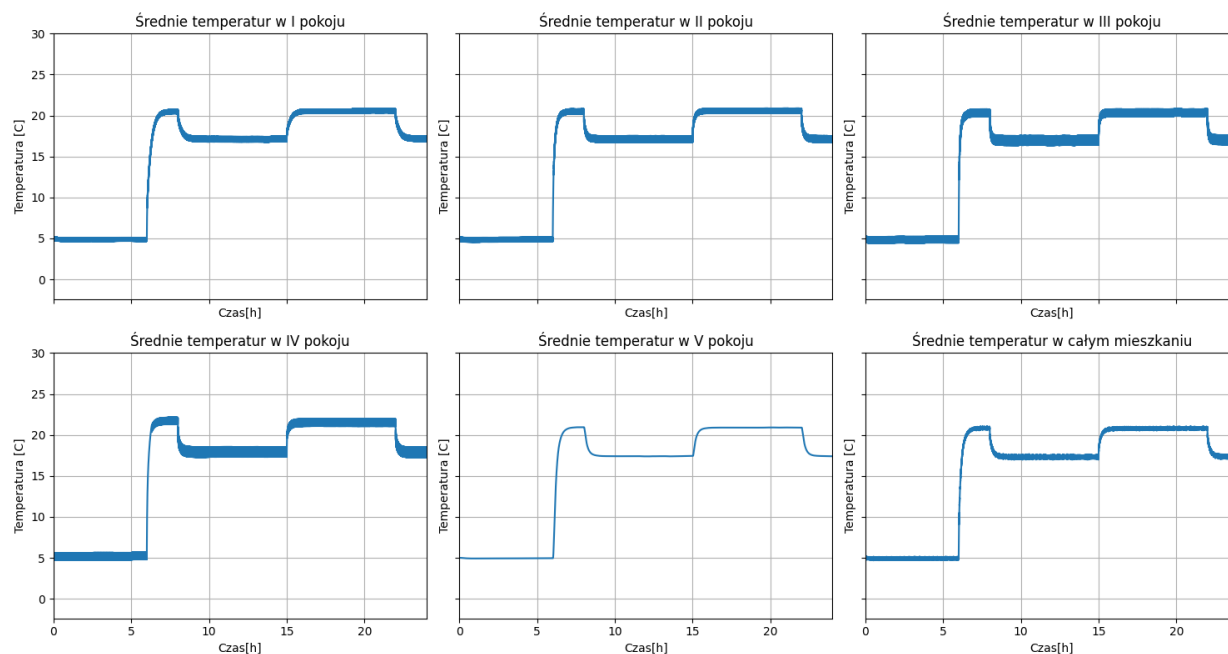
Termostaty zmniejszone na poziom 0



Termostaty zmniejszone na poziom 1



Termostaty zmniejszone na poziom 2



Wnioski

- Ponownie powtórne nagrzanie mieszkania po powrocie do mieszkania jest dłuższe jeżeli zmniejszymy poziom termostatu na 0 lub 1 w porównaniu ze zmniejszeniem termostatu jedynie do poziomu 2.
- Ponownie wykresy pobieranej energii przyjmują mniejsze wartości, gdy bdamy zmianę poziomu termostatów do 0. Różnica ta jest jednak nieznaczna i wynosi około 12%.
- Jeśli chodzi o wartości średnich temperatur w pokojach po powrocie do miesznia i ponownym grzaniu, to wyniki są niemal identyczne. Dostrzegamy jednak różnicę w wartościach porównując z bardzo zimnym dniem. Tym razem kaloryfery nie mają najmniejszych problemów ogrzać każdy pokój (nawet ten w którym nie ma kaloryrefów) oraz całe mieszkanie do poziomu oczekiwanych 21°C

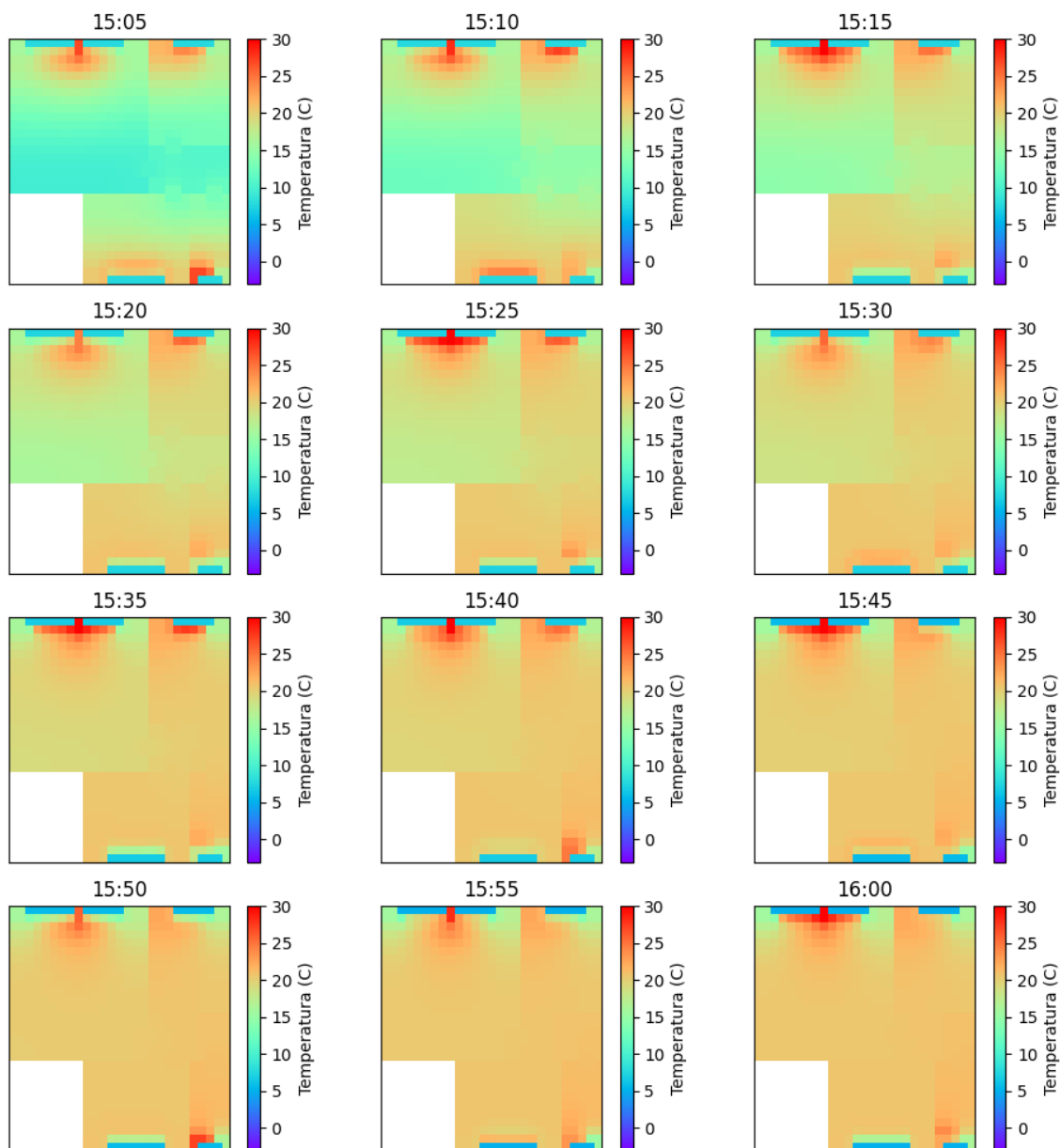
Podsumowując

Najlepszym sposobem w bardzo zimny dzień jest pozostawienie kaloryfera na poziomie 0 wychodząc z domu. Przy takim ustawieniu zużyjemy najmniej energii, a równocześnie dość sprawnie powtórnie nagrzemy mieszkanie. Różnice w tempie nagrzewania są nieznaczne, a równocześnie każdy przypadek jest równie optymalny, gdyż nie ma problemu z powtórny ogrzaniem i utrzymaniem temperatury na całego mieszkania na poziomie 21°C.

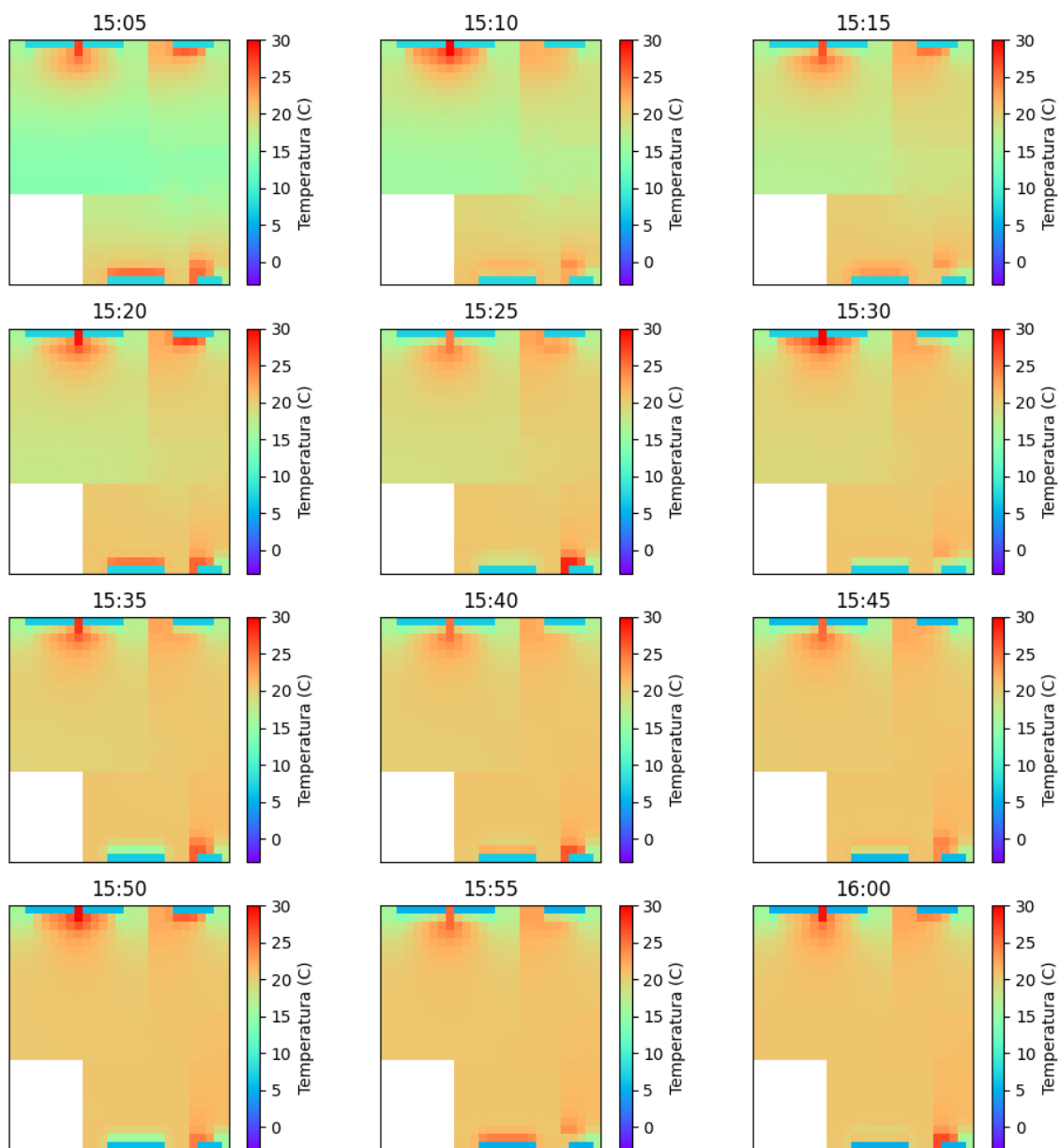
Chłodny dzień

Pierwsza godzina nagrzewania po powrocie do mieszkania o 15:00

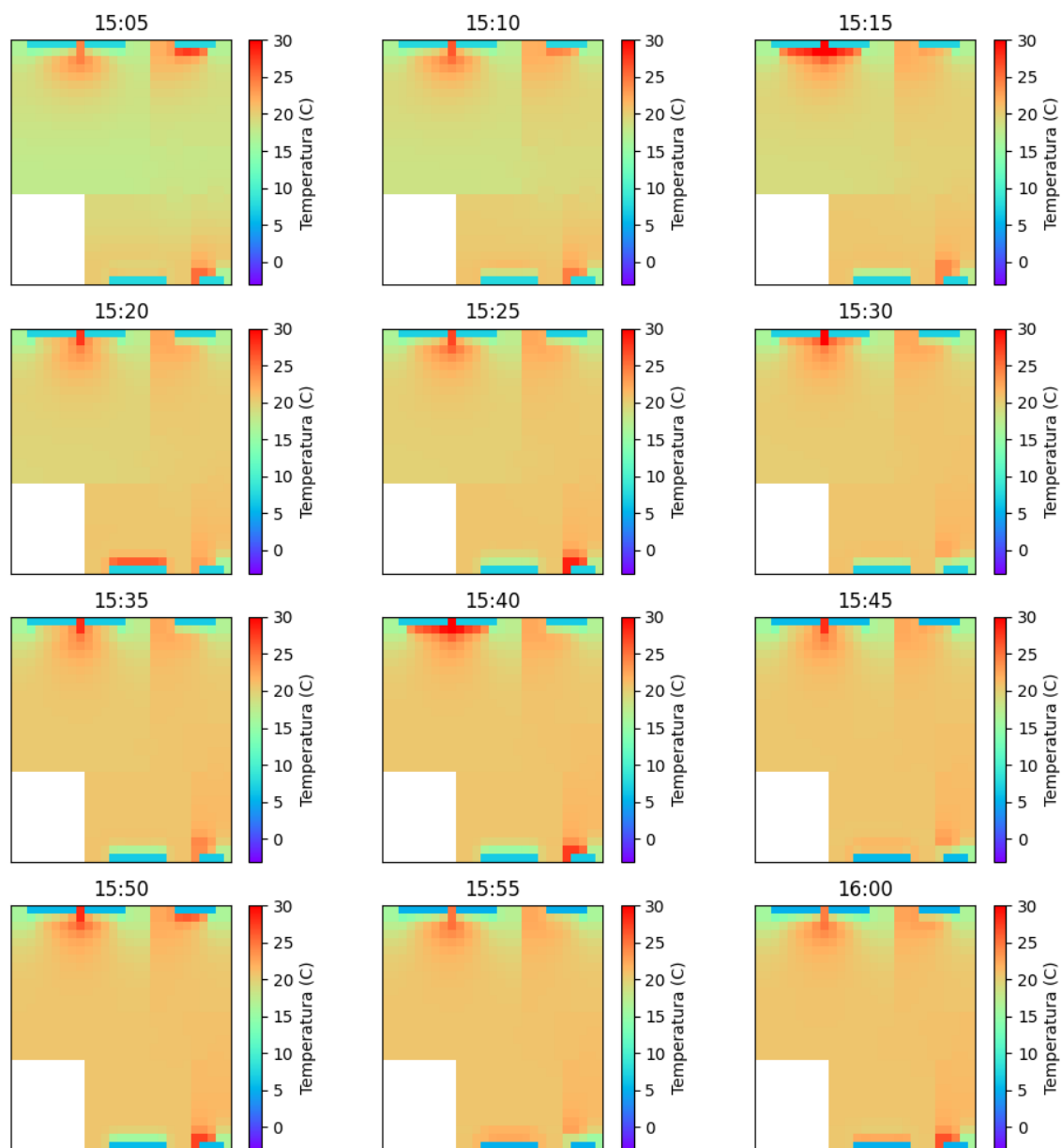
Termostaty zmniejszone na poziom 0



Termostaty zmniejszone na poziom 1

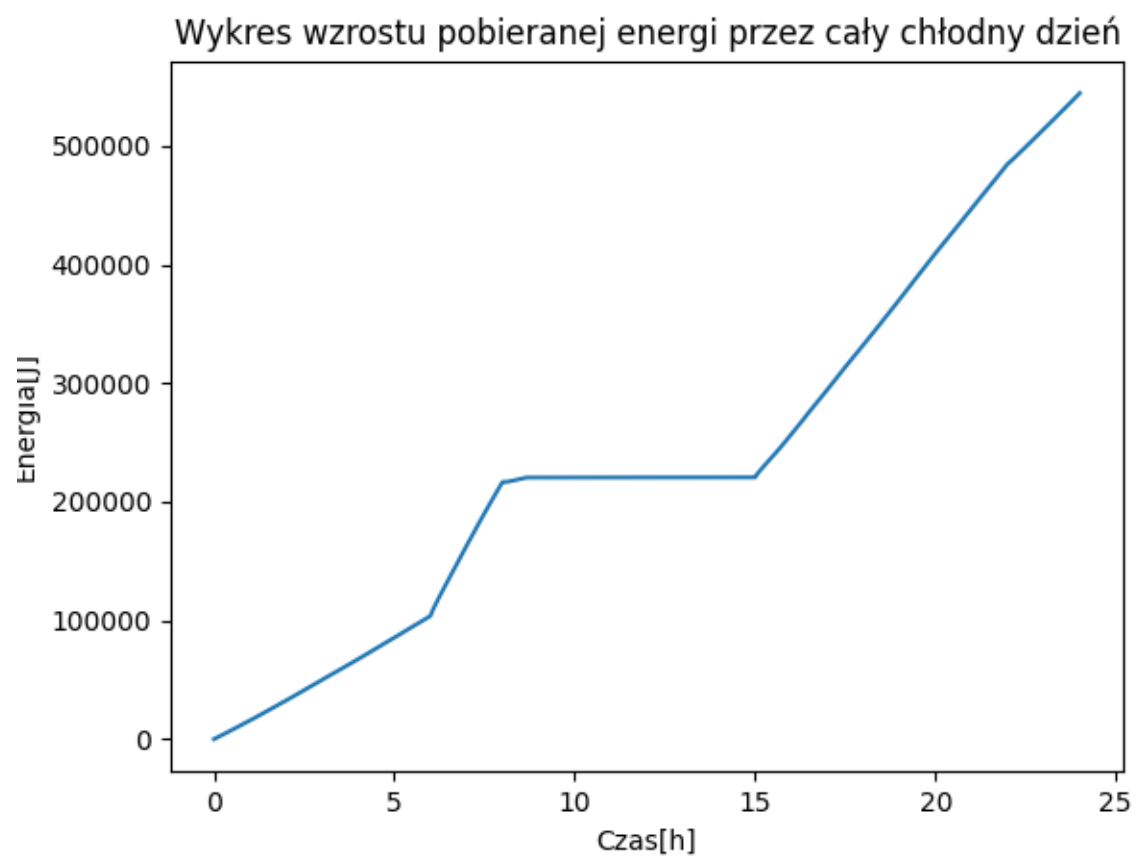


Termostaty zmniejszone na poziom 2

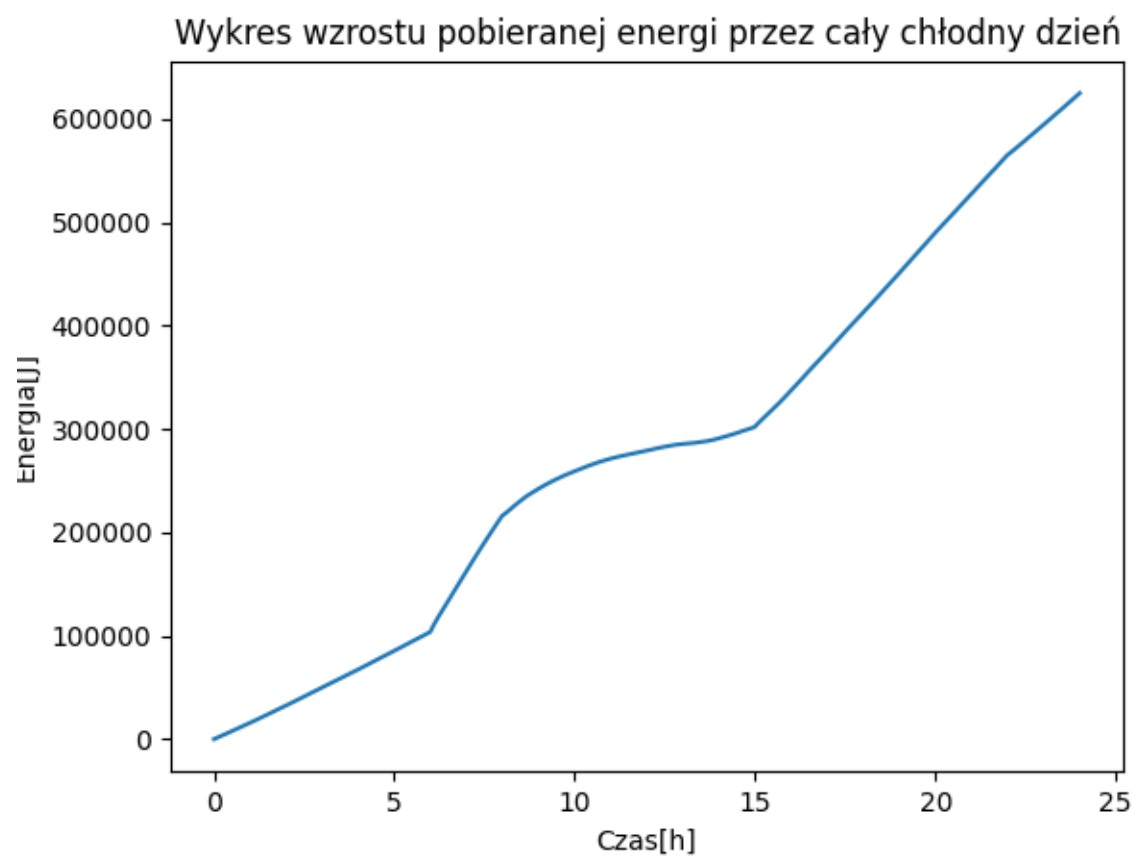


Wykresy pobieranej energii

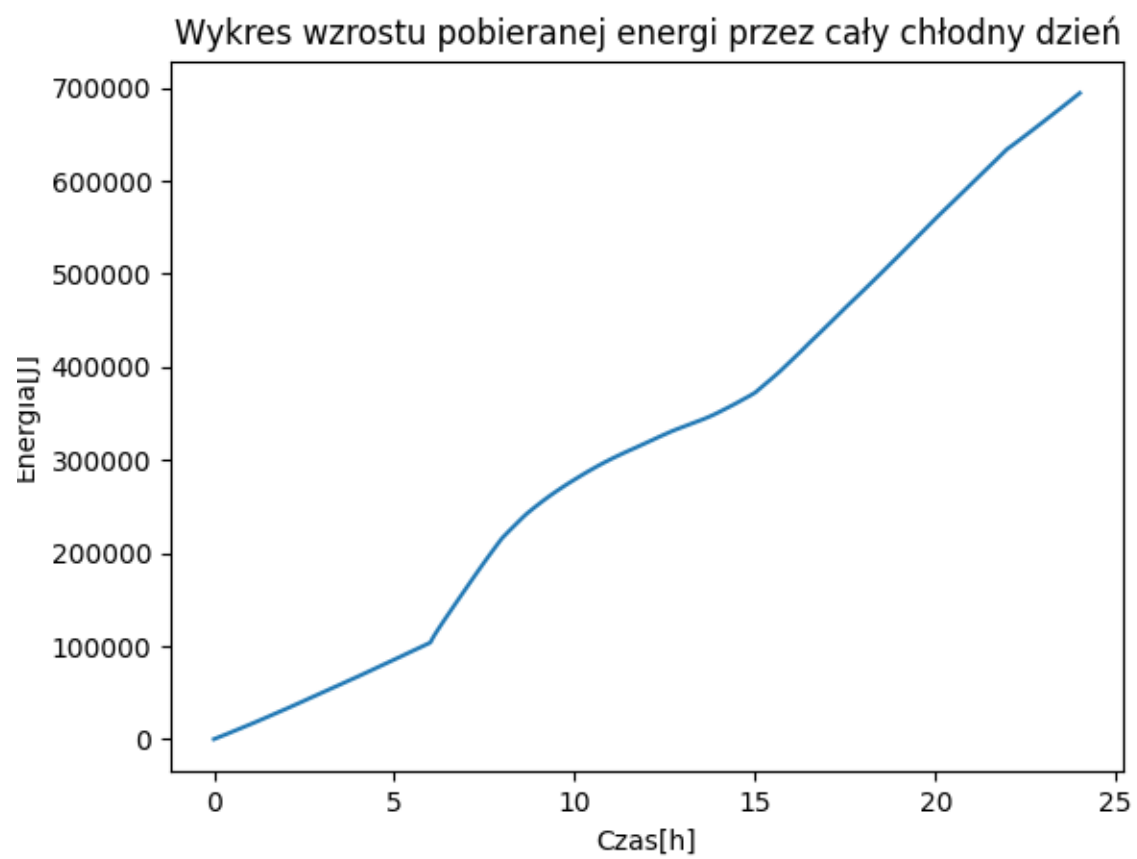
Termostaty zmniejszone na poziom 0



Termostaty zmniejszone na poziom 1

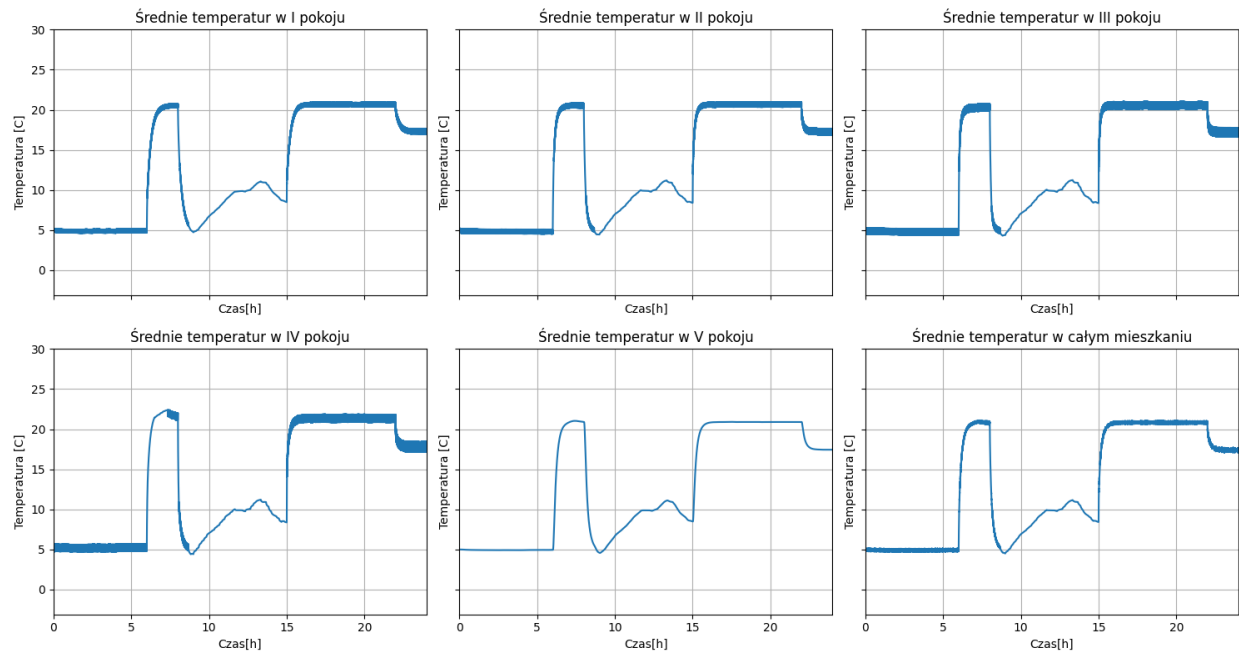


Termostaty zmniejszone na poziom 2

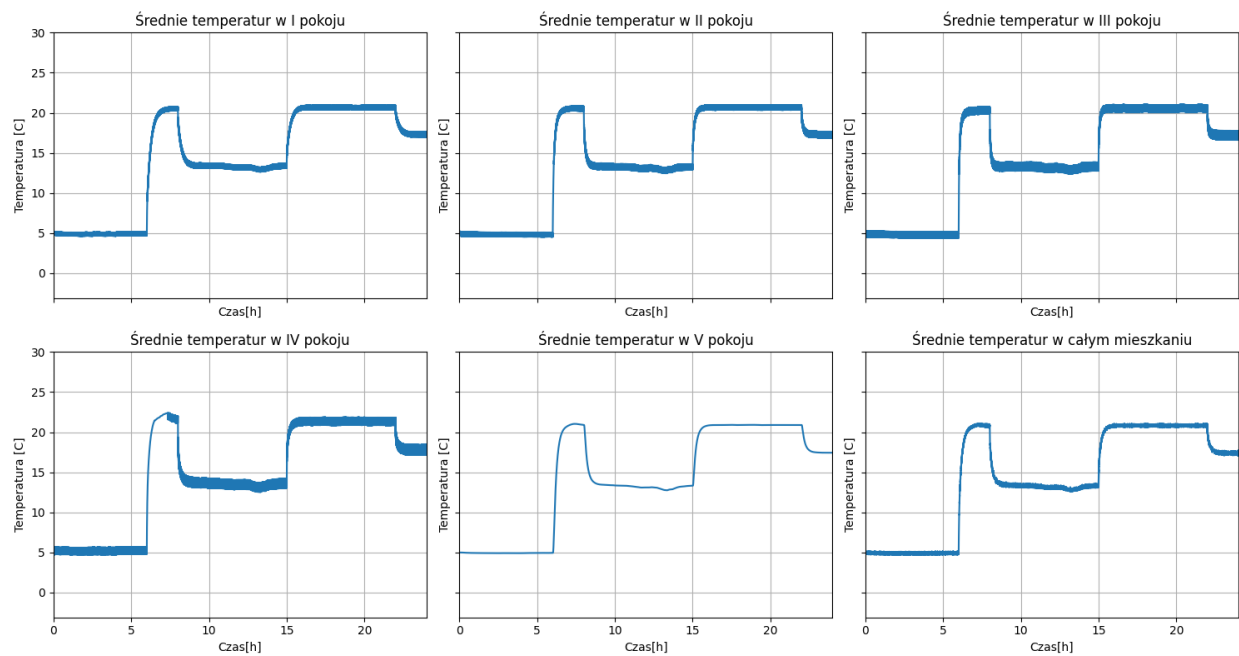


Wykresy średnich temperatur pokoi i mieszkania

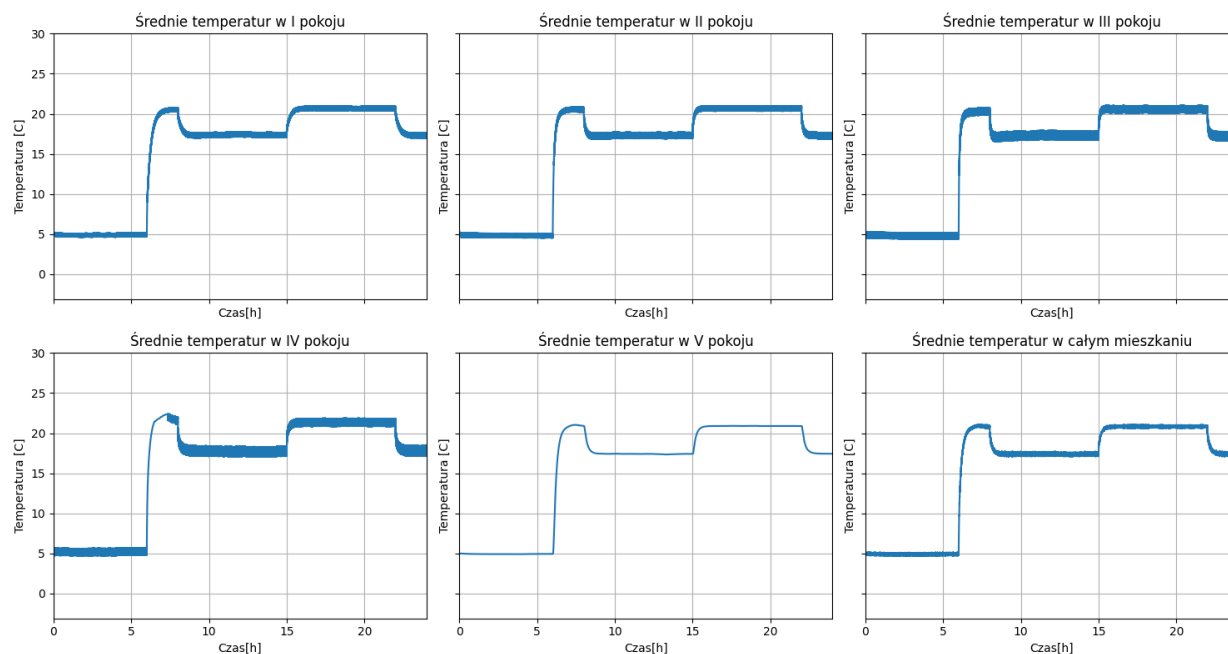
Termostaty zmniejszone na poziom 0



Termostaty zmniejszone na poziom 1



Termostaty zmniejszone na poziom 2



Wnioski

Przypadek chłodnego dnia jest najciekawszy pod względem analizy.

- Ponownie powtórne nagrzanie mieszkania po powrocie do mieszkania jest dłuższe jeżeli zmniejszymy poziom termostatu na 0 lub 1 w porównaniu ze zmniejszeniem termostatu jedynie do poziomu 2.
- Wykresy pobieranej energii przyjmują bardzo ciekawe kształty. Dla sytuacji zmiany poziomu termostatów przy wyjściu do 0 widzimy, że przez prawie całą nieobecność w mieszkaniu kaloryfery nie pobierają energii. Jest to spowodowane ciekawą sytuacją w której temperatura na zewnątrz znacznie przekracza 5°C, co powoduje że to ściany są odpowiedzialne za *nagrzewanie mieszkania*. Dla pozostałych przypadków krzywa wzrasta, ale robi to znacznie wolniej niż w poprzeciu rozważanych dniach.
- Oczywiście wartości wykresu są najmniejsze na koniec dnia w którym wychodząc z domu zmieniliśmy poziom termostatu na 0. Różnica względem ustawienia termostatów na poziomie 2 wynosi prawie 15%.
- Jeśli chodzi o wartości średnich temperatur w pokojach po powrocie do mieszkania i ponownym grzaniu, to wyniki są bardzo zróżnicowane. Dla poziomu 0 widzimy wcześniej wspomniany wpływ okien, które około godziny 9 : 00 zaczęły ogrzewać mieszkanie, stąd na wykresie widoczne wzniesienie pomimo braku zmiany w działaniu kaloryferów. Dla pozostałych sytuacji wykresy są dość podobne i przewidywalne, czyli utrzymują średnią temperaturę wokół wartości przypisanych poziomom termostatów.
- Dla wszystkich modyfikacji termostatu, dostrzegamy, że niektóre pokoje posiadają znacznie wyższą temperaturę niż przewiduje nawet termostat na poziomie 3. Jest to oczywiście spowodowane dość wysoką temperaturą okien (oczywiście relatywnie, bo najwyższa temperatura zewnętrzna w chłodny dzień to jedynie 11°C).

Podsumowując

Niepodważalnie najlepszym sposobem w chłodny dzień jest zostawienie kaloryferów na poziomie 0 wychodząc z domu. Gwarantuje to, że przez pewien czas kaloryfery wogóle nie będą działać, a co za tym idzie nie będą pobierały energii. Poza tym tempo powtórne nagrzewania mieszkania jest nieznacznie różne, co nie powinno powodować trudności.

9) Bibliografia

- Źródło wartości stałych fizycznych:
https://home.agh.edu.pl/~siwek/Maszyny_I_Urządzenia_Energetyczne_2017/Z.5.%20Turbiny%20Gazowe/Tablice%20powietrze.pdf
- Źródło pomiarów temperatur zewnętrznych we Wrocławiu w styczniu 2024r.:
<https://danepubliczne.imgw.pl/pl/datastore?product=Meteo>
- Zakres temperatur termostatu:
https://zielona.interia.pl/eko-technologie/news-jak-ustawic-pokretlo-w-kaloryferze-zeby-bylo-taniej-regulacj%C6316203?utm_source
- Wartość mocy kaloryferów wyznaczo na podstawie danych z: <https://fixly.pl/blog/dom-ogrod/obliczanie-mocy-grzejnika-poradnik-doboru-kaloryferow/>