



Politechnika Wrocławska

Katedra Systemów i Sieci Komputerowych

PROJEKT BADAWCZY
Z TEORII STEROWANIA
Semestr zimowy 2006/2007

prowadzący: dr inż. Leszek Koszałka

TEMAT PROJEKTU:

Algorytmy sterowania układem wind

WYKONALI: Piotr Komoniewski (132633) EIT/ESA
 Karol Kozłowski (132652) EIT/ESA
 Karol Nikšcin (132750) EIT/ESA

DATA ODDANIA:

OCENA:

PODPIS:

Spis treści

1. Wprowadzenie.....	4
2. Sformułowanie problemu.....	4
3. Rozwiązanie problemu.....	4
4. System eksperymentowania.....	5
5. Charakterystyka programu.....	5
6. Problem pojemności kabin.....	6
6.1. Teza Badawcza.....	6
6.2. Plan eksperymentu.....	7
a) Wyniki badań.....	8
6.3. Analiza wyników.....	9
a) Średni czas oczekiwania.....	9
b) Maksymalny czas oczekiwania.....	10
c) Ilość ruchów wind.....	11
6.4. Wnioski.....	12
7. Problem.....	13
7.1. Teza Badawcza.....	13
7.2. Plan eksperymentu.....	14
7.3. Wyniki badań.....	15
7.4. Analiza wyników.....	16
a) rano.....	16
b) wieczór.....	17
7.5. Wnioski	17
8. Problem wydajności systemu w zależności od fizycznego zabudowania.....	18
8.1. Teza Badawcza.....	18
8.2. Plan eksperymentu.....	19
8.3. Wyniki badań.....	20

8.4. Analiza wyników.....	21
a) Algorytm last-floor.....	21
b) Algorytm next-floor.....	24
8.5. Wnioski.....	26
9. Podsumowanie.....	27

1. Wprowadzenie

Obserwując otaczający nas świat łatwo można zauważyć że powstające obecnie budynki są coraz wyższe i rozleglejsze. W związku z tym istnieje zapotrzebowanie na idealny środek transportu w takich obiektach. Takowy jak wiadomo nie istnieje a najczęściej stosowane rozwiązania to eskalatory i dźwigi. Niniejsza praca dotyczyć będzie tych drugich.

2. Sformułowanie problemu

Podstawowym problemem nie dotyczącym sfery konstrukcyjnej (budowy, rozmieszczenia szybów w budynku itp.) jest zastosowanie odpowiedniego, najwydajniejszego systemu transportującego ludzi w obrębie budynku. Wiadomo, że nie każdy system jest taki sam, dlatego na początku należy zdefiniować podstawowe parametry określające jego konfigurację. Należy określić *ilość dźwigów* występujących w systemie *ilość pięter*, *ładowność kabiny*, *czas przejazdu*, *średni czas postoju*, *liczba pasażerów* oraz *tryb pracy* i rodzaj zastosowanego *algorytmu sterowania*.

Prowadzone przez nas badania polegać będą na zdefiniowaniu systemu a następnie ustaleniu najlepszych jego parametrów w oparciu o wartości wyjściowe (optymalizowane), za które przyjmowali będziemy takie dane jak *średni czas oczekiwania*, *maksymalny czas oczekiwania* oraz *liczba ruchów windy*. Pierwsze dwie mają znaczny wpływ na komfort użytkowania, ostatnia natomiast określa koszty użytkowania i zużycie windy które wpływa na częstość konserwacji.

Ze względu na brak dostępu do wyspecjalizowanej literatury nasze badania oparte będą o dokumentację programu symulacyjnego „Elevator Simulator v1.0”.

3. Rozwiązanie problemu

Wyboru optymalnego algorytmu dokonujemy spośród 3 dostępnych w programie symulacyjnym algorytmy:

down-up – Winda porusza się na zmianę w górę i w dół. Zmiana kierunku ruchu następuje jedynie gdy winda jest pusta i nie ma już żadnego zgłoszenia w kierunku zgodnym z kierunkiem ruchu windy.

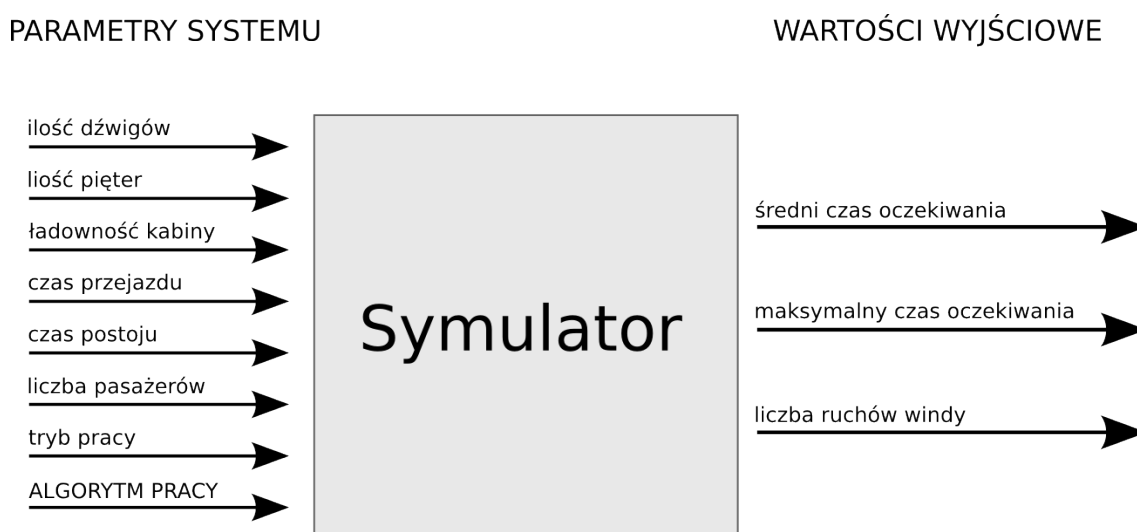
next-floor – winda zatrzymuje się zawsze na najbliższym piętrze, na którym wystąpi zgłoszenie zgodnie z kierunkiem jazdy. Jeżeli jest pusta wybiera zgłoszenie o najkrótszym czasie dojazdu (niezależnie czy zgodne z atrybutem kierunku czy nie). W pierwszej kolejności rozpatrywane są piętra o największym atrybucie zgłoszeń.

last-floor – Winda jedzie na najbliższe piętro na którym wystąpi zgłoszenie zgodne z jej kierunkiem jazdy. Jeżeli jest pusta wybiera najbardziej skrajne zgłoszenie. W pierwszej kolejności rozpatrywane są piętra o największym atrybucie zgłoszeń.

Dobór parametrów symulacji określony będzie przy każdej z symulacji.

4. System eksperymentowania

Postawą badawczą jest program komputerowy, który symuluje układ wind oraz ich zachowaniem z uwzględnieniem wszystkich wymienionych wcześniej parametrów systemu, jego schemat blokowy przedstawiony jest na rysunku nr 1.



Rysunek 1: Schemat obrazujący działanie symulatora.

W naszych doświadczeniach będziemy parametryzować wartości wejściowe i obserwować ich wpływ na wartości wyjściowe systemu.

5. Charakterystyka programu

Program umożliwia dość rozbudowaną analizę problemu. Można parametryzować każdą z wymienionych przez nas wcześniej danych wejściowych. Wyniki pokazywane są w postaci wykresów w specjalnym oknie. Można nanosić kilka wyników symulacji na siebie. Możliwość zapisu wyników i parametrów symulacji bardzo ułatwia prowadzenie badań. W trakcie pracy zauważyliśmy jednak również kilka niedociągnięć programistycznych. Brak zapisu do formatu umożliwiającego dalszą obróbkę. Niestabilne działanie programu powodujące okazjonalne „wystrzelenie” wind poza ekran programu. Ponadto wykonany jest on w przestarzałej technologii co powoduje kolejne ograniczenia uniemożliwiające jego rozbudowę.

Wymagania programu:

- Komputer klasy x86
- Minimum 4MB RAM
- system operacyjny zgodny z MS-DOS

6. Problem pojemności kabin

Opracowanie: Karol Kozłowski (132652)

6.1. Teza Badawcza

Niniejszy eksperyment ma na celu określenie wpływu ładowności kabiny na działanie układu wind. A mianowicie, czy zamiast zwiększać ilość wind w obiekcie, można skrócić czas oczekiwania pasażera windy na kabinę zwiększając jedynie jej ładowność. Badanie dotyczyć będzie 6 kondygnacyjnego budynku z dość wolnymi windami. Pierwsze 3 jego kondygnacje obejmują sklepy i restauracje, pozostałe natomiast stanowią parking, dlatego w symulacji odpowiednio dobrane zostały wartości atrybutów pięter, które szczegółowo zostaną przedstawione w kolejnym podrozdziale.

Zmienną niezależną w tym badaniu będzie liczba osób, które może pomieścić kabina windy. Szczegóły jej doboru określone są w kolejnym punkcie. Najbardziej natomiast będą nas interesowały zmienne wyjściowe mówiące o czasie oczekiwania na windę.

6.2. Plan eksperymentu

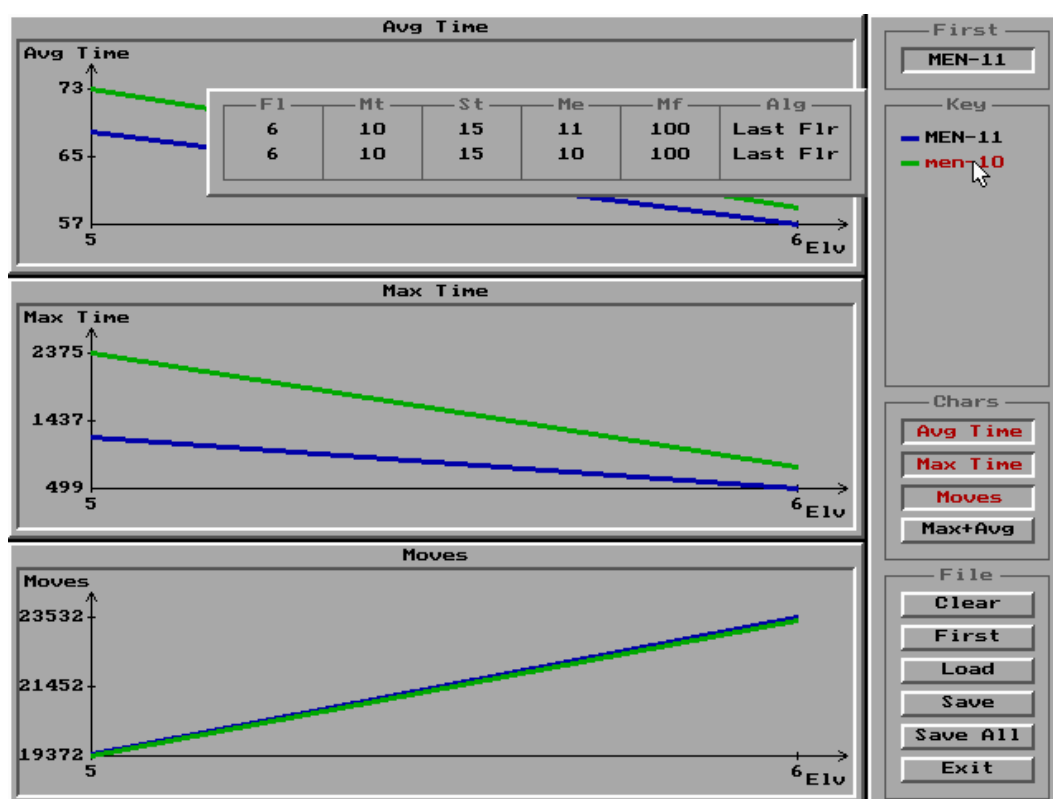
Tabela 1: Parametry symulacji

Parametry Podstawowe	
ilość dźwigów	6
ilość pięter	6
ładowność kabiny*	7 – 15[osób]
średni czas przejazdu	10[s]
średni czas postoju	15[s]
liczba pasażerów	losowo
algorytmy pracy	{last_floor, next_floor}
Parametry Dodatkowe	
czas symulacji	24[h]
maksymalna liczba oczekujących	100[osób]
średnia liczba zgłoszeń z galerii	10 $\left[\frac{1}{min} \right]$
średnia liczba zgłoszeń z parkingu	3 $\left[\frac{1}{min} \right]$
częstotliwość odwiedzania galerii	10
częstotliwość odwiedzania parkingu	3

* - wartość uzmienniona

Ilość dźwigów i liczba pięter została dobrana arbitralnie. Czasy przejazdu i postoju zostały dobrane doświadczalnie na podstawie analizy działania obiektów rzeczywistych. Czas symulacji został dobrany aby przetestować długotrwałe „obciążenie” systemu. Zakres ładowności kabiny został dobrany doświadczalnie w trakcie symulacji, rozpoczynając od wartości najmniejszej przy jakiej symulator działał, do wartości przy których zmienne wyjściowe nie wykazywały znaczących zmian. Średnia ilość zgłoszeń i częstotliwości odwiedzania pięter zostały dobrane tak aby wymusić duże natężenie ruchu w obrębie pięter 1-3 (galeria handlowa).

a) Wyniki badań



Rysunek 2: Zrzut ekranu z wynikami symulacji

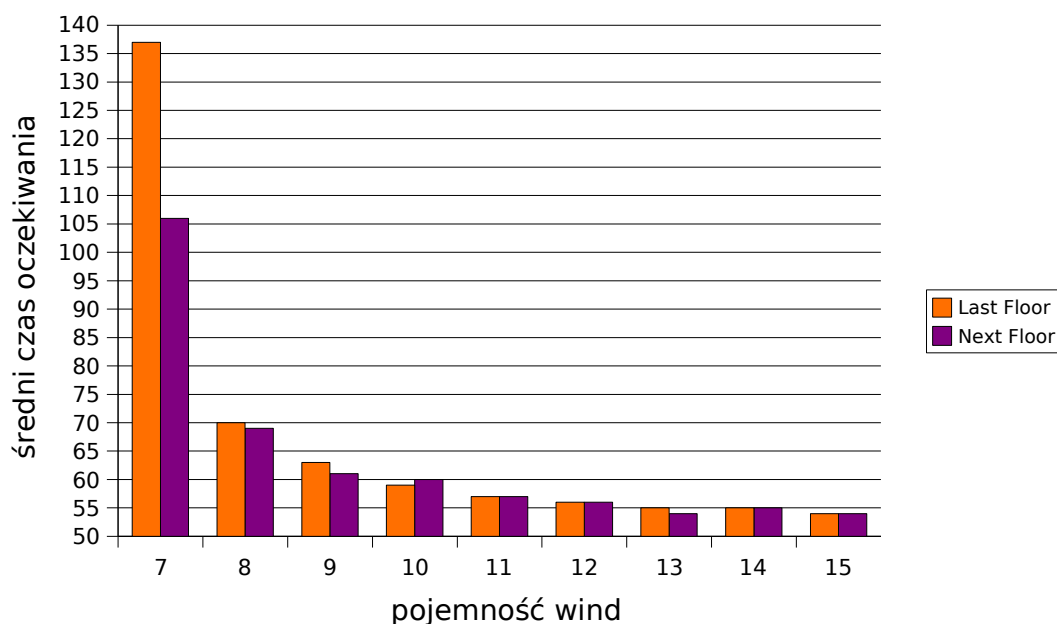
Powyższy rysunek przedstawia przykładowe okno programu z wynikami wyjściowymi symulacji (średni czas oczekiwania na windę – „Avg Time”, maksymalny czas oczekiwania na windę – „Max Time”, oraz liczba ruchów wind w trakcie trwania symulacji - „Moves”). Okno pop-up w programie pokazuje jakich parametrów dotyczą odpowiednie serie danych przedstawione na wykresach.

6.3. Analiza wyników

a) Średni czas oczekiwania

Tabela 2: średnie czasy oczekiwania

<i>ładowność</i>	<i>last-floor</i>	<i>next-floor</i>
7	137	106
8	70	69
9	63	61
10	59	60
11	57	57
12	56	56
13	55	54
14	55	55
15	54	54



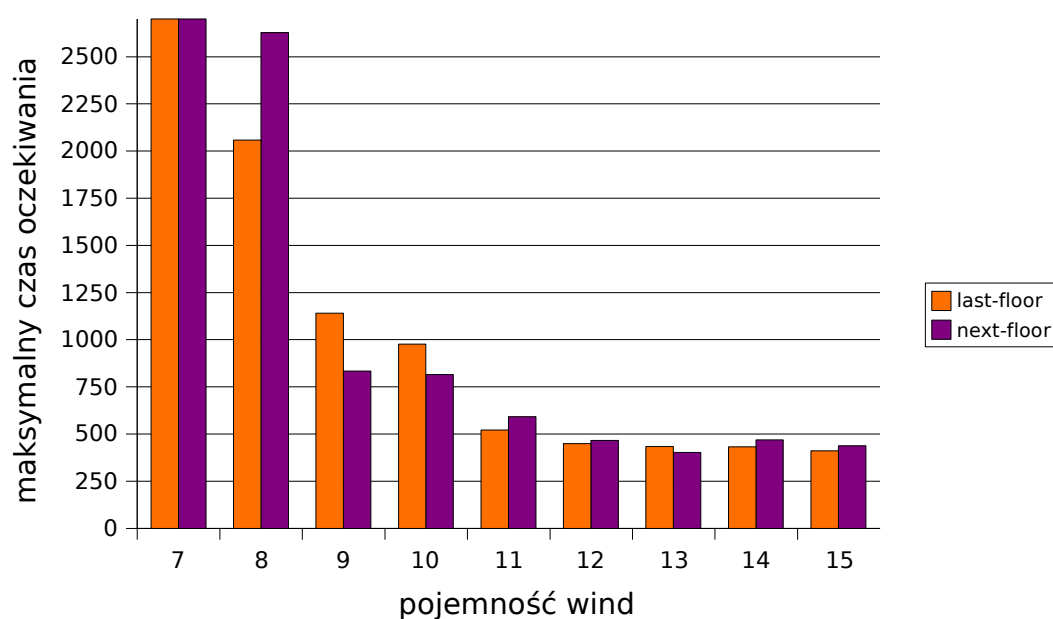
Rysunek 3: Wykres zależności średniego czasu oczekiwania od pojemności wind

Z analizy wynika, że algorytm last-floor osiąga lepsze wyniki oraz, że ładowność wind w budynku powinna wynosić 9 aby znacząco i optymalnie poprawić średni czas oczekiwania na windę.

b) Maksymalny czas oczekiwania

Tabela 3: maksymalne czasy oczekiwania

<i>ładowność</i>	<i>last-floor</i>	<i>next-floor</i>
7	30108	12762
8	2058	2628
9	1141	834
10	977	815
11	522	592
12	449	466
13	434	402
14	432	470
15	411	438



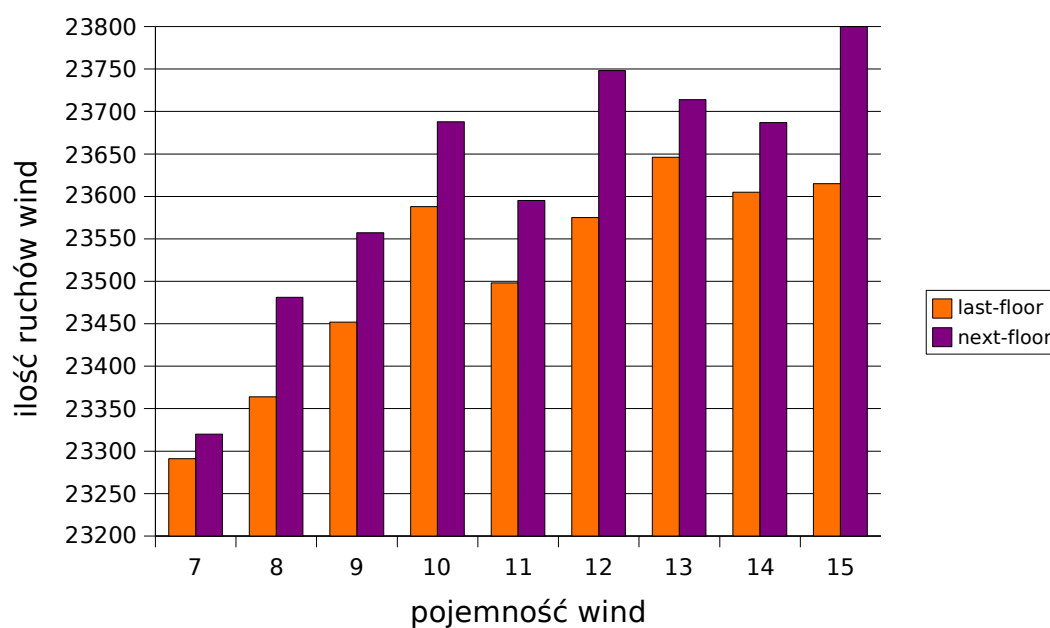
Rysunek 4: Wykres zależności maksymalnego czasu oczekiwania od pojemności wind

Podobnie jak w poprzednim przypadku pierwszy algorytm osiąga lepsze wyniki (poza przypadkiem 9 i 10 osobowej kabiny). Natomiast jeżeli chodzi o ładowność windy powinna być większa bądź równa 11 dla zachowania warunku optymalności.

c) Ilość ruchów wind

Tabela 4: ilość ruchów wind w trakcie trwania symulacji

<i>ładowność</i>	<i>last-floor</i>	<i>next-floor</i>
7	23291	23320
8	23364	23481
9	23452	23557
10	23588	23688
11	23498	23595
12	23575	23748
13	23646	23714
14	23605	23687
15	23615	23800



Rysunek 5: Wykres zależności ilości ruchów wind od ich pojemności

Jak widać wzrost pojemności kabin nie wpływa znacząco na ilość wykonywanych przez windy ruchów. Można jednak zauważyć, że w przypadku zastosowania algorytmu *last-floor* osiągana jest mniejsza liczba ruchów w trakcie trwania całej symulacji.

6.4. Wnioski

Analiza danych z punktu 6.3 sprowadza do jednego wniosku – możliwe jest zmniejszenie czasu oczekiwania na windę nie zmieniając konstrukcji budynku a jedynie modernizując windy tak, aby mogły one pomieścić więcej pasażerów. Nie wpłynie to jednak na ilość wykonywanych przez windę ruchów w cyklu dobowym.

Analizując wykres średniego czasu oczekiwania na windę (*Rysunek 3*) łatwo stwierdzić, że największy spadek wartości obserwowany jest gdy pojemność kabin zostanie zwiększona z 7 do 8 osób. Spadek wynosi wtedy 35% dla algorytmu *next-floor* i aż 48% w przypadku stosowania algorytmu *last-floor*. Natomiast gdy zwiększymy pojemność kabin do 9 osób spadki są już bardziej zbliżone do siebie i wynoszą odpowiednio 10% dla algorytmu *last-floor* i 12% dla algorytmu *next-floor*. kolejne zwiększanie ładowności nie przynosi już większej zmiany średniego czasu różnica utrzymuje się na poziomie 1 sekundy.

Wykres maksymalnego czasu oczekiwania na windę (*Rysunek 4*) pokazuje nieco inną zależność. Owszem również najefektywniejszą zmianą jest wzrost ładowności windy z 7 do 8 osób. jest ona nawet o wiele wyraźniejsza niż na poprzednim wykresie. Wynosi ona bowiem 93% wartości dla algorytmu *last-floor* i 84% dla algorytmu *next-floor*. Jednakże optymalną wartością jest ładowność 11 osób gdyż dopiero ona gwarantuje, że kolejne zmiany nie będą przynosiły istotnych efektów w postaci znacznego skrócenia maksymalnego czasu oczekiwania na windę (poniżej 5%).

Rysunek 5 przedstawia wykres zależności ilości ruchów wind od ich pojemności. Z jego analizy wynika, że pojemność kabin wpływa nieznacznie na ilość wykonywanych ruchów przez kabiny.

Ogólna analiza wykazuje również, że dla większości przypadków skuteczniejszym okazuje się być algorytm *last-floor* z pomocą którego uzyskuje się niższe czasy oczekiwania, lecz wynoszą one zaledwie kilka procent.

7.Problem

Opracowanie: Karol Nikšcin (132750)

7.1. Teza Badawcza

Problem wydajności systemu w zależności od prędkości* wind oraz średniego czasu postoju** nie pustej windy na piętrze

Jako symulowany obiekt został wybrany 8io kondygnacyjny biurowiec z 4rema 10cio osobowymi windami , sposób wykorzystania wind w tego typu obiekcie jest prosty do przewidzenia. W godzinach porannych gdy biura są otwierane pracownicy muszą dostać się z poziomu parteru na poszczególne piętra, natomiast wieczorem pracownicy usiłują przedostać się z poszczególnych pieter na poziom parteru. Z tego powodu rozpatrujemy dwa oddzielne przypadki, jeden dla godzin porannych drugi dla godzin wieczornych.

*[Tm] – średni czas przejazdu windy pomiędzy dwoma sąsiednimi piętrami.

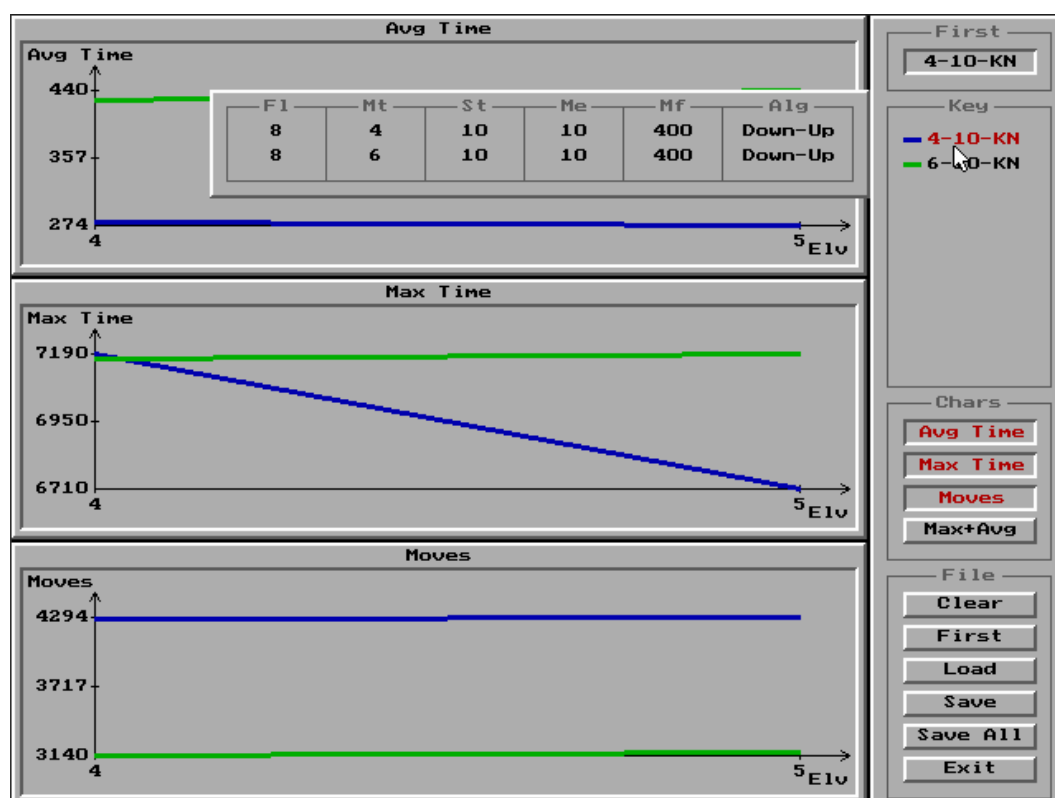
**[Ts] – średni czas postoju niepustej windy na piętrze.

7.2. Plan eksperymentu

Tabela 5: Parametry symulacji

Parametry Podstawowe		
ilość dźwigów	4	
ilość pięter	8	
ładowność kabiny	10[osób]	
średni czas przejazdu	2,4,6,8[s]	
średni czas postoju	5,10,15[s]	
liczba pasażerów	losowo	
algorytm pracy	up-down	
Parametry Dodatkowe		
czas symulacji	2[h]	
maksymalna liczba oczekujących	400[osób]	
	rano	wieczór
średnia liczba zgłoszeń z parteru	16 $\left[\frac{1}{min}\right]$	0.1 $\left[\frac{1}{min}\right]$
średnia liczba zgłoszeń z pięter	0.1 $\left[\frac{1}{min}\right]$	2 $\left[\frac{1}{min}\right]$
częstotliwość odwiedzania parteru	1	100
częstotliwość odwiedzania pięter	1	1

7.3. Wyniki badań

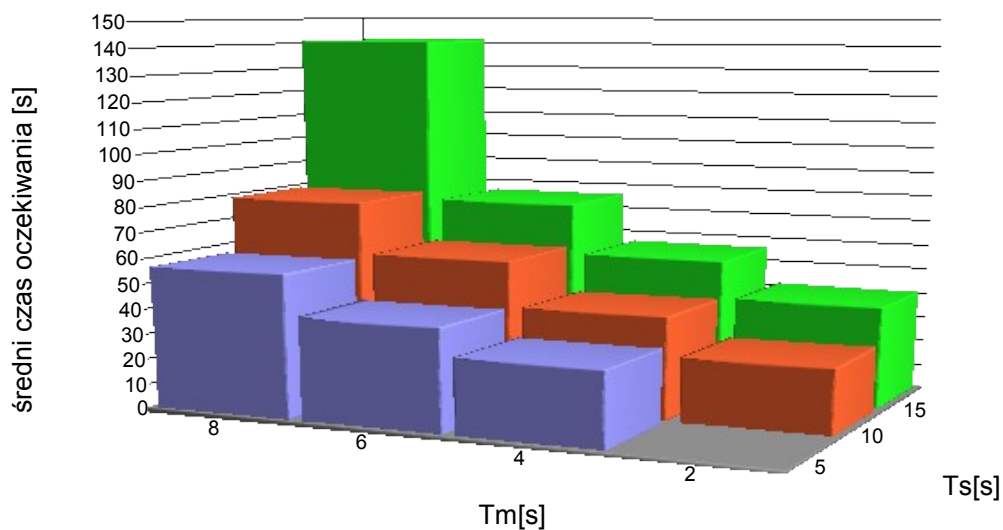


Rysunek 6: Zrzut ekranu z danymi

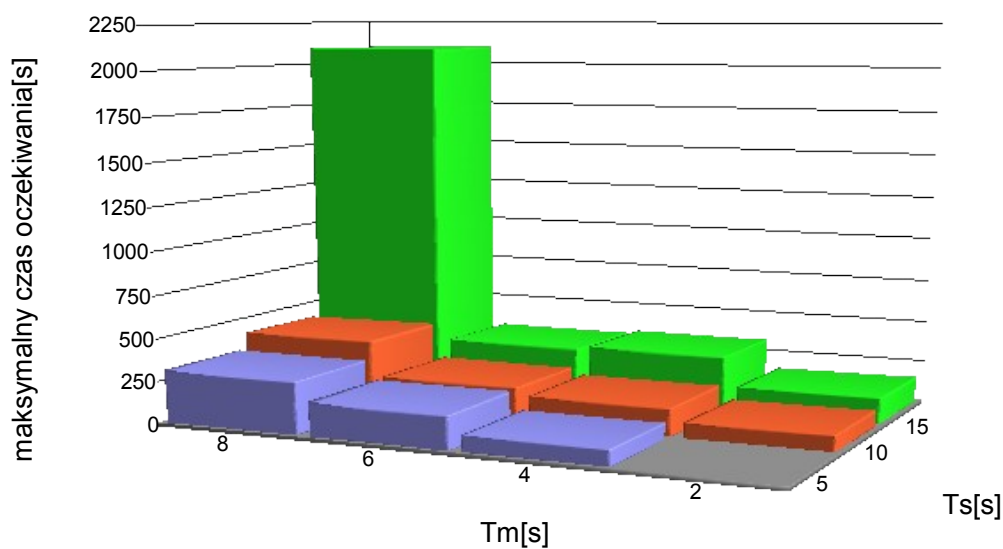
Na rysunku 6 widać, że wybrany został algorytm „down-up” ponieważ jedynie on działał poprawnie w przyjętych warunkach np. algorytm „last-floor” po około 15 minutach działania ignorował całkowicie wezwania pochodzące z parteru gdzie właśnie było ich najwięcej, co w bardzo krótkim czasie powodowało osiągnięcie maksymalnej liczby oczekujących na parterze.

7.4. Analiza wyników

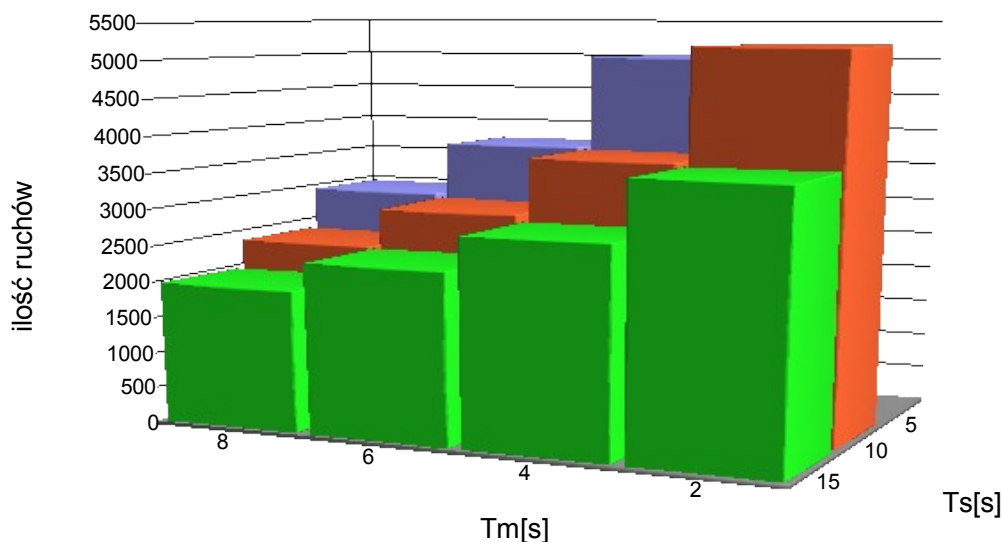
a) rano



Rysunek 7: średni czas oczekiwania na windę w zależności od prędkości wind



Rysunek 8: maksymalny czas oczekiwania na windę w zależności od prędkości wind

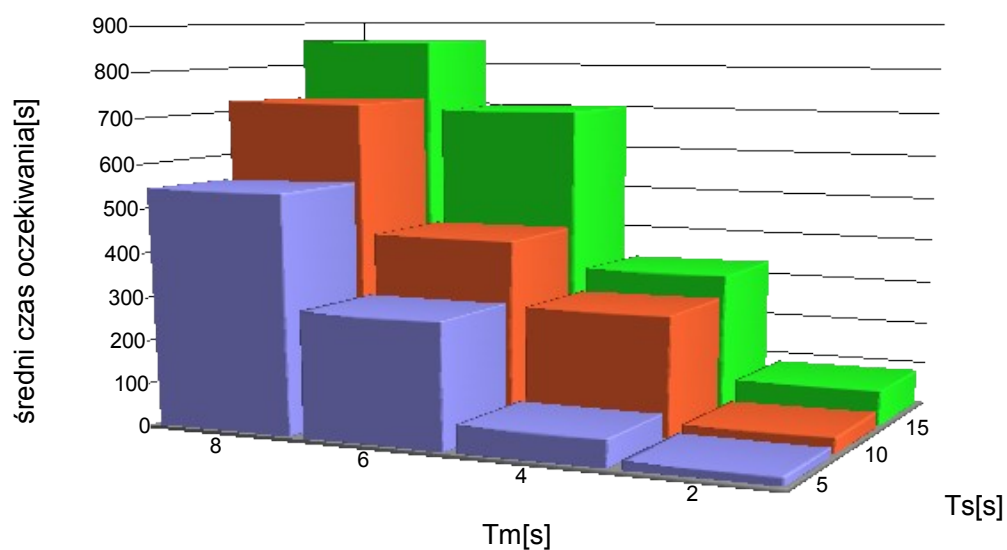


Rysunek 9: ilość ruchów wind w zależności od ich prędkości

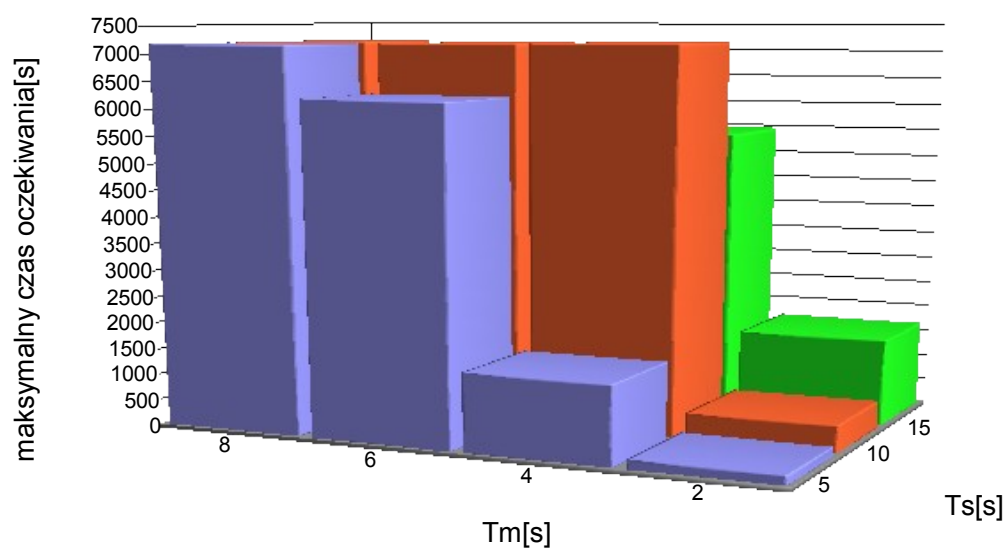
Zgodnie z oczekiwaniem zaobserwowano poprawę działania algorytmu wraz ze wzrostem prędkości wind. Z otrzymanych wyników można zauważyć że parametr T_m ma większe znaczenie na efektywność działania algorytmu niż parametr T_s

W przypadku godzin porannych system radził sobie z napływem ludzi z poziomu parteru, praktycznie we wszystkich przypadkach średnie jak i maksymalne czasy oczekiwania były w akceptowalnych granicach, jedynie z wyjątkiem przypadku najgorszego, wind o czasach $T_m=8s$ oraz $T_s=15s$ gdyż średni czas oczekiwania przekroczył 3minuty a maksymalny czas oczekiwania wyniósł prawie 35minut.

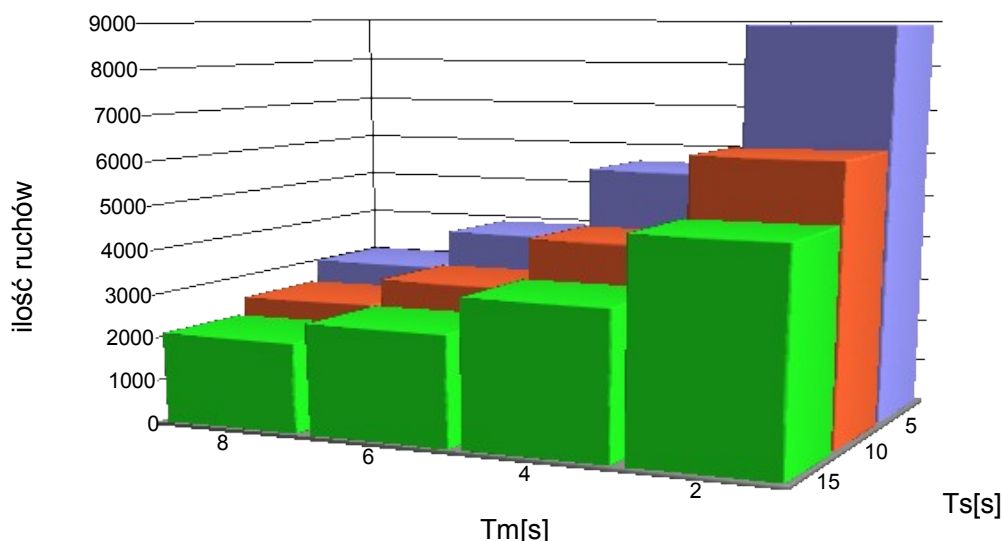
b)wieczór



Rysunek 10: średni czas oczekiwania na windę w zależności od prędkości wind



Rysunek 11: maksymalny czas oczekiwania na windę w zależności od prędkości wind



Rysunek 12: ilość ruchów wind w zależności od ich prędkości

W przypadku godzin wieczornych gdy większość ruchu kierowana jest z pięter na parter algorytm *down-up* działa poprawnie jedynie dla najszybszych wind, wszędzie gdzie maksymalny czas oczekiwania zbliża się do maksymalnej wartości 7200s oznacza to, że na pewnych piętrach windy nigdy nie zabrały wszystkich oczekujących. Z obserwacji i analizy działania algorytmu wiemy że czas oczekiwania jest odwrotnie proporcjonalny do wysokości piętra, gdyż winda z poziomu parteru udaje się na najwyższe piętro z którego otrzymała wezwani następnie jedzie na żądane piętro, czyli z blisko 98% prawdopodobieństwem na parter zatrzymując się po drodze na każde wezwanie które jest w tym samym kierunku w którym właśnie podąża, niestety windy nie „wiedzą” czy już są pełne czy nie i zatrzymują się aby zabrać ludzi nawet gdy są pełne, co znacznie spowalnia ich ruch i powoduje powstawanie dużej ilości zgłoszeń na najniższych piętrach.

7.5.Wnioski

Bardzo szybko poruszające się windy znacznie lepiej radzą sobie z dużym natężeniem ruchu niż windy wolniejsze, jednak należy zadbać również o niezawodny algorytm sterowania. W przypadku zastosowanego algorytmu widzę kilka możliwości polepszenia jego działania:

- ograniczenie ruchu wybranych wind jedynie do niskich poziomów tak aby wyrównać szanse odebrania zgłoszeń z niskich poziomów
- nadawanie priorytetów poziomom, priorytet byłby tym wyższy im dłużej dane piętro nie było „opróżnione”

Ilość ruchów wind rośnie wraz ze zwiększaniem ich prędkości czyli zmniejszaniem czasów zarówno postoju jak i przejazdu pomiędzy sąsiednimi piętrami ponieważ windy szybsze windy docierają szybciej do zgłoszeń przez co na danym piętrze zgromadzi się mniej ludzi i winda będzie jeździła niezapełniona.

8. Problem wydajności systemu w zależności od fizycznego zabudowania.

Opracowanie: Piotr Komoniewski (132633)

8.1. Teza Badawcza

Symulacja dotyczy 8 kondygnacyjnego hotelu z szybkimi windami w którym na ostatnim piętrze znajduje restauracja, a na parterze kasyno. Oznacza to, że parter jak i 7 piętro będzie miało zwiększoną częstotliwość odwiedzin jak i większą liczbę zgłoszeń na podanych kondygnacjach. Głównym problemem który został postawiony jest dobór ilości wind oraz ich pojemności z ekonomicznego punktu widzenia.

Dlatego przebadane zostaną dwa rozwiązania:

- 2 windy 20 osobowe
- 4 windy 8 osobowe

Najbardziej popularnymi algorytmami w takich instytucjach są algorytm *last-floor* oraz algorytm *next-floor*

8.2. Plan eksperymentu

Tabela 6: Parametry symulacji

Parametry Podstawowe		
ilość pięter	8	
ilość dźwigów*	2	4
ładowność kabiny*	20 [osób]	8 [osób]
średni czas przejazdu	2 [s]	
średni czas postoju	5 [s]	
liczba pasażerów	losowo	
algorytmy pracy	{last-floor, next-floor}	
Parametry Dodatkowe		
czas symulacji	12 [h]	
maksymalna liczba oczekujących	40 [osób]	
średnia liczba zgłoszeń na minutę na parterze	$4 \left[\frac{1}{min} \right]$	
średnia liczba zgłoszeń na minutę na ostatnim piętrze	$2 \left[\frac{1}{min} \right]$	
częstotliwość odwiedzania galerii	6	
częstotliwość odwiedzania ostatniego piętra	2	

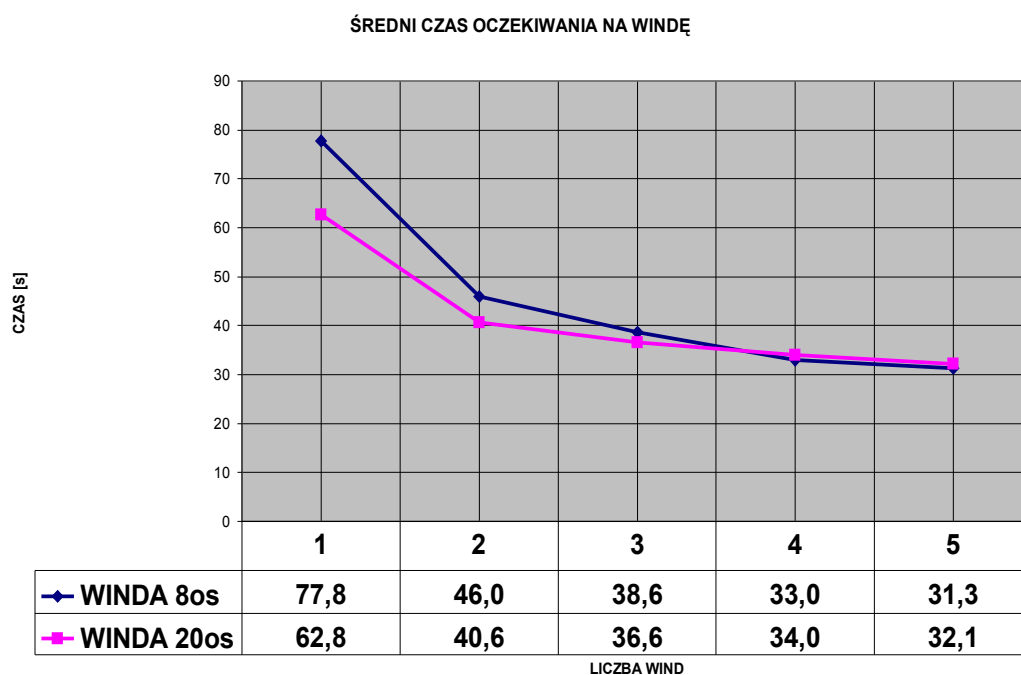
* - wartość uzmienniona

Symulacja została przeprowadzona dla standardowego natężenia ruchu i liczby zgłoszeń z wyjątkiem parteru i ostatniego piętra, co zostało zaznaczone powyżej. Pomiary zostały wykonane dziesięciokrotnie a następnie wynik został uśredniony, dodatkowo aby zminimalizować błąd przypadkowy zostały odrzucone wyniki o wartości najmniejszej i największej dla danej serii pomiaru.

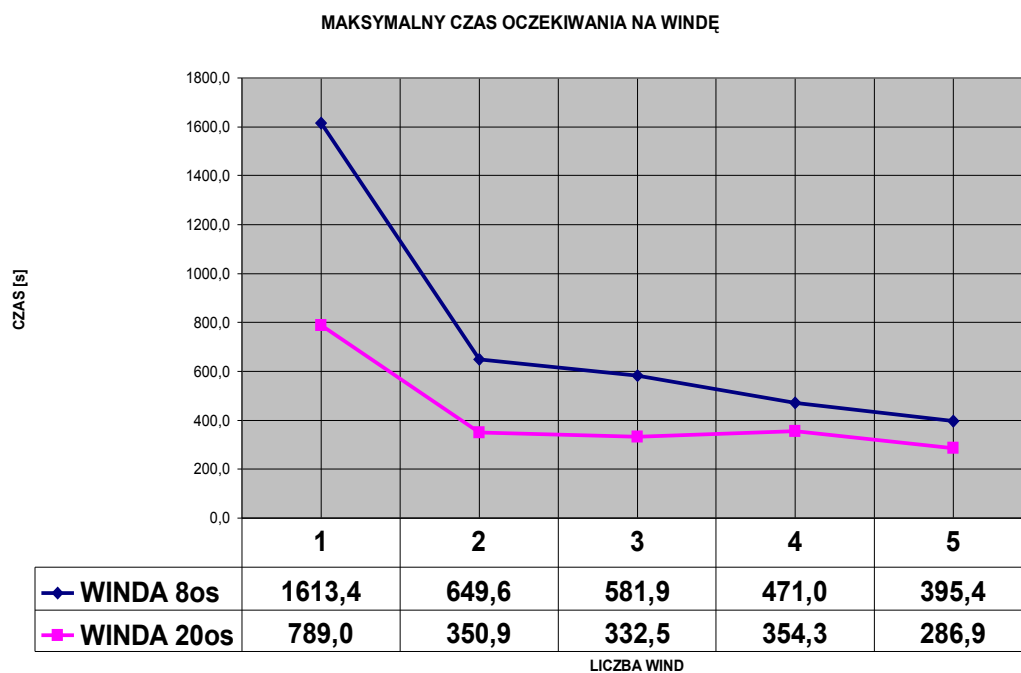
8.3. Wyniki badań

8.4. Analiza wyników

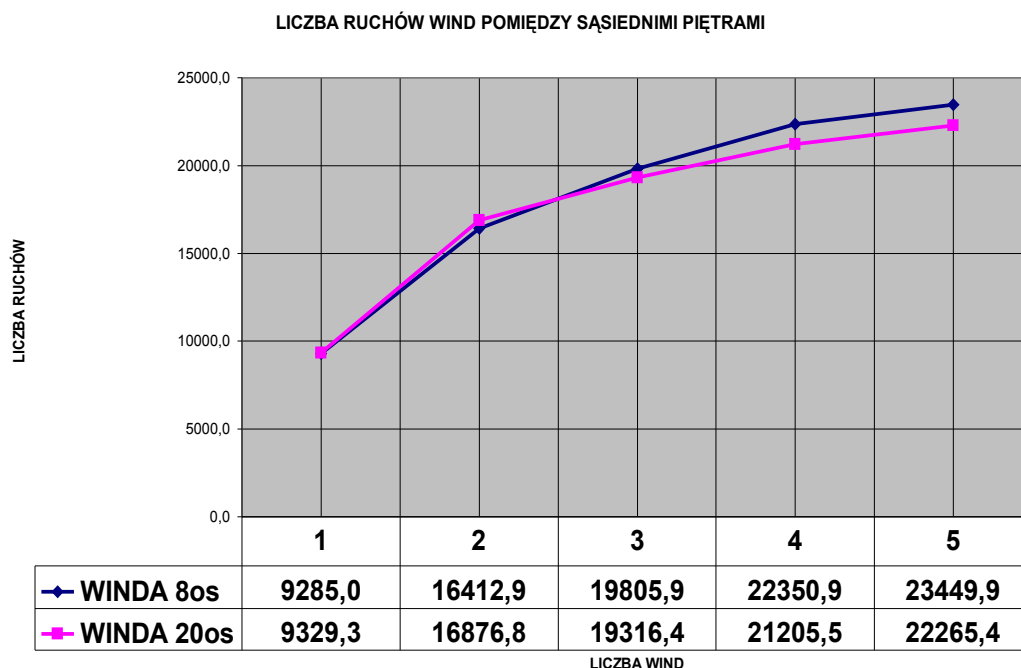
a) Algorytm *last-floor*



Rysunek 13: Wpływ pojemności windy na średni czas oczekiwania na windę



Rysunek 14: Wpływ pojemności windy na maksymalny czas oczekiwania na windę



Rysunek 15: Wpływ pojemności windy na liczbę ruchów pomiędzy sąsiednimi piętrami

Dla ośmiopiętrowego budynku ze wzmożonym ruchem na ostatnim piętrze oraz na parterze trzeba zdecydować jakie rozwiązanie elewatorów wybrać. Zbadano dwa dosyć skrajne rozwiązania, mianowicie 2 windy 20 osobowe oraz 4 windy 8 osobowe. Wszystkie windy były sterowane algorytmem *last-floor*. Z ekonomicznego punktu widzenia pierwsze rozwiązanie będzie tańsze oraz zajmie mniej powierzchni użytkowej korytarza. Należy przebadać takie alternatywy również pod względem wygody i szybkości użytkowania. Wzięto również pod uwagę punkt gastronomiczny w budynku oraz miejsce rozrywki dla gości hotelu.

Biorąc pod uwagę wygodę użytkowników głównym aspektem który będzie brany pod uwagę jest średni czas oczekiwania na windę (*Rysunek 13*). Zauważalna przewaga systemu 2 wind 20-osobowych występuje tylko przy instalacji jednej lub dwóch wind. Przy trzech windach różnica ta jest znikoma, natomiast powyżej 3 wind lepiej zachowuje się system wind ośmioosobowych, co jest spowodowane charakterystyką algorytmu *last-floor*. Porównując przedstawione powyżej dwa alternatywne rozwiązania z pewnością lepszym wyjściem będzie zainstalowanie 4 wind 8-osobowych niż 2 wind 20-osobowych, zyskując na tym około 7.5sekundy (23%).

Kolejnym kryterium jest maksymalny czas oczekiwania na windę. Jest to istotny element ponieważ czasy oczekiwania są znacznie większe niż przy badaniu średniego czasu oczekiwania. Kryterium to jest tym bardziej ważne ponieważ budynek będzie zaadaptowany do warunków hotelowych w których wygoda dla każdego klienta powinna być na wysokim poziomie. Analizując tabele oraz wykres (*Rysunek 14*) badanego obiektu, łatwo można zauważyć, że

pojemność windy ma duże znaczenie. W całym zakresie liczby wind przewagę mają instalacje wind 20-osobowych co jest oczywiste. Natomiast już przy instalacji dwóch wind 20-osobowych dalsze zwiększanie wind nie ma większego znaczenia na uzyskiwane wyniki czasowe.

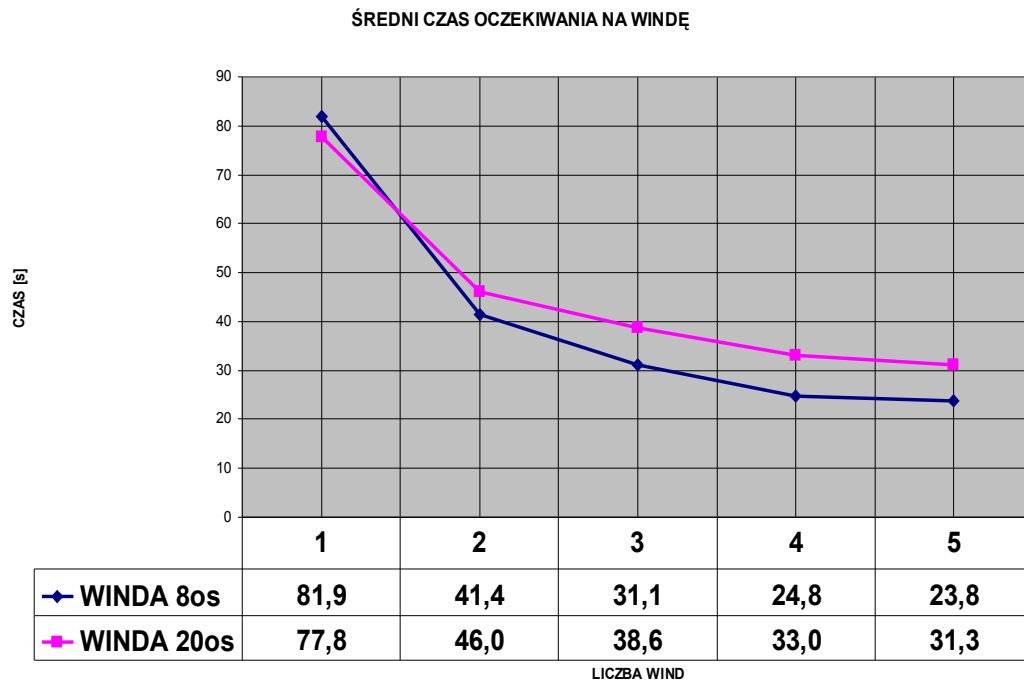
Porównując dwa zaproponowane systemy lepiej wypada instalacja 2 wind 20-osobowych zyskując około 70 sekund (20%) czasu oczekiwania w warunkach krytycznych.

Ostatnim przyjętym kryterium było zbadanie ilości ruchów jakie musi wykonać system wind zainstalowany w budynku, aby przewieźć klientów na żądane piętro. Jest to ważny aspekt z punktu widzenia kalkulacji ekonomicznej, im mniej wykonanych ruchów tym mniejsze zużycie prądu jak i elementów napędu. Posługując się tym kryterium w celu zminimalizowania kosztów poniesionych w trakcie użytkowania wind powinno się wziąć pod uwagę:

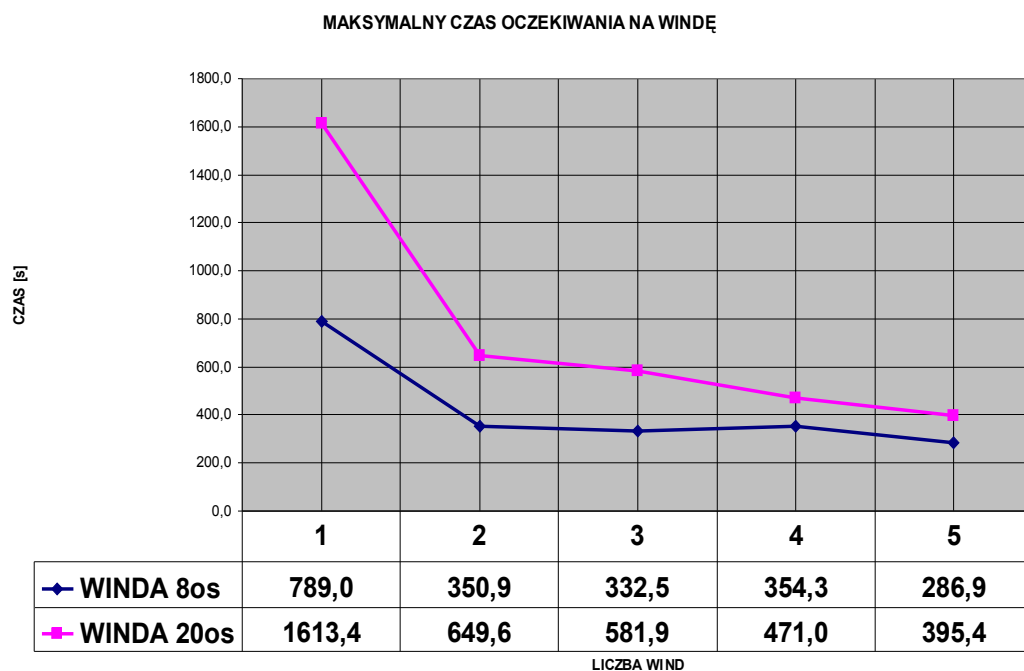
- zużywanie elementów napędu pod obciążeniem kabiny
- pobór prądu napędu

Analizując wpływ pojemności windy (*Rysunek 15*) zauważono że system wind 8-osobowych wykona znacznie więcej ruchów pomiędzy sąsiednimi piętrami niż zaproponowany system dwóch wind 20-osobowych, zysk 30%. Ponieważ nie znano właściwości eksploatacyjnych jak i serwisowych wind ciężko jest jednoznacznie sondować który system był by bezapelacyjnie lepszym rozwiązaniem pod względem ekonomicznym.

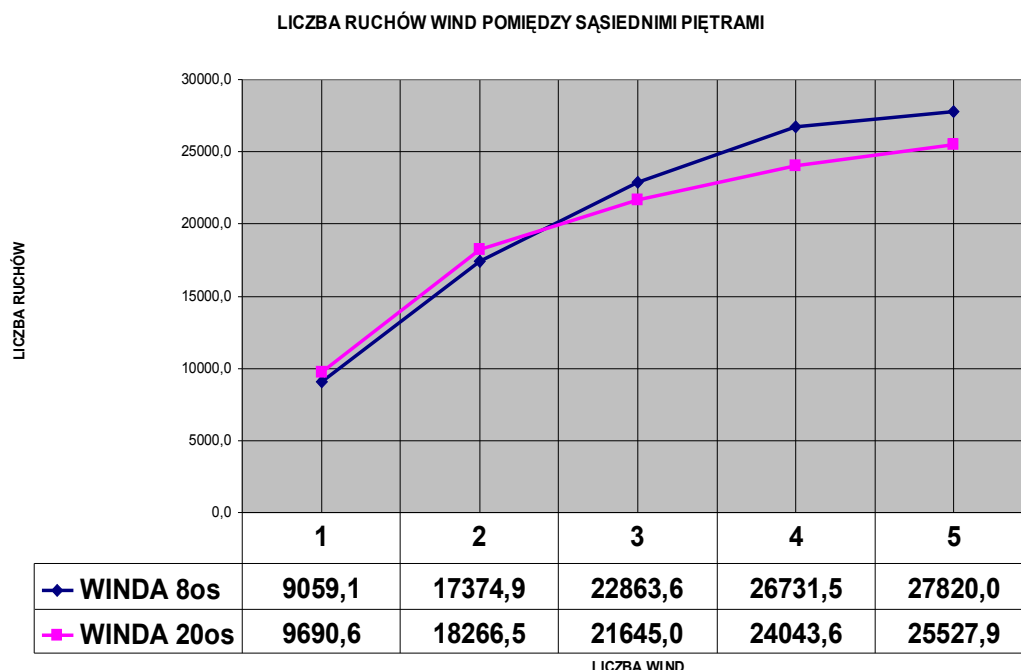
b) Algorytm *next-floor*



Rysunek 16: Wpływ pojemności windy na średni czas oczekiwania na windę



Rysunek 17: Wpływ pojemności windy na maksymalny czas oczekiwania na windę



Rysunek 18: Wpływ pojemności windy na liczbę ruchów pomiędzy sąsiednimi piętrami

Badając algorytm *next-floor*, konstrukcja budynku została niezmienniona, tak jak i warunki wejściowe symulacji. Badanie ma na celu wyłonienie najlepszego rozwiązania instalacji systemu wind, porównując przy tym różnice wynikające z zastosowanych algorytmów.

Badając system pod kątem wygody użytkowników zauważono, iż lepszym rozwiązaniem będzie system 4 wind 8-osobowych aniżeli alternatywny system 2 wind 20 - osobowych. Różnica jest już widoczna przy instalacji dwóch wind, a która rośnie wraz ze wzrostem liczby zainstalowanych wind w budynku. W rozpatrywanym przypadku proponowany system wind 8-osobowych wykazuje się średnim czasem oczekiwania równym 24,8 sekundy (*Rysunek 16*), natomiast alternatywne rozwiązanie z zainstalowanymi windami 20-osobowymi wymaga już 46 sekund. Co robię ogromną różnicę w sprawności działania systemu, ponieważ drugie rozwiązanie wymaga prawie 90% więcej czasu oczekiwania na windę.

Drugim kryterium biorąc pod uwagę wygodę użytkownika jest maksymalny czas oczekiwania na windę. Tutaj w przeciwieństwie do uprzednio rozpatrywanego algorytmu *last-floor* znacznie lepiej zachowuje się system 8-osobowych wind, co jest nie zależne od liczby zainstalowanych wind. Porównując początkowo zaproponowane 2 systemy wind, instalując dwie windy 20-osobowe maksymalny czas oczekiwania na windę zwiększa się prawie o 90% (*Rysunek 17*). Co wpłynie nie korzystnie na wygodę obsługi użytkowników a na co w szczególności nie można sobie pozwolić w przedsięwzięciu jakim jest hotel.

Kolejnym badanym elementem jest liczba ruchów pomiędzy piętrami, a więc kryterium ekonomiczne jakim również powinien kierować się inwestor podczas wyboru instalacji systemu. Podobnie jak przy sterowaniu poprzednim algorytmem znacznie lepiej wypada system wind 20-osobowych z różnicą 50% (*Rysunek 18*). Należy jednak wziąć pod uwagę wydajność jednego i drugiego systemu wtedy łatwo zauważyć, iż chcąc uzyskać podobne reżimy czasowe dla obsługi użytkowników liczba ruchów obu systemów będzie bardzo zbliżona do siebie.

Analizując oba rozwiązania przy sterowaniu algorytmem *next-floor*, zdecydowanie korzystniej wypada instalacja 4 wind 8-osobowych zwłaszcza gdy rozważamy wygodę oraz szybkość systemu

8.5. Wnioski

Zestawiając wyniki badań (*Tabela 7*) obu rozwiązań - 4 wind 8-osobowych i 2 wind 20-osobowych oraz biorąc pod uwagę badania przeprowadzone dla dwóch algorytmów ciężko jednoznacznie stwierdzić, które rozwiązanie jest najlepsze. Kładąc nacisk na wygodę użytkownika, a więc na klienta hotelu, co wydaje się być priorytetowym kryterium dla tego typu instytucji powinno się zastosować rozwiązanie 4 wind 8 - osobowych sterowanych algorytmem *next-floor*. Charakteryzuje się ono najkrótszym średnim czasem oczekiwania i zbliżonym wynikiem do najkrótszego maksymalnego czasu oczekiwania na windę. Z drugiej jednak strony jest to rozwiązanie, które wymaga największej ilości ruchów wind pomiędzy sąsiednimi piętrami, a więc od strony ekonomicznej będzie to prawdopodobnie najdroższe rozwiązanie.

Tabela 7: Zestawienie wyników badań proponowanych systemów elewatorów

	<i>last-floor</i>	<i>last-floor</i>	<i>next-floor</i>	<i>next-floor</i>
	4 x 8os	2 x 20os	4 x 8os	2 x 20os
Średni czas oczekiwania	33,0	40,6	24,8	46,0
Maks. czas oczekiwania	471,0	350,9	354,3	649,6
Liczba ruchów wind	22350,9	16876,8	26731,5	18266,5

9. Podsumowanie